



Umeå universitet
Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin
Enheten för yrkes- och miljömedicin

Slutrapport från pilotstudie

Uppskattning av exponering för ozon



NATIONELL
MILJÖÖVERVAKNING
PÅ UPPDRAG AV
NATURVÅRDSVERKET

Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapporterar 2014:4

ISSN 1654-7314

Rapportförfattare Bertil Forsberg, Yrkes- och miljömedicin	Utgivare Umeå universitet Postadress 901 87 Umeå Telefon 090-785 00 00
Rapporttitel och undertitel Uppskattning av exponering för ozon Slutrapport från pilotstudie	Beställare Naturvårdsverket 106 48 Stockholm Finansiering nationell MÖ
Nyckelord för plats Uppsala	
Nyckelord för ämne Ozon	
Tidpunkt för insamling av underlagsdata 2013	
Sammanfattning <p>Syftet med denna pilotstudie var att genomföra en undersökning angående ozonexponering under "ozonsäsongen" (dvs maj-september) 2013 inne i skolor och utanför på skolgården samt i sovrummet hos skolbarn och i utomhus bostadens närhet. Pilotstudien ska ge vägledning angående kriterier och uppläggning vid mätning av ozon, samt leda till ett förslag till mätprogram för ozonexponering med fokus på ozonsäsongen och barns miljöer.</p> <p>För skolmätningen valdes 10 representativa skolor ut. Ozonprovtagare placerades öppet i två klassrum per skola, oftast på ca 2 m höjd, t ex ovanför en hylla. En provtagare placerades på en öppen plats på skolgården. Mätningarna pågick under samma veckolånga period inomhus och utomhus, alla skolmätningarna startades 13-14 maj. Vi en sköterska inbjöds skolbarn med astma att ingå i bostadsmätningarna", och 25 tackade efter att ha fått skriftlig information ja till att medverka i studien. Skolornas och bostädernas avgasbelastning har indikerats med en modellberäkning av lokalt trafikgenererad halt av NOx/NO2. På skolgårdarna var veckomedelhalten i genomsnitt 67,4 µg/m3. Det var stora skillnader i utomhushalten av ozon mellan mitten på maj då mätningarna på de 10 skolgårdarna utfördes, och i slutet av september då bostadsområdena studerades. I klassrummen varierade ozonhalten från 12,3 till 48,1 µg/m3, med ett medelvärde på 23.3 µg/m3. I barnens sovrum fanns nästan inget ozon alls. Medelvärdet var 2,1 µg/m3 och spridningen från 0,4 till 5,8 µg/m3. Det observerades inget samband mellan ozonhalten inomhus och utomhus, vilket torde bero på liten ventilation och att ozon är så reaktivt. Utifrån denna pilotstudie kan konstateras att mätningarna för att spegla den mest intressanta exponeringen för ozon bör ske under sommaren, vilket om skolbarn ska inkluderas förmodligen innebär att det vore lättast att göra studien under slutet av vårterminen.</p>	

Innehåll

Bakgrund	4
Syfte.....	5
Metod.....	5
Resultat.....	7
Diskussion.....	10
Rekommendationer.....	11
Referenser	12
Bilaga	13

Bakgrund

Världshälsoorganisationens nyligen genomförda översikt av kunskapsläget gällande hälsoeffekter av luftföroreningar visar bland annat att hälsoeffekterna av ozon tycks fler och mer omfattande än tidigare redovisat (1). Den nya kunskap som tillkommit avser inte akuta effekter av extremvärden, utan nu finns stöd för att dödlighet, luftvägssjuklighet och födelseutfall påverkas negativt av medelvärden över längre tid.

Nya svenska studier har visat att risken för förtida födsel och havandeskapsförgiftning ökar med halten av ozon under första trimestern, troligtvis för att moderkakan inte utvecklas optimalt på grund av oxidativ stress (2, 3). Effekterna av ozon är större om första trimestern infaller då nivån av vitamin-D är som lägst (2) och om den gravida har astma (3).

Det är även viktigt att bättre kartlägga ozonexponeringen för människor i stadsmiljö eftersom trenden där befaras kunna bli en ökning av ozonhalterna pga ökad andel NO_x emitterad som NO₂ och mindre andel som NO till följd av högre andel dieselfordon med partikelfilter. Hittills har halterna av ozon varit lägre i stadsmiljö med mycket trafik, även om ozon inte studerats så mycket i dessa miljöer.

Det finns också en risk för att temperaturhöjning höjer ozonhalterna om övriga förhållanden inte ändras, vilket skulle öka hälsokonsekvenserna enligt en nyligen publicerad modellberäkning (4).

Eftersom de flesta tillbringar en stor del av tiden inomhus och ozonkällor inomhus är ovanliga, kommer inträngning av ozon i byggnaden att ha stor betydelse för individens faktiska exponering (5). Med ökad ventilation torde i de flesta fall även en ökad inomhusexponering för ozon komma att följa. Vi har dock inte något program utformat för att kunna följa befolkningens ozonexponering i Sverige, enbart trendmätningar på EMEP-stationer som speglar halterna utanför tätorter. Ozonövervakningen vid EMEP-stationerna påverkas mindre av exempelvis omställningen till högre andel dieselfordon.

Inom projektet ACCEPTED finansierat via ERA-ENVHEALTH med Naturvårdsverket som svensk representant, studerades 2013 ozonexponering genom mätningar i och utanför bostaden för ett 40-tal vuxna personer. Mätningarna utförs med Ogawa-provtagaren som redan används rutinmässigt inom den hälsorelaterade miljöövervakningen (HÄMI) för NO_x och NO₂, men nu satts upp även för ozon.

Syfte

Syftet med denna pilotstudie var att genomföra en undersökning angående ozonexponering under "ozonsäsong" (dvs maj-september) inne i skolor och utanför på skolgården samt i sovrummet hos skolbarn och i utomhus bostadens närhet. Pilotstudien ska ge vägledning angående urvalskriterier och uppläggning vid mätning av ozonexponering, samt ge underlag för ett förslag till mätprogram för ozonexponering med fokus på ozonsäsongen och barns miljöer.

Metod

Provtagare

Mätningarna av ozon genomförs med Ogawa-provtagarens som prepareras och analyseras vid Yrkes- och miljömedicin, Umeå universitet.

Diffusionsprovtagaren Ogawa består av ett 3 cm långt dubbelsidigt cylindriskt provtagarhus med en diameter på 2 cm. Ett provtagningsfilter placeras mellan två nät av rostfritt stål på vardera sidan. Ytterst på vardera sidan sitter ett lock med 2 mm hål varigenom luften diffunderar in till filtret. Provtagningsfiltret är impregnerat med en nitritbaserad lösning och levereras av tillverkaren (Ogawa & Co., USA). Ozon oxiderar nitrit på filtret till nitrat.

Provtagaren är tidigare inom den hälsorelaterade miljöövervakningen validerad mot referensmetoden för ozon med gott resultat (6). Referensmetoden för mätning av ozon för kontroll av miljö kvalitetsnormer är kontinuerlig registrering av ozonhalter med ett direktvisande instrument med UV-absorption.

Den ursprungliga tanken var att en del av barnen skulle få ta hem provtagare och sköta mätningen i hemmet själva. Efter en bedömning av hur provtagarna tål att hanteras och vilka fel i handhavande som kan inträffa, beslutades att alla mätningar i bostäder skulle startas och avslutas av vår personal.

Skolmätningar

För skolmätningen valdes 10 representativa skolor ut av en erfaren yrkeshygieniker med lokal kännedom om skolorna (Dan Norbäck, Uppsala universitet), som även skötte den veckolånga provtagningen på alla skolor. Skolorna hade två olika typer av ventilationssystem; långsamt deplacerande ventilation (Dp) eller mekanisk ventilation med från och tilluft samt värmeåtervinning (FTX).

De skolor som ingick i studien är Vaksalaskolan (Dp), Almtunaskolan (Dp), Sävjaskolan (Dp), Katedralskolan (FTX), Fyrisskolan (FTX), Musikklasserna (Dp), Tunabergskolan (Dp), Björkvallskolan (FTX), Ärentunaskolan (Dp) samt Ångelstaskolan (Disp).

Ozonprovtagare placerades öppet i två klassrum per skola, oftast på ca 2 m höjd, t ex ovanför en hylla. En provtagare placerades på en öppen plats på skolgården. Mätningarna pågick under samma veckolånga period inomhus och utomhus, alla skolmätningarna startades 13-14 maj.

Bostadsmätningar

Via en sköterska inbjöds skolbarn med astma att ingå i bostadsmätningarna. Barnen kan sägas tillhöra de studerade skolornas faktiska "upptagningsområden", och 25 familjer tackade efter att ha fått skriftlig information ja till att medverka i studien. Endast några få av de tillfrågade avböjde att medverka. Åtta av barnen bodde i lägenhet (mv våningsplan = 2,7), 8 barn bodde i radhus och av dem bodde 9 i en villa.

Ozonprovtagare placerades öppet i rummet där barnet sover, oftast på 1,5-2 m höjd, t ex ovanför en hylla. För att spegla den samtidiga halten i bostadsområdet placerades en provtagare på en representativ plats i området. För barn i förorter och omgivande landsbygd kunde utomhuspunkten hamna flera km från bostaden. Alla veckomätningarna hos barnen startades 24-25 september.

Avgasbelastning

Skolornas och bostädernas avgasbelastning har indikerats med en modellberäkning av lokalt trafikgenererad halt av NO_x/NO₂ som årsmedelvärde. Beräkningen av halten vid respektive mätpunkt har gjorts med spridningsberäkningsprogrammet Airviro via SLB-analys/Stockholm-Uppsala läns luftvårdsförbund.

Resultat

Ozonhalter utomhus

Det var stora skillnader i utomhushalten av ozon mellan mitten på maj då mätningarna på de 10 skolgårdarna utfördes, och i slutet av september då bostadsområdena studerades. På skolgårdarna var veckomedelhalten i genomsnitt 67,4 µg/m³, med en spridning från 52,1 till 80,6 µg/m³ (för detaljer se bilaga).

När mätningarna i bostadsområdena utfördes hade vädret hunnit bli svalt och blåsig, dvs mer höst än ozonsäsong. Veckomedelhalten av ozon i 6 olika bostadsområden hade ett medelvärde av 27,9 µg/m³, med en väldigt liten spridning från lägsta till högsta värdet, från 26,1 till 29,2 µg/m³.

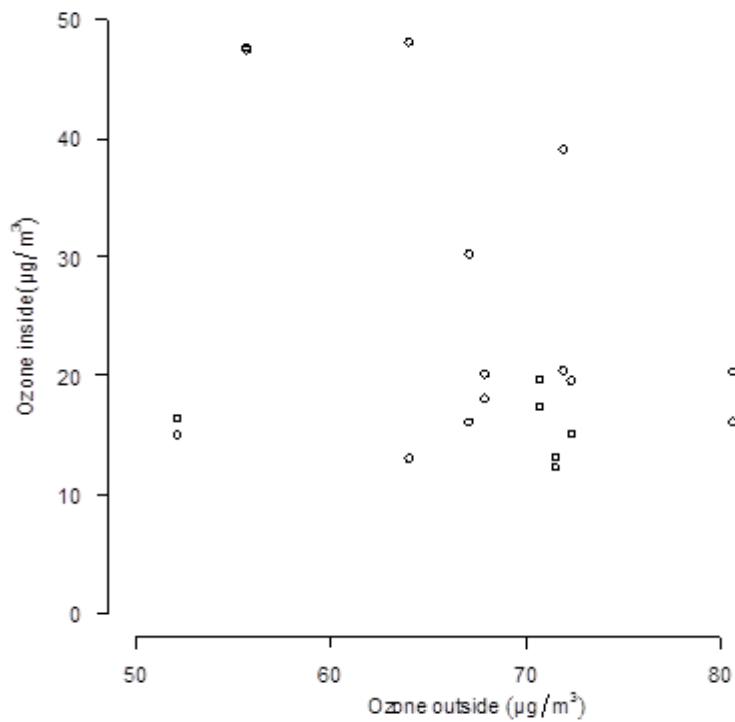
Ozonhalterna inomhus

I klassrummen (mitten av maj) varierade ozonhalten från 12,3 till 48,1 µg/m³, med ett medelvärde på 23,3 µg/m³. I vissa fall hade de två studerade klassrummen på samma skola ha väldigt olika ozonhalt (Figur 1, samt bilaga). I barnens sovrum (slutet av september) fanns nästan inget ozon alls. Medelvärdet var 2,1 µg/m³ och spridningen från 0,4 till 5,8 µg/m³.

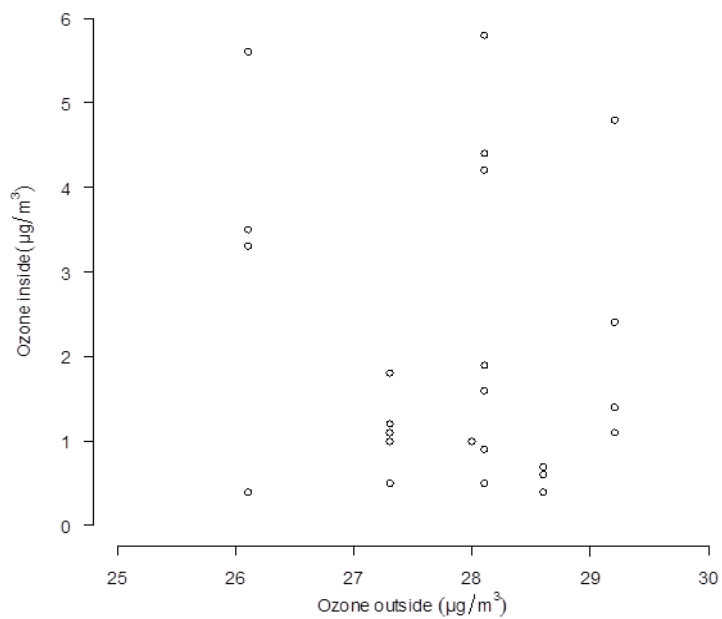
Relationen mellan ozon inomhus och utomhus

Det existerade inte något samband mellan ozonhalten inne i klassrummen och halten under samma veckoperiod ute på skolgården, $r = -0,12$ ($p = 0,62$), illustrerat i Figur 1.

Halten av ozon i barnens sovrum hade ingen korrelation alls till halten i bostadsområdet under samma veckomätning, visat i Figur 2.



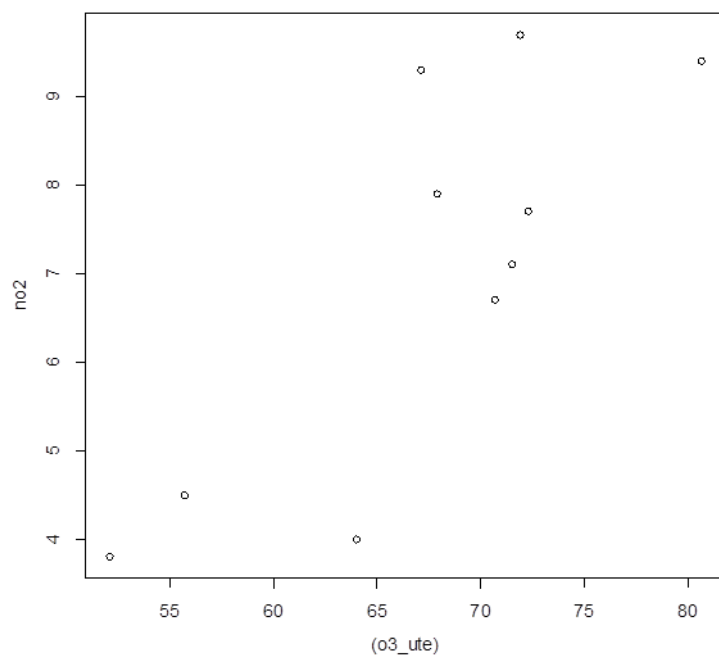
Figur 1. Ozonhalt inomhus (2 klassrum per skola) mot ozonhalten på skolgården.



Figur 2. Ozonhalt inomhus (barnets sovrum) mot ozonhalten i bostadsområdet.

Relationen mellan avgasbelastning och ozonhalt utomhus

Med avgasbelastningen från spridningsmodelleringen blev för skolgårdarna korrelationen mellan ozon och NO₂ signifikant positiv, $r=0,73$ ($p=0,02$). Korrelationen var densamma för ozon och NO_x.



Figur 3. Avgasbelastning (Årsmv lokalt NO₂ µg/m³) mot ozonhalten på skolgården.

För mätningarna i sovrummen blev korrelationen mellan avgasbelastning och ozon utomhus inte signifikant, dock med en liten tendens till positiv relation, $r = 0,20$ resp $0,21$ för NO₂ respektive NO_x.

Diskussion

Utomhushalter

När mätningen gjordes hemma hos barnen med början 24-25 september var sommarvädret borta och ozonhalterna låga. Vi kunde dock inte få till studien tidigare efter terminsstarten, och det hade troligen varit mycket bättre att göra studien i slutet av vårterminen för att spegla hur hög exponeringen kan vara under sommartid.

Förväntningarna var att ozonhalterna utomhus skulle vara lägre i områden med mer trafik och beräknat högre avgashalt, genom att NO-utsläpp reducerar ozonhalten när NO oxideras till NO₂. Nu fann vi inte något sådant samband, utan ett omvänt samband som var statistiskt signifikant för skolgårdarna i maj. Detta skulle möjligen kunna bero på lokal ozonbildning som gynnas genom att andelen NO₂ i NO_x har ökat genom högre andel dieselmotorer och/eller att kolvätenutsläpp haft betydelse.

Inomhushalter

Halterna inne i barnens sovrum var väldigt låga, ca 7% av utomhusvärdet, vilket talar för en dålig luftväxling och/eller att ozonet inomhus snabbt reagerat med andra ämnen. Det är dock möjligt att man skulle ha vädrat mer om septembervädret varit mer sommarlikt, och då fått mindre skillnad i halt mellan inne i bostaden och utomhus.

För skolorna var inomhushalten i genomsnitt ungefär en tredjedel av utomhushalten, indikerande en bättre ventilation och/eller mindre reaktioner med ytmaterial. Stora skillnader mellan näraliggande klassrum tyder på att ventilering och förekomst av reaktiva ytor skiljer sig mellan olika rum.

Vi kunde inte identifiera några tydliga samband mellan ventilationstyp eller våningshöjd och kvoten mellan inomhushalt och utomhushalt.

Tidigare studier

En studie av 8 skolor i Frankrike fann inomhus/utomhuskvoter för ozon inom intervallet 0 till 0.45, och konstaterade att luftens kemiska reaktioner i byggnaden tycktes ha stor betydelse, eftersom inomhus/utomhuskvoten för NO₂ låg i intervallet 0.88 till 1 (om inomhuskällor saknades) och inte alls korrelerade med kvoten för ozon (7).

Reduktionen av ozon i inomhusmiljöer beror både på ytmaterialet och deras behandling. En studie rapporterar att medan mattornas tycks mindre inblandade i ozonreaktioner med stigande ålder, verkar bänkytornas åldrande inte ha någon betydelse, troligen därför att de rengörs och behandlas med kemikalier som ozonet reagerar med (8).

Att ozonhalterna inomhus är låga eller till och med närmast omätbara behöver inte betyda att några hälsokonsekvenser av ozon inte uppkommer för den som befinner sig inomhus. Hälsoeffekter av ozon kan också uppkomma sekundärt, genom att ozonet reagerat med ämnen i inomhusmiljön och bildat irriterande ämnen vilka ofta är mer irriterande än de ursprungliga, exempelvis formaldehyd (9).

Rekommendationer

Allt fler hälsoeffekter kopplas till ozon, och ozon uppvisar ett annat mönster tidsmässigt och geografiskt jämfört med de flesta reglerade luftföroreningarna. En studie av barns ozonexponering skulle kunna genomföras i olika delar av landet med en studieort per år och ett rullande schema, dvs liknande som för studien av cancerframkallande ämnen i luft med vuxna.

Utifrån denna pilotstudie kan konstateras att mätningarna för att spegla den mest intressanta exponeringen för ozon bör ske under sommaren, vilket om skolbarn ska inkluderas förmodligen innebär att det vore lättast att göra studien under slutet av vårterminen. I slutet av maj och början av juni är det normalt högre ozonhalter än några veckor in på höstterminen. Skolor kan kontaktas och föräldrar kan informeras några månader i förväg. Ska studien börja vid höstterminens start i slutet av augusti, blir det svårt att rekrytera deltagare och organisera arbetet under månaderna innan det är sommarlov och sedan ett nytt läsår.

Mätningarna på skolgårdar, i skolor och i sovrummet hos barn som bor nära skolan borde helst ske under samma period (vecka), vilket talar för att man behöver kanske tre omgångar ifall mätning hos 15-20 barn startar samma dygn (eftermiddag-kväll).

Eftersom att låga ozonhalter inomhus kan indikera att det bildats andra irriterande ämnen, skulle man inomhus kunna mäta formaldehyd parallellt med ozon, åtminstone inledningsvis och för ett urval av mätplatser.

Referenser

1. WHO (2013). Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP.
2. Olsson D, Ekström M, Forsberg B. Temporal Variation in Air Pollution Concentrations and Preterm Birth — A Population Based Epidemiological Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2012, 9(1), 272-285.
3. Olsson D, Mogren I, Forsberg B. Air pollution exposure in early pregnancy and adverse pregnancy outcomes: a register-based cohort study. *BMJ Open*. 2013 Feb 5;3(2). doi:pii: e001955. 10.1136/bmjopen-2012-001955.
4. Orru H, Andersson C, Ebi KL, Langner J, Åström C, Forsberg B. Impact of climate change on ozone related mortality and morbidity in Europe. *Eur Respir J* 2013, Feb: 41(2): 285-94.
5. Brown KW, Sarnat JA, Suh HH, Coull BA, Koutrakis P. Factors influencing relationships between personal and ambient concentrations of gaseous and particulate pollutants. *Sci Total Environ*. 2009 Jun 1;407(12):3754-65. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.02.016.
6. Hagenbjörk Gustafsson A. Jämförande mätning av ozon utomhus med Ogawa diffusionsprovtagare och referensmetoden UV-fotometri - Rapport till Naturvårdsverket, Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapporter 2012:2, ISSN 1654-7314.
7. Blondeau P, Iordache V, Poupard O, Genin D, Allard F. Relationship between outdoor and indoor air quality in eight French schools. Blondeau P, Iordache V, Poupard O, Genin D, Allard F. *Indoor Air*. 2005 Feb;15(1):2-12
8. Wang H, Morrison G. Ozone-surface reactions in five homes: surface reaction probabilities, aldehyde yields, and trends. *Indoor Air*. 2010 Jun;20(3):224-34. doi: 10.1111/j.1600-0668.2010.00648.x.
9. Weschler, C. J. Ozone's impact on public health: contributions from indoor exposures to ozone and products of ozone-initiated chemistry, *Environ Health Perspect*.2006;114, 1489–1496.

Bilaga

Resultat av ozonmätning på skolor i Uppsala

Mät slut: 2013-05-20

Analysdatum: 2013-05-23

MÄTPLATS		ozonhalt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Almtunaskolan	klass 1A	18,1
Almtunaskolan	klass 4A	20,1
Almtunaskolan	ute	67,9
Björkvallsskolan sal	056 Fysik bottenvån	16,2
Björkvallsskolan	sal 090 bottenvån	15,0
Björkvallsskolan	ute	52,1
Fyrisskolan	C240 matte	16,1
Fyrisskolan	C324	20,4
Fyrisskolan	ute	80,6
Katedralskolan	rum 1207 depårum	30,3
Katedralskolan	rum 205 nära vaktm	16,1
Katedralskolan	ute	67,1
Musikklasserna	sal 1108 plan 1	19,6
Musikklasserna	sal 1310 plan 3	15,1
Musikklasserna	ute	72,3
Sävjaskolan	sal 253 9F	47,7
Sävjaskolan	sal 285 flygeln andra sidan	47,5
Sävjaskolan	ute	55,7

Tunabergsskolan	sal 202 övre vån	12,3
Tunabergsskolan	fysik nedre vån	13,2
Tunabergsskolan	ute	71,5
Vaksalaskolan	klass 2 Furberg	20,5
Vaksalaskolan	rum 214 klass 9 vån 2	39,1
Vaksalaskolan	ute	71,9
Ångeltaskolan	klass 3A bottenvån (rum 15)	17,4
Ångeltaskolan	klass 4B bottenvån	19,7
Ångeltaskolan	ute	70,7
Ärentunaskolan	sal 416 ED bottenvån	48,1
Ärentunaskolan	sal 316 AB bottenvån	13,1
Ärentunaskolan	ute	64,0