

MÄTNING AV LUFTKVALITET
PÅ FÖRSKOLEGÅRDAR I
LUNDS KOMMUN



LUNDS
UNIVERSITET

Rapportförfattare

Christina Isaxon, Ergonomi och Aerosolteknologi, Lunds universitet

christina.isaxon@design.lth.se

Emilie Stroh, Arbets- och Miljömedicin, Lunds universitet

emilie.stroh@med.lu.se

Lund, 2023-09-22

Uppdrag/Studieupplägg

Under våren 2022 fick Ergonomi och Aerosolteknologi på Lunds universitet uppdrag av Miljöförvaltningen i Lund att genomföra mätningar av luftburna partiklar (PM_{2.5} och PM₁₀) samt av kvävedioxid (NO₂) på tio förskolegårdar i Lunds kommun under vintern 2022/2023. Även en skola, Vårfruskolan, lades till uppdraget. I uppdraget ingår även att göra en spridningsmodellering, vilken har utförts av Susanna Gustafsson och Mårten Spanne på Malmö miljöförvaltning, för att beräkna om årsmedelvärden riskerar att överskrida miljö kvalitetsnormer och miljömål.

Innehåll

Luftkvalitet.....	3
Barn och luftföroreningar	5
Mätningar av luftburna partiklar och kväveoxider på förskole-och skolgårdar	6
Mätning av luftburna partiklar	7
Mätning av kvävedioxider	8
Modellering	8
Resultat.....	9
Luftburna partiklar.....	9
Kvävedioxider	12
Modellering	12
Modellering av PM _{2,5}	13
Modellering av kvävedioxid	14
Utvärdering av halter för ett helt år (2022).....	15
Hälsoeffekter	16
Sammanfattning.....	21

Luftkvalitet

Luftföroreningar definieras som luftburna partiklar och gaser som har negativ inverkan på hälsa eller miljö. Luftföroreningar kommer från en mängd olika källor (som åkermark, hav, fordonstrafik, vägslitage eller industrier), som finns både i vår omedelbara närhet och längre bort – luftburna partiklar kan färdas långa sträckor och luftföroreningar känner inte till nationsgränser. Vi har därmed svårt att göra något åt en del av de luftföroreningar vi utsätts för vilket gör det ännu viktigare att försöka begränsa de luftföroreningar vi kan göra något åt. Detta är inte minst viktigt för oss i södra Sverige då vi befinner oss närmare den europeiska kontinenten och därmed dess föroreningskällor.

Varje år dör ungefär sju miljoner människor i världen till följd av för höga halter av luftföroreningar och hundratals miljoner människor får sin livslängd förkortad till följd av detta. Luftföroreningar är därmed det största miljömässiga hotet mot vår hälsa¹. Samhällskostnaden, i form av minskad produktivitet och ökade vårdkostnader orsakade av förorenad luft är enorm. Världshälsoorganisationen (WHO) uppdaterade år 2021 sina luftkvalitetsriktlinjer för bland annat PM_{2,5} och PM₁₀ (luftburna partiklar med en aerodynamisk diameter minde än 2,5 respektive 10 µm) och NO₂ (kvävedioxid). Syftet med dessa hälsobaserade riktlinjer är att de ska fungera som stöd till myndigheter och civilbefolkning i arbetet med att reducera exponeringen för luftföroreningar och dess hälsoskadliga effekter. De nya riktvärdena innebär kraftiga sänkningar från de tidigare (2005) och baseras på den enorma mängd vetenskapliga studier som har tillkommit de senaste 16 åren och som visar på luftföroreningarnas skadliga hälsoeffekter vid betydligt lägre nivåer än vad de tidigare riktvärdena skyddade för.

De uppdaterade riktlinjerna kan ses i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Uppdaterade (2021) riktlinjer för luftburna partiklar och kvävedioxid enligt WHO

Luftförorening	Medelvärdestid	Riktlinje (µg/m ³)
PM _{2.5}	1 år	5
	24 timmar	15
PM ₁₀	1 år	15
	24 timmar	45
NO ₂	1 år	10
	24 timmar	25

EU har ett luftkvalitetsdirektiv² där gränsvärdena (se Tabell 2) ligger betydligt högre än de föreslagna av WHO. Detta direktiv är ifrån år 2015, och är i skrivande stund under revidering. Omröstningen i EU-parlamentet skedde i juni i år och landade i att följa kommissionens förslag

¹ World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

² https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality/eu-air-quality-standards_en

fram till 2030 och att WHO:s rekommenderade riktvärden ska införas till 2035. I nästa steg ska omröstning ske i ministerrådet under december 2023.

Tabell 2. Nuvarande riktlinjer för luftburna partiklar och kvävedioxid inom EU

Luftförorening	Medelvärdestid	Riktlinje ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM _{2.5}	1 år	25
PM ₁₀	1 år	40
NO ₂	1 år	40

EU:s luftkvalitetsdirektiv anger den lägsta godtagbara luftkvalitet som anses möjlig att uppnå, och medlemsländerna är skyldiga att klara dessa gränsvärden. Direktivet innehåller även instruktioner (regler och principer) för hur medlemsländerna ska kontrollera luftkvaliteten, informera allmänheten, och utföra åtgärder.

EU:s luftkvalitetsdirektiv ligger till grund för Sveriges luftkvalitetsförordning (SFS 2010:477), vilken är den lagstiftning som styr arbetet med luftföroreningar i Sverige. Dessa utgör grunden för Sveriges miljökvalitetsnormer gällande utomhusluften (undantag: arbetsplatser samt väg- och tunnelbanetunnlar) vilka är juridiskt bindande och syftar till att skydda människors hälsa och omgivningsmiljö. Miljökvalitetsnormerna innehåller gränsvärden både för långtids-exponering (per år) och korttidsexponering (per dygn), och gällande NO₂, även timexponering (Tabell 3).

Tabell 3. Miljökvalitetsnormer avseende partiklar och NO₂.

Luftförorening	Medelvärdestid	Riktlinje ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM _{2.5}	1 år	25
PM ₁₀	1 år	40
	24 timmar	50
NO ₂	1 år	40
	24 timmar	60
	60 minuter	90

Denna fördelning är gjord då det är viktigt, utifrån ett hälsoperspektiv, med en låg genomsnittlig exponering, samt att minimera antalet tillfällen med höga halter under kortare tid. Årsmedelvärdena får inte överskridas, medan medelvärdena för de kortare exponeringstiderna får överskridas högst ett visst antal gånger per år. Det är dock viktigt att ha vetskap om att miljökvalitetsnormerna är gränsvärden som syftar till ett absolut tak för att undvika en oacceptabel nivå av luftföroreningar, men ger inte det skydd som behövs för att skydda barn mot skadliga effekter av luftföroreningar. Det är därför viktigt att, vid planering av miljöer där barn stadigvarande vistas, i första hand utgå från de nivåer som anges inom, de icke-bindande, miljömålen för "Frisk Luft". Dessa tar hänsyn till risken för hälsoeffekter hos känsliga grupper, däribland barn. Tabell 4 nedan sammanfattar samtliga, för denna studie relevanta, riktvärden/gränsvärden.

Tabell 4. Sammanfattning av de gränsvärden och riktvärden som omnämns i texten.

Luftföroening	Miljö kvalitetsnormer (juridiskt bindande)	Miljömål	WHO:s luftkvalitets mål 2005	WHO:s luftkvalitetsmål 2021
NO ₂ (µg/m ³)	40 (årsmedel) 60 (dygnsmedel)	20 (årsmedel) 60 (dygnsmedel)	40 (årsmedel) -	10 (årsmedel) 25 (dygnsmedel)
PM _{2.5} (µg/m ³)	25 (årsmedel) -	10 (årsmedel) 25 (dygnsmedel)	10 (årsmedel) 25 (dygnsmedel)	5 (årsmedel) 15 ^a (dygnsmedel)
PM ₁₀ (µg/m ³)	40 (årsmedel) 50 (dygnsmedel)	15 (årsmedel) 30 (dygnsmedel)	20 (årsmedel) 50 (dygnsmedel)	15 (årsmedel) 45 ^a (dygnsmedel)

^a får överskridas 3–4 gånger per år

Oavsett rådande och framtida gränsvärden är det ställt utom tvekan att det inte finns någon halt av luftföroeningar under vilken vi inte löper någon hälsorisk alls. Det har även visats, att de negativa hälsoeffekterna är större vid en ökning från låga halter, än vad de är vid samma relativa ökning från högre halter³. Det bör alltså alltid pågå ansträngningar att sänka halterna oavsett vad gränsvärden och normer säger.

Barn och luftföroeningar

Barn har inte möjlighet att välja sin uppväxtmiljö och saknar även förmågan att koppla samman hälsosymtom med en viss omgivningsexponering eller miljö. Barn är därmed helt beroende av oss vuxna för att skyddas från skadlig omgivningsexponering.

Barns lungor är inte fullt utvecklade vid födseln. Det är först vid tre års ålder som deras lungor och luftvägar börjar likna en liten version av det vuxnas andningsorgan. I takt med att barnet växer mognar och expanderar lungor och luftvägar. Lungorna fortsätter att växa fram till tidiga tonår, men deras exakta storlek och volym kommer att variera från barn till barn. Skador på barns lungor under denna period kan orsaka oåterkalleliga funktionsnedsättningar, och ju yngre barnet är, desto värre riskerar skadorna att bli.

Luftföroeningspartiklar tenderar att fastna i barns lungvävnader i större utsträckning än vad de gör hos vuxna, med en så stor skillnad som mellan 10 – 20 procent per andetag. Detta är ett stort problem eftersom barn också andas mer, eftersom de är aktivare än vuxna, och därmed får i sig mer luftföroeningar i förhållande till sin kroppsvikt jämfört med vuxna. Koncentrationerna av luftföroeningar i barns kroppar och andningsorgan riskerar därför att bli mycket högre än hos vuxna.

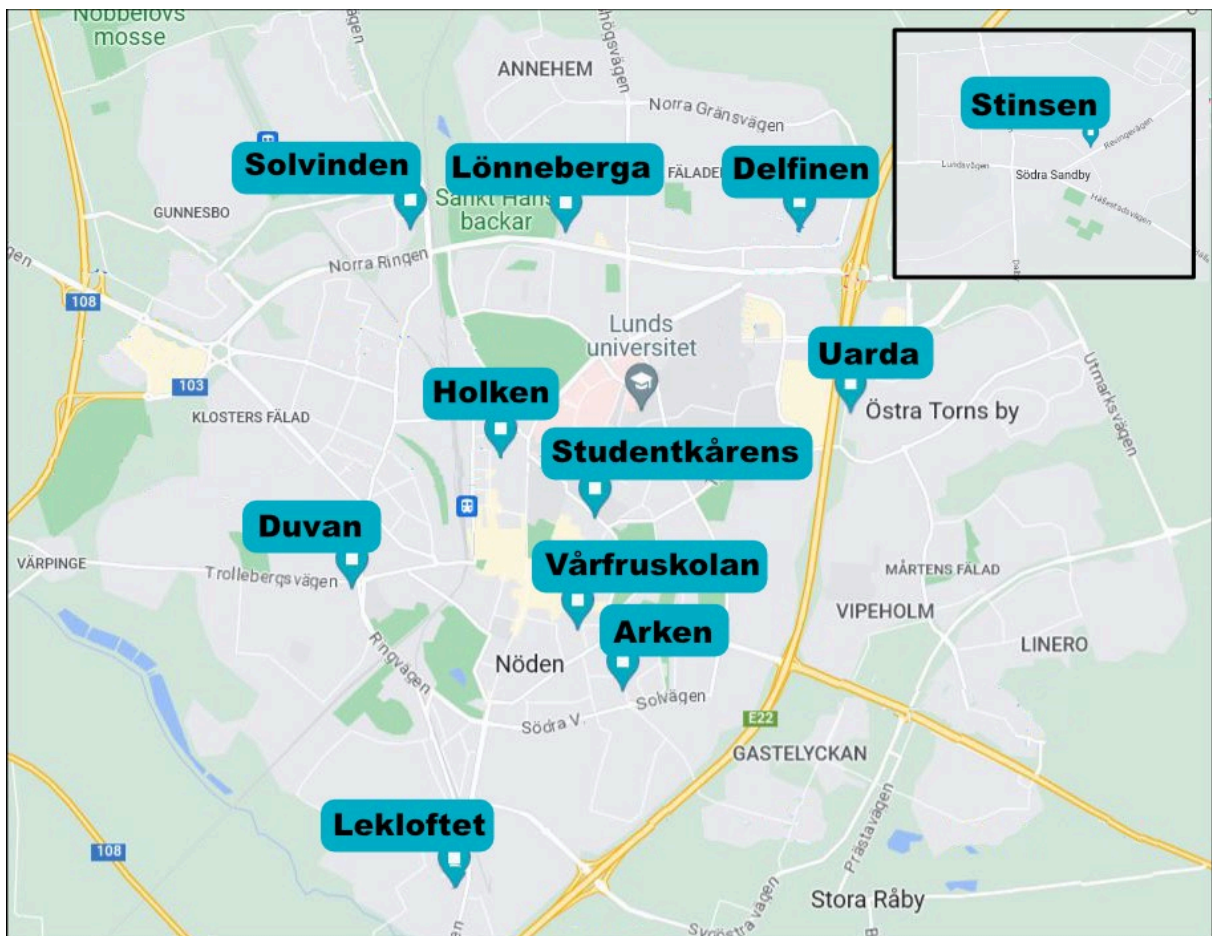
Vid inandning av luftföroeningar provoceras det fram en inflammatorisk reaktion i barnens luftvägar och, när det gäller partiklar, riskerar dessa även att fastna i lungvävnaden, vilket minskar deras kroppars förmåga att syresättas. För att kompensera för en lägre koncentration

³ Benefits of future clean air policies in Europe - Proposed analyses of the mortality impacts of PM2.5 and NO2. Barbara Hoffmann, Bert Brunekreef, Zorana J. Andersen, Francesco Forastiere, Hanna Boogaard. 2022. DOI: 10.1097/EE9.0000000000000221

av syre i blodet måste hjärtat arbeta hårdare för att cirkulera en större mängd blod per minut till cellerna. Följaktligen ökar exponeringen för luftföroreningar också belastningen på vårt hjärt-, kärlsystem. Den inflammatoriska reaktionen kommer också att få barnens immunsystem att reagera. Då barn har ett mindre utvecklat, och därmed svagare, immunförsvar är de särskilt sårbara för dessa inflammationer. Om koncentrationerna av inandade luftföroreningar är höga och/eller exponeringen är ihållande i barnens omgivningsmiljö, kommer immunsystemet inte att kunna övervinna dessa skadliga effekter. Detta innebär att de barn som växer upp i områden med konstant förhöjda halter av luftföroreningar kommer att utsättas för kronisk kroppslig stress på grund av inflammatoriska reaktioner och nedsatt syresättningsförmåga, vilket i sin tur kan komma att medföra att deras organ inte kommer att kunna nå sin fulla potential och därmed ge dem sämre hälsoutsikter som vuxna.

Mätningar av luftburna partiklar och kväveoxider på förskole-och skolgårdar

Mätningar utfördes på gårdarna till tio förskolor, varav nio ligger i Lund och en i Södra Sandby, samt på en grundskolegård i Lund. Platserna valdes ut av Lunds kommun baserat på gårdarnas närhet till större/mer trafikerade vägar. Gårdarnas placering kan ses i Figur 1.



Figur 1. Förskolorna och grundskolan där mätningarna utfördes.

Information om mätningarna och deras syfte (se Bilaga 1), samt informationslappar (se Bilaga 2) att sätta upp till vårdnadshavare, skickades ut till rektorer för samtliga förskolor innan mätningarna påbörjades.

Mätningarna utfördes under följande fyra perioder:

Period 1 (P1) – 2022-11-22 till 2022-12-07 (15 dagar)

Period 2 (P2) – 2022-12-07 till 2022-12-22 (15 dagar)

Period 3 (P3) – 2023-02-07 till 2023-02-15 (7 dagar)

Period 4 (P4) – 2023-02-15 till 2023-02-22 (7 dagar)

På varje förskola och på grundskolan sattes partikelmätare och provtagare för kväveoxider upp så nära varandra som var möjligt, på 2–3 meters höjd. Instrument och provtagare sattes så att luft kunde cirkulera fritt runt dem i så stor mån det var möjligt. På en förskola (Solvinden) fick mätaren sitta relativt nära en gavel på grund av strömförsörjningen, och på en annan förskola (Arken) fick mätaren sitta ett par meter från kväveprovtagaren, vilket hade att göra med tillgängliga platser att fästa respektive instrument på. Partikelmätare placerades även på kommunens mätstation på Trollebergsvägen för att kunna använda de stationära mätningar som utförs där för kalibrering av partikelinstrumenten.

Mätning av luftburna partiklar

Luftburna partiklar är, ur hälsosynpunkt, den kanske viktigaste komponenten i luftföroreningar. Hälsogränsvärden anges traditionellt i enheten masskoncentration, men värt att påpeka är att en partikelkoncentration säger hur mycket massa av partiklar det finns i en viss volym luft (vanligast angivet i $\mu\text{g}/\text{m}^3$), detta mätvärde säger dock inget om vad partiklarna innehåller eller varifrån de har emitterats. För att få svar på detta krävs kemiska analyser och källfördelningsmodellering, vilket inte ingått i detta uppdrag.

Tidsupplösta mätningar av masskoncentrationen $\text{PM}_{2,5}$ och PM_{10} gjordes med optiska partikelsensorer (PurpleAir-SD-II⁴). Varje PurpleAir (figur 2) består av två stycken Plantower (PMS-1003)-sensorer. Dessa är placerade i ett väderskydd, och mellan sensorerna finns en sensor för temperatur, lufttryck och relativ luftfuktighet, vilka också loggas med samma tidsupplösning (det vill säga ett mätvärde varannan minut) som sensorerna. Med hjälp av en liten fläkt dras luft genom en kammare i varje sensor. I denna kammare passerar partiklarna en 650 nanometers laserstråle och det ljus som sprids av partiklarna detekteras av en fotodioddetektor. Baserat på ett standardiserat brytningsindex omvandlar sensorns mjukvara sedan det detekterade ljuset till masskoncentration av $\text{PM}_{2,5}$ och PM_{10} . PurpleAir kan på så sätt detektera partiklar mellan 0,3 och 10 μm i diameter, även om det har visats nyligen att sensorn är mindre bra på att detektera partiklar mellan 2,5 och 10 μm än vad den är på att detektera partiklar mindre än 2,5 μm (något som den har gemensamt med andra typer av optiska lågkostnadssensorer). Sensorn lagrar data på ett minneskort som sedan laddas ner till datorn.

⁴ www.purpleair.com



Figur 2. Purple Air sensorn, vilken består av två Plantower-sensorer, som syns på den vänstra bilden, en temperaturmätare och en mätare av relativ luftfuktighet, inneslutet i ett väderskydd, som syns på den högra bilden. Sensorn är ungefär 8 cm hög och 8 cm i diameter.

Efter att medelvärdet mellan varje sensors två Plantower beräknats för varje mätperiod plockades mätdata för vardagar kl 7-17 ut för att kunna jämföra halterna under den tid barn är på förskolan med medelhalterna för hela mätperioden (som ju också innefattar nätter och helger). Dataserierna korrigerades sedan först för bidraget av hög relativ luftfuktighet och sedan för jämförelsen med referensinstrument. Detaljer om hur detta gjordes går att fördjupa sig i Bilaga 3.

Mätning av kvävedioxider

Kvävedioxid (NO_2) mättes med hjälp av passiva diffusionsprovtagare tillhandahållna och analyserade av IVL:s laboratorium i Göteborg. Provtagarna placerades i väderskydd på 2–3 meters höjd så nära partikelsensorerna som möjligt. Före och efter provtagning förvarades provtagarna mörkt och kallt innan de skickades till analys. Mätosäkerheten för provtagarna är 10 %⁵.

Modellering

För de 11 mätningar vid förskolorna och en kalibreringsmätning vid mätstationen "Trollebergsvägen" som genomförts under vintern 2022/2023 har motsvarande spridningsmodelleringar genomförts. Spridningsmodellen är en Gaussisk modell som bygger på den erkända spridningsmodellen AERMOD. Emissionsdatabasen är den skånska databas som till största del underhålls av Skånes luftvårdsförbund, där Malmö miljöförvaltningen sköter det praktiska arbetet. Meteorologiska data tas från den 24 meter höga masten placerad i Malmö. Spridningsberäkningar har gjorts under snart 20 år med samma koncept och har använts för att beskriva haltfördelningen i de skånska kommunerna, samt i olika forskningsprojekt av bland annat Lunds universitet. Emissionsdatabasen uppdateras kontinuerligt och för detta projekt har det använts en databas som är uppdaterad under 2022 och ska vara så aktuell som det går att göra.

⁵ www.ivl.se/sidor/lab-analys/miljo/luft.html

Beräkningarna har gjorts timme för timme, med aktuellt väder och på aktuell mäthöjd för de platser som mätningar gjorts. För kvävedioxid (NO₂) gjordes mätningar med passiva provtagare och för partiklarna gjordes mätningen med Purple Air. För alla mätparametrar gjordes mätning också vid kommunens egen mätstation vid Trollebergsvägen, där mätningar görs av kvävedioxid och PM₁₀. Denna mätning och beräkning användes för att bedöma bakgrundshalterna för de 3–4 mätperioderna, som mätning gjordes. För kvävedioxid användes också DOAS-mätningen mellan Grand och Spyken i taknivå i centrala Lund för att ta fram aktuella bakgrundshalter för respektive mätperiod.

Mätningarna av kvävedioxid gjordes för tre perioder där den sista mätningen satt uppe mellan 7 februari till 22 februari, dvs över både period 3 och 4. Partikelmätningarna gjordes däremot över fyra perioder.

Resultat

Luftburna partiklar

En allmän inledande reflektion, som kan vara bra att ha med sig i planeringen för framtida liknande studier, är att förskolegårdar är en utsatt miljö för både sensorer och passiva insamlare. På tre av förskolorna (Arken, Lönneberga och Stinsen) gick sensorn sönder efter mätperiod 2, och mätdata saknas därför för period 3 och 4. På ett par av förskolorna gick väderskyddet för den passiva insamlaren sönder, detta gick dock att åtgärda med tillfälliga väderskydd.

Medelvärdena för PM₁₀ beräknades först baserade på PM₁₀-data från Purple Air, som RH-korrigerades och korrigerades gentemot referensinstrumentet (TEOM) på Trollebergsvägen. Detta genererade höga halter som inte riktigt var i linje med modelleringsresultaten. Eftersom lågkostnadssensorer generellt är sämre på att mäta PM₁₀ än PM_{2,5} valde vi att räkna ut PM₁₀-halter baserade på kvoten mellan PM₁₀ och PM_{2,5}. Denna kvot togs fram med dygnsupplösning som ett genomsnitt av kvoterna från de platser nära Lund där mätningar av både PM₁₀ och PM_{2,5} utförs, närmare bestämt Malmö Dalaplan, Malmö Rådhuset samt Helsingborg. Detta genererade lägre halter som var mer i linje med modelleringen.

Genomsnittshalterna för mätperiod 1–4 är redovisade i Tabell 5. Genomsnittshalten beräknades för både hela mätperioden och för hela mätperioden under de tider barn kan antas vara i förskolan (vardagar 7-17).

Tabell 5. Genomsnittshalter för respektive förskola och mätperiod av PM_{2,5} och PM₁₀, beräknade under hela perioden samt under den tid då barn är i förskolan.

MÄTPERIOD 1 (15 dygn)				
	PM_{2,5} (µg/m ³)		PM₁₀ (µg/m ³)	
	Medel	Medel 07:00-17:00	Medel	Medel 07:00-17:00
Förskola				
Arken	10,0	11,7	12,2	14,3
Delfinen	7,9	9,7	9,2	11,3
Duvan	10,0	10,9	12,2	13,3
Holken	5,2	5,6	6,4	6,9
Lekloftet	8,3	9,2	10,2	11,3
Lönneberga	8,7	10,1	10,6	12,4
Solvinden	9,4	10,9	11,5	13,3
Stinsen	9,6	10,2	11,8	12,5
Studentkåren	9,7	11,1	11,9	13,6
Uarda	9,5	11,4	11,6	14,0
Vårfruskolan	9,8	11,2	12,0	13,7
MÄTPERIOD 2 (15 dygn)				
	PM_{2,5} (µg/m ³)		PM₁₀ (µg/m ³)	
	Medel	Medel 07:00-17:00	Medel	Medel 07:00-17:00
Förskola				
Arken	10,1	7,8	14,8	11,4
Delfinen	7,8	6,7	11,4	9,8
Duvan	9,5	7,8	13,9	11,4
Holken	5,2	4,3	7,6	6,3
Lekloftet	9,2	7,3	13,5	10,7
Lönneberga	7,9	6,8	11,6	9,9
Solvinden	9,7	8,6	14,2	12,6
Stinsen	11,8	8,6	16,7	12,6
Studentkåren	9,8	7,9	14,3	11,6
Uarda	8,3	7,1	12,1	20,6
Vårfruskolan	9,0	7,1	13,2	10,4
MÄTPERIOD 3 (7 dygn)				
	PM_{2,5} (µg/m ³)		PM₁₀ (µg/m ³)	
	Medel	Medel 07:00-17:00	Medel	Medel 07:00-17:00
Förskola				
Arken	-	-	-	-
Delfinen	10,6	13,3	16,3	20,5

Duvan	11,1	13,2	17,1	20,3
Holken	5,8	7,2	8,9	11,1
Lekloftet	10,8	13,4	16,6	20,6
Lönneberga	-	-	-	-
Solvinden	11,5	13,4	17,7	20,6
Stinsen	-	-	-	-
Studentkåren	11,4	13,9	17,5	21,4
Uarda	11,1	13,8	17,1	21,2
Vårfruskolan	10,2	12,1	15,7	18,6

MÄTPERIOD 4 (7 dygn)

	PM _{2,5} (µg/m ³)		PM ₁₀ (µg/m ³)	
	Medel	Medel 07:00-17:00	Medel	Medel 07:00-17:00
Förskola				
Arken	-	-	-	-
Delfinen	7,4	9,8	12,3	16,3
Duvan	8,9	12,4	14,8	20,7
Holken	4,0	5,7	6,7	9,5
Lekloftet	8,6	12,2	14,3	20,3
Lönneberga	-	-	-	-
Solvinden	8,4	11,8	14,0	19,7
Stinsen	-	-	-	-
Studentkåren	8,9	11,7	14,8	19,5
Uarda	8,4	11,2	14,0	18,7
Vårfruskolan	8,0	11,3	13,3	18,8

Man kan konstatera att PM_{2,5}-halterna vid samtliga förskolor under alla fyra mätperioder (förutom i ett fall, Holken förskola under mätperiod 4) ligger över WHO:s årsriktvärden på 5 µg/m³, vilket kan förklaras av att mätningarna har skett på vinterhalvåret då luftföroreningshalterna generellt är högre än under den varma årstiden. Vad gäller PM₁₀ ligger de flesta förskolor strax under riktvärdet 15 µg/m³ under de flesta, men inte alla, mätperioder. Värt att ha i minnet är att de PM₁₀-halter som togs fram (enligt beskrivning ovan på sidan 10) är lägre än de uppmätta och därför kan antas vara konservativa.

De förhållandevis höga halterna på Arken förskola bör sättas i perspektiv till att det pågick omfattande vägarbeten i förskolans närhet under hela mätperiod 1 och 2.

Under alla mätperioder förutom mätperiod 2 var medelhalterna av både PM_{2,5} och PM₁₀ högre under vardagar 7–17 än medel under hela dygnet. Halterna av PM_{2,5} var i genomsnitt 2,2 µg/m³ högre, och PM₁₀ var i genomsnitt 3,3 µg/m³ högre. Under mätperiod 2 (7/12–22/12) var halterna av PM_{2,5} i genomsnitt 1,6 µg/m³ lägre och halterna PM₁₀ 2,5 µg/m³ lägre (förutom för Uarda förskola, där halterna PM₁₀ var högre under vardagar 7–17). Detta skulle eventuellt

kunna bero på ökad trafik i samband med julhandel efter kontorstid, men denna studie har inte undersökt om detta är orsaken.

Kvävedioxider

Resultaten av kvävedioxider är presenterade i Tabell 6. På grund av att den sista kvävedioxidmätningen gjordes över mätperiod 3 och 4 är bara veckomedelvärdena för mätperiod 1 och 2 presenterade i tabellen.

Modellering

Modellering av PM₁₀

Beräknade bakgrundshalter (de halter som förekommer utan påverkan av lokala källor) av PM₁₀ period för period vid Trollebergsvägen, genomfördes i ett första steg. Därefter räknades partikelhalterna ut för de 11 förskolorna plus Trollebergsvägen timme för timme. Till slut beräknades periodmedelvärden och för hela perioden redovisas en medelhållsberäkning och uppmätt medelhalt i Figur 4. Följande bakgrundshalter har därvid antagits:

$$P1 = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

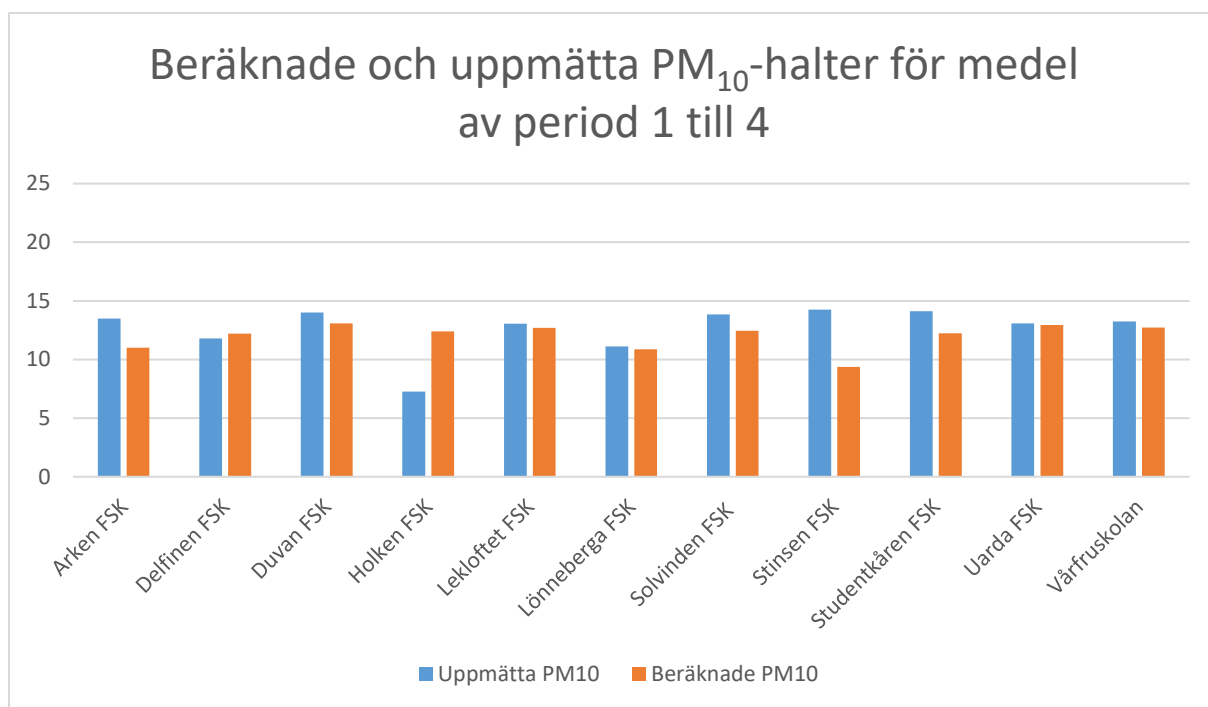
$$P2 = 6 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$P3 = 14 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$P4 = 11 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Utifrån beräkningarna går det att utläsa att den lokala plus regionala tillskottet är mellan 1,0 och 4,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM₁₀.

Den genomsnittliga uppmätta PM₁₀-halten (för perioden) för de 11 förskolorna var 12,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket kan jämföras mot miljö kvalitetsnorm på 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, som gäller för ett årsmedelvärde. Beräknad halt för de 11 förskolorna var 12,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dvs 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lägre än den beräknade eller motsvarande 5 % skillnad. I Figur 4 redovisas beräknade och uppmätta PM₁₀-halter för medel av de fyra perioderna. Noterbart är att det finns en skillnad i uppmätta och beräknade halter för de olika förskolorna. Den största skillnaden beräknades för Holkens förskola, men även Stinsens förskola visade på tydliga skillnader mot uppmätta halter. Mätdata för dessa två förskolor kontrollerades ännu en gång, och vi verifierade även att de två mätarna stämde överens då de kördes parallellt på samma ställe, men ingen uppenbar förklaring till de avvikande resultaten kom fram av denna kontroll.



Figur 4. Beräknade och uppmätta PM₁₀-halter för de 11 förskolorna i Lund som medel för de fyra mätperioderna. Enhet mikrogram per kubikmeter.

Modellering av PM_{2,5}

Först beräknades en bakgrundshalt period för period i Lund av PM₁₀ genom att jämföra beräkningar mot uppmätta halter med det aktiva mätinstrumentet som finns vid Trollebergsvägen (TEOM). Denna beräknade bakgrundshalt för PM₁₀ justerades genom att ta fram en relation mellan två mätningar i Malmö och en mätning i Helsingborg av både PM₁₀ och PM_{2,5}. Följande bakgrundshalter har antagits:

$$P1 = 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

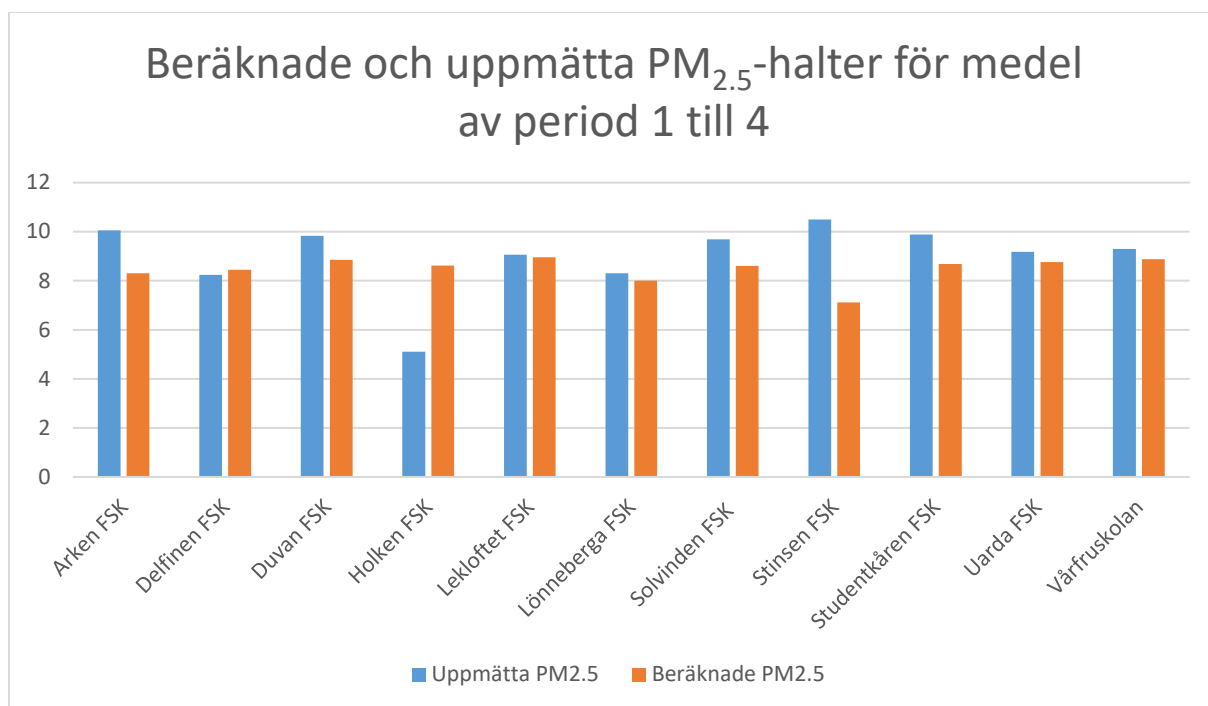
$$P2 = 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$P3 = 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$P4 = 8 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Utifrån beräkningarna går det att utläsa att summan den lokala och regionala tillskottet är mellan 0,7 och 1,8 µg/m³ PM_{2,5}.

Den genomsnittliga uppmätta PM_{2,5}-halten (för perioden) för de 11 förskolorna var 9,0 µg/m³, vilket kan jämföras mot den nuvarande miljö kvalitetsnormen på 25 µg/m³, som gäller för ett årsmedelvärde. Beräknat halt för de 11 förskolorna var 8,5 µg/m³ dvs 0,5 µg/m³ lägre än den beräknade eller motsvarande 6 % skillnad. I Figur 5 redovisas beräknade och uppmätta PM_{2,5}-halter som medel av de fyra perioderna. Noterbart är att skillnaden i halt mellan uppmätta och beräknat mellan olika mätmiljöer är stor. I linje med resultaten för PM₁₀ var den största skillnaden i beräknat PM_{2,5} för Holkens förskola, men även Stinsens förskola visade på stora skillnader.



Figur 5. Beräknade och uppmätta PM_{2.5}-halter för de 11 förskolorna i Lund som medel för de fyra mätperioderna. Enhet mikrogram per kubikmeter.

Modellering av kvävedioxid

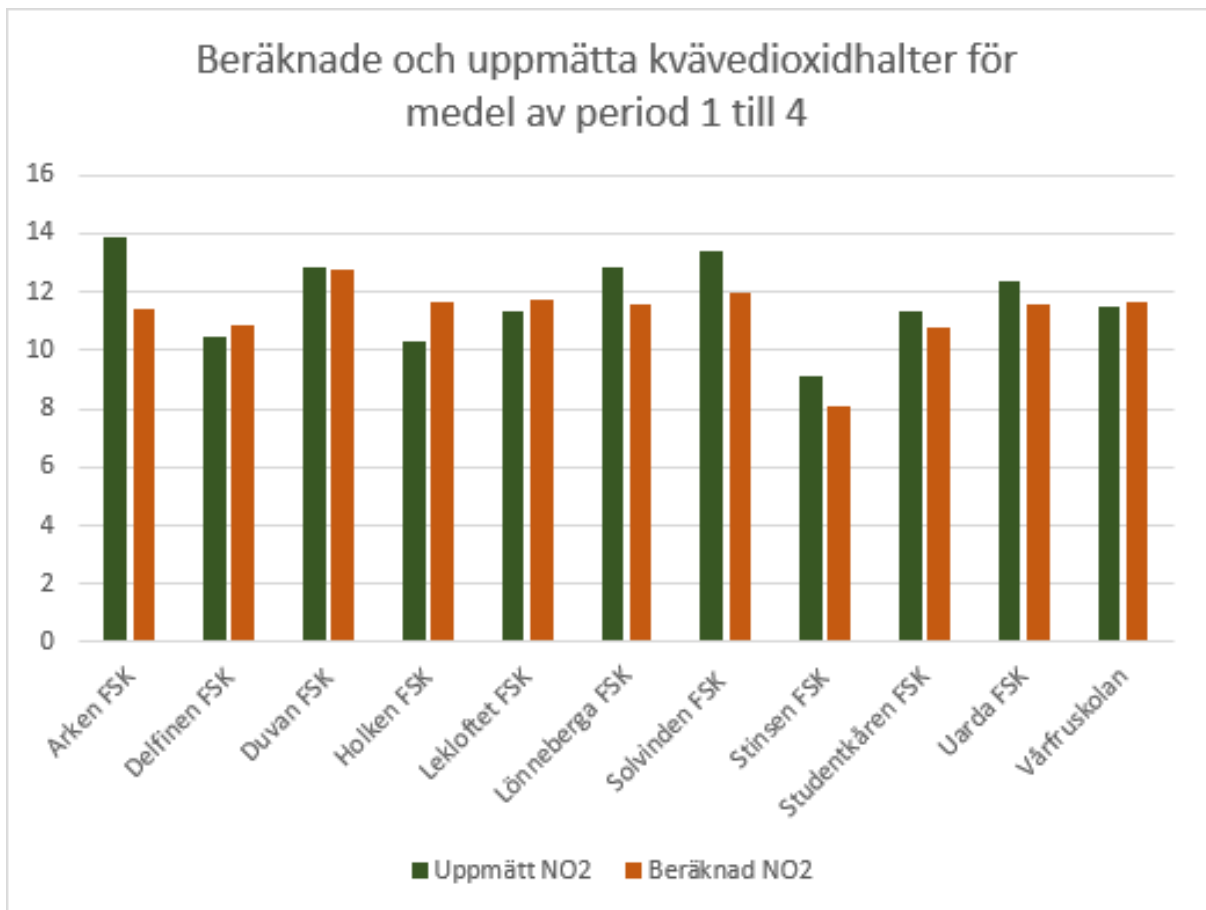
Enligt jämförelse med mätningarna vid Trollebergsvägen och sträckan Grand-Spyken användes följande bakgrundshalter:

$$P1 = 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$P2 = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$P3-P4 = 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Genomsnittlig uppmätt kvävedioxidhalt för de 11 förskolorna var 11,8 µg/m³, vilket kan jämföras mot miljö kvalitetsnorm på 40 µg/m³, som gäller för ett årsvärde. Beräknad halt för de 11 förskolorna var 11,3 µg/m³ dvs endast 0,5 µg/m³ lägre än den beräknade eller motsvarande 3 % skillnad. I Figur 3 redovisas beräknade och uppmätta kvävedioxidhalter för medel av de fyra perioderna. Det kan noteras att på några förskolor uppmätts något högre halter, vilket troligen kan tillskrivas att det finns lokala källor i närheten och eller att det finns viss instängningseffekt.



Figur 3. Beräknade och uppmätta kvävedioxidhalter för de 11 förskolorna i Lund som medel för de fyra mätperioderna. Enhet mikrogram per kubikmeter.

Utvärdering av halter för ett helt år (2022)

Om man vill utvärdera årsmedelhalten på en plats där mätningar bara har gjorts under en begränsad tidsperiod kan man uppskatta denna genom att jämföra med haltberäkningar som gjorts med en spridningsmodell så som har beskrivits i avsnittet om modellering ovan. Förhållandet mellan den beräknade årsmedelhalten och det beräknade periodmedelvärdet kan antas vara det samma som för uppmätta värden. En sådan jämförelse ger följande faktorer för att uppskatta årsmedelhalten utifrån ett uppmätt periodmedelvärde och kan appliceras på samtliga mätpunkter i denna studie:

$$\text{NO}_2 = 0,8$$

$$\text{PM}_{10} = 1,0$$

$$\text{PM}_{2,5} = 0,7$$

Tolkningen blir att årsmedelvärdet av kvävedioxidhalterna vid förskolorna är ca 80 % av ovanstående redovisade beräknade och uppmätta kvävedioxidhalter under mätperioden i denna studie. För PM_{10} stämmer uppmätta halter väl med ett årsvärde, medan för $\text{PM}_{2,5}$ är

årshalterna ca 70 % av uppmätta halter. Anledningen till att årsmedelhalterna för kvävedioxid och PM_{2,5} är lägre än periodmedelvärdena är att mätningarna utfördes under vintern då luftföroreningshalterna generellt är något högre än under den varmare tiden på året.

Tabell 6. Uppskattat överskridande av WHO:s luftkvalitetsmål (2021) respektive nationella Miljömålets årsmedelvärde avseende PM_{2,5}, PM₁₀ och NO₂ baserat på årsjusterade uppmätta halter i µg/m³.

Årsmedel	PM _{2,5}		PM ₁₀		NO ₂	
	WHO	Miljömål	WHO	Miljömål	WHO	Miljömål
	5	10	15	15	5	10
Arken	*				*	
Delfinen	*					
Duvan	*				*	
Holken						
Lekloftet	*					
Lönneberga	*				*	
Solvinden	*				*	
Stinsen	*					
Studentkåren	*					
Uarda	*				*	
Vårfruskolan	*					

* Bedömt överskridande av respektive riktvärde

Ovanstående uppskattning visar att det är WHO:s nya riktvärde för PM_{2,5} som är svårast att uppnå. Utöver detta bedöms ungefär hälften av förskolorna ha ett årsmedelvärde för NO₂ som överstiger WHO:s rekommendation.

Hälsoeffekter

För att kunna relatera de halter som uppmätts vid respektive förskola till barnens faktiska exponering har vi, förutom dygnsmedel vid förskolan under respektive mätperiod, även tagit fram medelhalten/mätperiod och förskola för de tider på dygnet då barnen beräknas vara på förskolan (vardagar mellan 07:00 – 17:00). De senare halterna, som bättre representerar de halter som barnen *faktiskt* exponeras för, ligger i snitt 2 µg/m³ högre än det allmänna dygnsmedlet för alla mätperioder utom mätperiod 2 (7/12 – 22/12, 2022), se Tabell 7. Detta är ett resultat som bör tas i beaktande vid mätningar där man önskar använda uppmätta halter för att få en bild över faktisk exponering.

Tabell 7. Tabellen redovisar max och min för dygnsmedelvärden av PM_{2,5}, PM₁₀ samt mätperiodmedelvärden för PM_{2,5}, PM₁₀ och NO₂. Utöver detta redovisas även max, min och medelvärde under de tider barnen antas vara på förskolan (07–17). Antalet uppmätta dygn som överskrider WHO:s dygnsriktvärden (15 respektive 45 µg/m³) anges också.

MÄTPERIOD 1 (15 dygn)							
Förskola	PM _{2,5} (µg/m ³)		PM ₁₀ (µg/m ³)		NO ₂ (µg/m ³)	Antal dygn > WHO 2021	
	Medel (min/max för dygn)	Medel för 07:00-17:00 (min/max)	Medel (min/max för dygn)	Medel för 07:00-17:00 (min/max)		PM _{2,5}	PM ₁₀
Arken	10,3 (1,4/22,9)	11,7 (0,5/24,3)	12,3 (1,6/25,2)	14,0 (0,6/26,8)	9,1	4	0
Delfinen	7,8 (1,2/17,6)	8,6 (0,3/19,2)	9,5 (1,4/19,3)	10,2 (0,4/21,6)	7,4	2	0
Duvan	9,5 (1,4/21,8)	11,1 (0,6/23,1)	11,4 (1,6/24,0)	13,3 (0,6/25,9)	10	3	0
Holken	5,4 (0,9/10,7)	5,9 (0,3/11,4)	6,5 (1,1/11,7)	6,9 (0,3/12,5)	7,1	0	0
Lekloftet	8,4 (1,4/16,6)	9,1 (0,9/19,4)	10,1 (1,7/18,7)	10,9 (1,1/21,8)	8,7	1	0
Lönneberga	8,5 (1,4/20,2)	9,4 (0,3/21,7)	10,3 (1,6/22,2)	11,3 (0,3/23,9)	8,6	2	0
Solvinden	6,3 (1,1/15,0)	7,2 (0,5/15,9)	7,6 (1,3/16,5)	8,6 (0,6/17,7)	8,6	1	0
Stinsen	9,7 (1,9/20,2)	10,1 (1,6/21,4)	11,6 (2,2/22,2)	12,0 (1,8/23,5)	6,1	3	0
Studentkåren	10,0 (1,5/20,9)	11,3 (0,5/22,4)	12,0 (1,7/23,0)	13,4 (0,6/25,1)	8,8	4	0
Uarda	9,1 (1,7/21,1)	9,9 (1,1/22,5)	11,1 (1,9/23,2)	11,9 (1,3/24,7)	5,6	3	0
Vårfruskolan	10,0 (1,5/22,0)	11,4 (0,6/23,6)	12,0 (1,7/24,2)	13,4 (0,6/26,0)	8,2	4	0
MÄTPERIOD 2 (15 dygn)							
Förskola	PM _{2,5} (µg/m ³)		PM ₁₀ (µg/m ³)		NO ₂ (µg/m ³)	Antal dygn > WHO 2021	
	Medel (min/max för dygn)	Medel 07:00-17:00 (min/max)	Medel (min/max för dygn)	Medel 07:00-17:00 (min/max)		PM _{2,5}	PM ₁₀
Arken	9,9 (3,3/18,2)	7,7 (3,4/17,9)	13,7 (4,8/23,1)	11,0 (4,7/21,5)	22	1	0
Delfinen	7,8 (2,5/12,5)	6,8 (2,7/15,8)	10,6 (4,5/17,2)	9,6 (4,9/18,9)	13	0	0
Duvan	9,3 (2,6/14,9)	7,5 (2,8/18,0)	12,8 (3,9/20,7)	10,8 (4,1/21,6)	18	0	0
Holken	5,1 (1,9/9,0)	4,3 (1,5/9,1)	7,1 (2,9/12,7)	6,1 (2,8/10,8)	14	0	0
Lekloftet	9,1 (2,9/17,5)	7,2 (3,5/15,1)	12,6 (4,3/22,2)	10,3 (4,9/18,0)	12	1	0
Lönneberga	7,9 (2,6/13,2)	6,8 (2,5/15,2)	10,9 (4,4/20,4)	9,8 (4,0/18,2)	18	0	0

Solvinden	6,4 (1,9/11,1)	5,8 (1,8/11,7)	8,8 (3,5/15,1)	8,2 (3,3/14,1)	18	0	0
Stinsen	11,2 (4,3/26,0)	8,4 (3,8/16,5)	15,8 (6,0/32,9)	12,9 (4,6/35,1)	12	2	0
Studentkåren	9,8 (3,4/18,3)	7,9 (3,0/17,5)	13,5 (4,9/23,2)	11,2 (4,9/22,2)	15	1	0
Uarda	8,4 (2,9/14,3)	7,2 (2,8/16,7)	11,5 (4,4/20,1)	10,1 (4,6/19,9)	19	0	0
Vårfruskolan	8,9 (3,3/15,9)	7,1 (3,0/16,7)	12,4 (4,9/20,1)	10,0 (4,1/20,0)	16	1	0

MÄTPERIOD 3 (7 dygn)

	PM _{2,5} (µg/m ³)		PM ₁₀ (µg/m ³)		NO ₂ (µg/m ³)	Antal dygn > WHO 2021	
	Medel (min/max för dygn)	Medel 07:00-17:00 (min/max)	Medel (min/max för dygn)	Medel 07:00-17:00 (min/max)		PM _{2,5}	PM ₁₀
Arken	-	-	-	-	-	-	-
Delfinen	11,3 (2,4/23,7)	13,4 (1,9/26,7)	14,6 (4,0/28,0)	16,9 (3,7/31,6)	-	3	-
Duvan	12,0 (2,6/25,8)	14,0 (1,9/28,8)	15,5 (4,9/30,6)	17,7 (3,7/34,1)	-	4	0
Holken	6,2 (1,1/13,1)	7,5 (0,5/15,4)	8,1 (2,2/15,6)	9,5 (1,0/18,2)	-	0	0
Lekloftet	11,8 (2,5/23,6)	13,6 (1,9/27,3)	15,3 (4,1/27,9)	17,2 (3,6/32,3)	-	4	0
Lönneberga	-	-	-	-	-	-	-
Solvinden	8,0 (1,5/16,1)	9,0 (1,1/17,8)	10,3 (3,1/19,1)	13,7 (2,1/37,6)	-	2	0
Stinsen	-	-	-	-	-	-	-
Studentkåren	12,4 (2,7/24,8)	14,6 (2,1/29,0)	16,1 (4,5/29,3)	18,5 (4,1/34,3)	-	4	0
Uarda	11,9 (2,3/23,8)	14,0 (1,9/27,9)	15,5 (3,9/28,3)	17,7 (3,6/33,0)	-	4	0
Vårfruskolan	11,2 (2,2/22,3)	12,9 (1,6/25,6)	14,5 (3,7/26,7)	16,4 (3,1/30,3)	-	3	0

MÄTPERIOD 4 (7 dygn)

	PM _{2,5} (µg/m ³)		PM ₁₀ (µg/m ³)		NO ₂ (µg/m ³)	Antal dygn > WHO 2021	
	Medel (min/max för dygn)	Medel 07:00-17:00 (min/max)	Medel (min/max för dygn)	Medel 07:00-17:00 (min/max)		PM _{2,5}	PM ₁₀
Arken	-	-	-	-	-	-	-
Delfinen	7,7 (0,7/31,3)	9,3 (1,5/32,7)	7,3 (0,6/25,3)	8,9 (1,2/28,0)	-	1	0
Duvan	8,9 (0,8/35,5)	11,9 (0,7/41,2)	10,8 (1,9/37,2)	13,9 (1,3/43,1)	-	2	0
Holken	4,1 (0,2/16,2)	5,8 (0,3/18,0)	4,8 (0,5/16,9)	6,7 (0,6/18,9)	-	1	0
Lekloftet	8,6	12,4	10,3	14,3	-	2	0

	(0,7/37,4)	(0,7/43,6)	(1,7/39,1)	(1,2/45,6)			
Lönneberga	-	-	-	-	-	-	-
Solvinden	6,5 (0,3/29,2)	9,0 (0,3/33,4)	7,7 (0,8/30,6)	10,3 (0,6/34,9)	-	1	0
Stinsen	-	-	-	-	-	-	-
Studentkåren	9,1 (0,8/37,8)	12,6 (0,7/43,4)	11,0 (1,7/39,5)	14,7 (1,3/45,4)	-	2	0
Uarda	8,5 (0,6/35,7)	11,9 (0,4/40,7)	10,3 (1,4/37,3)	13,8 (0,8/42,6)	-	2	0
Vårfruskolan	8,0 (0,6/31,6)	11,1 (0,4/36,4)	9,7 (1,4/33,0)	12,9 (0,7/38,0)	-	2	0

Uppmätta halter har analyserats jämfört mot preciseringarna av Sveriges Miljömål (satta utifrån WHO:s tidigare Air Quality Guidelines) samt WHO:s uppdaterade Air Quality Guidelines från 2021 (se Tabell 4). Dessa riktvärden är satta utifrån ett hälsoperspektiv som även tar känsliga grupper i beaktande, till skillnad från Sveriges miljö kvalitetsnormer vilka är juridiskt bindande men vilka "inte ger det skydd som behövs för att skydda barn mot skadliga effekter av luftföroreningar"⁶.

WHO:s Air Quality Guidelines från 2021 baseras på ett omfattande analysarbete av resultaten från de senaste årens forskning kring hälsoeffekter från luftföroreningar. Dessa visar att det föreligger fler och allvarigare hälsoeffekter, speciellt hos känsliga grupper - däribland barn och unga, än vad som tidigare varit känt och dessutom vid betydligt lägre halter än vad man tidigare trott. Nya resultat tyder på att barns neurologiska utveckling riskerar att försämrans om de exponeras för höga eller långvariga halter av luftföroreningar och WHO slår fast att det finns starka bevis för att luftföroreningar har en negativ påverkan både på barns mentala såväl som motoriska utveckling. Det finns också starka kopplingar mellan försämrad lungfunktion hos barn och även ökad risk för att drabbas av astma och allergier vid förhöjda halter av luftföroreningar. Nuvarande Air Quality Guidelines är satta utifrån att dessa ska kunna utgöra ett skydd för såväl vuxna som barns fysiska och psykiska hälsa. Utifrån ett hälsoskyddande perspektiv är det därför främst dessa vi ska relatera uppmätta halter till för att säkerställa en hälsosam och riskfri uppväxtmiljö för våra barn.

Ingen av mätperioderna överskrider WHO:s riktlinje (Air Quality Guidelines; AQG) för dygns halt avseende PM₁₀ (45 µg/m³). Däremot överskrider regelbundet riktlinjen för dygnsmedelhalt avseende PM_{2,5} (15 µg/m³) på samtliga förskolor under minst ett mät dygn vid någon av mätperioderna och vid flertalet förskolor överskrider dessutom halten vid ett flertal tillfällen (se Tabell 7). Detta kan ses som allvarligt då WHO:s riktlinjer gör gällande att de bör överskridas maximalt 3–4 gånger **per år**. Likaså överskrider miljömålen avseende dygnsmedelhalterna av både PM_{2,5} samt PM₁₀, detta gäller främst under mätperiod 4 men förekommer även på enstaka förskolor under mätperiod 2 samt 3 (tabell 8).

⁶ Naturvårdsverket - Rapport 6861 - Frisk luft

Tabell 8. Antal dagar i respektive mätperiod som förskolorna överskred dygnsvärdet för Miljömålen avseende PM_{2,5} (25 µg/m³) samt PM₁₀ (30 µg/m³).

Förskola	Antal dygn som Miljömålen överskrids							
	Mätperiod 1 (15 dygn)		Mätperiod 2 (15 dygn)		Mätperiod 3 (7 dygn)		Mätperiod 4 (7 dygn)	
	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀
Arken	0	0	0	0	*	*	*	*
Delfinen	0	0	0	0	0	*	1	1
Duvan	0	0	0	0	1	1	1	1
Holken	0	0	0	0	0	0	0	0
Lekloftet	0	0	0	0	0	0	1	1
Lönneberga	0	0	0	0	*	*	*	*
Solvinden	0	0	0	0	0	0	1	1
Stinsen	0	0	1	2	*	*	*	*
Studentkåren	0	0	0	0	0	0	1	1
Uarda	0	0	0	0	0	0	1	1
Vårfruskolan	0	0	0	0	0	0	1	1

* Mätning saknas

Det förekommer även höga dygnsmedelhalter under mätperioderna (tabell 7). Dessa kan ligga på över 35 µg/m³ i genomsnitt och halter på över 40 µg/m³ för både PM₁₀ och PM_{2,5}, både som dygnsmedel och som medelhalt under förskoletiderna (vardagar 07–17) förekommer. Vid dessa nivåer finns det en klart ökad risk för att känsliga individer ska drabbas av andningssvårigheter (exempelvis astmaattacker) men även för att friska individer ska börja uppleva symtom från andningsvägarna. **Detta är klart ohälsosamma nivåer att exponeras för både för barn och vuxna.**

Halterna av kvävedioxid (NO₂) är inte alarmerande höga men bör hållas under uppsikt och monitoreras för att säkerställa att dessa inte ökar.

Sammanfattning

På uppdrag av miljönämnden i Lunds kommun har Ergonomi- och Aerosolteknologi på Lunds tekniska högskola i samarbete med Arbets- och Miljömedicin, Medicinska fakulteten, samt Malmö stads miljöförvaltning utfört en studie i Lunds kommun med syfte att undersöka halterna av luftburna partiklar och kvävedioxid på ett antal förskole-/skolgårdar. Gårdarna är utvalda av Lunds kommuns miljöförvaltning med fokus på de gårdar där det finns risk för höga halter av luftföroreningar på grund av närhet till vägar med hög trafik.

Jämför man de uppmätta dygnsmedelhalterna av partiklar ($PM_{2,5}$ samt PM_{10}) med WHO:s riktlinjer för dygnsmedelvärden överskrids inte dessa för PM_{10} ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vid något tillfälle, däremot överskrids regelbundet WHO:s riktvärde för dygnsmedelhalt avseende $PM_{2,5}$ ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) på samtliga förskolor under minst ett mätdygn vid någon av mätperioderna och vid flertalet förskolor överskrids dessutom halten vid ett flertal tillfällen. Även Miljömålets preciseringar av dygnsmedelvärde för partiklar överskrids för båda partikelfraktionerna vid ett flertal tillfällen på de flesta förskolor.

En uppskattning av årsmedelhalter med hjälp av spridningsmodellering visar också att det är WHO:s nya riktvärde för $PM_{2,5}$ som är svårast att uppnå. Utöver detta bedöms ungefär hälften av förskolorna ha ett årsmedelvärde för NO_2 som överstiger WHO:s riktlinjer. Miljömålets preciseringar av årsmedelvärden överskrids inte.

Att dygnsmedelvärdena för partiklar av båda storleksfraktioner överskrider miljömålen vid flera tillfällen under mätperioderna motiverar att göra fler och mer omfattande studier för att komma fram till lämpliga åtgärder.