

# *Ozon – ny miljö- kvalitetsnorm*

HUR PÅVERKAS LUFTKONTROLLEN I LÄNEN  
AV DEN NYA MILJÖKVALITETSNORMEN?

# Innehållsförteckning

Förord .....	3
Sammanfattning .....	4
Bakgrund och syfte .....	5
Mätmetoder .....	5
Långsiktiga trender i ozonhalterna och variation under året .....	6
Jämförelser med miljökvalitetsnormerna för ozon .....	7
Miljökvalitetsnorm för skydd av hälsa .....	7
Jämförelse med det nationella miljömålet Frisk luft, delmålet för ozon .....	8
Jämförelse med miljökvalitetsnormen för ozon, information och larm till allmänheten.....	9
Miljökvalitetsnorm för skydd av växtlighet.....	9
Hälsoeffekter av ozon .....	11
Jämförande ozonmätningar 2004 .....	12
Indirekta effekter av ozonhalter på miljökvalitetsnorm för kvävedioxid .....	15
Rekommendationer för framtida mätningar i Luftvårdsförbundets område.....	16
Referenser .....	16

## Förord

Miljökvalitetsnormer för ozon ingår från och med 2004-08-01 i förordningen ([2001:527](#)) om miljökvalitetsnormer för utomhusluft, 9a-9b §§. Dessa skiljer sig från de övriga normerna i förordningen genom att de anger nivåer som ”skall eftersträvas”. Definitionen har uppkommit på grund av att dotterdirektivet ([02/3/EG](#)) innehåller målvärden och inte gränsvärden som övriga dotterdirektiv. Det skall eftersträvas att ozon efter den 31 december 2009 inte förekommer i utomhusluft med mer än i genomsnitt 120 mikrogram per kubikmeter luft.

Syftet med utredningen är att belysa hur detta skall hanteras inom ramen för förbundets miljöövervakning. Utredningen belyser även hälsoeffekterna av ozon, källorna till ozon i länen och bidraget från lärens utsläpp till ozonhalterna regionalt. Mycket av underlaget till rapporten vad gäller hälsoeffekter av ozon och betydelsen av ozon för kvävedioxidhalterna har hämtats från Naturvårdsverkets rapport 5519 (2005).

Utredningen har genomförts av Christer Johansson, Boel Lövenheim, K-G Westerlund och Tage Jonson.

Stockholm i februari 2006.



Miljöförvaltningen i Stockholm  
Box 8136  
104 20 Stockholm

## Sammanfattning

Marknära ozon bildas i luften till följd av fotokemiska reaktioner där kväveoxider och olika kolväten ingår. Periodvis, framförallt under senvintern och våren, kan stratosfäriskt ozon bidra till förhöjda ozonhalter i marknivå genom intensifierad vertikal omblandning. Åtgärder för att minska ozonhalterna till följd av antropogen påverkan på halterna innefattar minskade utsläpp av främst kväveoxider men även av kolväten. Ozonhalterna i Sverige styrs väldigt lite av utsläppen av kväveoxider och kolväten i Sverige eftersom tidsskalan för ozonbildning är många timmar beroende på föroreningshalterna, solinstrålningen och temperaturen. De högsta halterna under året bildas i mars, april och maj. Ozonmätningar i regionen vid Aspvreten och på Södermalm i Stockholm visar att ozonhalterna trendmässigt ökat med ca 20 % de senaste 20 åren. Variationer förekommer mellan olika år, främst beroende på vädret.

Ett nytt EG direktiv för ozon infördes i februari 2002 (2002/3/EG). Miljökvalitetsnormer för ozon finns i förordningen SFS (2001:527) som utkom den 6 juli 2004. I direktivet och förordningen anges gränsvärden för ozonhalten till skydd för både hälsa och växtlighet. Naturvårdsverket ansvarar för kontroll av miljökvalitetsnormer för ozon genom nationell övervakning av bakgrundsluft, där de högsta ozonhalterna förekommer.

Miljökvalitetsnormen för skydd av hälsa,  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , avser de senaste åtta timmarnas genomsnitt varje timme och ska eftersträvas till år 2010. Normen överskreds vid alla mätstationer i länen åren 2002- 2004 under flera dygn.

Miljökvalitetsnormen för skydd av växtlighet ska eftersträvas att nås till år 2010 och 2020. År 2010 ska värdet beräknas som ett medelvärde över 5 år. Värdet som ska eftersträvas till år 2010 har klarats på samtliga stationer. År 2020 ska värdet beräknas som ett medelvärde över ett år. Årsmedelvärden 2001-2005 jämfört med miljökvalitetsnormen för skydd av växtlighet år 2020 ligger både över och under normvärdet.

Miljökvalitetsnormen innehåller även tröskelvärden för information och larm till allmänheten vid höga ozonhalter. Halterna under 1997-2005 har legat under dessa tröskelvärden. Det högsta timmedelvärde som har uppmätts under perioden 1997-2005 i Stockholms och Uppsala län är  $161 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vid Norr Malma i augusti år 2002.

Ozon har väldokumenterade samband mellan exponering, dagligt antal dödsfall och sjukhusinläggningar även i områden där halterna inte är särskilt höga. Någon tröskelnivå har inte kunnat påvisas. I många studier ses en ökning av antalet dödsfall med 0,2-0,8 % per  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i samband med ökning av dygnets maximala värde (1 eller 8 timmar), dygnsmedelvärde eller veckomedelvärde. I en sammanvägning av studier fann WHO en linjär ökning av dagligt antal sjukhusinläggningar för andningsorganens sjukdomar på 0,7 % per  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ökning av maximala 8-timmarsmedelvärdet av ozon.

Från hälsosynpunkt är det viktigt med fortsatta ozonmätningar i befolkningstäta områden. Därför rekommenderas fortsatta mätningar ovan tak på Södermalm i Stockholm. Det skulle också vara värdefullt att komplettera ozonmätningarna ovan tak med någon mätning i gaturum. Detta skulle ge bättre underlag för exponeringsuppskattningar och bättre förståelse av hur ozonhalterna indirekt försvårar möjligheterna att klara miljökvalitetsnormer för kvävedioxid i gaturum.

Bakgrundsstationerna i det nationella nätet, Aspvreten i sydost och Grimsö i väster, är viktiga referensstationer för ozonhalter luftvårdsförbundets övervakningsområde. Med utgångspunkt från dessa stationer räcker en bakgrundsstation i luftvårdsförbundets område. Den bästa bakgrundsmätningen härvidlag är Norr Malma, nordost om Stor-Stockholm. Avståndet 7 mil från Stockholm är detsamma som till Aspvreten i sydost. En jämförande mätning i Resarö närmare Stockholm visar samma halter som Norr Malma. Stockholmsutsläppen av NOx och VOC har därför endast marginell inverkan på de regionala bakgrundshalterna. Marsta norr om Uppsala är däremot påverkad av kväveoxidutsläppen från trafiken längs E4:an och utgör därför inte en lika representativ bakgrundsmätning som Norr Malma.

## Bakgrund och syfte

Marknära ozon bildas i luften till följd av fotokemiska reaktioner där kväveoxider och olika kolväten ingår. Periodvis, framförallt under senvintern och våren, kan stratosfäriskt ozon bidra till förhöjda ozonhalter i marknivå genom intensifierad vertikal omblandning. Åtgärder för att minska ozonhalterna till följd av antropogen påverkan på halterna innefattar minskade utsläpp av kväveoxider (NO<sub>x</sub>) och kolväten (VOC). Eftersom det är kväveoxidhalterna som är dimensionerande för ozonbildningen kan det vara effektivast att i första hand minska dessa utsläpp, men många åtgärder leder till att både kolväte och kväveoxidutsläppen minskar. Ozonhalterna i Sverige styrs väldigt lite av utsläppen av kväveoxider och kolväten i Sverige eftersom tidsskalen för ozonbildning är många timmar beroende på föroreningshalterna, solinstrålningen och temperaturen.

Ett nytt EG direktiv för ozon infördes i februari 2002 (2002/3/EG). Miljökvalitetsnormer för ozon finns i förordningen SFS (2001:527) som utkom den 6 juli 2004. I direktivet och förordningen anges gränsvärden för ozonhalten till skydd för både hälsa och växtlighet. Värdet till skydd av hälsa skall inte överskridas efter den 31 december 2009. Till skydd av växtlighet anges två värden, ett för perioden 2010 – 2020 och ett efter 2020. I förordningen anges att ozonhalterna skall kontrolleras genom mätning såväl i storstäder som i andra områden om nivån som skall nås kan komma att överskridas. Det är Naturvårdsverket som har ansvar för att mätningar kommer till stånd, inte som för andra ämnen då det är kommunerna. Naturvårdsverket bedömer också om ”ett tröskelvärde för larm för ozon bör fastställas för att skydda allmänheten” samt ”ett informerande tröskelvärde för ozon bör fastställas för att skydda känsliga grupper i befolkningen”. Dessutom ska Naturvårdsverket tillhandahålla ”uppdaterad information om ozonkoncentrationen i luften” till allmänheten samt utge årliga rapporter om ozonhalter i luften.

Nationell övervakning av ozonhalterna avser bakgrundsluft. Ozonhalter från den nationella miljöövervakningen rapporteras kontinuerligt på IVL's hemsida (i egenskap av datavärd <http://www.ivl.se/miljo/projekt/ozon/intro.asp>). I övervakningen ingår 7 bakgrundsstationer utspridda över landet. Dessutom finns data från Malmö och Helsingborg. Den bakgrundsstation som ligger närmast Stockholms och Uppsala län är Aspvreten, 7 mil sydost om Stockholm. För hela Stockholmsregionen är Aspvreten en viktig referensstation. ITM ansvarar för ozonmätningarna vid Aspvreten. Mätdata från Luftvårdsförbundet i Stockholms och Uppsala län uppdateras kontinuerligt varje timme på förbundets hemsida, <http://www.slb.nu/lvf>. Länsstyrelsen i Stockholms län mäter också ozonhalter, men med lägre tidsupplösning (månad) med passiva provtagare. Månadsdata kan inte användas för jämförelse mot miljökvalitetsnormer men ger information om nivåer på ozonhalter vid flera platser i länet. Alla data presenteras i rapporter från IVL. Den senaste rapporten heter "Övervakning av luftföroreningar i Stockholms län. Resultat till och med september 2004". Den finns på länsstyrelsens hemsida <http://www.ab.lst.se> under Publikationer och sedan Rapporter.

Ozonhalterna är lägre inne i städerna där de flesta bor och arbetar. Ur folkhälsosynpunkt är det viktigt att kontrollera vilka halter som befolkningen utsätts för och då är övervakning av bakgrundsluften otillräcklig. Ozonhalterna styr också till stor del halterna av kvävedioxid. För att förstå orsakerna till utvecklingen av kvävedioxidhalterna är det därför viktigt med kunskap om ozonhalterna i tätorterna.

Syftet med utredningen är att belysa hur detta skall hanteras inom ramen för förbundets miljöövervakning. Utredningen belyser hälsoeffekterna av ozon, källorna till ozon i länen och diskuterar även bidraget från länen utsläpp till ozonhalterna regionalt.

## Mätmetoder

Enligt EG-direktivet 2002/3/EG gäller UV-fotometrisk metod SS-ISO 13964:1998 "Air quality – Determination of ozone in ambient air – Ultraviolet photometric method". Instrumenten kalibreras med referens-spektrofotometer (UV) enligt SS-ISO 13964:1998 "Air quality – Determination of ozone in ambient air – Ultraviolet photometric method" och VDI 2468, Blatt 6:1979: "Gaseous air pollution measurement – Measurement of ozone concentration – Direct UV-photometric method".

Det finns inga krav på metod för ozon i föreskrifterna NFS 2003:27. Däremot finns en EN-standard SS-EN 14625: " Utomhusluft - Standardmetod för mätning av koncentrationen av ozon med ultraviolett fotometri", som skall utgöra referens- och kalibreringsmetod för detta direktiv. Mätningarna av ozon i länen och kalibreringen av instrumenten har skett i enlighet med kraven i direktivet. Kalibrering har skett vid ITM referenslaboratoriet.

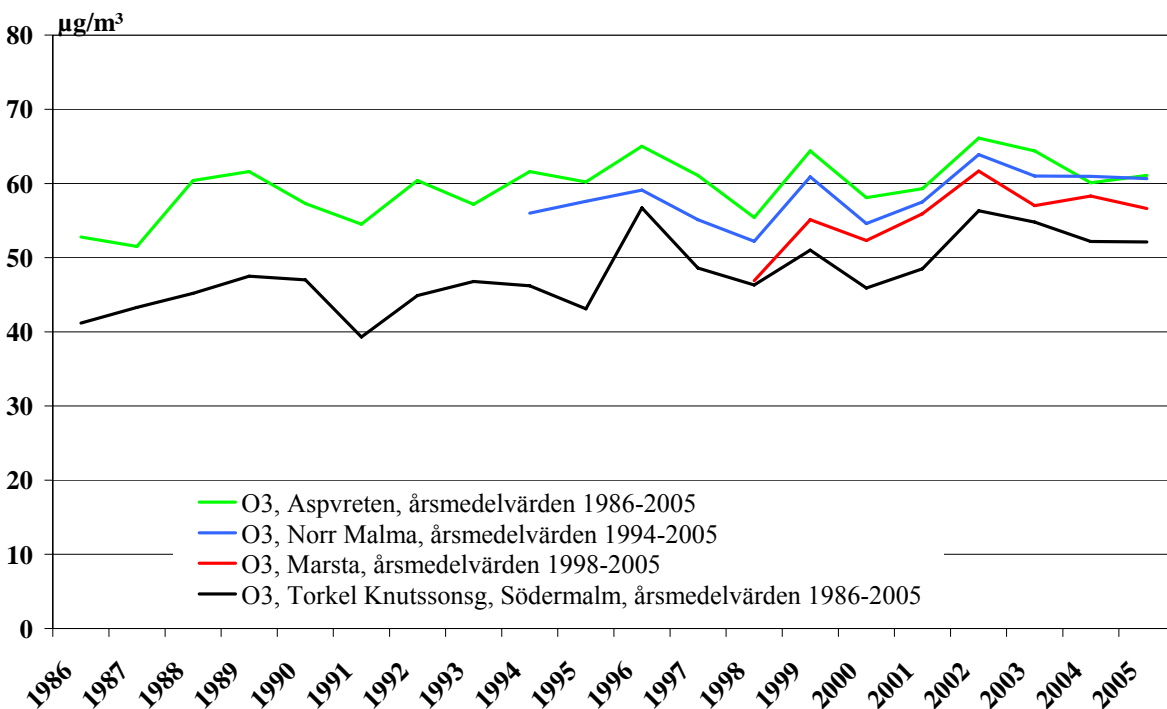
## Långsiktiga trender i ozonhalterna och variation under året

Ozonhalterna vid regionens bakgrundsstationer är högre än halterna i Stockholms innerstad (se Figur 1 och Figur 2). Detta beror på att ozonet som transporteras in över Stockholm bryts ned av trafikens utsläpp av kvävemonoxid. Utsläppen av kvävemonoxid har dock minskat kraftigt i och med den katalytiska avgasreningen. Detta medför att det förbrukas mindre ozon i gaturummet. Detta kan vara förklaringen till den antydning till ökande ozonhalter som finns för Stockholms innerstad. Trenderna i ozonhalter i Göteborg och Malmö är i stort sett desamma som i Stockholm och även i andra städer i Europa har ökande ozonhalter noterats.

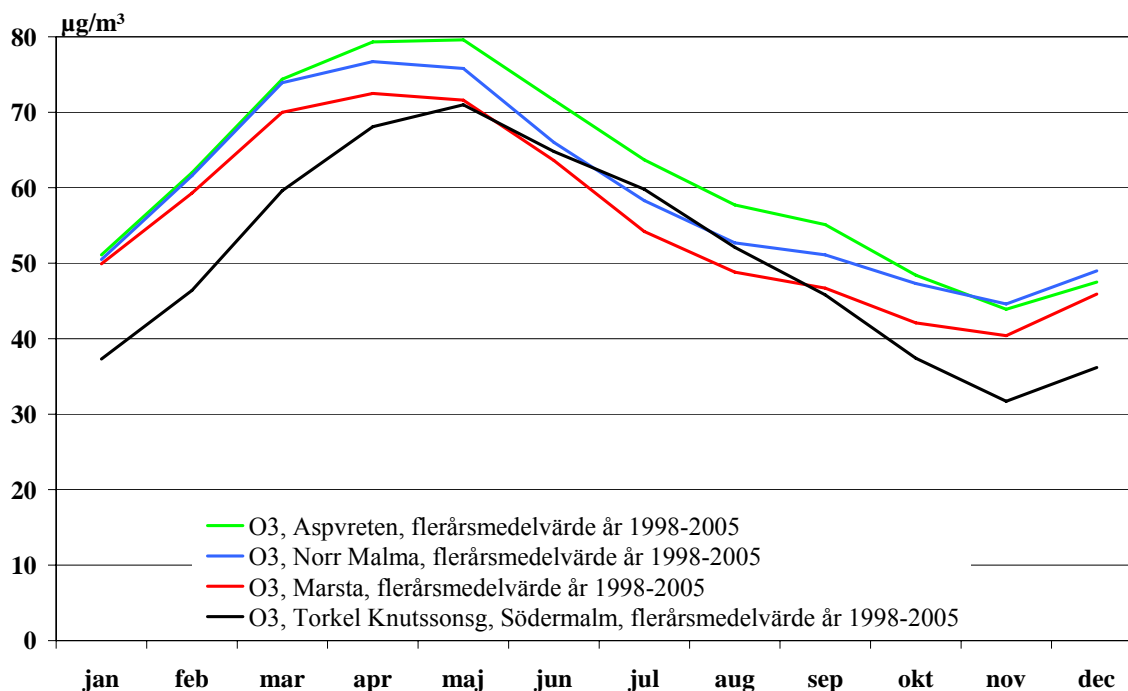
Även bakgrundshalterna har ökat vilket påverkar halterna i innerstaden. Orsakerna till de ökade bakgrundshalterna är inte helt klar men sannolikt bidrar ökade utsläpp av kväveoxider och kolväten i utvecklingsländerna till att halterna ökar i hela troposfären.

De högsta halterna av ozon noteras under sensvintern och våren (Figur 2). I bakgrundsluften når halten maximala värden under april och maj. Av bakgrundsstationerna noteras de högsta halterna vid Aspvreten och de lägsta vid Marsta. Ozonhalterna vid Marsta påverkas sannolikt delvis av utsläppen av NO<sub>x</sub> längs E4, vilket leder till något lägre halter där.

I Stockholms innerstad inträffar de högsta halterna under maj. Trafikens utsläpp av NO<sub>x</sub> leder till lägre halter under nästan hela året. Påverkan av trafikens NO<sub>x</sub> utsläpp är som minst under sommaren då halterna är lika höga i innerstaden som vid Norr Malma. Detta beror dels på bättre luftomblandning dels på att utsläppen av NO<sub>x</sub> är lägre på grund av mindre trafik.



Figur 1. Årsmedelvärden för ozonhalter 1986-2005.



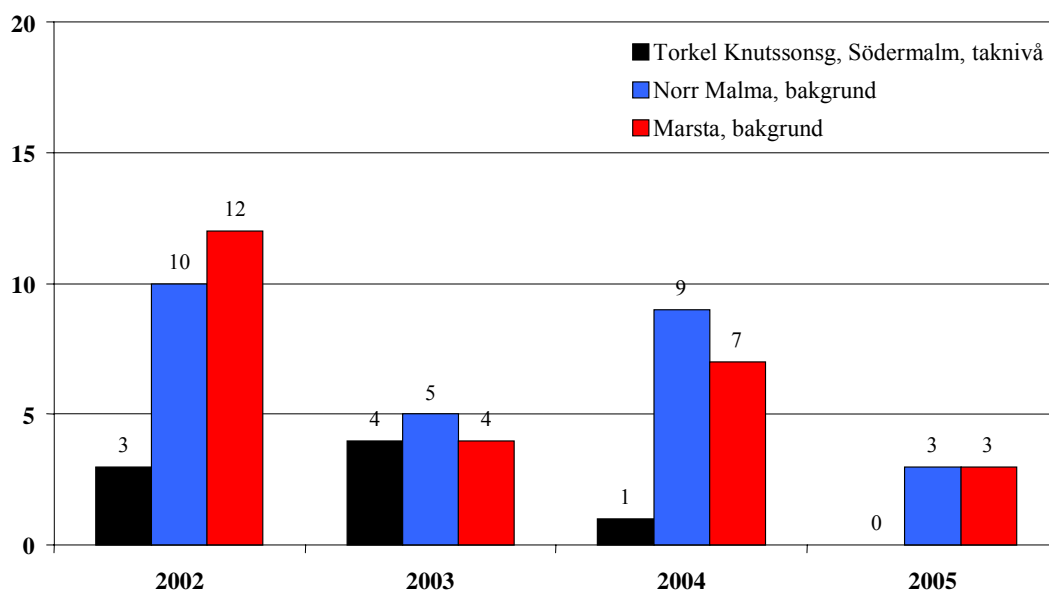
Figur 2. Genomsnittliga månadsmedelvärden för ozonhalter 1998 – 2005.

## Jämförelser med miljökvalitetsnormerna för ozon

Från och med den 1 augusti 2004 finns miljökvalitetsnormer för ozon i förordningen (2001:527) om miljökvalitetsnormer för utomhusluft. Miljökvalitetsnormerna för ozon skiljer sig från de övriga normerna i förordningen genom att de anger nivåer som ”skall eftersträvas”. Definitionen har uppkommit på grund av att EU’s dotterdirektiv innehåller målvärden och inte gränsvärden som övriga dotterdirektiv. Nivåerna som ska eftersträvas för marknära ozon avser skydd av människors hälsa samt skydd av växtligheten. Värdena ska eftersträvas att nås senast år 2010/2020. Miljökvalitetsnormen innehåller även tröskelvärden för information samt larm till allmänheten vid höga ozonhalter.

### *Miljökvalitetsnorm för skydd av hälsa*

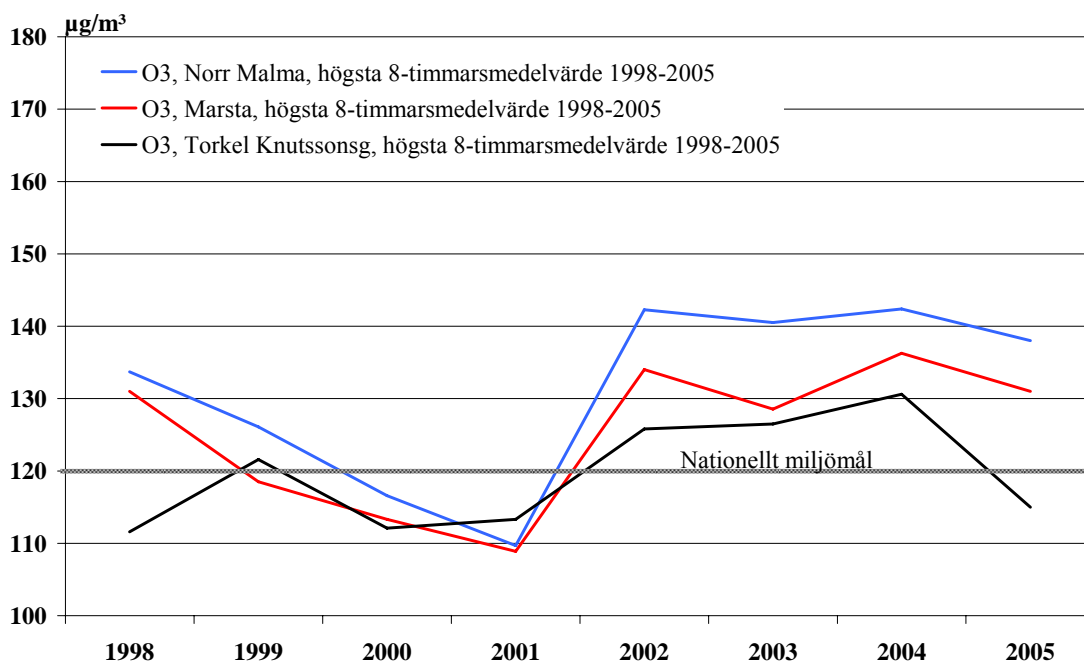
Miljökvalitetsnormen för skydd av hälsa,  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , avser ett genomsnittvärde för ett dygn och ska eftersträvas till år 2010. Ett åttatimmarsgenomsnitt skall bestämmas för varje timme. Dygnsvärdet bestäms som det högsta av de under dygnet bestämda tjugofyra åttatimmarsgenomsnitten. Normen överskreds vid bakgrundsstationerna. Åren 2002- 2004 överskreds normen vid flera tillfällen vid alla mätstationer (Figur 3).



Figur 3. Antal dagar med 8-timmars medelvärde över 120 µg/m<sup>3</sup>.

#### Jämförelse med det nationella miljömålet Frisk luft, delmålet för ozon

Det nationella miljömålet Frisk luft, delmålet för marknära ozon, är angivet som ett delmål till år 2010. Delmålet innebär att halten inte ska överskrida 120 µg/m<sup>3</sup> som 8-timmars medelvärde, dvs detsamma som miljö kvalitetsnorm för skydd av hälsa. Målet överskreds åren 2002 - 2005 vid Norr Malma och Marsta. I Stockholms innerstad klarades målet 2005, men överskreds 2002 - 2004 (Figur 4).



Figur 4. Ozon, högsta 8-timmarsmedelvärde 1998-2005.



*Jämförelse med miljö kvalitetsnormen för ozon, information och larm till allmänheten*

Miljö kvalitetsnormen innehåller även tröskelvärden för information och larm till allmänheten vid höga ozonhalter. Halterna under 1997-2005 har inte överskridit något av dessa tröskelvärden (Tabell 1). Det högsta timmedelvärde som har uppmätts under perioden 1997-2005 i Stockholms och Uppsala län är 161 µg/m<sup>3</sup> vid Norr Malma i augusti år 2002.

**Tabell 1. Jämförelse med tröskelvärden för information och varning.**

Miljö kvalitetsnorm ozon (µg/m <sup>3</sup> )	Medelvärdetid	Anmärkning	Antal överskridanden av tröskelvärden		
			1997-2005		
			Södermalm Torkel Knutssonsg taknivå	Norr Malma	Marsta
180	1 timme	Tröskelvärde som ska eftersträvas. Skyldighet att informera allmänheten	0	0	0
240	1 timme	Tröskelvärde som ska eftersträvas. Skyldighet att varna allmänheten	0	0	0

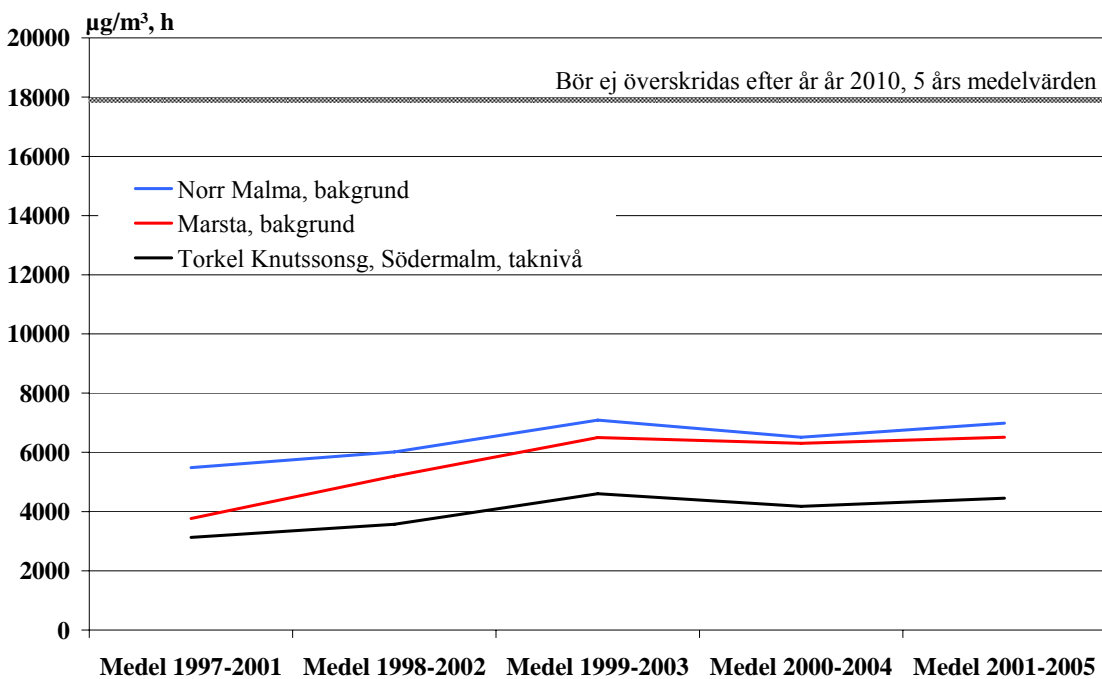
*Miljö kvalitetsnorm för skydd av växtlighet*

Marknära ozon är den viktigaste växtskadande luftföroreningen för svenskt jordbruk. Ozonet i omgivningsluften orsakar ett stort skördebortfall, bl a på grund av synliga skador på bladen och försämrade tillväxt. Till skydd av växtlighet har ett exponeringsindex införts i miljö kvalitetsnormen. Indexet benämns AOT 40, vilket står för "accumulated exposure over a threshold 40 ppb". 40 ppb ozon motsvarar ungefär 80 µg/m<sup>3</sup> ozon. Indexet innebär att det under perioden 1 maj till 31 juli varje år skall för varje timme mellan kl 8.00 och 20.00 bestämmas ett timmedelvärde för ozonhalten. Från varje timvärde subtraheras 80 µg/m<sup>3</sup>. Om resultatet är större än noll så ackumuleras detta värde. Alla ackumulerade värden summeras till en totalsumma för hela perioden. Totalsumman ska spegla växtlighetens dos (koncentration multiplicerat med tid) av höga ozonhalter under växtsäsongens alla timmar med dagsljus.

Miljö kvalitetsnormen för skydd av växtlighet ska eftersträvas att nås till år 2010 och 2020. År 2010 ska värdet beräknas som ett medelvärde över 5 år. År 2020 ska värdet beräknas som ett medelvärde över ett år. Under perioden 1 maj till 31 juli varje år skall det för varje timme mellan kl 8.00 och 20.00 bestämmas ett timmedelvärde för ozonhalten. Värdet som ska eftersträvas till år 2010 har klarats på samtliga stationer (Tabell 2 och Figur 5).

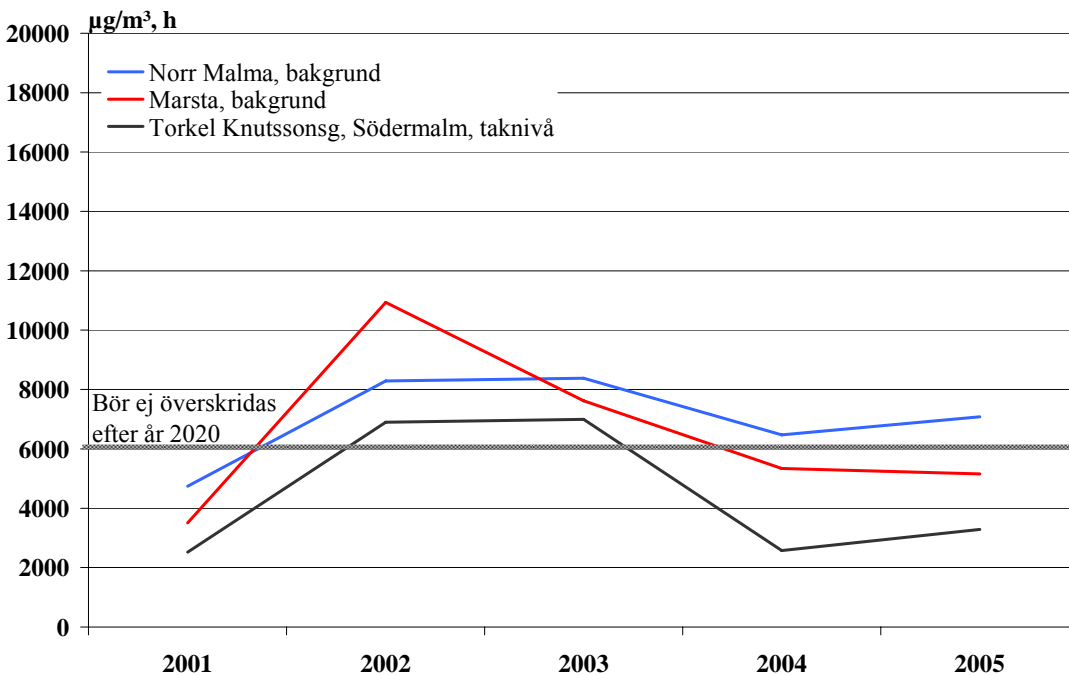
**Tabell 2. Miljö kvalitetsnormozon (µg/m<sup>3</sup>,h) skydd av växtlighet.**

Norm (µg/m <sup>3</sup> ,h) skydd av växtlighet	Medelvärdes-tid	Anmärkning	Torkel Knutssonsg, Södermalm, taknivå	Norr Malma	Marsta
			Värde år 2005		
18 000 (år 2010) 6 000 (år 2020)	1 timme	Värde som ska eftersträvas, skydd av växtligheten (AOT40)	3283	7082	5155
			Medelvärde år 2001-2005		
			4453	6992	6512



Figur 5. Femårsmedelvärdet av AOT40 åren 2001-2005 jämfört med miljö kvalitetsnorm för 2010.

Årsmedelvärden 2001-2005 jämfört med miljö kvalitetsnormen för skydd av växtlighet (AOT40) år 2020 ligger både över och under normvärdet (Figur 6). Åren 2002 och 2003 låg årsmedelvärdena vid alla mätstationer över normvärdet för 2020.



Figur 6. Årsmedelvärden för AOT40 åren 2001-2005 jämfört med miljö kvalitetsnorm för 2020.

## Hälsoeffekter av ozon

Ozon har väldokumenterade samband mellan exponering, dagligt antal dödsfall och sjukhusinläggningar även i områden där halterna inte är särskilt höga. Någon tröskelnivå har inte kunnat påvisas.

De exponerings-responssamband som är lättast att jämföra baserat på ett stort antal studier avser effekten på dagligt antal dödsfall. I många genomförda studier ses en ökning av antalet dödsfall med 0,2-0,8 % per 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i samband med ökning av dygnets maximala värde (1 eller 8 timmar), dygnsmedelvärde eller veckomedelvärde.

Sambandet mellan ozon och dagligt antal dödsfall har analyserats i det europeiska APHEA2-projektet för 22 städer inklusive Stockholm. Här blev den sammanvägda ozoneffekten cirka 0,3 % (95 % KI= 0,2-0,5 %) per 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ökning av de senaste två dygnens medelvärde av både maximala 1-timmars respektive maximala 8-timmarsmedelvärdet. I en undersökning av 95 städer i det amerikanska projektet NMMAPS fann man totalt en effekt på 0,52 % (95 % KI = 0,27-0,77) per 10 ppb ( $\sim 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ökning av senaste veckans medelvärde av ozonhalten. En brittisk expertkommitte (COMEAP, 1998) bedömde utifrån litteraturen att ökningen av dödligheten är 0,6 % per 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ökning av max. 8-timmarsmedelvärde för ozon.

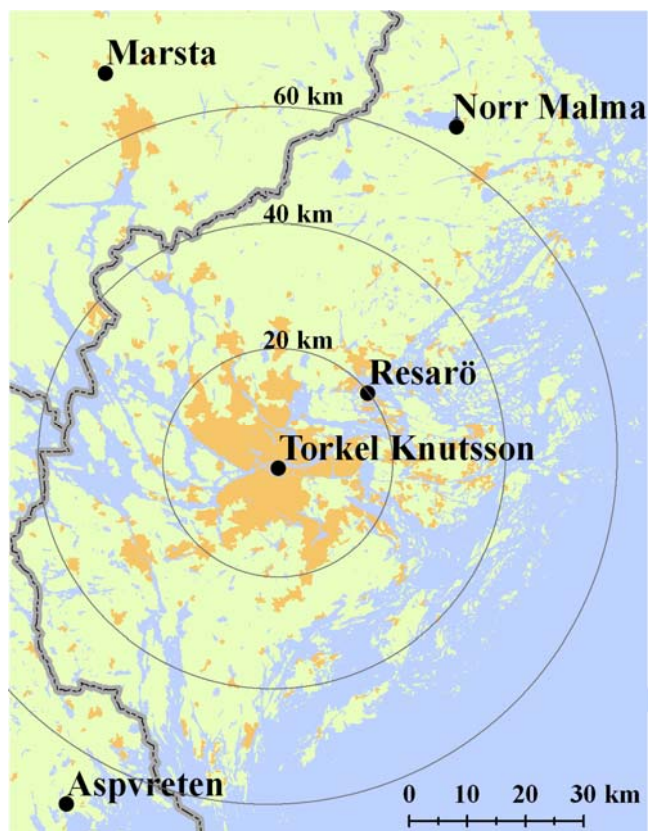
Det finns ett stort antal studier av ozonhalt och dagligt antal sjukhusinläggningar för sjukdomar i andningsorganen. I det europeiska APHEA-projektet studerades fem städer, för vilka sammantaget konstaterades en ökning av inläggningar bland äldre personer (65+) på cirka 0,8 % per 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ökning av maximala 1-timmarsmedelvärdet.

En sammanvägning av studier gällande korttidseffekter av ozon som publicerats 1996-2001, genomförd i samband med en litteraturgenomgång som underlag för en WHO-rapport (WHO, 2003), fann en linjär ökning av dagligt antal sjukhusinläggningar för andningsorganens sjukdomar på 0,7 % per 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ökning av maximala 8-timmarsmedelvärdet av ozon, (95% KI = 0,3-1,0 %). Samma värde föreslogs 1998 i en rapport från en brittisk expertgrupp (COMEAP, 1998).

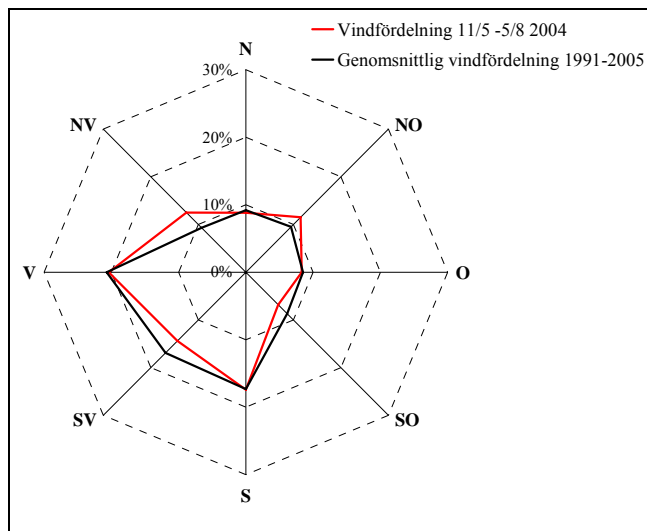
Inom den hälsorelaterade miljöövervakningen har sambanden analyserats mellan korttidshalter av luftföroreningar, inklusive ozon, och antalet akuta sjukhusinläggningar för andningsorganens sjukdomar i Stockholm, Göteborg, Malmö och Helsingborg. Studien belyser effekten av medelvärdet av de två senaste dygnens maximala 8-timmarsmedelvärde, med samtidig kontroll för kvävedioxid och partiklar. Sammantaget var hälsoeffekten av enbart ozon stark, cirka 1,8 % per 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Analyserna tyder inte på någon tröskeleffekt.

## Jämförande ozonmätningar 2004

För att utröna om ozonhalten i luften är beroende av mätplatsens lokalisering relativt Stockholms innerstad har SLB-analys under perioden 040511 – 040805 även genomfört mätningar på en öppen plats vid Resarö skola c:a 2 mil nordost om centrala Stockholm (Figur 7). Platsen ligger i lä från Stockholm vid förhållande vindriktning d. v. s vid syd – västvindar. Vindriktningsdiagrammet Figur 8 visar att förhållandena under den aktuella mätperioden väl representerar genomsnittsförhållandena under den senaste 15 årsperioden.



Figur 7. Ozonmätningar med timupplösning i Stockholmsregionen.



**Figur 8. Vindfördelning under perioden 11 maj – 5 augusti 2004 samt den genomsnittliga fördelningen under 1991 – 2005.**

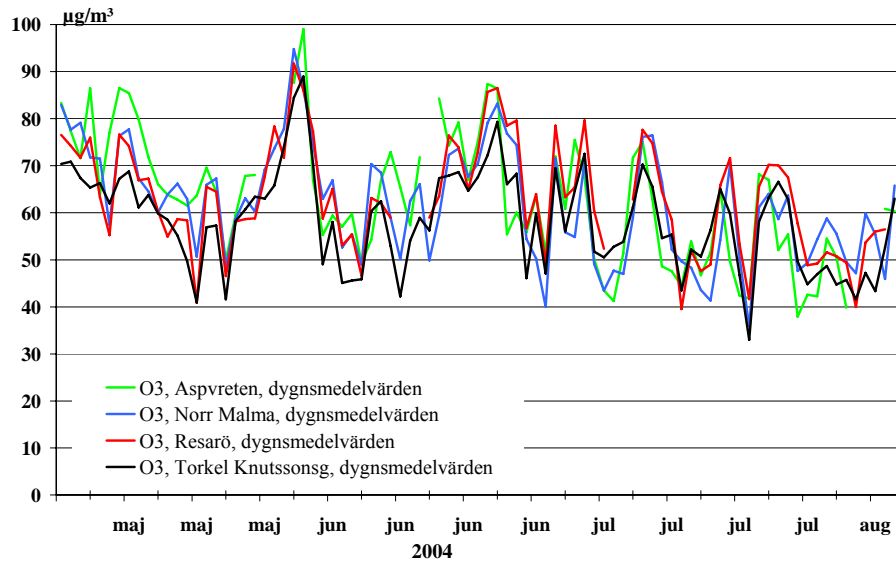
Ozonhalterna i regionens bakgrundsluft är tämligen lika vid landsbygdstationerna (se Tabell 3, Figur 9 och Figur 10). Innerstadsluftens ozonhalt är dock klart lägre än landsbygdens på grund av den förbrukning av ozon som sker genom kemisk reaktion mellan ozon och kväveoxid, huvudsakligen från fordonstrafiken.

Resultatet av de jämförande ozonmätningarna i regionens bakgrundsluft visar att ozonhalten i Stockholmsregionen inte beror på platsens läge i förhållande till Stockholm och att utsläppen av NO<sub>x</sub> och VOC bidrar mycket litet till ökning av ozonhalten på läsidan NO om Stockholm.

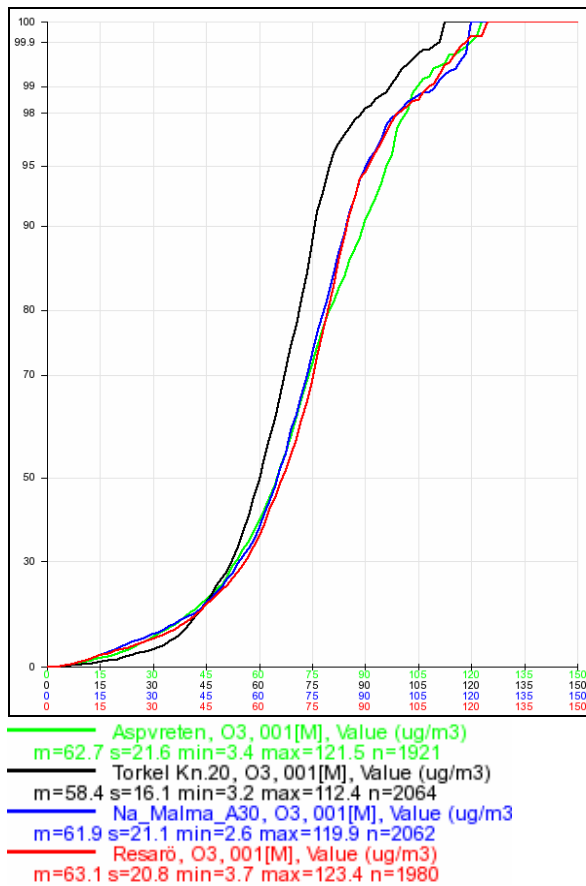
**Tabell 3. Sammanställning av ozonhalter vid Resarö, Aspvreten, Torkel Knutssonsgatan och Norr Malma under perioden 11 maj – 5 augusti 2004.**

Period 040511 – 040805	Aspvreten ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Torkel Knutssonsg, Södermalm, taknivå ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Norr Malma ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Resarö ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Periodmedelvärde	62	58	62	63
Högsta timmedelvärde	122 (5 juni)	112 (5 juni)	120 (5 juni)	123 (5 juni)
Högsta 8-timmars medelvärde *	116 (5 juni)	107 (5 juni)	118 (5 juni)	116 (5 juni)
Högsta dygnsmedelvärde	99 (5 juni)	89 (5 juni)	95 (4 juni)	92 (4 juni)

\*glidande 8h-medelvärde



Figur 9. Tidsserie av dygnsmedelvärden,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Figur 10. Kumulativ frekvensfördelning av entimmesmedelvärden,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## Indirekta effekter av ozonhalter på miljö kvalitetsnorm för kvävedioxid

I Stockholm har halterna av kväveoxider (Nox) i taknivå och gatunivå minskat successivt sedan mätningarna började 1982. År 1990 var årsmedelvärdena av halterna i taknivå ca  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  och år 2004 ca  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Minskningen under 90-talet följer i stort sett utsläppsminskningen från trafiken, som i Stockholm är den dominerande källan. Stockholms fordonspark har förnyats snabbare än i Sverige som helhet. För kvävedioxid ( $\text{NO}_2$ ) är trenden i halterna inte alls lika kraftig som för NOx. I Stockholm har  $\text{NO}_2$  halterna (i taknivå) sjunkit från omkring  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  1990 till något under  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  2004. I dåligt ventilerade gaturum har  $\text{NO}_2$  halterna sjunkit ännu långsammare. Orsaken till detta är att andelen  $\text{NO}_2$  av NOx i tätorterna till största delen styrs av fotokemi där ozon ( $\text{O}_3$ ) spelar en avgörande roll. Dessutom har direktutsläppen av  $\text{NO}_2$  relativt sett ökat under de senaste 10 åren, dvs andelen  $\text{NO}_2$  av NOx har ökat i utsläppen.

Den genomsnittliga trenden för  $\text{NO}_2$  i Stockholm för perioden är  $-0,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per år. Detta kan jämföras med  $\text{O}_3$  haltens ökning på  $0,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per år. Minskningen i  $\text{NO}_2$  halt är alltså lite större än ökningen i  $\text{O}_3$  halt. Men om man ser till de senaste 5 åren, 2000 – 2004, var ökningen i  $\text{O}_3$  halt  $1,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per år, medan minskningen i  $\text{NO}_2$  halt bara var  $0,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per år. Summan av  $\text{O}_3$  plus  $\text{NO}_2$  har alltså ökat i Stockholm med  $0,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$  under de senaste 5 åren. I bakgrundsluften har halterna av  $\text{NO}_2$  varit i stort sett konstanta.

De fotokemiska reaktionerna mellan NO och  $\text{O}_3$  samt fotolysen av  $\text{NO}_2$  styr halterna av  $\text{NO}_2$  under dagtid. Om man enbart betraktar nattvärdena så är det förutom andelen  $\text{NO}_2$  i utsläppen enbart reaktionen mellan NO och  $\text{O}_3$  som styr  $\text{NO}_2$  andelen i gaturummet. Analyser för Hornsgatan i Stockholm visar att andelen  $\text{NO}_2$  av NOx i utsläppen ökat med omkring en faktor 10 under perioden 1990-2004. Den genomsnittliga andelen för hela dygnet har sannolikt ökat ännu mera eftersom den tunga dieseltrafikens bidrag inte får genomslag i nattvärdena.

Ozonhalterna i bakgrundsluften kommer sannolikt fortsätta öka inte minst på grund av ökade utsläpp i utvecklingsländer. Detta bidrar till att öka  $\text{NO}_2$  andelen av NOx inne i städerna. För att  $\text{NO}_2$  halterna inte skall öka krävs fortsatt minskning av de totala NOx utsläppen. Om minskningen av NOx utsläppen i städerna stannar av helt eller till och med ökar i framtiden så kommer  $\text{NO}_2$  halterna också att börja öka. Faktorer som gör att NOx utsläppen inte fortsätter minska kan förutom ökande dieselandel vara ökande bidrag från andra källor såsom sjöfarten.

I Stockholm ökar betydelsen av de dieseldrivna tunga fordonen för NOx utsläppen vilket betyder att andelen  $\text{NO}_2$  av NOx i fordonsavgaserna ökar. Andelen dieselfordon av personbilarna inom EU närmar sig 50%, men i Sverige är andelen bara knappt 5%. Hur den framtida personbilssammansättningen kommer att se ut är osäkert beroende på att beskattning och andra faktorer påverkar försäljningen, men det är inte osannolikt att dieselfordon får större betydelse i framtiden. Det är ganska säkert att den genomsnittliga  $\text{NO}_2$  andelen i utsläppen från fordonsparken i Sverige kommer att öka. Men om de totala utsläppen ökar eller inte är mera osäkert.

Eftersom miljö kvalitetsnormen för  $\text{NO}_2$  överskrids uteslutande nära starkt trafikerade vägar och i dåligt ventilerade gaturum behövs bättre förståelse av hur ozonhalterna samspelar med NOx utsläpp och  $\text{NO}_2$  halter. Speciellt i gaturum har  $\text{NO}_2$  halterna inte minskat i den takt som förväntats utifrån de minskningar i NOx utsläpp som främst Europeiska avgaskrav åstadkommit. Indirekt försvårar därmed ökningen i ozonhalter möjligheterna att klara miljö kvalitetsnormer för kvävedioxid i gaturum.

## Rekommendationer för framtida mätningar i Luftvårdsförbundets område

Eftersom Naturvårdsverket ansvarar för kontroll av miljökvalitetsnormer för ozon och nationell ozonövervakning bör samordning ske med det nationella nätet. Bakgrundsstationerna i det nationella nätet, Aspvreten i sydost och Grimsö i väster, är därvid viktiga referensstationer för ozonhalter luftvårdsförbundets övervakningsområde. Med utgångspunkt från dessa stationer räcker en bakgrundsstation i luftvårdsförbundets område. Den bästa bakgrundsmätningen härvidlag är Norr Malma, nordost om Stor-Stockholm. Avståndet 7 mil från Stockholm är detsamma som till Aspvreten i sydost. Den jämförande mätningen i Resarö närmare Stockholm visar samma halter som Norr Malma. Stockholmsutsläppen av NO<sub>x</sub> och VOC har därför ingen inverkan på de regionala bakgrundshalterna. Marsta norr om Uppsala är däremot för påverkad av utsläppen längs E4:an och utgör därför inte en lika representativ bakgrundsmätning som Norr Malma.

Från hälsosynpunkt är det viktigt med fortsatta ozonmätningar som är representativa för befolkningen som till största delen bor och arbetar inne i städerna. Därför rekommenderas fortsatta mätningar ovan tak på Södermalm i Stockholm. Denna typ av mätvärden behövs för studier av hälsoeffekter. Det är exempelvis viktigt att i epidemiologiska studier kunna belysa effekterna av ”renodlad” exponering (exempelvis höga ozonhalter vid låga halter av avgaser och PM<sub>10</sub> och vice versa) respektive eventuella interaktionseffekter. Svenska studier behövs också för att belysa exponerings-respons sambandens form i svenska tätorter jämfört med i de länder som dominerar den internationella litteraturen.

Det är viktigt att fortsatta ozonmätningar ovan tak kompletteras med mätningar av NO<sub>x</sub> och NO<sub>2</sub>. NO<sub>x</sub> halterna är en mycket god indikator på vägtrafikens utsläpp, inte bara av NO<sub>x</sub> utan även av andra luftföroreningar (t ex avgaspartiklar). Mätningar av NO<sub>2</sub> är betydligt sämre indikator på avgasutsläppen på grund av inverkan av de fotokemiska reaktionerna.

Det skulle också vara värdefullt att komplettera ozonmätningarna som nu sker i taknivå med någon mätning i gaturum. Detta skulle ge bättre underlag för exponeringsuppskattningar och bättre förståelse av hur ozonhalterna indirekt försvårar möjligheterna att klara miljökvalitetsnormer för NO<sub>2</sub> i gaturum. För bättre beräkningar av ozonexponering vore det också värdefullt att bättre känna förhållandet mellan ozonhalterna utomhus och inomhus.

## Referenser

Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/3/EG om ozon i luften

Miljödepartementet 2004, Förordning om miljökvalitetsnormer för utomhusluft (SFS 2001:527, uppdaterad t.o.m. 2004:661)

Naturvårdsverkets rapport 5519, december 2005, Kvävedioxid och ozon i tätortsluften – halternas samspel samt konsekvenser för hälsan.





Stockholms- och Uppsala Läns Luftvårdsförbund är en ideell förening. Medlemmar är 33 kommuner, länens två landsting samt institutioner, företag och statliga verk. Samarbete sker med länsstyrelserna i länen. Även Gävle och Sandvikens kommuner är medlemmar. Målet med verksamheten är att samordna arbetet vad gäller luftmiljö i området med hjälp av ett system för luftmiljöövervakning, bestående av bl a mätningar, emissionsdatabaser och spridningsmodeller. SLB-analys driver systemet på uppdrag av Luftvårdsförbundet.



**POSTADRESS:**  
Box 38145, 100 64 Stockholm  
**BESÖKSADRESS:**  
Västgötagatan 2  
**TEL. 08 – 615 94 00**  
**FAX 08 – 615 94 94**  
**INTERNET [www.slb.nu/lvf](http://www.slb.nu/lvf)**