



rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

För SIKKA

Värdering av NO_x-utsläpp från trafik

C-Å Boström
Anne Lindskog
Karin Sjöberg

2002-04-10

IVL

Organisation/Organization IVL Svenska Miljöinstitutet AB IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	RAPPORTSAMMANFATTNING Report Summary
Adress/address Box 47086 402 58 Göteborg	Projekttitel/Project title
Telefonnr/Telephone 031-725 62 00	Uppdragsgivare/Client SIKA
Rapportförfattare/author C-Å Boström A Lindskog K Sjöberg	
Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report Värdering av NOx-utsläpp från trafik	
Sammanfattning/Summary	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren/Keywords	
Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data Arkivnr L02/16	

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
1 Bakgrund.....	4
2 Uppdraget.....	5
3 Ozons oxidation av NO.....	5
3.1 Allmänt.....	5
3.1.1 Reaktionskedjan.....	5
3.1.2 Problemet.....	7
3.2 Lokala oxidationsmönster.....	8
3.2.2 Observationer i urban miljö.....	8
3.3 Förslag.....	19
Referenser.....	21

Sammanfattning

Föreliggande rapport handlar om hur emissionen av kväveoxider (NO_x) som kan hänföras till trafiksektorn, främst oxidationen av kväveoxid (NO) i tätortsmiljöer skall värderas.

I den rapport som Leksell lämnat till SIKÅ 2000 avseende förslag till ekonomisk värdering av utsläpp till luft från trafiksektorn, ingår ett avsnitt om hur ozons (O_3) reaktion med kväveoxider skall betraktas ur belastningssynpunkt såväl i tätorter som regionalt. Ozons oxidation av lokalt emitterad kväveoxid, framförallt från biltrafik, och därmed ökad kvävedioxidhalt (NO_2) är en relativt komplicerad process på den lokala skalan. Leksells förslag till nollvärdering, som hade motiverats med NO -utsläppens oklara nettoeffekt på hälsan, har gett upphov till diskussioner. De antaganden som gjorts i Leksells rapport har därför granskats och ett förslag utarbetats för hur NO_x emissioner i tätorter skall värderas.

Med tanke på att ozons oxidation av NO på den lokala skalan (tätorter) ger ett betydande tillskott av NO_2 till den direktemitterade kvävedioxiden under de flesta väderlekssituationer och på relativt korta avstånd från utsläppspunkten, anser vi att NO_x utsläppen bör ges en kostnadsvärdering även på den lokala skalan. Vår slutsats är att Leksells resonemang där man kvittar reduktionen (indirekt hälsoeffekten) av ozon mot en ökning av NO_2 -halten ej torde vara relevant i de flesta svenska tätorter.

Vi föreslår därför en värdering av NO_x -utsläppen, baserat på det material som tagits fram i granskningen. Genom en omräkning av NO_x -utsläppen ($\text{NO} + \text{NO}_2$) från trafiksektorn till NO_2 med en faktor som varierar mellan olika utsläppsmiljöer erhålls sannolikt ett riktigare underlag för kostnadsvärdering. I de större städerna föreslås att faktorn sätts till 0,7 och i övriga tätorter till 0,9 oberoende av årstid. Den beräkning av specifika exponeringar i olika tätorter (> 10000 invånare) som SIKÅ låtit Leksell genomföra bedömer vi vara en relativt god uppskattning av de exponeringsförhållanden som kan förekomma i olika tätorter spridda över landet.

1 Bakgrund

I den rapport som Leksell lämnat till SIKÅ 2000 avseende förslag till ekonomisk värdering av utsläpp till luft från trafiksektorn, ingår ett avsnitt om hur ozons (O_3) reaktion med kväveoxider (NO_x) skall betraktas ur belastningssynpunkt såväl i tätorter

som regionalt. Ozons oxidation av lokalt emitterad kväveoxid (NO), framförallt från biltrafik, och därmed ökad kvävedioxidhalt (NO₂) är en relativt komplicerad process på den lokala skalan. Leksells förslag har gett upphov till diskussioner. De antaganden som gjorts i Leksells rapport bör därför granskas så att ett bra underlag för vidare halt- och hälsoeffektuppskattningar kan garanteras på denna punkt.

2 Uppdraget

IVL har haft i uppdrag att granska nuvarande ASEK-metoder för värdering av luftföroreningars hälsoeffekter, specifikt ozons reaktion med kväveoxider.

Begränsningar

Studien är begränsad till drygt en veckas arbetsinsats. Det har därför inte varit möjligt att göra omfattande litteraturstudier utan vi har fått förlita oss på redan gjorda mätningar och litteratursammanställningar.

3 Ozons oxidation av NO

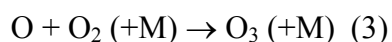
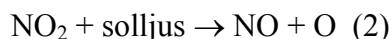
3.1 Allmänt

3.1.1 Reaktionskedjan

Kväveoxider emitteras från vägtrafik till luft huvudsakligen som NO. En liten andel (vanligen ≤10%) utgörs av NO₂. I luften omvandlas NO till NO₂ huvudsakligen genom en oxidativ reaktion med O₃:



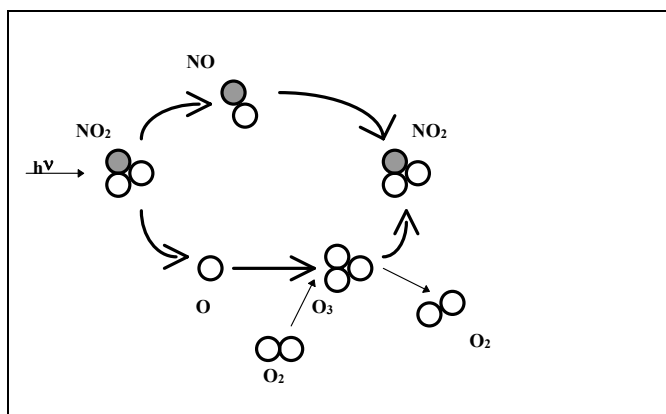
Reaktionen är snabb. Vid en ozonkoncentration på 30 ppb är reaktionstiden ca 1 minut. I dagsljus omvandlas NO₂ tillbaka till NO genom fotolys, varvid ozon återbildas:



M står för en godtycklig luftmolekyl (vanligen kvävgas, N_2) som kan ta emot den överskottsenergi som uppstår i reaktionen. Reaktionerna (1)-(3) bildar ett cykliskt förlopp där ozon bildas och bryts ned i samma takt, dvs ingen nettoproduktion av ozon förekommer. Sambandet mellan de ingående ämnens koncentrationer, i miljöer där inga konkurrerande reaktioner förekommer, kan skrivas:

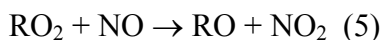
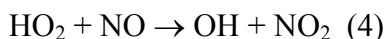
$$[O_3] = (J_3[NO_2]/k_2[NO])$$

där J_3 är fotolyskonstanten och k_2 är hastighetskonstanten för reaktionen mellan NO och O_3 . Den hastighet med vilken NO_2 fotolyseras beror på latitud, årstid och tid på dygnet. Under optimala förhållanden för oxidation (en klar högsommardag) kan överlevnadstiden vara så kort som 1 minut; i medeltal under en sommardag ca 3 minuter. Under vintern är den en faktor 2 eller 3 längre.

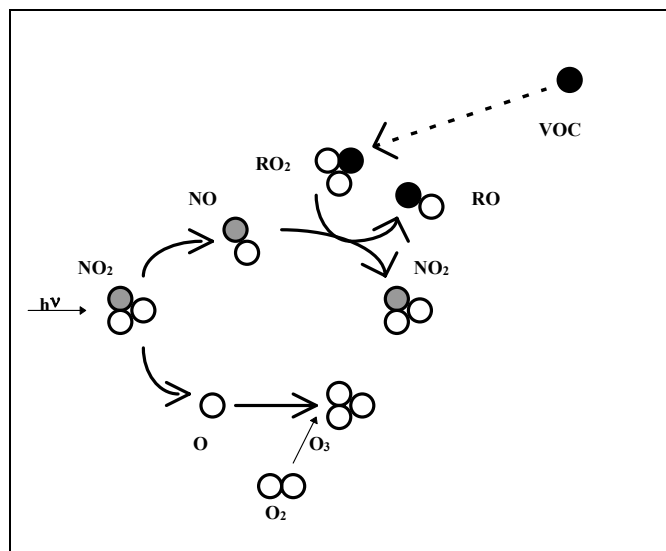


Figur 1: Kvävedioxid, NO_2 , fotolyseras av solljuset ($h\nu$) till kvävemoxid, NO och en syreatom, O. Syreatomen reagerar med syrgas, O_2 , och bildar då ozon, O_3 . Ozon reagerar lätt med NO och därmed återbildas NO_2 och O_2 .

I förorenade miljöer förekommer också fria radikaler som kan omvandla NO till NO_2 utan att ozon förbrukas. Speciellt betydande är hydroperoxyradikalen (HO_2) och organiska peroxyradikaler (RO_2) huvudsakligen bildade som mellanprodukter vid den fotokemiska oxidationen av kolmonoxid (CO) och flyktiga organiska ämnen (VOC). Den bildade kvävedioxiden fotolyseras enligt reaktion (2) och ozon bildas i den efterföljande reaktionen (3).



Eftersom reaktionerna (4) och (5) bildar NO_2 utan att ozon förbrukas blir resultatet av reaktionerna (2)-(5) en nettoproduktion av ozon, där kväveoxiderna verkar som katalysator utan att förbrukas.



Figur 2: I närvaro av peroxiradikaler (HO_2 och RO_2) påverkas jämvikten. Liksom tidigare kommer kvävedioxid, NO_2 , att fotolyseras av solljus ($h\nu$) till kvävemoxid, NO , och en syreatom, O , och syreatomen reagerar med syrgas, O_2 , och bildar ozon, O_3 . Med peroxiradikaler närvarande kommer den ozonförstörande reaktionen mellan NO och ozon att få minskad betydelse, eftersom NO istället reagerar med peroxiradikalerna, RO_2 , så att återbildas. Jämvikten från Fig. 1 är bruten och en nettoproduktion av ozon sker. Även en viss nettoproduktion av NO_2 kommer att ske.

3.1.2 Problemet

De haltnivåer av NO_2 som observeras i svenska tätorter (urban bakgrund) har sitt ursprung i huvudsak tre olika källor:

- direktemitterad NO_2 (5-10%) från trafik och annan förbränning.
- NO som oxiderats lokalt
- regional bakgrund

Frågeställningen berör de problem som uppkommer när en förorening, vars effekt man vill bestämma, kan vara både primärt emitterad och sekundärt bildad genom atmosfärkemiska reaktioner. Svårigheten blir än större när man, som i detta fall, har att ta hänsyn till att båda de ämnen som ingår i reaktionen (det som bildas och det som förbrukas) är toxiska.

I ett idealfall kan dessa mekanismer medföra att lika mycket ozon förbrukas som NO_2 bildas, men till följd av att luftmiljön i tätorter innehåller ett stort antal andra ämnen (kolväten, OH-radikaler mm) som kan reagera med ozon och NO är det inte givet att detta är fallet. Den ökade NO_2 -halten till följd av oxidationen behöver ej med nödvändighet förekomma där O_3 -halten sjunkit. Vid exponeringstillfället (-punkten) kan både NO_2 och O_3 vara hög även om ozonhalten på vägen från utsläppspunkten varit lägre.

Reaktionen mellan NO och ozon styrs av koncentrationen och temperaturen. Båda kan variera betydligt över tiden vilket medför att osäkerheten i varje försök till generell uppskattning av andelen NO som kan oxideras på den lokala skalan blir stor. Man kan också räkna med att bilden kommer att förändras med tiden. Redan i dag har man kunnat konstatera att ozonhalterna ökar under vintern i bakgrundsluft, delvis som en följd av att NO_x -utsläppen minskat med minskad titrering av ozon som följd.

3.2 Lokala oxidationsmönster

Det försök till uppskattning av tillskott av sekundärt bildad kvävedioxid, på den lokala skalan, som presenteras av Leksell kan vara relevant för en given situation, men gäller knappast generellt. Rekommendationen som Leksell ger är, efter ett försök till beaktande av ovannämnda reaktion mellan ozon och NO, att ej göra någon värdering av denna post eftersom osäkerheten är så stor.

Att helt utesluta detta tillskott och enbart ta hänsyn till ca 10% av utsläppet anser vi ökar osäkerheten i värderingen av utsläppet av kväveoxider från trafik.

3.2.2 Observationer i urban miljö

Mätningar av ozon har skett inom det s.k URBAN-projektet som ett stort antal kommuner tillsammans med IVL driver varje vinterhalvår och i viss utsträckning även under sommaren. Mätningarna av ozon har skett i ca 10 olika städer (tätorter) under ett flertal år såväl sommar som vinter. (Persson K 2001, Svanberg P-A 2000 och Svanberg P-A 1999). Resultaten visar att medelbelastningen av ozon i den urbana bakgrundsluften (i centrala delar av tätorter) legat mindre än 10% lägre under sommaren (april-september) än de regionala bakgrundshalterna. Vintertid (oktober-mars) har reduktionen legat mellan 10- 20%.

Sannolikt är det endast under tillfällena med meteorologisk stagnation i lufthavet och i trånga gaturum i de större städerna som titreringen av ozon kan ge någon påtaglig effekt på ozonhalten i stort. De flesta svenska tätorter är förhållandevis små i en internationell jämförelse. Endast Stockholm, Göteborg och Malmöregionen kan sannolikt betraktas

som större tätorter.

En jämförelse i Göteborg för åren 1999 och 2000 mellan halten i bakgrundsluft utanför staden (Rörvik, Onsala EMEP-station) och inne i centrum (taknivå) visar att under vinterhalvåret och sommarhalvåret är halterna ca 40% resp. 25% lägre inne i staden. (Kindbom K 2001 och Göteborgs stad 1999, 2000)

En studie som Vägverket Region Sydöst tillsammans med IVL utförd under tre vintersäsonger i ett tiotal tätorter med varierande storlek i sydöstra Sverige visar att halterna av NO i gatumiljö var dubbelt (100%) så höga i jämförelse med halterna i urban bakgrund (Boström C-Å 1999, 2000). Mätpunkten i urban bakgrund låg relativt nära gatumätpunkten (inom 200 m).

Halterna av NO₂ i den gatunära mätpunkten var endast ca 40% högre än halten i den urbana bakgrunden som ett medelvärde i samtliga tätorter. Den procentuella andelen NO₂ av totala NO_x-halten i gaturummet uppgick till ca 25%, medan andelen i den urbana bakgrunden var ca 35 %. Dessa resultat tyder på en relativt snabb oxidation av NO till NO₂ även i dessa miljöer. Under en av säsongerna mättes även ozon på de två mätpunkterna i varje tätort. Halten var som medelvärde för samtliga tätorter ca 12% lägre i trafikmiljön än i den urbana bakgrunden.

Ytterligare mätningar som pekar på den snabba oxidationen av NO till NO₂ illustreras av nedanstående figurer. Mätningarna har utförts dels tvärs över en dalgång i Göteborgstrakten (figur 3), dels utefter en motorväg i Storstockholm (figur 4). Mätningarna har i båda fallen skett med diffusionsprovtagare på veckobas.

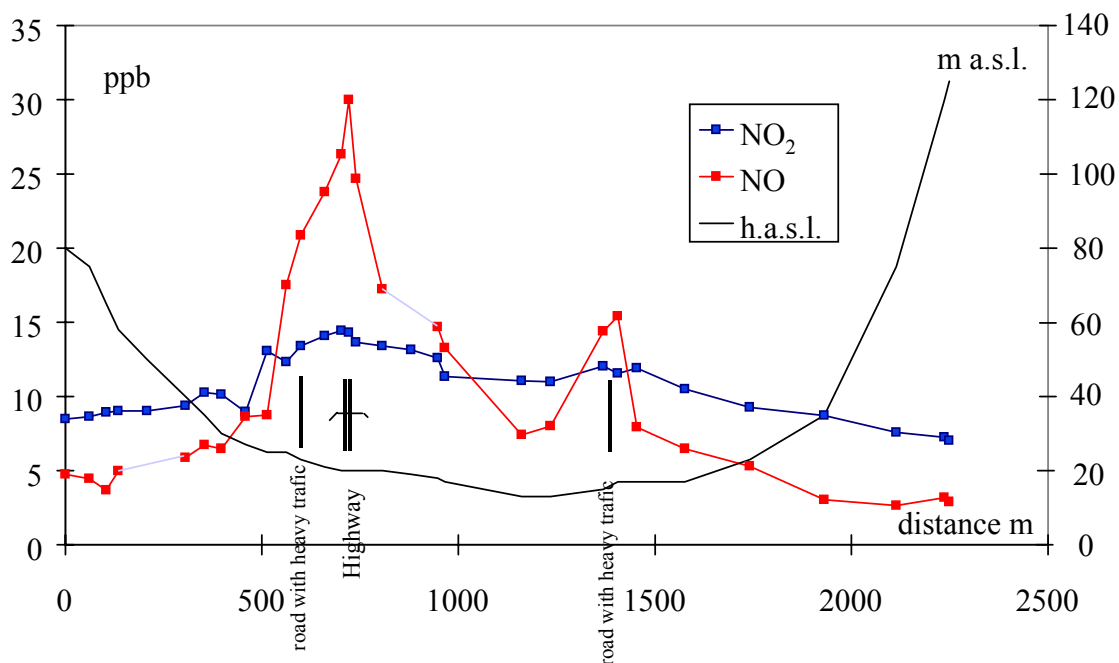
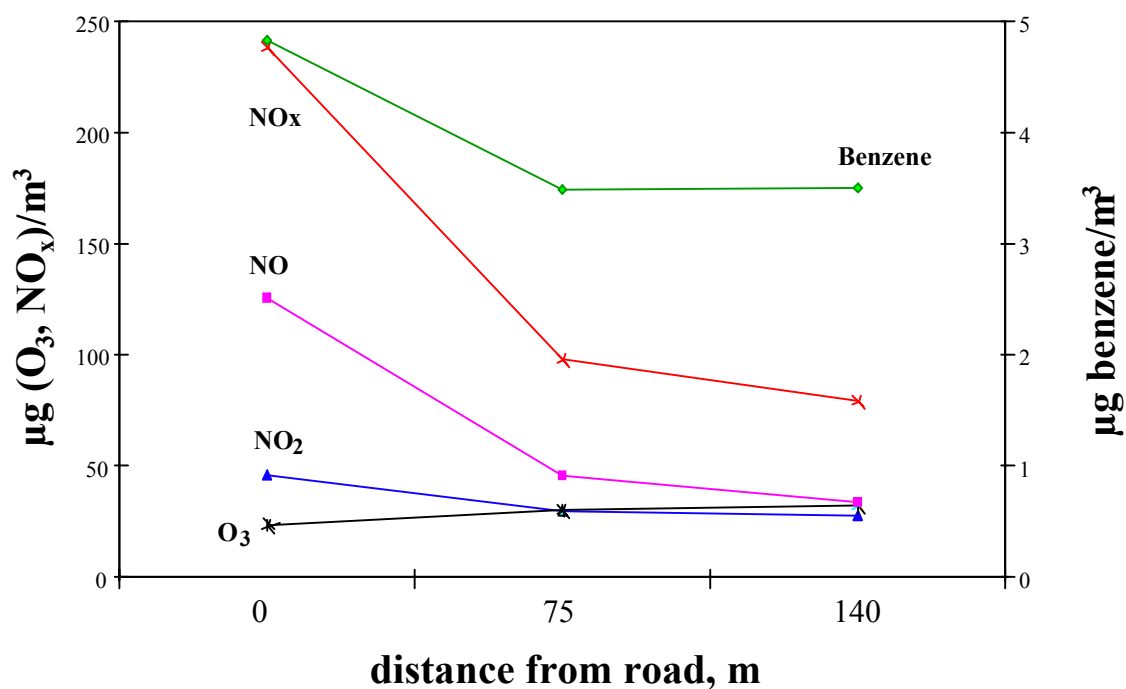


Fig 3: Halter av NO och NO₂ (i ppb) tvärs en dalgång med några större vägar. (h.a.s.l. = höjd över havet) Mätningarna har skett med diffusionsprovtagare på veckobas (Ferm M).

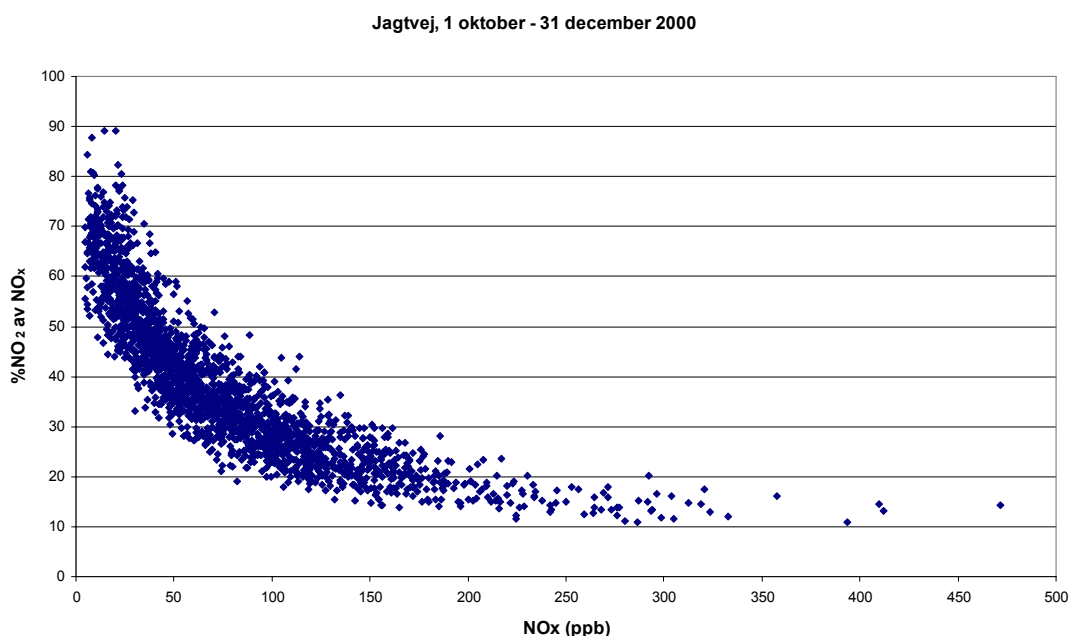


Figur 4: Avklingning av halterna av några olika luftföroreningar längs en större trafikled i Stockholmstrakten. (IVL rapport till Vägverket region Sthlm 1995)

För att ytterligare illustrera sambanden mellan NO, NO₂ och ozon har vi nedan använt oss av mätdata från Köpenhamn, Stockholm, Malmö och Göteborg.

Köpenhamnsdata har erhållits från DMU och bearbetats av IVL. NO och NO₂ mäts i ett 20 m brett gaturum (Jagtvej) på ca 3 meters höjd mellan cykelbanan och körbanan. På båda sidorna av gatan finns 3-5 våningar höga bostadshus. Ca 22 000 motorfordon passerar per dag. Ozon mäts i takhöjd (7 våningar) vid en närliggande gata, ca 300 m från huvudstationen. Mätplatsen kan betraktas som ett hårt belastat gaturum.

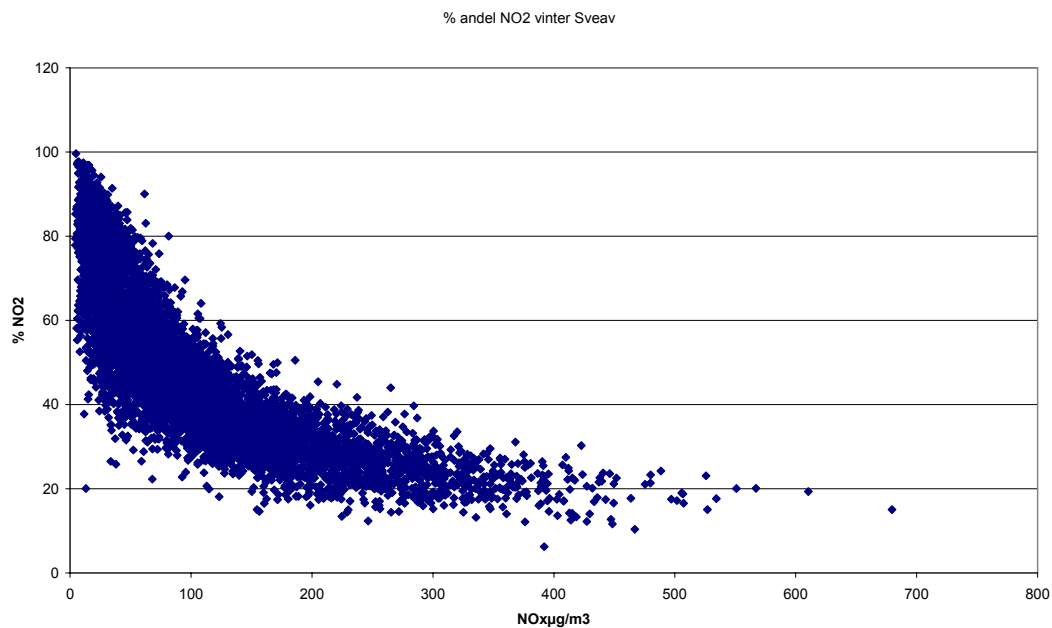
Observationer från perioden 1 oktober – 31 december 2000 har använts. I figur 5 visas hur andelen NO₂ av NO_x varierar med koncentrationen av NO_x.



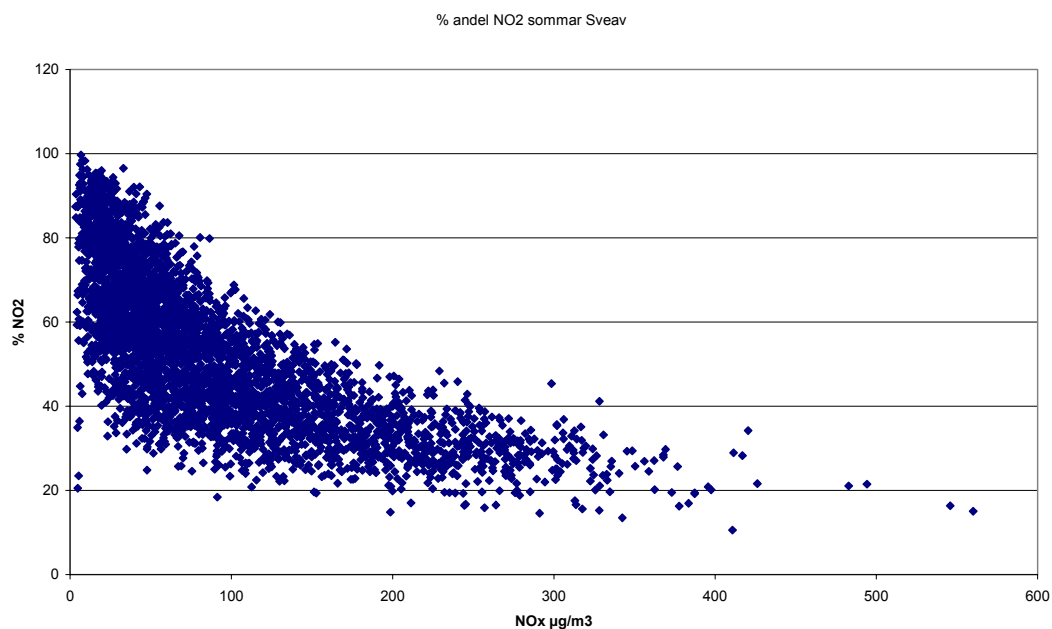
Figur 5: Andelen NO₂ av NO_x som funktion av koncentrationen av NO_x vid Jagtvei (gaturum) i Köpenhamn. (DMU)

Vid tillfällen med markant förhöjd total NO_x-belastning är andelen NO₂ som mest 10-20%. Även halterna av NO₂ är vid dessa tillfällen som högst. Vid medianbelastningen, 65 ppb NO_x (ca 130 µg/m³ som NO₂), är andelen ca 35 - 40%. Vid låga NO_x-halter < 25 ppb är NO₂-andelen hög (50-90%).

I figur 6 har data från Sveavägen (gaturum) i Stockholm vintern 2000 plottats på likartat sätt. Vid medianbelastningen 84 µg NO_x/m³ är andelen NO₂ ca 40-50%.



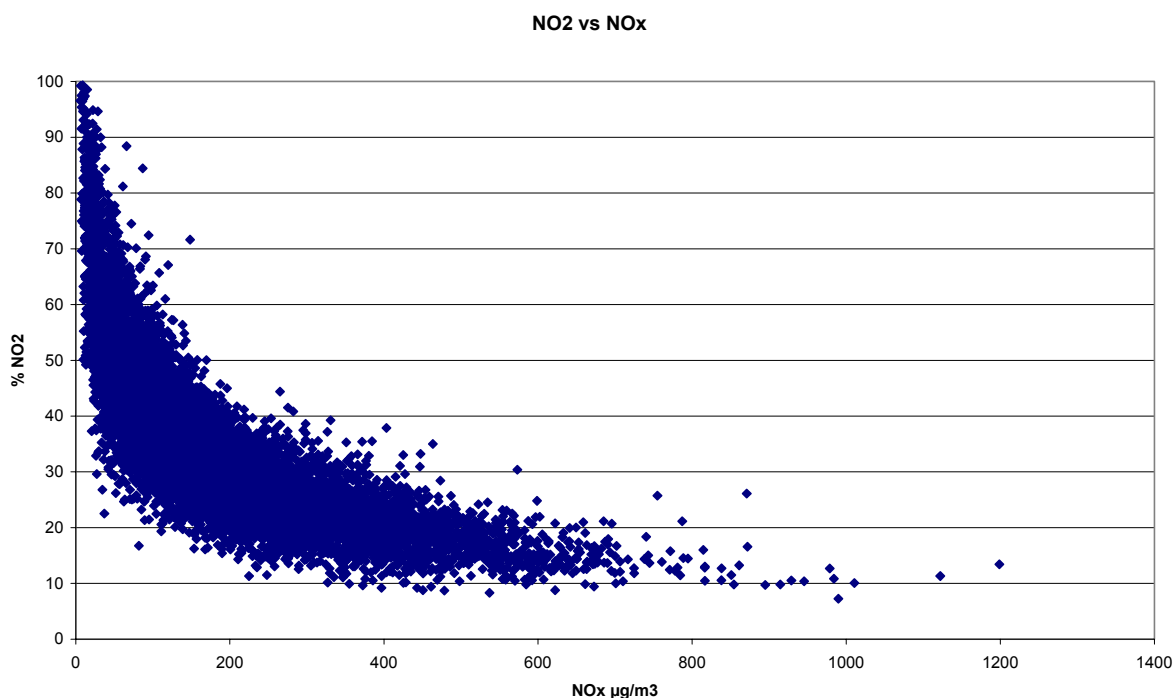
Figur 6: Andelen NO₂ av NO_x som funktion av koncentrationen av NO_x. Mätningar utförda vid Sveavägen i Stockholm vinterhalvåret 2000. (Slb)



Figur 7: Andelen NO₂ av NO_x som funktion av koncentrationen av NO_x. Mätningar utförda vid Sveavägen i Stockholm sommarhalvåret 2000. (Slb)

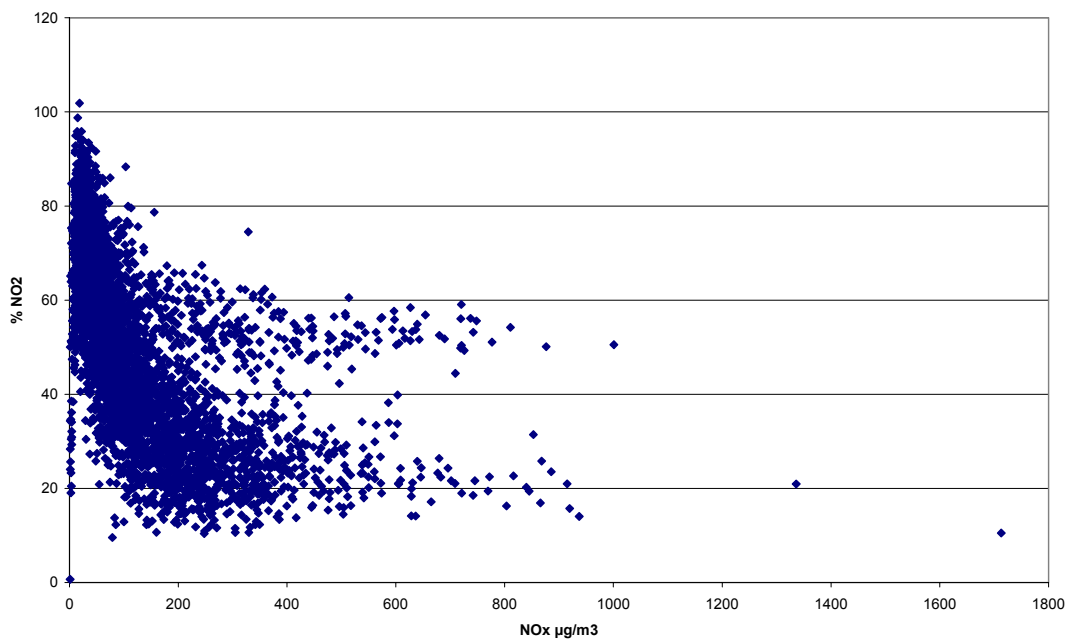
Under sommarhalvåret (april-september) är NO_x -halterna på Sveavägen lägre och ozonhalterna högre. Detta innebär att vid medianbelastningen ca $70 \mu\text{g NO}_x/\text{m}^3$ är andelen NO_2 ca 50-60% och därmed högre än på vintern.

Mätningarna från Hornsgatan i Stockholm visar på samma mönster som på Jagtvei och Sveavägen, figur 8. Hornsgatan är en betydligt trängre gata än Sveavägen och Jagtvei, detta ger att andelen NO_2 är något lägre (ca 35%) vid medianbelastningen ($150 \mu\text{g NO}_x/\text{m}^3$) sannolikt beroende på sämre omblandning och lägre ozonhalter.

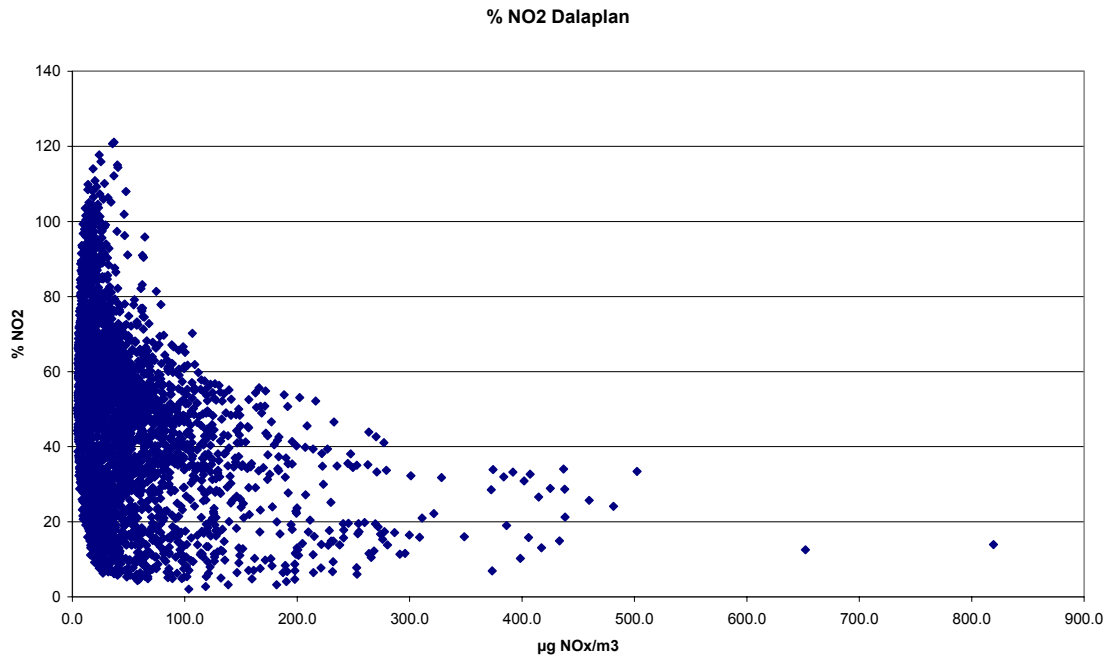


Figur 8: Andelen NO_2 av NO_x som funktion av koncentrationen av NO_x .
Mätningar utförda vid Hornsgatan i Stockholm 2000.

I brist på data från tätorter som är mindre än Stockholm, Göteborg och Malmö har data från mätningar i två olika gaturum i Malmö plottats på samma sätt som tidigare, figur 9 och 10. Dessa mätningar visar hur andelen NO_2 ökar när belastningen av NO_x minskar. I viss mån kan dessa mätningar ge en illustration vad som gäller i mindre tätorter i Sverige. Andelen NO_2 i dessa mätningar ligger i intervallet 50-80% vid medianbelastningarna 20 till $90 \mu\text{g NO}_x/\text{m}^3$.

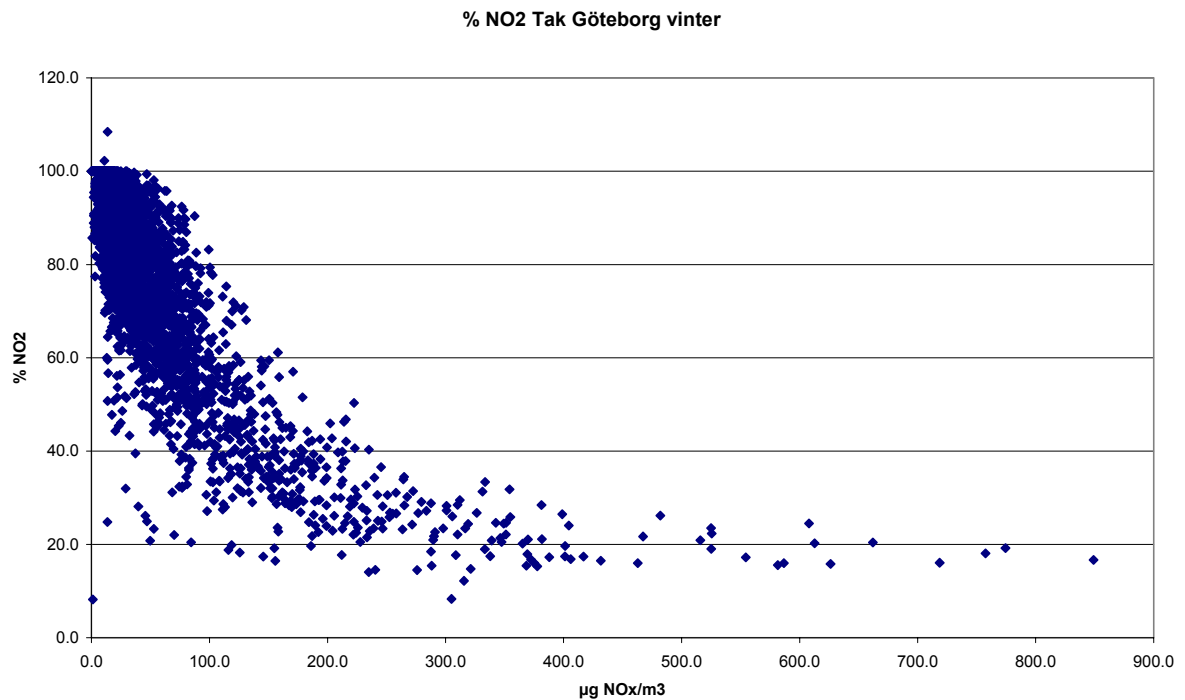


Figur 9: Andelen NO₂ av NO_x som funktion av koncentrationen av NO_x. Mätningar utförda i gaturumsmiljö i Malmö 2000. (Miljöförvaltningen, Malmö)

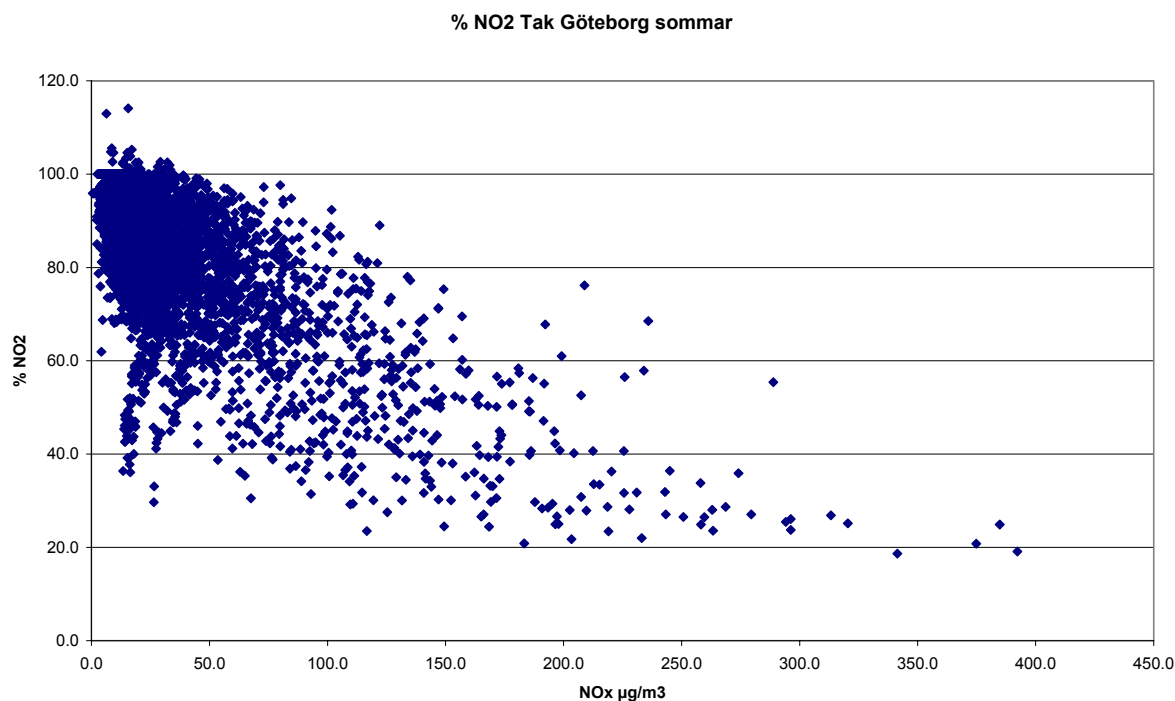


Figur 10: Andelen NO₂ av NO_x som funktion av koncentrationen av NO_x. Mätningar utförda i gaturumsmiljö i Malmö 2000. (Miljöförvaltningen, Malmö).

Mätningar över tak i Göteborg visar att andelen NO_2 som ett medelvärde över året ligger i nivån 80-85%, figur 11 och 12. Detta förhållande kan antas väl spegla den situation som råder i de flesta svenska tätorter.



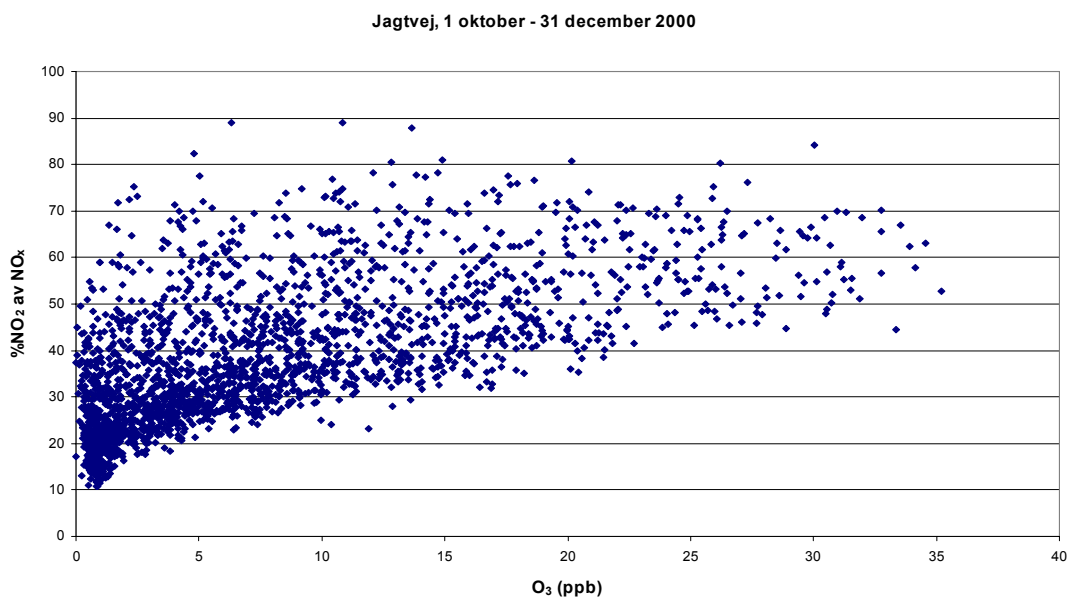
Figur 11: Andelen NO_2 av NO_x som funktion av koncentrationen av NO_x .
Mätningar utförda i taknivå i Göteborg vintern 1999. (Miljöförvaltningen, Göteborg)



Figur 12: Andelen NO₂ av NO_x som funktion av koncentrationen av NO_x. Mätningar utförda i taknivå i Göteborg sommaren 1999. (Miljöförvaltningen, Göteborg)

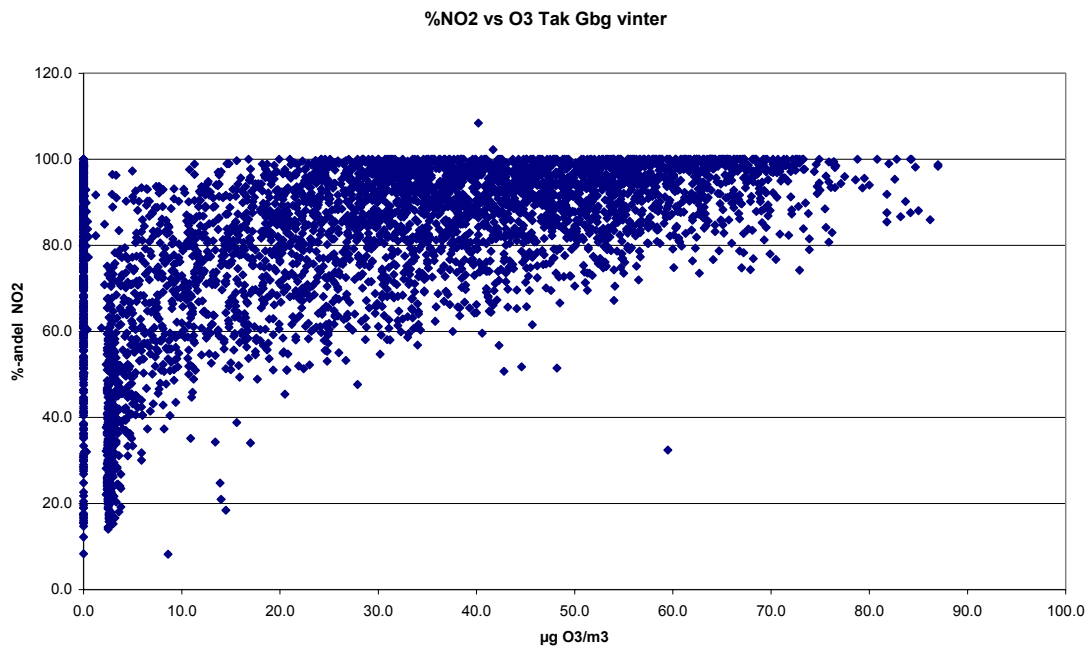
Sammanfattningsvis kan konstateras att i kraftigt trafikerade gaturum i de svenska storstäderna (Stockholm, Göteborg och Malmö) ligger andelen NO₂ av totala NO_x-halten i nivån 35-55% som medianvärdet. Andelen är något högre under sommarhalvåret. I något mindre belastade stadsmiljöer ligger medianvärdena på 50-75%. I taknivå i Göteborg som kan tänkas spegla den urbana bakgrunden i en större stad och i viss mån den allmänna situationen i de flesta miljöer i mindre svenska tätorter är nivån ca 80-85%.

Sambandet mellan ozonbelastning och andelen NO₂ av NO_x är svagare, även om man generellt kan utläsa att andelen NO₂ ökar med ökande ozonhalt, se figur 13, 14 och 15.

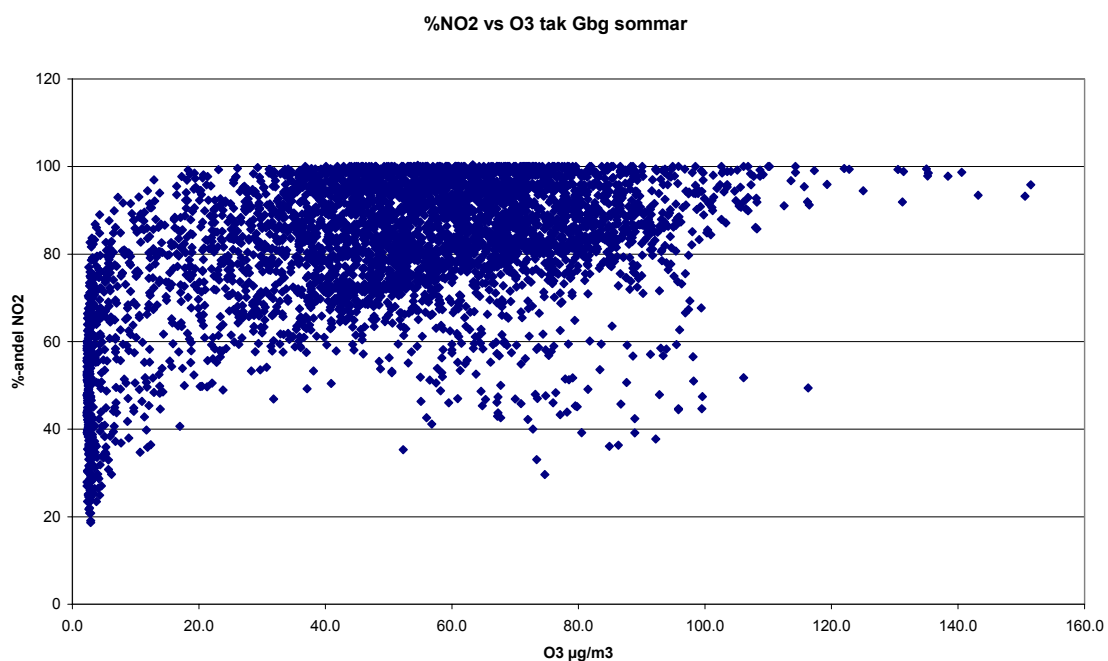


Figur 13: Andelen NO₂ av NO_x som funktion av koncentrationen av O₃. Mätdata från Jagtvej i Köpenhamn.

Vid tillfällen med höga ozonhalter (>50 ppb) är andelen NO₂ vanligtvis >50% och vid låg (<5 ppb) belastning ca 20%. Detta skulle kunna tolkas så att ozonet är begränsande i gaturummet. Mätningarna som bearbetats är utförda under några vintermånader. Under andra perioder på året, vår, sommaren är det troligt att sambandet ser annorlunda ut när ozonhalten generellt är högre. Ozonhalten är sannolikt nära noll endast i hårt belastade gatumuljöer. Svenska tätorter har sällan sådan miljöer.



Figur 14: Andelen NO₂ av NO_x som funktion av koncentrationen av O₃. Mätningar utförda i Göteborg vintern 1999. (Miljöförvaltningen, Göteborg)



Figur 15: Andelen NO₂ av NO_x som funktion av koncentrationen av O₃. Mätningar utförda i Göteborg sommaren 1999. (Miljöförvaltningen, Göteborg)

Som framgår av figurerna 14 och 15 är andelen NO_2 av NO_x relativt hög även vid låga ozonhalter. Den mängd ozon som finns tillgängligt för oxidation av NO är sannolikt under de flesta förhållanden betydligt större än den mängd NO som kan oxideras. Orsaken till detta är bl.a. att stadsmiljön är en av de mest skrovliga ytor som finns och detta i sin tur medför en kraftig nedblandning av ozon från högre höjder. Undantaget från detta förhållande kan vara de riktigt stora tätortsmiljöerna (Stockholm, Göteborg, Malmö) och specifikt i kraftigt trafikerade gaturum i dessa städer. Ozonhalterna är sannolikt oftast tillräckligt höga för att bidra till en snabb oxidation av NO till NO_2 under de flesta förhållanden i medelstora och mindre svenska tätorter.

Även mätningar av NO_2 inne i lokaler som ligger nära trafikerade gator har visat att oxidationen av NO går relativt snabbt. NO_2 -halterna vid luftintagen till lokalerna där mätningarna skett ligger endast ca 30% lägre trots utspädning än nere vid gatan där utsläppen av kväveoxider sker. Halterna av NO_2 inne i lokalerna ligger i stort sett på samma nivå (90%) som vid luftintaget. (IVL internt material)

Oxidationshastigheten för kväveoxid har uppskattas till 1-2%/sekund i miljöer där ozon finns tillgängligt i tillräcklig mängd. Detta innebär att ett utsläpp av NO på mycket kort tid har reagerat med ozon och bildat NO_2 . Vid t.ex en vindhastighet om 3m/sekund kan så mycket som 30% av NO blivit oxiderat till NO_2 på 50 meters avstånd från utsläppet.

3.3 Förslag

Med tanke på att ozons oxidation av NO på den lokala skalan (tätorter) ger ett betydande tillskott av NO_2 till den direktemitterade kvävedioxiden under de flesta väderlekssituationer, och på relativt korta avstånd från utsläppspunkten, anser vi att NO_x utsläppen bör ges en kostnadsvärdering även på den lokala skalan. Vår slutsats är att Leksells resonemang där man kvittar reduktionen (indirekt hälsoeffekten) av ozon mot en ökning av NO_2 -halten ej torde vara relevant i de flesta svenska tätorter.

Vi föreslår därför en värdering av NO_x -utsläppen, baserat på ovan redovisade resultat från mätningar i varierande föroreningsmiljöer. Genom en omräkning av NO_x -utsläppen ($\text{NO}+\text{NO}_2$) från trafiksektorn till NO_2 med en faktor som varierar mellan olika utsläppsmiljöer erhålls sannolikt ett riktigtare underlag för kostnadsvärdering.

Andelen NO₂ i förhållande till totala NO_x-halten ligger i intervallet 35- 55% i kraftigt trafikerade gaturumsmiljöer i storstadsområden, trots att andelen NO₂ i trafikavgaserna endast är 5-10%. I andra något mindre belastade trafikmiljöer i de större städerna ligger NO₂-andelen i intervallet 55-85%. Den generella situationen (relationen NO₂/NO_x) i övriga svenska tätorter bedöms vara likartad den som uppmätts i de mindre belastade miljöerna (Malmös data) och även likna storstädernas situation ovan tak (Göteborgs data), eftersom värderingen egentligen avser den generella exponeringssituationen i ett större område än enbart närmast utsläppet. Ett NO-utsläpp kommer således att relativt snabbt omvandlas till NO₂ i de flesta svenska tätortsmiljöer. Mot bakgrund av att andelen NO₂ i gaturum kan uppgå till 0,55 i storstäder kan man antaga en högre andel både i mindre belastade trafikmiljöer och i den urbana bakgrunden (generell exponering).

I de större städerna föreslås därför att faktorn sätts till 0,7 och i övriga tätorter i Sverige föreslås faktorn till 0,9 oberoende av årstid. Osäkerheten i denna schablon består främst i :

- Begränsat mätdataunderlag, mätdata avseende NO_x från andra tätorter än de tre stora stadsområdena är sällsynta
- ingen geografisk uppdelning har gjorts
- ingen årstidskompensation har gjorts

En viss överskattning av faktorn kan föreligga främst för de medelstora tätorterna (ca 100 000 invånare).

Som följd av ovan förda resonemang finns ingen anledning att föreslå någon ändring på hur NO_x utsläppen på regional nivå skall värderas. Oxidationen av NO är i denna miljö än snabbare än i den urbana miljön.

Den schablonmetod för beräkning av specifik exponering i olika tätorter (> 10000 invånare) som Leksell genomfört på uppdrag av SIKa (Bilaga 1 Leksell) bedömer vi ge en relativt god uppskattning av de exponeringsförhållanden som kan förekomma i olika tätorter spridda över landet. Det som dock bör beaktas är att de ventilationsfaktorer som Leksell utnyttjat gäller för ett specifikt år. För att få en mera generell beräkning bör ett medelvärde för ventilationsfaktorerna baseras på flera års data. Mellanårsvariationen i faktorn kan vara så stor som 60% (Karin Persson personlig kommunikation och IVL rapport L99/7).

Referenser

Boström C-Å, m.fl. (2000) Luftkvalitetsmätningar i ett antal tätorter i sydöstra Sverige vintern 1999/00. IVL B rapport 1393

Boström C-Å, m.fl. (1999) Luftkvalitetsmätningar i 15 tätorter under vintern 1998/99. IVL B rapport 1347

Ferm M. (1998) Diffusive sampling of air pollutants - State of the art and fields of applications. International symposium/exhibition on environmental monitoring and information management. Taipei, Taiwan, April 20-21, 123-139

Miljöförvaltningen Göteborg, Luftföroreningsmätningar 1999-2000.

Miljöförvaltningen Malmö, Luftföroreningsmätningar 1999-2000.

Slb-Analys, Luftföroreningsmätningar i Stockholm 1999-2000.

IVL rapport till Vägverket Region Stockholm (1995)

Internt IVL material

Kindbom K, m.fl. (2001) Nationell övervakning av luft och nederbörds kemi 1997-1999. IVL B rapport 1420 och SMHI meteorologi Nr 96 (2001).

Kindbom K, m.fl. Nationell övervakning av luft och nederbörds kemi 2000. Rapport under bearbetning.

Leksell I (1999). Ekonomisk värdering av luftföroreningar från trafiken-del I Värdering av exponeringar samt sammanfattning, Göteborgs Universitet.

Leksell I Bilaga 1 Specifika exponeringar i olika tätorter

Persson K, m.fl. (2001) Luftkvaliteten i Sverige sommaren 2000 och vintern 2000/01.

Svanberg P-A, m.fl. (2000) Luftkvaliteten i Sverige sommaren 1999 och vintern 1999/00. IVL B rapport 1388

Svanberg P-A, m.fl. (1999) Luftkvaliteten i Sverige sommaren 1998 och vintern 1998/99. IVL B rapport 1340.

Svanber P-A, Sjöberg K, m.fl. (1999) Dokumentation av URBAN-modellen . IVL rapport L99/7.

Persson K, IVL , Personlig kommunikation.