

# Luftforurensning og helse



## Kommentar og debatt

**Luftforurensningen i Norge og andre vestlige land har over tid endret karakter. Tidligere var forurensningen i luften, særlig i de store byene, dominert av svoveldioksid og større partikler. Forurensningen er i dag i større grad preget av små partikler, flyktige organiske forbindelser, ozon og nitrogenoksider.**

**Formålet med denne artikkelen er å se nærmere på behovet for å sette i verk større forskningsarbeider i Oslo omkring temaet luftforurensning og dødelighet.**

**Innledningsvis gir artikkelen en generell innføring i luftforurensning. Deretter blir resultater fra enkelte sentrale studier om luftforurensning, dødelighet og sykkelighet presentert. Trenden i resultatene synes å være at luftforurensning kan føre til økt sykkelighet og dødelighet. Det virker imidlertid usikkert hvilke luftforurensningskomponenter og hvilken konsentrasjon av disse som kan ha helseskadelige effekter. Denne usikkerheten trekker i retning av at det kan være hensiktsmessig med forskningsprosjekter innenfor dette feltet i Oslo.**

I de siste 30 årene har det vært store forandringer i luftforurensningen i Norge, spesielt i de større byene. Dette skyldes i hovedsak at kildene til luftforurensning er endret (1). De viktigste forurensningskildene var i etterkrigsårene tungindustri, kull- og vedfyring. Over tid har imidlertid industrien blitt flyttet ut av byene, elektrisitet tatt over for vedfyring til boligoppvarming og bilparken økt. I 2000 var antallet registrerte biler i Oslo 235 446, mot 135 913 i 1970 (2–3). Det tilsvarer en økning av bilparken på om lag 75% på 30 år. Denne veksten har ført til at hovedkilden til luftforurensning i dag er biltrafikken. Til tross for at vedfyringen over tid er blitt redusert, er den fortsatt en viktig forurensningskilde, og den står i dag for rundt 40% av svevestøvsutslippene i Oslo, målt på vektbasis (4). Endringene i utslippskildene siden 1970-årene har ført til markert reduksjon av enkelte forurensningskomponenter (deriblant svoveldioksid), og en økning av andre (deriblant svevestøv).

### **Overvåkingssystemet i Norge**

Statens forurensningstilsyn ble blant annet opprettet for å koordinere overvåkingen av

---

**Teresa Løvold Berents\***

*tvlovold@hotmail.com*

**Bjørgulf Claussen**

*bjorgulf.claussen@samfunnsmed.uio.no*

Seksjon for arbeids- og trygdemedisin  
Institutt for allmenn- og samfunnsmedisin  
Postboks 1130 Blindern  
0317 Oslo

---

\* Nåværende adresse:

Medisinsk avdeling  
Lovisenberg Diakonale Sykehus  
0440 Oslo

---

luftforurensningen. Tilsynet ser til at retningslinjer fremsatt av Miljøverndepartementet, om blant annet hvilke forurensningsverdier som skal føre til tiltak, overholdes (tab 1, 2) (5). Regjeringen Stoltenberg utnevnte kommunene til å være ansvarlige for iverksettning av tiltak ved for høye luftforurensningsverdier. Straktiltak kan være å redusere hastigheten på enkelte veistrekninger, rengjøring av veier eller «parisertiltak» (nummer på bilskiltet avgjør hvilke dager man kan benytte bilen). Innføring av piggedekkgift og mer miljøvennlige vedovner er eksempler på langtidstiltak.

I Oslo kommune har Helsevernetaten ansvaret for overvåking av luftforurensningen. Overvåkingen baserer seg på forurensningsberegninger fra dataprogrammet AirQUIS (Air Quality Information System). AirQUIS er utarbeidet av Norsk institutt for luftforskning (NILU) og NORGIT AS (6). Fra desember 2000 foretar AirQUIS kontinuerlige forurensningsberegninger på grunnlag av data fra meteorologiske observasjoner, utslippsdata (basert på beregninger gjort av Statistisk sentralbyrå) og overvåkingsstasjonene. I Oslo er det per 13.6. 2001 ni ulike luftovervåkingsstasjoner. De fleste av disse foretar ikke målinger i perioden mai til oktober, siden luftforurensningen særlig er et problem i vinter- og vårmånedene.

### **Klima**

Vindens hastighet og retning, samt lufttemperatur og -fuktighet er sentrale forklaringer på luftforurensningens variasjon (7). Generelt bidrar høytrykk og kulde til at luften sirkulerer dårlig. Det dannes inversjon (kaldt nede i byen og mildere i høyden). Om våren virvles så veistøvet fra vinteren opp og medfører økt partikkelforurensning.

## Svoveldioksid (SO<sub>2</sub>)

I slutten av 1950-årene og begynnelsen av 1960-årene var konsentrasjonen av svoveldioksid i luften om lag femti ganger høyere enn hva den er i dag (8). Reduksjonen skyldes i hovedsak overgangen til elektrisitet for boligoppvarming. En annen viktig faktor er redusert svovelinhold i fossilt brennstoff. Fra 1995 til 1996 ble det observert en økning av svoveldioksidinnholdet i luften, trolig fordi høy elektrisitetspris medførte økt bruk av oljefyring (7).

I 1999 kom 80 % av svoveldioksidutslippene i Norge fra industrien (9). Sjøfart stod for rundt 10 %. Statens forurensningstilsyn anser mengdene som såpass lave at de ikke er helseskadelige (10).

## Nitrogenholdige gasser (NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO)

Hovedkilden til nitrogenholdige gasser er fossilt brennstoff. I 1989 ble det innført katalysatorer på alle nye biler (7). Dette har bidratt til at konsentrasjonen av nitrogenholdige gasser har gått ned til tross for at bilparken har økt. Man kan således regne med en fortsatt nedgang i konsentrasjonen av nitrogenholdige gasser frem til hele bilparken er av modeller fra 1989 eller nyere.

## Partikkelforurensning (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>)

Hoveddelen av partikkelforurensningen kommer fra motoriserte kjøretøyer (eksos, veidekke- og bildekkslitasje) og fra vedfyring (4). Andre kilder er oljefyring.

Partikkelforurensningen kan deles inn i to store grupper på grunnlag av partikkelstørrelse, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>.

PM<sub>10</sub> er partikler med en diameter på 2,5–10 µm. Partiklene kalles thoraxfraksjonen. De kan pustes inn, men er såpass store at de avsettes i de øvre luftveier. Biltrafikken er ansvarlig for 44 % av PM<sub>10</sub> (11). Mesteparten av PM<sub>10</sub> skyldes trolig de ca. 250 000 tonn asfalt som piggdekkene årlig sliter bort (12).

PM<sub>2,5</sub> er partikler med diameter under 2,5 µm. De kalles den alveolære fraksjon fordi de kan inhaleres helt ned til alveolene og avsettes der. Partikler mindre enn 2,5 µm kan være i luften i flere uker og kan trenge inn i bygninger. De som er større fjernes i større grad fra luften ved regnskyll. Det antas derfor at PM<sub>10</sub> i mindre grad enn PM<sub>2,5</sub> gjør skade på menneskers luftveier.

PM<sub>2,5</sub> består av halvparten karbon og halvparten salter (ammoniumsulfat og ammoniumnitrat) og har lav pH (13). De stammer hovedsakelig fra forbrenningsprosesser (spesielt fra diesel). En undergruppe av PM<sub>2,5</sub> er de ultrafine partiklene med en størrelse på 0,02 µm. Det antas at disse er mest skadelig av alle partiklene på grunn av sin størrelse, sammensetning, lave pH og høye konsentrasjon.



**Figur 1** Vedfyring er fortsatt en sentral kilde for luftforurensning. Den står for rundt 40 % av svevestøvsutslippene i Oslo (4). Alle foto Øivind Larsen

Det er flere teorier om hvordan partikkelforurensning og spesielt de ultrafine partiklene fører til økt sykkelighet og dødelighet. En teori, fremsatt at Seaton og medarbeidere, går på at partiklene avsettes i alveolene, og der fører til en lokal inflammasjon (13). Dette kan føre til forverring av en eventuell kronisk obstruktiv lungesykdom. Insidensen av blant annet hjerte- og karsykdommer vil også kunne øke. Det siste punktet forklares ved at lokal inflammasjon vil kunne føre til aktivering av blant annet fibrinogen, faktor sju (F VII) og plasminogenaktiverende inhibitor (PAI), som igjen vil kunne føre til at viskositeten i blodet øker (13).

## Studier om partikkelforurensning og dødelighet

I det etterfølgende omtales noen artikler som fremstår som sentrale i forskningen om luftforurensning og dødelighet, og som således kan fungere som relevant bakgrunnsmateriale



**Figur 2** Piggdekk er årsaken til at ca. 250 000 tonn asfalt slites bort årlig

ved videre forskning på luftforurensning og dødelighet i Oslo eller i andre byer i Norge. De fleste studiene som gjennomgås her, er basert på epidemiologiske undersøkelser omkring temaet partikkelforurensning og dødelighet. De fleste av disse viser at det er en sammenheng mellom luftforurensning og dødelighet. Denne effekten er hovedsakelig sett hos eldre og syke. Diagnoseene er først og fremst innenfor lunge-, hjerte- og karsykdommer.

Den tidligste publiserte artikkelen om luftforurensning gjelder smogen i London i 1952 (14). Det ble der påvist en sammenheng mellom økt partikkelkonsentrasjon og dødelighet. I forbindelse

med smogen ble det først registrert svært overfylte sykehus. Den økte dødeligheten ble registrert etter en tidsforskyvning. Undersøkelsen kontrollerte for epidemier og viste at slike ikke var konfunderende variabler.

Mye av oppmerksomheten rundt spesielt partikkelforurensning startet i 1993, da en forskergruppe ledet av Douglas Dockery publiserte den prospektive kohortstudien Six cities study (15). Den har trolig vært med på å sette fart i den videre forskningen på dette feltet. I studien ble dødeligheten og luftforurensning i seks amerikanske byer sammenliknet. 8 111 voksne ble fulgt i 16 år. Dødeligheten blant disse viste seg å øke proporsjonalt med PM<sub>2,5</sub>-nivået. De som bodde i Steubenville, Ohio, den mest forurensede byen i utvalget, hadde 26 % høyere sannsynlighet for å dø unge sammenliknet med dem som bodde i den minst forurensede byen, Portage i Wisconsin.

Studien ble i ettertid kritisert fordi den ikke kontrollerte for en del konfunderende variabler. En uavhengig forskningsinstitusjon, Health Effects Institute i Cambridge, Massachusetts, reanalyserte dataene og kontrollerte for ulike sosiale faktorer (utdanning, etnisk bakgrunn, inntekt, helsetilbud), risikofaktorer som sigarettøyking og værforhold (16). Denne undersøkelsen bekreftet den tidligere konklusjonen til Dockery og medarbeidere. Dataene viste en sammenheng mellom dødelighet og luftforurensning.

På bakgrunn av EUs miljøprogram for 1991–94 ble 12 europeiske byer tatt ut til APHEA-prosjektet (Air Pollutants on Human Health). APHEA tok for seg korttidshelseeffekter av ulike luftforurensningskomponenter. I materialet fra Frankrike (Lyon og Paris) ble det funnet en sammenheng mellom dødelighet og økte konsentrasjoner av PM<sub>10</sub> og svoveldioksid (17). I den tyske undersøkelsen fra Köln konkluderte man med at økt svoveldioksidkonsentrasjon førte til signifikant økt dødelighet (18). Både Spania (Barcelona) og Hellas (Athen) kon-

kluderte med at svart røyk («Black smoke», en eldre målemetode for partikkelforurensning) og høyt svoveldioksidnivå hang sammen med økt dødelighet (19, 20).

Fire polske byer deltok i prosjektet (21). Det ble observert en viss sammenheng mellom dødelighet, økt konsentrasjon av svoveldioksid og svart røyk. Forskergruppen i Polen konkluderte med at man ikke kunne se bort fra korttidseffekter av forurensning på dødelighet, men at forklaringen på dødelighetsøkningen kanskje var mer komplisert enn bare økning av enkelte forurensningskomponenter. De mente således at det var stor usikkerhet vedrørende virkningen av forurensning og dødelighet, og at andre konfunderende variabler burde undersøkes nærmere før en eventuell konklusjon. Undersøkerne i Slovakia (Bratislava) gikk lengst i å avvise en sammenheng mellom endring i forurensningskomponentene og dødelighet (22), de klarte ikke å påvise en signifikant sammenheng mellom dataene.

Sammenfattelsen av hele APHEA-prosjektet var at hvis konsentrasjonen svoveldioksid og svart røyk økte med  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i Vest-Europa, medførte det 3 % (95 % konfidensintervall 2–4 %) økt dagsdødelighet (23). For  $\text{PM}_{10}$  medførte økningen 2 % (1–3 %). I sentrale deler av Øst-Europa ville en lik mengde økning av svoveldioksid og svart røyk gi en økning i dødelighet på henholdsvis 0,8 % (–0,1–2,4 %) og 0,6 % (0,1–1,1 %). Konklusjonen for hele prosjektet ble at langtidseffekten er usikker, men at dagens relativt lave nivåer av svoveldioksid og partikler gir målbare korttidseffekter på helsen. Det siste punktet medførte en anbefaling om reduksjon i luftforurensningen.

Sammenheng mellom partikkelforurensning og dødelighet har også stått sentralt i nyere forskning. Künzli ledet en forskergruppe som gjennomgikk litteraturen om  $\text{PM}_{10}$  (24). De estimerte at 6 % av alle dødsfall og alvorlige sykdomstilfeller i Østerrike, Frankrike og Sveits skyldtes forurensning. Biltrafikken har ifølge undersøkelsen sannsynligvis skylden for halvparten av disse. Det går frem av undersøkelsen at enkeltpersoners risiko er lav, men at de samfunnsmessige konsekvensene er store. Undersøkelsen konkluderte med at partikkelforurensningen er samfunnsøkonomisk kostbar, og at de som lager forurensningen ikke betaler prisen.

### Diskusjon

De fleste publiserte forskningsprosjekter viser en viss sammenheng mellom luftforurensning og dødelighet. Dette viser blant annet APHEA-undersøkelsen i Frankrike. I noen av studiene er imidlertid de klare sam-



Figur 3 Utbygging av kollektivtransporten samt mer bruk av sykkel, er tiltak som vil kunne være med på å forbedre luftforurensningen

menhengene vanskelig å finne. Det at disse ikke er så tydelige, kan være fordi det er vanskelig å finne gode eksponeringsmålinger, eller at sykdom har mange andre årsaker enn bare luftforurensning. APHEA-prosjektet i Polen er et eksempel på dette. Undersøkelsen derfra sier at dødelighetsøkningen ikke bare kunne forklares med økningen i enkelte luftforurensningskomponenter, men at man også burde se nærmere på andre variabler og kontrollere for disse.

Teorien om en sammenheng mellom luftforurensning og dødelighet er i stor grad basert på epidemiologiske undersøkelser. Problemet med epidemiologiske studier er blant annet konfunderende variabler. Slike variabler som kan ha innvirkning på sykkelighet og dødelighet, kan være røyking, helserelatert flytting, sosioøkonomiske faktorer og alder. En annen viktig variabel er menneskers mobile livsførsel. Mange oppholder seg mye av tiden utenfor hjemmet, enten det er

på skole, i jobb eller i forbindelse med fritidsaktiviteter. Mange vil i tillegg flytte flere ganger i løpet av livet. Det er derfor vanskelig å vite nøyaktig hvor mye og hvor lenge en person har vært utsatt for en bestemt luftforurensning.

Det er flere tiltak som kan settes i verk for å redusere luftforurensningen. De fleste av disse koster. Hvor mange leveår kan vi spare på disse forandringene? Hvor mye er vi villige til å betale?

Det er utført flere større studier i utlandet med henblikk på luftforurensning og dødelighet. Slike større studier er ikke gjennomført i Oslo. Oslo vil avvike fra byene undersøkt i USA og Europa både i tilknytning til forurensningskilder, forurensningens sammensetning, klima og livsstil. I Oslo er det gode forhold for å igangsette et større

forskningsprosjekt om dette temaet. NILU har tilfredsstillende data med hensyn til luftforurensningen i Oslo som er beregnet av AirQUIS. Dødelighetsdata i Oslo er også godt registrert. Så lenge det er usikkerhet rundt hvilke luftforurensningskomponenter og hvilken konsentrasjon av disse som kan føre til helseskade, bør det være grunnlag for å sette i gang større forskningsprosjekter i Oslo på dette feltet.

### Litteratur

1. Dybing E, Schwarze PE, Løvik M, Magnus P. Luftforurensning og helse. Tidsskr Nor Lægeforen 1996; 116: 2147–8.
2. Registrerte kjøretøyer i landets byer og herred. Oslo: Veidirektoratet, 1971.
3. Statens Vegvesen. [www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no) (15.1.2001).
4. Haakonsen G. Utslipp til luft i Oslo, Bergen, Drammen og Lillehammer 1991–1997. Fordeling på utslippkilder og bydeler. SSB Rapport nr. 23/2000. Oslo: Statistisk sentralbyrå, 2000.
5. Forskrift nr. 490 (1997–05–30). Forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy. [www.lovdata.no/for/sf/md/hd-19970530-0490.html](http://www.lovdata.no/for/sf/md/hd-19970530-0490.html) map002 (12.6.2001).
6. [www.nilu.no/informasjon/airquis.html](http://www.nilu.no/informasjon/airquis.html) (15.6.2001).
7. Hunnes O, Myrvtveit I. Luftforurensninger i Oslo. Status, utvikling og føringer. Rapport nr. 54/2000. Oslo: Helsevernetaten, 2000.
8. Larssen S, Hagen LO. Luftkvaliteten i norske byer. Utvikling, årsaker, tiltak, framtid. Kjeller: Norsk institutt for luftforskning, 1998.
9. Haakonsen G. Indikatorer for enegibruk og utslipp til luft i industri- og enegisektorene. SSB Rapport nr. 15/2001. Oslo: Statistisk sentralbyrå, 2001.
10. Helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader av luftforurensning. Oslo: Statens forurensningstilsyn, 2000.
11. Statens vegvesen. [www.vegvesen.no/luftkvalitet/felles/omluft.html](http://www.vegvesen.no/luftkvalitet/felles/omluft.html) (18.6.2001).
12. Norsk institutt for luftforskning. [www.nilu.no](http://www.nilu.no) (15.3.2001).
13. Seaton A, MacNee W, Donaldson K, Godden D. Particulate air pollution and acute health effects. Lancet 1995; 345: 176–8.
14. Ministry of Health. Mortality and morbidity during the London fog of December 1952. Report →

Tabell 1 Forurensningslovens kartleggingsgrenser (5)

	Midlingstid	Grenseverdi
$\text{NO}_2$	Timesmiddel	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$
$\text{PM}_{10}$	Døgnmiddel	$150 \mu\text{g}/\text{m}^3$
$\text{SO}_2$	Døgnmiddel	$90 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabell 2 Forurensningslovens tiltaksgrenser som skal overholdes innen 1.1. 2005 (5)

	Midlingstid	Grenseverdi
$\text{NO}_2$	Timesmiddel	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3$
$\text{PM}_{10}$	Døgnmiddel	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3$
$\text{SO}_2$	Døgnmiddel	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$

no. 95/1954. London: Her Majesty's Stationary Office, 1954.

15. Dockery D, Pope III CA, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993; 329: 1753–9.

16. Krewski D, Burnett RT, Goldberg MS, Hoover K, Siemiatycki J, Jerret M et al. Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality. Cambridge, MA: Health Effects Institute, 2000. [www.healtheffects.org/pubs-recent.html](http://www.healtheffects.org/pubs-recent.html) (6.11.2001).

17. Zmirou D, Barumandzadeh T, Balducci F, Ritter P, Laham G, Ghilardi J-P. Short term effects of air pollution on mortality in the city of Lyon, France, 1985–90. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 (suppl): 30–5.

18. Spix C, Wichmann HE. Daily mortality and air pollutants: findings from Köln, Germany. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 (suppl): 52–8.

19. Sunyer J, Castellsagué J, Sáez M, Tobias A, Antó JM. Air pollution and mortality in Barcelona. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50(suppl): 76–80.

20. Touloumi G, Samoli E, Katsouyanni K. Daily mortality and «winter type» air pollution in Athens, Greece – a time series analysis within the APHEA project. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 (suppl): 47–51.

21. Wojtyniak B, Piekarski T. Short term effects of air pollution in Polish urban populations – what is different? *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 (suppl): 36–41.

22. Bachárová L, Fandáková K, Bratinka J, Budinská M, Bachár J, Gudába M. The association between air pollution and the daily number of deaths: findings from the Slovak Republic contribution to the APHEA project. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 (suppl): 19–21.

23. Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S et al. Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *BMJ* 1997; 314: 1658–63.

24. Künzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filliger P et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356: 795–800.

○

## Annonsen