

# *Kvantifiering av luftkvalitet i byggnader*

Slutrapport från SBUF-projekt, dianr 12042

Anders Gudmundsson

Andreas Dahl

Christina Isaxon

Aneta Wierzbicka

Mats Bohgard

---

Avdelningen för ergonomi och aerosolteknologi (EAT), Lunds tekniska högskola

ISSN 1650-9773

Publikation 39, ISRN, LUNDD/TMAT-3039-SE

EAT 2011

## Sammanfattning

Projektet inleddes med att en enkel partikelräknare konstruerades som skulle kunna mäta normala partikelhalter i bostäder. Utvärdering visade dock att känsligheten inte vara tillräcklig för att kunna användas i de partikelhalter som vanligtvis finns i inomhusmiljöer. Istället initierades samarbete med ett företag och en forskargrupp som vid tillfället hade utvecklat prototyper av partikelräknare som ännu ej finns på marknaden. Dessa två instrument utvärderades dels under kontrollerade former i laboratoriemiljö, dels i pågående projekt där partikelmätningar och medicinska undersökningar utfördes på boende i bostäder. Studierna visade att dessa partikelmätare har tillräcklig känslighet och noggrannhet för mätningar i bostäder samt att de inte stör de boende och är små och enkla att handha. Priset är dock högt (ca 100 000 SEK) jämfört med vad projektreferensgruppen ansåg vara realistiskt för att de ska kunna användas i en större omfattning. Karaktärisering av typiska partikelkällor i bostäder och varuhus genomfördes också. Resultaten har (7 st) och kommer att presenterats på ett flertal konferenser (3 st), en vetenskaplig artikel har publicerats och en är inskickad för publikation. Den senare ingår i en doktorsavhandling.

## BAKGRUND

Under de senaste 20 åren har luftburna partiklars betydelse för hälsan allt mer uppmärksamats. En bidragande orsak till detta är att flera epidemiologiska studier har visat samband mellan utomhusluftens partiklar och befolkningens sjuklighet/dödlighet (t. ex i hjärt- och kärlsjukdomar). Denna kunskap har lett till att det idag finns normer för hur höga halter av luftburna partiklar som kan accepteras i utomhusluften. Sedan årsskiftet 2004/2005 gäller i EU att årsmedelvärdet av masskoncentrationen av partiklar inte får överskrida  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Några normer eller riktlinjer finns inte för inomhusluftens partiklar. De studier som gjorts tidigare bygger i stort sett på resultat baserade på utomhusmätningar trots största delen av jordens befolkning befinner sig inomhus, mer än 85% av tiden. Detta kan synas märkligt då vi dessutom vet dels att partikelhalten inomhus ofta är högre än i utomhusluften, dels att inomhusluftens partiklar har en annan kemisk sammansättning och partikelstorleksfördelning än utomhuspartiklarna. Trots denna vetskap har det gjorts få studier på att karaktärisera inomhusluftens partiklar och hur de påverkar hälsan. Det är ur folkhälsoperspektiv mycket angeläget att få ökad kunskap om inomhusluftens partiklar

Utvärdering av innemiljöns luftkvalitet studeras oftast/uteslutande med hjälp av olika typer av enkäter (t ex Örebro-, Stockholms- och MIBB-enkäten) där brukarna får uttala sig om luftkvalitén. Detta blir alltså en helt subjektiv utvärdering. Den subjektiva upplevelsen av innemiljön är viktig, men för att vi ska kunna utforma byggnader och teknik behövs också objektiva metoder. En orsak till bristen på objektiva mätresultat är att det idag inte finns enkla instrument för bedöma de besvärrelevanta partiklarna, men också på grund av det varken finns några normer eller gränsvärden att jämföra med eller beprövade sätt att utvärdera mätresultaten. Utan bra och praktiskt användbar mätteknik finns det inget underlag för att sätta gränsvärden eller möjligheter att bedöma om objektiva kriterier är uppfyllda.

Det har framkommit önskemål om miljöklassificering för att stödja insatserna för hållbar utveckling inom bygg- och fastighetssektorn. Detta skulle medföra dels ett incitament för byggherrar och entreprenörer att satsa på förbättrad inomhusmiljö, dels ge köparna/brukarna

möjlighet att ställa krav på inomhusmiljön. Detta understryker också behovet av objektiva mätmetoder som t ex kan mäta halten av luftburna partiklar i inomhusmiljön.

Det ska påpekas att miljöklassificering kan medföra risker för suboptimeringar eftersom kravet på reducerad energianvändning ofta medför minskade luftflöden, vilket med stor sannolikhet förhöjer partikelhalterna i inomhusmiljön. I detta perspektiv är det alltså viktigt att dels ha mätmetoder som kan avslöja oönskade ökande halter av inomhuspartiklar, dels ha kunskap om byggnadens partikelkällor så de kan reduceras ifall vi vill ha bibehållen luftkvalité med/trots reducerade luftflöden.

Föreliggande projekt handlar om inomhusluftens kvalitet med avseende på luftburna partiklar. Vårt övergripande syfte var att utveckla praktiska och enkla bedömningsmetoder för luftburna partiklar. Specifikt mål med projektet var att ta fram ett enkelt och billigt partikelinstrument för mätningar i inomhusmiljöer.

## **GENOMFÖRANDE**

Projektet startade maj 2008. Under hösten 2008 utvecklades ett partikelinstrument baserat på den sensor som finns i vanliga brandvarnare för bostäder. Noggranna mätningar visade dock att partikelinstrumentet inte kan fås tillräckligt känsligt för att detektera partiklar i de koncentrationer som normalt finns i inomhusmiljöer. Vid ett referensgruppsmöte i Lund den 2 dec 2008 redovisades detta och i samråd med referensgruppen beslöts att ändra inriktningen på projektet. Nedan följer en beskrivning av den fortsatta processen.

Under hösten 2008 fick vi kontakt med en utvecklingsgrupp vid Philips i Eindhoven, som höll på att utveckla en partikelmätare (NanoTracer, NT) med potentiellt tillräcklig känslighet. Våren 2009 besökte vi Philips och avtalade om möjligheten att få använda deras beta-version (dvs ännu ej tillgänglig för marknaden) av NanoTracer. Det planerades för ett besök hos Philips för hela referensgruppen under senvåren 2009, men det blev inställt då Philips fick problem med sin partikelmätare. Senare på året, hösten 2009, köptes en NanoTracer för att utvärderas.

Under hösten 2009 fick vi kontakt med en forskargrupp i Schweiz (University of Applied Sciences Northwestern Switzerland FHNW Windisch, Institute of aerosol and sensor technology), som också höll på att utveckla ett liknande instrument som Philips. Detta instrument har namnet MiniDisc (MD). Under hösten 2009 och 2010 hyrde vi några exemplar av MiniDisc och använde dem tillsammans med NanoTracer och andra partikelinstrument. Vi genomförde dels jämförande mätningar för utvärdering av NT och MD, dels fältmätningar i bostäder. Bostadsmätningarna genomfördes tillsammans med ett annat pågående projekt vid vår avdelning. I detta projekt utfördes tillsammans med en forskargrupp från Uppsala universitet medicinska undersökningar av de boende och samtidiga mätningar av partikelhalter och andra miljöparametrar som t ex koldioxid samt inventering av bostäderna. Projektet har som mål att kunna finna eventuella samband mellan olika miljöparametrar, som t ex partikelkoncentration, och hälsoeffekter.

## METOD

### Jämförande mätningar

I aerosollaboratoriet jämfördes NT och MD under kontrollerade försök med mer avancerade laboratoriebaserade partikelinstrument.

### Bostadsmätningar

Under hösten 2009 och våren 2010 har vi gjort mätningar i 42 bostäder med:

- 1 st NanoTracer, mäter antalskoncentration för partiklar mellan 10 och 300 nm.
- 4 st MiniDisc, mäter antalskoncentration för partiklar mellan 10 och 300 nm.

Partikeldetekteringen i NanoTracer och MiniDisc bygger på principen att luftens partiklar är elektriskt laddade. Luften sugas in i instrumenten och med hjälp av en känslig strömmätare i instrumenten kan partikelkoncentrationen uppskattas.

I bostäderna förde de boende loggböcker av olika aktiviteter som kan tänkas påverka partikelhalten, inventering av bostaden samt medicinska mätningar av de boende. Mätningarna avslutades under maj 2010. Utvärderingsarbetet håller på, men en del resultat finns. Innan bostadsmätningarna genomfördes gjordes en omfattande enkätstudie där vi kartlade olika typer av aktiviteter och produkter som kan vara partikelkällor i bostäder.

## RESULTAT

### Jämförande mätningar

Kalibreringsförsöken med NanoTracer och MiniDisc och det mer avancerade partikelinstrumentet SMPS visar att:

- NT och MD är känsliga för partiklar i storleksintervallet 20 till 300 nm
- NT och MD kan mäta partikelhalter från 1 000 partiklar/cm<sup>3</sup> till över 1 000 000 partiklar/cm<sup>3</sup>.
- NT förmåga att uppskatta partikelstorleksmedianen är mycket god (inom 5%) medan MD är något sämre (inom 20%), men acceptabel.
- NT och MD överskattade partikelkoncentrationen med ca 40%.

Detta har redovisats på en europeisk aerosolkonferens sept 2009, (Publikation 1) samt på en nordisk aerosolkonferens i november 2009 (Publikation 2) .

## Bostadsmätningar

Den metodik vi utvecklat visade sig vara användbar för att kunna:

- mäta i stort antal bostäder
- mäta partikelhalter som normalt finns i bostäder
- identifiera partikelkällor från olika aktiviteter i bostäderna

Resultaten i dessa studier har presenterats på ett flertal olika konferenser (Publikation 3, 5, 8, 10 och 12) och den har vidareutvecklats till en vetenskaplig publikation (Publikation 4) och har skickats till vetenskaplig tidskrift för publikation. Den ingår också i Andreas Dahls doktorsavhandling, feb 2011.

Preliminära resultat från enkätstudien visade t ex att användandet av olika typer av skrivare och sprayande vårdprodukter är vanligt förekommande (Publikation 9). De bostäder som ingick i våra bostadsmätningar valdes utifrån enkätstudien.

## Övriga resultat

Aneta Wierzbicka presenterat resultat från inomhusmätningar i varuhus på Healthy Building Conference, sept 2009 och i en kommande Indoor Air konferens 2011 (Publikation 9 respektive 11) . Joakim Pagels publicerat en artikel om stearinljus som en partikelkälla i bostäder (Publikation 6).

## **RESULTATENS PRAKTISKA TILLÄMPNINGAR**

Studierna har visat:

- På marknaden finns partikelräknare (NT och MD) som är användbara för mätningar i bostäder.

### Följande krav uppfylles:

- Robust, enkel och inget underhåll (förutom service en gång per år, byte av filter, rengöring).
- Stör inte boende.
- Kan användas i veckor/månader utan underhåll.
- Detektionsgräns ovanför normala inomhuskoncentrationer (ca 1 000 part/cm<sup>3</sup>)
- Detekterar fina partiklar, 20- 300 nm
- Hög tidsupplösning, ca sekunder

### Uppfylls inte:

- Billig, i dagsläget kostar instrumenten ca 70 -100 000 kronor. Massproduktion kan kanske sänka priset till ca 10 000 kronor. I princip är det inga dyra komponenter. Mest krävande delen är att kunna mäta mycket låga strömmar.
- Detekterar inte partiklar större än 300 nm.

## **Sammanställning av publikationer utifrån ämnesområden.**

- Utvärdering av två partikelinstrument som kan användas i bostadsmätningar, NanoTracer och MiniDisc. (Publikation Nr 1, 2 och 3)
- Utvecklat metodik för att utvärdera stora datamängder som genereras då kontinuerliga mätningar av partikelkoncentrationer görs. Visat hur tillfälliga förhöjda partikelkoncentrationer kan detekteras och kopplas till aktiviteter i miljön/bostaden. (Publikation Nr 4).
- Använt NanoTracer och MiniDisc partikelräknare i ett projekt där vi undersökt partikelkoncentration i 42 bostäder och genomfört medicinska undersökningar av boende. Fortsatt utvärdering pågår. (Publikation Nr 5, 10 och 12).
- Studerat två speciella inomhuskällor; stearinljus och hur partiklar bildas av terpeneer (Publikation Nr 6, 7 och 11)
- Presentation av våra bostadsmätningar på en inhemsk konferens i Polen (Publikation Nr 8).
- Enkätundersökning av partikelkällor i svenska hem (Publikation Nr 9)

### **Sammanställningar av publikationer där SBUF funnits med som finansiär:**

1. Dahl A., Gudmundsson A. and Bohgard M. (2009) Preview on Nanoparticle Monitors. Konferensbidrag till European Aerosol Conference, sept 2009, Karlsruhe, Tyskland.
2. Dahl A., Isaxon C., Nordin E., Gudmundsson A., Wieslander G. and Bohgard M. (2009). Miniaturized Nanoparticle Monitors. Konferensbidrag till Nordisk aerosolkonferens, nov 2009, Lund, Sverige.
3. Dahl A., Isaxon C., Nordin E., Gudmundsson A., Wieslander G. and Bohgard M. (2010) Use of a Miniaturized Aerosol instruments on indoor airborne particles. Nanoparticle Monitors. Konferensbidrag till International Aerosol Conference (IAC), Helsinki, 2010
4. Dahl A., Gudmundsson A. and Bohgard M. Method for examination of particle sources and exposures in indoor air based on real-time measurements techniques. Submitted for publication. 2011.
5. Isaxon C, Wieslander G, Nordin E., Dahl A., Gudmundsson A. and Bohgard M. Methodology for assessing associations between exposure to indoor generated airborne particles and health effects in residential habitants. Konferensbidrag till International Aerosol Conference (IAC), Helsinki, 2010
6. Joakim Pagels: Chemical composition and mass emission factors of candle smoke particles. Publicerad i Journal of Aerosol Science, 2009, 40:193-208
7. Wierzbicka A., Gudmundsson A., Pagels J., Dahl A., Löndahl J., and Bohgard M., 2009. Fine and Ultrafine Particles in a Supermarket in Sweden. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference and Exhibition Healthy Buildings 2009, Syracuse, USA''
8. Wierzbicka A, Gudmundsson A, Bohgard M, Isaxon C, Albin M, Nielsen J, Andersson UBK, Assarsson E, Berglund M, Broberg K, Dahl A, Dierschke K, Hagerman I, Brunskog J, Poulsen T, Kåredal M, Jönsson B-A.G., Jönsson L-S, Löndahl J, Pagels J, Swietlicki E, Tinnerberg E and Nilsson P. "Pyły zawieszzone w powietrzu wewnętrznym a zdrowie ludzi – metodologia badań ekspozycyjnych" Translation: "Airborne particles in indoor environments and human health – methodology of exposure studies".2009, Presentation on 10th Polish National Conference on Indoor Air Quality Problems in Poland'', Warsaw, Poland, 3rd and 4th of December 2009
9. Wieslander G., Norbäck D., Bohgard M., Gudmundsson A., Pagels J., Wierzbicka A., Zhao Z., 2008. Sources of Indoor Air Pollution in a Survey of 3000 Swedish Dwellings. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate IA 2008, Copenhagen, Denmark.

### **Kommande publikationer**

10. Christina Isaxon, Andreas Dahl, Erik Nordin, Gunilla Wieslander, Anders Gudmundsson, Aneta Wierzbicka and Mats Bohgard (2011). Particles in Indoor Air – measurements in residential dwellings. Accepeterat bidrag till internationell konferens – Indoor Air 2011, Texas, USA.

11. Aneta Wierzbicka, Patrik Nillson, Erik Nordin, Joakim Pagels, Andreas Dahl, Jakob Löndahl, Anders Gudmundsson and Mats Bohgard. (2011). Can Storage of Cleaning Products be a Source of Ultrafine Particles in a Supermarket? Accepeterat bidrag till internationell konferens – Indoor Air 2011, Texas, USA.
12. Christina Isaxon, Andreas Dahl, Erik Nordin, Gunilla Wieslander, Dan Norbäck, Anders Gudmundsson, Aneta Wierzbicka and Mats Bohgard (2011). Particles in Indoor Air – measurements in residential dwellings. Accepeterat bidrag till Europeisk aerosolkonferens – EAC 2011, Manchester, Storbritanien.

### **Avhandlingar**

Andreas Dahl (2011). Aerosol measurements as applied for exposure characterization.  
Doktorsavhandling. Avd f ergonomi och aerosolteknologi, Lunds tekniska högskola.