

Mätningar av PM_{2.5} och PM₁₀ i Göteborg och Umeå under 2008

För Vägverket

Delrapportering inom FUD-uppdrag AL90 B 2004:25211
samt avropsavtal SA80A 2008:52982

Nationellt mätprogram för luftkvalitetsövervakning längs statliga vägar

Martin Ferm

Karin Sjöberg

Erica Steen

2009-09-28

Arkivnummer: U2472

Sammanfattning

I rapporten redovisas 2008 års resultat från den luftkvalitetsövervakning längs statliga vägar i Umeå och Göteborg som IVL Svenska Miljöinstitutet driver på uppdrag av Vägverket. Denna verksamhet påbörjades under år 2006 och kompletterar redan etablerade mätstationer som drivs i kommunernas regi. Mätningarna omfattar partikelhalter ($PM_{2.5}$ och PM_{10}) och andra relevanta luftföroreningskomponenter i såväl urban bakgrund som gaturum, trafikarbete samt meteorologi.

Miljökvalitetsnormen för år avseende PM_{10} ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) underskreds under mätperioden i såväl Umeå som Göteborg. I båda städerna föreligger dock risk för överskridande av miljökvalitetsnormen för dygnsmedelvärden ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som 90%-il) i gaturum.

Eftersom halten av $PM_{2.5}$ i gaturummet endast var lite högre än i taknivån i Umeå kan man dra slutsatsen att denna partikelfraktion huvudsakligen härrör från avlägsna källor. Samma sak gäller för Göteborg där $PM_{2.5}$ även mättes på en regional bakgrundsstation utanför Göteborg. Mätningarna bekräftar att merparten av $PM_{2.5}$ kommer från avlägsna källor. För PM_{10} såg det dock helt annorlunda ut. PM_{10} i gatunivån är huvudsakligen av lokalt ursprung. Emissionsfaktorn för PM_{10} sjönk betydligt när vägbanan var blöt i Göteborg. Det är inte fallet för $PM_{2.5}$ där tillskottet från trafiken huvudsakligen kommer från avgasrören.

Av hittills erhållna resultat framgår att emissionsfaktorn för PM_{10} generellt är högre på våren än på sommaren, och lägre när vägbanan är blöt. Vidare var för 2008 emissionsfaktorerna för PM_{10} på samma nivå i de bägge orterna.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	1
1 Inledning.....	3
2 Syfte.....	3
3 Bakgrundsinformation.....	4
3.1 Mätningarnas omfattning.....	4
3.2 Beskrivning av mätplatser.....	4
3.2.1 Göteborg.....	4
3.2.2 Umeå.....	6
3.3 Mätutrustning för lufthalter och meteorologi.....	8
3.4 Tidsangivelser	8
3.5 Dataredovisning	8
3.5.1 Kväveoxider	8
3.5.2 Partiklar.....	8
4 Trafikinformation.....	9
4.1 Trafikräkning i Göteborg	9
4.2 Trafikräkning i Umeå.....	12
5 Resultat.....	14
5.1 Datatillgänglighet.....	14
5.2 Sammanfattande resultatredovisning	14
5.3 Halter av partiklar.....	15
5.4 Halter av kväveoxider.....	20
5.5 Luftens omblandning	23
5.6 Vindriktningens påverkan på halterna	25
5.7 Beräkning av emissionsfaktorer för partiklar.....	27
5.7.1 Beräkning av emissionsfaktorn för NO _x	27
5.7.2 Samband mellan haltökning av partiklar och kväveoxider	28
5.7.3 Medelemissionsfaktorer för partiklar	29
5.7.4 Nederbördens effekt på emissionsfaktorn för partiklar.....	31
6 Slutsatser	33
7 Referenser.....	37

1 Inledning

Vägverket ska som verksamhetsutövare, enligt Miljöbalken, ha en egenkontroll av verksamhetens påverkan på miljön, däribland luftkvaliteten. Ett av de största problemen för uppfyllande av miljökvalitetsnormerna för luft utgörs av partiklar. Partikelemissioner längs vägar härrör från såväl avgaser som resuspension av slitagepartiklar från vägbana, sand, däck, bromsar etc.

På uppdrag av Vägverket har IVL Svenska Miljöinstitutet kompletterat befintliga mätstationer för övervakning av luftkvaliteten längs statliga vägar i Umeå och Göteborg med viss mätutrustning. Mätstationerna drivs i kommunernas regi. Miljöförvaltningarna i respektive kommun ombesörjer tillsyn av mätutrustningen, och har också för sina övervakningsändamål direkt tillgång till de mätdata som genereras via den av Vägverket finansierade mätverksamheten.

Mätningarna påbörjades i februari 2006 och omfattar partikelhalter ($PM_{2.5}$ och PM_{10}) och andra relevanta luftföroreningskomponenter i såväl urban bakgrund som gaturum, trafikarbete samt meteorologi.

Resultaten från det första årets mätningar (2006) redovisades i Sjöberg m.fl. (2008). Det andra årets mätningar (2007) redovisas i Ferm m.fl. (2008b). I föreliggande rapport redovisas på motsvarande sätt mätdata avseende år 2008. Emissionsfaktorer för PM_{10} och $PM_{2.5}$ har tidigare beräknats för andra städer (Ketzelt m. fl. 2007).

2 Syfte

Syftet med att etablera mätstationer för kontroll av luftkvalitet i vägnära miljö längs det statliga vägnätet är att detta mätprogram skall:

- utgöra en del av Vägverkets egenkontroll gentemot miljökvalitetsnormer för utomhusluft;
- säkerställa indata för validering av beräkningsmodeller;
- bidra till att ge information till indikatorer för luftkvalitet i Vägverkets uppföljning;
- bidra till det nationella kontrollsystemet av miljökvalitetsnormerna för utomhusluft tillsammans med Naturvårdsverket, länsstyrelser, luftvårdsförbund och kommuner.

3 Bakgrundsinformation

3.1 Mätningarnas omfattning

Mätningar avseende halter av bl.a. $PM_{2,5}$, PM_{10} , kvävedioxid (NO_2) och kväveoxider (NO_x) har genomförts på en urban bakgrundsstation och i gaturummet vid hårt trafikerade leder både i Göteborg och i Umeå.

Umeå kommun har tillhandahållit PM_{10} -data från E4:an (en delsträcka som även kallas Västra Esplanaden) som löper genom staden. Dessa data har kompletterats med mätningar av $PM_{2,5}$ på samma mätplats samt PM_{10} - och $PM_{2,5}$ -mätningar på den urbana bakgrundsstationen (Umeå bibliotek) i taknivå. Kommunen har även tillhandahållit data avseende halter av NO_x och NO_2 . Med finansiering från Vägverket mäts meteorologiska data (lufttemperatur, luftfuktighet, globalstrålning, vindhastighet (i 3 dimensioner) och vindriktning) på bibliotekets tak samt trafikflödet vid gaturumsstationen.

Mätstationen Gårda i Göteborg är placerad i gaturum Europavägen (E6) går genom staden och passerar mätstationen. Bakgrundsstationen i Göteborg ligger i taknivå (Femmanhuset). Halterna av $PM_{2,5}$ mäts inom Vägverksprojektet på dessa platser. Mätdata avseende övriga luftföroreningsparametrar (PM_{10} , NO_x och NO_2) har tillhandahållits av Miljöförvaltningen i Göteborg. Även meteorologiska parametrar mäts av Miljöförvaltningen, både på bakgrundsstationen och vid Skansen Lejonet som ligger ungefär mellan mätplatserna. Vid Skansen Lejonet mäts även nederbördsintensitet. Trafikflödesdata har hämtats från Vägverkets fasta station i Gårda.

Samtliga parametrar har lagrats som timmedelvärden, vilket totalt ger nästan en halv miljon data för 2008.

3.2 Beskrivning av mätplatser

3.2.1 Göteborg

Ett flygfoto hämtat från www.gulasidorna.se visar stationens placering strax väster om E6, i Figur 3:1. Leden har tre filer i vardera riktning. Öster om stationen ligger ett berg med villabebyggelse. Väster om stationen är marken plan och består av ett parkeringshus och ett flertal trevåningshus. Den urbana bakgrundsstationen ligger 1,8 km nordväst om denna mätstation och visas i Figur 3:2. Uppgifter om vindriktningen och nederbörd har inhämtats från den meteorologiska stationen Skansen Lejonet, som ligger 1,5 km norr om Gårda-stationen vid E6.



Figur 3:1 Gaturumsstationen Gårda i Göteborg. Mätstationens placering är markerad med en röd cirkel.



Figur 3:2 Mätpunkten vid Femman (urban bakgrund) i Göteborg.

3.2.2 Umeå

Ett flygfoto hämtat från www.gulasidorna.se visar mätvagnens placering öster om Västra Esplanaden (E4), se Figur 3:3. Leden har 2 – 3 filer i vardera riktningen och omgärdas av tre- och fyrvåningshus på båda sidor. Mätvagnen visas i Figur 3:4.

I Figur 3:5 visar ett foto taget från bakgrundsstationen på bibliotekets tak som ligger 400 m sydost om stationen vid E4.



Figur 3:3 Västra Esplanaden (E4, gaturum) i Umeå. Mätstationens placering är markerad med en röd cirkel.



Figur 3:4 Mätvagnen vid E4 (Västra Esplanaden) i Umeå.



Figur 3:5 Foto från mätningarna på bibliotekets tak (urban bakgrund) i Umeå.

3.3 Mätutrustning för lufthalter och meteorologi

Samtliga *partikelmätningar* genomförs med TEOM(1400AB)-instrument (Tapered Element Oscillating Microbalance). För användning av detta instrument för provtagning av PM_{2.5} och PM₁₀ rekommenderas av Referenslaboratoriet vid ITM att korrektion av mätdata skall ske så som beskrivs i avsnitt 3.5.2.

För mätningar av **NO_x** används direktvisande instrument enligt angiven referensmetod; kemiluminescensteknik (Monitor labs 9841 i Umeå och Ecophysics 700AL på Femman) samt DOAS vid Gårda i Göteborg . Dessa mätningar sker i Göteborgs respektive Umeås kommuns regi.

För de *meteorologiska uppgifterna* används bl.a. vindgivare och elektronisk temperaturgivare.

För de mätningar som finansieras av Vägverket har följande underkonsulter kontrakterats för installation av mätutrustning samt dataleverans:

Partiklar:	Oleico AB
Trafikflöden:	Vectura (tidigare Vägverket Konsult, Luleå)
Meteorologi:	FDS Mätteknik AB

3.4 Tidsangivelser

För att trafikflödena ska få samma mönster under sommarhalvåret som under vinterhalvåret redovisas samtliga mätdata vid aktuell lokal tid, vilket innebär att justering till sommartid i tidsangivelsen istället för svensk normaltid skett. För 2008 års data har en timme tagits bort för den 30e mars och en har lagts till för den 26e oktober.

Ett tidsintervall såsom en timme anges ofta som en tidpunkt. Här har det angivits som stopptid.

3.5 Dataredovisning

3.5.1 Kväveoxider

Halterna av NO_x redovisas i denna rapport genomgående som summan av NO och NO₂ uttryckt som µg NO₂ m⁻³. NO₂- och NO_x-halter anges i µg m⁻³ vid STP (20 °C, 101.3 kPa).

3.5.2 Partiklar

TEOM-instrumentet samlar in och väger partiklar kontinuerligt på ett litet filter. Partikelhalten under ett visst tidsintervall blir alltså lika med viktökningen under det

intervallet. Partiklarnas vatteninnehåll beror av luftens fuktighet. När fuktigheten i luften ändras så medför det att vikten av tidigare insamlade partiklar som ligger kvar på filtret också kan ändras. Man får därför stora variationer i timdata om man inte avlägsnar partiklarnas vatteninnehåll. Det görs i TEOM-instrumentet genom att värma luften till 50°C. En nackdel med detta är att andra flyktiga föreningar på filtret kan förångas. Det kompenseras man genom att införa en empirisk korrektionsfaktor.

Det finns en inbyggd korrektion i instrumenten ("US EPA-korrektionen"), som innebär att massan multipliceras med 1,03 varefter 3 µg m⁻³ läggs till. Utöver denna justering korregerar kommunerna dessutom värdet genom multiplikation med en faktor. I Umeå användes korrektionsfaktorn 1,2 för alla data, och i Göteborg för PM_{2,5} vid Gårda.

Enligt ett nytt EU-direktiv ska luftflödet vid rådande utomhustemperatur genom partikelprovtagarna vara konstant. Halterna ska därför inte anges vid STP utan vid rådande temperatur. En ny omräkningsalgoritm ska dessutom användas. Den är 1,19 x den okorrigerade massan per kubikmeter + 1,15. Detta sätt att räkna har använts för Femman samt för PM₁₀ vid Gårda.

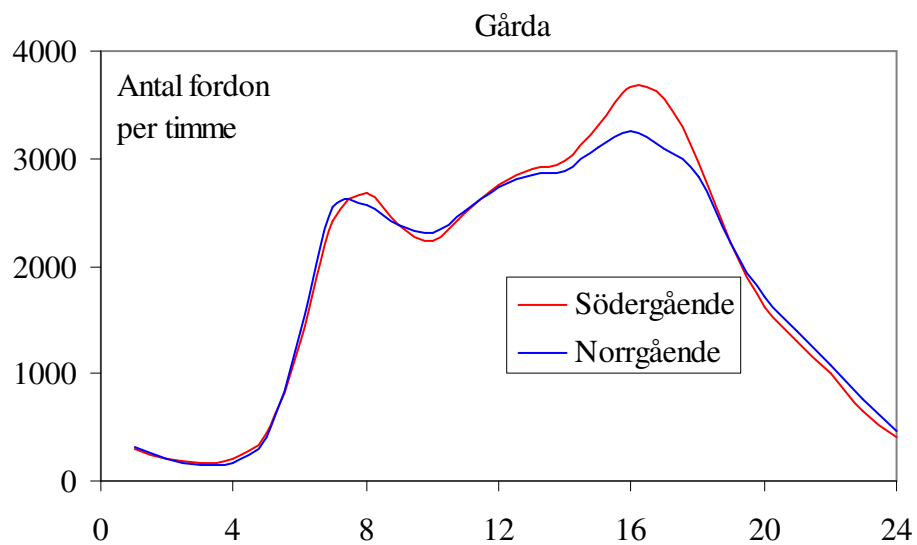
Partikelhalter anges i µg m⁻³ vid rådande utomhustemperatur, i enlighet med vad som anges i mätföreskrifterna (Luftguiden, 2006). Timmedeltemperaturen i Göteborg varierade mellan -10 och +31 °C med ett årsmedelvärde av +10 °C. Motsvarande siffror för Umeå var -16 till +29 °C, medel +5 °C. Det innebär att halterna i genomsnitt skulle vara 3 % lägre i Göteborg och 5 % lägre i Umeå om halterna angavs vid STP.

4 Trafikinformation

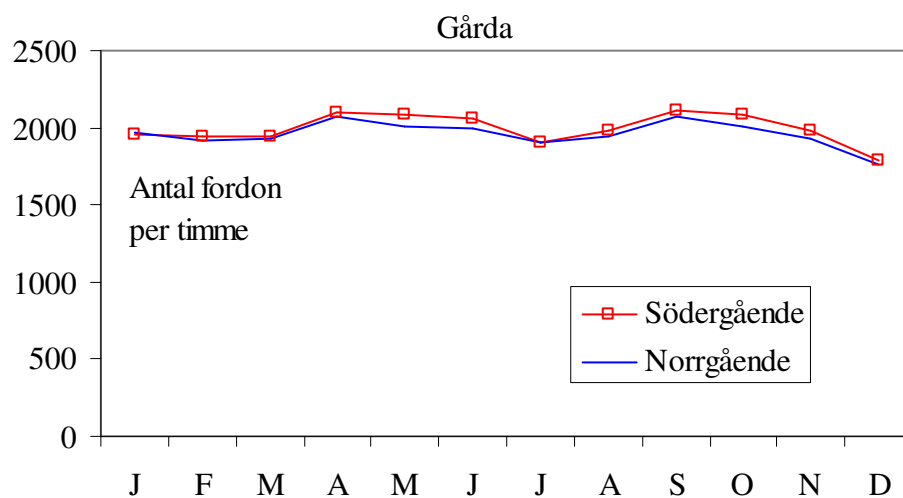
4.1 Trafikräkning i Göteborg

I Göteborg räknades trafiken i tre filer i norrgående riktning och lika många i södergående. Fler fordonskategorier användes; personbil, personbil med släp, lastbil, lastbil med släp, buss samt övrig. De fördelade sig på följande sätt som ett medelvärde för 2008; 90,5%, 1,4%, 3,6%, 3,2%, 1,3% samt 0,0%. Medelvärdet av trafikintensiteten i samtliga sex filer användes vid utvärderingen. Vid databortfall kan emissionsfaktorn för NO_x inte beräknas och därmed inte heller någon emissionsfaktor för partiklar. Såsom framgår av Figur 4:1 varierar trafikflödet i Gårda kraftigt under dygnet, men skiljer sig inte särskilt mycket mellan de bägge trafikriktningarna. Den månadsvisa fördelningen av trafikintensiteten i Gårda under 2008 framgår av Figur 4:2.

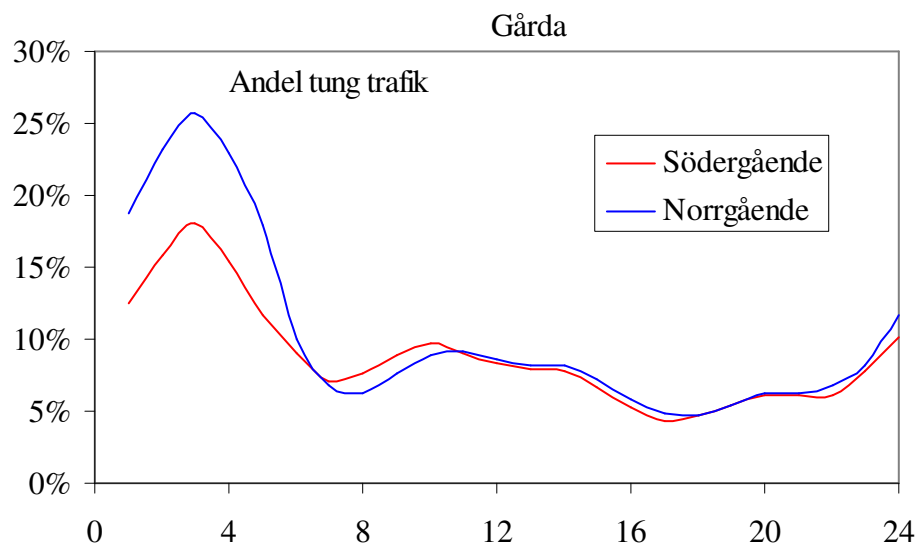
Andelen tung trafik är jämnare fördelad under dygnet än trafikflödet, dock med undantag av de tidiga morgontimmarna (Figur 4:3). Andelen tung trafiks fördelning under året framgår av Figur 4:4. Beräkningen av emissionfaktorer för partiklar är baserad på andelen tung trafik (Figur 4:4) och inte på själva trafikflödet, vilket innebär att den beräknade emissionsfaktorn för NO_x blir mycket konstant under året.



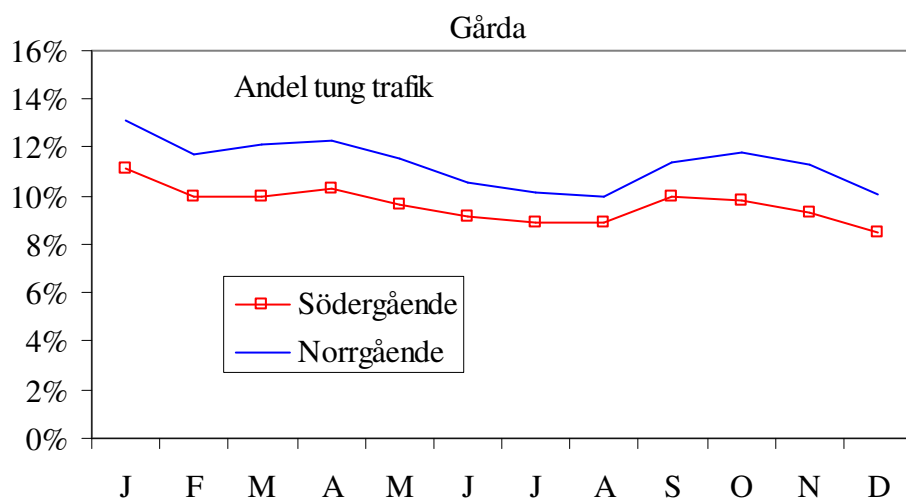
Figur 4:1 Totala trafikintensiteten (lätta + tunga fordon) i bägge riktningarna vid Gårda, E6 i Göteborg som funktion av tidpunkt på dygnet.



Figur 4:2 Totala trafikintensiteten (lätta + tunga fordon) i bägge riktningarna vid Gårda, E6 i Göteborg som funktion av tidpunkt på året.



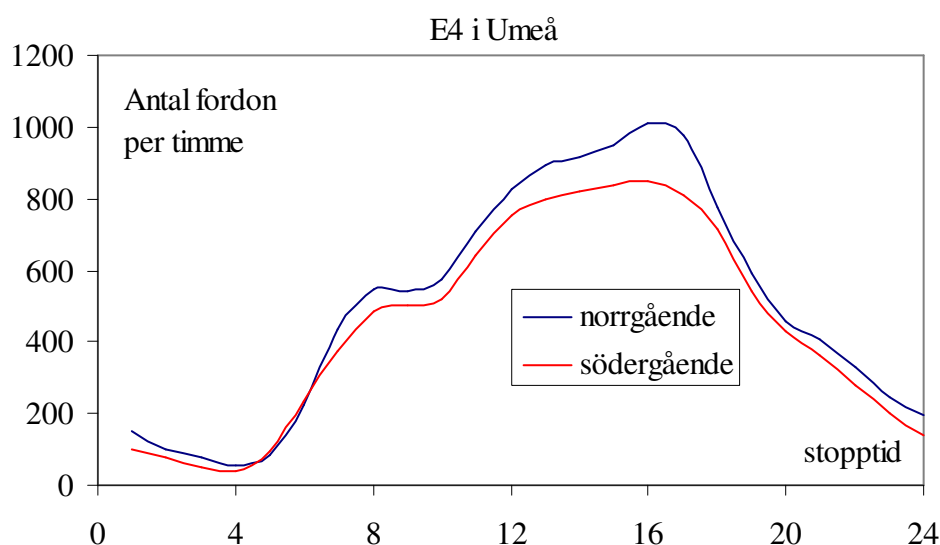
Figur 4:3 Andelen tung trafik i bägge riktningarna vid Gårda, E6 i Göteborg som funktion av tidpunkt på dygnet.



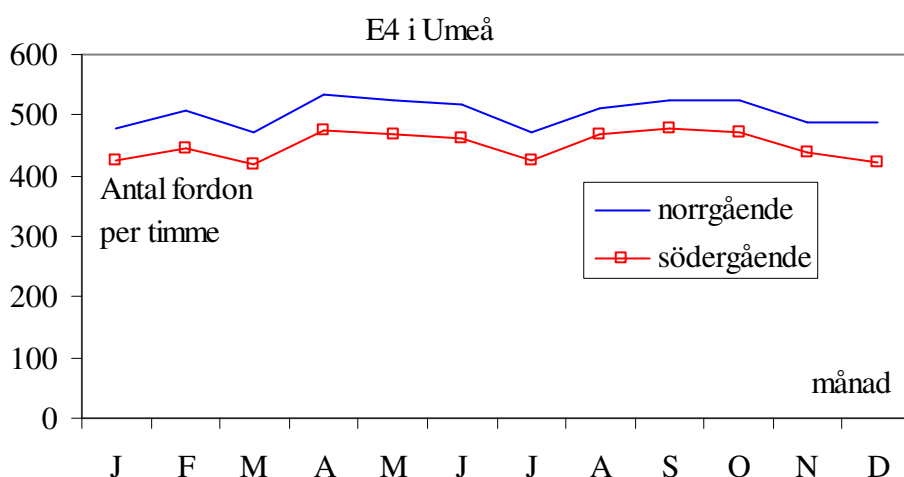
Figur 4:4 Andelen tung trafik i bägge riktningarna vid Gårda, E6 i Göteborg som funktion av tidpunkt på året.

4.2 Trafikräkning i Umeå

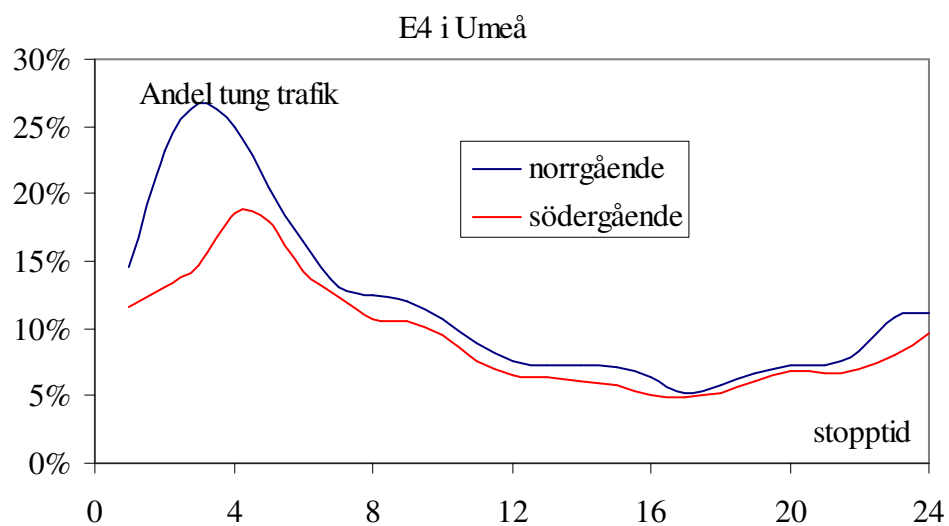
Trafiken räknades i bägge riktningarna separat, men inte separerat på olika filer. Andelen tunga fordon har rapporterats som hela procenttal per timme. Det finns endast ett fåtal dataluckor i andelen tung trafik. Trafikflöden och andel tung trafik visas i Figurerna 4:5 – 4:8 nedan. Det är således en enklare indelning än för Göteborg och man får uppskatta en viss medelemissionsfaktor för tung trafik utifrån en antagen fördelning mellan olika kategorier.



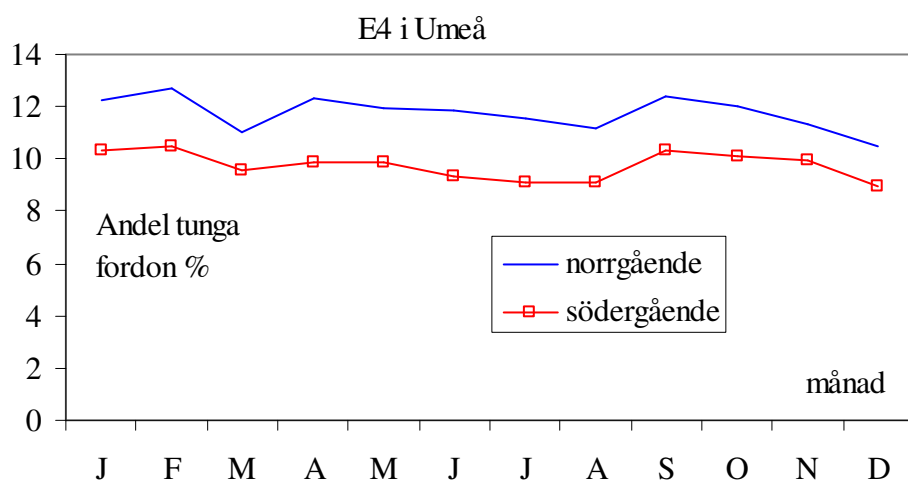
Figur 4:5 Totala trafikintensiteten (lätta + tunga fordon) i bägge riktningarna vid Västra Esplanaden, E4 i Umeå som funktion av tidpunkt på dygnet.



Figur 4:6 Totala trafikintensiteten (lätta + tunga fordon) i bägge riktningarna vid Västra Esplanaden, E4 i Umeå som funktion av tidpunkt på året.



Figur 4:7 Andelen tung trafik i bägge riktningarna vid Västra Esplanaden, E4 i Umeå som funktion av tidpunkt på dygnet.



Figur 4:8 Andelen tung trafik i bägge riktningarna vid Västra Esplanaden, E4 i Umeå som funktion av tidpunkt på året.

5 Resultat

I detta avsnitt redovisas resultat från tredje årets mätningar (kalenderåret 2008) avseende halter av partiklar och NO_x.

5.1 Datatillgänglighet

Data har validerats och uppenbart felaktiga resultat har strukits. Parametrarna har validerats var för sig, dvs. om halten PM_{2,5} varit större än PM₁₀ en viss timme så har data inte strukits eftersom beräkningar där bägge parametrarna använts samtidigt inte har använts här. I Tabell 5:1 nedan visas datatillgängligheten för data från Göteborg.

Tabell 5:1 Datatillgänglighet för kväveoxider, partiklar och den beräknade emissionsfaktorn för NO_x (baserad på trafikräkning) under 2008 i Göteborg.

Gårda					Femman			
NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	EF _{NO_x}	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}
99%	99%	99%	97%	92%	100%	100%	100%	99%

Motsvarande datatillgänglighet för data från Umeå ges i Tabell 5:2.

Tabell 5:2 Datatillgänglighet för kväveoxider, partiklar och trafikräkning (den beräknade emissionsfaktorn för NO_x) under 2008 i Umeå.

Västra Esplanaden					Biblioteket			
NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	EF _{NO_x}	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}
98%	98%	93%	99%	94%	89%	92%	100%	100%

5.2 Sammanfattande resultatredovisning

En sammanfattning av de resultat som erhållits under 2008 återges i Tabell 5:3. Tabellen omfattar statistik över års- och dygnsmedelhalter av partiklar, NO₂ och NO_x i gaturum respektive urban bakgrund (taknivå) samt antalet överskridanden av haltnivåer för miljö kvalitetsnormer avseende PM₁₀ och NO₂. Även medelantalet personbilar+MC respektive tunga fordon per timme i de bägge körriktningarna tillsammans anges. Dygnsmedelvärden kan beräknas på flera sätt, det rekommenderas dock inte att sommartid används. Beräkningarna är här gjorda som kalenderdygn vintertid (svensk normaltid).

Enligt EU-direktivet får inte 90-percentilen för dygnsmedelvärden av PM₁₀ överstiga 50 µg m⁻³. WHO's guideline (WHO, 2005) för dygnsmedelvärden av partiklar (PM₁₀) är 50 µg m⁻³, beräknat som en 99-percentil för helår. En utredning om sambandet mellan 90-

och 99-percentil för PM₁₀ har tidigare genomförts. Den visar att en 99-percentil av 50 µg m⁻³ för PM₁₀ motsvarar ungefär en 90-percentil av 31 µg m⁻³ i södra Sverige och 21 µg m⁻³ i norra Sverige (Ferm och Sjöberg, 2007).

Tabell 5:3 Sammanställning avseende halter under 2008 samt överskridanden och trafikuppgifter. NO₂, NO_x (som NO₂) och partiklar anges i µg m⁻³.

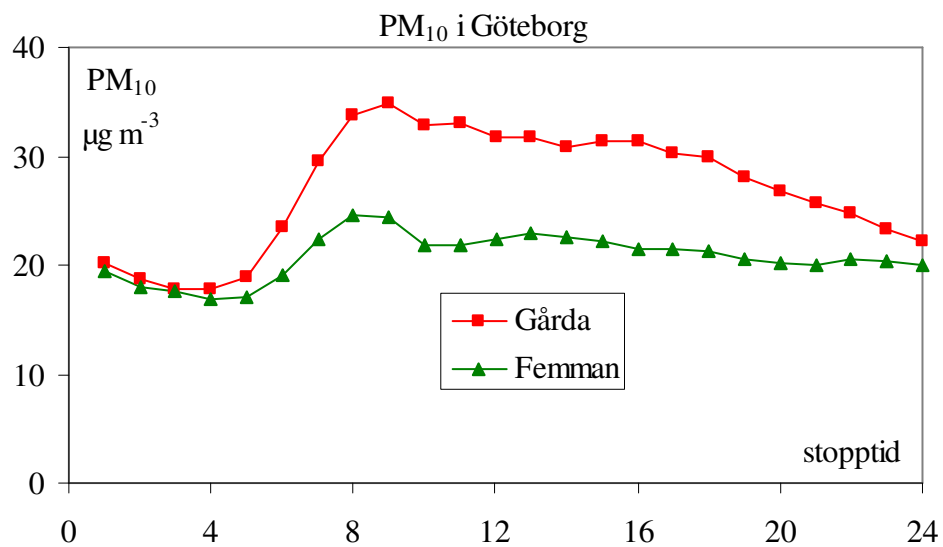
	Göteborg		Umeå	
	Femman (µg/m ³)	Gårda (µg/m ³)	Biblioteket (µg/m ³)	E4 (µg/m ³)
NO _x , årsmedel	37	116	21	125
NO ₂ , årsmedel	23	49	12	41
NO ₂ , 98%-il dygnsmedel	52	100	38	78
NO ₂ , antal dygn >60 µg/m ³	4	110	0	40
NO ₂ , 98%-il timmedel	78	139	55	109
NO ₂ , antal timmar >90 µg/m ³	81	966	4	393
PM ₁₀ , medel mätperioden	21	27	13	25
PM ₁₀ , 90%-il dygnsmedel	30	42	22	46
PM ₁₀ , antal dygn >50 µg/m ³	3	19	8	28
PM _{2,5} , medel mätperioden	10	12	7	10
Antal personbilar+MC/timme	-	3349	-	879
Antal tunga fordon/timme	-	294	-	77

5.3 Halter av partiklar

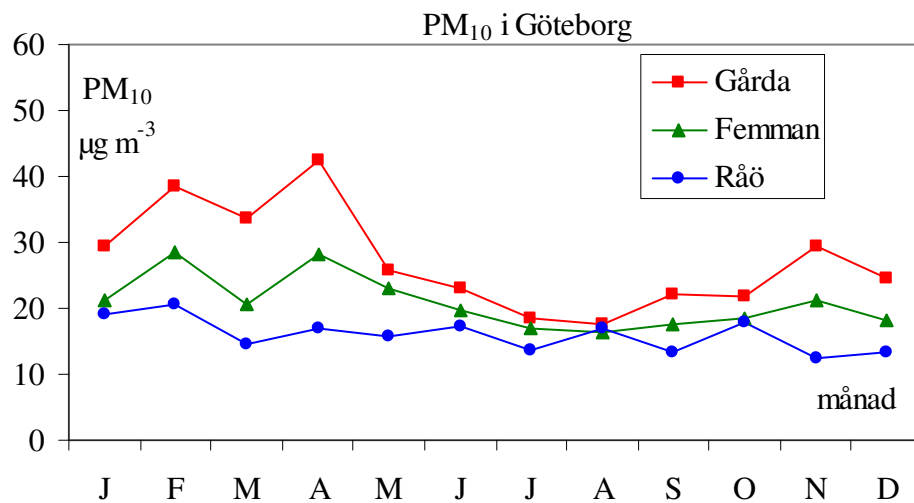
Halter av PM₁₀

Den genomsnittliga timmedelhalten under 2008 som funktion av tidpunkt på dygnet (lokal tid) visas i Figur 5:1 för Göteborg. Månadsmedelhalterna visas i Figur 5:2. Data från den regionala bakgrundsstationen Råö¹ där PM₁₀ mäts med IVLs filterprovtagare har lagts in i samma figur.

¹ Mätningarna genomförs av IVL inom ramen för den nationella miljöövervakningen, finansierad av Miljöövervakningsenheten vid Naturvårdsverket.

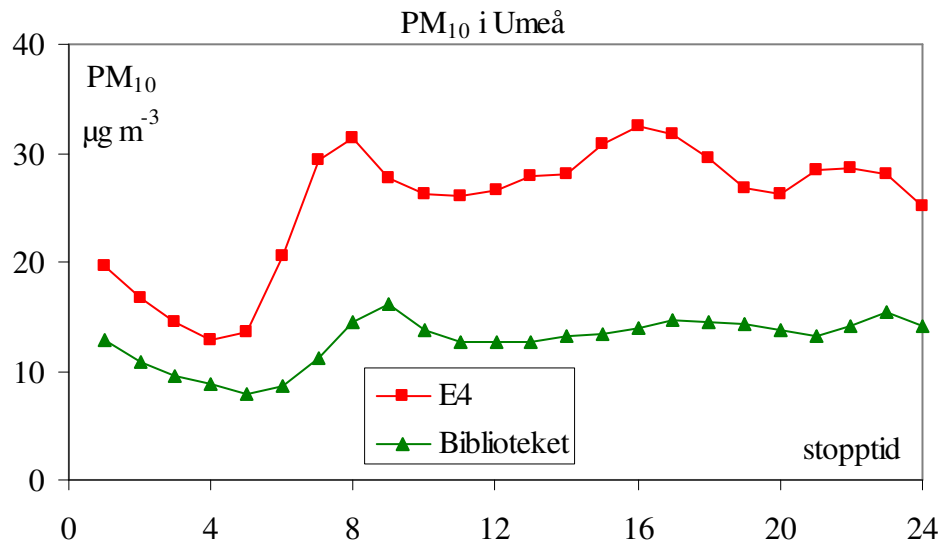


Figur 5:1 Medelhalten av PM_{10} vid de bägge mätstationerna i Göteborg som funktion av tidpunkt på dygnet under 2008.

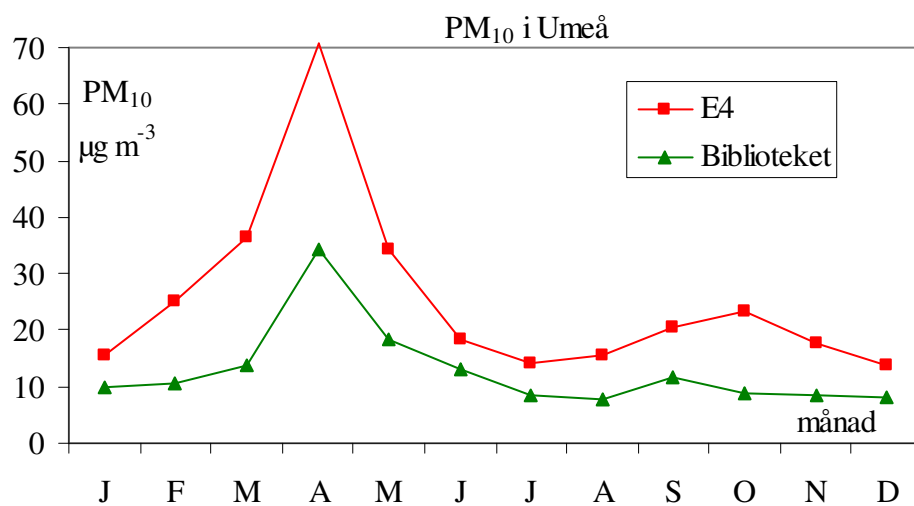


Figur 5:2 Medelhalten av PM_{10} vid de bägge mätstationerna i Göteborg samt vid bakgrundsstationen vid Råö som funktion av tidpunkt på året under 2008.

Medelhalten som funktion av tidpunkt på dygnet (lokal tid) respektive året för Umeå visas i Figur 5:3 respektive Figur 5:4.



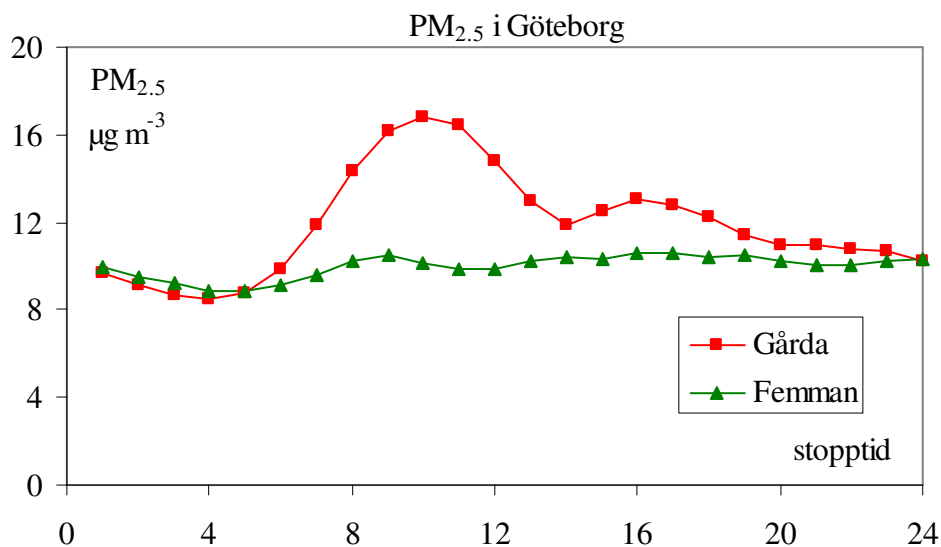
Figur 5:3 Medelhalten av PM_{10} vid de bägge mätstationerna i Umeå som funktion av tidpunkt på dygnet under 2008.



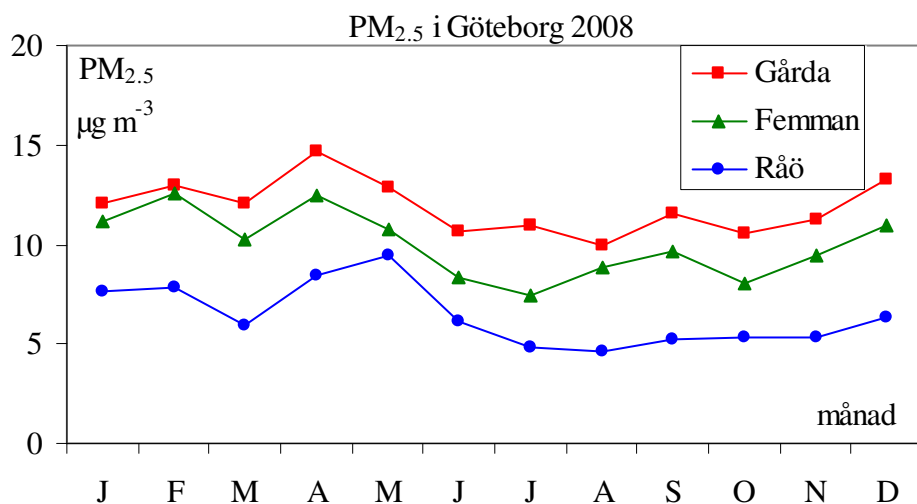
Figur 5:4 Medelhalten av PM_{10} vid de bägge mätstationerna i Umeå som funktion av tidpunkt på året under 2008.

Halter av $PM_{2.5}$

Medelhalten som funktion av tidpunkt på dygnet (lokal tid) visas i Figur 5:5 för Göteborg. Medelhalten som funktion av tidpunkt på året visas i Figur 5:6. Data från den regionala bakgrundsstationen Råö där $PM_{2.5}$ mäts med IVLs filterprovtagare har lagts in i samma figur.

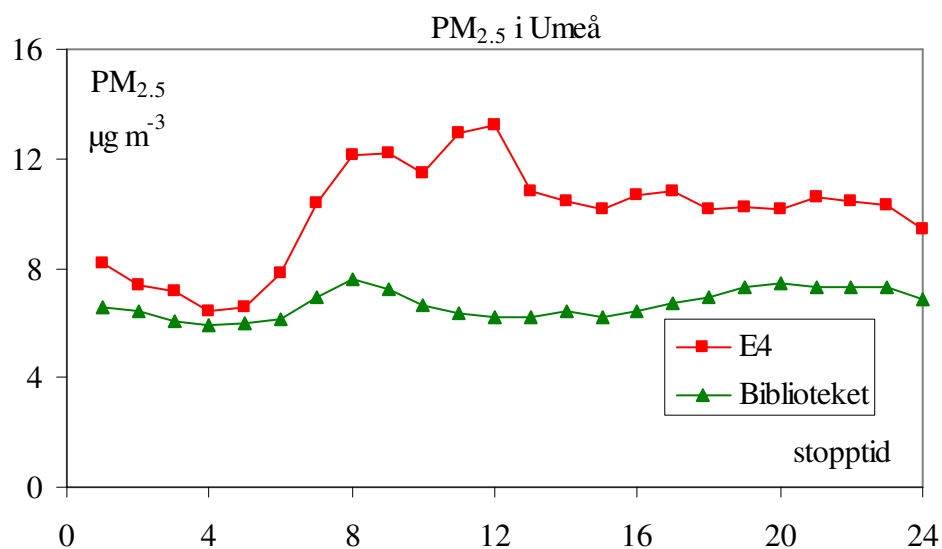


Figur 5:5 Medelhalten av $PM_{2.5}$ vid de bägge mätstationerna i Göteborg som funktion av tidpunkt på dygnet under 2008.

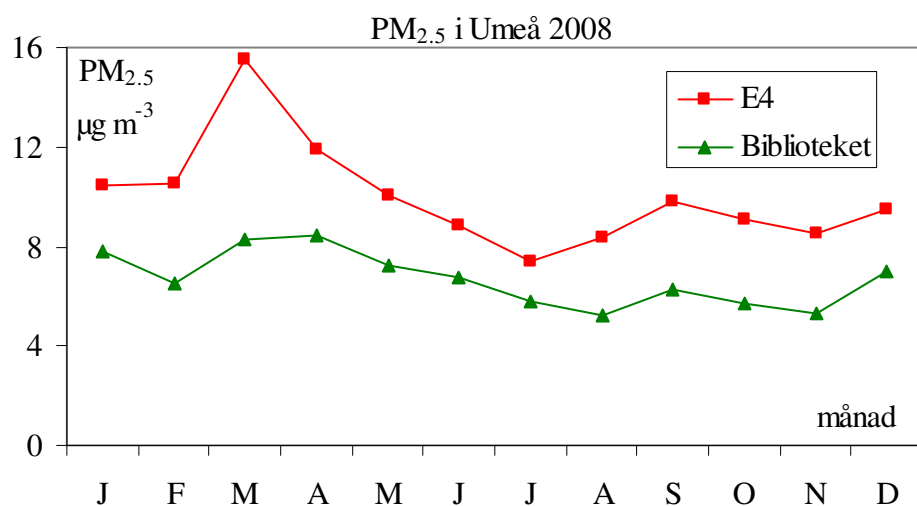


Figur 5:6 Medelhalten av $PM_{2.5}$ vid de bägge mätstationerna i Göteborg samt vid bakgrundsstationen Råö som funktion av tidpunkt på året under 2008.

Medelhalten som funktion av tidpunkt på dygnet (lokal tid) visas i Figur 5:7 för Umeå. Medelhalten som funktion av tidpunkt på året visas i Figur 5:8.



Figur 5:7 Medelhalten av PM_{2.5} vid de bägge mätstationerna i Umeå som funktion av tidpunkt på dygnet under 2008.



Figur 5:8 Medelhalten av PM_{2.5} vid de bägge mätstationerna i Umeå som funktion av tidpunkt på året under 2008.

5.4 Halter av kväveoxider

Endast summan av halterna NO och NO₂ redovisas här eftersom det är de som använts i beräkningarna. Halten NO₂ är dock intressant i sig själv eftersom den används som indikator för negativa hälsoeffekter och det är halten NO₂ som miljö kvalitetsnormen är skriven för. En utredning av oxidationen av NO till NO₂ för bl.a. E6 i Göteborg har nyligen gjorts (Ferm m. fl. 2008a). Utredningen visar att en ökad andel primärt emitterad NO₂ vid bibehållen NO_x-emission inte har någon påverkan på NO₂-halten långt från källorna.

Den NO som emitteras från trafiken oxideras av ozon till NO₂ enligt



Om all NO övergår till NO₂ långt från källorna så borde det inte spela någon roll om trafiken emitterar kväveoxider i form av NO eller NO₂. All NO försvinner dock inte eftersom solljuset kan få reaktion 1 att gå åt andra hållet i två steg enligt

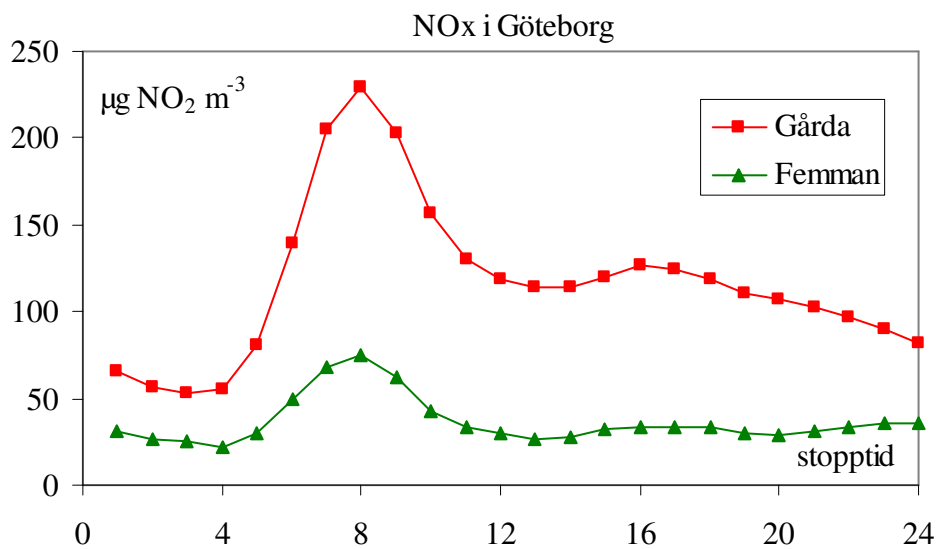


Reaktion 1-3 kan sammanfattas som reaktion 4 som inte är en vanlig jämvikt utan ett så kallat fotostationärt tillstånd:

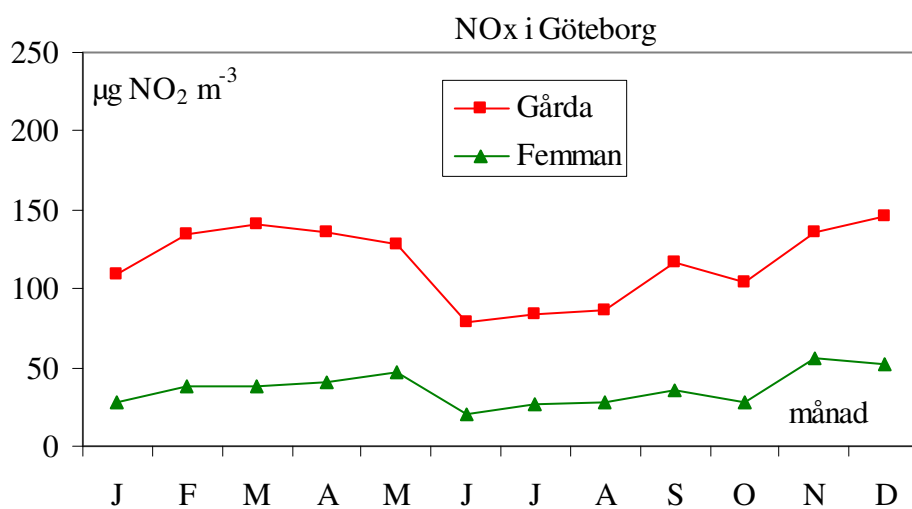


Ju mer solljus desto högre NO andel blir det när man nått ”steady state”. På svenska breddgrader kommer dock det mesta att föreligga som NO₂. En ökad NO₂-andel i emissionen vid konstant NO_x-emission leder dock till att mindre ozon förbrukas eftersom NO-emissionen då blir lägre. Man får alltså något högre ozonhalter i staden. En ökad primäremission av NO₂ kan däremot leda till ökad NO₂-halt i gaturummet.

I Figur 5:9 visas den genomsnittliga timmedelhalten under 2008 som funktion av tidpunkt på dygnet (lokal tid). Månadsmedelhalterna visas i Figur 5:10.

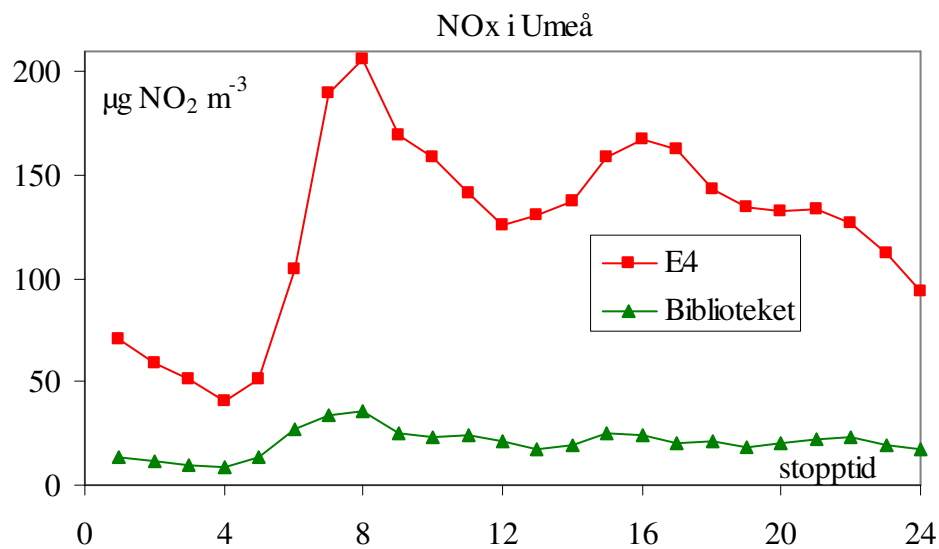


Figur 5:9 Medelhalten av NO_x (räknat som NO₂) vid de bägge mätstationerna i Göteborg som funktion av tidpunkt på dygnet under 2008.

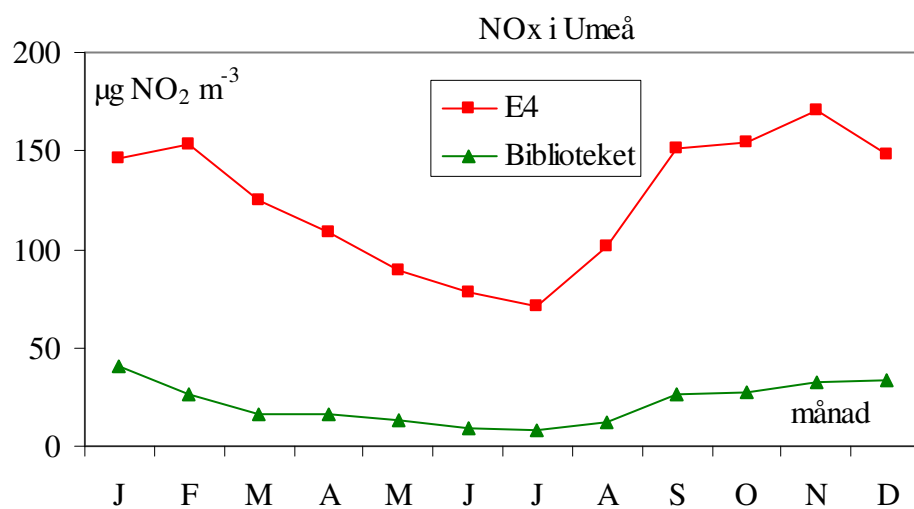


Figur 5:10 Medelhalten av NO_x (räknat som NO₂) vid de bägge mätstationerna i Göteborg som funktion av tidpunkt på året under 2008.

I Figur 5:11 visas NO_x-haltens dygnsvariation i Umeå. Variationen under året visas i Figur 5:12.



Figur 5:11 Medelhalten av NO_x (räknat som NO₂) vid de bägge mätstationerna i Umeå som funktion av tidpunkt på dygnet under 2008.



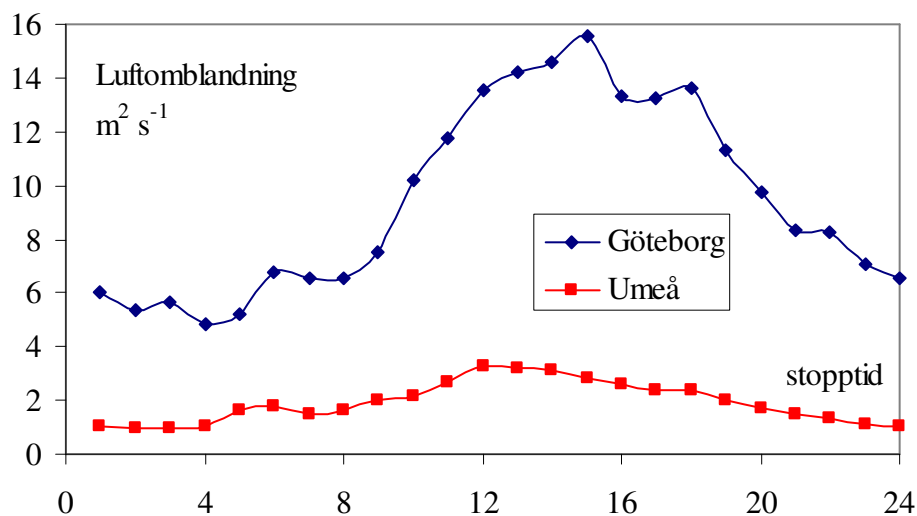
Figur 5:12 Medelhalten av NO_x (räknat som NO₂) vid de bägge mätstationerna i Umeå som funktion av tidpunkt på året under 2008.

5.5 Luftens omblandning

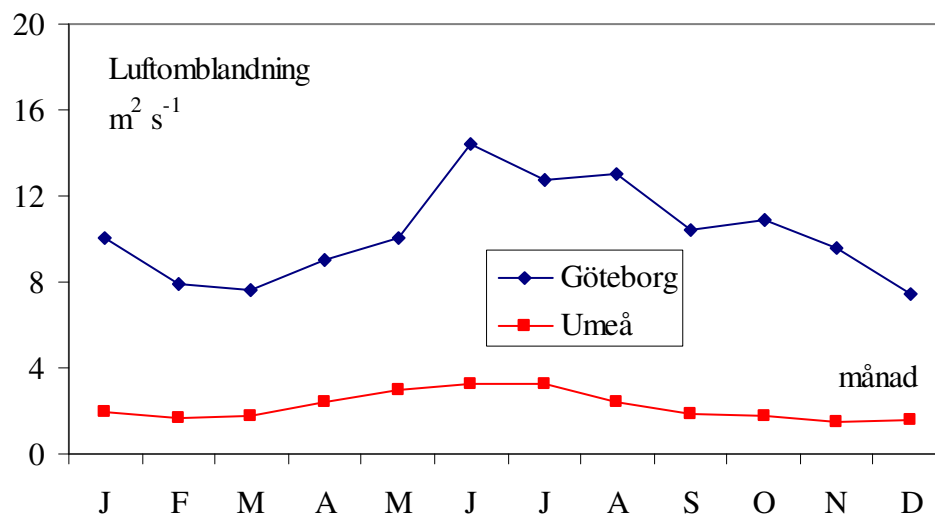
Om man jämför emissionen av NO_x med den förhöjning av NO_x -halten som uppstår vid mätpunkten så får man ett mått på luftens omblandning. Att omblandningens variation med tiden ser rimlig ut har här använts som en validering av data. I figurerna nedan har antalet fordon av ett visst slag multiplicerats med dess emissionsfaktor (se avsnitt 5.7.1) och sammanlagits för varje fordonskategori. Man får då en NO_x -emission i $\text{g NO}_2/\text{km/h}$. Om man dividerar den erhållna emissionen med differensen i NO_x -halt mellan gaturum och urban bakgrund så får man ett mått på omblandningen mellan vägen och mätpunkten som kan uttryckas i $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$. Detta illustreras nedan.

Generellt är variationerna större i Göteborg än i Umeå. Luftomblandningen är minst vid kl 3-4 på morgonen och störst på eftermiddagen kring kl 13-14 (se Figur 5:13).

Årstidsvariationen (månadsmedelvärde) visas i Figur 5:14. Den bör vara minst på vintern och störst på sommaren, vilket också överensstämmer med de resultat som redovisas i figuren.



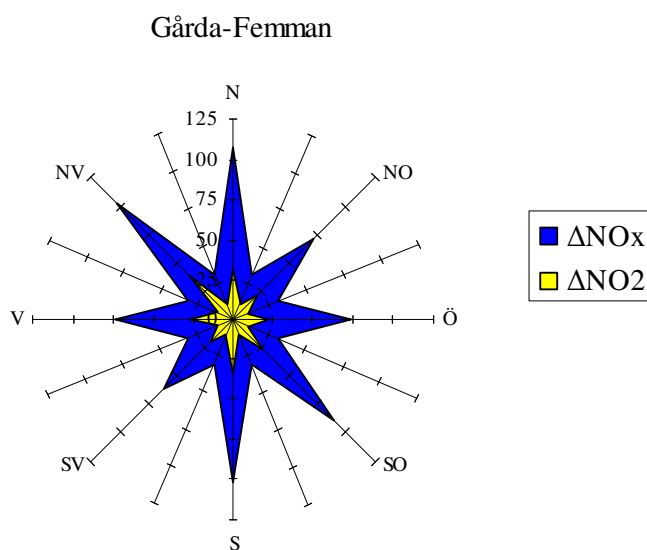
Figur 5:13 Luftomblandning, dvs. kvoten mellan beräknad NO_x -emission från E6 i Gårda och den uppmätta NO_x -haltökningen vid samma plats, som funktion av tidpunkt på dygnet. Motsvarande beräkning visas även för Umeå.



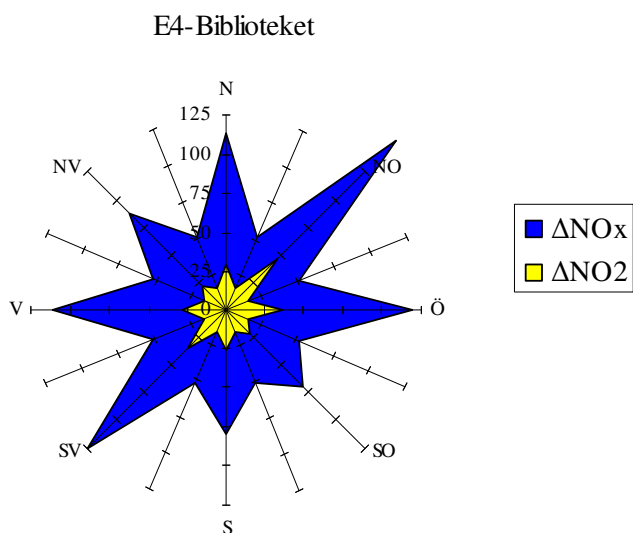
Figur 5:14 Luftomblandning, dvs. kvoten mellan beräknad NO_x -emission från E6 i Gårda och den uppmätta NO_x -haltökningen vid samma plats, som funktion av tidpunkt på året. Motsvarande beräkning visas även för Umeå.

5.6 Vindriktningens påverkan på halterna

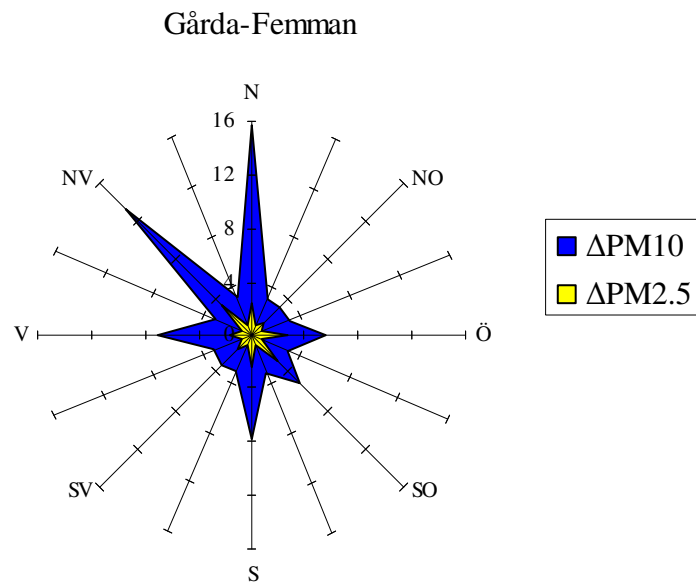
Vindriktningarna har delats in i åtta sektorer centrerade kring de fyra vädersträcken. Medelhaltsskillnaden mellan gaturumsstationen och den urbana bakgrundsstationen (taknivå) har beräknats för varje sektor. Resultaten för kväveoxiderna visas i Figur 5:15 och 5:16. Resultaten för partiklarna visas i Figur 5:17 och 5:18. Vindroserna för NO_x och partiklar liknar varandra bättre i Umeå än i Göteborg. Det skulle kunna bero på att det aktuella gaturummet utgör en mycket mindre del av den totala stadstrafiken i Göteborg än i Umeå.



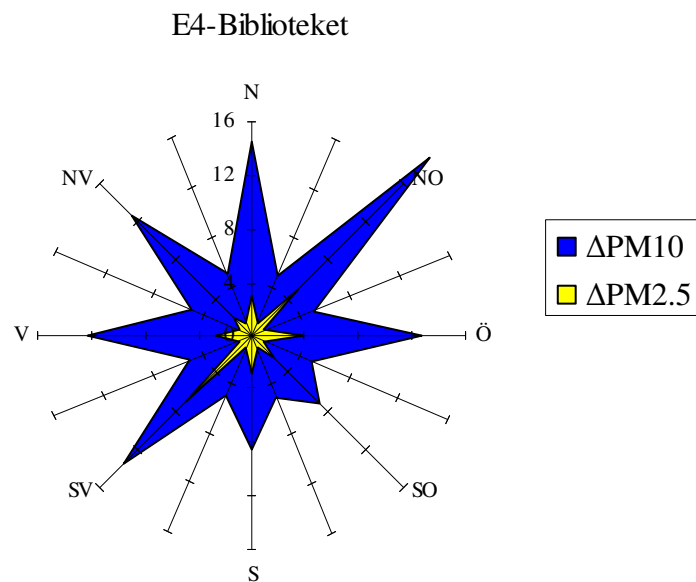
Figur 5:15 Medelhaltökningen i gaturummet jämfört med den urbana bakgrundsstationen av NO_2 och NO_x i olika vindriktningar i Göteborg.



Figur 5:16 Medelhaltökningen i gaturummet jämfört med den urbana bakgrundsstationen av NO_2 och NO_x i olika vindriktningar i Umeå.



Figur 5:17 Medelhaltökningen i gaturummet jämfört med den urbana bakgrundstationen av $PM_{2.5}$ och PM_{10} i olika vindriktningar i Göteborg.



Figur 5:18 Medelhaltökningen i gaturummet jämfört med den urbana bakgrundstationen av $PM_{2.5}$ och PM_{10} i olika vindriktningar i Umeå.

5.7 Beräkning av emissionsfaktorer för partiklar

Emissionsfaktorn för partiklar har beräknats på samma sätt som för 2006 och 2007, dvs. med NO_x som spårämne för trafiken (Sjöberg m.fl., 2008):

$$EF_{\text{PM}_x} = EF_{\text{NO}_x} \frac{(\text{PM}_{x,\text{gata}} - \text{PM}_{x,\text{tak}})}{([\text{NO}_{x,\text{gata}}] - [\text{NO}_{x,\text{tak}}])} \quad (1)$$

När halterna i gaturummet är ungefär lika med halterna vid bakgrundsstationen blir haltdifferensen, och därmed den beräknade emissionsfaktorn, osäker p.g.a. onoggrannheten i mätningarna. För att undvika dessa tillfällen har endast tillfällen där halterna i gaturummet varit minst 20 % högre än motsvarande halt på bakgrundsstationen använts vid beräkningarna. Samma kriteria användes även vid utvärderingen av 2006 och 2007 års data.

5.7.1 Beräkning av emissionsfaktorn för NO_x

För 2008 användes samma emissionsfaktorer som för 2007. Fordonen räknades i två kategorier i Umeå, lätt och tung trafik. För lätt trafik användes faktorn 0,6 g NO_x /fkm och för tung 4 g NO_x /fkm. Mängden NO_x är som brukligt omräknad till gram NO_2 . I denna rapport har siffror hämtats från

http://www22.vv.se/filer/18413/bilagor_emissionsfaktorer.pdf, som kommer att ligga till grund för Vägverkets uppdaterade handbok (personligt meddelande från Martin Jerksjö, IVL). Dessa siffror har multiplicerats med trafikintensiteten för respektive fordonskategori.

I Göteborg användes 6 fordonskategorier: personbil, personbil med släp, lastbil, lastbil med släp, buss samt övrig. För personbil (och personbil med släp) användes en emissionsfaktor för NO_x av 0,43 g NO_x /fkm. För lastbil användes 1,8 g NO_x /fkm. För lastbil med släp användes 12,3 g NO_x /fkm och för buss 8,5 g NO_x /fkm. Kategorin övriga ansågs försumbar, varför ingen hänsyn togs till den.

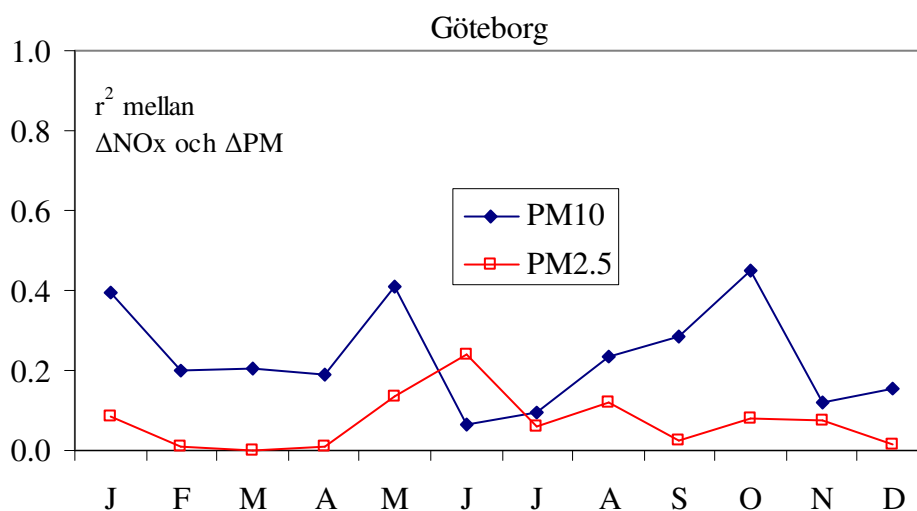
I Umeå räknades trafiken i två fordonskategorier, tung och övrig, i söder- och norrgående trafikriktning. Summan av trafikintensiteten i söder- och norrgående riktning användes. För lätt trafik användes en emissionsfaktor för NO_x av 0,43 g NO_x /fkm och för tung 5,1 g NO_x /fkm.

Den genomsnittliga emissionsfaktorn (vägd med antalet fordon) blev i Göteborg 0,96 g/fkm och i Umeå 0,77 g/fkm. Jämfört med 2007 blev den genomsnittliga emissionsfaktorn för NO_x 1 % lägre i Göteborg och 8 % högre i Umeå.

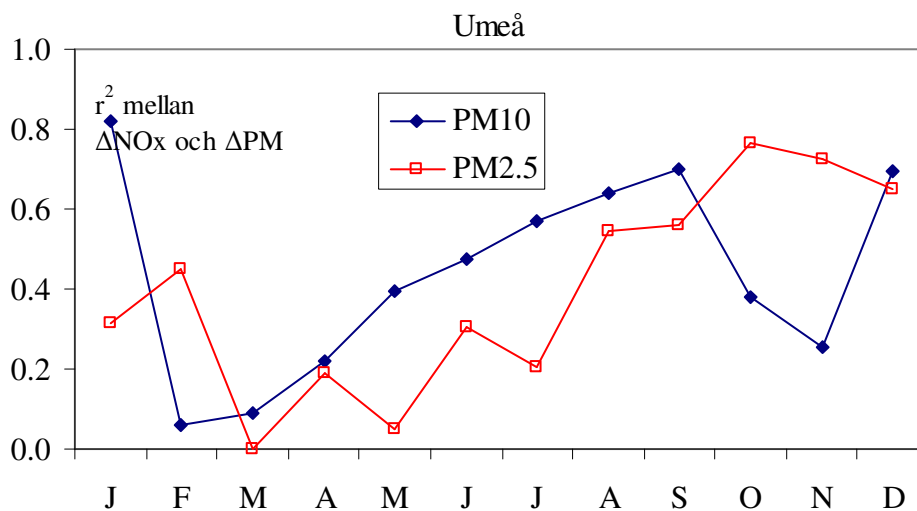
5.7.2 Samband mellan haltökning av partiklar och kväveoxider

Både partiklar och kväveoxider härrör från trafiken, men påverkas olika av olika faktorer såsom väglag, körsätt etc. Korrelationen mellan NO_x -ökningen i gaturummet och PM_{10} -ökningen kan därför vara dålig.

Om emissionsfaktorn för partiklar är konstant för en viss kategori fordon så skulle variationen i ökningen av NO_x -halten i gaturummet jämfört med den urbana bakgrunden (ΔNO_x) och ΔPM vara direkt proportionella mot varandra och korrelationskoefficienten r^2 vara närmare 1 (100 %) om fordonssammansättningen inte varierade med tidpunkten. Om däremot emissionen av partiklar beror mer på andra faktorer än trafikintensiteten och fordonssammansättningen så blir korrelationskoefficienten lägre. Om partikelemissionen exempelvis påverkas kraftigt av hur mycket grus det ligger på vägbanan som kan hjälpa till att mala ner asfalten och grusmängden varierar kraftigt med tiden så sjunker korrelationskoefficienten. En korrelationskoefficient som är 0,2 (20 %) betyder att endast 20 % av partikelhalten förklaras av trafikintensiteten. Figur 5:19 visar att korrelationskoefficienten är mycket låg och varierande i Göteborg. Det är anmärkningsvärt att den är lägre för $\Delta\text{PM}_{2,5}$ än för ΔPM_{10} . Det beror sannolikt på svårigheten att mäta $\Delta\text{PM}_{2,5}$ som skillnaden mellan två nästan lika halter (jmf Figur 5:5 och 5:6). Motsvarande korrelationer i Umeå visas i Figur 5:20. Här är korrelationskoefficienterna högre än i Göteborg. Mätnoggrannheten har, vid beräkning av emissionsfaktorn, sannolikt stor betydelse för de högre korrelationerna i Umeå. Den relativa skillnaden (uttryckt i %) mellan gaturum och urban bakgrund är större i Umeå både för $\text{PM}_{2,5}$ och för PM_{10} än vad de är i Göteborg (jmf Figur 5:8 med 5:6 samt Figur 5:4 med 5:2).



Figur 5:19 Korrelationskoefficienten i linjär regression mellan ΔNO_x och ΔPM i Göteborg under olika månader.



Figur 5:20 Korrelationskoefficienten i linjär regression mellan ΔNO_x och ΔPM i Umeå under olika månader.

5.7.3 Medelemissionsfaktorer för partiklar

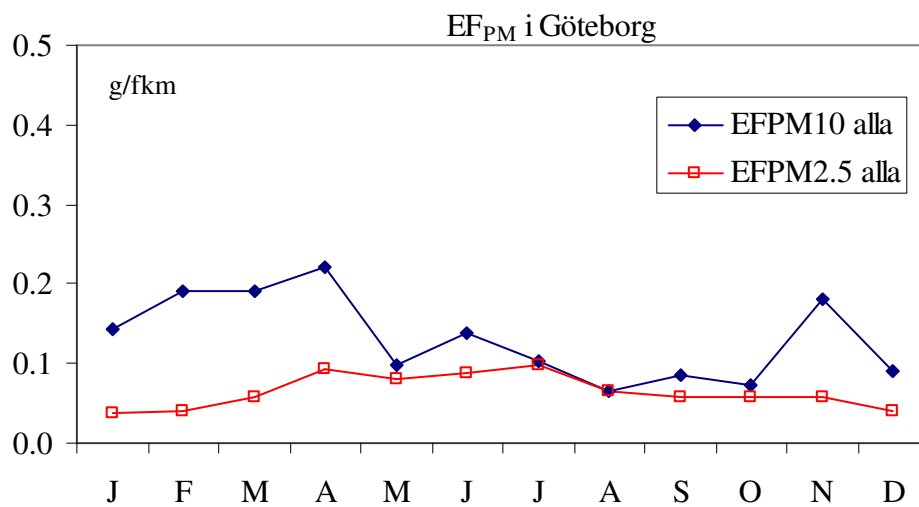
Medelvärden kan vägas på olika sätt. Enstaka timmar kan de beräknade emissionsfaktorerna bli mycket höga. Därför valdes här att först beräkna medelvärdet av alla ingående faktorer under en viss tidsperiod (en viss månad eller en viss timme på dygnet) i ekvation 1 och sedan beräkna medelvärdet enligt ekvation 2. Alla tre faktorerna måste då ha mätvärden samtidigt för de perioder då emissionsfaktorn beräknas.

Datatillgängligheten för $\overline{EF_{PMx}}$ sjunker då ungefär med produkten av datatillgängligheten för varje enskild parameter i ekvation 2.

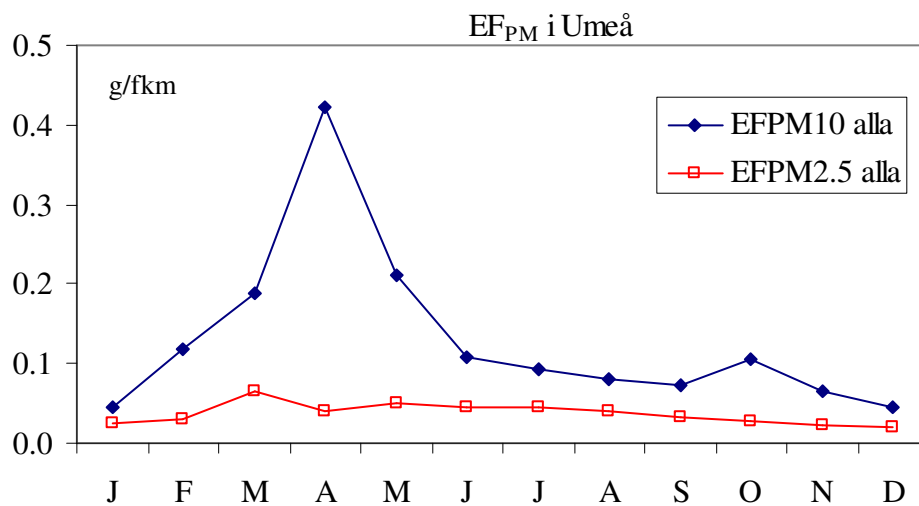
$$\overline{EF_{PMx}} = \overline{EF_{NOx}} \frac{(\overline{PM_{X,gata}} - \overline{PM_{X,tak}})}{(\overline{NO_{X,gata}} - \overline{NO_{X,tak}})} \quad (2)$$

Emissionsfaktorerna för PM_{10} och $PM_{2,5}$ visas i Figurerna 5:21 och 5:22 samt i Tabell 5:4. Tidigare har nästan ingen årstidsvariation i $EF_{PM_{2,5}}$ observerats. Här kan man dock se lägre emissionsfaktorer på vintern (januari – februari). För PM_{10} finns det en kraftig topp runt april i Umeå och en liten topp i Göteborg. I Tabell 5:4 redovisas även kvoten mellan Umeå och Göteborg för respektive partikelfraktion. De beräknade genomsnittliga emissionsfaktorerna för partiklar blev 2008 lägre i Umeå än i Göteborg. År 2006 blev det tvärtom.

Datatillgängligheten för $EF_{PM_{10}}$ blev 69 % i Umeå och 42 % i Göteborg. Motsvarande siffror för $EF_{PM_{2,5}}$ blev 56 % i Umeå och 37 % i Göteborg.



Figur 5:21 Beräknad medelemissionsfaktor för partiklar i Göteborg som funktion av tidpunkt på året.



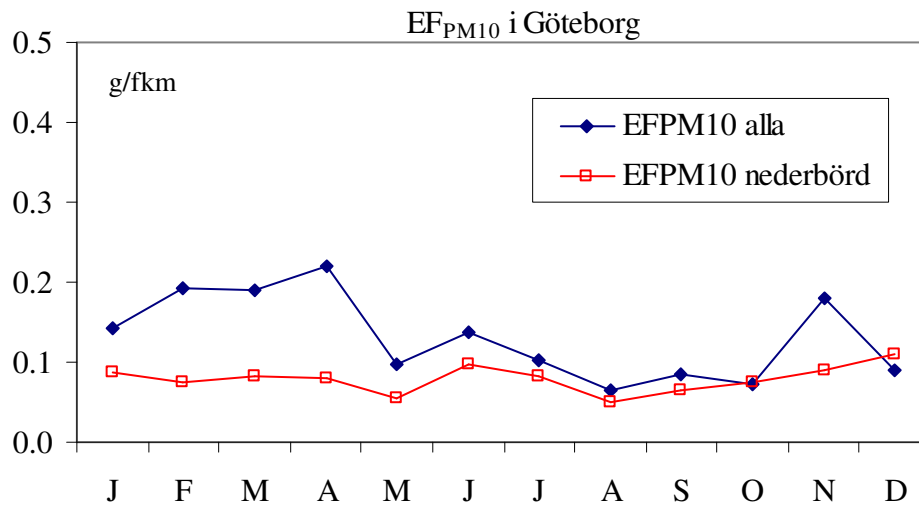
Figur 5:22 Beräknad medelemissionsfaktor för partiklar i Umeå som funktion av tidpunkt på året.

Tabell 5:4 Medelemissionsfaktorer för olika månader under 2008 i g/fkm samt kvoten mellan dessa för Umeå och Göteborg.

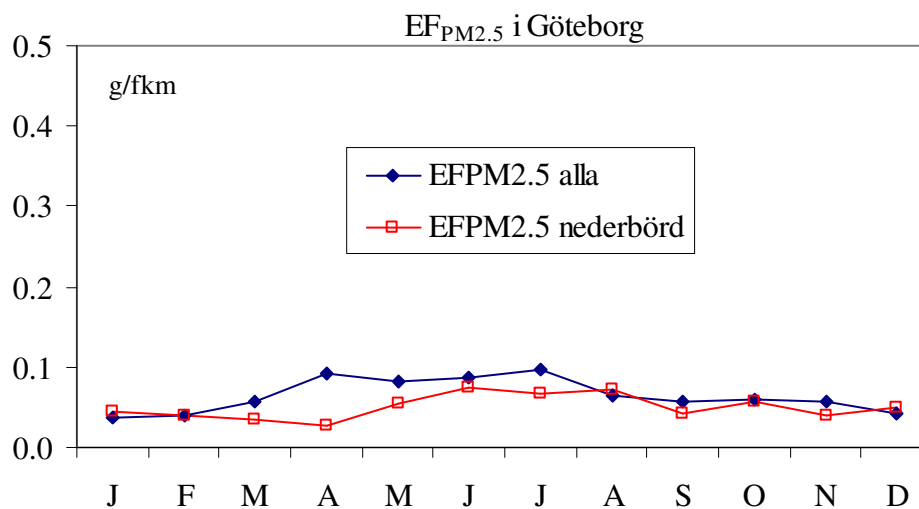
Månad	Göteborg		Umeå		Umeå/Göteborg	
	EF _{PM10} g/fkm	EF _{PM2,5} g/fkm	EF _{PM10} g/fkm	EF _{PM2,5} g/fkm	EF _{PM10}	EF _{PM2,5}
Januari	0.14	0.038	0.05	0.025	0.32	0.66
Februari	0.19	0.040	0.12	0.031	0.62	0.77
Mars	0.19	0.058	0.19	0.066	0.98	1.14
April	0.22	0.093	0.42	0.040	1.91	0.43
Maj	0.097	0.081	0.21	0.051	2.17	0.63
Juni	0.137	0.088	0.11	0.044	0.79	0.50
Juli	0.10	0.097	0.09	0.046	0.90	0.47
Augusti	0.064	0.065	0.081	0.041	1.27	0.63
September	0.086	0.060	0.072	0.034	0.84	0.58
Oktober	0.074	0.059	0.11	0.028	1.44	0.48
November	0.18	0.058	0.07	0.024	0.36	0.41
December	0.091	0.041	0.045	0.020	0.50	0.48
Medel 2008	0.14	0.064	0.13	0.037	0.95	0.58

5.7.4 Nederbördens effekt på emissionsfaktorn för partiklar

Nederbörd mättes på timbasis endast i Göteborg. Emissionsfaktorn när det fallit nederbörd timmen innan den aktuella timmen beräknades. Det registrerades nederbörd under 12 % av alla timmar i Göteborg. Antalet mätvärden med våt vägbana var endast 415 st (4,7 % av tiden) för PM₁₀ och 364 st för PM_{2,5} (4,1 %). Månadsmedelvärdena av emissionsfaktorerna med våt vägbana jämförs med samtliga mätningar i Figurerna 5:23 och 5:24 nedan.



Figur 5:23 Beräknad medelemissionsfaktor för PM_{10} i Göteborg vid tillfällen när det fallit nederbörd under timmen innan mätningen, samt för alla tillfällen, som funktion av tidpunkt på året.



Figur 5:24 Beräknad medelemissionsfaktor för $PM_{2.5}$ i Göteborg vid tillfällen när det fallit nederbörd under timmen innan mätningen, samt för alla tillfällen, som funktion av tidpunkt på året.

Som framgår av figurerna sänker en fuktig vägbanas emissionsfaktor för PM_{10} , medan faktorn för $PM_{2.5}$ blir nästan oförändrad. Detta konstaterades även vid utvärderingen av 2006 och 2007 års mätdata (Sjöberg m.fl., 2008).

6 Slutsatser

Skillnaden mellan uppmätta haltnivåer av partiklar och kväveoxider under 2007 och 2008 är inte särskilt stor. Det är dock lite lägre halter av PM_{10} och NO_2 på alla fyra platserna förutom NO_2 -halterna i Gårda som ökat något, speciellt toppvärdena. NO_2 -halten i Gårda är aldrig hög när vindhastigheten är hög. De högsta värdena inträffar när det är som mest vindstilla. Hög trafikintensitet i kombination med låg vindstyrka ligger bakom de något högre NO_2 -halterna i Gårda år 2008.

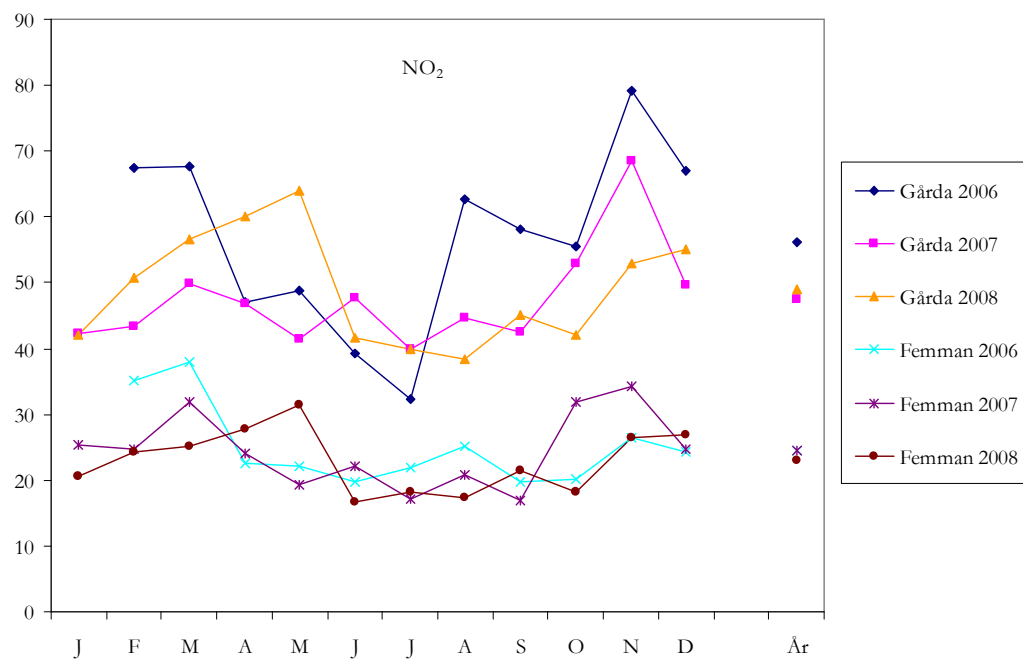
Emissionsfaktorerna för partiklar skiljer sig inte mycket mellan 2007 och 2008, se Tabell 6:1. Trots att trafikintensiteten längs Europavägen i Umeå bara är en tredjedel av vad den är i Göteborg så är både NO_x -halterna och partikelhalterna nästan lika höga i gaturummet på mätstationerna i de bägge städerna. Det beror sannolikt på en sämre luftomblandning i Umeå. Emissionsfaktorerna för PM_{10} är lägre i Umeå än i Göteborg på vintern, men högre under övriga årstider. Årsmedelvärdet för emissionsfaktorn är dock lika i de bägge orterna.

Halterna av de komponenter som används för beräkningarna (NO_x , PM_{10} och $PM_{2,5}$) var ofta högst under 2006. Kvoterna mellan PM -ökningen i gaturummet och NO_x -ökningen i densamma (formel 1) används i beräkningarna, vilket delvis jämnat ut skillnaderna mellan åren. I Figur 6:1 till 6:6 visas årsvariationerna av NO_2 -, PM_{10} - respektive $PM_{2,5}$ -halterna.

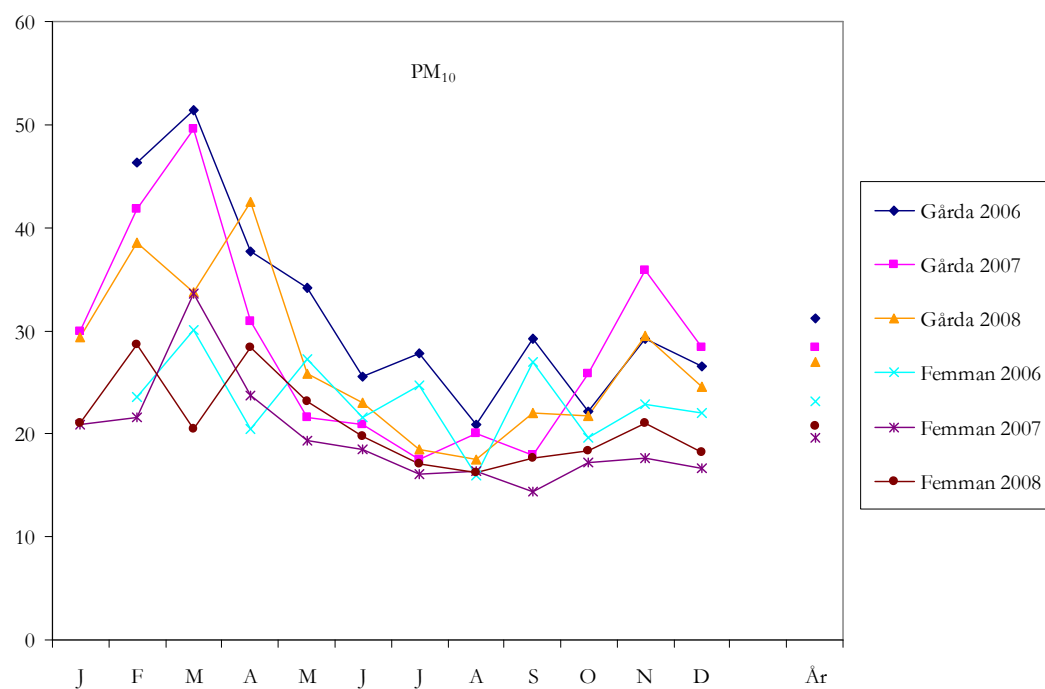
Tabell 6:1 Medelemissionsfaktorer för partiklar för tre kalenderår.

År	Göteborg		Umeå	
	$EF_{PM_{10}}$ g/fkm	$EF_{PM_{2,5}}$ g/fkm	$EF_{PM_{10}}$ g/fkm	$EF_{PM_{2,5}}$ g/fkm
2006	0.12	0.034	0.18*	0.057*
2007	0.15	0.065	0.14	0.033
2008	0.14	0.064	0.13	0.037

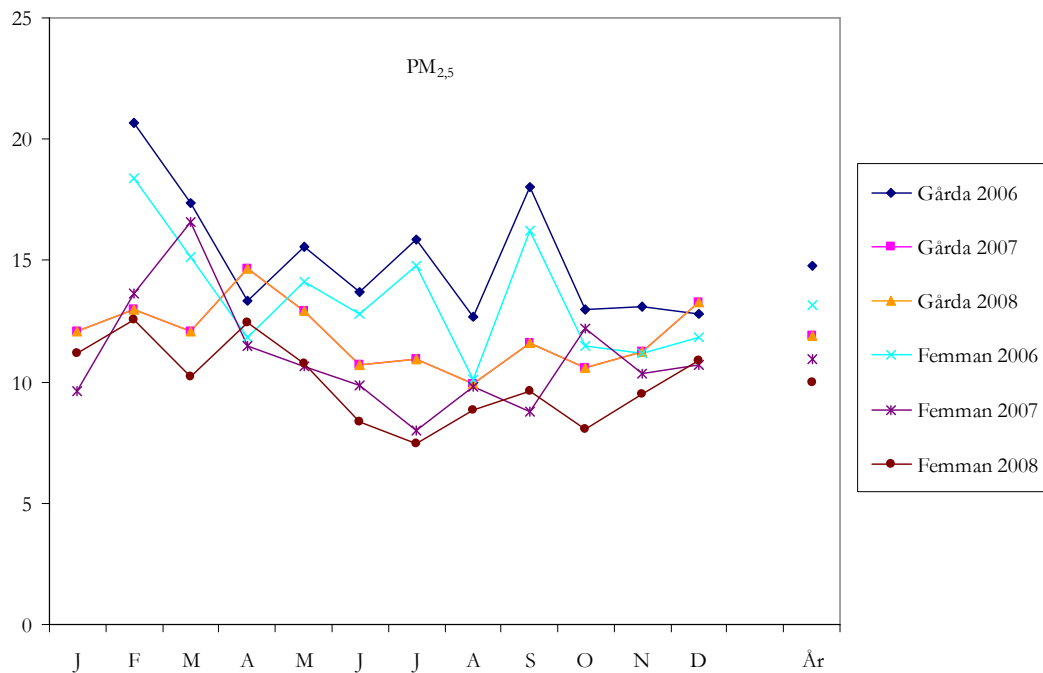
* = medelvärde för maj – december



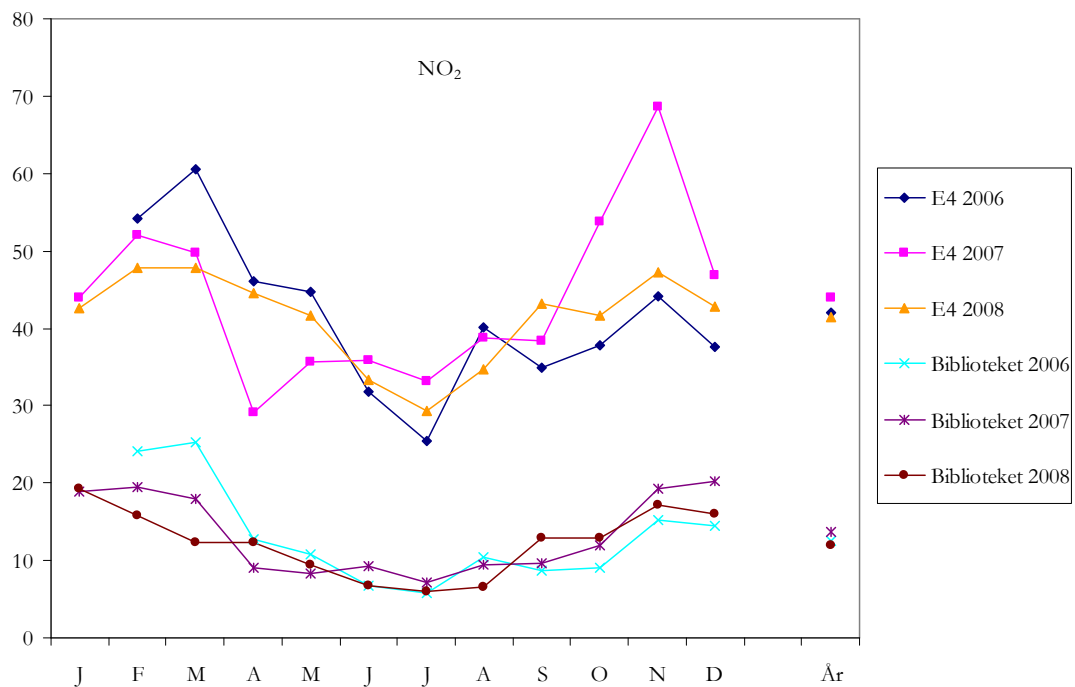
Figur 6:1 NO₂-halt som funktion av månad samt kalenderår i Göteborg för år 2006-2008.



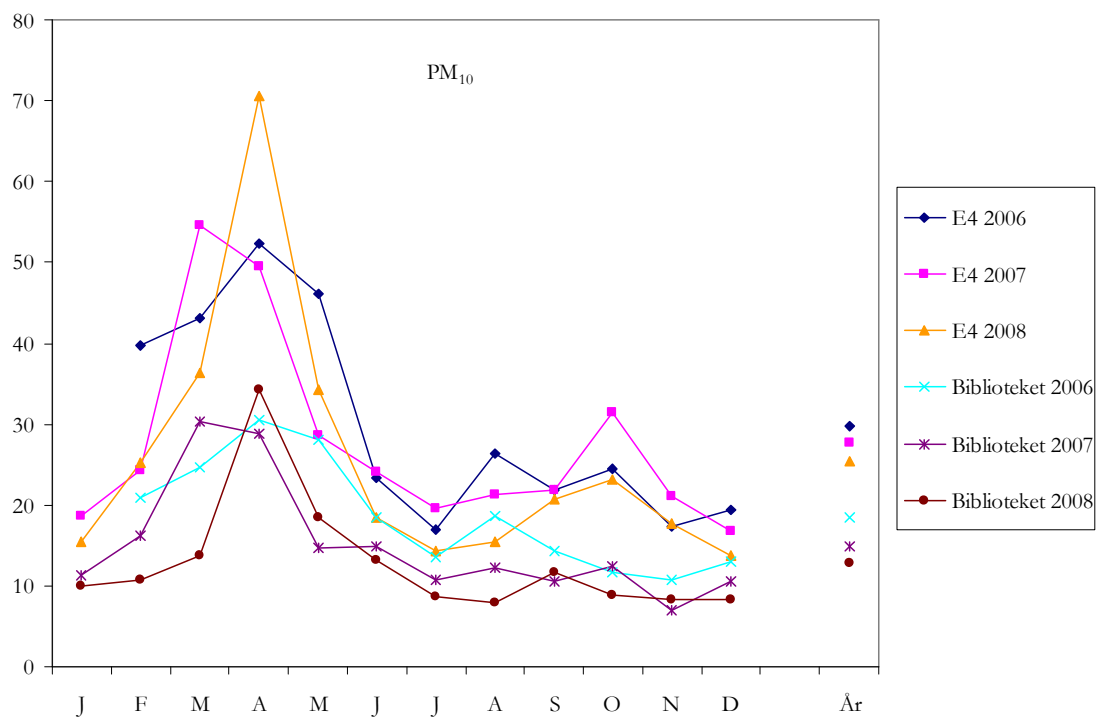
Figur 6:2 PM₁₀-halt som funktion av månad samt kalenderår i Göteborg för år 2006-2008.



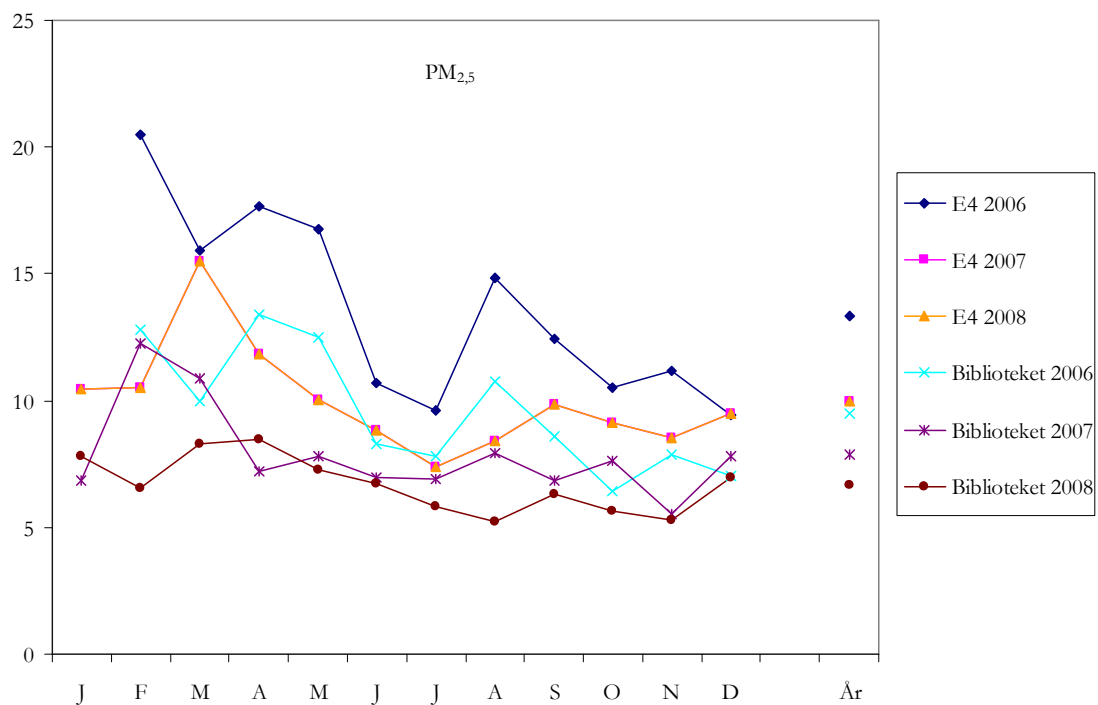
Figur 6:3 PM_{2.5}-halt som funktion av månad samt kalenderår i Göteborg för år 2006-2008.



Figur 6:4 NO₂-halt som funktion av månad samt kalenderår i Umeå för år 2006-2008.



Figur 6:5 PM₁₀-halt som funktion av månad samt kalenderår i Umeå för år 2006-2008.



Figur 6:6 PM_{2.5}-halt som funktion av månad samt kalenderår i Umeå för år 2006-2008.

7 Referenser

Ferm M. och Sjöberg K. (2007), Percentilberäkningar för PM_{10} och kvävedioxid i olika typmiljöer. IVL Rapport U2121.

Ferm M., Johansson C. och Persson K. (2008a), Samband mellan kväveoxider och ozon i tätorter. Haltmätningar med diffusionsprovtagare. IVL rapport B1768.

Ferm M., Sjöberg K. och Steen E. (2008b). Mätningar av $PM_{2.5}$ och PM_{10} i Göteborg och Umeå under 2007. IVL rapport U2345.

Ketzel M., Omstedt G., Johansson C., Düring I, Pohjola M., Oetl D., Gidhagen L., Wählin P., Lohmeyer A., Haakana M., Berkowicz R. (2007) Estimation and validation of $PM_{2.5}/PM_{10}$ exhaust and non-exhaust emission factors for practical street pollution modelling. *Atmospheric Environment* **41**, 9370-9385.

Sjöberg K., Steen E. och Ferm M. (2008), Mätningar av PM_{10} och $PM_{2.5}$ i Göteborg och Umeå under 2006. IVL Rapport U2151.

WHO (2005), Air Quality Guidelines – Global Update 2005.