

Smog i stuen kommer IKKE fra hovedvej på 2. sal

Kilder til indendørs luftforurening i lejlighed ved Bispeengbuen i København.

Af Thomas Ellermann, Institut for Miljøvidenskab - Atmosfæriske målinger, Aarhus Universitet

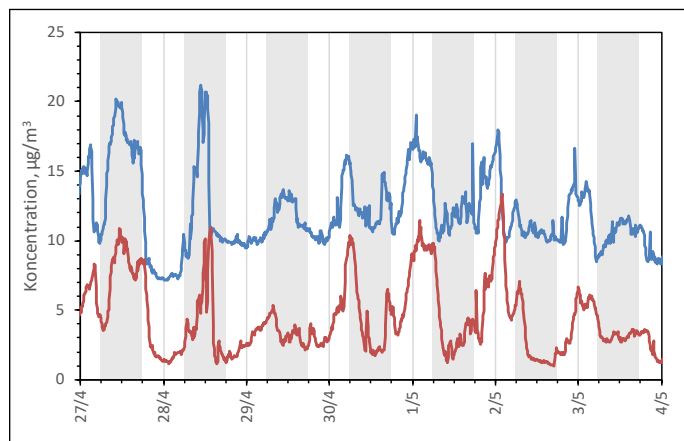
I november 2023 præsenterede Dansk Kemi en artikel med resultater fra målinger af PM_{2,5} (fine partikler) og NO₂ i et ubenyttet rum i en lejlighed på Bispeengen [1]. Lejligheden ligger omkring 15 meter fra vejbanerne på Bispeengbuen (50.000-70.000 køretøjer dagligt) [2]. En af hovedkonklusionerne i artiklen var, at en stor andel af PM_{2,5} og NO₂ (omtalt som smog) kommer fra trafikken på Bispeengbuen [1], og i en medfølgende pressemeddelelse fra Københavns Universitet blev det angivet, at ”48 procent af luftforureningen kommer fra vejen” [3]. Denne konklusion er imidlertid forkert, da vejen ikke er den væsentligste kilde til luftforureningen målt i undersøgelsen.

Det har stor betydning, om man indånder ”dieselsmog” fra den nærliggende vej, langtransporteret luftforurening eller luftforurening fra egne indendørs kilder. Derfor finder jeg, at det er på sin plads at få berigtiget informationerne om kilderne til den indendørsluftforurening, og derfor er målet med denne artikel at præsentere et mere korrekt billede af, hvor den målte luftforurening stammer fra. Jeg har valgt at fokusere på de fine partikler, da det er disse, som giver langt hovedparten af de helbredsskadelige effekter [4], og som også har hovedfokus i artiklen fra november 2023. Jeg vil dog også omtale nogle af resultaterne fra målingerne af NO₂.

Forskningsgruppens undersøgelser og konklusion

Forskningsgruppen målte luftkoncentrationerne for PM_{2,5} og NO₂. Begge luftforureningskomponenter er helbredsskadelige, men det er de fine partikler, som i dag er ansvarlige for mere end 90 procent af de helbredsskadelige effekter i Danmark [4]. Målingerne blev foretaget med low-cost sensorer fra den 7. april til 4. maj 2022, hvor der blev opsat fem sensorer i et mindre område (størrelsesorden på 400 meter x 200 meter) omkring Bispeengbuen [1]. I de sidste to uger blev der suppleret med målinger i et ubenyttet rum i en lejlighed på 2. sal på Bispeengen og målinger lige udenfor vinduerne til denne lejlighed [5].

På basis af resultaterne fra denne lejlighed blev det konkluderet, at der var god tidsmæssig korrelation mellem de målte koncentrationer i det ubenyttede rum og lige uden for lejligheden. For PM_{2,5} var korrelationskoefficienten (r²) på 48 procent og for NO₂ på 27 procent [5]. Samtidigt hermed konkluderede forskningsgruppen, at tidsvariationerne for PM_{2,5} og NO₂ passede med variationerne i udledningerne fra vejtrafikken. Forskningsgruppen skriver i artiklen i Dansk Kemi: ”I dette studie blev der fundet en betydelig variation i de lokale luftforureningsniveauer i løbet af dagen grundet den trafik, der er i området, hvilket kan ses i figur 3. Der ses en stigning i NO₂ og PM_{2,5} i hverdagsmorgener, hvilket passer med morgenmyldreti-



Figur 1. Timemiddelværdier for PM_{2,5} i perioden fra den 27. april til 4. maj 2022 i det ubenyttede rum (rød) og lige uden for lejligheden (blå) på Bispeengbuen. De grå felter markerer dagsperioden med stor trafik. Data er venligst stillet til rådighed af Hildebrand m.fl. [5].

den” [1]. Figur 1 viser de samme data [5], som forskningsgruppen præsenterede for PM_{2,5} i deres artikel fra november 2023 (figur 3 nævnt i citatet).

Det er disse observationer og de tidsmæssige korrelationer, som får forskningsgruppen til at konkludere, at ”48 procent af luftforureningen kommer fra vejen” [3], og som inspirerer forskningsgruppen til overskriften på artiklen i Dansk Kemi: ”Smog i stuen kommer fra hovedvej på 2. sal” [1]. Problemet er bare, at deres data ikke underbygger disse udsagn, og det er der en række årsager til.

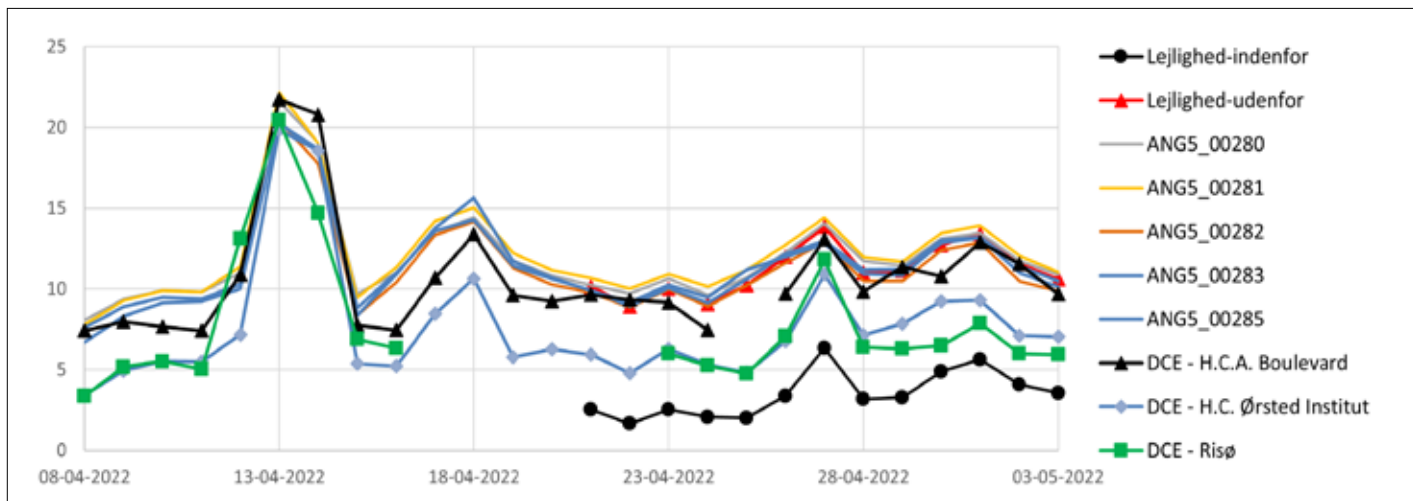
Hvorfor 48 procent og ikke 27 procent?

Ordene ”smog” og ”luftforureningen” er betegnelser, som dækker luftforureningen mere bredt og ikke blot en enkelt specifik luftforureningskomponent. ”Smog” anvendes typisk i forbindelse med den fotokemiske luftforurening, som ofte er relateret til luftforureningen i byer, og er en samlet betegnelse for NO₂, NO, PM_{2,5}, O₃, SO₂ m.m. Når man bruger disse udtryk, så er det for mig at se ikke tilstrækkeligt kun at referere til den tidsmæssige korrelation mellem ude og inde for PM_{2,5}.

Man bør også nævne, at den tidsmæssige korrelation er på 27 procent for NO₂. Det kommer til at virke ”sensationspræget”, når man kun omtaler korrelationen for PM_{2,5}. Noget andet er, at en tidsmæssig korrelation mellem inde og ude principielt set ikke siger noget om en årsagssammenhæng og den tidsmæssige korrelation er på ingen måde bevis på, at det er den udenørs luftforurening, som måles inde i det ubenyttede rum.

Kilderne til PM_{2,5} i området omkring Bispeengbuen

Figur 1 gengiver forskningsgruppens [5] resultater for PM_{2,5}



Figur 2. Døgnmiddelværdier for PM_{2.5} i perioden fra 8. april til 3. maj 2022 fra målingerne med low-cost sensorer i området omkring Bispeengbuen og fra DCE's nationale målestationer på H.C. Andersens Boulevard (gademålestation), taget af H.C. Ørstedts Institutet (bybaggrundsmålestation) og ved Risø, Roskilde (landbaggrundsmålestation) [4]. For yderligere detaljer om målinger og placering af low-cost sensorerne ved Bispeengbuen henvises til [1]. Data fra Bispeengbuen er venligst stillet til rådighed af Hildebrand m.fl. [5].

fra det ubenyttede rum og lige uden for lejligheden. De grå felter angiver tiden fra kl. 6.00 til omkring kl. 16.30, hvilket er tidsrummet med mest trafik i hverdage. For visse af dagene (27.-29. april) ses de højeste koncentrationer i dagtimerne, men for fire af dagene (30. april - 3. maj) ses de højeste koncentrationer om natten. Den 27. og 28. april ses de højeste koncentrationer snarere midt på dagen end i forbindelse med morgenmyldretiden, som oftest begynder omkring kl. 6.00. I weekenden den 30. april - 1. maj ses relativt høje koncentrationer på niveau med de højeste koncentrationer på mange af hverdage. Udledninger fra lokale kilder i området, herunder vejtrafik, kan ikke forklare disse høje koncentrationer om natten mellem lørdag og søndag.

Data underbygger derfor ikke konklusionen om, at det er vejtrafikken på Bispeengbuen, som skulle være årsag til variationerne. Data peger i stedet på, at det er de naturlige variationer i de meteorologiske forhold, som er den væsentligste årsag til de målte variationer. Dette hænger sammen med, at PM_{2.5} kan opholde sig længe i luften, og at de derfor kan transporteres mere end 1.000 kilometer med luften. Tænk blot på blodregnen, som ses indimellem i Danmark, som skyldes sand fra Sahara, der med luften er blevet transporteret flere tusinde kilometer fra Sahara til Danmark.

Grundet den lange transportvej i luften, så bliver udledningerne fra kilderne blandet op og derfor ses en relativt lav geografisk variation for PM_{2.5} i Danmark. Dette ses for eksempel af resultaterne fra overvågning af luftkvalitet i Danmark [4], som viser, at der kun er 10 procent forskel i årsmiddelværdierne på målestationen ved Risø i Roskilde, som ligger i et landbrugsområde, og målestationen på H.C. Ørstedts Institut i København, hvor den såkaldte bybaggrundsluftforurening måles [4]. Data viser også, at omkring 2/3 af PM_{2.5} på gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard stammer fra kilder uden for København og kun omkring 1/3 stammer fra den lokale vejtrafik [4].

Bispeengbuen og langtransport af fine partikler

Resultaterne fra sensormålingerne passer med viden om, at det er langtransport af PM_{2.5}, som er den største kilde til fine partikler i området omkring Bispeengbuen, og at det er de naturlige variationer i de meteorologiske variationer, som giver anledning til de tidsmæssige variationer i PM_{2.5}. Figur 2 viser sammenligning mellem døgnmiddelmiddelværdier for de fine

partikler beregnet ud fra målingerne med low-cost sensorer og resultater fra DCE's målestationer ved Risø, H.C. Ørsted Institutet og H.C. Andersens Boulevard [4]. Det er svært at se forskel på døgnmiddelmiddelværdierne for low-cost sensorerne, når man ser bort fra sensoren inde i lejligheden. Middelværdierne for de seks sensorer ligger fra den 21. april til 3. maj alle inden for intervallet 10,7-11,9 µg/m³. At det er svært at se



Figur 3. Udsnit fra Luften på din vej [6], som viser modelberegneede årsmiddelmålinger for PM_{2,5} for 2019 for området omkring Bispeengbuen. 2019 er det seneste beregningsår. Pilen angiver den omtrentlige placering af lejligheden.

forskel, er rent faktisk en af pointerne ved figuren, da det viser sig, at den geografiske variation i området er meget lille, og at alle sensorerne følger den samme tidsmæssige variation. Dette ville ikke have været tilfældet, hvis vejtrafik på Bispeengbuen havde været den væsentligste kilde.

Målingerne ved H.C. Andersens Boulevard viser den samme tidsmæssige variation som sensorerne, men ligger i gennemsnit 7 procent under gennemsnit for sensorerne. De tidsmæssige variationer målt ved Risø og H.C. Ørstedes Institutet korrelerer også med sensorerne og H.C. Andersens Boulevard. De høje koncentrationer målt den 13. april, 14. april, 18. april og 27. april ved Risø og H.C. Ørstedes Institutet ses også ved H.C. Andersens Boulevard og sensorerne. Dette viser, at det er langtransport af PM_{2,5}, som styrer de tidsmæssige variationer.

Forskellen mellem koncentrationerne målt ved en gademålestation og en bybaggrundmålestation betegnes gadebidraget. Ved at sammenligne gennemsnittene for de udendørs sensorer ved Bispeengbuen med resultaterne fra H.C. Ørstedes Institutet ses, at gadebidraget udgør omkring 1/3 af PM_{2,5} i området ved Bispeengbuen. Dette er i god overensstemmelse med resultaterne fra H.C. Andersens Boulevard [4]. Vejen bidrager, men det er helt klart ikke den vigtigste kilde.

Lufforurening i en benyttet lejlighed

Niveauet målt i det ubenyttede rum ligger på 1/3 af niveauet målt i lokalområdet uden for lejligheden (figur 3). Men niveauet i det ubenyttede rum ligger også på halvdelen af niveauet målt ved Risø, som ligger i et landligt område ved Roskilde Fjord. Overskriften på artiklen i Dansk Kemi i november kunne derfor lige så godt have været, at niveauerne i lejligheden ved Bispeengbuen kun ligger på halvdelen af niveauet på landet ved Roskilde Fjord. Men den måde at se det på er også misvisende.

Målingerne i det ubenyttede rum siger i virkeligheden ikke ret meget om den forurening, som beboerne i lejligheden eksponeres for. Niveauerne i det ubenyttede rum mangler bidrag fra de normale indendørskilder så som madlavning, stearinlys, boligopvarmning m.m. Disse kilder kan sagtens være de vigtigste for den indendørs luftforurening. Der mangler derfor målinger i de benyttede rum, så målingerne i det ubenyttede rum kunne være sat i forhold til den mere typiske luftforurening indendørs.

Mangler i det danske luftovervågningsprogram

Målingerne ved Bispeengbuen blev anvendt af Københavns Universitet som en basis for kritik af det danske overvågningsprogram for luftkvalitet under NOVANA [3]. I pressemeddelelsen fra Københavns Universitet blev det fremført, at der i forbindelse med den nationale overvågning kun foretages målinger ved tre lokaliteter i København. I pressemeddelelsen hed det blandt andet: ”Så man mangler et mere nøjagtigt billede af resten af København og af nærlokale effekter generelt. Det er det, som de sensorer, vi her har brugt, kan give hurtigt, billigt og nemt” [3]. De vælger imidlertid at lade være med at omtale, at det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet består af målinger i kombination med omfattende modelberegninger af luftkvaliteten. Hvert år foretages modelberegninger af koncentrationerne af PM_{2,5} for 98 udvalgte gadestrækninger i København, som omfatter strækninger med høj luftforurening, herunder Bispeengbuen.

Med nogle års mellemrum bliver der yderligere lavet modelberegning med modelsystemet kaldet ”Luften på din vej”, som dækker hver enkelt adresse i Danmark. Figur 3 viser et udklip af de seneste resultater for 2019 fra ”Luften på din vej” for PM_{2,5} i området omkring Bispeengbuen [6]. Det fremgår tydeligt, at der i området omkring Bispeengbuen er forhøjede koncentrationer af PM_{2,5}. Årsmiddelværdien for PM_{2,5} ligger på omkring 12 µg/m³ i 2019 ved lejligheden på Bispeengbuen, mens den ved målestationen på H.C. Andersens Boulevard er på 13 µg/m³. Der er derfor allerede viden om den høje luftforurening i området omkring Bispeengbuen, ligesom overvågningsprogrammet giver detaljeret viden om luftforureningen i størstedelen af Danmark.

Og så er det med de nærlokale effekter. Måleresultaterne fra low-cost sensorerne viser stort set de samme tidlige variationer og koncentrationer for PM_{2,5} uafhængigt af, hvor sensorerne var placeret i måleområdet. Koncentrationerne er endvidere stort set magen til de resultater, som ses ved H.C. Andersens Boulevard, der har en trafikintensitet på niveau med Bispeengbuen. De lokale variationer i PM_{2,5} er derfor små. I sammenhæng med den nationale overvågning af luftkvalitet er det derfor min faglige vurdering, at der ikke er grund til at etablere et finmasket målnet med sensorer til måling af PM_{2,5}.

E-mail:

Thomas Ellermann: tel@envs.au.dk

Kilder

- Hildebrand, F.B., Frederickson, L.B., Poulsen, J.-C., og Johnson, M.S. 2023: Smog i stuen med hovedvej på 2. sal. Dansk Kemi. 104, nr. 6, side 12-15.
- Rambøll. 2020: Trafikal analyse af delvis nedrivning af Bispeengbuen. Tech. Rep. Copenhagen Municipality, 2020. url: https://www.frederiksberg.dk/sites/default/files/meeting-appendices/3084/punkt_25_Bilag_1_Bilag_3_Trafikal_analyse_af_delvis_nedrivning_af_Bispeengbuen.pdf.
- Københavns Universitet, 2023: Smog fra Bispeengbuen i København ryger direkte ind i stuen. Pressemeddelelse, 22.11.2023, 06:02:00 CET, Københavns Universitet - Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet. Smog fra Bispeengbuen i København ryger direkte ind i stuen | Københavns Universitet - Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet (ritzau.dk).
- Ellermann T., Nordstrøm C., Brandt J., Christensen J., Ketzler M., Massling A., Bossi R., Frohn L.M., Geels C., Jensen S.S., Nielsen O., Winther M., Poulsen M.B., Sørensen M.B., Andersen M.S. & Sigsgaard T. 2024. Luftkvalitet 2022, NOVANA, Status for den nationale luftkvalitetsovervågning, Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 154 s. - Videnskabelig rapport nr. 580.
- Hildebrand, F.B., 2024. Personlig korrespondance med tilladelse til anvendelse af data fra målingerne præsenteret i Hildebrand et al., 2023 [1]. Tak for dette.
- Luften på din vej, 2024: <https://lpdv.spatialsuite.dk/spatialmap>.