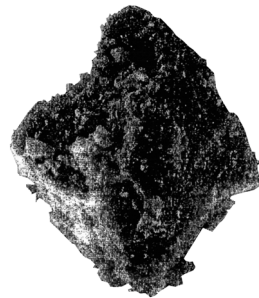


*Kartläggning av
partikelhalter (PM10)
i Stockholms och
Uppsala län*



JÄMFÖRELSER MED MILJÖKVALITETSNORMER

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning.....	2
Förord.....	3
Sammanfattning.....	4
Inledning.....	5
Miljö kvalitetsnormer.....	6
Emission av partiklar.....	6
Mätningar av partikelhalter.....	7
Kontinuerliga mätningar.....	7
Mätningar 2002.....	9
Val av mätplatser.....	9
Partikelhalter och meteorologi 2002.....	10
Spridningsberäkningar.....	10
Modellberäkningar.....	10
Nulägesberäkningar för 2002.....	11
Känslighetsanalys.....	11
Osäkerheter.....	12
Åtgärder för att klara normerna.....	14
Behov av åtgärder.....	14
Åtgärder för minskning av slitagepartiklar.....	14
Förebyggande åtgärder.....	15
Referenser.....	15
Bilaga 1 Mätplatsbeskrivningar.....	
Bilaga 2 PM10-kartor.....	

Förord

Detta projekt är utfört på uppdrag av Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbund.

Syftet med projektet har varit att kartlägga halterna av partiklar, PM10, under år 2002 i länens kommuner och jämföra med miljökvalitetsnormer för PM10, som skall klaras efter år 2004. Undersökningen bygger på mätningar, emissionsdata och modellberäkningar.

Projektansvarig har varit Magnus Brydolf.

I projektet har även Christer Johansson, Tage Jonson, Boel Lövenheim, Lars Burman, Lars Törnquist, Malin Pettersson, K-G Westerlund, Billy Sjövall och Per-Åke Johansson medverkat.

Rapport och kartor har sammanställts av Magnus Brydolf, Boel Lövenheim och Tage Jonson.

Stockholm i januari 2003.



Miljöförvaltningen i Stockholm

Box 38024

100 64 Stockholm

www.slb.nu

Sammanfattning

PM10 är inandningsbara partiklar med en aerodynamisk diameter på upp till 10 µm (1 µm = 1 tusendels mm).

Enligt EG-direktiv skall varje medlemsland införa gränsvärden för partiklar, PM10. Enligt svensk lagstiftning, SFS 2001:527, skall därför varje kommun kontrollera att miljö kvalitetsnormer för bl. a. PM10 uppfylls inom kommunen. Kontrollen skall ske genom mätningar, beräkningar eller annan uppföljning. Om kontrollen visar att normen med tillägg av toleransmarginal överskrids skall kommunen omedelbart underrätta Naturvårdsverket och berörd länsstyrelse.

Det viktigaste syftet med kartläggningen av PM10-halter i Stockholms och Uppsala län är att jämföra halter år 2002 med de år 2001 införda miljö kvalitetsnormerna vilka skall vara uppfyllda efter 2004.

Resultatet av mätningar och beräkningar presenteras i form av PM10-kartor för 2002 för varje kommun. Kartorna finns utlagda på Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbunds hemsida (<http://www.slb.nu/lvf>).

Kartläggningen av PM10-halter visar att miljö kvalitetsnormen för dygnsmedelvärden överskrids längs många gator i tätorter och längs hårt trafikerade infartsleder. På de mest trafikbelastade avsnitten överskrids även normvärdet med tillägg av toleransmarginal. PM10-halterna visar ingen minskande trend varför åtgärdsprogram för att minska halterna på dessa avsnitt är nödvändigt.

I urban miljö består den totala PM10-halten i huvudsak av tre delar med olika ursprung.

- Intransporterade partiklar från källor utanför regionen vilka utgör den regionala bakgrundshalten
- Resuspenderade slitagepartiklar från den lokala trafiken (partiklar genererade vid slitage av vägbanor, däck och bromsar)
- Lokalt bildade förbränningspartiklar från uppvärmning, vägtrafik, sjöfart, arbetsmaskiner och industri

Den del av PM10-halten som främst går att påverka lokalt är bidraget från resuspension, uppvirvling, av slitagepartiklar vilken utgör 70-80% av den totala PM10-halten i gatunivå under vinter och vår. Slitaget

kan påverkas bl. a. av saltning, sandning, gaturengöring, dubbdäcksanvändning och vägytans egenskaper. Mängden partiklar som virvlas upp påverkas av meteorologiska förhållanden (våt eller torr vägbana) samt trafikens intensitet, hastighet och sammansättning (andel tung trafik).

Kunskapen om hur mycket dessa faktorer var för sig påverkar PM10-halterna är emellertid bristfällig. I dagsläget går det därför inte att ange vilka lokala åtgärder som är effektivast för att minska PM10-halterna under vinter och vår.

För att öka kunskapen om de lokala bidragens andel av den totala resuspensionen krävs mätningar och modellutveckling för analys av slitagepartiklarnas ursprung. SLB-analys har i samarbete med vägverket och gatu- och fastighetskontoret i Stockholm startat ett sådant utvecklingsarbete under hösten 2002. Mätningar med syfte att klarlägga olika faktorerens bidrag och betydelsen av vägrengöring kommer att genomföras under våren 2003 i Stockholms innerstad och längs infartsleder till Stockholm.

Även om effektiva åtgärder identifieras för att sänka PM10-halterna under perioden december till maj med inriktning på t.ex. frekvent våtsopning och uppsamling av partiklar är det inte säkert att detta räcker för att klara miljö kvalitetsnormen på de mest trafikbelastade avsnitten av gator och infartsleder. Åtgärder som då kan bli aktuella är t.ex. förändring av principer för sandning, saltning och val av vinterdäckstyp.

Trafikmängden och lokala variationer i omgivande bebyggelse d.v.s. olika ventilationsförhållanden har stor betydelse för PM10-halterna. I smala och slutna gaturum överskrids normvärdet vid mindre trafik jämfört med bredare gaturum och öppna vägar. Om närområdet kring en väg eller gata sluts med bebyggelse kan PM10-halten mer än dubbleras. I förebyggande syfte är det därför viktigt att ny bebyggelse utformas på ett sådant sätt att uppfyllande av miljö kvalitetsnorm inte försvåras.

Regeringen uppdrog den 28 november 2002 åt Länsstyrelsen i Stockholms län att ta fram ett åtgärdsprogram för att klara miljö kvalitetsnormer för PM10. Detta arbete skall vara klart till den 31 december 2003.

Inledning

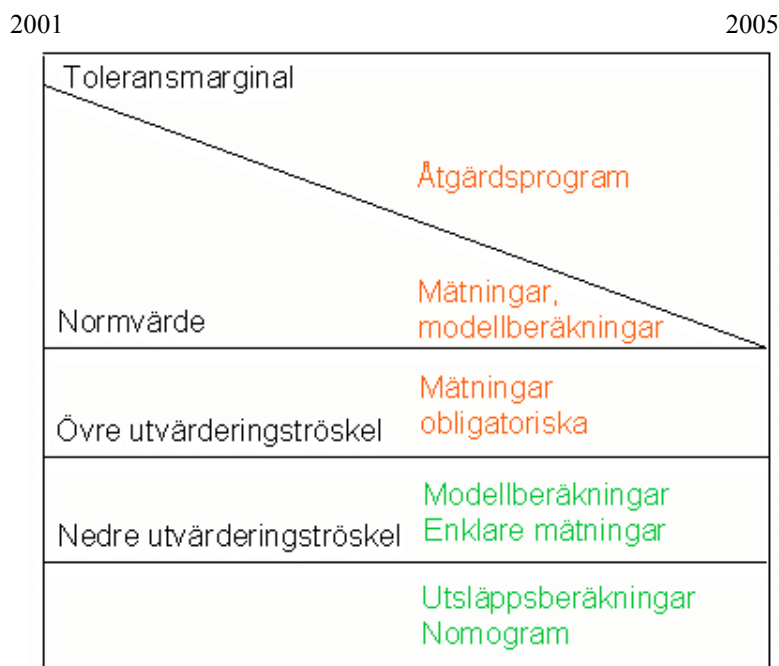
Enligt EG:s ramdirektiv (96/62/EG) har länderna i unionen, för att skydda innevånarnas hälsa, skyldighet att övervaka och säkerställa kvaliteten på utomhusluft i det egna landet. I ramdirektivet anges också principerna för hur övervakningen ska göras, bl. a. när mätningar och modellberäkningar ska användas.

Ramdirektivet följs av dotterdirektiv med gränsvärden för olika luftföroeningar och krav på när gränsvärdena ska vara uppfyllda. Europarådet antog i april 1999 ett dotterdirektiv om gränsvärden för bl. a. svaveldioxid, kvävedioxid, partiklar och bly (99/30/EG). Dotterdirektivet är infört i svensk lagstiftning genom en förordning om miljö-kvalitetsnormer för utomhusluft (SFS 2001:527). Där definieras toleransmarginaler, normvärden och

utvärderingströsklar för kvävedioxid, svaveldioxid, bly och partiklar (PM10). Förordningen är kopplad till 5 kap. miljöbalken. Med PM10 avses partiklar med aerodynamisk diameter mindre än 10 µm, s. k. inandningsbara partiklar.

Huvudprincipen vad gäller krav på utvärdering är att ju högre halten är, desto noggrannare utvärderingsverktyg krävs. Vid halter under den nedre utvärderingströskeln räcker verktyg som nomogram och utsläppsberäkningar. Över den övre utvärderingströskeln är mätningar obligatoriska. I de fall toleransmarginal för normvärden överskrids, ska ett åtgärdsprogram tas fram för att klara normen till ett visst angivet år, t.ex. 2005 för partiklar PM10, se fig. 1.

Fig. 1 Olika begrepp avseende EG-gränsvärden och miljö-kvalitetsnormer[1,2].



EG-gränsvärden har satts med utgångspunkt från hälsoeffekter. Ökande PM10-halter ökar dödligheten hos främst äldre och hos människor med hjärt- och lungsjukdomar. Med ökande halter växer också risken för besvär hos personer med känsliga luftvägar. Någon tröskel för PM10-halter, under vilken ingen hälsoeffekt finns, har inte kunnat

identifieras. Fina partiklar (< 2,5 µm) och ultrafina (< 0,1 µm) bedöms vara farligare för hälsan än större partiklar. Det är därför troligt att gränsvärden i framtiden kommer att kompletteras och omfatta både PM10 och någon annan storleksfraktion, t. ex. PM2,5.

Miljökvalitetsnormer

För partiklar (PM10) gäller enligt SFS 2001:527 miljökvalitetsnormer, toleransmarginaler och utvärderingströsklar som framgår av tabell 1.

Med 90-percentil menas den halt som underskrids 90 % och överskrids 10 % av medelvärdestiden. När 90-percentilen för dygnsmedelvärdet redovisas så innebär det att det är medelvärdet under det 36:e värsta dygnet under det år som redovisas.

Miljökvalitetsnormerna för PM10 är desamma som EG-gränsvärdena i steg 1 som skall klaras efter 2004. Enligt EG-direktivet får gränsvärdena för partiklar PM10 ses som ett första steg att minska partikelhalterna i utomhusluften. Steg 2 för EG-gränsvärden skall klaras 2010 och är angivna som 98-percentilvärde och årsmedelvärdet för PM10 på 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respektive 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket är avsevärt lägre än nuvarande normer.

Tab. 1 Miljökvalitetsnormer och EG-gränsvärden för partiklar, PM10, som skall klaras efter 2004 [1,2].

Tid för medelvärde	Normvärde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Värdet får inte överskridas mer än	Normvärde + toleransmarginal 2002 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Utvärderings-trösklar, övre-nedre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Dygn	50 (90-percentil)	35 dygn per år efter 2004	69 (90-percentil)	30 - 20 (98-percentiler)
Kalenderår	40 (årsmedelvärdet)	Får ej överskridas efter 2004	46 (årsmedelvärdet)	14 - 10 (årsmedelvärdet)

Emission av partiklar

Partiklar emitteras från många olika källor, t.ex förbränning av fossila bränslen och bibränslen, väg- och fordonsslitage, skogsbränder, hav, öken-sand och andra jordmaterial. Olika källor dominerar i olika länder. Spridningen från källorna är komplex eftersom uppehållstiden i atmosfären varierar beroende på partikelstorlek. Många partiklar nybildas och mindre partiklar slår sig samman till större. Vissa partiklar transporteras över långa avstånd medan andra deponeras nära källan. Att analysera och bestämma partiklars ursprung är ofta komplicerat. Viktigt för denna analys är att bestämma partiklarnas kemiska sammansättning som varierar beroende på källa och transportväg. Val av metod för bestämning av partikel-koncentrationen är också viktigt i en sådan analys t.ex. massa, partikelyta eller antal partiklar per volymenhet.

Gränsvärden och normvärden anges i enheten mikrogram per kubikmeter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) för partiklar mindre än 10 mikrometer (PM10). I Sverige utgörs PM10-halterna i stort sett av tre huvudfraktioner med olika källor.

Den grövsta fraktionen mellan 10 μm och ca 1 μm består i huvudsak av resuspenderande partiklar, d.v.s. uppvirvlade partiklar som bildas genom slitage av vägbeläggning, sand, däck, bromsar etc. på vägar och gator. Nära starkt trafikerade vägar och gator utgör denna fraktion huvuddelen av PM10-halterna. Speciellt under vinter och vår binds och ackumuleras dessa partiklar på våta vägbanor och virvlas upp vid torrt väder vilket ger upphov till höga halter lokalt.

En finare fraktion av partiklar med en diameter mellan 1 μm och 0,1 μm har sitt huvudsakliga ursprung i utsläpp i andra länder och har stor

betydelse för bakgrundshalter av PM10 i Sverige. Uppehållstiden i atmosfären för fina partiklar kan vara flera dygn. Ursprunget kan därmed vara källor i Västeuropa, Östeuropa eller Ryssland beroende på varifrån vindarna blåser. Bakgrundshalterna i Sverige under perioder med vindar från dessa områden blir förhöjda jämfört med perioder med vindar från Atlanten eller Norra Ishavet. Intransporten av partiklar från utsläpp utanför regionen bidrar på årsbasis med ca hälften av den totala urbana PM10-halten i regionen.

Den finaste fraktionen utgörs av s.k. ultrafina partiklar (diameter mindre än 0,1 µm). Dessa har sitt ursprung i t.ex. utsläpp av avgaspartiklar från fordon i den lokala trafiken, vedeldning och energianläggningar etc. Livstiden för dessa partiklar kan vara upp till några timmar, varför ursprunget främst är regionalt. Denna fraktion bidrar mycket litet, <10 %, till totalhalterna av PM10 räknat som massa per volymenhet.

Avgaskrav för nya fordon 2000 till 2010 styrs av EG-direktiv både för lätta fordon (98/69/EG) och tunga fordon (99/96/EG). Avgaskraven finns

inarbetade i Vägverkets emissionsfaktorer för avgaspartiklar [4]. Utsläppen av avgaspartiklar från vägtrafik i länet väntas minska med ca 70 % under 2000-talet till följd av beslutade avgaskrav [5]. Den utsläppsminskning som detta leder till för den lokala vägtrafiken i länet, har stort genomslag på t.ex. antalet partiklar intill vägar och gator men litet genomslag på massan partiklar PM10. Däremot kan man förvänta sig minskade bakgrundshalter generellt i Europa p.g.a. avgaskraven inom EU. Den minskade sekundära bildningen av fina partiklar (PM1-PM0,1) kommer långsiktigt att leda till lägre bakgrundshalter även i Sverige.

De totala utsläppen av PM10 i Stockholms och Uppsala län finns sammanfattade i tab. 2. Utsläppen har hämtats från Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbunds emissionsdatabas [6]. Emissionsdata för mängden slitagepartiklar har beräknats av SMHI utifrån mätdata från Hornsgatan i Stockholm [8]. Dessa emissionsdata har anpassats till emissionsfaktorer för olika hastigheter i enlighet med en tidigare utredning från SMHI [9].

Tab. 2. Totala utsläppt av partiklar PM10 i Stockholms och Uppsala län. Med totala utsläppt avses utsläpp från vägtrafik, energianläggningar samt övriga källor (vedeldning, arbetsmaskiner m fl).

Sektor/år	PM10 ton/2002	PM10 ton/2006	PM10 ton/2010
Vägtrafik, slitagepartiklar	3700	3700	3700
Vägtrafik, avgaspartiklar	300	150	100
Energianläggningar	500	500	500
Övriga källor	500-1000	500-1000	500-1000
Summa	Ca 5000	Ca 5000	Ca 5000

Mätningar av partikelhalter

Kontinuerliga mätningar vid fasta mätstationer

Kontinuerliga mätningar av PM10 med timupplösning har pågått sedan 1994 ovan tak på Södermalm i Stockholms innerstad, sedan 1996 vid Aspveten, ca 70 km S om Stockholm, och sedan 1999 på Hornsgatan i Stockholm. Ingen av dessa tidsserier uppvisar någon trendmässig ökning eller minskning. I fig.2 visas nivåerna de senaste fyra åren vid dessa tre mätstationer vilka representerar tre olika miljöer. Hårt belastad trafikmiljö, urban bakgrund och ren bakgrund på landsbygd.

PM10-halterna på Hornsgatan ligger genomgående över årsnormen 40 µg/m³, se fig. 2. Mycket svårare att klara är dock dygnsnormen, vilket ses i fig. 3. Normgränsen 50 µg/m³ får inte överskridas mer än 35 dygn per år. På Hornsgatan överskrids den 80-110 dygn per år. Även normvärde plus toleransmarginal för 2002 (69 µg/m³) överskrids.

Som framgår av fig. 3 sker de flesta överskridanden av dygnsnormen under perioden

februari till maj. Men även under andra perioder förekommer halter över normen. I augusti och september 2002 inträffade flera haltepisoder av intransporterade partiklar från kontinenten, vilket ledde till överskridanden.

Av den totala PM10-halten i länet står resuspension av grova partiklar och intransport av finare partiklar för den största delen. Mätningar i

Stockholms innerstad visar att de lokala haltbidragen från resuspensionen är som störst under torrt väder och utgör då huvuddelen av halterna invid starkt trafikerade gator och vägar. Om trafikmängden och hastigheten ökar, ökar även uppvirvlingen av slitagepartiklar.

Fig. 2 *Trender för PM10-halter vid mätplatser i olika belastade miljöer (glidande dygnsmedelvärden).*

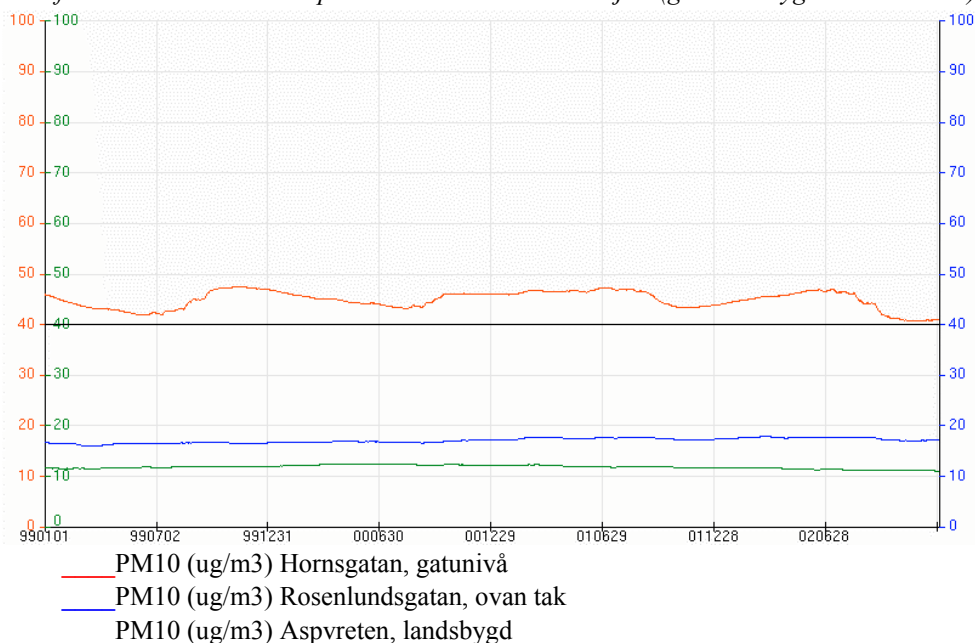
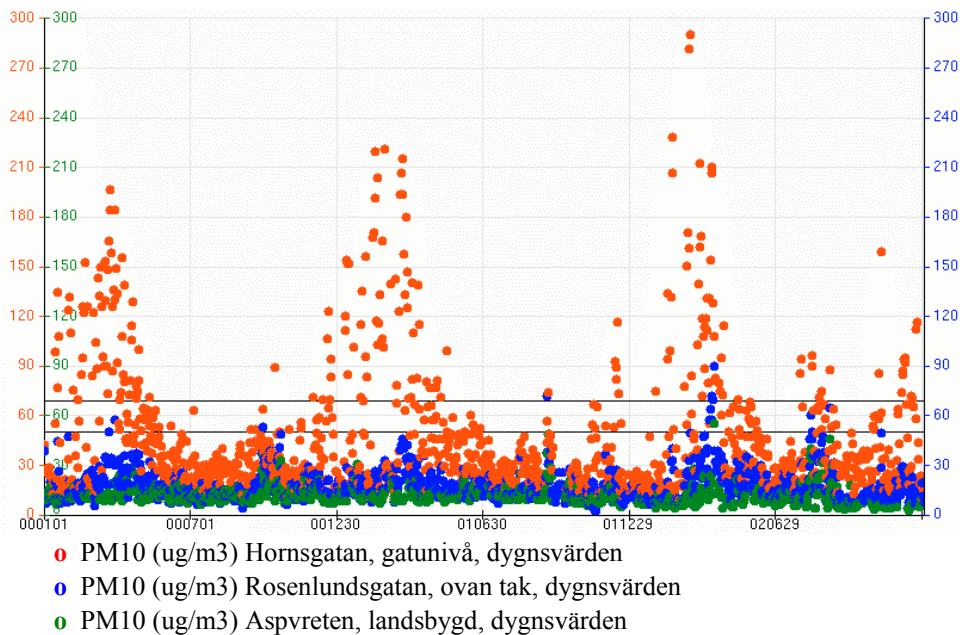


Fig. 3 *Årsvariationen de senaste tre åren på olika belastade mätplatser (dygnsmedelvärden)*



Mätningar 2002

Mätningar med IVL-provtagare (dygnsuppsamling på filter och vägning) genomfördes i 6 provpunkter februari-maj utöver de kontinuerliga mätningarna med TEOM-instrument. IVL-provtagarna visar god överensstämmelse med angiven referensmetod enligt EG-direktiv.

Parallellmätning på Hornsgatan under jan-juni mellan IVL-provtagare och TEOM-instrument gav en korrektionsfaktor på 1,2 för mätvärden från TEOM [7].

Resultat från kontinuerliga mätningar med 1-timmesupplösning (TEOM) och mätningar med dygnsprovtagare (IVL) under kartläggningsperioden återfinns i tab. 3.

Mätpunkter i gaturum är belägna ca 3 m ovan trottoarkant. Mätpunkter vid öppen väg är belägna 10-20 m från väggkant.

Tab.3 Resultat från PM10-mätningar 2002 (värden som markerats med blått har beräknats till årsvärden utgående från perioden feb – maj).

Mätplats	Metod	Period-medelvärde feb-maj 2002	Antal dygn över norm 50 µg/m ³ feb-maj 2002	Årsmedelvärde för 2002 (norm 40 µg/m ³)	90-percentil dygn för 2002 (norm 50 µg/m ³)
Hornsgatan (gaturum)	TEOMx1,2	72	56	48	94
Hornsgatan (parallellmättn.)	IVL	73	56		
Essingeleden (Gröndal)	IVL	59	56	41	78
Sveavägen (gaturum)	TEOMx1,2	56	55	41	89
Uppsala, Kungsgatan (gaturum)	TEOMx1,2	50	49	35	72
Norrlandsgatan (gaturum)	TEOMx1,2	52	49	37	76
Valhallavägen (gaturum)	IVL	41	33	30	62
Roslagsvägen (Frescati)	IVL	41	32	30	57
Sollentuna (E4)	IVL	41	32	30	59
Sollentuna (Turebergsleden)	TEOMx1,2	23	9	19	33
Södermalm (ovan tak)	TEOMx1,2	23	6	18	33
Uppl.-Väsby (småhusområde Skälby)	IVL	17	4	15	33
Aspvreten (landsbygd Studsvik)	TEOM	14	1	11	18

Val av mätplatser

Valet av mätplatser vid PM10-kartläggningen 2002 har gjorts med utgångspunkt att områden med olika utsläppsbelastning skall vara representerade. Mätresultaten har använts för att verifiera beräknade halter, hitta samband mellan olika mätplatser och se olika källors betydelse för halterna.

Tyngdpunkten har legat på mätningar i slutna gaturum och invid hårt trafikerade infarter där höga halter uppkommer. Urban bakgrundshalt har mätts

ovan taknivå i Stockholms innerstad och regional bakgrundshalt på landsbygden i Aspvreten. Mätplatsen i ett småhusområde i Upplands Väsby valdes ut som ett område med enskild vedeldning och ogynnsam topografi.

Mätplatsbeskrivningar återfinns i bilaga 1.

Partikelhalter och meteorologi 2002

Den urbana PM10-halten består främst av intransporterade partiklar, slitagepartiklar från trafik och lokalt emitterade förbränningspartiklar. Hur stor andel av totalhalten som de olika delarna utgör beror bl.a. på de meteorologiska förutsättningarna.

De intransporterade partiklarnas andel av totalhalten PM10 beror i hög grad på luftmassornas väg till regionen. En transportväg över kontinenten ger en högre regional bakgrundshalt än över hav. Under 2002 utgjorde augusti och början av september en extrem period med ett stabilt högtryck över Östeuropa och Ryssland. Under denna period fördes partikelföreningar in över Sverige i betydligt större mängd än normalt. Detta medförde högre bakgrundshalt och mindre utrymme för lokala haltbidrag upp till normvärdet. Antalet överskridanden av dygnsnormen för PM10 var därför större än normalt under dessa månader.

Slitagepartiklar från trafiken kan utgöra upp till 80% av totalhalten av PM10 invid starkt trafikerade vägar och gator vid torr vägbana under december till maj. Vid våt vägbana upphör resuspensionen och de uppvirvlade slitagepartiklarnas andel av totalhalten blir nära noll. Mängden nederbörd och antal nederbördstillfällen har därför avgörande betydelse för PM10-halten i gatumiljö. Antalet regntillfällen under januari-maj 2002 var ca 20% högre än medelvärdet för 1998-2001. Därmed fanns förutsättningar för lägre PM10-halter under denna period 2002 jämfört med föregående år. Jämförelsematerialet av uppmätta PM10-halter i gatumiljö är emellertid begränsat. Under 2000 och 2001 var emellertid halterna på Hornsgatan högre under januari-maj jämfört med 2002 då antalet regntillfällen var större.

Körbanans möjlighet att torka upp efter nederbörd är också viktigt för hur snabbt resuspensionen kommer igång. Hur upptorkning av en körbana sker är svårt att beräkna och beror bl.a. på i vilket väderstreck gatan är orienterad, körbanans lutning, hur mycket körbanan skuggas, vindhastighet och fordonsturbulens. I januari och februari, när solen står lågt, torkar generellt nord-sydliga gator som Sveavägen och Norrlandsgatan upp snabbare än öst-västliga som Hornsgatan. Senare under våren, när solen står högre, sker upptorkningen av gatorna mer lika.

För halten av lokalt emitterade förbränningspartiklar är temperaturen och vindhastigheten under vintermånaderna viktig. Vid en kallare väderlek ökar uppvärmningsbehovet vilket i sin tur leder till större partikelutsläpp. Vindhastigheten är viktig för utspädningen av de lokalt emitterade partiklarna. Både medeltemperaturen och medelvindhastigheten under vintern 2002 motsvarade ett normalår. För att få kunskap om lokalt emitterade förbränningspartiklars inverkan på PM10-halten gjordes mätningar i ett småhusområde i Upplands Väsby där vedeldning förekommer mer än i andra områden. Mätresultatet visar ingen förhöjning jämfört med den urbana bakgrundshalten. Slutsatsen är att utsläpp från vedeldning hade liten påverkan på totalhalten PM10 i området under mätperioden. Förhöjda halter inträffar sannolikt endast under mycket kalla perioder i omedelbar närhet av utsläpp från icke miljögodkända vedpannor. Detta styrks av en utredning där SMHI har undersökt spridning av förbränningsemissioner från småskalig biobränsleledning i Lycksele [10].

Spridningsberäkningar

Modellberäkningar

PM10-halterna har beräknats med hjälp av emissionsdata för partiklar och tre olika spridningsmodeller:

- Vindmodell
- Gaussisk spridningsmodell
- Gaturumsmodell

Vindmodellen genererar ett representativt vindfält över beräkningsområdena. Vindfälten visar hur vinden varierar över markytan beroende på t ex topografi och marktyp. Indata till modellen är en klimatologi som baserats på data från en 50 m hög mast i Högdalen i Stockholm under perioden 1990-2001. Mätningarna inkluderar horisontell och vertikal vindhastighet, vindriktning, temperatur,

temperaturdifferensen mellan tre olika nivåer och solinstrålning.

Den gaussiska spridningsmodellen har använts för att beräkna PM10-halternas fördelning över beräkningsområdena. Halterna har beräknats 2 meter över marknivå. Beräkningsrutornas storlek varierar från 2x2 kilometer ned till 25x25 meter. För att få en beskrivning av haltbidragen från källor som ligger utanför ett visst beräkningsområde har beräkningarna från större områden alltid inkluderats. Haltbidragen från källor utanför länen har erhållits genom mätningar.

Nulägesberäkningar för 2002

Beräkningar av PM10-halter för 2002 i Stockholms och Uppsala län har baserats på utsläpp av ca 5000 ton partiklar PM10 (tab.2).

Utsläppen av avgaspartiklar från vägtrafik beräknas minska med ca 70 procent från 300 ton år 2002 till 100 ton 2010. Minskningen beror huvudsakligen på allt renare avgaser från nya fordon.

Minskningen av utsläpp från vägtrafiken får emellertid obetydligt genomslag på PM10-halterna då huvuddelen av emissioner från vägtrafik, 3700 ton, utgörs av slitagepartiklar. Åtgärder som kan

Känslighetsanalys

Syftet med analysen är att få en uppfattning om vilka faktorer som har den största betydelsen för höga PM10-halter. Kunskapen om detta gör det möjligt att föreslå effektiva åtgärder för att klara normen 2005.

Trafikmängden och lokala variationer i bebyggelse d.v.s. olika ventilationsförhållanden har stor betydelse för PM10-halterna. I smala och slutna gaturum krävs mindre trafik för att överskrida normvärdet jämfört med bredare gaturum och öppna vägar. Om närområdet kring en väg eller gata sluts med bebyggelse kan PM10-halten mer än dubbleras räknat som 90-percentil dygnsvärde. Nedan anges kritiska trafikflöden för att klara PM10-normen för ett antal gator och vägar med dagens väghållning och dubbdäcksanvändning.

-Norrländsgatan 7000 f/d (nu 15000), dubbelsidig bebyggelse, 15 m brett gaturum

-Hornsgatan 13000 f/d (nu 35000), dubbelsidig bebyggelse, 24 m brett gaturum

-Sveavägen 16000 f/d (nu 28000), dubbelsidig bebyggelse, 33 m brett gaturum

Gaturumsmodellen har använts för att beräkna PM10-halternas fördelning i slutna gaturum med dubbelsidig bebyggelse. Definition för gaturum har använts enligt vägverkets handbok för vägtrafikens luftföroreningar [11]. Haltbidragen från omgivningen har hämtats från beräkningarna med den gaussiska spridningsmodellen.

Dygnsvärdena erhålls genom empiriskt samband mellan årsmedelvärden och 90-percentil dygn [8].

leda till emissionsminskning av slitagepartiklar har ännu inte vidtagits. Här finns dock en potential för emissionsminskningar.

Övriga utsläpp (energi, arbetsmaskiner etc) svarar för drygt 1000 ton. Inte heller här kan någon trendminskning förutses.

Resultatet av beräkningarna presenteras i form av PM10-kartor för 2002 för varje kommun. Kartorna återfinns i bilaga 2 eller på Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbunds hemsida (<http://www.slb.nu/lvlf>).

-Valhallavägen 35000 f/d (nu 42000), dubbelsidig bebyggelse, 60 m bred esplanadgata

-Enkelsidig bebyggelse 30-40000 f/d

-Öppna trafikleder ca 50000 f/d

Vägtrafikens resuspension av slitagepartiklar från vägbeläggning, sand, däck, bromsar etc. har avgörande betydelse för PM10-halterna i gaturum och intill stora trafikleder. Huvuddelen av fraktionen slitagepartiklar återfinns i partikelfraktionen mellan 10 µm och 2,5 µm. I fig. 4 visas månadsmedelvärden av PM10- och PM2.5-halter på Hornsgatan de senaste tre åren. PM2,5-fraktionen utgörs huvudsakligen av partiklar med ursprung utanför regionen.

Under första halvåret, då resuspensionen är störst, svarar slitagepartiklar och avgaspartiklar för 70-80 % av den totala PM10-halten. Under andra halvåret svarar dessa lokalt emitterade partiklar för 50-60 % av totalhalten. Andelen avgaspartiklar av de lokalt emitterade partiklarna är 10-20 % räknat

som PM10 (massan). När det gäller antalet partiklar utgör avgaspartiklar den största delen.

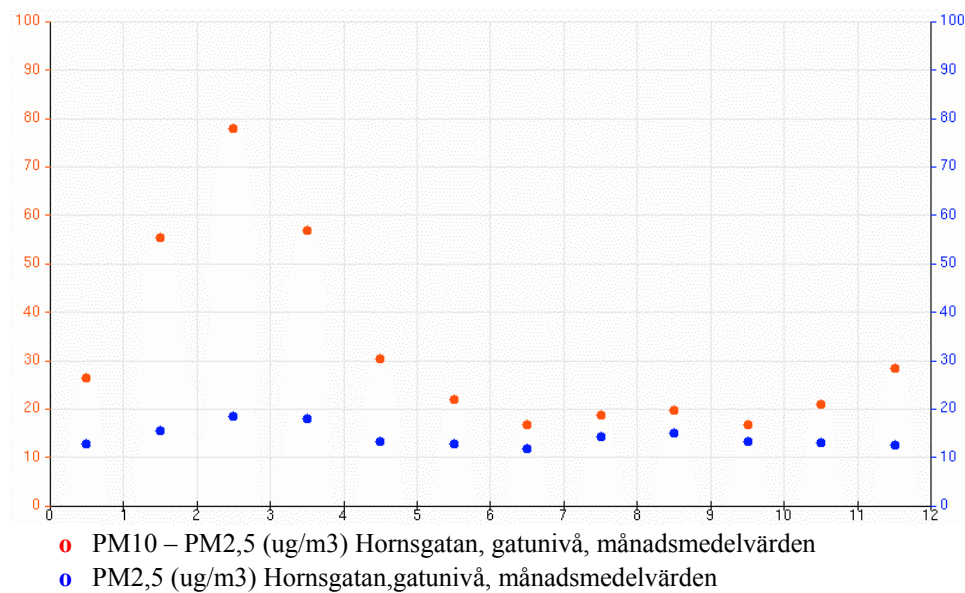
Meteorologiska förutsättningar har stor betydelse för PM10-halterna. Under perioder med torr väderlek, främst vinter och vår, ökar halterna mångdubbelt jämfört med perioder med nederbörd.

Intransport av partiklar spelar också stor roll för haltnivåerna, speciellt episoder med ursprung på kontinenten. Ett år med torr väderlek och stor andel

vindar från kontinenten kan höja PM10-halterna i gaturum med 10-20 %.

Fordons hastigheten och andelen tung trafik är också faktorer som påverkar uppvirvlingen och därmed halten av partiklar nära en gata eller väg.

Fig. 4 Månadsvärden för partiklar PM10-PM2,5 och PM2,5 de senaste fyra åren



Osäkerheter

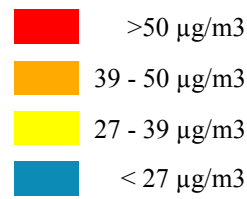
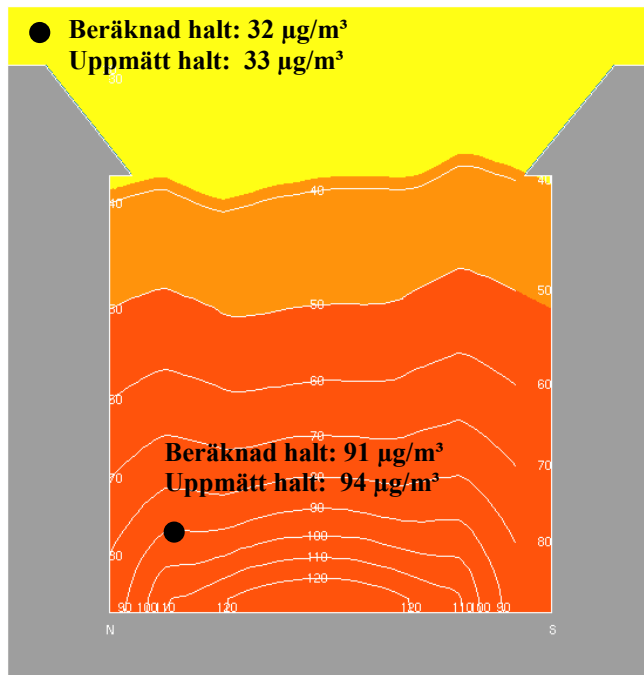
Modellberäkningarna utgör en kedja av delberäkningar som var för sig är behäftade med osäkerheter och fel. Jämförelser mellan beräknade och uppmätta halter är därför nödvändiga för att verifiera beräkningarna. I kartläggningen 2002 jämförs beräknade och uppmätta PM10-halter på 12-15 platser.

Avvikelserna mellan beräknade och uppmätta halter är mindre än ca 30 %. Osäkerheten är därmed större i PM10-kartläggningen jämfört med

kartläggningen av kvävedioxid [3] där avvikelserna mellan beräknade och uppmätta halter var mindre än 20 %.

Fig. 5 och 6 visar jämförelser mellan uppmätta och beräknade halter. Fig. 5 visar halter i ett slutet gaturum på Hornsgatan i Stockholm och ovan taknivå. Fig. 6 visar halter vid två mätplatser i Sollentuna öster om E4:an och norr om Turebergsleden.

Fig. 5 Exempel på PM10-halter i gaturum, Hornsgatan, och ovan tak, Rosenlundsgatan



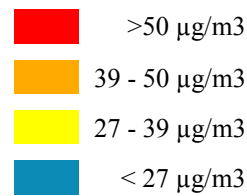
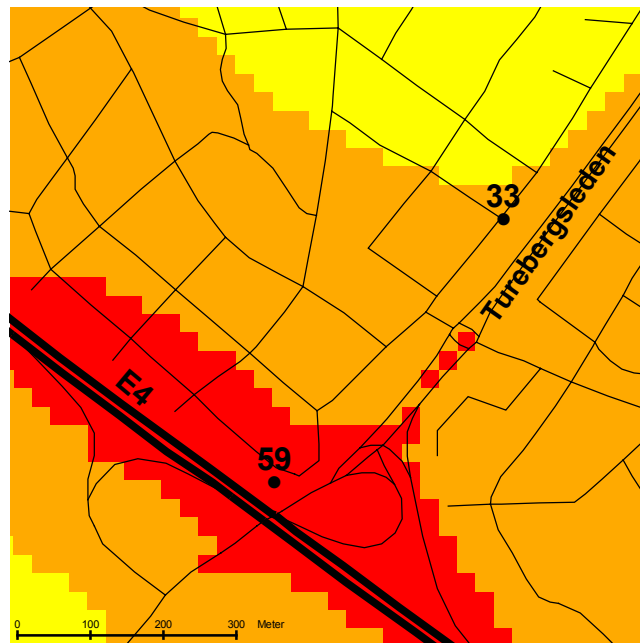
Halterna avser PM10-halt för 36:e värsta dygnet, 90-percentil för dygnsmedelvärden.

Halten i gaturum är uppmätt vid Hornsgatan 110 och ovan tak vid Rosenlundsgatan 60.

På båda mätplatserna användes TEOM.

Se även mätplatsbeskrivning i bilaga 1.

Fig. 6 Exempel på PM10-halter invid större vägar (E4 och Turebergsleden, Sollentuna)



Färgintervallen visar beräknad PM10-halt för 36:e värsta dygnet, 90-percentil för dygnsmedelvärden.

Siffervärdena avser uppmätta halter. Vid E4:an användes IVL-provtagare och vid Turebergsleden TEOM.

Se mätplatsbeskrivningen i bilaga 1.

Åtgärder för att klara normerna

Det viktigaste syftet med kartläggningen av PM10-halter i Stockholms och Uppsala län är att jämföra halter år 2002 med de år 2001 införda miljö kvalitetsnormerna vilka skall vara uppfyllda efter 2004. Från och med 2005 får årsmedelvärdet

för PM10-halter inte överstiga $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Medelvärdet under det 36:e värsta dygnet under året får inte vara högre än $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det normvärde som blir svårast att klara är dygnsvärdet.

Behov av åtgärder

Enligt SFS 2001:527 skall varje kommun kontrollera att miljö kvalitetsnormerna för bl a PM10 uppfylls inom kommunen. Kontrollen skall ske genom mätningar, beräkningar eller annan uppföljning.

Röd färgmarkering på PM10-kartorna för 2002 visar var miljö kvalitetsnormen för PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 90-percentil dygnsvärde) beräknas överskridas.

Orange färgmarkering visar var beräknade PM10-halter ligger mellan normvärdet $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och EG-gränsvärdet för 2010, $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (motsvarande 90-percentilvärde).

Gul färgmarkering avser PM10-halter mellan EG-gränsvärdet 2010 och övre utvärderingströskel, dvs mellan 39 och $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (motsvarande 90-percentilvärden).

Blå färgmarkering innebär att PM10-halten ligger mellan den övre och nedre utvärderingströskeln, dvs mellan 27 och $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (motsvarande 90-percentil dygnsvärden).

Kartläggningen visar att PM10-halterna överskrider miljö kvalitetsnormen för dygn längs många hårt trafikerade gator och infartsleder. På de mest belastade avsnitten överskrids även normvärde med tillägg av toleransmarginal för 2002. PM10-halterna visar ingen minskande trend varför åtgärdsprogram är nödvändigt vad gäller dessa avsnitt.

Regeringen uppdrog den 28 november 2002 åt Länsstyrelsen i Stockholms län att ta fram ett åtgärdsprogram för att klara miljö kvalitetsnormer för PM10. Detta arbete skall vara klart till den 31 december 2003.

Åtgärder för minskning av halten slitagepartiklar

Den del av PM10-halten som främst går att påverka lokalt är bidraget från resuspension av partiklar, genererade vid slitage av vägbanor, däck och bromsar. Resuspensionen under vinter och vår beror bl a av saltning, sandning, gaturoengöring, dubbdäcksanvändning och vägytans egenskaper. Kunskapen om hur mycket dessa faktorer var för sig påverkar PM10-halterna är emellertid bristfällig. I dagsläget går det därför inte att peka ut de mest effektiva lokala åtgärderna som sänker PM10-halterna under vinter och vår.

För att öka kunskapen om det lokala bidraget från resuspensionen krävs mätningar och modellutveckling för analys av slitagepartiklarnas ursprung. SLB-analys har i samarbete med vägverket och gatu- och fastighetskontoret i Stockholm startat

ett sådant utvecklingsarbete under hösten 2002. Mätningar kommer att genomföras under våren 2003. Ett forskningsprojekt för utveckling av en modell som beräknar de olika källornas haltbidrag genomförs också f.n. i samarbete mellan ITM vid Stockholms Universitet, SLB-analys, SMHI och Lunds Universitet.

Även om effektiva åtgärder identifieras för att sänka PM10-halterna under perioden december till maj med inriktning på t.ex. frekvent våtsopning och uppsamling av partiklar är det inte säkert att detta räcker för att klara miljö kvalitetsnormen på de mest trafikbelastade avsnitten av gator och infartsleder. Åtgärder som då kan bli aktuella är t.ex. förändring av principer för sandning, saltning och val av vinterdäckstyp.

Förebyggande åtgärder

I de fall där kartläggningen visar att miljökvalitetsnormen överskrids efter 2004 måste således åtgärder vidtas. Samtidigt är det angeläget att undvika åtgärder som försvårar att miljökvalitetsnorm klaras efter 2005. En förtätning av stadsbebyggelse kan t ex innebära att smala gaturum nybildas vilket kan få till följd att miljökvalitetsnorm för PM10 överskrids. Även trafikökningar på

kritiska vägar och gator kan försvåra uppfyllandet av miljökvalitetsnorm.

Vid planering och planläggning skall kommuner och myndigheter ta hänsyn till miljökvalitetsnormer. I plan- och bygglagen (PBL) anges bl.a. att planläggning inte får medverka till att en miljökvalitetsnorm överskrids.

Referenser

1. Europaparlamentets och rådets direktiv om gränsvärden för svaveldioxid, kvävedioxid och kväveoxider, partiklar och bly i luften (1999/30EG).

2. Miljödepartementet 2001, Förordning om miljökvalitetsnormer för utomhusluft (SFS 2001:527).

3. Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund 1999, Kartläggning av kvävedioxidhalter i Stockholms och Uppsala län- jämförelser med miljökvalitetsnormer, LVF rapport 3:99.

4. Vägverket, EVA SYSDOK, version 2.2, Modellspecifikation, fordonseffektmodell. Rev 2000-07-03, Håkan Johansson MN.

5. Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund 2002, Utsläpp till luft mellan 1990-2010 i Stockholms och Uppsala län (LVF 3:2002).

6. Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund 2003, Utsläpp till luft 2001 i Stockholms och Uppsala län (LVF 2003:2).

7. SLB-analys 2003, TEOM-IVL:s filtermetod – en metodjämförelse (SLB 1:2003).

8. SMHI 2001, Nomogram för uppskattning av halter av PM10 och NO2 – reviderad version, Valentin L. Foltescu, Lars Gidhagen och Gunnar Omstedt, Nr 102, 2001.

9. Bringfeldt, B, Backström, H, Kindell, S. et al 1997. Calculations of PM-10 concentrations in Swedish cities – Modelling of inhalable particles. SMHI RMK No. 76.

10. SMHI 2002, Spridning av förbränningsemissioner från småskalig biobränsleeldning, Gunnar Omstedt, Lars Gidhagen och Joakim Langner, Nr 103, 2002.

11. Vägverket och Naturvårdsverket 2001, Handbok för vägtrafikens luftföroreningar (Vägverket publ. 2001:128)

Bilaga 1

Platser för PM10-mätningar 2002

Sveavägen 59, Stockholm: TEOM-instrument. Mätpunkten ligger ca 3 m ovan gatunivå på gatans västra sida. Sveavägen trafikeras på platsen av ca 28000 fordon per dygn, varav 3-4 % är tunga fordon. Avståndet mellan husfasaderna är 33 m.

Hornsgatan 108, Stockholm: TEOM-instrument. Mätpunkten ligger ca 3.5 m över gatunivå på gatans norra sida. Gatan trafikeras här av ca 35000 fordon/dygn. Andelen tung trafik är 5-6 %. Avståndet mellan husfasaderna är 24 m.

Norrländsgatan 29, Stockholm: TEOM-instrument. Mätpunkten är belägen ca 3 m över gatunivå på gatans västra sida. Gatan trafikeras här av ca 15000 fordon/dygn. Andelen tung trafik är 4 %. Avståndet mellan husfasaderna är 15 m.

Rosenlundsgatan 60, Stockholm: TEOM-instrument. Mätpunkten är belägen ovan tak på Södermalm mellan Ringvägen och Rosenlundsgatan.

Essingeleden, Stockholm: IVL-provtagare. Mätpunkten är belägen ca 3 m ovan marknivå ca 10 m öster om Essingeleden vid Gröndalspåfarten norrut. Leden trafikeras här av ca 100000 fordon/dygn. Andelen tung trafik är 7 %.

Roslagsvägen, Stockholm: IVL-provtagare. Mätpunkten är belägen ca 2 m ovan marknivå ca 5 m öster om Roslagsvägen i höjd med Naturhistoriska Riksmuseet. Trafikmängden är ca 47000 fordon/dygn och 4 % tung trafik.

Valhallavägen 74, Stockholm: IVL-provtagare. Mätpunkten belägen ca 3 m ovan marknivå mellan södergående och norrgående körfält. Valhallavägen trafikeras här av ca 42000 fordon/dygn och 7 % tung trafik. Avstånd mellan fasader är 60 m.

Sollentuna: IVL-provtagare. Mätpunkten belägen ca 3 m ovan marknivå och ca 10 m norr om E4:an strax norr om Turebergsleden. Trafikmängden är ca 60000 fordon/dygn och 10 % tung trafik.

Sollentuna, Turebergsleden: TEOM-instrument. Mätpunkten ligger ca 5 m över marknivå ca 20 m norr om Turebergsleden. Leden trafikeras här av ca 18500 fordon/dygn. Andelen tung trafik är 10 %.

Upplands Väsby, Vallbygränd 3: IVL-provtagare. Mätpunkten belägen ca 2 m ovan marknivå på en återvändsgata i ett småhusområde ca 250 m öster om E4:an.

Uppsala, Kungsgatan: TEOM-instrument. Mätpunkten ligger ca 3.5 m över gatunivå på gatans norra sida. Gatan trafikeras här av ca 16500 fordon/dygn. Andelen tung trafik är 7 %. Enkelsidig bebyggelse.

Aspvreten: TEOM-instrument. Mätpunkten är belägen ca 7 m över mark. Mätplatsen ligger i ett skogsområde i Sörmland, ca 7 mil söder om Stockholm. Varken bostadsområden eller nämnvärd fordonstrafik finns i närheten.



Stockholms- och Uppsala Läns Luftvårdsförbund är en ideell förening. Medlemmar är 31 kommuner, länens två landsting samt ett antal företag och statliga verk. Samarbete sker med länsstyrelserna i de två länen. Målet med verksamheten är att samordna arbetet vad gäller luftmiljö i länen med hjälp av ett system för luftmiljöövervakning, bestående av bl a mätningar, emissionsdatabaser och spridningsmodeller. SLB-analys driver systemet på uppdrag av Luftvårdsförbundet.



POSTADRESS:
Göta Ark 190, 118 72 Stockholm
BESÖKSADRESS:
Medborgarplatsen 25, 1 tr.
TEL. 08 – 615 94 00
FAX 08 – 615 94 94
INTERNET www.slb.nu/lvf