

# Vurdering af *ozon*

i udeluft

Vurderet af

Miljøministeriets og Sundhedsstyrelsens  
arbejdsgruppe om udendørs luftforurening

Status pr. april 2002

## Forord

I 1998 tog Sundhedsstyrelsen initiativ til at nedsætte en fælles arbejdsgruppe for Miljø- og Energiministeriet og Sundhedsstyrelsen med henblik på at foretage vurderinger af de sundhedsmæssige aspekter i forbindelse med udendørs luftforurening, samt løbende at vurdere betydningen af nye EU-grænseværdier på området. I forbindelse med gruppens arbejde og som resultat af gruppens diskussioner udarbejdes der for de enkelte luftforureningskomponenter kortfattede monografier, der sammenfatter gruppens holdning med hensyn til sundhedsmæssige aspekter og relevansen af en eventuel varsling og alarmering af befolkningen ved forhøjede niveauer.

Gruppen er pr. april 2002 sammensat af følgende personer:

- Læge Jette Blands, Sundhedsstyrelsen
- Cand. pharm. Poul Bo Larsen, Miljøstyrelsen (formand)
- Afdelingslæge Elle Laursen, Sundhedsstyrelsen
- Seniorforsker Finn Palmgren, Danmarks Miljøundersøgelser
- Konsulent Per Balleby Suhr, Miljøstyrelsen
- Cand. scient. Ulrik Torp, Miljøstyrelsen
- Lektor, læge Torben Sigsgaard, Århus Universitet
- Overlæge dr. med. Ebbe Taudorf, Århus Kommunehospital.

## 1. Baggrund for vurderingen

Luftens indhold af jordnær ozon kan ved forhøjede koncentrationer give anledning til skader på mennesker og vegetation. Der er i de seneste 50-100 år sket mindst en fordobling af ozonkoncentrationen i Europa på grund af menneskelig aktivitet, primært på grund af udledning af kvælstofoxider og kulbrinter. Denne type ozon må ikke forveksles med stratosfærisk ozon, som beskytter mod solen skadelige ultraviolette stråling.

I Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 184 af 11.3.1994 om overvågning af luftens indhold af ozon er angivet de i Danmark gældende tærskelværdier for ozonkoncentrationen i luften (Miljøministeriet 1994). Værdierne er identiske med EU's værdier angivet i Rådets direktiv 92/72/EØF af 21.9.1992 om luftforurening med ozon (EU 1992). Direktivet er optaget som bilag til bekendtgørelsen. Tærskelværdierne er følgende:

- tærskelværdi for beskyttelse af sundheden:
  - 110  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (som gennemsnitsværdi over 8 timer)
  
- tærskelværdi for beskyttelse af plantevæksten:
  - 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (som gennemsnitsværdi over 1 time)
  - 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (som gennemsnitsværdi over 24 timer)
  
- tærskelværdi for underretning af befolkningen:
  - 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (som gennemsnitsværdi over 1 time)
  
- tærskelværdi for alarmering af befolkningen:
  - 360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (som gennemsnitsværdi over 1 time).

Der foretages aktuelt underretning i Danmark på DR tekst-TV side 582 og på Internettet (<http://www.dmu.dk/AtmosphericEnvironment/netw.htm>). Underretningsgrænsen overskrides fra ingen til nogle få gange om året. Overskridelserne sker altid i sommerhalvåret i varme og solrige perioder. Det anses for umuligt, at ozon-koncentrationen når op på alarmeringsgrænsen i Danmark.

Der er i EU i februar 2002 vedtaget et nyt (datter-)direktiv om ozon, koblet til diskussionen om forureningsstrategien, som en fortsættelse af vedtagelsen af Rådets direktiv 96/62/EF af 27.9.1996 om vurdering og styring af luftkvalitet (EU 2002). Direktivets målværdi for 2010 for beskyttelse af menneskers sundhed er en koncentration på 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (midlet over 8 timer), som ikke må overskrides i over 25 dage per år, målt som gennemsnit over 3 år. Den langsigtede målsætning er en værdi på 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (midlet over 8 timer) uden overskridelser. Tærskelværdier for underretning (information) af befolkningen er uændret 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; for varsling er den ændret til 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Desuden fastsættes en række AOT40 værdier til beskyttelse af plantevæksten.

Danske virksomheders emissioner reguleres via B-værdier (bidragsværdier).

WHO har i 1987 foreslået en vejledende grænseværdi på 150-200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  som 1-times værdi og 100-120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  som 8-timers værdi (WHO 1987). I forbindelse med de nye opdaterede "Air Quality Guidelines for Europe" angiver WHO alene en 8-timers værdi på 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  som vejledende grænseværdi (se afsnit 3.4) (WHO 2000).

## **2. Befolkningens eksponering**

### **2.1 Kilder i Danmark**

Der findes kun få menneskeskabte kilder til ozon, fx kopimaskiner og elektriske udladninger, og de er uden betydning for udendørs luftforurening. Den jordnære ozon dannes ved fotoke-miske processer, hvori indgår kvælstofoxider og visse kulbrinter. Under kraftigt sollys produ-ceres ozon som et resultat af en række udviklede kemiske processer. Ozondannelsen er sær-lig høj, når luften står stille i en længere periode i et større område, typisk under højtryksepiso-der over Centraleuropa. Dannelse af ozon i Danmark er relativt beskedent, og ozonepisoder i Danmark forekommer da også kun, når forurenede luft (med højt indhold af ozon) transporteres til Danmark i forbindelse med opbrud af episoderne i Centraleuropa.

Baggrundsniveauet af ozon på den nordlige halvkugle ligger på 50-70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; derfor vil man opleve disse relativt høje ozonniveauer i Danmark ved kraftige nordvestlige vinde, hvor denne luft transporteres ind over Danmark. Dette har altså ikke noget at gøre med den aktuelle for-urening i Danmark eller Europa. For 50-100 år siden var baggrundsniveauet under det halve. Årsagen til denne stigning er ikke fuldt klarlagt, men skyldes formentlig antropogen luftforure-ning.

Ozon fjernes fra luften ved en række processer. En af de vigtigste i Danmark er reaktion med NO under dannelse af  $\text{NO}_2$ . Derfor er ozonkoncentrationen altid højere ude på landet end inde i byerne, hvor NO fra bl.a. bilernes udstødning er højere. Man vil derfor næsten altid opleve, at summen af ozon og  $\text{NO}_2$  (også kaldet  $\text{O}_x$ ) vil være konstant; dette kan være vigtigt, da disse to stoffer har næsten samme virkning på mennesker. Også andre stoffer kan fjerne ozon fra luften.

En anden vigtig fjernelsesproces for ozon er deposition (afsætning) på overflader af fx planter.

### **2.2 Niveauer**

Det årlige gennemsnit for ozon i Danmark ligger på ca. 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I øvrigt findes en oversigt over måleresultater fra LMP III sammenlignet med tærskelværdier i tabel 1. Tærskelværdien for døgn på 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  til beskyttelse af vegetationen overskrides hyppigst alle år, mens tærskelværdien for 8 timer på 110  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  kun overskrides nogle få gange alle år. Derimod over-skrides 1 times tærskelværdien meget sjældent, og i 1998 blev den ikke overskredet. Infor-

mationstærskelværdien på 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  overskrides typisk nogle få gange om året eller slet ikke, som det fx var tilfældet i 1998. Bemærk, at ozonniveauet er lidt lavere på byernes baggrundstationer og meget lavere på gadestationerne. Det skyldes, at ozon reagerer med NO og danner NO<sub>2</sub>. Det betyder, at summen af ozon og NO<sub>2</sub> er næsten konstant.

**Tabel 1.** Årlige gennemsnit, percentiler og maksimumværdier for O<sub>3</sub> målt i 1998 og sammenlignet med tærskelværdier (Kemp og Palmgren 1999).

O <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Gen-nemsnit	Median (time)	98-perc. (time)	99.9-perc. (time)	max. 8 timer
By-baggrund:					
København	48	49	97	125	123
Odense	50	52	95	142	144
Aalborg	49	53	89	117	111
Landdistrikter:					
Lille Valby	52	55	99	138	135
Keldsnor	58	61	104	137	134
Gade:					
København (Jagtvej)	33	31	77	99	92
Tærskelværdi	-	-	-	-	110
Gennemsnitligt antal overskridelser per station (ekskl. gadestation)	-	-	-	-	7

Ozonforekomsten i Danmark skyldes forureningen med kvælstofoxider og flygtige organiske forbindelser (menneskeskabt såvel naturligt fra vegetation) i hele Europa. Emissionen af disse stoffer i Danmark betyder meget lidt for ozonforureningen i Danmark. Da der ikke er sket et væsentligt fald af disse stoffer i Europa de seneste 10-20 år, har ozonforureningen i Danmark været næsten uændret. Af samme grund afhænger forekomst af ozonepisoder meget af de meteorologiske forhold i Europa. Typiske episoder i Danmark forekommer om sommeren, når det i længere tid har været varmt og solrigt i Central- og/eller Østeuropa, hvorved der dannes store mængder ozon og anden fotokemisk forurening. Når de meteorologiske forhold betinger transport af luft fra disse områder, opstår episoder i Danmark. Der er altså ikke muligt at begrænse denne forurening ved lokale indgreb i Danmark. Gennemsnitsniveauet af ozon i Danmark vil normalt ligge lavere end den nordlige halvkugles baggrundsniveau på grund af de i afsnit 2.1 nævnte fjernelsesprocesser.

De højeste niveauer under episoder forekommer oftest sidst på eftermiddagen og først på aftenen, idet ozon senere og i løbet af natten afsættes på overflader og reagerer med anden forurening i det tynde kolde luftlag, som dannes, når solen går ned.

### **2.3 Eksponering**

Befolkningen udsættes for forhøjede ozonniveauer under de tidligere omtalte episoder. De højeste niveauer forekommer ude på landet og i bydele, hvor den lokale forurening med NO er lav, fx i parker og boligkvarterer med ringe trafik. De laveste niveauer findes i stærkt trafikerede gader, men det er ingen fordel at opholde sig der, da ozonen bliver omdannet til NO<sub>2</sub>, som er ligeså skadelig, og den øvrige forurening er højere.

Normalt vil forureningen indendørs være væsentligt lavere på grund af reduceret luftskifte samt ozons afsætning på overflader og reaktion med andre stoffer.

## **3. Sundhedsmæssige effekter**

### **3.1 Toksikokinetik og virkningsmekanisme**

Ozon deponeres overalt i luftvejene. Fordelingen af den indåndede ozon i luftvejene afhænger af indåndingshastighed og ozonkoncentration, idet forholdsmæssig større mængde ozon deponeres i de perifere luftvejsforgreninger ved højere ozonkoncentrationer i indåndingsluften og ved hurtigere og dybere vejtrækninger.

Ozon virker kraftigt oxiderende og anses ikke at blive optaget ved indånding, idet ozon reagerer med molekyler og cellulære komponenter i luftvejenes overfladeceller og slimlag. De biologiske effekter anses at være en følge af dannelse af frie radikaler, lipidhydroperoxider, hydrogenperoxid, aldehyder samt øvrige reaktive intermediater.

Ved miljømæssigt relevante ozonniveauer kan der påvises cilietab i luftvejene, beskadigelse af ciliebærende celler, påvirkning af slimdannende celler samt betændelsesreaktioner i overfladeepithelet i de yderste lungeforgreninger i overgangen fra bronkioler til alveoler. Effekterne fra kronisk udsættelse med ozon betegnes generelt som svarende til en acceleration af de ældningsrelaterede forandringer der forekommer i lungevævet.

### **3.2 Dyreforsøg**

Ozon er velundersøgt i dyreeksperimentelle undersøgelser. Ved kortvarig udsættelse (timer-dage) for ozon er der hos rotter og aber set påvirkninger af luftvejene ved eksponeringsniveauer ned til 160-400 µg/m<sup>3</sup>. Effekterne omfattede bl.a. morfologiske forandringer i lungerne,

potentiering af bakterielle infektioner og øget collagenindhold i lungevævet (WHO 2000).

Specielt synes overgangen mellem bronkioler og alveoler at være påvirkelig for ozon, idet man her har påvist omfattende vævsskader ved  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  samt lettere grader af påvirkning ved  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Langtids eksponering ved  $240 - 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ozon har i forsøgsdyr medført morfologiske skader i slimhinder og fibrotiske lungeforandringer (Miljøstyrelsen 1997; WHO 2000).

### 3.3 Kontrollerede humane forsøg

I et stort antal kontrollerede forsøg har man udsat hvilende såvel som fysisk aktive forsøgspersoner for ozonniveauer i intervallet fra 160 til  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Fra disse forsøg er der rapporteret symptomer som hoste, tørhed i halsen, spændinger og smerter i brystet, øget slimproduktion, træthed, utilpashed, hovedpine og kvalme. Af objektive fund hos raske personer i fysisk aktivitet er der registreret nedsat  $\text{FEV}_1$ , reduceret vitalkapacitet, forøget luftvejsmodstand og øget følsomhed af luftvejene ved ozonniveauer ned til  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Man har i forsøgene set meget store individuelle forskelle i følsomheden over for ozonpåvirkningen. I laboratorieforsøg med forsøgspersoner med astma eller bronkitis har man ikke registreret nogen særlig øget følsomhed (WHO 1995, MST 1997). Nyere undersøgelser har vist, at luftvejsallergikere udsat i 3 timer for  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ozon udviste øget følsomhed for efterfølgende luftvejsprovokation med metakolin. Et andet laboratorieforsøg har vist øget følsomhed over for græspollen hos astmatikere efter udsættelse i 1 time for  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ozon (Devalia et al. 1998).

### 3.4 Epidemiologiske undersøgelser

I befolkningsundersøgelser er der tilsvarende fundet en sammenhæng mellem forhøjede ozonniveauer og effekter/påvirkning af luftvejene. Dette er registreret som en øget forekomst af luftvejsgener, nedsat lungefunktion, et øget antal hospitalsindlæggelser som følge af luftvejslidelser og i enkelte undersøgelser øget dødelighed (Lippmann 1998). Data vedrørende lungefunktion og hospitalsindlæggelser synes at være mest konsistente.

#### *Lungefunktion*

Børn er i en række undersøgelser fundet at have nedsat lungefunktion i tilknytning til forhøjede ozonniveauer (Braun-Fahrlander et al. 1994; Hoek et al. 1993a; Hoek et al. 1993b; Kinney et al. 1996; Krzyzanowski et al. 1992; Stern et al. 1994).

Krzyzanowski et al. (1992) fandt peakflow negativt korreleret til ozon-niveauer hos både børn og voksne. Astmatikere, børn samt en undergruppe af voksne med lang opholdstid i udeluft

udviste størst følsomhed. Ozonniveauerne i undersøgelsestidspunktet lå i intervallet 30-184  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for maximum 1-times værdier og i intervallet 18-164  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for maximum 8-timers værdier.

Hoek et al. (1993b) sammenlignede lungefunktionen hos børn i tre forskellige byer i Holland. En-times maksimum værdien for ozon var signifikant relateret til reduceret lungefunktion. De gennemsnitlige ozonniveauer (1-times maksimum) lå i intervallet 111-128  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i de tre byer (interval for værdierne: 7-237  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Såfremt de anførte dosis-respons-sammenhænge anvendes for en 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  stigning, kan følgende påvirkning af parametrene beregnes: a) FVC: -4,4 ml; b) FEV<sub>1</sub>: -3,2 ml; c) PEF: -25,4 ml/s og d) MMEF (maximal mid-expiratory flow): -4,8 ml/s.

Kinney et al. (1996) sammenfattede seks undersøgelser med børn fra canadiske lejrskoler, hvor man undersøgte lungefunktion og relaterede dette til 1-timesværdien for ozon umiddelbart før funktionsmålingen. I alle undersøgelserne var der en negativ sammenhæng mellem FEV<sub>1</sub> og ozonniveauerne (gennemsnit for de seks lejre lå i intervallet 106-246  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), idet der som et gennemsnit for alle undersøgelser blev fundet en reduktion af FEV<sub>1</sub> på 5 ml per 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ozon.

Braun-Fahrländer et al. (1994) fandt hos børn (både raske og astmatikere), der fik målt peakflow før og efter 10 minutters hård træning på kondicykel, at forskelle i peakflow mellem de to målinger var relateret til ozonniveauet. I gennemsnit blev der registreret en reduktion i peakflow på 23 ml per 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  stigning i ozonniveauet. Ozonniveauerne lå i intervallet 40-157  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  målt som 1/2-timesværdier.

Hos voksne cykelryttere har Brunekreef et al. (1994) fundet sammenhæng mellem luftvejs-symptomer (kortåndethed, spændinger for brystet, og pibende vejrtrækning) og påvirkning af lungefunktion (reduceret vitalkapacitet, peakflow og FEV<sub>1</sub>) i relation til ozonniveauerne. Lungefunktionen blev målt før og efter hård cykeltræning/cykelløb. Ozonniveauerne lå gennemsnitligt på 87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  med et maximum på 195  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Effekterne på lungefunktionen vedblev at være signifikant for ozonniveauer under 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### *Sygelighed*

Flere undersøgelser har beskrevet en sammenhæng mellem øget sygelighed registreret som hospitalsindlæggelser og ozonniveauerne i udeluften. (Burnett et al. 1994; Delfino et al. 1998; Schwartz 1994; Stieb et al. 1996; Thurston et al. 1994; Weisel et al. 1995; Yang et al. 1997;). I undersøgelserne ses typisk forøgede antal indlæggelser pga. luftvejslidelser ved ozon-niveauer i intervallet 100-200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sammenlignet med lavere niveauer.

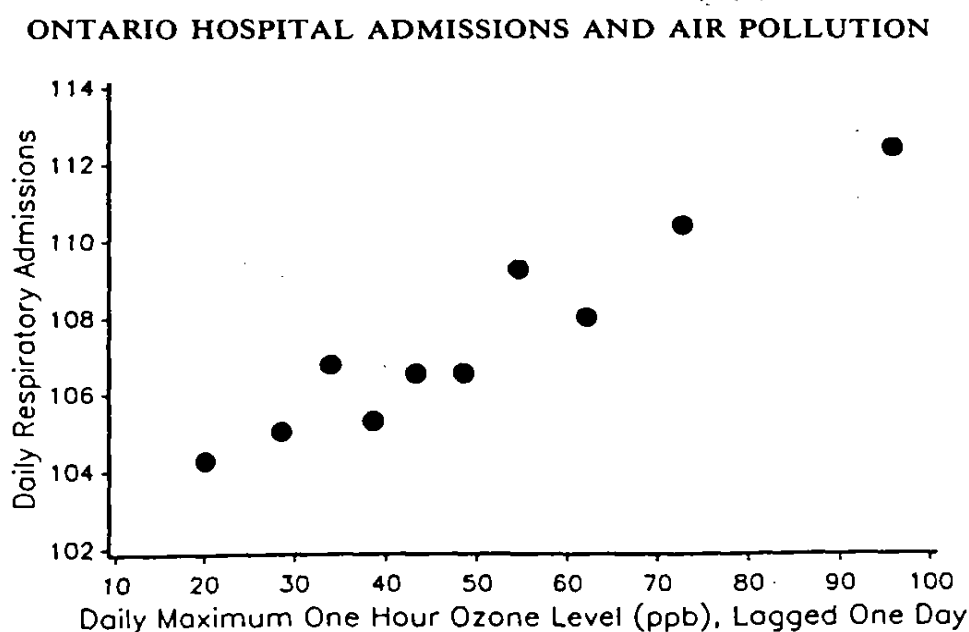
Burnett et al. (1994) undersøgte henvendelser/indlæggelser som følge af luftvejslidelser i 168 hospitalscentre i Ontario repræsenterende 8,1 million mennesker. Der blev fundet en klar og statistisk signifikant dosis-respons-sammenhæng mellem øgede ozon-niveauer i intervallet 40 til



200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (målt som time-maksimum) og antal hospitalshenvendelser den efterfølgende dag (se figur 1).

Samlet blev effekterne af ozon vurderet til at bidrage med et gennemsnit på i alt 5% af de daglige henvendelser for alle aldersgrupper. Børn blev i højere grad fundet at være påvirkelige for forøgede ozonniveauer.

**Figur 1.** Gennemsnitligt antal (korrigerede) hospitalsbesøg som følge af luftvejslidelser på 168 hospitaler i relation til 1-times maksimum-værdien for ozon (Burnett et al. 1994).



Lippmann angiver i et review af syv nordamerikanske og canadiske undersøgelser en relativ risiko for hospitalsbesøg som følge af luftvejslidelser på 1,10-1,36 relateret til en stigning i maksimum timeværdien for ozon på 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , svarende til en stigning i hospitalbesøg på 1-4% for en stigning i ozonniveauet på 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (se tabel 2).

**Table 2.** Sammenfatning af nyere undersøgelser vedrørende ozonniveauer relateret til hospitalsbesøg (fra Lippmann 1998).

<i>Location</i>	<i>Reference</i>	<i>Respi- ratory admission category</i>	<i>Effect size (<math>\pm</math> SE) (admissions /100 ppb O<sub>3</sub>/day/10<sup>6</sup> persons)</i>	<i>Relative risk (95% CI)<sup>a</sup> (RR of 100 ppb O<sub>3</sub>, 1-h max)</i>
New York City, NY <sup>b</sup>	Thurston <i>et al.</i> , (1992)	All	1.4 ( $\pm$ 0.5)	1.14 (1.06-1.22)
Buffalo, NY <sup>b</sup>	Thurston <i>et al.</i> , (1992)	All	3.1 ( $\pm$ 1.6)	1.25 (1.04-1.46)
Ontario, Canada <sup>b</sup>	Burnett <i>et al.</i> , (1994)	All	1.4 ( $\pm$ 0.3)	1.10 (1.06-1.14)
Toronto, Canada <sup>b</sup>	Thurston <i>et al.</i> , (1994)	All	2.1 ( $\pm$ 0.8)	1.36 (1.13-1.59)
Montreal, Canada <sup>c</sup>	Delfino <i>et al.</i> , (1994a)	All	1.4 ( $\pm$ 0.5)	1.22 (1.09-1.35)
Birmingham, AL <sup>d</sup>	Schwartz (1994a)	Pneu- mo- nia in elderly	0.73 ( $\pm$ 0.54)	1.11 (0.97-1.26)
Birmingham, AL <sup>d</sup>	Schwartz (1994a)	COPD in elderly	0.83 ( $\pm$ 0.33)	1.13 (0.92-1.39)
Detroit, MI <sup>d</sup>	Schwartz (1994b)	Pneu- monia in elderly	0.82 ( $\pm$ 0.26)	1.22 (1.12-1.35)
Detroit, MI <sup>d</sup>	Schwartz (1994b)	COPD in elderly	0.90 ( $\pm$ 0.41)	1.25 (1.07-1.45)
Minneapolis, MD <sup>d</sup>	Schwartz (1994c)	Pneu- monia in elderly	0.41 ( $\pm$ 0.19)	1.117 (1.03-1.39)
Minneapolis, MN <sup>d</sup>	Schwartz (1994c)	COPD in elderly	<sup>e</sup>	<sup>e</sup>

<sup>a</sup> One-way ( $b \pm 1.65$  SE). <sup>b</sup> 1-h daily maximum ozone data employed in analysis. <sup>c</sup> 8-h daily maximum ozone data employed in analysis.

<sup>d</sup> 24-h daily average ozone data employed in analysis (1 h/24 h av. ratio = 2.5 assumed to compute effects and RR estimates).

<sup>e</sup> Not reported (nonsignificant).

From *Review of National Ambient Air Quality Standards for Ozone*, OAQPS Staff Paper, EPA-452/R-96-007, US EPA, Research Triangle Park, NC, 1996.

Stedmann et al. (1997) angiver i relation til 8-timersværdier for ozon i London en forøget relativ risiko for hospitalsbesøg som følge af luftvejslidelser på 0,00163 per 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ozon, svarende til en stigning i hospitalsbesøg på 1,6% for en stigning i ozonniveauet på 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Forfatterne beregnede ud fra denne sammenhæng det samlede antal hospitalsbesøg som følge af luftvejslidelser i Storbritannien relateret til ozonniveauerne. Forfatterne fandt det meget afgørende, hvorvidt der fandtes en tærskelværdi for ozons skadelige effekter. Ved en antaget tærskelværdi på 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  beregnedes således, at ozonniveauerne i Storbritannien var relateret til 643 ekstra hospitalsbesøg, mens fravær af en tærskelværdi ville være relateret til ca. 11.200 ozonrelaterede hospitalsbesøg.

Senest har Burnett et al. (1997) angivet, at en stigning i den daglige timemaksimumværdi for ozon på 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  var relateret til en stigning i hospitalsindlæggelser som følge af luftvejslidelser på 2,4-4,3% (svarende til en stigning på 0,8-1,4% for en stigning på 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ozon). Undersøgelsen omfattede 16 byområder i Canada (12,6 millioner indbyggere) over en 10-årig periode med 720.000 indlæggelse for luftvejslidelser. Ozon-middelværdi for alle byerne lå på 62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (95-percentil: 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

#### *WHO-vurdering*

WHO (1995) angiver i forbindelse med opdatering af en vejledende grænseværdi for ozon, at en øgning i 8-times ozonniveauet på 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  vil være forbundet med en 6% stigning i luftvejs symptomer i befolkningen og en 5% stigning i hospitalsindlæggelser som følge af luftvejslidelser. Som vejledende grænseværdi foreslår WHO en 8-timers midlingsværdi på 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dette er begrundet ud fra det samlede datasæt såvel laboratorieforsøg som epidemiologiske undersøgelser. Det understreges, at der med denne værdi ikke er indbygget nogen sikkerhedsmargin mht. akutte effekter over for den mest følsomme andel af befolkningen. Den tidligere vejledende timeværdi (150-200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) vurderes at være mindre relevant i forhold til 8-timersværdien, hvorfor WHO ikke anfører en ny timeværdi.

Sidstnævnte er et udtryk for, at der typisk vil være en tæt sammenhæng mellem 1-times værdier og 8-timesværdier for ozon. Endvidere er der især fra dyreforsøg data, der peger på, at effekter fra ozoneksponering i højere grad er relateret til den samlede ozondosis over en given tidsperiode end til kortvarige spidskoncentrationer.

## **4. Risikoanalyse**

### **4.1 Effekter: kvalitativt og kvantitativt**

Som det fremgår af ovenstående gennemgang, er det ikke muligt at definere nogen nedre tærskelværdi for ozons skadelige effekter. En bedre viden herom ville have afgørende indflydelse på en samlet risikovurdering af ozons indflydelse på befolkningens sundhed.

Ovenstående data peger på, at nedsat lungefunktion, luftvejssymptomer og øget sygelighed kan forekomme ved niveauer under  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Det kan derfor konkluderes, at aktuelle ozonniveauer herhjemme kan medføre effekter, idet ozonniveauerne i ca. 2% af tiden ligger over  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Især personer med høj grad af udendørs aktivitet vil være udsatte, dvs. udendørs arbejdende, sportsfolk/motionister og børn. For raske personer vil forhøjede ozonniveauer kunne medføre en lettere og umærkelig reduktion i lungefunktionen, mens det for særlig følsomme personer, fx personer med luftvejslidelser, vil kunne medføre luftvejsgener, øget sygelighed og øget forbrug af medicin.

En storkøbenhavnsk arbejdsgruppe har ud fra de aktuelle indlæggelsestal for luftvejslidelser beregnet, at ozonniveauerne på dage med niveauer over  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (i alt ca. 10 dage per år) er relateret til 18 indlæggelser per år i Storkøbenhavn (Stadslægen et al. 1999). Dette må anses for en meget forsigtig vurdering, idet en ozonkoncentration på  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  således betragtes som tærskelværdi, hvor antagelse af en lavere tærskelværdi eller fravær af tærskelværdi ville betyde væsentligt større effekter, jf. de førnævnte engelske beregninger udført af Stedmann et al. (1997).

## 4.2 Risikogrupper

I forbindelse med de nævnte effekter må især personer med luftvejslidelser (ca. 230.000 danskere) anses for særligt *følsomme* over for ozon-forureningen. Børn, herunder spædbørn, samt ældre, syge og generelt svækkede personer må formentlig også betragtes som en følsom gruppe.

Ud over grupper med særlig følsomhed er grupper, der er særligt *udsatte* for ozonforureningen, også potentielle risikogrupper. Dette inkluderer bl.a. personer, der dyrker sport og motion udendørs og personer, der i øvrigt opholder sig meget udenfor, herunder børn.

## 4.3 Grænseværdier, information og varsling

### *Grænseværdier*

I EU er der med vedtagelsen af det ny direktiv (EU 2002) fastsat en sundhedsmæssig grænseværdi (målværdi) samt en tærskelværdi for hhv. information og varsling af befolkningen; disse vil alle blive overført til dansk lov via bekendtgørelser (se afsnit 1). Samtidig hermed vil der fortsat blive foretaget løbende målinger af ozon under det landsdækkende måleprogram (LMP).

Den af EU foreslåede grænseværdi vil imidlertid, jævnfør ovenfor, ikke være tilstrækkelig til at undgå sundhedsskadelige påvirkninger af samtlige indbyggere, og der er ikke i grænseværdien indlagt et beskyttelsesniveau af en størrelse, som sædvanligvis benyttes. Miljøstyrelsen (1997) har foreslået, at en udelukkende sundhedsmæssigt baseret grænseværdi højst bør ligge på ca.  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I dette tal er inkluderet en usikkerhedsfaktor på 10. Man skal dog være opmærksom på, at dette niveau er væsentligt lavere end det typiske baggrundsniveau. Ovenstående indikerer, at ud fra et sundhedsmæssigt synspunkt bør ozonkoncentrationen være så lav som mulig.

### *Information/varsling*

Mht. information og varsling skal Danmark ligeledes følge de normer, der er fastsat af EU (EU 2002). Der er i det ny direktiv stillet krav om formidling af oplysninger til befolkningen, ajourført mindst dagligt og, hvis det er hensigtsmæssigt og praktisk muligt, hver time. Dette vil blive tilfældet i Danmark. Både ved koncentrationer over informationsgrænsen og over varslingsgrænsen skal der gives en række (i direktivet) nærmere specificerede oplysninger. Der skal bl.a. gives oplysninger om (1) den observerede overskridelse, (2) prognosen for den følgende eftermiddag/dag(e), (3) risikoudsatte befolkningsgrupper, sandsynlige symptomer, anbefalede forholdsregler og en angivelse af, hvor der kan fås yderligere oplysninger og (4) information om bl.a. begrænsning ved kilden (er ikke relevant for Danmark).

Anbefalede forholdsregler, der især er vigtige for risikogrupperne, kan være enten at nedsætte graden af udendørs fysisk aktivitet og/eller at foretage fysisk anstrengende aktiviteter på tidspunkter, hvor ozonkoncentrationen erfaringsmæssig er lav (især om morgenen og efter solnedgang). Desuden kan varigheden af den fysiske aktivitet nedsættes. Risikogrupperne skal være særligt opmærksom på symptomer fra luftvejene, og forældre skal være opmærksom på symptomer hos deres børn. Ved behov bør læge kontaktes. I bilag 1 er angivet gruppens forslag til information.

Ozon indgår i det eksisterende nationale smogvarslingssystem. I Danmark foregår der p.t. information af befolkningen via DR1's tekst-TV (side 582) og DMU's hjemmeside (<http://www.dmu.dk/AtmosphericEnvironment/netw.htm>). I tilfælde af niveauer over tærskelværdien for information på  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  udsendes en pressemeddelelse, som skal bringes i DR1 og eventuelt de lokale radiostationer. Desuden udskiftes ozonsiden på tekst-TV (side 582/2-3).

Det er arbejdsgruppens opfattelse, at den mest optimale måde at underrette astma- og allergipatienter om luftens indhold af ozon er ved en permanent og kontinuerlig information på fx tekst-TV og Internettet, inkluderet speciel information på de samme medier ved overskridelse af informationsgrænsen på  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – frem for et system, hvor der kun informeres i situationer, hvor ozonkoncentrationer overskrider bestemte tærskelværdier.

Danmarks Miljøundersøgelser er ved at afprøve et system til forudsigelse af ozon (og andre forureningskomponenter) 3 dage frem i tiden.

## 5. Referencer

- Braun-Fahrländer C, Künzli N, Domenighetti G, Carell CF, Ackermann-Liebrich U (1994). Acute effects of ambient ozone on respiratory function of Swiss schoolchildren after 10-minute heavy exercise. *Pediatr Pulmonol* 17, 169-177.
- Brunekreef B, Hoek G, Breugemans O, Leentvaar M (1994). Respiratory effects of low-level photochemical air pollution in amateur cyclists. *Am J Respir Crit Care Med* 150, 962-6.
- Burnett RT, Brook JR, Yung WT, Dales RE, Krewski D (1997). Association between ozone and hospitalization for respiratory diseases in 16 Canadian cities. *Environ Res* 72, 24-31.
- Burnett RT, Dales RE, Raizenne ME, Krewski D, Summers PW, Roberts GR, Raad-Young M, Dann T, Brook J (1994). Effects of low ambient levels of ozone and sulfates on the frequency of respiratory admissions to Ontario Hospitals. *Environ Res* 65, 172-194.
- Delfino RJ, Murphy-Moulton MM, Becklake MR (1998). Emergency room visits for respiratory illnesses among the elderly in Montreal: Association with low level ozone exposure. *Environ Res* 76, 67-77.
- Devalia JL, Rusznak C, Wang J, Davies RJ (1998). Pollution-allergen interactions: challenge studies in man. *Eur Respir Rev* 8(53), 175-178.
- EU (1992). Rådets direktiv 92/72/EØF af 21.9.1992 om luftforurening med ozon. EF-Tidende nr. L297 af 13.10.1992, 1-7.
- EU (1996). Rådets direktiv 96/62/EØF af 27.9.1996 om vurdering og styring af luftkvalitet. EF-Tidende nr. L296 af 21.11.1996, 55-63.
- EU (1999). Ozone position paper. Final version. Kommissionen, Luxembourg.
- EU (2002). Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2002/3/EF af 12.2.2002 om luftens indhold af ozon. EF-Tidende nr. L67 af 9.3.2002, 14-30.
- Hoek G, Brunekreef B, Kosterink P, van den Berg R, Hofschreuder P (1993a). Effect of ambient ozone on peak expiratory flow of exercising children in the Netherlands. *Arch Environ Health* 48(1), 27-32.
- Hoek G, Fischer P, Brunekreef B, Lebret E, Hofschreuder, Mennen MG (1993b). Acute effects of ambient ozone on pulmonary function of children in the Netherlands. *Am Rev Respir Dis* 147, 111-117.
- Kemp K, Palmgren F (1999). The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1997. Department of Atmospheric Environment. NERI Technical Report 296.

- Kinney PL, Thurston GD, Raizenne M (1996). The effects of ambient ozone on lung function in children: A reanalysis of six summer camp studies. *Environ Health Perspect* 104(2), 170-174.
- Krzyzanowski M, Quackenboss JJ, Lebowitz MD (1992). Relation of peak expiratory flow rates and symptoms to ambient ozone. *Arch Environ Health* 47(2), 107-115.
- Lippmann M (1998). The 1997 US EPA standards for particulate matter and ozone. *Issues Environ Sci Technol* 10, 75-99.
- Miljøministeriet (1994). Miljøministeriets bekendtgørelse om overvågning af luftens indhold af ozon. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 184 af 11.3.1994. Miljøministeriet, København.
- Miljøstyrelsen (1997). Sundhedsmæssig vurdering af luftforurening fra vejtrafik. Miljøprojekt nr. 352. København.
- Schwartz J (1994). PM10, ozone, and hospital admissions for the elderly in Minneapolis - St. Paul, Minnesota. *Arch Environ Health* 49(5), 366-374.
- Stadslægen, København Kommune, Miljøkontrollen, Københavns Kommune, Embedslægeinstitutionen for Københavns Amt og Frederiksberg, Miljø- og Levnedsmiddelkontrollen, Frederiksberg Kommune, Teknisk Forvaltning, Københavns Amt (1999). Bli'r man syg af luften i Storkøbenhavn? Rapport om luftforurening og sygdom i Københavns Kommune, Frederiksberg Kommune & Københavns Amt. København.
- Stedman JR, Anderson HR, Atkinson RW, Maynard RL (1997). Emergency hospital admissions for respiratory disorders attributable to summer time ozone episodes in Great Britain. *Thorax* 52, 958-963.
- Stern BR, Raizenne ME, Burnett RT, Jones L, Kearney J, Franklin CA (1994). Air pollution and childhood respiratory health: Exposure to sulfate and ozone in 10 Canadian rural communities. *Environ Res* 66, 125-142.
- Stieb DM, Burnett RT, Beveridge RC, Brook JR (1996). Association between ozone and asthma emergency department visits in Saint John, New Brunswick, Canada. *Environ Health Perspect* 104(12), 1354-1360.
- Yang W, Jennison BL, Omaye ST (1997). Air pollution and asthma emergency room visits in Reno, Nevada. *Inhal Toxicol* 9, 15-29.
- van Leeuwen R (1999). Air Quality Guidelines for Europe. Indlæg ved "The International Conference on Air Quality in Europe: Challenges for the 2000s", Venedig, 19.-21. maj 1999.
- Weisel CP, Cosy RP, Liroy (1995). Relationship between summertime ambient ozone levels and emergency department visits for asthma in central New Jersey. *Environ Health Perspect* 103(suppl 2), 97-102.
- WHO (1987). Air quality guidelines for Europe. WHO, Regional Office for Europe, København.

- WHO (1995). Update and revision of the air quality guidelines for Europe. Meeting of the Working group “Classical” Air pollutants, Bilthoven 11-14 October 1994, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, p 3-6.
- WHO (2000). Air Quality Guidelines for Europe. 2nd Edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. København.



## Bilag 1

### Luftudsigten er et tilbud til danskerne

Det er specielt mennesker med luftvejslidelser, som fx astma og bronkitis, der vil kunne have nytte af at bruge luftudsigten, idet de vil kunne bruge forudsigelserne til at tilrettelægge deres daglige medicinindtag og færden. Mennesker uden luftvejslidelser vil dog også kunne have glæde af det i de daglige meldinger. Så længe koncentrationerne af luftforureningen ligger under EU's grænseværdier, er det kun specielt følsomme individer (fx astmatikere), der vil kunne mærke en påvirkning af luftforureningen. Derfor er det svært at lave generelle retningslinier for, hvordan man skal forholde sig. Det anbefales, at man selv følger med i udviklingen af luftforureningen for at se, om der er en sammenhæng mellem ens velbefindende og luftforureningen. Hvis man mærker en sådan sammenhæng, vil man derefter kunne bruge varslerne til at indrette sin adfærd efter.

Det skal understreges, at EU's grænseværdier for de enkelte stoffer meget sjældent eller aldrig bliver overskredet i Danmark. Varsler om høje niveauer skal ikke forstås som en opfordring til at blive inden døre. I stedet er luftudsigten et tilbud i stil med vejrudsigten. Hvis vejrudsigten siger regnvejr, kan man tage den simple forholdsregel at medbringe en paraply, når man skal ud. På samme måde kan man, hvis man er særlig følsom, tage forholdsregler som:

- at undlade at foretage kraftige fysiske udfoldelser udendørs i de perioder, hvor der er særlig høj luftforurening,
- for personer med medicinkrævende luftvejslidelser at være særlig opmærksom på at kunne tilpasse medicineringen evt. i samråd med egen læge, samt
- at undgå stærkt trafikerede områder i myldretiden hvor forureningen generelt vil være værst (sidstnævnte gælder dog ikke for forhøjede ozonniveauer).