

Redegørelse om ny tysk opgørelse af helbredseffekter af luftforureningen

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 28-03-2019

Ole Hertel¹, Thomas Ellermann¹, Mikael Skou Andersen¹ og Torben Sigsgaard²

¹Institut for Miljøvidenskab, Science and Technology, ²Institut for Folkesundhed, Health

Rekvirent:
Brian Kristensen, Miljø- og Fødevareministeriet
Antal sider: 7

Faglig kommentering:
Lise Marie Frohn Rasmussen
Kvalitetssikring, centret:
Vibeke Vestergaard Nielsen



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
<http://dce.au.dk>

Indledning

DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet er den 20. marts 2019 blevet anmodet af Brian Kristensen, Miljø- og Fødevareministeriet om udarbejdelse af et notat i forbindelse med samrådsspørgsmål AÅ og MOF - alm. del spørgsmål 676 om ny tysk undersøgelse af luftforurening og helbredseffekter bragt i European Heart Journal (Lelieveld et al., 2019). Miljø- og Fødevareministeriet har bedt DCE om at belyse følgende:

- Redegøre for den tyske metode til opgørelse af helbredseffekter og DCE's overvejelser og/eller kommentarer til den anvendte metode i studiet/undersøgelsen, herunder hvordan forskerne har beregnet antallet af for tidlige døde i DK til 6.000.
- DCE bedes generelt beskrive den usikkerhed, der er forbundet med denne type opgørelser.
- Vil og i så fald hvordan vil undersøgelsen kunne anvendes i de danske modeller for beregninger af helbredseffekter af luftforurening?
- Kender DCE til oplysninger om hvordan WHO og/eller EEA forholder sig til den nye tyske undersøgelse?
- Har DCE yderligere bemærkninger til den nye undersøgelse?
- Vil DCE drøfte den nye undersøgelse med det sundhedsfaglige miljø i Danmark?

Redegørelse for den tyske metode til opgørelse af helbredseffekter

Der er tale om en meget velfunderet opgørelse udført af et meget kompetent team af forskere. Der er tale om et veldokumenteret arbejde publiceret i et velrenommeret tidsskrift med internationalt peer review.

Man finder i opgørelsen, at der globalt set er tale om 8,79 millioner årlige for tidlige dødsfald, som kan tilskrives udsættelse for luftforurening. De tilsvarende tal for Europa er 790.000 årlige for tidlige dødsfald, og for Danmark godt 6.000 årlige for tidlige dødsfald, som kan tilskrives udsættelse for luftforurening. Disse tal fra den tyske undersøgelse kan sammenholdes med WHO's (World Health Organizations) globale opgørelse på ca. 7 millioner og EEA's (Det Europæiske Miljøagentur) opgørelse for Europa på ca. 520.000 årlige for tidlige dødsfald, heraf op til ca. 4.400 for Danmark. DCE (Dansk Center for Miljø og Energi) ved Aarhus Universitet har tidligere estimeret, at omkring 3.200 for tidlige dødsfald kan tilskrives udsættelse for luftforurening i Danmark (se bl.a. Ellermann et al., 2018). Den tyske undersøgelse giver således resultater, som ligger væsentligt over tidligere estimater.

I den tyske undersøgelse har man anvendt en veldokumenteret luftforureningsmodel udviklet på Max Planck Instituttet i Mainz, Tyskland. Denne globale model beskriver de vigtigste styrende fysiske og kemiske processer for luftforurening, og modellen omfatter endvidere en beskrivelse af udvekslingen af gasser og partikler mellem atmosfære og henholdsvis biosfære og hav. Beregnede koncentrationer af luftforurening ved bopæl anvendes som udtryk

for den personlige eksponering af befolkningen, hvilket er almindelig fremgangsmåde ved denne type undersøgelser. I beregningerne tages der hensyn til de to vigtigste forureningskomponenter i forhold til sundhed, henholdsvis koncentrationen af fine partikler i luften (partikler med en diameter under 2,5 μm) og ozon. Disse to forureningskomponenter regnes således generelt for de mest sundhedsskadelige; med den største effekt relateret til de fine partikler i luften. Næst efter fine partikler regnes ozon for den vigtigste luftforureningskomponent i forhold til helbredseffekter. Højt oppe i atmosfæren virker ozon beskyttende i forhold til at bremse ultraviolet stråling, mens ozon nede ved jordoverfladen er en skadelig gas med negative effekter for mennesker, natur og afgrøder. Beregningerne i den tyske undersøgelse tager ikke hensyn til en selvstændig effekt af kvælstofdioxid, hvilket ellers er anbefalet af WHO.

Ved brug af eksponerings-respons-funktioner beregnes antallet af for tidlige døde. Eksponerings-respons-funktioner bestemmes gennem epidemiologiske undersøgelser, hvor man relaterer data om helbredseffekter (respons), særligt dødsfald, til udsættelse for luftforurening (eksponering). Den foreliggende undersøgelse baserer sig på eksponerings-respons-sammenhænge fra en bred vifte af nyere helbredsstudier verden over. Samlet har man set på 41 studier gennemført i de senere år, og alle relateret til udendørs luftforurening. Denne gennemgang af de senere års studier har ført til anvendelsen af eksponerings-respons-funktioner, der giver kraftigere respons end de tidligere, som har været anvendt i blandt andet WHO's opgørelser.

Tidligere opgørelser, bl.a. under WHO's Global Burden of Disease, nedjusterede eksponerings-respons-funktionerne ved udsættelse for høje eksponeringer (når folk var udsat for koncentrationer af fine partikler på mere end 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ligesom man søgte at korrigere for rygning og indendørs luftforurening. I andre nyere publikationer fra WHO, særligt til brug for samfundsøkonomiske beregninger, har man derimod lagt resultaterne fra de bedste helbredsstudier til grund, uden justering (WHO, 2013). DCE har ikke tidsmæssigt haft mulighed for at gennemgå de 41 studier og vurdere om de repræsenterer et forbedret vidensgrundlag.

I det tyske studie er man gået bort fra at anvende lineære eksponerings-respons-funktioner. Der tages udgangspunkt i selvstændigt publicerede ikke-lineære eksponerings-respons-funktioner (Burnett et al., 2018), hvilket især for kategorien sygdomme i de nedre luftveje (lungebetændelse, influenza m.v.) resulterer i en stærkere sammenhæng mellem eksponering og for tidlig død, hvilket igen påvirker det samlede resultat (se figur 3 i artiklen). DCE har ikke haft mulighed for at vurdere disse forudgående beregninger og deres datagrundlag nærmere, men bemærker, at eksponering-respons-funktionen for nedre luftvejssygdomme er baseret på et begrænset sæt af fire studier.

Anvendelse af lineære funktioner er en forenkling, især ved høje eksponeringsniveauer, og anvendelse af ikke-lineære funktioner kan være mere retvisende, når datagrundlaget i øvrigt er tilstrækkelig robust. Dog kan det give vanskeligheder, når forskellige undersøgelser kommer frem til forskellige ikke-lineære funktioner for eksponerings-respons-funktionerne.

Som noget nyt i relation til for tidlig død relateret til luftforurening, er der i det tyske studie taget hensyn til en øget risiko for død blandt patienter med diabetes (sukkersyge) (WHO, 2017). Det tyske studie udvider blandt andet på denne baggrund opgørelsen, idet den medtager diabetes men også en række andre kroniske sygdomme, herunder kredsløbsslidelser (forhøjet blodtryk).

Denne udvidelse synes at udgøre den vigtigste substantielle baggrund for konklusionen om et meget højere antal dødsfald fra luftforurening (jf. 'other NCD' i artiklens figur 3).

Konklusionen i studiet er, at borgerne i Europa taber 2,2 år i forventet levetid ved de aktuelle luftforureningsniveauer. Dette falder til 1 år, hvis kategorien andre kroniske sygdomme ('other NCD') udelades af beregningen. 1 år flugter med DCE's estimat på 10 måneder i tabt forventet levetid, som er beregnet på baggrund af eksponerings-respons-funktionerne i WHO (2013), hvor diabetes og andre kroniske sygdomme ikke er medtaget, jf. Andersen, 2017.

I det supplerende materiale til artiklen har man præsenteret en validering af den anvendte models atmosfæriske beregningsresultater. Valideringen er imidlertid foretaget for "optical depth", hvilket vil sige atmosfærens sigtbarhed. Sigtbarheden siger indirekte noget om mængden af partikler i atmosfæren. Valget af netop sigtbarhed som testparameter skyldes formentlig, at man har adgang til rimeligt ensartede data fra mange forskellige steder i verden. Det er imidlertid ikke optimalt i forhold til en test af modelsystemets evne til at reproducere koncentrationer af de to anvendte parametre: fine partikler (PM_{2,5}) og ozon. Dette ændrer dog ikke ved, at der er tale om et veldokumenteret modelsystem af høj kvalitet.

Usikkerhed forbundet med opgørelse af helbredseffekter af luftforurening

Usikkerheden på opgørelser af helbredseffekterne er stor, hvilket for det første hænger sammen med, at det er en vanskelig opgave at isolere effekterne af de enkelte luftforureningskomponenter fra hinanden og fra andre faktorer, som påvirker helbredet. For det andet at der skal flere trin til, før man kan estimere helbredseffekterne. Disse trin er:

1. Opgørelser af udledningerne i Danmark, Europa og hele den nordlige halvkugle. Disse data indgår som in-put data i modelberegningerne (trin 3).
2. Modelberegning af de meteorologiske datasæt, som anvendes i modelberegningerne (trin 3).
3. Modelberegning af luftkoncentrationerne. Kvaliteten af modelberegningerne vurderes på basis af sammenligning med målte luftkoncentrationer.
4. Modelberegning af befolkningens eksponering for de enkelte luftforureningskomponenter. I disse beregninger er det generelle luftforureningsniveau nær bopælen anvendt som udtryk for befolkningens udsættelse for luftforurening.
5. Modelberegning af befolkningens helbredseffekter ud fra eksponerings-respons-funktioner fastlagt ved review af videnskabeligt publicerede epidemiologiske studier. Her indgår en eksponerings-respons-funktion for hver af de helbredseffekter, som inddrages i undersøgelsen.

Alle fem trin bidrager til den samlede usikkerhed.

I forbindelse med nærværende notat vil det være for omfattende at gøre detaljeret rede for usikkerhederne på alle 5 trin. Derfor vil vi i det følgende komme med vore betragtning omkring den samlede usikkerhed på estimerne af helbredseffekterne.

I den tyske undersøgelse angives et centralt estimat på 790.000 årlige for tidlige dødsfald for Europa med et 95%-konfidensinterval på 645.000 til 934.000. De tilsvarende tal for Danmark er et centralt estimat på 6.200 årlige for tidlige dødsfald med 95%-konfidensinterval på 5.000 til 7.400. Forfatterne nævner imidlertid, at disse konfidensintervaller er for snævre til at beskrive den samlede usikkerhed, og at den samlede usikkerhed formentligt er omkring $\pm 50\%$.

Det er DCE's faglige skøn, at den usikkerhed, som er angivet i det tyske studie, er i god overensstemmelse med den usikkerhed man må regne med i denne type studier. Denne vurdering af usikkerheder bunder i, at der endnu er mange ubekendte i forhold til at beskrive partikelforureningen og dermed også i de nuværende forureningsmodeller. I den forbindelse kan det nævnes, at for DCE's beregninger for danske forhold finder man en afvigelse på omkring 25% mellem målte og modelberegnete luftkoncentrationer af $PM_{2,5}$. Hertil skal så blandt andet lægges usikkerheder i forbindelse med beregning af selve eksponeringen og usikkerheder relateret til eksponerings-respons-funktionerne, som også har betragtelig størrelse.

Usikkerhederne er ikke mindst store, hvor der er tale om overordnede globale beregninger som i det tyske studie, hvor der er mange ubekendte faktorer, der kan spille ind. Det anføres således, at estimerne for dødeligheden for luftforurening i Kina er forhøjet med den nye metode, hvilket forekommer plausibelt, men spørgsmålet om hvorvidt eksponerings-respons-funktionerne er ens for asiater og europæere, som tidligere har været indgående analyseret (World Bank, 2007), berøres ikke i opgørelsen.

Muligheden for anvendelsen af de nye resultater i forbindelse med de danske modelberegninger af helbredseffekter

Den tyske opgørelse er baseret på nye sammenhænge mellem en række helbredseffekter og luftforurening, hvor der navnlig har været fokus på helbredseffekter af de fine partikler ($PM_{2,5}$). De nye eksponerings-respons-funktioner vil kunne implementeres i de danske modelberegninger af helbredseffekter af luftforurening, mens der mangler visse data i forbindelse med den økonomiske værdisætning.

DCE har hovedsageligt baseret sine modelberegninger af helbredseffekterne på WHO's internationale review af den videnskabelige litteratur frem til 2013 (WHO, 2013). Her har et panel af førende sundhedsforskere analyseret og sammenfattet den tilgængelige viden på området og opstillet eksponerings-respons-funktioner for de væsentligste luftforureningskomponenter. Efter DCE's opfattelse er det aktuelt det mest autoritative fundament som basis for modelberegninger af helbredseffekter af luftforurening i Danmark. DCE vil imidlertid sammen med det danske sundhedsfaglige miljø drøfte

præmisserne og metoden i den nye tyske opgørelse (se endvidere nederste afsnit).

WHO og EEA's syn på de nye tyske opgørelser

DCE har ikke kendskab til, om den tyske opgørelse har været genstand for vurdering i WHO og EEA. DCE forventer gennem de faste kanaler til EEA at blive orienteret herom, når det måtte ske. Endvidere vil der være mulighed for at drøfte opgørelsen direkte med hovedforfatteren til det tyske studie i forbindelse med et kommende møde på forskerplan med deltagelse fra DCE.

Yderligere bemærkninger til opgørelsen

Den tyske opgørelse estimerer, at udfasning af energikilder baseret på fossile brændsler til fordel for energikilder baseret på vedvarende kilder vil kunne reducere helbredseffekterne i Europa med omkring 55%. Udfasning af fossile brændsler vil være nødvendigt for at nå Parisaftalens målsætninger for reduktion af klimaændringer. Der er utvivlsomt mulighed for synergi mellem reduktion af luftforureningen og klimaændringerne, og at en udfasning af fossile brændsler vil have stor effekt. I en dansk sammenhæng bør partikelforureningen fra lokal transport og boligopvarmning have særlig fokus ved vurdering af de mest kosteffektive metode til reduktion af helbredseffekterne af luftforurening.

Drøftelse af den nye opgørelse med det sundhedsfaglige miljø i Danmark

Forskere tilknyttet DCE har igennem de senere år løbende taget initiativ til møder og forskningsprojekter blandt de centrale institutioner i Danmark, som arbejder med helbredseffekterne af luftforureningen. Formålet med møderne har været at udveksle erfaringer og viden omkring helbredseffekterne af luftforureningen. Ved det seneste møde i efteråret 2018 deltog repræsentanter fra DCE, AU-Health, KU-Health, AAU, Kræftens Bekæmpelse, Sundhedsstyrelsen og Miljø- og Fødevareministeriet. Det vil være naturligt, at den tyske opgørelse bliver genstand for drøftelser ved et kommende møde. DCE vil derfor tage initiativ til indkaldelse af et nyt møde.

Referencer

J. Lelieveld, K. Klingmüller, A. Pozzer, U. Pöschl, M. Fnais, A. Daiber, & T. Münzel (2019): Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ration functions- *European Heart Journal*, 2019, 0, 1-7.

R. Burnett et al. (2018) Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *PNAS* September 18, 2018, vol 115, no. 38, 9592-9597

T. Ellermann, J. Nygaard, J.K. Nøjgaard, C. Nordstrøm, J. Brandt, J. Christensen, M. Ketzel, A. Massling, R. Bossi, S.S. Jensen (2018): The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2017. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 83 pp. Scientific Report from DCE - Danish Centre for Environment and Energy No. 281.

WHO (2013): Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide.

Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Copenhagen. World Bank, 2007. Costs of pollution in China: Economic estimates of physical damages. Washington D.C. Andersen, M.S., 2017. Co-benefits of climate mitigation. Counting statistical lives or life-years? *Ecological Indicators* 79, 11-18.

WHO (2017): Global Health Observatory (Dept. Of Information, Evidence and Research, WHO, Geneva, Switzerland, 2017). Available at [http://www.who.int\(gho/database/en/](http://www.who.int(gho/database/en/)