

Barns miljö i förskolan

Inomhusluftens kvalitet
Lindesberg 2016





Arbets- och miljömedicin

Arbets- och miljömedicin är ett samarbete mellan regionerna och landstingen i Örebro län, Södermanlands län, Värmlands län och Västmanlands län. Vi finns vid Universitetssjukhuset Örebro men vårt uppdrag är att arbeta för en god hälsa i en bra miljö i alla fyra länen.

Besöksadress

Universitetssjukhuset Örebro
Entré F, våning 2

Postadress

Arbets- och miljömedicin
Universitetssjukhuset Örebro
701 85 Örebro

Foto 4, 12, 21 (bild 2+3) samt framsida: Icon Photography
Övriga foton: Jens Qwarngård

Citera oss gärna, men vänligen ange källan.
Arbets- och miljömedicin, Region Örebro län, 2018

Innehåll

Bakgrund	5
Källor till luftföroreningar	5
Luftföroreningar är många olika ämnen	5
Luftföroreningar påverkar vår hälsa	5
Kontroll av luftkvaliteten	6
Undersökta ämnen	7
Bensen.....	7
1,3-butadien	7
Formaldehyd	7
Kvävedioxid	8
Partiklar PM _{2,5}	8
Polycykliska aromatiska kolväten	8
Flyktiga organiska föreningar	9
Provtagning och analys	10
Bensen och 1,3-butadien	10
Formaldehyd	10
Kvävedioxid och kväveoxid	10
Partiklar PM _{2,5}	11
Polycykliska aromatiska kolväten	11
Flyktiga organiska föreningar	11
Resultat	12
Diskussion	19
Referenser	22



Bakgrund

Hälsorelaterad miljöövervakning (HÄMI) är ett projekt från Naturvårdsverket som långsiktigt följer hur den svenska befolkningen exponeras för hälsoskadliga ämnen via luft. Detta görs dels via personburna mätningar och dels via stationära mätningar. Övervakningen inleddes år 2000 och utförs enligt ett rullande schema i fem olika städer i Sverige. Lindesberg representerar en liten ort i inlandet där det förekommer vedeldning. Mätningar i Lindesberg utfördes senast hösten 2016 inom HÄMI-projektet *Cancerframkallande ämnen i tätortsluft* [1].

Vid samma tidpunkt påbörjade Arbets- och miljömedicin ytterligare ett projekt – *Barns miljö i förskolan*. Den hälsorelaterade miljöövervakningen som specifikt gäller barn är begränsad. Därför ville vi göra en bedömning av barns inomhusmiljö när det gäller luftkvaliteten i förskolor.

Luftkvaliteten i utomhusluften i Sverige är internationellt sett bra och under de senaste 50 åren har luftkvaliteten i Sverige förbättrats. Dock är luftföroreningar fortfarande kopplade till flera olika hälsoeffekter som hjärt- och kärlsjukdom, lungsjukdom och cancer. Det förekommer även nivåer som kan vara skadliga för barns hälsa. De flesta små barn tillbringar även större delen av sin vakna tid på förskolor, vilket gör det angeläget att undersöka luftkvaliteten på dessa ställen.

Källor till luftföroreningar

Luftföroreningar består av komplexa blandningar av partiklar, gaser och vätskedroppar. Vissa luftföroreningar förekommer naturligt, bland annat partiklar som innehåller havssalt och uppvirvlat stoft från öknar och jord [2, 3]. Antropogena luftföroreningar som skapas av människan kommer framför allt från förbränning i samband med trafik, uppvärmning av bostäder, energiproduktion och industriverksamhet. Luftföroreningar kan även bildas

vid mekaniska processer som när bromsar, däck och vägbanor slits. Luftföroreningar transporteras även med vindar till Sverige från andra länder i Europa. Halterna varierar beroende på vindriktning, lokala utsläpp och väderförhållanden [3].

Luftföroreningar är många olika ämnen

Luftföroreningar består av många olika ämnen, bland annat partiklar som $PM_{2,5}$ och PM_{10} , kvävedioxid, marknära ozon, flyktiga organiska föreningar (VOC), svaveldioxid och PAH-er som exempelvis bens(a)pyren. De flesta av dessa ämnen bildas vid förbränning av olja och kol. Ozon bildas däremot via kemiska reaktioner mellan kolväten, syret i luften och kväveoxider i närvaro av solljus [4]. Exempel på VOC är bland annat bensen och 1,3-butadien. Den största delen av PM_{10} i tätorter kommer från slitage av vägbanor. Småskalig vedeldning kan utgöra en betydande andel av bland annat $PM_{2,5}$. Småskalig vedeldning är vanligt i Sverige, speciellt i radhus- och villaområden [5].

Luftföroreningar påverkar vår hälsa

Luftföroreningar är ett stort miljöproblem som påverkar vår hälsa. Luftföroreningar kan bland annat öka risken för insjuknande och död i hjärt- och kärlsjukdomar, cancer, allergier samt astma- och lungsjukdomar [3].

Det har ännu inte identifierats någon säker nivå av luftföroreningar där hälsoeffekter helt uteblir [3]. Många studier pekar på att det är partiklarna som är den luftförorening som påverkar människors hälsa mest och hälsoeffekterna är väldigt olika beroende på vilken typ av partiklar det är [6].

Foster och barn är en speciellt sårbar grupp eftersom deras organ är under utveckling. De andas in större luftvolym i förhållande till sin vikt jämfört med vuxna och är mer aktiva utomhus, vilket betyder att de får i sig mer föroreningar per kroppsvolym [7, 8]. Barn som bor eller går i skola i områden med höga halter av luftföroreningar har oftare symtom från luftvägarna, som nattlig hosta eller pipande och väsande andning [8]. Studier har även visat att barns lungfunktionsutveckling kan hämmas av luftföroreningar. Vid 8 och 16 års ålder kunde man se en sänkt lungfunktion knuten till exponering av luftföroreningar från vägtrafik under det första levnadsåret. Senare studier visar att det finns stöd för att exponering för luftföroreningar under graviditeten kan påverka fosterutvecklingen. Man har även sett en ökad risk för låg födelsevikt, för tidig födelse och plötslig spädbarnsdöd [7, 9]. Flera nya studier pekar också på att luftföroreningar påverkar hjärnans utveckling hos barn [10].

Kontroll av luftkvaliteten

Regeringen har en förordning med miljö-kvalitetsnormer (MKN) för utomhusluft, luftkvalitetsförordningen (2010:477) [11]. I dag finns normer för tolv olika luftföroreningar till skydd för människors hälsa. Vissa luftföroreningar har skadeverkan även med halter under MKN-nivån och bland annat med tanke på detta har miljö-kvalitetsmålet (MKM) ”Frisk luft” införts [12]. Syftet är också att kunna styra utvecklingen mot bättre miljö även på lång sikt. International Agency for the Research on Cancer (IARC) utreder cancerframkallande egenskaper hos olika ämnen. De har delat in ämnen i fem olika klasser beroende på om ämnet är carcinogent för människor eller inte, se tabell 1.

Tabell 1. Klassificering och bedömning av carcinogenitet enligt International Agency for the Research on Cancers (IARC) [13].

Klassificering	Carcinogenitet
Grupp 1	Carcinogent för människor
Grupp 2A	Förmodligen cancerframkallande för människor
Grupp 2B	Eventuellt cancerframkallande för människor
Grupp 3	Ej klassificerbar för dess cancerframkallande egenskaper hos människor
Grupp 4	Förmodligen inte cancerframkallande för människor



Undersökta ämnen

I denna studie undersöks bensen, 1,3-butadien, formaldehyd, kvävedioxid, kväveoxid, fina partiklar (PM_{2,5}), polycykliska aromatiska kolväten (PAH:er) och flyktiga organiska föreningar (VOC). Nedan följer kort information om respektive ämne, samt olika gräns- och riktvärden som redovisas i tabell 2.

Bensen

Bensen sprids från olika källor som exempelvis bensinbilar, småskalig vedeldning, cigarettrök, snöskotrar och fritidsbåtar. Bensenhalterna har sjunkit sedan katalytisk avgasrening för fordon och minskad bensenhalt i bensen infördes i början på 1990-talet. Trots detta står biltrafiken för den största källan till utsläpp av bensen. Småskalig vedeldning kan även bidra en stor del till utsläppen. Bensen finns i både inom- och utomhusluft. Människor blir främst exponerade av ämnet genom inandning. Ingen säker exponeringsnivå kan rekommenderas, men det finns rikt- och gränsvärden. Bensen klassificeras som cancerframkallande och har speciellt kopplats till olika former av leukemi [11].

1,3-butadien

1,3-butadien används vid framställning av gummi och plaster. 1,3-butadien bildas även vid förbränning av biomassa och har påvisats i cigarettrök och i bilavgaser. Halterna har minskat med åren, vilket kan vara en följd av införandet av katalytisk avgasrening för fordon [14]. I Sverige beräknas medianhalten i inandningsluft till 0,4 µg/m³, vilket avser yrkesmässig exponering [15]. Även 1,3-butadien är klassat som cancerframkallande, bland annat i blodbildande organ [16].

Formaldehyd

Formaldehyd bildas vid förbränning och förekommer därför i bilavgaser, cigarettrök och stekos. Människor exponeras även via emissioner från byggnadsmaterial, möbler, vattenbaserade färger, textilier och kosmetika som innehåller formaldehyd. Produkterna kan innehålla formaldehyd i ren form eller så kan det finnas tillsatta ämnen som sakta bryts ned och som då avger formaldehyd, så kallade formaldehydavgivare.

Tabell 2. Rikt- och gränsvärden för bensen, 1,3-butadien, formaldehyd, kvävedioxid, PM_{2,5} och bens(a)pyren.

Ämnen	MKN årsmedelvärde [26]	MKM Frisk Luft årsmedelvärde [12]	IMM långtidsmedelvärde [20]	IARC [23]
Bensen	5 µg/m ³	1 µg/m ³	1,3 µg/m ³	Grupp 1
1,3-butadien	-	0,2 µg/m ³	0,2 till 1,0 µg/m ³	Grupp 1
Formaldehyd	-	10 µg/m ³ C	-	Grupp 1
Kvävedioxid	40 µg/m ³ 60 µg/m ³ A 90 µg/m ³ B	20 µg/m ³	100 µg/m ³ D 40 µg/m ³ E	
PM _{2,5}	25 µg/m ³	10 µg/m ³	10 µg/m ³ F	
Bens(a)pyren	1 ng/m ³	0,1 ng/m ³	0,1 ng/m ³	Grupp 1

A – dygnsmedelvärde, får inte överskridas mer än 7 gånger per år
B – timmedelvärde, får inte överskridas mer än 175 gånger per år
C – timmedelvärde

D – hälsobaserat riktvärde för en timme
E – långtidsmedelvärde under 6 månader
F – årsmedelvärde

Generellt är halterna av formaldehyd högre i inomhusmiljö än i utomhusmiljö. Möjliga vägar för exponering för formaldehyd är inandning, förtäring och hudabsorption. Ett rekommenderat riktvärde för inomhusmiljön har WHO angett till $0,1 \text{ mg/m}^3$ för ett 30-minuters medelvärde [17]. I arbetsmiljö får formaldehydhalten inte överskrida $0,37 \text{ mg/m}^3$ under en arbetsdag [18]. Formaldehyd är i höga halter irriterande för ögon, näsa samt hals och har klassats som cancerframkallande. Formaldehyd orsakar cancer i nasofarynx och leukemi [19].

Kvävedioxid

Kväveoxider (NO_x) bildas vid all typ av förbränning i höga temperaturer. Begreppet kväveoxider består av både kvävemoxid (NO) och kvävedioxid (NO_2). Vid förbränning bildas främst kvävemoxid som snabbt oxideras till kvävedioxid. I de flesta tätorter är biltrafiken den största utsläppskällan. Energi-användning och energiproduktion är andra källor som kan ge stort bidrag till kvävedioxidhalterna i luft. Höga nivåer av kvävedioxid påverkar människors hälsa negativt både på kort och på lång sikt. Det är främst andningsorganen som påverkas, varför astmatiker och barn är särskilt känsliga. Institutet för miljömedicin vid Karolinska Institutet, IMM, anser att epidemiologiska data indikerar att det föreslagna långtidsmedelvärdet under 6 månader på $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ endast innebär en för liten säkerhetsmarginal [20].

Partiklar $\text{PM}_{2,5}$

Partiklar vars diameter är mindre än $2,5 \text{ } \mu\text{m}$ räknas som små partiklar och kallas för $\text{PM}_{2,5}$. Partiklarna bildas vid all ofullständig förbränning av kol, olja och biobränsle. De bildas även vid slitage av däck och vägar samt att det sker en långväga transport med luftströmmarna. Stora källor till utsläpp i Sverige är småskalig vedeldning och fordonsavgaser.

Små partiklar är en allvarlig luftförorening som påverkar både andningsorganen samt hjärt- och kärlsystemen. Det har visats att betydande hälsovinster kan uppnås genom att sänka luftföroreningshalterna till lägre nivåer än den nuvarande MKN-nivån [21].

Polycykliska aromatiska kolväten

PAH-föreningar är ett samlingsnamn för kemikalier som består av aromatiska ringar av kol och väte. Storleken på molekylerna varierar och molekylvikten styr många av egenskaperna. De flesta är långlivade, bioackumulerande och cancerframkallande. De största källorna till PAH i luft i de större städerna är bilavgaser, slitage av bildäck och slitage av vägmateriäl. Andra källor är exempelvis småskalig vedeldning och bensinstationer. Människors exponering sker både från inandning av förorenad luft och konsumtion av förorenad mat och vatten. Bens(a)pyren (BaP) beräknas stå för cirka hälften av den cancerframkallande effekten av PAH i tätortsluft [22]. IARC klassificerar BaP som cancerframkallande hos människa [23, 24].

Flyktiga organiska föreningar

Vid en undersökning av flyktiga organiska föreningar (VOC) kan flera hundra olika ämnen i inomhusluften detekteras. Summan av alla enskilda VOC benämns som totala halten VOC (TVOC-halten). De flesta är vanliga även i utomhusluften, men då i betydligt lägre koncentrationer än inomhus. VOC frigörs vid ofullständig förbränning av exempelvis bensen, olja och trä. Avdunstning från lösningsmedel och bensen räknas också in. Den dominerande källan är dock emissionen från byggnads- och inredningsmaterial och det är framför allt vid nybyggnation eller renovering som högre halter förekommer. Efter några månader eller mer

klingar emissionerna av och det är då främst de flyktiga ämnen som bildas från till exempel hygienartiklar, matlagning, städning och hobbyverksamhet som är de största källorna.

VOC-ämnen som förekommer i inomhusmiljön kan inte direkt kopplas till hälsoeffekter. Ämnena kan dock indikera att det finns skador i byggnaden, vilket i sin tur eventuellt kan orsaka hälsobesvär för människor. Det finns inga gränsvärden i Sverige för god luftkvalitet i inomhusmiljöer. Däremot så har den tyska myndigheten Umweltbundesamt (UBA) rekommenderat ett riktvärde för TVOC-halten i inomhusluft på 200-300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ eller lägre om möjligt [25].



Provtagning och analys

Provtagning genomfördes under perioden 2016-11-08 till 2016-11-30 på fem förskolor i Lindesberg. Provtagningsplatserna som valdes på förskolorna benämndes lekrum, stort lekrum eller samlingsrum. En av avdelningarna valdes ut på respektive förskola. Åldersgruppen på barnen var varierande i spannet 1-5 år. Förskolornas byggår varierade. Två av förskolorna var byggda för andra ändamål men var numera omgjorda till förskoleverksamhet. Rummen skiftade i area mellan förskolorna, men även i aktivitet, antal barn, utrustning och material. Arbets- och miljömedicin förberedde och installerade provtagningsutrustningen i förskolorna samt hämtade prover och utrustning efter avslutad mätning.

De passiva provtagarna mätte bensen, 1,3-butadien, formaldehyd och kvävedioxid under 7 dygn. Då det gäller VOC-mätningen så pågick mätningen under 14 dygn. Provtagarna hängdes ca 2 meter från golvet i ståltråd. Ventilatio- nen var inte belägen i närheten av provtagarna. Med pumpad provtagare mättes fina partiklar $PM_{2,5}$ och bens(a)pyren under två dygn. Pum- pen placerades i en frigolitlåda för att dämpa buller, på en hylla cirka 2 meter från golvet.

Bensen och 1,3-butadien

Diffusionsprovtagning av bensen och 1,3-butadien utfördes på termiskt desorptionsrör (TD-rör) packat med adsorbenten Carbo- pack X (Markes International Ltd, UK). Provtagningen startades genom avlägsnande av muttern från röret och tillförande av en diffusionscap (Markes International Ltd, UK). Denna diffusionscap förhindrar okontrollerad luftström vid adsorbentytan. Provtagningen avslutades efter cirka sju dygn genom avlägs- nande av diffusionscapen och återförslutande av muttern. Efter provtagningen förvarades provtagarna i kylskåp fram till analys.

Analyserna utfördes med automatisk termisk

desorption kopplad till gaskromatograf med masspektrometerdetektor (ATD-GC/MSD) via Single Ion Monitoring (SIM). För kvanti- fiering och identifiering av bensen och 1,3-bu- tadien tillverkades kalibreringsstandarder genom att på adsorbentrör injicera en känd volym innehållande de två ämnena av en cer- tifierad referensgas (AGA Gas AB, Specialgas). Vid beräkningar användes upptagshastigheten 0,59 ml/min för bensen och 0,56 ml/min för 1,3-butadien. Blankprover samt externa kontrollprover (CRM från VSL Dutch Metro-logy Institute, NL) analyserades parallellt med proverna under hela studien och provresultaten korregerades mot blankvärdena. Svarsgränsen för sju dygns provtagning bestämdes till 0,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för bensen och 0,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för 1,3-bu- tadien. Analyserna utfördes vid Arbets- och miljömedicins laboratorium i Örebro.

Formaldehyd

För provtagning av formaldehyd användes UMEx 100 diffusionsprovtagare. Prov- tagningen baseras på kemisorption och en reaktion mellan dinitrofenylhydrazin (DNPH) och formaldehyd. Provtagarna innehåller två filter varvid det ena fungerar som blankfilter. Före och efter provtagning förvarades provta- garna i frys. Varje provtagare korregerades för blank och analyserades med vätskekromatograf och UV-detektion (HPLC-UV). Vid beräk- ning användes upptagshastighet 20,4 ml/min. Detektionsgränsen för sju dygns provtagning av formaldehyd var 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Analyserna utfördes av Arbets- och miljömedicins labora- torium i Örebro.

Kvävedioxid och kväveoxid

Vid mätning av kvävedioxid och kväve- oxid användes Ogawa diffusionsprovtagare (Ogawa and Co., USA). Provtagningsfiltret för NO_2 är impregnerat med trietanolamin och filtret för NO_x -mätning är impregnerat

med trietanolamin och PTIO som oxiderar NO till NO₂. Före och efter provtagning förvarades provtagarna i kylskåp. Analysen genomfördes med jonkromatografi. Parallellt med proverna analyserades blankprover. Vid beräkningarna användes upptagshastigheten 8,6 ml/min för NO₂ och 9,9 ml/min för NO_x. Detektionsgränsen för sju dygns provtagning var 0,082 µg/m³ för NO₂ och 0,17 mg/m³ för NO_x. Analyserna utfördes av Yrkes- och miljömedicin, Umeå universitet.

Partiklar PM_{2,5}

Pumpad provtagning genomfördes för att mäta PM_{2,5} med ChemPass pumping system (Rupprecht och Patashnick Co., Inc. USA) och partikelavskiljare med 37 mm teflon-filter, 2 µm porstorlek och ett flöde på 4 l/min under 2 dygn. Detektionsgränsen var 2 µg/m³ vid 2 dygns provtagning (ISO/CD 15767). Utvärderingen skedde gravimetriskt av miljökemiska laboratoriet vid Arbets- och miljömedicin i Göteborg.

Polycykliska aromatiska kolväten

Den insamlade partikelmassan från PM_{2,5} analyserades angående innehåll av bens(a)pyren. Det innebär att det endast är den partikelbundna fraktionen som analyserats och inte den gasformiga. Analyserna utfördes med en gaskromatograf (GC) kopplad till en lågupplösande masspektrometer (MS) med Selective Ion Recording (SIR) mode. Blankprover analyserades parallellt med proverna under hela studien och provresultaten korrigerades mot blankvärdena.

Detektionsgränsen var 0,84 pg/m³ för bens(a)pyren i prover från inomhusmätningarna och 0,20 pg/m³ för bens(a)pyren i urban bakgrund. Ett referensmaterial (SRM 1649a urban dust) certifierat för de nio ingående PAH-komponenterna i denna studie användes som kvalitetskontroll vid analyserna. Fyra sådana kvalitetskontrollprover om cirka

1 till 6 mg invägd massa av referensmaterialet analyserades parallellt med övriga prover. Resultaten för dessa kvalitetskontrollprover var goda och avvek inte mer än 20 procent från certifierade nivåer. Analyserna utfördes av miljökemiska laboratoriet vid Arbets- och miljömedicin i Göteborg.

Flyktiga organiska föreningar

Provtagning av VOC genomfördes genom passiv provtagning på termiskt desorptionsrör (TD-rör) packat med adsorbenten Tenax TA (Markes International Ltd, UK). Provtagningen startades genom avlägsnande av muttern från röret och tillförande av en diffusionscap (Markes International Ltd, UK). Denna diffusionscap förhindrar okontrollerad luftcirkulation vid adsorbentytan. Provtagningen avslutades efter cirka 14 dygn genom avlägsnande av diffusionscapen och återförslutande av muttern. Efter provtagningen förvarades provtagarna i rumstemperatur fram till analys.

Analyserna utfördes med automatisk termisk desorption kopplad till gaskromatograf med masspektrometerdetektor (ATD-GC/MSD). Vid VOC-analys tillämpas semikvantifiering vilket innebär att koncentrationsbestämning görs mot en representativ förening, alltså inte mot den egna föreningen. Vid laboratoriet kvantifierar man mot toluen, vilket innebär att halten anges i µg/m³ toluenekvivalenter. Påvisas 2-etylhexanol i provet kvantifieras det mot 2-etylhexanol och anges då i µg/m³ 2-etylhexanolekvivalenter. Identifiering av de påvisade föreningarna görs med hjälp av ämnesdatabasen NIST-2011 MS Library. Svarsgränsen för TVOC-halten är <50 µg/m³ toluenekvivalenter och för enskilda föreningar <3 µg/m³ toluenekvivalenter. Analyserna utfördes vid Arbets- och miljömedicins laboratorium i Örebro.

Resultat

Halterna av bensen varierade mellan 0,70 och 0,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ingen mätning översteg varken MKN på 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ eller MKM på 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nivåerna av 1,3-butadien varierade mellan 0,03 och 0,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. MKM ligger på 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och inget uppmätt värde på förskolorna översteg detta. Formaldehydhalterna varierade mellan 0,8 och 8,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Totalt översteg ingen mätning MKM på 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Halterna för kvävedioxid varierade mellan 3 och 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. MKN ligger på 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och MKM på 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ så inga värden översteg dessa riktvärden. Se tabell 3 och figur 1 för resultat.

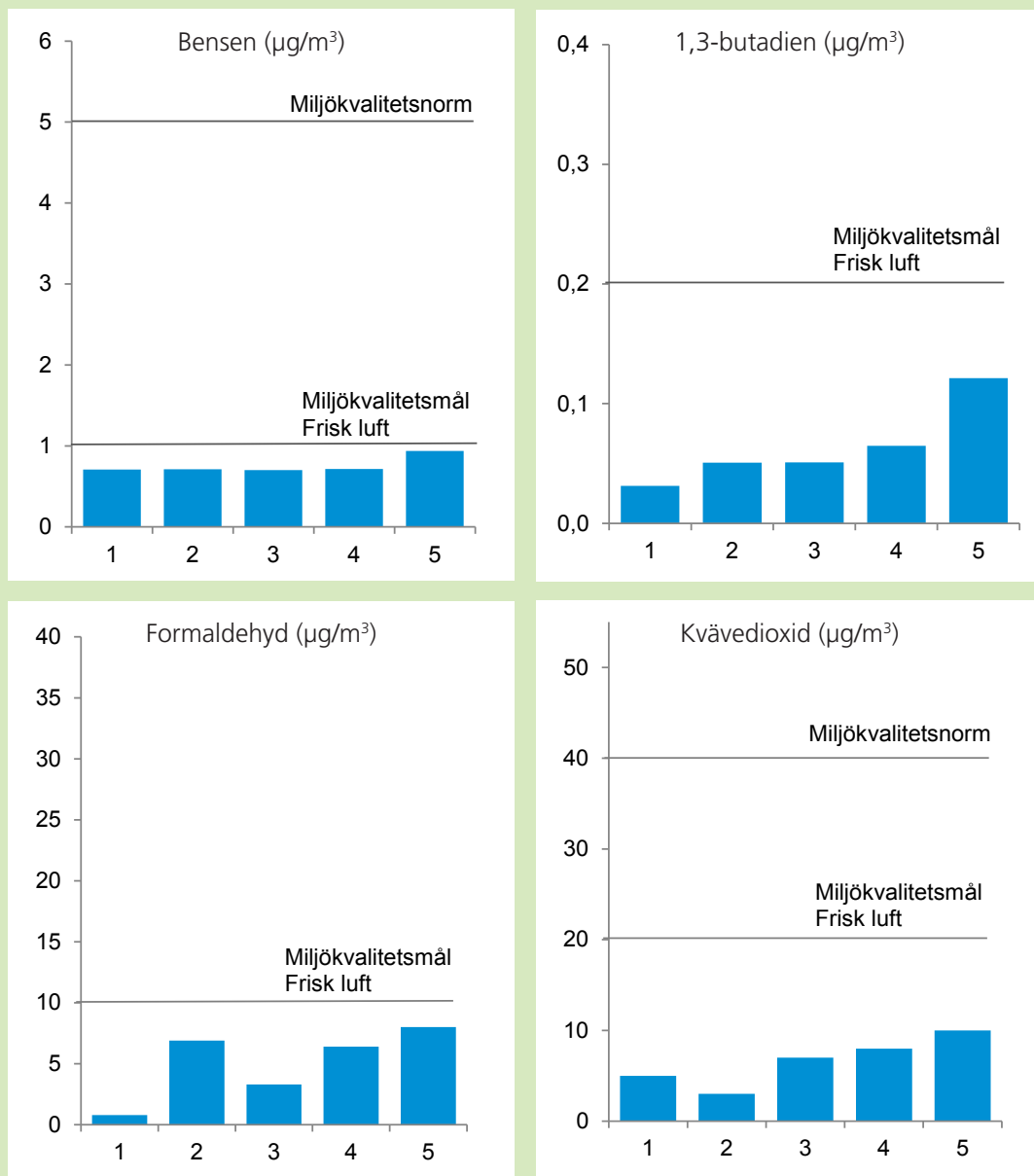
Halterna av $\text{PM}_{2,5}$ varierade mellan 3,8 till 5,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Alla mätningarna hade medel- och medianvärden under MKM som är 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och MKN som är 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Halterna för bens(a)pyren varierade mellan 24 och 82 pg/m^3 . MKM ligger på 100 pg/m^3 för bens(a)pyren och MKN på 1 000 pg/m^3 så inga värden översteg dessa riktvärden. Se tabell 3 och figur 2.

I tabell 4 redovisas uppmätta halter av VOC och en kort beskrivning av de detekterade ämnena. Den sammanlagda koncentrationen av alla påvisade flyktiga organiska föreningar i ett prov är TVOC.

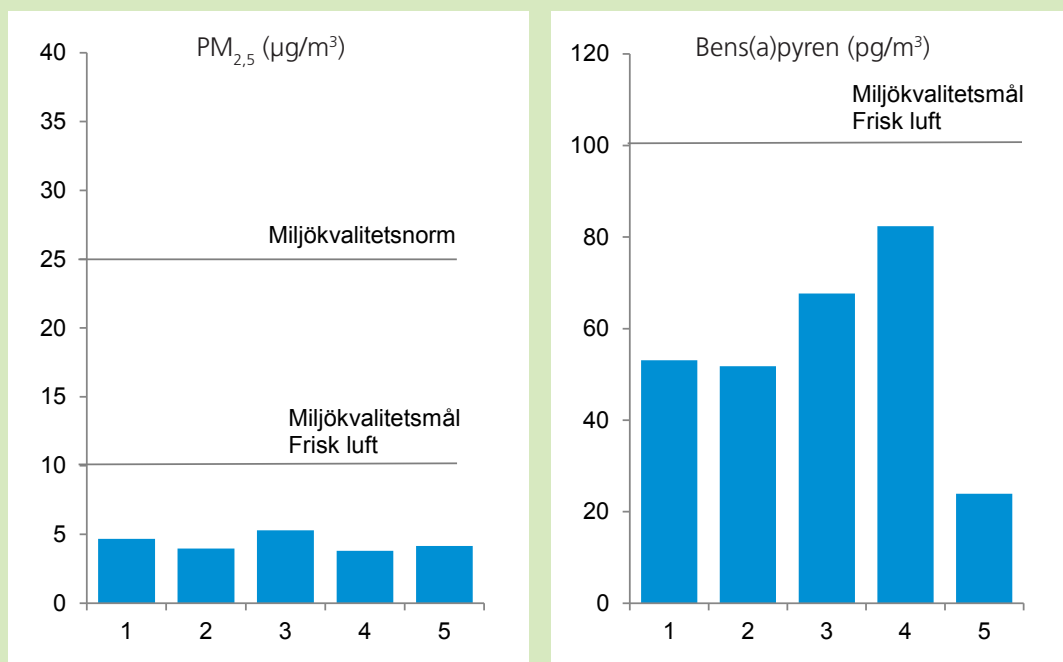


Tabell 3. I tabellen redovisas uppmätta halter av bensen, 1,3-butadien, formaldehyd, kvävedioxid, $\text{PM}_{2,5}$ och bens(a)pyren på fem förskolor i Lindesberg hösten 2016. Även medel- och medianvärde redovisas.

Förskola	Bensen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,3-butadien ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Formaldehyd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kvävedioxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$\text{PM}_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bens(a)pyren (pg/m^3)
1	0,71	0,03	0,8	5	4,7	53
2	0,71	0,05	6,9	3	4,0	52
3	0,70	0,05	3,3	7	5,3	68
4	0,71	0,06	6,4	8	3,8	82
5	0,94	0,12	8,0	10	4,2	24
Medel	0,75	0,06	5,1	7	4,4	56
Median	0,71	0,05	6,4	7	4,2	53



Figur 1. Uppmätta halter av bensen, 1,3-butadien, formaldehyd och kvävedioxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) på fem förskolor i Lindesberg hösten 2016. Miljö kvalitetsnormen (MKN) är $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för bensen och $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för kvävedioxid. För miljö kvalitetsmålet (MKM) är halterna $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för bensen, $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för 1,3-butadien, $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för formaldehyd och $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för kvävedioxid.



Figur 2. Uppmätta halter av PM_{2,5} (µg/m³) och bens(a)pyren (pg/m³) på fem förskolor i Lindesberg hösten 2016. Miljö kvalitetsnormen (MKN) för PM_{2,5} är 25 µg/m³ och miljö kvalitetsmålet (MKM) 10 µg/m³. För bens(a)pyren är MKN 1 000 pg/m³ och MKM 100 pg/m³.

Tabell 4. I tabellen redovisas uppmätta halter av den totala halten VOC (TVOC) samt de ingående ämnena som detekterades på fem förskolor i Lindesberg hösten 2016. Halten är µg/m³ toluenekvivalenter.

Förskola	Halt (µg/m ³)	Beskrivning av ämne [27]
Förskola 1		
TVOC	<50	
Bensoesyra	4	Används som konserveringsmedel i kosmetiska och hygieniska produkter samt som desinfektionsmedel. Den förekommer även i lacker och i målarfärg.
Övriga enskilda föreningar	<3	
Förskola 2		
TVOC	130	
2-Etylhexanol	28*	Är en alkohol som kan tyda på en alkalisk nedbrytning av olika material beroende på fukt, men kan även avges från lim och nytt PVC-material. Den kan även finnas i målarfärger och lacker.
Etylacetat	4	Används som lösningsmedel i exempelvis färger, lim, rengöringsmedel samt i kosmetiska- och hygieniska produkter.
Alfa-pinen	5	Tillhör ämnesgruppen terpener. De avges från trä och träprodukter och används som smak- och luktämnen för livsmedel, parfym och hygieniska produkter.
Limonen	7	Tillhör ämnesgruppen terpener. De avges från trä och träprodukter och används som smak- och luktämnen för livsmedel, parfym och hygieniska produkter. Förekommer även naturligt i skal på citrusfrukter.
Nonanal	7	Tillhör ämnesgruppen aldehyder. De är oxidationsprodukter från linoljebaserade byggprodukter såsom linoljebaserade färger och linoleummattor. De förekommer även i kosmetiska och hygieniska produkter.
TXIB	8	Tillhör gruppen mjukgörare. De förekommer i exempelvis PVC-mattor, färger, lim, spackel och fogmassor.
Alkoholföreningar (C ₉)	35	Alkoholföreningar kan bland annat användas som desinfektionsmedel och är bra lösnings- och rengöringsmedel.
Övriga enskilda föreningar	<3	
Förskola 3		
TVOC	<50	
Limonen	6	Tillhör ämnesgruppen terpener. De avges från trä och träprodukter och används som smak- och luktämnen för livsmedel, parfym och hygieniska produkter. Förekommer även naturligt i skal på citrusfrukter.
Nonanal	4	Tillhör ämnesgruppen aldehyder. De är oxidationsprodukter från linoljebaserade byggprodukter såsom linoljebaserade färger och linoleummattor. De förekommer även i kosmetiska och hygieniska produkter.
Limonendioxid	4	Är en oxidationsprodukt av limonen.
Övriga enskilda föreningar	<3	

Tabellen fortsätter på nästa uppslag.

Förskola 4

TVOC	54	
Limonen	7	Tillhör ämnesgruppen terpen. De avges från trä och träprodukter och används som smak- och luktämnen för livsmedel, parfym och hygieniska produkter. Förekommer även naturligt i skal på citrusfrukter.
Nonanal	8	Tillhör ämnesgruppen aldehyder. De är oxidationsprodukter från linoljebaserade byggprodukter såsom linoljebaserade färger och linoleummattor. De förekommer även i kosmetiska och hygieniska produkter.
Dekametylcyklopenta-siloxan	8	Tillhör ämnesgruppen silikonföreningar. De förekommer i silikonbaserade fogmassor samt i kosmetika, hårspray och andra hår- och hudvårdsprodukter.
Limonendioxid	6	Är en oxidationsprodukt av limonen.
TXIB	3	Tillhör gruppen mjukgörare. De förekommer i exempelvis PVC-mattor, färger, lim, spackel och fogmassor.
Övriga enskilda föreningar	<3	

Förskola 5

TVOC	160	
2-Etylhexanol	2*	Är en alkohol som kan tyda på en alkalisk nedbrytning av olika material beroende på fukt, men kan även avges från lim och nytt PVC-material. Den kan även finnas i målarfärger och lacker.
Propylenglykol	3	Används som lösningsmedel i färger, lim, parfymer, rengöringsmedel samt i kosmetiska produkter.
Hexanal	3	Tillhör ämnesgruppen aldehyder. De är oxidationsprodukter från linoljebaserade byggprodukter såsom linoljebaserade färger och linoleummattor. De förekommer även i kosmetiska och hygieniska produkter.
1-Butoxi-2-propanol	16	Tillhör ämnesgruppen glykoletrar. De används som lösningsmedel i färger, lacker och lim samt i golvvårdsprodukter, diskmedel och rengöringsmedel.
Alfa-pinen	7	Tillhör ämnesgruppen terpener. De avges från trä och träprodukter och används som smak- och luktämnen för livsmedel, parfym och hygieniska produkter.
Hexansyra	6	Tillhör ämnesgruppen organiska syror. De är oxidationsprodukter från linoljebaserade byggprodukter såsom linoljebaserade färger och linoleummattor. De förekommer även i kosmetiska och hygieniska produkter.
Delta-3-karen	3	Tillhör ämnesgruppen terpener. De avges från trä och träprodukter och används som smak- och luktämnen för livsmedel, parfym och hygieniska produkter.
Limonen	35	Tillhör ämnesgruppen terpener. De avges från trä och träprodukter och används som smak- och luktämnen för livsmedel, parfym och hygieniska produkter. Förekommer även naturligt i skal på citrusfrukter.
Nonanal	12	Tillhör ämnesgruppen aldehyder. De är oxidationsprodukter från linoljebaserade byggprodukter såsom linoljebaserade färger och linoleummattor. De förekommer även i kosmetiska och hygieniska produkter.
Dekanal	4	Tillhör ämnesgruppen aldehyder. De är oxidationsprodukter från linoljebaserade byggprodukter såsom linoljebaserade färger och linoleummattor. De förekommer även i kosmetiska och hygieniska produkter.
2-Fenoxietanol	6	Tillhör ämnesgruppen glykoletrar. De används som lösningsmedel i färger, lacker och lim samt i golvvårdsprodukter, diskmedel och rengöringsmedel.
Limonendioxid	4	Är en oxidationsprodukt av limonen.
Texanol och texanol-liknande föreningar	7	Tillhör gruppen mjukgörare. De förekommer i exempelvis PVC-mattor, färger, lim, spackel och fogmassor.
TXIB	4	Tillhör gruppen mjukgörare. De förekommer i exempelvis PVC-mattor, färger, lim, spackel och fogmassor.
Övriga enskilda föreningar	<3	

* µg/m³ 2-etylhexanolekvivalenter



Diskussion

I detta pilotprojekt har vi mätt bensen, 1,3-butadien, formaldehyd, kvävedioxid, $PM_{2,5}$, bens(a)pyren och flyktiga organiska föreningar. Mätningarna har utförts vid ett tillfälle på fem olika förskolor i Lindesberg.

Institutet för miljömedicin (IMM) anger en lågrisknivå för bensen på $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och avser livstidsexponering. Ingen mätning av bensen på förskolorna översteg MKM på $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. IMM anger också ett riktvärde för långtidsmedelvärde för 1,3-butadien i omgivningsluft på mellan $0,2$ till $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och MKM har ett gränsvärde på $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Inget uppmätt värde av 1,3-butadien på förskolorna översteg varken MKM eller IMM:s rikt- och gränsvärde.

Luftexponeringar inomhus är den dominerande källan till personlig exponering av formaldehyd. Enligt MKM ska inte formaldehydhalten överstiga $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Medelvärdet av formaldehyd var $5,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på förskolorna. Inte heller kvävedioxidhalten överskred MKM på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

MKM anger ett rekommenderat årsmedelvärde för $PM_{2,5}$ på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ då det har påvisats att betydande hälsovinster kan uppnås genom att sänka luftföroreningshalterna till lägre nivåer [28]. Medelvärdet av $PM_{2,5}$ på förskolorna var $4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. MKM anger även som ett långtidsmedelvärde en lågrisknivå för bens(a)pyren på $100 \text{pg}/\text{m}^3$. Medelvärdet för förskolorna var $56 \text{pg}/\text{m}^3$. En studie i Stockholm anger ett medelvärde på $30 \text{pg}/\text{m}^3$ för bens(a)pyren från en förskola [29], vilket är lägre nivåer än i Lindesbergsstudien [1]. Innehållet av bens(a)pyren är dock från insamlade partiklar av $PM_{2,5}$, vilket innebär att det inte är den totala koncentrationen av bens(a)pyren i luften.

Gällande TVOC-halten hade två av förskolorna värden under svarsgränsen ($<50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) och alla förskolor hade en TVOC-halt som låg under det tyska rekommenderade riktvärdet på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De föreningar som detekterades i proverna är normalt förekommande i en förskolemiljö. Dessa ämnen kan finnas bland annat i färger, lim, lösningsmedel, rengöringsmedel, byggmaterial, citrusfrukter, desinfektionsmedel, kosmetiska och hygieniska produkter. Det innebär att verksamheten bidrar till en stor del av vilka ämnen som förekommer samt vilka halter som påvisas.

Mediankoncentrationen av TVOC i genomsnittliga svenska bostäder ligger på $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [30]. I en förskolestudie i Stockholm såg man att koncentrationen av TVOC var hälften så höga som i bostäderna [29]. I vår studie ses att TVOC-halterna är lägre i tre förskolor men i två förskolor ligger TVOC-halterna lite högre.

På förskola 2 var TVOC-halten $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och man kunde påvisa alkoholföreningar och 2-etylhexanol i något högre halter. I detta fall kommer alkoholföreningarna sannolikt från användning av ytdesinfektion eller handsprit som används i förskolemiljöer. Ämnet 2-etylhexanol är en alkohol som kan tyda på en alkalisk nedbrytning av olika material beroende på fukt, men det kan även avges från lim och nytt PVC-material. Den kan även finnas i målarfärger och lacker. Till skillnad från övriga förskolor i studien så används en annan städteknik på förskola 2. Där användes avjoniserat vatten istället för rengöringsmedel. Om inte vatten tas bort från linoleumgolv kan det långsamt lösa upp vaxpolishen. Det innebär att med tiden så kan eventuellt VOC och aldehyder släppa från det oskyddade linoleumgolvet, vilket kan ha påverkat resultatet.

På förskola 5 var TVOC-halten $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och antalet ingående ämnen var betydligt fler än på de övriga förskolorna. De ämnesgrupper som dominerar i provet är terpenier (alfa-pinen, delta-3-karen och limonen), glykoletrar (propylenglykol, 1-butoxi-2-propanol, 2-fenoxietanol) och aldehyder (hexanal,

nonanal och dekanal). Terpenier avges från trä och träprodukter och används som smak- och luktämnen för livsmedel, parfym och hygieniska produkter. Limonen förekommer även naturligt i skal på citrusfrukter. Förekomsten av dessa terpenier i en förskolemiljö anses vara rimlig. Glykoletrar används som lösningsmedel i färger, lacker och lim samt i golvvärdsprodukter, diskmedel och rengöringsmedel med mera. Att dessa föreningar påvisas i den aktuella miljön är förväntat. Aldehyder är oxidationsprodukter från linoljebaserade byggprodukter som linoljebaserade färger och linoleummattor. De förekommer även i kosmetiska och hygieniska produkter. Vid matlagning som ger stekos kan aldehyder också påvisas. Anledningen till att vi funnit aldehyder kan bero på den öppna planlösningen med matsal vid provtagningsplatsen, men kan även ha sitt ursprung som nämnts ovan.

Ingen av de ämnen som vi har mätt har överstigit MKN eller MKM i inomhusluften vid förskolorna. Alla ämnen har dock inte sådana gräns- och riktvärden. Mätningarna är utförda i 1 till 2 veckor och jämförande MKN och IMMs lågrisknivå är baserade på årsmedelvärde eller långtidsexponering. Värden under dessa riktvärden behöver inte betyda

att årsmedelvärdet eller långtidsexponeringen inte överskrids. MKM är mål som beskriver de halter för luftkvalitet som vi ska uppnå till år 2020 för att förbättra luftkvaliteten.

En viktig aspekt är att mätningarna endast är gjorda vid ett tillfälle och vid en årstid, hösten, på respektive förskola. Det är för få mätningar för att dra några långtgående slutsatser, men det ger ändå en indikation på hur det ser ut i de aktuella miljöerna.

Luftföroreningar utomhus är ett stort miljöhälsoproblem som påverkar alla, speciellt i vissa storstäder. Koncentrationer av luftföroreningar i Sverige har minskat, men det är framför allt utsläpp från trafik och vedeldning som är de två kvarstående problemen. Det är positivt att inomhusnivåerna av de undersökta ämnena på förskolorna är låga, men fler kompletterande mätningar behövs i utomhusluften.

Detta eftersom barn tillbringar en stor del av sin tid utomhus till att leka och sova. Det har även konstaterats att genom att sänka luftföroreningshalterna till lägre nivåer så kan stora hälsovinster uppnås. Dessa kunskaper är av största vikt att ta hänsyn till vid placering av förskolor och vid nybyggnation av förskolor.

Tack!

Ett stort tack till personalen på alla förskolor som ställt upp vid våra mätningar.



Referenser

1. Mannerling A-C, H.K., *Hälsorelaterad miljöövervakning Cancerframkallande ämnen i tätortsluft Lindesberg 2016*. 2017, Arbets- och miljömedicin, Region Örebro län.
2. Naturvårdsverket, *SCARP - Om luftföroreningar och luftföroreningars effekter. Forskning för politiska beslut i Sverige och Europa*. 2013.
3. Folkhälsomyndigheten, *Miljöhälsorapport 2017*. 2017.
4. Naturvårdsverket. *Marknära ozon*. 2017; Available from: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/?iid=104&pl=1>.
5. Tondel, M., et al., *Miljö och hälsa i Västra Götaland*. 2010, Västra Götalandsregionen Miljömedicinskt Centrum.
6. SLB-analys, *Hälsoeffekter av partiklar, Tilläggsprogram 2006. Rapport 2007:14*. 2007: Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund.
7. Grennfelt, P., et al., *Forskning för renare luft - En sammanfattning av resultaten i Naturvårdsverkets forskningsprogram SCAC - Swedish Clean Air and Climate Research Program*. 2017.
8. Centrum för Arbets- och miljömedicin Stockholm, *Luftföroreningar och hälsa*. 2006, Stockholms läns landsting.
9. Philip J, L., et al., *The Lancet Commission on pollution and health. The Lancet*, 2017.
10. Brockmeyer, S. and A. D'Angiulli, *How air pollution alters brain development: the role of neuroinflammation*. Transl Neurosci, 2016. 7(1): p. 24-30.
11. IARC Monographs. *Benzene*. [cited 2017 10 18]; Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F-24.pdf>.
12. Naturvårdsverket. *Preciseringar av Frisk luft*. 2012; Available from: <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/2-Frisk-luft/Preciseringar-av-Frisk-luft/>.
13. International Agency for Research on Cancer (IARC). [cited 2018 02-08]; Available from: http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php.
14. Finnberg N, et al., *Kortfattad riskbedömning av 1,3-butadien*. 2004: Institutet för miljömedicin. Karolinska Institutet. IMM-rapport 1.
15. Karolinska Institutet. *Institutet för miljömedicin (IMM) Butadien*. [cited 2017 08 30]; Available from: <http://ki.se/imm/butadien>.
16. IARC Monographs. *1-3, butadien*. [cited 2017 10 18]; Available from: <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F-26.pdf>.
17. WHO. *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. 2010; Available from: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf?ua=1.
18. Arbetsmiljöverket, *Hygieniska gränsvärden. Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden*. 2015: Stockholm.
19. International Agency for Research on Cancer IARC, *Formaldehyde*. 2006.
20. Karolinska Institutet. *Institutet för miljömedicin (IMM)*. [cited 2017 08 30]; Available from: <http://ki.se/imm/kvaveoxid>.
21. Beelen, R., et al., *Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project*. Lancet, 2014. 383(9919): p. 785-95.

22. Naturvårdsverket, *Miljö kvalitetsnormer för arsenik, kadmium, nickel och bens(a)pyren*. 2008, Rapport 5882, Naturvårdsverket: Stockholm.
23. International Agency for Research on Cancer (IARC). [cited 2017 08 30]; Available from: http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php.
24. Karolinska Institutet. *Institutet för miljömedicin (IMM) PAHer*. [cited 2017 08 30]; Available from: <http://ki.se/imm/polycykliska-aromatiska-kolvaten-pah>.
25. Umweltbundesamt (UBA). *German Committee on Indoor Guide Values* 2017; Available from: <http://www.umweltbundesamt.de/en/topics/health/commissions-working-groups/german-committee-on-indoor-guide-values>.
26. Sveriges Riksdag, *Svensk författningssamling. Luftkvalitetsförordning* (2010:477).
27. Socialstyrelsen, *Kemiska ämnen i inomhusmiljön*. 2006.
28. Karolinska Institutet. *Institutet för miljömedicin (IMM) Partiklar*. [cited 2017 08 30]; Available from: <http://ki.se/imm/partiklar>.
29. Langer S, *Kemikaliesmarta åtgärder i förskola. Kemikaliebelastning i förskolans innemiljö – Hamngården etapp 1*. 2016, IVL Svenska Miljöinstitutet: Stockholm.
30. Langer, S. and G. Bekö, *Indoor air quality in the Swedish housing stock and its dependence on building characteristics*. Vol. 69. 2013. 44-54.

Arbets- och miljömedicin

Arbets- och miljömedicin är ett samarbete mellan regionerna och landstingen i Örebro län, Södermanlands län, Värmlands län och Västmanlands län. Vi finns vid Universitetssjukhuset Örebro men vårt uppdrag är att arbeta för en god hälsa i en bra miljö i alla fyra länen.

Vårt arbete rör sambandet mellan hälsa och ohälsa i relation till olika typer av exponeringar i arbetsmiljön, boendemiljön och den yttre miljön.

Besök vår webbplats för att läsa mer om oss. Där kan du även anmäla dig till vårt nyhetsbrev.

www.regionorebrolan.se/amm

Besöksadress

Universitetssjukhuset Örebro
Entré F, våning 2

Postadress

Arbets- och miljömedicin
Universitetssjukhuset Örebro
701 85 Örebro

Telefon

019-602 24 69