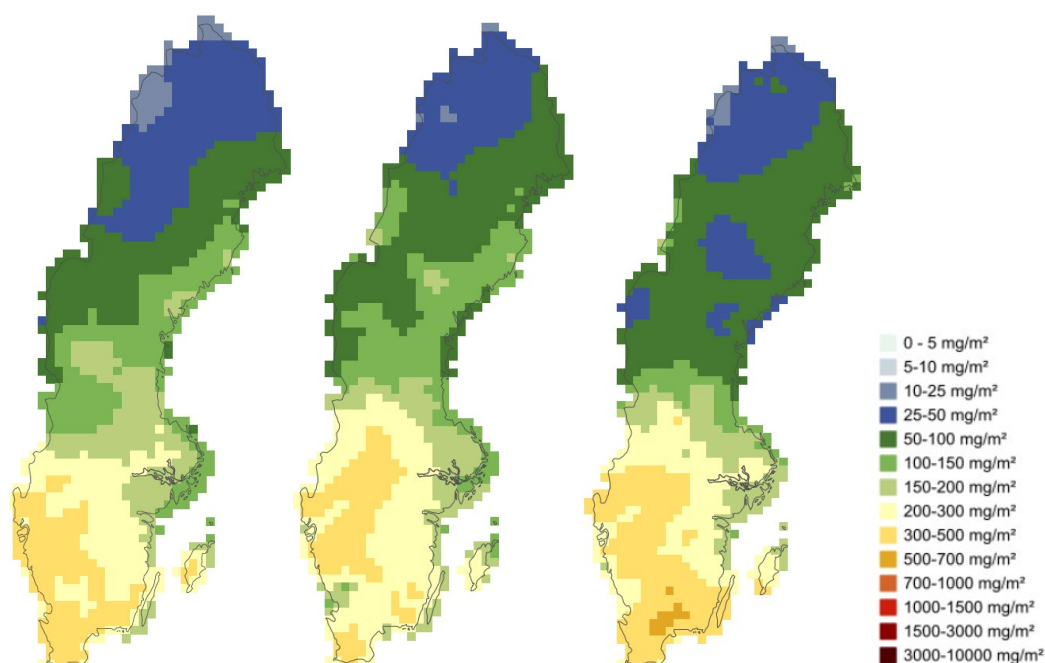




SWEDISH
ENVIRONMENTAL
PROTECTION
AGENCY

Delprogramsbeskrivning

Nationell miljöövervakning med MATCH Sverigesystemet



Bilden visar totaldeposition av reducerat kväve för år 2017 (vänster), 2018 (mitten) och 2019 (höger). Enhet: mg N m⁻².

Version 4: 2021-08-19

Programområde: Luft

Författare: Helene Alpfjord Wylde, Camilla Andersson, Wing Leung, SMHI

Ansvarig handläggare: Helena Sabelström, Naturvårdsverket

1. Innehåll

1.	Innehåll	2
2.	Sammanfattning.....	3
3.	Bakgrund	5
4.	Syfte.....	5
5.	Undersökningar som ingår i delprogrammet med övervakningsmanualer samt övriga styrdokument.....	6
5.1.	Övervakningsmanualer (undersökningstyper).....	7
5.2.	Övriga styrdokument.....	7
6.	Utformning av delprogrammet och datainsamling	7
6.1.	Val av provtagningspunkter - stationsnät	7
6.2.	Data som samlas in av delprogrammet.....	9
6.2.1.	Emissionsdata.....	10
6.2.2.	Svenska och norska mätstationer	10
6.2.3.	Dataassimilation av halter i luft och nederbörd.....	12
6.2.4.	Våtdepositionsberäkningar	13
6.2.5.	Torrdepositionsberäkningar.....	13
6.2.6.	Statistiska mått för marknära ozon.....	14
6.3.	Information som krävs från andra inventeringar/delprogram	15
7.	Resultatredovisning	15
7.1.	Tillgängliggörande av insamlad miljöinformation.....	15
7.2.	Offentlig statistik och internationell rapportering	15
7.3.	Datavärdskap och tillhandahållande av data	15
7.4.	Förväntade dataanvändare.....	16
8.	Kvalitetsarbete.....	16
8.1.	Kvalitetsrutiner.....	16
8.1.1.	Planera.....	16
8.1.2.	Genomföra.....	17
8.1.3.	Utvärdera.....	17
8.1.4.	Förbättra	17
9.	Ansvarig organisation och utförare	20
10.	Övrigt	20
11.	Referenser.....	20
12.	Versionshantering.....	23

2. Sammanfattning

Delprogram	Versionsnr	
Nationell miljöövervakning med MATCH – Sverigesystemet	4:0	
Syfte	Syftet med detta delprogram är att: <ul style="list-style-type: none"> • ge en bild av hur koncentrationer i luft och depositionen av svavel, kväve, marknära ozon och baskatjoner varierar geografiskt och över tid samt att • ge underlag för bedömning av uppfyllelse av miljömålen "Bara naturlig försurning", "Ingen övergödning" och "Frisk luft" nationellt och regionalt. Delprogrammet ger även underlag för bedömning av uppfyllelse av miljö kvalitetsnormer (MKN). 	
Undersökningar	Modellera halter samt försurande och övergödande nedfall samt ozon över Sverige	
Stationsnät	Nationella griddade resultat med 20 km upplösning	
Kort beskrivning av vad som mäts	Delprogrammet omfattar modellering av halter och nedfall för försurande och övergödande ämnen samt ozon över Sverige.	
Styrdokument	Övervakningsmanualer (undersökningstyper)	
	Övriga styrdokument	Direktiv 2008/50/EG om luftkvalitet och renare luft i Europa, i lydelsen enligt dir (EU) 2015/1480 CL2008L0050SV0010020.0001_cp 1.1 (europa.eu) EMEP Monitoring strategy for the Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe for the period 2020–2029 (ECE/EB.AIR/2019/4) ECE_EB.AIR_2019_4-1916517E.pdf (unece.org)
Underlag till nationella miljömålsindikatorer	Underlag till miljömålen "Bara naturlig försurning", "Ingen övergödning" och "Frisk luft" nationellt och regionalt. Delprogrammet ger även underlag för bedömning av uppfyllelse av miljö kvalitetsnormer (MKN).	
Dataleveranser	Nationell eller internationell rapportering Under hösten 2018 rapporterade Sverige för första gången modellerade luftkvalitetsdata till EU, som en del av den officiella e-rapporteringen till EEA. Halter av marknära ozon, beräknade med MATCH Sverigesystemet, rapporterades av SMHI i egenskap av datavärd.	

Rapporter/data-produkter	Se https://www.smhi.se/data/miljo/atmosfarskemi för rapporter och resultat.
Ansvarig organisation	SMHI

3. Bakgrund

Naturvårdsverket ansvarar för den nationella övervakningen av luftens och nederbördens kvalitet i bakgrundsmiljö i Sverige. Övervakningen bedrivs inom ramen för det s.k. Programområde Luft och omfattar idag följande delprogram:

1. Försurande och övergödande ämnen i luft och nederbörd
2. Partiklar i luft
3. Marknära ozon
4. Organiska miljögifter i luft och nederbörd
5. Metaller i luft och nederbörd
6. Metaller i mossor
7. Pesticider i luft och nederbörd
8. Ozonskiktets tjocklek
9. STRÅNG, UV-indikator
10. Ozonedbrytande ämnen
11. MATCH-Sverigesystemet
12. Partiklar och klimatpåverkande ämnen på Svalbard

Detta delprogram rör punkt 11 ovan.

MATCH (Multi-scale Atmospheric Transport and Chemistry) är en atmosfärskemisk spridningsmodell som används för att studera konsekvenserna av luftföroreningar inom en rad områden. Inom miljöövervakningen används modellen på ett sätt där modellberäkningar och atmosfärskemiska mätdata på regional skala tillsammans ger resultaten av luftkoncentrationer samt deposition av svavel, kväve och baskatjoner över Sverige.

Delprogrammet "Nationell miljöövervakning med MATCH Sverigesystemet" omfattar modellering baserad på emissionsdata från SMED (Svenska miljöemissionsdata) och detaljerade tredimensionella meteorologiska data med tre timmars tidsupplösning som finns tillgängliga vid SMHI. Dessutom ingår, som en viktig del, dataassimilation av atmosfärskemiska mätdata från svenska och norska EMEP-stationer (European Monitoring and Evaluation Programme) och svenska LN-stationer (luft- och nederbördsstationer, LN, inom mätnätet SveLoD i delprogrammet Försurande och övergödande ämnen i luft och nederbörd).

Beräkningar inom modellsystemet har gjorts årligen från 1998 och presenteras på datavärdens hemsida. Resultaten används av svenska miljömyndigheter, för uppföljning av miljömålen på nationell och regional nivå, samt av forskare. Resultaten används även som indata för att beräkna t.ex. kritisk belastning i svenska ekosystem.

4. Syfte

Övervakningen inom Programområde Luft i den nationella miljöövervakningen syftar dels till att uppfylla de krav som ställs på Naturvårdsverket genom olika direktiv, dels till att uppfylla åtaganden som gjorts inom ramen för internationella överenskommelser.

Programområdet ger med mätningar och beräkningsmodeller även underlag till uppföljning av miljömålen Frisk luft, Bara naturlig försurning, Ingen övergödning, Giftfri miljö, Skyddande ozonskikt och Begränsad klimatpåverkan nationellt, regionalt och lokalt. Resultaten utgör också en väsentlig del av underlaget för internationell rapportering och officiell statistik avseende miljötillståndet. De viktigaste målgrupperna för Programområde Luft är EU, andra internationella organ, Naturvårdsverket och andra centrala myndigheter, län, kommuner, forskare samt allmänheten.

Övervakningen sker huvudsakligen i regional bakgrund, men i vissa fall även i urban bakgrund och tätort.

Syftet med detta delprogram är att:

- ge en bild av hur koncentrationer i luft och depositionen av svavel, kväve, marknära ozon och baskatjoner varierar geografiskt och över tid samt att
- ge underlag för bedömning av uppfyllelse av miljömålen "Bara naturlig försurning", "Ingen övergödning" och "Frisk luft" nationellt och regionalt. Delprogrammet ger även underlag för bedömning av uppfyllelse av miljö kvalitetsnormer (MKN).

Årliga griddade beräkningar med MATCH Sverigesystemet används för kartläggning av årliga förhållanden av såväl luftkoncentrationer av marknära ozon och vissa svavel och kväveämnen som deposition av svavel, kväve (oxiderat och reducerat) och baskatjoner över Sverige.

Beräkningarna görs med en upplösning på 20x20 km och med hjälp av data från regionala bakgrundsmätningar.

5. Undersökningar som ingår i delprogrammet med övervakningsmanualer samt övriga styrdokument

Delprogrammet omfattar modellering av halter och nedfall för försurande och övergödande ämnen samt ozon över Sverige.

Uppdraget omfattar modellering på basis av geografiskt fördelade emissionsdata för Sverige och Europa, meteorologiska data samt atmosfärskemiska mätdata från den nationella luftövervakningen (mätdata från EMEP- och LN-stationerna i delprogrammet "Försurande och övergödande ämnen i luft och nederbörd") samt mätstationer i Norge.

Resultatet ska presenteras på kartor som finns tillgängliga på datavärdens (SMHI:s) webbplats (se Datahantering nedan). I delprogrammet ingår följande beräkningar:

- Våtdeposition av svavel- och kväveföreningar samt baskatjoner till blandad markanvändning.
- Torrdeposition av svavel- och kväveföreningar till olika marktyper.
- Total deposition av svavel- och kväveföreningar till blandad markanvändning. Sveriges bidrag till den totala depositionen urskiljs.
- Halter i luft av svavel- och kväveföreningar. Sveriges bidrag till de totala halterna urskiljs.
- Halter i luft av marknära ozon enligt måtten
 - Årsmedelvärde
 - Sommarmedelvärde
 - Maximalt timvärde
 - Maximalt 8-timmarsvärde
 - Antal dygn med halter över 120 respektive 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - Antal timmar med halter över 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - AOT40 för grödor
 - AOT40 för skog
 - SOMO35
 - PODY för generiska gröda
 - PODY för generisk lövskog
 - PODY för vete, potatis, gran och björk.

5.1. Övervakningsmanualer (undersökningstyper)

Övervakningsmanual finns inte framtagen för MATCH-verksamheten. För beskrivning av tillvägagångssätt, se 6.2.

5.2. Övriga styrdokument

Övriga styrdokument är:

- Direktiv 2008/50/EG om luftkvalitet och renare luft i Europa, i lydelsen enligt dir (EU) 2015/1480
[CL2008L0050SV0010020.0001_cp 1.1 \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0050SV0010020.0001_cp_1.1)
- EMEP Monitoring strategy for the Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe for the period 2020–2029 (ECE/EB.AIR/2019/4)
[ECE_EB.AIR_2019_4-1916517E.pdf \(unece.org\)](https://www.unece.org/cees/trans/air/2019/4-1916517E.pdf)

6. Utformning av delprogrammet och datainsamling

6.1. Val av provtagningspunkter - stationsnät

De variabler som inkluderas i de redovisade resultaten från MATCH Sverigesystemet finns tillgängliga på SMHIs webbsida

(<http://www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi>) och listas i tabellen nedan.

Depositionsdata är uppdelat i torrdeposition, våtdeposition, total deposition (våt+torr) samt Sveriges bidrag av total deposition. Beräkningarna för svavel och baskatjoner finns både inklusive och exklusive havssalt. Torrdepositionsberäkningarna särredovisas dessutom för blandad markanvändning (10 klasser), samt för åkermark, tall/gran, lövskog och vatten, där varje markanvändningsklass antas vara heltäckande.

Lufthalter finns för SO₂, NO₂ och NH_x som Sveriges bidrag, långvägstransport och totalvärden. Förutom dessa variabler redovisas också 16 mått på marknära ozon från och med 2013.

Tabell 1. I tabellen anges övervakade parametrar i MATCH Sverigesystemet i sammanfattande format.

		Parameter	Frekvens
Halter i luft	<ul style="list-style-type: none"> • Sveriges bidrag + långväga transport 	O ₃	Årsmedel Sommarmedel Årsmax (1 timme) Årsmax (8 timmar) Antal dagar > 120 ug/m ³ Antal dagar > 70 ug/m ³ Antal timmar > 80 ug/m ³ AOT40 för skog

			AOT40 för grödor SOMO35 PODY för grödor PODY för lövskog PODY för vete, potatis, gran och björk
	<ul style="list-style-type: none"> • Sveriges bidrag + långväga transport • Sveriges bidrag • Långväga transport 	SO ₂ -S NO ₂ -N NH _x -N	Årsmedel
Totaldeposition	<ul style="list-style-type: none"> • Sveriges bidrag 	SO _x -S SO _x -S (exkl. havssalt) NO _x -N NH _x -N	Årsmedel
	<ul style="list-style-type: none"> • Sveriges bidrag + långväga transport 	SO _x -S SO _x -S (exkl. havssalt) NO _x -N NH _x -N K K (exkl. havssalt) Mg Mg (exkl. havssalt) Ca Ca (exkl. havssalt)	Årsmedel
Våtdeposition	<ul style="list-style-type: none"> • Sveriges bidrag + långväga transport 	SO _x -S SO _x -S (exkl. havssalt) NO _x -N NH _x -N	Årsmedel
Torrdeposition	<ul style="list-style-type: none"> • Torrdeposition till blandad markanvändning • Torrdeposition till åkermark • Torrdeposition till lövskog • Torrdeposition till granskog • Torrdeposition till vatten 	SO _x -S (exkl. havssalt) NO _y -N NH _x -N	Årsmedel

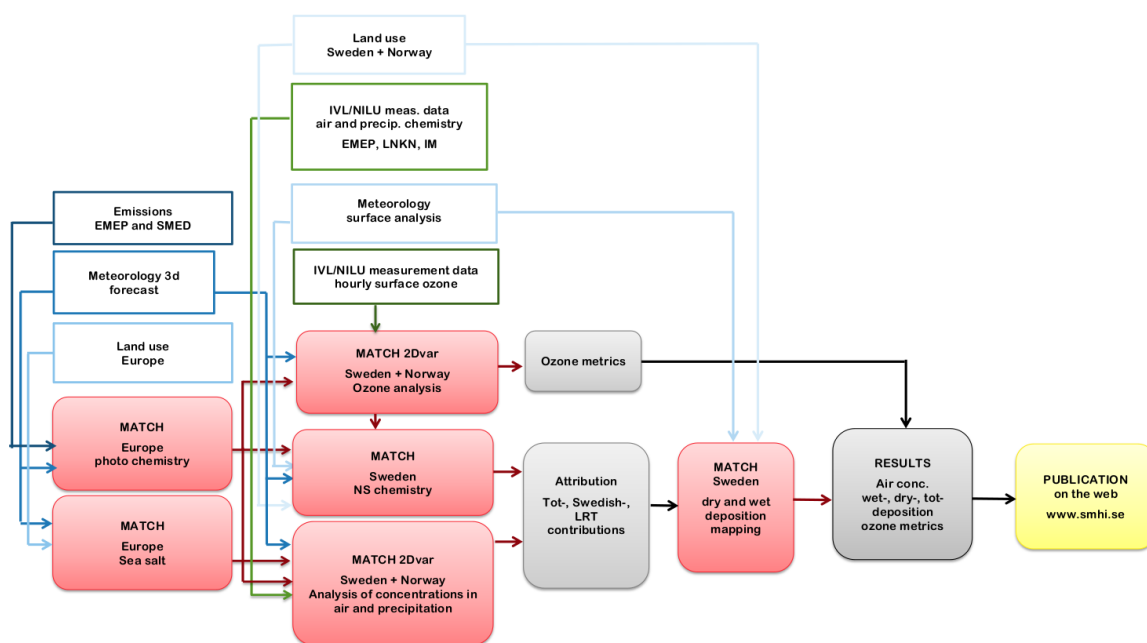
6.2. Data som samlas in av delprogrammet

I flödesdiagrammet nedan visas schematiskt de olika stegen i den nuvarande metodiken. Indata till systemet i form av meteorologiska data, emissionsdata och mätdata visas som rutor med vit bakgrund. De sista stegen beskriver efterbehandlingar såsom beräkning av torrdeposition till olika marktyper, exempelvis åkerjord och lövskog, samt beräkning av våtdeposition. Indata till systemet är dels atmosfärskemiska observationer, vilka tillhandahållits av IVL (Svenska miljöinstitutet) och NILU (Norsk Institutt for luftforskning), dels utsläppsdata från EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme), och SMED (Svenska miljöemissionsdata) (kombinerat kallade SMEMEP-emissioner) och dels meteorologiska data. Utsläppsdata från SMED är av högre upplösning än EMEP, och representerar Sveriges utsläpp.

Ozonhalter beräknas med MATCH fotokemi och dataassimileras därefter med uppmätta ozonhalter från IVL och NILU. Dessa analyserade ozonhalter används för att beräkna olika statistiska mått i nuvarande metodiken. De används även som indata i modellberäkningen av Sverigebidrag. Som indata till modellberäkningen av Sverigebidrag används förutom det analyserade ozonet markanvändningsdata, SMEDs emissioner samt ECMWF-MESAN väderdata (före 2016 användes HIRLAMs väderdata, men denna byttes ut mot ECMWFs högupplösta ensemble-medlem HRES då HIRLAM slutade produceras operationellt).

Dataassimilationen sker på totalhalterna från MATCH Europa-modellresultatet för svavel och kväve. Långtransportbidraget beräknas sedan som det assimilerade totalfältet subtraherat med Sverigemodellens resultat.

Därefter beräknas depositionen för olika markanvändningstyper utifrån resultaten från analysen (mapping i Figur 1). Innan slutresultaten läggs ut på nätet så måste de slutföras (postprocessas) för att få rätt format.



Figur 1. Översikt över MATCH Sverigesystemet med nuvarande metodik.

Flödesdiagrammet ger en beskrivning av indata till och flöden inom MATCH-Sverigesystemet samt modeller som ingår i systemet.

6.2.1. Emissionsdata

De europeiska emissioner som används i MATCH Europa-körningarna baseras på EMEP:s griddade data med en geografisk upplösning på 0.1x0.1 grad, kombinerat ihop med SMEDs emissioner över Sverige. SMED tar på uppdrag av Naturvårdsverket årligen fram Sveriges emissioner för internationell rapportering. Emissionerna beräknas på ett antal sektorer och undersektorer enligt internationell rapporteringsstandard för totalt 25 ämnen. I MATCH Sverige används de svenska emissioner som sammanställs av SMED och rapporteras av Sverige till UNFCCC, CLRTAP och EU. Både EMEP- och SMED-emissioner har en eftersläpning på 2 år, t.ex för beräkningsår 2019 användes emissioner från 2017.

SMEDs emissionsdata för sjöfart är baserad på data från Shipair, vilken används för havsområdena kring Sverige. Tack vare årligt uppdaterade aktivitetsdata från och med 2019 så ökar kvaliteten på MATCH Sverigesystemets haltberäkningar nära kusterna.

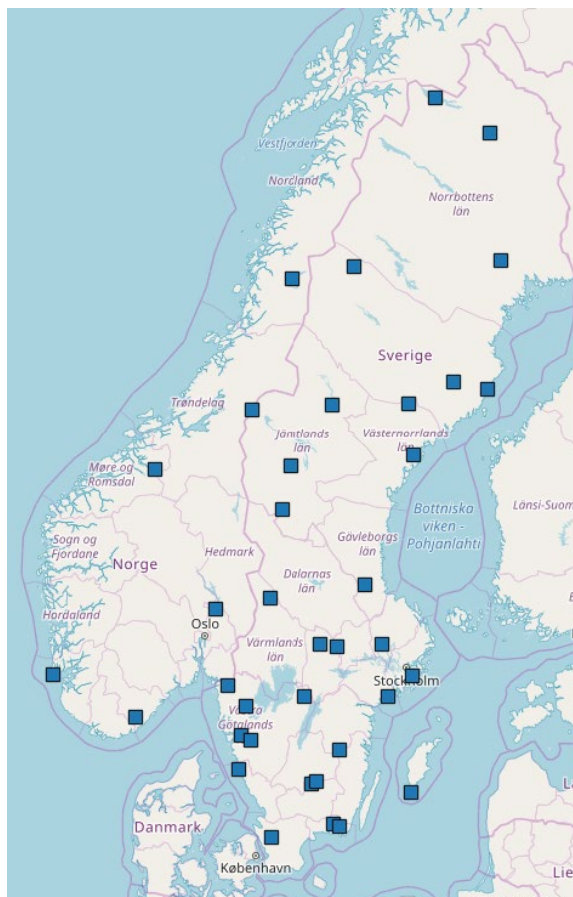
Vid åtgärder med stor påverkan på utsläpp, t ex införandet av NECA/SECA-områden i Östersjön, så tas hänsyn till detta vid den årliga hanteringen av emissionsdata till kartläggningen i MATCH Sverigesystemet.

Sommaren 2018 var ovanligt torrt och varmt som orsakade till en utbröt av skogsbränder i Sverige. Ett arbete att inkludera emissioner från skogsbränder i MATCH Europakörningen utfördes därmed under 2018. Dagliga data från CAMS Global Fire Assimilation System (CAMS-GFAS) används som en del av indata till MATCH Europakörningen från och med beräkningsår 2018. Denna utveckling är en synergieffekt av att SMHI även är en del av CAMS50.

6.2.2. Svenska och norska mätstationer

De uppmätta data som utnyttjas i MATCH Sverigesystemet har fått från IVL (alternativt från Datavärdskapet för Luftkvalitet) som tillhandahåller de svenska stationerna, och NILU som ansvarar för de norska stationerna. De svenska stationerna tillhör EMEP och LN i SveLoD (se avsnitt 3) samt IM (Integrerad miljöövervakning i naturekosystem).

De vid dataassimilationen utnyttjade mätstationerna för bakgrundsluft inom Norden framgår dels av Figur 2, där mätstationernas lokalisering finns utmärkta, och dels av Tabell 2 nedan.



Figur 2. De mätstationer som använts i MATCH Sverigesystemet (stationen Aspvreten i Södermanland har ersatts av stationen Norunda i Uppland).

I Tabell 2 visas även vilket observationsnät respektive station tillhör (EMEP, LN eller IM), uppmätta variabler, frekvens för mätning samt stationsnamn. För beräkningsåret 2019 utnyttjades 8 stationer för mätning av svavel och kväve i luft, varav fyra svenska EMEP-stationer (dygnsvisa mätningar) och 4 norska EMEP stationer (dygnsvisa mätningar). För ozon användes tio svenska EMEP-stationer och sex norska (timvisa mätningar).

Tabell 2. Mätstationer utnyttjade vid dataassimilation för luft.

	Mät nätverk	Frekvens	Uppmätta Variabler	Stationer
Luft	Svenska EMEP	Dygn	SO ₂ , SO ₄ , NO ₃ +HNO ₃ , NO ₂ , NH ₄ +NH ₃	Norunda, Bredkälén, Hallahus, Råö
Luft	Norska EMEP	Dygn	SO ₂ , SO ₄ , NO ₃ +HNO ₃ , NO ₂ , NH ₄ +NH ₃	Birkenes, Kårvatn, Hurdal, Tustervatn
Luft	Svenska EMEP	Timme	O ₃	Asa försökspark, Bredkälén, Esrange, Norunda, Grimsö, Hallahus, Råö, Rödeby, Vindeln, Östad
Luft	Norska EMEP	Timme	O ₃	Birkenes, Kårvatn, Hurdal, Sandve, Prestebakke, Tustervatn

Då det gäller nederbörd användes totalt 26 stationer, varav fyra svenska EMEP (månadsvisa), 18 LN (månadsvisa) och fyra IM (månadsvisa) (se Tabell 3) år 2019. Samtliga nederbördsdata används i den variationella analysen på månadsupplösning, så om tidsupplösningen är högre så aggregeras data till månadsvärden.

Tabell 3. Mätstationer utnyttjade vid dataassimilation för nederbörd vid den senaste beräkningen för 2019.

	Mät nätverk	Frekvens	Uppmätta Variabler	Stationer
Nederbörd	Svenska EMEP	Månad	SO ₄ , NO ₃ , NH ₄ , Na, K, Ca, Mg	Norunda, Hallahus, Bredkälen, Råö
Nederbörd	Svenska IM	Månad	SO ₄ , NO ₃ , NH ₄ , Na, K, Ca, Mg	Aneboda, Kindlahöjden, Gammtratten, Gårdsjön
Nederbörd	LN	Månad	SO ₄ , NO ₃ , NH ₄ , Na, K, Ca, Mg	Abisko, Ammarnäs, Djursvallen nedre, Estrange, Granan, Grankölen, Hundshögen, Jädraås, Majstre, Norra Kvill, Norunda, Pjungeerud, Rickleå, Ryda Kungsgård, Sandnäset, Sännen, Transtrandberget, Tyresta

6.2.3. Dataassimilation av halter i luft och nederbörd

För att på bästa möjliga sätt utnyttja de mätstationer som finns spridda över Sverige och Norge kombineras mätdata med storskalig information från första skattningen genom så kallad dataassimilation. Dataassimilation är, som nämnts tidigare, en benämning på metoder som kombinerar observationer av variabler, såsom halten av ett ämne i luft, med informationen från en modell i syfte att skapa en analys, d.v.s. en uppskattning av det rätta värdet av det aktuella tillståndet hos atmosfären.

Inom miljöövervakningen används för närvarande en dataassimileringsmetod som kallas variationell analys. Syftet med den variationella analysen är att försöka hitta den analys som med minsta möjliga avvikelse överensstämmer med både mätdata och modell genom att ta hänsyn till osäkerheterna. En känd och önskvärd egenskap hos en modellsimulering är att osäkerheterna är korrelerade i rummet. Därför kommer en avvikelse mellan mätdata och modell spridas till omkringliggande platser. I och med detta kan informationen från en mätstation, som endast representerar en plats, utnyttjas för att även beskriva ett större omkringliggande område. Hur långt informationen sprids (är korrelerad) beror på vilken typ av variabel som assimileras.

Den variationella analysen i MATCH Sverigesystemet sker i två dimensioner (i horisontalplanet, förkortat 2dvar), och i den nya metodiken sker den variationella analysen på totalhalter. MATCH Europa körs på upplösningen 22 km x 22 km.

Det sker dygnsvis assimilation för lufthalter och för dessa antas isotropa korrelationer: förändringen av bakgrundsfältet sker enbart baserat på avstånd från mätstation och på skillnaden mellan mätning och bakgrundsfält. För koncentration i nederbörd sker månadsvis assimilation av mätvärden och första skattningsfält. Orsaken till den grövre tidsupplösningen är att det inte finns rikstäckande observationer av halt i nederbörd på dygnsbasis, utan enbart med grövre tidsupplösning. Koncentrationer i nederbörd som är från icke-havssaltsbidrag antas ha isotropa, avståndsberoende, korrelationer. Havssaltsbidraget assimileras däremot med anisotropa korrelationer, då gradienten av havssaltsfältet är skarp utmed kusterna. En beskrivning av metodiken för MATCH havssaltberäkningar står att läsa om i Foltescu et al. (2005).

6.2.4. *Våtdepositionsberäkningar*

Som grund till de våtdepositionsberäkningar som görs i MATCH Sverige-systemet utnyttjas analyserad meteorologi genom MESAN-data (griddad data baserad på observationer och modell) var 3:e timme av nederbördsmängder över Sverige. MESAN-data har kombinerats med dygnsvisa PTHBV-data fram till 2014, därefter har MESANs nederbörd använts rakt av. Detta pga. kvalitetsförbättringar i MESAN under senare år. 3-timmars nederbördsfält används i MATCH-Sverigemodellen och interpoleras till timvärden i modellen inför beräkning av våtdeposition orsakad av svenska emissioner.

De analyserade resultaten från dataassimilationen av modellerade och observerade data fås i form av koncentration i nederbörd. Det är naturligt eftersom mätdata anges i koncentration i nederbörd och för att denna parameter varierar långsammare spatialt än våtdeposition, som har högre småskalighet eftersom den följer nederbörd som är småskalig. Våtdepositionen beräknas därefter fram genom att den analyserade koncentrationen multipliceras med ovan beskrivna nederbördsdata. Kvaliteten på nederbördsdata är avgörande för kvaliteten på våtdepositionsberäkningarna.

6.2.5. *Torrdepositionsberäkningar*

Som underlag för torrdepositionsberäkningar används de analyserade lufthalter som erhållits med hjälp av dataassimilationen. Beräkningar av torrdeposition är förenat med vissa svårigheter i jämförelse med beräkningar av våtdeposition eftersom torrdepositionen beror på många olika faktorer. Bland annat beror den på vilket ämne som deponeras, gas eller partikel, partikelstorlek, depositionsytans beskaffenhet samt rådande meteorologiska förhållanden.

Förenklat sker torrdepositionen i tre steg. I det första steget transporteras den atmosfärskemiska komponenten i det turbulenta atmosfäriska gränsskiktet ner till det laminära gränsskiktet. Det laminära gränsskiktet är ett millimetertunt

skikt ovanför mark-, vatten- eller vegetationsytan. Därefter transporteras komponenten genom detta. I det tredje steget upptas komponenten av ytan.

Torrdepositionen beräknas i MATCH modellen med hjälp av en resistensmodell där resistensen för gaser och partiklars deposition till underlaget parameteriseras, se Chamberlain and Chadwick (1965). Torrdepositionsflödet kan beskrivas av följande samband (jämför Ohm's lag inom elläran),

$$F_i(z) = C_i(z) \frac{1}{r_i(z)}$$

där F_i är flödet för ett ämne i på höjden z och $C_i(z)$ är den aktuella koncentrationen. Resistensen r_i bestämmer depositionshastigheten v_d genom följande uttryck:

$$v_d = \frac{1}{r_a + r_b + r_c}$$

där r_a , r_b och r_s är den aerodynamiska resistansen, det laminära ytskiktets resistans respektive ytresistansen. Storleken hos resistenserna varierar på ett komplicerat sätt beroende på egenskaper hos ämnet som deponeras, meteorologiska förhållanden och ytans beskaffenhet. I MATCH modellen är dessa tre resistenser parametriserade. Resistensen beräknas för varje gridruta, för varje timma med aktuella väderdata, för varje markanvändningstyp och för varje gas eller partikelfraktion. För en utförligare beskrivning av metodiken för torrdepositions beräkningar i MATCH Sverigemodellen hänvisas läsaren till Klein et al. (2002).

6.2.6. Statistiska mått för marknära ozon

Sedan beräkningsåret 2013 publiceras ett antal statistiska mått för de dataassimilerade ozonfälten inom miljöövervakningen. Följande indikatorer/mått beräknas:

- Årsmedelvärde
- Sommarmedelvärde (juni till augusti)
- Årsmaximum av dygnets maximala flytande 8h-medelhalt, samt antal dygn med överskridande av $70 \mu\text{g m}^{-3}$ för utvärdering av miljömålet frisk lufts mål och antal dygn med överskridande av $120 \mu\text{g m}^{-3}$ för utvärdering av direktivets mål.
- Årets maximala 1h-medelhalt samt antalet timmar under året med överskridande av halten $80 \mu\text{g m}^{-3}$.
- För utvärdering av påverkan på grödor och skog beräknas AOT40 under maj-juli respektive april-september. AOT40 är den ackumulerade ozonhalten överskridande 40 ppbv ($80 \mu\text{g m}^{-3}$) under denna period, alltså

$$AOT40 = \sum \max(O_3 - 40, 0) \text{ under respektive tidsperioder, och enbart under timmarna 8-20 varje dygn.}$$

- SOMO35 är en indikator för ozons hälsopåverkan som rekommenderas av WHO. I denna indikator summeras halter hos dygnets maximala flytande 8h-medelvärde som överskrider 35 ppbv ($70 \mu\text{g m}^{-3}$) under hela året. Alltså

$$SOMO35 = \sum \max(O_3^d - 35, 0) dt.$$

Mer information om metodiken bakom PODY-beräkningar finns i Engardt m.fl. (2016). Under 2019 implementerades i MATCH Sverigesystemet för PODY-mått för vete, potatis, gran och björk. Mer information om metodiken om det finns i Langner m.fl.

(2019). PODY varierar med ozonexponering för växter, men även av en rad fysikaliska och meteorologiska parametrar såsom växtsäsong, solstrålning, luftens temperatur och fuktighet, vilka påverkar växternas klyvöppningar, genom vilka deras huvudsakliga inandning av koldioxid sker, och som bieffekt även upptag (och påverkan) av luftföroreningar.

6.3. Information som krävs från andra inventeringar/delprogram

Som indata för delprogrammet MATCH Sverigesystemet krävs framför allt data från den nationella miljöövervakningens delprogram "Försurande och övergödande ämnen i luft och nederbörd".

Andra delprogram av intresse för arbetet med MATCH Sverigesystemet är "Marknära ozon", "Metaller i luft och nederbörd" samt "Organiska miljögifter i luft och nederbörd". Dessutom är kopplingen till data från den regionala miljöövervakningens luft- och nederbörds-kemiska mätningar av intresse.

Se *Svenska och norska mätstationer* i stycket ovan för mer detaljer kring beroenden med andra delprogram.

7. Resultatredovisning

7.1. Tillgängliggörande av insamlad miljöinformation

Resultaten från övervakningen i delprogrammet redovisas i en resultatrapport vartannat år. Den senaste rapporten publicerades 2021, av Alpfjord, Leung och Andersson:

Alpfjord Wylde, H., Leung W. och Andersson, C., 2021: [Nationell miljöövervakning med MATCH Sverige-systemet – utvärdering och resultat för åren 2017-2019, SMHI Rapport Nr 2021/22.](#)

Vartannat år görs även en kortare redovisning i den gemensamma resultatrapporten inom Programområde Luft, [Nationell luftövervakning. Sakrapport med data från övervakning inom Programområde Luft t.o.m 2019.](#)

Resultat finns även att hämta hos Datavärden för atmosfärskemi (se 7.3): www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi/. En lista med referenser till rapporter rörande MATCH-modellen finns i avsnitt 11 (Referenser).

7.2. Offentlig statistik och internationell rapportering

Under hösten 2018 rapporterade Sverige för första gången modellerade luftkvalitetsdata till EU, som en del av den officiella e-rapporteringen till EEA. Halter av marknära ozon, beräknade med MATCH Sverigesystemet, rapporteras av SMHI i egenskap av datavärd årligen.

7.3. Datavärdskap och tillhandahållande av data

Resultaten från MATCH-Sverige-modellen finns tillgängliga hos Datavärden för atmosfärskemi: <http://www.smhi.se/klimatdata/miljo/atmosfarskemi>.

Via en karttjänst kan besökaren titta på och skriva ut kartor samt även ladda ner datafiler för de ämnen och depositionsformer som väljs. Filerna kan laddas ner som PDF-filer eller i kartlager i shape-format och sedan utnyttjas vidare i egna studier.

Syftet är att informationen skall ligga till grund för i första hand nationellt miljöarbete men de framtagna resultaten är öppna för alla intressenter.

MATCH karttjänst utnyttjar MapServer för att presentera och leverera data. Tekniken innebär att användaren själv kan styra kartans innehåll genom att släcka/tända kartlager med olika data, samt ges möjlighet att skriva ut kartan eller ladda ner data i shapeformat. Shape är ESRI's filformat för lagring av geografiska data och fungerar i de flesta GIS-program. I shapeformatet ingår en datafil (dBase) där värden för de olika gridrutorna lagras. Denna fil kan exempelvis läsas in i Excel eller något text- eller beräkningsprogram.

De i referenslistan nedan angivna rapporterna har efterhand som de färdigställts skickats till NV. Rapporterna finns även på SMHI samt på vissa naturvetenskapligt inriktade bibliotek i Sverige. Några av de nyaste rapporterna finns dessutom som PDF-filer, som kan laddas hem från ovan angivna plats på SMHIs hemsida.

7.4. Förväntade dataanvändare

Beräkningar från MATCH Sverigesystemet används som underlag till utvärdering av miljömålen "Bara naturlig försurning", "Ingen övergödning" och "Frisk luft" nationellt och regionalt. Delprogrammet ger även underlag för bedömning av uppfyllelse av miljö kvalitetsnormer (MKN).

I en kartläggning som gjordes 2019 skickades en webbenkät ut till kända användare, bland annat för att förstå hur resultaten från MATCH Sverigesystemet används. I huvudsak kan svaren sammanfattas i följande användningsområden:

- Jämförelse mot mätningar och andra modellstudier
- Modellering av näringsämnesstatus m.m. i vattenförekomster längs Sveriges kust
- Till miljömålsuppföljning och underlag för kalkningsdosering
- Utvärdera tidstrender av bakgrundshalter i luft
- Följa geografisk fördelning av deposition i landet

Användarna var bland annat forskare, konsulter, handläggare på länsstyrelser och diverse myndigheter samt kommundienstjänstemän.

8. Kvalitetsarbete

8.1. Kvalitetsrutiner

8.1.1. Planera

Skriftlig dokumentation finns och uppdateras årligen för utförandet av beräkningarna. Samtliga beräkningssteg inkluderar validering i form av t ex plottning av resultat och avvikelser mot tidigare års resultat.

8.1.2. Genomföra

Jämförelser mellan MATCH Sverigesystemet och EMEP-modellens resultat görs till viss utsträckning i slutrapporten som levereras till Naturvårdsverket vartannat år. I Engardt et al (2016) jämförs PODY-resultat för MATCH och EMEP. Äldre jämförelser samt känslighetsanalys för metodiken i MATCH Sverigesystemet finns övergripande redovisade i Persson, Ressner och Klein (2004).

Löpande kvalitetskontroller utförs under produktionen. Varje steg i framtagningen av resultat kontrolleras noggrant i kartform och med tidsserier där stationsdata jämförs med bakgrundsfält och analyserade data. Slutresultatet jämförs med observerade stationsvärden.

8.1.3. Utvärdera

En validering har gjorts med Delta tool (<https://ec.europa.eu/jrc/en/scientific-tool/fairmode-delta-tool>) för år 2013, med oberoende (korsvaliderade) modelleringsresultat för ozon och mätdata. Utvärderingen visade att modelleringsresultaten uppfyller kvalitetskraven som har tagits fram inom FAIRMODE med god marginal. Det kräver dock en arbetsinsats och beräkningsinsats för att utföra korsvalidering. Hur ofta en sådan utvärdering ska utföras bör diskuteras mellan SMHI och Naturvårdsverket.

8.1.4. Förbättra

I samband med revisionen av Programområde Luft (under 2014-2016) som gjordes av Naturvårdsverket med stöd av NILU, så framkom ett antal punkter som på olika sätt rör miljöövervakningen med MATCH Sverigesystemet. Här lyfts de mest relevanta förbättringsförslagen ifrån revisionen, tillsammans med andra möjligheter som framkommit sedan 2016.

Aktivitet	Nytta	Prioritet	Beskrivning
Presentera kartläggningarna även länsvis	Länsstyrelserna får data tydligare sammanställd för sina uppföljningar	Hög enligt förstudien för sammanhållen Luftwebb	I datavärdskapet visas data nationellt för samtliga ämnen och år. Genom att sammanställa resultaten länsvis ökar användbarheten för slutanvändarna
Högre upplösning nationellt (ca 3km)	Högre användbarhet och lägre osäkerhet i studier av effekter på ekosystem och hälsa.	Hög enligt PO Luftrevision	Indata finns som möjliggör denna upplösning nationellt.
Kartläggning partiklar i luft	Ex. miljömåls-uppföljning, exponeringsstudier	Hög enligt PO Luftrevision. Efterfrågat av användare	Indata och nyligen utvecklade modeller finns som möjliggör framtagande av denna produkt.
Återanalys av PODY-mått	Långa trender av PODY ger förbättrad förståelse för och	Efterfrågat av slutanvändare	PODY-måtten implementerades efter att

	uppföljning av ozon effekter på växtlighet		återanalysprojektet av marknära ozon gjordes.
PODY-måtten för björk och gran	Möjlig förbättring i kartläggningen	Hög	I kombination med dos-respons samband från LRTAP Mapping Manual innebär nuvarande skattningar överdrivet stor påverkan på biomassaproduktion. I samarbete med IVL bör vi undersöka parametreringen.
Basketjoner torrdeposition	För att beräkna kritisk belastning av försurande ämnen och att göra bedömningar av återhämtning från försurning och skogsbrukets uthållighet är det viktigt att kartlägga även torrdeposition av basketjoner i MATCH Sverigesystemet. Det möjliggör bättre skattning av nedfall av basketjoner i olika ekosystem för att minska osäkerheter i totaldepositionen av basketjoner	Efterfrågat av slutanvändare	Det finns nu lufthaltmätningar och strängprovtagare, samt dammodelleringsbeskrivning i MATCH vilket möjliggör utveckling av denna operationella produkt.
Sverigebidrag förbättrad uppskattning	Förbättrad kartläggningskvalitet		Nestningsmetodik istället för två olika modeller (MATCH Europa och MATCH Sverige). Med nestning kan vi utföra beräkningar över ett delområde med högre upplösning. Lägre osäkerhet i Sverigebidrag, med potentiellt förbättrad upplösning för alla index
Förbättrad torrdeposition och återemission av kväve	Förbättrad kartläggningskvalitet. Ev. utveckling kan även återkopplas		Att beskriva återemission och förbättrad beskrivning av torrdeposition av kväve bidrar till förbättrad skattning av nedfall i

	till EMEP-modellen		känsliga miljöer långt från utsläppskällor (såsom fjällen) och även i områden med stor historiskt nedfall såsom södra Sverige som därmed är extra känslig för fortsatt nedfall. Det finns potential att förbättra modellbeskrivningen av torrdeposition baserat på IVLS strängprovtagare. Kväve kan även återemitteras beroende av mätnad i marken och temperatur. Idag saknas sådan beskrivning i modellsystemet (även i EMEP).
Förbättrad mätningsmodelleringsfusion och autokorrelation och markanvändningsdata	Förbättrad kartläggningskvalitet		Under senare år har forskningsfronten utvecklats för modell- och mätningsfusion av atmosfärisk deposition. En uppdatering av MATCH Sverigesystemet bör även ske med avseende deposition av organiska nitrater samt hänsyn till autokorrelation mellan lufthalt och torrdeposition, och övergång och testning av analysmetodik med mål på dataanalys i tre dimensioner. Dessa skulle kunna förbättra depositionsuppskattningen för alla ämnen i dataanalysen. Bör ske i samband med förbättrad upplösning. Markanvändningsdata varierar med tiden. I totaldepositionen antas idag konstant markanvändningsfördelning från 1990-talet. Det finns möjligheter att använda nyare data, vilket skulle förbättra uppskattning av total och torredeposition.
Utökad område till större Östersjön	Övergödning av sjöar och hav är problematiskt.	Av intresse även för HaV	Området ingår i delar av modelleringsstegen och ingick i återanalysprojektet.

(inklusive alla bassänger i innanhavet) omkring Sverige samt bidrag från atmosfären till avrinning till Östersjön	Speciellt för Östersjön är atmosfärisk deposition av kväve både direkt och via avrinning relevant att kartlägga för effekter på havsmiljön.		Det skulle vara möjligt att utöka till att inkludera detta område, utan större utvecklingsinsats i den operationella produkten.
---	---	--	---

9. Ansvarig organisation och utförare

SMHI är utförare av delprogrammet ”Spridningsberäkningar med MATCH Sverigesystemet”.

Det övergripande ansvaret för delprogrammets administration och genomförande ligger hos namngiven projektledare enligt Naturvårdsverkets kontrakt, för närvarande Wing Leung.

10. Övrigt

Resultaten och metodiken från MATCH Sverigesystemet har under senare lyfts fram som världsledande. Med anledning av detta finns en representant från SMHI med i en WMO-styrgrupp om Measurement Model Fusion of Global Total Atmospheric Deposition (MMF-GTAD) där en plan för att föra in liknande globala produkter för användande i t.ex. Working Group on Effects, Task Force on Reactive Nitrogen m.fl. SMHI har även bjudits in till expertmöten med anledning av detta, t.ex. WMO 2017; WMO 2019.

Resultaten från MATCH Sverigesystemet har även presenterats och rapporterats till Task Force on Reactive Nitrogen och var en del av Sveriges rapportering av nationell kvävebudget, vilken togs fram som en del av Forskningsprogrammet SCAC2, finansierat av Naturvårdsverket.

11. Referenser

Referenshänvisning i texten

1. Andersson, C., Engardt, M., Alpfjord, H., 2015. ”Återanalys av marknära ozon i Sverige för perioden 1990-2013”. SMHI rapport nr 2015-80.
2. Andersson, C., Alpfjord Wylde, H., Engardt M., 2018. ”Long-term sulfur and nitrogen deposition in Sweden 1983-2013 reanalysis”. SMHI rapport nr 2018-163.
3. Andersson, C., Alpfjord, H., Robertson, L., Karlsson, P.E. and Engardt, M. (2017) Reanalysis of and attribution to near-surface ozone concentrations in Sweden during 1990-2013. Atmos. Chem. Phys. 17, 13869-13890, <https://doi.org/10.5194/acp-17-13869-2017>.

4. Alpfjord H. och Andersson C., 2015. ”Nationell miljöövervakning med MATCH Sverige-systemet - ny metodik, utvärdering och resultat för åren 2012-2013”. SMHI rapport nr 2015-7.
5. Alpfjord Wylde H., Leung W. och Andersson C., 2021. ”Nationell miljöövervakning med MATCH Sverige-systemet - utvärdering och resultat för åren 2017-2019”. SMHI rapport nr 2021-22.
6. Andersson, C., Södergren H. och Torstensson M., 2014. ”Metodförändringar och utvärdering av MATCH-Sverigesystemet”. SMHI Meteorologi rapport nr 2014-16.
7. Chamberlain, A. C. och Chadwick, R. C., 1965. ”Transport of iodine from atmosphere to ground”. *Tellus*, 18, 226-237.
8. Ciarelli, G. Theobald, M., Vivanco, M., Beekmann, M., Aas, W., Andersson C. et al. (2019). Trends of inorganic and organic aerosols and precursor gases in Europe: insights from the EURODELTA multi-model experiment over the 1990–2010 period. *Geosci. Model Dev.* 12, 4923-4954.
9. Colette, A., Andersson, C., et al., (2017). EURODELTA-Trends, a multi-model experiment of air quality hindcast in Europe over 1990-2010. *Geosci. Model Dev.* 10, 3255-3276, doi.org/10.5194/gmd-10-3255-2017.
10. Foltescu, V. L., Pryor, S. C., and Bennet, C., 2005 “Seasalt generation, dispersion and removal on the regional scale”. *Atmos. Environ.* 39, 2123-2133.
11. Hellsten, S., Persson, C., Phil Karlsson, G., Akselsson, C., Karlsson, P. E. och Södergren, H. 2010. ”Förbättrad modellering och mätning av belastning från luftföroreningar”. IVL Publikation B 1951.
12. Joint MSC-W, CCC, CEIP. 2018. “Transboundary particulate matter, photo-oxidants, acidifying and eutrophying components”. EMEP Status Report 1/2019.
13. Johansson, J.M., Watne, Å.K., Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Danielsson, H., Andersson, C., and Pleijel, H. 2020. The European heat wave of 2019 and its promotion of the ozone climate penalty in southwest Sweden. *Boreal environ. Res.* 25: 39-50.
14. Klein, T., Bergström, R., och Persson, C., 2002. ”Parametrization of dry deposition in MATCH”. SMHI Rapport Meteorologi nr 100.
15. Langner, J., Alpfjord Wylde, H., & Andersson, C. (2019). Mapping of phytotoxic ozone dose for birch, spruce, wheat and potato using the MATCH-Sweden system. SMHI rapport in meteorology 166, 38pp.
16. Langner, J., Engardt, M. and Andersson, C. (2012). European summer surface ozone 1990-2100. *Atmos. Chem. Phys* 12, 10097-10105.
17. Langner, J., Gidhagen, L., Bergström, R., Gramsch, E., Oyola, P., Reyes, F., Segersson, D. and Aguilera, C. (2020). Model Simulated Source Contributions to PM_{2.5} in Santiago and in the Central Region of Chile. *Aerosol Air Qual. Res.* 20: 1111-1126. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2019.08.0374>
18. Leung, W., Windmark, F., Brodl, L. and Langner, J. (2018). A basis to estimate marginal cost for air traffic in Sweden.: Modelling of ozone, primary and secondary particles and deposition of sulfur and nitrogen. SMHI rapport in meteorology 162, 64pp.
19. Lövblad, G., Persson, C., Klein, T., Ruoho-Airola, T., Hovmand, M., Tarrason, L., Törseth, K., Moldan, F., Larssen, T. och Rapp, L. 2004.” The deposition of

- base cations in the Nordic countries". Technical Report B 1583, IVL, Stockholm.
20. Otero, N., Sillman, J., Mar., K.A., Rust, H.W., Solberg, S., Andersson, C., et al. (2018) A multi-model comparison of meteorological drivers of surface ozone over Europe. *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 12269-12288.
<https://doi.org/10.5194/acp-18-12269-2018>
 21. Persson C. och Thomas M., 2016. "Vulkanutbrottet Bardarbunga/Holuhraun 2014-2015 - Påverkan på luftmiljön i Sverige". SMHI Uppdragsrapport 2016/1.
 22. Persson, C., Langner, J. och Robertson, L., 1995. "Regional spridningsmodell för Sverige. Regional luftmiljöanalys för år 1991". Naturvårdsverket Rapport 4386.
 23. Persson, C., 2002. "Kvaliteten hos nederbördskemiska mätdata som dataassimileras i MATCH-Sverige modellen". SMHI Rapport Meteorologi nr 105.
 24. Persson, C. och Magnusson, M., 2003. "Kvaliteten i uppmätta nederbörds mängder inom Svenska nederbördskemiska stationsnätet". SMHI Rapport Meteorologi nr 108.
 25. Persson, C., Ferm, M. och Westling, O., 2004. "Förbättrad mätning och beräkning av belastningen av försurande och övergödande luftföroreningar". Rapport nr. 2004-62.
 26. Persson, C., Rössner, E. och Klein, T., 2004. "Nationell miljöövervakning- MATCH-Sverige modellen". SMHI Meteorologi rapport nr 113.
 27. Persson, C., Jansson A. och Andersson, C., 2009. "MESAN-data för Miljöövervakningen. Förstudie". SMHI Rapport nr 31.
 28. Robertson, L., Langner, J. och Engardt, M., 1999. "An Eulerian limited-area atmospheric transport model". *J. Appl. Meteor.*, 38, 190-120.
 29. Simpson, D., Andersson, C., Christensen, J.H., Engardt, M., Geels, C., Nyiri, A., Posch, M., Soares, J., Sofiev, M., Wind, P. and Langner, J. 2014. Impacts of climate and emission changes on nitrogen deposition in Europe: a multi-model study. *Atmos. Chem. Phys.* 14, 6995-7017. doi:10.5194/acp-14-6995-2014
 30. Södergren, H., Holmin-Fridell, S., Andersson, C. och Persson, C., 2013. "Nationell miljöövervakning med MATCH-Sverige systemet – metodik och resultat för åren 1998-2011". SMHI Meteorologi rapport nr 2013-35.
 31. Theobald, M., Vivanco, M.G., Aas, W., Andersson, C., et al. (2019). An evaluation of European nitrogen and sulfur wet deposition and their trends estimated by six chemistry transport models for the period 1990-2010. *Atmos. Chem. Phys.*, 19, 379-405, doi: 105194/acp-19-379-2019.
 32. Vivanco, M.G., Theobald, M.R., Garcia-Gomez, H., Garrido, J.L., Prank, M., Aas, W., Adani, M., Alyuz, U., Andersson, C., et al. (2018) Modelled deposition of nitrogen and sulfur in Europe estimated by 14 air quality model-systems: Evaluation, effects of changes in emissions and implications for habitat protection. *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 10199-10218,
<https://doi.org/10.5194/acp-18-10199-2018>.
 33. WMO, 2017. Global Atmospheric Watch Workshop on Measurement-Model Fusion for Global Total Atmospheric Deposition (MMF-GTAD). GAW Report, available online in May 2017 on the web page:
<http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/WorkshoponMeasurementModelFusion.html>

34. WMO, 2019. WMO expert meeting on Global atmospheric Deposition. Feb 25, 2019. <https://public.wmo.int/en/resources/bulletin/measurement-model-fusion-global-total-atmospheric-deposition-wmo-initiative>

12. Versionshantering

Version 4: 2021-08-19

Version 3: 2017-07-03

Version 2: 2016-04-07

Version 1: 2015-04-08