

Luftföroreningar i Luleå

- mätningar, beräkningar och jämförelse med miljökvalitetsnormer



Petter Samuelsson



Förord

Miljökontoret genomförde 2001 – 2002 en ettårig provtagningskampanj som ett underlag för att kontrollera om några miljökvalitetsnormer överskrids i Luleå tätort. En analys av dessa mätningar har gjorts i föreliggande rapport.

Författaren är student vid Luleå tekniska universitet och har gjort arbetet vid sin obligatoriska praktik som genomförts på Luleå kommuns miljökontor. I rapporten beskrivs mätningar och beräkningar över dagens situation i centrala Luleå. och jämförelser har gjorts med de miljökvalitetsnormer och miljömål som finns inom området.

Författaren ansvarar för innehållet i rapporten vilket är tänkt att användas som underlag i kommunens planering.

Sammanfattning

I enighet med förordningen om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft (2001:527) har mätningar gjorts på olika luftföroreningar i Luleå. Dessa syftade till dels att kontrollera att gällande miljö kvalitetsnormer inte överskrids, dels för att kalibrera en datamodell för halterna av NO_x . Mätningarna gjordes dels med diffusionsprovtagare på åtta olika punkter, dels med optisk mätning (DOAS) över en sträcka i centrum.

Med diffusionsprovtagarna mättes kvävedioxid (NO_2), kväve monoxid (NO), bensen och toluen. På ingen av punkterna överskreds miljö kvalitetsnormerna för årsmedelvärde av NO_2 och bensen. Vid mätpunkten vid Kungsgatan mättes även koncentrationen av partiklar (PM_{10}) och även denna klarade gällande miljö kvalitetsnorm.

Med DOAS-teknik mättes endast halten av NO_2 , men här kunde tim- och dygnsmedelvärden bestämmas. Inga DOAS-mätningar överskred miljö kvalitetsnormerna under mätperioden.

I modellen fanns endast data för att beräkna NO_x . Resultatet jämfördes med NO_2 -halterna uppmätta med DOAS för att bestämma ett samband. Modellen gav den högsta halten vid korsningen Smedjegatan/Södra hamnleden, där 98-percentilen av timmedelvärdet låg på $298 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och 98-percentilen av dygnsmedelvärdet på $198 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Detta skulle, med det samband som räknats fram mellan modellen och DOAS:en, innebära att det finns en stor risk att miljö kvalitetsnormen för dygnsmedel av NO_2 överskrids. För att få klarhet i detta bör en vidare undersökning av luftföroreningshalterna i denna punkt utföras.

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	3
2 Miljö kvalitetsnormer	4
3 Mätning med diffusionsprovtagare.....	5
3.1 Mätpunkterna.....	6
3.1.1 Badhuset	6
3.1.2 Kungsgatan	8
3.1.3 Loet.....	10
3.1.4 Smedjegatan.....	12
3.1.5 Södra Hamnleden	14
3.1.6 Rådstugatan	16
3.1.7 Stadshustaket	18
3.1.8 Ormbergsskolan.....	20
3.2 Jämförelser mellan NO _x och NO ₂	21
3.3 Jämförelse mellan bensen och NO ₂	21
3.4 Jämförelse mellan olika höjdnivåer.....	22
4 DOAS-mätningar.....	24
4.1 Jämförelse mellan DOAS och diffusionsprovtagning.....	24
5 Modellberäkning.....	26
5.1 Jämförelse mellan resultaten från DOAS-mätningarna och modellen	26
5.2 Årsmedelvärde enligt modellen.....	28
5.3 Dygnsmedelvärde enligt modellen	29
5.4 Timmedelvärde enligt modellen.....	30
6 Diskussion	31

1 Inledning

I denna rapport presenteras mätningar och beräkningar av luftföroreningsnivåerna i centrala Luleå. Mätningarna gjordes dels med diffusionsmätare på åtta olika punkter i Luleå och dels med DOAS-teknik (Differential Optical Absorption Spectroscopy) över en mätsträcka i centrum. Resultaten jämfördes sedan med SMHI:s beräkningsmodell Dispersion 2.1. På merparten av de åtta mätpunkterna gjordes mätningarna under vinterhalvåret 2001-2002, men vid tre av dem skedde mätningar även under sommarhalvåret fram till oktober 2002. DOAS-mätningen skedde kontinuerligt under hela perioden.

Med diffusionsmätarna studerades både kvävedioxid (NO_2), kvävemonoxid (NO), bensen, toluen, oktan, butylacetat, etylbensen, M- och P-xylen, O-xylen och nonan. DOAS-mätaren mätte kvävedioxid, svaveldioxid och ozon. Slutligen mättes också koncentrationen av småpartiklar (PM_{10}) vid Kungsgatan under perioden 2001-10-01 till 2002-05-02.

I rapporten behandlas endast bensen, toluen, partiklar, kvävemonoxid och kvävedioxid. Dessutom diskuteras NO_x , en samlingsbenämning på kväveoxider ofta använd då NO och NO_2 lätt omvandlas till varandra. Ingen undersökning av kolmonoxid gjordes, men rapporter om situationen i Stockholm, Göteborg och Malmö visar att kolmonoxidkoncentrationen var mycket låg i dessa städer (mindre än 1 mg/m^3 i snitt, vilket kan jämföras med miljö kvalitetsnormen på 10 mg/m^3) och det är osannolikt att Luleå har högre.

2 Miljökvalitetsnormer

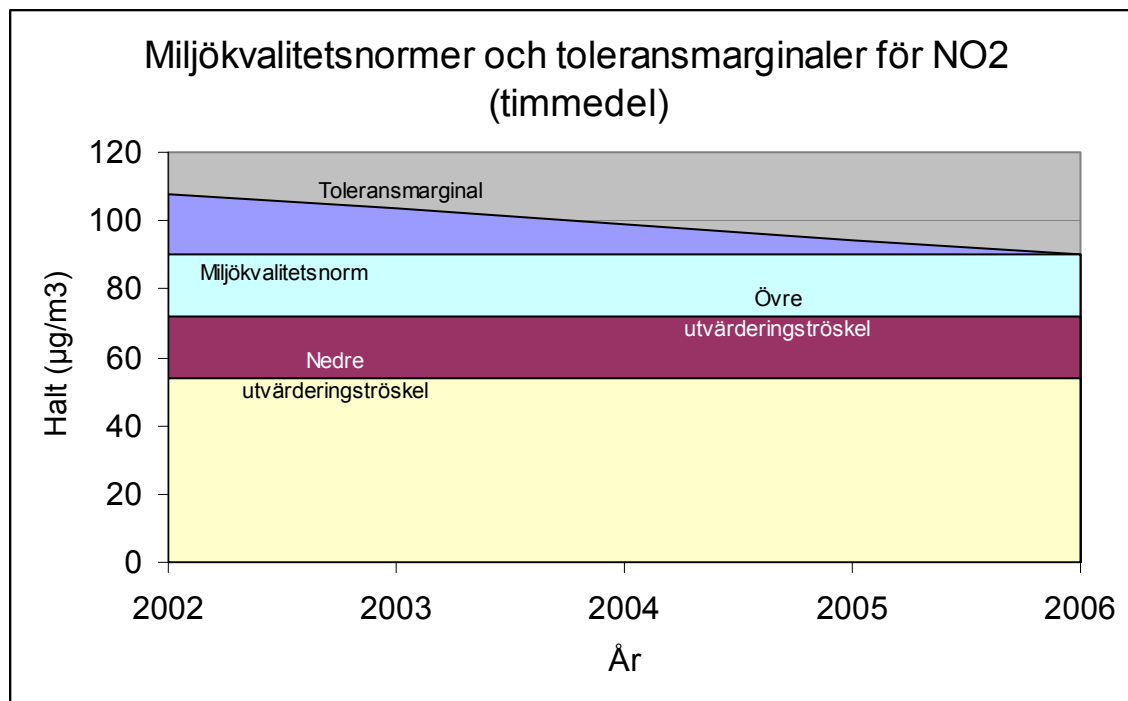
Enligt förordningen om miljökvalitetsnormer för utomhusluft (2001:527) skall varje kommun kontrollera att normer för kvävedioxid, svaveldioxid, bly, bensen och partiklar uppfylls inom dess gränser. Kommunerna är även skyldiga att tillhandahålla information om koncentrationerna av dessa ämnen, samt total halt av kväveoxider.

Hur kontrollen går till beror på ett antal tröskelvärden uppsatta i samma förordning. Om medelkoncentrationen understiger en nedre utvärderingströskel behövs endast en modellberäkning, men om den är högre än så måste undersökningen göras genom en kombination av mätning och beräkning. Skulle koncentrationen överstiga en övre utvärderingströskel måste kontrollen göras med mätning som eventuellt kan kompletteras med beräkning.

Tröskelvärden finns för kvävedioxid och kväveoxider, svaveldioxid, kolmonoxid, partiklar, bensen och bly. Som det är nu ligger kvävedioxidhalten i Luleå nära den nedre tröskeln och har visat på en sjunkande trend de senaste åren. Medelhalten för bensen ligger mellan övre och nedre utvärderingströskeln, även om det varierade en hel del mellan de olika mätpunkterna.

Under en övergångstid kan föroreningsnivåer högre än miljökvalitetsnormen tolereras så länge de inte överstiger en given toleransmarginal. Denna toleransmarginal kommer successivt att minska varje år fram till år 2005 (för kolmonoxid, bensen och partiklar) eller 2006 (för kvävedioxid), då normen skall vara uppfylld.

Ett exempel på miljökvalitetsnormer, utvärderingströsklar och toleransmarginaler kan ses i figur 2.1, i detta fall för 98-percentilen av timmedelvärdet för NO₂.

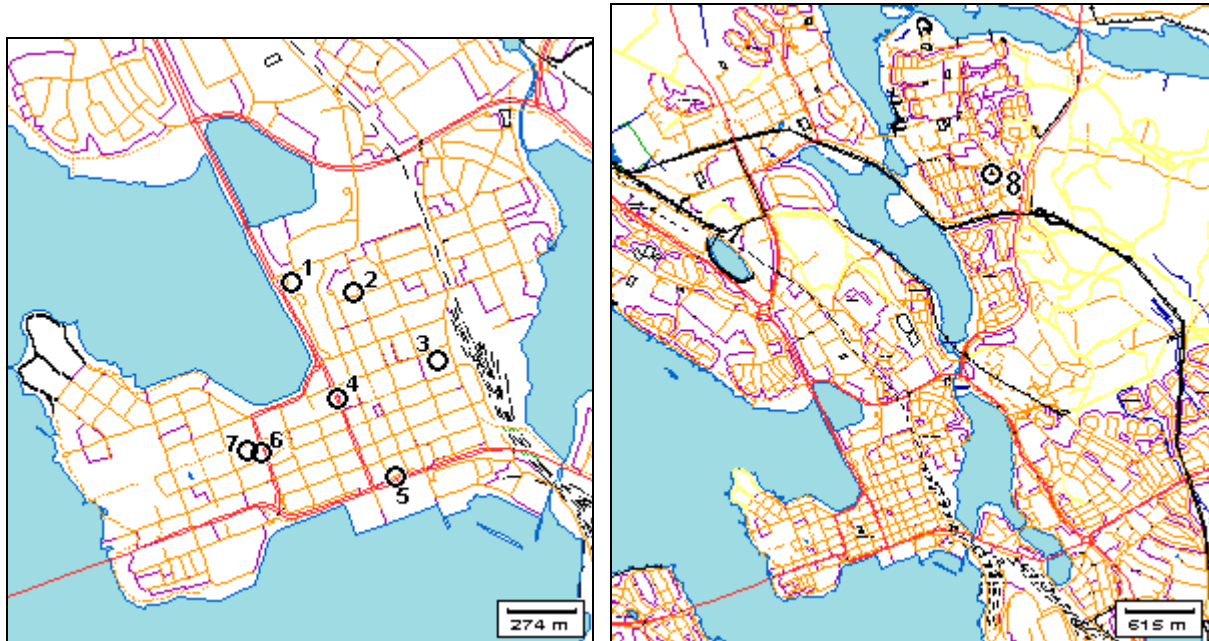


Figur 2.1: Exempel på miljökvalitetsnormer, toleransmarginaler och utvärderingströsklar, i detta fall för timmedel av NO₂.

3 Mätning med diffusionsprovtagare

Diffusionsmätarna placerades ut på åtta olika punkter i Luleå. Med ett undantag är dessa belägna i stadens centrala delar, där de mäter ämnens medelkoncentration över en vecka. De ämnes som mättes var kvävedioxid (NO₂), kvävemonoxid (NO) samt kolvätena bensen, toluen, oktan, butylacetat, etylbensen, M- och P-xylen, O-xylen och nonan.

Mätningarna upprepades var tredje vecka under hela mätperioden. Diffusionsprovtagare har nackdelen att varken timmedelvärden eller dygnsmedelvärden kan beräknas. Mätmetoden har också fördelar, främst att den är billig och enkel att använda.



Figur 3.1: Mätpunkter i Luleå. 1. Badhuset 2. Kungsgatan 3. Loet 4. Smedjegatan 5. Södra Hamnleden 6. Rådstugatan 7. Stadshustaket 8. Ormbergsskolan

Provtagarna levererades från IVL i Göteborg, som även gjorde analysen av proverna. Metodiken är utprovad för att användas vid den här typen av mätningar.

Diffusionsprovtagarna placerades ut på sina mätplatser med hjälp av hållare som tillhandahölls av IVL. Lyktstolpar, trafikskyltar eller andra fasta anordningar på plats användes för att få upp hållarna 2,5 – 3 m över marken. Provtagarna sattes vanligen ut på måndagsförmiddagen och hämtades in nästkommande måndagsmorgon. Proverna skickades sedan med post till Göteborg för att analyseras.

Tabell 3.1: medelhalter av NO_x, NO₂, bensen och toluen uppmätta med diffusionsprovtagare samt NO_x-halt beräknad med modellen som jämförelse (samtliga uttryckta i µg/m³)

Mätpunkt	Medelhalt NO _x	Medelhalt NO ₂	Medelhalt bensen	Medelhalt toluen	NO _x -halt från modell
Badhuset	61	18,7	2,9	7,0	69
Kungsgatan	56	22,3	2,7	6,1	54
Loet	67	20,7	1,9	3,9	66
Smedjegatan	76	23,6	4,6	12,7	75
Södra Hamnleden	67	16,0	3,4	8,3	78
Rådstugatan	56	15,2	2,2	5,1	64
Stadshustaket	22	9,3	1,6	2,4	
Ormbergsskolan	38	14,0	2,0	4,8	

3.1 Mätpunkterna

3.1.1 Badhuset



Mätpunkten vid badhuset är belägen på ungefär 45 meters avstånd från Bodenvägen, den närmaste stora vägen. Avståndet, kombinerat med det faktum att området är ganska öppet, gör att modellberäkningen för denna punkt blir osäker.

Trafikflödet på Bodenvägen uppmättes 1990 till 20 200 fordon per arbetsdygn.

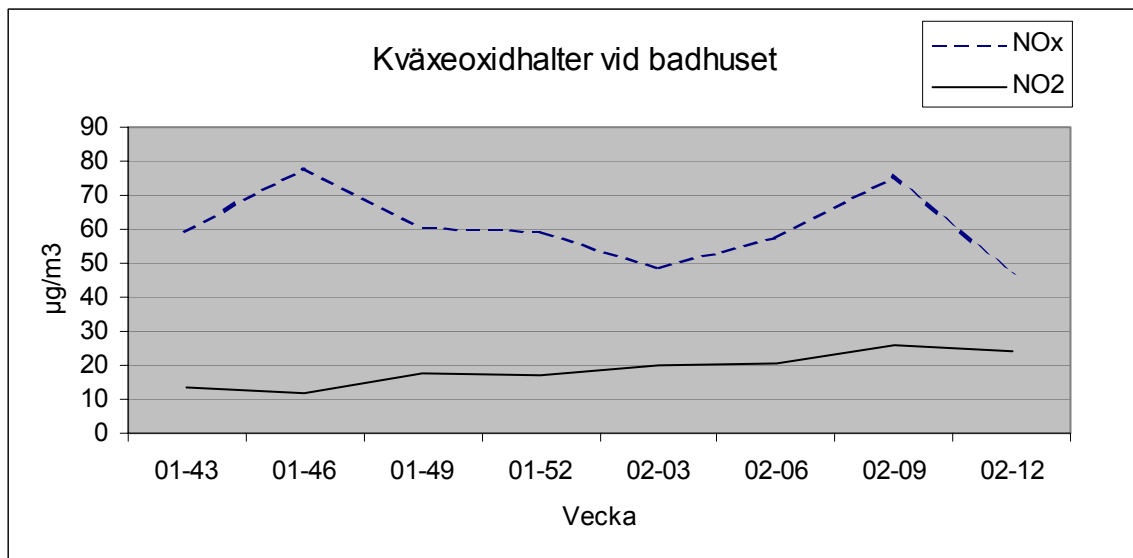


Diagram 3.1: Uppmätta halter av NO_x (uttryckt som NO₂) och NO₂ vid badhuset.

Medelhalten för NO₂ blir 18,7 µg/m³ under perioden, vilket alltså innebär att miljö kvalitetsnormen för årsmedelvärde på 40 µg/m³ inte överskrids. Medelhalten för NO_x uppmättes till 61 µg/m³ under mätperioden, vilket kan jämföras med en koncentration på 69 µg/m³ enligt beräkningsmodellen.

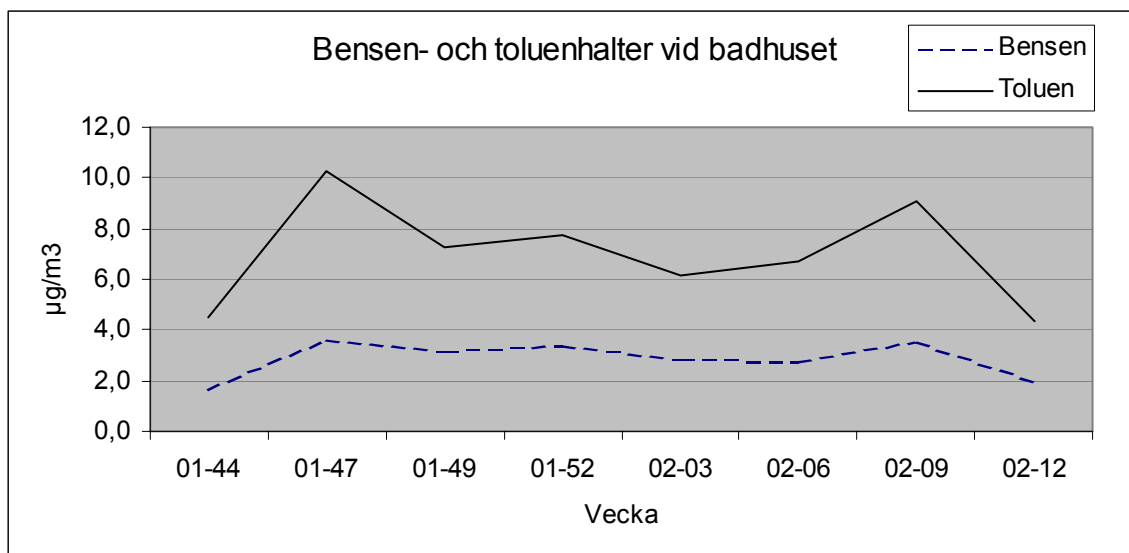


Diagram 3.2: Uppmätta halter av bensen och toluen vid badhuset.

Vid badhuset har en medelhalt på $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uppmätts för bensen och $7,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för toluen. Miljö kvalitetsnormen för årsmedel av bensen ligger på $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och överskrids sålunda inte.

3.1.2 Kungsgatan



Denna mätpunkt är belägen vid hörnet där Kungsgatan korsas av Västra Malmgatan. Under 2001 gjordes en trafikmätning som visade att 7 800 bilar passerar här under ett genomsnittligt arbetsdygn.

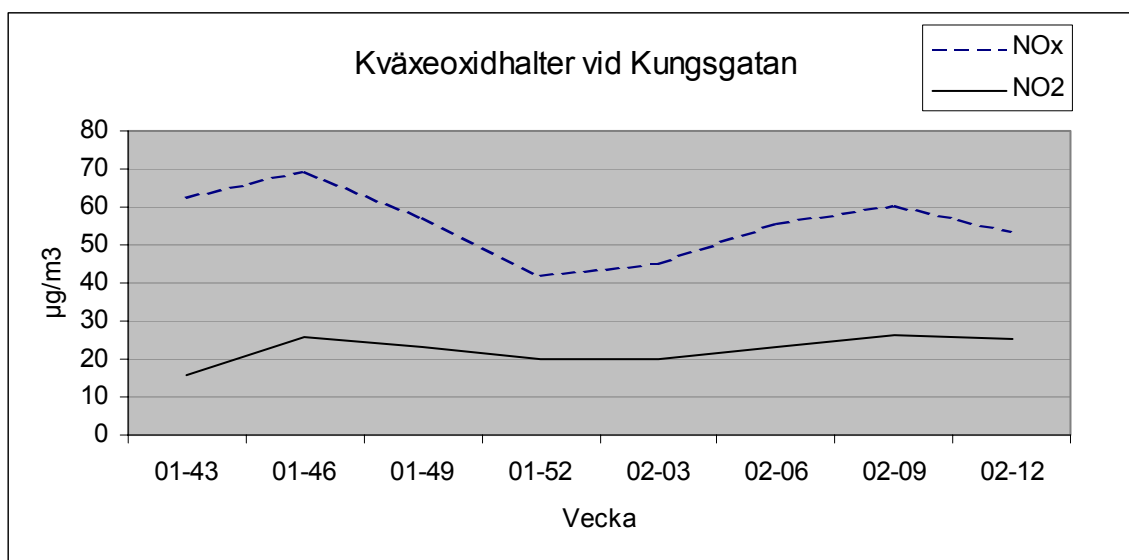


Diagram 3.3: Uppmätta halter av NO_x (uttryckt som NO₂) och NO₂ vid Kungsgatan.

Medelhalten för NO₂ blir 22,3 µg/m³ under perioden, vilket alltså innebär att miljö kvalitetsnormen för årsmedelvärde på 40 µg/m³ inte överskrids. Medelhalten för NO_x uppmättes till 56 µg/m³ under mätperioden, vilket kan jämföras med en koncentration på 54 µg/m³ enligt beräkningsmodellen.

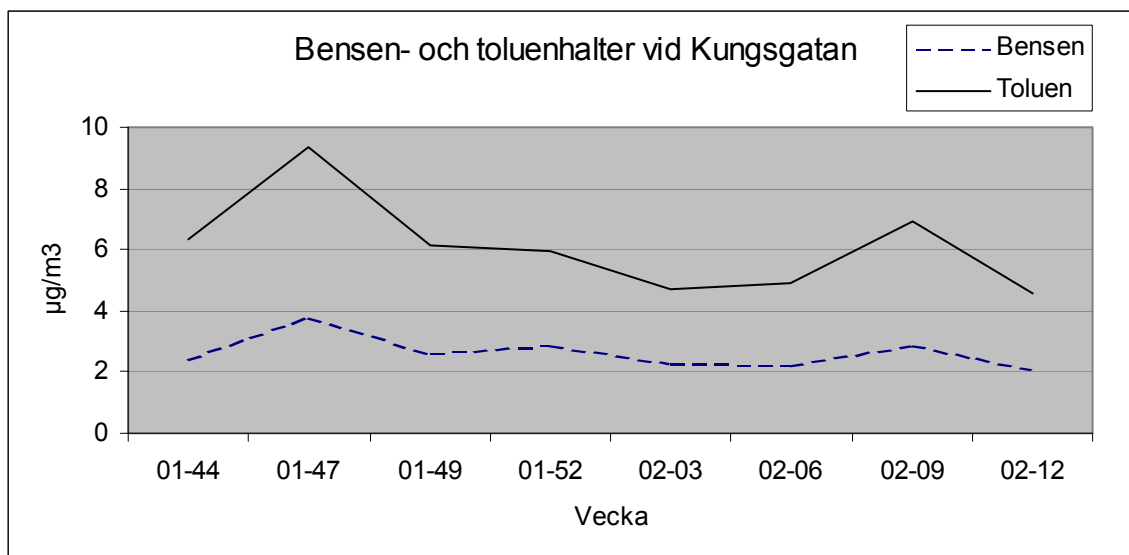


Diagram 3.4: Uppmätta halter av bensen och toluen vid Kungsgatan.

Vid Kungsgatan har en medelhalt på $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uppmätts för bensen och $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för toluen. Miljökvalitetsnormen för årsmedel av bensen ligger på $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och överskrids sålunda inte.

På Kungsgatan gjordes även timvisa mätningar av partiklar, PM_{10} , mellan 2001-10-01 och 2002-05-02. Problem med mätutrustningen gjorde dock att resultat saknas från vissa perioder. För att jämföras med diffusionsmätarnas resultat beräknades medelvärden för de perioder som dessa satt upp, och koncentrationerna presenteras i diagrammet nedan.

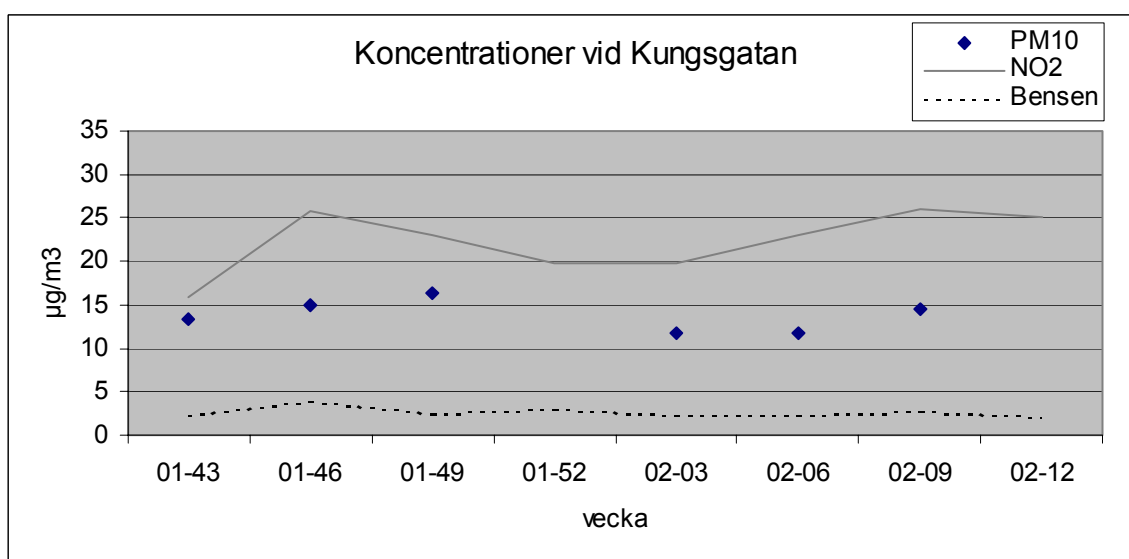


Diagram 3.5: Jämförelse mellan PM_{10} , NO_2 och bensen vid Kungsgatan.

Medelkoncentrationen för PM_{10} under hela perioden låg på $18,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Miljökvalitetsnormen för PM_{10} s årsmedelvärde ligger på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och det verkar inte föreligga någon risk att denna överskrids. Det finns också en miljökvalitetsnorm för 90-percentil av dygnsmedelvärde. Under mätperioden uppmättes detta till $40,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket underskrider miljökvalitetsnormen på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.1.3 Loet



Denna mätpunkt ligger vid busstationen vid Loet, där länsbussarna stannar i Luleå. Då denna punkt skiljer sig mycket från de vanliga gaturummen är den ordinarie beräkningsmodellen osäker. Mätaren är belägen under tak, bussarna startar och stannar alldeles utanför och viss tomgångskörning lär förekomma. Det är alltså mycket svårt att förutsäga vilken sorts utsläpp som sker här.

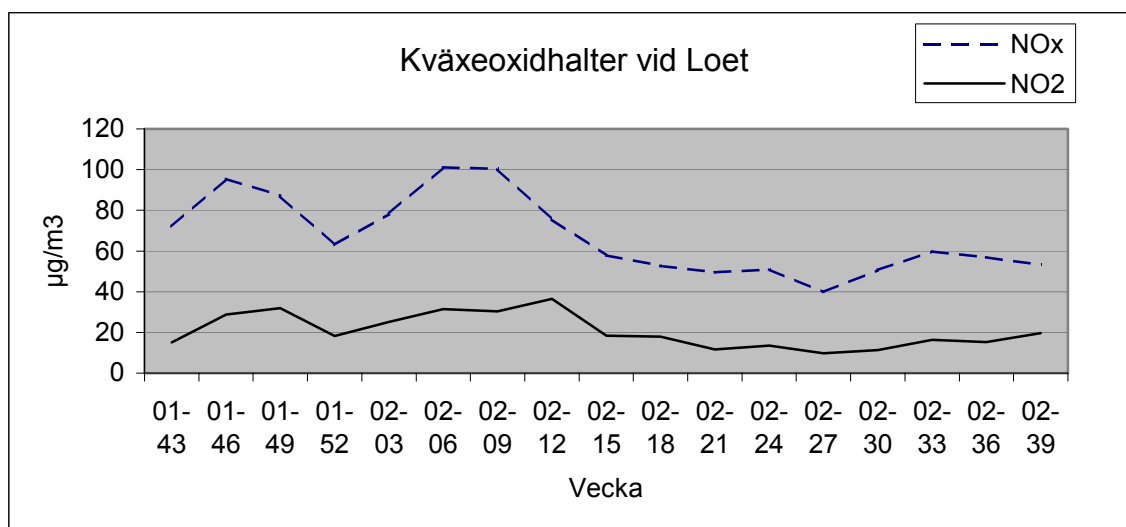


Diagram 3.6: Uppmätta halter av NO_x (uttryckt som NO₂) och NO₂ vid Loet.

Medelhalten för NO₂ blir 20,7 µg/m³ under perioden, vilket alltså innebär att miljö kvalitetsnormen för årsmedelvärde på 40 µg/m³ inte överskrids. Medelhalten för NO_x uppmättes till 67 µg/m³ under mätperioden, vilket kan jämföras med en koncentration på 66 µg/m³ enligt beräkningsmodellen. Under vecka 01-43 till 02-12, motsvarande den kortare mätperioden för ett antal av mätpunkterna, var medelhalten 84 µg/m³.

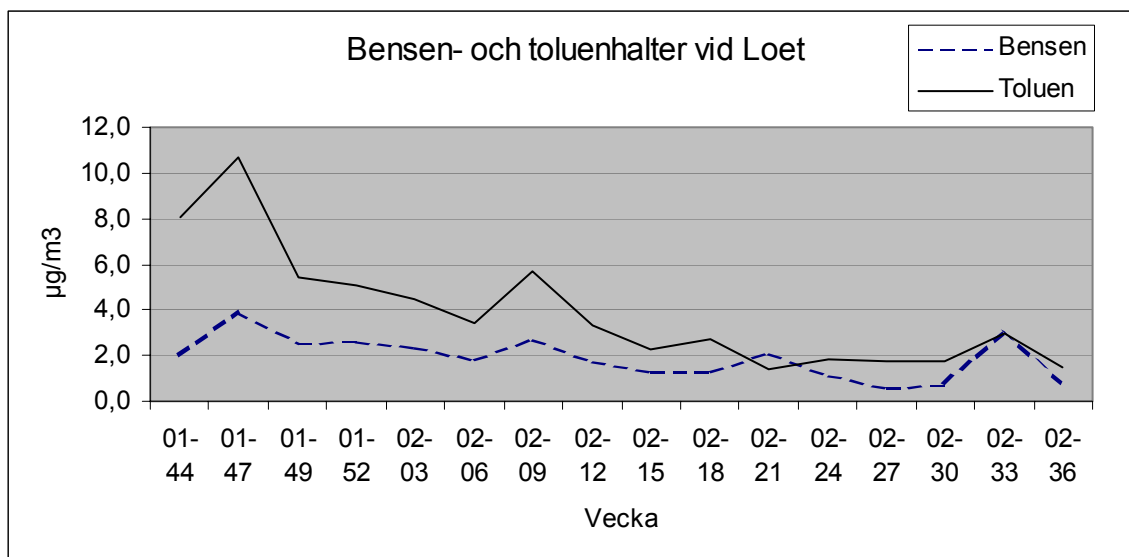


Diagram 3.7: Uppmätta halter av bensen och toluen vid Loet.

Vid Loet har en medelhalt på $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uppmätts för bensen och $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för toluen. Miljökvalitetsnormen för årsmedel av bensen ligger på $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och överskrids sålunda inte.

3.1.4 Smedjegatan



Mätpunkten vid Smedjegatan är egentligen något felaktigt placerad då den sitter mitt i gaturummet. För att ge en riktigt rättvisande bild bör diffusionsmätaren placeras vid sidan av vägen, men detta var inte möjligt för denna punkt på grund av avsaknaden av utrymme. På Smedjegatan gjordes 2002 en mätning som visade att här passerade 9 700 fordon under ett genomsnittligt arbetsdygn.

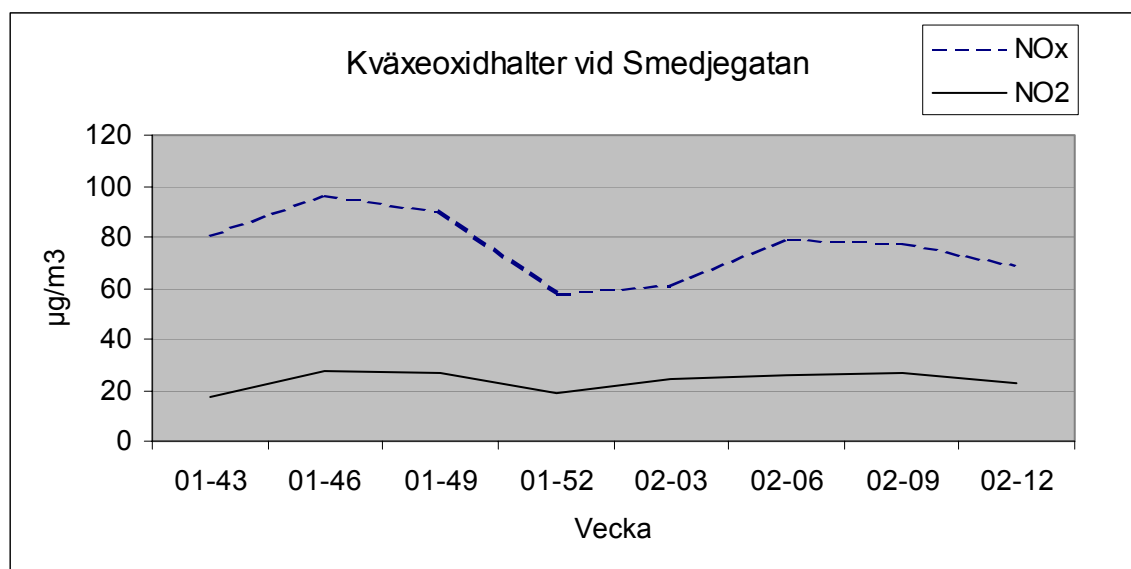


Diagram 3.8: Uppmätta halter av NO_x (uttryckt som NO₂) och NO₂ vid Smedjegatan.

Medelhalten för NO₂ blir 23,6 µg/m³ under perioden, vilket alltså innebär att miljö kvalitetsnormen för årsmedelvärde på 40 µg/m³ inte överskrids. Medelhalten för NO_x uppmättes till 76 µg/m³ under mätperioden, vilket kan jämföras med en koncentration på 75 µg/m³ enligt beräkningsmodellen.

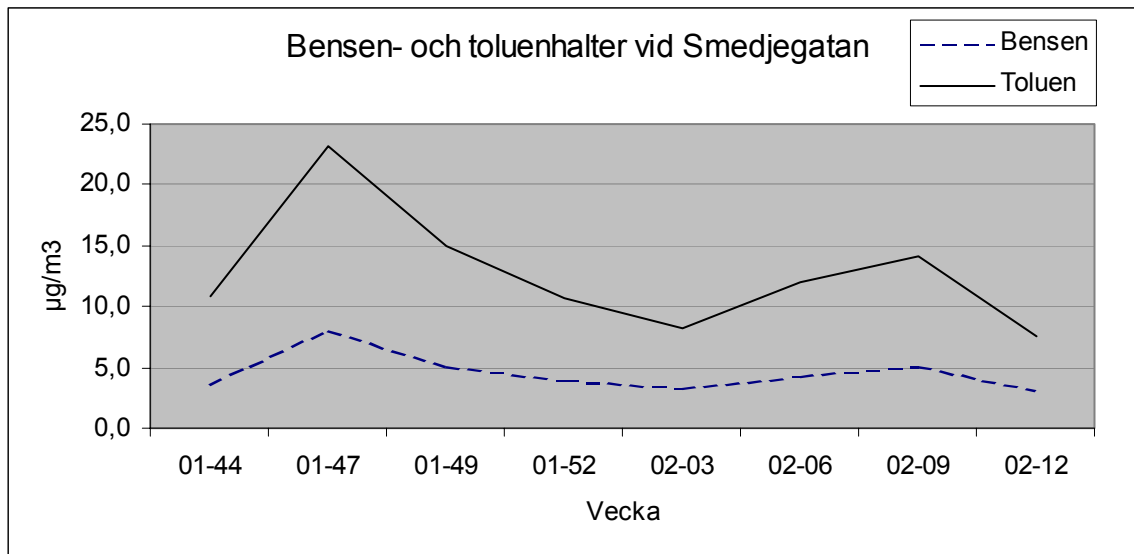


Diagram 3.9: Uppmätta halter av bensen och toluen vid Smedjegatan.

Vid Smedjegatan har en medelhalt på $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uppmätts för bensen och $12,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för toluen. Det är vid denna punkt som den högsta halten av bensen uppmätts, men miljö kvalitetsnormen på $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ klaras.

3.1.5 Södra Hamnleden



Denna mätpunkt är belägen vid Södra Hamnleden, en stor genomfartsgata i Luleå. 1991 uppmättes det genomsnittliga trafikflödet på denna gata till 14 800 fordon per arbetsdygn.

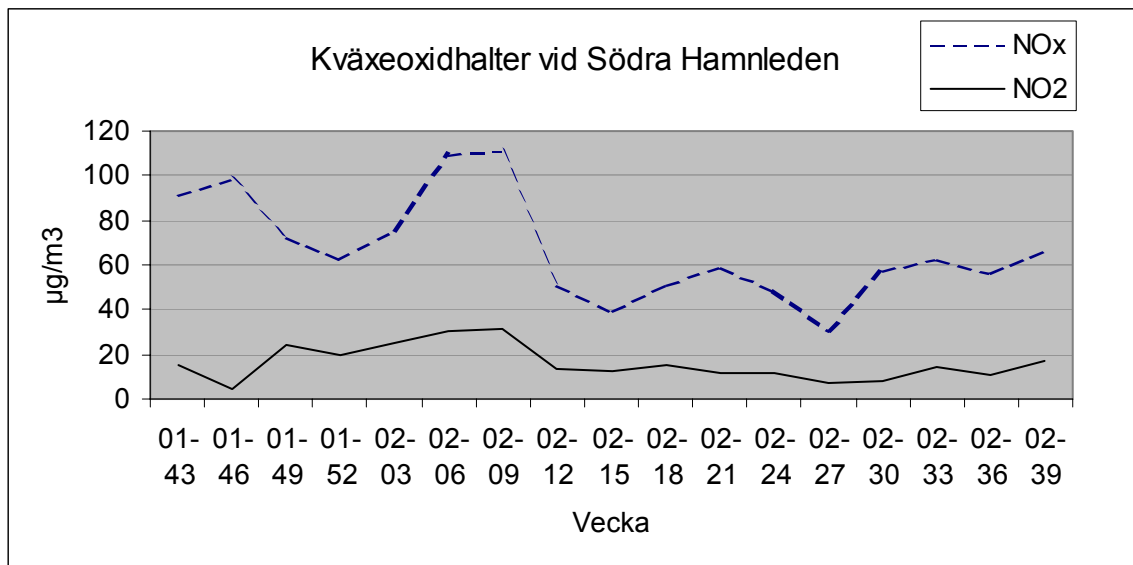


Diagram 3.10: Uppmätta halter av NO_x (uttryckt som NO₂) och NO₂ vid Södra Hamnleden.

Medelhalten för NO₂ blir 16,0 µg/m³ under perioden, vilket alltså innebär att miljö kvalitetsnormen för årsmedelvärde på 40 µg/m³ inte överskrids. Medelhalten för NO_x uppmättes till 67 µg/m³ under mätperioden, vilket kan jämföras med en koncentration på 78 µg/m³ enligt beräkningsmodellen. Under vecka 01-43 till 02-12, motsvarande den kortare mätperioden för ett antal av mätpunkterna, var medelhalten 84 µg/m³.

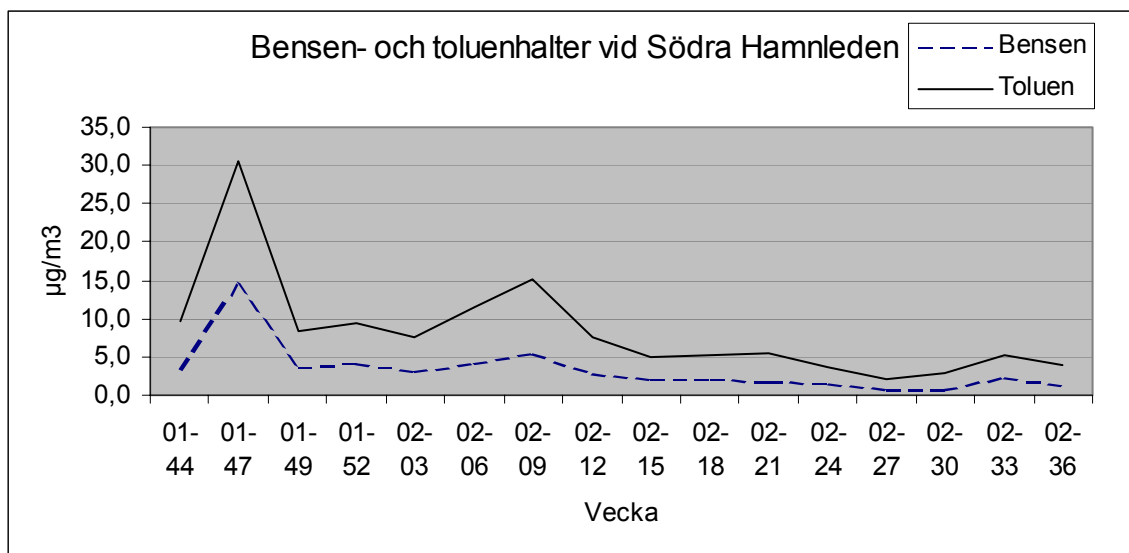


Diagram 3.11: Uppmätta halter av bensen och toluen vid Södra Hamnleden.

Vid Södra Hamnleden har en medelhalt på $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uppmätts för bensen och $8,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för toluen. Miljö kvalitetsnormen för årsmedel av bensen ligger på $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och överskrids sålunda inte. Som synes existerar en väldig topp v.47 2001, något som i mindre grad även registrerats på de andra mätpunkterna. En rimlig förklaring till toppen kan vara ett bensinutsläpp i närheten av mätpunkten.

3.1.6 Rådstugatan



Mätpunkten vid Rådstugatan är belägen utanför stadshuset. Medeltrafikflödet under ett arbetsdygn ligger här på 12 100 bilar (uppmätt 2002).

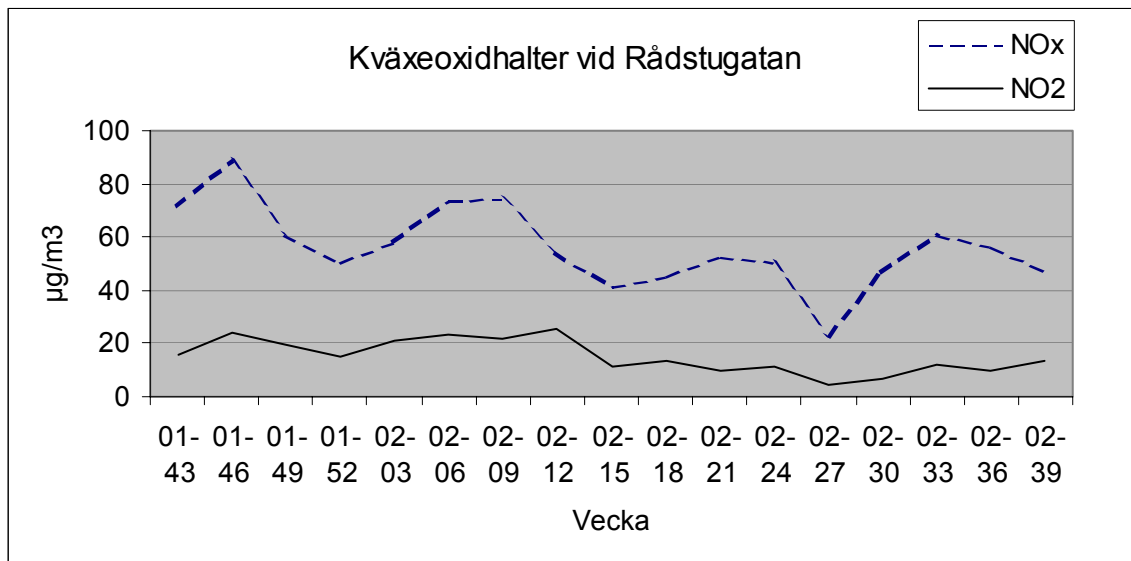


Diagram 3.12: Uppmätta halter av NO_x (uttryckt som NO₂) och NO₂ vid Rådstugatan.

Medelhalten för NO₂ blir 15,2 µg/m³ under perioden, vilket alltså innebär att miljö kvalitetsnormen för årsmedelvärde på 40 µg/m³ inte överskrids. Medelhalten för NO_x uppmättes till 66 µg/m³ under mätperioden, vilket kan jämföras med en koncentration på 64 µg/m³ enligt beräkningsmodellen. Under vecka 01-43 till 02-12, motsvarande den kortare mätperioden för ett antal av mätpunkterna, var medelhalten 56 µg/m³.

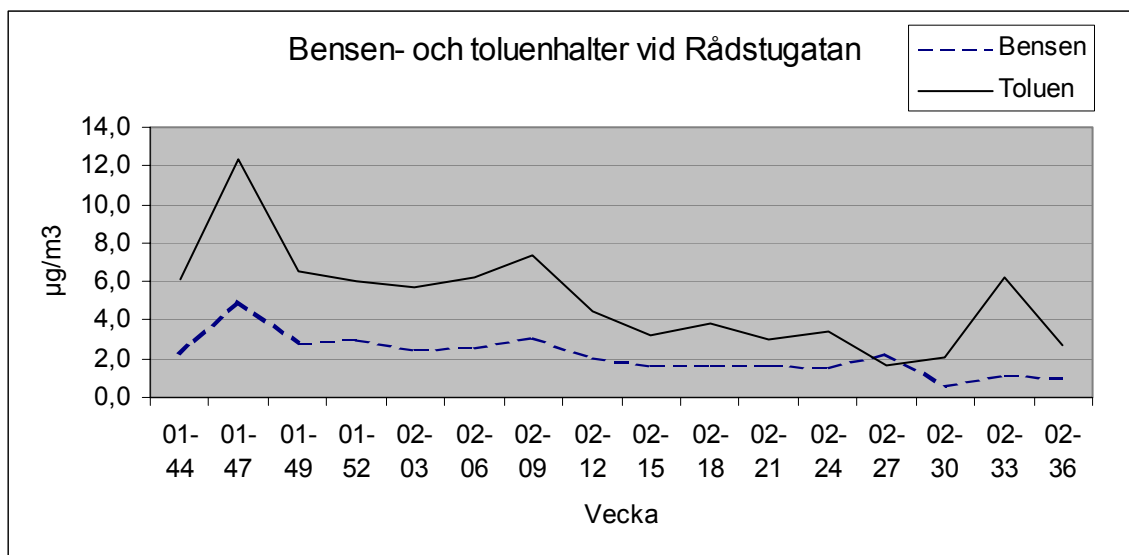


Diagram 3.13: Uppmätta halter av bensen och toluen vid Rådstugatan.

Vid Rådstugatan har en medelhalt på $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uppmätts för bensen och $5,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för toluen. Miljö kvalitetsnormen för årsmedel av bensen ligger på $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och överskrids sålunda inte.

3.1.7 Stadshustaket



Mätaren på stadshustaket placerades på en höjd av 36 meter för att mäta en allmän spridning av luftföroreningarna. Medan mätarna vid gatunivå registrerar högst lokala koncentrationer kan diffusionsmätaren på denna punkt antas ge ett mer allmänt bakgrundsvärde.

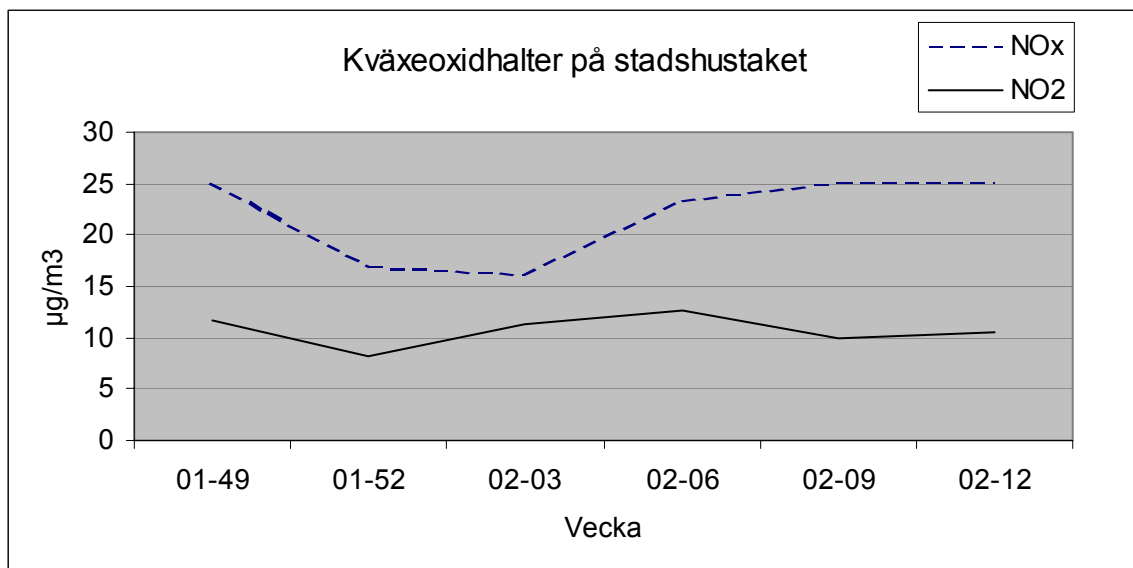


Diagram 3.14: Uppmätta halter av NO_x (uttryckt som NO₂) och NO₂ på stadshustaket.

Medelhalten för NO₂ blir 9,3 µg/m³ under perioden, vilket alltså innebär att miljö kvalitetsnormen för årsmedelvärde på 40 µg/m³ inte överskrids. Medelhalten för NO_x uppmättes till 22 µg/m³ under mätperioden.

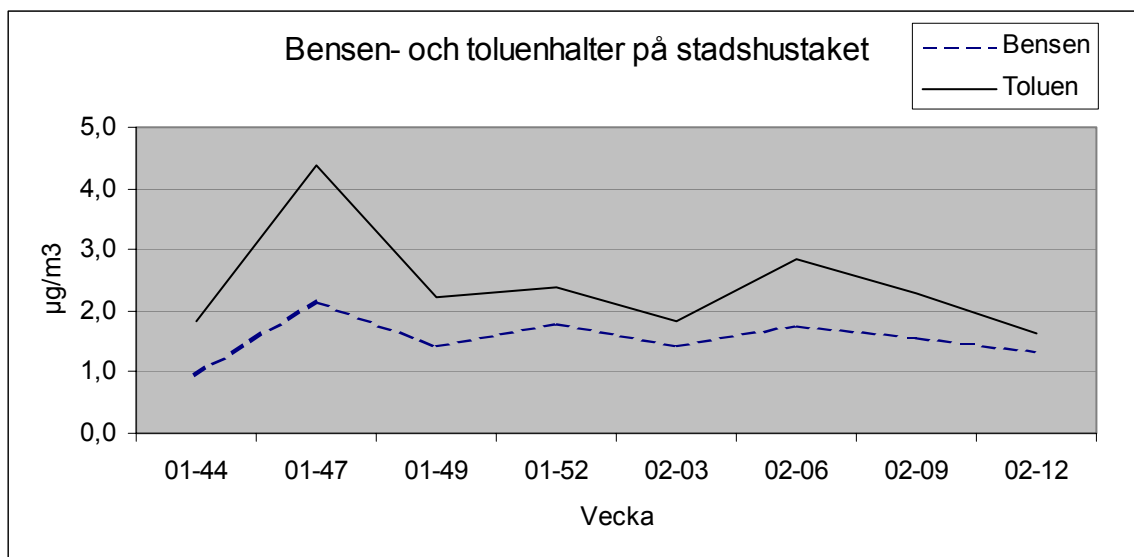


Diagram 3.15: Uppmätta halter av bensen och toluen på Stadshustaket.

På stadshustaket har en medelhalt på $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uppmätts för bensen och $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för toluen. Miljö kvalitetsnormen för årsmedel av bensen ligger på $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och överskrids sålunda inte.

3.1.8 Ormbergsskolan

Mätpunkten vid Ormbergsskolan är den enda som inte är belägen i Luleå centrum. Ungefär 50 meter från mätpunkten går Väderleden, på vilken det 1986 uppmättes ett medelarbetsdygnsflöde på 4 900 fordon per dygn. Trafikmängden har sannolikt ökat sedan mätningen gjordes.

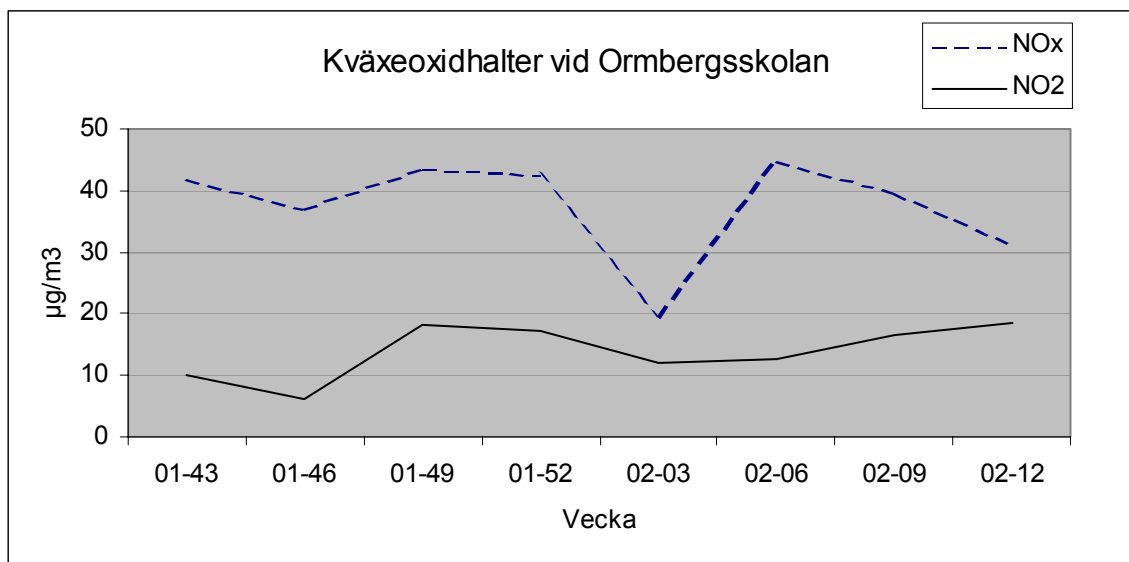


Diagram 3.16: Uppmätta halter av NO_x (uttryckt som NO₂) och NO₂ vid Ormbergsskolan.

Medelhalten för NO₂ blir 14,0 µg/m³ under perioden, vilket alltså innebär att miljö kvalitetsnormen för årsmedelvärde på 40 µg/m³ inte överskrids. Medelhalten för NO_x uppmättes till 38 µg/m³ under mätperioden.

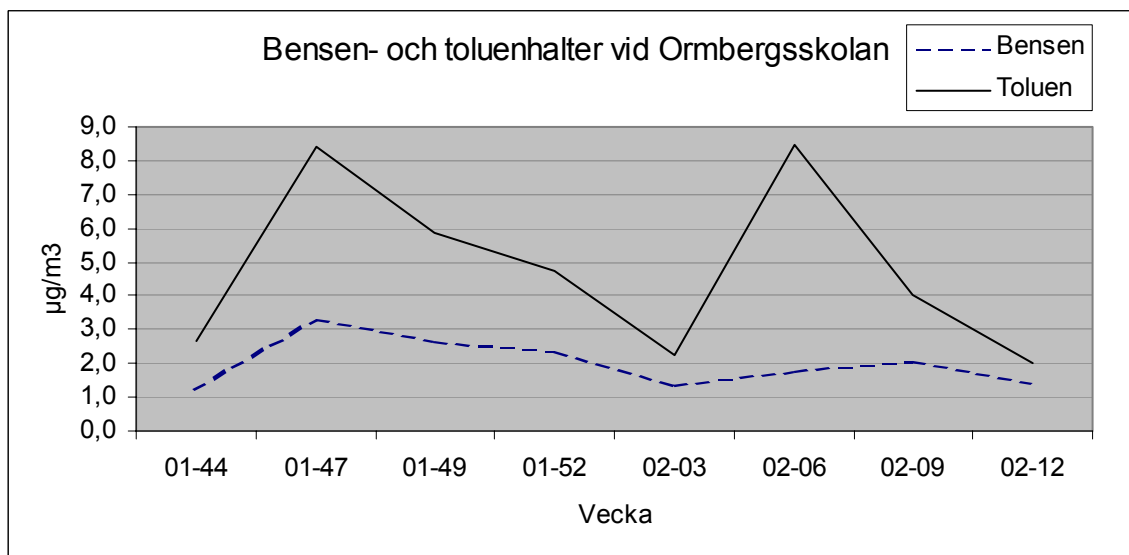
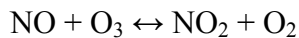


Diagram 3.17: Uppmätta halter av bensen och toluen vid Ormbergsskolan.

Vid Ormbergsskolan har en medelhalt på 2,0 µg/m³ uppmätts för bensen och 4,8 µg/m³ för toluen. Miljö kvalitetsnormen för årmedel av bensen ligger på 5,0 µg/m³ och överskrids sålunda inte.

3.2 Jämförelser mellan NO_x och NO_2

NO_x är en samlingsbenämning på NO och NO_2 , ofta använd då dessa båda ämnen kan omvandlas till varandra enligt formeln



Observera att omvandlingen kan gå åt båda hållen. För att kvävemonoxid ska kunna omvandlas till kvävedioxid krävs ozon, som mestadels förs hit med vinden.

Den totala halten av NO_x räknades ut och andelen NO_2 bestämdes sedan för varje mätillfälle. Kvoten NO_2/NO_x varierade mellan 0,05 och 0,70 för mätningarna, med ett medel på 0,32. Andelen kvävedioxid är märkbart högre vid mätpunkten på stadshustaket än vid de andra mätpunkterna, och det är även här som den största NO_2/NO_x -kvoten påträffas. Detta beror sannolikt på att en större andel NO_x haft tid att omvandlas till NO_2 på denna höjd jämfört med gatunivå.

3.3 Jämförelse mellan bensen och NO_2

En jämförelse gjordes mellan de uppmätta koncentrationerna av NO_2 och bensen för att försöka finna ett eventuellt samband. Regressionsanalys gav att nedanstående kurva gav bäst överensstämmelse, med en korrelationskoefficient på 0,43. Kurvans ekvation blir då

$$y = 10,985x^{0,5572}$$

där y står för koncentrationen av NO_2 och x för koncentrationen av bensen.

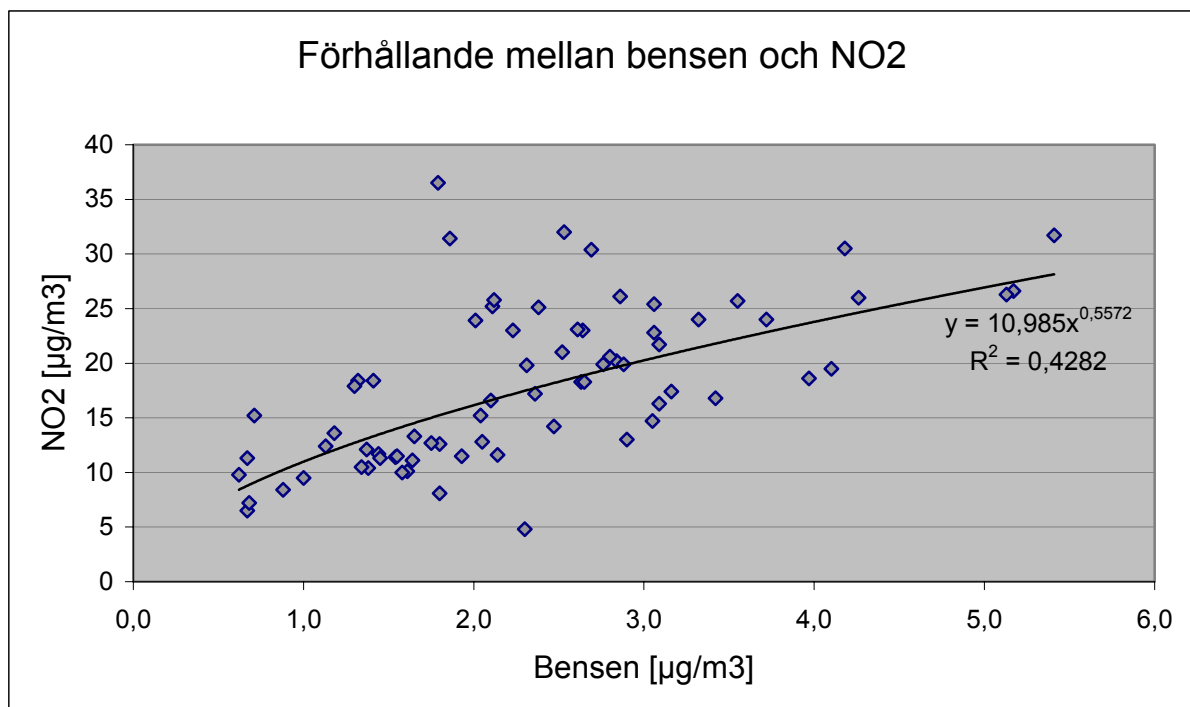


Diagram 3.18: Förhållande mellan bensen och NO_2 .

Kurvans form beror på de kemiska jämvikterna. När antalet motorfordon ökar kommer halterna av både kvävemonoxid och bensen att öka, och den första reagerar sedan med ozon för att bilda kvävedioxid. Vid tillräckligt hög trafikbelastning kommer ozon att bli en begränsande faktor eftersom detta inte tillförs i samma takt som NO , och bildningen av kvävedioxid mattas av.

3.4 Jämförelse mellan olika höjdnivåer

Mätarna på stadshustaket och på Rådstugatan är placerade nära varandra men på olika höjdnivåer. Genom att jämföra mätresultaten från dem kan man försöka bilda sig en uppfattning om hur koncentrationerna av luftföroreningar varierar mellan gatunivå och stadshustaket.

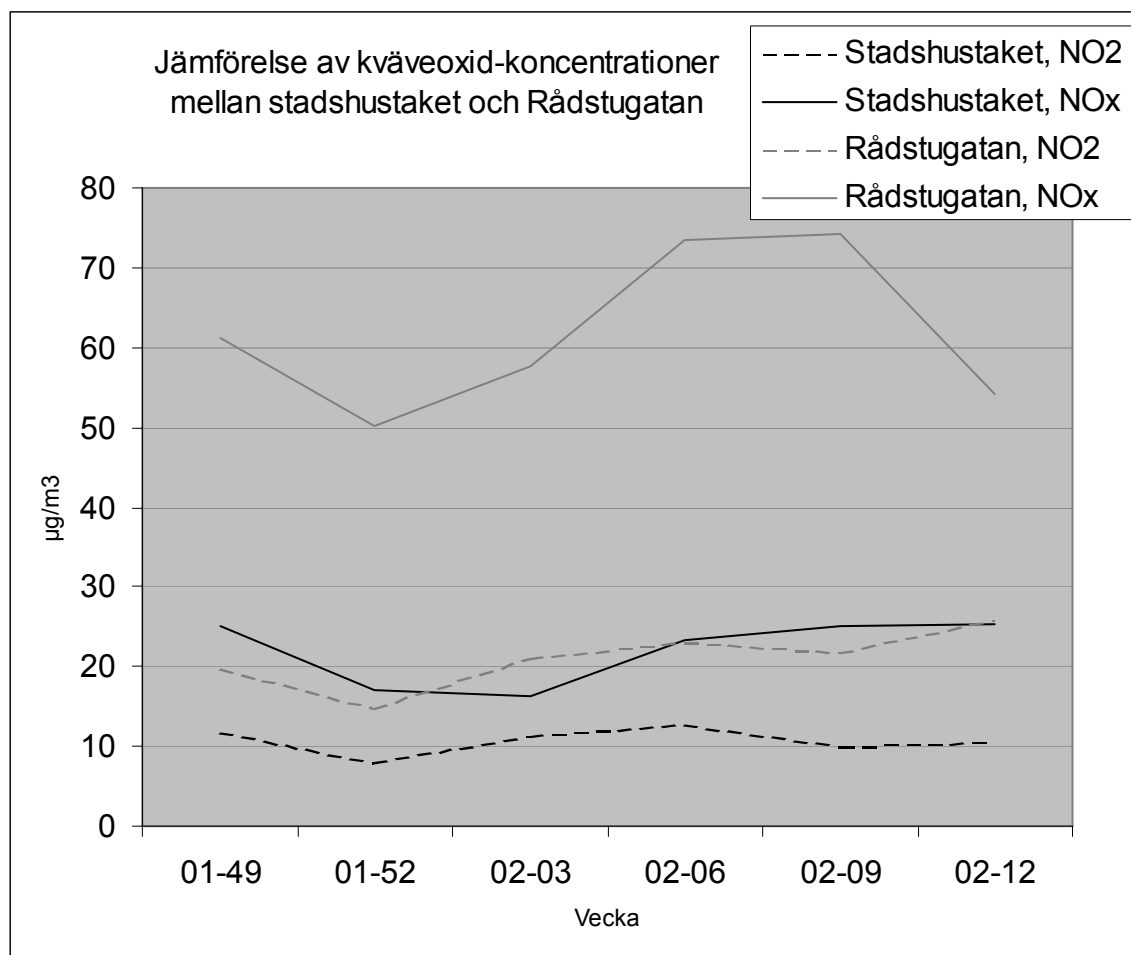


Diagram 3.19: Jämförelse mellan stadshustaket och Rådstugatan med avseende på koncentrationerna av NO₂ och NO_x.

Som kan ses av diagrammet ovan är koncentrationerna av luftföroreningar betydligt lägre på taknivå, inte helt oväntat då avståndet till källan är större och spädning har hunnit ske. För NO₂ och bensen verkar förhållandet vara det att halten är ungefär dubbelt så hög vid marken som på trettio meters höjd. Man kan också observera att NO₂/NO_x-kvoten är större på stadshustaket, då kvävemoxid har haft mer tid på sig att omvandlas till kvävedioxid.

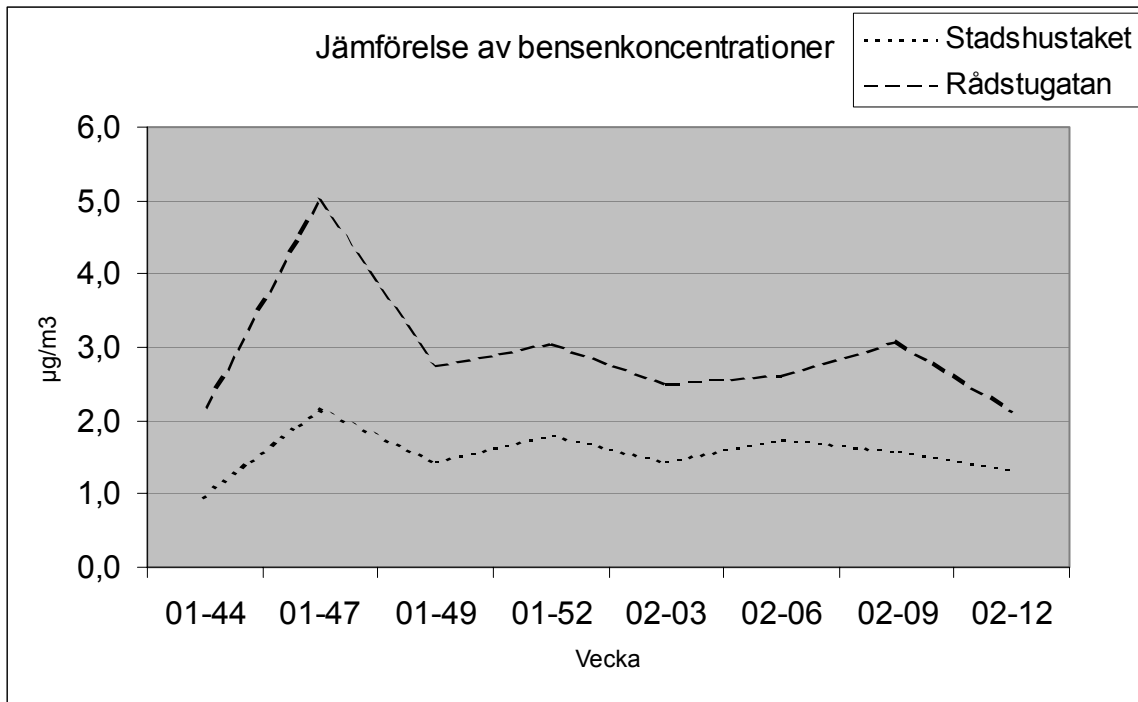
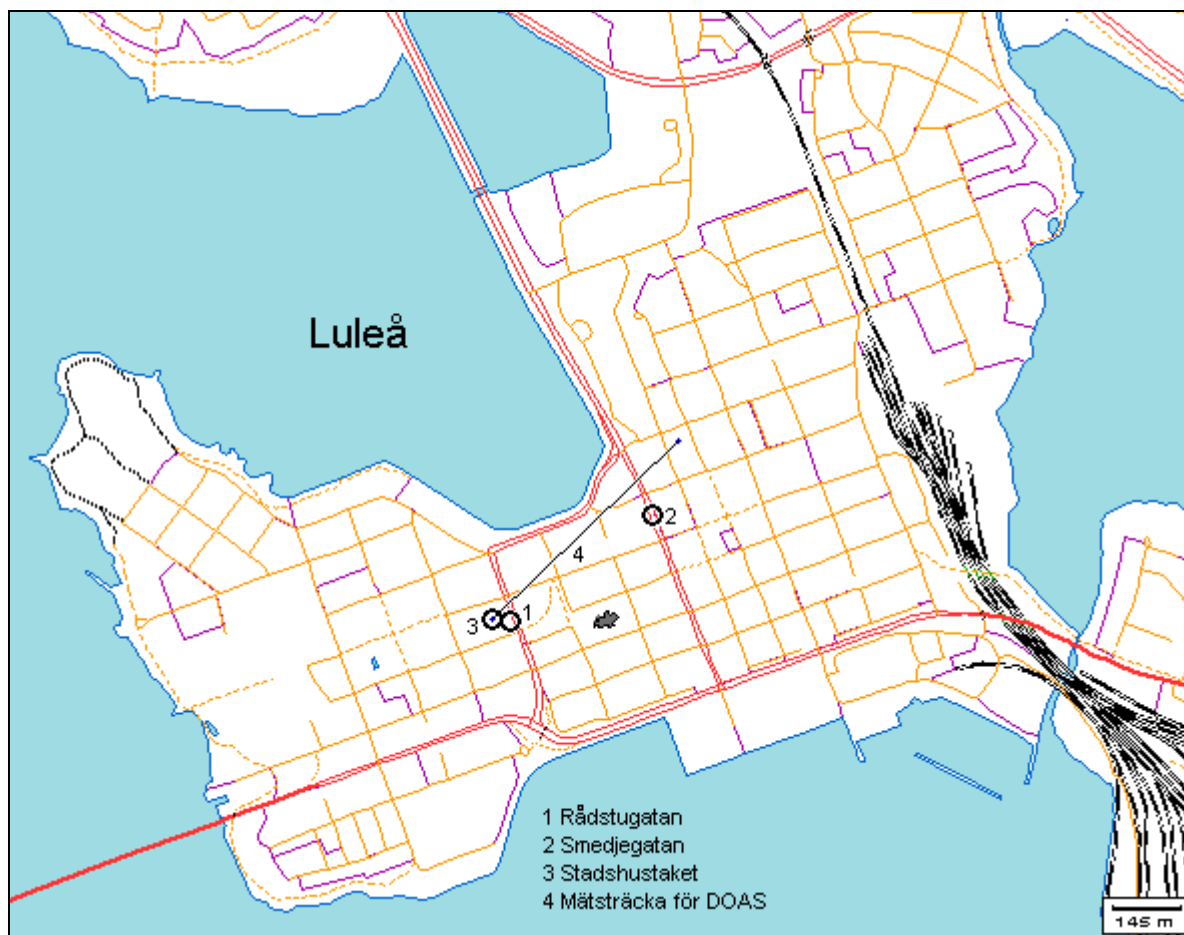


Diagram 3.20: Jämförelse av bensenkoncentrationer mellan stadshustaket och Rådstugatan

4 DOAS-mätningar

DOAS står för Differential Optical Absorption Spectroscopy och är en metod att optiskt mäta gaskoncentrationer över en längre sträcka. I Luleå användes denna teknik för att bestämma medelhalten för NO_2 över sträckan stadshuset - Vattenfalls hus.

Mätningen går till så att en kraftig lampa får lysa i mätsträckans ena ände och en mottagare placeras i den andra. Då olika gaser har en förmåga att absorbera ljus med olika våglängder kan det avlästa ljuset analyseras med avseende på hur mycket och vilken sorts ljus som absorberats. Därigenom kan koncentrationerna av olika gaser bestämmas över mätsträckan.



Figur 4.1: DOAS-mätsträckan och de mätpunkter som är placerade nära denna.

4.1 Jämförelse mellan DOAS och diffusionsprovtagning

De mätpunkter som låg närmast sträckan som den optiska mätningen skedde över var de vid Rådstugatan och Smedjegatan och den på stadshustaket. Hur halterna av NO_2 varierade för de olika mätpunkterna presenteras i diagrammet nedan. DOAS-mätaren mätte timvariationen av NO_2 , men i diagrammet har resultatet anpassats för att ge medelvärdet under samma tid som diffusionsmätningarna pågått.

En sammanställning av hela DOAS-mätningen ger en 98-percentil av timmedelhalten på ungefär $47 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ under den aktuella mätperioden, medan 98-percentilen av dygnsmedelhalten låg på $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Medlet för hela perioden låg på $9,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alltså långt under miljö kvalitetsnormen för årsmedel på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sambandet mellan NO_2 och bensen från 3.3 ger en bensenhalt på $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmedel, vilket kan jämföras med miljö kvalitetsnormen på $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

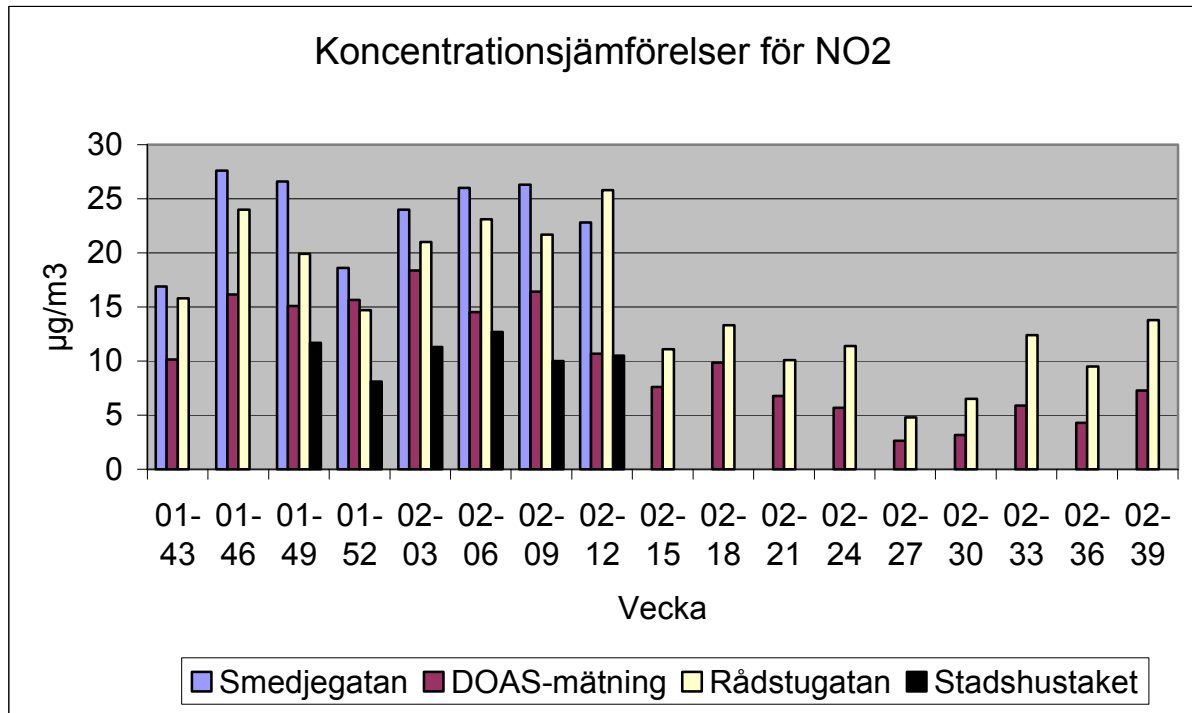


Diagram 4.1: Jämförelse av koncentrationer av NO_2 från diffusionsmätning vid Smedjegatan, DOAS-mätning, diffusionsmätning vid Rådstugatan och diffusionsmätning på stadshustaket.

Någon perfekt överensstämmelse kommer inte att fås mellan mätmetoderna eftersom de är så pass olika. I det ena fallet mäts koncentrationer på enskilda punkter, i det andra en medelkoncentration över en längre sträcka. Mätningarna görs på olika höjd, i det ena fallet i gatuplanet och i det andra på taknivå. Det är alltså helt olika luftvolymmer som mäts.

5 Modellberäkning

I enighet med gällande lagstiftning har mätningarna av kväveoxider kompletterats med beräkningar, i detta fall utförda med hjälp av SMHI:s datamodell Dispersion 2.1. Avsaknad av indata har gjort att beräkningar endast kunde göras på NO_x.

En modell utgör alltid en förenkling av verkligheten, och en av anledningarna till att denna undersökning gjordes var att kalibrera modellen och se hur väl den stämmer överens med verkligheten. I modellen fanns inlagt vägnätet i centrala Luleå, där trafiktätheten på de olika vägarna kunde matas in. Väderdata för ett antal olika beräkningsår fanns också i modellen och av dessa valdes data från 1999 för beräkningen då detta var ett kallt år med höga halter av luftföroreningar. Ett antal beräkningar kördes och jämfördes med resultaten från diffusionsmätningarna, och modellen kalibrerades sedan genom att bestämma en bakgrundshalt som gav så små skillnader mellan de uppmätta och de beräknade koncentrationerna som möjligt. Denna bakgrundshalt sattes till 32 µg/m³.

Modellen har dock fortfarande en del svagheter. Det finns exempelvis risk att den underskattar koncentrationer i trånga gaturum. En annan känd felkälla är att modellens årsmedelvärde är kalibrerat efter diffusionsmätningarna, vilka egentligen visar ett vinterhalvsmedel något högre än årsmedlet. Det bör slutligen också sägas att vissa av de trafikflödesmätningar som legat till grund för beräkningarna har ganska många år på nacken och kan vara föråldrade.

5.1 Jämförelse mellan resultaten från DOAS-mätningarna och modellen

För att bestämma modellens exakthet och försöka avgöra risken att miljö kvalitetsnormerna överskrids vid de punkter där modellen gett de högsta halterna av NO_x plottades faktiska, uppmätta NO₂-halter mot beräknade NO_x-halter i ett diagram. NO₂ uppmättes med DOAS-teknik över en sträcka i centrala Luleå (se fig 4.1) medan NO_x-halterna var beräknade för en punkt som låg approximativt på sträckan. Två undersökningar gjordes: en för timmedelhalter under 1999, och en för dygnsmedelhalter under perioden 1998-2000.

I båda fallen presenteras två trendlinjer: en linjär och en logaritmisk. I diagrammen ges nedan ges också R²-värden, ett mått på korrelationen mellan variablerna – ju högre R², desto statistiskt säkrare förhållande.

Det högsta beräknade 98-percentilen av NO_x timmedel ligger på 298 µg/m³. Detta skulle med det linjära förhållandet innebära en NO₂-halt på 88,8 µg/m³ – alldeles under miljö kvalitetsnormen på 90 µg/m³. Det logaritmiska förhållandet ger en betydligt lägre halt, 53,3 µg/m³. De uppsatta gränsvärdena överskrids alltså inte, men felmarginalen är sådan att det inte kan uteslutas.

För dygnsmedel ger modellen en högsta 98-percentil på 198 µg/m³. Miljö kvalitetsnormen för NO₂ ligger på 60 µg/m³ och skulle ekvationerna från diagram 5.2 användas skulle det ge en NO₂-koncentration på 82,5 µg/m³ vid linjärt förhållande och 51,4 µg/m³ vid logaritmiskt. Här förekommer alltså risk att miljö kvalitetsnormen överskrids.

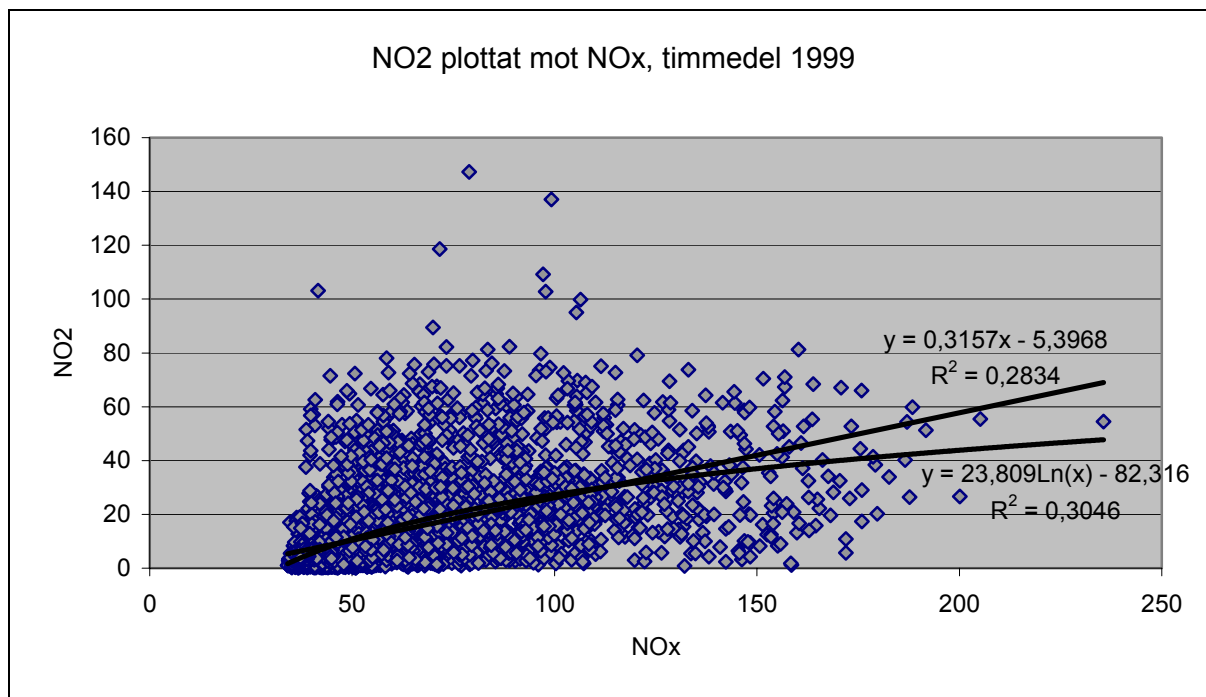


Diagram 5.1: NO₂-halter uppmätta med DOAS plottade mot NO_x-halter beräknade i Dispersion 2.1 (timmedel under 1999 i centrala Luleå).

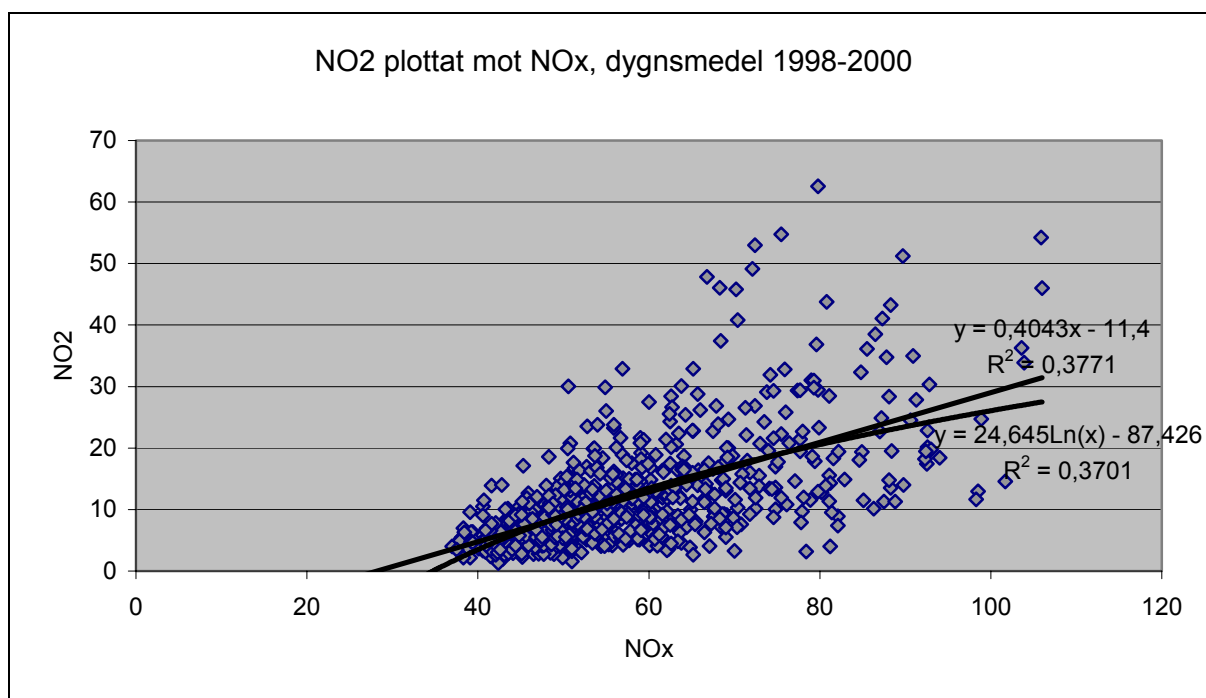
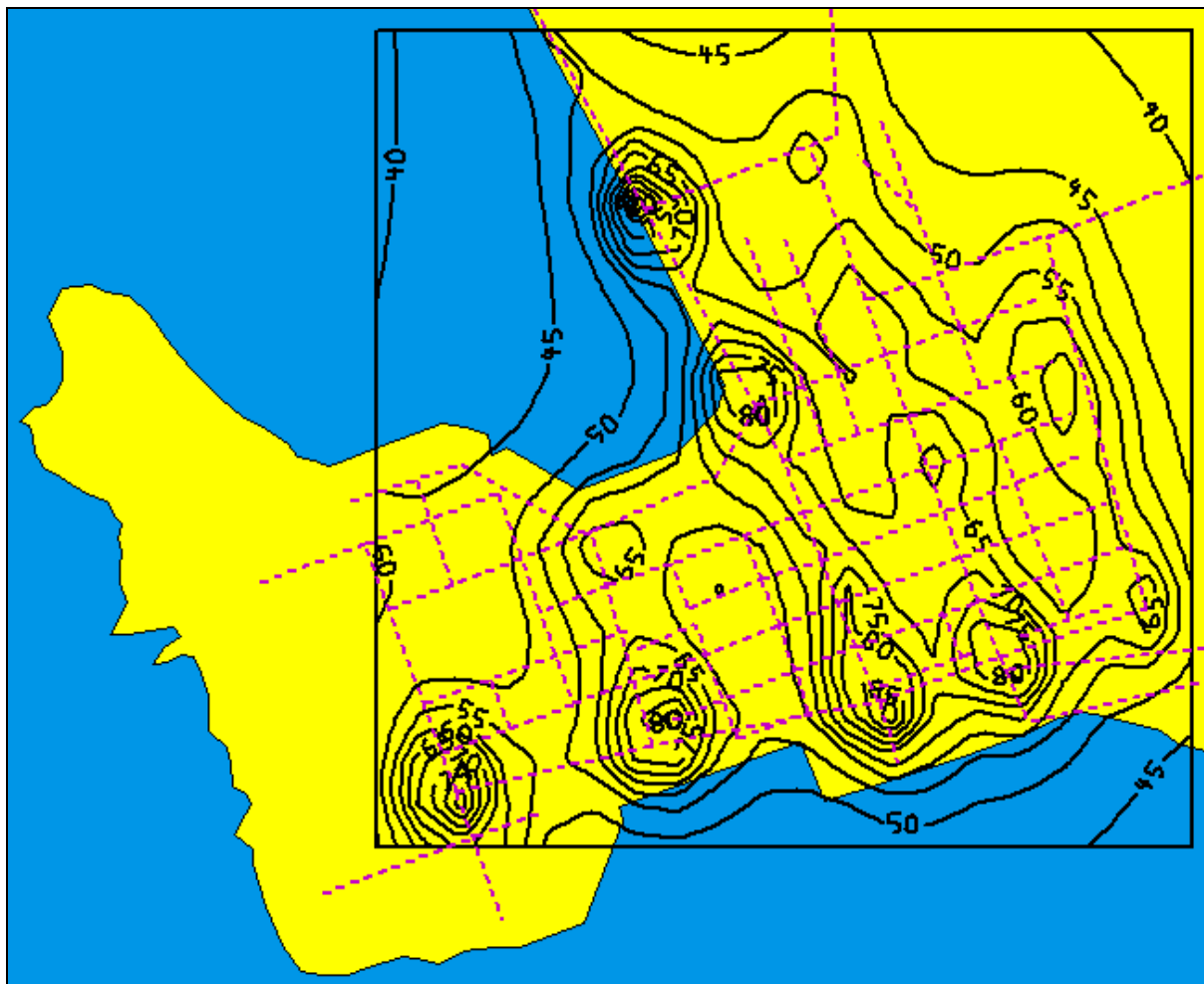


Diagram 5.2: NO₂-halter uppmätta med DOAS plottade mot NO_x-halter beräknade i Dispersion 2.1 (dygnsmedel under 1998-2000 i centrala Luleå).

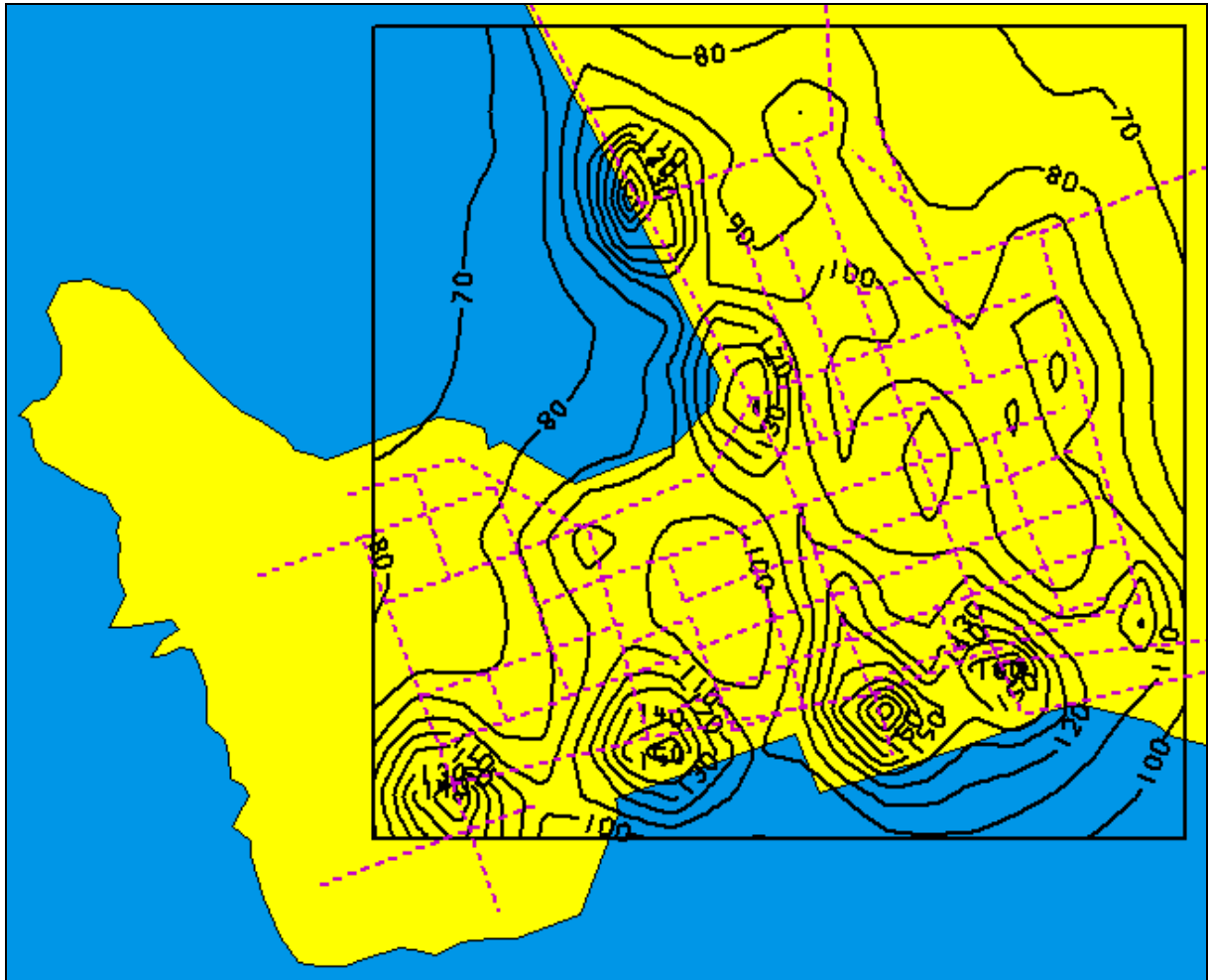
5.2 Årsmedelvärde enligt modellen



Figur 5.1: Årsmedelvärde för NO_x

Det högsta beräknade årsmedelvärdet för NO_x är 96 µg/m³, i korsningen mellan Smedjegatan och Södra Hamnleden. Det är möjligt att miljö kvalitetsnormen för årsmedelvärde av kvävedioxid (40 µg/m³) överskrids i de större korsningarna, men detta beror på hur stor andel av NO_x som utgörs av NO₂.

5.3 Dygnsmedelvärde enligt modellen

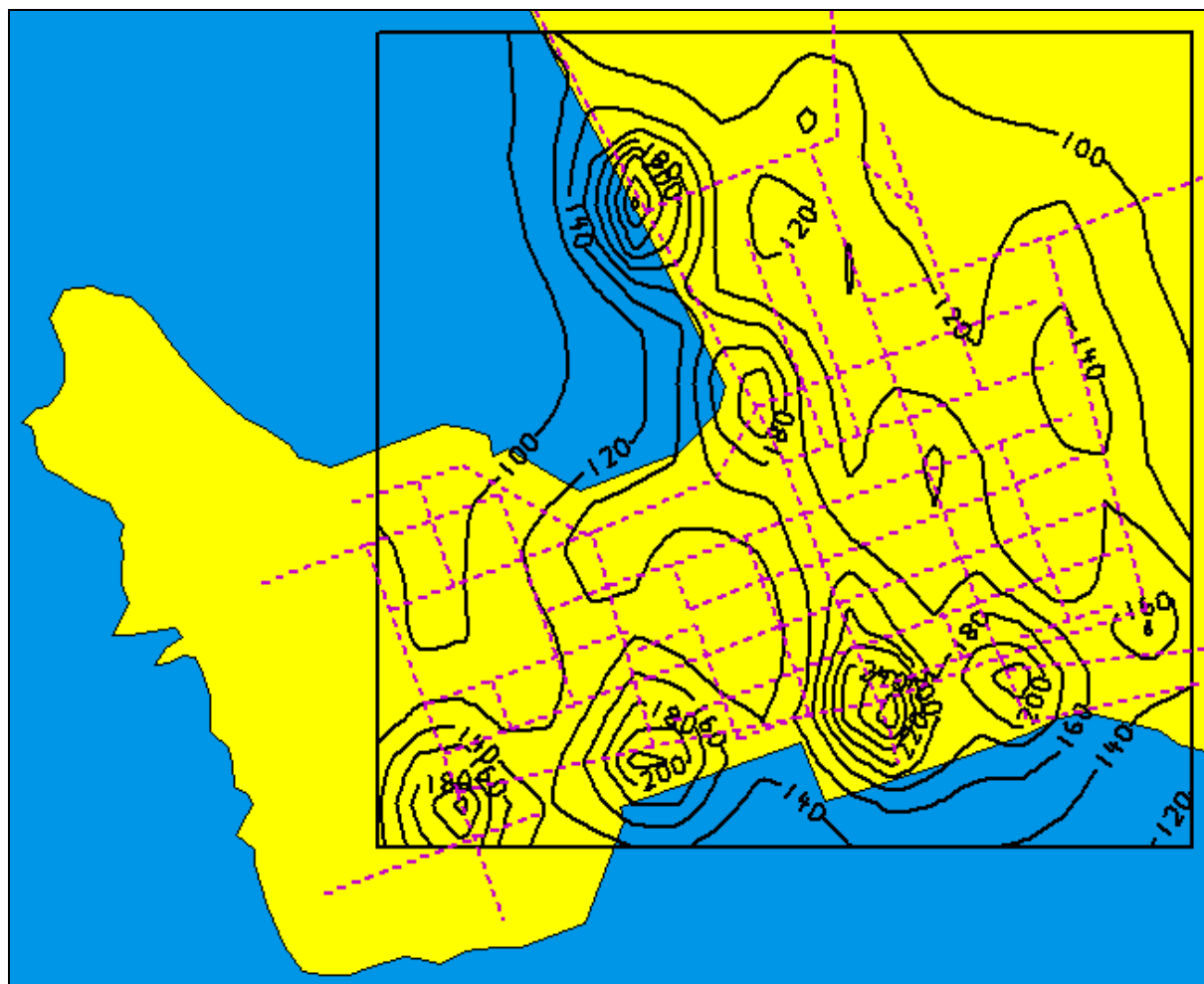


Figur 5.2: Dygnsmedelvärde (98-percentil) för NO_x

Den högsta 98-percentilen av dygnsmedelvärdet av NO_x är 198 µg/m³, i korsningen mellan Smedjegatan och Södra Hamnleden. Det framräknade förhållandet mellan dygnsmedel av NO_x och NO₂ skulle då ge en NO₂-halt på 82,5 µg/m³ vid linjärt förhållande och 51,4 µg/m³ vid logaritmiskt (se 5.1). Miljö kvalitetsnormen för dygnsmedel av NO₂ ligger på 60 µg/m³, så risken för överskridande kan inte bortses från.

Skulle timmedelsförhållandet användas istället skulle halten bli 57,2 µg/m³ (linjärt förhållande) eller 43,6 µg/m³ (logaritmiskt förhållande).

5.4 Timmedelvärde enligt modellen



Figur 5.3: Timmedelvärde (98-percentil) för NO_x

Den högsta 98-percentilen av timmedelvärdet av NO_x är 298 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, i korsningen mellan Smedjegatan och Södra Hamnleden. Detta skulle, enligt formlerna från 5.1, ge en NO₂-koncentration på 88,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vid linjärt förhållande eller 76,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vid logaritmiskt förhållande. Miljö kvalitetsnormen för timmedelvärde av kvävedioxid (fortfarande 98-percentilen) ligger på 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket innebär att felmarginalen är liten och risk för överskridande kan förekomma, även om den inte är stor.

6 Diskussion

Då diffusionsmätarna mäter koncentrationer över en längre tid kan endast miljökvalitetsnormerna för årsmedelvärden studeras med dessa. Normen för årsmedelvärde av NO₂ ligger på 40 µg/m³, och ett så högt värde uppmättes aldrig på något ställe under provtagningsstiden.

För bensen existerar endast miljökvalitetsnormen för årsmedelvärde, och den ligger på 5 µg/m³. Halter högre än så uppmättes vid Smedjegatan och Södra Hamnleden, men medelhalten under hela perioden översteg aldrig 5,0 µg/m³.

Med DOAS-utrustningen mättes även dygns- och timmedelvärden för NO₂. Miljökvalitetsnormen för dygnsmedel ligger på 60 µg/m³ och detta värde överskreds aldrig under mätperioden. Inte heller normen för timmedel (90 µg/m³) överskreds – 98-percentilen för det uppmätta timmedlet låg på 47 µg/m³. Medelhalten för hela mätperioden låg på 9,7 µg/m³, med andra ord långt under miljökvalitetsnormen för årsmedel på 40 µg/m³.

Om man tittar på de utvärderingströsklar som avgör hur luftkvalitetskontrollen ska gå till ser man att värdena från DOAS-mätningen oftast håller sig under även den nedre tröskeln. Nedre tröskeln för dygnsmedelvärde anses vara överskriden om föroreningsnivån är högre än 36 µg/m³ mer än 7 gånger under ett kalenderår, och under mätperioden inträffade detta sju gånger. Nedre gränsen för timmedelvärdet var inte i närheten av att överskridas. Enligt dessa resultat är alltså NO₂-halten så låg att lagen inte kräver mätningar, men då marginalen till nedre utvärderingströskeln är liten bör sådana göras ändå för att hålla sig på den säkra sidan. Det bör också vara värt att påpeka att DOAS-mätningen gjordes på hustaksnivå där spädningseffekten kan ha minskat NO₂-halterna jämfört med gaturummen.

Överensstämmelsen mellan modellen och NO_x från diffusionsmätningarna är god. Vad som däremot kan vara problematiskt är att bestämma hur stor andel av NO_x som utgörs av NO₂. Detta gäller särskilt vintertid, när det finns faktorer som talar för och faktorer som talar emot en förhöjd NO₂-halt.

Vintertid finns förutsättningar för höga halter av luftföroreningar i Luleå på grund av inversion. Inversion är när ett lager av kall luft lägger sig som ett lock över ett område och förhindrar luftomblandning, vilket leder till att utsläpp i gatunivå inte kan transporteras iväg. Vad som samtidigt talar för en lägre NO₂-halt är att omvandlingen av kvävemonoxid till kvävedioxid är mycket långsam under den kalla årstiden och dessutom kräver den ozon. Vid inversion kan endast det ozon som befinner sig under kallluftsskiktet användas, och när denna är förbrukad avstannar omvandlingen. Allt detta gör att det är svårt att avgöra hur NO₂ beter sig under vintern.

Plottningarna av modellens NO_x mot DOAS-mätningens NO₂ gav olika förhållanden beroende på om man räknade med tim- eller dygnsmedel. Så bör rimligtvis inte vara fallet, så det finns viss osäkerhet i de maximala NO₂-halterna som beräknats i 5.1. Risken för överskridande av miljökvalitetsnormer i korsningen Smedjegatan/Södra hamnleden kan dock inte ignoreras. En mätning av luftföroreningarna i denna punkt bör göras för att få klarhet i situationen.