

Luften du andas - nu och de kommande dagarna

Utveckling av ett automatiskt prognosystem för luftföroreningar och pollen

Magnuz Engardt, Sebastian Bergström och Christer Johansson



Utfört på uppdrag av Stadsledningskontoret

SLB-analys, 8 juli 2021



Uppdragsnummer	2018061
Daterad	2021-07-08
Handläggare	Magnuz Engardt 076-122 88 23
Status	Granskad av Lars Burman

Förord

Detta uppdrag är utfört av SLB-analys vid miljöförvaltningen i Stockholm. Arbetet har skett i samarbete med Umeå universitet och Palynologiska laboratoriet vid Naturhistoriska riksmuseet. Uppdragsgivare är Stadsledningskontoret [1]. EU-projektet SMURBS [2] har även bidragit till utvecklingen av prognosystemet som beskrivs i denna rapport.

SLB-analys är operatör för Östra Sveriges Luftvårdsförbunds system för övervakning och utvärdering av luftkvalitet inom luftvårdsförbundets geografiska område.

Innehåll

Sammanfattning	1
Inledning	2
Beskrivning av systemet.....	4
Meteorologi.....	5
Regionala bakgrundshalter av luftföroeningar.....	6
Pollenprognoser	6
Emissioner i Storstockholmsområdet.....	7
Spridningsmodeller för att beräkna bidrag från lokala utsläpp.....	8
Design och funktion av appen Luft Stockholm.....	9
Allmänt	9
Riskindex.....	10
Personlig integritet och ansvarsfriskrivning.....	11
Utvecklingshistoria.....	12
Resultat.....	13
Hälsoriskindex	13
NOx-halter	15
PM10-halter	17
Ozon-halter.....	20
Kalman-filtret	21
Bakgrunds-halter	22
Diskussion	23
API:er för prognos-resultat	24
Licenser.....	24
Allmänt	24
Enheter.....	25
WMS-tjänster.....	25
Tidsserier.....	27
Tack.....	31
Referenser	32

Sammanfattning

Inom ramen för Stockholm stads program ”Smart och uppkopplad stad”, har SLB-analys tagit fram ett system för automatiska luftkvalitetsprognoser. Prognossystemet riktar sig till alla stockholmare men är utvecklat med fokus på astmatiker. Systemet skall på sikt ersätta de manuella luftkvalitetsprognoser som görs av SLB-analys personal och som presenteras på SLB-analys webbsida.

Prognossystemet baseras på numeriska modeller som räknar fram vad luftföroreningshalterna kommer bli under de kommande 3 dyggen. Vi använder en gaussisk modell för att beräkna halterna i ett 35 km × 35 km stort område över Storstockholm med upplösningen (geografiska noggrannheten) 100 m × 100 m. Längs vältrafikerade vägar kantade av höga hus använder vi en gaturums-modell för att få med det lokala bidraget av kväveoxider och partiklar nere i gaturummet. Indata, till de numeriska modellerna, hämtas från externa API:er, och består i väderprognoser från SMHI, prognoser av luftkvalitet över Europa från CAMS, samt pollenprognoser från Palynologiska laboratoriet vid Naturhistoriska riksmuseet. De numeriska modellerna behöver även emissionsdata som för avgas- och förbränningsemissioner tas från Östra Sveriges Luftvårdsförbunds emissionsdatabas. För slitagepartiklarna från trafik har vi byggt in en väderberoende emissionsmodell, NORTRIP, som i tidigare studier visat sig vara mycket bra på att simulera dessa emissioner.

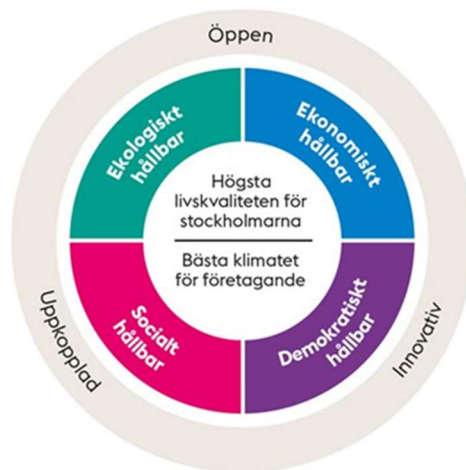
Resultaten från prognossystemet redovisas dels på öppna API:er och dels i en nyutvecklad app för smarta telefoner, **Luft Stockholm**.

Systemet är fortfarande under utveckling och i denna rapport redovisar vi brister och förbättringsmöjligheter i prognossystemet. Framförallt verkar PM10-emissionerna under vintern/våren underskattas kraftigt vilket leder till för låga medelhalter och missade PM10-episoder.

Inledning

Dålig luftkvalitet kan leda till sjukdom och för tidig död [3]. Astmatiker, barn och äldre är speciellt utsatta [4].

Inom ramen för Stockholm stads program ”Smart och uppkopplad stad” [5], se Figur 1, har SLB-analys tagit fram ett system för automatiska luftkvalitetsprognoser. Prognossystemet riktar sig till alla stockholmare men är utvecklat med fokus på astmatiker – som ju är extra känsliga för luftföroreningar och förhöjda pollenhalter. Förhoppningen är att stockholmarna skall använda prognossystemet för att planera aktiviteter, eller t.o.m. astma-medicinering, baserat på information om var och när luftkvaliteten är sämre. Systemet skall komplettera, och på sikt ersätta, de manuella luftkvalitetsprognoser som görs av SLB-analys personal och som presenteras på SLB-analys webbsida [6].



Figur 1. Stadens målbild kring ”Smart och uppkopplad stad” – för högsta livskvaliteten för stockholmarna [7].

Redan 2013 introducerade SLB-analys i samarbete med Umeå universitet och SMHI ett system för automatiska luftkvalitetsprognoser riktat till astmatiker och andra i Stockholm [8]. Detta system underhölls ej p.g.a. brister i prognoskvaliteten (framförallt partiklar, PM10) samt att systemet saknade långsiktig finansiering. Det nu utvecklade prognossystemet inkluderar avancerade metoder för att beräkna PM10-emissioner – vilket saknades i det förra systemet. I och med stadens uttalade ambition att satsa på digitalisering [9] utgår vi också ifrån att tiden är mogen för att underhålla ett automatiskt system för hälsorisk- och luftkvalitetsprognoser.

Det nya prognossystemet bygger på redan tillgängliga luftföroreningsdata, emissionsdata och modeller som SLB-analys ansvarar för samt öppna data i form av väderprognoser och regionala luftförorenings- och pollenprognoser. Resultaten, som bland annat presenteras i en app för smarta telefoner, kommer även att finnas tillgängliga som öppna data för externa användare.

Tabell 1 listar det nya prognossystemets egenskaper.

Tabell 1. Sammanfattning av det nya prognosystemets egenskaper och hur dessa relaterar till målen för "Smart och uppkopplad stad".

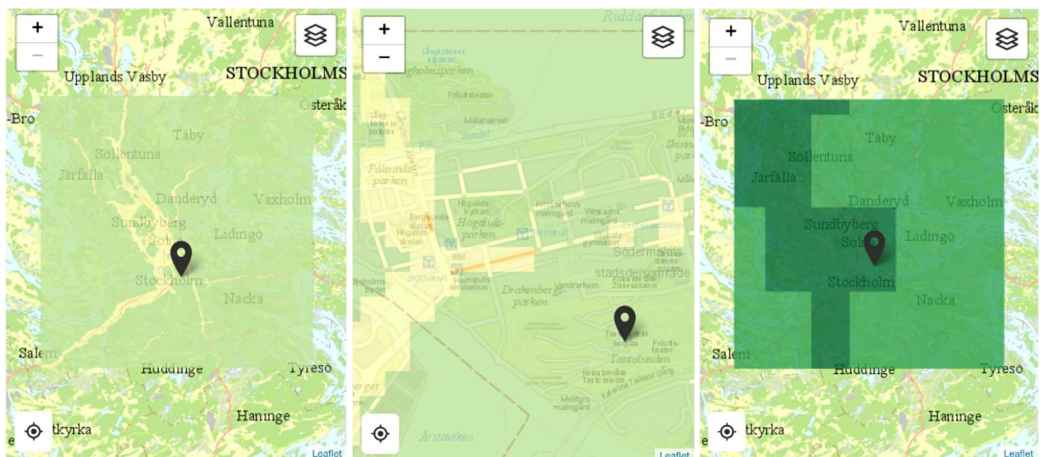
Egenskaper hos prognosystemet	Mål
Automatiska luftkvalitetsprognoser för hela Stockholmsområdet. Uppdateras varje morgon.	Smart och uppkopplad.
Prognoserna presenteras i en nyutvecklad app som finns på GooglePlay och AppStore.	Innovativ/Uppkopplad
Appen är tillgänglighetsanpassad enligt WCAG 2.1 AA.	Smart/Uppkopplad/Inkluderande
Appen innehåller en personlig hälsodagbok som gör det möjligt för användaren att registrera sitt hälsotillstånd för att i efterhand kunna jämföra med pollen- och luftföroreningsnivåerna och därmed skaffa sig en uppfattning om vad som orsakar eventuella besvär (pollen eller någon av luftföroreningarna).	Smart/innovativ
Intransport av luftföroreningar från källor utanför Stockholm inkluderas automatiskt.	Innovativ
Systemet kombinerar björkpollen och de vanligaste luftföroreningarna till ett lättförståeligt riskindex, som i sin tur baseras på en epidemiologisk studie.	Smart/Innovativ
Systemet bygger på öppna data.	Öppen/Innovativ/Uppkopplad
Resultaten kommer finnas tillgängliga som öppna data.	Öppen/Innovativ/Uppkopplad
Resultaten skall även presenteras på en specialdesignad hemsida	Smart/Uppkopplad/Inkluderande
Vid en förstudie [10] utvärderades en prototyp av systemet av en grupp astmatiker och befanns värdefull och användbar.	Ökad livskvalitet för stockholmarna

Beskrivning av systemet

Kärnan i prognosystemet, Aircast [11], använder numeriska modeller för att räkna fram vad luftföroreningshalterna kommer bli under de kommande 72 timmarna, s.k. deterministiska prognoser.

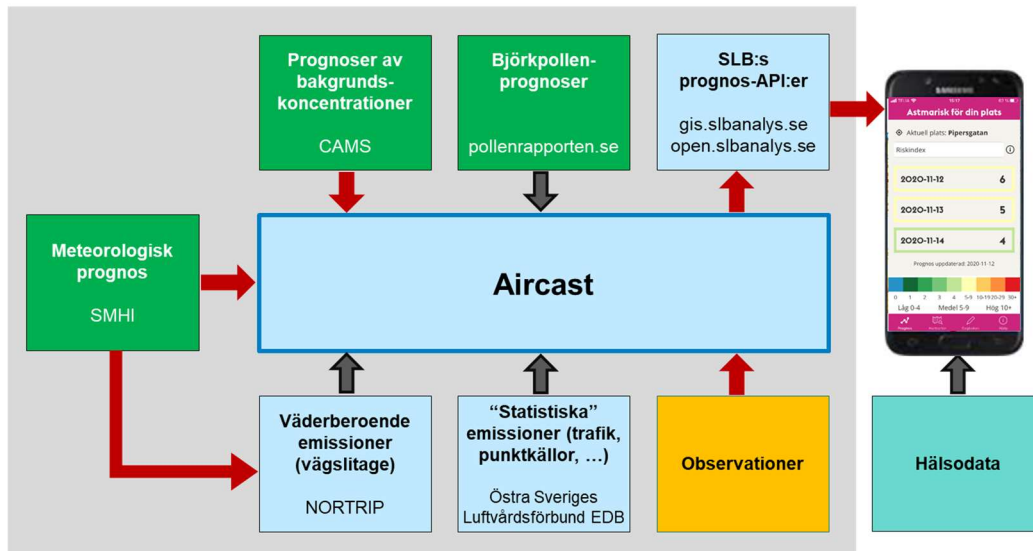
Observationer används framförallt för att – i efterhand – kontrollera prognosernas träffsäkerhet, men systemet är även förberett för att använda observationer för att förbättra de deterministiska prognoserna. För närvarande används ett Kalman-filtrer [12] baserat på data från en (1) mätstation, men vi har även testat andra statistiska metoder inklusive olika varianter av maskininläring/artificiell intelligens (AI) för att förbättra prognoserna av luftföroreningshalter.

Systemet använder två olika numeriska modeller för att beräkna luftkvaliteten i Stockholms-området. En gaussisk modell som ger halter i 350×350 rutor med storleken $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ och en gaturumsmodell som räknar ut halterna längs vältrafikerade gator kantade av höga hus, se Figur 2. Både den gaussiska modellen och gaturumsmodellen ger halten ca. 2 m över marken (eller 2 m över hustaken för den gaussiska modellen i tätbebyggda områden). Båda modellerna, liksom emissionsmodellen för PM10, drivs av meteorologiska parametrar (väderprognoser) som hämtas från SMHI.



Figur 2. Skärmdumpar hämtade från appen *Luft Stockholm* [13]. Vänstra figuren visar den horisontella utbredningen av prognosområdet $35 \text{ km} \times 35 \text{ km}$. I den mellersta bilden, som är inzoomad över västra Södermalm, går det att utläsa upplösningen i den gaussiska modellen ($100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$) samt hur vältrafikerade gaturum framträder vid högre zoom-nivåer. Den högra bilden visar upplösningen av ozon-data ($0.1^\circ \times 0.1^\circ$; ca $5.5 \text{ km} \times 11 \text{ km}$ i vårt område) – som tas direkt från CAMS [14].

Indata, som hämtas från externa API:er, består i väderprognoser från SMHI, prognoser av luftkvalitet över Europa från CAMS, samt pollenprognoser från Palynologiska laboratoriet vid Naturhistoriska riksmuseet, se Figur 3.



Figur 3. Prognossystemet, inklusive dataströmmar (allt innanför den gråa rutan). Gröna boxar representerar indata, ljusblå boxar är modeller eller data som finns på SLB-analys. Orange box är data från godtycklig källa (officiella mätningar eller sensorer) och turkosfärgad box är personliga hälsodata som användaren kan välja att spara i sin telefon. Röda pilar är dataströmmar via öppna API:er.

Meteorologi

Variationer i de meteorologiska förhållandena leder till att halten av luftföroreningar förändras. För att göra prognoser av luftkvalitet behövs därför väderprognoser. Vindarna styr var luftföroreningarna hamnar och hur mycket de späds ut. Nederbörden är viktig för att beräkna emissionen av slitagegenererade partiklar från vägbanor. Temperatur och molnighet styr den vertikala luftomblandningen, etc.

Som indata till Aircasts spridningsmodeller hämtas meteorologiska prognoser från SMHI [15], se Tabell 2. Meteorologiska parametrar hämtas från en punkt i beräkningsområdet (Högdalen; easting=153503, northing=6571757 i SWEREF99 18 00). För att skapa det två-dimensionella vindfältet som behövs för spridningsmodellerna används Airviros vindmodell, Danard [16]. Danard genererar ett lokalt anpassat vindfält för hela beräkningsområdet genom att ta hänsyn till variationer i de lokala topografiska förhållandena, friktionseffekter (markens "skrovlighet") och vertikala värmeflöden.

För att beräkna de stabilitetsparametrar som behövs i spridningsmodellerna och Danard används den s.k. "resistansmetoden" [17] implementerad i Airviro av Häggkvist m.fl.

Tabell 2. Meteorologiska parametrar från prognoser som hämtas från SMHI.

Parameter	Anmärkning
Temperatur (2m)	
Relativ fuktighet (2m)	
Lufttryck vid marken	Används ej.
Vindriktning (10m)	
Vindhastighet (10m)	
Molnighet (andel av himmelen som är täckt)	
Nederbörd	Används endast i beräkningarna av PM10-emissioner

Regionala bakgrundshalter av luftföroreningar

Mängden luftföroreningar i Stockholm påverkas i hög grad av halten i bakgrundsluften, d.v.s. den ”rena” luften utanför staden. För ozon är långdistanstransport från kontinentala Europa det som till största delen styr halterna i Stockholm. För PM10 är det inte ovanligt att stoft-moln från skogsbränder eller uppvirvlat damm från avlägsna jordbruksmarker, eller t.o.m. Sahara-öknen, dominerar över de lokalt genererade halterna. För kväveoxider (NO_x) spelar bakgrunden mindre roll.

I vårt prognosystem tas bakgrundshalter från CAMS [14]. För alla ämnen använder vi den s.k. ensemblen som är en sammanvägning av ett antal olika europeiska spridningsmodeller. Emissionerna i CAMS baseras på officiella nationella data rapporterade till EU [18]. Kvaliteten av CAMS Ensemblen för Stockholms-området har nyligen utvärderats av SLB-analys [19] och befunnits tillfyllest.

För NO_x och PM10 hämtar vi data från en fiktiv station nordost om Åkersberga (easting=169200, northing=6598930 i SWEREF99 18 00). CAMS-prognoserna för denna plats anses representativa för utvecklingen av den regionala bakgrunden och adderas, timme för timme, till halterna av NO_x och PM10 som beräknas med den gaussiska modellen. För ozon, som till största delen härrör från källor utanför Stockholm, görs inga ytterligare beräkningar utan vi använder det horisontellt varierande prognosfältet från CAMS (5.5 km × 11 km stora rutor, se Figur 2).

Pollenprognoser

Pollenprognoserna utfärdas av palynologiska laboratoriet vid Naturhistoriska riksmuseet. Dessa är expertbedömningar baserat på observationer av växtligheten i närområdet, mätningar av pollenkoncentrationer i luften under det senaste dygnet, väderprognoser mm. Pollenprognoserna är som regel klara senast kl. 9 på morgonen och distribueras till oss via ett API som underhålls av StormGeo [20]. Pollenprognoser utfärdas ej på helger eller ”röda dagar” så under dessa dagar kommer pollenprognoserna vara från ett tidigare datum. Pollenprognosen gäller för hela området och varierar alltså inte geografiskt.

Pollenprognoserna är identiska med de som återfinns på webbsidan pollenrapporten.se [21], eller i appen **Pollen**. Notera dock att **Pollen**-appen uppdateras på eftermiddagen och innehåller endast 4 pollen-nivåer och inte 7 som på pollenrapporten.se och i vårt prognosystem.

Emissioner i Storstockholmsområdet

NO_x och avgaspartiklar

Information om utsläpp utgör nödvändiga indata för alla spridningsmodeller. Våra beräkningar baseras på Östra Sveriges Luftvårdsförbunds emissionsdatabas [22]. I databasen finns detaljerade beskrivningar av utsläpp från bl.a. vägtrafiken, energisektorn, industrin och sjöfarten. Informationen inkluderar totala årsutsläpp för en rad ämnen och hur dessa varierar över tid (över dygnet, veckan och året) och rum (dvs var utsläppen sker). I Stockholmsregionen är vägtrafiken den absolut dominerande källan till luftföroreningar.

Vägtrafikens utsläpp av kväveoxider och avgaspartiklar är beskrivna med emissionsfaktorer år 2015 för olika fordons- och vägtyper enligt HBEFA-modellen (ver. 3.3). HBEFA [23] är en europeisk emissionsmodell för vägtrafik, som här har anpassats till svenska förhållanden. Trafiksammansättningen avseende fordonsparkens avgasreningsgrad (olika euroklasser) gäller för år 2015.

PM₁₀

Slitagepartiklar i trafikmiljö orsakas främst av dubbdäckens hamrande på stenmaterial i vägbanan men bildas också vid slitage från bromsar och däck. Längs starkt trafikerade vägar utgör slitagepartiklarna huvuddelen av PM₁₀-halterna. Under perioder med torra vägbanor under vinter och tidig vår kan haltbidraget från dubbdäckslitaget vara 80-90 % av totalhalten av PM₁₀. Emissioner av slitagepartiklar utifrån dubbdäcksandel, fordonsammansättning och prognosticerat väder beräknas med NORTRIP-modellen [24,25].

Inom projektet har vi implementerat NORTRIP-modellen i Airviro-systemet för att kunna göra detaljerade prognoser av PM₁₀-emissioner baserat på meteorologi-prognoserna. NORTRIP-modellen är ett viktigt redskap för att kunna göra korrekta prognoser av PM₁₀-halter i Stockholmsluften under de närmaste dagarna. Implementeringen var komplicerad och vi har inledningsvis gjort ett antal förenklingar för att systemet skall vara någorlunda lättöverskådligt. Vi räknar med att behöva justera inställningarna i systemet så att resultaten successivt förbättras.

Spridningsmodeller för att beräkna bidrag från lokala utsläpp

Beräkningar av luftföroreningshalter som uppkommer på grund av utsläppen i Storstockholmsområdet har gjorts med en gaussisk spridningsmodell och med en gaturumsmodell, båda integrerade i Airviro (som är en del av Aircast). Meteorologin för båda spridningsmodellerna tas från Airviro's vindfältsmodell, Danard [16], som drivs av prognosticerade vindar och värmeflöden.

Airviro gaussmodell

Airviro's gaussiska spridningsmodell [26] används för att prognosticera den geografiska fördelningen av luftföroreningar två meter över markytan. I tätbebyggda områden (stadsmiljö) ger den gaussiska spridningsmodellen halter av luftföroreningar i taknivå (så kallad urban bakgrund). Prognoserna med den gaussiska spridningsmodellen görs för hela Storstockholm med upplösningen $100\text{ m} \times 100\text{ m}$.

OSPM gaturumsmodell

För att bestämma halterna nära marken, där människor vistas, kompletteras de gaussiska beräkningarna med gaturumsmodellen OSPM [27,28]. Detta görs för alla vägavsnitt med fler än 1000 fordon per dygn och bebyggelse på ena eller båda sidorna av vägen. Breda gator, eller öppna vägar, tål större avgasutsläpp utan att halterna behöver bli oacceptabelt höga, än trånga gator med dubbelsidig bebyggelse.

OSPM-modellen ger halter bredvid vägen, på båda sidorna. I appen **Luft Stockholm** har vi valt att låta den högsta halten av de två representera vägen i fråga. Till detta adderar vi den urbana bakgrunden från den gaussiska modellen i rutan som väger ligger i, se mittenbilden i Figur 2.

Eftersom ozon och pollen inte förväntas ha signifikant högre halter i gaturummet används OSPM-modellen bara för NO_x och PM₁₀.

Kalman-filter

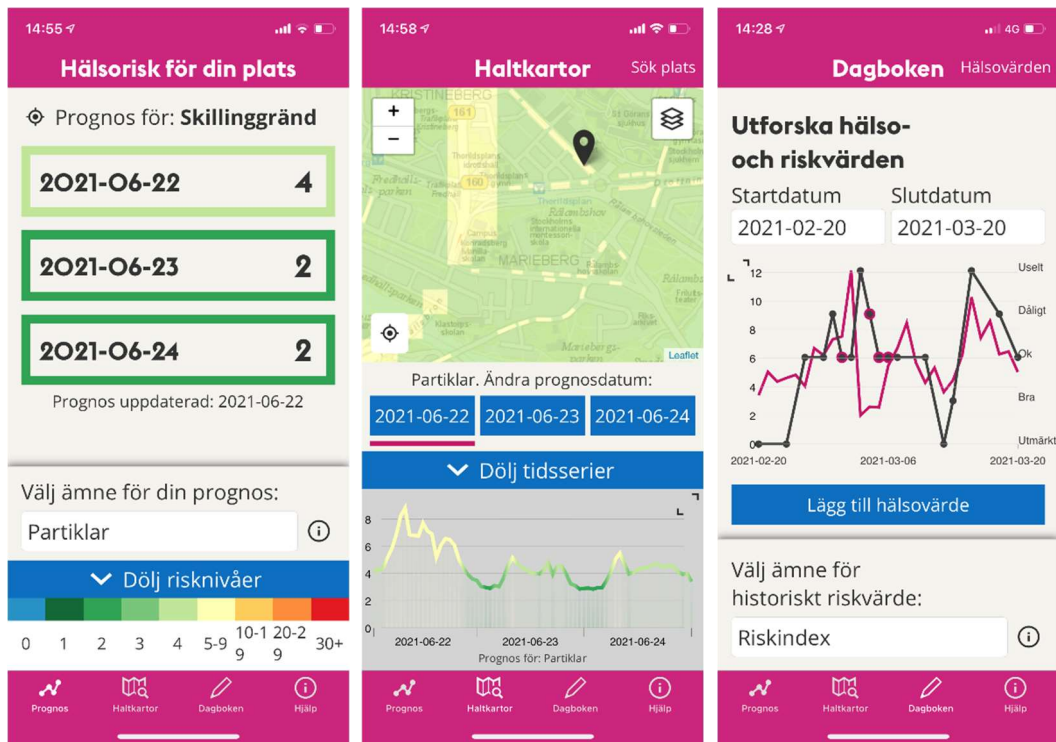
De deterministiska prognoserna är inte perfekta. Det förekommer både systematiska fel på grund av felaktiga indata eller felaktiga modellformuleringar samt mer slumpmässiga fel. Det finns en rad etablerade metoder för automatisk justering av modellresultat baserat på hur beräkningarna står sig jämfört med observationer. I denna tillämpning har vi hittills använt oss av ett Kalman-filter [12].

Kalman-filtret jämför beräknade och observerade halter av NO_x, ozon och PM₁₀ vid en mätstation som är representativ för urban bakgrund (Torkel Knutssonsgatan) och tar fram korrektionsfaktorer som appliceras på de beräknade halterna så att de ska stämma bättre med observationerna under samma period. Korrektionerna gäller för den föregående prognosen (då vi har mätningar att jämföra med), men vi antar att dessa korrektioner även gäller för de kommande tre dygnen och applicerar dessa på resultaten från den gaussiska spridningsmodellen. Effekten av korrektionsfaktorn minskar successivt ju längre bort från mätstationen vi rör oss.

Design och funktion av appen Luft Stockholm

Allmänt

Luft Stockholm-appen finns att ladda ner för Android- och iOS-telefoner [13]. Prognoserna uppdateras en gång per dygn, ca 8:30 – 9:00 på morgonen.



Figur 4. Exempel på olika vyer i appen Luft Stockholm. De sammanfattande prognoserna på öppningsvyn, kartan och tidsserien på haltkarta-vyn ges alltid i samma enheter och med samma färgkodning. I dagboken är den egna hälsouppskattningen svart (uselt [=högst risknivåer] högst upp, utmärkt längst ner; medicinering anges av röd ring runt den svarta punkten), hälsorisknivåerna av valt ämne är markerade med röd kurva (samma enhet som kartan och tidsserierna).

Öppningsvyn ("Prognos") visar en sammanfattande hälsoriskprognos för idag, imorgon och i övermorgon. Prognosen ges för en plats som tas från mobilens positioneringssystem eller, om användaren valt att inte aktivera denna funktion, för centrala Stockholm (SLB-analys mätstation på Torkel Knutssongatan på Södermalm). Användaren kan välja någon av ämnena som listas i Tabell 3. Genom att gå igenom de olika ämnena går det enkelt att skaffa sig en uppfattning om vilken förorening som bidrar mest till förhöjt hälsoriskindex.

Tabell 3. Tillgängliga ämnen i appen *Luft Stockholm*.

Ämne	Beskrivning
Riskindex	Totalt astmariskindex [29].
Luftföroreningsindex	Samma som riskindex men utan effekten av björkpollen
Partiklar	Index beräknat från enbart PM10
Ozon	Index beräknat från enbart ozon
Kväveoxider	Index beräknat från enbart NOx
Pollen	Index baserat på enbart björkpollen

I vyn ”*Haltkartor*” visas också prognoser för idag, imorgon och i övermorgon. I denna flik går det att se den geografiska variationen för de olika dagarna. Kartorna är zoombara och panoreringsbara. Vid högre inzoomingsnivåer visas även beräkningarna från gaturumsmodellen. I denna vy kan användaren även välja ”*Visa tidsserie*” för att få utvecklingen av de tillgängliga ämnena timme-för-timme för vald plats. Det är möjligt att välja plats antingen genom adressökning, långklick på kartan eller genom att använda telefonens positioneringssystem.

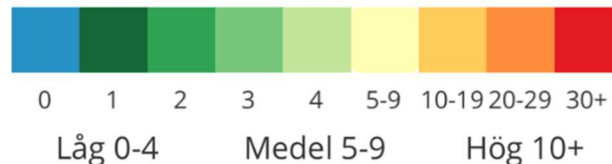
”*Dagboken*” ger historiska hälsoriskvärden från fasta observationsplatser i Stockholm. I dagboken går det även att lägga till egna, subjektiva, uppskattningar om sitt hälsotillstånd för att skapa statistik över hur hälsan eventuellt samvarierar med en eller flera luftföroreningar.

Riskindex

Vi har valt att presentera alla resultat som ett hälsoriskindex. Tanken är att det bör vara lättare för allmänheten att ta till sig ett sammanfattande index än att själv göra sig en uppfattning om hur problematiskt en viss koncentration (i μgm^{-3}) av, t.ex., PM10 respektive NO₂ är.

Riskindex representerar en sammanvägd halt av luftföroreningar och björkpollen. De effekter som antas i indexet baseras på epidemiologiska studier [29] på antal akutbesök i Stockholmsområdet och dygnsmedelhalter av olika luftföroreningar och pollen. Hälsoriskindex (för alla ämnen i prognosystemet) ges i procent; procent-värdet anger den förväntade tillfälliga ökning av astmatikers astmarelaterade besök på akutmottagningar som halterna motsvarar.

Då luftföroreningar är skadliga för alla ska ett förhöjt hälsoriskindex betraktas som förhöjd risk för befolkningen som helhet. Värden under 5 % räknas som låg risk, 5-10 % benämns medelrisk och över 10 % räknas som hög risk. För att representera dessa risker har vi valt att använda en färgskala som går från blå till grön (låg risk) över gul (medelrisk) och orange till rött för att signalera allt högre risker, se Figur 5.



Figur 5. Färgskalan som används genomgående i appen **Luft Stockholm**.

Riskindex utan björkpollen kallar vi Luftföroreningsindex.

Pollenprognoserna från Naturhistoriska riksmuseet [21] ges i en 7-gradig skala och översätts till koncentrationer av oss, för att vi skall kunna räkna ut hälsoriskindex, se Tabell 4.

Tabell 4. Pollenklassernas värde och antagen koncentration (se [10]) samt vilket hälsoriskindex detta motsvarar.

Pollenklass	Antagen koncentration [pollen m ⁻³]	Motsvarar hälsoriskindex [%]
L	5	0.13
L-M	15	0.39
M	45	1.2
M-H	120	3.2
H	450	12
H-H+	900	26
>H+	2000	68

Personlig integritet och ansvarsfriskrivning

Appen behandlar inga personuppgifter. Eventuellt inmatad information i ”Dagboken” sparas endast i användarens telefon och är inte tillgänglig för SLB-analys eller någon av dess samarbetspartners. Inmatad information i ”Dagboken” säkerhetskopieras ej och kan därför inte återställas vid förlust eller byte av telefon.

Appen hämtar endast användarens position om detta medgivits vid installation av appen. Positionen används endast för att hämta aktuella geografiska luftkvalitetsdata och raderas när en ny position anges. Positionsbestämning sker endast vid start av tidigare avstängd app. För att uppdatera position krävs att användaren aktivt trycker på platsymbolen i appen. Positionsdata är inte tillgänglig för SLB-analys eller någon av dess samarbetspartners.

Utvecklingshistoria

Prognossystemet började utvecklas hösten 2018 och systemet har genomgått flera modifieringar och buggfixar, se Tabell 5.

Tabell 5. Viktiga datum i utvecklingen av prognossystemet.

Händelse	Tidpunkt	Kommentar
Kick-off möte i projektet på SLB-analys.	4 oktober 2018	
Första automatiska prognoserna.	13 februari, 2019.	Till att börja med endast för NOx.
Prognossystemet färdigt. Resultat visas på web-sidor.	Slutet av mars, 2019.	Endast den gaussiska modellen, men alla ämnen inkluderade.
Utvärderingskampanj	11 april – 6 juni, 2019	27 frivilliga deltagare får automatiska prognoser via e-post varje morgon [10].
Rättat en bugg i hanteringen av regional bakgrund från CAMS	24 april 2019	
Bytt från 4-dygsprognoser till 3-dygsprognoser.	Februari 2020	Prognoserna blir klara 8:30-9:30 istället för ca 10:00-11:00
Uppdatera beräkningarna i "resistansmetoden"	20 maj 2020	Standardavvikelseerna av vind skall nu vara mer lika de som fås från "profilmetoden" (där "diff-temp" används).
Byte av geometri från RT90 2,5 gon V till SWEREF 99 18 00	Juli 2020	Bytt domän från sthlm till AQHI. sthlm rullar fortfarande parallellt.
Gaturumsberäkningar inkluderas för alla ämnen i AQHI-domänen	1 augusti 2020	Nu är prognossystemet komplett!
Tieto-EVRY påbörjar utveckling av appen Luft Stockholm	september 2020	
Luft Stockholm tillgänglig på AppStore och Google play	19 april 2021	Version 1.0
Lanseringskampanj	3-16 maj 2021	Reklamtaflor i Stockholm samt kampanjer på Facebook och Instagram m.fl.
Ny version av appen	6 maj 2021	Version 1.0.2

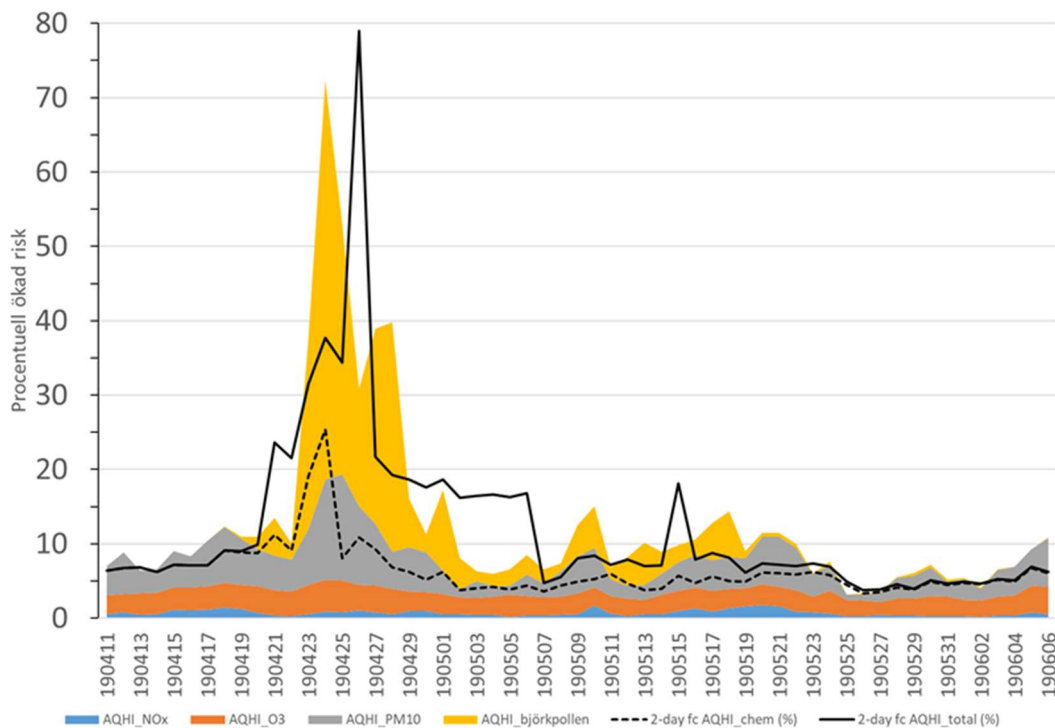
Resultat

I detta avsnitt jämför vi luftkvalitetsprognoserna med uppmätta halter vid platser som representerar urban bakgrundsluft respektive ett förorenat gaturum. Det nuvarande systemet, som används i appen **Luft Stockholm**, introducerades 1 augusti 2020 (se Tabell 5), därför fokuserar vi i denna analys på höst/vinter/vår-säsongen 2020-2021.

Vi kommer också diskutera effekten av Kalman-filtret samt visa hur viktigt det regionala bidraget är för de prognosticerade halterna av luftföroreningar i Stockholm.

Prognoserna av björkpollen från Naturhistoriska riksmuseet sparas, i nuläget, inte i vårt system. För att ändå ge en känsla av hur dessa står sig jämfört med observationerna redovisar vi kortfattat utvärderingen av luftförorenings- och björkpollenprognoserna som gjordes i samband med panelstudien under våren 2019 [10].

Hälsoriskindex



Figur 6. Uppmätt (färgade fält; blå är NOx, orange är ozon, grå är PM10, gul är björkpollen) och prognosticerat (heldragen och streckad linje) hälsoriskindex under perioden 11 april 2019 – 6 juni 2019 vid mätstationen Torkel Knutssongatan. Prognosvärdet gäller för angivet datum och är utfärdat (tillgängligt) dagen innan. Från Engardt m.fl. [10].

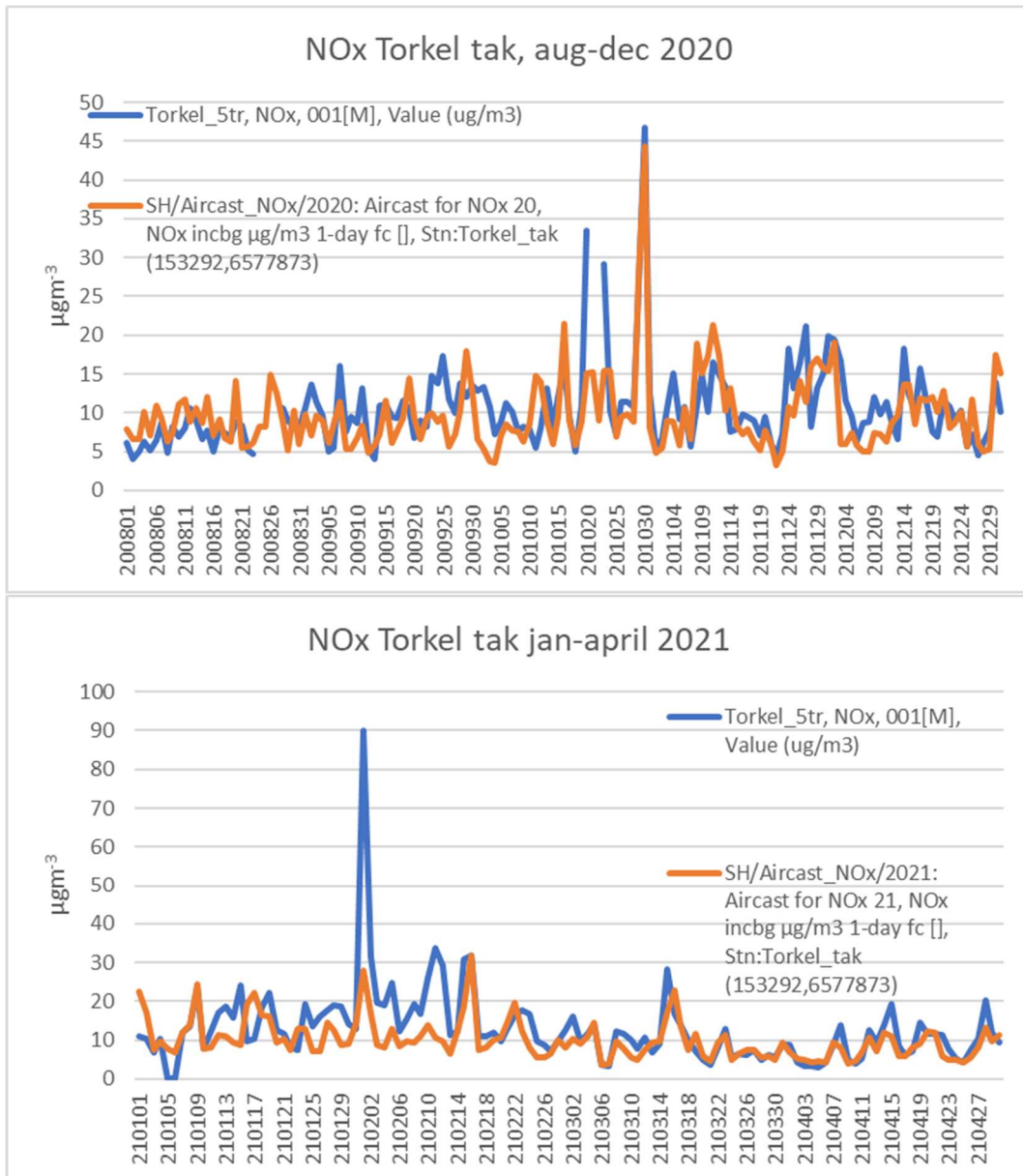
Figur 6 visar en-dygns-prognosen av ”Riskindex” (heldragen linje) och ”Luftföroreningsindex” (streckad linje) jämfört med observationerna av motsvarande parametrar under perioden 11 april 2019 – 6 juni 2019 vid mätstationen Torkel Knutssongatan.

I medeltal, överskattade modellsystemet *Riskindex* med 6 % medan *Luftföroreningsindex* underskattades med 16 % under våren 2019.

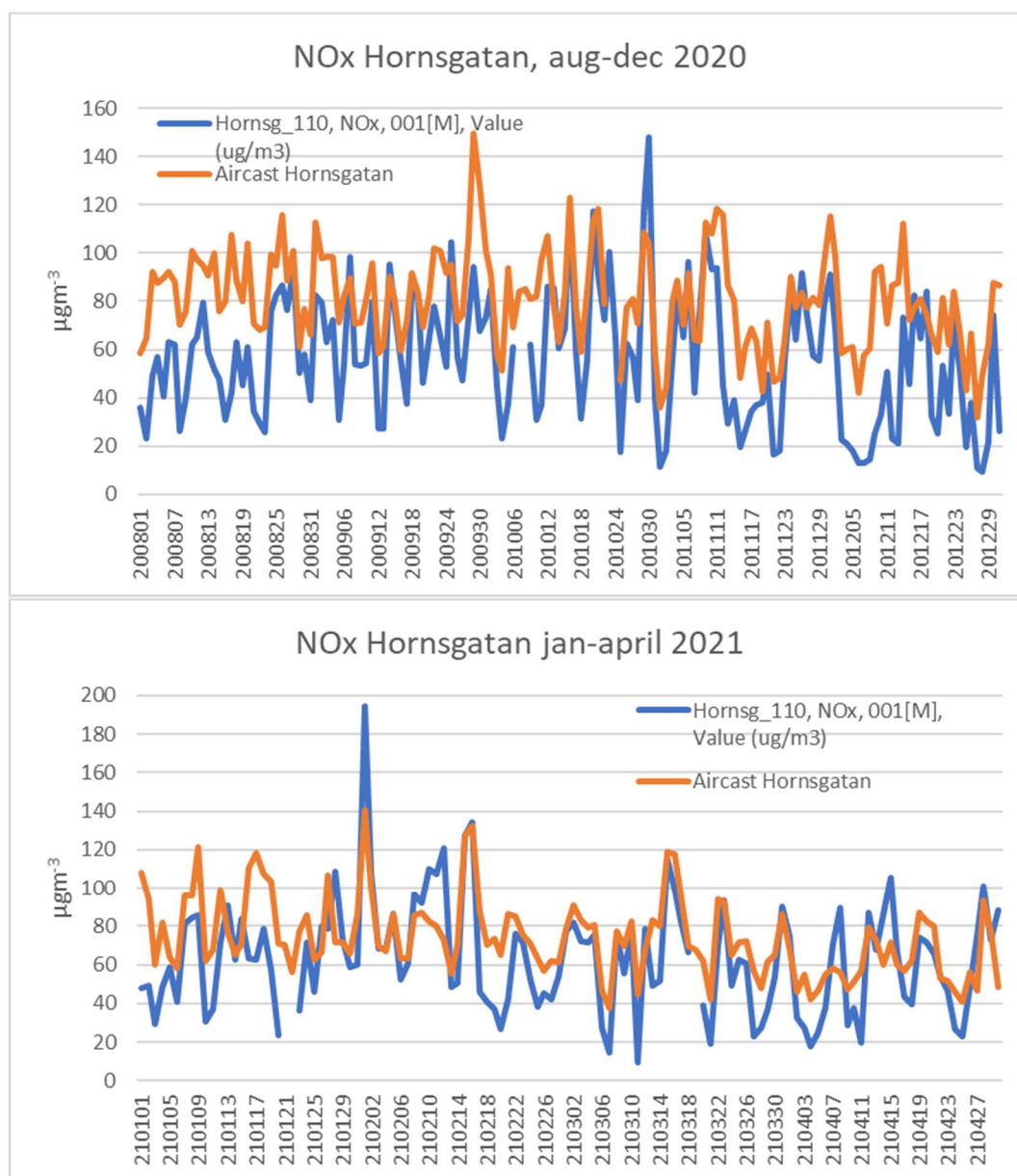
Luftföroreningsindex är som högst ungefär två veckor in i studien. Då inträffar en episod som överskattades något av modellsystemet och som prognosticerades inträffa någon dag för tidigt. Episoden påverkades mest av PM10 som transporterats in från Norra Europa i samband med vårbruk och torrt väder. Skogs- och markbränder i Belarus och Ukraina kan även ha spelat en viss roll. *Luftföroreningsindex*-episoderna i maj och juni orsakas också framförallt av PM10, men missades nästan helt av prognosystemet. Detta beror på att PM10-intransport från övriga Sverige eller den europeiska kontinenten underskattas i CAMS vid dessa tillfällen. NOx bidrar endast marginellt (<10 %) till det totala hälsoriskindexet under våren 2019. Ozon varierade endast lite under perioden.

Nästan exakt samtidigt som *Luftföroreningsindex*-episoden i slutet av april 2019 inträffade även en kraftig *Riskindex*-episod orsakad av höga björkpollen-koncentrationer. Nivån på denna episod förutsågs väl, men maximum inföll tyvärr ett par dagar före det prognosticerade. En viktig anledning till denna felprognostisering beror på att denna episod inträffade mitt under påskhelgen då pollenprognoserna inte uppdateras. Pollenprognoserna var flera dagar gamla under denna episod.

NOx-halter



Figur 7. Observerad (blå) och prognosticerad (orange) halt av kväveoxider, NOx, vid mätstationen Torkel Knutssonsgatans tak (urban bakgrund). Data gäller perioden 1 augusti – 31 december (överst) och 1 januari – 30 april 2021 (nederst). Prognosen som visas är 1-dygns prognosen utan Kalman-filter. Notera olika omfång av koncentrationsaxlarna.



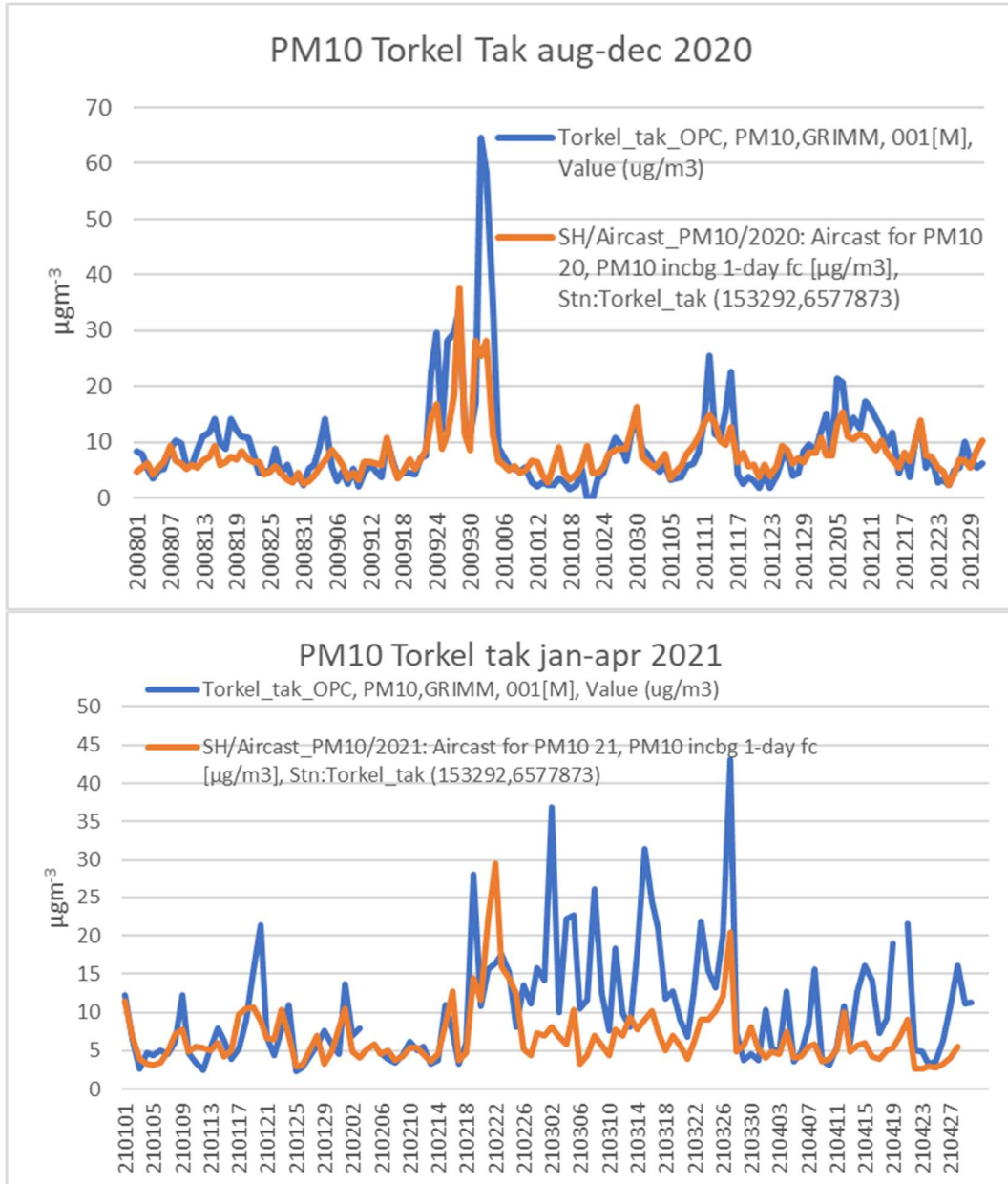
Figur 8. Observerad (blå) och prognosticerad (orange) halt av kväveoxider, NOx, vid mätstationen Hornsgatan (gaturum). Data gäller perioden 1 augusti – 31 december (överst) och 1 januari – 30 april 2021 (nederst). Prognosen som visas är 1-dygns prognosen utan Kalman-filter. Notera olika omfång av koncentrations-axlarna.

Figur 7 och Figur 8 visar observerade och prognosticerade dygnsmedelvärden av NOx vid en urban bakgrundsstation, Torkel Knutssongatan, och nere i ett gaturum, Hornsgatan.

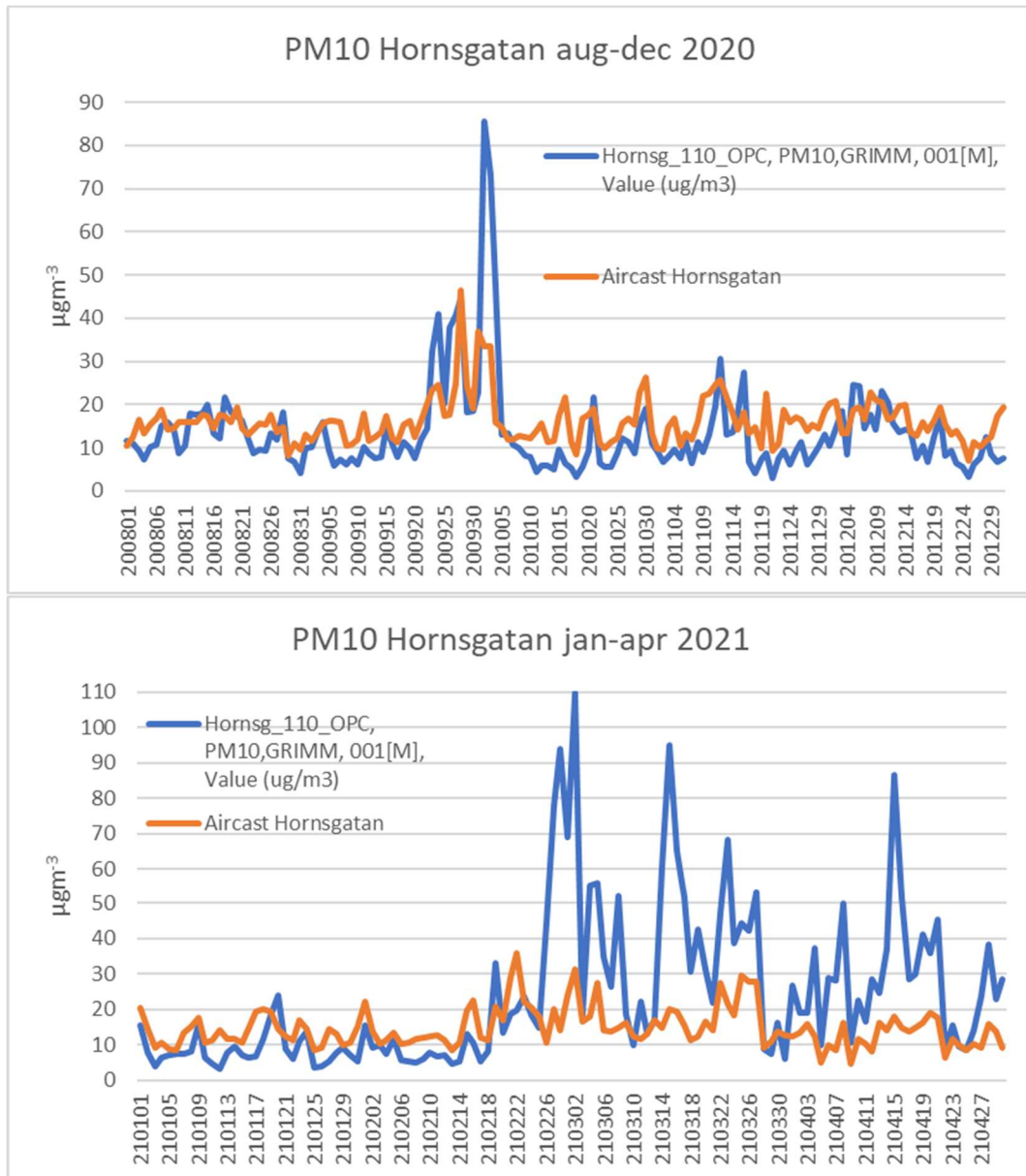
Den 1 februari 2021 uppmättes mycket höga NOx-halter både vid Torkel Knutssongatans tak och på Hornsgatan. Denna episod underskattades kraftigt av prognosystemet. När det kommer bli höga NOx-halter prognosticeras ganska väl prognosystemet. Det är dock tydligt att prognosystemet konsekvent överskattar de låga halterna i det trafikerade gaturummet på Hornsgatan. Eftersom det regelmässigt sker underskattningar av prognoserna under lördagar-söndagar misstänker vi att

emissionsdatabasen överskattar de verkliga NO_x-emissionerna under helgdagarna. Detta undersöks för närvarande och kommer justeras i kommande versioner av prognosystemet. Andra anledningar till överskattningen av de lägsta halterna nere i gaturummet är att vi (1) tar max av norra och södra sidan (mätstationen ligger på norra sidan av vägen) och (2) lägger på den urbana bakgrunden på denna plats (vilket innebär viss dubbelräkning av vägbidraget i denna punkt).

PM10-halter



Figur 9. Observerad (blå) och prognosticerad (orange) halt av partiklar, PM10, vid mätstationen Torkel tak (urban bakgrund). Data gäller perioden 1 augusti – 31 december (överst) och 1 januari – 30 april 2021 (nederst). Prognosen som visas är 1-dygns prognosen utan Kalman-filter. Notera olika omfång av koncentrations-axlarna.



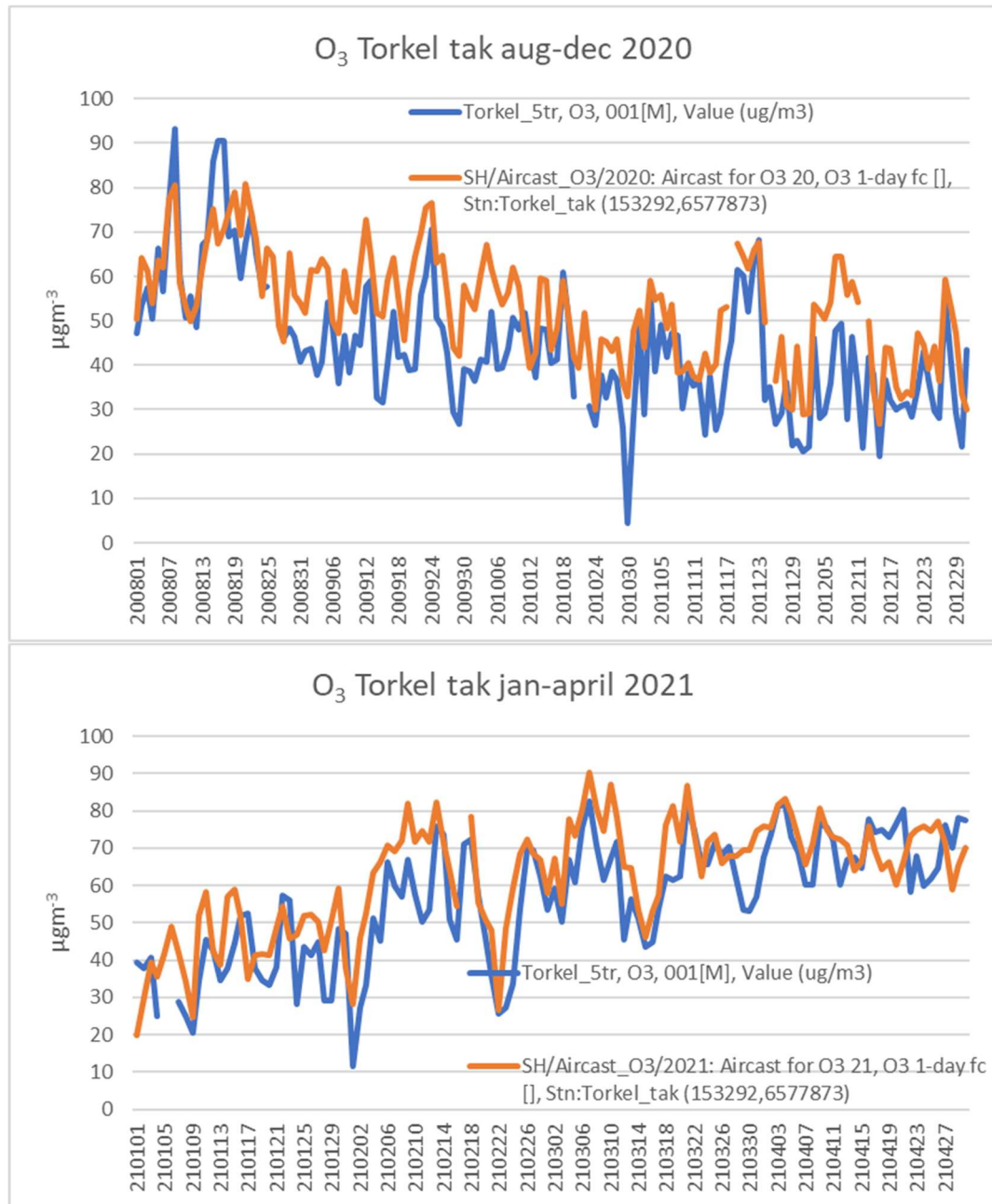
Figur 10. Observerad (blå) och prognosticerad (orange) halt av partiklar, PM10, vid mätstationen Hornsgatan (gaturum). Data gäller perioden 1 augusti – 31 december (överst) och 1 januari – 30 april 2021 (nederst). Prognosen som visas är 1-dygns prognosen utan Kalman-filter. Notera olika omfång av koncentrations-axlarna.

Som framgår av Figur 9 och Figur 10 har prognosystemet svårt att korrekt prognosticera de högsta PM10-halterna. Detta gäller speciellt under vintern/våren både på Torkel Knutssonsgatans tak och på Hornsgatan. Höga PM10-halter på Torkel Knutssonsgatans tak under hösten kan mycket väl härröra från intransport från kontinenten medan höga halter på Hornsgatan oftast har sitt ursprung i lokalt genererade partiklar nere i gaturummet. NORTRIP-modellen är framtagen med syftet att beskriva det komplicerade sambanden mellan meteorologiska förhållanden och ansamling, avrinning och uppvirvling av partiklar till atmosfären. Vi är övertygade om att det går att förbättra inställningarna i NORTRIP-modellen så att vi under nästa säsong kan prognosticera

PM10 i gaturummet på ett mer övertygande vis. Se t.ex. Norman m.fl. [30] som demonstrerar hur väl NORTRIP-modellen kan fungera längs Hornsgatan.

Förutom den kraftiga underskattningen av de högsta värdena verkar gaturumsmodellen överskatta halterna något vid låga koncentrationer på Hornsgatan. Anledningen är, som för NO_x, att vi (1) för varje timme tar maximum av båda sidorna från prognosmodellen och jämför med mätningarna som tas på nordsidan av vägen samt (2) dubbelräkning av haltbidraget längs vägar där vi gör OSPM-beräkningar.

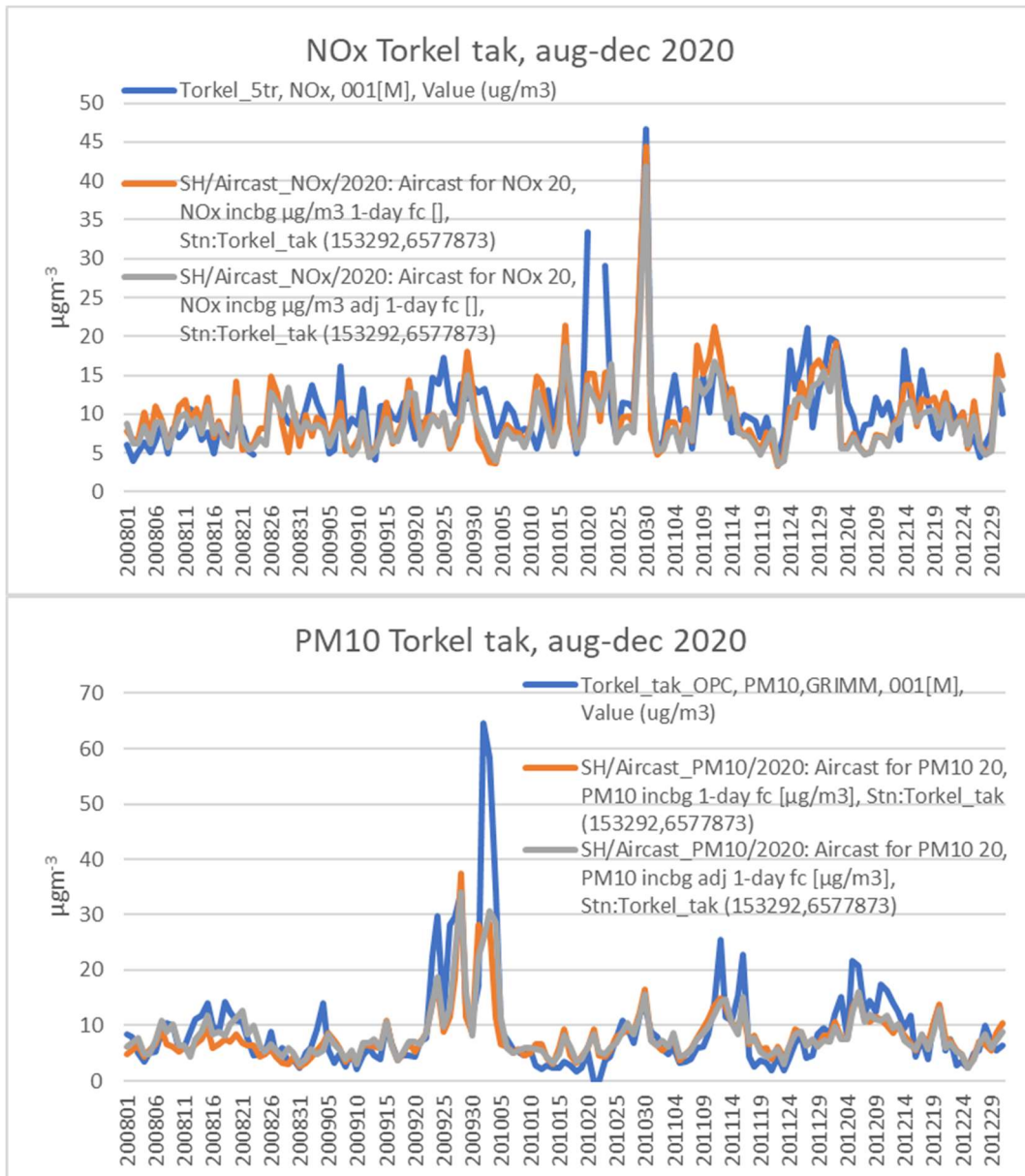
Ozon-halter



Figur 11. Observerad (blå) och prognosticerad (orange) halt av ozon vid mätstationen Torkel tak (urban bakgrund). Data gäller perioden 1 augusti – 31 december (överst) och 1 januari – 30 april 2021 (nederst). Prognosen som visas är 1-dygns prognosen utan Kalman-filter. Notera att ozon-prognosen kommer direkt från CAMS.

Ozonhalterna i Stockholm överskattas något av CAMS-systemet. Detta konstaterades också av Säll [19], som visade att detta fenomenen var speciellt framträdande under sommar och höst. Förutom den generella överskattningen klarar CAMS väl av att beskriva säsongsvariationen av dag-till-dag variationen i ozon-halter över Stockholm, se Figur 11.

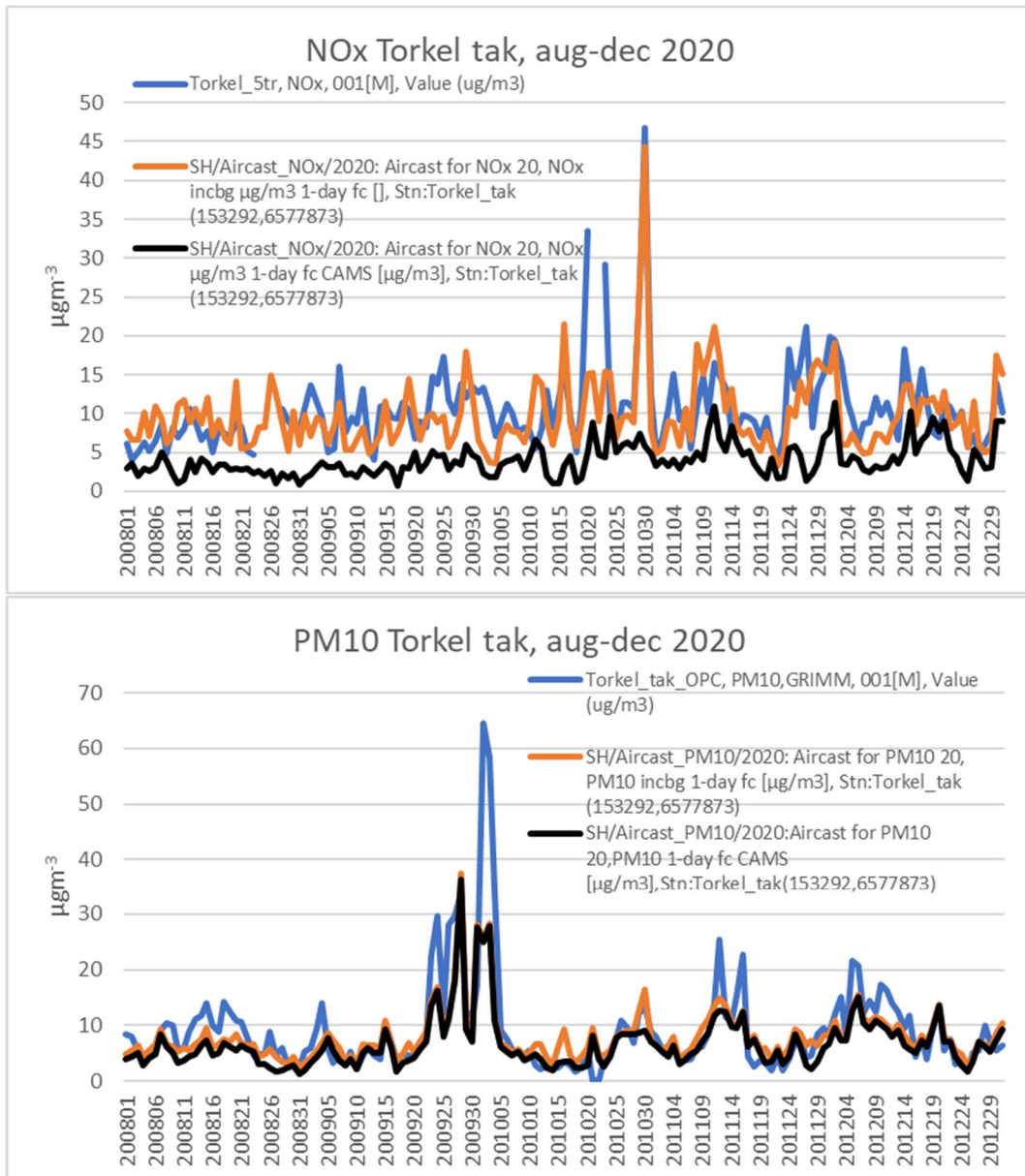
Kalman-filtret



Figur 12. Observerad (blå) och endygns-prognos (orange -utan Kalman-filter; grå -med Kalman-filter) av NOx (överst) och PM10 (nederst) vid mätstationen Torkel tak. Data gäller perioden 1 augusti – 31 december.

Figur 12 visar observerade och prognosticerade dygnsmedelvärden av NOx och PM10 vid den urbana bakgrundsstation, Torkel Knutssongatan, under hösten 2020. Den grå kurvan visar tidserien efter att Kalman-filtret applicerats. Skillnaden mot den icke-behandlade kurvan (orange) är liten. NOx underskattas med 8 % utan Kalman-filtret och 14 % med Kalman-filtret -alltså en genomsnittlig försämring av medelhalten. PM10 underskattas 14 % utan Kalman filtret, men endast 9 % efter Kalman-filtret. Vår (begränsade) analys ger inget stöd för att episoder med höga eller låga halter fångas bättre efter Kalman-filtret applicerats.

Bakgrunds-halter



Figur 13. Observerad (blå) och endygns-prognos (orange -totalhalt; svart -bidraget från regional bakgrund (från CAMS)) av NOx (överst) och PM10 (nederst) vid mätstationen Torkel tak. Data gäller perioden 1 augusti – 31 december.

Figur 13 visar observerade och prognosticerade dygnsmedelvärden av NOx och PM10 vid den urbana bakgrundsstation, Torkel Knutssongatan, under hösten 2020. Den svarta kurvan visar långdistansbidragets andel av den totala modellerade halten under perioden. För NOx utgör bakgrundsbidraget 41 % av den modellerade totalhalten under perioden; för PM10 är motsvarande siffra 84 %. Dag-till-dag variationerna i den uppmätta halten av PM10 under perioden styrs till mycket stor del av intransporterat PM10.

Diskussion

Styrkor

Den prognosticerade geografiska fördelningen (kartorna) av luftkvaliteten i Stockholm är rimlig och huvudsakligen korrekt. Förhöjda halter av kväveoxider, NO_x, och partiklar, PM₁₀, uppträder längs de tungt trafikerade infartsvägarna och nere i gaturum med mycket trafik och höga kringliggande hus som förhindrar omblandning. Prognossystemet, och appen **Luft Stockholm**, är således till stor hjälp för att avgöra var det är höga halter av luftföroreningar.

Halterna av NO_x, PM₁₀ och ozon prognosticeras ganska väl i den urbana bakgrunden i prognossystemet. Detta beror till stor del på att långdistansbidraget är betydande (framförallt för PM₁₀ och ozon) samt att CAMS lyckas väl i sina prognoser av dessa luftföroreningar. Ozon bildas och förstörs endast i liten utsträckning inom vårt modellområde, vilket innebär att den geografiska variationen är mycket mindre än för NO_x och PM₁₀. Ozons dag-till-dag variabilitet prognosticeras mycket bra av CAMS [19] och vi har därför valt att använda data från direkt från CAMS i våra tillämpningar.

Björkpollen-prognoserna håller också mycket god kvalitet jämfört med observationerna. Det som möjligen är problematiskt med dessa prognoser är de inte utfärdas på helger och röda dagar, vilket försämrar prognoskvaliteten vid slutet av långhelger. Att prognoserna utfärdats på kontorstid leder också till att hela modell-kedjan väntar på att dessa ska bli klara på morgonen. Björkpollen-prognoserna är, slutligen, samma för hela området. Naturligtvis kan det finnas geografiska variationer i pollen-halterna baserat på lokala björkblomningar men det finns i nuläget inga resurser för att beskriva dessa småskaliga fenomen.

Svagheter

Det är tydligt att prognossystemet inte klarar av att prognosticera rätt nivåer av PM₁₀, speciellt under vinter/vår nere i gaturummen. Dagar med höga PM₁₀-halter som beror av lokala utsläpp missas ofta helt. Detta torde bero på att vi ännu inte justerat in NORTRIP-modellen. Här finns utrymme för betydande förbättringar.

Prognossystemet har också en tendens att överskatta de låga halterna av både NO_x och PM₁₀ i gaturummen. Detta beror sannolikt på att vi för varje timme tar maximum av båda sidorna från prognosmodellen och en viss dubbelräkning av haltbidraget längs vägarna där vi gör OSPM-beräkningar.

Det är också tydligt att det nuvarande Kalman-filtret inte är speciellt effektivt för att förbättra prognoserna. Vi har under året testat några andra statistiska metoder men inte hunnit utvärdera eller implementera dessa. Inledningsvis fanns förhoppningar om att använda ett stort antal sensorer som mäter luftföroreningar för att stötta upp beräkningarna. Tyvärr är tillgången till acceptabla data från sensorer fortfarande mycket begränsad. Detta har också inneburit att vi inte kunnat utveckla statistiska system som kan ta tillvara data från flera sensorer, med olika kvalitet, i en rad olika miljöer, för att förbättra de deterministiska prognoserna.

API:er för prognos-resultat

Licenser

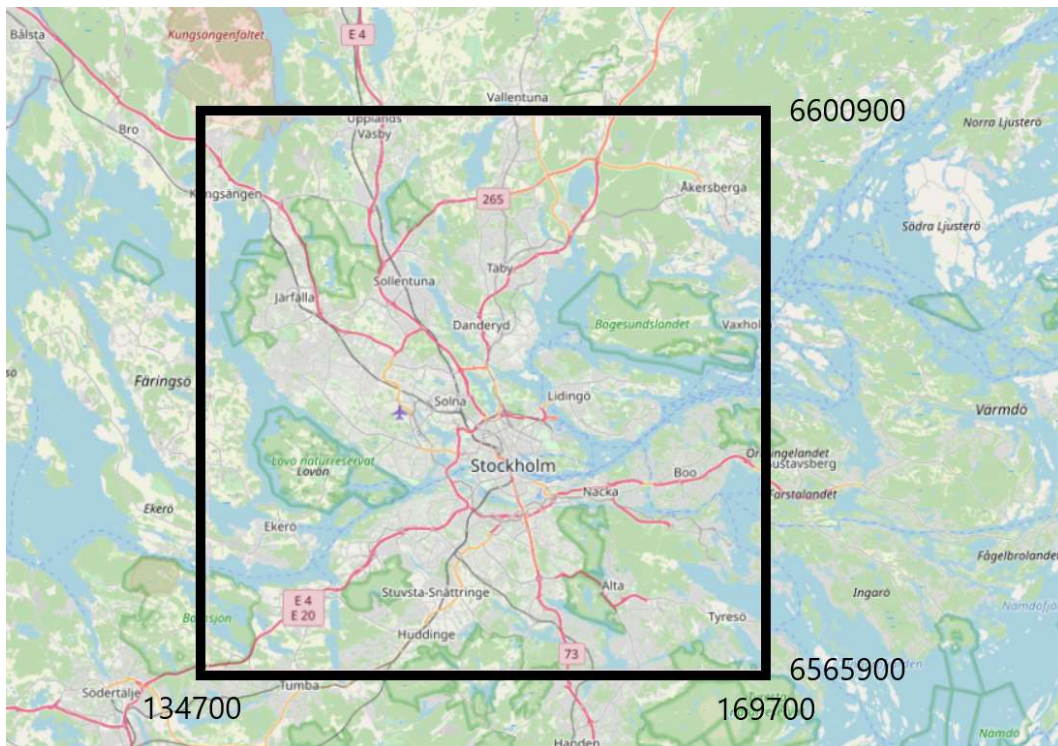
Våra luftkvalitet- och pollenprognoser ligger på öppna API:er, se Figur 3. Data är tillgänglig under “*Creative Commons Public Domain Dedication*” (CC0) [31]. CC0-licensen innebär t.ex. att data kan kopieras, modifieras och distribueras både för publika och kommersiella syften utan att fråga SLB-analys om lov. CC0-licensen möjliggör användning av resultaten i oberoende system. Inom ramen för detta projekt har SLB-analys, t.ex., byggt appen för smarta telefoner, **Luft Stockholm**, som kortfattat presenterats ovan. Vår förhoppning är även att andra aktörer ska vara intresserade av luftkvalitetprognoserna och använda resultaten i sammanhang som vi inte ens kunnat föreställa oss. Följande avsnitt har som ambition att dokumentera API:erna som vi utvecklat inom projektet.

Allmänt

Det finns två olika typer av API:er. Dels en WMS-tjänst som tillhandahåller kartor (bilder) och dels API:er som levererar tidsserier. Tidsserierna kan hämtas som prognoser för en valfri plats.

Bägge API:erna är RESTFUL och samtliga anrop är av typen HTTP GET, förfrågan beskrivs fullständigt i URL:en (inga specifika HTTP-headers för API:et behöver sättas).

Koordinatsystemet är SWEREF99 18 00, och koordinaterna är benämnda *easting* respektive *northing*. Data finns endast tillgänglig inom en rektangulär yta enligt Figur 14.



Figur 14. Modellområdets nuvarande utsträckning. Gränserna för rutan anges i SWEREF99 18 00 koordinater (meter).

Enheter

Data som hämtas från API:erna ges alltid i index-enheter, dvs procent (%). För att omvandla till μgm^{-3} (eller antal pollen per m^3) ska en använda följande formel:

$$X_i = \frac{\ln\left(\frac{AQHI_i}{100} + 1\right)}{\beta_i},$$

där X_i är koncentration av ämne i (i μgm^{-3} eller antal pollen per m^3), $AQHI_i$ är index för ämne i (i procent) som erhålls från API:et och β_i är risk-koefficienten för respektive ämne, se Tabell 6.

Tabell 6. Risk-koefficienterna för de ingående ämnena [29].

Ämne	Species i Tabell 7	Värde på β_i	Kommentar
NOx	nox	0.00050	
O ₃	o3	0.00030	
PM10	pm10	0.0025	
Björkpollen	birch	0.00026	Ger halt i pollen per m^{-3}

WMS-tjänster

Samtliga WMS-tjänster [32] återfinns på URL:en

<https://gis.slbanalys.se/geoserver/slb/wms>.

Funktionalitet utgörs av kartanrop (**getmap**) och metadata via **getfeatureinfo** [33].

Exempelanrop:

```
https://gis.slbanalys.se/geoserver/slb/wms?
service=WMS&
request=GetMap&
layers=slb:aqhi_d01_polygons&
styles=&
format=image/png&
transparent=true&
version=1.3.0&
width=256&
height=256&
crs=EPSG:3011&
bbox=6565900,134700,6600900,169700&
tiled=true
```

```
https://gis.slbanalys.se/geoserver/slb/wms?  
service=WMS&  
request=GetMap&  
layers=slb:nox_d01&  
styles=&  
format=image/png&  
transparent=true&  
version=1.3.0&  
width=256&  
height=256&  
crs=EPSG:3011&  
bbox=6578437.5,153375.0,6579375.0,154312.5&  
tiled=true
```

Det som styr vilket ämne som ritas upp är parametern **layers**. Värdet på **layers** har formen:

slb:species_dxxP

där **species** är det ämne som visas, se Tabell 7.

dxx är **d01** för endygnsprognozen (dvs för innevarande dag om prognosen hunnit utfärdas); **d02** för prognos för dag 2 (i morgon) eller **d03** för prognos för dag 3 (övermorgon).

P kan antingen vara satt till **_polygons** (första exemplet ovan), **_roads**, eller vara tom (andra exemplet ovan). Om det är **_polygons** betyder det att enbart data från den gaussiska modellen (grid-värdena) ritas upp; **_roads** ger resultatet från OSPM-modellen (med urban bakgrund adderad). Om **P** är tom returneras ett sammanslaget lager (för de högre zoom-nivåerna).

För att avgöra vilket datum som **d01**, **d02**, och **d03** står för behöver användaren även göra ett metadata-anrop, t.ex. **getfeatureinfo**:

```
https://gis.slbanalys.se/geoserver/slb/wms?  
service=WMS&  
request=getFeatureInfo&  
layers=slb:metadata&  
styles=&  
version=1.3.0&  
width=256&  
height=256&  
crs=EPSG:3011&  
bbox=6578437.5,153375.0,6579375.0,154312.5&  
tiled=true&  
i=10&  
j=10&  
query_layers=slb:metadata&  
info_format=application/json
```

och läsa av date-variabeln. Om svaret t.ex. blir:

```
{ "type": "FeatureCollection", "features": [ { "type": "Feature", "id": "metadata
.fid-66e8011b_17a302ac376_f8",
"geometry": { "type": "Polygon", "coordinates": [ [ [ 6565900, 134700 ], [ 6600900, 1
34700 ], [ 6600900, 169700 ], [ 6565900, 169700 ], [ 6565900, 134700 ] ] ] }, "geometry_n
ame": "geom", "properties": { "date": "2021-06-21", "srid": "3011" } },
"totalFeatures": "unknown", "numberReturned": 1, "timeStamp": "2021-06-
22T07:11:38.853Z", "crs": { "type": "name", "properties": { "name": "urn:ogc:def
:crs:EPSG::3011" } } }
```

betyder det att **d01** är 2021-06-21.

Tabell 7. De olika ämnen som riskindex har beräknats för. Enheten för alla ämnen är procent.

Species	Beskrivning	Namn i Luft Stockholm appen
Aqhi	Totalt astmariskindex [29]. Summa av alla ingående ämnen	Riskindex
Aqhich	Kemiskt astmariskindex. Dvs utan björkpollen	Luftföroreningsindex
Birch	index baserat på enbart björkpollen	Pollen
Nox	index beräknat från enbart NOx	Kväveoxider
pm10	index beräknat från enbart PM10	Partiklar
o3	Index beräknat från enbart ozon	Ozon

Tidsserier

Användaren kan beställa prognosdata med timmes- eller dygnsupplösning för valfri punkt i modellområdet. Prognosdata finns med timmesupplösning tre dygn framåt. Dvs 72 separata tidssteg. Från dessa beräknas även dygnsmedel för 3 dygn: idag, imorgon och i övermorgon. Tidsserier från dessa beräkningar extraheras punktvis och svar returneras i JSON-format.

För samtliga anrop måste ett ”ämne” (*species*) anges för det luftkvalitetsindex som efterfrågas. Tillgängliga ämnen är samma som i WMS-tjänsten, se Tabell 7.

För NOx och PM10 används en separat gaturumsmodell för att beräkna halterna längs de mest förorenade gaturummen inom modellområdet. Är en intresserad av halterna i gaturum skall en ange `include_road_model=yes`. Om de angivna koordinaterna representerar ett gaturum så kommer halter från vägmodellen (vilket också inkluderar urban bakgrund från den gaussiska modellen) returneras istället för enbart grid-värdena – som är standard.

Tabell 8. Parametrar för prognosdata. Gäller för både tim- och dygnsdata.

Parameter	Typ	Standard-värde	Möjliga värden
Species	string		Se Tabell 7
northing*	Float eller int		$6565900 \leq \text{northing} \leq 6600900$
easting*	Float eller int		$134700 \leq \text{easting} \leq 169700$
include_road_model	string	no	yes no

*Se Figur 14.

Felaktiga parametrar ger felmeddelande:

```
{"ERROR": <beskrivande text>}
```

Timmesdata

URL:

```
open.slbanalys.se/timeseries/aqhi/v1/get_hourly_forecast?
species=<species>&
northing=<northing>&
easting=<easting>
[&include_road_model=<yes|no>]
```

Returnerar JSON:

```
{
  "forecast_timestamp": "YYYY-MM-DD",
  "values": [
    {
      "time": "h<hh>",
      "value": "<floatvalue>"
    },
    ...
  ]
}
```

Där <hh> är prognossteget som går från 01 till 72.

Giltighetstid för ett visst tidssteg är forecast_timestamp + <hh> timmar. <floatvalue> är halten av valt ämne (i %-enheter).

Exempelanrop:

```
https://open.slbanalys.se/timeseries/aqhi/v1/get_hourly_forecast?
species=nox&
easting=135139&
northing=6596900&
include_road_model=yes
```


Svar:

```
{
  "forecast_timestamp": "2021-03-22",
  "values": [
    {"time": "h01", "value": 0.0543}, {"time": "h02", "value": 0.0669}, {"time": "h03", "value": 0.067}, {"time": "h04", "value": 0.0684}, {"time": "h05", "value": 0.0721}, {"time": "h06", "value": 0.078}, {"time": "h07", "value": 0.0768}, {"time": "h08", "value": 0.072}, {"time": "h09", "value": 0.0728}, {"time": "h10", "value": 0.068}, {"time": "h11", "value": 0.0668}, {"time": "h12", "value": 0.0672}, {"time": "h13", "value": 0.0626}, {"time": "h14", "value": 0.0567}, {"time": "h15", "value": 0.0627}, {"time": "h16", "value": 0.0908}, {"time": "h17", "value": 0.122}, {"time": "h18", "value": 0.1609}, {"time": "h19", "value": 0.1928}, {"time": "h20", "value": 0.1901}, {"time": "h21", "value": 0.1722}, {"time": "h22", "value": 0.1765}, {"time": "h23", "value": 0.1661}, {"time": "h24", "value": 0.1746}, {"time": "h25", "value": 0.1884}, {"time": "h26", "value": 0.181}, {"time": "h27", "value": 0.182}, {"time": "h28", "value": 0.1853}, {"time": "h29", "value": 0.1917}, {"time": "h30", "value": 0.1951}, {"time": "h31", "value": 0.2008}, {"time": "h32", "value": 0.1677}, {"time": "h33", "value": 0.2033}, {"time": "h34", "value": 0.1508}, {"time": "h35", "value": 0.1124}, {"time": "h36", "value": 0.0924}, {"time": "h37", "value": 0.099}, {"time": "h38", "value": 0.108}, {"time": "h39", "value": 0.1133}, {"time": "h40", "value": 0.2186}, {"time": "h41", "value": 0.2866}, {"time": "h42", "value": 0.2631}, {"time": "h43", "value": 0.3022}, {"time": "h44", "value": 0.294}, {"time": "h45", "value": 0.2198}, {"time": "h46", "value": 0.2036}, {"time": "h47", "value": 0.1781}, {"time": "h48", "value": 0.1471}, {"time": "h49", "value": 0.1487}, {"time": "h50", "value": 0.1433}, {"time": "h51", "value": 0.1396}, {"time": "h52", "value": 0.1387}, {"time": "h53", "value": 0.1323}, {"time": "h54", "value": 0.148}, {"time": "h55", "value": 0.1476}, {"time": "h56", "value": 0.1502}, {"time": "h57", "value": 0.1302}, {"time": "h58", "value": 0.1029}, {"time": "h59", "value": 0.1057}, {"time": "h60", "value": 0.1001}, {"time": "h61", "value": 0.1065}, {"time": "h62", "value": 0.115}, {"time": "h63", "value": 0.1185}, {"time": "h64", "value": 0.1286}, {"time": "h65", "value": 0.1373}, {"time": "h66", "value": 0.1369}, {"time": "h67", "value": 0.138}, {"time": "h68", "value": 0.1382}, {"time": "h69", "value": 0.1429}, {"time": "h70", "value": 0.1381}, {"time": "h71", "value": 0.1299}, {"time": "h72", "value": 0.1334}
  ]
}
```

Dygnsdata

URL:

```
open.slbanalys.se/timeseries/aqhi/v1/get_daily_forecast?
species=<species>&
northing=<northing>&
easting=<easting>
[&include_road_model=<yes|no>]
```

Returnerar JSON:

```
{
  "forecast_timestamp": "YYYY-MM-DD",
  "values": [
    {
      "time": "d<dd>",
      "value": "<floatvalue>"
    },
    ...
  ]
}
```

Där <dd> är 01, 02 eller 03. Giltighetstid för dygnsmedelvärdena är forecast_timestamp för d01; forecast_timestamp + 1 dygn för d02; forecast_timestamp + 2 dygn för d03.

<floatvalue> är halten av valt ämne (i %-enheter). För ozon är det beräknat utifrån dygnets högsta 8-timmars medelvärde av koncentrationen. För de andra ämnena är det skapat från dygnets 24-timmars medelvärde av halten.

Exempelanrop:

```
https://open.slbanalys.se/timeseries/aqhi/v1/get_daily_forecast?
species=nox&
easting=135139&
northing=6596900&
include_road_model=yes
```

Svar:

```
{"forecast_timestamp":"2021-03-24",
"values":[{"time":"d01","value":0.1642}, {"time":"d02","value":0.18
27}, {"time":"d03","value":0.2333}]}
```

Tack

Många personer och organisationer har varit inblandade i tillblivelsen av prognosystemet. Förutom Agneta Ekeboom m.fl. vid Palynologiska laboratoriet på Naturhistoriska riksmuseet och Bertil Forsberg m.fl. vid Umeå universitet, står författarna i tacksamhetskund till, framförallt, Lars Nilsson men även Anja Arnerdal som när de fortfarande arbetade på miljöförvaltningen la ner mycket tid och energi på våra API:er. Vidare har vi haft god hjälp av Albin Ring och Jonas Arnqvist på miljöförvaltningen med diverse juridiska och administrativa frågor. Författarna vill också rikta ett stort tack till Lars Örtegren och Pär Ivarsson på Apertum som outtröttligt fortsatt att utveckla och justera Aircast-systemet, inklusive den komplicerade NORTRIP-implementationen. Slutligen vill vi rikta ett stort tack till app-utvecklarna på TietoEVERY; Björn Arvidsson, Andreas Östlund och Joacim Wall för ett effektivt och professionellt bemötande och framtagande av appen **Luft Stockholm**.

Referenser

1. Stadsledningskontoret Stockholm. <https://start.stockholm/om-stockholms-stad/organisation/stadsledningskontoret> (access 26 maj 2021).
2. SMURBS <https://smurbs.eu> (access 22 juni 2021).
3. Luftföroreningar och hälsa:
http://dok.slso.sll.se/CAMM/Faktablad/Luftfororeningar_och_halsa_stockholm_webb.pdf (access 10 juni 2021).
4. Luft och Miljö - Barns hälsa:
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-1303-5.pdf?pid=21462> (access 10 juni 2021).
5. Stockholm – den smarta och uppkopplade staden. <https://smartstad.stockholm> (access 26 maj 2021).
6. SLB analys. <https://www.slb.nu/slbanalys/luften-idag/> (access 8 juli 2021).
7. Strategi för Stockholm som smart och uppkopplad stad.
<https://smartstad.stockholm/wp-content/uploads/sites/10/2019/09/Bilaga-1-Strategi-for-en-smart-och-uppkopplad-stad-Stockholms-stad.pdf> (access 29 juni 2021).
8. Kartbaserad prognosinformation till astmatiker och andra känsliga grupper om luftkvaliteten. SLB 4:2013.
9. Digitalisering.
<https://start.stockholm/om-stockholms-stad/sa-arbetar-staden/digitalisering/> (access 28 maj 2021).
10. Astmariskprognoser Utvärdering av riskindex för luftföroreningar och pollen. SLB 4:2020.
11. Aircast.
<http://airviro.com/airviro/modules/aircast/aircast-1.9895> (access 28 maj 2021).
12. R. Faragher, 2012. Understanding the basis of the Kalman filter via a simple and intuitive derivation. IEEE Signal Processing Magazine September 2012, pp 128-132.
13. Luft Stockholm appen:
<https://miljobarometern.stockholm.se/luft/luft-stockholm/> (access 24 juni 2021).
14. CAMS.
<https://www.regional.atmosphere.copernicus.eu/> (access 27 maj 2021).
15. SMHI-prognoser. <https://www.smhi.se/data/oppna-data/> (access 29 juni 2021).
16. Danard. Se Appendix 2A i:
https://www.airviro.com/airviro/extras/pdf/files/UserRef_Volume2_Dispersion_v4.00.pdf (access 23 juni 2021).
17. Berkowicz, R. and Prahm, L.P. 1982. Sensible heat flux estimated from routine meteorological data by the resistance method. J. Appl. Met. 21, 1845-1864.
18. Granier, C., m.fl. 2019. The Copernicus Atmosphere Monitoring Service global and regional emissions, ECMWF, Reading, UK.
https://atmosphere.copernicus.eu/sites/default/files/2019-06/cams_emissions_general_document_apr2019_v7.pdf (access 2 juli 2021).

19. Evaluation and validation of Copernicus Atmosphere Monitoring Service regional ensemble forecast of air pollutants and birch pollen in the Stockholm region. Beatrice Säll, 2018. Department of Meteorology Master thesis report 30 HP (MO9001)
20. StormGeo: <https://www.stormgeo.com/contact/stockholm/> (access 11 juni 2021).
21. Pollenprognoser, pollenrapporten.se.
<https://pollenrapporten.se/prognoser/stockholm> (access 10 juni 2021).
22. Luftföroreningar i Östra Sveriges Luftvårdsförbund. Utsläppsdata för år 2015. Östra Sveriges Luftvårdsförbund, LVF-rapport 2018:23.
23. HBEFA: <http://www.hbefa.net/e/index.html> (access 21 juni 2021).
24. Denby, B.R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketznel, K., Norman, M., Kupiainen, K., Gustafsson, M., Blomqvist, G., och Omstedt, G. 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, 2013.
25. Denby, B.R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketznel, K., Norman, M., Kupiainen, K., Gustafsson, M., Blomqvist, G., Kauhaniemi, M., och Omstedt, G. A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 2: Surface moisture and salt impact modelling. *Atmospheric Environment* 81:485-503, 2013.
26. Gauss-modellen. Se Appendix 2C i:
https://www.airviro.com/airviro/extras/pdf/files/UserRef_Volume2_Dispersion_v4.00.pdf (access 23 juni 2021).
27. OSPM-modellen. Se Appendix 2J i:
https://www.airviro.com/airviro/extras/pdf/files/UserRef_Volume2_Dispersion_v4.00.pdf (access 23 juni 2021).
28. Operational Street Pollution Model (OSPM):
<http://envs.au.dk/en/knowledge/air/models/ospm/> (access 21 juni 2021).
29. Olstrup, H., Johansson, C., Forsberg, B., Tornevi, A., Ekeboom, A., Meister, K. 2019. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 16(1), 105. doi:10.3390/ijerph16010105
30. Norman, M., Sundvor, I., Denby, B.R., Johansson, C., Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S. 2016. Modelling road dust emission abatement measures using the NORTRIP model: Vehicle speed and studded tyre reduction.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.03.035>
31. Öppna data enligt CC0-licens. Lättläst sammanfattning på svenska.
<https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.sv> (access 29 juni 2021).
32. WMS. <https://www.ogc.org/standards/wms> (access 8 juli 2021).
33. geoserver
<https://docs.geoserver.org/stable/en/user/services/wms/reference.html> (access 7 juni 2021).

Rapporter från SLB-analys finns att hämta på: www.slb.nu

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

