

Analys av luftburna partiklar insamlade på TEOM-filter från Norrköping, Linköping och Kalmar med syfte att studera metallinnehåll samt möjliga effekter på immunförsvaret

¹Helen Karlsson, ¹Stefan Ljunggren, ¹Reza Nosratabadi, ²Anders Ljungman, ³Pål Graff

¹Arbets- och miljömedicin, Hjärtmedicinskt Centrum, Region Östergötland, ²Institutionen för Klinisk och Experimentell medicin, Linköpings Universitet, Linköping, ³Arbets och miljömedicin, Region Örebro län, Örebro



Bild på TEOM-station

Innehåll

Sammanfattning	3
Bakgrund.....	4
Syfte	4
Metoder	5
Partikelhalter (PM ₁₀) i luft	5
Extrahering av partiklar från TEOM-filter	5
Metallanalys.....	5
Endotoxiner.....	6
Cellaktiverande effekt.....	6
Statistik	6
Resultat	6
Partikelhalter i luft	7
Metallhalter	7
Endotoxiner.....	12
Cellaktiverande förmåga.....	13
Diskussion.....	14
Partikelhalter i luft	14
Metallhalter	15
Endotoxiner.....	15
Cellaktiverande effekt.....	16
Reflektion gällande framtiden.....	16
Begränsningar	16
Tack.....	17
Referenser	17

Sammanfattning

Vetenskapliga studier visar att exponering för luftföroreningar ökar risken för dödlighet i lungsjukdom samt hjärt- och kärlsjukdomar. Det är en mängd substanser som ingår i begreppet luftföroreningar. På senare tid, i samband med miljö kvalitetsnormernas införande, har partiklar uppmärksammats som ett allt större luftföroreningsproblem. Partikelexponering har även påvisats kunna ge en kroniskt hämmande effekt på lungans utveckling hos unga mellan 10 och 18 år, och kunna resultera i ökade respiratoriska besvär hos barn med luftvägsrelaterade sjukdomar.

I dagens urbana miljöer övervakas partikelhalter främst gravimetriskt, vilket innebär att partikelhalterna baseras på massa, dock har på senare tid betydelsen av partiklars storlek, form och ytreaktivitet uppmärksammats som viktiga faktorer i relation till möjliga hälsoutfall. Dessa faktorer är sannolikt ytterst viktiga då små partiklar kan hamna längre ner i lungan och har en större ytarea, vilket ger dem en större möjlighet att interagera med andra ämnen, jämfört med stora partiklar. Variation i partikelegenskaper har även visat sig vara av betydelse för grad av toxicitet och inflammationsframkallande potential, vilket påvisats för förslitningspartiklar från däck och vägbanor samt för respirabla vägdammspartiklar.

Detta projekt bygger på en tidigare studie, där möjligheten att använda filter från befintliga TEOM-stationer för ytterligare analyser, vid sidan av de ordinarie beräkningarna av partikelhalter, har utforskats. TEOM-filter (PM_{10}) som samlat damm i fyra olika urbana miljöer samlades in varje månad under ett år för vidare analyser.

Syftet med studien är att undersöka om:

- befintliga TEOM-filter kan användas för kompletterande analyser
- biologiska analyser av partiklar från TEOM-filter kan bidra till en ökad förståelse för när partiklarna är mest skadliga för hälsan samt om detta sammanfaller med när de flesta individer upplever luftvägsbesvär
- det finns variation i möjlig hälsopåverkan hos partiklar från olika orter och tidpunkter
- det finns variation i metallhalter (Fe, Cd, Pb) mellan orter och tidpunkter

Denna studie, i enlighet med den föregående TEOM-studien [TEOM 2012], visar att det går att samordna en insamling av TEOM-filter samt att det går att få kompletterande information från TEOM-filtren. Olika kompletterande variabler såsom relativa metallhalter och potentiellt toxiska egenskaper hos insamlade partiklar, kan erhållas vid sidan av de massberäkningar som rutinmässigt utförs i TEOM-stationerna. Analyserna visade att det fanns variation mellan orter samt att det fanns en betydande årstidsvariation för flera av de analyserade variablerna. Tidpunkten under våren när partikelhalterna var som högst för de fyra mätpunkterna sammanföll i mars månad. Dock var endotoxinhalterna samt den cellaktiverande effekten högre under sommar/ tidig höst. Gällande relativa halter av bly och kadmium varierade de över året på alla orter. De högsta halterna återfanns generellt på östra promenaden i Norrköping samt i Kalmar. En jämförelse av bly samt kadmiumhalter på östra promenaden under september 2009- augusti 2010 och september 2014- augusti 2015 visade lägre halter året 2014-2015.

Bakgrund

Vetenskapliga studier visar att exponering för luftföroreningar ökar risken för dödlighet i lungsjukdom samt hjärt- och kärlsjukdomar [Stockfelt et al 2017, Fiordelisi et al 2017]. Det är en mängd substanser som ingår i begreppet luftföroreningar. Sveriges luftkvalitetsförordning (SFS 2010:477) omfattar förekomst och lufthalter av kvävedioxid, svaveldioxid, partiklar (PM₁₀ och PM_{2,5}), bensen, kolmonoxid, ozon, polyaromatiska kolväten (med benzo(a)pyren som indikatorförening), samt metallerna arsenik, bly, nickel och kadmium. På senare tid, i samband med miljökvalitetsnormernas införande, har partiklar uppmärksammats som ett allt större luftföroreningsproblem [IVL 2016]. Partikelexponering har förutom påverkan på förekomsten av hjärt- och kärlsjukdom påvisats ge en kroniskt hämmande effekt på lungans utveckling hos unga mellan 10 och 18 år, och kunna resultera i ökade respiratoriska besvär hos barn med luftvägsrelaterade sjukdomar [Gauderman et al, 2004, Sugiri et al, 2006, O'Connor et al, 2008].

I dagens urbana miljöer övervakas partikelhalter främst gravimetriskt, vilket innebär att partikelhalterna baseras på massa, dock har på senare tid betydelsen av partiklars storlek, form och ytreaktivitet uppmärksammats som viktiga faktorer i relation till möjliga hälsoutfall [Golokvhast et al 2015, Steenhof et al 2011, Ristovski et al 2012]. Dessa faktorer är sannolikt ytterst viktiga då små partiklar kan hamna längre ner i lungan och har en större yta jämfört med stora partiklar. Variation i partikelegenskaper har även visat sig vara av betydelse för grad av toxicitet och inflammationsframkallande potential vilket påvisats för förslitningspartiklar från däck och vägbana [Lindbom et al, 2006, 2007, Karlsson et al, 2011, Gustafsson et al, 2008, Boogaard et al 2012].

Detta projekt bygger på en tidigare studie, där möjligheten att använda filter från befintliga TEOM-stationer för ytterligare analyser, vid sidan av beräkning av partikelhalter [TEOM 2012], har studerats. TEOM-filter (PM₁₀) som samlat damm i urbana miljöer under en månad samlades in på olika platser i landet och tvättades med en lösning passande för biologiska analyser. Resultaten i denna tidigare studie indikerade att partiklarnas oxidativa förmåga var högst tidigt på våren medan innehållet av endotoxiner och den cellaktiverande effekten var högst på sensommaren, vilket inte sammanföll med när partikelhalterna var som högst. Denna TEOM-studie har här kompletterats med fördjupad analys av TEOM-filter från Norrköping (Östra promenaden, Kungsgatan), Linköping (Hamngatan) och Kalmar (Esplanaden) som samlats in varje månad (september 2014 - augusti 2015) med syftet att studera årstidsvariation samt variation mellan orterna. Redovisade analyser är partikelhalter i luft (månadsmedelvärde) samt metallhalter (järn, bly, kadmium), endotoxinhalter samt cellaktiverande effekt hos partiklar från TEOM-filtren. Dessutom har halter av järn, bly och kadmium på Östra promenaden under perioden jämförts med halter under perioden september 2009 till augusti 2010.

Syfte

Syftet med studien är att undersöka om;

- befintliga TEOM-filtrer kan användas för kompletterande analyser
- biologiska analyser av partiklar från TEOM-filtrer kan bidra till en ökad förståelse för när partiklarna är mest skadliga för hälsan samt om detta sammanfaller med när de flesta individer upplever luftvägsbesvär
- det finns variation i möjlig hälsopåverkan hos partiklar från olika orter och tidpunkter
- det finns variation i metallhalter (Fe, Cd, Pb) mellan orter och tidpunkter

Metoder

Partikelhalter (PM₁₀) i luft

Månadsmedelvärden för partikelhalter registrerade i TEOM-stationer under september 2014 till och med augusti 2015 är beräknade på data från de olika orternas datavärdar vilka i det här fallet var IVL, SMHI samt Hugo Tillquist AB.

Extrahering av partiklar från TEOM-filtrer

Hur TEOM-teknik samt insamling av partiklar på TEOM-filtrer sker finns beskrivet i detalj i en tidigare rapport [TEOM 2012]. Byte av filter i mätstationerna utfördes enligt instruktioner varje månad under ett år (september 2014 till och med augusti 2015) av personal från respektive kommun. Totalt analyserades 48 filter från TEOM-stationer (PM₁₀); Östra promenaden och Kungsgatan i Norrköping, Hamngatan i Linköping samt Esplanaden i Kalmar. Efter att ett nytt filter monterats i instrumentet skickades det använda filtret i sitt skyddsrör till arbets- och miljömedicinska laboratoriet i Linköping. Vid ankomsten till laboratoriet registrerades varje prov och röret med filter placerades sedan i en lågtemperaturfrys (-70 °C) i väntan på invägning, partikelextraktion och analys. För att acklimatisera filtren innan en första invägning placerades de i en klimatkammare för precisionsvägning. Efter 48 timmar vägdes filtren och samtidigt vägdes även två icke exponerade kontrollfilter. Den våg som användes var en Satorius Micro MC5 P. Efter invägning placerades varje filter i ett sterilt 50 mL Falconrör och 2 mL endotoxin-fritt vatten tillsattes (Braun Malsungen AG, Tyskland). För att frigöra partiklar användes en ultraljudsprob under 5x10 sekunder per filter (Soniprep 150 Ultrasonic disintegrator, MSE, England). Suspensionen med frigjorda partiklar samlades i fraktioner om 500 µL och frystes i -30 °C i väntan på analys. Filtren fördes tillbaka till klimatkammaren där de efter acklimatisering under 48 timmar vägdes en andra gång. Differensen av filtrets massa vid första och andra invägningen användes för att beräkna massan partiklar som frigjorts vid extraktionen.

Metallanalys

För haltbestämning av bly, kadmium och järn i proven har vi använt oss av atomabsorptions spektrofotometri (AAS, Analytik Jena ContrAA 700, grafitugn). Prover togs ut från frysen och efter rumstemperering överfördes 500 µL (allt i röret) till ett teflonrör. Teflonrören övertäcktes med filterpapper

och placerades i värmeskåp (50°C) i 15 timmar tills proven var uttorkade. Sedan tillfördes 300 µL salpeterssyra och 100 µL H₂O₂ till varje rör. Locken skruvades ordentligt på och rören inkuberades i värmeskåp (80°C) över natten i 16 timmar. Efter inkubering tillsattes 600 µL liter avjoniserat vatten i varje rör och blandades i 5 sekunder med hjälp av en Vortex. Inför analysen späddes proven 10 gånger. Vid analysen injicerades 15 µL provlösning (5 µL vid järnanalysen) och för kvantifiering analyserades också samtidigt standarder med kända koncentrationer.

Endotoxiner

Endotoxiner analyserades med kommersiellt kit (Pierce, LAL Chromogenic endotoxin quantitation kit), i enlighet med tillverkarens instruktioner. Kort så sattes 10 µg av partiklar i suspension samt standard till i brunnar på en 96-hålsplatta och inkuberades i 5 minuter vid 37°C. Till detta tillsattes 50 µL av Limulus Amebocyte Lysate (LAL) och plattan inkuberades i 10 minuter innan ett kromogent substrat tillsattes följt av 6 minuters inkubering vid 37°C. Under denna inkubering så katalyseras ett proenzym i LAL till att klyva det färglösa substratet till en färgad produkt. Reaktionen stoppas med ättikssyra och halten av endotoxin bestäms med hjälp av en spektrofotometer som mäter vid 405 nm. Halten av endotoxin i provet är proportionell till bildad färg.

Cellaktiverande effekt

Partiklarnas cellaktiverande effekt mättes genom att inkubera blod från en frisk donator med partiklar och sedan mäta bildad halt av IL-1β med ett kommersiellt ELISA-kit (invitrogen) enligt tillverkarens instruktioner. Kort så blandades 100 µL av plasma med 20 µg av extraherade partiklar och inkuberades i 18 h i 37°C. Efterföljande dag centrifugeras proverna i 14000*g i 5 min för att ta bort partiklar. Kvarvarande supernatant (blodplasma) analyserades med ELISA-kit där antikroppar bundna i en 96-hålsplatta binder in till IL-1β och via en enzymatisk metod genereras färg som läses in vid 450 nm. Färgen är sedan proportionerlig till mängden IL-1β i provet.

Statistik

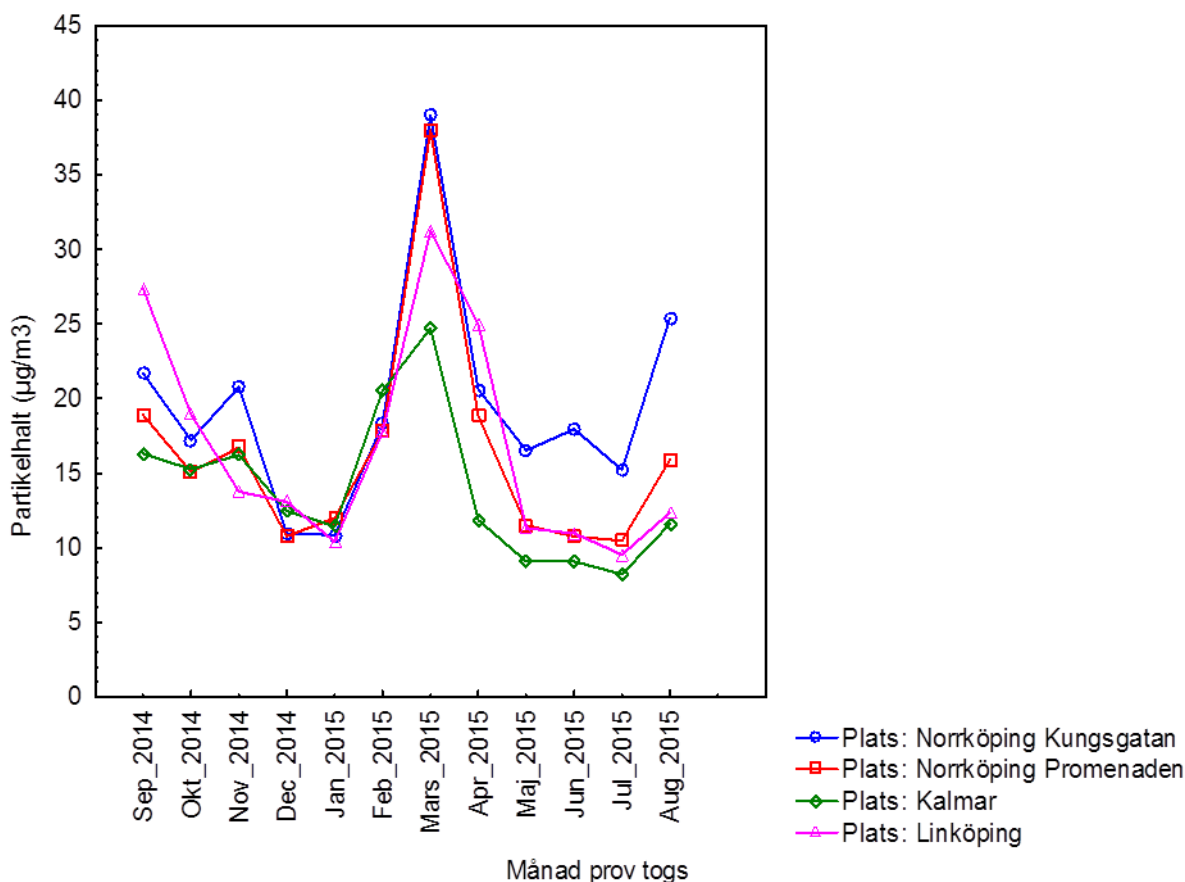
Skillnaden i metallhalter vid östra promenaden i Norrköping mellan tidsperioderna 2009-2010 och 2014-2015 undersöktes med en icke-parametrisk parad metod (Wilcoxon matched pairs) för att jämföra de två tidsperioderna månad för månad. Ett p-värde under 0,05 ansågs signifikant.

Resultat

Denna studie bekräftar resultaten i den tidigare studien [TEOM2012] och visar att TEOM-filter kan användas för att erhålla information om variation mellan orter och årstider gällande partikeltoxicitet. Partikelhalter, relativa metallhalter, endotoxinhalter samt cellaktiverande förmåga varierar mellan orter och tidpunkter och redovisas nedan i figuren 1-7. Dock visade det sig svårt att jämföra rapporterade luftvägsrelaterade hälsobesvär med erhållna data, denna frågeställning kräver mer omfattande och fördjupade studier. Genom Naturvårdsverket (HÄMI) studeras under åren 2014-2017 samband mellan akutbesök och halterna av NO₂, ozon och partiklar (PM₁₀/PM_{2,5}) vilket blir intressant att följa.

Partikelhalter i luft

Partikelhalter (PM₁₀) i luft beräknades gravimetriskt i TEOM-stationer placerade i Norrköping, Linköping och Kalmar under tidsperioden september 2014 till augusti 2015 och redovisas som månadsmedelvärden i figur 1. Dessa värden är beräknade från data som lagras hos de olika orternas respektive datavärdar vilket i denna studie är IVL, SMHI eller för Kalmar hos Hugo Tillquist AB. De högsta månadsmedelvärdena för PM₁₀ i de tre orterna sammanföll i mars månad 2015. Kungsgatan och östra promenaden i Norrköping hade då de högsta månadsmedelvärdena som närmade sig 40 ug/m³ medan månadsmedelvärdet på hamngatan i Linköping nådde strax över 30 ug/m³ åtföljt av esplanaden i Kalmar med cirka 25 ug/m³.

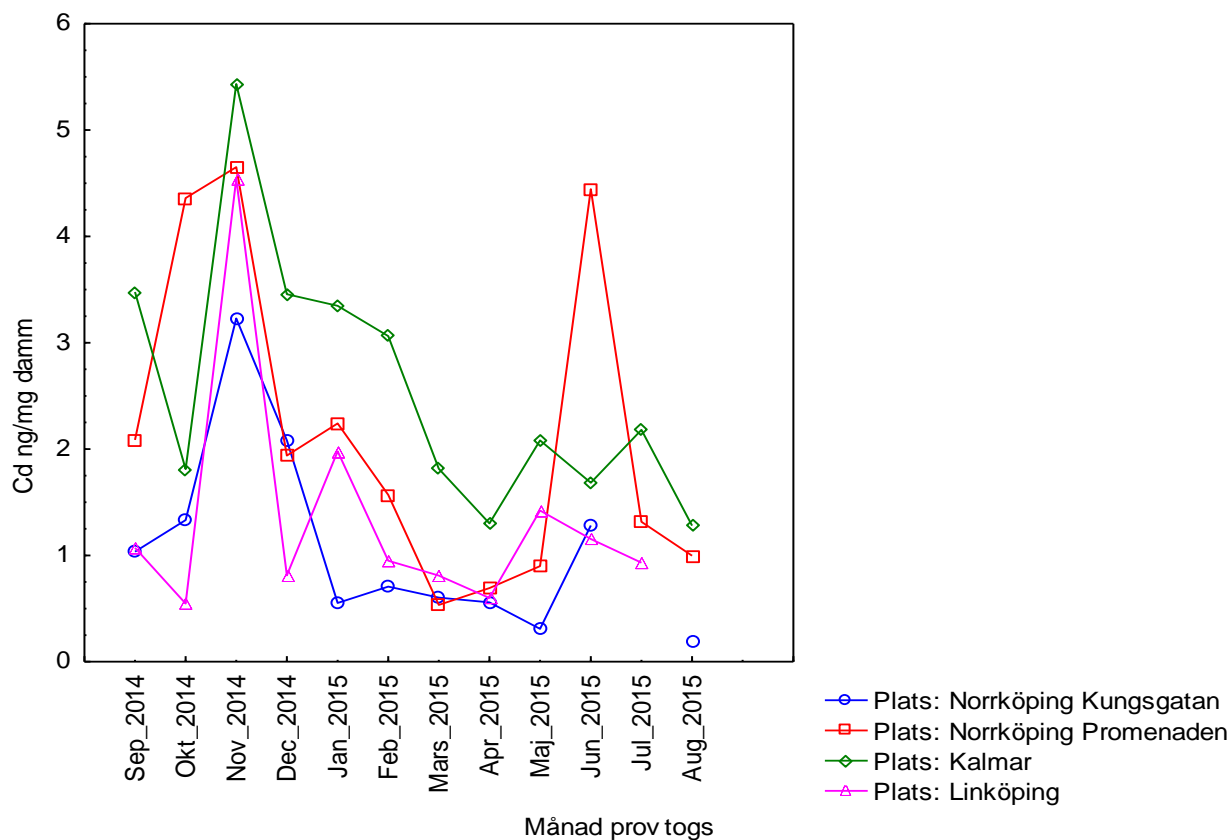


Figur 1. Månadsmedelvärden för PM₁₀ partikelhalter i luft under tidsperioden september 2014-augusti 2015, registrerade i TEOM-instrument placerade i Norrköping, Linköping och Kalmar.

Metallhalter

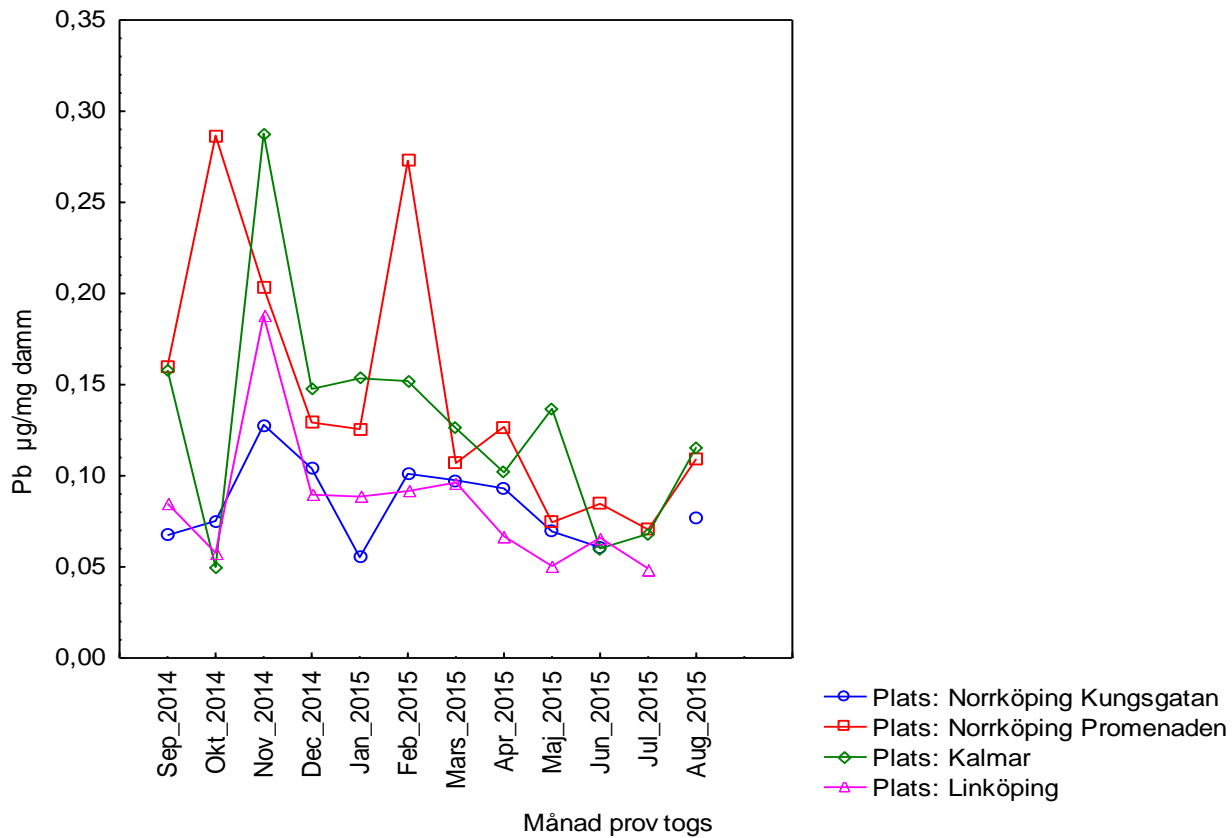
Metallhalter i lösning (2 ml ETX-fritt H₂O) som använts vid tvätt av filtren relaterades till mängden partikeldamm, det vill säga differensen i filtermassa före och efter tvätt. Kadmiumhalter redovisas i figur 2 som Cd ng/mg damm. Alla orter visar en liknande trend i kadmiumhalter med förhöjda halter i november 2014. Förhöjda kadmiumhalter sammanfaller inte med månadsmedelvärden för PM₁₀ partikelhalter i luft och

är generellt högre i Kalmar samt östra promenaden i Norrköping jämfört med kungsgatan i Norrköping samt Linköping.



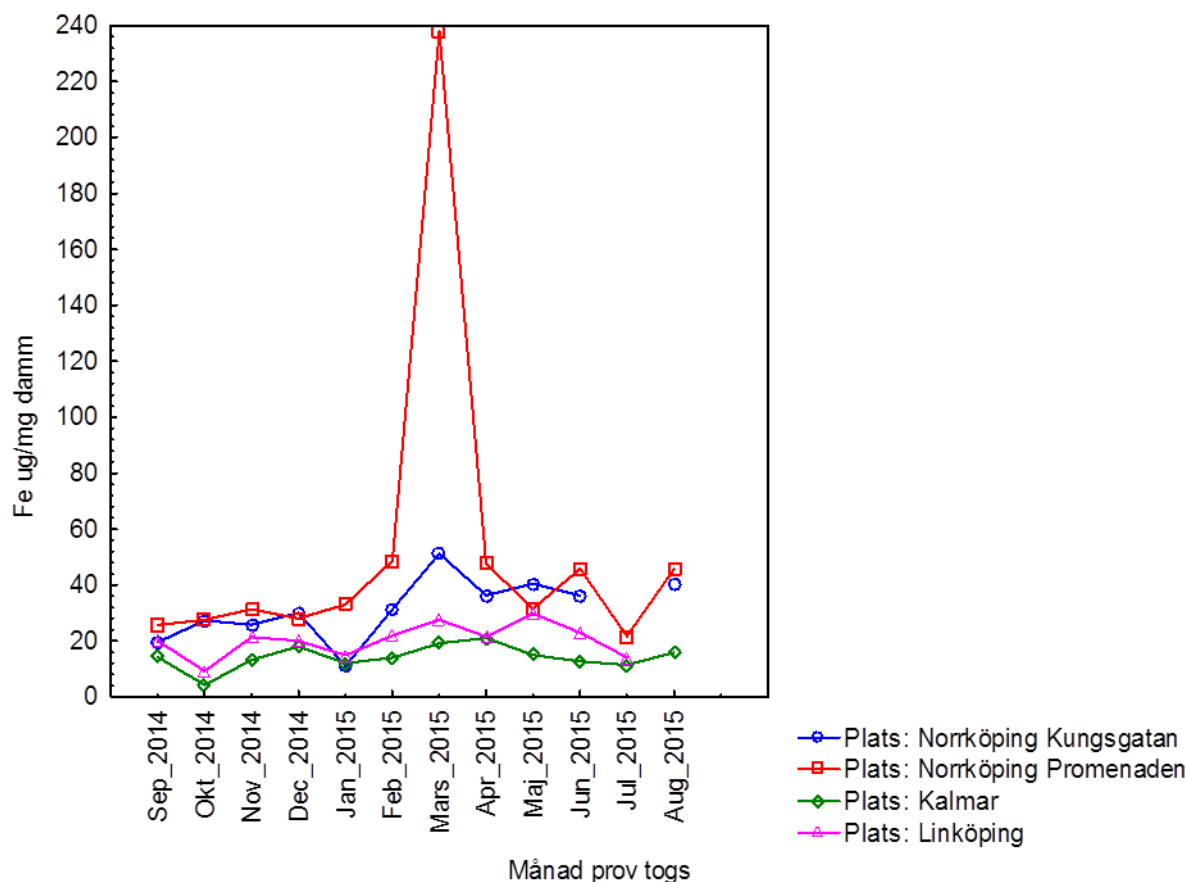
Figur 2. Kadmiumhalter i partikellösning som tvättats bort från TEOM-filtren. Halter relateras till mängden dammpartiklar som samlats på filtren (differensen i filtermassa före och efter tvätt).

Blyhalter i lösning som tvättats bort från filtren redovisas som Pb $\mu\text{g}/\text{mg}$ damm i figur 3. Även bly visar en trend med förhöjda halter i november 2014 på alla orter men förhöjda halter kan även återfinnas på östra promenaden i Norrköping i oktober 2014 samt i februari 2015. Anmärkningsvärt är att även i Kalmar är bly halterna relativt höga. Dessutom finns en tydlig skillnad mellan östra promenaden och kungsgatan i Norrköping gällande bly då östra promenaden visar högre halter medan kungsgatan visar lägre halter i denna jämförelse.



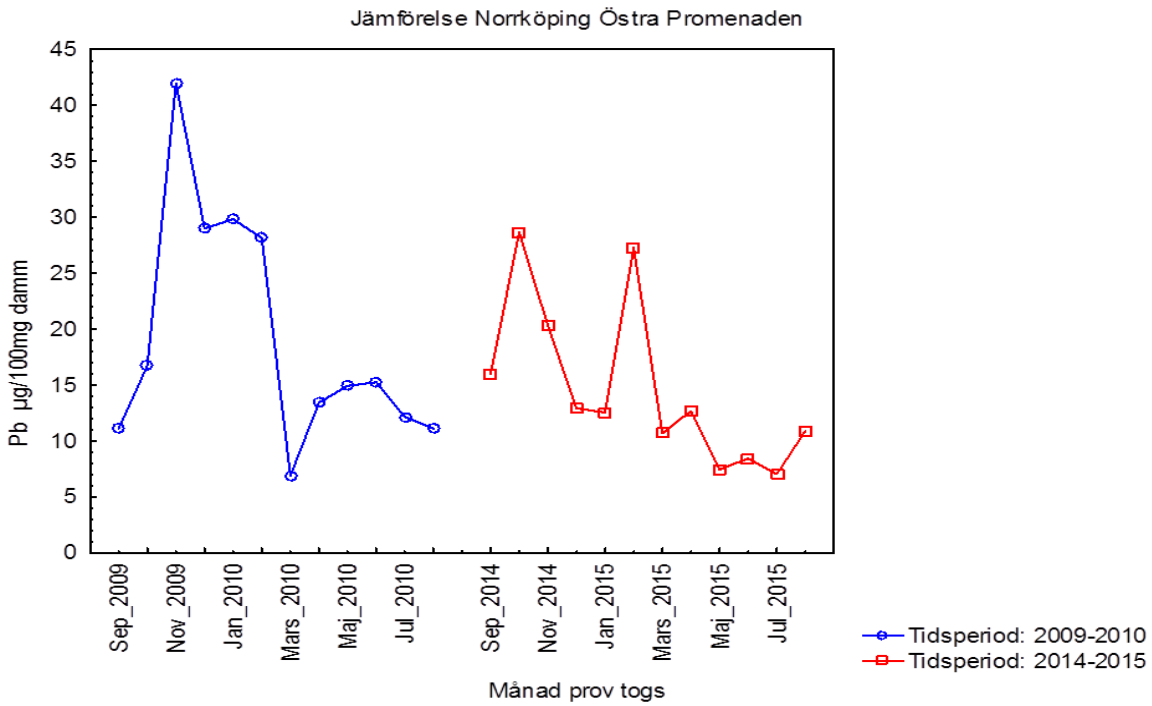
Figur 3. Blyhalter i partikellösning som tvättats bort från TEOM-filtren. Halter relateras till mängden dammpartiklar som samlats på filtren (differensen i filtermassa före och efter tvätt).

Järnhalter i partikellösning (2 ml) efter filtertvätt redovisas i figur 4 som Fe ug/mg damm. Alla orter hade liknande halter under tidsperioden med undantag för östra promenaden i mars 2015 där en kraftig ökning kan ses. Möjliga förklaringar presenteras i kapitlet för diskussioner.

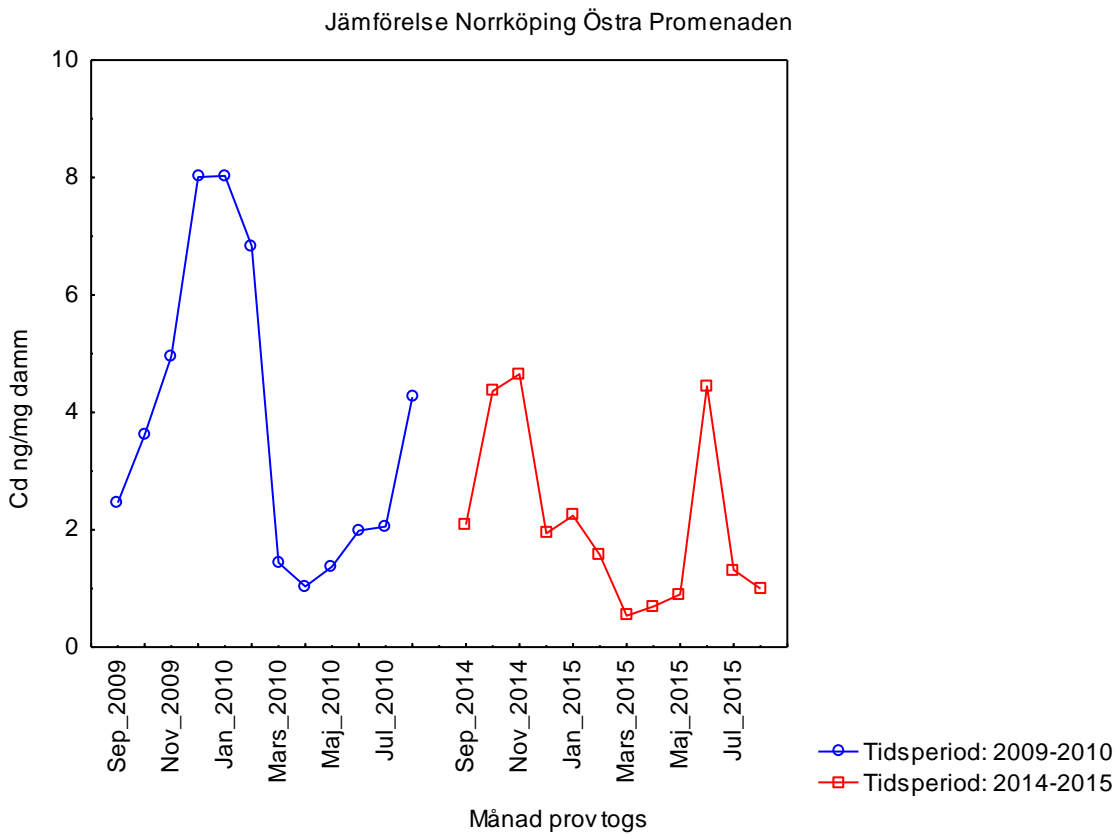


Figur 4. Järnhalter i partikellösning som tvättats bort från TEOM-filtren. Halter relateras till mängden dammpartiklar som samlats på filtren (differensen i filtermassa före och efter tvätt).

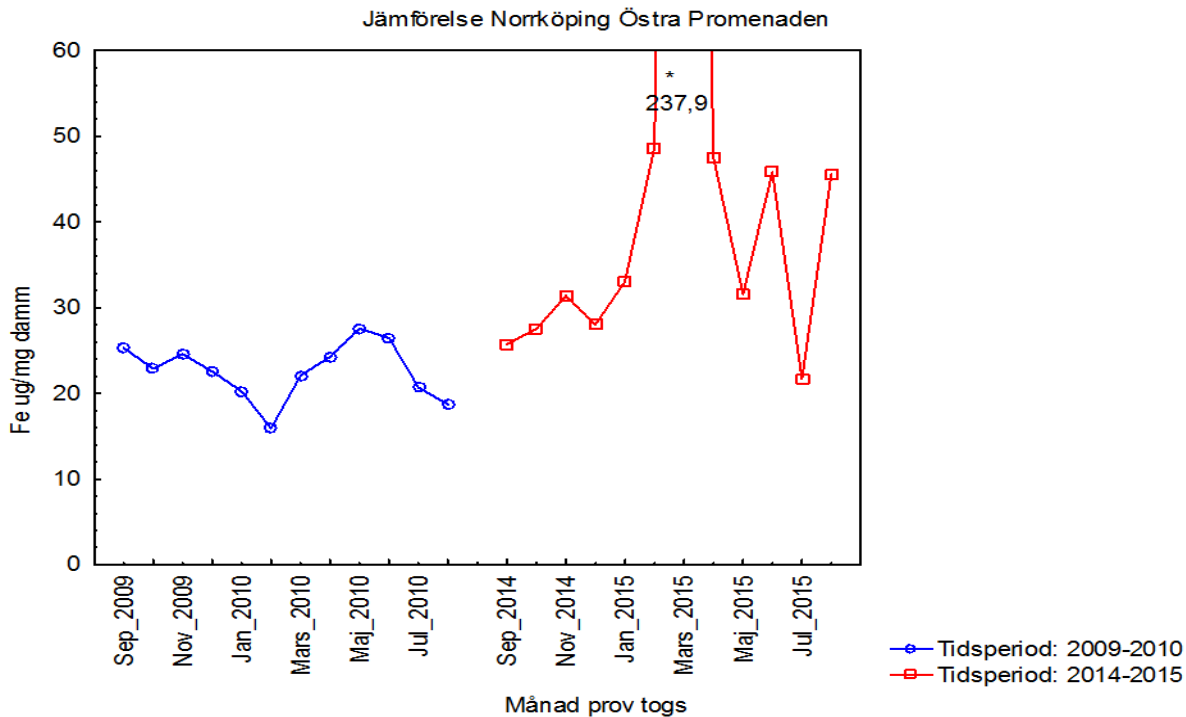
Halterna av bly, kadmium och järn i partikellösning som tvättats bort från TEOM-filtren från östra promenaden har jämförts mellan två tidsperioder för att studera om halterna minskat eller ökat över tid. Tidsperioderna september 2009 till och med augusti 2010 har jämförts med september 2014 till augusti 2015 och redovisas i figurerna 5a, 5b och 5c. Halterna av både bly och kadmium visar liknande månadsvariationer över de respektive tidsperioderna. Kadmium har, i enlighet med andra studier, minskat om man jämför 2009-2010 (medel 3,8 ng/mg damm) med 2014-2015 (medel 2,1 ng/mg damm, $P < 0,05$). Bly uppvisar en nedåtgående trend mellan 2009-2010 (medel 19,2 $\mu\text{g}/100$ mg damm) och 2014-2015 (medel 14,6 $\mu\text{g}/100$ mg damm, $P = 0,1$). Däremot ser järnhalterna inte ut att ha liknande månadsvariation om man jämför de olika tidsperioderna och dessutom har järnhalterna ökat under tidsperioden 2014-2015 (medel 52 $\mu\text{g}/\text{mg}$ damm) jämfört med perioden 2009-2010 (medel 22,6 $\mu\text{g}/\text{mg}$ damm, $P < 0,01$). Även om man bortser från mars månad 2015 så har halterna av järn ökat mellan tidsperioderna (medel 22,7 $\mu\text{g}/\text{mg}$ damm 2009-2010 jämfört med 35,2 $\mu\text{g}/\text{mg}$ damm 2014-2015, $P < 0,01$).



5a.



5b

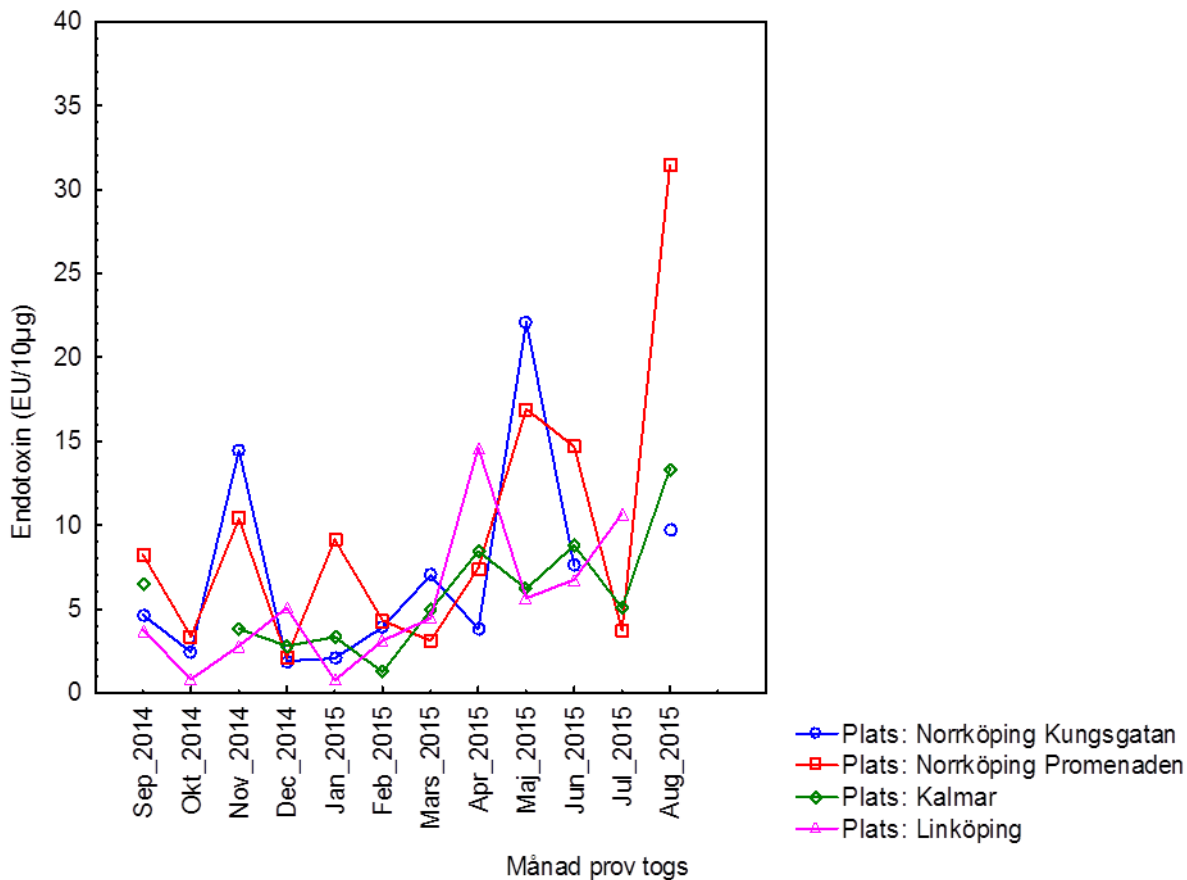


5c.

Figur 5 a,b,c. Jämförelse av bly, kadmium och järnhalter i partikellösning som tvättats bort från TEOM-filtren insamlade på Östra Promenaden i Norrköping under tidsperioden september 2009 till och med augusti 2010 och september 2014 till och med augusti 2015.

Endotoxiner

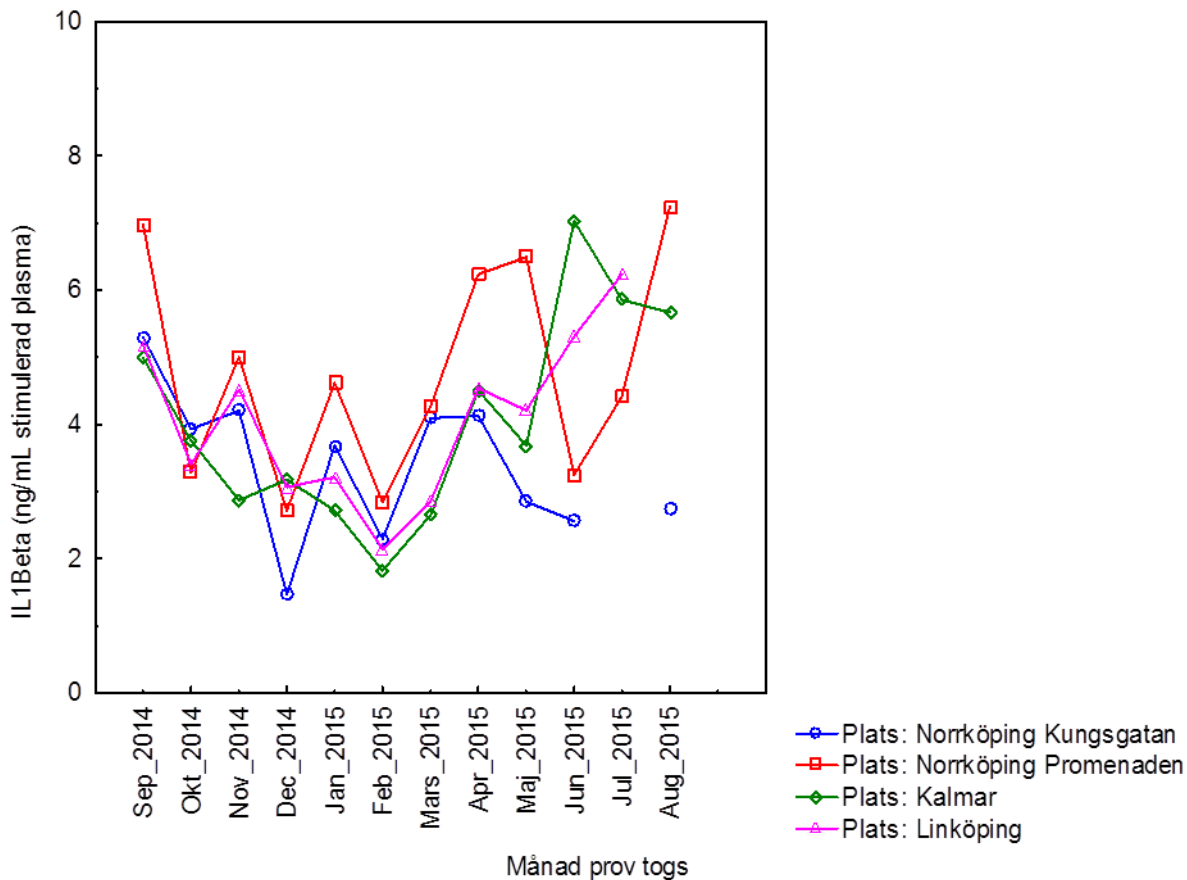
Endotoxiner är bakteriekomponenter som finns i vår närmiljö och när vi exponeras reagerar immunförsvaret kraftigt för att förbereda sig för en möjlig infektion. Endotoxiner kan som ett stort antal andra substanser fastna på partiklars yta och följa med dem in i våra lungor. Det är av intresse att veta om det finns endotoxiner på TEOM-filtren och om halterna varierar med året, vilket kan spegla risk för besvär hos de exponerade. I figur 6 beskrivs endotoxinhalter i den lösning som tvättats bort från filtren från de olika orterna Norrköping, Linköping och Kalmar under tidsperioden september 2014 till och med augusti 2015. Norrköpings båda mätpunkter har de högsta halterna av endotoxiner med särskilt förhöjda halter i november 2014, maj 2015 samt på Östra promenaden augusti 2015. Generellt är halterna högre under sommar/tidig höst och förhållandevis låga i mars 2015 när partikelhalterna är som högst. Dessa resultat bekräftar resultaten i den tidigare TEOM-rapporten [TEOM 2012].



Figur 6. Endotoxin-innehåll i partikellösning som tvättats bort från TEOM-filter placerade i Norrköping, Linköping och Kalmar. Halter av endotoxiner uttrycks som Endotoxin Units per 10 µg dammpartiklar.

Cellaktiverande förmåga

Som en markör för cellaktivering analyserades i denna studie cytokinen interleukin-1 β (IL-1 β). För att efterlikna en feberreaktion, men i ett provrör, uppmättes halten av IL-1 β i blodprover som exponerats för partikellösning från de olika orterna och tidpunkterna. IL-1 β halter i partikelexponerat blod redovisas i figur 7. En förhöjning i cellaktiverande effekt kunde ses under sommar och tidig höst på alla orter vilket i stort sett sammanföll med de tidpunkter endotoxinhalterna var förhöjda i de insamlade filtren.



Figur 7. Cellaktiverande förmåga hos partikellösning som tvättats bort från TEOM-filter. Blod exponerades för partiklar i lösning från de olika orterna och tidpunkterna och därefter analyserades halterna av cytokinen IL-1 β .

Diskussion

Denna studie, i enlighet med den föregående TEOM-studien [TEOM 2012], visar att det går att samordna en insamling av TEOM-filter samt att det går att få kompletterande information från TEOM-filtren såsom metallhalter och olika potentiella toxiska egenskaper, vid sidan av de partikelmassa-beräkningar som utförs i TEOM-stationerna. Framtagande av protokoll för hur provhantering, extraktion och analys kan ske har gått bra och metoder för att bestämma partiklarnas komposition, endotoxinhalt och cellaktiverande effekt har validerats. Analyserna visade att det fanns variation mellan orterna samt att det fanns en betydande årstidsvariation för flera av de analyserade variabelerna.

Partikelhalter i luft

Partikelhalter (PM₁₀) i luft (figur 1) beräknades under tidsperioden september 2014 till och med augusti 2015, gravimetriskt i TEOM-stationer placerade i Norrköping (2 st), Linköping och Kalmar. De högsta månadsmedelvärdena för PM₁₀ i de tre orterna sammanföll i mars månad 2015 vilket är i enlighet med vad man sett tidigare. Dock kan tidpunkten för när de högsta halterna inträffar under våren variera lite från år till

är beroende på väderleken. Det är till stor del slitagepartiklar som bildas vid friktion mellan däck och vägbanor som representeras i PM_{10} fraktionen. Partiklarna bildas främst under tidsperioden när dubbdäck används och ligger under vintern bundna i fukt, snö och is. När våren kommer och vägarna torkar, virvlar de upp och kan ge besvär vid inandning. Detta innebär att man vid hög trafikbelastning kan förvänta sig högre partikelhalter under våren. Norrköping hade de högsta månadsmedelvärdena i mars, både på Kungsgatan och Östra Promenaden, åtföljda av Hamngatan i Linköping och därefter Esplanaden i Kalmar vilket är realistiskt med avseende på trafikbelastningen. PM_{10} halter i luften är dock ett grovt mått på möjliga hälsoeffekter då det sannolikt har stor betydelse vad partiklarna består av och vad de bär på sin yta. Anledningen till att månadsmedelvärden redovisas här är att de lättast kan relateras till de månadsvisa filterbytena och därmed partikelmassorna. Månadsmedelvärden kan inte relateras till miljökvalitetsnormen men det kan nämnas att överskridanden eller tangering av MKN inte har skett i Linköping sedan 2010 eller i Norrköping inte sedan 2011, vilket visar att åtgärdsprogrammen som inrättats till följd av dessa händelser har haft en positiv effekt.

Metallhalter

Bly och kadmium är metaller som ingår i luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477). Förordningen säger att för att skydda människors hälsa ska det eftersträvas att kadmium inte förekommer i utomhusluft med mer än i genomsnitt 5 nanogram per kubikmeter luft, beräknat vid provtagning och mätning av PM_{10} under ett kalenderår (årsmedelvärde). Dessutom bör bly inte förekomma i utomhusluft med mer än i genomsnitt 0,5 mikrogram per kubikmeter luft, beräknat vid provtagning och mätning av PM_{10} under ett kalenderår (årsmedelvärde). Dessa enheter är inte direkt jämförbara med denna studies enheter men det framgår i jämförelsen i figur 5 att både bly och kadmiumhalten per massa partikeldamm på Östra promenaden i Norrköping har minskat om man jämför perioden 2009-2010 med 2014-2015. Järnhalterna på Östra promenaden hade i motsats ökat något från 2009-2010 till 2014-2015 och en rejäl ökning kunde ses i mars 2015. Denna ökning är med största sannolikhet kopplad till någon form av vägarbete. Som jämförelse kan nämnas att vid mätning av metallkoncentrationer i mossor i Östergötland år 1985-2015 har bly och kadmium minskat och järnhalterna har i stort sett varit oförändrade [IVL 2016]. Intressant är dock att Kalmar har högre halter av både bly och kadmium per mängd damm än Kungsgatan i Norrköping och Linköping. Det behövs fördjupade analyser för att kunna förklara detta med det kan sannolikt vara kopplat till närhet till källor för dessa metaller som till exempel metallurgisk industri, sjöfart eller annan typ av förbränning av fossila bränslen.

Endotoxiner

Endotoxiner är ytkomponenter från bakterier som både finns fritt och bundna till större partiklar. Endotoxinhalten var som högst under sommar och höst vilket sammanfaller med när det är varmt och fuktigt. Dessa samband har beskrivits tidigare [Carty et al 2003]. Endotoxiner utgör en känd hälsorisk för bland annat personal som hanterar organiskt avfall, skärvätskor eller jordbruksarbetare. Akuta hälsoeffekter efter inandning är torrhosta och andfåddhet åtföljt av försämrad lungfunktion, feber, influensaliknande symtom, samt ibland andnöd, huvudvärk och ledvärk. Epidemiologiska studier tyder på att långvarig exponering för endotoxiner kan ge bronkit och försämrad lungfunktion [Liebers et al 2008, IVL 2015]. Baserat på dessa resultat kan det vara intressant att även studera endotoxinförekomst i samband med partikelhaltanalys i framtiden.

Cellaktiverande effekt

Den cellaktiverande effekten sammanfaller med förekomsten av endotoxiner vilket är logiskt. Vid exponering för endotoxiner stimuleras immunförsvaret vilket kan ge en ökning av cytokinet IL-1 β och därmed cellaktivering. Dessa resultat indikerar att det är viktigt att veta vad partiklarna kan bära med sig på sin yta. Dessutom är det inte endast endotoxiner som kan förväntas sitta på partiklarnas ytor utan även förbränningsprodukter såsom PAH, sot, bensen etc.

Reflektion gällande framtiden

PM₁₀, som generellt visar en minskande trend i Sverige, är sannolikt inte ett optimalt verktyg när möjliga hälsoutfall ska bedömas. De mindre partiklarna som kan ta sig längre ner i lungorna och som kan bära med sig en större mängd ämnen på sin yta ger sannolikt en bättre bild av hälsorisker. Ökat antal monitoreringar av PM_{2,5} bör övervägas. På grund av att både diesel och ökande antal bensindrivna bilar numera är direktinsprutade [MM 2016] och antalet små partiklar i avgaserna ökar, har EU beslutat att från och med september 2017 ska PM_{2,5} emissionsmätning göras på alla nya bilmodeller och från och med september 2018 på alla nya bilar [EU 2016]. Då utvecklingen inom bilindustrin kan innefatta ökad mängd små förbränningspartiklar [Liu et al 2013] samt tillsats av nanopartiklar (nCe) i vissa drivmedel [Erdakos et al 2014] finns en ökad risk för höga nanopartikelhalter i gaturum i framtiden. Då nanopartiklarnas bidrag till massan på ett PM_{2,5} filter är begränsad, så är det i framtiden sannolikt aktuellt med partikelräknande instrument vid sidan om de traditionella analyser som idag utförs i gaturum, för att kunna uppskatta hälsorisker.

Begränsningar

I varje TEOM-instrument sitter ett filter som för denna studie samlats in för analys månadsvis och det har därför endast funnits ett filter per månad att tillgå då partiklar skulle extraheras. Vid vissa tillfällen har instrumentet stannat och då finns ingen möjlighet att erhålla data för dessa perioder.

Ingen morfologisk karaktärisering är utförd av insamlade partiklar. Ingenting kan sägas om plats- eller årstidsberoende variation av partikelstorlek eller form. Massbaserade mätmetoder är inte heller lämpliga för uppskattning av mängden nanopartiklar, därför kan inget sägas om förekomsten av dessa.

Exakta instruktioner för hur filterbytet utfördes fanns men det kan inte uteslutas att filter kan ha blivit kontaminerade i samband hantering.

Ingen möjlighet att analysera hydrofoba ämnen (t.ex. PAH) fanns i denna studie.

Tack

Ett stort tack till FORSS, Region Östergötland, Linköpings kommun, Norrköpings kommun, Kalmar kommun och där särskilt Marie Jönsson för hjälp vid installation och skötsel av inhyrt TEOM instrument, Eon (Kalmar) samt Östergötlands Luftvårdsförbund som genom praktiska insatser samt ekonomiskt stöd bidragit till att studien kunnat genomföras.

Referenser

Boogaard et al. Contrasts in oxidative potential and other particulate matter characteristics collected near major streets and background locations. *Environ Health Perspect* 120; 185-91: 2012.

Carty et al. Seasonal variability of endotoxin in ambient fine particulate matter. *J Environ Monit* 5; 953-958: 2003.

Erdakos et al. Predicting the Effects of Nanoscale Cerium Additives in Diesel Fuel on Regional-Scale Air Quality *Environ. Sci. Technol.* 2014, 48 (21); 12775–12782

EU 2016; http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item_id=9043

Fiordelisi et al. The mechanisms of air pollution and particulate matter in cardiovascular diseases. *Heart Fail Rev.* 22(3):337-347:2017.

Gauderman et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *New Eng. J. Med.* 351; 1057-1067:2004.

Gustafsson et al. Properties and toxicological effects of particles from the interaction between tyres, road pavement and winter traction material. *Sci. Tot. Envir.* 393; 226-240: 2008.

Golokhvast et al. Size-segregated emissions and metal content of vehicle-emitted particles as a function of mileage: Implications to population exposure. *Environ Res.* 142:479-85:2015.

IVL 2015. Mikrobiologiska arbetsmiljörisker.

<http://www.arbetsmiljova.se/halsoocholycksrisker/mikrobiologiskaarbetsmiljorisker.4.5c577972135ee95b56380003394.html>

IVL 2016. Urbanmätnätet– 30 års mätningar av luftkvalitet.

<http://www.ivl.se/download/18.4a88670a1596305e782220a/1488285806997/C230.pdf>

Karlsson et al. Wear particles from studded tires and granite pavement induce pro-inflammatory alterations in human monocyte-derived macrophages: a proteomic study. *Chem Res Tox* 24; 45-53: 2011.

Liebers et al. Health effects due to endotoxin inhalation (review) *Arch Tox* 82; 203-210: 2008.

Lindbom et al. Wear particles generated from studded tires and pavement induces inflammatory reactions in mouse macrophage cells. *Chem Res Toxicol* 20; 937-946: 2007.

- Lindbom et al. Exposure to wear particles generated from studded tires and pavement induces inflammatory cytokine release from human macrophages. *Chem Res Toxicol* 19; 521-530: 2006.
- Liu H et al. Impact of vehicle development and fuel quality on exhaust nanoparticle emissions of traffic. *Env Sci &Tech*. 2013;47: 8091-8092.
- MM2016; <http://www.mestmotor.se/automotorsport/artiklar/nyheter/20161221/eu-skarper-avgasreglerna-partikelfilter-blir-standard-aven-pa-bensinmotorer/>
- O'Connor et al. Acute respiratory health effects of air pollution on children with asthma in US inner cities. *J Allergy Clin Immunol* 121; 1133-1139: 2008.
- Ristovski et al. Respiratory health effects of diesel particulate matter. *Respirology* 17; 201-12: 2012.
- Steenhof et al. In vitro toxicity of particulate matter (PM) collected at different sites in the Netherlands is associated with PM composition, size fraction and oxidative potential--the RAPTES project. *Part Fibre Toxicol* 8; 26: 2011.
- Stockfelt et al. Long-term effects of total and source-specific particulate air pollution on incident cardiovascular disease in Gothenburg, Sweden, *Environ Res*. 158:61-71:2017.
- Sugiri D et al. The influence of large-scale airborne particle decline and traffic related exposure on children's lung function. *Envir Health Persp*. 114; 282-288:2006.
- TEOM 2012; Leanderson et al. 2012. Bestämning av toxiska effekter hos respirabla partiklar insamlade med TEOM- instrument i svenska tätorter – ett möjligt verktyg vid hälsorelaterad miljöövervakning. http://www.imm.ki.se/Datavard/Rapporter/TEOMrapport_120327.pdf