



UMEÅ UNIVERSITET



# EFFEKTER PÅ LUFTKVALITET OCH HÄLSORISKER VID SKOGBRÄNDER

- med fokus på Jämtland  
Härjedalen 2018

Andreas Tornevi<sup>1</sup>, Camilla Andersson<sup>3</sup>, Ana Christina Carvalho<sup>3</sup>,  
Joakim Langner<sup>3</sup>, Lennart Robertson<sup>3</sup>, Bertil Forsberg<sup>1,2</sup>

1/ Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin, Avd. för Hållbar hälsa, Umeå universitet

2/ Arbets- och miljömedicin, AB-centrum, Norrlands universitetssjukhus

3/ SMHI



Nr 1/2021

ISSN-nr 2003-3281 Folkhälsa och klinisk medicin i Umeå rapporterar



## Effekter på luft och hälsa i områden utsatta för rök från skogsbränder med fokus på Jämtland 2018

<p><b>Rapportförfattare</b></p> <p>Andreas Tornevi Camilla Andersson Ana Christina Carvalho Joakim Langner Lennart Robertson Bertil Forsberg</p>	<p><b>Utgivare</b></p> <p>Umeå Universitet, Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin, Avdelningen för hållbar hälsa</p> <p><b>Postadress</b> Umeå universitet 901 87 Umeå</p> <p><b>Telefon</b> 090-786 50 00</p>
<p><b>Rapporttitel och undertitel</b></p> <p><b>Effekter på luftkvalitet och hälsorisker vid skogsbränder – med fokus på Jämtland Härjedalen 2018</b></p>	<p><b>Beställare</b></p> <p>Naturvårdsverket 106 48 Stockholm</p> <p><b>Finansiering</b> Nationell</p>
<p><b>Nyckelord för plats</b> Jämtland Härjedalen</p>	
<p><b>Nyckelord för ämne</b> Hälsorelaterad miljöövervakning, Luftföroreningar, Partiklar, PM2.5, Hälsoeffekter, Astma, Andningsorganen, Akutbesök</p>	
<p><b>Tidpunkt för insamling av underlagsdata</b> 2018</p>	
<p><b>Sammanfattning</b></p> <p>Denna studie syftar till att följa upp episoden med skogsbrandrök som drabbade Östersund och Jämtland Härjedalen sommaren 2018, samt att belysa vilka erfarenheter man har från andra länder om nivåer för exponering och risker.</p> <p>Tyvårr hade ingen av regionens tätorter kontinuerliga partikelmätningar sommaren 2018. En spridningsmodell vid SMHI användes för att beskriva spridning av rök från skogsbränderna 2018, samt en jämförbar period 2017 (då antalet bränder var färre), med fokus på fina partiklar (PM2.5) och sotpartiklar. Utifrån halt- och befolkningsskikt användes befolkningsviktade dygnsmedelhalter som mått på exponeringen i respektive kommun. Statistik över dagligt antal akuta besök för problem från andningsorganen vid sjukhuset i Östersund och regionens olika vårdcentraler och mottagningar, samt över antalet samtal till sjukvårdsupplysningen 1177 om andningsproblem, användes för att studera eventuella akuta hälsoeffekter inom respektive kommuns befolkning.</p> <p>Enligt beräkningarna förekom befolkningsviktade dygnsmedelhalter på upp till 97 µg/m<sup>3</sup>. I verkligheten förekom sannolikt, under kortare tid och avgränsade platser, betydligt högre halter. När brandröksepisoder definierades som dygn med PM2.5 &gt; 20 µg/m<sup>3</sup> beräknades den sammanviktade relativa ökningen av akuta besök gällande astma till 68% (RR=1.68, 95% KI:1.09-2.57). För diagnoser gällande nedre luftvägar totalt observerades en ökning med 40% (RR=1.4, 95% KI:1.01-1.92). I genomsnitt innebar brandröksepisoder en ökning av halten PM2.5 med 28 µg/m<sup>3</sup> i jämförelse med referensdygnet.</p> <p>Analyserna av förhöjda partikelhalter i Jämtland-Härjedalen under brandrökperioden sommaren 2018 tyder på att en ökning av akuta problem gällande de nedre luftvägarna kan förväntas från dygnsmedelhalter på 20-40 µg/m<sup>3</sup> av PM2.5 med ursprung i huvudsak från bränder. För information och varningar under pågående exponering för PM2.5 i skogsbrandrök torde de kriterier för korttidshalter som finns i USA och Kanada vara tillämpliga även för Sverige. Om haltbidraget från branden förväntas bli omkring 60-90 µg/m<sup>3</sup> av PM2.5 under 1 timme eller längre bör känsliga grupper uppmanas att begränsa sin exponering.</p>	



# Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	7
Studiens syfte och omfattning.....	8
Syfte och frågeställningar .....	8
Omfattning och delmoment .....	8
Skogsbränder, luftföroreningar och hälsa .....	9
Konsekvenser i ett globalt perspektiv .....	9
Epidemiologiska studier .....	9
Risknivåer och larm .....	10
Fallstudie.....	12
Material och Metod .....	12
Resultat .....	17
Diskussion .....	28
Riskbedömning .....	29
Referenser .....	32



## Sammanfattning

Denna studie syftar till att följa upp episoden med skogsbrandrök som drabbade Östersund och Jämtland Härjedalen sommaren 2018, samt att belysa vilka erfarenheter man har från andra länder om nivåer för exponering och risker.

Tyvärr hade ingen av regionens tätorter kontinuerliga partikelmätningar sommaren 2018. En spridningsmodell vid SMHI användes för att beskriva spridning av rök från skogsbränderna 2018, samt en jämförbar period 2017 (då antalet bränder var färre), med fokus på fina partiklar (PM<sub>2.5</sub>) och sotpartiklar. Utifrån halt- och befolkningsskikt användes befolkningsviktade dygnsmedelhalter som mått på exponeringen i respektive kommun. Statistik över dagligt antal akuta besök för problem från andningsorganen vid sjukhuset i Östersund och regionens olika vårdcentraler och mottagningar, samt över antalet samtal till sjukvårdsupplysningen 1177 om andningsproblem, användes för att studera eventuella akuta hälsoeffekter inom respektive kommuns befolkning.

Enligt beräkningarna förekom befolkningsviktade dygnsmedelhalter på upp till 97 µg/m<sup>3</sup>. I verkligheten förekom sannolikt, under kortare tid och avgränsade platser, betydligt högre halter. När brandröksepisoder definierades som dygn med PM<sub>2.5</sub>>20 µg/m<sup>3</sup> beräknades den sammanviktade relativa ökningen av akuta besök gällande astma till 68% (RR=1.68, 95% KI:1.09-2.57). För diagnoser gällande nedre luftvägar totalt observerades en ökning med 40% (RR=1.4, 95% KI:1.01-1.92). I genomsnitt innebar brandröksepisoder en ökning av halten PM<sub>2.5</sub> med 28 µg/m<sup>3</sup> i jämförelse med referensdygnet.

Analyserna av förhöjda partikelhalter i Jämtland Härjedalen under brandröksperioden sommaren 2018 tyder på att en ökning av akuta problem gällande de nedre luftvägarna kan förväntas från dygnsmedelhalter på 20-40 µg/m<sup>3</sup> av PM<sub>2.5</sub> med ursprung i huvudsak från bränder. För information och varningar under pågående exponering för PM<sub>2.5</sub> i skogsbrandrök torde de kriterier för korttidshalter som finns i USA och Kanada vara tillämpliga även för Sverige. Om haltbidraget från branden förväntas bli omkring 60-90 µg/m<sup>3</sup> av PM<sub>2.5</sub> under 1 timme eller längre bör känsliga grupper uppmanas att begränsa sin exponering.

# Studiens syfte och omfattning

## Syfte och frågeställningar

Denna studie syftar till att följa upp episoden med skogsbrandrök som drabbade Östersund och Jämtland Härjedalen sommaren 2018, samt särskilt belysa två specifika och två mer generella frågeställningar:

- Hur påverkades luftkvaliteten av skogsbrandröken?
- Hur påverkades befolkningens hälsa av skogsbrandröken?
- Kan man bedöma partikelhalten i samband med bränder utifrån siktdata?
- Vilka erfarenheter har man om halter och risker från andra länder som Finland och Kanada?

## Omfattning och delmoment

Studien planerades att omfatta fem nedanstående moment, samt rapportförfattande:

1. Insamling av haltdata från Östersund och Bredkälven, samt meteorologiska data.
2. Insamling av dygnsvisa data om inläggningar/akutbesök vid Östersunds sjukhus, besök vid alla hälsocentraler i länet samt telefonkontakter till Vårdguiden 1177.
3. Datamatchning och analys av sambanden mellan exponering (partikelhalt) och antal fall per dygn för olika orsaker (t ex andningsbesvär).
4. Analys av samband mellan partikelhalt och siktlängd.
5. Riskbedömning utifrån beräknade samband och litteratordata.

Tidigt under arbetets gång inleddes ett samarbete mellan miljöepidemiologerna i Umeå och luftföroreningsforskarna vid SMHI i samband med en utlysning inom Belmont Forum, vilken senare har resulterat i samarbete inom ett beviljat internationellt projekt med inriktning på framtidsscenarioer. Projektet heter *Arctic Community Resilience to Boreal Environmental change: Assessing Risks for fire and disease (ACRoBEAR)*, med svensk finansiering från Forte.

Genom involveringen av SMHI har denna studie fått tillgång till modellerade exponeringsdata i tillägg till de begränsade mät- och siktdata som var tänkta att tillsammans med tidpunkten för bränderna utgöra exponeringsinformation enligt den ursprungliga planen. SMHIs bidrag till detta arbete finansierades av regeringens klimatanslag 2019-2020 till SMHI, samt forskningsprojektet ACRoBEAR.



# Skogsbränder, luftföroreningar och hälsa

## Konsekvenser i ett globalt perspektiv

Rök från skogsbränder, eller vidare definierat rök från bränder i vildmark, har beräknats ligga bakom 20% av utsläppen av finfraktionen av partiklar i USA (EPA, 2011) och 30% i Kanada (Rittmaster et al, 2006), samt förefaller bli ett allt större problem i olika delar av världen inte minst på grund av klimatförändringar (Flannigan et al., 2013; Abatzoglou and Williams, 2016; Lozano et al, 2016; Reid et al, 2019, Xu et al, 2020).

Utifrån fina partiklars (<2,5 µm, PM<sub>2.5</sub>) effekt på mortaliteten har det uppskattats att den globala effekten av emissioner från skogsbränder ligger i storleksordningen 340 000 dödsfall per år (Johnston et al, 2012). För Kanada har det nyligen beräknats att röken från skogsbränder årligen leder till 54-240 dödsfall till följd av korttidsexponering och 570-2500 dödsfall till följd av långtidseffekterna (Matz et al, 2020). För 27 EU-länder beräknades att på grund av PM<sub>2.5</sub> från skogsbränder totalt 1483 respektive 1080 dödsfall under 2005 and 2008, där de norra och västra delarna av Europa svarade för ca 30% av det beräknade antalet (Kollanus et al, 2017). Av den beräknade överdödligheten på nära 11000 dödsfall i Moskva under värmeböljan på 44 dygn sommaren 2010 beräknas cirka 29% ha orsakats av skogsbrandsrök (Shaposhnikov et al. 2014).

Under 26 augusti - 8 september 2002 drabbades delar av södra Finland av skogsbrandrök från Baltikum och Ryssland, med noterbar lukt, siktpåverkan och rapporter om irritativa symtom (Hänninen et al, 2009). Författarna beräknade exponeringsökningen av PM<sub>2.5</sub> över två veckor till 15.7 µg/m<sup>3</sup>, vilket med en antagen relativ risk på 1% per 10 µg/m<sup>3</sup> resultera i 17 fler dödsfall (95% KI 9-34). En analys av faktiska dödstal blev statistiskt sett mycket osäker, men visade att observerad dödlighet var förhöjd med 0.8%-2.1% per 10 µg/m<sup>3</sup>, dvs i linje med antagen effekt på 1%.

En översiktsartikel med fokus på experimentella studier av partiklarnas toxicitet fann stor variation i metoderna som använts, där många studier testat effekterna enbart av partiklarna i brandröken och inte av röken i sin helhet. De mindre partiklarna förefaller mer toxiska än partiklarna i grovfraktionen, och brandrökspartiklarna verkar mer toxiska än typiskt för PM<sub>2.5</sub> i omgivningsluft (Dong et al, 2017).

I en annan översiktsartikel diskuteras särskilt kunskapsluckor och forskningsbehov kring riskerna med rök från skogsbränder (Black et al, 2017). Behoven kan enligt artikeln grupperas till tre olika områden, bättre luftkvalitetsdata, bättre riskuppskattningar och bättre rapportering. Luftföroreningshalterna beskrivs på olika sätt och med olika metoder i undersökningar vilket gör jämförelser svåra. I många fall rapporteras enbart halter av PM<sub>2.5</sub>, inte andra partikelmått och ozonhalt som också kan antas ha betydelse för effekterna. Beträffande mekanismerna bakom konstaterad påverkan på hälsoutfall så efterlyser man mer underlag från humanexperimentell forskning framförallt kring följderna av oxidativ stress och kring mekanismerna vid upprepad och kumulativ exponering för förbränningsgenererade partiklar, särskilt för barn vars lungor inte är fullt utvecklade.

## Epidemiologiska studier

I en litteraturoversikt med främst ett engelskt perspektiv konstateras att visa grupper är mer känsliga för röken från skogsbränder, särskilt ökar risken för luftvägsproblem, men även kardiovaskulära och psykiatriska effekter, liksom direkta brännskador har rapporterats (Finlay et al, 2012).

Liu et al (2015) identifierade vid en litteraturgenomgång 61 studier angående hälsoeffekter av rök från skogsbränder, med uppmätt halt i 35 av 61 studier, och PM10 som det vanligaste sättet att ange exponeringsnivån. Halten av PM10 var i studierna 1,2-10 gånger högre under episoderna med brandrök än under annan tid. Bland de 45 studier som berörde problem från andningsorganen fanns i över 90% ett statistiskt säkerställt samband med förekomsten av skogsbrandrök.

Totalt 53 studier uppfyllde kriterierna för en något nyare översiktsartikel om hälsoeffekter av rök från skogsbränder, men de epidemiologiska studierna ansågs ha allt för olika exponeringsdata för att möjliggöra en meta-analys (Reid et al, 2016). Effekterna på astma och andningsorganen ansågs väl belagda, medan resultaten kring kardiovaskulära och mentala effekter ansågs som skiftande och osäkra. I en uppföljande analys inkluderandes artiklar publicerade fram till augusti 2018, och konstaterades att det finns tydliga belegg för att röken från bränder försämrar hälsan hos personer med astma, men att resultaten för kroniskt obstruktiv lungsjukdom (KOL) inte varit lika entydiga och att beträffande luftvägsinfektioner behövs fler studier innan man kan dra mer säkra slutsatser (Reid et al, 2019).

En epidemiologisk studie av hälsoeffekter använde olika metoder för att uppskatta befolkningens exponering för partiklar från skogsbränder, och konstaterade att slutsatserna skilde sig beroende på vilken metod som användes (Gan et al, 2017). Med en atmosfärskemisk modell, en metod med interpolation från mätstationer, samt en hybridmodell med data från båda de tidigare samt även satellitdata, fann man likartade resultat för ökningen av sjukhusinläggningar för astma, ca 8% per 10 µg/m<sup>3</sup> ökning av PM2.5, med helt olika resultat för inläggning av KOL-patienter.

I en omfattande litteraturöversikt med meta-analys av publicerade samband mellan astma och PM2.5 från skogsbränder användes 20 artiklar med epidemiologiska resultat (Borchers Arriagada et al, 2019). Beträffande sjukhusinläggningar för astma var den sammanvägda ökningen 6% per 10 µg/m<sup>3</sup> högre halt samma dygn, eller det valda tidsfönstret i studien (95% KI 2-9%). Ökningen var störst samma dygn (7%), och sågs i ytterligare tre dygn. Ökningen var högre för äldre människor (12%) och vuxna (8%) än för barn (3%).

Akutbesök för astma ökade i ett sammanvägt estimat med 7% per 10 µg/m<sup>3</sup> högre halt samma dygn eller det i studien valda tidsfönstret (95% KI 4-9%). Ökningen var även här högre för äldre (15%) och vuxna (7%) än för barn (4%), dessutom högre för kvinnor än för män. Det var halten samma dygn som gav effekt på antalet akutbesök för astma (Borchers Arriagada et al, 2019). En något större ökning av akuta problem av partikelhalten från skogsbränder vid astma och KOL hos kvinnor jämfört med hos män konstaterades även i ytterligare en litteraturgenomgång med fokus på möjliga effektmodifierande faktorer (Kondo et al, 2019).

Att vissa hälsoeffekter som har kända samband med förhöjd exponering för PM2.5 inte påvisats vid rök från skogsbränder, t ex akuta kardiovaskulära effekter, för tidig födsel och sänkt födelsevikt, kan bero på att förutsättningarna att styrka sambanden begränsats av studiernas storlek och tillgängliga exponeringsdata (Xu et al, 2020).

## Riskenivåer och larm

Under perioder med rökplymer från skogsbränder i kontinentala USA uppmäts ungefär hälften av tiden dygnsmedelvärden för PM2.5 över 35 µg/m<sup>3</sup> (Kaulfus et al, 2017), men i närheten av bränder har dygnshalter mer än tio gånger högre rapporterats (Reid et al, 2019). De mycket höga exponeringar som förekommer gör att åtgärder för att minimera exponeringen har fått betydande uppmärksamhet i Nordamerika, t ex luftkvalitetsensorer på skolgårdar och användning av andningsmasker (Holm et al, 2020).

I länder som USA och Kanada har man utarbetat luftkvalitetsindex eller system med "tröskelnivåer" till grund för varningar även förorsakade av rök från skogsbränder (O'Neill et al, 2013). Komponenterna och brytpunkterna för vilket 1-timmesmedelvärde etc. som betraktas som ohälsosamt skiljer sig dock, även mellan delstater i USA, där exempelvis Montana satt 88,6 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>2.5</sub> som gräns för "unhealthy", medan USA:s nationella Wildfire Guide anger 139 µg/m<sup>3</sup> som denna gräns (Lippsett et al, 2008).

I Kanada är ett nationellt luftkvalitetsindex, The Air Quality Health Index (AQHI), det vanligaste måttet för hur stora akuta risker de aktuella korttidshalterna, normalt ett glidande 3-timmarsmedelvärde, beräknas medföra. Detta index har baserats på epidemiologiska resultat, och talet uttrycks med en skala från 1 till 10+, samt på dessa indextal grundade hälsoriskkategorier: låg, måttlig, hög respektive mycket hög risk (Yao et al, 2019). För varje kategori finns det särskilda hälsoråd för känsliga individer respektive för allmänheten. Kanadas luftkvalitetsindex beräknas med en formel som baseras på hur halterna av marknära ozon, kvävedioxid och PM<sub>2.5</sub> påverkat dagligt antal dödsfall i kanadensiska städer, med en större vikt för kvävedioxid och ozon än för PM<sub>2.5</sub>. Det innebär att under förhållanden med förhållandevis låga halter av ozon och kvävedioxid men förhöjda halter av PM<sub>2.5</sub> (t.ex. i samband med skogsbrandrök) så kan AQHI-nivån innebära "låg risk". Detta medförde att delstaten British Columbia 2016 införde ett tillägg till AQHI (AQHI-Plus) vilket innebär att om 1-timmesmedelvärdet för PM<sub>2.5</sub> når över 30 µg/m<sup>3</sup> så får AQHI-Plus indextalet 4, "måttlig risk". Vid 60 µg/m<sup>3</sup> så får AQHI-Plus indextalet 7, vilket klassas som "hög risk" oavsett värdet på AQHI. Därefter, så länge timmedelvärdet är minst 25 µg/m<sup>3</sup> behålls indextalet 7 för de 4 följande timmarna (Yao et al, 2019). Det anpassade luftkvalitetsindexet har också en uppräkningsfaktor för PM<sub>2.5</sub> som gör att ett exakt indexvärde kan beräknas för varje koncentration. När förmågan hos AQHI respektive AQHI-Plus att prediktera fem olika hälsoutfall i exponerat område gav AQHI bättre prediktioner för dagligt antal dödsfall, akuta besök för hjärtkärlproblem och för respiratoriska problem, medan AQHI-Plus gav bättre prediktioner för antalet akuta besök för astma och antal uttag av astmaläkemedel (Yao et al, 2019). Resultaten tolkades som att skogsbrandröken och dess partiklar ger störst ökning av risken för akuta besvär med astma. Tidigare epidemiologiska studier av skogsbrandrök i Kanada har visat att medan mortalitet och icke andningsrelaterade besvär ökar med 1-2% per 10 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>2.5</sub>, så ökar akuta astmarelaterade utfall med 5-8% per 10 µg/m<sup>3</sup> ökning av PM<sub>2.5</sub> (Hendersson et al, 2011; Elliott et al 2013, Yao et al, 2016).

I USA och Kanada har man, förutom luftkvalitetsindex eller "tröskelnivåer" för varningar, även rekommendationer för hur sikt kan användas för att uppskatta halten av PM<sub>2.5</sub> (O'Neill et al, 2013). Underlag för att fastställa relationen mellan halt och sikt kommer bland annat från flygplatser som Helena i Montana (USA).

Den amerikanska vägledningsrapporten Wildfire Smoke, A Guide for Public Officials, anger att luftkvaliteten är bra ("grön nivå") upp till 1-timmeshalten 38 µg/m<sup>3</sup> för PM<sub>2.5</sub>, vilken motsvaras av en sikt på 16 km vid 50-60% relativ luftfuktighet, 14,5 km sikt vid 70-80% och 8 km vid 95% relativ luftfuktighet. När sikten går under 6,5 km (ned till 3km) vid 40-70% relativ luftfuktighet bedöms PM<sub>2.5</sub>-halten vara 88-138 µg/m<sup>3</sup> och ohälsosam för känsliga grupper ("orange nivå").

Inom ett program benämnt Monitoring of PROtected Visual Environments (IMPROVE) har man försökt fastställa förhållandet mellan sikt och halt av PM<sub>2.5</sub> (O'Neill et al, 2013). För den nordamerikanska regionen Great Plains fastställdes ett genomsnittligt samband som  $PM_{2.5} = 622 * VR^{-0.98}$ . För sikt på över 10 km motsvarar i genomsnitt 1 km förändring 1 µg/m<sup>3</sup>. För sikt på 1-10 km motsvarar i genomsnitt 1 km förändring 62 µg/m<sup>3</sup>.

# Fallstudie

## Material och Metod

### Halt- och exponeringsdata

Det fanns mycket begränsat med mätdata om luftkvalitet från Region Jämtland Härjedalen eftersom kontinuerliga partikelmätningar endast bedrevs vid EMEP-stationen i Bredkälen och inte längre i Östersund. Som ett alternativ till uppmätta partikelhalter inhämtades data om siktlängd (m) som en möjlig indikator på partikelhalten vilken finns tillgänglig för vissa av SMHI:s meteorologiska stationer. Som huvuddatakälla om luftkvalitet har dock en spridningsmodell om partikelhalter använts.

### Spridningsmodell partikelhalter

En spridningsmodell, MATCH (Multi-scale Atmospheric Transport and Chemistry) användes vid SMHI för att beskriva spridning av rök från skogsbränderna 2018, samt en jämförbar period 2017 (då antalet bränder var färre), med fokus på fina partiklar (PM<sub>2.5</sub>) och sotpartiklar (EC, elementärt kol).

I MATCH beskrivs luftföroreningar som partiklar och dess kemiska beståndsdelar samt även marknära ozon, kväveoxider och andra gasformiga föroreningar. Processerna i modellen inkluderar naturliga och mänskliga utsläpp, spridning med vindar, kemisk omvandling av luftföroreningar, inklusive partikelbildning i atmosfären, och nedfall och upptag till marken med t.ex. regn. Den meteorologiska informationen som behövs för att driva modellprocesserna togs i denna studie från europeiska meteorologiska centret (ECMWF), prognosmodellen IFS. Geografiskt och tidsupplösta utsläpp från brandrök, var också framtagna av ECMWF baserat på satellitobservationer av bränder med systemet GFAS (Giuseppe et al., 2018). En tidserie över brandröksutsläpp under juni-augusti 2018 visas i Figur 2. Naturliga utsläpp i modellen inkluderar biogena ämnen som ozonbildande isopren, och terpenier som bidrar till bildandet av sekundära organiska partiklar, men även dimetylsulfid, vulkaniska gaser och partiklar, och havssalt. En del av dessa utsläpp, t.ex. biogena ämnen, beräknas inne i modellen beroende av väderförhållanden (t.ex. temperatur, fuktighet och solinstrålning) och påverkades av det extremt varma vädret sommaren 2018.

Modellen sattes upp för att först beskriva halter över Europa på grövre upplösning (12 km) och sedan på finare upplösning (4 km) över ett område som inkluderar Jämtland Härjedalen län, se Figur 3 (med den grövre modellberäkningen som randvillkor). Till den grövre upplösningen använde vi geografiskt upplösta europeiska mänskliga utsläpp av luftföroreningar på 10x10 km<sup>2</sup> som tagits fram inom ramen för Copernicus operationella prognosverksamhet för luftföroreningar (CAMS; Marécal et al., 2015). Över Sverige använde vi geografiskt upplösta nordiska mänskliga utsläpp från forskningsprojektet Nordic WelfAir.

Timvisa halter av fina partiklar (PM<sub>2.5</sub>) inklusive elementärt kol i partikelform (EC) beräknades, och bidrag från brandröksemissioner särskildes också från total halt. Dessa halter användes sedan för att beräkna exponering av den enligt det svenska befolkningsregistret folkbokförda befolkningen i kommunerna i region Jämtland Härjedalen, enligt formeln:

$$E^k = \sum_{i=1}^{n^k} P_i C_i$$

Där

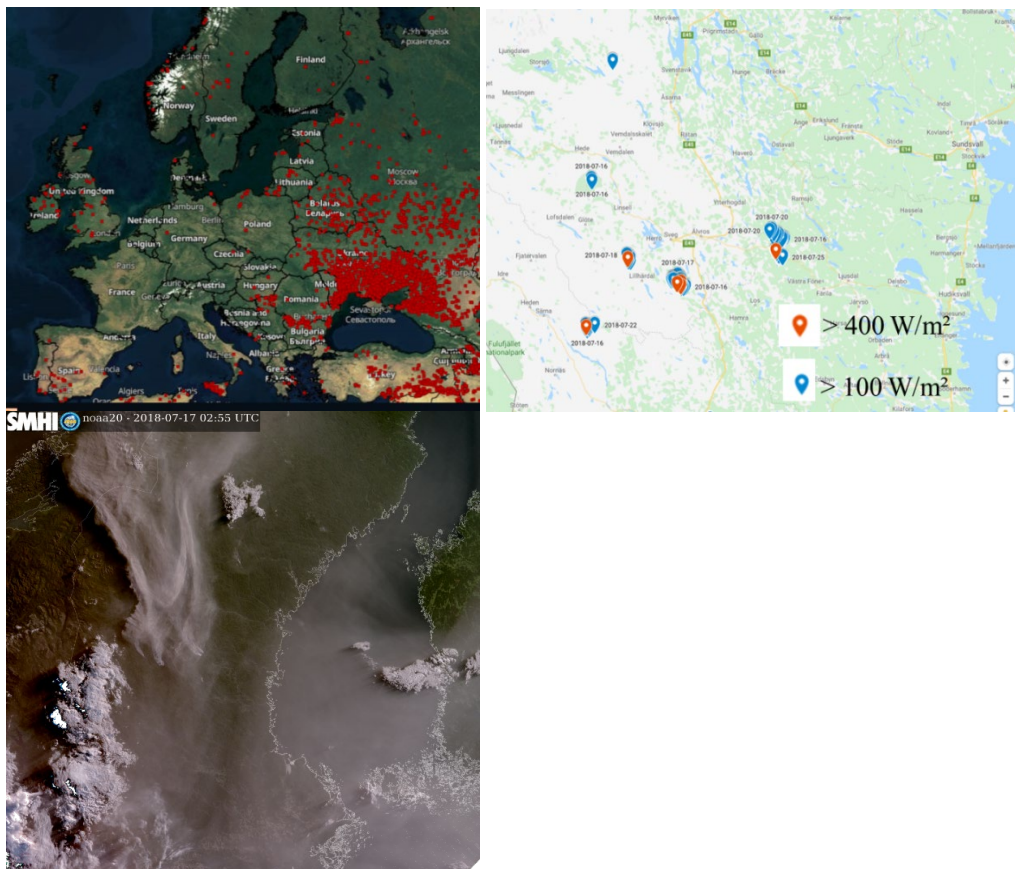
$E^k$  är exponeringen i kommun  $k$ .

$i$  är index över gridrutorna som kommunen täcker

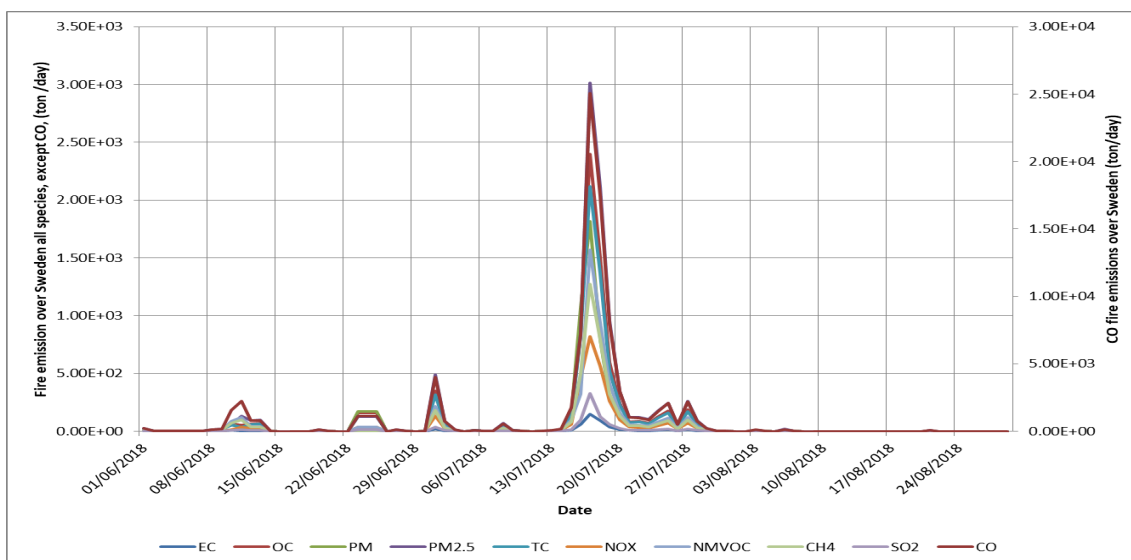
$n^k$  är antal gridrutor för varje kommun

$P_i$  är antal personer i gridruta  $i$

$c_i$  är partikelhalten i gridruta  $i$



Figur 1. Under sommaren 2018 brann det på många ställen i Europa. Bränder kan detekteras av satelliter och informationen kan senare användas för att uppskatta utsläpp från bränder. Överst till vänster: Bränder i Europa under juni-augusti 2018 registrerat av satellitsensorn MODIS. Överst till höger: Bränder i Jämtland Härjedalen uppdelat på bränder starkare än respektive svagare än  $400 \text{ W m}^{-2}$ . Nederst: Satellitbild som visar spridning av rök från en av de kraftigaste bränderna i regionen från 17 juli 2018, framtagen av SMHI.



Figur 2. Utsläpp av elementärt kol (EC), organiskt kol (OC), primärpartiklar (PM, och PM<sub>2.5</sub>), totalt kol (TC), kväveoxider (NO<sub>x</sub>) icke-metan kolväten (NMVOC), metan (CH<sub>4</sub>) svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) och kolmonoxid (CO) från naturliga bränder i omgivande regioner (orange område i Figur 3).



Figur 3. Modellområden: det större europeiska området (grönt) och Jämtland Härjedalen med omgivande regioner (orange).

## Siktdata

För denna rapport analyserades hur siktdata (dygnsmedelvärde på siktlängden i meter (max 50 kilometer)) samvarierar med modellberäknade befolkningsviktade halter av PM<sub>2.5</sub>. Detta gjordes med en regressionsmodell som justerade för dygnsmedelvärde av luftfuktighet samt dygnsnederbörd hämtat på samma station som siktlängd. Två områden studerades (tre siktstationer); Härjedalen med meteorologiska data från Sveg och Dravagen, och Östersund med meteorologiska data från Frösön.

## Hälsodata – vårdkontakter

Uppgifter erhöles från Region Jämtland Härjedalen om dagligt antal akuta besök gällande andningsorganens sjukdomar (diagnoskoder ICD-10: J00-J99) vid Östersunds sjukhus och

primärvårdens vårdcentraler och mottagningar för alla kommuner i Jämtland Härjedalen (Berg, Bräcke, Härjedalen, Krokom, Ragunda, Strömsund, Åre och Östersund). Data avsåg perioden 2016 (1 januari) - 2018 (31 december) och innehöll datum, hemkommun, vårdenhet samt diagnos. Data inkluderade endast den folkbokförda befolkningen i Jämtland Härjedalen samt var avidentifierade och utan information som skulle kunnat göra det möjligt att identifiera enskilda personer.

Diagnoskoder sammanslogs till totala antalet diagnoser per dygn och grupperades till övre- och nedre luftvägsdiagnoser (J0, J3 respektive J1, J4) samt enbart astma (ICD-10: J45, J46) för varje kommun.

Som ett annat alternativ till källa på hälsodata inhämtades även antal samtal per dygn till 1177-Vårdguiden med kontaktorsak "andningsbesvär". För denna studie användes uppgifter för perioden 2016-01-01 - 2018-11-09 och avsåg vårdkontakter från personer folkbokförda i de åtta kommunerna. Även data från 1177-Vårdguiden var avidentifierat.

Befolkningsantalet i regionen bestod av 130 280 personer (2018-12-31 (SCB)) varav 48.5% var skrivna i Östersunds kommun där regionens sjukhus är beläget. För den epidemiologiska analysen gällande primärvårdsbesök användes befolkningsviktade exponeringshalter från den kommun där vårdcentralen är belägen, och för sjukhusbesök (i Östersund) användes också exponeringshalterna från patientens hemkommun. Under denna period gjordes 49% av alla besök gällande andningsorganen (ICD-10: J00-J99) vid Östersunds sjukhus av personer boende i övriga kommuner i Jämtland Härjedalen. Även för samtal till 1177-Vårdguiden användes exponeringshalterna från vårdseekarens hemkommun, då ingen uppgift fanns tillgänglig var personen befunnit sig vid vårdkontakt.

## Epidemiologisk analys

I den epidemiologiska analysen, med frågeställningen om antal vårdkontakter för sjukdomar i andningsorganen påverkats av försämrad luftkvalitet från 2018 års skogsbränder, användes regressionsmodeller av typen tidserieanalys. Tidserieanalysen justerar följsamt för långtidstrender och syftar därmed till att utreda om eventuella korttidssamband existerar. Långtidstrender justerades med en mjuk splinefunktion, tillräckligt flexibel (penaliserande med 4 frihetsgrader/år) för att också anpassa utfallsdata (dygnsvis antal kontakter) till ett varierande säsongsmönster. Utfallsdata antogs vara quassi-Poisson fördelade (en sannolikhetsfördelning lämplig för beskrivning av slumpmässigt antal förekomster av händelser) och regressionsmodellerna justerade också för varierande antal vårdkontakter beroende av veckodag. I analyser om sjukdomar i andningsorganen är det också lämpligt att beakta lufttemperatur och relativ luftfuktighet, och dygnsmedelvärden av observationerna samma dag och dagen innan utfallet användes som justerande variabler. Detta rullande medelvärde över två dagar kan benämnas som "lag 01". Spline-funktioner med restriktioner för dess mjuka former (4 frihetsgrader) användes på meteorologivariablerna och tillåter då linjära eller likväl möjliga icke-linjära effekter på hälsoutfall.

För att utreda om en eventuell överrepresentation av vårdkontakter gällande andningsorganen inträffade under perioden i anslutning till skogsbränderna användes SMHI:s modellerade partikeldata (totala halten PM<sub>2.5</sub>). Eftersom de modellberäknade halterna tagits fram endast för två sommarperioder (juni-september, 2017, 2018) användes detta data om PM<sub>2.5</sub> för att definiera dagar med höga halter i de olika kommunerna. För att definiera dagar med tydlig påverkan av brandrök i omgivningsluften valdes en gräns på 20 µg/m<sup>3</sup> (dygnsmedelvärde). Detta gav en indikatorvariabel ('dummy variabel') för 'exponerade' dagar med halten av PM<sub>2.5</sub> > 20 µg/m<sup>3</sup> som då kan ställas i kontrast med dagar

(referensperiod) där halten av PM<sub>2.5</sub> < 20 µg/m<sup>3</sup>, samt alla dagar utanför modelleringsperioden av PM<sub>2.5</sub> vilka antas ej givit någon brandröksexponering. Utfallsvariablerna (antal hälsobesök till primärvård/akutmottagningar och telefonkontakter till sjuksköterska (1177-Vårdguiden)) studerades i relation till definierade brandröksdagar samt med en fördröjning upp till 2 dagar (lag 02). En lag-period på 0-2 dagar fångar troligtvis upp eventuella besök som var ett resultat av brandröksdagar som inträffat under helg, när hälsobesök till primärvårdscentraler ofta ej är möjligt. Dessa regressionsmodeller ger information så att genomsnittlig relativ risk för exponerade dagar och de två följande dagar kan beräknas, dvs den risken för en hälsokontakt gällande andningsorganen i samband med brandröksdagar relativt övriga dagar.

Eftersom befolkningen i de olika kommunerna i regionen exponerades med varierande grad av skogsbrandrök under olika datum tillämpades denna analys på varje kommun separat. Med de genererade kommunspecifika relativa risker för vårdkontakt beräknades dock en meta-skattning för att generera en generell effekt av skogsbränderna på befolkningen i hela regionen.

Ytterligare en analysansatts tillämpades för att beakta exponering av skogsbrandrök som en kontinuerlig variabel, och för att studera eventuella icke-linjära effekter på hälsoutfall. Då SMHIs brandröksdata var tillgängligt en kortare period (juni-september, 2017, 2018) användes en regressionsanalys i 2 steg; i steg 1 justerades utfallsvariablerna efter långtidstrend inklusive säsongsvariationer, veckodag, temperatur och luftfuktighet med data om dagliga observationer under perioden 2016-2018. I steg 2 analyserades det justerade utfallsdatat (modellens residualer) eventuella kvarvarande samvariation med PM<sub>2.5</sub> lag 0-2, dvs medelvärde av PM<sub>2.5</sub> för de tre senaste dygnet. Detta resulterar i en analys endast under perioder där det modellberäknat brandröksdata var tillgängligt, men där informationen från en längre tidsperiod använts att justera för andra samband. På samma sätt som tidigare studerades varje kommun var för sig, och penalisering splines (max 5 frihetsgrader) användes för att utreda om icke-linjära samband mellan luftkvalitet och hälsoutfall kunde föredras framför eventuella linjära samband.

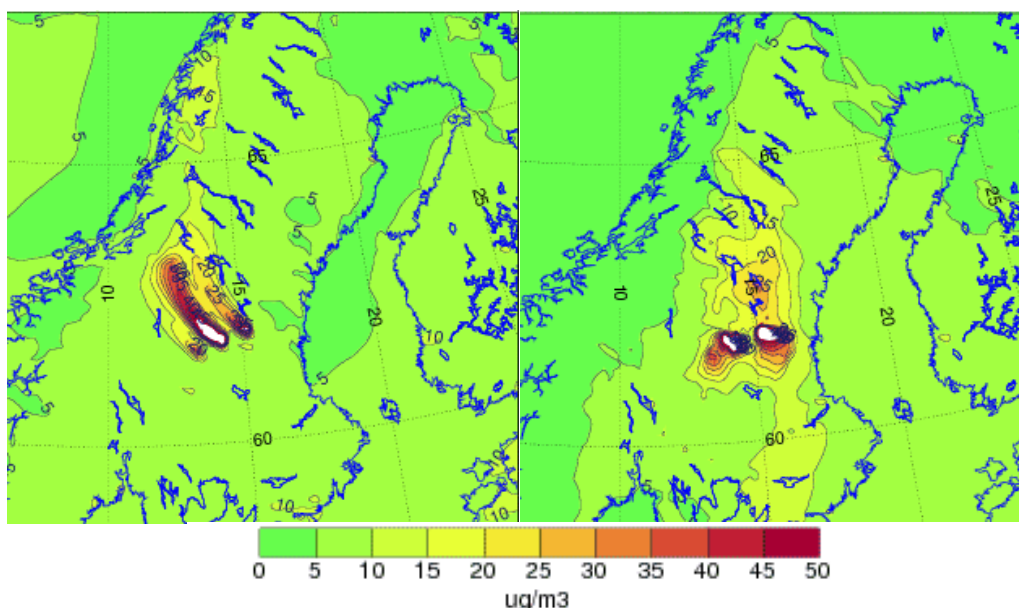
Analyserna utfördes i programmeringsspråket R med programpaket *mgcv* (för penalisering splines) samt *metafor* (för metaskattning av relativa risker). För statistiska test användes en signifikansnivå på 0.05 (tvåsidiga). Känslighetsanalyser utfördes med att variera trendfunktionernas flexibilitet upp till 12 frihetsgrader per år.



# Resultat

## Brandperiodens effekter på luftkvaliteten

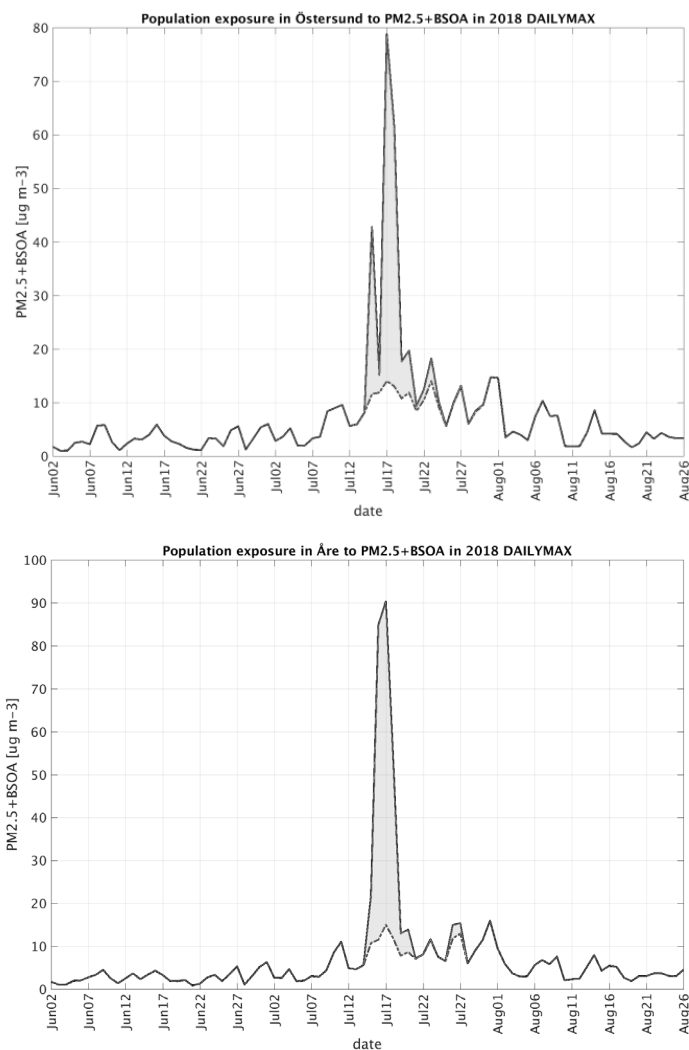
I Figur 4 visas dygnsmedelhalt av PM<sub>2.5</sub> för två dygn i juli 2018, och periodens maximala PM<sub>2.5</sub> halt (timvärde) listas för varje kommun i Jämtlands län i Tabell 1. Exempel på tidsserier av befolkningsexponering för dygnets maximala 1h medelhalt av PM<sub>2.5</sub> visas i Figur 1 för kommunerna Östersund och Åre.



Figur 4. Kartor över dygnsmedelhalt av PM<sub>2.5</sub> den 17 juli (vänster) och 19 juli (höger), 2018. Utbredning och halt i plymen från skogsbränderna illustreras i kartorna.

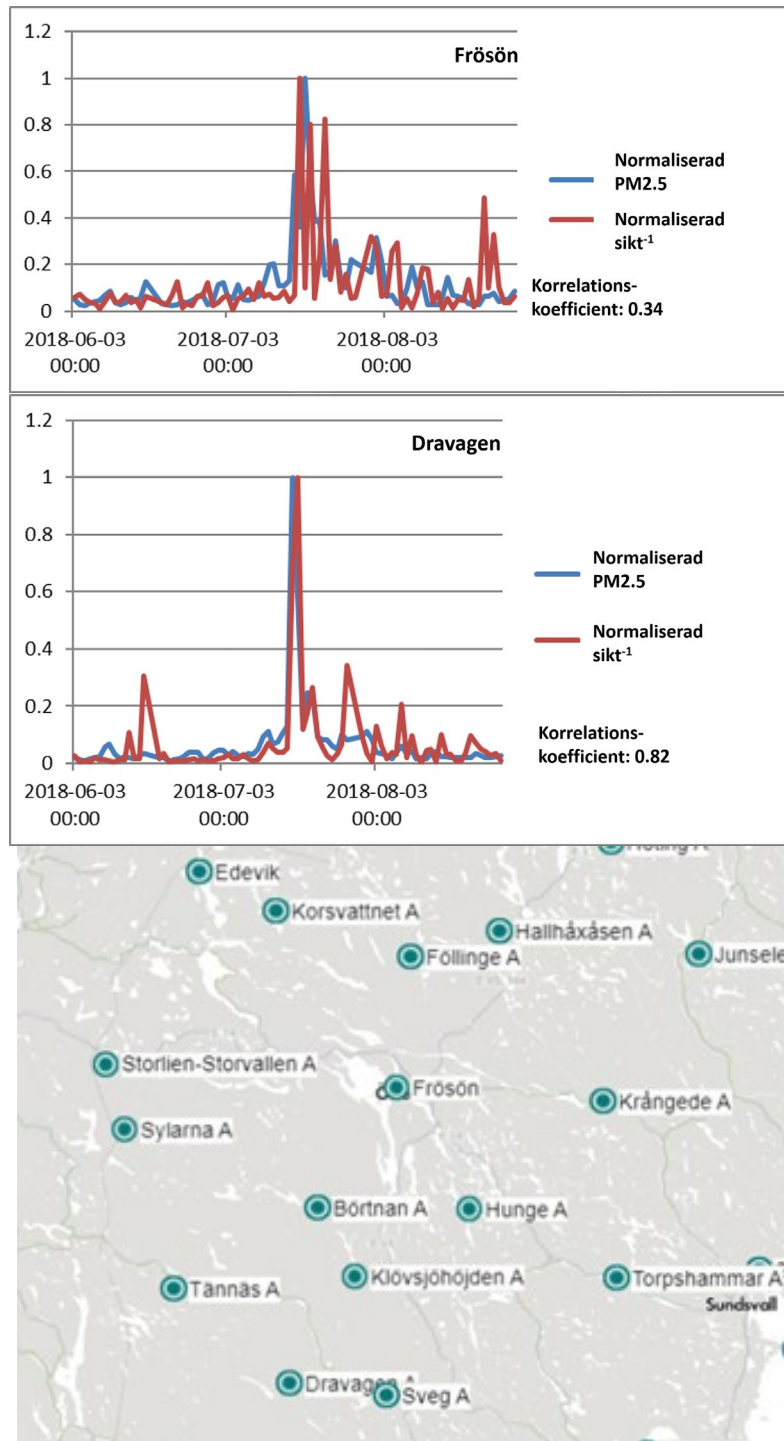
Tabell 1. Maximal 1h halt av PM<sub>2.5</sub> under juli-augusti 2018.

Kommun	Maxhalt PM <sub>2.5</sub> µg m <sup>-3</sup>
Berg	97
Bräcke	61
Härjedalen	94
Krokom	69
Ragunda	36
Strömsund	40
Åre	90
Östersund	79

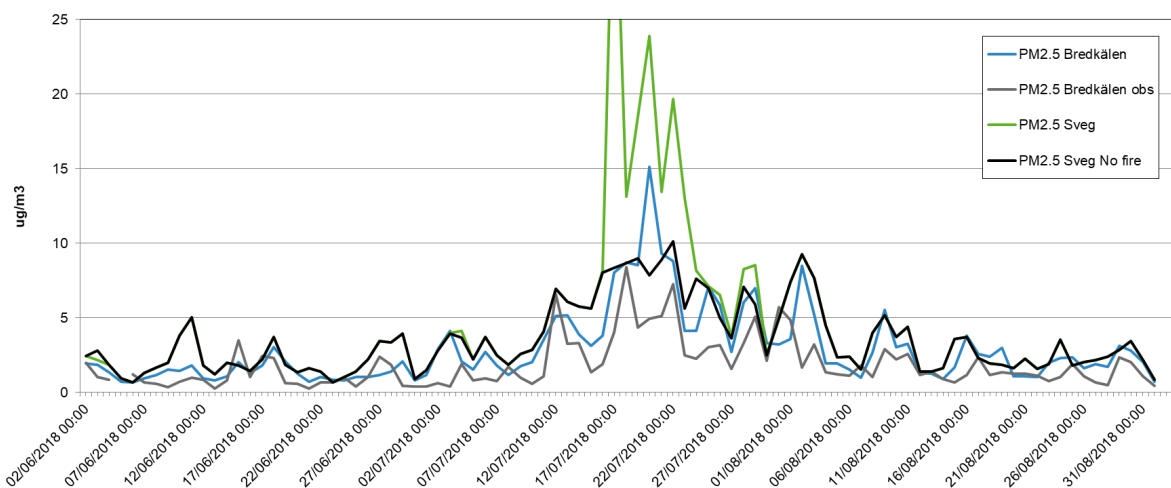


Figur 5. Befolkningsexponering mot dygnets maximala PM<sub>2.5</sub>-halt i två Jämtländska kommuner: Östersund (överst) och Åre (underst). Grå yta under linje: exponering mot PM<sub>2.5</sub> orsakat av skogsbrandrök. Vit yta under linje/streckad linje: exponering mot PM<sub>2.5</sub> från andra källor.

Modellresultaten jämfördes med dygnsmätningar av PM<sub>2.5</sub> i Bredkålen, som ligger norr om Östersund. Dessutom översattes de modellerade halterna till sikt och jämfördes med ett antal siktmätningar i regionen. Exempel på resultat från jämförelsen visas i Figur 6 och Figur 7. Jämförelserna visar att modellen beskriver halterna ganska väl, men det finns utrymme för förbättringar. Förbättringsmöjligheter inkluderar att förbättra beskrivningen av på vilken höjd utsläppen sker varje dag (här användes en statistisk fördelning för hela perioden), att använda brandemissionsdata från ett dataset som bättre beskriver bränder med lägre intensitet och att förbättra modellbeskrivning av biogena utsläpp och ozonkemi under denna typ av extremväder.



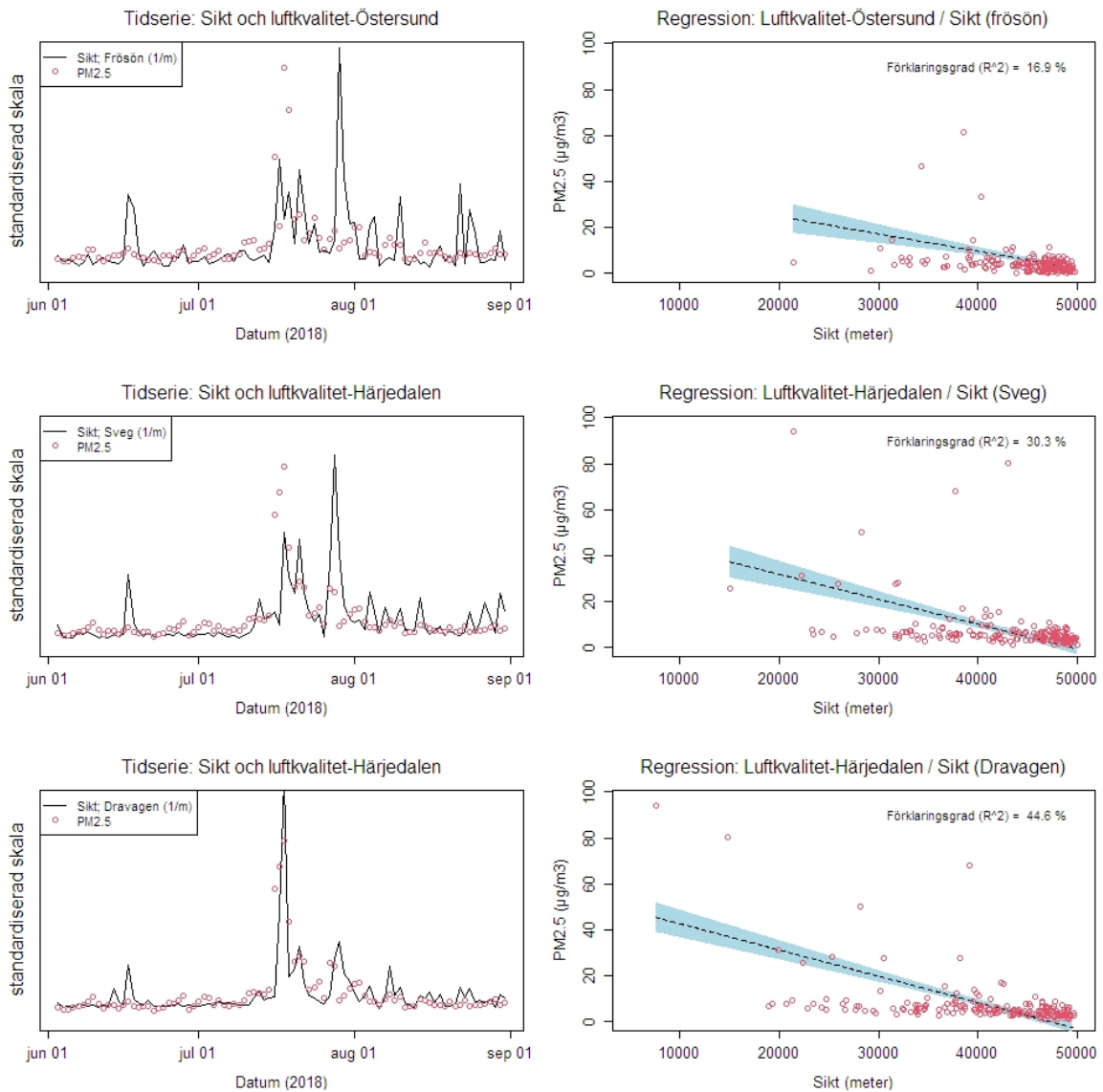
Figur 6. Normaliserad modellerad partikelhalt (blå) och uppmätt (röd) normaliserad 1/sikt vid två mätplatser (överst och mitten) samt platser med siktmätningar i modellområdet. Observera att uppmätt sikt påverkas av nederbördstillfällena då det kan bildas dis och dimma. Korrelationskoefficienten i figurerna exkluderar nederbördstillfällena. Dravagen ligger nära skogsbrandområdena i södra delen (vid Sveg), och Frösön nära mitten (Östersund).



Figur 7. Jämförelse mellan modellerad och uppmätt PM<sub>2.5</sub> halt i Bredkälén (blå resp grå linje), samt modellerad halt med och utan brandrök inkluderat (grön och svart) i Sveg, nära de största bränderna.

## Samband mellan sikt och haltdata

Avsaknaden av kontinuerliga partikelmätningar i regionens samhällen är en brist även för analysen av siktdata som indikator för partikelhalter. I de regressionsmodeller där siktlängd (dygnsmedelvärden) prövades för att beskriva modellberäknade befolkningsviktade halter av PM<sub>2.5</sub> (dygnsmedelvärden) ses en tydlig korrelation för de båda studerade platserna (Östersund, Sveg). Modellerna justerade för luftfuktighet och dygnsnederbörd, men siktlängd hade den största förklaringsgraden. Halter av PM<sub>2.5</sub> i Härjedalen tillsammans med mätstation Dravagen samvarierade bäst bland de testade dataserierna där datumet med högst halt av brandrök sammanföll med datumet med kortast sikt. Men det fanns också dagar med höga halter och samtidigt lång sikt, och vise versa. De större avvikelserna i dataserierna dämpar förklaringsgraden överlag, och skillnaden mellan siktstation i Sveg samt den förhållandevis närliggande stationen i Dravagen (figur 6) antyder att det är tveksamt om dygnsmedelvärden av siktlängd är ett fullgott alternativ till haltdata för att beskriva exponeringsnivåer för att studera eller bedöma hälsorisker. Det är dock möjligt att andra data än dygnsmedelvärden kan vara lämpligare, exempelvis tim-data. Det kan också kanske krävas ytterligare förklarande variabler vid modelleringen, exempelvis information om dimma eller molnhöjd. I figur 8 visas siktlängd och PM<sub>2.5</sub> som tidserie från Östersund och Härjedalen (sommar-2018). I figur 8 visas också samband från linjära regressionsmodeller (med data från sommarperioderna 2017 och 2018).



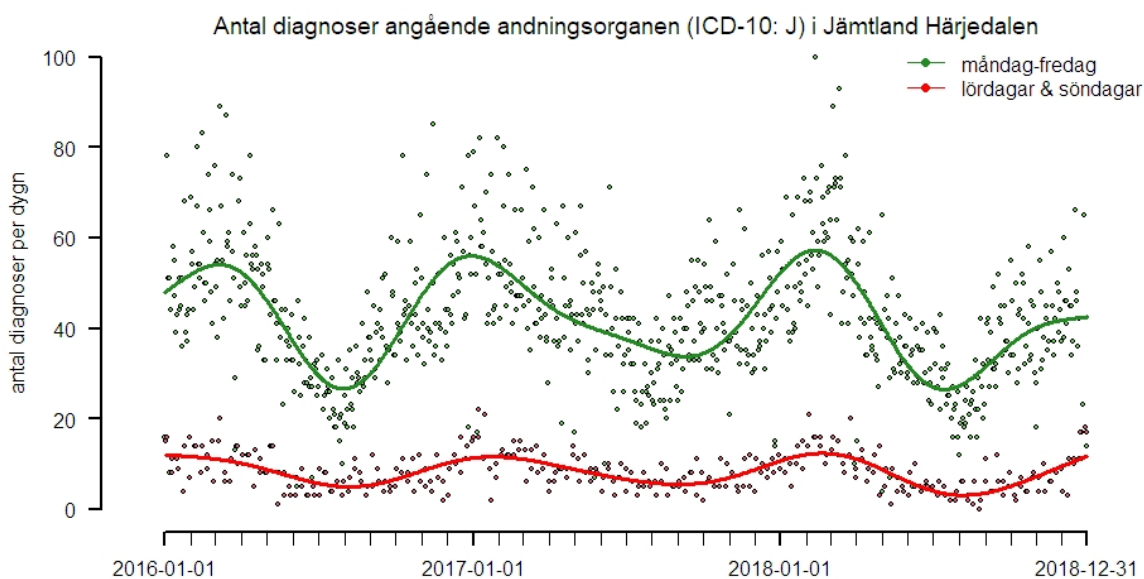
Figur 8. Observerad siktlängd och modellberäknad partikelexponering. I figurer till vänster illustreras data (standardiserad skala) som tidserie, och till höger visas siktlängd och beräknade halter samt och en linjär regressionsskattning.

## Vårdkontakter och samband med skogsbrandrök

Totalt antal akuta besök gällande andningsorganens sjukdomar summerade under perioden 2016-2018 uppgick till 35443 (ICD:J), varav 92.3% inom primärvården (inklusive jourmottagningar), och 4613 samtal till 1177 hade registrerats angående andningsbesvär. Befolkningsmässigt skiljer sig kommunerna åt, och detta återspeglas givetvis också på antalet diagnoser, där Östersund hade flest besök (16876, (ICD:J)) och Ragunda minst till antalet (1185). I tabell 2 redovisas sammanfattande statistik för vårdkontakter (akuta besök till vårdcentral/sjukhus och telefonsamtal) för de olika kommunerna. Det fanns ett tydligt årstidsmönster för akuta problem i andningsorganen, vilket framgår av figur 9 som visar totalt antal diagnoser angående andningsorganen per dygn.

Tabell 2. Beskrivande statistik gällande studerade diagnosgrupper; totalt antal diagnoser under perioden 2016-01-01 - 2018-12-31 (1177-Vårdguiden t.o.m. 2018-11-09) dygnsmedelvärde och spann (minimum-maximum per dygn).

	<b>Astma (ICD: J45, J46)</b>	<b>Nedre luftvägar (ICD: J1, J4)</b>	<b>Övre luftvägar (ICD: J0, J3)</b>	<b>Andningsorganen totalt (ICD:J00-J99)</b>	<b>Andningsbesvär (1177- Vårdguiden)</b>
	N=Totalt antal /{dygnsmedel} /{[max-min]}	N=Totalt antal /{dygnsmedel} /{[max-min]}	N=Totalt antal /{dygnsmedel} /{[max-min]}	N=Totalt antal /{dygnsmedel} /{[max-min]}	N=Totalt antal /{dygnsmedel} /{[max-min]}
Berg	N=145 {0.13} / [0-2]	N=412 {0.38} / [0-3]	N=665 {0.61} / [0-6]	N=1364 {1.24} / [0-6]	N=191 {0.18} / [0-3]
Bräcke	N=162 {0.15} / [0-2]	N=522 {0.48} / [0-5]	N=889 {0.81} / [0-6]	N=1657 {1.51} / [0-8]	N=220 {0.21} / [0-3]
Härjedalen	N=383 {0.35} / [0-5]	N=985 {0.9} / [0-6]	N=2176 {1.99} / [0-11]	N=3757 {3.43} / [0-14]	N=315 {0.3} / [0-3]
Krokom	N=412 {0.38} / [0-3]	N=1002 {0.91} / [0-6]	N=2235 {2.04} / [0-9]	N=3627 {3.31} / [0-16]	N=461 {0.44} / [0-4]
Ragunda	N=121 {0.11} / [0-3]	N=351 {0.32} / [0-4]	N=637 {0.58} / [0-5]	N=1185 {1.08} / [0-9]	N=242 {0.23} / [0-6]
Strömsund	N=361 {0.33} / [0-3]	N=929 {0.85} / [0-6]	N=1739 {1.59} / [0-12]	N=3217 {2.94} / [0-17]	N=435 {0.42} / [0-4]
Åre	N=475 {0.43} / [0-4]	N=859 {0.78} / [0-7]	N=2421 {2.21} / [0-10]	N=3760 {3.43} / [0-15]	N=244 {0.23} / [0-4]
Östersund	N=1459 {1.33} / [0-8]	N=3864 {3.53} / [0-16]	N=10981 {10.02} / [0-32]	N=16876 {15.4} / [0-51]	N=2505 {2.4} / [0-12]



Figur 9. Dagligt antal akuta besök för andningsorganen (diagnoser ICD-10: J) för den skrivna befolkningen i Jämtland Härjedalen journalförda vid vårdcentraler i regionens 8 kommuner (Berg, Bräcke, Härjedalen, Krokom, Ragunda, Strömsund, Åre och Östersund) samt Östersunds sjukhus.

### Effekter av brandröksdagar

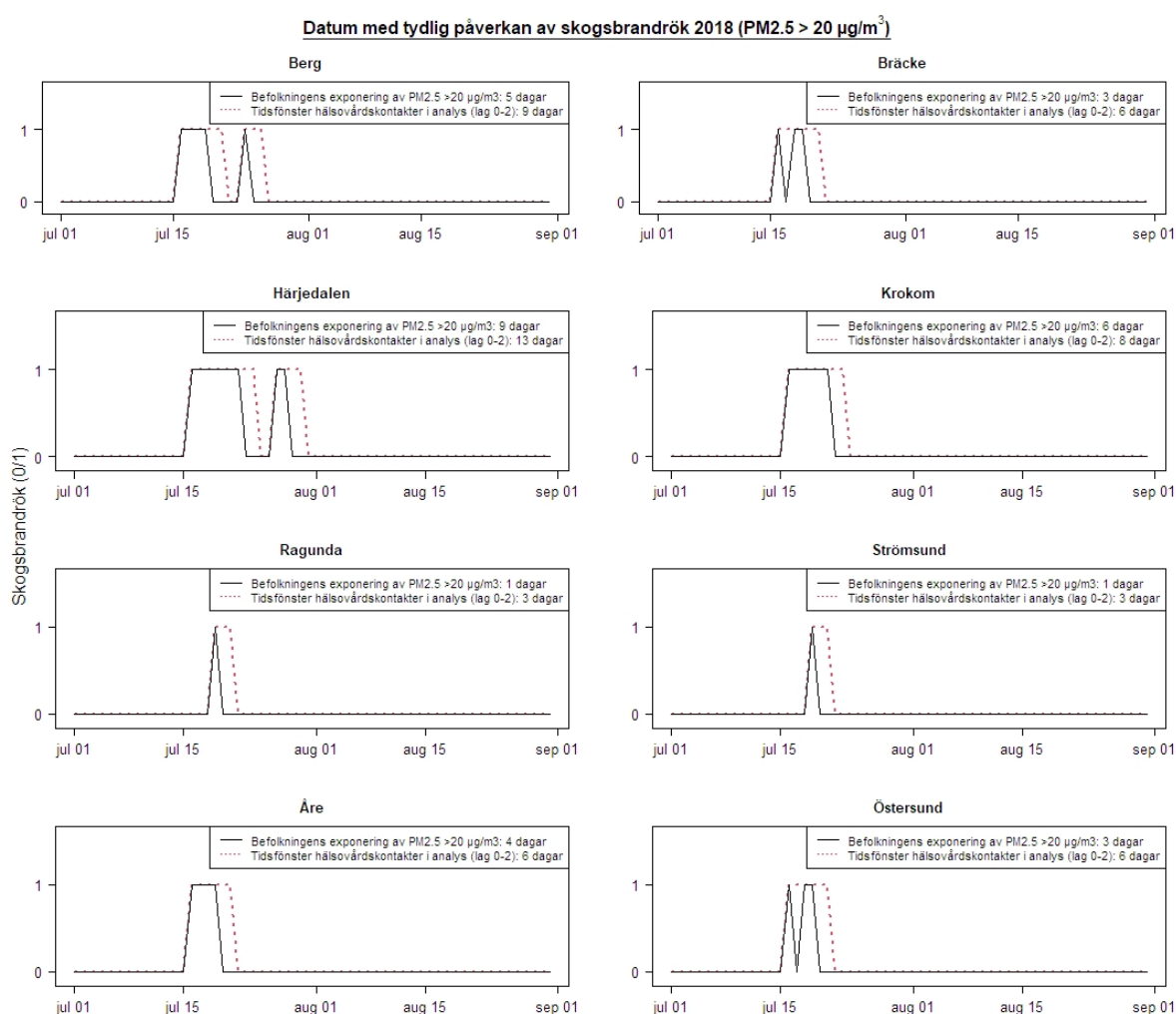
Ansatsen att med regressionsanalyser studera effekten av brandröksdagar, definierade som dagar mer än  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  av halter  $\text{PM}_{2.5}$ , resulterade i att exponerad tid för befolkningen i de olika kommunerna varierade mellan 1 dag (Strömsund och Ragunda) och 9 dagar (Härjedalen). Med den definierade fördröjningsperioden på två efterföljande dagar (lag 0-2) analyserades därmed antalet vårdkontakter under 3 - 13 dagar (beroende på kommun) sommaren 2018 relativt övriga dagar under 2016-2018 med justering för långtidstrend inklusive säsongsvariationer, veckodag, temperatur och luftfuktighet. I figur 10 illustreras vilka datum befolkningen utsattes för  $> 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) i de olika kommunerna, samt de dagar som vårdkontakter studerades med hänsyn till analysens fokus på lag 0-2 (samma dag och två följande dygn).

Brandröksdagar medförde ett statistiskt signifikant förhöjt antal besök gällande astma hos befolkningen i Härjedalen (Relativ Risk (RR) = 2,6, 95% konfidensintervall (KI): [1.28-5.47]). Härjedalens befolkning exponerades för de ihållande högsta halterna av  $\text{PM}_{2.5}$ , där en brandröksdag i genomsnitt inneburit en ökning av  $\text{PM}_{2.5}$  på  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Det observerades även ett förhöjt antal besök gällande nedre luftvägar hos befolkningen i Strömsund (RR=3,0, KI:[1.07-8.5]) där en brandröksdag i genomsnitt inneburit en ökning av  $\text{PM}_{2.5}$  på  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Gällande övriga diagnosgrupper inklusive samtal till 1177 (andningsbesvär) så observerades inga signifikanta samband mellan antal vårdkontakter och skogsbrandrök i de olika kommunerna. För befolkningen i Ragunda så observerades inga (0) besök för astma och nedre luftvägar under dessa exponeringsdagar vilket gör att ett osäkerhetsmått (KI) ej går att beräkna (RR=0). Desamma gällde för befolkningen i Berg gällande diagnoser om övre luftvägar. Dessa uteslöts vid sammanvägningen av resultaten för olika kommuner.

Vid sammanvägningen av relativa risker från kommunerna gav metaskattning en signifikant förhöjd risk för besök gällande astma (RR=1.68, KI:[1.09-2.57]) samt besök för nedre luftvägar (RR=1.4, KI:[1.01-1.92]), där brandröksdagar i genomsnitt inneburit en ökning på  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  av  $\text{PM}_{2.5}$ . I figur 11 visas alla beräknade relativa risker för de olika kommunerna samt metaskattning av dessa.

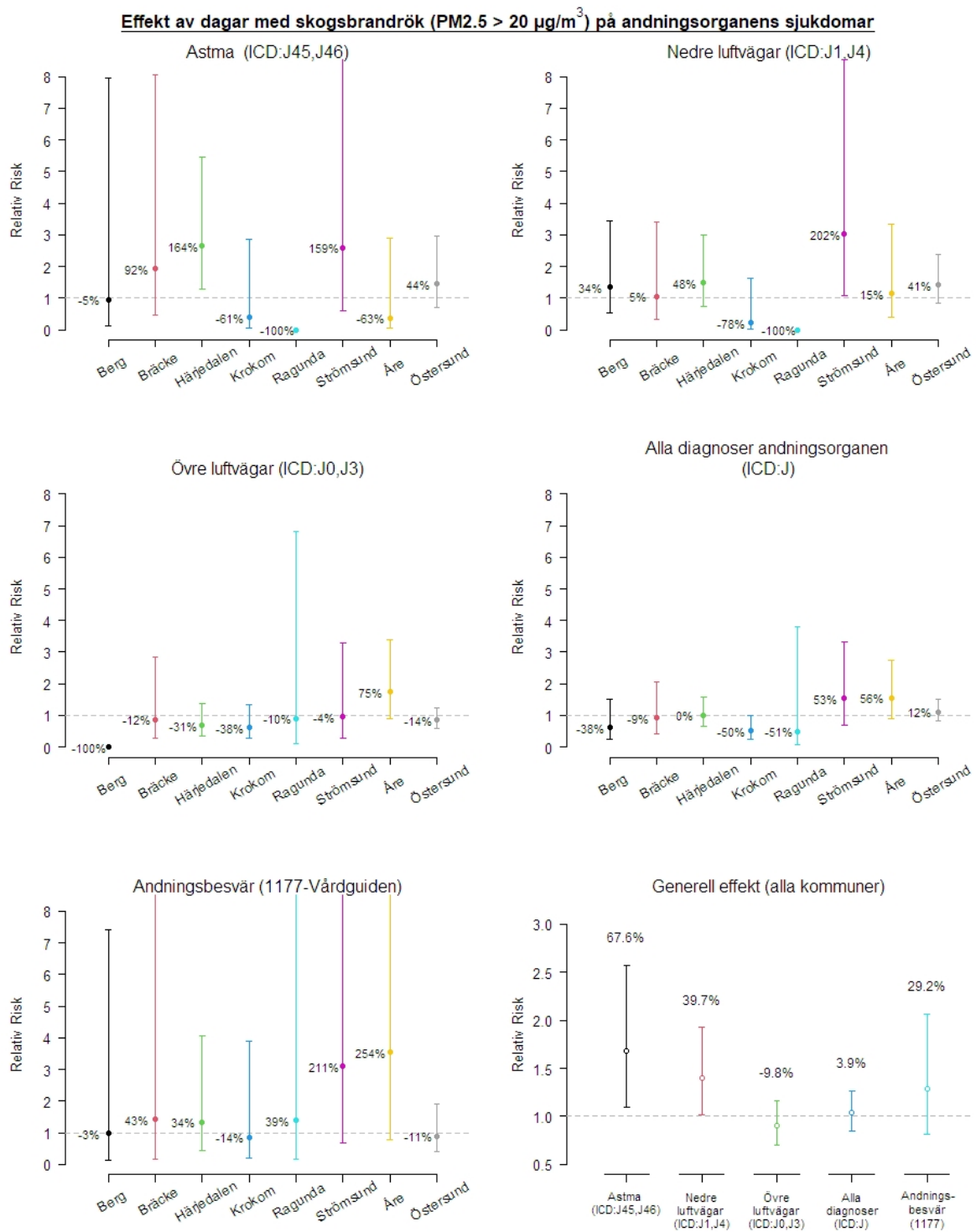
## Effekter av PM2.5 på en kontinuerlig skala

I de regressionsmodeller med befolkningsexponeringen (som i två steg) analyserade samband mellan halter av PM2.5 och dygnsvis antal vårdkontakter observerades tydligaste linjära sambanden i Härjedalens kommun gällande besök för astma samt för alla diagnoser angående nedre luftvägar (figur 11). Linjära samband observerades också för besök i Östersund gällande nedre luftvägar (figur 12). Även för astma specifikt samt alla besök för andningsorganen sågs för Östersund samband som över en viss halt liknade linjära samband. Vissa tydligt icke-linjära samband skattades även för exempelvis övre luftvägar i Östersund och nedre luftvägar i Strömsund.

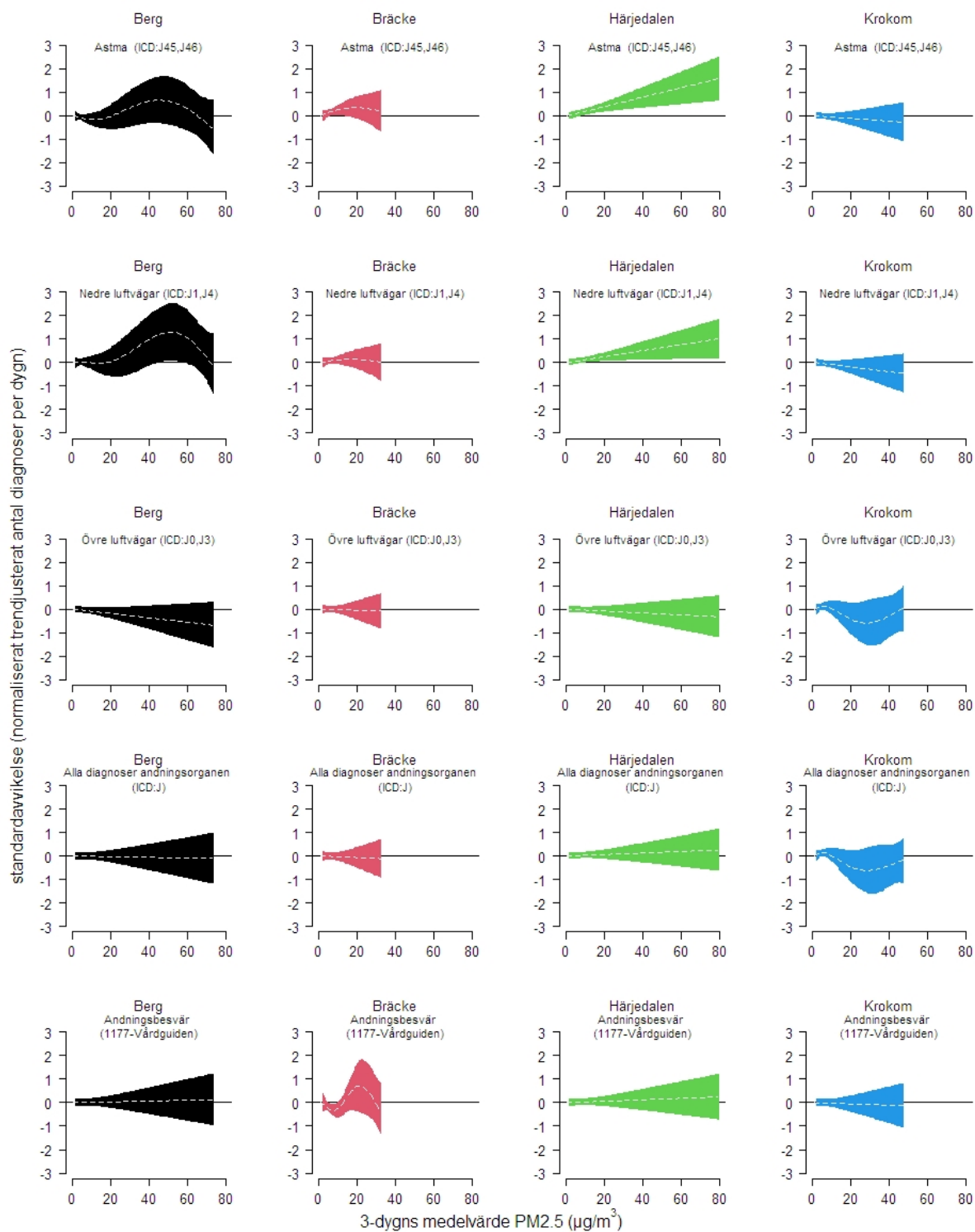


Figur 10. Datum för exponering av skogsbrandrök definierad som dygnsmedelvärde av PM2.5 > 20 µg/m<sup>3</sup> i 8 kommuner sommaren 2018 (svart), samt datum när antalet vårdkontakter analyserades i regressionsmodeller enligt en fördröjningsperiod på 2 dagar (röd, streckad).

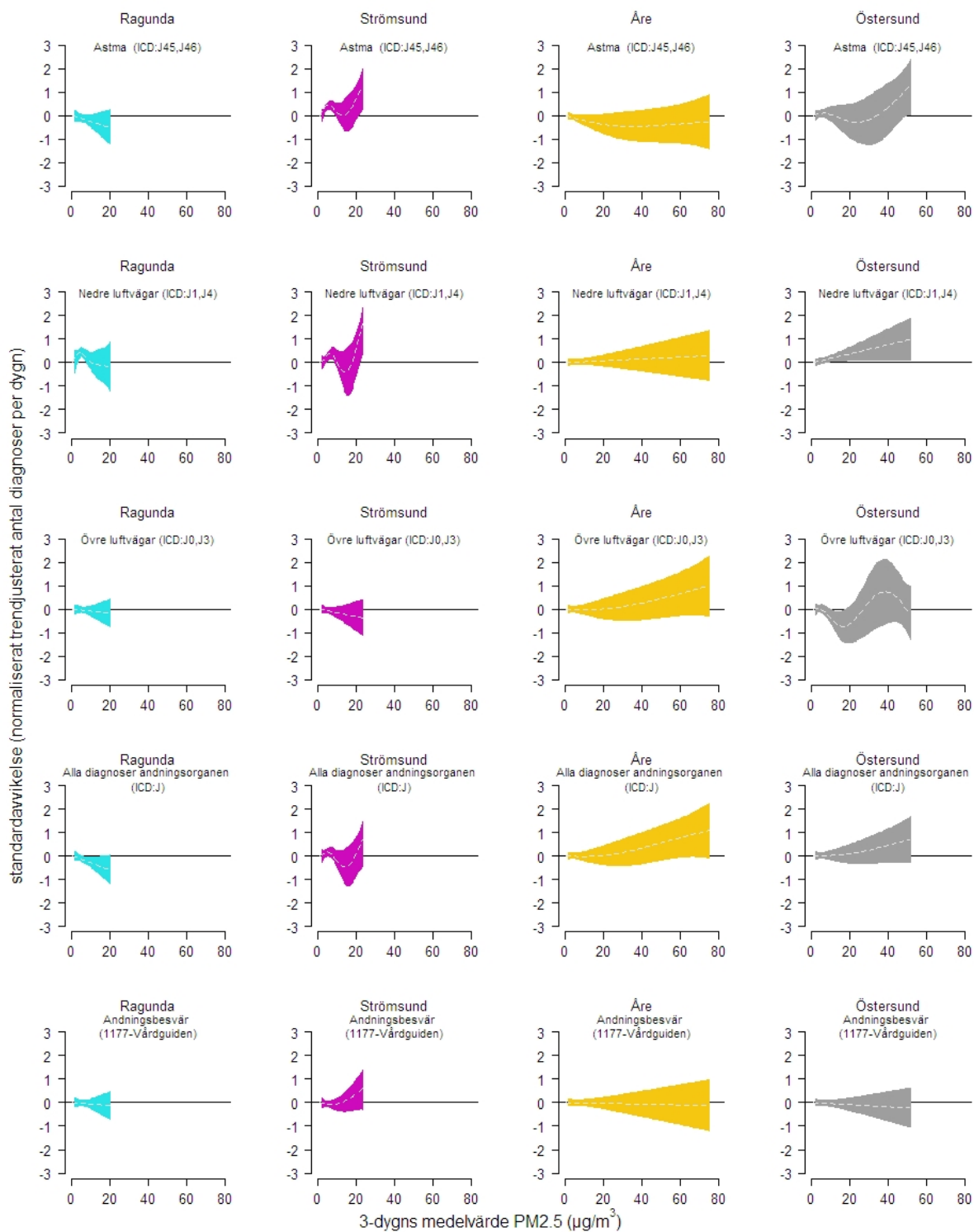




Figur 11. Relativa risker (med 95% konfidensintervall) för olika vårdkontakter samma dygn och de två följande vid exponering av skogsbrandrök ( $PM_{2.5} > 20 \mu g/m^3$ ) för 8 kommuner, samt generella effekter (metaanalys) för hela området Jämtland Härjedalen.



Figur 12. Samband mellan halter av PM<sub>2.5</sub> och antal vårdkontakter per dygn för kommunerna Berg, Bräcke, Härjedalen och Krokom.



Figur 13. Samband mellan halter av PM<sub>2.5</sub> och antal vårdkontakter per dygn för kommunerna Ragunda, Strömsund, Åre och Östersund.

## Diskussion

Det finns en omfattande litteratur kring hälsoeffekter i samband skogsbränder i bl a Nordamerika, Australien och Indonesien (Xu et al, 2020). Exponeringsdata baseras oftast på enstaka mätstationer eller på olika typer av modellering. För denna studie saknades relevanta mätdata eftersom några kontinuerliga partikelmätningar i regionens största befolkningscentra Östersund inte längre bedrevs. SMHI:s kompetens att beräkna partikelhalterna blev därför av stort värde. Till skillnad ifrån tidigare studier används i denna studie befolkningsviktad exponering, dvs viktning av halterna i områdets kommuner med hänsyn till hur många som var bosatta inom respektive beräkningsruta. En begränsning jämfört med t ex de nordamerikanska studierna är dock både exponeringens omfattning och befolkningen storlek.

Enligt beräkningarna förekom befolkningsviktade dygnsmedelhalter på upp till 97  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I verkligheten förekom sannolikt under kortare tid och avgränsade platser betydligt högre halter. Det är också troligt att halter av PM<sub>2.5</sub> även korrelerar med halter av större partiklar, särskilt resterande del av storleksfraktionen PM<sub>10</sub>. Storleken på partiklarna kan ha betydelse för hur långt ner i luftvägarna partiklar hamnar vilket kan ha betydelse för olika hälsoutfall. Personer med sjukdomar i de nedre luftvägarna, främst astma, utgör enligt studier från andra delar av världen en grupp som kan drabbas av akuta försämringar när skogsbrandrök når deras bostadsort. I denna studie observerades det statistiskt tydligaste sambandet hos befolkningen i Härjedalen gällande astma. Härjedalen var också den kommun som exponerades med bland de högsta halterna av dygnsmedelvärden av PM<sub>2.5</sub> och under längsta perioden under sommaren 2018. Eftersom befolkningen är liten till antalet i många kommuner i regionen Jämtland Härjedalen, och därmed också uppgifter om antal diagnoser, blir det faktiska antalet diagnoser som kan härledas till dagar med skogsbrandrök också begränsat. För perioden som definierades som tydligt påverkade av skogsbrandrök i Härjedalens kommun summerade antalet astmadiagnoser till 9 st, eller 0.69 per dag, vilket är en fördubbling jämfört med ett medelvärde för hela perioden. Den generella, sammanvägda effekten, av brandröksdagar, definierade som dagar med mer än 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  av halter PM<sub>2.5</sub>, var cirka 40% ökning av akuta besök för problem från de nedre luftvägarna och cirka 68% för astma. Genomsnittligt uppskattas att exponeringen för PM<sub>2.5</sub> dessa brandröksdagar var knappt 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  högre än för jämförelsedygnen.

De samband från epidemiologiska studier som är mest välbeskrivna och inkluderade i meta-analyser är akuta effekter på vårdkontakter för akut astma (Borchers Arriagada et al, 2019). Beträffande sjukhusinläggningar för astma var den sammanvägda ökningen 6% per 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  högre halt. Ökningen var störst samma dygn (7%), och sågs i ytterligare tre dygn. Även om materialstorleken ger en låg precision i resultaten från Jämtland Härjedalen, så förefaller den sammanvägda ökningen per ökad halt vara större än i den publicerade meta-analysen (Borchers Arriagada et al, 2019).

Som exponeringsvariabel av skogsbrandrök användes i denna studie modellerade halter av PM<sub>2.5</sub> för att studera samband med diagnoser gällande andningsorganen och samtal till 1177 angående andningsbesvär. Ofta har mätdata funnits i samband med bränder i exempelvis USA och Kanada, vilket underlättar både varningar och efterföljande epidemiologiska analyser. I fallet Jämtland Härjedalen 2018 fanns inga mätstationer för PM<sub>2.5</sub> i någon av de större orterna, och analyserna av samband mellan sikt och halt av PM<sub>2.5</sub> som här presenterats visar på stor osäkerhet.

# Riskbedömning

I länder som USA och Kanada har man luftkvalitetsindex eller system med ”tröskelnivåer” till grund för varningar baserade på uppmätta korttidshalter av PM<sub>2.5</sub> över 1 till 3 timmar, men brytpunkterna som tillämpas varierar (O’Neill et al, 2013). 60 – 88 µg/m<sup>3</sup> av PM<sub>2.5</sub> över minst 1 timme tycks vara de lägsta halter som leder till att luften betraktas som ohälsosam och råd ges att känsliga grupper ska begränsa sin exponering. Man använder även siktdata för att skatta halter.

Sverige skulle kunna utveckla ett system för varningar byggande på en kombination av flexibla mätningar utförda med portabla partikelmätare, anpassade sikt-halt-modeller, samt prognosticerande modellering. Ett sådant system behöver kombineras med kriterier för varningsnivåer.

Analyserna av förhöjda partikelhalter i Jämtland Härjedalen under brandröksperioden sommaren 2018 tyder på att en ökning av akuta problem från de nedre luftvägarna som försämring av astma utan tydliga tröskelnivåer kan förväntas från dygnsmedelhalter på 20-40 µg/m<sup>3</sup> av PM<sub>2.5</sub> i huvudsak från bränder. För information och varningar under pågående exponering för PM<sub>2.5</sub> i skogsbrandrök torde därför ovan nämnda kriterier för korttidshalter från USA och Kanada vara tillämpliga även för Sverige. Om haltbidraget från branden förväntas bli omkring 60-90 µg/m<sup>3</sup> av PM<sub>2.5</sub> under 1 timme eller längre bör känsliga grupper uppmanas att begränsa sin exponering.

Tack!

Bakom föreliggande rapport ligger många pusselbitar som kommit på rätt plats. När skogsbrandröken sommaren 2018 upplevdes som ett hälsoproblem i Jämtland kontaktade regionöverläkare Urban Tirén i Östersund undertecknad för att diskutera hur stora risker exponeringen för röken kunde innebära. Det var svårt att göra en bra uppskattning eftersom partikelhalterna inte var kända. Vid ett möte inom funktionen Miljömedicin Norr kom vi fram till att man borde göra en analys för att se om antalet patienter med andningsproblem hade ökat under dygnet som området drabbats av brandrök. En tid senare diskuterade vi med Nikolai Stenfors, universitetslektor samt överläkare vid lung-och allergikliniken i Östersund, om var en ökad sjuklighet skulle kunna avläsas. Den vägen fick vi kontakt med Roland Ylander vid Region Jämtland Härjedalen, som hade möjlighet att ta fram patientstatistik. I detta skede kontaktades Siiri Latvala som arbetar med hälsorelaterad miljöövervakning vid Naturvårdsverket, för att föreslå ett genomförande av den bredare rapport som nu blivit av. Som en bonus för de epidemiologiska analyserna kom beviljandet av forskningsprogrammet Arctic Community Resilience to Boreal Environmental change: Assessing Risks for fire and disease, ACROBEAR inom en internationell utlysning av Belmont Forum, med svensk finansiering via Forte, vilket möjliggjort SMHIs omfattande modelleringsinsatser. Ett varmt tack framförs till alla som på olika sätt bidragit till denna rapportts tillkomst!

Bertil Forsberg  
projektledare



# Referenser

- Abatzoglou JT, Williams AP. Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016;113:11770–11775.
- Black C, Tesfaigzi Y, Bassein JA, Miller LA. Wildfire smoke exposure and human health: Significant gaps in research for a growing public health issue. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2017;55:186-195.
- Borchers Arriagada N, Horsley JA, Palmer AJ, Morgan GG, Tham R, Johnston FH. Association between fire smoke fine particulate matter and asthma-related outcomes: Systematic review and meta-analysis. *Environ Res*. 2019;179(Pt A):108777.
- Cascio WE. Wildland fire smoke and human health. *Sci Total Environ*. 2018 May 15;624:586-595. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.086.
- Dong TTT, Hinwood AL, Callan AC, Zosky G, Stock WD. In vitro assessment of the toxicity of bushfire emissions: A review. *Sci Total Environ* 2017;15;603-604:268-278.
- Elliott CT, Henderson SB, Wan V. Time series analysis of fine particulate matter and asthma reliever dispensations in populations affected by forest fires. *Environ Health* 2013;12(1):11.
- EPA U.S. National Emissions Inventory. 2011.
- Finlay SE, Moffat A, Gazzard R, Baker D, Murray V. Health impacts of wildfires. *PLoS Curr*. 2012;4:e4f959951cce2c.
- Flannigan M, Cantin AS, de Groot WJ, Wotton M, Newbery A, Gowman LM. Global wildland fire season severity in the 21st century. *Forest Ecology and Management*. 2013;294:54–61.
- Gan RW, Ford B, Lassman W, Pfister G, Vaidyanathan A, Fischer E, Volckens J, Pierce JR, Magzamen S. Comparison of wildfire smoke estimation methods and associations with cardiopulmonary-related hospital admissions. *Geohealth* 2017;1(3):122-136.
- Francesca Di Giuseppe, Samuel Rémy, Florian Pappenberger, and Fredrik Wetterhall, 2018: Combining fire radiative power observations with the fire weather index improves the estimation of fire emissions, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, **18**, 5359–5370, <https://doi.org/10.5194/acp-2017-790>
- Henderson SB, Brauer M, Macnab YC, Kennedy SM. Three measures of forest fire smoke exposure and their associations with respiratory and cardiovascular health outcomes in a population-based cohort. *Environ Health Perspect* 2011;119(9):1266–1271.
- Hänninen OO, Salonen RO, Koistinen K, Lanki T, Barregard L, Jantunen M. Population exposure to fine particles and estimated excess mortality in Finland from an East European wildfire episode. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 2009;19:414–422.
- Holm SM, Miller MD, Balmes JR. Health effects of wildfire smoke in children and public health tools: a narrative review. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2020;20:1–20.



Johnston FH, Henderson SB, Chen Y, Randerson JT, Marlier M, Defries RS, Kinney P, Bowman DM, Brauer M. Estimated global mortality attributable to smoke from landscape fires. *Environ Health Perspect* 2012;120(5):695-701.

Kaulfus AS, Nair U, Jaffe D. Biomass Burning Smoke Climatology of the United States: Implications for Particulate Matter Air Quality. *Environmental Science & Technology* 2017;51:11731–11741.

Kollanus V, Prank M, Gens A, Soares J, Vira J, Kukkonen J, Sofiev M, Salonen RO, Lanki T. Mortality due to Vegetation Fire-Originated PM<sub>2.5</sub> Exposure in Europe-Assessment for the Years 2005 and 2008. *Environ Health Perspect* 2017;125(1):30-37.

Kondo MC, De Roos AJ, White LS, Heilman WE, Mockrin MH, Gross-Davis CA, Burstyn I. Meta-Analysis of Heterogeneity in the Effects of Wildfire Smoke Exposure on Respiratory Health in North America. *Int J Environ Res Public Health* 2019;16(6):960.

Lipsett MB, Materna SL, Stone S, Therriault R, Blaisdell J, Cook J, Waldman L, Wohl-Sanchez L, Kent P, Jenkins D, Westerdahl T, Phillips L, Smith J, Behrman S, DuTeaux R, Lam D, Gold B, Nakamura A, Brauer M. Wildfire Smoke, A Guide for Public Health Officials, US EPA, 2008.

Liu JC, Pereira G, Uhl SA, Bravo MA, Bell ML. A systematic review of the physical health impacts from non-occupational exposure to wildfire smoke. *Environ Res* 2015;136:120–132. doi: 10.1016/j.envres.2014.10.015.

Lozano OM, Salis M, Ager AA, Arca B, Alcasena FJ, Monteiro AT, Finney MA, Del Giudice L, Scoccimarro E, Spano D. Assessing Climate Change Impacts on Wildfire Exposure in Mediterranean Areas. *Risk Anal* 2017;37(10):1898-1916.

Marécal, V. Peuch, V.-H., Andersson, C. et al. A regional air quality forecasting system over Europe: the MACC-II daily ensemble production. *Geosci Model Dev* 8, 2777-2813, doi: 10.5194/gmd-8-2777-2015.

Matz CJ, Egyed M, Xi G, Racine J, Pavlovic R, Rittmaster R, Henderson SB, Stieb DM. Health impact analysis of PM<sub>2.5</sub> from wildfire smoke in Canada (2013-2015, 2017-2018). *Sci Total Environ* 2020;725:138506.

O'Neill SM, Lahm PW, Fitch MJ, Broughton M. Summary and analysis of approaches linking visual range, PM<sub>2.5</sub> concentrations, and air quality health impact indices for wildfires, *Journal of the Air & Waste Management Association* 2013;63:9:1083-1090.

Reid CE, Brauer M, Johnston FH, et al. Critical Review of Health Impacts of Wildfire Smoke Exposure. *Environ Health Perspect* 2016;124:1334–43.

Reid CE, Maestas MM. Wildfire smoke exposure under climate change: impact on respiratory health of affected communities. *Curr Opin Pulm Med* 2019;25(2):179-187.

Rittmaster R, Adamowicz WL, Amiro B, Pelletier RT. Economic analysis of health effects from forest fires. *Canadian Journal of Forest Research* 2006;36:868–877.

Shaposhnikov D, Revich B, Bellander T, Bedada GB, Bottai M, Kharkova T, Kvasha E, Lezina E, Lind T, Semutnikova E, Pershagen G. Mortality related to air pollution with the moscow heat wave and wildfire of 2010. *Epidemiology* 2014;25(3):359-64.

Xu R, Yu P, Abramson MJ, Johnston FH, Samet JM et al. Wildfires, Global Climate Change, and Human Health. *The New England Journal of Medicine*. 2020;383(22):2173-2181.

Yao J, Eyamie J, Henderson SB. Evaluation of a spatially resolved forest fire smoke model for population-based epidemiologic exposure assessment. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2016;26(3):233–240.

Yao J, Stieb DM, Taylor E, Henderson SB. Assessment of the Air Quality Health Index (AQHI) and four alternate AQHI-Plus amendments for wildfire seasons in British Columbia. *Can J Public Health* 2020;111(1):96-106.



UMEÅ UNIVERSITET

Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin | 901 87 Umeå | 090 786 50 00 | [umu.se](http://umu.se)