УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА

Бранислава И. Матић

ПРЕДИКТОРИ РЕСПИРАТОРНОГ ЗДРАВЉА УЧЕНИКА ОСНОВНИХ ШКОЛА

Докторска дисертација

Ментор: др сци.мед. Нела Ђоновић, редовни професор

Крагујевац, 2018. година

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА

Бранислава И. Матић

ПРЕДИКТОРИ РЕСПИРАТОРНОГ ЗДРАВЉА УЧЕНИКА ОСНОВНИХ ШКОЛА

Докторска дисертација

Ментор: др сци.мед. Нела Ђоновић, редовни професор

Крагујевац, 2018. година

ИДЕНТИФИКАЦИОНА СТРАНИЦА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I Аутор

Име и презиме: Бранислава Матић

Датум и место рођења: 24.05.1963.

Садашње запослење: шеф Одсека за хуману екологију и школску хигијену, Институт за јавно здравље Србије „Др Милан Јовановић Батут“

II Докторска дисертација

Наслов: Предиктори респираторног здравља ученика основних школа

Број страница: 327

Број слика: 8 слика + 88 графикона + 13 мапа

Број библиографских података: 253

Установа и место где је рад израђен: Институт за јавно здравље Србије „Др Милан Јовановић Батут“

Научна област (УДК): Хигијена и медицинска екологија

Ментор: др сци.мед. Нела Ђоновић, редовни професор

III Оцена и одбрана

Датум пријаве теме: 21.11.2013.године

Број одлуке и датум прихватања докторске дисертације: IV-03-184/12 од 02.04.2014.г.

Комисија за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата:
1. **Проф. др Нела Ђоновић**, ванредни професор Факултета медиицнских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Хигијена са медицинском екологијом, председник
2. **Доц. др Гордана Костић**, доцент Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Педијатрија, члан
3. **Проф. др Душица Стојановић**, редовни професор Медицинског факултета Универзитета у Нишу за ужу научну област Хигијена са медицинском екологијом, члан

Комисија за оцену и одбрану докторске/уметничке дисертације:
1. **Доц. др Снежана Радовановић**, доцент Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научу област Социјална медицина, председник
2. **Проф. др Александар Ђорац**, редовни професор Медицинског факултета Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској митровици за ужу научну област Хигијена и хумана екологија, члан
3. **Доц. др Драган Васиљевић**, доцент Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Хигијена и екологија, члан

Датум одбране дисертације:

Сажетак

Поред кућног окружења, школска среднина је деци и адолесцентима, вероватно, најбитнији затворени простор у којем бораве. Од укупног времена које деца проводе у затвореном простору, чак и до 80-90% они то чине у школи или дому. У Србији је похађање школе обавезно за децу узраста од 6 до 15 година, а самим тим и боравак у условима школског окружења. У неколико претходних истраживања закључено је да школска средина може утицати на респираторно здравље ученика, као и на њихову способност усвајања нових садржаја. Поред испитивања квалитета ваздуха и других елемената затвореног школског простора у 10 београдских основних школа, други, специфични циљ овог истраживања било је дефинисање предиктора респираторног здравља ученика тих основних школа. Фокус истраживања биле су концентрације PM_{10}, NO_2, CO_2, CO, бензена, толуена, ксилена, етил-бензена, формалдехида, укључујући и елементе зоне термалног комфора унутар учионица: температура ваздуха, релативна влажност ваздуха, густина заузетости простора, динамика размене ваздуха по особи (l/s/person) и на који начин исти утичу на респираторно здравље изложене деце. Мерења су спроведена у 44 учионице у присуству ученика и наставника. Исти параметри измерени су у амбијенталном ваздуху испред предметних учионица. Поред квантитативних мерења спроведена је и анализа података из три различита упитника (о карактеристикама школе, карактеристикама учионице, подаци о респираторном здрављу ученика дати од стране родитеља/старатеља), укључујући и резултате спирометрије. Сви добијени резултати коришћени су за дефинисање предиктора респираторног здравља ученика, што је уједно и кључни изазов целокупног истраживања. За одређивање предикторског утицаја одабраних варијабли на појаву респираторних сметњи код деце, коришћена је бинарна логистичка регресиона анализа. Као најзначајнији предиктори респираторних сметњи код испитиваних ученика издвојили су се: ниске IAQ концентрације NO_2, бензена и етил-бензена, високе вредности концентрације PM_{10}, формалдехида. Од елемената термалног комфора, као предиктори се издвајају снижена вредност VR (ventilation rate), PM_{10} I/O ratio $\geq 1{,}0$ и високе вредности релативне влажности ваздуха и температуре ваздуха унутар учионица. Изложеност деце дуванском диму у домаћинству због навике пушења родитеља, као и низак степен едукације оба родитеља, значајни су предиктори за појаву респираторних сметњи код испитиваних ученика, међу показатељима социо-економског статуса ученика.

Кључне речи: *школска средина, ученици, респираторно здравље, квалитет ваздуха*

ABSTRACT

Apart from the home, the school environment is probably the most important indoor environment for children and adolescents. Children spend as much as 80-90% of their indoor time either at school or home. In Serbia, school, and thereby, its environment is compulsory for children aged 6 to 15 years. Several recent studies have concluded that the school environment may affect pupils'respirtory health and learning ability. The aim of this study was to study the indoor air quality in 10 primary schools in Belgrade, with emphasis on PM_{10}, NO_2, CO_2, CO, benzene, toluene, xylene, ethyl-benzene, formaldechyde levels, together with the elements of the thermal comfort zone: indoor temperature, relative humidity, occupancy density, personal outdoor air supply rate (l/s/person). Measurements were performed in 44 classrooms, during which, both pupils and teachers were present. Besides quantitative measurements, data analysis of answers from three different questionnaires were performed (school characteristics, classroom characteristics, details on respiratory health given by parents/caregivers), together with the spyrometry results. All obtained data were used for the determination of the predictors for respiratory disorders in school children, being a key challenge of the whole study. For the predictor impact of chosen variables on emergence of respiratory disorders in children, the binary logistic regression analysis was used. As the most significant predictors for the occurence of respiratory disorders, the following were singled out: low levels of IAQ NO_2, benzene and ethyl-benzene concentration, high levels of IAQ PM_{10} and formaldechyde concentrationOut of the group of thermal comfort elements, as predictors, the following stand out by its significance: low ventilation rate (VR), PM_{10} I/O ratio $\geq$ 1,0 and higher indoor air relative humidity and air temeperature, in sellected classrooms. Exposure of children to household second-hand smoke, due to parents' smoking habit, and lower education level of both parents, are proved as significant predictors for respiratory disorders in pupils from the study, among chosen indicators of socio-economic status.

Key words: *school environment, pupils, respiratory health, air quality*

*Посебну захвалност упућујем **Ministry of the Environment, Land and Sea of Italy,** без чије подршке не би ни било*

међународног истраживања чији су резултати предмет

ове докторске дисертације.

Дисертацију посвећујем својој породици.

САДРЖАЈ

1. УВОД

Загађење ваздуха затвореног простора на 10. је месту међу најзначајнијим факторима ризика, са аспекта глобалног оптерећења болестима [1]. Такође, оно се сматра могућим узроком двоструко веће смртности у односу на загађеност амбијенталног ваздуха, тачније 1,6 милиона умрлих/годину, од чега је 2/3 деце [2]. Загађеност ваздуха затвореног простора доводи се у везу са инциденцом акутних респираторних инфекција, које су међу водећим узроцима смртности деце млађе од 5 година, глобално [3].

Истраживања хумане изложености загађујућим материјама у ваздуху, које је спровела Агенција за заштиту животне средине САД *(USA Environmental Protection Agency,* EPA) указују на то да су концентрације већег броја полутаната и до 2–5 пута веће у ваздуху затвореног простора (а некад и до 100 пута), него у амбијенталном ваздуху. Овакав ниво присуства полутаната у ваздуху затвореног простора представља озбиљан разлог за бригу, с обзиром да се процењује да већина људи, укључујући и децу, проводи и до 90% свог времена управо у затвореном простору [4]. Опште је уверење да је изложеност полутантима у затвореном простору, у последњих неколико деценија, значајно порасла из више разлога, а пре свега због измењених грађевинских стандарда са циљем постизања боље енергетске ефикасности, што за последицу има снижење динамике размене ваздуха између амбијенталног ваздуха и оног у затвореном простору *(ventilaton rate)*. Остали чиниоци који утичу на пораст, како врсте, тако и концентрација полутаната су коришћење синтетичких грађевинских материјала (оплате, изолациони материјали) и индивидуална употреба хемијских једињења за личну и кућну хигијену [5].

С обзиром да је густина заузетости затвореног простора већа у школама него у другој врсти нерезиденцијалних објеката, да је доток свежег амбијенталног ваздуха у унутрашњи простор ограничен, а што је често погоршано и лошим грађевинским стандардима зграде, која се при томе недовољно темељно одржава, проблем загађености ваздуха у школама представља озбиљан јавноздравствени проблем [6]. Услед хронично малих финансијских средстава доступних за редовно функционисање и одржавање школских објеката, за очекивање је да је школска средина лошег квалитета, то јест да може представљати значајни јавноздравствени ризик за популацију школске деце која их похађају [7]. Ранија истраживања указала су на следеће чиниоце од значаја за погоршање квалитета затвореног простора школске средине: недовољна вентилација у школама, нарочито зими, недовољна темељитост и учесталост чишћења унутрашњег простора школе и велики број ученика у односу на површину и запремину простора учионице, а што скоро по правилу бива праћено константном ресуспензијом честица са површине пода [6–8].

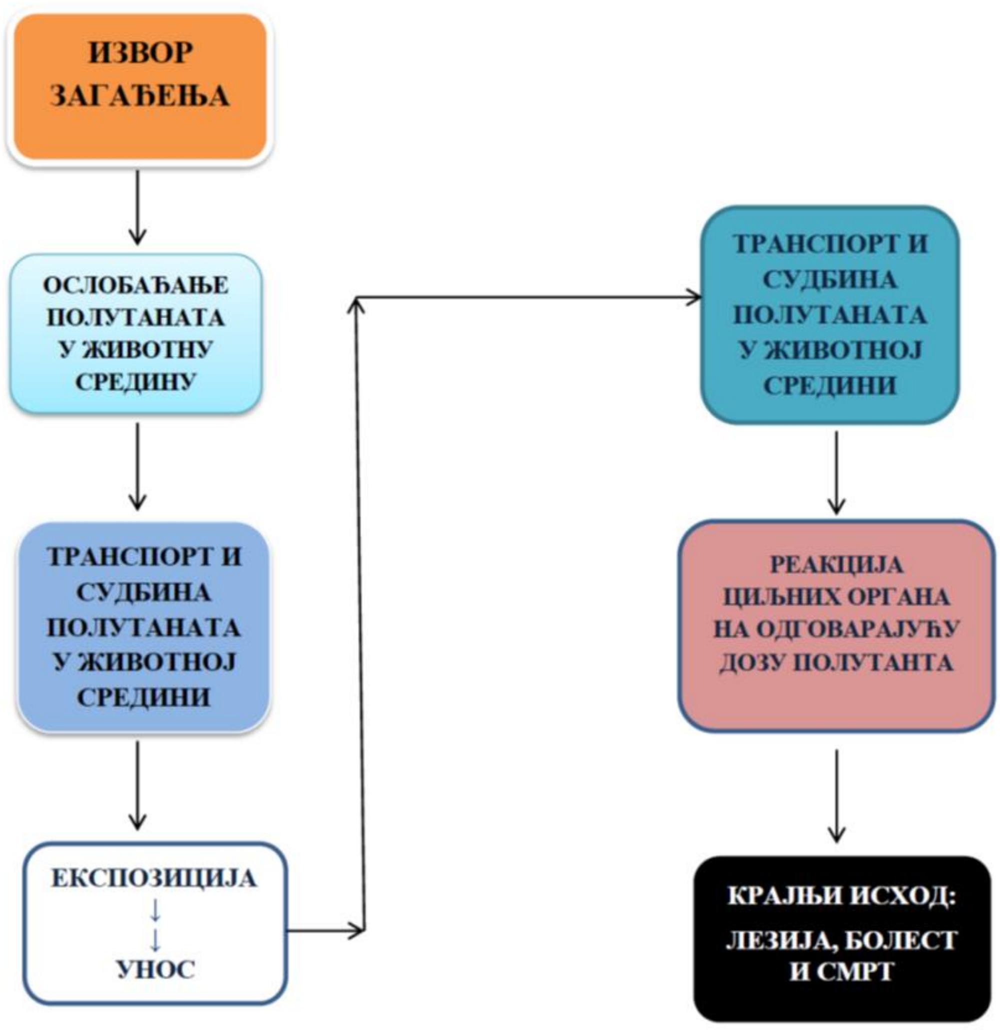
Пропусти у правовременом реаговању на погоршање IAQ могли би за последицу имати као акутно, тако и хронично погоршање здравље изложених особа [9; 10; 11; 12], утичући истовремено и на здравље наставника и деце, њихово осећање комфора, као и постигнућа у савладавању задатака у настави, или учењу [13; 14]. Такође, дуготрајно постојање несанираног лошег квалитета ваздуха затвореног простора, могло би убрзати процес детериорације саме школске зграде и опреме у њој [15].

Како деца најмање трећину свог времена проводе унутар школских зграда, што је неких 7–8 сати дневно у школи, за очекивати је да квалитет ваздуха затвореног простора (даље IAQ, *indoor air quality)* школа, игра кључну улогу у процени утицаја њихове индивидуалне изложености аерозагађењу [6; 16; 17; 18]. Лош IAQ може значајно ометати савладавање градива у току наставе, као и само похађање исте [19; 20]. У последњој деценији, публикован је одређени број студија на тему квалитета ваздуха у школама [21; 22; 23; 24; 25]. Међу најчешће узрочнике напада астме, пореклом од чинилаца животне средине, у овом случају школског окружења, спадају респираторни вируси; инсекти и друге штеточине типичне за такав простор; буђ као последица вишка влаге у згради. Међу остале узрочнике астме који се могу наћи у школском окружењу су присуство дуванског дима и гриње, које опстају у прашини. Деци са већ дијагностикованом астмом, напади погоршања основног обољења могу бити изазвани и присуством других узрочника у школској средини, попут честичног загађења ваздуха услед лоше инсталираних ложишта на чврсто гориво, хемикалија у средствима за чишћење, пестицида и различитих аеросола [26].

1.2. ИЗЛОЖЕНОСТ ОРГАНИЗМА ДЕЈСТВУ ПОЛУТАНАТА ИЗ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Са циљем што бољег фокусирања на механизме којима чиниоци животне средине могу утицати на организам деце, неопходно је на почетку дефинисати термин „изложеност" загађујућим материјама, било које узрасне скупине хумане популације. Уколико особа дође у контакт са полутантом одређене концентрације, у току одређеног временског периода, то се сматра изложеношћу [27]. Ово значи да је за изложеност неопходно истовремено присуство и особе и полутанта. Људи могу бити изложени загађујућим материјама путем инхалације, ингестијом и дермалним контактом [28].

Сагледавајући ризике по здравље глобалне популације, од излагања хемијским једињењима (природним или синтетичким), СЗО је формирала Међународни програм за хемијску безбедност *(International Programme on Chemical Safety,* IPCS), уз помоћ којег ради на томе да се успостави безбедно управљање хемикалијама и да ојача националне капацитете у тој области. Према овом програму СЗО, хемијска безбедност се постиже уз предузимање свих активности које се тичу хемикалија обезбеђивањем што мањег утицаја тих једињења на животну средину и здравље. Светска здравствена организација се у склопу IPCS фокусирала на десет хемикалија које по њој имају највећи јавноздравствени значај, а то су: загађење ваздуха, само по себи; арсен, азбест, бензен, кадмијум, диоксин, флуор, олово, жива и опасни пестициди [29]. У складу са тим, IPCS је израдио „Концептуални модел који повезује услове у животној средини са здрављем", применљив за случај сваке појединачне хемикалије (слика 1), а који објашњава пут опасне хемикалије од извора загађења, преко ослобађања у животну средину (где постаје „полутант"), транспорта кроз њу, уласка у организам и механизме деловања на органе и системе, са коначним исходом, то јест, болешћу или смрћу [30].



Слика 1. Концептуални модел (IPCS)
Извор: [30]

Суштина овог модела огледа се у следећем: да би се полутанти ослободили у животну средину, неопходно је да постоји извор загађења. Једном ослобођена загађујућа материја из свог извора транспортује се кроз различите медијуме животне средине, у зависности од својих физичко-хемијских карактеристика, као и специфичних афинитета тих истих фракција животне средине да одреагују са њом. Организам човека се у свом животном окружењу излаже деловању тако ослобођене загађујуће материје, након чега се иста уноси у организам, при чему пут уноса може бити различит, тј. путем инхалације, ингестије *(per os)* или перкутано.

1.3. ПОСЕБНА ОСЕТЉИВОСТ ДЕЧЈЕГ ОРГАНИЗМА НА ИЗЛОЖЕНОСТ ТОКСИЧНИМ ЗАГАЂУЈУЋИМ МАТЕРИЈАМА ИЗ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

У последњих сто година дошло је до снажног заокрета у моделу оболевања деце у индустријски развијеним земљама. Инциденца класичних заразних болести је значајно смањена, услед чињенице да је такве болести данас могуће много успешније контролисати. Такође, очекивана дужина живота на рођењу је повећана за више од 20 година. Клиничка тешка хронична обољења, од којих данас болују деца, која, са једне стране, доводе до тешких онеспособљења деце, а с друге могу довести до акутизација таквог степена да представљају претњу по живот, данас се сврставају у термин „нови педијатријски морбидитет” [31; 32].

Истовремено са примећивањем поменутог тренда у моделу оболевања, са превагом хроничних обољења над инфективним, све више је истраживања заснованих на доказима да управо нека токсична хемијска једињења могу значајно допринети настанку или чак узроковати таква обољења, уколико су им деца дуготрајно изложена. Деца су екстензивно изложена синтетичким хемијским једињењима у свом окружењу, којих је током последњих деценија у оптицају у индустријски развијеним земљама чак 85.000, од којих се 2800 масовно производи, а што значи више од 500.000 kg годишње. Мање од 45% ових агенаса је прошло базична истраживања на токсиколошки учинак, док је код мање од 10% истраживан њихов токсиколошки ефекат на организам у развоју [31; 33; 34].

Од 102 категорије обољења, груписаних од стране СЗО у болести и трауматизам [35], ризици пореклом из животне средине доприносе оптерећењу болестима у 85 категорија. Процењено је да, на глобалном плану, 24% оптерећења болестима (изгубљене године здравог живота, *healthy life years lost)* и 23% превременог морталитета узрок има у чиниоцима животне средине. У складу са горе наведеним вулнерабилностима дечјег узраста, код деце узраста 0–14 година, ова пропорција смртности износила је чак 36% [36]. Такође, у свом нешто ранијем истраживању, СЗО је заједно са другим агенцијама Уједињених нација дефинисала јасне пропорције оптерећености болестима за шест кључних категорија болести које се могу довести у везу са излагањем загађеној животној средини, а да је њихов укупан збир од 33% приближан проценту добијеном у већ поменутом истраживању из 2006. године [35].

Табела 1. Оптерећеност болестима за шест кључних категорија обољења која се могу повезати са загађеном животном средином

Болести	**Удео у глобалној оптерећености болестима (%)**
Дијареална обољења	90
Маларија	90
Акутне респираторне инфекције	60
Хронична респираторна обољења	50
Задесни трауматизам	30
Карцином	25
Укупно оптерећење болестима узрокованим утицајем животне средине	33

Извор: [37]

У смислу реченог, превенцијом изложености деце хазардима из животне средине може се умањити повређивање, као и појава акутних обољења, попут акутне респираторне инфекције и дијареје, али и болести са дужим латентним периодом, попут канцера.

Како је дечији организам, уопште узев, осетљивији и подложнији, када је у питању изложеност токсичним хемикалијама, њихово присуство у дететовом окружењу представља значајан разлог за бригу, јер се сматрају потенцијалним изазивачима болести код деце. У последњим деценијама се запажа пораст преваленце следећих поремећаја здравља: конгениталне малформације, астма, карцином, неуролошки и бихејвиорални поремећаји [38]. Ово би се могло објаснити чињеницом да су, у односу на своју телесну масу, деца изложена већој концентрацији хемикалија по 1 кг телесне масе [39]. Такође, дететов убрзани раст може лако бити поремећен дејством токсичних експозиција, а пред њима је већи број година у току којих могу развити обољења, као последицу те исте експозиције, по типу дуготрајне изложености ниског интензитета [30]. При томе, токсичне хемикалије се различито апсорбују, дистрибуирају, метаболишу и екскретују, у зависности од узраста [40]. Даље, све до адолесценције, мождане структуре не постижу свој потпуни развој, што дететов мозак чини много осетљивијим на дејство отровних материја, попут тешких метала, органских растварача, као и неких гасова, у односу на мождане структуре одраслих [41; 42].

Према СЗО, ризици којима се деца излажу, по својој природи, могу бити биолошки (микроорганизми), физички (траума, нефизиолошки температурни услови, зрачење) и хемијски (токсичне материје – емисије, контакт, унос). Експозиција истима одвија се преко различитих фракција животног окружења (вода, ваздух, земљиште), на следећи начин: коришћењем хигијенски небезбедне воде за пиће и рекреацију, удисањем загађеног амбијенталног и ваздуха затвореног простора, и коришћењем предмета опште употребе (играчке), из којих се ослобађају тешки метали и перзистентни органски полутанти. Што се простора у којем се одвија експозиција опасним материјама тиче, то могу бити кућна средина, школа, превоз и простор за рекреацију [43; 44].

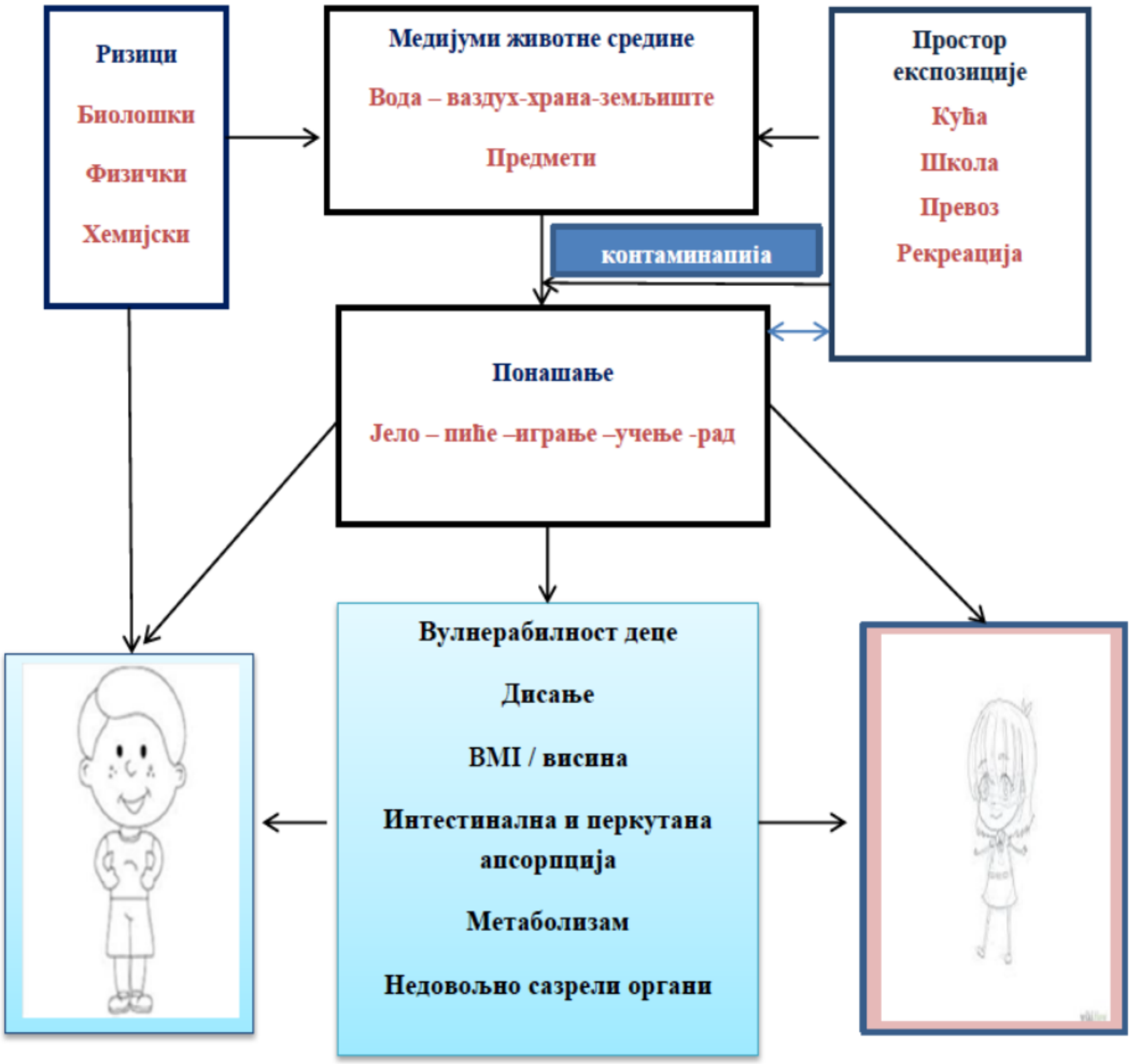
Даље, на интензитет изложености полутантима, значајни утицај може имати и дететов модел понашања, што представља друштвени аспект изложености. Наиме, дете предшколског и школског узраста још увек живи по друштвеним моделима наметнутим од стране старатеља, а што се пре свега односи на врсту хране, место конзумирања исте и учесталост њеног уноса, као и на адресу школе коју похађа и место где проводи своје слободно време. Чињеница да дете јесте било изложено одређеним факторима ризика из животне средине, усложњава се доказаном повећаном вулнерабилности организма детета на утицаје присутних ксенобиотика, у односу на организам одраслих [45]. Евиденција о врсти понашања детета, према узрасној групи којој припада, дата је у табели која следи.

Табела 2. Утицај понашања детета (према узрасту) на интензитет експозиције организма полутантима

Узрасна група (године)	**Понашање**
0–3	**0–3 месеци:** углавном проводе време у лежећем положају / пасивно ношени. **>3 месеца**: приношење устима руку и предмета, респираторна зона близу пода, формирање персоналних облака прашине са све живљим покретима **1–3 године:** шири варијабилитет окружења у зони дисања, све интензивнија динамика физичке активности.
3–6	Умерено спровођење навике сисања руку и предмета, континуирано повећање бављења у спољашњем простору, интензивнија физичка активност.
6–12	Смањен орални контакт са рукама и предметима, као и дермални контакт са површинама. Проводи више времена у школи; спортске активности.
12–16	Могућ директни контакт са дуваном (активно пушење, пасивно у току забавних активности). Све више времена се проводи ван куће. Могућа професионална изложености ноксама (рад уз школу, омладинске задруге).
16–18	Самостално активно учешће у саобраћају, проширене могућности за запослење.

Извор: [46]

Слика 2 повезује набројане чиниоце осетљивости на ризике из животне средине дечије популације на поједностављени начин.



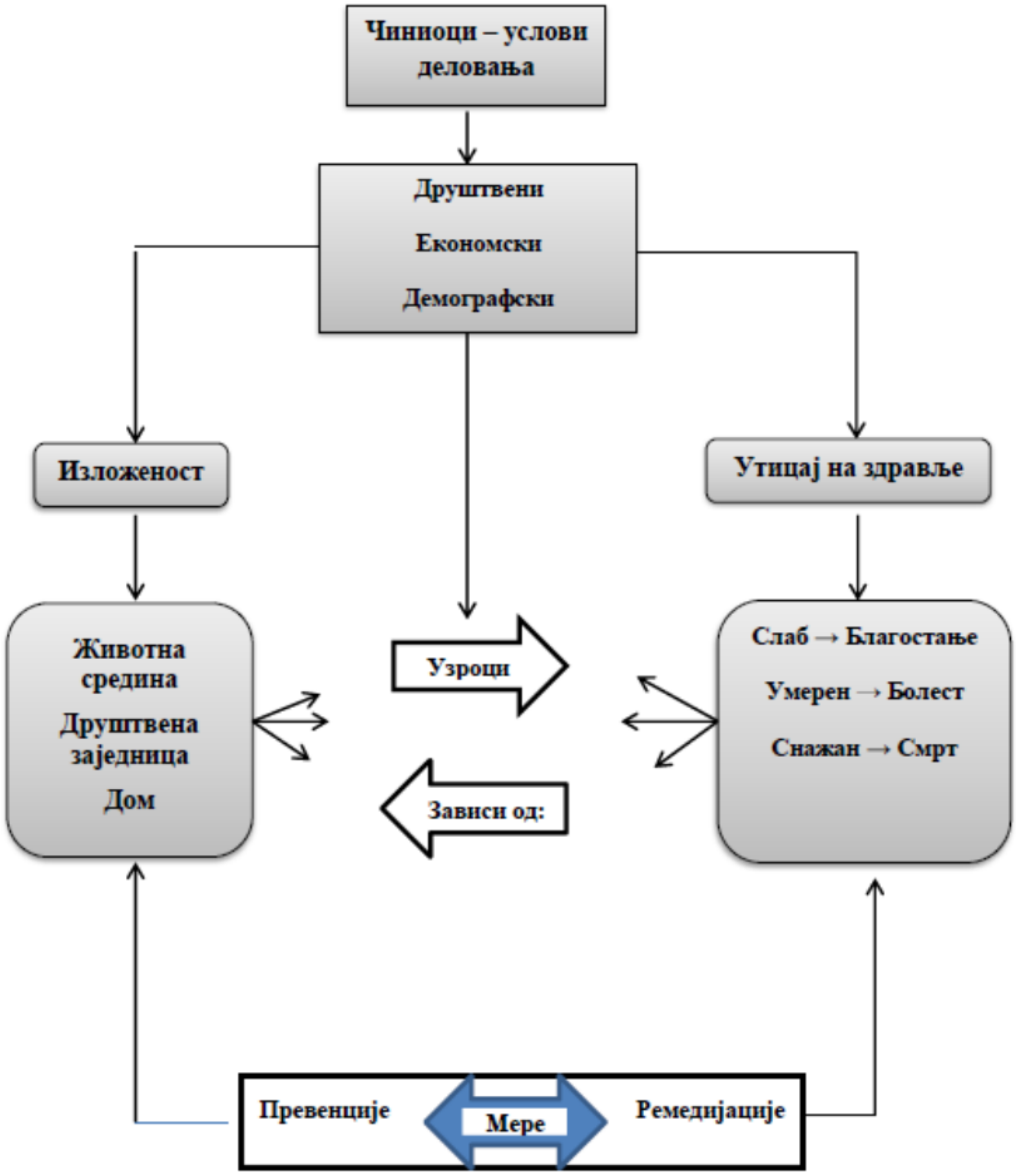
Слика 2. Сложеност утицаја комбинованих ризика из животне средине на здравље деце

Извор: [43]

1.3.1. Концептуални модел здравствених показатеља стања животне средине за процену изложености деце

Један од ефикаснијих начина за прикупљање информација (података) о стању животне средине и о потенцијалном ефекту њених чинилаца на здравље је коришћење индикатора. Поред већ приказаног концептуалног модела за изложеност опште популације, Светска здравствена организација је дефинисала оквир за праћење и евиденцију здравствено-еколошких индикатора, од значаја за дечији узраст. У том смислу, MEME Model *(Multiple Exposure Multiple Effects Model,* Модел вишеструких изложености и вишеструких ефеката) пружа концептуалну и теоретску основу за развој, колекцију и коришћење здравствено-еколошких индикатора *(environmental health indicators)* [47]. Овим моделом се наглашава комплексна веза успостављена између експозиције чиниоцима окружења и здравственим последицама код изложене деце. Индивидуална изложеност може за последицу имати различите здравствене исходе, тако да су специфични исходи најчешће последица вишеструког истовременог излагања различитим агенсима из животне средине. Такође, интензитет и врста изложености, учинак изложености на здравље, као и њихове међусобне интеракције, под истовременим су утицајем друштвених, економских и демографских чинилаца дететовог окружења [48]. Овај начин повезивања чинилаца окружења и здравља детета приказани су на слици бр. 3 (MEME model) и могу се објаснити на следећи начин: у склопу свог матичног окружења у којем се дете развија под утицајем друштвених, демографских и економских услова, оно бива изложено факторима ризика пореклом из животне средине у свом дому, школи, простору за игру, а што се може повезати и са социо-економским статусом, навикама родитеља (пушење, нпр.), као и адресом школе коју похађа [47].

Управо је и намера ове тезе да анализира и потом потврди постојање повезаности свих поменутих чинилаца окружења и поремећаја респираторног здравља код посматране деце.



Слика 3. MEME модел

Извор: [47]

1.4. ПОЈАМ ЗАГАЂЕЊА ВАЗДУХА

Ваздух који удишемо представља мешавину гасова, малих чврстих честица и диспергованих капљица. Човек просечно удахне 22.000 пута на дан, уносећи, при том, око 24 кг ваздуха, како би се задовољила потреба организма за кисеоником. Загађење ваздуха настаје из три врсте извора антропогеног порекла, и то: стационарних (индустријски објекти, котларнице), мобилних (моторна возила) и оних који емитују загађујуће материје у самом затвореном простору. До загађења ваздуха долази када ваздух у себи садржи супстанце у количини која може деловати штетно на осећај комфора или здравље људи/животиња, или да је исто способно да начини штету биљном свету и материјалима. Ове супстанце називамо полутантима, који по својој природи могу бити честице чврсте материје, капљице, гасови [49].

Иако се ова дисертација бави истраживањем шире групе показатеља стања целокупне школске средине и њиховим утицајем на респираторно здравље деце, квалитет ваздуха, пре свега у затвореном простору учионица (IAQ), представља доминантно поље за проучавање таквих корелација. Поред стриктног истраживања IAQ у учионици, у односу на већ постојеће пасивне карактеристике учионица, ово истраживање прати могући утицај квалитета амбијенталног ваздуха на концентрације загађујућих материја у унутрашњем простору.

1.4.1. Посебна подложност деце на штетне утицаје аерозагађења

У поређењу са организмом одраслих особа, деца су осетљивија на штетне утицаје загађења ваздуха. Осамдесет посто алвеола се формира у постнаталном периоду, тако што се промене у плућном ткиву у континуитету одвијају и током адолесценције [50]. У току раног постнеонаталног периода плућа су веома подложна оштећењима изазваним експозицији токсичних материја присутним у животном окружењу [51; 52]. Деца су интензивније изложена многим продуктима аерозагађења у поређењу са одраслима, с обзиром на убрзану вентилацију и већи интензитет физичке активности [53]. Такође, како деца, у поређењу са одраслима, проводе више времена напољу, изложенија су амбијенталном аерозагађењу од одраслих [54].

Светска здравствена организација дефинисала је чиниоце који би могли да појачају подложност дечије популације штетним утицајима аерозагађења. Листа фактора започиње од оних чији је утицај могућ још у интраутерином периоду, па се међу потенцијалне детерминанте осетљивости на аерозагађење уврштавају и континуирани процес раста и развоја плућа, недовољно зрели метаболички системи, неформирани имуни одговор домаћина, високе стопе респираторних инфекција, као и модели активности и понашања које организам чине још подложнијим утицају аерозагађења [55].

Табела 3. Категорије фактора који одређују осетљивост деце на инхалацију полутаната

Повезани са:	**Детерминанте осетљивости**
растом и развојем плућа	– осетљивост дисајних путева и алвеола у процесу ткивног развоја и раста плућа – незрелост механизама одбране домаћина
моделом понашања и навика у функцији провођења времена у току дана	– време проведено у затвореном простору – убрзана вентилација плућа у току игре и физичке вежбе
појавом хроничних обољења	– висока преваленција астме – пораст преваленција цистичне фиброзе
појавом акутних обољења	– високе стопе оболевања од акутних респираторних инфекција

Извор: [55]

Оно што представља додатни разлог за бригу, у смислу повећане подложности дечијег организма на штетне ефекте услед излагања полутантима у IA, је могућност развијања поремећаја плућне функције и хроничних обољења и након истека дугог времена од излагања у школском узрасту. Оштећење плућа у фази развоја, настало у узрасту детета, може редуцирати достигнути максимални функционални капацитет плућа, умањујући његове функционалне резерве са уласком у одрасло доба, чиме се појачава подложност штетном дејству пушења цигарета, професионалне експозиције, као и деловању других чинилаца присутних у животној и радној средини. На пример, активно и пасивно пушење у току детињства умањује брзину развоја плућа, као и достигнути максимални функционални капацитет плућа [56].

1.5. КАРАКТЕРИСТИКЕ УНУТРАШЊЕГ ПРОСТОРА ОБЈЕКАТА И ПОТЕНЦИЈАЛНИ УТИЦАЈ НА ЗДРАВЉЕ

Све до скора, при анализи штетног утицаја загађеног ваздуха на респираторно здравље, акценат је био на квалитету амбијенталног ваздуха [57]. У складу са тим, извештавано је да искључиво амбијентални ваздух, т.ј. концентрације NO_2, PM_{10} и озона узрокују повећање преваленце астме, њено погоршање, и то најчешће код деце [58]. Данас се зна да загађење ваздуха затвореног простора (даље IAP, *indoor air pollution)* има подједнак, ако не и већи утицај на здравље деце, у поређењу са присуством полутаната у амбијенталном ваздуху [59–64]. Ово се дешава јер је време које се проводи у затвореном простору, углавном, дуже од оног проведеног споља, у природи, на улици. Такође, затворени простор обилује различитим изворима загађења, укључујући истовремено детектовање полутаната доспелих од споља и оних загађујућих материја примарно насталих унутар просторија. То се, пре свега, односи на емисију формалдехида и других VOCs чије су концентрације често више у ваздуху затвореног простора, него у амбијенталном ваздуху узоркованом испред прозора [65–67]. Елементи који доприносе повећању концентрације полутаната у затвореном простору су, на пример: намештај од иверице, синтетичке подне и зидне облоге.

Изложеност IAP је доведена у везу са различитим последицама по здравље, укључујући поремећаје респираторног здравља, као и егзацербацију дечје астме [68; 69]. Такође, према *European Union Environment and Health Action Plan,* евалуација ризика од значаја за развој астме код деце, представља један од кључних приоритета Европске комисије [70].

1.5.1. Респираторне сметње као последица утицаја активних и пасивних чинилаца школске средине и социо-економских услова у животном окружењу

Астма, заједно са осталим респираторним поремећајима праћеним свирањем у грудима *(wheezing,* визинг), једно је од најчешћих обољења код деце, то јест, најчешћи је узрок дечјег морбидитета и хронично обољење са највећом преваленцом у тој популационој групи [71; 72]. Штавише, у последњим деценијама преваленца астме је вишеструко повећана, нарочито у земљама западне Европе [72–75], што се бар једним делом може објаснити повећањем сензибилизације на алергене отвореног и затвореног простора, могућим синергистичким ефектом пасивног пушења цигарета у детињству и аерозагађењем као последицом индустријализације [76].

Преваленца астме код деце демографски варира и током времена се мења. Утврђено је, на пример, да је у Великој Британији преваленца симптома свирања у грудима код деце од 13 и 14 година била око 14% у току 1996. године, док се 1997. године у истој добној групи повећала на 32%. У Сједињеним Америчким Државама је процењена преваленца астме у току 1997. године износила 22%, док је на Новом Зеланду исте године она била 30% [77]. Такође, тада је уочен и пораст преваленце астме код одраслих особа, који је ипак био мање изражен него онај у дечјој популацији [78].

1.6. ПОЈАМ ШКОЛСКЕ СРЕДИНЕ И ПОТЕНЦИЈАЛНИ РИЗИЦИ ПО ЗДРАВЉЕ УЧЕНИКА

Према дефиницији СЗО, *школску средину*, у физичком смислу, чине: школске зграде са садржајем, грађевинске компоненте и инфраструктура, намештај, коришћење и присуство хемијских и биолошких агенаса, локалитет на којем је школа изграђена, као и оно што школу окружује, укључујући ваздух, воду и материјале са којима деца могу ступити у контакт, уз оближње земљиште, путеве и друге присутне ризике по њихово здравље. Имајући у виду све набројане елементе школске средине, под појмом „здраве школе”, СЗО подразумева *„школу која у континуитету подиже сопствене капацитете у смислу адекватног и здравствено безбедног простора за учење, рад и игру”* [43].

Табела 4. Компоненте здравог школског окружења

Видови заштите деце	Елементи ризика у школском окружењу
Обезбеђивање основних услова у школи	• смештај (грађевинске карактеристике) • осећај топлоте, загрејаности простора • вода, храна, светлост • вентилација • санитарни простор • доступност хитне медицинске неге
Заштита од биолошких ризика	• присуство буђи • небезбедно/недовољно водоснабдевање • небезбедна храна • векторски преносиве болести, глодари и инсекти
Заштита деце од физичких ризика	• саобраћај, трауматизам • насиље и криминалитет • екстремно хладни/топли микроклиматски услови • зрачење
Хемијски ризици – спречавање изложености	• загађење ваздуха, воде • пестициди, средства за чишћење • опасни отпад • опасни (грађевински) материјали, зидне облоге непровереног хемијског састава • присуство азбеста

Школско окружење, у физичком смислу, може снажно утицати на здравље деце, из неколико разлога.

- Окружење представља једну од примарних детерминанти здравља деце: контаминирани извор водоснабдевања може проузроковати дијареалне поремећаје, загађење ваздуха може погоршати акутне респираторне инфекције и бити окидач за нападе астме, и, такође, изложеност олову, арсену, органским растварачима и пестицидима може довести до различитих поремећаја здравља, па и до смртног исхода [79; 80; 81].
- Друго, деца могу бити подложнија на штетне утицаје хемијских, физичких и биолошких агенаса у односу на одрасле. Она се налазе у фази динамичног раста, при чему се њихов нервни, имуни, респираторни, ендокрини, репродуктивни и дигестивни системи још увек развијају. У тој фази развоја, способност њиховог организма за детоксикацију и екскрецију токсина још није достигла капацитет одраслих. У том смислу, изложеност токсичним материјама из животне средине, у детињству, може довести до иреверзибилних поремећаја битних за неометени развој органа и органских система [44].

- Деца мањег узраста имају убрзано дисање те, пропорционално својој тежини, унесу више хране и воде него одрасли. Они попију 2,5 пута више воде и поједу 3–4 пута више хране, уз размену двоструко веће запремине ваздуха, него одрасли. Из овога следи да деца апсорбују више токсичних материја путем ваздуха, воде или хране, што их чини да су осетљивија на утицаје акутних и хроничних ризика из животне средине [39].
- Чињеница је да су, у односу на одрасле, деца својим нижим растом ближа тлу, на којем бивају сталожени многи контаминанти, чији физички „носач" су честице прашине [34].
- Модели детињег понашања се значајно разликују од понашања одраслих, што их излаже оним чиниоцима из животне средине којима се одрасла популација ретко излаже, попут жвакања и стављања у уста прстију и нејестивих предмета *(pica behaviour)*, као и чести изостанак прања руку. Ово је битно напоменути, јер, у том периоду, деци недостаје моћ процене ризика, заснована на искуству [82].
- Деца пред собом имају дужи период живота од већине одраслих, који је сасвим довољан за развој хроничних обољења, чији окидач је била, управо рана изложеност токсичким материјама из њиховог животног окружења [83]. За многе од ових болести, укључујући карцином и неуродегенеративна оболења, сматра се да се развијају у етапама, које понекада захтевају и читаве деценије да се развију од иницијалног оштећења ткива до праве манифестације болести. У том смислу, више је вероватно да ће изложеност канцерогеним и токсичним материјама у пренаталном периоду довести до обољења, него да је до експозиције дошло у каснијем животном периоду. Након што је дете у предшколском узрасту већ постало осетљиво, с обзиром на излагање токсичним материјама у окружењу свог дома, оправдан је страх да ће његово даље излагање неповољним условима који постоје у школској средини довести до веће вероватноће да оболи од неког хроничног обољења, пре свега респираторне и неуролошке природе [34; 41].

1.7. ЧИНИОЦИ КОЈИ УТИЧУ НА КВАЛИТЕТ ВАЗДУХА ЗАТВОРЕНОГ ПРОСТОРА ШКОЛА ОД ЗНАЧАЈА ЗА ИСТРАЖИВАЊЕ

С обзиром да је школска средина само један вид затвореног простора у којем деца проводе већи део свог времена, неопходно је објаснити опште карактеристике заједничке за све такве објекте, као и потенцијалне ризике по здравље оних који у њима бораве.

Термин „Квалитет затвореног простора" тј. *Indoor Environmental Quality* (IEQ) представља скуп атрибута посматраних затворених простора који подразумевају термичко, акустичко и визуално окружење, као и квалитет ваздуха тог истог затвореног простора *(indoor air quality,* IAQ). Квалитет затвореног простора одређен је како физичким (мерљивим) факторима, тако и чиниоцима перцепције (осећај комфорности). Унутар изграђеног простора, IEQ може утицати на здравље и осећај благостања оних који у њему бораве, као и на њихову продуктивност [84]. Кључне компоненте које одређују квалитет затвореног простора можемо класификовати на следећи начин: квалитет ваздуха затвореног простора, термални комфор, акустички услови окружења, као и светлосни и визуални елементи простора, без занемаривања утицаја квалитета амбијенталног ваздуха, у окружењу објекта [84; 85].

Свака појединачна затворена микросредина поседује јединствену комбинацију горе наведених чинилаца, коју одређују квалитет локалног амбијенталног ваздуха, специфичне особине саме зграде, као и врста активности која се у том простору обавља [86]. Затворена микросредина је, такође, и под утицајем различитих елемената саме грађевине, који у одређеној мери могу утицати на здравље и/или елементе комфора оних који у њој проводе део свог времена [87].

Проблеми IAQ у школама могу се сматрати знатно озбиљнијим него што је то случај у другим типским зградама, пре свега, због веће заузетости простора *(occupant density),* недовољног прилива свежег ваздуха од споља, а што може бити искомпликовано лошим квалитетом градње, као и нередовним одржавањем зграде. У том смислу, услед лошег IAQ, могуће је регистровати притужбе на непријатан мирис у просторијама, лоше услове комфора, као и повећану инциденцију алергијских, астматичних и инфективних поремећаја здравља [7].

На квалитет ваздуха затвореног простора могу утицати: извори загађења лоцирани ван посматране зграде (загађење амбијенталног ваздуха), као и извори полутаната који потичу из самог унутрашњег простора. По својој структури и саставу, загађујуће материје, емитоване у једном или оба ова простора, могу бити сачињене од честица и прашине (укључујући микробиолошке резидуе), влакана, биоаеросола, гасова и пара [87,88].

1.8. УТИЦАЈ ПАСИВНИХ КАРАКТЕРИСТИКА УЧИОНИЦЕ НА АКТИВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ (КОНЦЕНТРАЦИЈЕ ПОЛУТАНАТА)

Према овом истраживању, пасивне карактеристике учионице чине елементи у току истраживања затеченог стања учионице (под, зид, намештај, табла, окренутост учионице дворишту/прометној улици, начин чишћења учионице). С друге стране, активне карактеристике представљају измерене концентрације загађујућих материја, тип вентилације и учесталост проветравања, број деце присутан у учионици.

1.8.1. Утицај пасивних карактеристика учионица на квалитет ваздуха затвореног простора)

Унутрашњи простор школа *(indoor school environment)* представља комплексно окружење, с обзиром да су деца изложена већем броју чинилаца, који су заједно у стању да негативно утичу на њихово здравље, попут: број и узраст деце, врста активности која се обавља у одређеним просторијама школе, грађевинске карактеристике објекта, извори загађења унутар зграде; концентрација полутаната у амбијенталном ваздуху, као и тип вентилације [22; 89–94]. Школе урбаних подручја смештене су у близини прометних саобраћајница, што може узроковати значајно концентрисање полутаната пореклом од саобраћаја у ваздуху учионица и других просторија у којима бораве деца.

IAQ у школама је привукла значајну пажњу стручне јавности, у скорашње време, с обзиром да деца већину свог активног времена проводе у школи (8–10 h/дан, од чега само 2–3 сата дневно напољу) [95]. IAQ проблем у школама може се сматрати озбиљнијим, у односу на друге типове зграда, пре свега, због веће заузетости простора *(occupancy density),* недовољног прилива свежег ваздуха из спољашње средине, а што може бити усложњено лошим квалитетом градње, као и нередовним одржавањем објекта школе. Као последица неодговарајућег IAQ школског простора могу се регистровати притужбе на непријатан мирис, лоше услове термалног комфора, као и повећана инциденција алергијских појава, астме и респираторних инфекција [31]. Грађевински материјали могу ослобађати широк спектар полутаната у ваздух учионица, попут формалдехида из намештаја од иверице и угљоводоника из зидних облога и средстава за чишћење [66].

Чак и да квалитет унутрашњег простора школе није адекватан за одржавање наставе и боравак деце, она нису у позицији да бирају други простор, са повољнијим условима. Изложеност различитим контаминантима у таквом затвореном окружењу може утицати да се код деце испоље различити поремећаји здравља, с обзиром да су деца пријемчивија на штетно дејство загађујућих материја присутних у ваздуху, него одрасли. Ово се објашњава чињеницом да, према њиховој телесној маси, деца удишу већу запремину ваздуха, као и да им витална ткива и органи пролазе кроз фазу интензивног развоја [8].

Неодговарајуће вредности показатеља IAQ, такође, могу значајно утицати и на њихову способност усвајања нових знања. У том смислу, задовољавајући квалитет унутрашњег простора школе може значајно допринети добром здравственом статусу ученика, као и њиховим бољим постигнућима. Као најзначајније загађујуће материје које се могу измерити у ваздуху затвореног простора школе, издвајају се: VOCs (испарљива органска једињења), угљен-диоксид, формалдехид, азот-диоксид, заједно са различитим биолошким контаминантима [18, 96–101]. Велики број истраживања бавио се изложеношћу ученика набројаним полутантима и потенцијалним штетним последицама по здравље изложене деце, њихов апсентизам, као и академска постигнућа [8; 15; 22; 102; 103,104].

1.9. РАЗУМЕВАЊЕ УЗРОКА СТВАРАЊА НЕОДГОВАРАЈУЋЕГ КВАЛИТЕТА ВАЗДУХА ЗАТВОРЕНОГ ПРОСТОРА У САВРЕМЕНОМ ЗИДАНОМ ОКРУЖЕЊУ

У протеклих неколико деценија, изложеност људи загађујућим материјама у ваздуху затвореног простора се значајно повећала истовременим утицајем више различитих фактора, у које спадају:

- изградња зграда компактније конструкције;
- смањена VR *(ventilation rate)* као последица приоритета енергетске ефикасности зиданих простора;
- коришћење синтетичких грађевинских материјала и оплата (зидови, подови);
- коришћење средстава за личну хигијену и хигијену простора са високим садржајем агресивних хемикалија;
- повећана комплексност савремених грађевинских система;
- пропадање зграда са протоком година, неодговарајуће одржавање и дизајн зграде који не одговара примарној намени;
- континуирано пренатрпавање школског простора као последица повећаног броја уписаних ученика, или сталним додавањем нових намена за дате школске просторије; и
- смањење расположивих ресурса (финансијски и људски) неопходних за несметано функционисање и одржавање школских објеката [105–107].

Гледано у ширем контексту, IAQ је резултат сложених интеракција између карактеристика зграде (географска позиција, старост, присуство влаге), грађевинске структуре и људи који у истој бораве. У том смислу, четири групе чинилаца могу утицати на IAQ:

• извори загађујућих материја у унутрашњем простору;

• врста грејања, вентилације и кондиционирања ваздуха (HVAC = *heating, ventilation and air-conditioning);*

• путеви кретања полутаната у ваздуху;

• особе које бораве у датом простору [108].

Табела 5. Типични извори загађења у ваздуху затвореног простора

ТИПИЧНИ ИЗВОРИ ЗАГАЂЕЊА У ВАЗДУХУ ЗАТВОРЕНОГ ПРОСТОРА			
Спољни извори	**Техничке компоненте простора**	**Грађевинске компоненте /оплате**	**Други извори у унутрашњем простору**
Загађен амбијентални ваздух: - полен, прашина, споре - индустријске емисије - саобраћајно загађење **Оближњи извори:** • докови за претовар • ауто паркинг или паркинг за теретна возила • испарења из контејнера за смеће • излив санитарног отпада или емисије из димњака оближњих зграда поред вентилационих отвора **Подземни извори:** • радон • пестициди • цурење из подземних танкова • земни гасови	**HVAC опрема:** - микроорганизми који се размножавају у посудама за скупљање воде, цевима, калемовима и овлаживачима - непрописно одвођење гасова, продуката сагоревања - прашина, честична или влакнаста прљавштина пореклом од цеви или њихових облога - сепаратори постављени у водоводним цевима, шахтовима **Друга техничка опрема:** - емисије из канцеларијске опреме (VOCs, озон) - емисије из оближњих радњи, лабораторија, процеса чишћења	**Компоненте:** - микроорганизми који се размножавају на материјалима запрљаним земљом, водом - сува сита за пролаз гасне емисије из канализације - материјали који садрже VOCs, неорганска једињења или оштећене азбестне компоненте - материјали који продукују честице (прашину) или влакна • тунели, подруми • зид/под запрљан влажном земљом **Намештај/политуре:** • емисије из новог намештаја, подних облога и текстила • микроорганизми који се размножавају на влагом оштећеном намештају	- хемијске лабораторије - кабинети за ликовно - простор за копирање /штампање - простор за припрему хране и исхрану - просторије за пушење - материјали за чишћење - емисије са ђубришта - пестициди - испарења и снажан мирис од VOCs из боја и других оплата - особе са заразним обољењем које се преноси капљичним путем - инсекти и друге штеточине - средства за личну негу - грађевински материјал у учионицама - активности реновирања простора

Извор: [108]

1.10. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЗАГАЂУЈУЋИХ МАТЕРИЈА МЕРЕНИХ У ТОКУ ИСТРАЖИВАЊА У АМБИЈЕНТАЛНОМ ВАЗДУХУ И ВАЗДУХУ ЗАТВОРЕНОГ ПРОСТОРА УЧИОНИЦЕ

Од гасовитих фракција ваздуха затвореног простора учионица, у истраживању су мерене концентрације азот-диоксида (NO_2), угљен-моноксида (CO), угљен-диоксида (CO_2), формалдехида (H_2CO), као и TVOC (benzene, toluol, xilol, ethyl-benzene, испарљива органска једињења = *Volatile organic compounds).* Концентрације ових полутаната мерене су на две различите тачке, унутар учионице, и испред прозора учионице у спољашњој школској средини (улица, двориште), како би се утврдила евентуална повезаност између висине концентрације у два упоредно узета узорка.

Од честичног загађења ваздуха у школској средини (у учионици и ван ње, у спољашњој средини) праћене су концентрације честица пречника мањег од 10 микрона (PM_{10}).

1.10.1. Гасови мерени у истраживању

а) Формалдехид, HCHO

б) Азот-диоксид, NO_2

в) УГЉЕН-МОНОКСИД, CO

г) УГЉЕН-ДИОКСИД, CO_2

д) VOC (Benzen, Toluen, Xylene, BeToXy)

а) ФОРМАЛДЕХИД, HCHO

Формалдехид је безбојни, запаљиви гас, јаке реактивности на собној температури, што га чини потенцијалним полутантом у ваздуху затвореног простора. Ово једињење је органске природе, а припада великој групи испарљивих органских једињења *(Volatile organic compounds,* VOCs). Формалдехид се на тржишту налази под именом *Формалин,* у виду воденог раствора 30–50%. У амбијенталном ваздуху, брзим процесом фото-оксидације, формалдехид прелази у угљен-диоксид. Такође, у реакцији са хидроксилним радикалима, гради формичну киселину *(formic acid).* У зависности од услова у животној средини, процењено је да полу-живот ове реакције износи један сат.

С обзиром да формалдехид настаје у току неких природних процеса, али и као нуспроизвод антропогених активности, формалдехид је свеприсутан у животној средини. У том смислу, он се ослобађа у процесу сагоревања биомасе (шумски пожари), у току њене природне декомпозиције (разградње) или при вулканској активности, на пример [66].

Извори и путеви експозиције

Антропогени извори могу бити стационарни, попут директне индустријске емисије, или мобилни, у случају издувних гасова моторних возила. Други процеси сагоревања фосилних горива и отпада уопште (термоелектране, спалионице) такође представљају значајан извор емисије формалдехида у атмосферу. Поред наведеног, формалдехид се, у значајној мери, производи индустријски у глобалним сразмерама, пре свега у производњи грађевинских оплата, изолата, инсектицида, фиксира и презерватива у производима широке потрошње.

IAQ формалдехид

Извори загађења формалдехидом у затвореном простору, могу бити сви процеси сагоревања, попут дима цигарете, коришћења фосилних горива за загревање простора и кување, или употреба свећа и миришљавих штапића [109–113]. С друге стране, у простору без дуванског дима, у кључне изворе формалдехида спадају грађевински материјали и предмети опште употребе који га емитују [113, 114]. Ово се односи на нове материјале и производе [115], из којих се гас емитује у трајању и до неколико месеци, нарочито када су створени погодни микроклиматски услови, попут високе релативне влажности ваздуха и високе температуре ваздуха [116]. У изворе формалдехида у затвореном простору спадају: намештај и други производи од дрвета који садрже смоле на бази формалдехида, попут иверице, шперплоче и лесонита средње густине; изолациони материјали (у раним 1980-им уреа-формалдехидна изолациона пена била је кључни извор IAQ формалдехида); текстил; боје и лакови, тапете, лепкови, адхезивне материје и лакови; средства за кућну хигијену, попут детерџената, дезинфекционих средстава, омекшивача, хемикалија за чишћење тепиха и ципела; течни сапуни, шампони, лак и очвршћивач за нокте; електронска опрема, укључујући компјутере и апарате за фотокопирање; инсектициди и други производи, попут инсектицида и производи од папира.

Један од начина индиректног (секундарног) ослобађања формалдехида одвија се у ваздуху затвореног простора у хемијској реакцији између озона и терпена [117, 118]. Након анализе свих детектованих извора формалдехида, тешко је утврдити који од њих доминира у уделу укупне концентрације овог гаса у ваздуху затвореног простора. У опсежном истраживању квалитета ваздуха затвореног простора, изведеног у периоду од 1997. до 1999. у 876 домаћинстава у Уједињеном Краљевству [119] утврђено је да је, у зависности од старости стамбене зграде, присуство ламинатних подних облога у испитиваној средини, једна од кључних детерминанти за присутне концентрације формалдехида. Clarisse et al. [120] су мерили концентрације HCHO у спаваћој соби, кухињи и дневном боравку у 61 стану у Паризу, који се не везују за било какве раније притужбе о било ком типу нелагодности. Утврдили су да HCHO концентрације у затвореном простору зависе од: старости зидних или подних облога (од календарског термина реновирања одузета је једна година), пушења и параметара животног окружења, тј. температурног комфора (концентрација CO_2 и температуре ваздуха). Користећи факторе емисије из литературе, стручњаци немачког Федералног института за процену ризика *(German Federal Institute for Risk Assessment)* пронашли су да су производи од пресованог дрвета кључни извор формалдехида у домаћинствима, и то за унос полутанта путем инхалације [121].

Концентрација формалдехида у затвореном простору грађевинских објеката може значајно варирати у зависности од:

- старости зграде, с обзиром да се ослобађање гаса у ваздух смањује са протоком времена [118];
- температуре и релативне влажности ваздуха [115];
- динамике размене ваздуха између спољашњег и унутрашњег простора [118–122];
- годишњег доба [118].

б) АЗОТ-ДИОКСИД, NO_2

Азот-диоксид је хидросолубилни, црвенкасто-браон опор, кисели гас, са корозивним и јаким оксидишућим дејством. Разликујемо читаву групу једињења азотових оксида (NO_x) с тим што је, са аспекта утицаја на хумано здравље управо најзначајнији азот-диоксид (NO_2) [66; 123; 124; 125]. Поред утицаја на здравље, значај NO_2 огледа се у следећим његовим дејствима:

(а) апсорбује видљиви део спектра сунчевог зрачења и доприноси ослабљеној атмосферској видљивости;
(б) као апсорбер видљивог дела сунчевог зрачења могао би имати потенцијално непосредну улогу у глобалним климатским променама, у случају довољно повишених вредности у атмосфери;
(в) има критичку улогу у детерминисању концентрација озона (O_3) у тропосфери, пошто је фотолиза азот-диоксида једини кључни иницијатор фотохемијског механизма формирања озона, било да се ради о загађеној или незагађеној атмосфери [126].

Извори емисије

У глобалном смислу, далеко су распрострањеније емисије NO_2 из природних извора, у односу на антропогене механизме настанка. У природне изворе овог гаса спадају: продор стратосферских азотових оксида, бактеријске и вулканске активности, појава муње. У главне антропогене изворе азотових оксида у атмосферу спадају процеси сагоревања фосилних горива у стационарним изворима загађења (постројења за загревање, електро-енергетска постројења) и мобилним изворима (мотори са унутрашњим сагоревањем). У истраживањима концентрације азот-диоксида у урбаној средини, присуство овог гаса, било у амбијенталном или ваздуху затвореног простора, сматра се маркером саобраћајног аерозагађења [66; 126; 127]. У свим случајевима амбијенталне емисије, азотов оксид се у атмосфери трансформише у азот-диоксид. Оксидација азотовог оксида уз помоћ атмосферских оксиданата, попут озона, одвија се врло брзо, и при најмањим концентрацијама овог реактанта у атмосфери. У друге изворе емисије азот-диоксида у атмосферу спадају: корпоративни узгој хране (коришћење азотних ђубрива), коришћење експлозива, процес заваривања [124; 125]. У ваздуху затвореног простора, извори NO_2 су дувански дим и коришћење пећи и шпорета на гас у домаћинствима [128; 129; 130]. Разлике које постоје у емисији азот-диоксида међу земљама дешавају се услед значајних разлика у виду фосилних горива која се сагоревају са циљем генерисања топлоте и електричне енергије.

Ефекти азот-диоксида на здравље

С обзиром да се у животној средини азот-диоксид налази искључиво у гасној форми, једини релевантни пут експозиције истом је инхалаторни, било да се ради о изложености амбијентално присутном гасу или концентрацијама азот-диоксида у затвореном простору. Управо из тих разлога, кључни ефекти NO_2 на здравље изложене популације испољавају се на респираторном систему [131]. Унос NO_2 инхалацијом, код деце, повећава ризик да она оболе од респираторних инфекција, а може створити добру подлогу и за ослабљену плућну функцију у каснијем животном добу [132; 133]. Такође, NO_2 може ослабити одбрамбене механизме плућног ткива на нападе бактеријских узрочника, чинећи га подложним на инфекције, а може утицати и на усложњавање клиничке слике астме [134]. С друге стране, успостављена је корелација између излагања високим концентрацијама NO_2 и пораста дневног морталитета, и хоспитализације због развијене респираторне патологије, која је још статистички значајнија уколико се ради о истовременом излагању и повећаним концентрацијама респирабилним честицама [135].

У случају високих концентрација NO_2 измерених у кућном окружењу, препознато је да овај гас може појачати бронхијалну реакцију код пацијената са већ развијеном астмом [136]. С друге стране, при експозицији амбијенталном загађењу ваздуха азот-диоксидом, пореклом од близине прометних саобраћајница, у неким истраживањима је указано на високу стопу преваленције визинга [137; 138].

в) УГЉЕН-МОНОКСИД (CO)

Угљен-моноксид је токсични гас без боје, мириса, укуса, као и без иритантних својстава, што његово присуство чини непрепознатљивим за људе. Овај гас настаје као продукт непотпуног сагоревања угљеничних фосилних горива, попут дрва, бензина, угља, природног гаса и керозина [139; 140]. Ово га уједно чини и једним од најзаступљенијих гасова у саставу како амбијенталног ваздуха, тако и ваздуха затвореног простора [66].

Његов кључни механизам дејства у организму је снажан интензитет везивања за хемоглобин, и то са 200–220 пута јачим афинитетом, него што је то случај са молекулом кисеоника, узрокујући акутне и хроничне интоксикације са могућим озбиљним последицама по кардиоваскуларни систем. Осим овог снажног везивања за молекул хемоглобин, угљен-моноксид истовремено и спречава ослобађање кисеоника везаног у структури молекула хемоглобин, чиме се стање хипоксије значајно продубљује [141].

Процењено је да се годишња емисија угљен-моноксида у атмосферу, на глобалном плану, креће и до 2600 милиона тона, од чега је 60% услед антропогених активности, а 40% настаје као производ природних процеса [142]. Извор антропогене емисије CO углавном је непотпуно сагоревање угљеничних материја. Највећи део ових емисија су издувни гасови емитовани радом мотора са унутрашњим сагоревањем, и то оних на бензински погон. У друге уобичајене изворе спадају неки индустријски процеси, рад термоелектрана на угаљ, спалионице отпада [143].

Две трећине атмосферских емисија овог гаса су пореклом од антропогених активности, док је преостали део пореклом од природних процеса. Једна мала количина потиче из ендогених реакција у самом организму човека [143]. Континуирано излагање малим дозама угљен-моноксида могуће је у окружењу саобраћајница, с обзиром да он улази у смешу издувних гасова моторних возила насталу непотпуним сагоревањем фосилних горива, попут бензина и дизел горива. У том смислу, и паркиралишта такође могу бити извор експозиције овом гасу [144]. Једини начин уласка угљен-моноксида у организам је путем инхалације.

Извори емисије CO у затвореном простору

Угљен-моноксид у затвореном простору настаје у процесима сагоревања чврстих фосилних горива (кување, загревање простора), а могућ је и његов продор кроз отворе природне вентилације из амбијенталног ваздуха у унутрашњи простор објекта/просторије [145]. У развијеним земљама, најважнији извор експозиције угљен-моноксиду из ваздуха затвореног простора је емисија из неисправних, некоректно инсталираних, лоше одржаваних локалних места за ложење и кување, са чврстим фосилним горивима/дрвима као погоном. С друге стране, у случају неразвијених земаља сагоревање биомасе и дувански дим су најчешћи извори угљен-моноксида у домаћинству. Запушени димњаци, огњишта на дрва, отворена декоративна огњишта (камини), као и плинске пећи, без прописаних стандарда безбедности, могу испуштати угљен-моноксид у затворени простор. Услед тога, непотпуна оксидација до које долази у току процеса сагоревања може утицати на значајно повећање концентрација угљен-моноксида у ваздуху затвореног простора. Дувански дим може бити главни извор угљен-моноксида у затвореном простору, баш као и моторна возила чији је мотор укључен у кућној гаражи затвореног типа [144].

г) УГЉЕН-ДИОКСИД (CO_2)

Угљен-диоксид (CO_2) је незапаљиви гас, без боје и мириса, којег организам ствара у процесу ћелијског дисања. У атмосферском ваздуху овај гас се ствара у процесима сагоревања фосилних горива. Његова молекуларна тежина је 44,01g/mol [146].

Угљен-диоксид се сматра потенцијалним инхалационим токсикантом, са асфиктичним дејством. Гас присутан у атмосферском ваздуху улази у организам преко плућа, а након апсорпције улази у крв, где у повећаним концентрацијама може довести до кисело-базног дисбаланса, тј. ацидозе, са депресијом функција централног нервног система, као последицом [147]. У условима нормалних физиолошких процеса увек је присутна нешто већа концентрација CO_2 у крви, у односу на концентрацију истог у плућима, чиме се одржава концентрацијски градијент, доводећи до дифузије CO_2 из крви у плућа и његовог издисања у спољашње окружење организма. Евентуално удисање повећане концентрације угљен-диоксида доводи до реаговања гаса са водом из крви и формирања угљене киселине (H_2CO_3), која се потом разлаже на јоне водоника (H^+) и карбонат (HCO_3^-). Угљен-диоксид у вишку помера јонску равнотежу ка настанку још већег броја јона водоника, стварајући киселу средину. У току респираторне ацидозе, pH крви биће испод 7,35 [148].

Концентрација CO_2 измерена у ваздуху неког простора зависиће од следећих чинилаца: број особа присутних у простору; степен динамике активности присутних лица, у смислу да што је активност већа организам ће продуковати и ослободити у простор већу количину угљен-диоксида, утичући на тај начин и на динамику вентилације у ваздуху простора [24]. Са аспекта заузетости затвореног простора присутним јединкама, препозната је чињеница да су, у односу на друге нерезиденцијалне зидане објекте, школе управо таква врста грађевина у којима је та заузетост највишег степена. Ту се, пре свега, мисли на поређење школских објеката (и самих учионица у њима), са пословним простором, с обзиром да се у једној учионици налази далеко више ученика него што је број запослених у једној канцеларији, а у односу на површину просторије и запремину доступног ваздуха [19; 149].

Према скорашњим истраживањима, повишене концентрације CO_2 у ваздуху учионица могу утицати на когнитивне процесе код ђака, попут промена у степену концентрисаности на задатак, а могу утицати негативно и на способност учења и упамћивања новог градива [7; 150; 151; 152].

д) BeToXy (benzene-toluen-ksilen)

Моноароматични угљоводоници ниске молекуларне тежине, бензен, толуен, етил-бензен и ксилени (BeToXy) широко су распространјени у животној средини, у коју се ослобађају како из природних, тако и из антропогених извора [153–156]. Човек се излаже BTEX-има у радној средини, као и животном окружењу, путем инхалације или преко дермалне апсорпције. Рад мотора са унутрашњим сагоревањем горива и њихова емисија у амбијентални ваздух сматрају се главним извором изложености овим лако испарљивим органским једињењима (VOCs), пре свега бензену, при чему се његова инхалација из амбијенталног ваздуха сматра да чини 99,9% укупног дневног уноса бензена [157]. У публикацијама значајне институције у области токсикологије, попут Агенције за токсичне супстанце и регистар болести из САД дат је детаљан приказ токсичних ефеката ова три органска једињења [158 - 161]. Према IPCS, како након краткотрајне, тако и дуготрајне изложености, бензен делује на организам хематотоксично, имунотоксично, неуротоксично и канцерогено [154]. Спровођењем опсежних епидемиолошких студија, као и студија случаја, установљено је да је бензен хумани леукемоген, доводећи изложеност и у везу са повећаним ризиком за развој апластичне анемије, акутне нелимфоцитне леукемије, мијелогене леукемије и акутне мијелоидне леукемије код људи [162; 163].

Изложеност етил-бензену, толуену и ксилену може за последицу имати ефекте на централни нервни систем. За разлику од толуена и ксилена, етил-бензен доводи до слабијих акутних и хроничних токсичних ефеката и код хуманих и животињских организама [155].

Код изложености толуену, по типу акутне хумане експозиције ниског интензитета могу се појавити вртоглавица, осећај раздраганости и конфузије, док излагање високим концентрацијама овог једињења за последицу може имати губитак координације, атаксију, губитак свести, као и фатални исход [153]. И поред опсервираних реверзибилних ефеката који се манифестују на ткиву јетре, бубрега и нервног система, централни нервни систем се сматра најосетљивијим када је излагање толуену у питању [161; 164].

Ефекти који настају излагањем малим дозама ксилена у складу су са симптомима које изазива изложеност другим моноцикличним ароматичним једињењима. Примарно долази до инхибиције функција централног нервног система, са симптомима попут вртоглавице, мучнине, главобоље и атаксије. С друге стране, у случају експозиције већим дозама ксилена, могу се јавити конфузија, респираторна депресија и кома [156; 158]. Експозиција ксиленима, може, такође, имати хепатотоксичне и нефротоксичне ефекте, мада се, у случају да се истом излажу иначе здраве индивидуе, пре свега манифестују неуролошки ефекти, као и симптоми иритације очне слузнице и слузнице респираторног тракта [156].

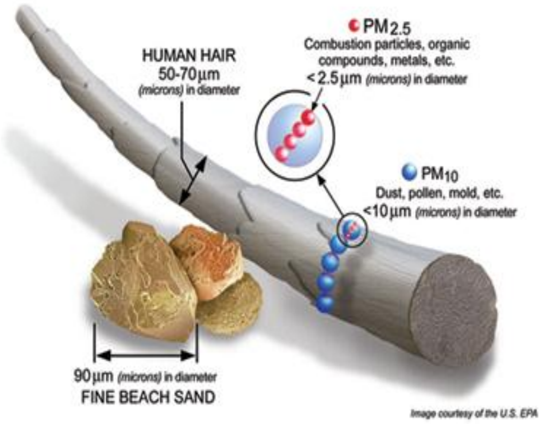
1.10.2. Честичне материје у ваздуху (*particulate matter,* PM)

Овим збирним називом дефинише се широки распон честица, димензија довољно малих да могу бити ношене ваздушним струјањима, па самим тим, и бити унете у организам човека путем инхалације [165]. Када је у питању спектар њихових појавних облика, они постоје у свим могућим димензијама и облицима, као и у виду чврстих честица или капљица течности (аеросоли) [59]. PM у амбијенталном ваздуху класификоване су у 3 категорије, према својим димензијама, тачније, пречнику [166]:

- **PM_{10}** представљају честице аеродинамичног пречника мањег од 10 μm, имају способност да продру до ларинкса. Ради поређења, треба знати да пречник длаке косе износи 70 μm.
- **$PM_{2,5}$** су честице атмосферског пречника < 2,5 μm, што их чини способнијим да продру до дубљих партија респираторног тракта, то јест, до алвеола, регије у којој се одвија активна размена гасова у процесу инхалације плућа.

➢ **$PM_{0,1}$** имају аеродинамични пречник < 100 nm. Оне примарно настају као продукт сагоревања фосилних горива.

Слика 4 дефинише разлике у димензијама промера људске длаке, зрна песка, PM_{10} и $PM_{2,5}$ честица.



Слика 4. Примери пречника/пресека честица од значаја за човеково здравље

Извор: [166]

1.10.2.1. Честично загађење у ваздуху затвореног простора

Заузет је општи стручни став да честице детектоване у ваздуху затвореног простора потичу из два извора: из амбијенталног ваздуха и из процеса који се одвијају у самом простору у коме се врши њихово мерење. Значај доприноса оба извора измереним концентрацијама IAQ PM зависиће од различитих варијабли, попут:

- динамике размене ваздуха (дотока свежег ваздуха од споља у затворени простор, *ventilation rate);*
- загађења амбијенталног ваздуха;
- врсте активности које се спроводе у датом затвореном простору;
- аеродинамичног пречника емитованих честица [167–171].

Главни извор честичног загађења ваздуха у већини домаћинстава је загађење генерисано у амбијенталном ваздуху. Међутим, у неким домаћинствима су присутни и примарни извори честичног загађења, попут: дим цигарете, процес кувања, алергени кућних љубимаца, невентилирани уређаји који раде на принципу сагоревања, као што су то шпорети на гас, грејна тела на дрва као гориво, раст колонија буђи [172].

У последњој декади, увидом у стручну литературу, запажа се повећано интересовање за изложеност деце честичном загађењу у школском окружењу (учионицама), кроз значајан број истраживања на ту тему. Ово се, пре свега, односи на она истраживања чији циљ је било мерење концентрација финих честица у учионицама, како њихове масене концентрације, тако и њиховог броја, по јединици волумена ваздуха [22; 24; 172; 173]. Заправо, изложеност деце честицама у школској средини сматрана је кључним елементом у евалуацији хроничних и акутних ефеката аерозагађења на здравље специфично рањиве популационе групе, попут деце [38; 39].

1.10.2.2. Утицај честичног загађења ваздуха на здравље

Штетни утицај на здравље излагањем честичном загађењу (PM), укључујући честице са медијаном аеродинамичног пречника < 2,5 μm ($PM_{2.5}$) и < 10 μm (PM_{10}), јак су разлог за бригу, како владама, тако и међународним организацијама којима је здравље у фокусу деловања, на глобалном нивоу [165]. Аерозагађење честичног типа, са доминантним $PM_{2.5}$ и PM_{10} фракцијама, пре свега делује на респираторни систем, уз појачање респираторних поремећаја, поремећаја плућне функције, као и на повећану инциденцу хроничног кашља, бронхитиса и конјунктивитиса [174]. Такође, епидемиолошке и клиничке студије су доказале да се са аерозагађењем не повезује само респираторна, већ и кардиоваскуларна патологија [165].

1.10.3. УТИЦАЈ ИЗЛАГАЊА ДЕЦЕ ДУВАНСКОМ ДИМУ У КУЋНОМ ОКРУЖЕЊУ НА РЕСПИРАТОРНО ЗДРАВЉЕ

Дувански дим представља сложену, динамичну и реактивну мешавину која, оквирно, садржи око 5000 хемијских једињења. Ова токсична и карциногена смеша је, вероватно, најзначајнији извор хумане експозиције токсичним хемикалијама, па самим тим, и узрочник обољења индукованих хемијском експозицијом [175].

Процењено је да, на глобалном нивоу, пуши 1,3 милијарде људи [176]. С обзиром да је све већи број регистрованих младих пушача, нарочито међу девојчицама, овај тренд прати континуирани раст [177]. Деца су често изложена дуванском диму у свом окружењу, што значајно утиче на морбидитет у тој осетљивој популационој групи [178; 179].

Процена атрибутивног ризика за изложеност дуванском диму у кућном окружењу у популацији деце креће се од 9% за преваленце астме до 25% за болнички пријем због респираторне симптоматологије [180]. Према Светској здравственој организацији, више од половине деце узраста 13-15 година су изложена је утицају дуванског дима у својим домовима у већини земаља чији су подаци били доступни [181].

Када су деца у питању, како пренатално, тако и постнатално излагање дуванском диму представља одлучујући фактор за респираторни морбидитет и рану редукцију плућне функције [182]. Различита истраживања показала су да изложеност дуванском диму неповољно утиче на респираторно здравље деце, успоравајући раст плућа и повећавајући ризик од инфекција и респираторних симптома, укључујући визинг и егзацербацију астме [183; 184].

Анализирајући концентрације респирабилних честица у средини где су присутни пушачи на глобалном плану, средње вредности њихове концентрације крећу се у распону од 24 до 1947 $\mu g/m^3$. Ове вредности зависиће од различитих чинилаца, укључујући локални саобраћајни проток, квалитет и врсту вентилационог система у затвореном простору, као и присуство других извора таквих честица (шпорети и пећи на дрва). Поређењем концентрација респирабилних суспендованих честица у просторима где се пуши и где се не пуши, детектовано је и до три пута више ових честица у затвореном простору у којем се пуши. Према истраживању Jenkins et al (2000), у ваздуху затвореног простора, мереном у просторијама у којима се пуши, веома често бива прекорачена препоручена вредност за респирабилне суспендоване честице ($PM_{2.5}$) постављене од стране US EPA од 65 $\mu g/m^3$ [185].

Излагање дуванском диму обрађено је у истраживању које је тема ове докторске дисертације, кроз упитнике дате родитељима/старатељима са питањима о њиховим навикама које испољавају у кућном окружењу, као и питања о присутним респираторним симптомима код деце.

1.11. УТИЦАЈ КВАЛИТЕТА АМБИЈЕНТАЛНОГ ВАЗДУХА НА КВАЛИТЕТ ВАЗДУХА У УНУТРАШЊЕМ ПРОСТОРУ

Извори загађења амбијенталног ваздуха и продукти загађења од посебног значаја за квалитет ваздуха затвореног простора

Загађење амбијенталног ваздуха може бити генерисано од стране појединачних стационарних извора, у ком случају утичу на релативно мало подручје. Најчешће, оно потиче од мешавине полутаната из различитих дифузних извора, попут саобраћаја (мобилни извори загађења) и кућна ложишта (дифузно дисперговани стационарни извори). Није занемарљив ни утицај великих стационарних извора загађења (термо-енергетски комплекси), из којих се полутанти могу транспортовати путем медијума животне средине на велике удаљености (прекогранични пренос полутаната), и тиме допринети глобалном загађењу ваздуха [186].

У зависности од природе горива и типа њиховог сагоревања, загађујуће материје које се емитују у атмосферу тим процесом могу бити: азотови оксиди (NOx), сумпор-диоксид (SO_2), угљен-моноксид (CO), испарљива органска једињења (VOCs) и честице (PM) [59,66].

Загађени амбијентални ваздух се меша са ваздухом унутрашњег простора кроз прозорске и друге отворе, па чак и евапорацијом супстанција из оближњих водених површина. У ретким случајевима, контаминација унутрашњег простора може настати и емисијом елемената из темеља или чврстог грађевинског материјала (цигла, камен), као што је случај са радоном [187]. Други чиниоци који могу утицати на погоршање IAQ су: начин чишћења просторија, лоша контрола влаге у просторији (евидентиране флеке од влаге и цурење воде), као и лоше одржавање зграде, уопште [188; 189].

На квалитет ваздуха затвореног простора могу утицати: извори загађења, лоцирани ван посматране зграде, попут мобилних извора аерозагађења (издувни гасови моторних возила) или стационарних извора термоенергетског комплекса, котларница, индивидуалних ложишта, индустријских погона[20; 21]. Извори полутаната могу бити лоцирани и унутар самог школског простора. По својој структури и саставу, загађујуће материје, емитоване у једном или оба ова простора, могу бити сачињене од честица и прашине (укључујући микробиолошке резидуе), влакана, биоаеросола, гасова и пара [189, 190].

Географска позиција школе и утицај близине прометне саобраћајнице на квалитет ваздуха унутар учионица

По свом локалитету, школе на административном подручју великих градова могу бити позициониране у централном урбаном језгру града, у ширем урбаном подручју и руралним предграђима, чиме су опредељени и потенцијални ризици из животне средине.

С обзиром на дужину времена коју деца проводе у школи, школска средина представља значајно микроклиматско окружење, са аспекта утицаја загађења ваздуха на њихово респираторно здравље, пре свега. Према проценама *International Review of Curriculum and Assessment Frameworks Internet Archive,* деца у развијеним земљама проводе у школи од 175 до 220 дана у години, и то по 5 до 8 сати дневно [191].

Није занемарљива чињеница да су школе у урбаним зонама често лоциране у близини прометних саобраћајница, што узрокује појачану изложеност деце полутантима, с обзиром да деца наставу похађају дању, свакодневно током радне недеље, што се временски поклапа са максималним саобраћајним флуксом [192]. Ако, као пример полутанта, пореклом од саобраћаја, узмемо PM_{10} честице, доказан је њихов транспорт из амбијенталног ваздуха школског окружења у ваздух затвореног простора учионица, доводећи до штетних последица по респираторно здравље ученика [193]. Према другим студијама, препозната је веза између снижене плућне функције, запаљенских процеса респираторног тракта и астме, код деце која живе и похађају школу у близини прометних саобраћајница [194; 195]. Друга два полутанта, који, уколико су измерени у ваздуху затвореног простора, представљају показатење интензитета саобраћаја у улицама у близини испитиване школе, су азот-диоксид и угљен-моноксид [135; 196].

Школе лоциране у насељима руралног типа, представљају другачији вид извора аерозагађења, а самим тим и ризика по респираторно здравље ученика. Пре свега, за разлику од саобраћајног загађења ваздуха, где се ради о мобилним изворима загађења (издувни гасови моторних возила), школе у руралним областима представљају стационарне изворе загађења ваздуха. Наиме, оне најчешће нису повезане на централизовани систем снабдевања топлотном енергијом, већ за генерисање топлоте, углавном, користе грејна тела на чврста фосилна горива (угаљ, дрва). У случају таквог вида загревања школског простора, деца су изложена загађеном ваздуху и унутар учионица, као и у дворишном простору, с обзиром на емисију продуката сагоревања угља/дрва у амбијентални ваздух [68]. Употреба чврстих фосилних горива за загревање, у енергетском смислу, налази се на дну лествице ефикасности сагоревања и чистоће [197]. Дим пореклом од процеса сагоревања чврстих фосилних горива продукује велики број по здравље опасних полутаната, укључујући респирабилне честице, угљен-моноксид (CO), азотове оксиде, формалдехид, бензен, 1,3 бутадиен, полицикличне ароматичне угљоводонике (PAHs), попут benzo[a]pyrena, уз многа друга токсична једињења. У неразвијеним подручјима, велики део домаћинстава, па и школа, ову врсту горива најчешће користи за кување и загревање, па су концентрације набројаних полутаната највише у ваздуху затвореног простора [3]. Она се, типично, сагоревају у енергетски неефикасним грејним телима, што, комбиновано са лошим навикама вентилације простора, може генерисати густ дим у таквим просторијама. Битно је напоменути да су деца овим полутантима изложена само у току боравка у школи, јер се по њиховом одласку извор енергије гаси, тако да су им она много више изложена у самим учионицама [197; 198].

1.12. ЕЛЕМЕНТИ ЗОНЕ ТЕРМАЛНОГ КОМФОРА И МОГУЋИ УТИЦАЈ НА ЗДРАВЉЕ

Микроклиматски елементи термалног комфора затвореног простора, у које спадају температура ваздуха, релативна влажност ваздуха (РВВ, у %) и брзина струјања ваздуха, могу утицати на здравље, осећај благостања и когнитивна постигнућа, како на директан, тако и на индиректан начин [199]. Директне учинке лако је разумети евидентирањем вредности температуре ваздуха, РВВ (%) и брзине струјања ваздуха, док у индиректном смислу, сви елементи термалног комфора заједно могу утицати на изворе емисије, концентрације полутаната у ваздуху затвореног простора, модификујући елементе изложености [200]. ASHRAE Standard 55-1992, који дефинише термалне услове у односу на заузетост неког затвореног простора, *(Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy),* указује на различите чиниоце који могу утицати на елементе термалног комфора и друге микроклиматске услове у затвореном простору [201].

Као последица више чинилаца, пре свега, цене енергије, савремена изградња умањује могућност одавања топлоте, самим тим и размене ваздуха, па тако хемикалије које се користе у грађевинским материјалима, покућству и намештају, постају све већа претња по здравље лица која у таквим просторима бораве. Такође, у условима лоше вентилације затвореног простора долази до пораста релативне влажности ваздуха, а што често може погодовати и повећању концентрације неких полутаната. Исто се односи и на присуство алергена и микроорганизама у затвореном простору [201; 202].

Лоша вентилација се повезује са неколико здравствених проблема, попут групе симптома који чине „синдром болесних зграда” *(Sick Building Syndrome,* SBS), као и респираторним алергијама и астмом [203].

Услед повећане влажности ваздуха у унутрашњем изграђеном простору долази до појаве кондензације у зидовима, што опет повећава влагу у њима, а што настаје услед лоших грађевинских процедура и непоштовања основних стандарда градње, са аспекта термо/хидро-изолације. Такође, боравак у оваквом окружењу може представљати потенцијални узрок погоршања респираторног здравља, с обзиром да је оно плодно тле за развој плесни, гљивица, бактерија и гриња [204]. Релативна влажност ваздуха једног простора утицаће на брзину евапорације, преко коже. Релативна влажност је однос *(ratio)* парцијалног притиска (или густине) водене паре у ваздуху и сатурационог притиска (или густине) водене паре при истој температури ваздуха и истом укупном притиску [205]. При високој температури ваздуха (која се приближава просечној температури коже од 34°C), губитак топлоте је есенцијални механизам за достизање осећаја комфора (лагодности). Организам човека, који борави у затвореном простору, осетљивији је на промене температуре него на колебања вредности релативне влажности ваздуха [206]. С друге стране, према неким истраживањима, ниске вредности РВВ доводе до дермалне иритације и сушења коже услед повећане брзине евапорације [207]. У случају повећане вредности РВВ, показало се да нема значајнијих психолошких, психосоцијалних разлика у хуманом одговору на излагање влази у распону 60–90%, при температуре од 20 до 26°C, у току седантне активности [208].

Микроклиматски услови затвореног простора у школском окружењу (учионице) битан су чинилац психо-физичког благостања деце која у том простору бораве. Они се, пре свега, тичу утиска корисника простора о постигнутом термалном комфору, као и квалитету ваздуха затвореног простора (IAQ). Такође, поред обезбеђивања „здравог" окружења, које умањује могућност настанка здравствених проблема, неадекватни микроклиматски услови затвореног простора (ICQ, *Indoor Climate Quality)* могу утицати на радна постигнућа, како наставника, тако и самих ученика [209].

За разлику од затворених простора друге намене, учионице карактерише висок степен заузетости простора. Заправо, у овој ситуацији, долази до пораста унутрашње телесне температуре (енергетске вредности око 5 kW), што, пак, индукује осећај локалне термалне нелагодности, а што за последицу може имати пад у когнитивним исходима особе која борави у датом затвореном простору [210; 211].

Међународна обавезујућа документа за праћење штетних утицаја животне средине на здравље деце

Здравље деце, заједно са чиниоцима који на њега делују, битне су детерминанте здравствене политике, што се нарочито односи на активности које покривају област превенције штетних утицаја животне средине на здравље деце, као посебно осетљиве популационе групе. Овакви ставови укључени су и у декларације на две узастопне Министарске конференције за животну средину и здравље, одржане у Лондону (1999.) и Будимпешти (2004.), организоване од стране СЗО за Регион Европе [212; 213]. На Конференцији у Будимпешти усвојен је и План акције за животну средину и здравље деце *(Children's Environment and Health Action Plan for Europe,* CEHAPE), који дефинише низ активности чији је крајњи циљ превенција и смањење оптерећења болестима пореклом од изложености штетним факторима из животне средине, у дечијем узрасту, у земљама чланицама СЗО за Регион Европе [214].

Ублажавање и пад преваленце штетних последица аерозагађења на здравље деце, а нарочито појаве респираторних обољења, један је од четири регионална приоритетна циља (RPG3), дефинисана у поменутом Плану акције [214].

2. ЦИЉ И ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Главни циљеви истраживања

1. Утврдити повезаност активних и пасивних карактеристика учионице.
2. Утврдити утицај пасивних карактеристика учионице на појаву респираторних сметњи код ученика.
3. Утврдити утицај социо-економског статуса и стила живота на појаву респираторних сметњи и резултат спирометрије код ученика.
4. Утврдити корелацију квалитета амбијенталног ваздуха са квалитетом ваздуха затвореног простора испитиваних учионица.
5. Утврдити корелацију квалитета ваздуха затвореног простора испитиваних учионица на појаву респираторних сметњи код ученика.
6. Утврдити корелацију броја ученика на показатеље комфора у учионици: температура ваздуха (C°), релативна влажност ваздуха (%), концентрација CO_2 (ppm).
7. Утврдити повезаност активних и пасивних карактеристика учионице са резултатом спирометрије код ученика.
8. Утврдити предикторе за појаву респираторних сметњи код ученика

2.2. Хипотезе истраживања

1. Активне и пасивне карактеристике учионице утичу на појаву респираторних сметњи и на резултат спирометрије код ученика.

2. Социо-економски статус и стил живота утичу на појаву респираторних сметњи код ученика.

3. Квалитет амбијенталног ваздуха је у значајној корелацији са квалитетом ваздуха затвореног простора испитиваних учионица, као и са појавом респираторних сметњи код ученика.

4. Позиција учионице, квалитет ваздуха затвореног простора, број деце у учионици, врста и учесталост проветравања су предиктори за појаву респираторних сметњи код ученика.

3. МЕТОДОЛОГИЈА

УВОД У МЕТОДОЛОГИЈУ ИСТРАЖИВАЊА

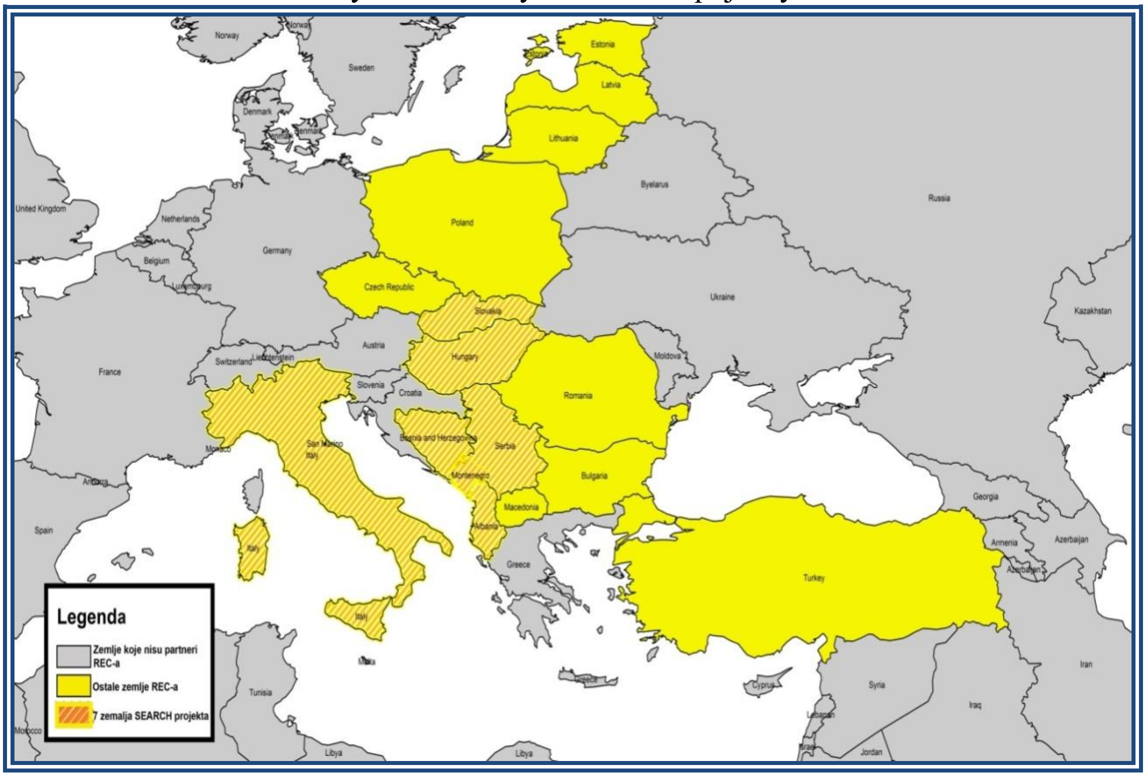
Истраживање које је тема ове докторске дисертације део је опсежног међународног SEARCH *(School Environment and Respiratory Health of Children)* пројекта спроведеног у шест европских земаља (Албанија, Босна и Херцеговина, Мађарска, Италија, Словачка и Србија) у периоду 2006–2010. године [240].

Опис SEARCH пројекта

Основу за реализацију SEARCH пројекта представља пилот-пројекат "Cleaner Environment, Better Future for Our Children" (Чистија животна средина, боља будућност за нашу децу"), чији је координатор био Регионални Центар за животну средину за југоисточну Европу, са седиштем у Мађарској *(Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe, Country Office Hungary,* REC), 2004. године. Пилот-пројекат је резултат италијанско-мађарске билатералне сарадње у циљу унапређења квалитета ваздуха затвореног простора у школском окружењу, смањења броја деце која оболевају од респираторних обољења, као и снижења ризика од појављивања нових случајева обољења. Дугорочни циљ овог заједничког пилот-пројекта било је дефинисање препорука за даље поступање у превенцији загађења ваздуха затвореног простора, као и усвајање легалних мера којима се та област надзире и регулише, са посебним акцентом на одређена респираторна обољења потенцијално изложене деце [215; 216]. Истражујући здравствени статус школске деце, експерти Националног института за животну средину и здравље Мађарске *(National Environmental Health Institute of Hungary)* закључили су да школска средина, социо-економски услови породице и однос родитеља/старатеља према здрављу деце значајно одређују инциденце респираторних обољења код испитиване деце која похађају предметне школе.

Након успешно спроведеног пилот-истраживања, Министарство за животну средину, земљу и мора Италије пружило је пуну подршку имплементацији SEARCH пројекта у шест држава, међу којима је била и Србија. Експерт који је у Србији координисао свим активностима у току трајања SEARCH пројекта, управо је и аутор ове докторске дисертације (потврда у Прилогу), у име Института за јавно здравље Србије „Др Милан Јовановић Батут” [215].

Мапа 1. Државе у којима REC има седиште, са посебно осенченим земљама учесницама у SEARCH пројекту



Извор: www.rec.org/SEARCH

Имплементација SEARCH пројекта (2006–2010)

Почетне активности на реализацији SEARCH пројекта одвијале су се у 2006. години, са акцентом на прилагођавање методолошких приступа у области процене изложености. У овој, припремној фази, обављено је следеће:

1. Адаптација италијанско-мађарског концепта за превенцију настанка и смањење инциденце респираторних обољења код школске деце. Планирање и адаптација дизајна студије.

2. Избор 60 школа (10 школа/земљи). Критеријуме за избор школа дефинисао је међународни експертски тим, у складу са циљевима пројекта [215].

3. Припрема за процену изложености у школском окружењу. Припрема за дистрибуцију и коришћење упитника у изабраним школама, са циљем прикупљања података о квалитету окружења у истим (укључујући и квалитет ваздуха). Припрема израде упитника за процену респираторног здравља ученика, ради прикупљања и анализе података код 1000 деце/по земљи, апроксимативно.

У периоду од 2007. до 2008. године обављене су активности битне за процену утицаја изложености, пре свега оне које се тичу самог истраживања и прикупљања података, тј. формирање модела за базе података. Активности су спроведене следећим редоследом:

1. Мерење одабраних полутаната у ваздуху затвореног простора учионица обављено је у току грејне сезоне (новембар 2007 – мај 2008). Детаљи око опреме која је коришћена у истраживању договорени су са експертским тимовима свих земаља учесница у истраживању [215]. REC је координисао процедуре набавке и расподеле опреме за мерење полутаната.

2. Рад на Упитнику о здравственом статусу деце која похађају изабране школе, тј. учионице у којима је вршено мерење дефинисаних параметара (1000/земљи). Финална верзија Упитника је дискутована са представницима земаља учесница и експертским тимом пројекта пре превођења на националну језичку форму текста.

3. У току 2009. године извршена је анализа и евалуација података у широј перспективи, без специфичних и детаљних анализа по појединачним земљама учесницама у пројекту, то јест по појединачним школама. Циљ анализе била је процена повезаности између школског окружена и здравља испитиване деце. Упоредо са овим активностима стручњаци из свих земаља које учествују у пројекту, заједно са експертима REC-a радили су на изради препорука за побољшање услова у школском окружењу, то јест смањењу експозиције деце загађењу у току боравка у школском простору.

4. У току 2010. године евалуиран је учинак SEARCH пројекта у имплементацији CEHAPE приоритетног Циља 3 у земљама учесницама у пројекту. Општи исходи пројекта приказани су на *5th Environment and Health Ministerial Conference* (Петој Министарској конференцији за животну средину и здравље), у Парми, Италија.

МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

1. Врста студије

Ово је ретроспективна, студија пресека сачињена из три дела, процене изложености (деце) у школама, затим, процена респираторног статуса деце и успостављање повезаности.

2. Испитаници

Истраживањем су обухваћена деца од другог до шестог разреда, старости од 8 до 11 година, укупно 735 ученика (N=735).

3. Узорковање

Узорковање деце је вршено методом случајног избора. Узорак чине 735 ученика из 10 основних школа у Београду. Критеријуми за избор школа били су локација школе у односу на центар града (приградско насеље без присуства већих саобраћајница, шири центар града са фреквентним саобраћајем, ужа централна зона са фреквентним саобраћајем). Из ове три групе школе су биране методом случајног узорковања. За сваку школу су одређене учионице у којима су се вршила мерења а у којима су боравили испитивани ученици, укупно 44 учионице. Критеријуми за избор учионица били су оријентација учионице у односу на прометне саобраћајнице. Критеријуми за избор ученика били су присуство ученика у изабраним учионицама у току периода мерења. Сва деца која су боравила у изабраним учионицама чине истраживану популацију.

Величина узорка

Основни узорак чине 735 ученика из 44 учионице, из 10 основних школа у Београду. У десет основних школа у Београду испитивана су деца из 44 учионице, тако да је у неким школама учествовало 4, а у неким 5 учионица. Критеријум за избор учионица у којима ће се вршити истраживање била је окренутост исте у односу на прометну улицу или школско двориште. Обухваћена су деца од другог до шестог разреда, старости од 8 до 11 година. Истраживањем је обухваћено 363 девојчице и 371 дечак. Спирометрија је обављена код 629 ученика. Мерење концентрације гасовитих и честичних загађујућих материја врши се у једној радној недељи, 5 радних дана у току грејне сезоне 2008/2009. године.

4. Варијабле које се мере у студији

Студија пресека обухватала је три упитника и мерење полутаната у учионици и ван школе, као и спирометријско мерење код ученика.

Анализом упитника омогућено је да се *Упитником за карактеристике школске зграде* као и *Упитником за карактеристике учионице у којима бораве испитивана деца* добије процена изложености (ученика) у школама, док је *Упитником за свако дете* који је попуњавала мајка, омогући процена респираторног статуса деце. У овој докторској тези ће се анализирати утицај одређених показатеља школске средине на појаву респираторних сметњи код школске деце, као и резултати мерења полутаната у учионици и ван школе, резултати спирометријског мерења код ученика и њихова повезаност са појавом респираторних сметњи код школске деце, а све варијабле груписане су у две групе, групу независних и зависних варијабли.

- **Групу независних варијабли** у овом истраживању чине, када се анализира утицај школске зграде: старост зграде, од којег је грађевинског материјала школска зграда сазидана, какво је грејање, позиција зграде у односу на прометне саобраћајнице, близина загађивача (фабрика, отпад), близина зелених површина, боравак у школском дворишту, постојање фискултурне сале, као и последње реновирање школске зграде, вентилација школске зграде. Када се анализира утицај школске учионице на поремећаје респираторног здравља код школске деце групу независних варијабли чине: број деце по учионици, простор у m^2 по ученику, квалитет прозора и проветравање учионице, колико деце борави у учионици, квалитет зидних и подних облога, тип и старост намештаја, окренутост учионице према прометној улици или школском дворишту; присуство буђи на зидовима учионице, начин и фреквентност чишћења учионице. Информације о свакој од наведених варијабли добијене су попуњавањем упитника и резултат су стања затеченог у школама које су овим истраживањем обухваћене у тренутку анкетирања. Групу независних варијабли чиниће и подаци о здрављу детета које су дале мајке ученика обухваћених истраживањем, где ће се анализирати подаци о социо-економским условима ученика односно о образовању и запослењу родитеља и стилу живота (пушење родитеља, физичка активност детета).

Мерењем концентрације полутаната у учионици, као и ван ње током одређеног временског периода, дошли смо до групе независних варијабли које дефинишу квалитет ваздуха који школска деца удишу. Биће праћене концентрације NO_2, CO, CO_2, HCHO (формалдехид), TVOC (benzene, toluen, xilene, ethyl-benzene), као и PM_{10}. Група независних варијабли биће састављена од свих фактора који представљају могући узрок за поремећаје респираторног здравља код школске деце.

- **Зависне варијабле** у истраживању су оне за које утврђујемо какав је и колики утицај наведених независних варијабли на њих, а у овој докторској тези то су дијагностиковани поремећаји респираторног здравља код школске деце. Податке о здрављу детета дале су мајке ученика обухваћених истраживањем, такође путем анкетног упитника. Обухватиће се дијагностиковане алергије, врста алергије, дијагностикована астма, као и појава дисајних сметњи и врста и учесталост дисајних сметњи. Деци је након родитељског пристанка урађена спирометрија, те ће бити анализиране и ове вредности. Истовремено, током анализе овог истраживања биће утврђена међусобна повезаност варијабли и биће издвојене најзначајније на основу којих се може предвидети узрок за поремећаје респираторног здравља код школске деце, односно оне које можемо назвати предикторима за поремећаје респираторног здравља код школске деце.

У анализи добијених резултата мерења загађујућих материја у свим земљама учесницама SEARCH пројекта користиле су се вредности из Препорука СЗО, као и ЕУ Директива, приказаних у следећој табели.

Табела 6. Препоруке за концентрације полутаната у ваздуху затвореног простора

Супстанца	**Јединица мере**	**Референтна вредност**	**Време усредњења**	**Референца**
формалдехид	µg/m^3	100	30 min	66
бензен	µg/m^3	Не постоји безбедна по здравље препоручена концентрација		66
		5	1 година	217
толуен	µg/m^3	260	1 недеља	186
NO_2	µg/m^3	200	1 сат	66
		40	1 година	
PM_{10}	µg/m^3	50	24 h	59
CO_2	ppm	700 ppm разлика између IAQ/OAQ концентрација		218

5. Статистичка обрада података

Подаци ће бити анализирани коришћењем статистичког програма SPSS верзија 20. Пре статистичке обраде података, прво ће се испитати правилност расподеле добијених вредности. Уколико вредности буду имале нормалну расподелу користићемо параметарске тестове: ANOVA тест, t-тест, линеарна корелација и регресија, док ће се за друге расподеле користити непараметарски тестови. Резултати истраживања ће се изражавати као вредност ± стандардна девијација (SD) и као медијане.

Одабрани параметри ће се анализирати непараметријским тестовима, да би се утврдиле разлике у дистрибуцији према одабраним показатељима (окренутост учионице, старост намештаја, врста пода, зида, број ученика у учионици, врста и учесталост чишћења) и то χ^2 (Хи-квадрат) тестом, а исти параметри биће анализирани међу групама формираним на основу одабраних параметара. Континуирана (параметријска) обележја биће анализирана униваријантним тестовима, а додатна тестирања варијанси биће обављена Turkey’s тестом. Испитивање распореда статистичке серије одредиће даље тестирање Колмогоров-Смирнов Z-тестом, који ће бити употребљен за анализу међусобног утицаја одабраних параметара (алергија, астма, респираторне сметње, вредност спирометрије) у односу на окренутост учионице, врсту пода, зида, број ученика у учионици, врсту и учесталост чишћења итд), као и код континуираних обележја која немају нормалну дистрибуцију. Спирманова корелација ће нам омогућити увид у повезаност одређених параметара, концентрација полутаната у затвореном простору у односу на исте параметре мерене у амбијенталном ваздуху.

На основу регресионе анализе (LMR) биће испитан појединачни утицај неких од одабраних варијабли и њихова повезаност са појавом респираторних сметњи на нивоу вероватноће $p \leq 0,05$. Биће одређени Odds Ratio (OR)/(expB) са интервалом поузданости 95%, који ће одредити прогностичку вредност анализом обухваћених варијабли. Статистичка значајност дефинисана је на нивоу вероватноће нулте хипотезе од $p \leq 0,05$ до $p<0,0001$.

Као материјал за ову студију користићемо:

а) мерење полутаната у ваздуху затвореног простора школа и амбијенталном ваздуху непосредно испред учионице у којој су вршена мерења и деца похађају наставу;

б) процену стања школске зграде и степена њеног одржавања (упитник);

в) процену стања школске учионице (упитник и мерења);

г) процену квалитета кућног окружења (упитник).

6. Упитници

У истраживању су коришћена три типа упитника (у Прилогу I), у свих шест земаља у којима је истовремено спроведено истраживање:

- **Упитник за школску зграду** – попуњаван од стране административног особља школе, са подацима о локацији школе, старости здања, времену евентуалног реновирања.
- **Упитник за учионицу** у којој је вршено мерење и чији су ученици учествовали у истраживању – попуњаван од стране истраживачког тима уз помоћ наставника, са подацима о локацији учионице, навикама отварања прозора у току дана, времену реновирања учионице, броју присутних ученика у тренутку рада мерних инструмената.
- **Упитник за родитеље/старатеље** – са подацима о: социо-економском статусу породице, адреси становања у односу на саобраћајнице, индустријске објекте или депоније отпада, респираторном здрављу детета.

Као основа за упитнике послужили су стандардизовани упитници из ранијих међународних истраживања респираторног статуса деце на глобалном нивоу, попут *World Health Organization Childhood Respiratory Questionnaire* из 1980-их [219] и ISAAC *Questionnaire* из 1990-их година [220; 221].

7. Коришћење композитних индикатора

Коришћење композитних индикатора у изради ове докторске дисертације у складу је са методологијом и резултатима како самог SEARCH пројекта, тако и са релевантним међународним истраживањима. У овом раду биће коришћени следећи индикатори:

а. VENTILATION RATE – динамика проветравања унутрашњег простора

б. PM_{10} INDOOR air quality/OUTDOOR air quality RATIO – нумерички однос између концентрација PM_{10} у амбијенталном ваздуху испред учионице и PM_{10} у ваздуху унутрашњег простора учионице

в. ЗАУЗЕТОСТ ПРОСТОРА (Occupancy rate).

а. VENTILATION RATE (динамика проветравања унутрашњег простора) је мера која квантификује запремину ваздуха доступну сваком појединцу у јединици времена, као и степен дотока свежег ваздуха од споља, то јест, интензитет дотока ваздуха из спољашњег простора у унутрашњост зграде (собе), или преко вентилационог система, или, пак, кроз отвор на зиду зграде, то јест прозорско окно. Заправо, овај показатељ квантификује запремину ваздуха доступног сваком појединцу у јединици времена у дефинисаном затвореном простору.

За израчунавање ове вредности, користи се следећа формула [13]:

$\mathbf{A = P / (C_{mean} - C_o) \times 10^6 / 3.600}$
A= *ventilation rate* [L x $^{s-1}$ x особа]
P = динамика индивидуалне емисије CO_2 (L x $^{s-1}$) за седантну активност у учионицама на нивоу мора)
C_{mean} = C_{sred} [CO_2] у датој учионици C_o = Csred [CO_2] на улици *(outdoor)*

- Према ASHRAE 2007 стандарду минимална вредност у школској средини је 3 l/s по особи, док је пожељна VR ≥ 8 l/s по особи [222].
- Према резултатима досадашњих истраживања, високе вредности VR указују на боље стање вентилираности, што за последицу има и ниже вредности CO_2 (< 1000 ppm), што су услови који не угрожавају респираторно здравље [223].

б. PM_{10} Indoor/Outdoor ratio

Однос нумеричких вредности концентрација PM_{10} измерених у ваздуху унутар датог затвореног простора и амбијенталног ваздуха изван истог, представља показатељ значајности извора загађења лоцираног у том простору, а што може варирати у зависности од самог извора и концентрације истог полутаната напољу. Полутанти могу мигрирати из спољњег у унутрашњи простор, па извори загађења амбијенталног ваздуха могу значајно повећати вредности полутанта унутар просторије. Битно је да је тај однос приближно 1,0, јер, уколико је однос $PM_{10}IAQ/PM_{10}OAQ$ >1,0, то значи да постоје извори PM_{10} унутар затвореног простора, поред већ регистрованих извора загађења у спољашњем простору [224].

в. Заузетост простора (у овом случају учионице)

Овај индикатор изражава се квантитативно јединицом мере m^2 простора/по детету. Јединица заузетости простора разматра се у скупу са другим показатељима термалног комфора, попут оптималне температуре ваздуха, релативне влажности ваздуха и концентрације угљен-диоксида. Према ASHRAE стандарду, ови параметри би требало да имају следеће оптималне вредности:

- T°C = 18–23°C
- Релативна влажност ваздуха = 30–75% (40–75%)
- Заузетост простора = 2,2 m^2/по детету

8. Спирометрија као метод за клинички део испитивања функције плућа ученика

Спирометрија, тј. мерење протока ваздуха у плућима у току максималног форсираног експиријума, представља неинвазивну технику за процену плућне функције.

Од укупног броја деце N=735, колико их је учествовало у истраживању, чији су родитељи одговарали на упитнике, спирометрији је, уз сагласност родитеља, приступило 543 деце. Сваком детету је детаљно описана цела процедура, пре њеног извођења. Такође, акту спирометрије претходио је детаљни интервју родитеља деце, у складу са стандардизованим упитником, о статусу респираторног и укупног здравља детета. Тест испитивања плућне функције изведен је у седећем положају детета, уз стављање штипаљке на нос. Како би се избегао проблем варијабилитета добијених резултата, који настају код ангажовања различитих техничара и опреме [225], тестови су изведени од стране исте особе на истом портабл спирометру, на сваком локалитету, то јест у свакој од 10 школа. Код све деце коришћен је портабилни електронски тип спирометра (Spirolab II, MIR, Италија), компатибилан са стандардима ATS *(American Thoracic Society)* и ERS *(European Respiratory Society).*

Најчешће мерене вредности спирометријом, коришћене и у овом истраживању су:

- FEV1 – Форсирани експираторни волумен у једној секунди. Ова мера представља количину ваздуха издахнуту у првој секунди форсиране експирације. У случају нормалне функције плућа, могуће је издахнути готово сав ваздух из плућа, у једној секунди.
- FVC – Форсирани витални капацитет је укупна количина ваздуха издахнута у току брзог и што снажнијег експиријума, одмах након максималног инспиријума.
- FEV1/FVC *(Tiffeneau-Pinelli index)*: израчунати однос који се користи у дијагностици опструктивне или рестриктивне болести плућа. Ова квантитативна вредност представља пропорцију пацијентовог виталног капацитета који је он у могућности да издахне у првој секунди форсираног експиријума, у односу на укупан витални капацитет.

Извор: [226]

9. Избор основних школа за истраживање

Избор географске локације школе и карактеристике локалитета

Истраживање је спроведено у 10 основних школа на административној територији Града Београда. Како би се на што целовитији начин сагледао утицај школске околине, а пре свега саобраћајног загађења ваздуха на ваздух затвореног простора школе, као и на респираторне симптоме код деце која их похађају, биране су школе са адресама на три различита типа локалитета у граду Београду.

Тип 1: Приградско насеље са мешаним урбано-руралним карактеристикама (3 школе)

Тип 2: Шира зона града са урбаним карактеристикама, близу саобраћајница (3 школе)

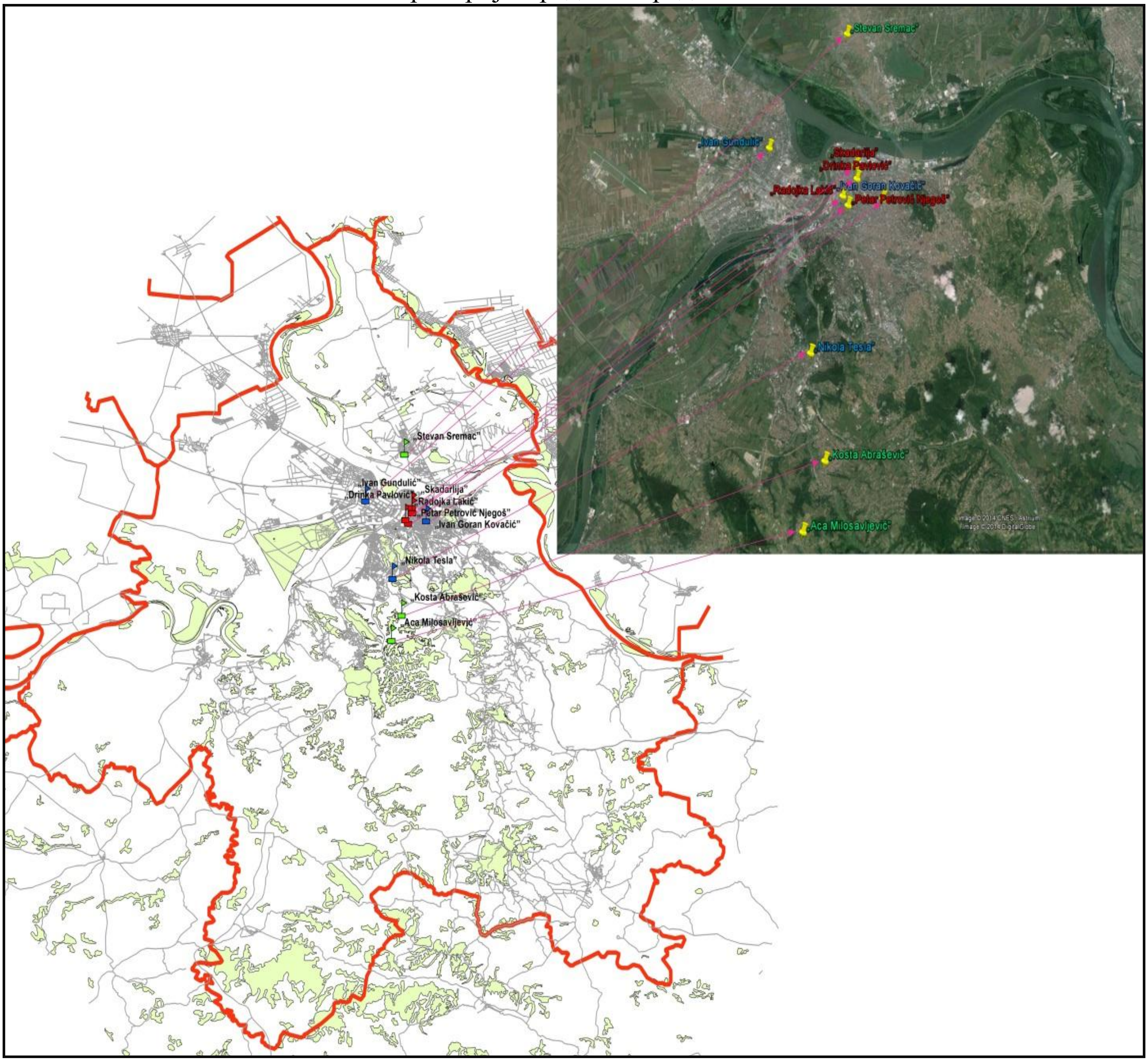
Тип 3: Централно градско језгро са доминантним прометним саобраћајницама (4 школе)

Табела 7. GIS координате школа у којима је вршено истраживање са описом околине истих

	Основна школа	**Адреса и географске карактеристике школе**	**GIS координате**	**Шифра школе у бази**
1.	„Аца Милосављевић”	Моравска (Школска) 7, Рушањ, приградско насеље руралног типа, испод Ибарске магистрале	44°41'01,10” N 20°26'20,86” E	1101
2.	„Стеван Сремац”	Борча 3. Трг Ослобођења 3, централна зона приградског насеља	44°52'20,13” N 20°27'18,7” E	1106
3.	„Коста Абрашевић”	13. oktobra 82, Ресник	44°42'33,95” N 20°27'06,52” E	1102
4.	„Иван Гундулић”	Народних хероја 12, Урбана зона са фреквентним саобраћајем, Нови Београд	44°49'18,19” N 20°24'15,75” E	1110
5.	„Никола Тесла”	Др Миливоја Петровића 6, Раковица, шира територија града, неактивна индустријска зона	44°44'30,27” N 20°25'44,89” E	1103
6.	„Иван Горан Ковачић”	Војводе Бране 18а, урбана зона, изоловано од фреквентних саобраћајница	44°48'17,27” N 20°29'01,08” E	1104
7.	„Петар Петровић Његош”	Ресавска 6, централно градско језгро, прометна саобраћајница	44°48'16,20” N 20°27'43,91” E	1108
8.	„Радојка Лакић”	Александра Костића 1-7, централно градско језгро, између две прометне саобраћајнице, близу Главне железничке станице	44°48'21,72” N 20°27'21,81” E	1109
9.	„Скадарлија”	Француска 26, централно градско језгро, прометна саобраћајница, двориште према пешачкој зони	44°49'06,12” N 20°27'49,41” E	1105
10.	„Дринка Павловић”	Косовска 19, централно градско језгро	44°48'48,32” N 20°27'54,66” E	1107

Мапа број 2 приказује географски распоред школа на мапи града Београда (GIS), са нагласком на њихову припадност једној од три групе, у односу на близину прометних саобраћајница. Након ове интегрисане мапе следи детаљан опис локације сваке школе појединачно, са аспекта евентуалног присуства фактора ризика по респираторно здравље, којима деца могу бити изложена у току свог поновљеног вишечасовног боравка у датој школи.

Мапа 2. Географска дистрибуција свих школа укључених у истраживање на територији Града Београда



Детаљни опис локације и директног окружења школа из истраживања

Тип 1: Приградско насеље са мешаним урбано-руралним карактеристикама

У ову групу школа спадају три основне школе:

1. „Аца Милосављевић", Моравска (Школска) 7, Рушањ
2. „Стеван Сремац", Трг Ослобођења 3, Борча
3. „Коста Абрашевић", 13. октобра 82, Ресник

1. Основна школа „Аца Милосављевић" лоцирана је у насељу Рушањ, на надморској висини од 188 метара. Топографски, школа је смештена на ободу урбаног дела насеља, наслањајући се на почетак зоне са пољопривредним земљиштем. Могући извор загађења амбијенталног ваздуха је саобраћај из околних локалних саобраћајница, као и продукти сагоревања фосилних горива из околних кућних ложишта, пре свега, дрва.

Рушањ је насеље у градској општини Чукарица у граду Београду. Удаљено је 16 км од центра Београда. Најближе насеље је Ресник, удаљено 2 км од центра Рушња. Ово насеље налази се непосредно уз Ибарску магистралу.

Мапа 3. Географска позиција ОШ „Аца Милосављевић”

2. Основна школа „Стеван Сремац” лоцирана је у насељу Борча, на територији општине Палилула, у зони левог дунавског приобаља „Дунавски Венац”. Подељено на шест центара и стари део Борче и насеље Црвенка. Центар 1 је најстарији центар Борче, где су смештени школа „Стеван Сремац”, Дом здравља, Месна заједница, ватрогасни дом и полицијска станица. Ова локација има сва обележја административне урбане зоне, тако да су могући извори загађења амбијенталног ваздуха саобраћај и индивидуална кућна ложишта на чврста фосилна горива. Налази се на надморској висини од 72 м. Насеље Борча налази се на левој обали Дунава, западно од пута који води од Београда ка Зрењанину. Удаљено је од Београда шест километара.

Мапа 4. Географска позиција ОШ „Стеван Сремац”

3. Основна школа „Коста Абрашевић” лоцирана је у насељу Ресник, београдске општине Раковица. Насеље се већим делом налази на брду (тзв. Ресник Брдо) које је део Авалског планинског масива. Школа је смештена на надморској висини од 99 м. Школу са једне стране, окружује прометна саобраћајница, док је са друге обод пољопривредне зоне насеља, од којег је иста одвојена парковским растињем.

Насеље Ресник је уједно најјужнија урбана тачка Београда и најсеверније рурално насеље Шумадије. Ресник се налази на саобраћајници Кружни пут, а кроз њега пролази Беовоз, железничка пруга Београд-Ниш, пруга Београд-Пожаревац, и пруга Београд-Бар, ту је железничка станица Ресник. Недавно је асфалтним путем Ресник повезан са оближњом Пиносавом, као и са селом Рушањ, тј. са Ибарском магистралом.

Мапа 5. Географска позиција ОШ „Коста Абрашевић”

Тип 2: Шира зона града са урбаним карактеристикама, у близини саобраћајница

У ову групу школа спадају три основне школе:

4. „Иван Гундулић”, Народних хероја 12, Нови Београд, урбана зона са фреквентним саобраћајем

5. „Никола Тесла”, Др Миливоја Петровића 6, Раковица, шира територија града, неактивна индустријска зона

6. „Иван Горан Ковачић”, Војводе Бране 18а, урбана зона, изоловано од фреквентних саобраћајница.

4. Основна школа „Иван Гундулић”, Народних хероја 12, Нови Београд. Ова основна школа смештена је у новобеоградском Блоку 3, једном од првих стамбених блокова изграђених на територији Новог Београда, 1960-их година. У њеном непосредном окружењу су парковско зеленило и стамбене зграде, који су, уједно, и физичка баријера према околним изузетно прометним саобраћајницама: Улица Париске комуне, Булевар Зорана Ђинђића и Улица Студентска. Све три улице оптерећене су аутомобилским и аутобуским саобраћајем. Посебно битан детаљ је да улица Париске комуне представља трасу повезивања правца са Бранковог моста (стари Београд) и правца аутопута Е75 Београд-Загреб, као и пут за Аеродром „Никола Тесла” у Сурчину.

Мапа 6. Географска позиција ОШ „Иван Гундулић”

5. **Основна школа „Никола Тесла”**, Др Миливоја Петровића 6, Раковица, Београд. Ова основна школа смештена је у градском насељу Раковица (општина Раковица) у Граду Београду. Школа је лоцирана у средишту урбаног дела насеља Раковица, при чему су стамбене зграде које је окружују по типу приватних једноспратница, што омогућава ваљану циркулацију ваздушних маса. Такође, гледано са аспекта географског положаја, територија на којој је школа је на средини између два градска зелена појаса, шуме Кошутњак и Миљаковачке шуме. Једини потенцијални извор загађења ваздуха од значаја за здравље деце која је похађају је високофреквентни саобраћај у две околне веће улице: Улица Патријарха Димитрија и Улица Пилота Михаила Петровића. Такође, железничка станица Раковица налази се у Улици Патријарха Димитрија.

Мапа 7. Географска позиција ОШ „Никола Тесла”

6. Основна школа „Иван Горан Ковачић”, Војводе Бране 18а, урбана зона, изоловано од фреквентних саобраћајница. Парадоксално, иако од школе до прометних улица у њеном окружењу, попут Рузвелтове, Улице Димитрија Туцовића и Булевара Краља Александра нема више од 800 м раздаљине, сâма зграда школе је окружена мирним резиденцијалним квартом, где је једини извор загађења ваздуха аутомобилски саобраћај, јер улице у њеном директном окружењу немају капацитет да прихвате аутобуски или теретни саобраћај. Школа се налази, условно речено, у „ширем центру града”, с обзиром да је од „круга двојке”, који представља демаркациону линију ужег градског језгра, удаљена само пар стотина метара.

Мапа 8. Географска позиција ОШ „Иван Горан Ковачић”

Тип 3: Централно градско језгро са доминантним прометним саобраћајницама

Карактеристично за локацију ових школа је територијална припадност ужем градском језгру Града Београда (унутар или покрај „круга двојке”), са свим урбаним обележјима, а пре свега, близином прометних саобраћајница.

У ову групу школа спадају:

7. „Петар Петровић Његош”, Ресавска 6, централно градско језгро, прометна саобраћајница

8. „Радојка Лакић”, Александра Костића 1-7, централно градско језгро, између две прометне саобраћајнице, близу Главне железничке станице

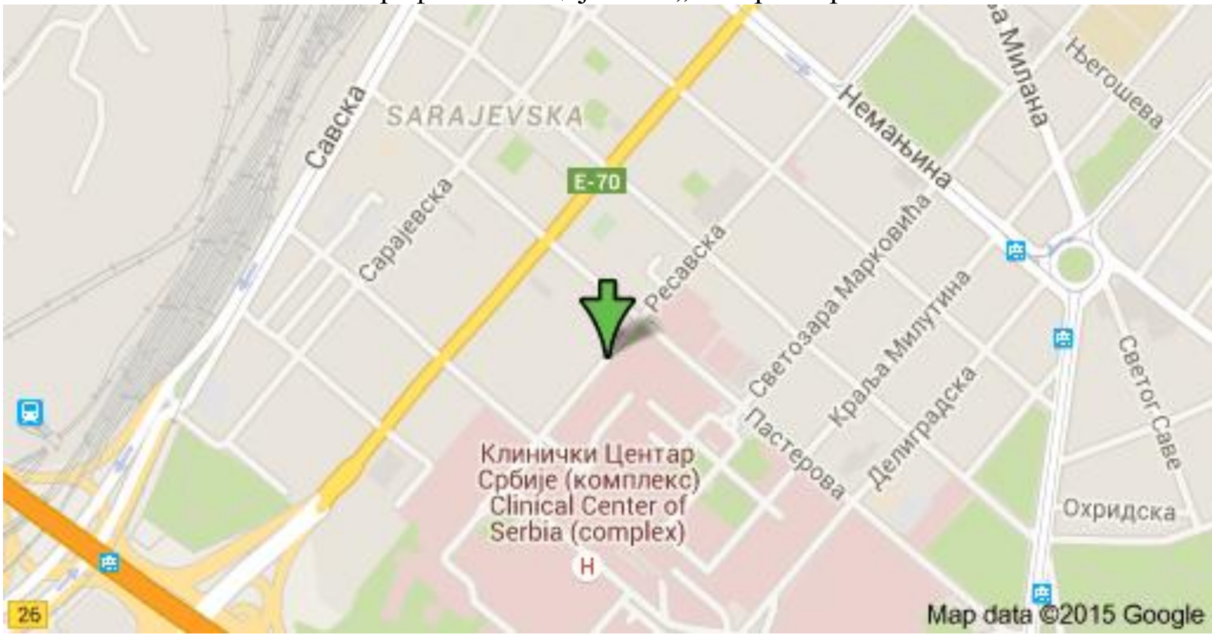
9. „Скадарлија”, Француска 26, централно градско језгро, прометна саобраћајница, двориште према пешачкој зони

10. „Дринка Павловић”, Косовска 19, централно градско језгро, у близини две мерне станице за континуирано праћење параметара саобраћајног загађења ваздуха, чију локацију је одредила близина Тунела, према Новом Београду.

Мапа 9. „Круг двојке”, Београд

7. Основна школа „Петар Петровић Његош”, Ресавска 6. Школа је лоцирана у централном градском језгру, у близини пространих прометних саобраћајница, попут улица Немањина (граница „круга двојке”), Кнеза Милоша и Булевар Ослобођења, које су изузетно оптерећене, поред аутомобилског и аутобуским саобраћајем. Значај улице Кнеза Милоша је у томе што повезује две битне међународне саобраћајнице, Е-75 и Е-70 (правац Ниш-Београд-Загреб) са Зрењанинским путем, који води ка Румунији). У непосредној близини школе налази се неколико амбасада, као и почетак клиничко-болничког блока од великог значаја не само за Град Београд, већ и целу Републику Србију (Клинички центар Србије), од којих су најближи Реуматолошки Институт и Универзитетска Дечија клиника у Тиршовој улици. Ови детаљи нису без значаја, с обзиром да се, управо због посета овим институцијама, саобраћај, који је ионако фреквентан, битно успорава, што утиче на повећану емисију издувних гасова из моторних возила. Оно што такође може представљати значајан ризик по респираторно здравље деце која похађају ову школу је и чињеница да у окружењу школе има стамбених објеката који нису повезани на систем даљинског грејања, већ имају индивидуалне котларнице, које су препознати извор штетних емисија у амбијентални ваздух.

Мапа 10. Географска позиција ОШ „Петар Петровић Његош”



8. Основна школа „Радојка Лакић”, Александра Костића 1-7, централно градско језгро, између две прометне саобраћајнице, близу Главне железничке станице.

Ова школа лоцирана је између следећих улица:

– Немањина (улица кањонског типа) – два вида градског саобраћаја: аутобуски и трамвајски; индивидуална возила;

– Савска улица: ова улица представља везу између две битне трансверзале за теретни и путнички саобраћај, као што су Аутопут (Е75) и Дунавска улица, којима се повезују путни правци преко моста „Газела” са оним преко Панчевачког моста. Такође, та улица је улазни правац за путничке аутобусе до завршне станице на БАС (Београдској аутобуској станици). Услед тога, заступљени су сви видови моторних возила (теретни камиони, аутобуси, аутомобили).

– Сарајевска улица: улица између Савске улице и Кнеза Милоша. Кроз обе улице пролази траса неколико градских и приградских аутобуских линија. Теретни саобраћај кроз њу је забрањен. У самој Савској улици саобраћај је најпрометнији, баш у време рада школе, са тенденцијом опадања фреквенције након 19 часова.

Иако је адреса школе у непосредној близини поменуте три прометне саобраћајнице, сама улица Александра Костића је мирна и без тешког саобраћаја, из разлога што је, наспрам основне школе лоцирана и Специјална болница за цереброваскуларна обољења „Свети Сава”.

Мапа 11. Географска позиција ОШ „Радојка Лакић”

9. Основна школа „Скадарлија”, Улица Француска 26, централно градско језгро, прометна саобраћајница, двориште према пешачкој зони. Основна школа „Скадарлија” налази се у Француској улици, у близини њене раскрснице са Улицом Цара Душана (200 м). Испред саме школе је аутобуско стајалиште за неколико градских линија. Оближња улица Цара Душана представља северну границу, такозваног „круга двојке”, то јест ужег градског језгра, са веома фреквентним аутомобилским, аутобуским и трамвајским саобраћајем. Неких 300 м од школе налази се и бензинска пумпа. Школско двориште окренуто је према пешачкој зони боемске четврти „Скадарлија”.

Мапа 12. Географска позиција ОШ „Скадарлија”

10. Основна школа „Дринка Павловић”, Косовска 19, централно градско језгро. Ова основна школа смештена је у најужем центру Града Београда, у непосредној близини Трга Николе Пашића и Улице Теразије, који се у сваком погледу сматрају централним градским тачкама. Косовска улица је типична улица кањонског типа и представља везу између Теразијског тунела и Улице Таковске, чији правац води даље, преко улице Деспота Стефана (раније 29. новембра) ка Панчевачком мосту, тј. Банату.

Оно што локацију школе чини посебном је чињеница да се у њеној непосредној близини налазе две мерне тачке, на којима се у вишегодишњем низу мери загађење ваздуха пореклом од саобраћаја, тачније мерно место „Скупштина” и мерно место „Тунел”. Оба мерна места спадају у Зону 1, ужег градског језгра, а на којима константно фигурирају повишене вредности свих праћених показатеља загађења. Мерења врши Институт за јавно здравље Србије за Градски секретаријат за заштиту животне средине. Значај поменутих детаља је у томе што су управо те чињенице помогле у избору ове школа за учешће у истраживању које је предмет тезе.

Мапа 13. Географска позиција ОШ „Дринка Павловић”

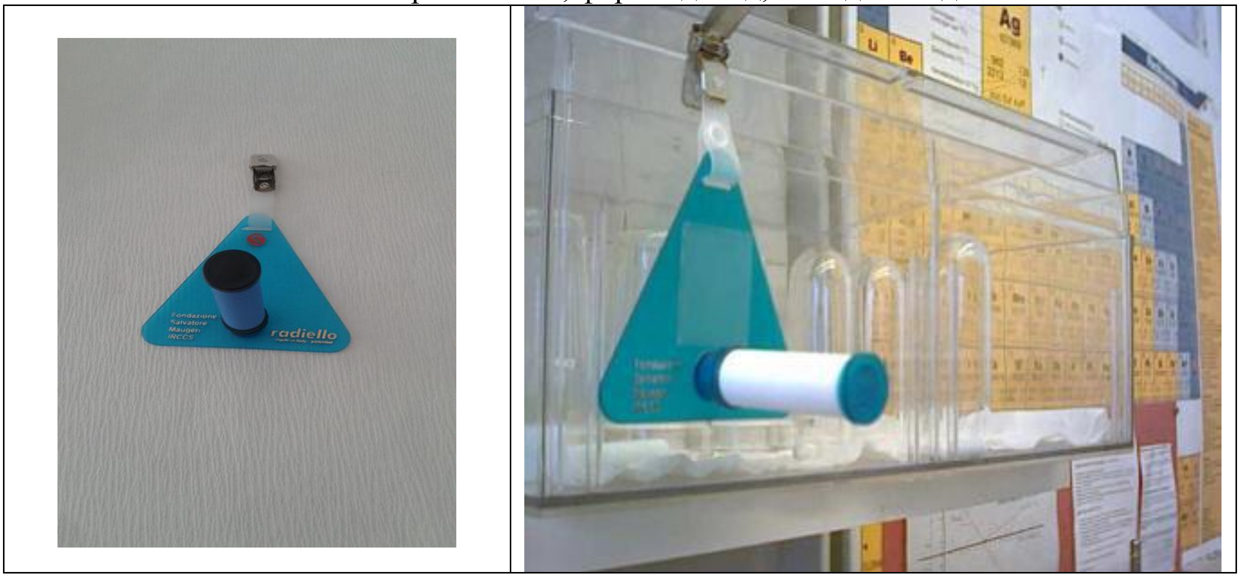
Рад инструмената за узорковање и мерење показатеља квалитета ваздуха и термалног комфора

Слика 5. Инструмент N°1 - HONEYWELL IAQ/PROBE

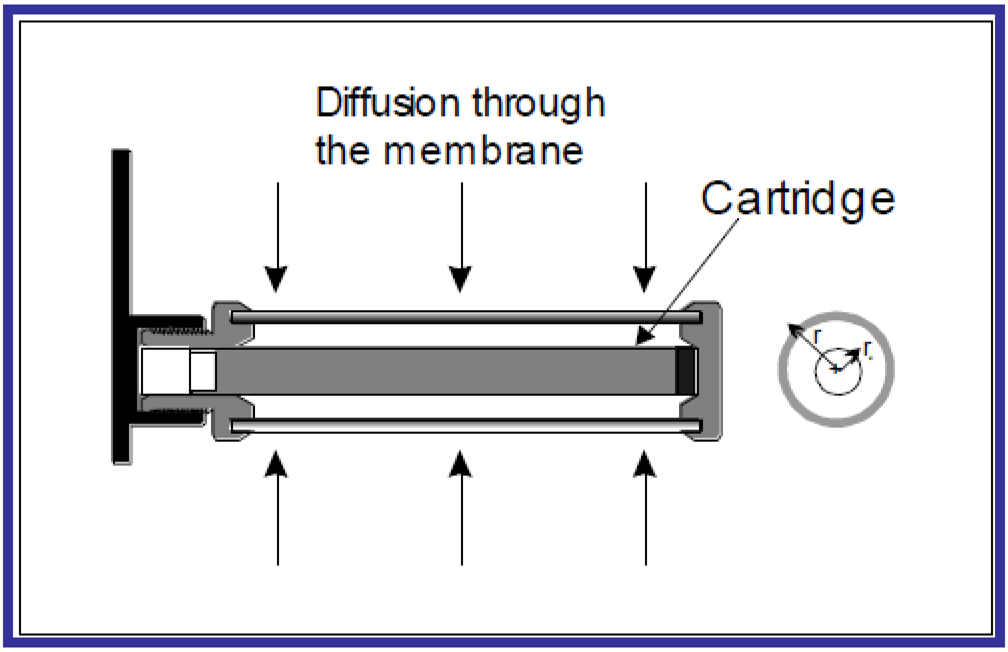
Овим инструментом врше се симултана континуална мерења основних параметара термалног комфора затвореног простора: температура, влажност ваздуха, CO, CO_2. Резултати мерења се у реалном времену очитавају на LCD дисплеју. Сви подаци се депонују у data-logger делу софтвера који је компатибилан са Windows оперативним системом, што му омогућава аутоматски пренос учитаних података на PC. Након тога, софтвер за управљање подацима анализира добијене информације и компилира их у лако разумљиви формат. Сва витална статистика бива сортирана у временском следу, по данима.

Слика 6. Инструмент N^{o}2: RADIELLO пасивни семплер

RADIELLO: пасивни семплер за бензен, формалдехид, азот-диоксид



За узорковање бензена, формалдехида и азот-диоксида, коришћен је Radiello пасивни семплер. Овај инструмент састоји се од троугласте пластичне базе на коју се фиксира кертриџ за узорковање. Ваздух улази у кертриџ путем дифузије, са обе слободне стране. Шематски принцип рада овог инструмента приказан је на слици 5, која следи.



Слика 7. Принцип узорковања ваздуха пасивним семплером Radiello

Семплер се претходно постави на место које одговара следећим дефинисаним стандардима, када је узорковање ваздуха у затвореном простору у питању:

– одмакнуто од зидова просторије 1–2 m.

– стављено на висину од 1,5 m од пода

– 1 место узорковања/по учионици

– не на директну светлост (Сунчеве зраке)

– не близу извора топлоте

– не близу вентилационог система (клима уређај)

– не близу потенцијалног извора загађења.

Инструмент N^{o} 3: HAZ-DUST EPAM-5000 *(Environmental Particle Air Monitor)* је преносиви монитор честичног загађења ваздуха (PM), који омогућава одређивање концентрација честица у реалном времену, са могућношћу пребацивања на жељену димензију честица, од TSP (укупне суспендоване честице), PM_{10}, $PM_{2.5}$, па до $PM_{1.0}$. Време мониторинга има широки опсег од 1 секунде до 15 месеци. Учесталост узорковања се може подесити на следеће временске интервале: 1 sec., 10 sec., 1 min. и 30 min. Што се похрањивања података тиче, софтвер овог инструмента прима податке за 21.600 уноса података. Могуће је меморисање података и за период дужи од 5 година.

Слика 8. HAZ-DUST EPAM-5000 за узорковање честица

Методе чишћења учионица – средства за чишћење

Моп (енгл. *mop*) – чишћење пода се обавља потапањем текстилне крпе, четке у воду са хигијенским средством, цеђењем исте и потом прањем глатких површина, пре свега, подних. Негативне последице оваквог метода чишћења може бити повећање честичног садржаја на поду и у ваздуху (ресуспензијом), уколико се крпа недовољно испере.
У овом истраживању, чишћење мопом се сврстава у комбиновану методу чишћења, с обзиром на коришћење воде и неког хемијског средства.

Варикина (енгл. *bleach*) – учестали назив за хемијско средство за чишћење са високим садржајем хлорних једињења. С обзиром на свој хемијски састав, ова средства могу деловати снажно иритантно на слузнице очију и горњих партија респираторног система, па и код ученика, уколико је учионица чишћена непосредно пред њихов улазак у учионицу.

4. РЕЗУЛТАТИ

С обзиром да је ова докторска дисертација производ једног свеобухватног истраживања школске средине, са применом различитих метода истраживања, а што је дало велики број резултата из више тематских области, исти ће бити евалуирани у тексту дисертације у склопу неколико тематских целина, и то:

4.1. Резултати добијени анализом одговора из три стандардизована упитника

- Демографске карактеристике ученика и родитеља укупно и према школама
- Карактеристике учионице (пасивне и активне)
- Карактеристике школа

4.2. Резултати мерења квантитативних показатеља

- Карактеристике квалитета ваздуха у укупном узорку (вредности и корелације)
- Карактеристике квалитета ваздуха у свакој од школа (вредности и корелације)
- Елементи термалног комфора (вредности и корелације)

4.3. Респираторни симптоми код испитиваних ученика из Упитника за родитеље/старатеље и корелација са измереним вредностима полутаната

4.4. Утицај социо-економског статуса и стила живота на појаву респираторних сметњи

4.5. Резултати спирометрије

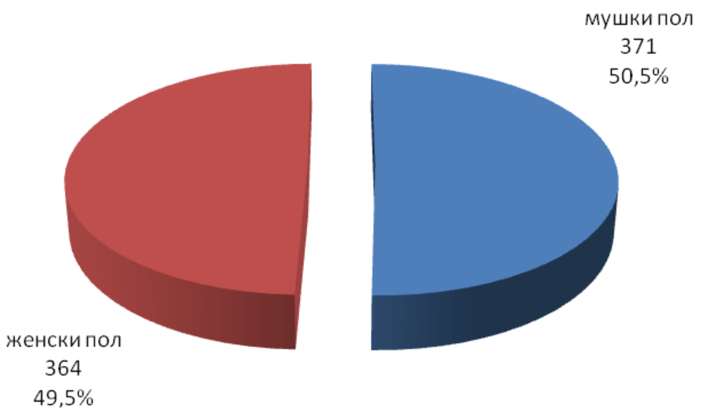
4.6. Предикторска анализа

4.1. РЕЗУЛТАТИ ДОБИЈЕНИ АНАЛИЗОМ ОДГОВОРА ИЗ ТРИ СТАНДАРДИЗОВАНА УПИТНИКА

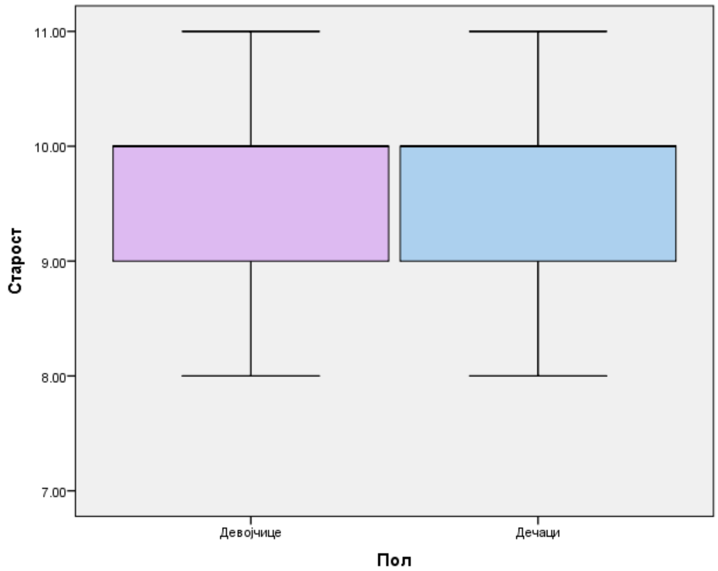
4.1.1. Демографске карактеристике ученика и родитеља укупно и према школама

У раду је обухваћено 735 ученика из 10 београдских основних школа; од тога је било 364 (49,5%) девојчица и 371 (50,5%) дечака (p=ns).

Графикон 1. Дистрибуција анкетираних према полу



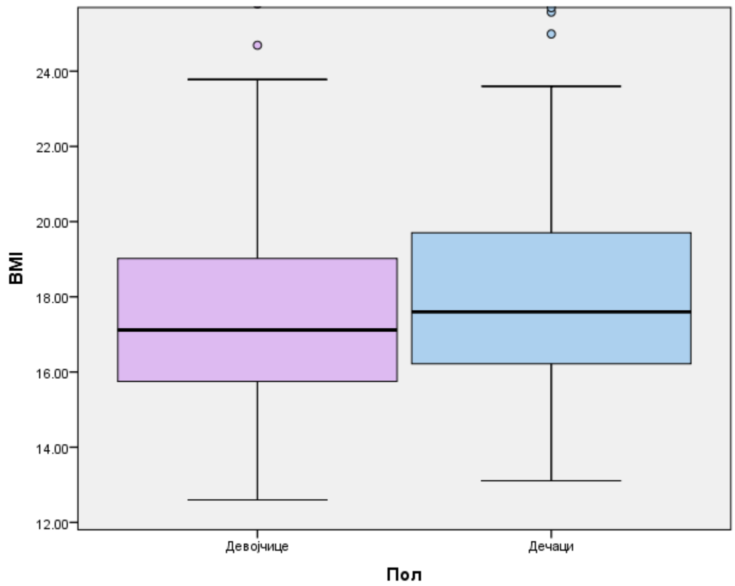
Графикон 2. Просечна старост анкетираних ученика укупно



Просечна старост испитиване деце износила је 9,34±0,7 година. Код дечака је просечна старост била 9,84±0,64 година, а код девојчица 9,77±0,68 година.

Међу половима није доказана статистички значајна разлика, то јест, дечаци су незнатно старији. Просечна висина деце обухваћене истраживањем (у даљем тексту „деца обухваћена истраживањем” мења се са „деца”) је износила 142,59±8,52 cm; просечна висина код дечака износила је 142,69±7,97 cm, а код девојчица 142,48±9,06 cm, без значајније разлике међу половима.

Графикон 3. Просечан BMI анкетираних ученика укупно



Укупна просечна ухрањеност (BMI) износи 17,85±2,67.

Просечна старост мајке међу анкетираним ученицима износила је 38,08±5,38 година, док је просечна старост очева међу анкетом обухваћенима износила 41,64±6,17 година. Међу децом, 57,5% ученика су, уједно, били прва мајчина изнесена трудноћа. Пушење у трудноћи практиковало је 2/3 мајки (75%). Пре термина се породило њих 13,4%. Чак 87,4% мајки је дојило децу, међу анкетираним ученицима.

Плућне инфекције до две године имало је 14,4% деце.

Карактеристике анкетираних ученика према школи

У раду је обухваћено 735 ученика из 10 београдских школа, а дистрибуција према школи коју похађају приказана је у табели која следи.

Табела 8. Дистрибуција анкетираних према старости, полу, BMI и школи коју похађају

ОШ	Број ученика	Старост (године)		BMI		Пол	
		Просек	SD	Просек	SD	Мушко	%
„Аца Милосављевић”	95	9,24	0,82	17,99	3,14	54	54,50
„Коста Абрашевић”	66	**8,85**	**0,5**	**16,73**	**1,95**	35	51,50
„Никола Тесла”	74	9,09	0,34	**18,44**	**2,77**	40	51,90
„Иван Горан Ковачић”	61	9,15	0,44	18,22	3,05	28	45,90
„Скадарлија”	76	9,39	0,63	17,34	2,12	44	56,40
„Стеван Сремац”	75	9,28	0,45	17,99	2,45	38	49,40
„Дринка Павловић”	50	9,12	0,48	17,15	1,84	24	45.30
„П. Петровић Његош”	74	9,46	0,85	18,22	3,06	37	48,70
„Радојка Лакић”	64	9,86	0,59	17,93	2,67	29	45,30
„Иван Гундулић”	80	**9,88**	**0,79**	18.,09	2,67	42	51,20
Укупно	715	9,34	0,7	17,85	2,67	371	51,89
ANOVA тестирање	**F=18,985; p<0,000*** **			**F=2,109; p<0,027***		**χ^2=3,841, p=0,922**	

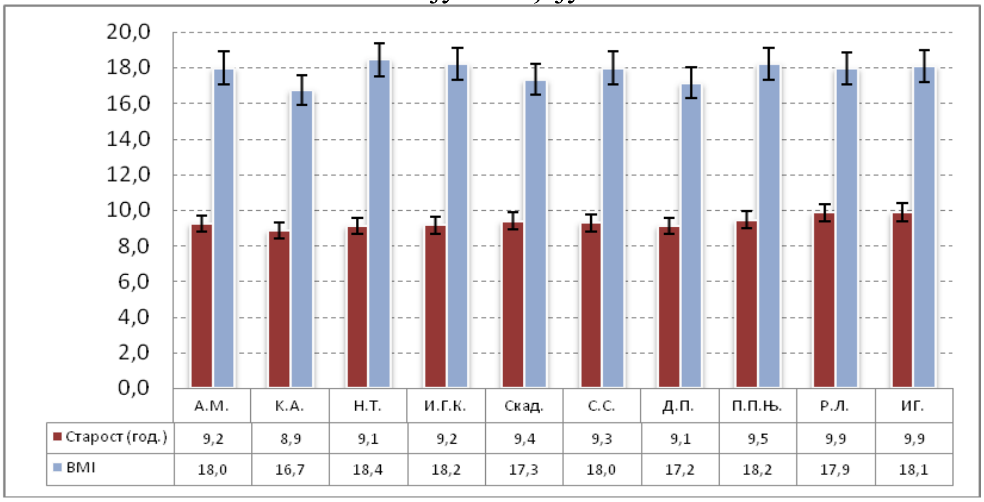
*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Није доказана значајнија разлика у заступљености према половима међу 10 анализираних школа (χ^2=3,84, p=0,922). Просечна старост деце је између 8,85±0,50 година у школи „Коста Абрашевић” до 9,88±0,79 година у школи „Иван Гундулић”. Укупна просечна старост износи 9,34±0,7 година.

Доказана је статистички значајна разлика у просечној старости деце међу ученицима 10 анализираних школа (F=18,985, p<0,000).

Просечна BMI деце је између 16,73±1,95 у школи „Коста Абрашевић” до 18,44±2,77 у школи „Никола Тесла”. Укупни просечни коефицијент ухрањености (BMI) износи 17,85±2,67.

Графикон 4. Просечна старост и просечан BMI анкетираних ученика према школи коју похађају



Просечна старост деце износила је 9,34±0,7 година. Код дечака је просечна старост била 9,84±0,64 година, а код девојчица 9,77±0,68 година, то јест, у односу на школу коју похађају између 8,85±0,50 година у школи „Коста Абрашевић” до 9,88±0,79 година у школи „Иван Гундулић”.

Међу половима није доказана статистички значајна разлика, дечаци су незнатно старији. Међу школама је доказана статистички значајна разлика у просечној старости деце, ($F=18{,}985$, $p<0{,}000$).

Просечна висина деце износила је 142,59±8,52 cm; код дечака је просечна висина износила 142,69±7,97 cm, а код девојчица 142,48±9,06 cm, без значајније разлике међу половима.

Укупна просечна ухрањеност (BMI) износи 17,85±2,67. Просечна BMI деце је између 16,73±1,95 у школи „Коста Абрашевић”, што је уједно и школа са најнижим вредностима BMI, до 18,44±2,77 у школи „Никола Тесла”, где је највиши BMI.

Доказана је статистички значајна разлика у просечној BMI деце, међу ученицима 10 анализираних школа ($F=2{,}109$, $p<0{,}027$).

Демографске карактеристике родитеља – укупно и према школи

Упитник са подацима о досадашњем здрављу детета, са акцентом на дијагностиковане поремећаје респираторног здравља, као и на податке о условима становања, за свако дете је попуњавао родитељ/старатељ.

Просечна старост мајки испитиване деце је између 36,05±5,04 година до 40,27±4,46 година, док за оца она износи између 39,35±5,69 година до 43,517±5,45 година.

Доказана је статистички значајна разлика у просечној старости мајки, међу ученицима 10 анализираних школа (F=6,066, p<0,000). У просеку су најстарије мајке деце из ОШ „Дринка Павловић", а најмлађе из ОШ „Аца Милосављевић", док су у просеку најстарији очеви деце из ОШ „Дринка Павловић", а најмлађи из ОШ „Стеван Сремац" (F=3,341, p<0,001). Дистрибуција старости оца и мајке приказана је у табели 9.

Табела 9. Дистрибуција према старости родитеља анкетиране деце – према школама

ОШ	Старост мајке		Старост оца	
	Просек	**SD**	**Просек**	**SD**
„Аца Милосављевић"	**36,05**	**5,04**	40,26	6,10
„Коста Абрашевић"	36,51	4,81	40,69	6,71
„Никола Тесла"	38,05	4,00	41,29	4,19
„Иван Горан Ковачић"	37,36	5,82	41,98	7,85
„Скадарлија"	39,50	5,47	43,21	6,38
„Стеван Сремац"	36,35	5,07	**39,35**	**5,69**
„Дринка Павловић"	**40,27**	**4,46**	**43,51**	**5,45**
„Петар Петровић Његош"	38,80	5,62	42,73	5,74
„Радојка Лакић"	39,75	6,24	42,56	7,07
„Иван Гундулић"	39,06	5,28	41,79	5,49
Укупно	**38,08**	**5,38**	**41,64**	**6,17**
ANOVA тестирање	F=6,066; p<0,000***		F=3,341; p<0,001***	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Степен едукације родитеља – укупно

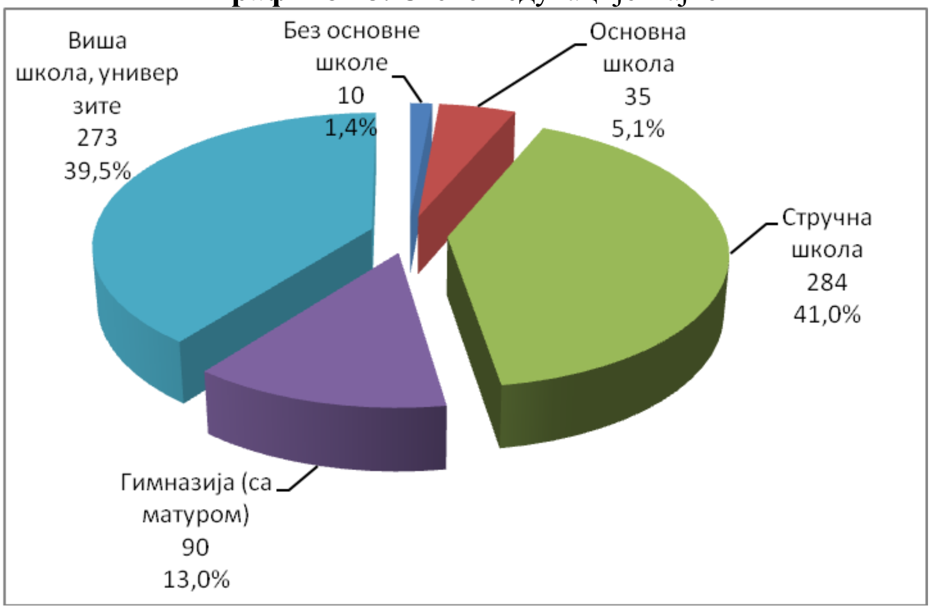
Степен едукације родитеља приказан је у табели која следи. Очеви чешће имају средњу стручну спрему (47,3% *vs* 41%), а мајке чешће имају високо образовање (39,5% *vs* 34,8%). Код оба родитеља доказана је статистички значајна разлика у степену образовања (p<0,001). И мајке, као и очеви, најчешће имају степен образовања виши од основног, односно средњу стручну спрему, високо и више образовање (табела 10).

Табела 10. Дистрибуција анкетираних према степену образовања родитеља

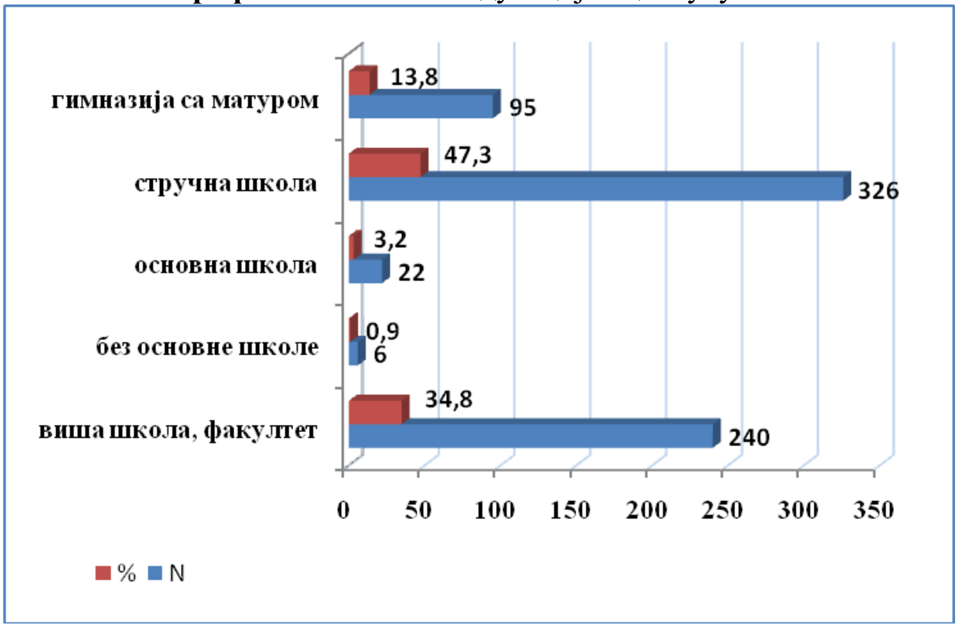
	Едукација	**Укупно**	**%**	**χ^2, sign.p**
мајка	Без основне школе	10	1,4	514,39 0,0001
	Основна школа	35	5,1	
	Средња стручна школа	284	41,0	
	Гимназија (са матуром)	90	13,0	
	Виша школа, универзитет	273	39,5	
Укупно		692	100,0	
отац	Без основне школе	6	0,9	585,83 0,0001
	Основна школа	22	3,2	
	Средња стручна школа	326	47,3	
	Гимназија (са завршним испитом)	95	13,8	
	Виша школа, универзитет	240	34,8	
Укупно		689	100,0	

Најнижи степен едукација мајки је учесталији (6,5%) него иста учесталост очева без и са основном школом (4%). Мајке чешће имају виши степен образовања од очева (39,5% *vs* 34,8%).

Графикон 5. Степен едукације мајке



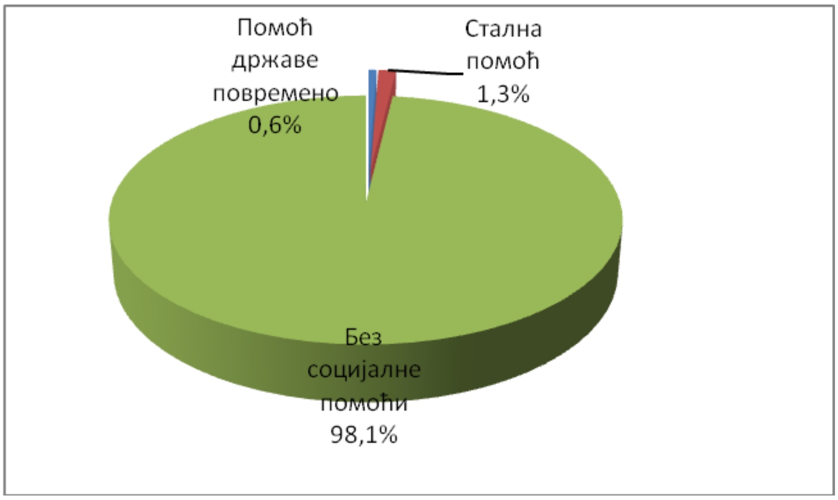
Графикон 6. Степен едукације оца – укупно



Социјална помоћ

На питање из Упитника за родитеље/старатеље **„да ли породица остварује државну помоћ"** (осим дечијег додатка) преко 98% анкетираних је одговорило да није прималац никакве државне помоћи (приказ у графикону 7).

Графикон 7. Остваривање социјалне помоћи/давања



Помоћ државе прима тек 1,9% анкетираних родитеља, а од тог процента сталну помоћ прима 1,3%, док 0,6% повремено прима социјалну помоћ, што је уједно статистички значајно мањи број прималаца помоћи ($p<0,0001$) у односу на оне који нису примаоци ове врсте давања.

Карактеристике репродуктивног здравља мајке и трудноћа – према школи

Пре приказа резултата анкетирања о општем физичком здрављу деце, по појединачним школама, приказане су карактеристике мајке у трудноћи, према школама.

Дистрибуција карактеристика о трудноћи и понашању у трудноћи мајке приказана је у табели која следи и односи се на дистрибуцију по појединачним школама.

Табела 11. Дистрибуција према подацима о трудноћи мајке испитиване деце – према школама

ОШ	Прва трудноћа		Порођај пре термина		Пуше у трудноћи	
	Број	%	Број	%	Број	%
„Аца Милосављевић"	56	57,7	11	11,2	72	72,7
„Коста Абрашевић"	33	54,1	**13**	**19,1**	51	75,0
„Никола Тесла"	36	50,7	7	9,2	61	79,2
„Иван Горан Ковачић"	**29**	**50,0**	7	11,5	42	68,9
„Скадарлија"	45	58,4	13	16,7	66	84,6
„Стеван Сремац"	41	55,4	6	8,0	52	67,5
„Дринка Павловић"	33	63,5	9	17,3	42	79,2
„Петар Петровић Његош"	**53**	**70,7**	11	14,7	**63**	**82,9**
„Радојка Лакић"	33	53,2	**5**	**7,9**	**40**	**62,5**
„Иван Гундулић"	47	59,5	15	19,0	62	75,6
Укупно	**406**	**57,5**	**97**	**13,4**	**551**	**75,0**
χ^2	9,798		10,809		16,740	
sign p	0,367/нс		0,289/нс		0,050	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Најчешће је анкетирани ученик био уједно и прва остварена трудноћа мајке (70,7%) у ОШ „Петар Петровић Његош", а најређе у ОШ „Иван Горан Ковачић" (50%).

Није доказана значајна разлика у заступљености према првој трудноћи мајке, међу ученицима 10 анализираних школа (p=0,367/ns). Најчешће је анкетирани ученик био рођен пре термина (19,1%) у ОШ „Коста Абрашевић", а најређе у ОШ „Радојка Лакић" (7,90%). Није доказана значајна разлика у заступљености према порођају пре термина ученика 10 анализираних школа (p=0,289/ns).

Најчешће је анкетирани ученик био изложен дуванском диму и као фетус међу анкетиранима (82,9%) у ОШ „Петар Петровић Његош", а најређе у ОШ „Радојка

Лакић" (62,5%). Доказана је статистички значајна разлика у заступљености према пушењу у трудноћи, међу ученицима 10 анализираних школа (p=0,050).

Дојење испитиване деце и појава плућних инфекција до друге године живота – по школама

Анализом података о дојењу деце обухваћене анализом, као и појава плућних инфекција до друге године живота добијени су следећи резултати у односу на школу коју деца похађају (табела 12 и графикон 8).

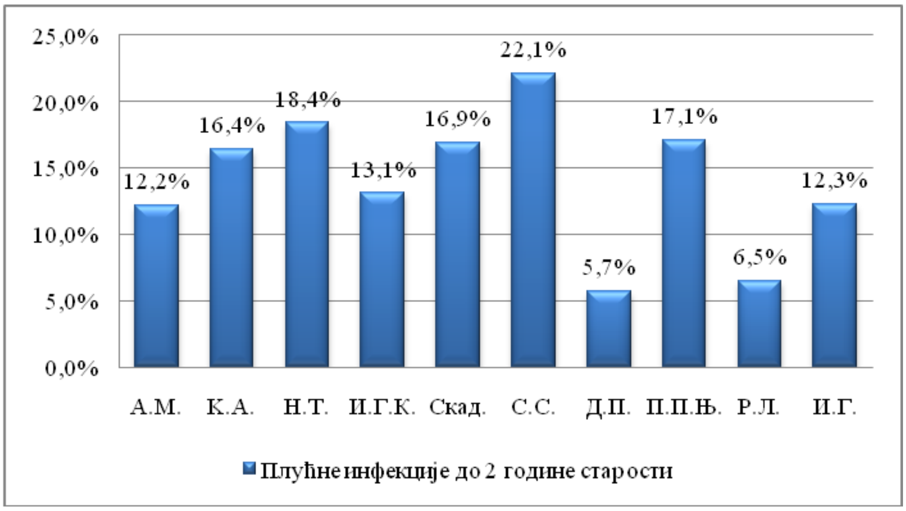
Табела 12. Дистрибуција према подацима о дојењу и појави плућних инфекција код испитиване деце – према школама

ОШ	Плућне инфекције до 2 године старости		Дојење	
	Број	**%**	**Број**	**%**
„Аца Милосављевић"	12	12,2	88	88,9
„Коста Абрашевић"	11	16,4	57	83,8
„Никола Тесла"	**14**	**18,4**	67	89,3
„Иван Горан Ковачић"	8	13,1	54	88,5
„Скадарлија"	13	16,9	68	87,2
„Стеван Сремац"	17	22,1	65	84,4
„Дринка Павловић"	**3**	**5,7**	46	86,8
„Петар Петровић Његош"	13	17,1	68	89,5
„Радојка Лакић"	4	6,5	**52**	**82,5**
„Иван Гундулић"	10	12,3	**74**	**91,4**
Укупно	**105**	**14,4**	**639**	**87,4**
χ^2	12.910a		4,763a	
sign p	0.167/ns		0,854/ns	

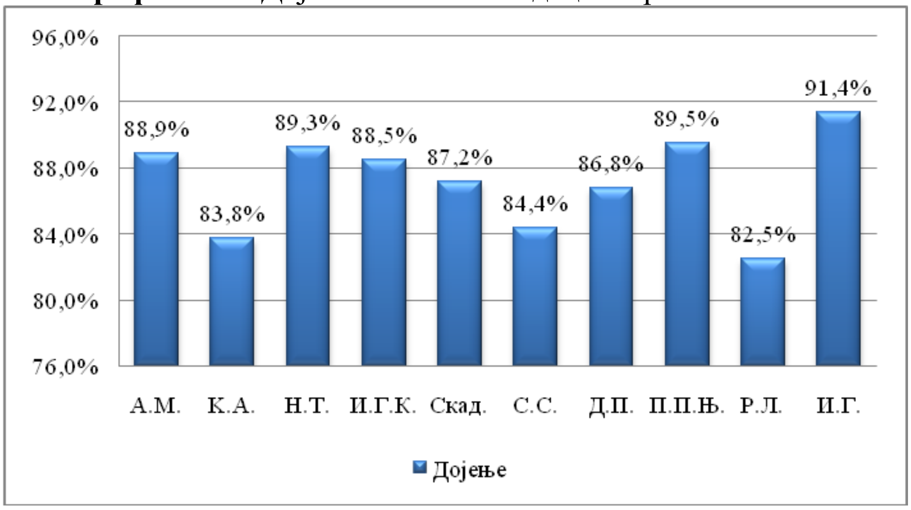
*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Најчешће су анкетирани ученици имали неку плућну инфекцију до две године (18,4%) међу ученицима у ОШ „Никола Тесла", а најређе у ОШ „Петар Петровић Његош" (5,7%). Није доказана статистички значајна разлика у заступљености према првој трудноћи мајке, међу ученицима 10 анализираних школа (p=0,167/ns). Најчешће су међу анкетираним ученицима дојена деца из ОШ „Иван Гундулић" (91,4%), а најређе она која похађају ОШ „Радојка Лакић" (82,5%).

Графикон 8. Плућне инфекције до две године старости код испитиване деце према школама



Графикон 9. Дојење испитиване деце – према школама



Није доказана статистички значајна разлика у заступљености према дојењу, међу ученицима 10 школа из истраживања (p=0,854/ns).

4.1.2. Карактеристике учионице – укупно

Анализом окренутости учионице добијено је да је 74,3% ученика похађало наставу у учионици окренутој према дворишту, док је њих 25,7% наставу имало у учионици окренутој улици.

Статистички значајно је већа заступљеност учионица окренутих дворишту, (χ^2=173,4, p≤0,0001). Са аспекта географске дистрибуције школа, ђаци похађају школе подељене на три подручја, и то у приградским насељима 225 (31,8%) ђака; школе у градским општинама, удаљене од прометница 216 (30,5%) ђака, и школе у строгом центру 267

(37,7%) ђака. Нема значајније разлике у заступљености ђака у односу на локацију школе.

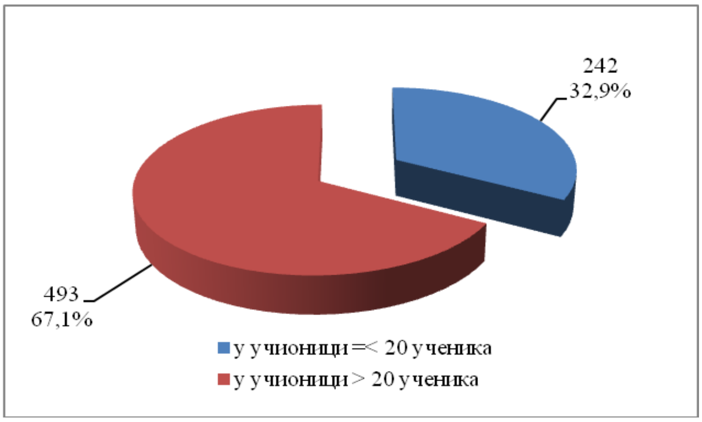
Графикон 10. Окренутост учионице – укупно

Процена стања школске учионице и степена њеног одржавања

Упитник за карактеристике учионице у којима бораве испитивана деца садржи следеће елементе: квалитет прозорских оквира, навика проветравања учионице, број деце која бораве у учионици у време трајања мерења квантитативних показатеља квалитета ваздуха, квалитет зидних и подних облога, тип и старост намештаја, окренутост учионице према прометној улици или школском дворишту. Ови исходи приказани су у наставку, према анализираним школама.

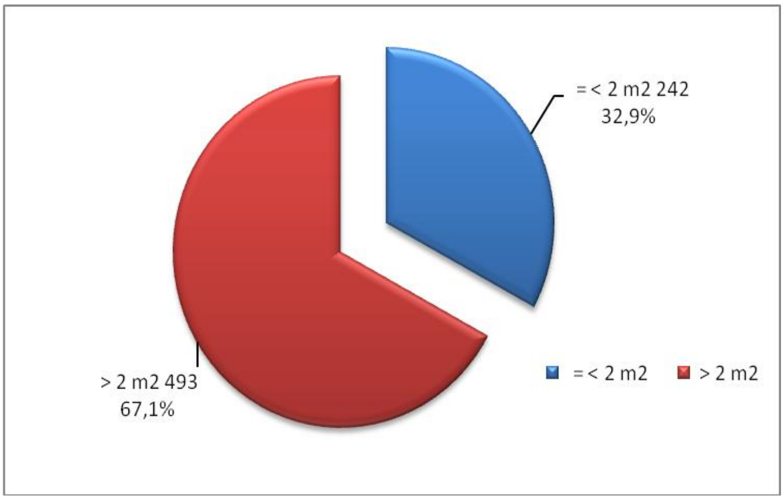
Када је реч о броју деце која су боравила у учионицама у исто време док су вршена мерења показатеља термалног комфора и квалитета ваздуха затвореног простора, извршена је подела на више ⁄мање од 20 ученика по учионици, што је приказано у графикону 11.

Графикон 11. Карактеристике учионица – заузетост простора

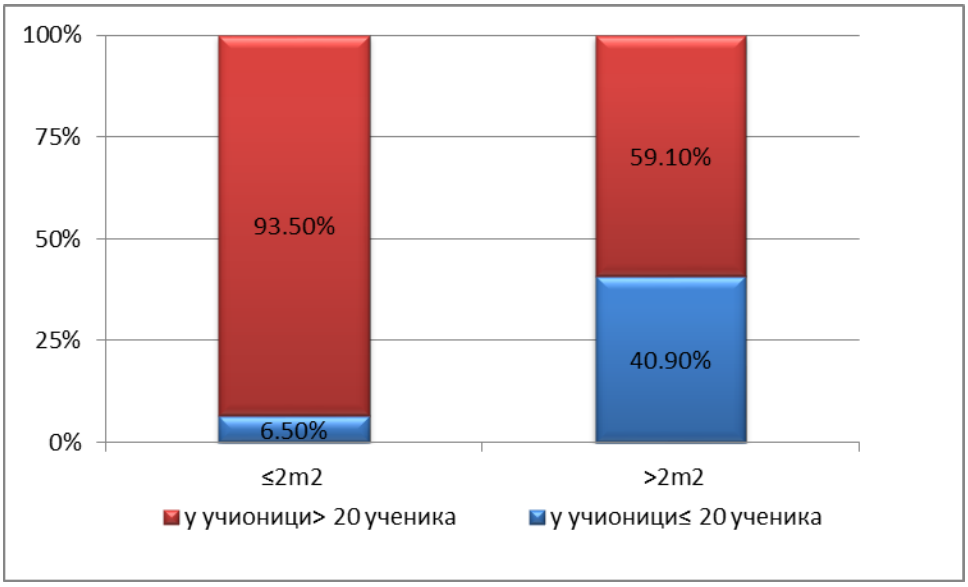


Доказана је статистички значајна разлика у броју деце у учионицама до и преко 20 ученика (p=0,001), као и у m^2 по ученику (p=0,001). Вредност од минимум 2 m^2 простора по ученику, у учионици, одређена је од стране ASHRAE [218], а која је прихваћена и од стране тима овог међународног истраживања. Дистрибуција ученика са аспекта заузетости простора приказана је у графиконима број 12 и 13, и описана у даљем тексту.

Графикон 12. Карактеристике учионица – заузетост површине по ученику

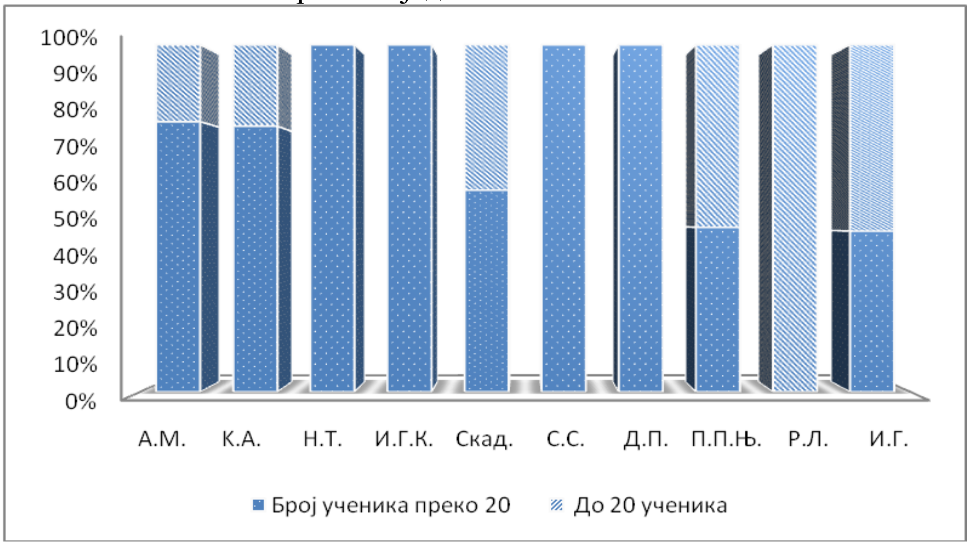


Графикон 13. Карактеристике учионица – заузетост простора у односу на површину по ученику у укупном узорку



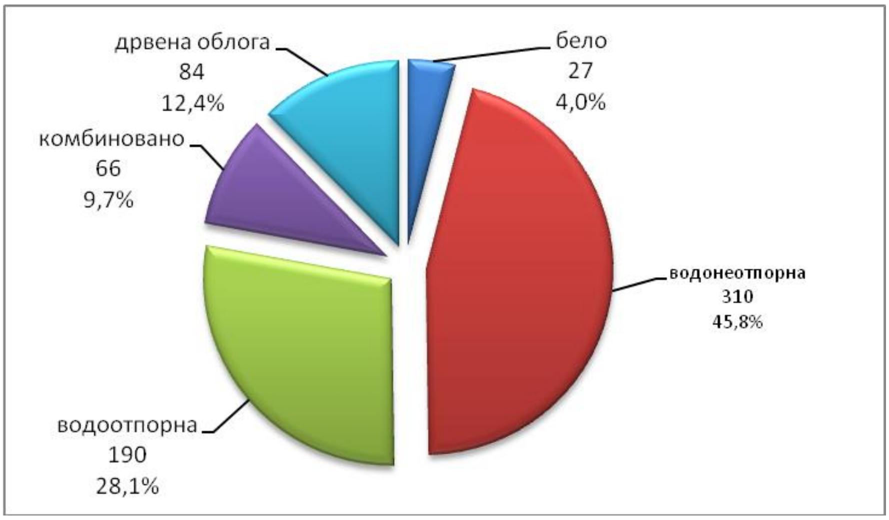
Значајно је више ђака у учионицама са више од 20 ученика и са мање од 2 m^2 простора по ђаку (93,5%), а само 6,5% учионица има до 20 ученика и мање од 2 m^2 простора по ђаку. У случају учионица са више од 2 m^2 простора по ученику и са мање од 20 ђака има 40,9% ученика, док у учионици са преко 20 ђака и са више од 2 m^2 простора по ученику има 59,1% (p=0,001).

Графикон 14. Карактеристике учионица – учионице са мање или више од 20 ученика према појединачним школама



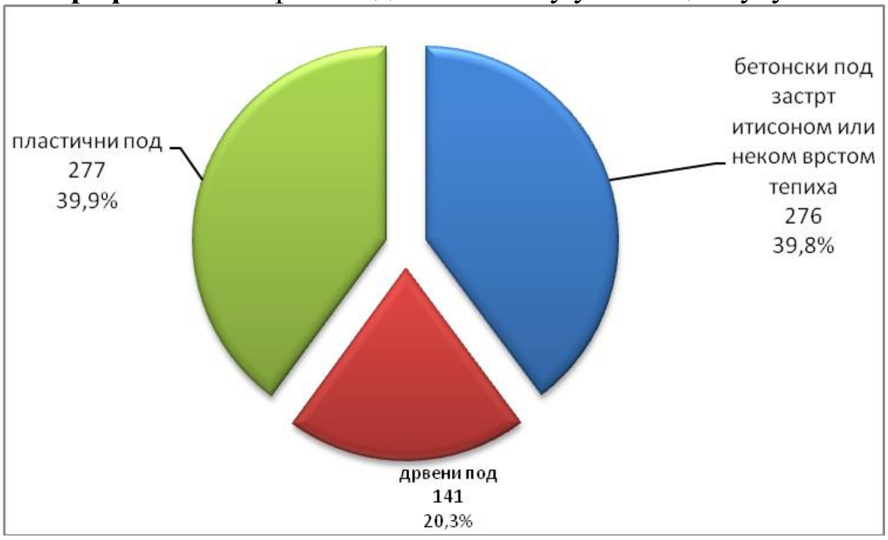
У четири од десет основних школа („Никола Тесла”, „Иван Горан Ковачић”, „Стеван Сремац” и „Дринка Павловић” у свим учионицама изабраним за истраживање наставу похађа више од 20 ученика, док у ОШ „Радојка Лакић”, све учионице из истраживања имају мање од 20 ученика у настави, у данима имплементације истраживања.

Графикон 15. Зидне облоге и кречење – укупно



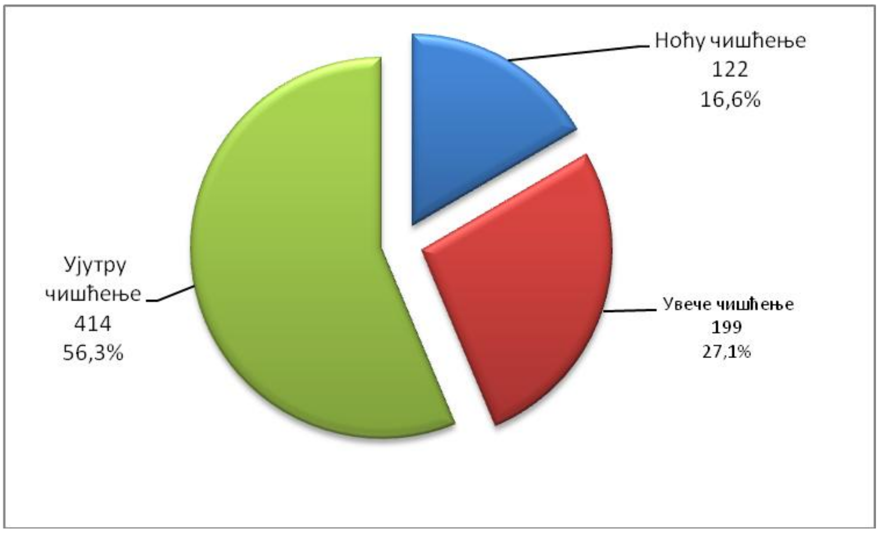
Доказана је статистички значајна разлика у врсти зидних облога и врсти боје зидова учионица (p=0,001). Значајно је више учионица које су окречене водонеотпорном, од оних са водоотпорном бојом.

Графикон 16. Врсте подних облога у учионици – укупно



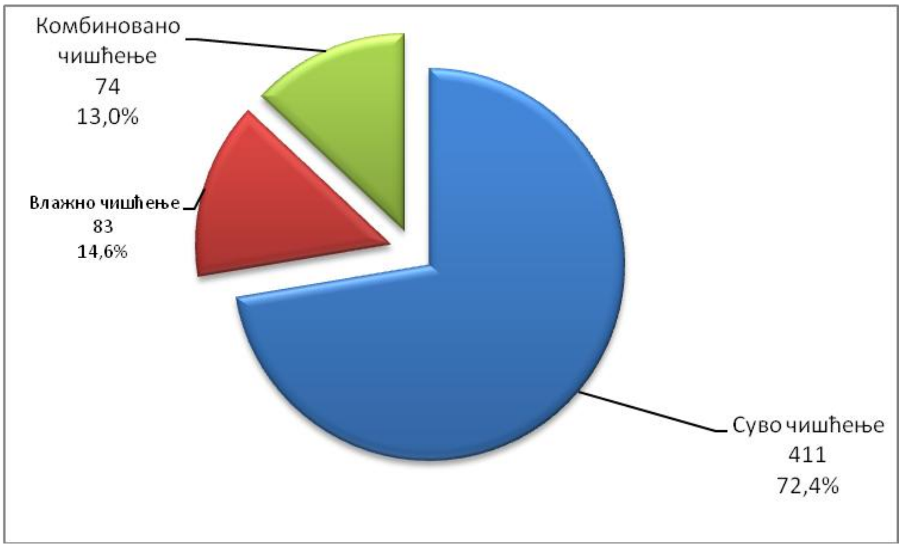
Доказана је статистички значајна разлика у врсти материјала подова учионица (p=0,001). Значајно је више учионица са пластичним или бетонским подовима који су застрти итисоном или неком врстом тепиха.

Графикон 17. Чишћење учионица током дана – укупно



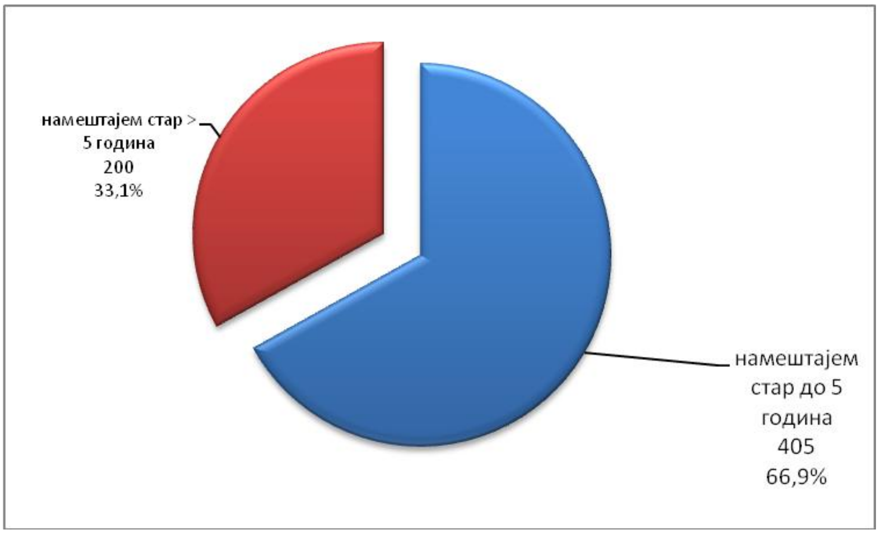
Доказана је статистички значајна разлика у фреквентности и делу дана када се обавља чишћење подова учионица (p=0,001). Значајно је више одељења са чишћењем подова ујутру.

Графикон 18. Начин чишћења учионица– укупно



Доказана је статистички значајна разлика у начину чишћења подова учионица (p=0,001). Значајно је више одељења са сувим чишћењем (метла или усисивач).

Графикон 19. Старост намештаја – укупно

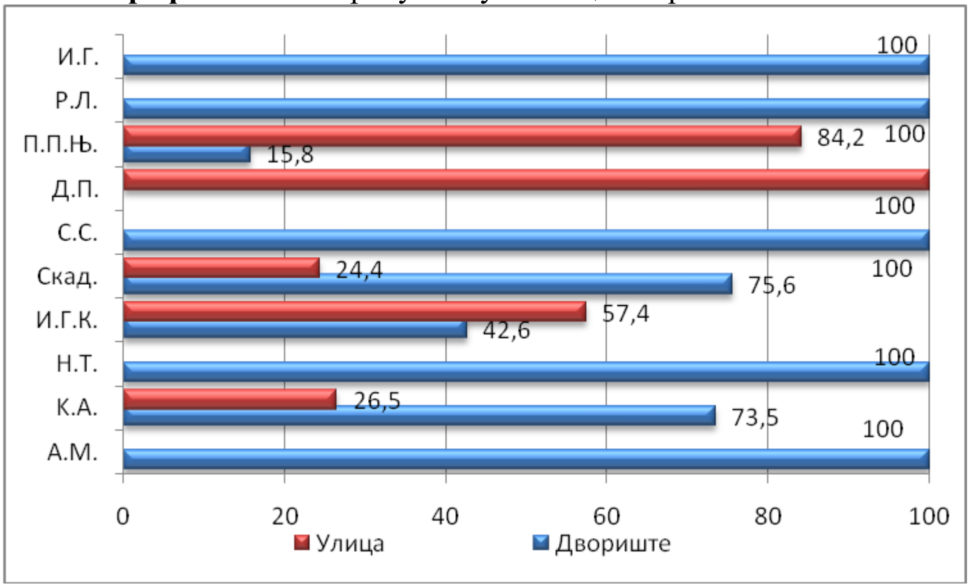


Доказана је статистички значајна разлика старости намештаја учионица (p=0,001). Значајно је више одељења са намештајем старим до пет година.

4.1.3. Карактеристике школа

Од укупног броја 74,3% учионица је окренуто ка школском дворишту, а 25,7% ка улици (графикон 20).

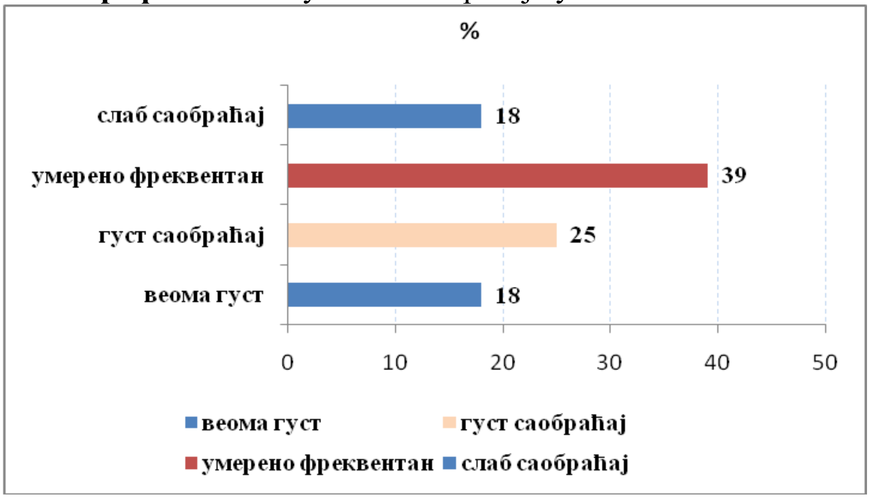
Графикон 20. Окренутост учионице – према школама



Од укупног броја ученика и учионица окренутих ка школском дворишту, пет школа има све истраживањем обухваћене учионице окренуте ка дворишту, једна школа има 42,6% ђака у учионицама ка дворишту, док је остатак деце у учионицама окренутим улици (57,4%). Ка улици је окренута у потпуности једна школа, и делимично од укупног броја ученика и учионица, ђаци из пет школа. Доказана је статистички значајна разлика у окренутости учионица према школама обухваћеним анализом (χ^2=459,478, df=9, p=0,0001).

Ако посматрамо локацију школа са аспекта густине саобраћаја у непосредном окружењу, подела је извршена на следећи начин: слаб саобраћај (25%), средњи (39%), густ (18%) и веома густ саобраћај поред школе (18%). Значајно је највећи број школа у улицама са средње густим саобраћајем ($p<0,001$).

Графикон 21. Густина саобраћаја у околини школе



Дистрибуција ученика у односу на адресу становања и на адресу школе коју похађају

Међу анкетираним ученицима који живе на адреси удаљеној од густог саобраћаја, најчешћи су (15,8%) ученици у ОШ „Никола Тесла”, а најређе у ОШ „Петар Петровић Његош” (2,7%) и у ОШ „Радојка Лакић” (4,8%).

Међу анкетираним ученицима који живе на подручју са слабим саобраћајем, најчешћи су (76,4%) ученици у ОШ „Стеван Сремац”, а најређи у ОШ „Петар Петровић Његош” (12%).

Међу анкетираним ученицима који живе у близини густог саобраћаја, најчешћи су (85,3%) ученици у ОШ „Петар Петровић Његош”, а најређи у ОШ „Коста Абрашевић” (6,1%) и у ОШ „Стеван Сремац” (16,7%).

Доказана је статистички значајна разлика у заступљености према месту становања у односу на густину саобраћаја међу ученицима у 10 анализираних школа (χ^2=326,33, $p<0,000$).

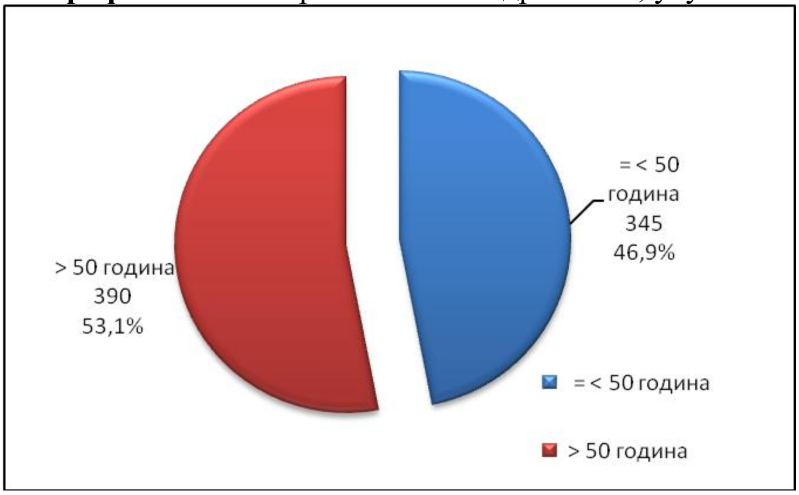
Табела 13. Изложеност деце саобраћају у школи и код куће

Адреса становања ученика у односу на саобраћајнице	**Локација школе**						**Укупно**	
	Приградска насеља		**Градске општине, удаљено од прометница**		**Строги центар града**			
	Број	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**
Подручје удаљено од густог саобраћаја	74	69,8	19	17,9	13	12,3	106	15,0
Подручје са умереном саобраћајном фреквенцијом	133	47,8	88	31,7	57	20,5	278	39,3
Близу густог саобраћаја	18	5,6	109	33,6	197	60,8	324	45,8
Укупно	225	31,8	216	30,5	267	37,7	708	100,0
χ2, df, sign	χ^2=233,429; df=4, p <0,0001***							

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Анализом изложености саобраћају у школи и код куће, односно проценом квалитета кућног окружења у односу на локацију школе доказана је статистички значајна разлика међу децом која имају адресу становања и адресу школе коју похађају. У том смислу, школе у приградском насељу чешће похађају ученици који живе у подручју са чистим ваздухом, далеко од густог саобраћаја (69,8%), у односу на децу која похађају школе у градским општинама, удаљене од саобраћајница (17,9%), или у односу на децу која похађају школе у строгом центру града (12,3%). Другачије речено, када је адреса становања у близини густог саобраћаја, најучесталији су ученици који похађају школе у строгом центру града (60,8%), у односу на децу која живе у подручју удаљеном од густог саобраћаја (чистији ваздух), односно на подручју с нискофреквентним саобраћајем (30,5%), статистички значајно χ^2=233,429, df=4, p <0,0001.

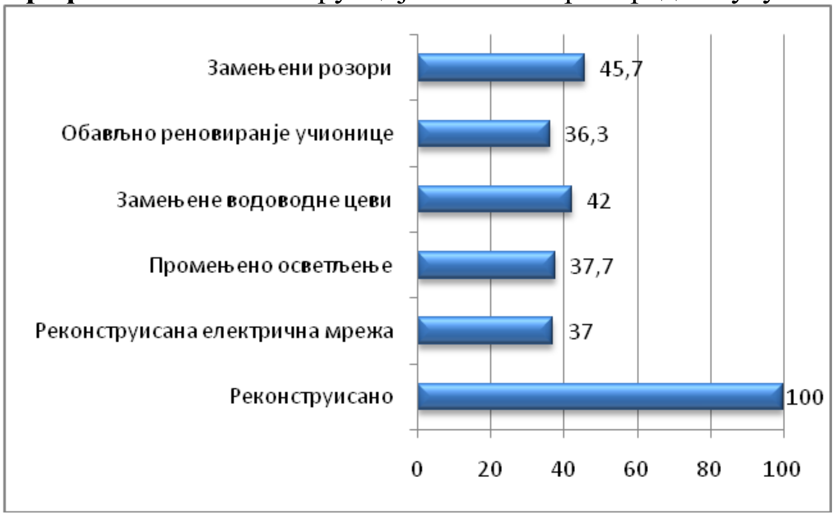
Графикон 22. Старост школе и одржавање, укупно



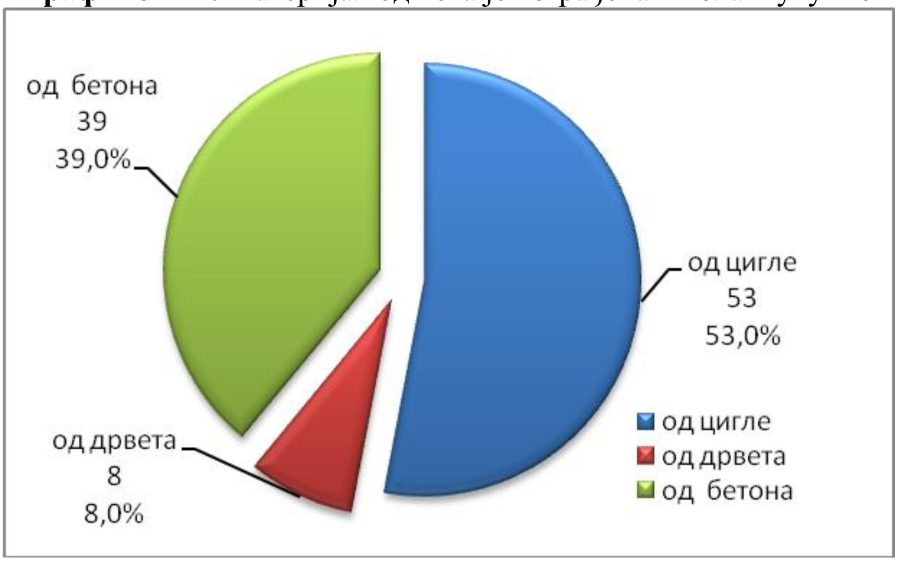
Анализом заступљености ученика у односу на адресу становања, окренутост учионице према школама појединачно није доказала статистички значајнију разлику ни за једну од 10 анализираних школа. Старост школске зграде подељена је на интервале до и преко 50 година. Нема значајније разлике у заступљености ученика у односу на старост школе коју похађају (47% *vs* 53%).

Све школе су до истраживања реконструисане, с обзиром на старост школске зграде. У школама су рађени следећи радови: реконструисана електрична мрежа (37%), промењено осветљење (37,7%), замењене водоводне цеви (42%) и обављено је реновирање учионица (36,3%), са заменом прозора у 57,7%.

Графикон 23. Реконструкција школе – врсте радова укупно



Графикон 24. Материјал од кога је изграђена школа – укупно



Материјал од кога је изграђена школа. У односу на основни грађевински материјал који је коришћен у изградњи школских објеката**, подела је извршена на следећи начин:** школа од цигле (53%), дрвета (8%), и бетона (39%). Значајно је највећи број школа зиданих од цигле ($p<0,001$).

4.2. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА КВАНТИТАТИВНИХ ПОКАЗАТЕЉА

4.2.1. Карактеристике квалитета ваздуха у укупном узорку

С обзиром на доказану међузависност присутних физичко-хемијских параметара, када је ваздух затвореног простора у питању, у табелама које следе биће презентовани не само квантитативни резултати мерења гасовитих и честичних материја, већ и микроклиматски услови који се, управо из тих разлога прате истовремено, попут релативне влажности ваздуха, температуре ваздуха, као и израчуната вредност VR.

4.2.1.1. Концентрација полутаната у ваздуху учионица (IAQ) – укупни узорак

У табелама који следе приказане су просечне вредности, као и дистрибуције ученика у односу на нормативне вредности параметара IAQ, према интервалима у односу на нормативне вредности полутаната у укупном узорку.

Табела 14. Просечне вредности полутаната измерених у учионици у укупном узорку

Параметри	Просек	SD	Медијана	95% CI		Min	Max
				Доња	Горња		
NO_2 (μg/m^3)	21,54	7,10	21,00	21,01	22,07	8,00	34,00
Бензен C_6H_6 (μg/m^3)	6,.06	3,04	4,47	5,83	6,28	3,06	13,71
Толуен C_7H_8 (μg/m^3)	12,73	9,13	10,11	12,05	13,41	3,71	45,78
Етил-бензен C_8H_{10} (μg/m^3)	1,53	0,90	1,44	1,46	1,60	0,38	5,52
Ксилен $C_6H_4(CH_3)_2$ (μg/m^3)	8,00	5,76	6,38	7,58	8,43	1,62	33,11
Формалдехид HCHO (μg/m^3)	1,76	1,05	1,60	1,68	1,83	0,30	4,60
CO_2 (ppm)	1595,6	2606,2	1122,0	1406,8	1784,5	604,0	17040,0
VR (L/s по особи)	8,29	4,67	7,10	7,95	8,62	0,30	25,13
CO (mg/m^3)	0,39	0,60	0,00	0,35	0,44	0,00	2,00
Температура ваздуха (C°)	22,88	1,60	23,00	22,76	22,99	20,00	28,00
Релативна влажност (%)	39,51	10,12	41.00	38.77	40.24	6.00	57.00
PM_{10} (μg/m^3)	82,25	42,45	70.00	79.18	85.33	32.00	197.00
PM_{10} I/O Ratio (</> 1,0)	0,95	0,33	0.92	0.92	0.97	0.36	1.91

Према датој расподели учешћа измерених вредности, приказаних у интервалној дистрибуцији, доказано је да заступљеност вредности $NO_2 \leq 40$ μg/m^3 чини значајно бројнију подгрупу, као и бензена до 5 μg/m^3, формалдехида преко 101 μg/m^3. Такође, бројнији су испитаници у учионици са $CO_2 \geq 1000$ ppm, као и у учионицама са температуром и релативном влажношћу ваздуха у границама комфора.

Вредност PM_{10} изнад 50 μg/m^3 је чешћа у учионицама, статистички значајно, као и PM_{10} изнад 80 μg/m^3, а I/O PM_{10} ratio је најчешћи у интервалу до 1,0, статистички значајно ($p<0{,}0001$), што значи да су у већини случајева концентрације ових честица веће у амбијенталном ваздуху испред учионица, него у ваздуху унутар учионица, то јест да долазе од споља.

Табела 15. Изложеност деце IAQ концентрацијама полутаната у учионицама – укупно

Полутанти		**N**	**%**	**χ^2, p**
NO_2 (μg/m^3)	$NO_2 \leq 40$	411	69,2	87,515 0,0001***
	NO_2 >40	183	30,8	
Укупно		594	100,0	
Бензен (μg/m^3)	< 5	435	62,4	42,940 0,0001***
	> 5	262	37,6	
Укупно		697	100,0	
Формалдехид ≤ />100 (μg/m^3)	≤ 100	124	17,8	289,241 0,0001***
	>101	573	82,2	
Укупно		697	100,0	
PM_{10} IAQ ≤ />50 (μg/m^3)	< 50	175	23,8	201,667 0,0001***
	> 50	560	76,2	
Укупно		735	100,0	
PM_{10} IAQ (μg/m^3)	0 -50	175	23,8	38,359 0,0001***
	50,1-80	248	33,7	
	> 80,1	312	42,4	
Укупно		735	100,0	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Од целог узорка деце, у свих десет школа, њих 36,2% је у учионицама са I/O PM_{10} ratio изнад 1,0, где је главни извор честичног загађења у самим учионицама; 3,7% у учионицама где је тај однос раван 1,0, док 60,1% наставу похађа у учионицама са количником нижим од 1,0, где је главни извор загађења у амбијенталном ваздуху.

У даљој анализи, дато је процентуално учешће у односу на интервалну дистрибуцију истих у укупном узорку, у односу на нормативне вредности параметара IAQ и заступљеност изложене деце. Анализом просечних вредности сваког параметра у односу на интервалну дистрибуцију, приказане су просечне вредности параметара, а резултати су приказани у табели 16 и описани у даљем тексту.

Табела 16. Просечне вредности IAQ параметара у односу на препоручене вредности - укупни узорак

Параметри		**број**	**%**	**χ^2, sign**	**Просек±SD**	**95% CI Доња-горња**	**Медијана**
CO_2 (ppm)	<1000	260	35,4	p<0,0001 ***	820,4±98,2	808,4-832,4	834,0
	≥1000	475	64,6		2020,1±3160,4	1735,2-2305,1	1441,0
Укупно		735	100,0		1595,7±2604,4	1407,1-1784,3	1122,0
Темп. C°	Ван граница	186	25,3	p<0,0001 ***	25,06±1,07	24,90-25,21	25,00
	У границама	549	74,7		22,14±0,95	22,06-22,22	22,00
Укупно		735	100,0		22,88±1,60	22,76-23,00	23,00
РВВ (%)	Ван граница	331	45,0	p<0,007 **	31,11±8,10	30,23-31,98	34,00
	У границама	404	55,0		46,39±5,21	45,88-46,90	44,00
Укупно		735	100, 0		39,51±10,11	38,77-40,24	41,00
Зона комфора (T°C 18–23, РВВ 30–75% >2,2 m^2/уч.)	Да	358	48,7	p=0,483/ ns	У зони комфора T°C / 22,0±1,1 , RH /41,9±8,3, m^2/2,8±0,5		
	Не	377	51,3		Ван зоне комфора T°C /23,7±1,6 , РВВ /37,2±11,1, m^2/2,2±1,1		
Укупно		735	100,0				
PM_{10} I/O ratio	< 1	442	60,1	p<0,0001 ***	0,73±0,18	0,71-0,75	0,80
	=1	27	3,7		1,00±0,00	1,00-1,00	1,00
	> 1	266	36,2		1,30±0,23	1,27-1,32	1,23
Укупно		735	100,0		0,94±0,33	0,92-0,97	0,92
PM_{10} IAQ < 50 μg/m^3>	< 50	175	23,8	p<0,0001 ***	39,71±5,10	38,95-40,47	41,00
	> 50	560	76,2		95,53±40,15	92,20-98,86	91,00
Укупно		735	100,0		82,24±42,43	79,17-85,31	70,00
VR (L/s по особи)	3-8	437	59,5	p<0,050*	5,21±1,71	5,05-5,37	4,80
	> 8	298	40,5		12,79±3,92	12,34-13,23	12,14
Укупно		735	100,0		8,28±4,67	7,94-8,62	7,10

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији ученика у односу на изложеност CO_2 > 1000 ppm у учионици (p<0,0001), као и у висини просечних вредности CO_2 > 1000 ppm у учионици, у односу на просечне вредности CO_2 < 1000 ppm у учионици (p<0,0001).

Статистички значајно је више ученика изложено температури ваздуха у учионици у границама комфора (p<0,0001), а доказана је и значајна разлика у висини просечних вредности T°C у границама комфора у учионици, у односу на просечне вредности T°C у и ван граница комфора (p<0,0001).

Статистички значајно је више ученика изложено релативној IAQ влажности ваздуха у границама комфора (p<0,007), а такође је доказана значајна разлика у висини просечних вредности РВВ у границама комфора у учионици у односу на просечне вредности РВВ у и ван граница комфора ($p<0,0001$).

Нема значајније разлике у дистрибуцији ученика у односу на интервалну дистрибуцију елемената зоне термалног комфора (p=ns), али је доказана значајна разлика у висини просечних вредности РВВ у границама комфора у учионици у односу на просечне вредности РВВ у и ван граница комфора ($p<0,0001$).

Статистички значајно је више ученика који су изложени PM_{10} I/O ratio<1,0 у учионицама у односу на концентрације PM_{10} испред учионица ($p<0,0001$), а такође је доказана значајна разлика у висини просечних вредности PM_{10} I/O ratio <1,0 у односу на просечне вредности PM_{10} I/O ratio >1,0 ($p<0,0001$).

Статистички значајно је више ученика који су изложени PM_{10} < 50 $\mu g/m^3$ у учионицама у односу на број деце изложене концентрацији PM_{10} >50 $\mu g/m^3$ ($p<0,0001$), а такође је доказана значајна разлика у висини просечних вредности PM_{10} у интервалима до и преко 50 $\mu g/m^3$ ($p<0,0001$).

Статистички значајно је више ученика који су изложени VR од 3 до 8 l/s по ученику у учионицама ($p<0,0001$), а такође је доказана значајна разлика у висини просечних вредности VR у учионици у односу на интервале ($p<0,0001$).

4.2.1.2. Концентрација полутаната у амбијенталном ваздуху мерених испред учионица (OAQ) – укупни узорак

У табелама који следе приказане су просечне вредности, као и дистрибуције ученика у односу на нормативне вредности параметара квалитета амбијенталног ваздуха (OAQ), према интервалима у укупном узорку.

Просечне вредности праћених параметара загађења амбијенталног ваздуха су следеће:

- NO_2 (ГВ 40 $\mu g/m^3$) крећу се од 14 $\mu g/m^3$ до максималних 56 $\mu g/m^3$,
- Бензен, C_6H_6; (ГВ 5 $\mu g/m^3$) крећу се од 3,36 $\mu g/m^3$ до максималних 11,32 $\mu g/m^3$,
- Толуен, C_7H_8; (ГВ 100 $\mu g/m^3$) крећу се од 3,4 до 400 $\mu g/m^3$,
- Етил-бензен, C_8H_{10} (ГВ 100$\mu g/m^3$) крећу се од 0,36 до 2,92 $\mu g/m^3$,

Табела 17. Просечне вредности OAQ концентрација полутаната у укупном узорку

OAQ Параметри	Просек	SD	Медијана	95% CI		Min	Max
				Доња	Горња		
NO_2 (μg/m^3)	32,71	11,93	30,00	31,75	33,67	14,00	56,00
Бензен C_6H_6 (μg/m^3)	6,.27	2,54	5,26	6,06	6,47	3,36	11,32
Толуен C_7H_8 (μg/m^3)	19,74	64,11	7,13	14,57	24,91	3,40	400,98
Етил-бензен C_8H_{10}	1,23	0,66	1,09	1,18	1,28	0,36	2,92
Ксилен $C_6H_4(CH_3)_2$	5,53	3,03	5,11	5,29	5,78	0,89	11,76
HCHO (μg/m^3)	0,44	0,26	0,30	0,41	0,46	0,10	1,40
CO_2 (ppm)	421,34	47,94	418,00	417,87	424,81	254,00	750,00
CO (mg/m^3)	0,61	0,91	0,00	0,55	0,68	0,00	4,00
T C°	12,20	5,39	12,00	11,81	12,59	1,00	22,00
РВВ (%)	57,78	15,40	61,00	56,67	58,90	26,00	90,00
PM_{10} (μg/m^3)	104,57	89,85	82,00	98,07	111,08	22,00	549,00

– Измерене вредности CO_2 и CO су, у просеку, испод граничних средњих дневних вредности; температура испред учионице нижа је од препоручене, а релативна влажност ваздуха изнад 50%,

– Концентрације PM_{10} су преко 100 μg/m^3, па су просечне измерене вредности значајно више од дозвољених граничних вредности.

Корелација између IAQ и OAQ вредности измерених параметара у укупном узорку дата је у Табели 1 Прилога 2 (из техничких разлога). Опис табеле дат је у тексту који следи.

Концентрације **IAQ NO_2** статистички су значајно повезане ($p < 0,0001$) са OAQ вредностима измерених параметара у укупном узорку, и то у случају NO_2, етил-бензена, ксилена, формалдехида, CO, PM_{10}, као и са висином темепературе амбијенталног ваздуха. Нешто нижа статистички значајна веза успостављена је са вредношћу релатине влажности амбијенталног ваздуха. Корелација између IAQ и OAQ вредности толуена и CO_2 статистички није значајна.

Концентрације **IAQ бензена** статистички су значајно повезане ($p < 0,0001$) са OAQ вредностима етил-бензена, ксилена, формалдехида, CO, PM_{10}, као и са висином темепературе и РВВ амбијенталног ваздуха и саме локације школе, у укупном узорку.

Нижа статистички значајна повезаност успостављена је за NO_2 ($p<0,002$) и толуен ($p < 0,015$).

На IAQ **толуена** не утиче статистички значано концентрација истог полутанта у амбијенталном ваздуху ($p < 0,223$), док је у случају етил-бензена, ксилена, формалдехида, CO, PM_{10}

4.2.2. Резултати мерења полутаната IAQ и OAQ према појединачним школама

А. Резултати мерења IAQ полутаната

Анализом заступљености ученика у односу на школу појединачно добијене су просечне вредности загађујућих материја ваздуха у учионици, као и припадајуће стандардне девијације које су обједињене у табели која следи, за свих 10 анализираних школа.

Просечне вредности загађујућих материја у ваздуху затвореног простора учионице према појединачним школама (IAQ), приказане су у табели 18 и табели 19.

Доказне су статистички значајне разлике у просечним вредностима загађујућих материја у ваздуху затвореног простора учионице према појединачним школама (IAQ) за сваки анализирани параметар мерен у ваздуху затвореног простора учионице на нивоу 0.000 и то за следеће пааметре :

- Код концентрација NO_2 $\mu g/m^3$ код концентрације IAQ бензена, толуена, етил-бензена, $C_8H_{10,}$ у табели 18.
- Као и код концентрација ксилена $C_6H_4 (CH_3)_2$, HCHO ($\mu g/m^3$), CO_2 (ppm), CO (mg/m^3), PBB (%), PM_{10} ($\mu g/m^3$), T C° у табели 19.

.

Табела 18. Просечне вредности загађујућих материја у ваздуху затвореног простора учионице према појединачним школама (IAQ)/1

	Основне школе	**N**	**Mean**	**SD**	**Medijana**	**95% IP**		**Min.**	**Max.**	**F test, KW test*sig**
						Доња	**Горња**			
NO_2 µg/m^3	„А. Милосављевић”	77	9,40	1,66	8,00	9,03	9,78	8	12	282,95 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	13,40	2,65	14,00	12,76	14,04	10	17	
	„Никола Тесла”	77	23,84	2,77	25,00	23,21	24,47	20	27	
	„И. Горан Ковачић”	45	23,11	2,05	24,00	22,50	23,73	21	26	
	„Скадарлија”	78	25,19	5,19	29,00	24,02	26,36	19	31	
	„Стеван Сремац”	77	17,81	1,56	19,00	17,45	18,16	15	19	
	„Дринка Павловић”	53	26,60	3,15	27,00	25,73	27,47	21	30	
	„П. П. Његош”	76	20,53	4,74	18,50	19,44	21,61	15	29	
	„Радојка Лакић”	64	29,52	3,26	31,00	28,70	30,33	25	33	
	„Иван Гундулић”	82	28,16	3,26	27,00	27,44	28,87	25	34	
Бензен µg/m^3	„А. Милосављевић”	77	5,26	1,21	4,78	4,98	5,53	4,13	7,36	1334,49 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	8,98	0,83	9,61	8,77	9,18	7,79	9,88	
	„Никола Тесла”	77	13,17	0,57	13,38	13,04	13,30	12,33	13,71	
	„И. Горан Ковачић”	45	8,08	0,60	8,00	7,90	8,26	7,50	9,12	
	„Скадарлија”	78	4,21	1,04	3,77	3,97	4,44	3,32	5,99	
	„Стеван Сремац”	77	4,56	0,30	4,47	4,49	4,63	4,23	4,98	
	„Дринка Павловић”	53	4,61	0,32	4,47	4,52	4,70	4,31	5,06	
	„П. П. Његош”	76	4,71	0,59	4,45	4,57	4,84	4,30	5,76	
	„Радојка Лакић”	64	3,58	0,64	3,07	3,42	3,74	3,06	4,48	
	„Иван Гундулић”	82	3,97	0,28	3,81	3,91	4,03	3,65	4,33	
Толуен µg/m^3	„А. Милосављевић”	77	6,22	2,36	5,73	5,69	6,76	3,71	10,20	*** 528,82 0,000**
	„Коста Абрашевић”	68	23,48	12,58	16,96	20,43	26,52	14,07	45,78	
	„Никола Тесла”	77	17,32	7,40	12,51	15,64	19,00	10,14	27,67	
	„И. Горан Ковачић”	45	12,16	2,25	11,85	11,49	12,84	10,40	16,16	
	„Скадарлија”	78	10,07	4,37	8,00	9,09	11,06	5,48	17,32	
	„Стеван Сремац”	77	6,08	1,06	5,69	5,84	6,32	4,81	7,75	
	„Дринка Павловић”	53	7,22	0,40	7,45	7,11	7,33	6,66	7,63	
	„П. П. Његош”	76	8,28	1,08	7,83	8,03	8,53	6,90	9,72	
	„Радојка Лакић”	64	27,91	9,63	25,00	25,51	30,32	16,55	40,21	
	„Иван Гундулић”	82	10,50	0,95	25,00	10,30	10,71	8,69	11,56	
Етил - бензен µg/m^3	„А. Милосављевић”	77	0,47	0,08	25,05	0,45	0,49	,38	,59	91,06 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	1,26	0,37	1,4	1,17	1,35	,61	1,53	
	„Никола Тесла”	77	1,12	0,34	1,28	1,05	1,20	,62	1,44	
	„И. Горан Ковачић”	45	2,32	0,18	2,37	2,26	2,37	209	2,55	
	„Скадарлија”	78	2,72	1,71	2,36	2,33	3,10	1,13	5,52	
	„Стеван Сремац”	77	0,88	0,13	0,96	0,85	0,91	,67	,97	
	„Дринка Павловић”	53	1,35	0,12	1,30	1,31	1,38	1,23	1,52	
	„П. П. Његош”	76	1,56	0,11	1,57	1,53	1,58	1,43	1,70	
	„Радојка Лакић”	64	2,00	0,13	1,97	1,97	2,04	1,83	2,15	
	„Иван Гундулић”	82	1,90	0,27	1,70	1,84	1,96	1,65	2,45	

Табела 19. Просечне вредности загађујућих материја у ваздуху затвореног простора учионице према појединачним школама (IAQ)/2

Основне школе		N	Mean	SD	Medijana	95% Interval		Min.	Max.	F test, KW test*sig
						Доња	Горња			
Ксилен $\mu g/m^3$	„А. Милосављевић”	77	1,84	0,15	1,94	1,81	1,87	1,62	1,99	102,19 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	5,81	0,19	5,86	5,77	5,86	5,62	6,07	
	„Никола Тесла”	77	15,56	0,80	15,19	15,38	15,74	14,79	16,82	
	„И. Горан Ковачић”	45	8,78	0,67	8,79	8,58	8,98	8,05	9,86	
	„Скадарлија”	78	14,52	11,14	11,30	12,01	17,04	4,48	33,11	
	„Стеван Сремац”	77	3,40	0,58	3,71	3,27	3,53	2,47	3,81	
	„Дринка Павловић”	53	5,39	0,44	5,30	5,27	5,51	4,86	5,98	
	„П. П. Његош”	76	6,60	0,85	6,70	6,40	6,79	5,61	7,85	
	„Радојка Лакић”	64	9,12	1,22	8,33	8,82	9,43	7,92	10,83	
	„Иван Гундулић”	82	8,44	0,95	7,51	8,23	8,65	7,44	10,02	
HCHO $\mu g/m^3$	„А. Милосављевић”	77	4,30	0,25	4,50	4,25	4,36	4,00	4,60	603,31 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	1,77	0,21	1,60	1,72	1,82	1,60	2,10	
	„Никола Тесла”	77	1,98	0,26	1,80	1,92	2,04	1,70	2,30	
	„И. Горан Ковачић”	45	1,59	0,11	1,60	1,56	1,62	1,40	1,70	
	„Скадарлија”	78	0,80	0,24	0,70	0,74	0,85	,60	1,20	
	„Стеван Сремац”	77	0,93	0,41	1,00	0,84	1,02	,30	1,40	
	„Дринка Павловић”	53	1,57	0,13	1,50	1,53	1,60	1,40	1,70	
	„П. П. Његош”	76	1,98	0,81	1,70	1,80	2,17	1,40	3,80	
	„Радојка Лакић”	64	1,08	0,21	1,10	1,02	1,13	,80	1,40	
	„Иван Гундулић”	82	1,37	0,17	1,60	1,33	1,41	1,10	1,60	
CO mg/m^3	„А. Милосављевић”	99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	***** **364,56** **0,000**
	„Коста Абрашевић”	68	1,03	0,73	1,00	0,85	1,21	0	2	
	„Никола Тесла”	77	0,84	0,65	1,00	0,70	0,99	0	2	
	„И. Горан Ковачић”	61	0,57	0,50	1,00	0,45	0,70	0	1	
	„Скадарлија”	78	0,14	0,35	0,00	0,06	0,22	0	1	
	„Стеван Сремац”	77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	
	„Дринка Павловић”	53	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1	1	
	„П. П. Његош”	76	0,61	0,78	0,50	0,43	0,78	0	2	
	„Радојка Лакић”	64	0,14	0,35	0,00	0,05	0,23	0	1	
	„Иван Гундулић”	82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	
PM_{10} ($\mu g/m^3$)	„А. Милосављевић”	99	109,16	18,44	95,00	105,48	112,84	84	130	***** **446,69** **0,000**
	„Коста Абрашевић”	68	162,12	41,93	183,00	151,97	172,27	91	197	
	„Никола Тесла”	77	99,70	45,62	72,00	89,35	110,06	51	158	
	„И. Горан Ковачић”	61	44,72	12,48	40,00	41,53	47,92	32	62	
	„Скадарлија”	78	58,24	18,28	70,00	54,12	62,36	32	78	
	„Стеван Сремац”	77	62,47	23,59	52,00	57,11	67,82	33	96	
	„Дринка Павловић”	53	65,68	26,90	51,00	58,26	73,09	47	110	
	„П. П. Његош”	76	103,87	8,52	110,50	101,92	105,82	93	111	
	„Радојка Лакић”	64	52,31	11,22	44,00	49,51	55,12	43	69	
	„Иван Гундулић”	82	50,40	6,22	58,00	49,03	51,77	42	58	

Просечне вредности елемената термалног комфора у учионици према појединачним школама приказан је у табели 20. Доказана је статистички значајна разлика међу школама у вредностима елемената термалног комфора на нивоу 0,000.

Табела 20. Просечне вредности елемената термалног комфора учионице према појединачним школама

Услови термалног комфора		**N**	**Mean**	**SD**	**медијана**	**95% interval**		**Min.**	**Max.**	**F test, KW test*sig**
						Доња	**Горња**			
T C°	„А. Милосављевић”	99	24,27	0,97	25,00	24,08	24,47	23	25	27,87 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	21,74	2,01	22,00	21,25	22,22	20	25	
	„Никола Тесла”	77	23,10	0,84	23,00	22,91	23,29	22	24	
	„И. Горан Ковачић”	61	23,48	1,51	23,00	23,09	23,86	22	26	
	„Скадарлија”	78	22,01	0,63	22,00	21,87	22,16	21	23	
	„Стеван Сремац”	77	23,39	1,51	23,00	23,05	23,73	22	26	
	„Дринка Павловић”	53	22,77	0,80	23,00	22,55	22,99	22	24	
	„П. П. Његош”	76	22,89	0,76	23,00	22,72	23,07	22	24	
	„Радојка Лакић”	64	21,64	1,19	22,00	21,34	21,94	20	23	
	„Иван Гундулић”	82	22,87	2,42	21,00	22,33	23,40	21	28	
РВВ (%)	„А. Милосављевић”	99	46,61	3,38	49,00	45,93	47,28	44	52	141,77 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	26,18	12,96	30,00	23,04	29,31	6	38	
	„Никола Тесла”	77	28,77	6,85	26,00	27,21	30,32	21	38	
	„И. Горан Ковачић”	61	32,87	7,39	34,00	30,98	34,76	23	42	
	„Скадарлија”	78	42,95	3,24	41,00	42,22	43,68	41	49	
	„Стеван Сремац”	77	35,81	2,81	38,00	35,17	36,44	33	39	
	„Дринка Павловић”	53	35,96	5,01	34,00	34,58	37,34	32	45	
	„П. П. Његош”	76	41,13	2,04	41,00	40,66	41,60	38	44	
	„Радојка Лакић”	64	52,25	2,74	51,00	51,57	52,93	49	57	
	„Иван Гундулић”	82	48,05	7,45	57,00	46,41	49,68	37	57	
CO_2 (ppm)	„А. Милосављевић”	99	1470,14	181,71	1628,00	1433,90	1506,38	1122	1629	32,69 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	1537,75	101,32	1560,00	1513,22	1562,28	1375	1653	
	„Никола Тесла”	77	1180,69	320,02	1046,00	1108,05	1253,32	834	1645	
	„И. Горан Ковачић”	61	6177,41	7650,61	1082,00	4218,00	8136,82	718	17040	
	„Скадарлија”	78	1113,83	278,35	1195,00	1051,08	1176,59	604	1410	
	„Стеван Сремац”	77	822,34	90,67	818,00	801,76	842,92	703	930	
	„Дринка Павловић”	53	958,19	77,05	938,00	936,95	979,43	856	1065	
	„П. П. Његош”	76	1395,95	176,82	1471,50	1355,54	1436,35	1165	1602	
	„Радојка Лакић”	64	1191,94	331,08	1020,00	1109,24	1274,64	888	1695	
	„Иван Гундулић”	82	873,98	137,54	1071,00	843,75	904,20	718	1071	

Приказ само просечних вредности са стандардном девијацијом, према појединачним школама, дат је у табели 21, која следи.

Табела 21. Приказ просечних IAQ вредности ± SD за појединачне школе

Школа	А.М.	К.А.	Н.Т.	И.Г.К.	Скад.	С.С.	Д.П.	П.П.Њ.	Р.Л.	И.Г.
Број	77	68	77	45	78	77	53	76	64	82
PM_{10} (µg/m^3)	109,16 ±18,44	**162,12** **±41,93**	99,7 ±45,62	44,72 ±12,48	58,24 ±18,28	62,47 ±23,59	65,68 ±26,9	103,87 ±8,52	52,31 ±11,22	50,4 ±6,22
F=158,176; p<0,000***										
PM_{10} I/O ratio <1/1/>1	1,06 ±0,15	0,54 ±0,11	0,81 ±0,29	0,61 ±0,14	0,76 ±0,23	1,03 ±0,34	0,99 ±0,24	1,07 ±0,12	1,02 ±0,22	**1,39** **±0,34**
KW=397,283; p<0,000										
CO (mg/m^3)		**1,03** **±0,73**	0,84 ±0,65	0,57 ±0,5	0,14 ±0,35		1±0	0,61 ±0,78	0,14 ±0,35	
KW=364,56; p<0,000										
CO_2 (ppm)	1470,14 ±181,71	1537,75 ±101,32	1180,69 ±320,02	**6177,41** **±7650,61**	1113,83 ±278,35	822,34 ±90,67	958,19 ±77,05	1395,95 ±176,82	1191,94 ±331,08	873,98 ±137,54
KW=361,477; p<0.000***										
NO_2 (µg/m^3)	9,4 ±1,66	13,4 ±2,65	23,84 ±2,77	23,11 ±2,05	25,19 ±5,19	17,81 ±1,56	26,6 ±3,15	20,53 ±4,74	**29,52** **±3,26**	28,16 ±3,26
Толуен (µg/m^3)	6,22 ±2,35	23,47 ±12,58	17,32 ±7,39	12,16 ±2,25	10,07 ±4,37	6,08 ±1,062	7,22 ±0,39	8,28 ±1,08	27,91 ±9,63	10,51 ±0,957
HCHO (µg/m^3)	**4,30** **±0,25**	1,77 ±0,21	1,98 ±0,26	1,59 ±0,11	0,80 ±0,24	0,93 ±0,41	1,57 ±0,13	1,98 ±0,81	1,08 ±0,21	1,37 ±0,17
Бензен (µg/m^3)	5,25 ±1,21	8,97 ±0,83	**13,17** **±0,56**	8,08 ±0,60	4,20 ±1,03	4,56 ±0,29	4,61 ±0,31	4,70 ±0,59	3,58 ±0,63	3,96 ±0,27
Температура (C°)	**24,27** **±0,97**	21,74 ±2,01	23,1 ±0,84	23,48 ±1,51	22,01 ±0,63	23,39 ±1,51	22,77 ±0,8	22,89 ±0,76	21,64 ±1,19	22,87 ±2,42
F=27,876; p<0,000***										
PBB (%)	46,61 ±3,38	26,18 ±12,96	28,77 ±6,85	32,87 ±7,39	42,95 ±3,24	35,81 ±2,81	35,96 ±5,01	41,13 ±2,04	**52,25** **±2,74**	48,05 ±7,45
F=141,776; p<0,000***										
VR l/s/особа	4,90 ±1,09	4,55 ±0,35	7,94 ±3,34	8,08 ±6,10	9,88 ±7,84	12,65 ±3,08	9,70 ±1,61	5,29 ±0,99	**8,43** **±2,94**	12,03 ±3,35
K-W=341,21; p<0,000***										

Ftest-Anova, Kruscal Wallis test-K-W *<0,05 **<0,01 ***<0,001

Анализом просечних вредности загађујућих материја ваздуха у учионици, као и припадајуће стандардне девијације за свих 10 анализираних школа, може се констатовати:

– Да је вредност IAQ PM_{10} највиша у ОШ „Коста Абрашевић” и износи 162,12±41,93 µg/m^3, а најнижа у школи „Иван Горан Ковачић”.

– CO има највише вредности у школи „Коста Абрашевић” и износи 1,03±0,73 mg/m^3, а најмања вредност CO је у ОШ „Скадарлија” и ОШ „Радојка Лакић” (0,14±0,35 mg/m^3). CO_2 има највише вредности у школи „Иван Горан Ковачић” и износи 6177,41±7650,61 ppm, а најмања вредност CO_2 је у ОШ „Скадарлија” и у ОШ „Иван Гундулић” (873,98±137,54 ppm).

– Највећа просечна вредност концентрације NO_2 је у школи „Радојка Лакић”, (29,52±3,26 µg/m^3), док је најмања ОШ „Аца Милосављевић” (9,4±1,66 µg/m^3).

– Толуен има највише вредности у школи „Коста Абрашевић” и износи 23,47±12,58 μg/m^3, док је најмања вредност за тај полутант у школи „Стеван Сремац” (6,08±1,062 μg/m^3).

– Формалдехид има највише вредности у школи „Аца Милосављевић” (4,30±0,25 μg/m^3), док је најмања вредност НСНО у ОШ „Скадарлија” (0,80±0,24 μg/m^3).

– Бензен има највише вредности у школи „Никола Тесла” (13,17±0,56 μg/m^3), а најмања вредност за ово једињење је у ОШ „Радојка Лакић“ (3,58±0,63 μg/m^3).

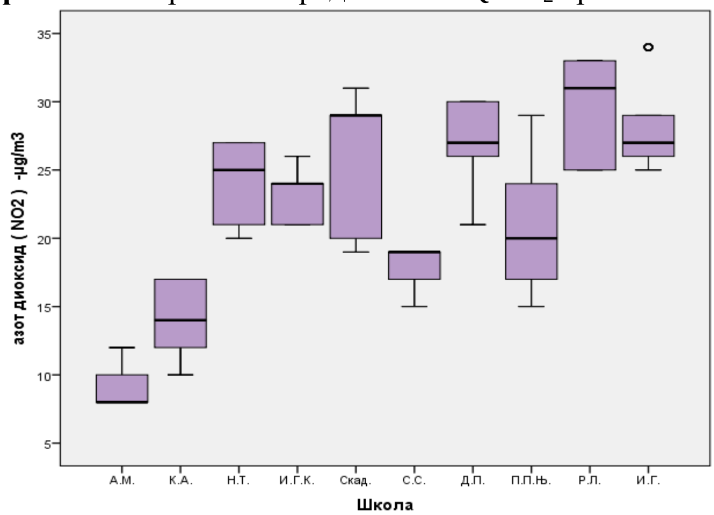
– Температура ваздуха у учионици је највиша у школи „Аца Милосављевић” (24,27 C°), а релативна влажност у школи „Радојка Лакић” (52,25%).

IAQ просечне вредности према школама – показатељи саобраћајног загађења

Просечне вредности параметара загађујућих материја IAQ учионице, према школама, који су препознати као **показатељи саобраћајног загађења** (азот-диоксид, бензен, угљен-моноксид, формалдехид) приказане су у графиконима који следе.

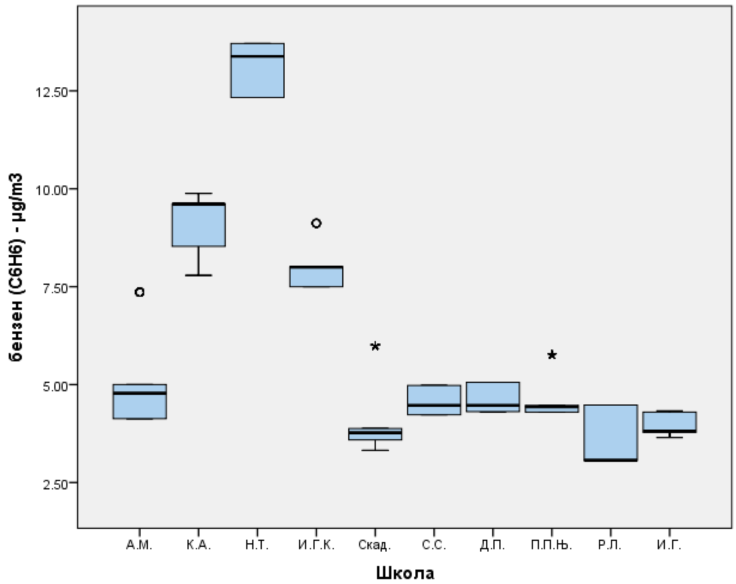
Просечне вредности IAQ **NO_2** према основним школама приказане су у графикону 25 и крећу се од минималних 8,0 μg/m^3 до максималних 34,0 μg/m^3 измерених у учионици једне од 10 анализираних школа. Најнижи интервал поузданости има школа „Аца Милосављевић” 95%CI (9,03–9,78), а највише вредности за интервал поузданости има школа „Радојка Лакић”, 95%CI (28,70–30,33).

Графикон 25. Просечне вредности IAQ NO_2 према школама



Статистички значајно највиша вредност IAQ NO_2 је у школи „Радојка Лакић” (29,52±3,26 µg/m^3, медијана=31 µg/m^3), а најнижу измерену вредност има школа „Аца Милосављевић” (9,40±1,66 µg/m^3, медијана=8 µg/m^3), ($p \leq 0,0001$).

Графикон 26. Просечне вредности IAQ бензена према школама (µg/m^3)

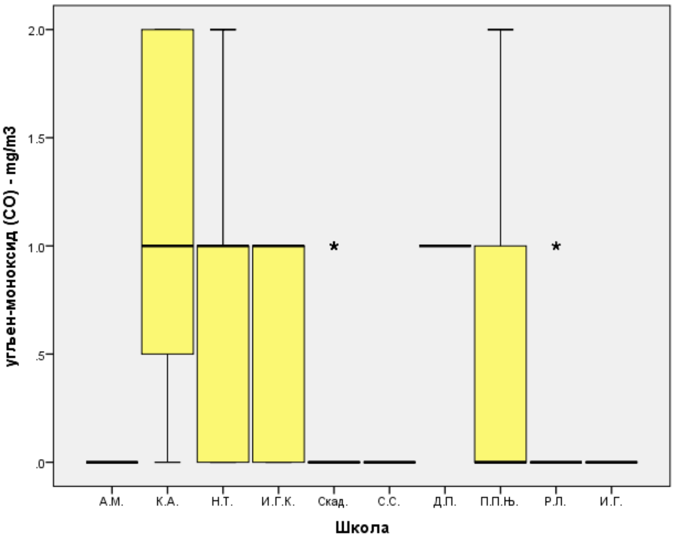


Просечне вредности концентрације IAQ **бензена (C_6H_6),** према основним школама приказане су на графикону и крећу се од минималних 3,06 µg/m^3 до максималних 13,71 µg/m^3 измерених у учионици једне од 10 анализираних школа. Најнижи интервал поузданости има школа „Радојка Лакић” 95%CI (3,42–3,74), а највише вредности за интервал поузданости има школа „Никола Тесла”, 95%CI (13,04–13,3).

Статистички значајно највишу вредност има школа „Никола Тесла” (13,17±0,57 µg/m^3, медијана=13,38 µg/m^3), а најнижу измерену вредност има школа „Радојка Лакић” (3,58±0,64, медијана=3,07), ($p \leq 0,0001$).

Просечне вредности IAQ CO према основним школама приказане су на графикону 27 и крећу се од минималних 0 mg/m^3 до максималних 2,0 mg/m^3 измерених у учионици једне од 10 анализираних школа.

Графикон 27. Просечне вредности IAQ угљен-моноксида (CO) према школама

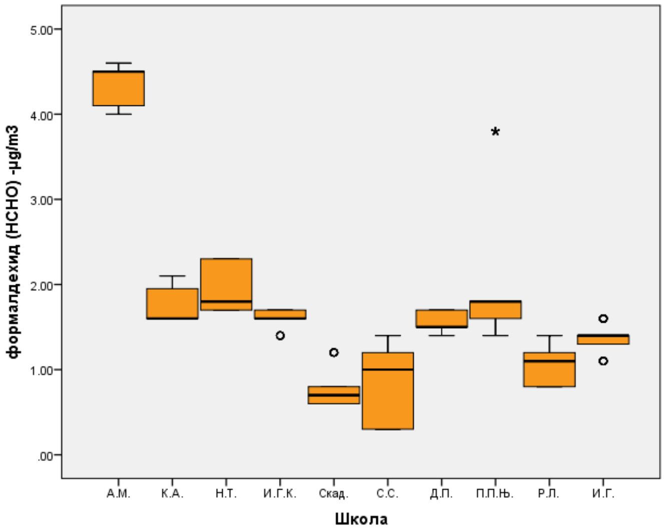


Најнижи интервал поузданости имају три школе, „Аца Милосављевић”, „Стеван Сремац” и „Иван Гундулић” 95% CI (0–0), а највише вредности интервал поузданости има школа „Коста Абрашевић”, 95% CI (0,85–1,21).

Статистички значајно највишу вредност има школа „Коста Абрашевић” (1,03±0,73 mg/m^3, медијана=1,00 mg/m^3), а најнижу измерену вредност имају три школе, „Аца Милосављевић”, „Стеван Сремац” и „Иван Гундулић” (0±0, медијана=0), (p≤ 0,0001).

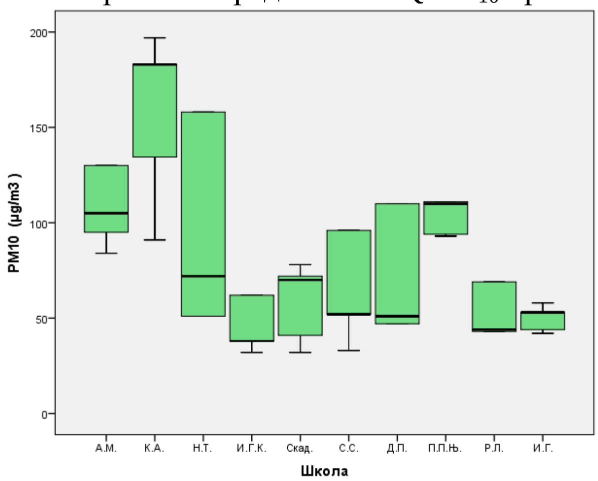
Просечне вредности **формалдехида (HCHO),** према основним школама, приказане су на графикону 28 и крећу се од минималних 0,3 μg/m^3 до максималних 4,6 μg/m^3 измерених у учионици једне од 10 анализираних школа. Најнижи интервал поузданости има школа „Скадарлија” 95%CI (0,6–1,20), а највише вредности интервала поузданости има школа „Аца Милосављевић”, 95%CI (4,25–4,36). Статистички значајно највишу вредност има школа „Аца Милосављевић” (1,03±0,73 μg/m^3, медијана=1,00 μg/m^3), а најнижу измерену вредност има школа „Скадарлија”, (4,3±0,25 μg/m^3, медијана=4,50 μg/m^3), (p≤0,0001).

Графикон 28. Просечне вредности IAQ формалдехида према школама



Просечне вредности IAQ PM_{10} за свих десет школа приказане су на графикону број 29, и крећу се од минималних 32 $\mu g/m^3$ до максималних 197 $\mu g/m^3$, измерених у учионици једне од 10 анализираних школа. Најнижи интервал поузданости има основна школа „Иван Горан Ковачић” 95%CI (41,53–47,92), а највише вредности интервала поузданости има основна школа „Коста Абрашевић”, 95%CI (151,97–172,27).

Графикон 29. Просечне вредности IAQ PM_{10} према школама



Статистички значајно највишу вредност има школа „Коста Абрашевић” (162,12±41,93 $\mu g/m^3$, медијана=183,00 $\mu g/m^3$), а најнижу измерену вредност има школа „Иван Горан Ковачић”, (44,72±12,48 $\mu g/m^3$, медијана=40 $\mu g/m^3$), ($p \leq 0{,}0001$).

У табели која следи приказане су вредности параметара квалитета ваздуха у односу на граничне или препоручене вредности анализираних параметара за IAQ.

Табела 22. Вредности параметара IAQ у односу на граничне или препоручене вредности – према појединачним школама

Школа	А.М.	К.А.	Н.Т.	И.Г.К.	Скад.	С.С.	Д.П.	П.П.Њ.	Р.Л.	И.Г.
$NO_2 \leq 40$ $\mu g/m^3$	77	68	54	25	78	77	0	14	18	0
%	100,0	100,0	70,1	55,6	100,0	100,0	0,0	21,9	100,0	0,0
sign	χ^2 = 414,89; p<0,0001***									
Бензен > 5 $\mu g/m^3$	18	68	77	45	19	0	17	18	0	0
%	23,4	100,0	100,0	100,0	24,4	0,0	32,1	23,7	0,0	000
sign	χ^2=469,172; p<0,0001***									
формалдехид >100 $\mu g/m^3$	77	68	77	45	19	32	53	76	44	82
%	100,0	100,0	100,0	100,0	24,4	41,6	100,0	100,0	68,8	100,0
sign	χ^2=376,853; p<0,0001***									
$CO_2 \geq 1000$ ppm	99	68	54	30	62	0	22	76	44	20
%	100,0	100,0	70,1	49,2	79,5	0,0	41,5	100,0	68,8	24,4
sign	χ^2=359,539; p<0,0001***									
CO > 3.0	0	51	54	35	11	0	53	32	9	0
%	0,0	75,0	70,1	57,4	14,1	0,0	100,0	42,1	14,1	0,0
sign	χ^2=377,52; p<0,0001***									
Изван зоне комфора	99	35	77	25	62	18	12	36	0	13
%	100,0	51,5	100,0	41,0	79,5	23,4	22,6	47,4	0,0	15,9
sign	χ^2=345,06; p<0,0001***									
IAQ PM_{10} ($\mu g/m^3$)										
0-50	0	0	0	41	31	18	17	0	37	31
%	0,0	0,0	0,0	67,2	39,7	23,4	32,1	0,0	57,8	37,8
50.1-80	0	0	43	20	47	38	22	0	27	51
%	0,0	0,0	55,8	32,8	60,3	49,4	41,5	0,0	42,2	62,2
> 80.1	99	68	34	0	0	21	14	76	0	0
%	100,0	100,0	44,2	0,0	0,0	27,3	26,4	100,0	0,0	0,0
sign	χ^2=627,093; p<0,0001***									
IAQ PM_{10} > 50 $\mu g/m^3$										
> 50.0	99	68	77	20	47	59	36	76	27	51
%	100,0	100,0	100,0	32,8	60,3	76,6	67,9	100,0	42,2	62,2
sign	χ^2=225,91; p<0,0001***									
Ventilation rate < 8 l/s /по особи										
3-8	99	68	54	30	62	0	10	76	18	20
%	100,0	100,0	70,1	49,2	79,5	0,0	18,9	100,0	28,1	24,4
sign	χ^2=402,26; p<0,0001									
PM_{10} Indoor /Outdoor ratio > 1,0;										
>1.0	61	0	23	0	16	24	12	44	18	68
%	61,6	0,0	29,9	0,0	20,5	31,2	22,6	57,9	28,1	82,9
sign	χ^2 = 356,71; p<0,0001***									

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

ОШ „Дринка Павловић” и „Иван Гундулић” имају вредности **NO_2 изнад 40µg/m^3.** Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности NO_2 међу школама (χ^2=414,89; p<0,0001).

Концентрације IAQ **бензена** изнад **5 μg/m³** има три од 10 школа. У ваздуху учионица ОШ „Стеван Сремац”, „Радојка Лакић” и „Иван Гундулић” измерене су концентрације бензена испод **5,0 μg/m³**. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности посматраног параметра међу школама (χ^2=469,172; p<0,0001).

Формалдехид изнад **100 μg/m³** измерен је у ваздуху учионица у 7 од 10 школа. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности посматраног параметра међу школама (χ^2=376,853; p<0,0001).

Концентрација **CO_2 ≥1000 ppm** измерена је у ваздуху **свих** учионица у три од десет школа, док је у ваздуху учионица у три од десет школа било мање од 50% изложених концентрацији **CO_2 ≥1000 ppm**. Једино је у ваздуху учионица у школи „Стеван Сремац” концентрација CO_2 била испод 1000 ppm у укупном узорку.

Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности посматраног параметра међу школама (χ^2=359,539; p<0,0001).

Анализом вредности датих за одређене квантитативне параметре, које дефинишу зону комфора у просторима предвиђеним за едукацију (ASHRAE), као што су: температура ваздуха од 18 до 23°C, релативна влажност ваздуха од 30 до 75% и заузетост простора у учионици од >2,2 m²/ученик, може се констатовати да су у школи „Радојка Лакић” све учионице у зони комфора, док су у школама „Никола Тесла” и „Аца Милосављевић” све учионице обухваћене истраживањем ван зоне комфора. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији учионица (ђака) у односу на зону термалног комфора, међу посматраним школама (χ^2=345,06; p<0,0001).

IAQ PM_{10} > 50 μg/m³ измерено је у четири од 10 школа, у случају анализе квалитета ваздуха у учионици. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности посматраног параметра међу школама (χ^2=225,91; p<0,0001).

***Ventilation rate* < 8 l/s по особи** има три од 10 школа. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности посматраног параметра међу школама (χ^2=402,26; p<0,0001). Једино су у школи „Стеван Сремац” измерене вредности за *Ventilation rate* које се уклапају у стандарде зоне термалног комфора.

PM_{10} I/O ratio >1,0 има три од 10 школа. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности посматраног параметра међу школама (χ^2=402,26; p<0,0001).

IAQ концентрације NO_2 крећу се у оквиру ГВ (≤40 μg/m^3) у пет од 10 школа. Истоветан однос важи и за вредности овог параметра измерене у амбијенталном ваздуху, непосредно испред учионица. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности NO_2 међу школама (χ^2=414,89; p<0,0001). Све измерене вредности NO_2 су мање од 85 μg/m^3.

Б. Квалитет амбијенталног ваздуха испред учионица (OAQ)

Просечне вредности концентрације OAQ полутаната по школама, приказане су у табели 23 и табели 24, док су вредности температуре ваздуха, релативна влажност и концентрација CO_2 у амбијенталном ваздуху дате у табели 25.

Просечне вредности концентрације **OAQ NO_2** крећу се у распону од минималних 15,83 μg/m^3 у школи „Аца Милосављевић“ до максималних 47,26 μg/m^3 у школи „Дринка Павловић“. Просечним вредностима изнад препоручених 40,0 μg/m^3 изложено је укупно 276 деце (37,35%), и то у 5 од 10 основних школа из истраживања. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности NO_2 међу школама (p<0,0001).
У 5 од 10 школа, средња вредност концентрација **OAQ** за **бензен**, била је изнад препоручених 5,0 μg/m^3. Распон средњих вредности кретао се од минималних 3,39 μg/m^3 у школи „Иван Гундулић“ до максималних 10,62 μg/m^3 у школи „Никола Тесла“. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности бензена међу школама (p<0,0001).

Распон средњих вредности концентрација **OAQ** за **толуен** кретао се од минималних 4,18 μg/m^3 у школи „Аца Милосављевић“ до максималних 88,5 μg/m^3 у школи „Скадарлија“. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности толуена међу школама (p<0,0001).

Табела 23. Просечне вредности OAQ концентрација загађујућих материја према појединачним школама /1

Просечне вредности	**Основне школе**	**N**	**Mean**	**SD**	**Медијана**	**95% interval**		**Min.**	**Max.**	**F test, KW test*sig**
						Доња	**Горња**			
NO_2 ($\mu g/m^3$)	„А. Милосављевић”	77	15,83	1,30	17,00	15,54	16,13	14	17	309,48 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	25,01	2,49	25,00	24,41	25,62	21	28	
	„Никола Тесла”	77	40,25	7,49	39,00	38,55	41,95	31	51	
	„И. Горан Ковачић”	45	42,89	12,06	36,00	39,26	46,51	30	56	
	„Скадарлија”	78	28,78	3,72	27,00	27,94	29,62	26	36	
	„Стеван Сремац”	77	21,68	1,11	22,00	21,42	21,93	20	23	
	„Дринка Павловић”	53	47,26	3,86	49,00	46,20	48,33	41	51	
	„П. П. Његош”	64	42,75	4,58	44,00	41,60	43,90	35	47	
	„Радојка Лакић”	18	35,00	0,00	35,00	35,00	35,00	35	35	
	„Иван Гундулић”	37	45,84	2,02	44,00	45,16	46,51	44	48	
Бензен ($\mu g/m^3$)	„А. Милосављевић”	77	5,00	0,55	4,82	4,87	5,12	4,24	5,60	951,13 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	9,53	1,15	9,19	9,26	9,81	8,51	11,32	
	„Никола Тесла”	77	10,62	0,62	11,04	10,48	10,77	9,60	11,06	
	„И. Горан Ковачић”	45	8,38	0,63	8,61	8,19	8,57	7,55	9,17	
	„Скадарлија”	78	4,60	0,96	3,79	4,38	4,82	3,74	6,04	
	„Стеван Сремац”	77	4,52	0,31	4,39	4,45	4,59	4,27	5,01	
	„Дринка Павловић”	53	5,61	0,33	5,66	5,52	5,70	5,28	6,04	
	„П. П. Његош”	64	4,73	0,18	4,84	4,68	4,77	4,40	4,86	
	„Радојка Лакић”	18	3,56	0,00	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	
	„Иван Гундулић”	37	3,39	0,03	3,42	3,38	3,40	3,36	3,42	
Толуен ($\mu g/m^3$)	„А. Милосављевић”	77	4,18	0,88	3,75	3,98	4,37	3,40	5,70	* **435,95** **0,000**
	„Коста Абрашевић”	68	21,12	21,95	8,44	15,81	26,43	5,92	56,07	
	„Никола Тесла”	77	9,37	0,37	9,48	9,28	9,45	8,77	9,82	
	„И. Горан Ковачић”	45	11,11	1,25	10,80	10,73	11,48	10,03	13,33	
	„Скадарлија”	78	88,50	159,78	7,13	52,47	124,52	6,10	400,98	
	„Стеван Сремац”	77	5,68	0,79	5,31	5,50	5,86	4,94	6,94	
	„Дринка Павловић”	53	7,34	0,88	7,68	7,10	7,58	6,26	8,41	
	„П. П. Његош”	64	5,76	0,40	5,66	5,66	5,86	5,26	6,35	
	„Радојка Лакић”	18	15,00	0,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	
	„Иван Гундулић”	37	10,24	1,89	11,96	9,61	10,87	8,21	11,96	
Етил - бензен ($\mu g/m^3$)	„А. Милосављевић”	77	0,38	0,02	0,38	0,38	0,39	,36	,41	174,76 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	0,83	0,11	0,86	0,80	086	,66	,97	
	„Никола Тесла”	77	1,73	0,40	1,76	1,64	1.82	1,15	2,12	
	„И. Горан Ковачић”	45	2,38	0,27	2,41	2,30	2,46	2,06	2,78	
	„Скадарлија”	78	1,50	0,81	0,90	1,32	1,69	,83	2,92	
	„Стеван Сремац”	77	0,76	0,17	0,68	0,72	0,80	,64	1,03	
	„Дринка Павловић”	53	1,39	0,17	1,43	1,35	1,44	1,16	1,61	
	„П. П. Његош”	64	1,06	0,06	1,09	1,05	1,08	,96	1,10	
	„Радојка Лакић”	18	2,29	0,00	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	
	„Иван Гундулић”	37	1,24	0,03	1,27	1,23	1,25	1,21	1,27	

Распон средњих вредности концентрација **OAQ** за **етил-бензен** кретао се од минималних 0,38 $\mu g/m^3$ у школи „Аца Милосављевић“ до максималних 2,39 $\mu g/m^3$ у школи „Иван Горан Ковачић“. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности етил-бензена међу школама ($p<0,0001$).

Распон средњих вредности концентрација **OAQ** за **ксилен** кретао се од минималних 0,96 μg/m^3 у школи „Аца Милосављевић“ до максималних 10,91 μg/m^3 у школи „Радојка Лакић“. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности ксилена међу школама ($p<0,0001$).

Распон средњих вредности концентрација **OAQ** за **формалдехид** кретао се од минималних 0,23 μg/m^3 у школи „Скадарлија“ до максималних 0,66 μg/m^3 у школи „Аца Милосављевић“. Све измерене вредности значајно су испод препоручене граничне вредности 100,0 μg/m^3. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности формалдехида међу школама ($p<0,0001$).

Распон средњих вредности концентрација **OAQ** за **CO** кретао се од немерљиво ниских вредности (0,0 mg/m^3) у школама „Аца Милосављевић“, "Скадарлија" и "Иван Гундулић" до максималних 1,92 μg/m^3 у школи „Никола Тесла“. Све измерене вредности значајно су испод препоручене граничне вредности 3,0 mg /m^3. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности CO међу школама ($p<0,0001$).

Осим у случају школе "Иван Гундулић", где је средња вредност **OAQ** за **PM10** била испод препоручених 50 μg/m^3, у свих девет преосталих школа вредности су значајно прелазиле ту вредност, са распоном од 51,7 μg/m^3 у школи "Радојка Лакић", до 320,82 μg/m^3 у школи "Коста Абрашевић". Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности формалдехида међу школама ($p<0,0001$).

Табела 24. Просечне вредности кон OAQ центрација загађујућих материја у према појединачним школама /2

Параметар	Основна школа	N	Mean	SD	Medijana	95% Interval Доња	95% Interval Горња	Min.	Max.	F test, KW test*sig
Ксилен (µg/m^3)	„А. Милосављевић”	77	0,96	0,05	0,95	0,95	0,97	0,89	1,01	* 314,905 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	9,31	1,71	9,28	8,90	9,73	7,20	11,76	
	„Никола Тесла”	77	7,66	0,70	7,82	7,50	7,82	6,55	8,35	
	„И. Горан Ковачић”	45	8,74	0,92	8,77	8,46	9,02	7,72	10,22	
	„Скадарлија”	78	5,32	2,74	3,21	4,70	5,94	2,88	9,89	
	„Стеван Сремац”	77	3,03	0,75	2,57	2,86	3,20	2,52	4,24	
	„Дринка Павловић”	53	5,56	0,81	5,55	5,33	5,78	4,43	6,59	
	„П. П. Његош”	64	4,28	0,27	4,30	4,22	4,35	3,87	4,66	
	„Радојка Лакић”	18	10,91	0,00	10,91	10,91	10,91	10,91	10,91	
	„Иван Гундулић”	37	4,93	0,20	5,11	4,86	4,99	4,71	5,11	
HCHO (µg/m^3)	„А. Милосављевић”	77	0,66	0,15	0,60	0,62	0,69	,50	,90	* 442,540 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	0,44	0,09	0,50	0,42	0,47	,30	,50	
	„Никола Тесла”	77	0,60	0,00	0,60	0,60	0,60	,60	,60	
	„И. Горан Ковачић”	45	0,46	0,05	0,50	0,44	0,47	,40	,50	
	„Скадарлија”	78	0,23	0,07	0,20	0,21	0,24	,10	,30	
	„Стеван Сремац”	77	0,60	0,49	0,30	0,49	0,71	,30	1,40	
	„Дринка Павловић”	53	0,30	0,00	0,30	0,30	0,30	,30	,30	
	„П. Петровић Његош”	64	0,28	0,04	0,30	0,27	0,29	,20	,30	
	„Радојка Лакић”	0								
	„Иван Гундулић”	37	0,15	0,05	0,20	0,14	0,17	,10	,20	
CO (mg/m^3)	„А. Милосављевић”	99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	* 509,586 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	1,75	0,82	2,00	1,55	1,95	1	3	
	„Никола Тесла”	77	1,92	1,29	1,00	1,63	2,21	1	4	
	„И. Горан Ковачић”	61	0,90	0,87	1,00	0,68	1,12	0	2	
	„Скадарлија”	78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	
	„Стеван Сремац”	77	0,27	0,45	0,00	0,17	0,37	0	1	
	„Дринка Павловић”	53	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1	1	
	„П. П. Његош”	76	0,61	0,49	1,00	0,49	0,72	0	1	
	„Радојка Лакић”	64	0,14	0,35	0,00	0,05	0,23	0	1	
	„Иван Гундулић”	82	0,00	0,00	0,00	0,00	000	0	0	
PM_{10} (µg/m^3)	„А. Милосављевић”	99	105,84	26,95	82,00	100,46	111,21	75	153	* 424,679 0,000
	„Коста Абрашевић”	68	320,82	137,80	309,00	287,47	354,18	169	549	
	„Никола Тесла”	77	134,00	55,40	141,00	121,43	146,57	55	190	
	„И. Горан Ковачић”	61	80,33	35,63	48,00	71,20	89,45	44	128	
	„Скадарлија”	78	83,64	30,00	96,00	76,88	90,41	30	117	
	„Стеван Сремац”	77	68,27	36,28	41,00	60,04	76,51	34	119	
	„Дринка Павловић”	53	69,85	31,94	52,00	61,05	78,65	36	119	
	„П. П. Његош”	76	98,00	13,86	101,00	94,83	101,17	73	119	
	„Радојка Лакић”	64	51,17	3,44	51,00	50,31	52,03	46	55	
	„Иван Гундулић”	82	38,33	9,65	42,00	36,21	40,45	22	48	

Табела 25. Просечне вредности елемената термалног комфора у амбијенталном ваздуху испред учионице према појединачним школама (OAQ)

	Основна школа	N	Mean	S.D.	Медијана	95% Interval		Min.	Max.	F test, KW test*sig
						Доња	Горња			
T (C°)	„А. Милосављевић”	99	9,16	2,64	11,00	8,63	9,69	6	12	215,997 0,000
	„К. Абрашевић”	68	2,50	0,87	3,00	2,29	2,71	1	3	
	„Никола Тесла”	77	9,90	5,06	10,00	8,75	11,04	3	16	
	„И. Г. Ковачић”	61	17,97	2,46	20,00	17,34	18,60	14	20	
	„Скадарлија”	78	10,88	4,44	10,00	9,88	11,89	7	19	
	„Стеван Сремац”	77	13,44	1,12	13,00	13,19	13,70	12	15	
	„Д. Павловић”	53	9,68	2,40	9,00	9,02	10,34	8	14	
	„П. П. Његош”	76	12,95	1,22	13,00	12,67	13,23	12	15	
	„Радојка Лакић”	64	18,19	2,44	18,00	17,58	18,80	15	21	
	„Иван Гундулић”	82	18,12	2,09	18,00	17,66	18,58	16	22	
PBB (%)	„А.Милосављевић”	99	74,04	13,28	62,00	71,39	76,69	62	90	112,377 0,000
	„К. Абрашевић”	68	60,25	4,11	62,00	59,26	61,24	54	65	
	„Никола Тесла”	77	38,78	3,38	41,00	38,01	39,55	34	42	
	„И. Г. Ковачић”	61	33,84	5,21	33,00	32,50	35,17	26	39	
	„Скадарлија”	78	68,54	16,03	73,00	64,92	72,15	39	84	
	„Стеван Сремац”	77	56,81	10,64	64,00	54,39	59,22	42	68	
	„Д. Павловић”	53	62,36	4,98	63,00	60,98	63,73	56	70	
	„П. П. Његош”	76	54,74	5,59	55,00	53,46	56,01	46	62	
	„Радојка Лакић”	64	59,23	11,42	56,00	56,38	62,09	45	74	
	„Иван Гундулић”	82	61,17	11,91	73,00	58,55	63,79	41	73	
CO_2 (ppm)	„А.Милосављевић”	99	410,19	4,88	405,00	409,22	411,17	405	418	26,290 0,000
	„К. Абрашевић”	68	432,10	23,86	442,00	426,33	437,88	393	457	
	„Никола Тесла”	77	425,25	14,94	427,00	421,85	428,64	404	444	
	„И. Г. Ковачић”	61	427,93	15,16	431,00	424,05	431,82	402	439	
	„Скадарлија”	78	380,22	68,25	405,00	364,83	395,61	254	430	
	„Стеван Сремац”	77	404,42	6,69	407,00	402,90	405,93	393	412	
	„Д. Павловић”	53	429,26	23,20	409,00	422,87	435,66	405	461	
	„П. П. Његош”	76	419,79	17,37	425,00	415,82	423,76	399	441	
	„Радојка Лакић”	64	481,75	109,95	441,00	454,29	509,21	423	750	
	„Иван Гундулић”	82	421,48	17,98	433,00	417,52	425,43	393	447	

Спољна средња температура ваздуха, имала је распон од минималних 33,84% у школи "Иван Горан Ковачић", до максималних 68,54% у школи "Скадарлија". Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности температуре ваздуха међу школама ($p<0,0001$).

Средње вредности за OAQ релативну влажност ваздуха, кретале су се у распону од минималних 2,50 C° у школи "Коста Абрашевић", до максималних 18,19 C° у школи "Радојка Лакић". Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности релативне влажности ваздуха међу школама ($p<0,0001$).

Средње вредности за OAQ CO_2, кретале су се у распону од минималних 380,22 ppm у школи "Скадарлија", до максималних 481,75 ppm у школи "Радојка Лакић". Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности OAQ CO_2међу школама (p<0,0001).

У табели 26 дате су вредности параметара загађења амбијенталног ваздуха специфичних за саобраћајно загађење ваздуха.

Дозвољене вредности NO_2 (<=40 $\mu g/m^3$) има пет од 10 школа када се анализира квалитет ваздуха у учионици, а такав је однос и OAQ у школама; доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности NO_2 међу школама (χ^2=414,89; p<0,0001). Све измерене вредности NO_2 су мање од 85 $\mu g/m^3$

Вредности OAQ CO ≥3 mg/m^3 измерене су у дворишту ОШ „Никола Тесла", једној од 10 школа. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности посматраног параметра међу школама (χ^2=175,69; p<0,0001). Концентрације овог једињења у амбијенталном ваздуху урбаног простора сматрају се показатељем саобраћајног загађења.

У амбијенталном ваздуху испред четири од 10 школа измерене су концентрације PM_{10} +50 $\mu g/m^3$. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности посматраног параметра међу школама (χ^2=627,093; p<0,0001).

Табела 26. Резултати мерења OAQ према школама пореклом од саобраћаја

Школа	**А.М.**	**К.А.**	**Н.Т.**	**И.Г.К.**	**Скад.**	**С.С.**	**Д.П.**	**П.П.Њ.**	**Р.Л.**	**И.Г.**
OAQ NO_2 ($\mu g/m^3$)										
> 40.0	0	0	**23**	**20**	0	0	**53**	**50**	0	37
%	0,0	0,0	**29,9**	**44,4**	0,0	0,0	**100,0**	**78,1**	0,0	100,0
sign	χ^2=414,90; p<0,0001V									
> 85.0	77	68	77	45	78	77	53	64	18	37
sign	Нема тестирања									
CO > 3 mg/m^3	0	0	**20**	0	0	0	0	0	0	0
%	0,0	0,0	**26,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
sign	χ^2=175,69; p<0,0001***									
OAQ PM_{10} ($\mu g/m^3$)										
0-50.0	0	0	0	25	16	42	12	0	17	82
%	0,0	0,0	0,0	41,0	20,5	54,5	22,6	0.0	26,6	100,0
50.1-80.0	18	0	23	16	19	0	27	12	47	0
%	18,2	0,0	29,9	26,2	24,4	0,0	50,9	15.8	73,4	0,0
> 80.1	81	68	54	20	43	35	14	64	0	0
%	81,8	100,0	70,1	32,8	55,1	45,5	26,4	84.2	0,0	0,0
sign	χ^2=627,093; p<0,0001***									

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

4.2.3. Елементи зоне термалног комфора у учионицама укупно и по појединачним школама

За разлику од претходно изложених резултата, којима су евалуиране квантитативне вредности измерених параметара амбијенталног ваздуха и ваздуха затвореног простора са дескриптивном статистиком и елемената термалног комфора, у овом делу биће презентоване корелације елемената зоне термалног комфора са окренутошћу изабраних учионица према улици/дворишту и учесталошћу проветравања учионица у којима су вршена мерења. Суштина оваквог приступа је доказана међузависност изабраних параметара.

4.2.3.1. Степен проветрености простора (VR), PM_{10} IAQ/OAQ ratio

A. VENTILATION RATE (VR). Просечне вредности VR приказане су за 10 школа (табела 27).

Табела 27. Просечне вредности *ventilation rate,* као и односа PM_{10} IAQ/OAQ ratio

ОШ		N	Просек	SD	Медијана	95% CI		Min	Max
						Доња	Горња		
VR	„А. Милосављевић”	99	4,90	1,09	4,63	4,69	5,12	4,08	7,10
	„Коста Абрашевић”	68	4,55	0,35	4,47	4,46	4,63	4,11	5,09
	„Никола Тесла”	77	7,94	3,34	7,79	7,18	8,70	4,11	12,56
	„И. Горан Ковачић”	61	8,08	6,10	10,80	6,52	9,64	0,30	15,82
	„Скадарлија”	78	9,88	7,85	6,54	8,11	11,65	4,33	25,13
	„Стеван Сремац”	77	12,64	3,08	12,32	11,95	13,34	9,45	16,89
	„Дринка Павловић”	53	9,70	1,61	9,45	9,26	10,15	7,58	12,14
	„П. П. Његош”	76	5,29	0,99	4,80	5,06	5,51	4,31	6,65
	„Радојка Лакић”	64	8,43	2,95	8,80	7,70	9,17	3,99	11,47
	„Иван Гундулић”	82	12,03	3,35	12,50	11,29	12,77	7,84	16,08
	Укупно	735	8,28	4,67	7,10	7,94	8,62	0,30	25,13
PM_{10} I/O ratio	„А. Милосављевић”	99	1,06	0,15	1,12	1,03	1,09	0,85	1,23
	„Коста Абрашевић”	68	0,54	0,11	0,59	0,51	0,57	0,36	0,66
	„Никола Тесла”	77	0,81	0,29	0,93	0,75	0,88	0,39	1,12
	„И. Горан Ковачић”	61	0,61	0,14	0,51	0,57	0,64	0,48	0,83
	„Скадарлија”	78	0,77	0,23	0,73	0,71	0,82	0,38	1,07
	„Стеван Сремац”	77	1,03	0,34	0,81	0,95	1,11	0,79	1,53
	„Дринка Павловић”	53	0,99	0,24	0,90	0,93	1,06	0,74	1,42
	„П. П. Његош”	76	1,07	0,12	1,10	1,05	1,10	0,92	1,29
	„Радојка Лакић”	64	1,02	0,22	0,93	0,97	1,07	0,81	1,35
	„Иван Гундулић”	82	1,40	0,34	1,38	1,32	1,47	0,92	1,91
	Укупно	735	0,94	0,33	0,92	0,92	0,97	0,36	1,91

Доказана је статистички значајна разлика у просечној вредности међу школама ($p<0,0001$). Просечне вредности VR према основним школама крећу се од минималних 0,30 до максималних 25,15 измерених у учионици једне од 10 испитиваних школа. Најнижи интервал поузданости има ОШ „Коста Абрашевић” 95%CI (4,46–4,63), а највише вредности за интервал поузданости има ОШ „Стеван Сремац”, 95%CI (11,95–13,34). Статистички значајно највишу вредности има ОШ „Стеван Сремац” (12,64±3,08, медијана=12,32), а најнижу измерену вредност има ОШ „Коста Абрашевић” (4,55±0,35, медијана=4,47), (p≤0,0001).

Вредности PM_{10} I/O ratio у основним школама крећу се од минималних 0,36 до максималних 1,91 измерених у учионицама једне од 10 испитиваних школа. Најнижи интервал поузданости има школа „Коста Абрашевић” 95%CI (0,51–0,57), а највише вредности за интервал поузданости има школа „Иван Гундулић”, 95% CI (1,32–1,47). Статистички значајно највишу вредност има школа „Иван Гундулић” (1,4±0,34, медијана=1,38), а најнижу измерену вредност има школа „Коста Абрашевић”, медијана=0,59 (p≤0,0001).

У табели 28, приказана је дистрибуција ученика у односу на зону комфора (т.ј. њихове прихватљиве вредности) у односу на окренутост учионица према улици или дворишту.

Табела 28. Дистрибуција ученика у односу на услове термалног комфора према окренутости учионица у школама

Школа	**Зона комфора задовољена Да/Не**	**Окренутост учионице: Школско двориште N**	**Школско двориште %**	**Улица N**	**Улица %**	**Укупно N**	**Укупно %**	**χ^2, p sign**
„Аца Милосављевић”	Да	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
	Не	99	100,0	0	0,0	99	100,0	
	Укупно	99	100,0	0	0,0	99	100,0	нема
„Коста Абрашевић”	Да	26	52,0	7	38,9	33	48,5	
	Не	24	48,0	11	61,1	35	51,5	
	Укупно	50	73,5	18	26,5	68	100,0	0,911 0,340/ns
„Никола Тесла”	Да	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
	Не	77	100,0	0	0,0	77	100,0	
	Укупно	77	100,0	0	0,0	77	100,0	нема
„Иван Горан Ковачић”	Да	10	38,5	26	74,3	36	59,0	
	Не	16	61,5	9	25,7	25	41,0	7,916 0,005**
	Укупно	26	42,6	35	57,4	61	100,0	
„Скадарлија”	Да	16	27,1	0	0,0	16	20,5	
	Не	43	72,9	19	100,0	62	79,5	6,482 0,011**
	Укупно	59	75,6	19	24,4	78	100,0	
„Стеван Сремац”	Да	59	76,6	0	0,0	59	76,6	
	Не	18	23,4	0	0,0	18	23,4	
	Укупно	77	100,0	0	0,0	77	100,0	нема
„Дринка Павловић”	Да	0	0,0	41	77,4	41	77,4	
	Не	0	0,0	12	22,6	12	22,6	
	Укупно	0	0,0	53	100,0	53	100,0	нема
„Петар Петровић Његош”	Да	9	75,0	31	48,4	40	52,6	
	Не	3	25,0	33	51,6	36	47,4	
	Укупно	12	15,8	64	84,2	76	100,0	2,860 0,091/ns
„Радојка Лакић”	Да	64	100,0	0	0,0	64	100,0	
	Не	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
	Укупно	64	100,0	0	0,0	64	100,0	нема
„Иван Гундулић”	Да	69	84,1	0	0,0	69	84,1	
	Не	13	15,9	0	0,0	13	15,9	
	Укупно	82	100,0	0	0,0	82	100,0	нема

Анализом вредности VR у школској средини доказана је статистички значајна разлика у школама у вредностима од 3 до 8 l/s/особи у односу на пожељне вредности VR од 8 l/s/особи и више. У ОШ „Иван Горан Ковачић" у учионицама окренутим улици је значајно више деце у вредносној групи са VR од 3 до 8 l/s по особи, него у учионицама окренутим школском дворишту ($p \leq 0{,}05$).

Табела 29. Дистрибуција ученика у односу на VR – према окренутости учионица у школама

ОШ	**VR l/s/особи**	**Окренутост учионице**				**Укупно**		**χ^2, p sig.**
		Школско двориште		**Улица**				
		N	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	
„Аца Милосављевић"	3-8	99	100,0	0	0,0	99	100,0	
	≥ 8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
	Укупно	99	100,0	0	0,0	99	100,0	нема
„Коста Абрашевић"	3-8	50	100,0	18	100,0	68	100,0	
	≥ 8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
	Укупно	50	73,5	18	26.5	68	100,0	нема
„Никола Тесла"	3- 8	54	70,1	0	0,0	54	70,1	
	≥ 8	23	29,9	0	0,0	23	29,9	
	Укупно	77	100,0	0	0,0	77	100,0	нема
„Иван Горан Ковачић"	3-8	9	34,6	21	60,0	30	49,2	3.846 0.05*
	≥ 8	17	65,4	14	40,0	31	50,8	
	Укупно	26	42,6	35	57,4	61	100,0	
„Скадарлија"	3-8	43	72,9	19	100,0	62	79,5	6.482 0.011*
	≥ 8	16	27,1	0	0,0	16	20,5	
	Укупно	59	75,6	19	24,4	78	100,0	
„Стеван Сремац"	3-8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
	≥ 8	77	100,0	0	0,0	77	100,0	
	Укупно	77	100,0	0	0,0	77	100,0	нема
„Дринка Павловић"	3-8	0	0,0	10	18,9	10	18,9	
	≥ 8	0	0,0	43	81,1	43	81,1	
	Укупно	0	0,0	53	100,0	53	100,0	нема
„Петар Петровић Његош"	3-8	12	100,0	64	100,0	76	100,0	
	≥ 8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
	Укупно	12	15,8	64	84,2	76	100,0	нема
„Радојка Лакић"	3-8	18	28,1	0	0,0	18	28,1	
	≥ 8	46	71,9	0	0,0	46	71,9	
	Укупно	64	100,0	0	0,0	64	100,0	нема
„Иван Гундулић"	3-8	20	24,4	0	0,0	20	24,4	
	≥ 8	62	75.,6	0	0,0	62	75,6	
	Укупно	82	100,0	0	0,0	82	100,0	нема

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

У ОШ „Скадарлија" у учионицама окренутим улици, значајно је више деце у групи са VR од 3 до 8 l/s по особи, него у учионицама окренутим школском дворишту ($p \leq 0{,}01$). PM_{10} I/O ratio према интервалима у укупном узорку и према појединачним школама је приказан на почетку потпоглавља. У ОШ „Скадарлија" у учионицама окренутим улици је значајно више деце у групи са PM_{10} I/O ratio нижим од 1,0, него у учионицама окренутим школском дворишту ($p \leq 0{,}1$).

Табела 30. Дистрибуција ученика у односу на I/O ratio – граничне вредности према окренутости учионица у школама

ОШ	PM_{10} I/O ratio	Окренутост учионице				Укупно		χ^2, sig. p
		Школско двориште		Улица				
		N	%	N	%	N	%	
„Аца Милосављевић”	< 1	38	38,4	0	0,0	38	38,4	
	> 1	61	61,6	0	0,0	61	61,6	
	Укупно	99	100,0	0	0,0	99	100,0	нема
„Коста Абрашевић”	< 1	50	100,0	18	100,0	68	100,0	
	> 1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
	Укупно	50	73,5	18	0,0	68	100,0	нема
„Никола Тесла”	< 1	54	70,1	0	0,0	54	70,1	
	> 1	23	29,9	0	0,0	23	29,9	
	Укупно	77	100,0	0	0,0	77	100,0	нема
„Иван Горан Ковачић”	< 1	26	100,0	35	100,0	61	100,0	
	> 1		0,0	0	0,0	0	0,0	
	Укупно	26	42,6	35	57,4	61	100,0	нема
„Скадарлија”	< 1	43	72,9	19	100,0	62	79,5	
	> 1	16	27,1	0	0,0	16	20,5	6.482
	Укупно	59	75,6	19	24,4	78	100,0	0.010**
„Стеван Сремац”	< 1	53	68,8	0	0,0	53	68,8	
	> 1	24	31,2	0	0,0	24	31,2	
	Укупно	77	100,0	0	0,0	77	100,0	нема
„Дринка Павловић”	< 1	0	0,0	41	0,0	41	77,4	
	> 1	0	0,0	12	0,0	12	22,6	
	Укупно	0	0,0	53	100,0	53	100,0	нема
„Петар Петровић Његош”	< 1	1	8,3	13	20,3	14	18,4	
	> 1	1	8,3	17	26,6	18	23,7	3.798
	Укупно	10	83,3	34	53,1	44	57,9	0.15/ns
	< 1	12	15,8	64	84,2	76	100,0	
„Радојка Лакић”	< 1	37	57,8	0	0,0	37	57,8	
	> 1	9	14,1	0	0,0	9	14,1	
	Укупно	18	28,1	0	0,0	18	28,1	
	< 1	64	100,0	0	0,0	64	100,0	нема
„Иван Гундулић”	> 1	14	17,1	0	0,0	14	17,1	
	Укупно	68	82,9	0	0,0	68	82,9	31.291
	< 1	82	100,0	0	0,0	82	100,0	0.0001***

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

У ОШ „Петар Петровић Његош” у учионицама окренутим улици је више деце у групи са PM_{10} I/O ratio нижим од 1,0 него у учионицама окренутим школском дворишту (p=ns), али не статистички значајно.

У ОШ „Иван Гундулић” у учионицама окренутим школском дворишту је значајно више деце у групи са PM_{10} I/O ratio вишим од 1,0, него у учионицама окренутим школском дворишту ($p \leq 0,0001$).

Зона комфора учионице у односу на **IAQ** загађујуће материје, интервале $PM_{10} < 50 > \mu g/m^3$ и концентрацију $CO_2 > 1000$ ppm приказане су у табели 31.

Табела 31. Зона комфора учионице у односу на интервале IAQ PM_{10} и CO_2

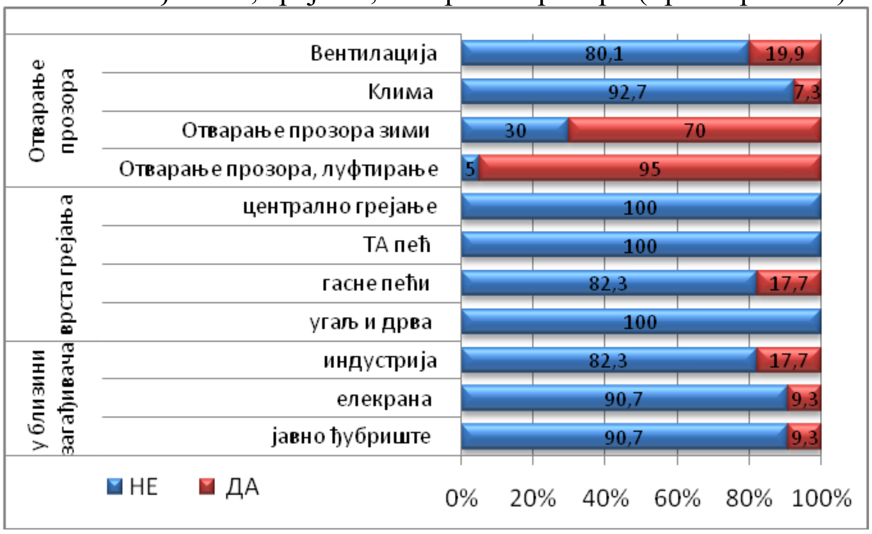
PM_{10} IAQ < 50> µg/m^3		**CO_2<1000 ppm**		**CO_2≥1000 ppm**		**Укупно**	**sig.**
		Број	**%**	**Број**	**%**		
PM_{10} < 50	Зона комфора	100	85,5	17	14,5	117	17,357 0,000***
	Ван зоне комфора	33	56,9	25	43,1	58	
	Укупно	133	76,0	42	24,0	175	
PM_{10}> 50	Зона комфора	91	37,8	150	62,2	241	54,871 0,000***
	Ван зоне комфора	36	11,3	283	88,7	319	
	Укупно	127	22,7	433	77,3	560	
Укупно	Зона комфора	191	53,4	167	46,6	358	98,676 0,000***
	Ван зоне комфора	69	18,3	308	81,7	377	
	Укупно	260	35,4	475	64,6	735	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Статистички значајно је веће учешће PM_{10} >50 µg/m^3 и CO_2 >1000 ppm ван зоне комфора (88,7%) у односу на учионице у зони комфора са истим вредностима PM_{10} >50 µg/m^3 и CO_2 >1000 ppm (62,2%), ($p< 0,05$).

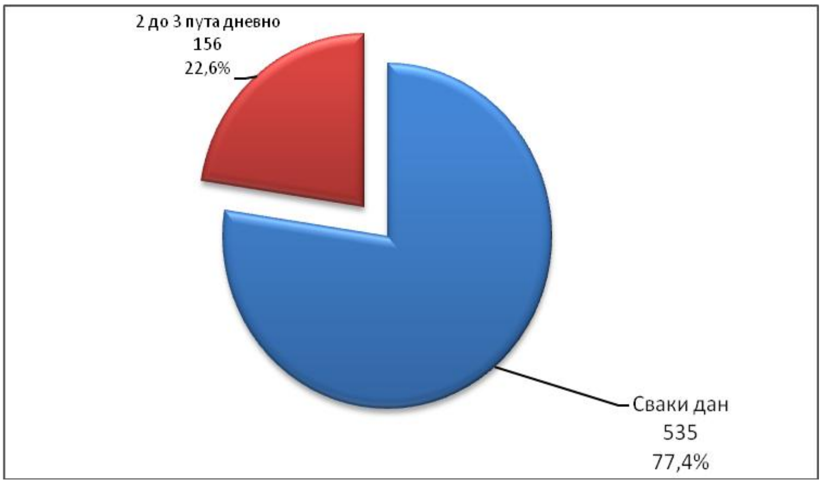
Статистички значајно веће је учешће PM_{10} > 50 µg/m^3 и CO_2 >1000 ppm ван зоне комфора (88,7%) у односу на учионице у зони комфора са истим вредностима $PM_{10} \leq$ 50 µg/m^3 и CO_2>1000 ppm (14,5%), ($p<0,001$), као и у односу $PM_{10} \leq$ 50 µg/m^3 и CO_2 >1000 ppm ван зоне комфора (43,1%), ($p<0,01$).

Графикон 30. Загађивачи, грејање, отварање прозора (проветравање) – укупно



Доказана је статистички значајна разлика у начину проветравања учионица ($p=0,001$), као и у начину грејања, или у врсти оближњих стационарних извора загађења ($p=0,001$). Значајно је више учионица чији се прозори отварају, те се проветравају подједнаком динамиком и лети и зими. Све учионице обухваћене анализом имају централно грејање, неке школе догревају учионице гасним пећима. У 18% учионица близина индустријског постројења је значајна.

Графикон 31. Отварање прозора – луфтирање током дана, укупно



Доказана је статистички значајна разлика у проветравању учионица на сваком одмору (p=0,001). Значајно је више учионица које се проветравају на сваком одмору у односу на оне које се проветравају више пута дневно. Комфор учионице је опредељен трима условима, то су: оптимална температура ваздуха = 18–23ºC, РВВ (%) = 30–75% (40–75%), као и заузетост простора *(occypancy rate)* = 2,2 m^2/по детету (лоше је за дете ако је вредност < 2,0 m^2/по детету).

4.2.3.2. Концентрација CO_2 у односу на проветравање учионица и фреквентност проветравања

Отварање прозора, фреквентност отварања прозора и концентрација CO_2 IAQ>1000 ppm су повезане, а у табели 32 која следи приказане су према школама.

Прозори се **отварају на сваком одмору** у учионицама у којима наставу похађа 362 ђака, у којима је концентрација CO_2 изнад 1000 ppm. Највеће је учешће ђака који су у учионицама које се проветравају на сваком одмору где је концентрација CO_2 изнад 1000 ppm у школи „Аца Милосављевић” (21,5%), а затим следи школа „Коста Абрашевић” (18,8%). Школа „Стеван Сремац” (0%), као и школа „Иван Горан Ковачић” има најмање деце која су у учионицама са CO_2 изнад 1000 ppm које се проветравају на сваком одмору (2,8%).

Табела 32. Отварање прозора ради проветравања и концентрација CO_2>1000 ppm

ОШ			CO_2 IAQ (ppm)		Укупно	χ^2
			CO_2<1000	**CO2 ≥ 1000**		
На сваком одмору	„Аца Милосављевић”	Број	0	**78**	78	374.318 0.000***
		%	0,0	**21,5**	14,6	
	„Коста Абрашевић”	Број	0	**68**	68	
		%	0,0	**18,8**	12,7	
	„Никола Тесла”	Број	0	**54**	54	
		%	0,0	**14,9**	10,1	
	„Иван Горан Ковачић”	Број	0	**10**	10	
		%	0,0	**2,8**	1,9	
	„Скадарлија”	Број	0	**34**	34	
		%	0,0	**9,4**	6,4	
	„Стеван Сремац”	Број	77	**0**	77	
		%	44,5	**0,0**	14,4	
	„Дринка Павловић”	Број	31	**10**	41	
		%	17,9	**2,8**	7,7	
	„Петар Петровић Његош”	Број	0	**44**	44	
		%	0,0	**12,2**	8,2	
	„Радојка Лакић”	Број	20	**44**	64	
		%	11,6	**12,2**	12,0	
	„Иван Гундулић”	Број	45	**20**	65	
		%	26,0	**5,5**	12,1	
Укупно		Број	173	**362**	535	
		%	100,0	**100,0**	100,0	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Два до три пута дневно прозори се отварају у укупном узорку у учионицама у којима борави укупно 85 ђака, са измереном концентрацијом CO_2>1000 ppm. Највеће је учешће ђака који су у учионицама са проветравањем на сваком одмору, где је концентрација CO_2>1000 ppm у школи „Петар Петровић Његош” (37,6%), друга у рангу је „Аца Милосављевић” (24,7%), а затим трећа у рангу је школа „Иван Горан Ковачић” (23,5%). Школа „Никола Тесла” (0%), као и школа „Иван Гундулић” има најмање деце која су у учионицама са CO_2>1000 ppm које се проветравају два до три пута дневно (0%).

Табела 33. Отварање прозора ради проветравања и концентрација CO_2>1000 ppm/2

ОШ			**CO_2 IAQ (ppm)**		**Укупно**	χ^2
			<1000	≥1000		
2–3 пута дневно	„Аца Милосављевић”	Број	0	**21**	21	106,978 0,000***
		%	0,0	**24,7**	13,5	
	„Никола Тесла”	Број	23	**0**	23	
		%	32,4	**0,0**	14,7	
	„Иван Горан Ковачић”	Број	31	**20**	51	
		%	43,7	**23,5**	32,7	
	„Дринка Павловић”	Број	0	**12**	12	
		%	0,0	**14,1**	7,7	
	„Петар Петровић Његош”	Број	0	**32**	32	
		%	0,0	**37,6**	20,5	
	„Иван Гундулић”	Број	17	**0**	17	
		%	23,9	**0,0**	10,9	
Укупно		Број	Број	**85**	156	
		%	0	**100,0**	100,0	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Отварање прозора у учионицама, **у зимском периоду** (табела 34), практикује се у учионицама где борави 286 ђака, са концентрацијом CO_2>1000 ppm. Највеће је учешће ђака који су у учионицама које се зими луфтирају, са концентрацијом CO_2>1000 ppm у школи „Скадарлија” (21,5%), друга у рангу је „Коста Абрашевић” (17%), а затим трећа у рангу школа „Аца Милосављевић” (14,5%). За луфтирањем учионица зими **„нема потребе”,** односно **„прозори се не отварају”** у учионицама са укупно 84 ђака, а где је концентрација CO_2>1000 ppm. Највеће је учешће ђака који су у учионицама које се не луфтирају зими, са концентрацијом CO_2>1000 ppm у школи „Радојка Лакић” (32,1%); друга у рангу је „Аца Милосављевић” (27,4%), а затим трећа у рангу школа „Иван Горан Ковачић” (23,8%). Међу децом која су у учионицама у којима се прозори „не отварају зими због буке” је 76 ђака из две школе, где је концентрација CO_2>1000 ppm, 57 (75%) је у школи „Аца Милосављевић”, а 19 (25%) у школи „Коста Абрашевић”. Доказана је статистички значајна разлика у отварању прозора ради луфтирања уопште, као и у отварању прозора ради луфтирања зими и концентрација CO_2>1000 ppm међу школама, у односу на фреквентност и на разлоге (приказ графикони и табеле, p<0,01).

Табела 34. Отварање прозора ради проветравања зими и концентрација CO_2>1000 ppm

Школе			**CO_2 IAQ (ppm)** < 1000	**CO_2 IAQ (ppm)** ≥1000	**Укупно**	χ^2
Да	„А. Милосављевић”	N	0	**42**	42	279,610 0,000
		%	0,0	**14,5**	8,5	
	„Коста Абрашевић”	N	0	**49**	49	
		%	0,0	**17,0**	9,9	
	„Никола Тесла”	N	0	**31**	31	
		%	0,0	**10,7**	6,3	
	„Иван Г.Ковачић”	N	15	**10**	25	
		%	7,2	**3,5**	5,0	
	„Скадарлија”	N	16	**62**	78	
		%	7,7	**21,5**	15,7	
	„Стеван Сремац”	N	77	**0**	77	
		%	37,2	**0,0**	15,5	
	„Дринка Павловић”	N	17	**22**	39	
		%	8,2	**7,6**	7,9	
	„П. П. Његош”	N	0	**36**	36	
		%	0,0	**12,5**	7,3	
	„Радојка Лакић”	N	20	**17**	37	
		%	9,7	**5,9**	7,5	
	„Иван Гундулић”	N	62	**20**	82	
		%	30,0	**6,9**	16,5	
Укупно		N	207	**289**	496	
		%	41,7	**58,3**	100,0	
Не, нема потребе	„Никола Тесла”	N	23	**23**	46	51,043 0,000
		%	43,4	**27,4**	33,6	
	„Иван Горан Ковачић”	N	16	**20**	36	
		%	30,2	**23,8**	26,3	
	„Дринка Павловић”	N	14	**0**	14	
		%	26,4	**0.0**	10,2	
	„Петар Петровић Његош”	N	0	**14**	14	
		%	0,0	**16,7**	10,2	
	„Радојка Лакић”	N	0	**27**	27	
		%	0,0	**32,1**	19,7	
Укупно		N	53	**84**	137	
		%	38,7	**61,3**	100,0	
Не, због буке	„Аца Милосављевић”	Број	0	**57**	57	нема
		%	0	**75,0**	75,0	
	„Коста Абрашевић”	Број	0	**19**	19	
		%	0	**25,0**	25,0	
Укупно		Број	Број	**76**	76	
		%	%	**100,0**	100,0	

4.2.3.3. Корелација елемената термалног комфора у односу на заузетост учионице и на концентрацију CO_2 и VR у учионици

Даљом анализом високих вредности **CO_2** (1000 ppm), измерених у току наставе, претпоставља се да су одговорни следећи фактори:

• затворени прозори, чиме се онемогућава доток свежег ваздуха од спољa

• неодговарајућа VR, то јест, динамика размене ваздуха (следи из претходног)

• велики број особа присутних по јединици површине простора.

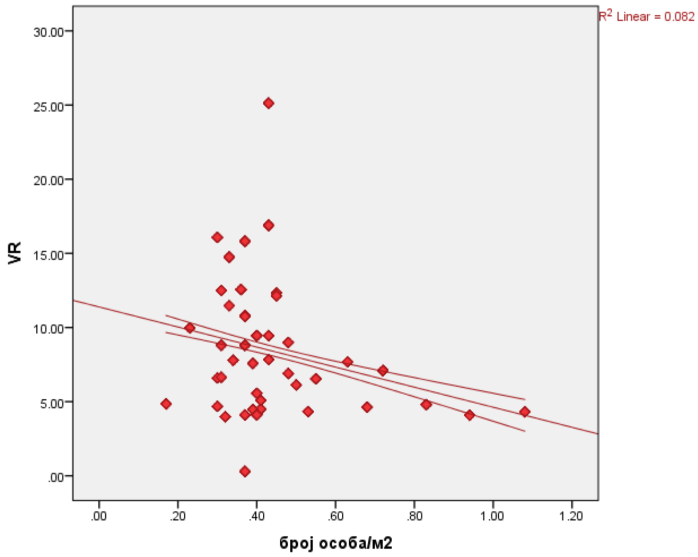
IAQ CO_2 у учионицама се корелира према: броју деце присутне у учионици, учесталости отварања прозора у току наставе; односу CO_2/CO, као и релативној влажности ваздуха, затим CO_2/PM_{10}.

Уколико је однос вредности концентрација IAQ/OAQ $PM_{10} > 1,0$ то значи да постоје извори PM_{10} унутар затвореног простора, поред спољашњих, амбијенталних извора.

Повећане вредности IAQ PM_{10} могу се довести у везу са следећим параметрима: претрпаност просторије присутним особама, висока концентрација CO_2, високом релативном влажношћу ваздуха.

Корелација вредности VR и броја ученика по m^2 простора дала је следеће сигнификантности: више вредности степена проветрености учионице (VR $\geq$ 8 L/s по особи) у учионици у статистички су значајној корелацији са окренутошћу учионице ка дворишту, мање од 20 ученика у учионици, мање од 2 особе по m^2, односно $\geq$2 m^2/по особи, затим са врстом пода у учионици (дрвени под), зидовима окреченим водонотпорном бојом, отварањем прозора, као и ређим луфтирањем зими.

Графикон 32. Корелација вредности *ventilation rate* (VR) и броја ученика по m^2 простора



У табелама 1 и 2 у прилогу 2 су приказане Пирсонова корелација за параметријска обележја (корелација IAQ и OAQ у укупном узорку), као и Спирманова корелација за интервалне дистрибуције и корелација са континуираним или атрибутивним параметрима (корелација IAQ і OAQ и према локацији школе). Доказана је статистички значајна корелација: високе вредности VR које указују на боље стање проветрености простора у корелацији су са нижим вредностима, односно, концентрацијама CO_2 нижим 1000 ppm. Доказана је статистички значајна корелација: вредности VR ≥8 l/s/особи су у корелацији са нижим вредностима, односно, концентрацијама CO_2 нижим 1000 ppm; односно, ниским вредностима VR од 3 до 8 l/s/особи, корелирају концентрације CO_2 изнад 1000 ppm.

Табела 35. Корелација VR у односу на IAQ CO_2 и заузетост простора - укупно

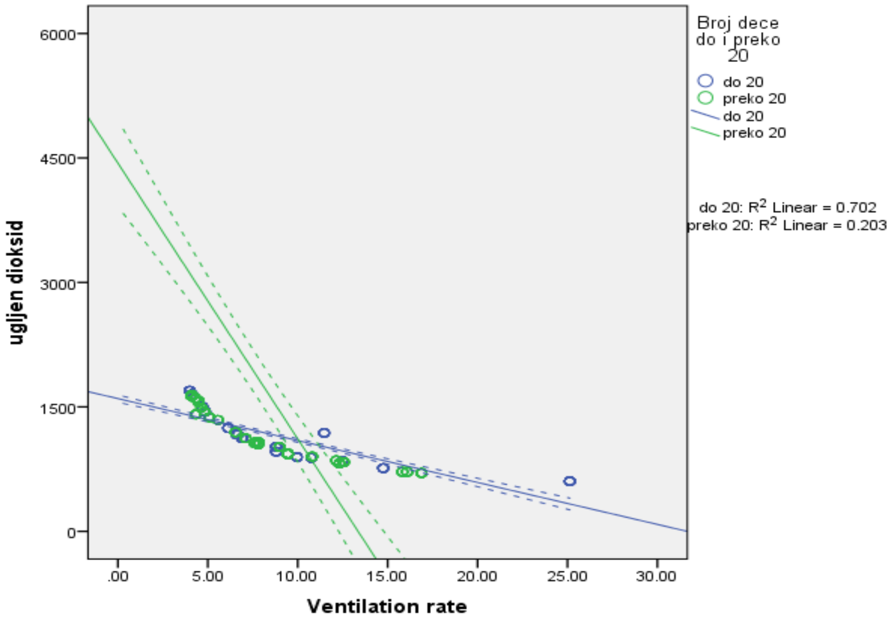
IAQ параметри		**VR**	**VR интервали**	**Ученици > 20<**	**$>2<m^2$ / по особи**
CO_2 континуирано обележје	R	-,984**	-,836**	,049	-,379**
	Sig.	0,000	,000	,188	,000
	N	735	735	735	735
CO_2 интервална дистрибуција	R	-,813**	-,896**	,051	-,406**
	Sig.	,000	,000	,169	,000
	N	735	735	735	735
Ventilation rate	R	1,000 735	,851**	-,089*	,432**
	Sig.		,000	,016	,000
	N		735	735	735
VR интервали	R	,851**	1,000 735	-,129**	,453**
	Sig.	,000		,000	,000
	N	735		735	735

Из овога произилази да је CO_2 добар маркер за процену квалитета ваздуха у учионицама. Доказана је статистички значајна корелација: високе вредности VR су у корелацији са нижим степеном заузетости простора, односно са учионицама у којима борави мање од 20 ученика, односно са његовом пренатрпаношћу, када је на располагању преко 2 m^2 простора по детету.

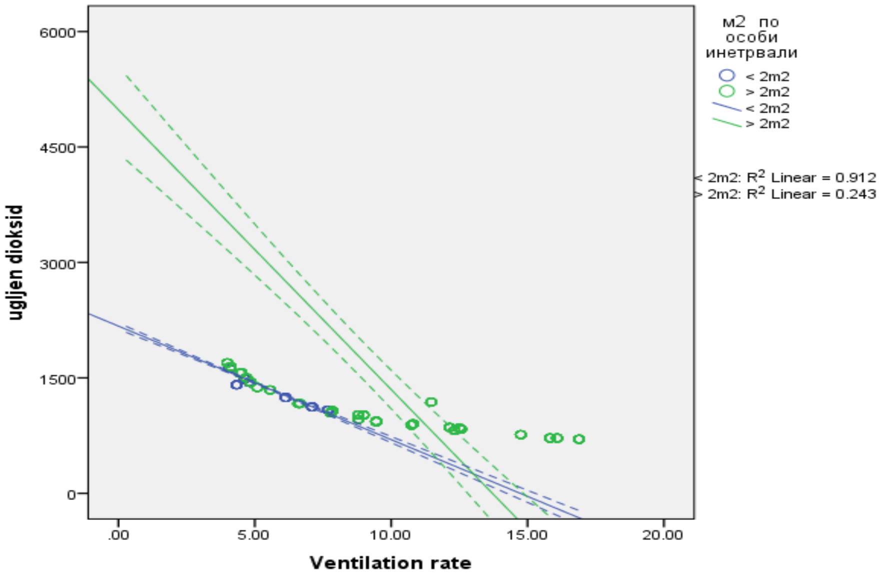
У графиконима 34 и 35 приказана је корелација VR у односу на заузетост простора у којем бораве деца. Доказана је статистички значајна корелација:

– Вредности VR ≥8 l/s/особи су у корелацији са степеном заузетости простора, односно са учионицама у којима борави мање од 20 ученика, када је на располагању више од 2 m^2 простора по детету;
– Високе **IAQ концентрације CO_2** изнад 1000 ppm, измерене у току наставе у корелацији су са степеном заузетости простора < 2 m^2 по ученику, односно велики број особа присутних по јединици површине простора (високозначајна корелација).

Графикон 34. Корелација VR у односу на IAQ CO_2 и заузетост простора (до и преко 20 ученика у одељењу)



Графикон 35. Корелација VR у односу на IAQ CO_2 и заузетост простора (до и преко 2 m^2 по ученику)



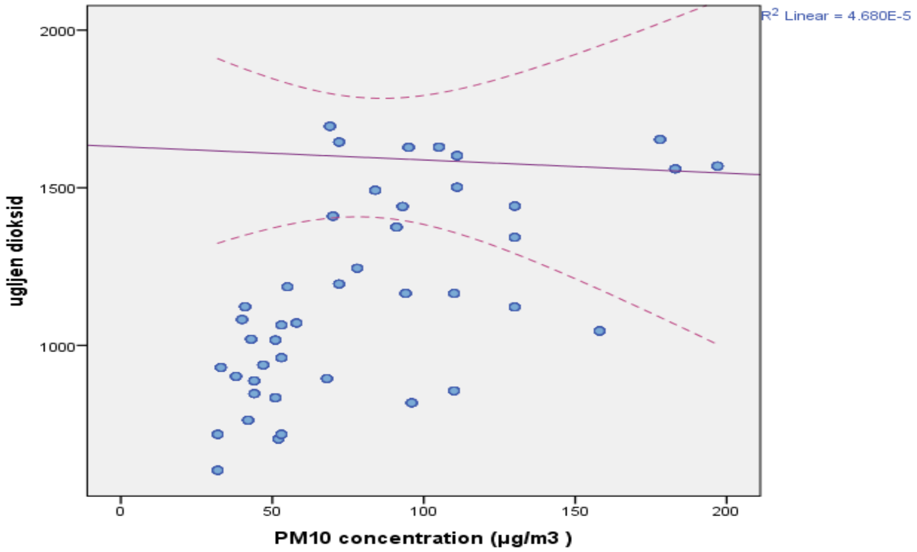
У табели 36 приказана је повезаност IAQ вредности релативне влажности ваздуха, PM_{10}, температуре ваздуха, као основних елемената термалног комфора и IAQ концентрацију CO_2.

Табела 36. Корелација IAQ вредности релативне влажности ваздуха, PM_{10}, температуре ваздуха у односу на IAQ CO_2

		Температура у учионици	**Релативна влажност**	**VR - Comfort**	**PM 10**	**CO2**
CO_2	R	0,148	0,202	0,242	0,597	0,263
	sig.	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
	N	735	735	735	735	735

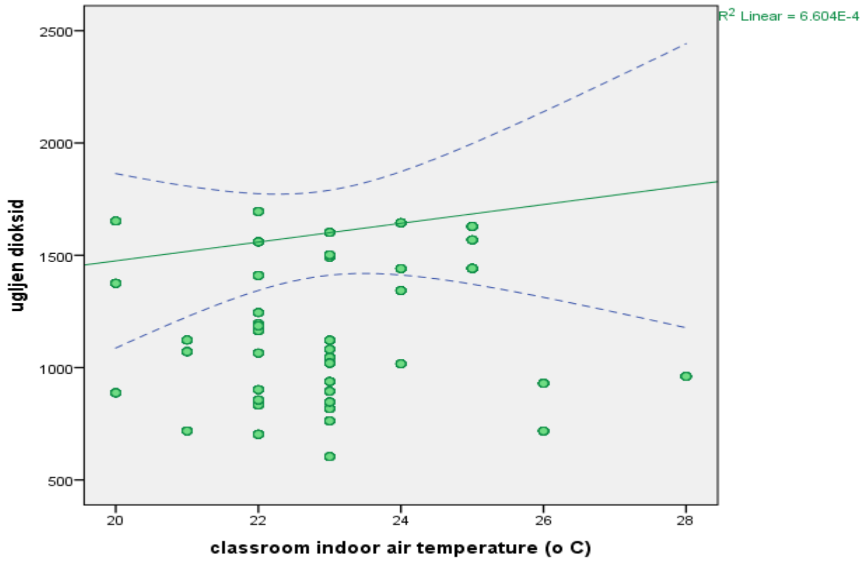
*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Графикон 36. Корелација IAQ PM_{10} у односу на IAQ концентрацију CO_2



Успостављена је повезаност између повишених вредности CO_2, измерених у току наставе и концентрација CO, као и високог процента релативне влажности ваздуха у учионици, и високе концентрације IAQ PM_{10} (Пирсонова корелација). Услед истовремене пренатрпаности простора и повећане активности деце у том простору, честа је појава ресуспензије честица, као и услед одређених начина чишћења простора. Виша температура ваздуха у учионици корелира са вишим вредностима CO_2.

Графикон 37. Корелација IAQ вредности температуре ваздуха и концентрације CO_2



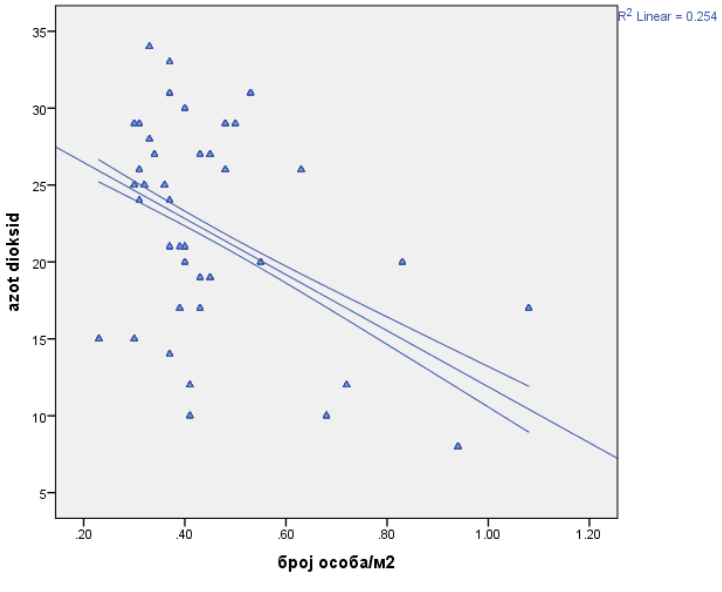
4.2.4. Повезаност активних и пасивних карактеристика учионице у укупном узорку

Повезаност активних и пасивних карактеристика учионице – заузетост простора учионице, врста пода и зида и кречење/одржавање учионице, приказана је у прилогу рада.

Повезаност наведених активних и пасивних карактеристика учионица, са аспекта начина чишћења учионица, приказана је табеларно у прилогу 2 рада, а у наставку графички и текстуално (корелације у табели 1,2 и 3 за IAQ и табели 4, 5 за OAQ).

Вредности **IAQ NO_2 >40 µg/m^3** су у статистички значајној корелацији са: окренутошћу учионице ка улици, бројем ученика у учионици преко 20, доступним простором од >2 m^2/особи, врстом пода у учионици (пластичним подлогама), зидовима окреченим водоотпорном бојом, тапетама или комбинацијом дрвета и тапета, односно обнављањем боје и облога зидова у последње 1–2 године, учионицама у којима се редовно отварају прозори (корелације у табели 1 за IAQ и табели 4 и 5 за OAQ).

Графикон 38. Корелација вредности IAQ NO_2 и броја ученика/m^2

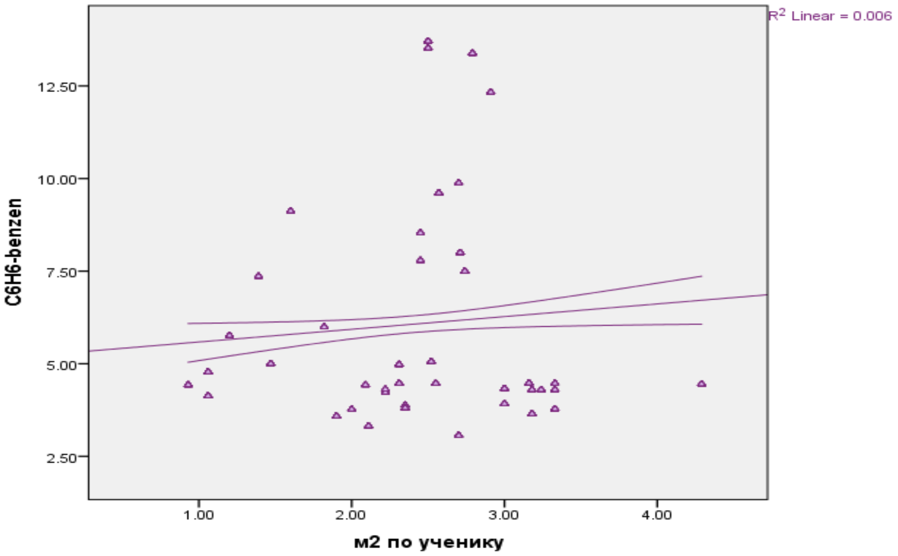


Анализом повезаности **IAQ** концентрација **NO_2** и **начина чишћења учионице**, закључено је да су више вредности **NO_2** у корелацији са: добом дана када се врши чишћење учионица (вече и ноћ); учесталошћу чишћења (једном дневно или једном недељно); начином чишћења, као и са старошћу намештаја испод пет година. У смислу метода чишћења и утицаја на концентрације овог полутанта, више вредности **NO_2**

повезују се са употребом усисивача и мопа, комбиновано са хемијским средствима којима се чисти. Исти је закључак за вредности **NO_2 > 40 μg/m^3**.

Бензен. Анализом повезаности активних и пасивних карактеристика учионица – начин чишћења закључено је да су више вредности **бензена** у корелацији са добом дана када се чисти – вече и ноћ, учесталости чишћења – више пута дневно, начином чишћења – више вредности су везане за усисавање, комбинацијом са хемијским средством којим се чисти. Исти је закључак и за вредности **бензена изнад 5 μg/m^3**. **IAQ концентрација бензена** преко **5 μg/m^3** у учионици у статистички су значајној корелацији са окренутошћу учионице ка улици, бројем ученика у учионици преко 20, зидовима окреченим водоотпорном бојом у последњих годину дана, неотварањем прозора ради проветравања, као и режим проветравањем зими.

Графикон 39. Корелација концентрације бензена са простором доступним по ученику (m^2/ученику)



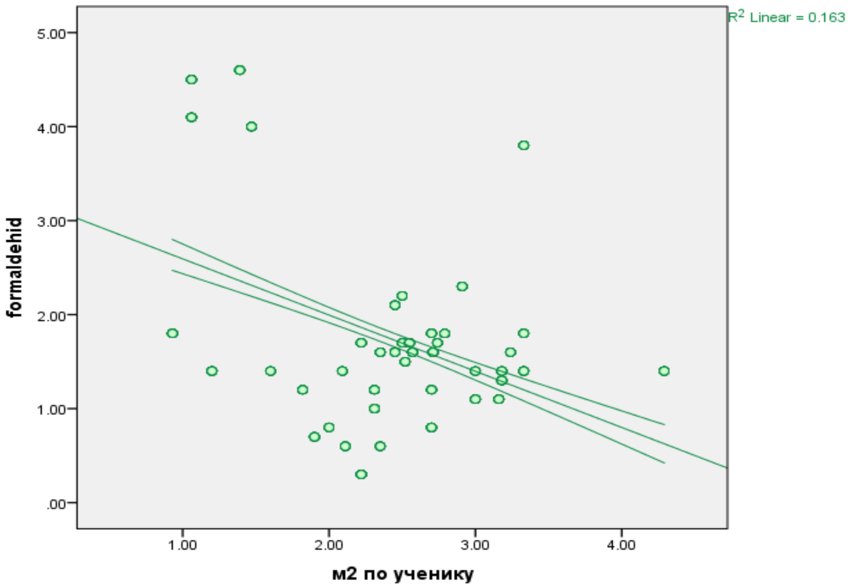
Толуен. Анализом повезаности активних и пасивних карактеристика учионица са начином чишћења, закључено је да су више вредности **толуена** у корелацији са делом дана када се чисти (ујутру), учесталошћу чишћења (више пута дневно), начином чишћења (чишћење мопом), комбинацијом са хемијским средствима и мопом, као и са режим чишћењем. Више вредности **IAQ концентрација толуена** су у статистички значајној корелацији са окренутошћу учионице ка дворишту, бројем ученика у учионици < 20, мањим бројем особа по m^2, подним облогама у учионици (пластичним, као и оним прекривених тепихом/итисоном), зидовима окреченим водоотпорном бојом, тапетама или комбинацијом дрвета и тапета, учионицама у којима се отварају прозори.

Етил-бензен. Концентрације етил-бензена у корелацији су са учесталошћу чишћења (једном дневно или недељно), начином чишћења – више вредности су повезане за чишћење мопом и усисавањем, као и са ређим чишћењем, комбинацијом са хемијским средствима и мопом, као и са старошћу намештаја преко пет година. Више вредности **IAQ концентрација етил-бензена** су у статистички значајној корелацији са окренутошћу учионице ка улици, бројем ученика у учионици < 20, мањим бројем особа по m^2 простора, врстом пода у учионици (пластичним, као и оним прекривених тепихом/итисоном), зидовима окреченим водоотпорном бојом, тапетама или комбинацијом дрвета и тапета, односно обнављањем зидних облога у последње 1–2 године, учионицама са клима уређајем, као и чешћим проветравањем простора зими.

Ксилен. Концентрације ксилена у корелацији су са чишћењем ујутру, начином чишћења – више вредности су повезане за чишћење мопом и усисавањем, као и комбинацијом са хемијским средствима и мопом, али не и са старошћу намештаја. Више вредности **IAQ концентрација ксилена** у учионици су у статистички значајној корелацији са мањим бројем особа по m^2 простора, врстом пода у учионици (пластичним, као и оним прекривених тепихом/итисоном), зидовима окреченим водонеотпорном бојом, или комбинацијом дрвета и тапета, односно обнављањем боје и облога зидова у последње 1–2 године.

Формалдехид. Анализом повезаности активних и пасивних карактеристика учионица – начин чишћења закључено је да су више вредности **формалдехида** у корелацији са периодом дана када се чисти (вече и ноћ), учесталошћу чишћења (једном дневно или једном недељно), начином чишћења – више вредности су везане за усисавање, комбинацијом са хемијским средством којим се чисти, као и са старошћу намештаја испод пет година (табела 3 из прилога 2). Исти је закључак и за вредности **формалдехида изнад 100 µg/m^3.** Више вредности **IAQ концентрација формалдехида** у учионици су у статистички значајној корелацији са бројем ученика у учионици преко 20, већим бројем особа по m^2 простора, зидовима окреченим водонеотпорном/водоотпорном бојом, или комбинацијом дрвета и тапета, односно обнављањем боје и облога зидова у последње 1–2 године, учионицама које имају клима уређај, отварањем прозора, као и чешћим луфтирањем зими (графикон 40). Вредности **IAQ формалдехида преко 100 µg/m^3** у корелацији су са учионицама окренутим улици, са бројем деце изнад 20, мање од 2 m^2 по детету, зидовима кречених пре 1–2 године, зидовима окреченим водонеотпорном/водоотпорном бојом, или комбинацијом дрвета и тапета, постојањем клима уређаја у учионици, отварањем прозора и проветравањем простора зими.

Графикон 40. Корелација концентрације IAQ формалдехида са простором доступним по ученику (m^2/ученику)

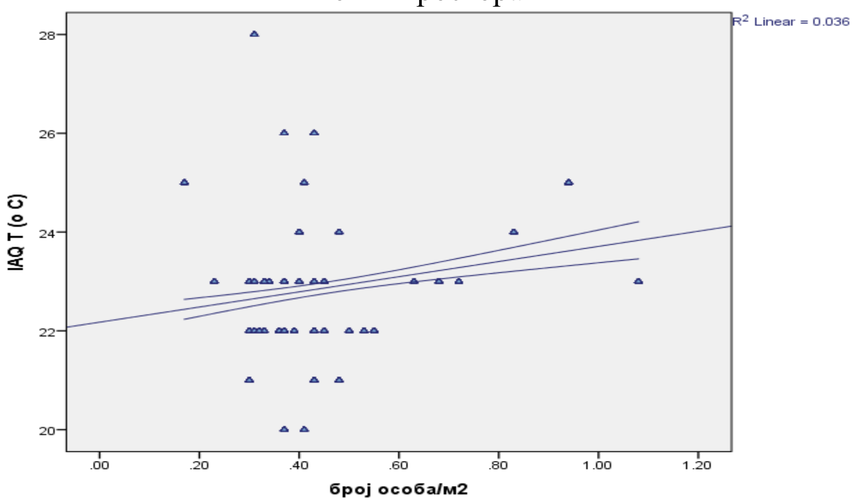


CO_2 (угљен-диоксид). Анализом повезаности активних и пасивних карактеристика учионица, пре свега, начина чишћења, закључено је да су више вредности **CO_2** у корелацији са периодом дана када се чисти (вече и ноћ), учесталошћу чишћења (1 до 2 пута дневно), начином чишћења – више вредности су повезане са чишћењем метлом (сувим чишћењем), као и са старошћу намештаја изнад пет година. Исти је закључак и за вредности **CO_2 изнад 1000 ppm.** Више вредности **IAQ концентрација CO_2** у учионици у статистички су значајној корелацији са окренутошћу учионице ка улици, са већим бројем ученика по m^2, односно <2 m^2 расположивог простора по особи, затим са врстом пода у учионици (пластичним подлогама, као и подлогама прекривених тепихом/итисоном), зидовима окреченим водоотпорном бојом, тапетама или комбинацијом дрвета и тапета, отварањем прозора, као и чешћим луфтирањем зими.

Вредности **IAQ концентрација CO_2 изнад 1000 ppm** у статистички су значајној корелацији са окренутошћу учионице ка улици, са већим бројем ученика по m^2, односно <2 m^2 расположивог простора по особи, затим са врстом пода у учионици (пластичним, као и подлогама прекривених тепихом/итисоном), зидовима окреченим водоотпорном бојом, тапетама или комбинацијом дрвета и тапета, односно обнављањем боје и облога зидова у последње две и више година, учионицама које имају клима уређај, отварањем прозора, као и чешћим луфтирањем зими.

CO (угљен-моноксид). Концентрација CO је у корелацији са периодом дана када се чисти (вече и ноћ), учесталошћу чишћења (једном дневно), начином чишћења – више вредности су везане за чишћење усисивачем, без мопа и варикине, сувим чишћењем. Вредности **IAQ концентрација CO** у статистички су значајној корелацији са окренутошћу учионице ка улици, бројем ученика у учионици већим од 20, ≥ 2 m^2/по особи, затим са врстом пода у учионици (пластичним, као и подлогама прекривених тепихом/итисоном), зидовима окреченим водоотпорном бојом, тапетама или комбинацијом дрвета и тапета, кречењем у последњих годину дана, неотварањем прозора, као и чешћим луфтирањем зими.

Графикон 41. Корелација вредности температуре ваздуха у учионици и број ученика по m^2 простора



IAQ температура и релативна влажност ваздуха је у корелацији са бројем деце, m^2 расположивог простора по ученику, врстом подних облога учионице, кречењем зидова водоотпорном бојом, зидним облогама од дрвета и тапетама.

***Ventilation rate,* VR (динамика проветравања простора).** Више вредности VR у учионици су у статистички значајној корелацији са периодом дана када се чисти (вече и ноћ), учесталошћу чишћења (једном дневно или једном недељно), начином чишћења – више вредности су везане за усисивач, моп, као и са старошћу намештаја испод пет година.

Корелација концентрације полутаната из амбијенталног ваздуха са особинама учионице

У табелама 4 и 5 у Прилогу дате су корелације **OAQ** .Више вредности **OAQ NO_2** су у статистички значајној корелацији са: окренутошћу учионице ка улици, доступним простором од >2 m^2/особи, врстом пода у учионици (пластичним подлогама), зидовима окреченим беломи водоотпорном бојом, а ниже вредности **NO_2** су у корелацији са тапетама или комбинацијом дрвета и тапета, односно обнављањем боје и облога зидова у последње 1–2 године, учионицама у којима се редовно отварају прозори зими, са чишћењем .

Више концентрације **бензена** из амбијенталног ваздуха је у корелацији са већим бројем деце-преко 20 ученика, мањим вредностима m^2 расположивог простора по ученику, подним облогама учионица, кречењем зидова водоотпорном бојом, зидним облогама од дрвета и тапетама, док су више концентрације **толуена** из амбијенталног ваздуха је у корелацији са окренутошћу од улице, мањим бројем деце (испод 20), већим вредностима m^2 расположивог простора по ученику, подним облогама учионица, кречењем зидова водоотпорном бојом, зидним облогама од дрвета и тапетама, и чишћењем једном дневно ,усисавањем,односно употребом хемијских средстава при чишћењу.

Већа концентрација **етил-бензена** из амбијенталног ваздуха је у корелацији са окренутошћу ка улици , као и са бројем деце изнад 20, расположивим простора изнад 2 м по ученику, са подним облогама учионице, али онима који немају дрво или пластику,односно покривени су са тепихом преко бетонског пода – када вредност етил бензина расте. У обрнутој је корелацији са кречењем зидова полудисперзивном бојом, зидним облогама од дрвета и тапетама.Расту концентрације у учионицама креченим водоотпорном бојом ,као и код чишћења 2-3 пута дневно , односно употребом хемијских средстава при чишћењу.

. Већа концентрација **ксилена** из амбијенталног ваздуха је у корелацији са окренутошћу ка дворишту , као и са бројем деце изнад 20, расположивим простора изнад 2 м по ученику, са подним облогама учионице, -односно покривени су са тепихом преко бетонског пода – када вредност ксилена расте. У обрнутој је корелацији са кречењем зидова полудисперзивном бојом, зидним облогама од дрвета и тапетама а концентрације расту концентрације у учионицама креченим водоотпорном бојом. Расту концентрације код сувог чишћења , односно код влажног - употребом хемијских средстава при чишћењу.

Већа концентрација **формалдехида** из амбијенталног ваздуха је у корелацији са бројем деце изнад 20, мање расположивог простора по ученику, али не са подним облогама учионице, осим са тепихом преко бетонског пода – када вредност формалдехида расте. У обрнутој је корелацији са кречењем зидова водоотпорном бојом, зидним облогама од дрвета и тапетама. Расту концентрације код сувог чишћења , односно код нелуфтирања зими, и намештаја испод 5 година старости.

OAQ Концентрације CO_2 и CO су у корелацији са бројем деце, то јест m^2/ученику. Такође су у корелацији са подном облогом учионице. У корелацији су са кречењем зидова водоотпорном бојом када вредност CO_2 опада, а вредност CO расте, тапетама када и CO_2 и CO расту. CO је у корелацији са облогама од дрвета и тада расте вредност CO.

Температура и релативна влажност амбијенталног ваздуха испред учионице су у корелацији са бројем деце, m^2 по ученику, облогом подова учионице, кречењем зидова водоотпорном бојом, облогама од дрвета и тапетама,нелуфтирањем учионица и са намештајем испод 5 година старости.

OAQ PM_{10} (интервална дистрибуција) је у корелацији са окренутошћу учионице ка улици, као и са већим бројем деце, мање m^2 по ученику, али није са подним облогама учионице. **OAQ PM_{10}** је у директној корелацији са кречењем зидова водоотпорном бојом, зидним облогама од дрвета и тапетама.

Концентрација вредности **OAQ PM_{10}** је у корелацији са окренутошћу учионице ка улици, као и са већим бројем деце, мање m^2 по ученику, као и са облогом подова учионице, кречењем зидова водоотпорном бојом, облогама од дрвета и тапетама,код нелуфтирања зими (због буке),као и код влажног чишћења учионица и кодстарости амештаја од 5-6 година.

4.2.4.1. Корелација концентрације IAQ PM_{10}, PM_{10} I/O ratio, CO_2 и пасивних карактеристика учионице

Однос концентрација полутанта измерених унутар датог простора и ван њега (амбијентални ваздух), представља показатељ значајности извора загађења, лоцираног унутар датог простора. Овај однос може варирати у зависности од тог извора и концентрације истог полутанта у амбијенталном ваздуху испред учионице (табела 26). Полутанти могу мигрирати из спољашњег у унутрашњи простор, па извори загађења ваздуха лоцирани у спољашњем амбијенту (стационарни, мобилни) могу значајно повећати вредност самог полутанта унутар саме просторије.

Табела 37. Повезаност IAQ PM_{10}, PM_{10} I/O ratio и пасивних карактеристика учионице/1

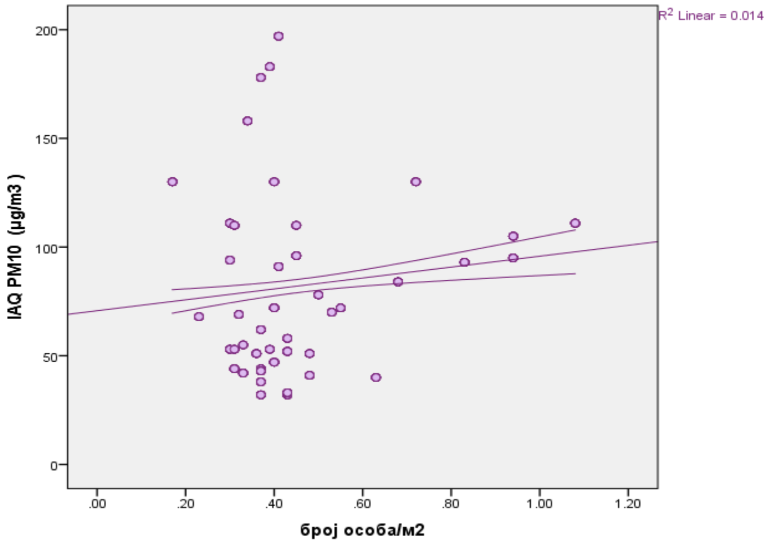
PM_{10} IAQ		**Улица, двориш-те**	**Број присутне деце**	**Број особа /m^2**	**m^2/ особи**	**Под**	**Зидне облоге**	**Обнова боје/ кречење**	**Клима уређај**	**Отвара-ње прозора ДА/НЕ**	**Отвара-ње прозора зими**
PM_{10} $\mu g/m^3$	R	0,047	0,146	0,101	-0,203	-0,108	0,229	0,135	-0,130	-0,359	0,294
	sig.	0,203	0,000	0,006	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	735	735	735	627	694	677	670	735	704	709
> 50 $\mu g/m^3$	R	-0,007	**0,281**	**0,090**	**-0,191**	**-0,145**	**0,226**	**0,225**	-0,026	**-0,132**	**0,269**
	sig.	0.843	**0,000*** **	**0.015***	**0,000*** **	**0,000*** **	**0,00*** **	**0,000*** **	**0.478**	**0,000*** **	**0,000*** **
	N	735	**735**	**735**	**627**	**694**	**677**	**670**	735	**704**	**709**
I/O ratio	R	**-0,147**	**-0,188**	**-0,143**	0,026	**-0,353**	**-0,312**	**0,150**	-0,005	**0,282**	0,054
	sig.	**0,000*****	**0,000*****	**0,000*****	0,511	**0,000*****	**0,00*****	**0,000*****	0,897	**0,000*****	0,147
	N	**735**	**735**	**735**	627	**694**	**677**	**670**	735	**704**	709
I/O ratio интерв.	R	**-0,106**	**-0,148**	**-0,122**	0,023	**-0,206**	-0,022	**0,199**	-0,008	**0,191**	0,071
	sig.	**0,004**	**0,000*****	**0,001****	0,568	**0,000** ***	0,563	**0,000** ***	0,821	**0.000*****	0,060
	N	**735**	**735**	**735**	627	**694**	677	**670**	735	**704**	709

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Више вредности **IAQ концентрација PM_{10}** су у статистички значајној корелацији са већим бројем ученика присутних у учионици, већим бројем особа по m^2, односно < 2 m^2/по особи, затим са врстом пода у учионици (пластичним подлогама, као и подлогама прекривених тепихом/итисоном), зидовима окреченим водоотпорном бојом, тапетама или комбинацијом дрвета и тапета, односно обнављањем боје и облога зидова у последње две и више година, учионицама без клима уређаја, са отварањем прозора, као и чешћим луфтирањем зими.

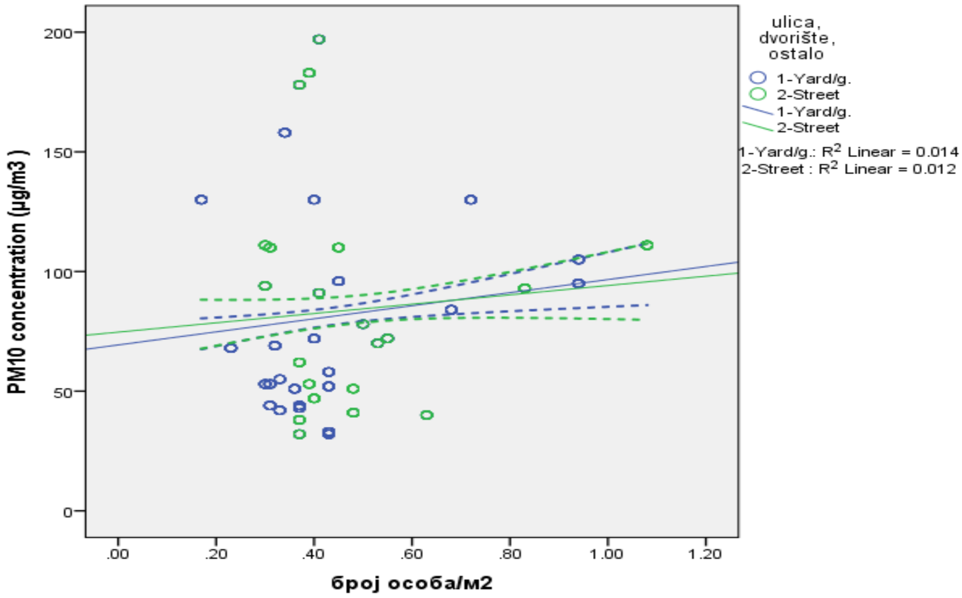
Вредности **IAQ концентрација PM_{10} преко 50 $\mu g/m^3$** су у статистички значајној корелацији са већим бројем ученика/m^2, односно < 2 m^2/по особи, затим са врстом пода у учионици (пластичним подлогама, као и подлогама прекривених тепихом/итисоном), зидовима окреченим водоотпорном бојом, тапетама или комбинацијом дрвета и тапета, односно обнављањем боје и облога зидова у последње две и више година, отварањем прозора, као и чешћим луфтирањем зими.

Графикон 42. Корелација вредности IAQ PM_{10} и број ученика по m^2



Више вредности **PM_{10} I/O ratio (односа концентрација PM_{10} IAQ/OAQ)** су у статистички значајној корелацији са окренутошћу учионице ка дворишту, мањим бројем ученика (< 20) у учионици, мањим бројем особа по m^2, затим, са врстом подних облога у учионици (дрвени/пластични), зидовима окреченим водоотпорном бојом, тапетама, односно обнављањем боје и облога зидова у последње две и више година, неотварањем прозора.

Графикон 43. Корелација IAQ PM_{10} и број ученика/m^2 у односу на окренутост учионице



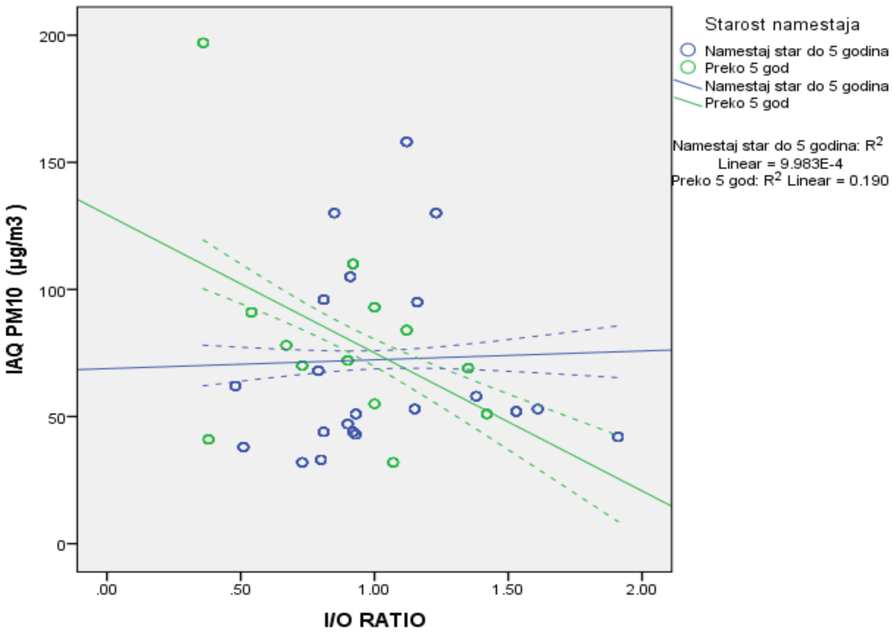
Исти су закључци и када се анализира корелација између пасивних карактеристика учионице и интервалне дистрибуције вредности **PM_{10} I/O ratio.** Вредности **изнад 1,0** су у статистички значајној корелацији са окренутошћу учионице ка дворишту, мањим бројем ученика (< 20) у учионици, мањим бројем особа по m^2, затим, са врстом подних облога у учионици (дрвени/пластични), зидовима окреченим водоотпорном бојом, односно обнављањем боје и облога зидова у последње две и више година, неотварањем прозора.

Табела 38. Повезаност IAQ PM_{10} и PM_{10} I/O ratio са пасивним карактеристикама учионица/2

PM_{10} IAQ		**Чишћење доба дана**	**Учесталост чишћења**	**Усиси-вач**	**Метла**	**Моп**	**Моп/ варикина**	**Чиш-ћење**	**Чишће-ње врста**	**Старост намештаја**
PM_{10} $\mu g/m^3$	R	**,229****	**-0,084***	-0,031	**,092***	,036	**,259****	-0,004	**,156****	**,132****
	sig.	**,000**	**,029**	,406	**,013**	,331	**,000**	,916	**,000**	**,001**
	N	735	672	735	735	735	735	568	568	605
> 50 $\mu g/m^3$	R	**,074***	,016	**-0,099****	**,292****	-0,042	**,100****	**-,118****	,002	**,186****
	sig.	**,044**	,671	**,007**	**,000**	254	**,006**	**,005**	,971	**,000**
	N	735	672	735	735	735	735	568	568	605
I/O ratio	R	**,224****	**,087***	**-,188****	,051	,000	**,144****	-0,080	**,148****	**-,156****
	sig.	**,000**	**,024**	**,000**	,165	,990	**,000**	,055	**,000**	**,000**
	N	735	672	735	735	735	735	568	568	605
I/O ratio интерв.	R	**,193****	,036	**-0,095****	,025	**-0,074***	**,232****	**-0,086***	**,093***	,012
	sig.	**,000**	,356	**,010**	,493	**,046**	**,000**	**,041**	**,027**	,777
	N	735	672	735	735	735	735	568	568	605

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Графикон 44. Корелација вредности IAQ PM_{10} и PM_{10} I/O ratio у односу на старост намештаја



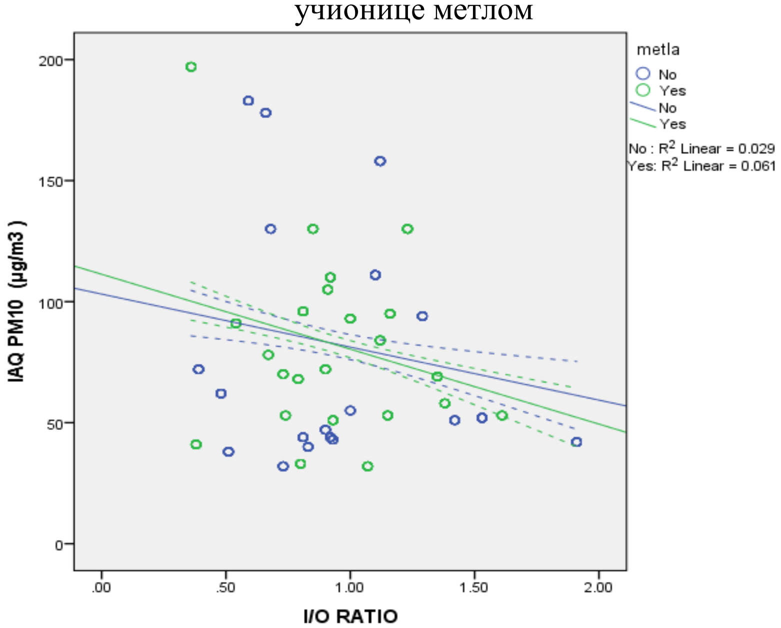
Више вредности **IAQ PM$_{10}$** су у статистички значајној корелацији са периодом дана када се чисти (вече и ноћ), учесталошћу чишћења (1–2 пута дневно), начином чишћења – више вредности су везане за чишћење метлом, мопом и комбинованим чишћењем, као и са старошћу намештаја изнад пет година.

Концентрације **IAQ PM$_{10}$ > 50 μg/m^3** су у статистички значајној корелацији са периодом дана када се чисти (вече и ноћ), учесталости чишћења (1 пут дневно до 1 пут недељно), начином чишћења – више вредности су везане за чишћење метлом, чишћењем варикином, као и са старошћу намештаја изнад пет година.

Више вредности **PM$_{10}$ I/O ratio (односа IAQ /OAQ PM$_{10}$)** су у статистички значајној корелацији са периодом дана када се чисти (вече и ноћ), учесталошћу чишћења (1 пут дневно до 1 пут недељно), начином чишћења – више вредности су везане за чишћење без усисивача, чишћењем варикином, односно комбинованим чишћењем, као и са старошћу намештаја испод пет година.

Више вредности **PM$_{10}$ I/O ratio (односа IAQ/OAQ PM$_{10}$) > 1,0** су у статистички значајној корелацији са периодом када се чисти (вече и ноћ), учесталошћу чишћења (1 пут дневно до 1 пут недељно), начином чишћења – више вредности су везане за чишћење без усисивача, чишћење варикином, односно за комбиновано чишћење.

Графикон 45. Корелација вредности IAQ PM$_{10}$ и PM$_{10}$ I/O ratio у односу на чишћење учионице метлом

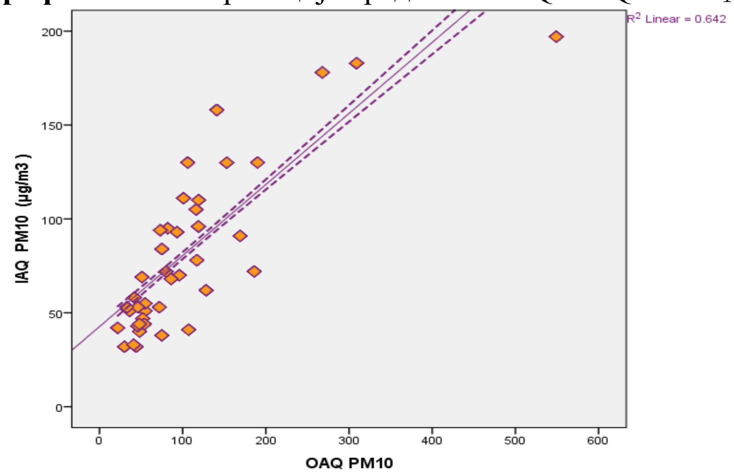


4.2.4.2. Повезаност IAQ и OAQ концентрација полутаната у укупном узорку и у односу на локацију школе

Испитивање корелације концентрација полутаната у ваздуху учионица у односу на њихове концентрације у амбијенталном ваздуху испред учионице анализирано је у укупном узорку, свих школа заједно, као и у односу на локацију школе.

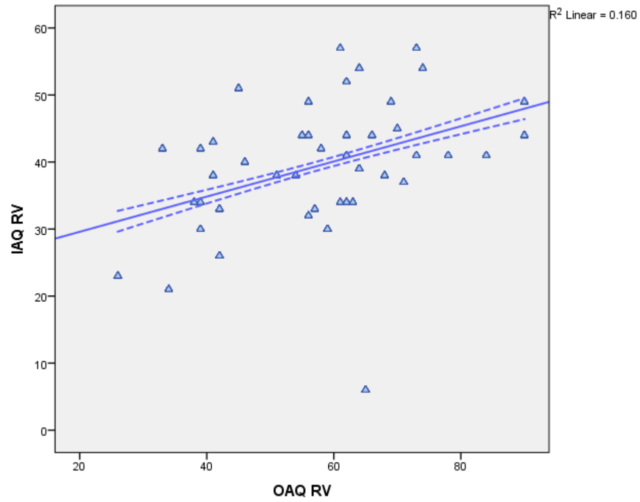
Корелација IAQ и OAQ полутаната укупно приказана је у табели у прилогу 2 (табела 1). У графикону 46 дата је корелација IAQ у односу на OAQ за најдоминантнији полутант, PM_{10}.

Графикон 46. Корелација вредности IAQ/OAQ за PM_{10}



Доказана је висока сигнификантност између измерених вредности за IAQ и измерених вредности за OAQ за сваки дати полутант: NO_2 ($p<0,0001$), бензена ($p<0,0001$), етил-бензена ($p<0,0001$), и ксилена ($p<0,0001$), формалдехида ($p<0,0001$), CO_2 ($p<0,028$), CO ($p<0,0001$), као и PM_{10} ($p<0,0001$).

Графикон 47. Корелација вредности IAQ и OAQ за релативну влажност ваздуха



Корелација IAQ и OAQ полутаната (укупно) приказана је у табели која је у прилогу 2 рада. Не показује статистичку значајност између измерених вредности толуена у ваздуху у и ван учионице.

4.2.4.3. Корелација измерених вредности IAQ и OAQ параметара према локацији школе

У табели 1 у прилогу 2 приказана је корелација односа **IAQ/OAQ** као и **OAQ** концентрација укупно**, у односу на локацију школе** приказана и показује високу сигнификантност између измерених вредности за OAQ и локацију школе, за следеће полутанте:

OAQ концентрације NO_2 расту у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, док су највише концентрације овог полутанта у високозначајној корелацији са школама у строгом центру града ($R=0,631$, $p<0,0001$),

OAQ концентрације бензена опадају у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, тако да су највише вредности овог полутанта у статистички високозначајној корелацији са школама у приградским насељима ($R=-0,284$; $p<0,0001$);

OAQ концентрације толуена расту у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, са највишим вредностима овог полутанта у статистички значајној корелацији са школама у строгом центру ($R=0,182$; $p<0,0001$);

OAQ концентрације етил-бензена ($R=0,496$, $p<0,0001$) **и ксилена** ($R=0,188$; $p<0,0001$) расту у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, са највишим вредностима овог полутанта у статистички значајној корелацији са школама у строгом центру града;

OAQ концентрације формалдехида опадају у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, тако да су највише вредности овог полутанта у статистички високозначајној корелацији са школама у приградским насељима ($R=-0,505$; $p<0,0001$);

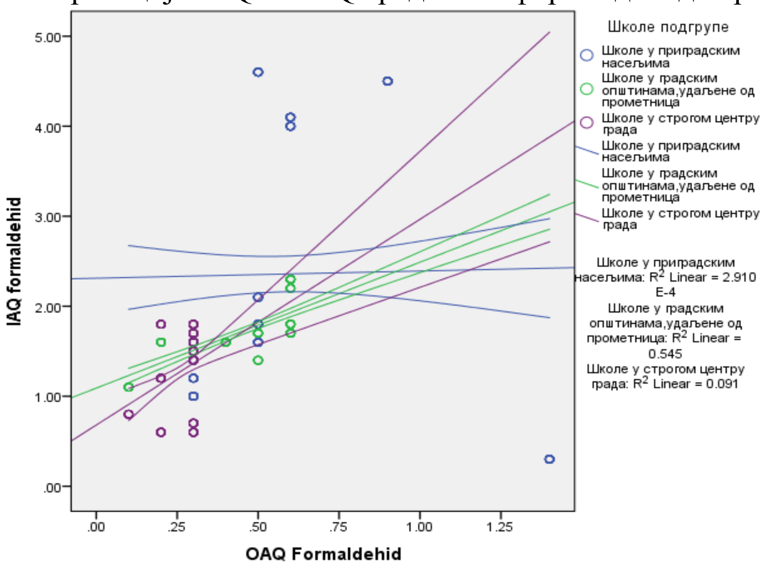
OAQ концентрације CO_2 ($R=0,090$; $p<0,019$) су у корелацији са локацијом школе;

OAQ концентрације CO ($R=-0,87$; $p<0,019$), као и релативна влажност амбијенталног ваздуха ($R=-0,080$; $p<0,030$) расту у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, са највишим вредностима овог полутанта у статистички значајној корелацији са школама у приградским насељима;

OAQ концентрације PM_{10} ($R=-0,352$; $p<0,0001$) расту у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, где су највише вредности овог полутанта у високозначајној корелацији са школама у високозначајној корелацији са школама у приградским насељима.

Даље у приказу резултата у прилогу рада у Табели 6 приказане су корелације IAQ/OAQ према локацији школе . Доказана је статистички значајна корелација међу **IAQ/OAQ** параметрима у школама у **приградским насељима** и то за: NO_2 ($p \leq 0{,}0001$), толуен ($p \leq 0{,}0001$), етил-бензен ($p \leq 0{,}0001$), ксилен ($p \leq 0{,}0001$), CO_2 ($p \leq 0{,}0001$), температуру ваздуха учионице ($p \leq 0{,}0001$), релативну влажност ваздуха.

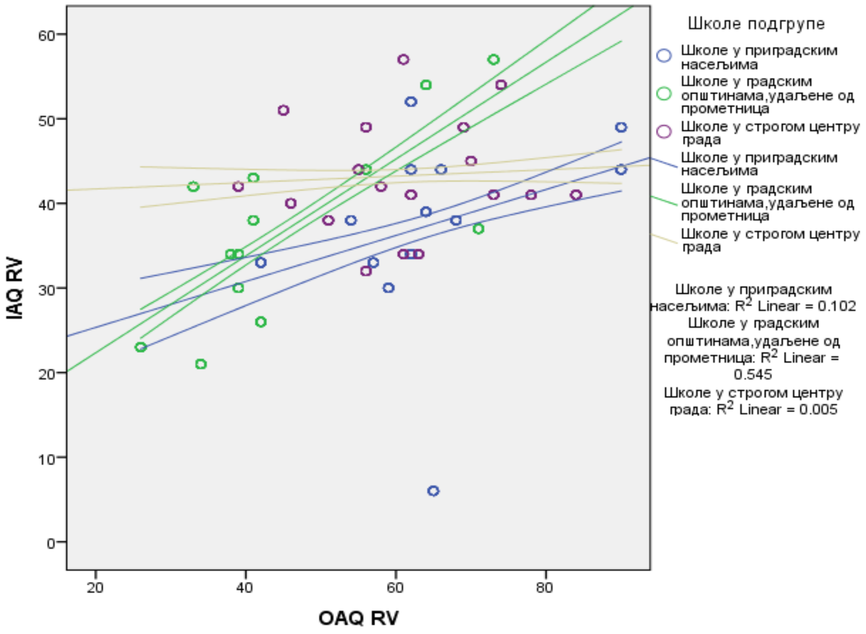
Графикон 48. Корелација IAQ и OAQ вредности формалдехида према локацији



Доказана је статистички значајна корелација међу IAQ/OAQ вредности параметара у школама у **широј градској зони**, и то за: NO_2 ($p \leq 0{,}0001$), формалдехид ($p \leq 0{,}0001$), етил-бензен ($p \leq 0{,}0001$), ксилен ($p \leq 0{,}0001$), CO_2 ($p \leq 0{,}0001$), CO ($p \leq 0{,}0001$), температуру ваздуха учионице ($p \leq 0{,}0001$), релативну влажност ваздуха, као и PM_{10} ($p \leq 0{,}0001$), док за толуен није било значајније корелације између IAQ/OAQ вредности, већ је запажена обрнута корелација.

Доказана је статистички значајна корелација међу IAQ/OAQ вредности параметара у школама у **строгом центру града,** и то за: NO_2 ($p \leq 0{,}0001$), формалдехид ($p \leq 0{,}0001$), етил-бензен ($p \leq 0{,}0001$), ксилен ($p \leq 0{,}0001$), CO_2 ($p \leq 0{,}0001$), CO ($p \leq 0{,}0001$), температуру ваздуха учионице ($p \leq 0{,}0001$), релативну влажност ваздуха, као и PM_{10} ($p \leq 0{,}0001$), док за толуен није било значајније корелације између IAQ/OAQ вредности, већ је запажена обрнута корелација.

Графикон 49. Корелација IAQ и OAQ вредности PB ваздуха према локацији



4.2.4.4. Корелација измерених вредности IAQ и OAQ параметара у свакој појединачној школи

У прилогу рада у Табели 7 приказане су корелације IAQ/OAQ према свакој школи појединачно. Доказана је статистички значајна корелација међу IAQ/OAQ вредностима за NO_2 у свим школама ($p \leq 0,0001$). Такође је доказана статистички значајна корелација међу IAQ/OAQ вредностима за бензен у свим школама ($p \leq 0,0001$). Изузев у ОШ „Аца Милосављевић" где није доказана корелација међу вредностима IAQ/OAQ за толуен, корелација је доказана у свим осталим школама ($p \leq 0,0001$).

Изузев у ОШ „Коста Абрашевић" и ОШ „Скадарлија" где није доказана корелација међу вредностима за IAQ и OAQ за **етил-бензен**, корелација је доказана у свих осталих осам школа ($p \leq 0,010$–$0,0001$).

Осим у ОШ „Аца Милосављевић" и ОШ „Скадарлија", где није доказана корелација међу вредностима за IAQ и OAQ за **толуен**, иста је доказана у свим осталим школама ($p \leq 0,0001$). За **формалдехид**, корелација није доказана само у ОШ „Иван Горан Ковачић". У случају CO_2, у три школе није нотирана статистички значајна корелација између вредности измерених у ваздуху унутар и ван учионице, и то: „Никола Тесла", „Радојка Лакић" и „Иван Гундулић".

Доказана је статистички значајна корелација међу вредностима за IAQ и OAQ за CO, у свим школама у којима је вршен мониторинг ($p \leq 0{,}0001$).

Корелација односа IAQ и OAQ вредности није доказана у случају ОШ „Аца Милосављевић” за температуру ваздуха и релативну влажност ваздуха. За овај параметар корелација није доказана ни у ОШ „Скадарлија”, док је однос између измерених концентрација PM_{10} IAQ и OAQ у статистички високозначајној корелацији у свим школама, осим у ОШ „Радојка Лакић”.

У ОШ „Аца Милосављевић” доказана је статистички значајна корелација у случају NO_2, бензена, етил-бензена, формалдехида, CO_2 и PM_{10}. Статистички значајна корелација између IAQ и OAQ вредности **толуена и ксилена** није доказана.

За ОШ „Коста Абрашевић” доказана је статистички значајна корелација за вредности NO_2, бензена, толуена, ксилена, формалдехида, CO_2, CO и PM_{10}. Корелација није доказана у случају етил-бензена. У школи „Никола Тесла” доказана је статистички значајна корелација за NO_2, бензен, етил-бензен, ксилен, формалдехида, CO и PM_{10}. У случају CO_2 није доказана значајнија корелација између IAQ и OAQ вредности. У школи „Иван Горан Ковачић” доказана је статистички значајна корелација између IAQ и OAQ вредности за NO_2, бензен, етил-бензен, ксилен, CO_2, CO и PM_{10}. Није доказана статистички значајна корелација између IAQ и OAQ у случају формалдехида.

У школи „Скадарлија” доказана је статистички значајна корелација између IAQ и OAQ вредности за NO_2, бензен, формалдехид, CO_2 и PM_{10}. Није доказана статистички значајна корелација између IAQ и OAQ у случају етил-бензена и ксилена.

У ОШ „Стеван Сремац” доказана је статистички значајна корелација у случају свих полутаната мерених у истраживању између вредности концентрација у ваздуху унутар учионице и у амбијенталном ваздуху непосредно испред ње: NO_2, бензен, етил-бензен, формалдехид, CO_2, толуен, ксилен и PM_{10}.

У школи „Дринка Павловић” доказана је статистички значајна корелација код бензена, етил-бензена, ксилена и PM_{10}. У случају NO_2, CO_2 није доказана значајнија корелација између IAQ и OAQ измерених вредности.

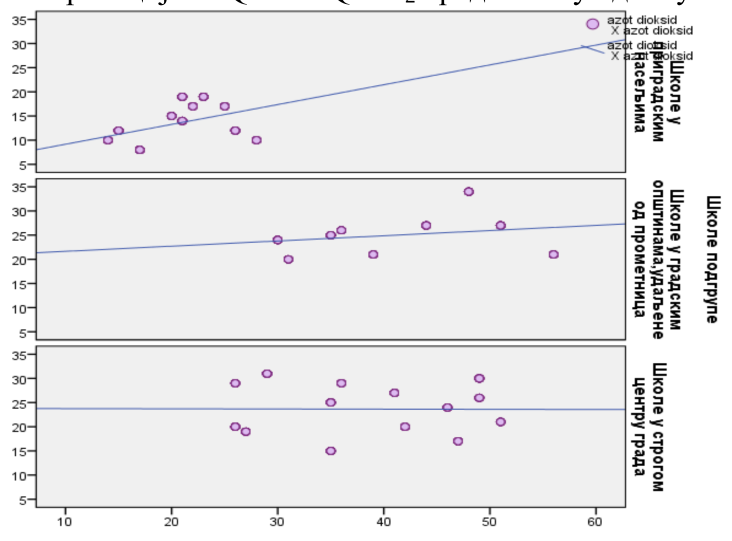
У школи „Петар Петровић Његош” доказана је статистички значајна корелација код NO_2, бензена, етил-бензена, толуена, ксилена, формалдехида, CO_2, CO и PM_{10}. Заправо, нема полутаната код којих није доказана значајнија корелација између IAQ и OAQ измерених вредности.

У школи „Радојка Лакић” доказана је статистички значајна корелација између IAQ и OAQ измерених вредности за CO, док код CO_2 и PM_{10} овај однос не поседује статистички значајну повезаност.

У школи „Иван Гундулић” доказана је статистички значајна корелација између IAQ и OAQ измерених вредности за NO_2, бензен, етил-бензен, ксилен, формалдехид и PM_{10}, док код CO_2 овај однос не поседује статистички значајну повезаност.

Корелација односа висине концентрације IAQ / OAQ полутаната (укупно) и група формираних према локацији школе, приказана је у табели 6 као и у табели 7 у прилогу рада број 2 показује високу сигнификантност између измерених вредности за IAQ / OAQ и локација као и у односу на сваку школу појединачно осим код школе Радојка Лакић.

Графикон 50. Корелација IAQ и OAQ NO_2 вредности у односу на локацију школе



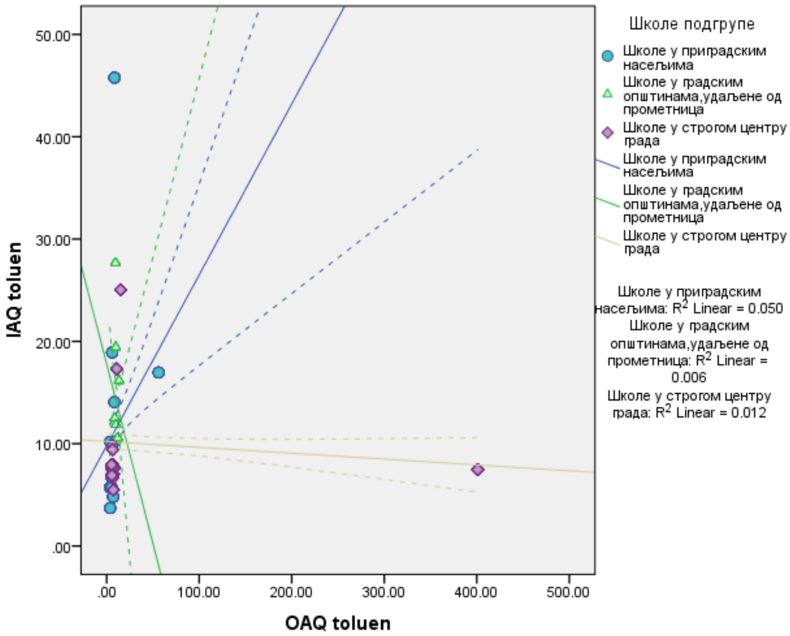
Локацију школе чине три подгрупе и то школе у приградским насељима (N=244), школе у градским насељима (N=220), школе у строгом центру (N=271). На графиконима су приказане корелације IAQ и OAQ полутаната у односу на локацију школе за NO_2 и за формалдехид (прилог 2 табела 6).

Корелација IAQ полутаната укупно у односу на тип локације школе приказана је у табели у прилогу 2 (табела 1) и показује високу сигнификантност између измерених вредности за IAQ и локацији школе, за следеће полутанте:

IAQ концентрације NO_2 расту у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима па до оних које су лоциране у строгом центру града, где су измерене и највише вредности овог полутанта. Управо ове концентрације су у високозначајној корелацији са школама у строгом центру (R=0,667, p<0,0001);

IAQ концентрације бензена опадају у односу на локацију школе, почев од школа у приградским насељима. У том смислу, највише концентрације овог полутанта су у високозначајној корелацији са школама у приградским насељима (R=-0,283, p<0,0001);

Графикон 51. Корелација IAQ и OAQ вредности толуена у односу на тип локације школе



IAQ концентрације толуена расту у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, тако да су највише вредности овог полутанта у значајној корелацији са школама у строгом центру града (R=0,078, p<0,032).

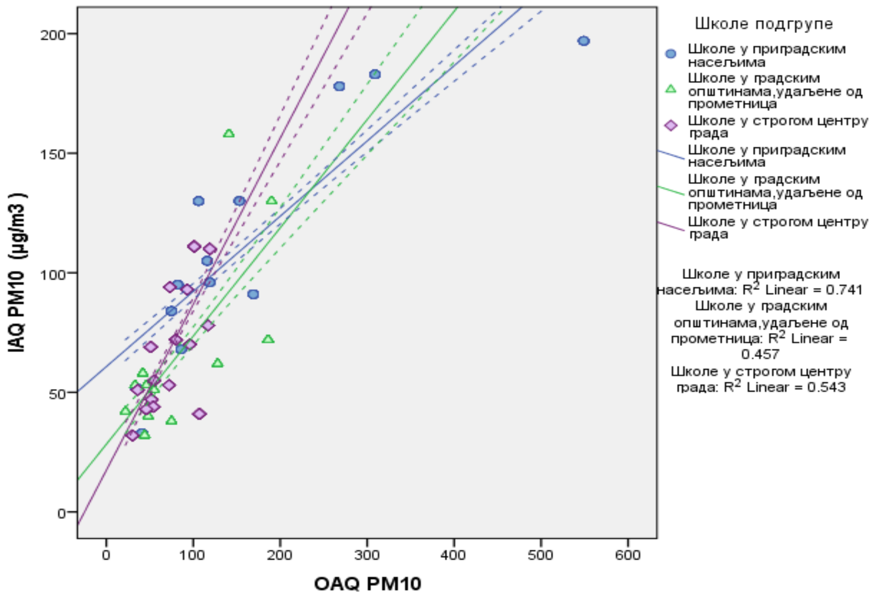
IAQ концентрације етил-бензена (R=0,509; p<0,0001), и ксилена (R=0,390; p<0,0001) расту у односу на локацију, од школа у приградским насељима, тако да су највише вредности ових полутанта у високозначајној корелацији са школама у строгом центру.

IAQ концентрације формалдехида опадају у односу на локацију школе, почев од школа у приградским насељима, у смислу да су највише вредности овог полутанта у високозначајној корелацији са локацијом школе у приградским насељу (R=-0,400; p<0,0001);

IAQ концентрације CO_2 нису у корелацији са локацијом школе;

IAQ концентрације CO (R=0,104; p<0,005), као и **релативна влажност ваздуха** (R=0,243; p<0,0001) расту у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, у смислу да су највише вредности ових полутанта у високозначајној корелацији са локацијом школе у строгом центру града.

Графикон 52. Корелација вредности PM_{10}IAQ и OAQ у у односу на тип локације школе



IAQ концентрације PM_{10} (R=-0,368, p<0,0001) расту у односу на локацију школе, почев од школа у приградским насељима, у смислу да су највише вредности ових полутанта у високозначајној корелацији са локацијом школе у строгом центру града, као и температура ваздуха у учионици (R=-0,255; p<0,0001).

4.3. РЕСПИРАТОРНИ СИМПТОМИ КОД ИСПИТИВАНИХ УЧЕНИКА ИЗ УПИТНИКА ЗА РОДИТЕЉЕ/СТАРАТЕЉЕ И КОРЕЛАЦИЈА СА ИЗМЕРЕНИМ ВРЕДНОСТИМА ПОЛУТАНАТА

Добијени резултати приказани су у табели 39: свака од анализираних сметњи показала је значајну разлику међу децом која имају респираторне сметње, у односу на децу која их немају.

Табела 39. Врста респираторних сметњи код ученика - из упитника

Респираторне сметње	**Укупно**	**Нема**		**Има**		**χ^2 тест**	**sig**
		Број	**%**	**Број**	**%**		
кашаљ икад	717	559	78,0	158	22,0	224,26	0,000***
кашаљ ујутру (јесен/зима)	716	639	89,2	77	10,8	441,12	0,000***
кашаљ дању /ноћу (јесен/зима)	719	646	89,8	73	10,2	456,64	0,000***
кашаљ непрекидно 3 месеца (јесен/зима)	711	688	96,8	23	3,2	621,97	0,000***
продуктивни кашаљ	717	648	90,4	69	9,6	467,56	0,000***
визинг икада	719	564	78,4	155	21,6	232,65	0,000***
визинг у последњих 12 месеци	716	647	90,4	69	9,6	466,59	0,000***
визинг после физичке активности	722	685	94,9	37	5,1	581,58	0,000***
суви кашаљ у последњих 12 месеци	724	622	85,9	102	14,1	373,48	0,000***
буђење због визинга последњих 12 мес.	720	676	93,9	44	6,1	554,75	0,000***
икада дијагностикована астма	719	625	86,9	94	13,1	392,15	0,000***
лечена астма у последњих 12 месеци	720	652	90,6	68	9,4	473,68	0,000***
алергија	653	501	76,7	152	23,3	186,52	0,000***
икада дијагностикована алергија	735	607	82,6	128	17,4	312,16	0,000***

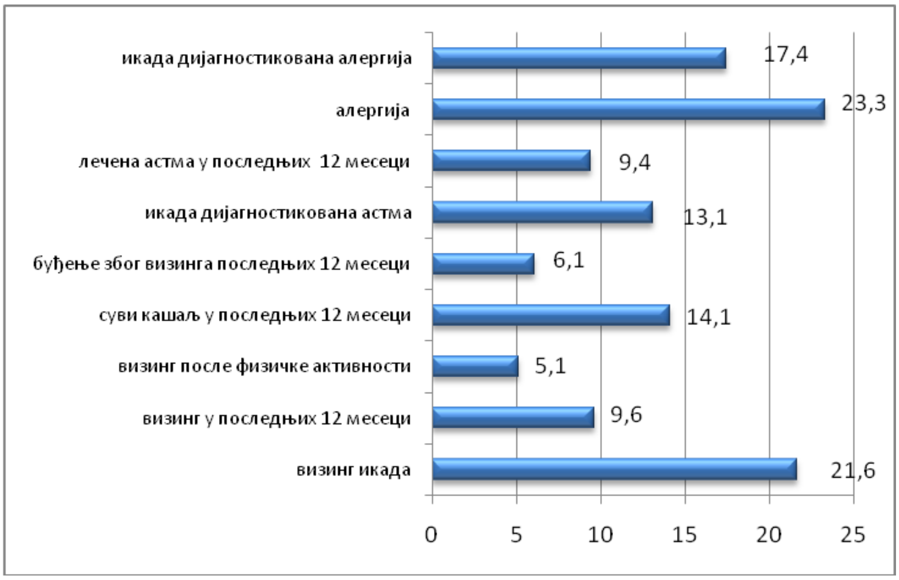
*<0,05 **<0,01 ***<0,001

„Кашаљ икада” је респираторни симптом који се најчешће појављује (22%), за чим следе *„визинг икада”* (21,6%), и *„суви кашаљ ноћу у последњих 12 месеци”,* са учешћем од 14,1%, од свих анализираних респираторних сметњи, у укупном броју ученика. Најређа је појава *„кашља континуирано дуже од 3 месеца”* (3,2%) и *„визинг после физичке активности”* (5,1%), док је трећа у рангу најређих сметњи *„буђење због визинга у последњих 12 месеци”* са учешћем од 6,1%, од свих анализираних респираторних сметњи, у укупном броју ученика.

Најучесталија је појава *„алергије”* (23%), као и *„кашља икада”* (22%) и *„визинга икада”* (21,6%) од свих анализираних респираторних сметњи у укупном броју ученика. *Алергију је икада* имало 23,3% ученика, а *дијагнозу алергије* има 17,4% деце. Код појаве свих праћених симптома – сметњи доказана је статистички значајна разлика у броју деце са овим сметњама, (p<0,0001). Сви горе поменути резултати презентовани су графички у графикону који следи (графикон 53).

Графикон 53. Врста респираторних сметњи нотираних у упитнику – укупно/1

Графикон 54. Врста респираторних сметњи нотираних у упитнику – укупно/2



4.3.1. Појава симптома бронхитиса, астматичних симптома и осталих респираторних сметњи код деце у односу на појаву појединачних симптома и дијагноза астме и алергије

Досадашње здравље деце – родитељски упитник – остали симптоми код деце укупно

У укупном броју анализом обухваћене деце, као симптоми су анализирани: цурење носа, свраб и црвенило, алергијски отоци, коњунктивитис, бол у ушима и упала синуса, као и сметње у спавању. Најчешћа је појава цурења носа (53,5%), па следе свраб и црвенило (14,1%), бол у ушима (10,6%).

Табела 40. Остали симптоми код деце, укупно

Остали симптоми код деце	Нема		Има сметњу		Укупно		χ^2	Sиgn.
	Број	%	Број	%	Број	%		
Свраб, црвенило	544	85,94	89	14,06	633	88,53	327,05	0,000***
Алергијски оток	596	95,82	26	4,18	622	86,99	522,34	0,000***
Коњунктивитис	586	94,21	36	5,79	622	86,99	486,33	0,000***
Цурење носа/ зачепљен нос	317	46,48	365	53,52	682	95,38	3,37	0,000***
Упала синуса	591	95,02	31	4,98	622	86,99	504,18	0,000***
Бол у ушима	559	89,44	66	10,56	625	87,41	388,88	0,000***
Сметње у спавању	582	93,27	42	4,18	624	87,27	467,31	0,000***

Од осталих симптома најређи су алергијски оток и сметње у спавању са подједнаким учешћем од 4,18%, па упала синуса (4,98%), и затим коњунктивитис (5,79%).

Графикон 55. Остали симптоми код деце укупно

Статистички значајно је најчешћа појава симптома *„цурење носа"* у односу на све остале симптоме, (p<0,0001).

Оцена физичког здравља деце из родитељског упитника – укупно

Оцена здравља деце, дата на основу одговора родитеља/старатеља на дистрибуирани упитник, приказана је у табели 41 и на графикону у прилогу. Највеће је учешће деце коју родитељи оцењују петицом (58,8%) за физичко, а и за психичко (75,7%) здравље, где их је значајно више са највишом оценом.

Табела 41. Оцена физичког и психичког здравља ученика – родитељски упитник

	Физичко здравље деце/оцена родитеља			Психичко здравље/оцена родитеља		
	Број	%	χ^2	Број	%	χ^2
Одлично	430	58,82	679,06 0,000	553	75,65	1102,43 0,000***
Добро	268	36,66		169	23,12	
Средње	31	4,24		7	0,96	
Лоше	2	0,27		1	0,14	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Средњег и лошег физичког здравља је око 5%, док је учешће деце са истим оценама психичког здравља само седморо или 1,1%.

Статистички значајно најчешћа је родитељска оцена да је дете одличног физичког здравља (59%), (p<0,0001), а још чешћа оцена да је дете одличног психичког здравља (75,6%), (p<0,0001).

Респираторни симптоми код анкетираних ученика – према школи

Најучесталија је појава алергије (23%), као и кашља иначе (22%) и визинг икада (21,6%) од свих анализираних респираторних сметњи у укупном броју ученика. Добијени резултати приказани су у табели 42. Свака од анализираних сметњи показала је значајну разлику међу децом која имају респираторне сметње у односу на децу која их немају.

Табела 42. Респираторни симптоми анкетираних ученика према школама/1

ОШ	Кашаљ иначе		Кашаљ ујутро (јесен/зима)		Кашаљ дању/ноћу (јесен/зима)		Кашаљ непрекидно 3 мес. (јесен/зима)		Продуктивни кашаљ	
	Број	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**
„А. Милосављевић”	39	39,8	11	11,6	11	11,6	5	5,3	26	26,5
„К. Абрашевић”	13	19,4	9	13,4	7	10,4	3	4,5	3	4,5
„Никола Тесла”	23	32,4	11	14,5	16	21,1	3	4,5	6	8,3
„И. Горан Ковачић”	8	13,1	3	5,1	4	6,8	2	3,3	6	9,8
„Скадарлија”	18	23,4	6	7,8	2	2,6	3	3,9	14	18,4
„Стеван Сремац”	20	26,7	12	16,2	8	10,8	2	2,7	7	9,5
„Дринка Павловић”	6	12,0	5	10,0	2	4,0	1	2,0	2	4,0
„П. П. Његош”	13	17,6	7	9,5	10	13,3	2	2,6	1	1,3
„Радојка Лакић”	8	12,9	7	11,3	5	7,9	0	0,0	1	1,6
„Иван Гундулић”	10	12,2	6	7,3	8	9,8	2	2,4	3	3,7
Укупно	158	22,0	77	10,8	73	10,2	23	3,2	69	9,6
χ^2 sign	37,962 p<0,000***		7,831 0,551/ns		19,072 0,025*		4,794 0,852/ns		56,842 p<0,000***	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Од свих анкетираних ученика, најчешћа појава кашља (39,8%) била је међу ученицима у ОШ „Аца Милосављевић”, а најређа у ОШ „Дринка Павловић” (12%).

Доказана је статистички значајна разлика у заступљености кашља, међу ученицима 10 анализираних школа ($p<0,0001$). Најчешће су међу анкетираним ученицима „кашаљ ујутри (јесен/зима)” имала деца из ОШ „Стеван Сремац” (16,2%), а најређе у ОШ „Иван Горан Ковачић” (5,1%). Није доказана значајнија разлика у заступљености међу анкетираним ученицима када је у питању „кашаљ ујутру, зими и лети”, у 10 испитиваних школа ($p=0,551$/ns).
Најчешће су међу анкетираним ученицима „кашаљ дању или ноћу (јесен/зима)” имала деца у ОШ „Никола Тесла” (21,1%), а најређе у ОШ „Иван Горан Ковачић” (6,8%).

Доказана је статистички значајна разлика у заступљености „кашља дању или ноћу (јесен/зима)”, међу ученицима 10 анализираних школа ($p<0,025$). Најчешће су међу анкетираним ученицима „кашаљ непрекидно 3 месеца (јесен/зима)”, имала деца из ОШ „Аца Милосављевић” (5,3%), а најређе у ОШ „Петар Петровић Његош” (2%).
Није доказана значајнија разлика у заступљености међу анкетираним ученицима за „кашаљ у трајању дуже од 3 месеца ујутри (јесен/зима)”, у 10 анализираних школа ($p=0,852$/ ns).

Најчешће су анкетирани ученици имали „продуктивни кашаљ“ (26,5%) међу ученицима у ОШ „Аца Милосављевић”, а најређе у ОШ „Петар Петровић Његош” (1,3%). Доказана је статистички значајна разлика у заступљености појаве „продуктивног кашља“, међу ученицима 10 анализираних школа ($p <0,0001$).

Најчешћа је појава „визинга икада”, „визинга у последњих 12 месеци”, „буђење због визинга” у ОШ „Никола Тесла”. „Суви кашаљ у последњих 12 месеци” најчешће имају ђаци из ОШ „Иван Горан Ковачић”.
Најређа је појава „визинга икада”, „визинга у последњих 12 месеци”, „визинга после физичке активности”, као и „суви кашаљ” и „буђење због шкрипања и звиждања” у ОШ „Петар Петровић Његош”, међу 10 анализираних школа.

Табела 43. Респираторни симптоми анкетираних ученика према школама које похађају/2

Симптоми	Визинг икада		Визинг у последњих 12 мес.		Визинг после физичке активности		Суви кашаљ у последњих 12 мес.		Буђење због визинга у последњих 12 мес.	
ОШ	**Број**	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**
„Аца Милосављевић”	25	26,3	10	10,2	9	9,2	21	22,1	10	10,5
„Коста Абрашевић”	11	16,4	5	7,5	4	6,0	5	7,5	2	3,0
„Никола Тесла”	22	28,9	11	15,1	5	6,7	12	16,0	10	13,7
„Иван Горан Ковачић”	13	21,3	7	11,5	6	9,8	5	8,2	8	13,1
„Скадарлија”	14	18,4	9	11,8	1	1,3	16	20,8	2	2,6
„Стеван Сремац”	17	23,0	11	14,9	4	5,4	10	13,2	5	6,6
„Дринка Павловић”	11	21,6	5	9,6	3	5,8	8	15,4	1	1,9
„Петар Петровић Његош”	10	13,3	2	2,7	0	0,0	12	16,0	1	1,3
„Радојка Лакић”	11	17,2	5	7,9	3	4,8	4	6,3	1	1,6
„Иван Гундулић”	21	26,3	4	5,1	2	2,5	9	11,0	4	4,9
Укупно	155	216	69	9,6	37	5,1	102	14,1	44	6,1
χ^2 sign p	10,069 0,345/ns		11,973 0,215/ns		14,138 0,117/ns		16,557 0,056/ns		25,590 0,002*	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Доказана је статистички значајна разлика у заступљености према „буђење због визинга” у ОШ „Петар Петровић Његош” међу ученицима 10 школа из истраживања (p<0,002).

Табела 44. Икада дијагностиковане астма и алергија – према школама које похађају

ОШ	Икада дијагностикована астма		Астма лечена у последњих 12 месеци		Алергија		Икада дијагностикована алергија	
	Број	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**
„Аца Милосављевић”	20	20,8	12	12,5	20	22,5	17	17,2
„Коста Абрашевић”	3	4,5	3	4,5	9	14,5	8	11,8
„Никола Тесла”	17	22,4	9	11,8	27	40,3	22	28,6
„Иван Горан Ковачић”	7	11,5	6	9,8	13	23,6	11	18,0
„Скадарлија”	8	10,5	7	9,2	19	34,5	15	19,2
„Стеван Сремац”	12	16,2	10	13,5	12	16,4	9	11,7
„Дринка Павловић”	7	13,7	4	7,7	12	26,1	12	22,6
„Петар Петровић Његош”	4	5,3	3	4,0	11	15,5	10	13,2
„Радојка Лакић”	5	7,9	4	6,3	11	18,6	7	10,9
„Иван Гундулић”	11	13,8	10	12,5	18	23,7	17	20,7
Укупно	94	13,1	68	9,4	152	23,3	128	17,4
χ^2 sign p	21,903 p≤0,009**		9,305 0,410/ns		22,721 p≤0,007		14,587 0,103/ns	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Најчешћа је појава „икада дијагностиковане астме” (22,4%) код ученика ОШ „Никола Тесла”, а најређа у ОШ „Коста Абрашевић” (4,5%). Доказана је статистички значајна разлика у заступљености *„икада дијагностиковане астме”,* међу ученицима 10 анализираних школа (p<0,009). Није доказана значајна разлика у заступљености податка о *„леченој астми у последњих 12 месеци”* међу анкетираним ученицима 10 школа из истраживања (p=0,410/ns).

„Алергија икада” најчешће се нотира код ученика ОШ „Никола Тесла” (40,3%), а најређа у ОШ „Коста Абрашевић” (14,5%). Доказана је статистички значајна разлика у заступљености *„алергије икада”,* међу ученицима 10 анализираних школа (p<0,009). Није доказана значајна разлика у заступљености *„икада дијагностиковане алергије”* међу ученицима 10 школа из истраживања (p=0,551/ns).

Досадашње здравље деце према подацима из Упитника за родитеље/старатеље (остали симптоми) према школама

Од осталих симптома у укупном узорку, најчешћи су цурење носа (53,5%), након чега следе свраб и црвенило (14,1%), бол у ушима (10,6%). Анализом података о појави осталих симптома добијени су следећи резултати у односу на школу коју деца похађају (табеле у даљем тексту).

Табела 45. Досадашње здравље деце (родитељски упитник) – остали симптоми код деце према школама

ОШ	Свраб, црвенило	Алергијски оток	Коњун-ктивитис	Цурење носа/ зачепљен нос	Упала синуса	Бол у ушима	Сметње у спавању
„А. М.”	11,24	6,82	6,74	50,00	6,82	6,90	6,90
„К. А.”	10,53	0,00	1,79	50,82	5,26	10,53	5,26
„Н. Т”	12,70	3,23	7,94	63,01	4,84	15,63	9,52
„И. Г.К.”	14,81	3,77	3,85	44,83	0,00	9,26	1,89
„Скадарлија”	15,71	2,94	4,29	56,16	11,76	11,59	7,25
„С. С. ”	15,15	4,84	7,94	50,72	3,28	11,11	9,52
„Д. П. ”	22,22	8,70	4,44	62,00	4,44	15,56	2,27
„П. П.Њ.”	17,39	4,41	8,96	48,57	2,90	5,88	8,70
„Р. Л.”	7,55	3,77	1,92	53,45	5,66	5,66	5,56
„И. Г.”	14,93	3,03	7,69	56,76	3,03	15,38	7,69
χ^2 sign p.	6,539 0,685/ns	7,053 0,632/ns	6,748 0,663/ns	7,932 0,541/ns	11,639 0,234/ns	8,883 0,448/ns	5,807 0,759/ns

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Није доказана значајнија разлика у заступљености појаве *свраба и црвенила* међу анкетираним ученицима, у 10 анализираних школа (p=0,685/ns), нити је доказана значајнија разлика у заступљености појаве *алергијских отока* међу анкетираним ученицима у 10 школа из истраживања (p=0,632/ns), као ни у заступљености појаве *конјунктивитиса* међу анкетираним ученицима, у 10 школа (p=0,663/ns).

Није доказана значајнија разлика у заступљености појаве *цурења/зачепљености носа* међу анкетираним ученицима, у 10 школа (p=0,541/ns), нити је доказана значајнија разлика у заступљености појаве упале синуса међу анкетираним ученицима, у 10 школа (p=0,234/ns).

Није доказана значајна разлика у заступљености појаве бола у ушима међу анкетираним ученицима, у 10 школа из истраживања (p=0,448/ns), нити је доказана значајна разлика у заступљености појаве сметњи при спавању међу анкетираним ученицима, истих школа (p=0,759/ns).

Оцена здравља деце – према школама

Највеће је учешће деце коју родитељи оцењују петицом (58,8%) за физичко, а и за психичко (75,7%) здравље, где их је значајно више са највишом оценом. Средњег и лошег физичког здравља је око 5%, док је учешће деце са истим оценама психичког здравља само седморо или 1,1% (табела у прилогу 2 „Укупна оцена здравља деце – родитељски упитник”).

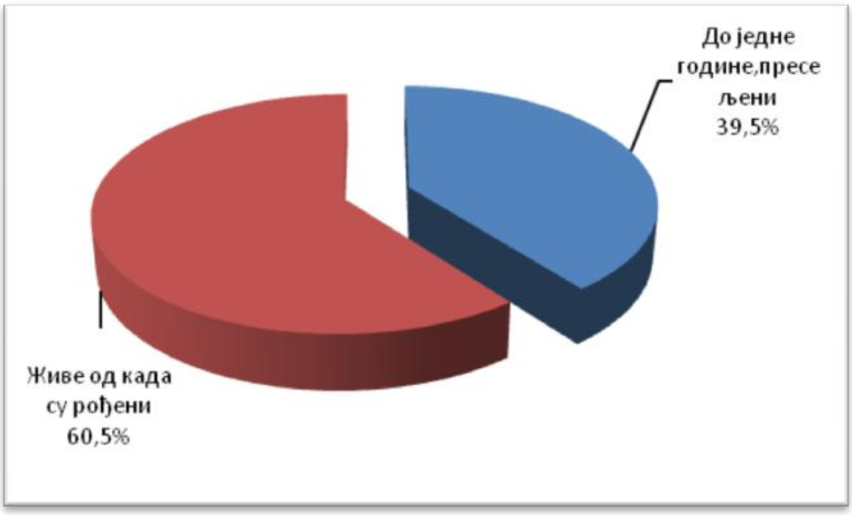
Није доказана значајна разлика у заступљености међу анкетираним ученицима према физичком здрављу у 10 школа из истраживања (p=0,734/ns).

Није доказана значајнија разлика у заступљености према међу анкетираним ученицима према психичком здрављу у 10 школа из истраживања (p=0,740/ns).

Адреса и услови становања

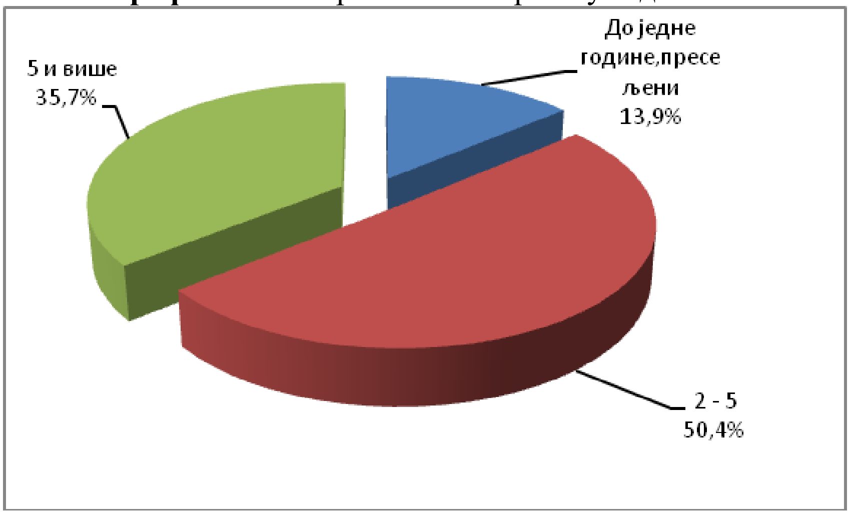
У односу на адресу становања, ђаци живе на три подручја, у односу на близину фреквентног саобраћаја и то: на подручју са чистим ваздухом, далеко од густог саобраћаја живи 106 (15%) ђака, на подручју са средњефреквентним саобраћајем живи 278 (39,3%) ђака, док у близини високопрометних саобраћајница живи 278 (45,8%) ђака, што је уједно статистички значајно најбројнија подгрупа.

Графикон 56. Да ли дете живи у садашњем дому од свог рођења?



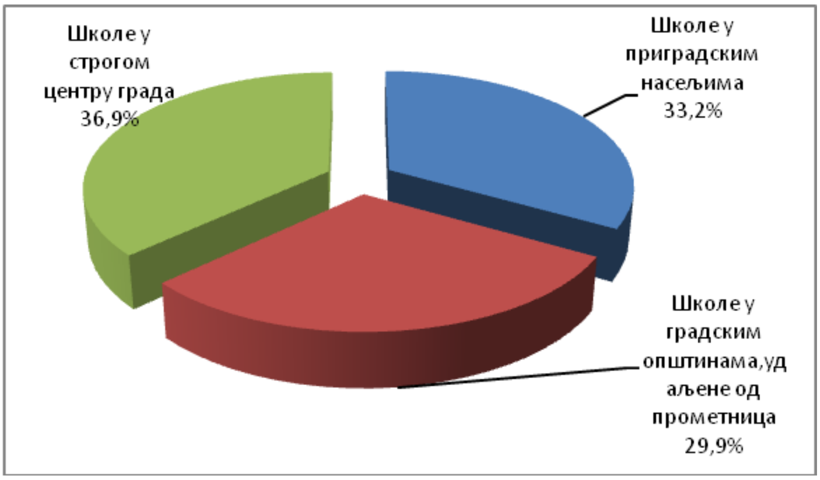
Анализирајући услове и квалитет становања код укупног броја анализираног узорка добијено је да преко 60% анкетираних живи на истој локацији од рођења (графикон 56).

Графикон 57. Пресељени – време у годинама



Од укупно пресељених 39,5% анкетираних до једне године живота пресељено је 13,9%, од 2 до 5 година живота преселило се 50,4%, а 35,7% са 5 и више година (графикон 57).

Графикон 58. Дистрибуција ученика у односу на тип локације школе



Утицај пасивних и активних карактеристика учионице на појаву респираторних сметњи код ученика (циљ 5)

4.3.2. Корелација вредности полутаната у односу на појаву респираторних сметњи

У наставку су приказани резултати просечних вредности полутаната у односу на појаву респираторних сметњи код ученика у укупном узорку у табели 46.

Значајна разлика у просечним вредностима полутаната у односу на појаву респираторних сметњи код ученика доказана је код:

- нижих вредности толуена C_7H_8 ($p<0,024$) и код етил-бензена ($p<0,007$), а код виших вредности формалдехида ($p<0,050$), као и код виших вредности релативне влажности ваздуха у учионици ($p<0,030$).

Њихов утицај на респираторне сметње биће испитан и у линеарној и у логистичкој регресионој анализи.

Табела 46. Просечне вредности IAQ параметара у учионицама у односу на појаву респираторних сметњи

Праћени параметри	Респиратор-не сметње	Просек	С.Д.	95% CI		Мин.	Макс.	Sig.p
				Доња	Горња			
NO_2 (µg/m^3)	Нема	21,82	6,91	21,14	22,50	8,00	34,00	0,332
	Има	21,17	7,33	20,34	22,01	8,00	34,00	
Бензен C_6H_6 (µg/m^3)	Нема	6,04	2,99	5,74	6,33	3,06	13,71	0,923
	Има	6,11	3,14	5,75	6,47	3,06	13,71	
Толуен C_7H_8 (µg/m^3)	Нема	13,13	9,25	12,22	14,04	3,71	45,78	**0,024***
	Има	12,19	8,94	11,17	13,21	3,71	45,78	
Етил-бензен C_8H_{10} (µg/m^3)	Нема	1,62	0,98	1,53	1,72	0,38	5,52	**0,007***
	Има	1,41	0,76	1,32	1,49	0,38	5,52	
Ксилен $C_6H_4(CH_3)_2$ (µg/m^3)	Нема	8,39	6,29	7,77	9,01	1,62	33,11	0,149
	Има	7,52	4,93	6,96	8,08	1,62	33,11	
Формалдехид HCHO (µg/m^3)	Нема	1,66	0,94	1,57	1.76	0,30	4,60	**0,050***
	Има	1,88	1,17	1,75	2.01	0,30	4,60	
CO_2 (ppm)	Нема	1647,64	2759,17	1384,25	1911,02	604,00	17040,00	0,845
	Има	1524,99	2379,85	1259,46	1790,53	604,00	17040,00	
VR (L/s/особи)	Нема	8,28	4,66	7,84	8,73	0,30	25,13	0,823
	Има	8,28	4,69	7,75	8,80	0,30	25,13	
CO (mg/m^3)	Нема	0,40	0,61	0,34	0,45	0,00	2,00	0,972
	Има	0,39	0,59	0,32	0,45	0,00	2,00	
Температура ваздуха C°	Нема	22,76	1,57	22,61	22,91	20,00	28,00	**0,030***
	Има	23,05	1,64	22,86	23,23	20.00	28,00	
Рел. вл. ваздуха РВВ (%)	Нема	39,24	10,34	38,25	40,22	6.00	57,00	0,428
	Има	39,87	9,80	38,78	40,97	6.00	57,00	
PM_{10} (µg/m^3)	Нема	82,01	42,55	77,95	86,07	32.00	197,00	0,818
	Има	82,55	42,32	77,83	87,28	32.00	197,00	
I/O Ratio	Нема	0,94	0,34	0,91	0,97	0.36	1,91	0,456
	Има	0,95	0,32	0,92	0,99	0.36	1,91	

* Kruskal Wallis тест *<0,05 **<0,01 ***<0,001

4.3.2.1. Корелација активних особина учионице (IAQ концентрација полутаната) у односу на појаву поремећаја респираторног здравља испитиване деце

Симптоми *бронхитиса* су у статистички значајној корелацији са нижом концентрацијом NO_2 (p<0,0001), као и интервалима концентрација испод 40 µg/m^3 (p<0,003), са нижим концентрацијама толуена (p<0,001), и етил-бензена (p<0,0001), измереним у учионици.

Табела 47. Активне карактеристике (IAQ) у односу на бронхитичне, астматичне симптоме и остале респираторне сметње/1

IAQ		NO_2	NO_2 ≥40 μg/m³<	Бензен	Бензен ≥5μg/m³<	Толуен	Етил-бензен	Ксилен
Симптоми бронхитиса	R	**-,140****	**-,121****	0,044	0,018	**-,129****	**-,202****	**-,117****
	p	**0,000**	**0,003**	0,249	0,639	**0,001**	**0,000**	**0,002**
	N	**697**	**594**	697	697	**697**	**697**	**697**
Астматични симптоми	R	-0,017	-0,014	0,010	0,011	**-0,074***	**-0,079***	-0,039
	p	0,656	0,726	0.790	0,778	**0,050**	**0,036**	0,299
	N	697	594	697	697	**697**	**697**	697
Респираторне сметње	R	-0,037	-0,037	-0,004	-0,018	**-0,085**	**-0,103**	-0,055
	p	0,333	0,362	0,924	0,634	**0,024**	**0,007**	0,149
	N	697	594	697	697	**697**	**697**	697

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Бензен као континуирано обележје и као интервална серија (до и преко 5 μg/m³) није имао значајнију корелацију са симптомима бронхитиса, астме и са респираторним сметњама.

Табела 48. Активне карактеристике учионице (IAQ) у односу на бронхитичне, астматичне симптоме и остале респираторне сметње/2

		HCHO	HCHO 100 μg/m³	CO_2 ppm	VR L/s /особи	VR≥ 8 L/s /особи <	CO_2 1000 ppm	CO mg/m³
Симптоми бронхитиса	R	**0,115**	-0,025	**0,078**	-0,052	**-0,078**	0,034	-0,008
	p	**0,002****	0,507	**0,047***	0,158	**0,047***	0,359	0,834
	N	**697**	697	**735**	735	**735**	735	735
Астматични симптоми	R	**0,077**	0,016	0,025	-0,022	-0,029	0,025	0,006
	p	**0,034***	0,676	0,496	0,543	0,432	0,505	0,868
	N	**697**	697	735	735	735	735	735
Респираторне сметње	R	**0,079**	0,030	0,007	-0,008	-0,017	-0,006	-0,001
	p	**0,043***	0,422	0,845	0,823	0,639	0,878	0,972
	N	**697**	697	735	735	735	735	735

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Формалдехид као континуирано обележје има корелацију али као интервална серија (до и преко 100 μg/m³) није имао значајнију корелацију са симптомима бронхитиса, астме и са респираторним сметњама.

Симптоми бронхитиса су у статистички значајној корелацији са:

– повишеним вредностима IAQ формалдехида као континуираног обележја ($p<0,002$),
– нижом вредношћу VR у односу на оне прописане од стране ASHRAE ($p<0,047$),
– вишом температуром ваздуха учионице ($p<0,009$),
– неадекватним елементима зоне термалног комфора у учионици ($p<0,0001$),
– повишеним концентрацијама IAQ PM10 ($p<0,014$).

Астматични симптоми су у статистички значајној корелацији са:

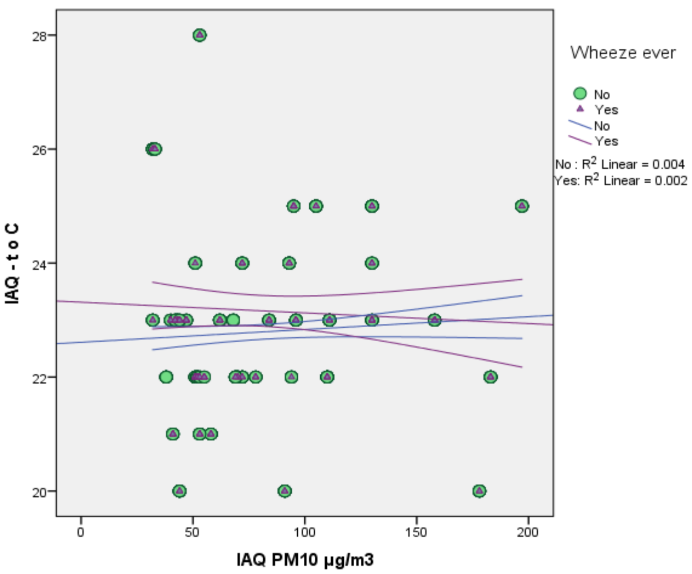
– нижим концентрацијама IAQ толуена ($p<0,050$),
– нижим концентрацијама IAQ етил-бензена ($p<0,036$),
– повишеним вредностима IAQ формалдехида ($p<0,034$),
– вишом температуром ваздуха учионице ($p<0,021$),
– неадекватним елементима зоне термалног комфора у учионици ($p<0,002$),
– повишеним концентрацијама IAQ PM_{10} ($p<0,049$), изнад 80 $\mu g/m^3$.

Табела 49. Активне карактеристике учионице у односу на бронхитичне, астматичне симптоме и остале респираторне сметње/3

		Температура учионице (C°)	Релативна влажност	Зона комфора	PM_{10}			
					$\mu g/m^3$	I/O Ratio	≥20<50 <80 $\mu g/m^3$	≥50 $\mu g/m^3$
Симптоми бронхитиса	R	**0,096**	0,004	**0,139**	**0,091**	-0,047	-0,030	0,036
	p	**0,009****	0,919	**0,000*****	**0,014***	0,207	0,420	0,331
	N	**735**	735	**735**	**735**	735	735	735
Астматични симптоми	R	**0,085**	0,025	**0,115**	0,005	0,022	**0,081**	0,004
	p	**0,021***	0,500	**0,002****	0,882	0,554	**0,049***	0,922
	N	**735**	735	**735**	735	735	**735**	735
Друге респираторне сметње	R	**0,080**	0,029	**0,096**	0,008	0,028	**0,077**	0,007
	p	**0,030***	0,429	**0,009****	0,818	0,456	**0,044***	0,855
	N	**735**	735	**735**	735	735	**735**	735

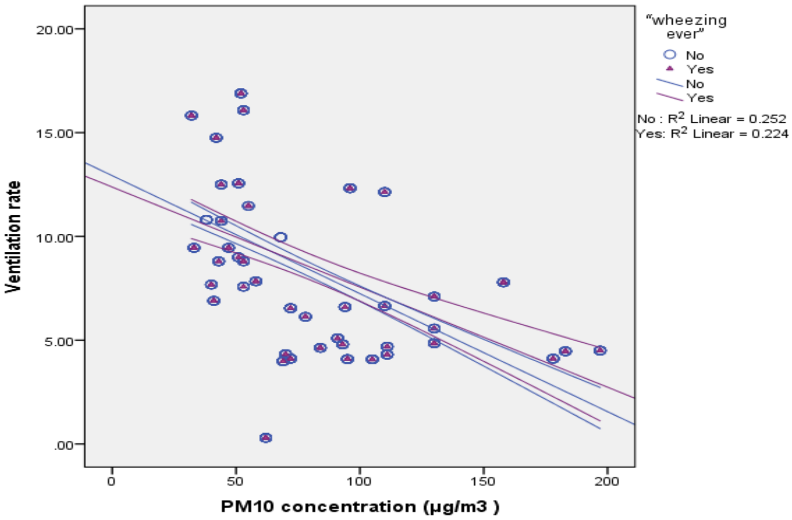
*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Графикон 59. Корелација између „визинга икад” и повишене температуре ваздуха у учионици и IAQ PM_{10}



Респираторне сметње су у статистички значајној корелацији са: нижим вредностима толуена ($p<0,024$) и етил-бензена ($p<0,007$) мерених у учионици, повишеним концентрацијама формалдехида (p<0,043), вишом температуром ваздуха у учионици (p<0,030), неадекватним елементима зоне термалног комфора у учионици (p<0,009), повишеним концентрацијама IAQ PM_{10} изнад 80 $\mu g/m^3$ (p<0,044), као и са астматичним симптомима.

Графикон 60. Корелација између „визинг икад", VR и IAQ PM_{10}



Значајна разлика у просечним вредностима полутаната у односу на појаву респираторних сметњи код ученика доказана је код:

- виших концентрација CO_2 (p<0,022), док у случају температуре ваздуха испред учионице не постоји значајна разлика (p=0,075) приказ у табели 50 у наставку.

Утицај присуства полутаната у амбијенталном ваздуху на респираторне сметње биће испитан и у корелацији и у линеарној и у логистичкој регресионој анализи.

Табела 50. Просечне вредности OAQ концентрација параметара у односу на појаву респираторних сметњи

Параметри	**Респираторне сметње**	**Просек**	**SD**	**95% CI**		**Мин.**	**Макс.**	**Asymp. Sig.**
				Доња	**Горња**			
NO_2 (µg/m[3])	Нема	33,17	11,72	31,91	34,43	14,00	56,00	0,893
	Има	32,12	12,19	30,63	33,60	14,00	56,00	
Бензен C_6H_6 (µg/m[3])	Нема	6,33	2,53	6,06	6,60	3,36	11,32	0,950
	Има	6,19	2,56	5,88	6,50	3,36	11,32	
Толуен $C_6H_5CH_3$ (µg/m[3])	Нема	19,18	60,73	12,64	25,72	3,40	400,98	0,193
	Има	20,46	68,31	12,11	28,80	3,40	400,98	
Етил-бензен $C_6H_5CH_2CH_3$ (µg/m[3])	Нема	1,25	0,64	1,18	1,32	0,36	2,92	0,469
	Има	1,20	0,69	1,12	1,29	0,36	2,92	
Ксилен $C_6H_4(CH_3)_2$ (µg/m[3])	Нема	5,76	2,94	5,44	6,08	0,89	11,76	0,145
	Има	5,24	3,12	4,86	5,62	0,89	11,76	
Формалдехид HCHO (µg/m[3])	Нема	0,43	0,27	0,40	0,46	0,10	1,40	0,220
	Има	0,44	0,25	0,41	0,48	0.10	1.40	
CO_2 (ppm)	Нема	421,82	44,19	417,60	426,04	254,00	750,00	**0,022***
	Има	420,69	52,68	414,81	426,57	254,00	750,00	
CO (mg/m[3])	Нема	0,64	0,94	0,55	0,73	0,00	4,00	0,623
	Има	0,58	0,87	0,48	0,67	0,00	4,00	
Температура ваздуха C°	Нема	12,21	5,54	11,68	12,74	1,00	22,00	0,075
	Има	12,19	5,20	11,61	12,77	1,00	22,00	
Релативна влажност РВВ (%)	Нема	57,69	15,54	56,21	59,17	26,00	90,00	0,316
	Има	57,91	15,23	56,21	59,61	26,00	90.00	
PM_{10} (µg/m[3])	Нема	105,90	91,25	97,19	114,61	22,00	549.00	0,879
	Има	102,76	88,02	92,94	112,58	22,00	549.00	

* Kruskal Wallis тест   *<0,05   **<0,01   ***<0,001

4.3.2.2. Корелација OAQ концентрација полутаната у односу на појаву поремећаја респираторног здравља испитиване деце

Симптоми бронхитиса су испитивани у односу на континуирана обележја, као и у односу на интервале средњих вредности, или дозвољених вредности, а доказано је да су симптоми бронхитиса у статистички значајној корелацији са: нижим концентрацијама NO_2 ($p<0{,}000$), као и интервалима NO_2 ($p<0{,}003$) испод 40 µg/m^3; нижим концентрацијама толуена ($p<0{,}001$), етил-бензена ($p<0{,}0001$) и ксилена ($p<0{,}001$) измереним у ваздуху испред учионице.

Такође, симптоми бронхитиса су у статистички значајној корелацији са нижим концентрацијама CO_2 ($p<0,044$) и нижом температуром ваздуха испред учионице ($p<0,017$), као и са повишеним вредностима PM_{10} ($p<0,001$) у амбијенталном ваздуху.

Табела 51. Показатељи загађења амбијенталног ваздуха у односу на бронхитичне, астматичне симптоме и остале респираторне сметње

		NO_2	**NO_2 ≥ 40 µg/m³ <**	**Бензен**	**Толуен**	**Етил-бензен**	**Ксилен**	**HCHO**
Симптоми бронхитиса	R	**-0,143**	**-0,121**	0,009	**-0,140**	**-0,153**	**-0,133**	**0,155**
	p	**0,000*** **	**0,003** **	0,819	**0,001** **	**0,000*** **	**0,001*** **	**0,000*** **
	N	**594**	**594**	594	**594**	**594**	**594**	**576**
Астматични симптоми	R	-0,019	-0,014	0,001	-0,060	-0,045	**-0,074**	0,068
	p	0,651	0,726	0,990	0,141	0,277	**0,049***	0,103
	N	594	594	594	594	594	**594**	576
Респираторне сметње	R	-0,044	-0,037	-0,031	**-0,078**	-0,051	**-0,079**	0,057
	p	0,285	0,362	0,451	**0,047***	0,218	**0,046***	0,174
	N	594	594	594	**594**	594	**594**	576
		CO_2	CO	CO $\geq$ 3,0 mg/m³	Температура (C°) OAQ	PPB (%) OAQ	PM_{10} контин-уирано	PM_{10} интервали
Симптоми бронхитиса	R	**-0,070**	0,003	-0,006	**-0,088**	0,008	**0,129**	**0,108**
	p	**0,044***	0,928	0,869	**0,017***	0,831	**0,000*** **	**0,003** **
	N	**735**	735	735	**735**	735	**735**	**735**
Астматични симптоми	R	**-0,078**	-0,009	-0,022	-0,032	0,031	0,034	0,008
	p	**0,047***	0,810	0,547	0,383	0,396	0,364	0,835
	N	**735**	735	735	735	735	735	735
Респираторне сметње	R	**-0,079**	-0,030	-0,025	-0,021	0,019	0,027	-0,003
	p	**0,046***	0,421	0,503	0,574	0,600	0,466	0,943
	N	**735**	735	735	735	735	735	735

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Астматични симптоми су у статистички значајној корелацији са нижим вредностима толуена ($p<0,049$), као и нижим концентрацијама CO_2 ($p<0,047$) у амбијенталном ваздуху испред учионице.

Респираторне сметње су у статистички значајној корелацији са нижим концентрацијама толуена ($p<0,047$) и ксилена ($p<0,047$) измереним у амбијенталном ваздуху испред учионице. Такође, оне су у статистички значајној корелацији са нижим концентрацијама CO_2 ($p<0,046$) измереним у амбијенталном ваздуху испред учионице.

4.3.3. Корелација пасивних карактеристика учионице у односу на појаву поремећаја респираторног здравља испитиване деце

Појава кашља икада је у статистички значајној корелацији са мањим простором по ученику (мање од 2 m^2 по ученику), односно већим бројем ученика, са отварањем прозора – луфтирање зими, као и са сувим чишћењем, односно чишћењем метлом (прилог 2, табела 8). Продуктивно искашљавање је у статистички значајној корелацији са мањим простором по ученику (мање од 2 m^2 по ученику), односно већим бројем ученика, са отварањем прозора – луфтирање зими, као и са сувим чишћењем, односно чишћењем метлом. Визинг је у статистички значајној корелацији са сувим чишћењем, односно чишћењем метлом или мопом, као и са кречењем водоотпорном бојом. Суви кашаљ последњих 12 месеци је у статистички значајној корелацији са мањим простором по ученику (мање од 2 m^2 по ученику), односно већим бројем ученика односно чишћењем метлом. Визинг икада је у статистички значајној корелацији са отварањем прозора – луфтирање зими, као и са намештајем испод 5 година старости.
Икада дијагностикована астма је у статистички значајној корелацији са врстом подне облоге (пластична подна облога), са отварањем прозора – луфтирање зими, док је астма лечена последњих 12 месеци у статистички значајној корелацији са кречењем зидова. Дијагностикована алергија је у корелацији са отварањем прозора – луфтирање зими.

Појава бронхијалних сметњи је у статистички значајној корелацији са мањим простором по ученику (мање од 2 m^2 по ученику), већим бројем деце у учионици као и са отварањем прозора – луфтирањем зими, са чишћењем метлом, док су астматичне сметње у статистички значајној корелацији са мањим простором по ученику (мање од 2 m^2 по ученику) , са отварањем прозора – луфтирањем зими.

Појава респираторних сметњи је у статистички значајној корелацији са начином кречења зидова, са мањим простором по ученику (мање од 2 m^2 по ученику), чешће отварање прозора, са отварањем прозора – луфтирање зими, као и са сувим чишћењем, односно чишћењем метлом (прилог 2, табела 8).

4.4. УТИЦАЈ СОЦИО-ЕКОНОМСКОГ СТАТУСА И СТИЛА ЖИВОТА НА ПОЈАВУ РЕСПИРАТОРНИХ СМЕТЊИ

У даљем тексту биће анализирана корелација између изложености дуванском диму од стране родитеља (*environmental tobbaco smoke,* ETS) и појаве респираторних сметњи код деце која су учествовала у истраживању, односно респираторне сметње, бронхијални симптоми и астма и алергија у односу на изложеност дуванском диму у укупном узорку-табела 52.

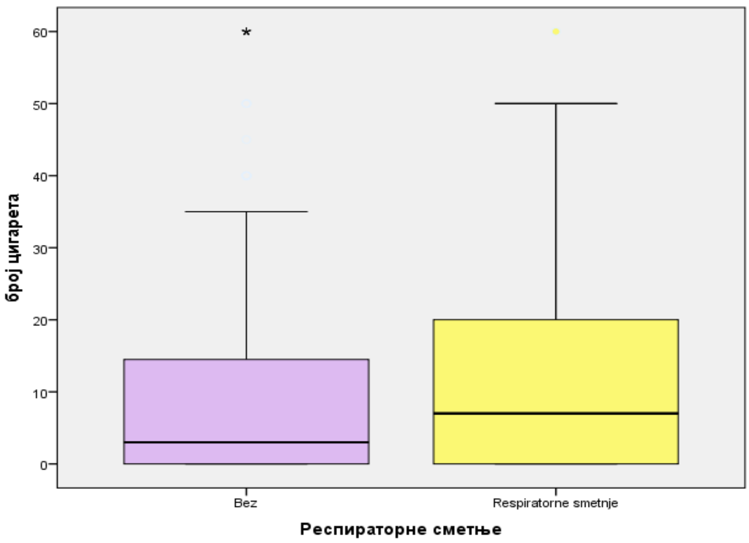
Табела 52. Број цигарета које попуше родитељи у кући

Мајке/очеви – укупно	**Укупно**		**Нису изложени**		**Изложеност ETS**		χ^2	**sig**
	Број	%	Број	%	Број	%		
Не пуши	321	43,8	321	100,0	0	0,0	733,00***	0,0001
1–5 цигарета/дан	68	9,3	0	0,0	68	100,0		
≥ 6 цигарета /дан	344	46,9	0	0,0	344	100,0		
Укупно	**733**	**100,0**	**321**	**43,8**	**412**	**56,2**		
	Број	%	Број	%	Број	%	χ^2	sig
Не пуши	321	43,8	321	100,0	0	0,0	728,95***	0,0001
1–10 цигарета/дан	196	26,7	0	0,0	196	47,6		
11–20 цигарета/дан	124	16,9	0	0,0	124	30,1		
21+ цигарета /дан	92	12,6	0	0,0	92	22,3		
Укупно	**733**	**100,0**	**321**	**43,8**	**412**	**56,2**		

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Родитељи деце, обухваћене истраживањем, пуше између 7,65±11,25 до 12,66±15,50 цигарета дневно, приказ у графикону који следи.

Графикон 61. Број цигарета које попуше родитељи и респираторне сметње



Униваријантна логистичка регресиона анализа: изложеност дуванском диму у кући и појава респираторних симптома

Доказано је да је највећи број деце која су изложена дуванском диму у кући у односу на број цигарета које родитељи попуше на дан, изложен ETS од 6 и више цигарета ($p<0,0001$), односно, диму од ≤ 20 цигарета изложено је близу 78% деце од укупног броја изложених, а преко 22% деце је изложено ETS од ≥ 21 цигарете дневно ($p<0,0001$).

Међу ученицима са респираторним сметњама, а који су изложени дуванском диму, највеће је учешће деце са „кашљем иначе" (22,10%), као и деце са „визингом икада" (21,5%).

Међу ученицима са респираторним сметњама који нису изложени дуванском диму, највеће је учешће деце са „кашљем иначе" (19,5%), као и деце са „визингом икада" (15,1%).

Респираторне сметње испољавају се код деце изложене дуванском диму у 189 (61%) случајева, док се код деце која нису изложена дуванском диму исте појављују у 121 (39%) случају, то јест, статистички значајно мање ($p\leq0,026$).

Дијагностикована астма испољава се код деце изложене дуванском диму у 55 (58,5%) случајева, док је код деце која нису изложена дуванском диму дијагностикована астма у 39 (41,50%) случајева.

Астма лечена у последњих 12 месеци нотирана је код деце изложене дуванском диму у 39 (57,40%) случајева, док је код деце која нису изложена дуванском диму лечена астма у последњих 12 месеци присутна у 29 (42,60%) случајева.

Алергија икада, нотирана је код деце изложене дуванском диму у 88 (57,9%) случајева, док је код деце која нису изложена дуванском диму, алергија икада запажена у 64 (42,1%) случајева.

Међу ученицима са дијагностикованом **алергијом**, а који су изложени дуванском диму било је 77 (60,20%) у односу на децу која имају дијагнозу алергије, а нису изложена дуванском диму, којих је у тој групи било 51 (39,8%) деце са алергијом неизложене дуванском диму у кући. Међу ученицима са респираторним сметњама у односу на оне без истих, учешће деце која су изложена дуванском диму у кући су најучесталија деца са „кашљем иначе" (23,7%), а исто је учешће и деце са „алергијом икада", „визингом икада" (23,6%).

Табела 53. Симптоми и сметње у односу на изложеност ученика дуванском диму у кући

ETS у кући		**Укупно**		**Изложеност ETS**				**χ^2**	**Логистичка регресиона анализа**		
				НЕ		**ДА**			**sig**	**Exp (B)**	**95% C.I.**
		Број	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**				**Доња-горња**
Пол	ж	362	49,50	158	43,60	204	56,40				
	м	370	50,50	163	44,10	207	55,90	0,012/ns	0,912	0,984	0,73-1,32
Укупно		***732***	***100,00***	***321***	***43,90***	***411***	***56,10***				
Кашаљ икада	Не	557	77,90	251	45,10	306	54,90				
	Да	158	22,10	63	39,90	95	60,10	1,346/ns	0,246	1,237	0,86-1,77
Укупно		***715***	***100,00***	***314***	***43,90***	***401***	***56,10***				
Кашаљ ујутро (јесен⁄зима)	Не	637	89,20	282	44,30	355	55,70				
	Да	77	10,80	32	41,60	45	58,40	0,205/ns	0,651	1,117	0,69-1,80
Укупно		***714***	***100,00***	***314***	***44,00***	***400***	***56,00***				
Кашаљ дању ⁄ ноћу (јесен⁄зима)	Не	644	89,80	288	44,70	356	55,30				
	Да	73	10,20	28	38,40	45	61,60	1,077/ns	0,300	1,300	0,79-2,14
Укупно		***717***	***100,00***	***316***	***44,10***	***401***	***55,90***				
Кашаљ непрекидно 3 месеца (јесен⁄зима)	Не	686	96,80	302	44,00	384	56,00				
	Да	23	3,20	10	43,50	13	56,50	0,003/ns	0,959	1,022	0,44-2,36
Укупно		***709***	***100,00***	***312***	***44,00***	***397***	***56,00***				
Продуктивни кашаљ	Не	646	90,30	284	44,00	362	56,00				
	Да	69	9,70	30	43,50	39	56,50	0,006/ns	0,939	1,020	0,62-1,68
Укупно		***715***	***100,00***	***314***	***43,90***	***401***	***56,10***				
Визинг икада	Не	563	78,50	253	44,90	310	55,10				
	Да	154	21,50	58	37,70	96	62,30	2,606/ns	0,107	1,351	0,94-1,95
Укупно		***717***	***100,00***	***311***	***43,40***	***406***	***56,60***				
Визинг у посл. 12 месеци	Не	645	90,30	279	43,30	366	56,70				
	Да	69	9,70	35	50,70	34	49,30	1,411/ns	0,236	0,741	0,45-1,22
Укупно		***714***	***100,00***	***314***	***44,00***	***400***	***56,00***				
Визинг после физичке активности	Не	683	94,90	297	43,50	386	56,50				
	Да	37	5,10	19	51,40	18	48,60	0,882/ns	0,349	0,729	0,38-1,41
Укупно		***720***	***100,00***	***316***	***43,90***	***404***	***56,10***				

% – хоризонтална структура   *<0,05   **<0,01   ***<0,001

Деца која су изложена дуванском диму чешће имају појаву респираторних сметњи, дијагностиковане алергије и дијагностиковане астме.

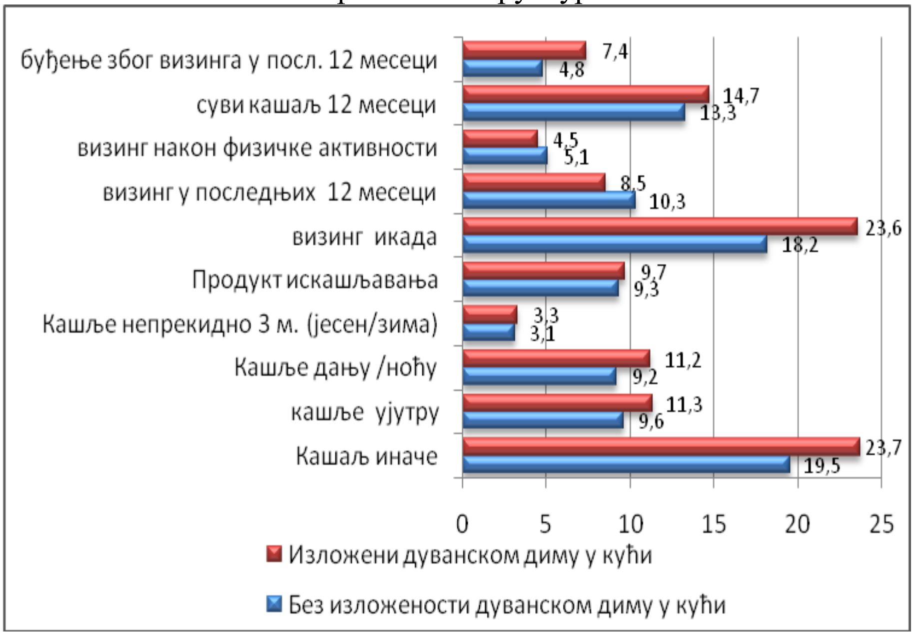
Вероватноћа да ученици изложени дуванском диму кашљу иначе је 12,7% већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући.

Вероватноћа да ученици изложени дуванском диму кашљу ујутру (јесен/зима) је 12% већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући.

Вероватноћа да ученици изложени дуванском диму кашљу дању/ноћу (јесен/зима) је 30% већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући.

Вероватноћа да ученици изложени дуванском диму кашљу непрекидно 3 месеца (јесен/зима) је 2,2% већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући.

Графикон 62. Изложеност и неизложеност дуванском диму и респираторне сметње – вертикална структура



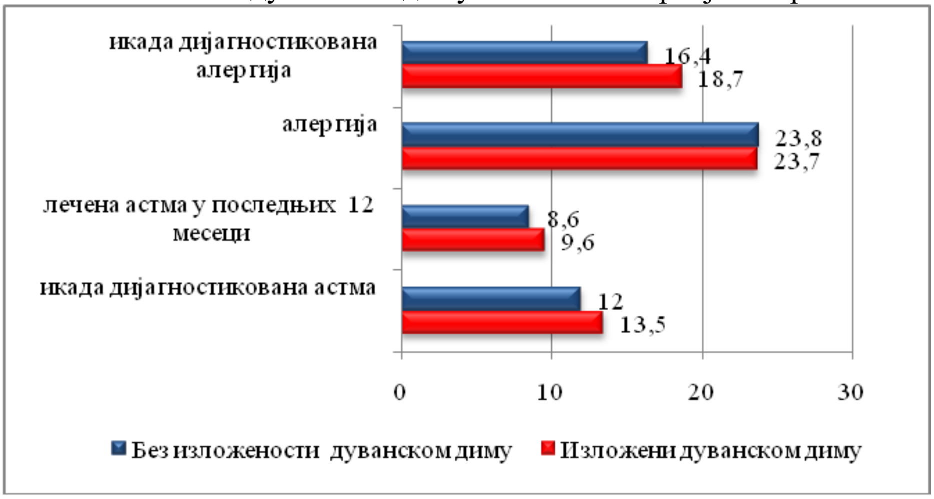
Вероватноћа да ученици изложени дуванском диму кашљу непрекидно 3 месеца (јесен/зима) је 2% већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући, као и да имају продуктивни кашаљ.

Вероватноћа појаве визинга код ученика изложених дуванском диму 35,1% је већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући.

Вероватноћа да ученици изложени дуванском диму имају визинг током последњих 12 месеци је 34% нижа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући, као и у случају визинга након физичке активности.

Изложеност дуванском диму у кући није предиктор нити за један од наведених симптома (униваријантна логистичка регресиона анализа), нити постоји статистички значајна разлика у заступљености ученика у односу на симптоме и изложеност (χ^2 тест). Изложеност дуванском диму у кући је предиктор респираторних сметњи (униваријантна логистичка регресиона анализа) ($p \leq 0{,}026$).

Графикон 63. Изложеност дуванском диму и астма и алергија – вертикална структура



Вероватноћа да ученици изложени дуванском диму имају суви кашаљ током последњих 12 месеци је 12,4% већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући.

Вероватноћа да се ученици изложени дуванском диму буде због визинга током 12 месеци је 71% већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући.

Вероватноћа да ученици изложени дуванском диму кашљу имају икада дијагностиковану астму је 9,3% већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући, а вероватноћа да је код ученика који су изложени дуванском диму у кући астма лечена у последњих 12 месеци, већа је 3,1%.

Вероватноћа да ученици изложени дуванском диму кашљу, имају икада дијагностиковану алергију је 22% већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући, а вероватноћа да су ученици који су изложени дуванском диму у кући, икада имали неку алергију, већа је 5%.

Изложеност дуванском диму у кући није предиктор нити за једану од наведених симптома и сметњи (према униваријантној логистичкој регресионој анализи), нити постоји статистички значајна разлика у заступљености ученика у односу на симптоме и изложеност (χ^2 тест).

Бронхијални симптоми

Вероватноћа да ученици изложени дуванском диму имају бронхијалне симптоме је 22,7% већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући.

Табела 54. Симптоми и сметње у односу на изложеност ученика дуванском диму у кући – наставак

		Укупно		**Изложеност ETS**				χ^2	**Логистичка регресиона анализа**		
				НЕ		**ДА**			**sig**	**OR**	**95% C.I. Доња - горња**
		Број	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**				
Суви кашаљ/12 мес.	не	620	85,90	273	44,00	347	56,00	0,290/ns	0,590	1,124	0,74-1,72
	да	102	14,10	42	41,20	60	58,80				
Укупно		***722***	***100,00***	***315***	***43,60***	***407***	***56,40***				
Буђење због визинга/12 мес.	не	674	93,90	299	44,40	375	55,60	2,643/ns	0,108	1,709	0,89-3,28
	да	44	6,10	14	31,80	30	68,20				
Укупно		***718***	***100,00***	***313***	***43,60***	***405***	***56,40***				
Икада Dg астма	не	623	86,90	272	43,70	351	56,30	0,157/ns	0,692	1,093	0,70-1,70
	да	94	13,10	39	41,50	55	58,50				
Укупно		***717***	***100,00***	***311***	***43,40***	***406***	***56,60***				
Лечена астма у последњих 12 мес.	не	650	90,50	282	43,40	368	56,60	0,014/ns	0,907	1,031	0,62-1,71
	да	68	9,50	29	42,60	39	57,40				
Укупно		***718***	***100,00***	***311***	***43,30***	***407***	***56,70***				
Алергија	не	499	76,70	216	43,30	283	56,70	0,066/ns	0,797	1,049	0,73-1,52
	да	152	23,30	64	42,10	88	57,90				
Укупно		***651***	***100,00***	***280***	***43,00***	***371***	***57,00***				
Икада Dg алергије	не	605	82,50	270	44,60	335	55,40	0,939/ns	0,322	1,217	0,83-1,79
	да	128	17,50	51	39,80	77	60,20				
Укупно		***733***	***100,00***	***321***	***43,80***	***412***	***56,20***				
		Број	**%**	**Број**	**%**	**Број**	**%**	χ^2	**sig**	**Exp (B)**	**95% C.I.**
Бронхијални симптоми	не	575	78,40	258	44,90	317	55,10	1,257/ns	0,263	1,227	0,86-1,76
	да	158	21,60	63	39,90	95	60,10				
Укупно		*733*	*100,00*	*321*	*43,80*	*412*	*56,20*				
Астматични симптоми	не	505	68,90	231	45,70	274	54,30	2,508/ns	0,114	1,293	0,94-1,78
	да	228	31,10	90	39,50	138	60,50				
Укупно		*733*	*100,00*	*321*	*43,80*	*412*	*56,20*				
Респираторне сметње	не	423	57,70	200	47,30	223	52,70	4,946*	**0,026**	1,401	1,04-1,89
	да	310	42,30	121	39,00	189	61,00				
Укупно		*733*	*100,00*	*321*	*43,80*	*412*	*56,20*				

% – хоризонтална структура *<0,05 **<0,01 ***<0,001

Астматични симптоми

Вероватноћа да ученици изложени дуванском диму имају астматичне симптоме је 29,3% већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући.

Респираторне сметње

Доказано је да је изложеност дуванском диму статистички значајан предиктор за појаву респираторних сметњи – шанса да ученици изложени дуванском диму у кући имају неку од респираторних сметњи је већа за 40% у односу на децу која нису изложена дуванском диму у кући.

ROC анализа сензитивности и специфичности појаве респираторних сметњи код деце у односу на ETS

Додатном ROC анализом (табела 55) сензитивности и специфичности појаве **респираторних сметњи** у односу на ETS у кући, у виду броја цигарета попушених дневно од стране родитеља, доказано је да ROC крива затвара статистички значајну површину под кривом ROC=0,547±0,021, p<0,031.

Табела 55. ROC крива – респираторне сметње и број цигарета које родитељи попуше дневно

Површина	CE	Sig.	95% CI	
			Доња	Горња
0,547	0,021	0,031*	0,504	0,589

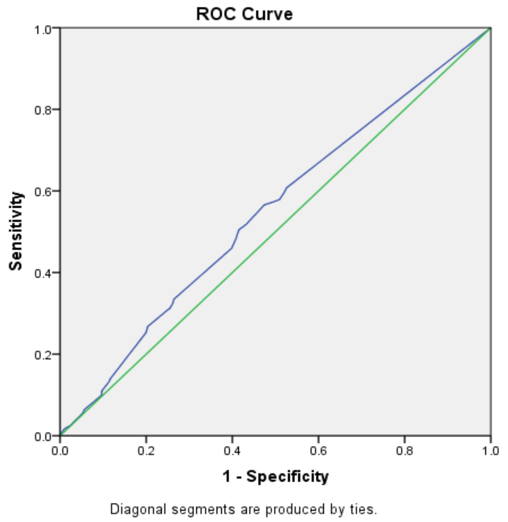
*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Табела 56. ROC крива – бронхијалне сметње и број цигарета које родитељи попуше дневно

Површина	CE	Sig.	95% CI	
			Доња	Горња
0,531	0,026	0,114	0,489	0,593

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Графикон 64. ROC крива – респираторне сметње и број цигарета попушених дневно од стране родитеља



Cut off вредности

Cut off	Сензитивност	Специфиност
1.5	59,80%	47,90%
6.5	50,50%	58,50%
10	33,40%	73,60%
15	26,70%	79,70%
21	13,80%	88,40%

***Cutt off* вредности**

– У случају < 2 цигарете⁄дан сензитивност појаве **респираторних сметњи** је 60%, а специфичност 47,9%;

– > 6 цигарета⁄дан сензитивност 50,5% за појаву респираторних сметњи, а специфичност 58,5%;

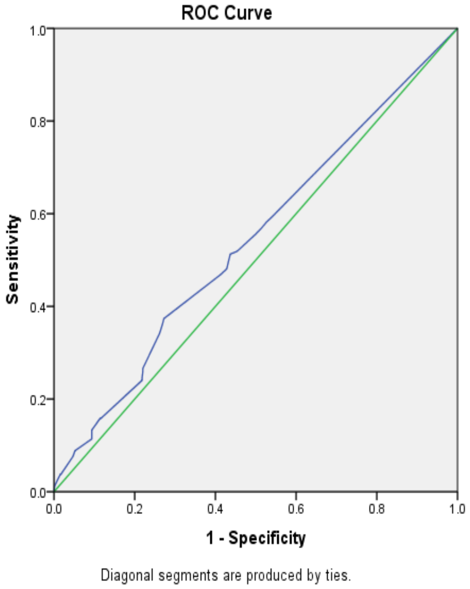
– > 10 цигарета⁄дан сензитивност пада испод 35%,

– > 15 цигарета⁄дан сензитивност пада испод 27%, а специфичност расте на 80%;

– > 20 попушених цигарета⁄дан специфичност за појаву респираторних сметњи расте изнад 88%.

ROC анализом (табела 56) сензитивности и специфичности појаве бронхијалних сметњи у односу на ETS у кући у виду броја цигарета попушених дневно од стране родитеља, доказано је да ROC крива затвара површину под кривом ROC=0,531±0,026, p=0,114 која није статистички значајна.

Графикон 65. ROC крива за бронхијалне сметње у односу на број цигарета које родитељи попуше у кући, на дан



Cut off вредности

Cut off	Сензитивност	Специфи ост
2.5	58,20%	47,30%
5.5	51,9%	54,50
11	48,1%	58,20%
15.5	26,60%	78,00%
21	15,80%	88,40%

У случају:

– < 2 цигарете⁄дан сензитивност појаве бронхијалних сметњи је 61%, а специфичност 47,3%, док је > 5 цигарете⁄дан сензитивност је 51,9% за појаву бронхијалних сметњи, а специфичност 58,2%,

– > 10 цигарета⁄дан сензитивност пада испод 48%

– > 15 цигарета⁄дан сензитивност пада испод 27%, а специфичност расте на 78%,

– > 20 попушених цигарета⁄дан специфичност за појаву бронхијалних сметњи расте изнад 88%.

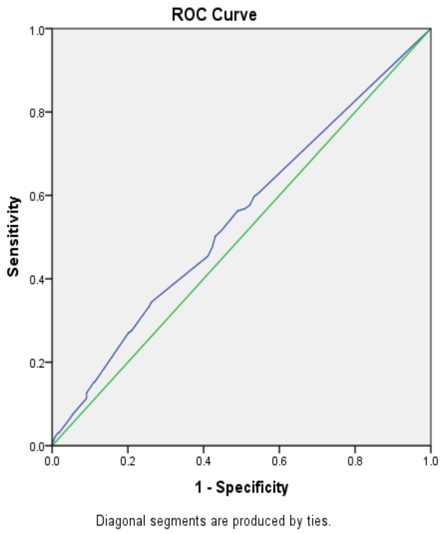
ROC анализом (табела 57) сензитивности и специфичности појаве астматичних сметњи у односу на изложеност дуванском диму у кући, представљено у виду броја цигарета које родитељи попуше на дан, доказано је да ROC крива затвара површину под кривом ROC=0,553 ± 0,023, p<0,05, и статистички је значајна.

Табела 57. ROC крива астматичних сметњи у односу на број цигарета које родитељи попуше на дан у кући

Површина	**СЕ**	**Sig.**	**95% CI**	
			Доња	**Горња**
0,553	0,023	0,050*	0,498	0,589

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Графикон 66. Респираторне сметње, бронхитични симптоми, астматични симптоми



Cut off	Сензитивност	Специфичност
2,5	57,60%	48,80%
5,5	51,5%	54,30%
11	34,9%	73,10%
23,5	15,3%	89,9%

У случају:

– < 2 цигарете⁄дан сензитивност појаве астматичних сметњи је виша од 58%, а специфичност 48,8%, док > 5 цигарете⁄дан сензитивност 51,5% за појаву астматичних сметњи, а специфичност 58,2%

– > 10 цигарета⁄дан сензитивност пада испод 35%

– > 20 попушених цигарета⁄дан специфичност за појаву астматичних сметњи расте изнад 89%.

Униваријантном логистичком регресионом анализом доказано је да је изложеност дуванском диму статистички значајан предиктор за појаву респираторних сметњи – шанса да ученици изложени дуванском диму у кући имају неку од респираторних сметњи већа је за 40% него код деце која у кући нису изложена дуванском диму. ROC анализом доказано је да је изложеност већем броју цигарета у вези са појавом респираторних сметњи, статистички значајно. У том смислу, приказани су примери сензитивности и специфичности у случају одређеног броја цигарета попушених од стране родитеља у кући, на дан:

– За < 2 цигарете⁄дан – имају сензитивност за појаву ових сметњи 60%,

– За > 6 цигарета⁄дан – сензитивност за појаву респираторних сметњи пада испод 50%, а специфичност расте на 58%,

– За > 20 попушених цигарета⁄дан специфичност за појаву респираторних сметњи расте изнад 88%.

Униваријантном логистичком регресионом анализом доказано је да су астматични симптоми, као и бронхијални симптоми појачани код деце која су изложена пасивном пушењу у кући, без предикторског значаја, са вероватноћом да је шанса да ученици изложени дуванском диму имају бронхијалне симптоме за 22,7% већа него код деце која нису изложена дејству дуванског дима у кући. Истовремено, вероватноћа да ученици изложени дуванском диму имају астматичне симптоме је за 29,3% већа него код деце која нису изложена дуванском диму у кући, а бронхијалне сметње су у предикторској повезаности са изложеношћу пасивном пушењу у кући (p<0,026).

ROC анализом сензитивности и специфичности доказано је да је изложеност већем броју цигарета на дан у вези са појавом астматичних симптома, статистички значајно.

Изложеност дуванском диму, родитељска оцена у односу на респираторне сметње појединачно у укупном узорку

У даљем тексту (табеа 58) биће анализирана изложеност дуванском диму и појава кашља, визинга, осталих симптома, астме и алергије. У кући у којој живи је дуванском диму изложено 412 ученика (58%), док остатак деце у стану/ кући није изложен утицају дуванског дима.

Табела 58. Изложеност дуванском диму и родитељска оцена физичког и менталног здравља деце

		Без изложености дуванском диму у кући		**Изложени дуванском диму у кући**		**Укупно**	**%**	**χ^2, sign.p**
		Број	**%**	**Број**	**%**			
Физичко здравље	Одлично	180	60,8	235	57,3	415	58,8	2,201 0,532
	Добро	104	35,1	156	**38,0**	260	36,8	
	Средње	12	4,1	17	4,1	29	4,1	
	Лоше	0	0,0	2	0,5	2	0,3	
Укупно		296	41,9	410	58,1	706	100,0	
Ментално здравље	Одлично	227	76,7	311	76,0	538	76,3	2,355 0,502
	Добро	65	22,0	95	**23,2**	160	22,7	
	Средње	4	1,4	2	0,5	6	0,9	
	Лоше	0	0,0	1	0,2	1	0,1	
Укупно		296	42,0	409	58,0	705	100,0	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Међу ученицима са одличном оценом физичког здравља, учешће деце која су изложена дуванском диму у кући најучесталија су деца са одличном оценом (57,3%), а значајно је више учешће и деце са истом оценом психичког здравља (76%).

У даљем раду анализирана је **изложеност дуванском диму** и **ниво образовања родитеља** (табела 59).

Табела 59. Степен едукације родитеља у односу на изложеност дуванском диму у кући

	Едукација	Изложеност дуванском диму у кући НЕ Број	НЕ %	ДА Број	ДА %	Укупно	%	χ^2, sign.p
Мајка	Без основне школе	0	0,0	**10**	**2,5**	10	1,4	17,460 0,002
	Основна школа	16	5,5	19	4,8	35	5,1	
	Средња стручна школа	103	35,3	**181**	**45,3**	284	41,0	
	Гимназија	38	13,0	52	13,0	90	13,0	
	Виша школа, универзитет	**135**	**46,2**	138	34,5	273	39,5	
Укупно		292	42,2	400	57,8	692	100,0	
Отац	Без основне школе	0	0,0	**6**	**1,5**	6	0,9	30,081 0,000
	Основна школа	2	0,7	**20**	**5,0**	22	3,2	
	Средња стручна школа	119	41,0	207	51,9	326	47,3	
	Гимназија	42	14,5	53	13,3	95	13,8	
	Виша школа, универзитет	**127**	**43,8**	113	28,3	240	34,8	
Укупно		290	42,1	399	57,9	689	100,0	

У односу на образовање мајке, у кући у којој живи дуванском диму је изложено 400 ученика (57,8%), а највише изложене деце је са мајкама са средњом стручном школом (45,3%), док међу децом која нису изложена ETS, мајке најчешће имају вишу или високу спрему. Доказана је статистички значајна разлика у едукацији мајке и изложености ETS ($p<0,002$).

У односу на образовање оца, у кући у којој живи је ETS изложено 399 ученика (57,9%), а највише изложене деце је са очевима са средњом стручном школом (51,9%), док међу децом која нису изложена ETS имају оца, који има најчешће вишу или високу спрему. Доказана је статистички значајна разлика у едукацији очева и изложености ETS код куће ($p<0,002$). Чешће су дуванском диму изложена деца чије мајке и очеви имају средњу школу од деце осталих родитеља у односу на степен едукације.

Даљом анализом повезаности родитељских социо-економских карактеристика, тачније степена едукације са здрављем деце, доказано је да су едукација родитеља и респираторне сметње код деце повезане. Табела са дистрибуцијом степена едукације и респираторних сметњи дата је у табели број 60).

Повезаност појаве респираторних сметњи код деце и степена едукације родитеља

Анализом повезаности респираторних сметњи код деце и степена едукације мајке и оца тестирањем разлика у дистрибуцији учешћа, доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији респираторних сметњи у односу на степен едукације мајке код „кашља икад”, „кашља ујутру (јесен⁄зима)”, као и код појаве „кашља дању или увече (јесен ⁄ зима)” (табела 60 и табела 61).

Табела 60. Степен едукације родитеља у односу на респираторне сметње

Симптоми	родитељ		Степен образовања родитеља					укупно
			Нема основну	основна	занат	средња	Виша и висока	
Кашаљ икад	мајка	број	6	7	73	23	43	152
		%	60,0	21,2	25,3	25,3	15,9	21,9
	отац	број	3	10	80	16	39	148
		%	50,0	45,5	24,2	17,2	16,4	21,5
Кашаљ ујутру (јесен/зима)	мајка	број	3	4	38	9	18	72
		%	30,0	12,1	13,3	9,9	6,6	10,4
	отац	број	1	8	37	10	15	71
		%	16,7	36,4	11,3	10,6	6,3	10,3
Кашаљ дан/ноћ (јесен/зима)	мајка	број	5	5	32	7	20	69
		%	55,6	15,2	11,1	7,7	7,3	9,9
	отац	број	2	6	41	3	17	69
		%	40,0	27,3	12,4	3,2	7,1	10,0
Кашаљ у континуитету 3 мес. (јесен/ зима)	мајка	број	1	1	12	2	6	22
		%	11,1	3,1	4,2	2,2	2,2	3,2
	отац	број	0	2	13	0	5	20
		%	0,0	9,1	4,0	0,0	2,1	2,9
Продуктиван кашаљ	мајка	број	3	1	33	11	19	67
		%	30,0	3,0	11,6	12,1	6,9	9,7
	отац	број	2	2	37	8	17	66
		%	33,3	9,1	11,3	8,3	7,1	9,6
Визинг икада	мајка	број	2	3	76	23	48	152
		%	20,0	8,8	26,5	25,0	17,5	21,8
	отац	број	1	3	84	12	49	149
		%	16,7	13,0	25,4	12,6	20,4	21,4
Визинг у последњих 12 месеци	мајка	број	2	2	25	11	24	64
		%	20,0	6,3	8,9	11,8	8,7	9,2
	отац	број	1	2	31	10	20	64
		%	16,7	9,1	9,5	10,3	8,4	9,3
Визинг после физичке активности	мајка	број	1	1	16	4	12	34
		%	10,0	3,0	5,6	4,3	4,3	4,9
	отац	број	0	2	17	3	10	32
		%	0,0	9,1	5,2	3,1	4,1	4,6
Суви кашаљ у последњих 12 месеци	мајка	број	2	1	49	12	37	101
		%	20,0	3,0	17,0	12,9	13,4	14,4
	отац	број	1	3	51	14	30	99
		%	16,7	13,6	15,4	14,4	12,4	14,2
Буђење због визинга у последњих 12 мес.	мајка	број	2	1	23	5	11	42
		%	20,0	3,0	8,0	5,4	4,0	6,0
	отац	број	1	2	25	2	12	42
		%	16,7	9,1	7,6	2,1	5,0	6,1

Табела 61. Тестирање разлика у дистрибуцији респираторних сметњи у односу на степен едукације мајке и/или оца

Родитељи	Мајка		Отац	
Респираторни симптоми	χ^2	**sig.**	χ^2	**sig.**
кашаљ икада	16,62	**0,002**	16,55	**0002*** **
кашље ујутру јесен зима	11,12	**0,025**	20,97	**0000*** **
кашље дању или ноћу (јесен ⁄ зима)	25,03	**0,000**	21,63	**0,000*** **
кашље непрекидно 3 месеца (јесен ⁄ зима)	3,884	0,422	7,823	0,098
продуктивни кашаљ	10,64	**0,031**	6,823	0,146
визинг икада	10,67	**0,030**	8,617	0,071
визинг у трајању од 12 месеци	2,610	0,625	0,749	0,945
визинг после физичке активности	1,415	0,842	2,153	0,708
суви кашаљ у трајању од 12 месеци	5,722	0,221	1,016	0,907

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Мајке деце са овим сметњама најчешће имају незавршену основну школу или само основну школу. Учешће мајки са незавршеном школом, чија деца имају респираторне сметње кашља износи од 30 до 60%, а мајке са завршеном основном школом и децом са поменутим сметњама, имају учешће од 12 до 22%.

Учешће очева са незавршеном школом чија деца имају респираторне сметње (*кашаљ иначе, ујутру, у трајању од најмање 3 месеца*) износи од 16 до 50%, док очеви са завршеном основном школом и децом са поменутим сметњама, имају учешће од 27 до 46%. *Продуктивни кашаљ* и *визинг икада* код ђака из студије, у односу на степен едукације мајке и оца су статистички различито.

Мајке најчешће немају основну школу, а очеви деце са овим симптомима имају и завршену основну школу.

Визинг икада код ђака из студије је сметња која је у односу на степен едукације мајке статистички различита.

Мајке најчешће имају занат или средњу школу, а очеви ове деце имају и занат, али не и незавршену основну школу.

Анализом повезаности алергије и астме код деце и степена едукације мајке и оца тестирањем разлика у дистрибуцији учешћа, доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији икада дијагностиковане астме у односу на степен едукације оца.

Икада дијагностификована астма је највеће учешће има у односу на степен образовања код деце са мајкама са непотпуном и са основном школом (25,9%) , астма лечена у последњих 12 месеци је такође најзаступљенија међу мајкама са непотпуном и са основном школом (25,9%), икада појава алергије у деце је најзаступљенија међу децом са мајкама са непотпуном и са основном школом (44,3%) ,а икада подтављена дијагноза алергије у деце је такође најзаступљенија међу децом са мајкама са непотпуном и са основном школом (28,6%),без статистички значајније разлике.

Табела 62. Степен едукације родитеља у односу на астму и алергију

			Степен образовања родитеља					Укупно
			Нема основну	**основна**	**занат**	**средња**	**Виша и висока**	
Икада дијагноза астме	мајка	број	2	2	44	15	29	92
		%	20,0	5,9	15,3	16,3	10,6	13,2
	отац	број	1	1	55	5	30	92
		%	16,7	4,3	16,6	5,2	12,6	13,2
Лечена астма у последњих 12 месеци	мајка	број	2	2	29	10	23	66
		%	20,0	5,9	10,1	10,9	8,4	9,4
	отац	број	1	1	39	2	24	67
		%	16,7	4,3	11,7	2,1	10,1	9,6
Икада алергија	мајка	број	3	5	64	15	62	149
		%	30,0	14,3	24,7	17,9	25,3	23,5
	отац	број	2	2	80	12	52	148
		%	33,3	9,5	26,5	13,6	24,5	23,5
Постављена дијагноза алергије	мајка	број	2	3	55	14	52	126
		%	20,0	8,6	18,7	15,1	18,6	17,7
	отац	број	1	1	67	12	43	124
		%	16,7	4,3	19,9	12,4	17,6%	17,6%

Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији икада дијагностиковане астме у односу на степен едукације оца. Очеви деце са овом дијагнозом најчешће имају занат или вишу и високу школску спрему .Код појаве алергије није доказана значајнија разлика иакоје појава астме најучесталија код најнижег степена образовања очева као и појава алергија код ученика.

Табела 63. Тестирање разлика у дистрибуцији астме и алергије код деце у односу на степен едукације мајке и/или оца

Родитељи	**мајка**		**отац**	
Астма и алергија	χ^2	**sig.**	χ^2	**sig.**
икада дијагностикована астма	5,495	0,240	10,319a	**0,035***
лечена астма у последњих 12 месеци	2,533	0,639	9,232a	0,056
алергија	4,026	0,402	8,985a	0,061
Dg алергије	2,856	0,582	5,896a	0,207

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Када се анализира нека запосленост родитеља у односу на врсту респираторних , асматичних или бронхитичних сметњи резултат је следећи (табела 64):

Табела 64. Запосленост родитеља у односу на респираторне сметње

		Мајка		Отац	
		N	%	N	%
Кашаљ икад	Незапослени	57	24,1	54	22,0
	Запослени	94	20,6	89	20,9
	χ^2, p sign	1,111	p=0,292	0,112	p=0,738
Кашаљ ујутро (јесен/зима)	Незапослени	29	12,3	27	11,1
	Запослени	44	9,6	42	9,9
	χ^2	1,253	p=0,263	0,244	p=0,621
Кашаљ дан/ноћ (јесен/зима)	Незапослени	31	13,1	27	11,0
	Запослени	41	8,9	41	9,6
	χ^2	2,899	p=0,089	0,344	p=0,557
Кашаљ у континуитету 3 мес. (јесен/ зима)	Незапослени	5	2,2	9	3,7
	Запослени	16	3,5	12	2,8
	χ^2	0,952	p=0,329	0,418	p=0,518
Продуктивни кашаљ	Незапослени	25	10,7	27	11,0
	Запослени	41	8,9	35	8,3
	χ^2	0,606	p=0,436	1,372	p=0,241
Визинг икад	Незапослени	46	19,5	45	18,1
	Запослени	104	22,5	99	23,1
	χ^2	0,818	p=0,366	2,328	p=0,127
Визинг у последњих 12 месеци	Незапослени	21	9,0	25	10,1
	Запослени	44	9,6	37	8,7
	χ^2	0,068	p=0,794	0,351	p=0,554
Визинг после физичке активности	Незапослени	9	3,8	13	5,2
	Запослени	25	5,4	19	4,5
	χ^2	0,85	p=0,357	0,191	p=0,662
Суви кашаљ у последњих 12 месеци	Незапослени	38	16,0	39	15,7
	Запослени	63	13,6	57	13,3
	χ^2	0,729	p=0,393	0,789	p=0,374
Буђење због визинга у последњих 12 месеци	Незапослени	14	5.9	19	7,7
	Запослени	29	6.3	21	4,9
	χ^2	0,032	p=0,858	2,18	p=0,140

Већи је проценат деце са кашљем икада, као и кашљем ујутру, кашљем дан/ноћ, сувим кашљем међу незапосленим мајкама у односу на запослене, без значајније разлике.

Међу незапосленим ошевима већи је проценат деце са кашљем икада, као и кашљем ујутру, кашљем дан/ноћ, продуктивним кашљем, визингом и сувим кашљем у односу на запослене, без значајније разлике.

Када се анализира нека врста социјалне помоћи коју прима породица ђака, од државе, резултат је следећи. Од 13 (1,9%) деце чији родитељи примају социјалну помоћ, 11 (1,8%) је изложено дуванском диму, а само двоје ученика чији родитељи примају социјалну помоћ није у групи изложених дуванском диму. Највећи број анкетираних ученика чији су родитељи примаоци помоћи изложени су дуванском диму у кући.

Табела 65. Дистрибуција у односу на остваривање породичне социјалне помоћи и у односу на изложеност ученика дуванском диму у кући

		Без изложености дуванском диму у кући		Изложени дуванском диму у кући		Укупно	%	χ^2, sign.p
		Број	**%**	**Број**	**%**			
Социјална помоћ	Без соц. помоћи	292	99,3	400	97,3	692	98,2	3,993 0,136
	Да, понекад	1	0,3	3	0,7	4	0,6	
	Социјална помоћ	1	0,3	8	1,9	9	1,3	
Укупно		294	41,7	411	58,3	705	100,0	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Даљом анализом повезаности родитељских социо-економских карактеристика, тачније примања неке врсте социјалне помоћи са здрављем деце, доказано је да су нека врста социјалне помоћи родитеља и респираторне сметње код деце повезане.

Табела са дистрибуцијом ученика чији су родитељи примаоци неке врсте социјалне помоћи и респираторних сметњи (табела 66). Значајне повезаности су доказане између кашља *дању или ноћу (јесен / зима)*, у смислу да су значајно чешће родитељи деце са тим симптомом и примаоци социјалне помоћи (p<0,001). Код *кашља непрекидно три месеца у јесен/зиму* значајно чешће родитељи нису примаоци социјалне помоћи (p<0,038).

У случају *визинг у последњих 12 месеци* значајно чешће су родитељи примаоци социјале помоћи (p<0,019).

Табела 66. Социјална помоћ у односу на респираторне сметње

Учешће ученика са респираторним сметњама и Dg астме, алергије у укупном узорку свих ученика*	N/ %	Државна помоћ			Укупно	χ^2,sign.
		Не	**Понекад**	**Редовно**		
Кашаљ икада	N	149	1	5	155	4,867
	%	21,6	33,3	50,0	22.0	0,088
Кашаљ ујутру (јесен/зима)	N	71	1	2	74	3,010
	%	10,3	33,3	22,2	10,5	0,222
Кашаљ дан/ноћ (јесен/зима)	N	67	1	4	72	13,503**
	%	9,7	33,3	44,4	10,2	0,001
Кашаљ у континуитету 3 месеца (јесен/зима)	N	21	1	0	22	6,565*
	%	3,1	25,0	0,0	3,2	0,038
Продуктивни кашаљ	N	66	1	1	68	1,937
	%	9,6	33,3	10,0	9,7	0,380
Визинг икада	N	152	1	1	154	0,842
	%	21,9	25,0	10,0	21,7	0,656
Визинг у последњих 12 месеци	N	62	2	1	65	7,974*
	%	9,0	50,0	10,0	9,2	0,019
Визинг после физичке активности	N	32	1	1	34	4,225
	%	4,6	25,0	10,0	4,8	0,121
Суви кашаљ у последњих 12 месеци	N	100	1	0	101	2,049
	%	14,3	25,0	0,0	14,2	0,359
Буђење због визинга у последњих 12 месеци	N	42	1	0	43	3,159
	%	6,1	25,0	0,0	6,1	0,206
Икада дијагноза астме	N	92	1	1	94	0,572
	%	13,2	25,0	10,0	13,3	0,751
Лечена астма у последњих 12 месеци	N	66	1	1	68	1,108
	%	9,5	25,0	10,0	9,6	0,575
Икада алергија	N	151	1	0	152	2,198
	%	23,9	25,0	0,0	23,7	0,333
Постављена дијагноза алергије	N	127	1	0	128	2,321
	%	17,9	25,0	0,0	17,%	0,313

У даљој анализи биће приказана повезаност социо-економских карактеристика са појавом респираторних сметњи код ученика.

Корелација социо-економских показатеља и појаве респираторних сметњи код ученика

У даљем тексту, анализиране су повезаности социо-економских карактеристика родитеља, и то изложености дуванском диму, степена едукације мајке и оца, примаоци неке врсте социјалне помоћи породици, као и запосленост родитеља, са респираторним здрављем деце. Табела 67. са приказом корелација социо-економских карактеристика родитеља и респираторних сметњи дата је у наставку, а резултат је следећи.

Табела 67. Корелација социо-економских показатеља и појаве респираторних сметњи код ученика

		ETS у кући	Број цигарета	Образовање		Социјална помоћ	Запосленост	
				мајке	оца		мајке	оца
Кашаљ икада	R	0,050	**,087***	**-0,122****	**-0,132****	**0,083***	-0,040	-0,013
	p	0,191	**0,024**	**0,001**	**0,001**	**0,028**	0,292	0,738
	N	693	681	693	689	704	694	670
Кашаљ ујутро (јесен⁄зима)	R	0,027	0,41	**-0,116****	**-,123****	0,055	-0,042	-0,019
	p	0,483	0,88	**0,002**	**0,001**	0,143	0,264	0,622
	N	692	680	692	689	703	694	670
Кашаљ дан/ноћ (јесен⁄зима)	R	0,033	**0,084***	**-0,121****	**-,133****	**0,138****	**-0,085***$^{}$	-0,023
	p	0,384	**0,028**	**0,001**	**0,000**	**0,000**	**0,049**	0,558
	N	695	683	695	691	706	696	672
Кашаљ конст. 3 месеца (јесен⁄зима)	R	0,005	0,063	-0,060	-0,068	0,011	0,037	-0,025
	p	0,894	0,103	0,114	0,075	0,780	0,330	0,519
	N	688	675	687	684	698	688	666
Продуктивни кашаљ	R	0,008	0,054	-0,069	**-0,077***	0,015	-0,030	-0,045
	p	0,844	0,160	0,069	**0,043**	0,686	0,437	0,242
	N	692	682	693	690	704	694	670
Визинг икада	R	0,065	**0,075**	-0,053	-0,038	-0,031	0,034	0,059
	p	0,085	**0.050**	0,162	0,316	0,415	0,366	0,127
	N	697	686	698	695	709	699	676
Визинг у последњих 12 месеци	R	-0,031	-0,007	-0,008	-0,021	0,035	0,010	-0,023
	p	0,419	0,853	0,825	0,590	0,350	0,794	0,554
	N	691	681	693	689	703	693	670
Визинг након физичке активности	R	-0,015	-0,023	-0,026	-0,028	0,049	0,035	-0,017
	p	0,684	0,542	0,500	0,454	0,188	0,357	0,662
	N	697	687	698	695	709	699	676
Суви кашаљ у последњих 12 месеци	R	0,020	0,072	-0,018	-0,034	-0,039	-0,032	-0,034
	p	0,592	0,058	0,639	0,363	0,295	0,394	0,375
	N	700	689	701	698	712	702	678
Пробуђен визингом у последњих 12 месеци	R	0,053	**0,083**	**-0,077**	-0,067	-0,011	0,007	-0,057
	p	0,162	**0,031***	**0,042***	0,076	0,771	0,858	0,140
	N	697	685	697	694	708	698	675

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Доказана је статистички значајна корелација између појаве *кашља иначе* и броја цигарета попушених у кући, чешће је већи број попушених цигарета у корелацији са кашљом иначе. Доказана је статистички значајна обрнута корелација између *кашља икада* и образовања мајке и оца, чешће родитељи са мањим степеном едукације имају децу са овим сметњама. Доказана је статистички значајна обрнута корелација између *кашља икада* и социјалне помоћи, чешће родитељи са сталном и повременом помоћи државе имају децу са овим сметњама.

Доказана је статистички значајна обрнута корелација између *кашља ујутру (јесен/зима)* и образовања, чешће родитељи са мањим степеном едукације имају децу са овим сметњама.

Доказана је статистички значајна обрнута корелација између *кашља дању и увече (јесен/зима) и* образовања родитеља: чешће родитељи са мањим степеном едукације имају децу са овим сметњама, као и корелација са већим бројем цигарета и незапосленошћу мајке.

Појава *продуктивног кашља* и ниже образовање оца су у статистички значајној корелацији. *Визинг икада* је у статистички значајној корелацији са већим бројем попушених цигарета/дан. *Буђење због визинга у последњих 12 месеци* и нижи степен образовања мајке су у статистички значајној корелацији, као и са већим бројем попушених цигарета, на дневној бази.

Табела 68. Корелација социо-економских показатеља и појаве астме и алергије код ученика

		ETS у кући	**Број цигарета**	**Едукација мајке**	**Едукација оца**	**Социјална помоћ**	**Запосленост мајке**	**Запосленост оца**
+Dg астме	R	0,022	0,062	-0,041	-0,039	-0,003	0,008	0,034
	p	0,556	0,102	0,276	0,305	0,935	0,840	0,373
	N	697	686	698	695	709	699	676
Лечена астма/12 мес.	R	0,017	0,045	-0,026	-0,024	0,014	-0,020	0,017
	p	0,655	0,234	0,497	0,534	0,717	0.602	0,657
	N	698	687	699	696	710	700	677
Алергија	R	0,000	-0,003	0,020	-0,010	-0,054	0,056	0,026
	p	0,992	0,932	0,607	0,798	0,172	0,158	0,524
	N	632	623	633	629	642	636	617
+Dg алергије	R	0,029	-0,001	0,019	-0,006	-0,048	**0,085**	0,033
	p	0,440	0,984	0,616	0,873	0,195	**0,023***	0,388
	N	710	699	711	706	722	712	686

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Дијагноза алергије и запосленост мајке су у статистички значајној корелацији.

Дијагноза алергије је у корелацији са радном активношћу мајке (p<0,023), док остале социо-економске карактеристике родитеља нису у сигнификантној корелацији са астмом и појавом алергије последњих 12 месеци.

Корелација бронхитичних и астматичних симптома, респираторних сметњи са социо-економским карактеристикама породице

У даљем тексту анализиране су повезаности социо-економских карактеристика родитеља, и то старост родитеља, изложености дуванском диму, степен едукације мајке и оца, као и запосленост родитеља, са респираторним здрављем деце.

Табела корелација социо-економских карактеристика родитеља и респираторних сметњи дата је у наставку (табела 69), чији се резултати тумаче на следећи начин: није доказана корелација између појаве респираторних, бронхитичних сметњи и асматичних симптома и неке врсте социјалне помоћи породици.

Појава респираторних сметњи је у статистички значајној корелацији са млађим родитељима, са изложеношћу дуванском диму у кући, као и већим бројем попушених цигарета⁄дан, са нижим степеном образовања родитеља, али не и са запосленошћу родитеља.

Појава бронхитичних сметњи је у статистички значајној корелацији са млађим родитељима, са већим бројем попушених цигарета⁄дан, са нижим степеном образовања родитеља, али не и са запосленошћу родитеља.

Табела 69. Корелација социо-економских показатеља и респираторних сметњи

	Старост мајке		**Старост оца**		**Изложеност дуванском диму**		**Број цигарета⁄дан**	
	R	**p**	**R**	**p**	**R**	**p**	**R**	**p**
Респираторне сметње	**-0,092**	**0,015***	**-0,083**	**0,029***	**0,082**	**0,026***	**0,083**	**0,024***
Бронхитичне сметње	**-0,110**	**0,003****	**-0,091**	**0,017***	0,041	0,263	0,061	0,098
Асматичне сметње	**-0,094**	**0,013***	**-0,076***	**0,047***	0,058	0,114	**0,073***	**0,048***
	Образовање мајке		**Образовање оца**		**Запосленост мајке**		**Запосленост оца**	
	R	**p**	**R**	**p**	**R**	**p**	**R**	**p**
Респираторне сметње	**-0,078**	**0,038***	**-0,080**	**0,033***	0,028	0,539	0,053	0,163
Бронхитичне сметње	**-0,114**	**0,002****	**-0,128**	**0,001****	-0,040	0,291	-0,011	0,775
Асматични симптоми	**-0,061**	**0,105**	**-0,063**	0,092	0,039	0,299	0,043	0,265

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Појава астматичних симптома је у статистички значајној корелацији са млађим родитељима, са већим бројем попушених цигарета⁄дан, али не и са степеном образовања родитеља, или са запосленошћу родитеља.

Респираторне сметње су у статистички значајној корелацији са чешћим плућним инфекцијама деце до две године старости ($p<0,0001$), присуством ETS у кући ($p<0,010$).

Табела 70. Корелација бронхитичних и астматичних симптома, респираторних сметњи са социо-економским карактеристикама

Симптоми/ сметње		Плућне инфекције до 2. год.	Тежина на рођењу < 2500 g	Дојење	Место боравка од рођења	Густина саобраћаја	Тип куће/ стана
Респираторне сметње	R	0,328	0,042	-0,025	-0,027	0,000	0,000
	p	0,000***	0,258	0,501	0,461	0,998	0,994
	N	728	712	731	727	708	698
Бронхитичне сметње	R	0,329	-0,006	-0,002	0,018	-0,126	-0,108
	p	0,000***	0,879	0,948	0,633	0,001	0,004
	N	728	712	731	727	708	698
Асматични симптоми	R	,321	0,025	-0,003	-0,057	0,008	0,020
	p	0,000***	0,501	0,942	0,125	0,840	0,602
	N	728	712	731	727	708	698

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Бронхитични симптоми су у статистички значајној корелацији са чешћим плућним инфекцијама деце до навршене друге године (p<0,0001), густином саобраћаја у месту живљења (p<0,001), типом стамбеног објекта (p<0,004).

Астматични симптоми су у статистички значајној корелацији са чешћим плућним инфекцијама деце до навршене друге године (p<0,0001), ETS у кући (p<0,048).

Повезаност појединачних респираторних симптома и сметњи са појавом бронхитиса и астме

Табела са анализом повезаности појединачних симптома и сметњи са респираторним здрављем деце, у смислу присутног бронхитиса и астме, дата је у наставку (табела број 55), са следећим тумачењем: појава бронхитичних симптома је у статистички значајној, директној корелацији са сваким од појединачних симптома.

Појава астматичних симптома је у статистички значајној, директној корелацији са сваким од појединачних симптома.

Табела 71. Корелација бронхитичних, астматичних симптома и других респираторних сметњи у односу на појаву појединачних симптома

Симптоми		**Кашаљ иначе**	**Кашље ујутро (јесен/ зима)**	**Кашље дан/ноћ (јесен/зима)**	**Кашље непрекидно 3 месеца (јесен/зима)**	**Продукт искашљавања**	**+Dg астме**	**Лечена астма/ 12 мес.**
Симптоми бронхитиса	R	0,999	0,671	0,649	0,358	0,637	0,426	0,380
	p	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
	N	717	716	719	711	717	719	720
Астматични симптоми	R	0,483	0,260	0,291	0,208	0,441	0,578	0,481
	p	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
	N	717	716	719	711	717	719	720
Респираторне сметње	R	0,623	0,412	0,398	0,217	0,388	0,458	0,381
	p	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
	N	717	716	719	711	717	719	720
симптоми		Визинг икада	Визинг у посл.12 месеци	Визинг након физ.актив.	Суви кашаљ у посл.12 м.	Пробуђен визингом у посл.12 мес.	Алергија	+Dg алергије
Симптоми бронхитиса	R	0,427	0,429	0,327	0,354	0,362	0,369	0,284
	p	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
	N	719	716	722	724	720	724	735
Астматични симптоми	R	0,779	0,487	0,347	0,603	0,378	0,681	0,319
	p	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
	N	719	716	722	724	720	724	735
Респираторне сметње	R	0,620	0,386	0,273	0,475	0,298	0,540	0,536
	p	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***
	N	719	716	722	724	720	724	735

*<0,05 ,**<0,01 ,***<0,001

Појава респираторних сметњи је у статистички значајној, директној корелацији са сваким од појединачних симптома.

4.5. РЕЗУЛТАТИ СПИРОМЕТРИЈЕ

4.5.1. Просечне вредности показатеља спирометрије према полу и старости у укупном узорку ученика

У табели 72 и на графиконима који следе приказане су вредности FVC у укупном узорку.

На основу вредности се може закључити да се просечна вредност FVC не разликује значајније између дечака и девојчица, а просечан FVC је незнатно виши код дечака.

Табела 72. Просечна вредност FVC, FEV1 и FEV1/FVC према полу у укупном узорку

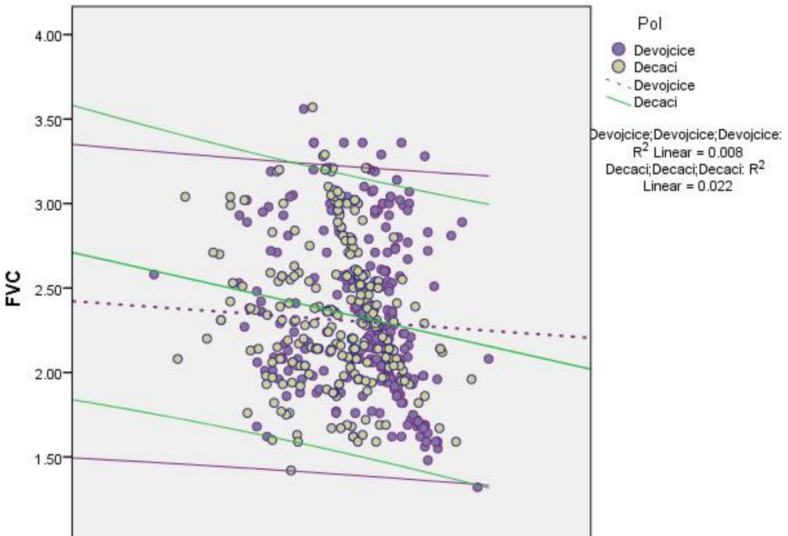
		Број	Просек	СД	95% CI		Мин.	Макс.	ANOVA, sig.
					Доња	**Горња**			
FVC	Женски	271	2,30	0,46	2,25	2,36	1,32	3,56	2,123 p=0,150
	Мушки	272	2,36	0,42	2,31	2,41	1,42	3,57	
	Укупно	543	2,33	0,44	2,29	2,37	1,32	3,57	
FEV_1	Женски	271	2,00	0,40	1,96	2,05	1,25	3,00	0,031 p=0,870
	Мушки	271	2,01	0,36	1,97	2,05	1,17	2,99	
	Укупно	542	2,01	0,38	1,98	2,04	1,17	3,00	
FEV_1/FVC	Женски	271	86,90	6,17	86,16	87,64	0,82	95,10	12,541 0,000***
	Мушки	272	85,42	3,02	85,06	85,78	75,12	94,00	
	Укупно	543	86,16	4,91	85,75	86,57	0,82	95,10	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

У укупном узорку, без обзира на старост ученика обухваћених истраживањем просечна вредност FEV_1 се не разликује значајније између дечака и девојчица, а просечан FEV_1 је незнатно виши код дечака.

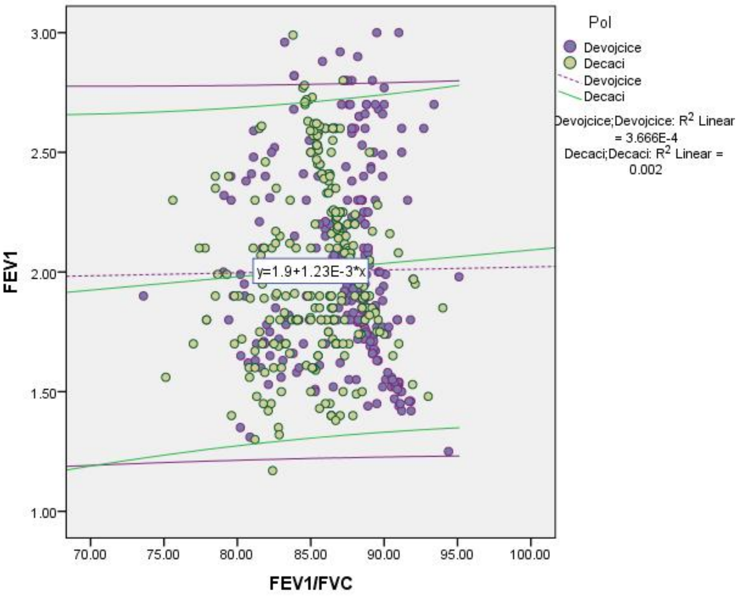
У укупном узорку, просечна вредност односа FEV_1/FVC се разликује значајно између дечака и девојчица, а просечан FEV_1/FVC је статистички значајно виши код девојчица (p<0,0001). На графиконима који следе је приказан однос FVC и FEV_1/FVC међу половима, као измерене вредности FEV_1 и однос ових вредности са вредностима FEV_1/FVC међу половима.

Графикон 67. Однос FVC и FEV_1/FVC међу половима



Тренд кретања односа вредности FEV_1/FVC и вредности FVC код дечака је опадајући са већим коефицијентом него код девојчица.

Графикон 68. Однос FVC и FEV_1/FVC међу половима



Тренд кретања односа вредности FEV_1/FVC и вредности FEV_1 код дечака је растући са нешто већим линеарним коефицијентом него код девојчица.

Анализом ROC криве повезаности вредности спирометрије са полом добијени су следећи резултати (табела 73, графикон 69).

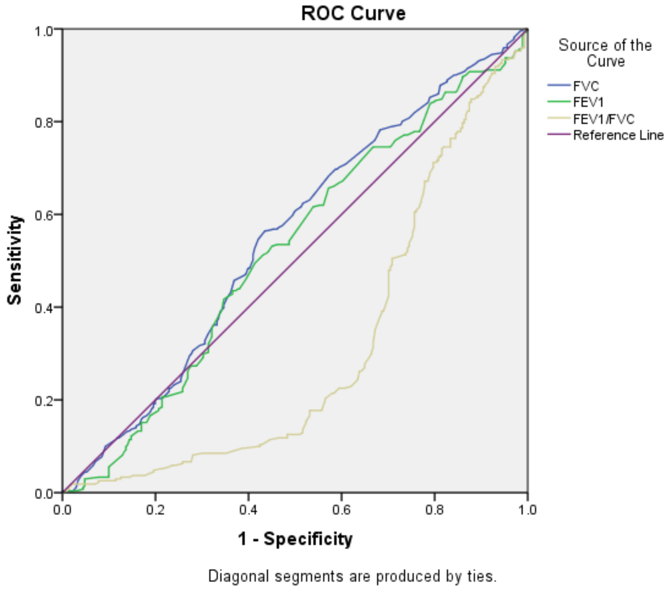
Табела 73. Површина под кривом (AUC) у односу на пол

Спирометрија	Површина	СЕ	Sig.	95% CI	
				Доња	Горња
FVC	**0,549**	**0,025**	**0,050***	**0,500**	**0,597**
FEV_1	0,522	0,025	0,379	0,473	0,571
FEV_1/FVC	**0,308**	**0,023**	**0,000*** **	**0,262**	**0,354**

Испитивањем повезаности висине FVC, FEV_1 и односа FEV_1/FVC у односу на пол, добијена површина испод ROC криве (ROC = *Reciever operator characteristic curve*) код FVC је статистистички значајна и износи 54,9%, код случајно одабраних испитаника мушког пола у односу на девојчице (ROC=0,549±0,025, за p<0,050).

Добијена површина испод ROC криве за FEV_1 износи 52,2% (ROC=0,522±0,025, за p=ns), а добијена површина испод ROC криве код висине FEV_1/FVC је статистистички значајна и износи 30,8% (ROC=0,308±0,023, за p<0,0001).

Графикон 69. ROC крива вредности спирометрије код деце у односу на пол



AUC дечака за FEV_1/FVC захвата значајну површину у односу на девојчице (p<0,0001), као и AUC код дечака за FVC (p<0,050).

Вредности спрометрије према полу и старости

У табели 74 су приказане :

- просечна вредност FVC, као и FEV_1, затим, однос FVC и FEV_1/FVC код девојчица, у односу на њихову старост.

У узорку испитиваних девојчица, просечна вредност FVC разликује се значајно у односу на старост девојчица; статистички значајно је виши код најстаријих девојчица (p<0,0001), као и просечан FEV_1, који је статистички значајно виши код најстаријих девојчица (p<0,0001).

Табела 74. Просечне вредности спирометрије код девојчица према старости

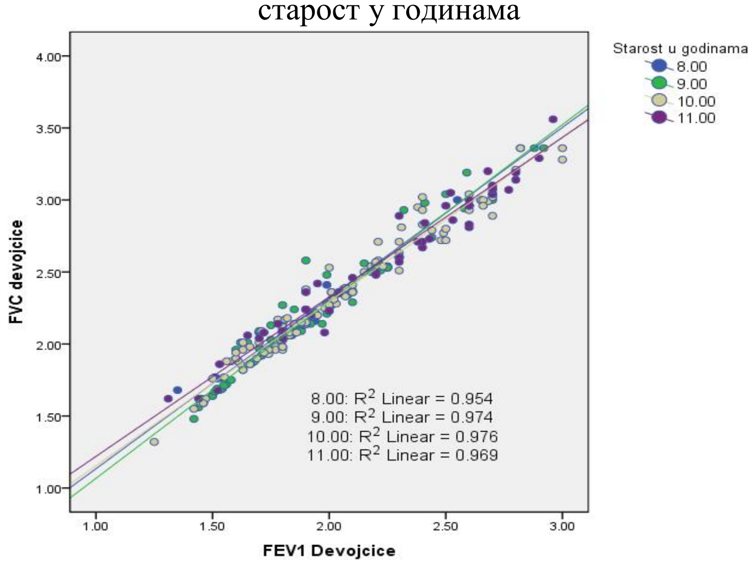
ДЕВОЈЧИЦЕ										
	Године старости	Број	Просек	SD	SE	95% CI		Мин.	Макс.	ANOVA
						Доња	Горња			
FVC	8	13	1,99	0,38	0,10	1,76	2,21	1,68	3,00	11,863 p<0,000***
	9	97	2,17	0,43	0,04	2,09	2,26	1,48	3,36	
	10	112	2,32	0,44	0,04	2,24	2,41	1,32	3,36	
	>11	49	2,58	0,47	0,07	2,45	2,72	1,62	3,56	
	Укупно	271	2,30	0,46	0,03	2,25	2,36	1,32	3,56	
FEV_1	8	13	1,72	0,31	0,09	1,54	1,91	1,35	2,55	11,826 p<0,000***
	9	97	1,90	0,34	0,03	1,83	1,97	1,42	2,92	
	10	112	2,03	0,38	0,04	1,96	2,10	1,25	3,00	
	>11	49	2,24	0,43	0,06	2,12	2,36	1,31	2,96	
	Укупно	271	2,00	0,40	0,02	1,96	2,05	1,25	3,00	
FEV_1/ FVC	8	13	87,05	3,75	1,04	84,78	89,31	80,20	91,02	0,448 p=0,719/ns
	9	97	87,45	3,42	0,35	86,76	88,14	73,60	91,98	
	10	112	86,48	8,70	0,82	84,85	88,11	0,82	94,39	
	>11	49	86,71	3,38	0,48	85,74	87,69	79,58	95,10	
	Укупно	271	86,90	6,17	0,37	86,16	87,64	0,82	95,10	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Вредност односа ових мера спирометрије изражен као FEV_1/FVC је, код девојчица, у односу на њихову старост од 8. до 11. године опала, али не статистички значајно.

На графикону 70 који следи је приказан однос FVC и FEV_1/FVC код девојчица, у односу на њихову навршену старост у годинама.

Графикон 70. Однос FVC и FEV1/FVC код девојчица, у односу на њихову навршену старост у годинама



Тренд кретања FVC и FEV_1/FVC код девојчица у односу на њихову навршену старост

Тренд кретања вредности односа FEV и FVC_1 код девојчица према старости је растући, а коефицијент R је статистички високо значајан у свакој појединачној навршеној години живота. У табели 75 која следи је приказана просечна вредност FVC, као и FEV_1, затим однос FVC и FEV_1/FVC код дечака у односу на њихову навршену старост.

Табела 75. Просечне вредности спирометрије код дечака према старости

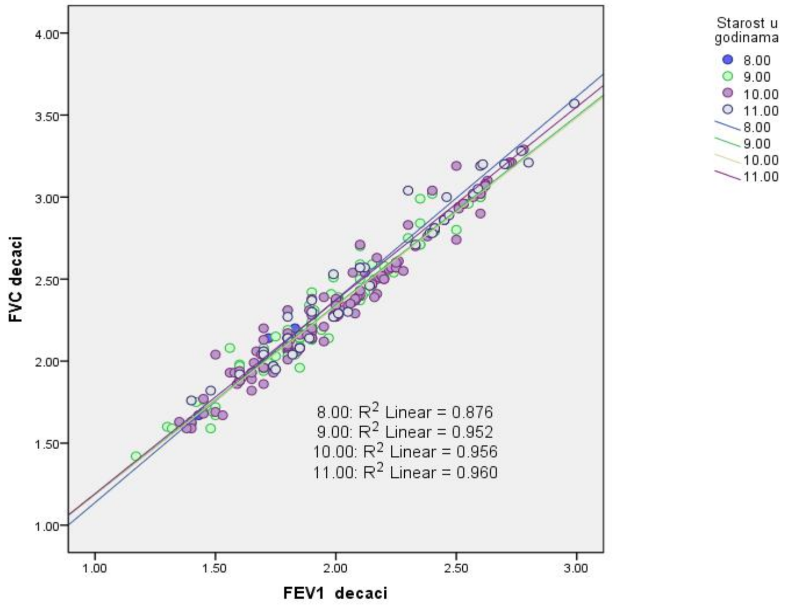
Дечаци										
	Године старости	Број	Просек	SD	SE	95% CI		Мин.	Макс.	ANOVA
						Доња	Горња			
FVC	8	8	2,05	0,22	0,08	1,86	2,23	1,67	2,42	5,741 p<0,001***
	9	95	2,28	0,40	0,04	2,20	2,36	1,42	3,07	
	10	123	2,36	0,40	0,04	2,29	2,44	1,59	3,29	
	>11	46	2,54	0,49	0,07	2,40	2,69	1,76	3,57	
	Укупно	272	2,36	0,42	0,03	2,31	2,41	1,42	3,57	
FEV_1	8	8	1,75	0,19	0,07	1,59	1,91	1,43	2,12	4,444 p<0,005**
	9	95	1,95	0,34	0,03	1,88	2,02	1,17	2,62	
	10	123	2,03	0,34	0,03	1,97	2,09	1,35	2,78	
	>11	45	2,13	0,42	0,06	2,01	2,26	1,40	2,99	
	Укупно	271	2,01	0,36	0,02	1,97	2,05	1,17	2,99	
FEV_1/ FVC	8	8	85,54	2,57	0,91	83,39	87,69	80,30	87,60	3,987 p<0,008**
	9	95	85,43	3,14	0,32	84,79	86,07	75,12	94,00	
	10	123	85,90	2,84	0,26	85,39	86,40	77,00	92,12	
	>11	46	84,12	3,00	0,44	83,23	85,01	75,60	89,70	
	Укупно	272	85,42	3,02	0,18	85,06	85,78	75,12	94,00	

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Доказана је статистички значајна разлика у висини FVC, као и FEV_1 у односу на старост, као и код односа ова два мерења – вредности односа FEV1/FVC, где је доказана значајна разлика ових измерених вредности у односу на старост, код, истраживањем обухваћених, дечака.

На графикону 71 је приказан однос FVC и FEV_1/FVC код дечака у односу на њихову навршену старост у годинама.

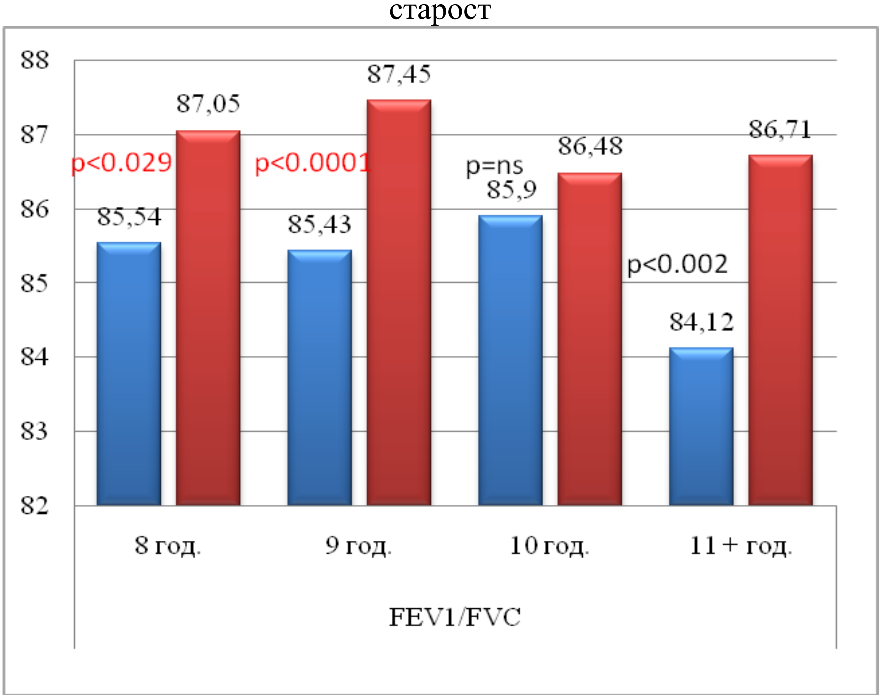
Графикон 71. Однос FVC и FEV_1/FVC код дечака у односу на њихову навршену старост у годинама



Тренд кретања FVC и FEV1/FVC код дечака у односу на њихову навршену старост

Тренд кретања вредности односа FEV и FVC_1 код дечака према старости је растући, а коефицијент R је статистички значајно висок за сваку појединачну навршену годину живота.

Графикон 72. Просечне вредности FEV_1/ FVC и код девојчица и дечака, у односу на старост



И девојчице и дечаци имају статистички високозначајне R коефицијенте линеарног тренда кретања вредности, односно корелације FEV1 и FVC, а примећено је да је R коефицијент тренда кретања ових вредности код девојчица старости 8 година нешто виши него код дечака.

Анализом вредности односа мера спирометрије израженом као FEV_1/FVC код девојчица у односу на дечаке је приказана у графикону који следи, у односу на навршене године старости, доказано је следеће.

Девојчице су имале виши однос FEV_1/FVC у односу на дечаке са навршених 8 година (p<0,019), у 9 година (p<0,019), као и у 11 година (p<0,002), док са 10 година није било статистички значајне разлике за однос FEV_1/FVC међу половима, иако су вредности код девојчица биле више, али не статистички значајно.

У табели 76 је приказана корелација вредности FVC као и FEV_1, затим FVC и FEV_1/FVC код укупно 543 измерених спирометријских вредности.

Табела 76. Пирсонова корелација вредности спирометрије

		FVC	**FEV_1**	**FEV_1/FVC**
FVC	R	1,000	0,976	-0,233
	Sig.		0,000***	0,000***
	N	543	542	543
FEV1	R	0,976	1,000	-0,052
	Sig.	0,000***		0,224
	N	542	542	542
FEV1/FVC	R	-0,233	-0,052	1,000
	Sig.	0,000***	0,224	
	N	543	542	543

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Доказана је статистички значајна корелација у висини FVC и FEV_1, тако што са растом FVC расте и вредност FEV_1, као и код односа ова два мерења – вредности односа FEV1/FVC и FVC где је доказана обрнута значајна корелација, са порастом FVC опада однос FEV1/FVC.

Табела 77. Пирсонова корелација вредности спирометрије за девојчице

		FVC	**FEV_1**	**FEV_1/FVC**
FVC	R	1000	0,980	-0,310
	Sig.	.	0,000***	0,000***
	N	271	271	271
FEV_1	R	0,980	1,000	-0,157
	sиg	0,000***	.	0,010**
	N	271	271	271
FEV_1/FVC	R	-0,310	-0,157	1,000
	Sig.	0,000***	0,010**	.
	N	271	271	271

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Код девојчица је доказана статистички значајна корелација у висини FVC и FEV_1, тако што са растом FVC расте и вредност FEV_1, као и код односа ова два мерења – а код вредности односа FEV1/FVC и FVC где је доказана обрнута значајна корелација, са порастом FVC опада однос FEV_1/FVC. За разлику од укупног узорка и дечака код девојчица је доказана корелација између FEV_1/FVC и FEV_1 где је доказана обрнута значајна корелација, са порастом FEV_1 опада однос FEV_1/FVC.

Табела 78. Пирсонова корелација вредности спиромерије дечаци

		FVC	**FEV_1**	**FEV_1/FVC**
FVC	R	1,000	0,974	-0,157
	Sig.	.	0,000***	0,010**
	N	272	271	272
FEV_1	R	0,974	1,000	0,039
	sиg	0,000	.	0,526
	N	271	271	271
FEV_1/FVC	R	-0,157	0,039	1,000
	Sig.	0,010**	0,526	.
	N	272	271	272

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Код дечака је такође доказана статистички значајна корелација у висини FVC и FEV_1, тако што са растом FVC расте и вредност FEV_1, као и код односа ова два мерења, а код вредности односа FEV_1/FVC и FVC где је доказана обрнута значајна корелација, са порастом FVC опада однос FEV_1/FVC.

4.5.2. Корелација вредности спирометрије са социо-економским карактеристикама

У табели 79 је приказ корелација вредности спирометрије са социо-економским карактеристикама породице.

Доказана је статистички значајна корелација у висини FVC и FEV_1/FVC, тако што је виши FVC у корелацији са мушким полом, а више вредности FEV_1/FVC са женским полом.

Виша оцена психичког здравља је у корелацији са вишим FVC. Пушење мајке у трудноћи је у статистички значајној корелацији са вредностима FEV_1/FVC.

Доказана је статистички значајна корелација у висини FVC и FEV_1/FVC, тако што је виши FVC и FEV_1 у корелацији са становањем у кући, односно стану апартманског типа, као и ниже вредности FEV_1/FVC са становањем у неусловнијим становима (нехигијенска насеља, станови са високим процентом влаге...).

Табела 79. Корелација вредности спирометрије са социо-економским карактеристикама породице

Карактеристике		**FVC**	**FEV1**	**FEV1/FVC**
Пол	R	**0,086***	0,038	**-0,333****
	Sig.	**0,046**	0,379	**0,000**
	N	**543**	542	**543**
Плућне инфекције до 2. године	R	-0,028	-0,074	**-0,193****
	Sig.	0,518	0,088	**0,000**
	N	540	539	**540**
Физичко здравље деце Оцена родитеља	R	0,045	0,013	**0,210****
	Sig.	0,291	0,767	**0,000**
	N	542	541	**542**
Психичко здравље Оцена родитеља	R	0,072	0,052	**0,134****
	Sig.	0,094	0,225	**0,002**
	N	542	541	**542**
Мајка пушила у трудноћи	R	-0,006	0,018	**0,105***
	Sig.	0,888	0,674	**0,015**
	N	543	542	**543**
Тежина на рођењу < 2500 g	R	-0,054	-0,048	0,010
	Sig.	0,214	0,268	0,810
	N	529	528	529
Дојење	R	0,005	0,011	0,029
	Sig.	0,910	0,792	0,499
	N	541	540	541
Изложеност дуванском диму у кући	R	-0,017	-0,047	**-0,130****
	Sig.	0,691	0,276	**0,003**
	N	528	527	**528**
Број цигарета/дан	R	-0,026	-0,069	**-0,158****
	Sig.	0,561	0,114	**0,000**
	N	520	519	**520**
Степен образовања мајке	R	**0,194****	**0,191****	-0,063
	Sig.	**0,000**	**0,000**	0,149
	N	**530**	**529**	530
Степен образовања оца	R	**0,182****	**0,191****	-0,015
	Sig.	**0,000**	**0,000**	0,729
	N	**525**	**524**	525
Помоћ државе, социјална примања	R	-0,079	**-0,085***	-0,009
	Sig.	0,069	**0,049**	0,829
	N	536	**535**	536

Виши степен образовања мајке и оца је у корелацији са вишим FVC и FEV_1. Нека врста материјалне помоћи од државе коју родитељи примају понекада или стално је у корелацији са нижим FEV1 вредностима. Постојање учесталих плућних инфекција до две године старости деце обухваћене спирометријом, у корелацији је са нижим вредностима FEV_1/FVC. Изложеност дуванском диму у кући је у корелацији са нижим вредностима FEV1/FVC, као и већим бројем попушених цигарета. ROC крива у табели 80. показује сензитивност и специфичност спирометријских вредности у односу на број попушених цигарета (пет цигарета дневно), графикон 73. Деце родитеља који пуше преко пет цигарета дневно има 251, док 291 дете живи у кући у којој се пуши мање од пет цигарета дневно или се не пуши.

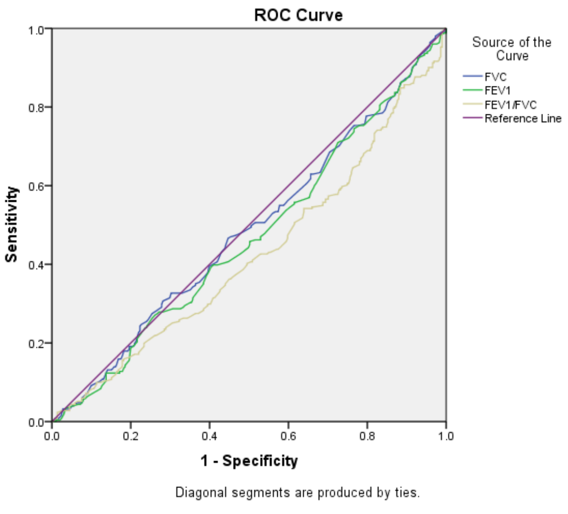
Табела 80. Површина (AUC) под ROC кривом спирометријских вредности у односу на број попушених цигарета родитеља изложене деце

Параметри	AUC површина	CE	Sig.	95% CI поузданости	
				Доња	Горња
FVC	0,485	0,025	0,552	0,436	0,534
FEV_1	0,468	0,025	0,197	0,419	0,517
FEV_1/FVC	**0,424**	**0,025**	**0,002****	0,376	0,473

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Испитивањем повезаности висине FVC, FEV_1 и односа FEV_1/FVC у односу на пушење преко пет цигарета, код деце која живе у кући у којој се пуши мање од пет цигарета дневно или се не пуши, добијена површина испод ROC криве код FVC износи 48,5% (ROC=0,485±0,025, za p=ns).

Графикон 73. ROC крива спирометријских вредности у односу на број попушених цигарета (до и преко 5)



Добијена површина испод ROC криве захвата површину, FEV_1 који износи 46,8%. За FEV1 *cut off* вредност 1,79 има сензитивност 87,6% и специфичност 10,3%, код деце чији родитељи пуше преко пет цигарета (ROC=0,468±0,025, за p=ns), а добијена површина испод ROC криве код висине односа FEV_1/FVC је статистички значајна и износи 42,4%, (ROC=0,424±0,025, за p<0,002).

За FEV_1/FVC *cut off* вредност 83,8 има сензитивност 74,1% и специфичност 19%, код деце чији родитељи пуше преко пет цигарета, а у односу на децу која живе у кући у којој се пуши мање од пет цигарета дневно или се не пуши.

ROC крива у табели 81 показује сензитивност и специфичност спирометријских вредности у односу на учестале плућне инфекције деце до две године. Деце са учесталим плућним инфекцијама до две године има 75, док 464 ученика није имало учестале плућне инфекције узраста до две године.

Табела 81. Површина (AUC) под ROC кривом спирометријских вредности у односу на учестале плућне инфекције деце до две године

Параметри	**AUC површина**	**SE**	**Sig.**	**95% CI**	
				Доња	Горња
FVC	0,477	0,036*	0,526	0,407	0,547
FEV_1	0,439	0,036	0,088	0,369	0,508
FEV_1/FVC	**0,339**	**0,036**	**0,000*** **	**0,268**	**0,411**

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Испитивањем повезаности висине FVC, FEV_1 и односа FEV_1/FVC у односу на плућне инфекције до две године, добијена површина испод ROC криве код FVC износи 47,7%, код случајно одабраних испитаника са инфекцијама у односу на децу без истих (ROC=0,477±0,036, за p=ns). За FEV_1 AUC износи 43,9%, (ROC=0,439±0,036, за p=ns), а добијена површина испод ROC криве код висине FEV_1/FVC износи 33,9% и захвата статистички значајну површину, (ROC=0,339±0,036, за p<0,0001).

За вредности спирометрије које дају однос FEV_1/FVC *cut off* вредност 82,5 има сензитивност 71% и специфичност 14% код деце са плућним инфекцијама у односу на децу без истих.

4.5.3. Активне и пасивне карактеристике учионице у односу на вредности спирометрије, укупно

4.5.3.1. Активне карактеристике учионице (IAQ концентрације полутаната) у односу на вредности спирометрије, укупно

У даљем тексту следи опис односа активних карактеристика учионица и вредности спирометрије, укупног узорка (табела 9 у прилогу 2 и у табели 82 и табели 83).

Табела 82. Активне карактеристике IAQ у односу на вредности спирометрије, укупно

Пирсонова корелација /IAQ		**FVC**	**FEV1**	**FEV1/FVC**
PM_{10}	R	**-,309****	**-,316****	0,036
	sig	**0,000**	**0,000**	0,404
	N	**543**	**542**	543
PM_{10} **IAQ**	R	**-,322****	**-,336****	0,025
	sig	**0,000**	**0,000**	0,558
	N	**543**	**542**	543
Спирманова корелација /IAQ		**FVC**	**FEV1**	**FEV1/FVC**
PM_{10} I/O RATIO < 1, = 1, > 1	R	0,049	0,044	**-0,097***
	p	0,258	0,311	**0,049**
	N	543	542	**543**
PM_{10} IAQ ≥50 μg/m^3	R	**-,235****	**-,239****	0,006
	p	**0,000**	**0,000**	0,894
	N	**543**	**542**	543

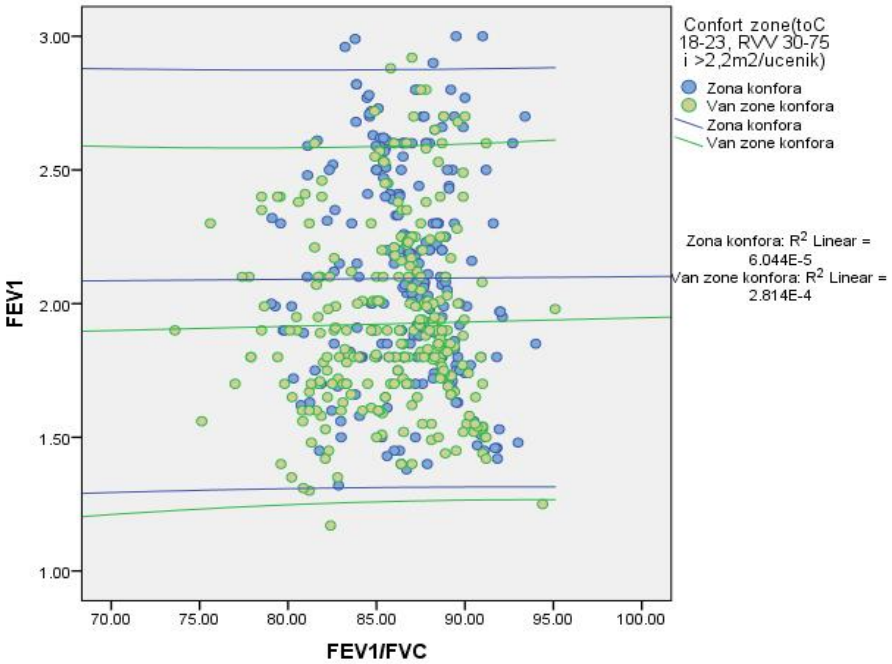
- Ниже вредности IAQ PM_{10} су у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и FVC.
- Ниже вредности PM_{10} I/O ratio су у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1/FVC,
- Ниже вредности интервала IAQ PM_{10} до 50 μg/m^3 су у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и са FVC.
- Ниже вредности интервала NO_2 су у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и FVC.
- Ниже вредности интервала бензена су у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и са FVC, а ниже вредности интервала VR од 3 до 8 l/s/особи су у значајној корелацији са вишим вредностима FEV1/FVC, док је однос FEV_1/FVC у обрнутој корелацији са интервалима NO_2, незначајној.
- Вредности интервала зоне термалног комфора (C^o=18–23, RVV 30–75% и >2,2 m^2/ученик) ван зоне комфора су у значајној корелацији са нижим вредностима FEV_1 и са FVC као и односа FEV_1/FVC.

Табела 83. Активне карактеристике учионице у односу на вредности спирометрије, укупно/2

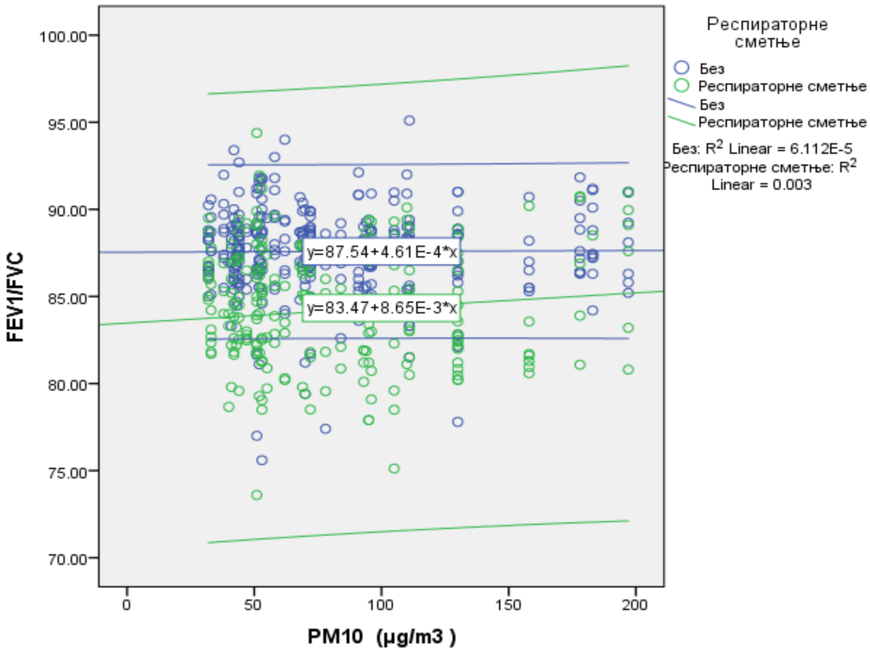
Спирманова корелација /IAQ	**FVC**	**FEV_1**	**FEV_1/FVC**	**Пирсонова корелација /IAQ**
NO_2	R	**0,160**	**0,159**	-0,069
	p	**0,001****	**0,001****	0,149
	N	**442**	**441**	442
Бензен IAQ	R	**-0,207**	**-0,219**	0,007
	p	**0,000*****	**0,000*****	0,870
	N	**518**	**517**	518
Формалдехид до и преко 100 μg/m^3	R	**-0,123**	**-0,130**	-0,012
	p	**0,005****	**0,003****	0,788
	N	**518**	**517**	518
VR интервали од 3 до 8 L/s/особи, > 8 L/s/особи	R	**0,151**	**0,167**	-0,043
	p	**0,000*****	**0,000*****	0,317
	N	**543**	**542**	543
Зона термалног комфора (C° = 18–23, RVV 30–75 % и >2,2 m^2/ ученик)	R	**-0,188**	**-0,217**	**-0,108**
	p	**0,000*****	**0,000*****	**0,011***
	N	**543**	**542**	**543**

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Графикон 74. Корелација вредности FEV1 и FEV_1/FVC у односу на зону комфора учионице



Графикон 75. Корелација вредности PM_{10} IAQ и FEV1/FVC и респираторне сметње



- Корелација појаве респираторних сметњи је везана са нижим вредностима односа FEV_1/FVC и вишим вредностима PM_{10}.

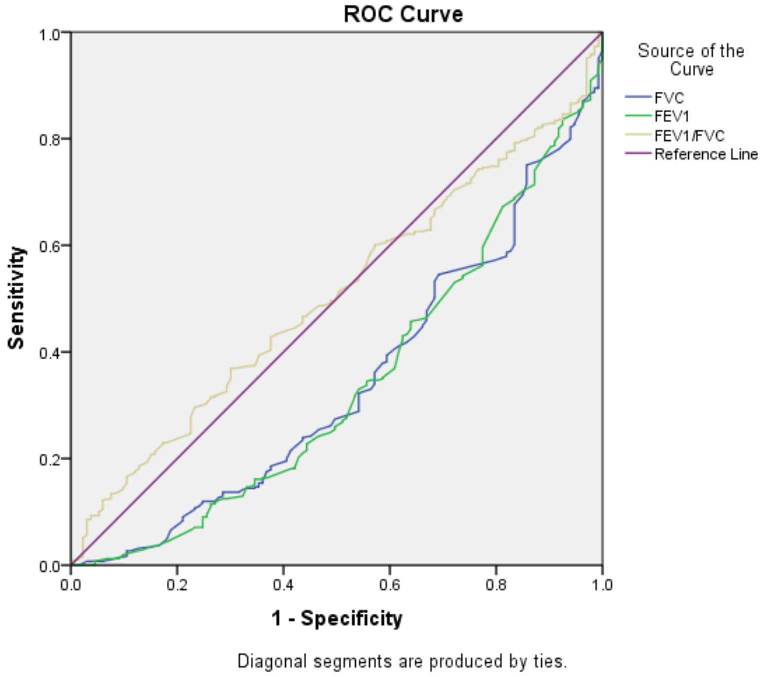
Табела 84. Површина под ROC кривом (AUC) спирометријских вредности деце **укупно**, у односу на IAQ PM_{10} до и преко 50 μg/m^3

Параметри	**AUC**	**СЕ**	**Sig.**	**95% CI поузданости**	
				Доња	**Горња**
FVC	**0,342**	0,027	**0,000*** **	0,289	0,395
FEV_1	**0,340**	0,027	**0,000*** **	0,286	0,394
FEV_1/FVC	0,504	0,027	0,886	0,451	0,557

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Испитивањем повезаности висине FVC, FEV_1 и односа FEV_1/FVC, у односу на интервале вредности PM_{10} (IAQ) до и преко 50 μg/m^3, добијена је површина испод ROC криве за FVC и статистички је значајна, износећи 34,2%, код случајно одабраних испитаника који су у учионицама са PM_{10} (IAQ) преко 50 μg/m^3 у односу на децу у учионицама са PM_{10} (IAQ) до 50 μg/m^3 (ROC=0,342±0,027, за p<0,0001). Код FEV_1 површина испод ROC криве за FVC статистички је значајна, и износи 34% (ROC=0,340±0,027, p<0,0001), а површина испод ROC криве код висине FEV_1/FVC, износи 50,1%, (ROC=0,504±0,027, за p=ns).

Графикон 76. ROC крива спирометријских вредности у односу на IAQ PM_{10} до и преко 50 μg/m^3



За FEV_1/FV *cut off* вредност 85,1 има сензитивност 71% и специфичност 30%, код деце изложене IAQ концентрацијама PM_{10} преко 50 μg/m^3.

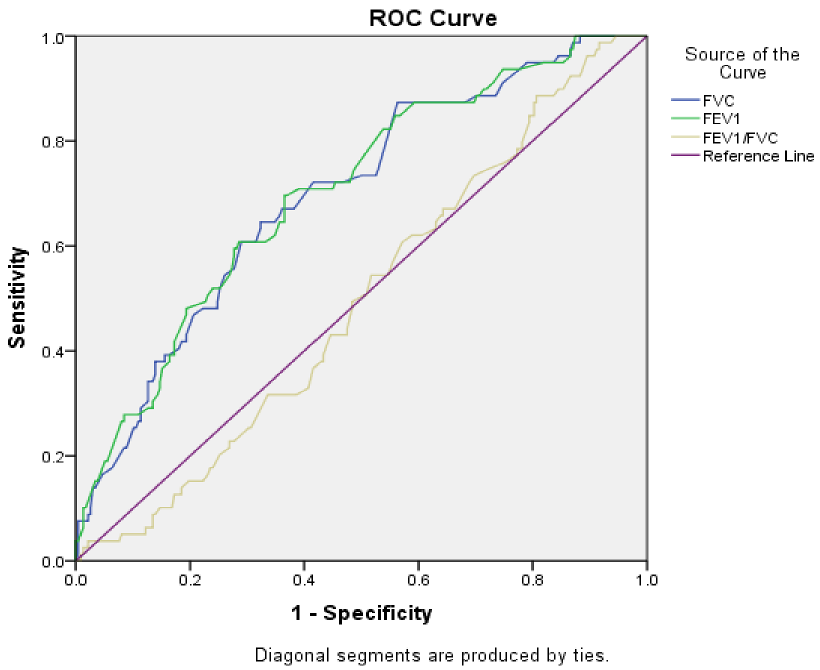
Табела 85. Површина под ROC кривом (AUC) спирометријских вредности **деце без респираторних сметњи** у односу на IAQ PM_{10} до и преко 50 μg/m^3

Параметри	**AUC**	**СЕ**	**Sig.**	**95% CI**	
				Доња	Горња
FVC	0,697	0,033	**0,000*** **	0,632	0,763
FEV_1	0,703	0,033	**0,000*** **	0,638	0,768
FEV_1/FVC	0,495	0,035	0,896	0,426	0,565

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Испитивањем повезаности висине FVC, FEV_1 и односа FEV_1/FVC, у односу на интервале вредности PM_{10} (IAQ) до и преко 50 μg/m^3 код деце без респираторних сметњи, добијена површина испод ROC криве код FVC је 69,7%, статистички је значајна код деце без респираторних сметњи која су у учионицама са PM_{10} (IAQ) преко 50 μg/m^3 у односу на децу без респираторних сметњи у учионицама са PM_{10} (IAQ) до 50 μg/m^3 (ROC=0,697±0,033, за p<0,0001). Добијена површина испод ROC криве за FEV_1 износи 70%, (ROC=0,703±0,033, за p<0,0001), а добијена површина испод ROC криве за FEV1/FVC, износи 49,5% (ROC=0,495±0,035, за p=ns).

Графикон 77. ROC крива спирометријских вредности код деце без респираторних сметњи у односу на IAQ PM_{10} до и преко 50 $\mu g/m^3$



За FEV1/FVC *cut off* вредност 86,0 има сензитивност 75% и специфичност 29%, код деце изложене концентрацијама IAQ PM_{10} изнад 50 $\mu g/m^3$, а без респираторних сметњи.

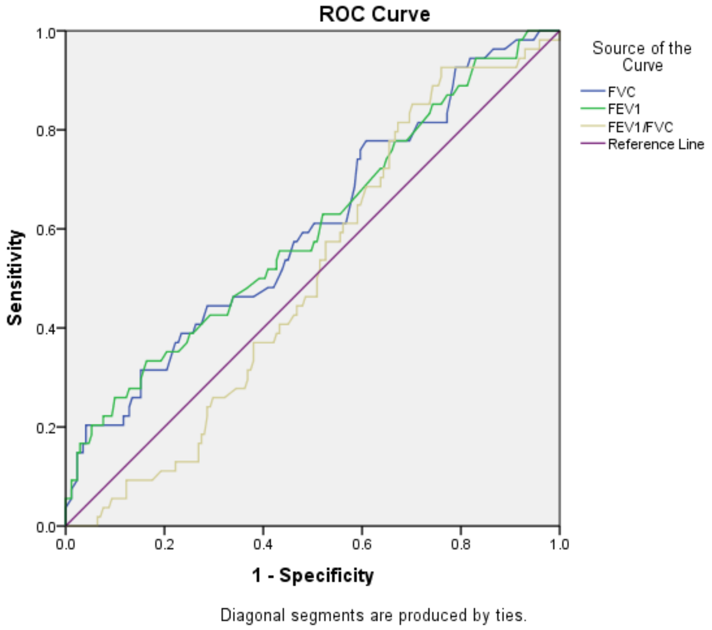
Табела 86. Површина под ROC кривом (AUC) спирометријских вредности **деце са респираторним сметњама** у односу на IAQ PM_{10} до и преко 50 $\mu g/m^3$

Параметри	AUC	CE	Sig.	95% CI	
				Доња	Горња
FVC	0,601	0,045	**0,025***	0,514	0,688
FEV_1	0,599	0,045	**0,028***	0,511	0,688
FEV_1/FVC	0,506	0,041	0,899	0,425	0,586

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Вредности FVC, FEV1 и односа FEV_1/FVC испитивани у односу на интервале вредности PM_{10} (IAQ) до и преко 50 $\mu g/m^3$, а површина испод ROC криве код FVC је значајна и износи 60%, код деце изложене PM_{10} (IAQ) изнад 50 $\mu g/m^3$, која имају респираторне сметње (ROC=0,601±0,045, p<0,025). Добијена површина испод ROC криве за FEV_1 износи 59,9%, (ROC=0,599±0,045, p<0,028), а добијена површина испод ROC криве за FEV_1/FVC, износи 50,6%, (ROC=0,506±0,041, p=ns).

Графикон 78. ROC крива спирометријских вредности код деце са респираторним сметњама у односу на PM_{10} (IAQ) до и преко 50 $\mu g/m^3$



За FEV1/FVC *cut off* вредност 82,6 има сензитивност 72% и специфичност 36%, код деце изложене концентрацијама IAQ PM_{10} изнад 50 $\mu g/m^3$, са респираторним сметњама.

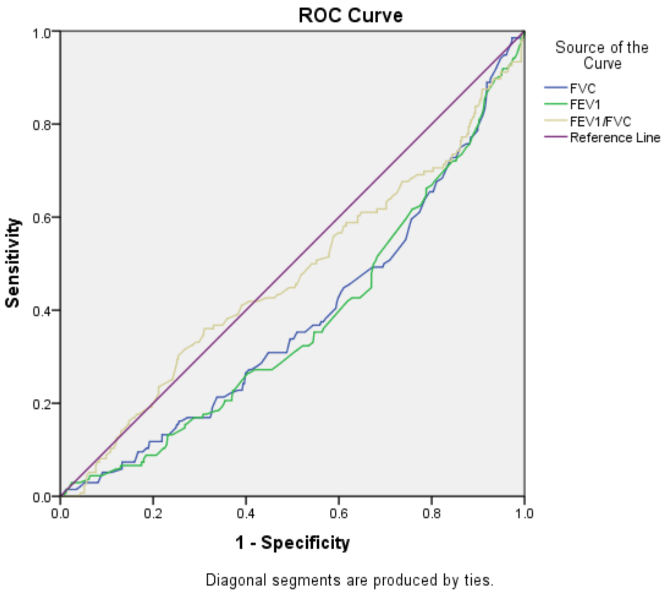
Табела 87. Површина под ROC кривом (AUC) спирометријских вредности у односу на температуру ваздуха у учионици

Параметри	AUC	CE	Sig.	95% CI	
				Доња	Горња
FVC	**0,383**	0,028	**0,000*** **	0,328	0,437
FEV_1	**0,375**	**0,027**	**0,000*** **	**0,321**	**0,429**
FEV_1/FVC	0,470	0,030	0,294	0,411	0,529

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Испитивањем повезаности висине FVC, FEV_1 и односа FEV_1/FVC у односу на интервале вредности температуре ваздуха (IAQ) до и преко 23°C, добијена површина испод ROC је статистички значајна код FVC и износи 38,3%, код случајно одабраних испитаника који су у учионицама са температуром преко 23°C, у односу на децу у учионицама са температуром ваздуха од 20 до 23°C (ROC=0,342 ±0,027, p<0,0001).
Површина испод ROC криве је статистички значајна за FEV_1 и износи 37,5%, (ROC= 0,375±0,027, p<0,0001), а код висине FEV_1/FVC површина износи 47%, (ROC=0,470 ±0,030, за p=ns).

Графикон 79. ROC крива спирометријских вредности у односу на температуру ваздуха у учионици



4.5.3.2. Активне карактеристике учионице (OAQ концентрације полутаната) у односу на вредности спирометрије, укупно

Ако као активне карактеристике анализирамо измерене концентрације загађујућих материја у амбијенталном ваздуху – OAQ *(outdoor air quality),* добили смо следеће корелације:

- Азот-диоксид је у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и FVC, као и са FEV_1/FVC.
- Ниже вредности бензена, формалдехида и угљен-моноксида су у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и FVC
- Вредности етил-бензена су у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и FVC,
- Ниже вредности температуре амбијенталног ваздуха испред учионице су у значајној корелацији са нижим FEV_1 и FVC.
- Ниже вредности релативне влажности ваздуха испред учионице су у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и FVC, док је однос FEV_1/FVC у обрнутој корелацији са вишим вредностима релативне влажности амбијенталног ваздуха (незначајној).
- Ниже вредности PM_{10} у амбијенталном ваздуху су у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и FVC.

Табела 88. Корелација OAQ концентрација полутаната и вредности спирометрије

Пирсонова корелација		**FVC**	**FEV_1**	**FEV_1/FVC**
NO_2	R	**.235**	**.229**	**-0.089**
	p	**0.000*** **	**0.000*** **	**0.050***
	N	**442**	**441**	**442**
бензен	R	**-.247**	**-.250**	0.016
	p	**0.000*** **	**0.000*** **	0.733
	N	**442**	**441**	442
толуен	R	0.074	0.076	0.025
	p	0.120	0.109	0.595
	N	442	441	442
етил-бензен	R	**.151**	**.156**	-0.004
	p	**0.001*** **	**0.001*** **	0.935
	N	**442**	**441**	442
ксилен	R	-0.024	-0.008	0.058
	p	0.612	0.861	0.221
	N	442	441	442
формалдехид	R	**-.274**	**-.282**	0.003
	p	**0.000*** **	**0.000*** **	0.946
	N	**427**	**426**	427
CO_2	R	0.010	0.010	0.016
	p	0.815	0.808	0.713
	N	543	542	543
CO	R	**-.144**	**-.141**	0.012
	p	**0.001*** **	**0.001*** **	0.771
	N	**543**	**542**	543
Температура ваздуха испред учионице	R	.346	.358	0.023
	p	0.000	0.000	0.591
	N	543	542	543
Релативна влажност ваздуха испред учионице	R	**-0.096**	**-0.109**	-0.043
	p	**0.025***	**0.011***	0.317
	N	**543**	**542**	543
PM_{10}	R	**-.264**	**-.260**	0.063
	p	**0.001*** **	**0.001*** **	0.142
	N	**543**	**542**	543
Спирманова корелација		**FVC**	**FEV_1**	**FEV_1/FVC**
NO_2 интервал до и преко 40µg/m^3	R	**.160**	**.159**	**-0.089**
	p	**0.001*** **	**0.001*** **	**0.050***
	N	**442**	**441**	**442**
CO OAQ Интервал до и преко 3mg/m^3	R	0.047	0.046	-0.009
	p	0.278	0.288	0.829
	N	543	542	543

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

4.5.3.3. Пасивне карактеристике у односу на вредности спирометрије, укупно

Ако као пасивне карактеристике анализирамо затечено стање учионице (подне облоге, начин кречења, зидне облоге, намештај, окренутост учионице, начин чишћења, итд) добијамо следеће корелације. Карактеристике учионице у односу на вредности спирометрије приказане су у табели 89.

Табела 89. Карактеристике учионице у односу на вредности спирометрије, укупно

Спирманова корелација		**FVC**	**FEV_1**	**FEV_1/FVC**
Окренутост дворишту/улици	R	0,029	0,035	-0,001
	Sig.	0,510	0,425	0,989
	N	531	530	531
Број деце у учионице (до и преко 20)	R	**-,236****	**-,237****	-0,008
	Sig.	**0,000**	**0,000**	0,844
	N	**543**	**542**	543
Број особа/m^2	R	-0,066	-0,076	-0,049
	Sig.	0,125	0,079	0,252
	N	543	542	543
До и преко 2 m^2/особи	R	0,050	0,080	**,108***
	Sig.	0,279	0,087	**0,020**
	N	462	461	**462**
Подне облоге учионице				
Дрво	R	-0,056	-0,048	-0,005
	Sig.	0,205	0,282	0,912
	N	515	514	515
Пластика	R	-0,031	-0,037	-0,027
	Sig.	0,478	0,398	0,535
	N	515	514	515
Тепих преко бетона или камена	R	**,112***	**,114****	0,048
	Sig.	**0,011**	**0,010**	0,279
	N	**515**	**514**	515
Материјал од кога је под учионице	R	**,107***	**,104***	0,037
	Sig.	**0,015**	**0,018**	0,400
	N	**515**	**514**	515

- Мања оптерећеност учионице (< 20 ученика) је у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и FVC;
- Више доступног простора (m^2) учионице по ученику је у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1/FVC. Такође, и више од 2 m^2 простора учионице по ученику су у значајној корелацији са вишим вредностима односа FEV_1/FVC;

- Тепих на поду учионице је у значајној корелацији са вишим FEV_1 и FVC, као и под учионице од бетона или прекривеног бетона су у значајној корелацији са вишим FEV_1 и FVC.

Врста зидних облога и навике проветравања учионице у односу на вредности спирометрије приказани су у табели 90.

Табела 90. Врста зидних облога и навике проветравања учионице у односу на вредности спирометрије, укупно

Спирманова корелација		**FVC**	**FEV1**	**FEV1/FVC**
Бела боја Водонеотпорна	R	0,022	0,030	0,058
	Sig.	0,615	0,501	0,193
	N	507	506	507
Бела Полудисперзија	R	-0,073	-0,076	-0,028
	Sig.	0,100	0,086	0,528
	N	507	506	507
Водоотпорна боја	R	**,100***	**,091***	**-,088***
	Sig.	**0,025**	**0,042**	**0,048**
	N	**507**	**506**	**507**
Тапети	R	-0,080	-0,072	0,086
	Sig.	0,071	0,104	0,052
	N	507	506	507
Зидне облоге од дрвета	R	**-,184****	**-,172****	**,114****
	Sig.	**0,000**	**0,000**	**0,010**
	N	**507**	**506**	**507**
Клима уређаји	R	0,028	0,040	0,042
	Sig.	0,522	0,351	0,328
	N	543	542	543
Отварање прозора проветравање учионице	R	0,029	0,028	-0,018
	Sig.	0,507	0,523	0,690
	N	511	511	511
Отварање прозора Проветравање учионице зими	R	**-,129****	**-,138****	-0,001
	Sig.	**0,003**	**0,002**	0,983
	N	**525**	**524**	525

- Водоотпорна боја на зидовима је у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и FVC, као и FEV1/FV FEV_1/FVC C.
- Дрвена облога на зидовима учионице је у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и FVC и са вишим вредностима FEV_1/FVC.
- Отварање прозора учионице зими је у значајној корелацији са вишим FEV_1 и FVC, док су ниже вредности ових параметара у корелацији са неотварањем прозора, односно изостанком проветравања.

Табела 91. Начин чишћења учионице у односу на вредности спирометрије, укупно

Спирманова корелација Чишћење учионице		FVC	FEV_1	FEV_1/FVC
Фреквентност чишћења	R	-0,041	-0,041	-0,009
	Sig.	0,358	0,364	0,845
	N	495	494	495
Усисавањем (суво)	R	-0,057	-0,049	0,013
	Sig.	0,184	0,253	0,769
	N	543	542	543
Метлом (суво)	R	**-,144**	**-,156**	-0,013
	Sig.	**0,001*** **	**0,001*** **	0,769
	N	**543**	**542**	543
Коришћењем мопа (мокра метода)	R	**,135**	**,151**	0,052
	Sig.	**0,002** **	**0,001*** **	0,228
	N	**543**	**542**	543
Комбинацијом моп/варикина (хлорни препарат)	R	-0,060	**-0,094**	**-0,096**
	Sig.	0,163	**0,047***	**0,048***
	N	543	**542**	**543**
Комбиновано сува и мокра метода	R	**0,141**	**0,157**	0,014
	Sig.	**0,004** **	**0,001*** **	0,777
	N	**415**	**414**	415

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

- Јутарње чишћење је у незначајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и FVC, као и FEV_1/FVC.
- Усисавање учионице је у незначајној корелацији са вишим вредностима FEV_1/FVC.
- Чишћење учионице метлом је у значајној корелацији са нижим FEV_1 и FVC.
- Чишћење учионице мопом је у значајној корелацији са вишим FEV_1 и FVC.
- Чишћење учионице мопом у комбинацији са хемијским средствима/варикином је у значајној корелацији са нижим FVC, као и са нижим FEV_1/ FVC.
- Чишћење метлом, мопом и агресивним хемијским средством (варикином) је у значајној корелацији са нижим вредностима спирометрије, а чишћење усисивачем, мопом више вредности FEV_1 и FVC, односно влажно чишћење је у корелацији са вишим FVC и FEV_1.

Табела 92. Површина под ROC кривом (AUC) спирометријских вредности у односу на број ђака у учионици

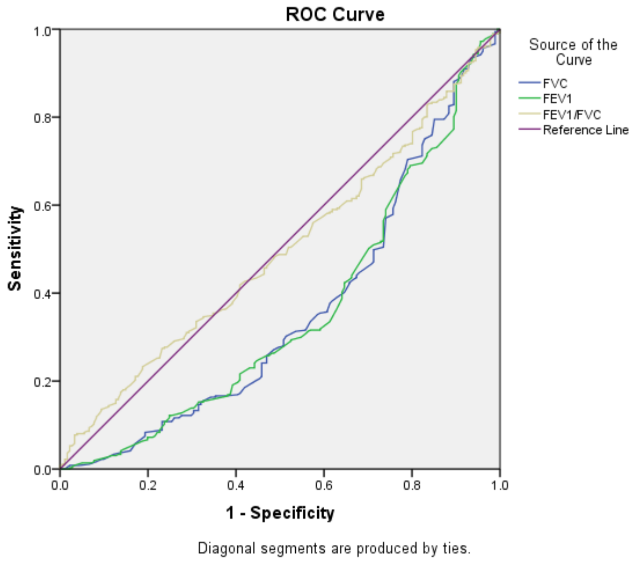
Параметри	AUC	CE	Sig.	95% CI	
				Доња	Горња
FVC	**0,356**	**0,026**	**0,000*** **	**0,305**	**0,407**
FEV_1	**0,355**	**0,026**	**0,000*** **	**0,305**	**0,406**
FEV_1/FVC	0,494	0,026	0,827	0,444	0,545

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Испитивањем повезаности висине FVC, FEV_1 и односа FEV_1/FVC у односу на интервале до и преко 20 ученика у учионици, добијена површина испод ROC криве код FVC је статистички значајна и износи 35,6% у учионицама преко 20 ђака (ROC=0,356±0,026, за p<0,0001).

Добијена површина испод ROC криве је статистички значајна за FEV_1 и износи 35,5%, (ROC=0,355±0,026, p<0,0001), а површина испод ROC криве код висине FEV_1/FVC износи 49,4%, (ROC=0,494±0,026, p=ns).

Графикон 80. ROC крива спирометријских вредности у односу на број ђака у учионици



Пасивне карактеристике школског објекта у односу на вредности спирометрије приказане су у табели 93 .

Старост школе испод 50 година (табела 93) је у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1 и FVC, а са FEV_1/FVC је у незначајној корелацији.

- Зелене површине су у значајној корелацији са нижим вредностима FEV_1 и FVC.
- Пушење учитеља је у значајној корелацији са нижим FEV_1 и FVC.
- Вентилација је у значајној корелацији са нижим FEV_1 и FVC.
- Близина електране, као и јавне депоније у значајној је корелацији са нижим FVC, FEV_1 као и са нижим количником FEV_1/ FVC.

Табела 93. Пасивне карактеристике школског објекта у односу на вредности спирометрије, укупно

Спирманова корелација		FVC	FEV1	FEV1/FVC
Старост школе	R	**-,195****	**-,201****	-0,067
	Sig.	**0,000**	**0,000**	0,119
	N	**543**	**542**	543
Густина оближњег саобраћаја	R	0,056	0,069	**0,099***
	Sig.	0,196	0,106	**0,021**
	N	543	542	**543**
Зелене површине око школе	R	**-,167****	**-,165****	0,011
	Sig.	**0,000**	**0,000**	0,807
	N	**543**	**542**	543
Сала за физичко	R	**,239****	**,260****	0,082
	Sig.	**0,000**	**0,000**	0,056
	N	**543**	**542**	543
Наставник пушач	R	**-,085***	**-0,083**	0,017
	Sig.	**0,048**	**0,053**	0,691
	N	**543**	**542**	543
Пећи на гас	R	-0,047	-0,034	0,022
	Sig.	0,277	0,435	0,607
	N	543	542	543
Тип вентилације	R	**-,320****	**-,328****	-0,033
	Sig.	**0,000**	**0,000**	0,446
	N	**543**	**542**	543
Близина индустрије	R	-0,075	-0,083	-0,040
	Sig.	0,081	0,052	0,354
	N	543	542	543
Близина електране	R	**-,224****	**-,219****	**,115****
	Sig.	**0,000**	**0,000**	**0,007**
	N	**543**	**542**	**543**
Близина комуналне депоније (легалне/нелегалне)	R	**-,224****	**-,219****	**,115****
	Sig.	**0,000**	**0,000**	**0,007**
	N	**543**	**542**	**543**

Анализом специфичности и сензитивности вредности FVC, FEV1 и количника FEV_1/FVC у односу на интервале до и преко 50 година старости школе, добијена површина испод ROC криве код FVC је статистички значајна и износи 38,8%, код случајно одабраних испитаника у школама старијим од 50 година (ROC=0,388±0,024, за $p<0,0001$).

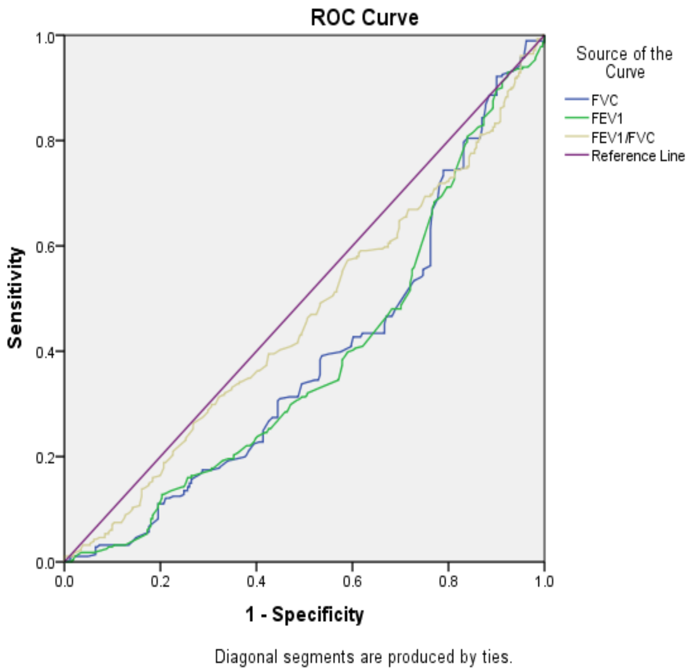
Табела 94. Површина под ROC кривом (AUC) спирометријских вредности у односу на старост школе

Параметри	AUC	СЕ	Sig.	95% CI	
				Доња	Горња
FVC	**0,388**	**0,024**	**0,000*** **	**0,340**	**0,436**
FEV_1	**0,384**	**0,024**	**0,000*** **	**0,336**	**0,431**
FEV_1/FVC	0,461	0,025	0,115	0,412	0,509

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Добијена површина испод ROC криве захвата површину, FEV_1 који износи 38,4%, (ROC=0,384±0,024, p<0,0001), а површина испод ROC криве FEV_1/FVC је 46,1%, (ROC=0,461±0,025, p=ns).

Графикон 81. ROC крива спирометријских вредности у односу на старост школа



4.6. ПРЕДИКТОРСКА АНАЛИЗА

Предиктори за појаву респираторних сметњи код ученика и спирометрије

Униваријантна логистичка регресиона анализа предиктори за појаву респираторних и бронхитичних сметњи: кашља, визинга и флегме (циљ 5)

Тестирањем утицаја полутаната измерених у учионици, као предиктори за појаву *кашља икад, кашља ујутру, кашља дању или ноћу (јесен/зима), непрекидног кашља 3 месеца* и *продуктивног кашља*, издвојили су се следећи предиктори (приказани су у табелама број 10-14, у прилогу 2 рада). У табели 94 која следи приказани су униваријантни предиктори респираторних сметњи појединачно, односно сигнификантностиу збирном приказу.

Табела 94. Униваријантна логистичка регресиона анализа – IAQ концентрације полутаната, као предиктори за појаву респираторних сметњи/1-збирни приказ

Сигнификантност униваријантна логистичка регресиона анализа	Кашаљ икад	Кашље ујутру (јесен/зима)	Кашље дању, ноћу (јесен/зима)	Кашље непрекидно 3 мес. (јесен/зима)	Продуктивни кашаљ
NO_2	**0,000*** **	**0,031**	**ns**	**нс**	**0,011***
NO_2 < 40 $\mu g/m^3$>	**0,003** **	**ns**	**ns**	ns	**0,029***
Бензен	**0,085/ns**	ns	**0,007** **	ns	**Нс**
Бензен < 5 $\mu g/m^3$>	ns	ns	ns	ns	**Нс**
Толуен	ns	ns	ns	ns	**0,001*** **
Етил-бензен	**0,000*** **	**0,009**	**0,008** **	**ns**	**0,002** **
Ксилен	**0,010** **	ns	ns	ns	**0,005** **
Формалдехид	**0,000*** **	ns	**0,050** **	ns	**0,000*** **
Формалдехид 100 $\mu g/m^3$	ns	ns	ns	ns	**0,018***
Проветреност VR (L/s по особи)	ns	ns	ns	ns	ns
проветреност VR < 8 L/s по особи >	**0,083/ns**	ns	ns	ns	**0,006***
CO_2	ns	ns	ns	ns	нс
CO_2 (1000 ppm)	ns	ns	ns	ns	**0,029***
CO	ns	ns	ns	ns	**0,022***
CO (mg/m^3)	ns	ns	ns	ns	**0,020***
T (C°) испред учионице	ns	ns	ns	ns	ns
РВВ испред учионице (%)	ns	ns	ns	ns	**0,027***
Зона комфора	**0,000*** **	ns	ns	ns	**0,000*** **
PM_{10} I/O ratio	**0,084**	ns	ns	ns	ns
PM_{10} I/O ratio испод 1,1,1+	**ns**	ns	ns	ns	ns
PM_{10} ($\mu g/m^3$)	**0,018***	ns	**0,025***	ns	ns
PM_{10} 50/50-80/80+ ($\mu g/m^3$)	**0,024***	ns	**0,012***	ns	**0,049***
PM_{10} IAQ < 50 $\mu g/m^3$>	**ns**	ns	**0,038***	ns	ns

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Униваријантни предиктори за појаву *кашља иначе* су: ниже концентрације NO_2; више концентрације бензена, етил-бензена, ксилена, формлдехида; неадекватни елементи зоне термалног комфора у учионици; више концентрације PM_{10}, као и PM_{10} изнад 80 $\mu g/m^3$.

Униваријантни предиктори за појаву *кашља ујутру у јесен и зими* су ниже концентрације NO_2, и ниже концентрације етил-бензена.

Униваријантни предиктори за појаву *кашља икад* су ниже концентрације бензена и етил-бензена, као и више концентрације формлдехида, више концентрације PM_{10}, као и PM_{10} изнад 50 $\mu g/m^3$, односно 80 $\mu g/m^3$.

Униваријантни предиктори за појаву *кашља дању и ноћу (јесен/зима)* се нису издвојили.

Униваријантни предиктори за појаву *продуктивног кашља* су ниже вредности азот диоксида, етил-бензена, ксилена, више концентрације формлдехида, степен проветре-ности ван зоне комфора, CO_2 преко 1000 ppm, CO преко 3 mg/m^3, већа релативна влажност ваздуха у учионици, концентрације PM_{10} изнад 80 $\mu g/m^3$.

- Униваријантни предиктори за појаву *визинга икада* су више концентрације бензена, учионице са стандардима неусклађеним елементима зоне термалног комфора.
- Предиктори за појаву *визинга у последњих 12 месеци* се нису издвојили.
- Униваријантни предиктори за појаву *визинга после физичке активности* су више концентрације бензена и више концентрације CO_2, као и учионице са нижим PM_{10} I/O ratio-ом.
- Униваријантни предиктори за појаву *сувог кашља у последњих 12 месеци* су ниже концентрације толуена, етил-бензена, као и учионице са стандардима неусклађеним елементима зоне термалног комфора.

Тестирањем утицаја полутаната измерених у учионици, као предиктори за појаву *визинга, визинга у последњих 12 месеци, визинга после физичке активности, суви кашаљ у последњих 12 месеци и буђење због визинга*, издвојили су се следећи предиктори (приказани су у табелама број 15 до 19 у прилогу 2 рада). У табели која следи приказане су само сигнификантности.

Униваријантни предиктори за појаву *буђења због визинга* су више концентрације бензена као континуираног обележја, бензен преко 5 $\mu g/m^3$, више концентрације CO_2, концентрација формалдехида (континуирано).

Табела 95. Униваријантна логистичка регресиона анализа – IAQ концентрације полутаната, као предиктори за појаву респираторних сметњи/2

Сигнификантност униваријантна логистичка регресиона анализа	**Визинг икада**	**Визинг у последњих 12 месеци**	**Визинг после физичке активности**	**Суви кашаљ у посл. 12 месеци**	**Буђење због визинга**
NO_2 - континуирано обележје	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
NO_2 < 40 $\mu g/m^3$>	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
Бензен - континуирано обележје	**ns**	**ns**	0.067	**ns**	**0,003****
Бензен < 5 $\mu g/m^3$>	**0,039***	**ns**	**0,026***	**ns**	**0,026***
Толуен $\mu g/m^3$	**ns**	**ns**	**ns**	**0,017***	**ns**
Етил-бензен $\mu g/m^3$	**ns**	**ns**	**ns**	**0,050***	**ns**
Ксилен $\mu g/m^3$	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
Формалдехид $\mu g/m^3$ континуирано обележје	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**0,015***
Формалдехид 100 $\mu g/m^3$	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
Проветреност VR (L/s по особи) континуирано обележје	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
Проветреност VR <8 L/s по особи >	**ns**	**ns**	**ns**	0,050*	**ns**
CO_2 (ppm) континуирано обележје	**ns**	**ns**	**0,050***	**ns**	**0,017***
CO_2 1000 (ppm)	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
CO континуирано обележје	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
CO (mg/m^3)	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
T (C°) испред учионице	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
РВВ испред учионице (%)	**ns**	**ns**	**ns**	0,090	**ns**
Зона комфора	**0,018***	**ns**	**ns**	**0,019***	**ns**
PM_{10} I/O Ratio	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
PM_{10} I/O Ratio < 1; 1.0, >1.0	**ns**	**ns**	**0,048**	**ns**	**ns**
PM_{10} ($\mu g/m^3$)	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
PM_{10} 50; 50–80; >80 ($\mu g/m^3$)	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
PM_{10} IAQ до 50, 50+ ($\mu g/m^3$)	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Предикторска повезаност појединачних респираторних сметњи и одабраних активних карактеристика учионице (релативне влажности, температуре, проветрености, PM_{10} и I/O ratio-а)

Када се у регресиони модел укључе особине учионице као што су проветреност, температура ваздуха, релативна влажност ваздуха, као и PM_{10} концентрација и однос двају концентрација PM_{10}, исказан као PM_{10} I/O ratio, резултати са предикторима за појаву одређених сметњи се налазе у табели 96 која следи:

1. Виша температура ваздуха у учионици је предиктор за *кашаљ икада* и за *визинг икада*, као и за продуктиван кашаљ.

2. Концентрација PM_{10} предиктор је за *кашаљ икада, кашаљ ујутру (јесен/зима), кашаљ дању/ноћу (јесен/зима),* као и за *визинг у последњих 12 месеци*.

3. PM_{10} Indoor/Outdoor ratio је предиктор за кашаљ иначе, као и за кашаљ дању/ноћу (јесен/зима) (OR=1,588) за PM_{10} I/O ratio $\geq$ 1,0, као и за кашаљ непрекидно 3 месеца (јесен/зима) (OR=1,277) за PM_{10} I/O ratio < 1,0.

4. Релативна влажност ваздуха у учионици је предиктор за кашаљ иначе.

5. Низак степен проветрености је предиктор за кашаљ ујутру (јесен/зима), као и за продуктивни кашаљ.

6. Висока влажност ваздуха (%) је предиктор за продуктивни кашаљ.

Табела 96. Предикторска повезаност појединачних респираторних сметњи и одабраних активних карактеристика учионице

Симптоми	**Проветреност учионице**		**T (C°) учионице**		**Релативна Влажност у учионици**		**PM_{10}**		**PM_{10} I/O ratio**	
	контин.	интер	контин	интер	контин	интер	контин	интер	контин	интер
кашаљ иначе	ns	ns	0,006**	ns	0,032*	ns	0,004**	ns	0,015*	ns
кашље ујутру (јесен/зима)	0,006**	ns	ns	ns	ns	ns	0,008**	ns	ns	ns
кашље дању/ноћу (јесен/зима)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,047*	ns	ns	0,050*
кашље непрекидно 3 месеца (јесен/зима)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,050*
продуктивни кашаљ	ns	0,015*	0,050*	ns	0,049*	ns	ns	ns	ns	ns
визинг икада	ns	ns	0,013*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
визинг 12 месеци	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,049*	ns	ns	ns
визинг после физичке активности	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,043*	ns	ns
суви кашаљ 12 месеци	ns	0,050*	ns	ns	0,046*	ns	ns	ns	ns	ns
буђење због визинга последњих 12 месеци	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Контин. – континуирано обележје, интер. – интервална дистрибуција одређеног обележја,
*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Утицај квалитета ваздуха у учионици и квалитета амбијенталног ваздуха (концентрација полутаната) на појаву респираторних сметњи код деце у укупном узорку – линеарна регресиона анализа

Униваријантном линеарном регресионом анализом анализирани су предиктори приказани у табели 20 у прилогу 2 рада са следећим предикторима за појаву респираторних сметњи:

- Као предиктори за појаву респираторних сметњи у ***униваријантној линеарној*** регресионој анализи издвојиле су се ниже концентрације етил-бензена ($p<0,001$), ниже конценрације ксилена ($p<0,050$), као и повећане концентрације формалдехида ($p<0,007$) и виша температура ваздуха у учионици ($p<0,022$).

Испитивање утицаја квалитета ваздуха у учионици као и квалитета амбијенталног ваздуха (одступања од дозвољених концентрација) на појаву респираторних сметњи код деце у укупном узорку, тестирано је ***униваријантном логистичком*** регресионом анализом (приказ у табели 97):

- Вероватноћа да вредности формалдехида преко 100 $\mu g/m^3$ чешће утичу на појаву респираторних сметњи већа је за 17,6%, али без предикторског значаја, док вредности ван зоне комфора (температура, влажност ваздуха и мање од 2,2 m^2 по ученику) су предиктор за појаву респираторних сметњи, које вероватноћу за појаву респираторних сметњи повећавају за близу 50%.

Табела 97. Униваријантна логистичка регресиона анализа – утицај IAQ и OAQ концентрација полутаната (одступања од дозвољених концентрација) на појаву респираторних сметњи

	B	C.E.	df	Sig.	OR	95% C.I. OR	
						Доња	Горња
IAQ концентрација полутаната							
NO_2 ($\mu g/m^3$)	-0,164	0,180	1	0,361	0,848	0,596	1,207
Бензен C_6H_6 ($\mu g/m^3$)	-0,076	0,158	1	0,633	0,927	0,680	1,265
HCHO ($\mu g/m^3$)	0,162	0,202	1	0,422	1,176	0,792	1,748
Проветреност VR	-0,072	0,152	1	0,638	0,931	0,691	1,255
CO_2 (ppm)	-0,024	0,156	1	0,878	0,976	0,719	1,326
CO (mg/m^3)	0,008	0,158	1	0,958	1,008	0,739	1,375
(C° 18–23, РВВ 30–75% и >2,2 m^2/ученик)	0,392	0,150	1	0,009*	1,479	1,102	1,986
PM_{10} I/O Ratio	0,064	0,078	1	0,412	1,066	0,915	1,243
PM_{10} < 50 $\mu g/m^3$>	0,032	0,176	1	0,854	1,033	0,732	1,457
OAQ концентрација полутаната							
NO_2 ($\mu g/m^3$)	-0,164	0,180	1	0,361	0,848	0,596	1,207
C_6H_6 ($\mu g/m^3$)	-0,184	0,167	1	0,269	0,832	0,600	1,153
HCHO ($\mu g/m^3$)	-0,451	0,471	1	0,339	0,637	0,253	1,603
CO_2 (ppm)	0,000	0,002	1	0,752	1,000	0,996	1,003
PM_{10} ≥50 $\mu g/m^3$	0,060	0,170	1	0,724	1,062	,761	1,481

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Униваријантна логистичка регресиона анализа – утицај концентрације полутаната ваздуха у учионици и амбијенталног ваздуха, на појаву респираторних сметњи према школама

Испитивање утицаја квалитета ваздуха у учионици као и квалитета амбијенталног ваздуха (одступања од дозвољених концентрација) на појаву респираторних сметњи код деце у свакој школи појединачно, тестирано је униваријантном логистичком регресионом анализом.

У школи 1 доказан је предикторски значај утицаја висине бензена измереног у учионици на појаву респираторних сметњи, док проветреност учионице и PM_{10} I/O ratio није имао предикторски значај. Полутанти измерени испред учионице нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи.

У школи 2 није доказан предикторски значај на појаву респираторних сметњи као ни полутанти измерени испред учионице нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи.

У школи 3 доказан је предикторски значај утицаја висине PM_{10} I/O ratio измереног у учионици на појаву респираторних сметњи, док остали полутанти нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи. Полутанти измерени испред учионице нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи.

У школи 4 није доказан предикторски значај на појаву респираторних сметњи, као ни полутанти измерени испред учионице нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи.

У школи 5 доказан је предикторски значај утицаја висине бензена и HCHO измерених у учионици на појаву респираторних сметњи, док остали полутанти нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи. Полутанти измерени испред учионице нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи, осим C_6H_6 ($\mu g/m^3$) који је имао предикторски значај на појаву респираторних сметњи.

У школи 6 доказан је предикторски значај утицаја висине HCHO ($\mu g/m^3$), проветреност VR, зона комфора (C° 18–23, РВВ 30–75%, >2,2 m^2/учен.), PM_{10} I/O ratio,

$PM_{10} < 50\ \mu g/m^3>$ измерених у учионици на појаву респираторних сметњи, док остали полутанти нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи. Полутанти измерени испред учионице нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи.

У школи 7 није доказан предикторски значај на појаву респираторних сметњи, као ни полутанти измерени испред учионице нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи.

У школи 8 није доказан предикторски значај на појаву респираторних сметњи, као ни полутанти измерени испред учионице нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи.

У школи 9 доказан је предикторски значај утицаја проветрености VR, CO (mg/m^3), PM_{10} I/O ratio, $PM_{10} < 50\ \mu g/m^3>$ измерених у учионици на појаву респираторних сметњи, док остали полутанти нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи. Полутанти измерени испред учионице нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи, осим $PM_{10} \geq 50\ \mu g/m^3$ који је утицао на појаву респираторних сметњи.

У школи 10 није доказан предикторски значај на појаву респираторних сметњи као ни полутанти измерени испред учионице нису имали предикторски значај на појаву респираторних сметњи.

Предикторски утицај социо-економских карактеристика и пасивних карактеристика учионице на појаву респираторних сметњи код деце у укупном узорку

Предиктори за појаву респираторних сметњи су: икада дијагностикована алергија која повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за преко 20 пута (OR=20,681); пасивно пушење у домаћинству (родитељском дому) које повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за преко 40% (OR=1,401); нижи степен едукације мајке (OR=0,860) и оца (OR=0,851); мање од 2 m^2 по ученику у учионици која повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за преко 45% (OR=0,602).

Од пасивних карактеристика учионице, као предиктори су се издвојили отварање прозора која повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 65% (OR=1,649). Као предиктори су се издвојили, осим отварања прозора, и проветравање учионице зими које повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 31% (OR=1,307).

Табела 98. Униваријантна логистичка регресиона анализа – предиктори за појаву респираторних сметњи

	B	C.E.	df	Sig.	OR	95% C.I. OR	
						Доња	Горња
Изложеност дуванском диму	0,337	0,152	1	**0,026***	1,401	1,040	1,886
Едукација мајке	-0,151	,073	1	**0,038***	0,860	0,746	0,991
Едукација оца	-0,162	,078	1	**0,037***	0,851	0,731	0,991
Икада лечена алергија	3,029	0,276	1	**0,000*****	20,681	12,040	35,525
< 2 > m^2/особи	-0,507	0,196	1	**0,010****	0,602	0,410	0,885
Проветравање учионице	0,267	0,112	1	**0,017***	1,307	1,049	1,627
Чишћење увече	0,322	0,161	1	**0,046***	1,380	1,006	1,893
Чишћење метлом	0,453	0,151	1	**0,003****	1,572	1,169	2,115
Чишћење мопом	-0,533	0,202	1	**0,009****	0,587	0,395	0,873
Отварање прозора	0,500	0,372	1	**0,049***	1,649	0,795	3,422
Реконструкција учионице	-0,275	0,162	1	**0,049***	0,759	0,553	1,042
Реконструкција прозора	-0,374	0,158	1	**0,018***	0,688	0,505	0,939
Саобраћај (слаб и средњи)	-0,206	0,074	1	**0,005****	0,814	0,704	0,941

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Вечерње чишћење (обавља се у току и крајем поподневне наставе) повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 38% (OR=1,380), као и чишћење метлом која повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 57% (OR=1,572).

Учионице са реконструисаним прозорима, као и реконструисане учионице су предиктори за мање респираторних сметњи, (OR=0,688), као и школе на подручјима са саобраћајем средњег и јачег интензитета (не отварају прозоре због буке) (OR=0,814).

Иако нису предиктори за респираторне болести, нека од наведених обележја утичу у високом проценту на појаву респираторних сметњи.

Од социо-економских карактеристика породице у којој је ученик рођен и/или живи наведени су рођење пре термина, које повећава вероватноћу за појаву респираторних сметњи за 40%; запосленост мајке повећава ризик од респираторних сметњи за 13%, оца за 25%, као и социјална помоћ коју породица прима понекада или увек, односно лоша економска ситуација породице, повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 20%.

Табела 99. Униваријантна логистичка регресиона анализа утицаја одабраних социо-економских карактеристика и особина учионице за појаву респираторних сметњи

	B	С.Е.	df	Sig.	OR	95% C.I. OR	
						Доња	**Горња**
Рођење пре термина	0,340	0,219	1	0,120	1,405	,915	2,157
Социјална помоћ	0,180	0,304	1	0,554	1,197	0,659	2,175
Запосленост мајке	0,121	0,161	1	0,451	1,129	,824	1,547
Запосленост оца	0,226	0,162	1	0,163	1,254	,913	1,722
Пластичан под (ламинат)	0,214	0,155	1	0,168	1,239	0,914	1,680
Кречени зидови /бело водонеотпорна боја	0,303	0,163	1	0,053	1,394	0,984	1,893
Моп и хемијско средство/комбиновано чишћење	0,410	0,424	1	0,334	1,507	0,656	3,461
Старост школе	0,201	0,150	1	0,179	1,223	0,912	1,641
Вентилација	0,098	0,188	1	0,603	1,103	0,763	1,594
Индустрија	0,190	0,194	1	0,329	1,209	0,826	1,769
Особе по квадрату	0,507	0,375	1	0,176	1,660	0,796	3,463
Окренутост учионице	-0,116	0,172	1	0,498	0,890	0,636	1,246

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Од пасивних карактеристика учионице издвојили су се својом утицајем, који нема снагу предиктора и кречење водонеотпорном бојом/кречом, који повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 39%; пластичан под (разне врсте ламината) који повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 24%; чишћење пода мопом са комбинацијом хемијских средстава повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 51%.

Од особина школске зграде, старост школе повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 22%, вентилација повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 10%, а близина индустрије повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 21%. Већи број особа по квадратном метру учионице повећава вероватноћу за појаву респираторних сметњи за 66% (повећана стопа заузетости простора).

Окренутост учионице ка дворишту повећава вероватноћу респираторних сметњи за 13% у односу на окренутост ка улици, али се није издвојио као предиктор.Остала тестирана обележја нису приказана у табелама, а њихов утицај на респираторне сметње је незначајан, односно без униваријантног утицаја на појаву респираторних сметњи.

Мултиваријантна логистичка регресиона анализа – предиктори за појаву респираторних сметњи

Од пасивних карактеристика учионице који су били униваријантни предиктори, као предиктори у мултиваријантној анализи су се издвојили предиктори из табеле 100 која следи.

Табела 100. Мултиваријантна логистичка регресиона анализа – предиктори за појаву респираторних сметњи

	B	С.Е.	df	Sig.	OR	95% OR	
						Доња	Горња
Изложеност дуванском диму	0,50	0,25	1	**0,040***	1,65	1,02	2,66
Едукација мајке	-0,17	0,15	1	0,24	0,84	0,63	1,12
Едукација оца	-0,01	0,16	1	0,95	0,99	0,72	1,36
Икада лечена алергија	22,21	0,48	1	1,00	4400,8	0,00	
< 2 > m^2/особи	-0,41	0,41	1	0,31	0,66	0,30	1,48
Проветравање учионице	0,00	0,33	1	1,00	1,00	0,53	1,89
Чишћење увече	0,09	0,33	1	0,78	1,10	0,58	2,10
Чишћење метлом	0,38	0,29	1	0,20	1,46	0,82	2,57
Чишћење мопом	-0,24	0,35	1	0,49	0,79	0,40	1,56
Отварање прозора	0,27	0,34	1	0,44	1,31	0,67	2,56
Реконструкција учионице	-0,56	0,28	1	**0,040***	0,57	0,33	0,98
Реконструкција прозора	0,09	0,33	1	0,78	1,10	0,58	2,10
Проветравање учионице зими	0,26	0,19	1	0,17	1,29	0,90	1,86

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Предикторски утицај спирометрије на појаву респираторних сметњи код деце у укупном узорку

Униваријантном регресионом анализом доказано је да су предиктори са респираторне сметње код деце ниже вредности **FEV_1** (p<0,009), као и ниже вредности **FEV_1/FVC** (p<0,0001).

Табела 101. Униваријантна логистичка регресиона анализа утицаја вредности спирометрије на појаву респираторних сметњи

	B	С.Е.	df	Sig.	OR	95% C.I. OR	
						Доња	Горња
FVC	-0,057	0,197	1	0,770	0,944	0,642	1,388
FEV_1	-0,626	0,238	1	0,009**	0,535	0,335	0,853
FEV_1/FVC	-0,356	0,037	1	0,000***	0,701	0,651	0,754

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

У мултиваријантном регресионом моделу доказано је да су удружени предиктори са респираторне сметње код деце ниже вредности **FEV_1** (p<0,004), као и ниже вредности **FEV_1/FVC** (p<0,0001).

Табела 102. Мултиваријантна логистичка регресиона анализа утицаја вредности спирометрије појаву респираторних сметњи

	B	С.Е.	df	Sig.	OR	95% C.I. OR	
						Доња	Горња
FEV_1	-0,789	0,274	1	0,004**	0,454	0,266	0,777
FEV_1/FVC	-0,361	0,038	1	0,000***	0,697	0,648	0,751

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Повезаност спирометрије и квалитета ваздуха

Табела 103. Утицај активних особина учионице (IAQ и OAQ) на вредности FEV_1

Модел		нестанд. коефиц.		стандард. коеф.		
		Beta	SE	Beta	t	Sig.
FEV1	(Constant)	2,774	0,474		5,854	0,000
	NO_2 OAQ	0,148	0,043	0,190	3,472	**0,001*** **
	Бензен IAQ	-0,014	0,045	-0,019	-0,300	0,765
	HCHO, до и преко 100 μg/m^3	-0,133	0,054	-0,144	-2,451	**0,015***
	VR интервали	-0,372	0,135	-0,499	-2,752	**0,006****
	CO_2 IAQ	-0,424	0,140	-0,560	-3,042	**0,002****
	CO	0,048	0,029	0,084	1,654	0,099
	C^o ваздуха у учионици – зона комфора	0,028	0,049	0,034	0,575	0,565
	РВВ (%) у учионици – зона комфора	0,189	0,046	0,266	4,141	**0,000*** **
	зона комфора (темп. 18-23° C, РВВ 30-75% и >2.2 m^2/по ученику)	-0,044	0,042	-0,062	-1,051	0,294
	PM_{10} I/O ratio – интервали	0,006	0,023	0,017	0,275	0,783
	PM_{10} IAQ до и преко 50 μg/m^3	-0,015	0,056	-0,016	-0,269	0,788
	C_{sr} CO OAQ интервали **до и преко 3 mg/m^3**	0,375	0,098	0,186	3,822	**0,000*** **
	PM_{10} OAQ	-0,070	0,030	-0,165	-2,325	**0,021***

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Анализом активних особина учионице на висину вредности FEV_1 као зависне варијабле, као предиктори издвојили су се, односно доказан је значајан предикторски утицај активних особина учионице као што су:

– Утицај вредности измерених испред учионице за NO_2, на вредности FEV_1 ($p<0,001$).
– Утицај вредности интервала формалдехида (до и преко 100 μg/m^3), на вредности FEV_1 ($p<0,015$).
– Утицај степена проветрености (VR у интервалима до и преко 8 L/s/по особи) ($p<0,006$), релативна влажност у учионици ($p<0,0001$), угљен-моноксид (интервали до и преко 3 mg/m^3) ($p<0,0001$), и вредност OAQ **PM_{10}.**

Табела 104. Утицај активних особина учионице (IAQ и OAQ) на вредности FEV_1/FVC

	Модел	нестанд.коефиц.		стандард. коеф.	t	Sig.
		Beta	SE	Beta		
FEV1/FVC	(Constant)	91,917	7,558		12,162	0,000***
	NO_2 OAQ	**-1,108**	**0,679**	**-0,097**	**-1,976**	**0,043***
	Бензен IAQ	-0,550	0,725	-0,052	-0,758	0,449
	Формалдехид до и преко 100 $\mu g/m^3$	0,469	0,860	0,035	0,545	0,586
	VR интервали	-1,538	2,158	-0,140	-0,713	0,476
	CO_2 IAQ	-1,151	2,226	-0,103	-0,517	0,605
	CO	0,182	0,464	0,022	0,392	0,695
	C^o ваздуха у учионици (зона комфора)	-0,268	0,781	-0,022	-0,343	0,732
	RV (%) у учионици – зона комфора	-0,187	0,727	-0,018	-0,257	0,797
	Comfort zone	-0,657	0,671	-0,062	-0,979	0, 328
	PM_{10} I/O ratio – интервали	-0,112	0,373	-0,020	-0,301	0,764
	PM_{10} IAQ до и преко 50 $\mu g/m^3$	**1,956**	**0,900**	**0,144**	**2,173**	**0,030***
	CO OAQ интервали до и преко 3 mg/m^3	-0,452	1,566	-0,015	-0,289	0,773
	OAQ PM10	**-0,694**	**0,481**	**-0,111**	**-1,974**	**0,050***

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Анализом активних особина учионице на висину вредности FEV_1/FVC као зависне варијабле, као предиктори издвојили су се, односно доказан је значајан предикторски утицај активних особина учионице као што су:

- Утицај вредности **OAQ NO_2**, на вредности FEV_1/FVC ($p<0,043$).
- Утицај вредности интервала **IAQ PM_{10}** (до и преко 50 $\mu g/m^3$) на вредности FEV_1/FVC ($p<0,030$).
- Утицај вредности **OAQ PM_{10}** ($p<0,050$).

Утицај пасивних особина учионице на вредности FEV_1

Анализом пасивних особина учионице на висину вредности FEV_1 као зависне варијабле, као предиктори издвојили су се-приказ у табели 105:

- Утицај броја деце преко 20 у учионици на ниже вредости FEV_1 ($p<0,001$).
- Утицај материјала за подне облоге учионица на вредности FEV_1, односно теписи и итисони предиктор су за више вредности FEV_1 ($p<0,0001$).
- Утицај материјала за зидне облоге учионице – бела боја ($p<0,0001$),
- Средство којим се чисти учионица ($p<0,014$), начин чишћења: влажне методе чишћења/прања подова повезују се са вишим вредностима FEV_1 ($p<0,009$),

- Густина оближњег саобраћаја (p<0,006), као и близина јавних депонија предиктори су за FEV_1 (p<0,0001).

Табела 105. Утицај пасивних особина учионице на вредности FEV_1

Модел		нестанд. коеф.		стандард. коеф.	t	Sig.
		Beta	SE	Beta		
FEV_1	Окренутост улици, дворишту, и др.	0,108	0,068	0,104	1,588	0,113
	Број деце до и преко 20	0,318	0,092	0,402	**3,455**	**0,001*** **
	m^2 /по ученику	0,113	0,089	0,139	1,270	0,205
	Врста подних облога учионице	0,126	0,035	0,416	**3,607**	**0,000*** **
	Зидне облоге учионице	0,081	0,024	0,328	**3,328**	**0,001*** **
	Отварање прозора ради проветравања учионице	-0,073	0,106	-0,089	-0,691	0,490
	Отварање прозора Проветравање учионице зими	0,020	0,042	0,041	0,485	0,628
	Методе чишћења учионице	-0,009	0,046	-0,021	-0,201	0,841
	Чишћење дневна фреквентност	0,512	0,377	0,209	1,357	0,176
	Чишћење – средство/метода	-0,247	0,099	-1,134	**-2,484**	**0,014***
	Чишћење – суво, мокро, комбиновано	0,408	0,156	0,777	**2,614**	**0,009***
	Старост намештаја	-0,029	0,075	-0,037	-0,391	0,696
	Густина оближњег саобраћаја	0,108	0,039	0,340	**2,772**	**0,006***
	Пушење наставника	-0,372	0,305	-0,389	-1,220	0,223
	Близина индустријског загађења	-0,138	0,119	-0,122	-1,160	0,247
	Близина јавне депоније	-1,048	0,161	-0,785	**-6,524**	**0,000*** **

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Утицај пасивних особина учионице на вредности FEV_1/FVC

Анализом пасивних особина учионице на висину вредности количника FEV_1/FVC као зависне варијабле, доказан је значајан предикторски утицај активних особина учионице као што су (табела 106:

- Утицај броја деце преко 20 у учионици на ниже вредности FEV_1/FVC (p<0,048).
- Утицај материјала за подне облоге учионица на вредности FEV_1/FVC (p<0,030).
- Утицај материјала за зидне облоге учионице: дрво и тапет предиктор је за више вредности (p<0,0001),
- Начин чишћења учионица (p<0,032), чешћа фреквентност чишћења (два пута дневно) је предиктор за више вредности (p<0,014),
- Густина оближњег саобраћаја (p<0,015), као и пушење наставника (p<0,049).

Табела 106. Утицај пасивних особина учионице на вредности FEV_1/FVC

	Модел	нестанд. коеф.		стандард. коеф.		
		Beta	SE	Beta	t	Sig.
FEV1/FVC	(Constant)	81,825	4,957		16,506	0,000
	Окренутост улици, дворишту, друго	-0,828	0,717	-0,086	-1,154	0,249
	Број деце до и преко 20	1,724	0,974	0,236	1,990	**0,048***
	m^2 /по ученику	0,925	0,940	0,123	0,985	0,326
	Врста подних облога учионице	-0,407	0,371	-0,145	-1,096	0,274
	Зидне облоге учионице	0,558	0,256	0,246	2,179	**0,030***
	Отварање прозора/проветравање	-0,295	1,122	-0,039	-0,263	0,793
	Отварање прозора Проветравање учионице зими	-0,085	0,3445	-0,018	-0,192	0,848
	Методе чишћења учионице	1,048	0,485	0,262	2,160	**0,032***
	Чишћење дневна фреквентност	9,833	3,989	0,435	2,465	**0,014***
	Чишћење – средство/метода	-1,329	1,051	-0,662	-1,264	0,207
	Чишћење – суво, мокро, комбиновано	0,740	1,650	0,153	0,448	0,654
	Старост намештаја	-0,402	0,796	-0,055	-0,505	0,614
	Густина оближњег саобраћаја	1,014	0,413	0,345	2,453	**0,015***
	Пушење наставника	-6,054	3,225	-0,687	-1,988	**0,049***
	Близина индустријског загађења	0,713	1,260	0,068	0,566	0,572
	Близина јавне депоније	-2,841	1,700	-0,231	-1,671	0,096

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Униваријантна линеарна регресиона анализа утицаја социо-економских фактора на вредност спирометрије

Табела 107. Униваријантна линеарна регресиона анализа утицаја социо-економских фактора на вредност FVC

FVC	нестанд. коефиц.		стандард. коеф.			95% CI	
	Beta	SE	Beta	t	Sig.	Доња	Горња
Рођење пре термина	0,046	0,056	0,035	0,821	0,412	-0,064	0,157
Пушење у трудноћи	0,002	0,045	0,002	0,051	0,960	-0,087	0,091
Образовање мајке	0,081	0,018	0,189	4,422	**0,000*****	0,045	0,116
Образовање оца	0,083	0,020	0,183	4,258	**0,000*****	0,045	0,122
Социјална помоћ	-0,142	0,082	-0,075	-1,741	0,082	-0,303	0,018
Запослење мајке	0,047	0,041	0,050	1,138	0,256	-0,034	0,127
Запослење оца	0,025	0,042	0,027	0,609	0,543	-0,056	0,107
Изложеност ETS у кући	-0,015	0,039	-0,017	-0,387	0,699	-0,091	0,061
Број цигарета/дан	-0,001	0,002	-0,042	-0,985	0,325	-0,004	0,001
Интервали броја цигарета	-0,010	0,020	-0,022	-0,501	0,617	-0,049	0,029

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Више образовање мајки, као и више образовање оца су се издвојили као статистички високозначајни предиктори за више измерене вредности FVC код деце обухваћене анкетом.

Примање социјалне помоћи није имало предикторски значај на измерене вредности FVC код деце обухваћене анкетом, као ни друге од изабраних варијабли попут рођења пре термина, пушења у трудноћи, запослености родитеља или изложености дуванском диму у кући.

На измерене вредности FVC код деце обухваћене анкетом није имао предикторски значај ни број цигарета попушених у кући, коме су деца свакодневно изложена.

Табела 108. Униваријантна линеарна регресиона анализа утицаја социо-економских фактора на вредност FEV_1

FEV_1	нестанд. коефиц.		стандард.коеф.	t	Sig.	95% CI	
	Beta	SE	Beta			Доња	Горња
Рођење пре термина	0,019	0,048	0,017	0,402	0,688	-0,075	0,113
Пушење у трудноћи	0,018	0,038	0,021	0,479	0,632	-0,057	0,094
Образовање мајке	0,064	0,016	0,176	4,107	**0,000*** **	0,033	0,094
Образовање оца	0,071	0,017	0,184	4,281	**0,000*** **	0,038	0,103
Социјална помоћ	-0,126	0,069	-0,079	-1,819	0,069	-0,262	0,010
Запослење мајке	0,029	0,035	0,036	0,831	0,406	-0,039	0,097
Запослење оца	0,020	0,035	0,026	0,577	0,564	-0,049	0,090
Изложеност ETS у кући	-0,035	0,033	-0,047	-1,083	0,279	-0,099	0,029
Број цигарета/дан	-0,002	0,001	-0,080	-1,986	**0,050***	-0,005	0,000
Интервали броја цигарета	-0,021	0,017	-0,054	-1,256	0,210	-0,055	0,012

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Више образовање мајки, као и више образовање оца су се издвојили као статистички високозначајни предиктори за више измерене вредности FEV_1 код деце обухваћене анкетом.

Примање социјалне помоћи није имало предикторски значај на измерене вредности FEV_1 код деце обухваћене анкетом, као ни друге од изабраних варијабли попут рођења пре термина, пушење у трудноћи, запослености родитеља или изложености дуванском диму у кући.

На измерене вредности FEV_1 код испитиване деце је имао предикторски значај број цигарета попушених у кући, коме су деца свакодневно изложена. Већи број цигарета је предиктор за ниже вредности FEV_1.

Табела 109. Униваријантна линеарна регресиона анализа утицаја социо-економских фактора на вредност FEV_1/FVC

FEV_1/FVC	нестанд. коефиц.		станд. коеф.	t	Sig.	95%CI	
	Beta	**SE**	**Beta**			**Доња**	**Горња**
Рођење пре термина	-0,653	0,626	-0,045	-1,042	0,298	-1,883	0,578
Пушење у трудноћи	1,519	0,498	0,130	3,051	**0,002****	0,541	2,497
Образовање мајке	-0,365	0,204	-0,078	-1,788	0,074	-0,767	0,036
Образовање оца	0,094	0,221	0,019	0,426	0,670	-0,340	0,528
Социјална помоћ	-0,155	0,908	-0,007	-0,170	0,865	-1,938	1,629
Запослење мајке	-0,677	0,453	-0,065	-1,497	0,135	-1,567	0,212
Запослење оца	-0,229	0,465	-0,022	-0,492	0,623	-1,143	0,685
Изложеност ETS у кући	-0,583	0,425	-0,059	-1,373	0,170	-1,418	0,251
Број цигарета/дан	-0,033	0,017	-0,086	-2,006	**0,045***	-0,066	-0,001
Интервали броја цигарета	-0,343	0,221	-0,067	-1,555	0,121	-0,777	0,090

*<0,05 **<0,01 ***<0,001

Више образовање мајки, као и више образовање оца се нису издвојили као статистички значајни предиктори за вредности FEV_1/FVC код испитиване деце.

Примање социјалне помоћи такође није имало предикторски значај на измерене вредности FEV_1/FVC код деце, као ни друге од изабраних варијабли, попут рођења пре термина, запослености родитеља или изложености дуванском диму у кући.

На измерене вредности FEV_1 код деце из истраживања, број цигарета попушених у кући, (свакодневна изложеност дуванском диму), као и пушење у трудноћи су имали предикторски значај. Већи број цигарета попушених у присуству деце је предиктор за ниже вредности односа FEV_1/FVC.

Пушење у трудноћи је предиктор за однос FEV_1/FVC.

5. ДИСКУСИЈА

Као што се из табеле 110 може приметити, SEARCH1 међународни пројекат, чији део су резултати добијени у Републици Србији предмет су истраживања ове докторске дисертације. Дисертација представља пионирски рад на овом типу корелирања података о изложености елементима амбијенталног ваздуха и ваздуха затвореног простора и података о пријављеним респираторним сметњама код деце изложене истима у школском окружењу, као и о утицају дуванског дима у свом дому, на националном нивоу [215].

Табела 110. Примери скорашњих и текућих истраживања утицаја изложености аерозагађењу на здравље школске деце у Европском региону СЗО

Назив истраживања	**Година реализације**	**Број укључених држава чланица**	**Параметри који су праћени у току истраживања**
SEARCH 1	2006–2009	6	PM_{10}, формалдехид, бензен, толуен, етилбензен, ксилени, NO_2, CO_2, CO температура, релативна влажност ваздуха, VR, потрошња енергије, респираторни симптоми
SEARCH 2	2010–2013	6 + 4	
SINPHONIE	2010–2012	23	Формалдехид, бензен, други VOCs, PAHs, CO_2, CO, радон, PM_{10}, $PM_{2.5}$, алергени у прашини, буђ, биоаеросоли, респираторни симптоми
Национални IAQ мониторинг у Француској	У току	1	Формалдехид, бензен, CO_2 у свим школама у Француској, $PM_{2.5}$, NO_2, VOCs, метали, алергени
WHO School Survey	2012. и даље	5	Формалдехид, бензен, NO_2, CO_2, VR, CO, температура, релативна влажност ваздуха, буђ, пушење у школи, превоз до школе

Извор: [230]

Резултати мерења околинских квантитативних показатеља и повезаност са појавом респираторних симптома код школске деце

- Повезаност активних и пасивних карактеристика учионице у укупном узорку (циљ 1) и утицај на појаву респираторних симптома.
- Праћење показатеља термалног комфора и повезаност са вредностима измерених концентрација полутаната у ваздуху учионица, као и са појавом респираторних симптома код школске деце.

Повезаност активних и пасивних карактеристика учионице у укупном узорку и утицај на појаву респираторних симптома (циљ 1)

У укупном узорку SEARCH1 пројекта, квалитет ваздуха је измерен у 242 учионице основних школа у шест земаља учесница у пројекту, док су подаци о респираторном здрављу узети од 5242 деце, то јест родитеља/старатеља. У укупном истраживачком узорку, установљена је статистички значајна повезаност између карактеристика учионица, показатеља респираторног здравља деце и измерених вредности полутаната у ваздуху унутар учионица. Ова врста повезаности истраживана је за IAQ концентрације угљен-диоксида, PM_{10}, формалдехида, бензена, толуена, етил-бензена, ксилена и азот-диоксида.

Респираторни симптоми код деце у укупном узорку SEARCH1 пројекта

У табели која следи биће приказане преваленце респираторних симптома на укупном узорку SEARCH1 пројекта, према земљама које су у истом учествовале. Симптоми су подељени на „бронхитичне” и „астматичне”.

Табела 111. Преваленца (%) респираторних симптома и обољења код деце из шест „SEARCH земаља”

Симптоми	Албанија (n=1019)	БиХ (n=975)	Мађарска (n=704)	Италија (n=915)	Србија (n=735)	Словачка (n=894)	Укупно (n=5242)
јутарњи кашаљ	18,7	10,6	8,4	13,2	10,5	14,8	13,0
кашаљ дан/ноћ	20,8	9,7	6,5	11,8	9,9	11,0	12,1
кашаљ > 3 месеца	7,7	3,1	3,3	3,5	3,1	2,4	4,0
продуктивни кашаљ	41,6	11,9	3,6	8,5	9,4	4,8	14,4
било који бронхитични симптом	**53,6**	**24,7**	**13,4**	**22,8**	**21,5**	**24,4**	**28,0**
визинг у посл. 12 месеци	6,5	9,2	8,2	11,5	9,4	8,2	8,8
визинг након физ. напора, <12 месеци	3,5	5,6	5,8	6,0	5,0	3,6	4,9
суви ноћни кашаљ, <12 м	14,2	14,7	10,9	13,9	13,9	15,8	14,0
пробуђен визингом, <12 м	7,4	5,3	2,0	3,6	6,0	5,6	5,1
било који астматични симптом	**22,08**	**23,3**	**16,9**	**23,4**	**22,9**	**23,9**	**22,4**
Dg астме постављена	11,8	11,2	7,1	12,2	12,8	7,1	10,5
астма лечена, < 12 м	5,7	7,2	3,7	7,9	9,3	6,3	6,7

С обзиром на значајну хетерогеност преваленци за различите симптоме/обољења, сама земља као варијабла мора се анализирати кроз модел логистичке регресије у анализи повезаности између различитих околинских чинилаца и здравственог статуса испитиване деце. Сви испитивани бронхитички симптоми имали су највишу преваленцу у Албанији, нарочито продуктивни кашаљ. Ово се, делимично, може објаснити чињеницом да је управо у Албанији детектована и највећа заузетост простора у односу на број деце у учионици. У случају астматичних симптома, Мађарска је имала најнижу преваленцу (16,9%), док међу осталим земљама из истраживања нису постојале значајне разлике у преваленци (22,08–23,9%). Проценат деце из истраживања са икада дијагностикованом астмом од стране лекара, подједнако је низак у случају Словачке и Мађарске (7,1%), док у случају Србије он износи 12,1%, што је уједно и највиши износ [215].

У укупном узорку београдског истраживања, преваленца регистрованих респираторних симптома је следећа: *кашаљ икада* се најчешће региструје (22%), за чим следе *визинг икада* (21,6%), *икада дијагностикована алергија* (23%) и *суви кашаљ ноћу у последњих 12 месеци* (14,1%). Најређе се региструје *кашаљ у континуитету преко 3 месеца* (3,2%) и *визинг након физичке активности* (5,1%), *буђење услед визинга у последњих 12 месеци* (6,1%).

У случају HESE студије, у укупном узорку, преваленца ноћног сувог кашља била је 34%, ринитис (кијавица) 32%, углавном чешћи од појаве визинга (13%). Уколико се анализира укупни узорак, све појаве/симптоми су чешћи у школама у Француској и Италији. Средња вредност преваленце за појаву визинга у те две земље била је 15%, док је укупно за остале земље из истраживања она износила 11%. У случају сувог кашља и ринитиса тај однос износио је 41% наспрам 25%, то јест 39% спрам 26%. Старост деце нема утицаја на настанак респираторних симптома, као ни међу појединачним земљама, учесницама у истраживању [10; 12].

Оближње окружење школе и локација школе и учионица у односу на изворе загађења (мобилне и стационарне)

У овом истраживању, са аспекта географске дистрибуције школа, ђаци похађају школе подељене на три подручја, и то у приградским насељима 225 (31,8%) ђака; школе у градским општинама, удаљене од прометница 216 (30,5%) ђака, и школе у строгом центру 267 (37,7%) ђака. Нема значајније разлике у заступљености ђака у односу на локацију школе.

И друга слична истраживања имала су сличне географске дистрибуције ученика: *Pegas N. et al.* – 3 урбане школе у Лисабону, Португал [6]; *Almeida et al.* – 3 урбане школе [16]; *Fromme et al*, узорак од 64 школе био подељен на урбани и рурални [24]; *Stranger et al.* урбане/периурбане [86]; *Godwin et al.* – 9 урбаних школа [102]; *Mumovic et al.* – једна урбана и једна рурална школа [152].

Мобилни извори аерозагађења у близини школе – близина саобраћајница

Анализом укупног узорка SEARCH1 пројекта, у односу на локацију школе, са аспекта близине фреквентног саобраћаја оближњих улица, скоро половина деце из истраживања (48%) похађа школе лоциране у зони умереног саобраћаја (31%), или, пак, у зони веома фреквентног саобраћаја (17%). Сличан процентуални однос постоји и за дистрибуцију самих циљних учионица у односу на близину саобраћајница. Резултати су приказани за укупан узорак, као и појединачно за сваку од шест SEARCH 1 земаља (табела 91).

Уколико се дистрибуција ученика у укупном узорку пројекта анализира према појединачним земљама у којима је спроведено истраживање, школска деца су најизложенија аерозагађењу од густог саобраћаја у Албанији (68,4%), од средње учесталог саобраћаја чак и 81,2%.

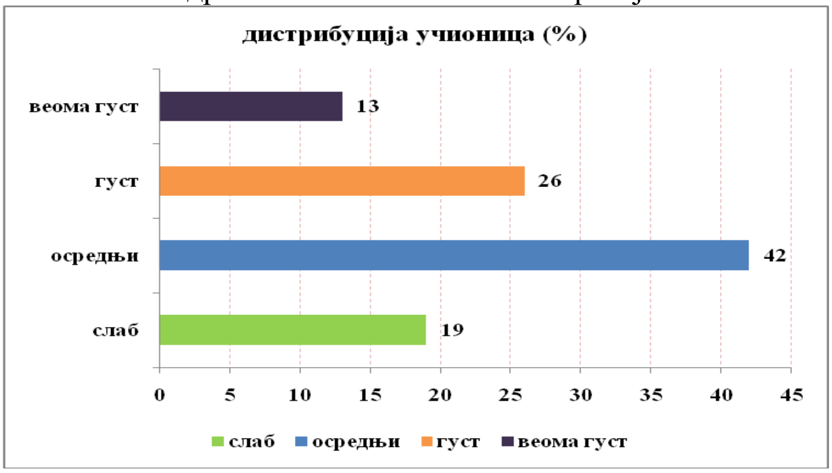
Табела 112. Дистрибуција (%) ученика према локацији школе у односу на различити степен густине саобраћаја за сваку појединачну SEARCH1земљу

Држава	**Нефреквентни**	**Средње учестао**	**Густ**	**Врло густ**
Албанија	0,0	31,6	**68,4**	0,0
БиХ	0,0	28	20,7	**51,3**
Мађарска	10,2	34,1	**42,9**	12,8
Италија	7,1	**81,2**	11,8	0,0
Србија	15,2	**44,6**	20,1	20,2
Словачка	27,5	**50,7**	11,4	10,4
Укупно	**9,4**	**43,3**	**30,7**	**16,6**

У случају десет основних школа нашег истраживања, међу анкетираним ученицима који живе на адреси удаљеној од густог саобраћаја, најчешће су то (15,8%) ученици у ОШ „Никола Тесла”, а најређе у ОШ „Петар Петровић Његош” (2,7%) и у ОШ „Радојка Лакић” (4,8%). Међу анкетираним ученицима који живе на подручју са слабим саобраћајем, најчешћи су (76,4%) ученици у ОШ „Стеван Сремац”, а најређе у ОШ „Петар Петровић Његош” (12%). Међу анкетираним ученицима који живе у близини густог саобраћаја, најчешћи су (85,3%) ученици у ОШ „Петар Петровић Његош”, а најређе у ОШ „Коста Абрашевић” (6,1%) и у ОШ „Стеван Сремац” (16,7%).

У графикону и табели који следе приказана је дистрибуција учионица према адреси школе и близини саобраћаја, за укупни обрађени SEARCH узорак, као и у случају сваке појединачне земље [215].

Графикон 82. Укупна дистрибуција учионица из SEARCH1 пројекта према адреси школе и близини саобраћаја



Табела 113. Дистрибуција (%) посматраних учионица лоцираних у подручјима са различитом густином саобраћаја, по земљама

Држава	Нефреквентни	Средње учестао	Густ	Врло густ
Албанија	0	32,4	**67,6**	0,0
БиХ	0	30	20	**50**
Мађарска	11,6	27,9	48,8	11,6
Италија	7,1	**78,6**	14,3	0,0
Србија	12,8	**43,6**	23,1	20,5
Словачка	**47,5**	41,5	7,3	3,7
Укупно	**18,6**	**42,5**	**26,1**	**12,9**

Када је у питању локација школског објекта у односу на оближње саобраћајнице са различитим степеном густине саобраћаја, било да се ради о проценту деце која похађају такве школе, или пак бораве у појединачним учионицама, доминира изложеност саобраћају средњег интензитета прометности. Школе у Албанији и Мађарској лоциране су, у највећем проценту, у близини саобраћајница са умереним и густим саобраћајем, док су у Италији, Словачкој и Србији школе у већини случајева изграђене у крају са умереним саобраћајем.

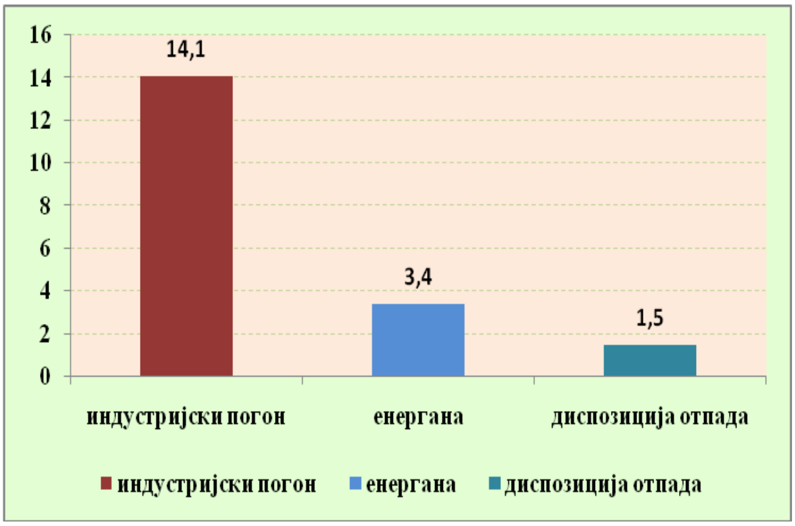
Респираторни симптоми – саобраћај

Бронхитичи симптоми код деце из истраживања у десет београдских основних школа су статистички у значајној повезаности само са повишеним вредностима OAQ PM_{10}, мереним у амбијенталном ваздуху испред учионице ($p < 0,001$). С друге стране, они значајно корелирају са сниженим вредностима осталих полутаната, који су иначе типични за садржај издувних гасова моторних возила, попут азот-диоксида ($p < 0,003$), толуена ($p < 0,001$), етил-бензена ($p < 0,001$) и ксилена ($p < 0,001$). Ови се резултати поклапају са резултатима истраживања из Холандије, где је доказано да до појаве бронхијалне хиперосетљивости долази код деце која су у току боравка у школи изложена утицају теретног саобраћаја, то јест чија се возила крећу, углавном на дизел-гориво, при чему је честично загађење доминантни нуспроизвод непотпуног сагоревања [193; 194]. Ова тврдња добија смисао и у случају београдских основних школа „Дринка Павловић” у близини прометних саобраћајница са фреквентним аутобуским саобраћајем, „Радојка Лакић” (аутобуси и камиони), као и школом „Никола Тесла” у Раковици. У случају HESE студије, ни OAQ PM_{10} концентрације, нити близина прометних саобраћајница нису утицали на манифестацију истраживаних респираторних поремећаја [10; 12].

Стационарни извори аерозагађења у близини школа

SEARCH пројекат је у упитнику за школе уврстио и питања везана за близину стационарних извора аерозагађења, тачније близину индустријских погона, електрана (енергана) и места за коначну диспозицију отпада, у односу на адресу школе. Дистрибуција деце, у укупном узорку SEARCH пројекта, у односу на позицију школе у односу на стационарне објекте који се налазе на удаљености мањој од 500 м, приказана је у графикону 83. Заправо, свако седмо дете похађало је школу у којој је било изложено емисијама индустријског порекла.

Графикон 83. Процентуална дистрибуција ученика у односу на близину стационарног извора загађења школи коју похађају



Процентуална дистрибуција ученика за сваку појединачну земљу у истраживању приказана је у табели 93.

Табела 114. Процентуална заступљеност деце у школама лоцираним у близини стационарног извора загађења (%)

Држава	Индустрија	Енергана	Диспозиција отпада
Албанија	14,7	0,0	0,0
БиХ	0,0	0,0	0,0
Мађарска	21,0	0,0	0,0
Италија	0,0	12,8	0,0
Србија	**17,7**	**9,2**	**9,2**
Словачка	29,9	0,0	0,0
Укупно	**14,1**	**3,4**	**1,5**

За разлику од Словачке, Мађарске и Албаније, чије су испитиване школе једино биле лоциране у близини неког индустријског погона, забележено је да су се школе у Србији налазиле у близини енергетских постројења (17,7%), локалитета за коначну диспозицију отпада (9,2), као и индустријског погона (9,2%) [215].

Постоји значајна разлика у дистрибуцији школа у односу на стационарне загађиваче, у истраживању у Београду. Значајно је мање оних школа у чијој близини се исти налазе, а то су ОШ „Коста Абрашевић” (електрана), ОШ „Никола Тесла” (индустријско постројење) и ОШ „Дринка Павловић“ (штампарија „Борбе”, Улица Косовска, Београд, директно преко пута главног улаза у школу). У 18% учионица близина индустријског постројења је значајна.

Godoi et al. одабрали су школе у индустријском месту Куритиба (Бразил), са петрохемијским комплексом као предоминантним извором загађења, како би доказали утицај квалитета амбијенталног ваздуха на загађеност ваздуха у простору учионица, у школама које су такође трпеле и загађење пореклом од саобраћаја [20]. У истраживањима у Немачкој и Португалу, као извори загађења ваздуха, који могу бити од значаја за квалитет ваздуха у просторијама школе, сматрани су како близина прометних саобраћајница, али и процеси који се одвијају унутар самих учионица, нарочито у случају присуства честичног загађења [6; 24; 28].

Стационарни извори загађења у близини школа и респираторни симптоми

У предметном истраживању, учешће појаве респираторних симптома код ученика који похађају основну школу, која није у близини стационарног извора загађења, није статистички значајно различита од учешћа респираторних симптома код ученика чије су учионице у близини истих. У том смислу, деца која нису у школи покрај стационарних извора загађења имају респираторне симптоме у 42,6% случајева, док се респираторни симптоми региструју у 41,4% случаја код деце из школа у близини таквих извора загађења (p=0,765).

Утицај састава учионице (намештај/под/зид) на квалитет ваздуха у учионици

Упитник за карактеристике учионице у којима бораве испитивана деца садржи следеће елементе: квалитет прозорских оквира, навика проветравања учионице, број деце која бораве у учионици у време трајања мерења квантитативних показатеља квалитета ваздуха, квалитет зидних и подних облога, тип и старост намештаја.

Бројни производи могу допринети ослобађању VOCs у ваздух, укључујући све врсте подних облога, хемикалије за чишћење, намештај, штампаче, зидне облоге, зидне боје, адхезиве и оплате. Зидне боје и оплате су производи који значајно могу допринети концентрацији лако испарљивих органских једињења (VOCs) у ваздуху затвореног простора, па и оног у школи. VOCs у ваздуху, која се могу довести у везу са бојама и премазима могу представљати саставне компоненте који се додају бојама са циљем побољшања њихових перформанси или као нуспроизводи створени у току процеса сушења већ нанете боје [6; 231].

А) Подне облоге. Доказана је статистички значајна разлика у врсти материјала подова учионица (p=0,001). Значајно је више учионица са пластичним или бетонским подовима који су застрти итисоном или неком врстом тепиха, у београдским школама.

У укупном узорку Пројекта 38,8% деце боравило је у учионицама са пластичним подом, док је 24,6% похађало наставу у учионицама са текстилним подним облогама (итисон).

Под од пластичне и текстилне материје у учионицама: Анализом врсте подних облога и средњих вредности концентрација праћених полутаната у ваздуху учионица (етил-бензен, толуен, ксилени, формалдехид), NO_2 и PM_{10} честица, када су у питању школе у Београду, запажа се статистички значајна корелација са постојањем пластичних подних облога (ламинат), нарочито ако су исте застрте текстилом (итисон/теписи). У 24,6% свих учионица из пројекта под је застрт текстилним облогама. У већини земаља измерене концентрације VOCs у ваздуху (бензен, етилбензен, толуен, ксилени) и NO_2 биле су значајно више у учионицама са текстилним подним облогама, у односу на оне које их нису имале. PM_{10} и формалдехид нису показали сличне корелације [215].

У конкретном истраживању у Србији, доказана је статистички значајна разлика у врсти материјала подова учионица (p=0,001). Значајно је више учионица са пластичним или бетонским подовима који су застрти итисоном или неком врстом тепиха.

У студији *Fromme et al.* није постојала значајна разлика у односу на квалитет чврстих подних облога (дрво, линолеум) и оних са текстилном структуром [24].

Респираторни симптоми – подне облоге

Из угла укупног узорка SEARCH1 истраживања, упркос вишеструким успостављеним повезаностима између присуства подних облога од текстила и измерених концентрација VOCs, биваријантном анализом између таквог пода у учионицама и различитих здравствених последица, не указује се на статистички значајну повезаност.

Наиме, након усклађивања према узрасту, полу, држави, вредностима за бензен и постојање тепиха у кућном окружењу, доказана је статистички значајна повезаност са преваленцом појаве *буђења током ноћи услед визинга* код испитиване деце (OR=1,64; 95% C.I.:1,12–2,41). У овом случају, концентрација IAQ бензена >5 μg/m^3 сама по себи, значајно је повезана са појавом овог астматичног симптома (OR=1,59; 95% C.I.:1,16–2,18), независно од евидентиране подне облоге од текстила. То значи да су и концентрација IAQ бензена >5 μg/m^3 и присуство текстилне подне облоге независне детерминанте, када је појава *буђења у току ноћи визингом* у питању [215].

У студији на 579 астматичне деце у Данској, пријављено је усложњење симптома астме код ученика оних школа чије учионице имају текстилне подне засторе, у односу на оне који бораве у учионицама без истих [92].

Корелацијом присуства различитих врста подних облога (пластика, дрво, текстил) у учионицама београдских основних школа, са појавом респираторних сметњи код испитиване деце, добијени су следећи резултати:

- У учионицама са дрвеним подом респираторне симптоме има 43,2% деце, док су у учионицама без дрвене подне облоге код њих 41,8% регистровани респираторни симптоми, што ову корелацију чини статистички незначајном (p = ns).
- У учионицама са пластичним подом респираторне симптоме има 45,1% деце, док су у учионицама без пластичне подне облоге код њих 39,8% регистровани респираторни симптоми, што ову корелацију чини статистички незначајном (p = ns).
- У учионицама са текстилним подним покровом (итисон) респираторне симптоме има 38,28% деце, док су у учионицама без итисона код њих 44,3% регистровани респираторни симптоми, што ову корелацију чини статистички незначајном (p = ns).
- Међу децом са респираторним симптомима, највише је деце у учионицама са пластичним подним облогама (ламинат, линолеум), и то 42,5%.

Ово се може објаснити чињеницом да услед електростатичког електрицитета не долази до потпуног слегања финих, респирабилних честица присутних у ваздуху учионица на површину пластичне подне облоге, па су исте због феномена ресуспензије много ближе инхалационој зони деце, а самим тим и спремније да угрозе респираторно здравље деце [24].

Б) Зидне облоге. У истраживању у Србији, доказана је статистички значајна разлика у врсти зидних облога и врсти боје зидова учионица ($p=0,001$). Значајно је више учионица које су окречене водонеотпорном, од оних са водоотпорном бојом.

Анализом укупних резултата SEARCH пројекта, више од две трећине зидова у испитиваним учионицама окречено је водорастворљивим бојама [215]. Није уочена значајна повезаност између ове врсте зидних облога и концентрације било ког измереног полутанта у ваздуху учионица. Преостала трећина зидова окречени су водоотпорним бојама (29,5%). Међутим, када су у питању школе у Београду, анализом измерених IAQ вредности одређених полутаната, попут растворљивих органских једињења (бензен, толуен, ксилени, формалдехид), NO_2 и PM_{10} честица, запажа се статистички значајна корелација са чињеницом да су зидови обојени водоотпорним бојама, дрветом или тапетама.

Респираторни симптоми – зидне облоге

Анализом укупних резултата SEARCH пројекта, код деце која бораве у учионицама са зидовима окреченим водонерастворљивим бојама чешћа је појава *икада од лекара дијагностиковане алергије,* као и чињенице да им је *астма терапијски третирана у последњих 12 месеци,* у поређењу са децом из учионица са водорастворљивим зидним бојама ($p<0,01$).

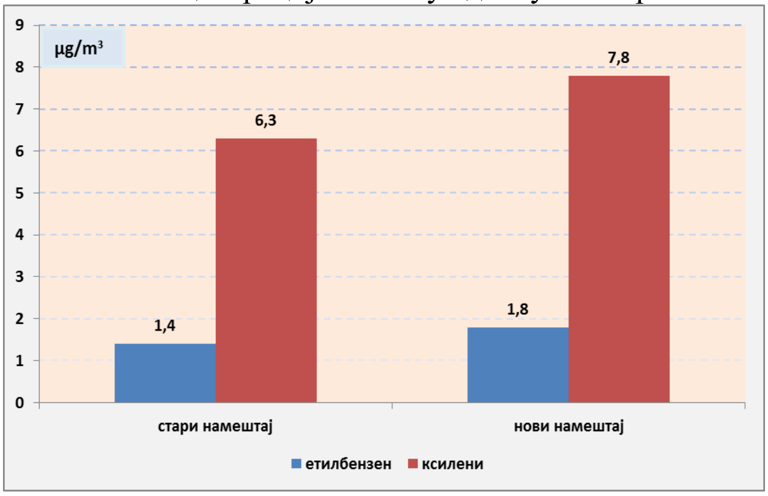
У случају укупног узорка из београдског истраживања, када је у питању присуство, то јест непостојање респираторних симптома код деце која похађају учионице са различитим зидним облогама не постоји статистички значајна разлика: у учионицама окреченим само белом кречном бојом њих 37,5% има респираторне симптоме, док оних без респираторних симптома има 43,0%; у случају водорастворљивих боја респираторне симптоме има 45,1%, док их нема 37,7%; у учионицама окреченим водонепропусним бојама са респираторним симптомима је 40,6%, а без истих њих 43,5%, док је у случају облагања зидова учионица дрвеним панелима („ламперије”) са респираторним симптомима 33,3% деце, а без симптома њих 43,4%. У случају кречења плафона (значајно због честичног круњења), тамо где су окречени белим кречом 34,0%

деце има респираторне симптоме, док у учионицама без таквог плафона њих 45,6% има респираторне симптоме.

Старост намештаја и присуство лакоиспарљивих органских једињења

Упитник за карактеристике учионице обухватио је и податке о периоду када је у учионице унет нови намештај. Повећане концентрације етил-бензена и ксилена, у укупном узорку истраживања измерене су у учионицама у којима се реновирање са променом намештаја десило у последњих 12 месеци, а то је 7,8% учионица које су учествовале у овој студији (графикон 85).

Графикон 84. Концентрације VOCs у односу на старост намештаја



Анализом упитника за школску зграду, дистрибуираних у десет београдских основних школа, доказана је статистички значајна разлика старости намештаја учионица ($p=0,001$). Значајно је више одељења са намештајем старим до пет година. Испарљиви органски растварачи, међу којима су и гасови попут бензена, толуена, етил-бензена и ксилена, очекивано су присутни у оним основним школама и другим јавним објектима у којима је реновирање просторија обављено у последњих 12 месеци, због чега се и врши њихов мониторинг [232].

Пракса чишћења учионица: начин чишћења и утицај на полутанте

Процес и методе чишћења школског простора (учионица) из угла овог истраживања могуће је дефинисати као пасивну карактеристику, за сваку дату школу понаособ, с обзиром на чињеницу да је школска управа та која дефинише сваки детаљ истог, почев од времена спровођења чишћења, методе чишћења (метла, усисивач, моп уз додавање хемикалије, најчешће варикине), то јест да се утврђени елементи процеса ретко мењају, чак и годинама. Набројани параметри често зависе и од финансијских могућности школе, као и самих подних/зидних облога и других грађевинских материјала у учионицама. Како врста чишћења школског простора и његова учесталост нису повезани са географском локацијом школе, а што је био основни метод за груписање школа у три категорије (строги центар, шири урбани центар и приградско насеље), дискусија добијених корелација односиће се на укупни узорак свих десет школа из истраживања. У београдским школама значајно више учионица бива чишћено „сувим” методама, попут метле и усисивача ($p=0,001$), чиме се може објаснити присуство честица у ваздуху учионица, услед феномена ресуспензије [6; 24].

Време у току дана када се обавља чишћење учионица, у којима су вршена мерења полутаната, статистички значајно утиче на IAQ концентрације полутаната тако што су повећане концентрације толуена и ксилена измерене у учионицама где се чишћење пода и других равних подлога врши пре уласка ученика у учионицу, у јутарњој смени, док су IAQ концентрације NO_2 (> 40 μg/m^3), бензена (> 5,0 μg/m^3), формалдехида (> 100 μg/m^3), CO_2 (> 1000 ppm), PM_{10} (>50 μg/m^3) у корелацији са чишћењем које се обавља на крају поподневне наставне смене, увече, ноћу. Један од разлога што у овом случају имамо повишене вредности PM_{10} може бити и чињеница да честице које заостану након чишћења преко ноћи имају дужи период за седиментацију на равну подну подлогу, чекајући улазак ученика који својим убрзаним кретањем, на самом почетку радног дана, доводе до динамичне ресуспензије истих [24].

Мања **учесталост чишћења** учионица (једном дневно до једном недељно) доводи се у везу са повећаном IAQ концентрацијом формалдехида, етил-бензена, CO_2, PM_{10} и NO_2, док је чешће прање/чишћење (више пута на дан) у корелацији са концентраци-јама бензена, толуена.

Везано за **метод чишћења/прања пода** учионица, у овом истраживању утврђена је корелација између комбиноване наизменичне примене усисивача и мопа уз додавање хемикалије (најчешће варикине) у течност за прање, са повећаном IAQ концентра-цијом NO_2, бензена, толуена, етил-бензена, ксилена и формалдехида.

У истраживању у Португалу, највише измерене концентрације PM_{10} у ваздуху учионица доводе се у везу са праксом чишћења учионица у касним поподневним сатима. Такође, концентрације честица у ваздуху варирају, па су више у просторијама где се под чисти метлом, него у онима где се прашина усисава. У поређењу са поменуте две метода чишћења, прање пода мопом доводи се у везу са нижим концентрацијама PM_{10} [224].

Анализом укупних резултата SEARCH пројекта, коришћење усисивача (13,4%) није доведено у везу са концентрацијом и једног појединачног полутанта који је мерен у усисаваним учионицама, у току наставе. С друге стране, концентрације NO_2 и бензена биле су значајније ниже у учионицама у којима је као средство за чишћење коришћена метла (74,3%) и/или моп (69,3%) [215].

У студији SINPHONIE је 23% учионица чишћено усисивачем, у којима су, при том, измерене концентрације формалдехида и NO_2 биле значајно више него у учионицама где није усисавано. Све добијене вредности остале су конзистентне и након стандардизације за сваку појединачну земљу из истраживања. Коришћење мопа у комбинацији са хемикалијом (углавном варикина) било је у 18,5% учионица из укупног узорка, у којима су измерене IAQ концентрације формалдехида [237].

Под се чисти у већини београдских школа из истраживања у јутарњим часовима пре уласка ученика, углавном без присуства хемијских средстава, с обзиром на чешћу употребу метле и усисивача.

Респираторни симптоми – чишћење

Доказана је статистички значајна разлика у начину чишћења у односу на појаву респираторних симптома, код деце испитиване у истраживању у београдским школама. Респираторни симптоми се најчешће манифестују код деце која наставу похађају у учионицама које се чисте „сувим методама”, попут метле и усисивача (77,7%), у односу на „влажне методе” (10,1%) и комбиновано са хемијским средством (12,2%), $p<0{,}018$.

Није доказана значајна разлика у чишћењу у одређено доба дана међу децом са појавом респираторних симптома у односу на децу без појаве истих. Најчешће се учионице чисте ујутро, а учешће деце са појавом респираторних симптома у односу на доба дана када се чисте учионице се креће од 39,3% (ноћу), преко 41,8% у учионицама које се чисте ујутро, пре уласка деце, па до 45,2% у учионицама које се чисте у међусмени (рано поподне).

Концентрација полутаната у ваздуху учионица (IAQ)

Табела 115. Просечне вредности свих IAQ полутаната у школама у SEARCH1 и SEARCH2 пројекту

Полутант ($\mu g/m^3$)	**Албанија**	**Белорусија**	**Б и Х**	**Мађарска**	**Италија**	**Казахстан**	**Србија**	**Словачка**	**Таџикистан**	**Украјина**
PM_{10}	69	28	102	56	82	65	81	80	91	33
Формалдехид	5,6	7,5	7,1	2,4	33,1	10,4	1,7	8,7	12,9	11,5
Бензен	4,1	2,0	6,3	2,2	2,0	6,3	5,9	4,8	7,4	2,5
Толуен	15,5	6,2	27,6	4,6	5,0	18,1	21,9	29,5	17,4	4,9
Етилбензен	1,2	0,9	1,6	1,6	1,8	1,6	1,6	1,4	1,5	0,8
Ксилени	5,0	5,9	7,7	7,0	7,1	9,1	8,0	5,1	7,0	4,3
NO_2	12	10	21	16	19	17	22	14	13	12

Извор: *Csobod et al., 2010*

IAQ PM_{10}. За разлику од осталих пет земаља где су мерења трајала једну радну школску недељу, мерења у Италији спроведена су у току 24-часовног узастопног периода. Просечне вредности варирале су између 56 и 102 $\mu g/m^3$, док су максималне вредности чак и два до три пута веће вредности. Укупна просечна IAQ PM_{10} за Србију је 81 $\mu g/m^3$, што се поклапа са вредностима измереним у Италији и Словачкој.

У случају дела истраживања спроведеног у Србији, вредност PM_{10} изнад 50 $\mu g/m^3$ је чешћа у учионицама, статистички значајно, као и PM_{10} изнад 80 $\mu g/m^3$. Распон средњих вредности концентрација овог полутанта кретао се у распону од минималних 44,72 ± 12,48 $\mu g/m^3$ у ОШ „Иван Горан Ковачић", до максималних 162,12 ± 41,93 $\mu g/m^3$ $\mu g/m^3$ у ОШ „Коста Абрашевић". I/O PM_{10} ratio је најчешћи у интервалу до 1,0, статистички значајно ($p<0,0001$), што значи да су у већини случајева концентрације PM_{10} веће у амбијенталном ваздуху испред учионица, него у ваздуху унутар учионица, то јест да долазе од споља. Од целог узорка деце, у свих десет школа, њих 36,2% је у учионицама са I/O PM_{10} ratio изнад 1,0, где је главни извор честичног загађења у самим учионицама; 3,7% у учионицама где је тај однос раван 1,0, док 60,1% наставу похађа у учионицама са количником нижим од 1,0, где је главни извор загађења у амбијенталном ваздуху.

У сличним истраживањима спроведеним у другим земљама, у току грејне сезоне, добијени су приближни резултати мерења честичног загађења у ваздуху учионица.

Табела 116. Вредности IAQ PM_{10} (μg/m^3) у сличним истраживањима

Референца	**Локација школе**	**Вредности IAQ PM_{10} (μg/m^3)**
Simoni et al [10,12]	21 урбане/руралне	112 (91–133)
Almeida et al [16]	3 урбане	30–146
Fromme et al [24]	64 урбане/руралне	105 (16,3–313,2)
Diapouli et al [172]	7 урбаних	236,13 (74,65–668,74)

Из података прикупљених у мерењу у основним и средњим школама у САД види се да су концентрације респирабилних честица (PM_{10} и $PM_{2,5}$) више у ваздуху учионица него у случају канцеларија [97]. Бројне студије у школској средини такође су добиле повећане вредности концентрација IAQ PM_{10} [8; 22; 24; 102; 172].

Као потенцијални извор **BeToXy у ваздуху у учионицама** сматрају се сама локација школе, али и заузетост простора учионице ђацима, са доказаном статистичком значајношћу [232; 233].

Концентрације IAQ **бензена** изнад **5 μg/m^3** има три од 10 школа, и то су: ОШ „Стеван Сремац", „Радојка Лакић" и „Иван Гундулић". Просечне вредности измерене у десет основних школа биле су у распону од 3,58 до 13,17 μg/m^3. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији вредности посматраног параметра међу школама (χ^2=469,172, p<0,0001). Средње вредности концентрације **бензена** мерених у 60 учионица, у шест земаља учесница у пројекту, непрекидно четири дана, презентоване су у горњој табели (табела 95). Средње вредности кретале су се у распону од 2,0 до 6,3 μg/m^3, мада су у неким учионицама у појединим земљама измерене значајно више вредности. Просечне концентрације највише су у ваздуху учионица у Србији и БиХ у SEARCH1 фази, док, уколико се компарацијом обухвате резултати оба сукцесивна истраживања, резултати добијени у Србији спадају међу четири земље у којима су вредности изнад дозвољених 5,0 μg/m^3 (Србија, БиХ, Таџикистан и Казахстан) [215].

Резултати из других сличних студија крећу се у распону концентрација добијених у овом истраживању. Тако су у три урбане школе у Лисабону измерене вредности концентрације бензена од 2,88 μg/m^3, 3,01 μg/m^3 и 2,54 μg/m^3, сматране последицом урбаног саобраћајног загађења ваздуха [6]. С друге стране, резултати мерења бензена извршених у Бразилу, у школама лоцираним у центру града и у предграђу, у близини петрохемијског комплекса, тумачени су двојако. За присуство бензена у ваздуху учионице у школи урбаног центра од 1,5 μg/m^3 сматра се да потиче од присуства саобраћаја, док се вредност од 1,4 μg/m^3 у приградској школи доводи у везу са близином погона петрохемијске индустрије [20].

Иако је опсег средњих вредности **IAQ толуена** био у распону прихватљиво ниских концентрација од 4,6 до 29,0 μg/m^3, забележене су и неке појединачне екстремно високе вредности, у Србији (401 μg/m^3) и Словачкој (667 μg/m^3). Увидом у средње вредности концентрација толуена у свих десет земаља укључених у обе фазе пројекта, издвајају се три групе резултата: изнад 20 μg/m^3 (Србија 27,9 μg/m^3; БиХ 27,6 μg/m^3; Словачка 29,5 μg/m^3); са вредностима у распону 10–20 μg/m^3 (Албанија 15,5 μg/m^3; Таџикистан 17,4 μg/m^3; Казахстан 18,1 μg/m^3), као и група са вредностима испод 10,0 μg/m^3 (Мађарска 4,6 μg/m^3; Украјина 4,9 μg/m^3; Италија 5,0 μg/m^3; Белорусија 6,2 μg/m^3) [216]. У случају вредности добијених у истраживању у граду Куритиба са петрохемијском индустријом, у Бразилу, нотирана је значајна разлика међу концентрацијама толуена у ваздуху учионица у централним школама покрај саобраћајница (3,9 μg/m^3) и школама у предграђу, у близини индустријског комплекса (48,0 μg/m^3), што у овом случају наводи на закључак да је присутни толуен пореклом од индустријских емисија у амбијентални ваздух [20]. Ако посматрамо појединачне школе у београдском истраживању, распон средњих вредности био је од 6,08 ± 1,062 μg/m^3 у учионицама ОШ „Стеван Сремац” до максималних 27,91 ± 9,63 μg/m^3 у ОШ „Радојка Лакић”. Ово се може објаснити чињеницом да се управо та школа налази на једној од најзагађенијих локација у граду Београду, с обзиром да је окружена са две изузетно прометне саобраћајнице (Ул. Немањина и Ул. Савска), као и да је у њеној непосредној близини још увек активна Главна железничка станица. Анализом навика проветравања у школама из истраживања, нотирано је да се управо у овој школи проветравање недовољно практикује, највероватније због саобраћајне буке. Повишене вредности толуена у ваздуху учионица ОШ „Радојка Лакић”, у складу су са резултатима сличног истраживања у Лисабону, где су све измерене вредности за

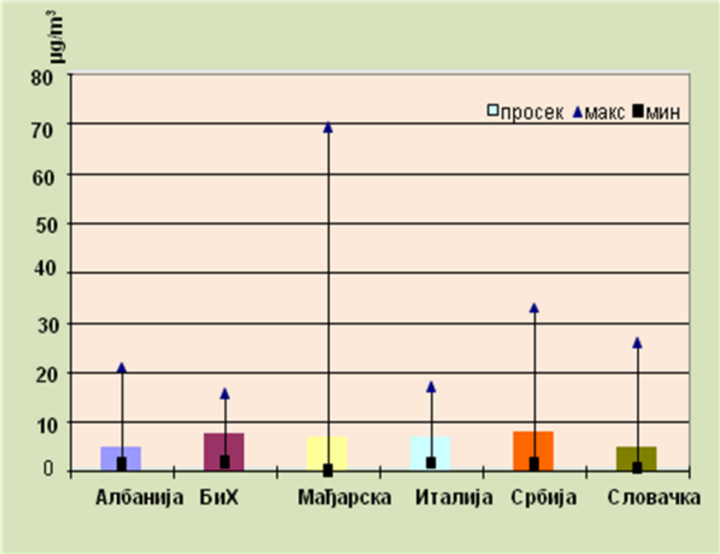
BeToXy у ваздуху у учионицама биле веће од оних у амбијенталном ваздуху испред школа [6].

Средње вредности концентрација **етил-бензена** приказане су такође у табели 94. Њихов распон био је од 0,8 до 1,8 μg/m^3, док су максималне измерене појединачне вредности биле 2–5 пута веће (и више), као што је забележено у Мађарској [215]. Средња вредност концентрација етил-бензена у школама у Србији је 1,6 μg/m^3, што се поклапа са резултатима добијеним у 7/10 земаља које су учествовале у обе фазе SEARCH пројекта. У сличним истраживањима рађеним у урбаним школама у Чешкој вредности етилбензена су биле преко 20 μg/m^3, док су се у Лисабону (Португал) кретале у распону од 0,29 до 14,2 μg/m^3, а у Хонг Конгу 4,12 μg/m^3 [28; 233; 234]. Праћење вредности етил-бензена у школама у Бразилу указује да су вредности у приградској средини, у близини петрохемијског комплекса више него три пута веће од оних у близини велике централне саобраћајнице (3,9/1,2 μg/m^3), што наводи да је индустријски извор загађења значајнији емитер етил-бензена од самих мобилних извора загађења [20].

Концентрације ксилена добијене континуираним мерењем у току радне школске недеље приказане су на графикону 85. Средње вредности кретале су се у распону од 5 до 8 μg/m^3, док су максималне појединачне вредности биле у распону од 16 до 70 μg/m^3.

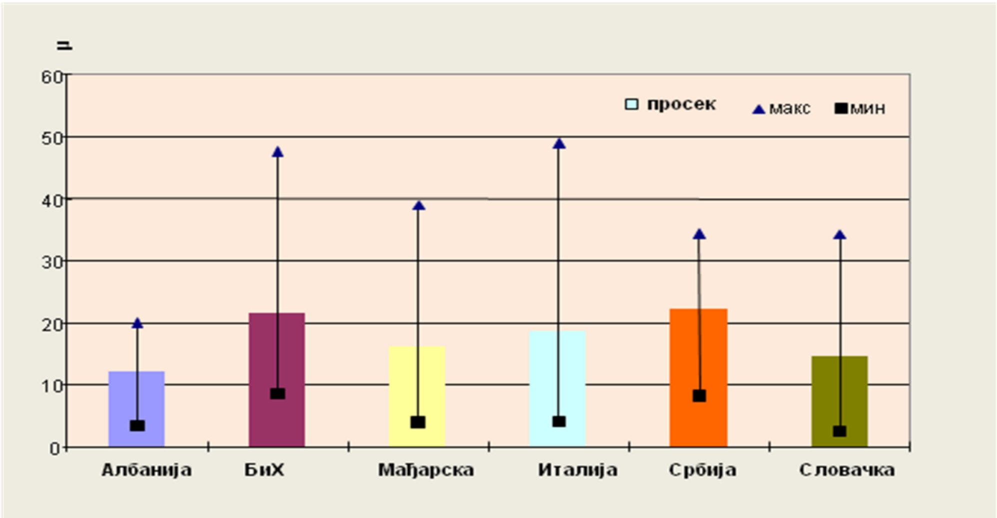
У већ поменутом истраживању квалитета ваздуха у учионицама, у Чешкој, вредности сва три једињења BTEX била су значајно веће него у другим сличним истраживањима, па је осим толуена и етилбензена изнад 20 μg/m^3, средња вредност концентрације ксилена износила више од 30 μg/m^3 [233].

Графикон 85. Укупни резултати мерења IAQ ксилена у SEARCH1 земљама



Концентрације NO_2 добијене континуираним мерењем у току радне школске недеље, збирно за све земље учеснице у пројекту, приказане су на графикону 86. Средње вредности кретале су се у распону од 12,2 до 22,1 $\mu g/m^3$, док су чак и максималне појединачне вредности биле испод 50 $\mu g/m^3$.

Графикон 86. Укупни резултати мерења IAQ NO_2 у SEARCH1 земљама



У односу на укупан број деце у истраживању, њих 69% похађа наставу у учионицама са средњом вредности IAQ $NO_2 \leq 40{,}0$ $\mu g/m^3$, док је преосталих 31,0% изложено концентрацијама изнад те вредности. Статистички значајно највиша вредност IAQ NO_2 је у школи „Радојка Лакић” (29,52 ± 3,26 $\mu g/m^3$, медијана=31 $\mu g/m^3$), а најнижу измерену вредност има школа „Аца Милосављевић” (9,40±1,66 μg/m^3, медијана=8 μg/m^3), ($p \leq 0,0001$).

Као што је већ напоменуто, присуство овог гаса, било у амбијенталном или у ваздуху затвореног простора, сматра се маркером саобраћајног аерозагађења [135]. У складу са тим је и чињеница да је статистички значајно највиша вредност IAQ NO_2 забележена у ОШ „Радојка Лакић”, с обзиром на њену лоцираност у односу на близину прометних саобраћајница, са великим оптерећењем јавног путничког саобраћаја, као и присуства великог броја теретних возила (улице Немањина и Савска).

Средње вредности концентрације **формалдехида** добијене континуираним мерењем у току радне школске недеље, у укупном истраживачком узорку кретале су се у распону од 2 до33μg/m^3, уз велике разлике међу SEARCH земљама добијене мерењима. Просечне вредности формалдехида (HCHO), у београдском делу истраживања, крећу се од минималних 0,3 μg/m^3 до максималних 4,6 μg/m^3. Статистички значајно најнижу вредност има школа „Аца Милосављевић” (1,03 ± 0,73 μg/m^3, медијана=1,00 μg/m^3), а највишу измерену вредност има школа „Скадарлија”, (4,3±0,25 μg/m^3, медијана = 4,50 μg/m^3), ($p \leq 0,0001$).

Повезаност IAQ и OAQ концентрација полутаната у укупном узорку у односу на локацију школе (циљ 4) – евентуални утицај саобраћаја

Положај учионице и квалитет ваздуха амбијентално/у учионици

У даљем тексту биће разматран евентуални утицај близине саобраћајница на вредности загађујућих материја у амбијенталном ваздуху и ваздуху унутар учионица (IAQ).

У већини земаља из истраживања **PM_{10} концентрације** у амбијенталном ваздуху биле су значајно повећане у зонама школа у близини прометних саобраћајница, у поређењу на оне лоциране крај слабо прометних улица. С друге стране, ова разлика у густини саобраћаја улица које окружују школе није значајно утицала на IAQ PM_{10} концентрације измерене у учионицама, што сугерише да су за повишене вредности овог полутанта одговорни и извори загађења унутар самих учионица [215].

Табела 117. Средње вредности концентрација **PM_{10}** OAQ **и PM_{10}** IAQ у школама у близини слабо и јако прометних саобраћајница

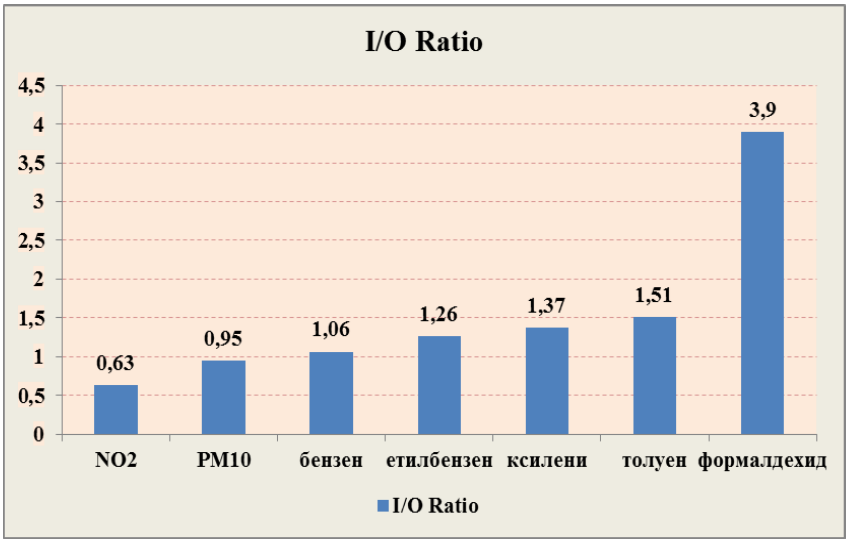
Држава	**PM_{10} OAQ (μg/m^3)**			**PM_{10} IAQ (μg/m^3)**		
	слаб саобраћај	**врло густ саобраћај**	**p**	**слаб саобраћај**	**врло густ саобраћај**	**p**
Албанија	—	—	—	—	—	—
БиХ	—	207,0	—	—	106,0	—
Мађарска	63,75	57,4	0,8065	71,4	81,8	0,6004
Италија	—	—	—	—	—	—
Србија	**106,4**	**187,62**	**<0,001**	**108,8**	**107,5**	**0,5576**
Словачка	71	107	0,1336	90,58	80,33	0,8852
Укупно	**80,87**	**177,5**	**0,0045**	**90,36**	**100,8**	**0,3164**

У случају предметног истраживања у београдским основним школама, од целог узорка деце, у свих десет школа, њих 36,2% је у учионицама са I/O PM_{10} ratio изнад 1,0, где је главни извор честичног загађења у самим учионицама; 3,7% у учионицама где је тај однос раван 1,0, док 60,1% наставу похађа у учионицама са количником нижим од 1,0, где је главни извор емисије честица у амбијенталном ваздуху, пре свега саобраћај у близини предметне школе. Заправо, поменутих 36,2% деце похађа 5/10 школа у којима су вредности I/O PM_{10} ratio изнад 1,0 (табела 16). Тачније, ради се о школама: „Аца Милосављевић" (1,06 ± 0,15), „Иван Горан Ковачић" (1,06 ± 0,34), „Радојка Лакић" (1,07 ± 0,12), „Скадарлија" (1,02 ±0,22) и „Дринка Павловић" (1,39 ± 0,34). Ову појаву могуће је објаснити управо са аспекта њихове локације у односу на прометне саобраћајнице. Школе „Р адојка Лакић", „Скадарлија" и „Дринка Павловић" налазе се веома близу од раније дефинисаних „црних тачака", када је урбано аерозагађење у питању, из редовних мерења које за Градску скупштину Града Београда врши Институт за јавно здравље „Др Милан Јовановић Батут" на најфреквентнијим раскрсницама у Београду, пре свега, код тунела на Зеленом венцу, Дом Народне Скупштине, Главна железничка станица. У циљу неометаног одвијања наставе, спречавајући уплив саобраћајне буке, прозори учионица се у току наставе не отварају често, чиме се могу објаснити повећане концентрације IAQ PM_{10}, углавном пореклом од ресуспензије честица [21; 24]. У складу са реченим, у учионицама у Кореји I/O PM_{10} ratio је био 1,06–1,60 [235]. У средњим школама у Пољској овај однос био је знатно нижи, износећи 0,8 ± 0,2 и 2,5 ±1,7, што се доводи у везу са сниженим нивоом физичке активности код тинејџера у односу на значајно већу физичку активност деце у основним школама [236].

У школама лоцираним у близини улица са врло густим саобраћајем измерене су повишене вредности IAQ концентрација азот-диоксида (NO_2) и бензена, у односу на оне школе са адресом у близини слабо прометних саобраћајница, у укупном узорку истраживања (табела 97). Ово се тумачи чињеницом да је емисија азот-диоксида значајни саставни елемент издувних гасова моторних возила, нарочито оних са погоном на дизел-гориво. У том смислу, у истраживању *Pegas et al.* у Португалу, средње вредности концентрација овог полутанта измерене у учионицама биле су 37,9 $\mu g/m^3$, а у амбијенталном ваздуху испред учионица 49,8 $\mu g/m^3$, што указује на оправданост ове тврдње [6]. Слични резултати добијени су и у случају истраживања у Белгији (Антверпен), са средњим вредностима концентрација NO_2 IAQ и OAQ од 57 (14–159) $\mu g/m^3$ и 63,7 (27–147) $\mu g/m^3$, праћеним у ваздуху унутар и изван учионица укупно 27 основних школа лоцираних у урбано и периурбано подручје [86].

Из графикона који следи, а који представља укупно усредњење односа концентрација свих полутаната измерених у целокупном пројектном узорку у ваздуху учионица и амбијенталном ваздуху испред њих, добијене вредности нам указују на то да је азот-диоксид присутан у учионицама доминантно пореклом од саобраћаја у близини, с обзиром да је однос IAQ/OAQ концентрација мањи од 1,0 [21].

Графикон 87. I/O Ratio полутаната – укупан узорак



С друге стране, вредности овог односа у случају свих лакоиспарљивих органских једињења указују на чињеницу да је извор њихове емисије, пре свега, у самом простору учионица, то јест од материјала који чине њихов ентеријер, попут намештаја, подних и зидних облога, дрвенарије [6].

Табела 118. Средње вредности IAQ **BeToXy и NO_2** у школама у близини слабо и јако прометних саобраћајница

Држава	**Benzene**		**Xylenes**		**Toluene**		**NO_2**	
	густина саобраћаја у близини школе							
	слаба	**висока**	**слаба**	**висока**	**слаба**	**висока**	**слаба**	**висока**
Албанија	—	—	—	—	—	—	—	—
БиХ	—	—	—	—	—	—	—	—
Мађарска	1,62	3,5**	11,04	5,42~	8,9	6,12	5,6	18**
Италија	—	—	—	—	—	—	—	—
Србија	5,32	6,29	1,84	7,44**	6,31	26,65**	9,5	21,25*
Словачка	3,46	10,93**	4,64	8,6	9,14	83,3*	13,5	16,33
Укупно	**3,07**	**5,12****	**5,25**	**7,28***	**7,78**	**23,21*****	**10,86**	**21,11*****

~ = p<0,10   * = p<0,05   ** = p<0,01   *** = p<0,001

У нашем истраживању, корелација концентрација полутаната **у амбијенталном ваздуху** испред учионице (OAQ) укупно, и на локације школе показује високу сигнификантност. Иста је доказана за следеће полутанте:

- **OAQ концентрације NO_2** расту у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, док су највише концентрације овог полутанта у високо значајној корелацији са школама у строгом центру града (R=0,631, p<0,0001);
- **OAQ концентрације бензена** опадају у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, тако да су највише вредности овог полутанта у статистички високозначајној корелацији са школама у приградским насељима (R=-0,284, p<0,0001);
- **OAQ концентрације толуена** расту у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, са највишим вредностима овог полутанта у статистички значајној корелацији са школама у строгом центру (R=0,182, p<0,0001);
- **OAQ концентрације етил-бензена** (R=0,496, p<0,0001) и ксилена (R=0,188, p<0,0001) расту у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, са највишим вредностима овог полутанта у статистички значајној корелацији са школама у строгом центру града;
- **OAQ концентрације CO** (R=-0,87, p<0,019) расту у односу на локацију школе, од школа у приградским насељима, са највишим вредностима овог полутанта у статистички значајној корелацији са школама у приградским насељима;

У случају других сличних истраживања, доказана је повезаност близине саобраћај-ница и концентрација полутаната у амбијенталном ваздуху у непосредној околини школе, као и у ваздуху самих учионица. Школе лоциране у близини врло прометних саобраћајница конзистентно имају повећене концентрације полутаната пореклом од мобилних извора загађења, у односу на школе које су удаљене од истих [193; 194].

Праћење показатеља термалног комфора и повезаност са вредностима измерених концентрација полутаната у ваздуху учионица

Ако се за **зону комфора** одаберу као параметри комфора температура у учионици од 18 до 23°C, релативна влажност ваздуха од 30 до 75% и заузетост простора у учионици која је >2,2 m^2/ученик, може се констатовати да су све учионице у зони комфора у ОШ „Радојка Лакић”, док су у ОШ „Никола Тесла” и „Аца Милосављевић” све учионице обухваћене истраживањем ван зоне комфора. Доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији учионица (ђака) у односу на зону комфора, међу посматраним школама (χ^2=345,06; p<0,0001).

а. Заузетост простора учионице и концентрације полутаната

Када је реч о броју деце која су боравила у учионицама у исто време док су вршена мерења показатеља термалног комфора и квалитета ваздуха затвореног простора, извршена је подела на ситуацију са >/< 20 ученика по учионици. Доказана је статистички значајна разлика у броју деце у учионици до и преко 20 ученика (p=0,001), као и у m^2 по ученику (p=0,001). Вредност од минимум 2,0 m^2 простора по ученику, у учионици, одређена је од стране ASHRAE [222], а која је прихваћена и од стране тима овог међународног истраживања.

У истраживању у Србији значајно је више ђака у учионицама са више од 20 ученика и са мање од 2 m^2 простора по ђаку (93,5%), а само 6,5% учионица има до 20 ученика и мање од 2 m^2 простора по ђаку. У случају учионица са више од 2 m^2 простора по ученику и са мање од 20 ђака има 40,9% ученика, док у учионици са преко 20 ђака и са више од 2 m^2 простора по ученику има 59,1% (p=0,001). Доказана је статистичка значајност за вредности степена заузетости простора учионица (m^2/по детету), за сваку школу, χ^2=340,70; p<0,0001.

У школи бр. 1, која је лоцирана у приградском насељу руралних карактеристика (Рушањ), а у којој су истовремено све измерене вредности за **IAQ PM_{10}** изнад 50 $\mu g/m^3$, са просечним вредностима за PM_{10} IAQ од 109,16±18,44 $\mu g/m^3$, значајно највећи број деце је изложено постојећим околинским условима у учионици са мање од 2 m^2 по детету расположивог простора. Узимајући у обзир чињеницу да у близини школе нема прометне саобраћајнице, главни разлози за добијене резултате могу бити лоше навике проветравања, као и непрописне методе чишћења простора, у којима деца бораве (учионице). Такође, до овакве повезаности података о степену заузетости простора учионица и концентрација PM_{10} IAQ долази у ситуацијама постојања већег броја ученика у односу на површину просторије, чије кретање у простору узрокује појаву ресуспензије честица у ваздуху [8; 21].

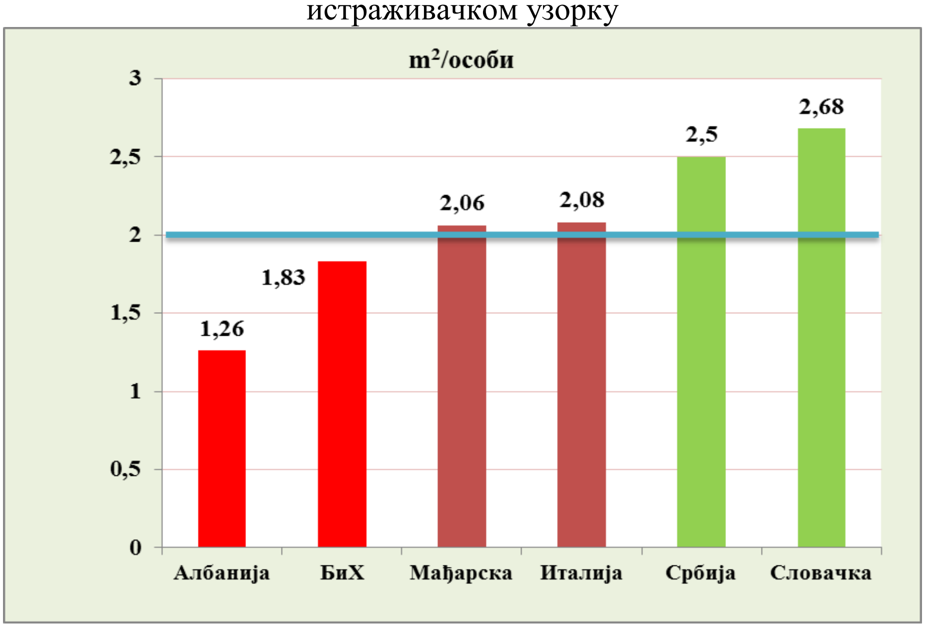
У школи бр. 8, за 47,4% ученика доступно је мање од 2 m^2 простора по детету, а све измерене вредности IAQ PM_{10} биле су изнад 50 $\mu g/m^3$, што указује да управо високи степен заузетости простора може бити један од разлога за повећане концентрације овог полутанта. Према неким ауторима, феномен ресуспензије је чинилац од значајног утицаја на концентрације честица у ваздуху затвореног простора, и то тако што се брзина суспендовања у ваздуху повећава са димензијама самих честица [8; 21].

Вредна је помена школа бр. 4, у којој само 16,4% ученика борави у простору са расположивих < 2 m^2 по детету, а која је лоцирана у широј урбаној зони града. IAQ PM_{10} вредности биле су испод 50 $\mu g/m^3$, са најнижим просечним вредностима концентрација овог полутаната у односу на остале школе, од 44,72±12,48 $\mu g/m^3$.

Супротно претходном примеру, у школи бр. 3 100% ученика борави у простору где је по детету доступно > 2 m^2. Школа је лоцирана у широј урбаној зони. Све измерене вредности IAQ PM_{10} су изнад 50 $\mu g/m^3$. Просечна концентрација IAQ PM_{10} износи 99,70±45,62 $\mu g/m^3$. Могући разлог за овакве вредности може бити начин чишћења учионица у тој школи, углавном метлом и коришћењем хемијских средстава за чишћење уз моп. Поменута пракса чишћења очигледно доприноси процесу ресуспензије честица у изабраним просторијама [8; 21].

Анализом укупних резултата SEARCH1 истраживања, за свих шест земаља учесница у истраживању, средња вредност броја квадратних метара доступних сваком ученику, унутар учионице, највећи је управо у Словачкој (2,68/m^2 по особи) и Србији (2,50/m^2 по особи), што приказује и следећи графикон [215].

Графикон 88. Доступност расположивог простора по детету у укупном истраживачком узорку



У предметном београдском истраживању, доказана је статистички значајна разлика за просечне вредности PM_{10} IAQ концентрација, у корелацији са показатељима термалног комфора у учионици, K-W=446,697, p<0,0001. Средње вредности PM_{10} IAQ концентрација ниже су у учионицама са параметрима термалног комфора који одговарају критеријумима успостављеним од стране ASHRAE [222]. У школи бр. 4, средње вредности IAQ PM_{10} концентрација ниже су у учионицама са достигнутим оквирним вредностима зоне термалног комфора, са високом статистички значајном корелацијом, Z test = 6,540; p<0,0001, док у школи бр. 5 (Z=0,105, p=0,916) и школама бр. 8 (Z=1,614; p=0,107) и бр. 10 (Z=0,948; p=0,343) вредности PM_{10} јесу снижене, али без толико снажне статистички значајне повезаности. Статистички значајно највеће средње вредности концентрација IAQ PM_{10} утврђене су мерењима у школама „А. Милосављевић", „С. Сремац", „К. Абрашевић" и „Р. Лакић", у којима нису испуњени основни критеријуми зоне термалног комфора (p<0,001).

У сличном истраживању у учионицама основних школа у Хонг Конгу, највећа вредност IAQ PM_{10} концентрација износила је 617 μg/m^3 (дозвољене вредности износе 180 μg/m^3/24 h и 55 μg/m^3/година), док је концентрација угљен-диоксида премашивала вредности дефинисане од стране ASHRAE. Такође, са побољшањем услова вентилације вредности овог параметра су опадале, као и са смањењем броја ученика по површини простора у којима деца бораве тј. учионице [97]. У случају истраживања у Немачкој [24], у мерењима спроведеним зими, у току грејне сезоне, медијана за концентрацију IAQ CO_2 била је 1603 ppm, а за IAQ PM_{10} медијана је износила 91,5 $\mu g/m^3$. Закључак је био да повећане концентрације IAQ PM_{10} и њихова корелација са повећањем концентрација IAQ CO_2 измерени у истом простору, указују да недовољна вентилација игра кључну улогу као узрок лошег квалитета ваздуха у просторијама, у овом случају, школа [24]. У оквиру дефинисаних показатеља термалног комфора, у случају овог истраживања као кључни индикатор издваја се заузетост простора (број особа по јединици површине), а потом следе: концентрација IAQ CO_2, релативна влажност ваздуха и температура ваздуха у учионици.

Као статистички значајни предиктори истичу се концентрација IAQ CO_2 изнад 1000 ppm и број деце у учионици већи од 20 ($N>20$). Тачније, вероватноћа да концентрација IAQ CO_2 буде изнад 1000 ppm је 3,6 пута већа у учионицама са више од 20 деце присутне у току праћења овог полутанта. У случају температуре ваздуха у учионицама која се креће у дефинисаним оквирима зоне термалног комфора, статистички значајан предиктор је заузетост простора учионице, тј. површина доступног простора (у m^2) по детету. Заправо, вероватноћа да се температура ваздуха у учионици уклопи у дати оквир за услове термалног комфора значајно се смањује у учионицама са мање од доступних 2 m^2 простора по детету [222].

Када је у питању вредност релативне влажности ваздуха (%) у учионицама, статистички значајан предиктор је заузетост простора учионице, тј. површина доступног простора (у m^2) по детету. Наиме, вероватноћа да вредности овог параметра буду у оквиру дефинисаних услова термалног комфора је близу 18 пута већа у учионицама у којима борави мање од 20 деце ($N< 20$).

б. Температура ваздуха и релативна влажност ваздуха у учионицама – веза са концентрацијама полутаната

Статистички значајан број деце из истраживања изложен је неодговарајућој средњој вредности температуре ваздуха у учионицама (74%), док њих 25,3% борави у учионицама са средњом вредности измерене температуре ваздуха која је у складу са дефинисаним оквиром за зону термалног комфора, према ASHRAE ($p<0,0001$). За случај релативне влажности ваздуха (РВВ), успостављена је високо статистички значајна разлика између броја деце изложене високој РВВ (%) и оних који време у школи проводе у условима оптималне РВВ ($p<0,007$).

У предметном истраживању, успостављена је повезаност између високих вредности концентрација IAQ CO_2, PM_{10}, CO, као и високе релативне влажности ваздуха у просторијама (*Pearson* корелација). Такође, виша температура ваздуха у учионицама корелира са CO_2 изнад 1000 ppm.

Као и у нашем истраживању, и код *Pegas et al.* запажена је линеарна повезаност између IAQ CO и CO_2, и директна корелација између пораста концентрације и степена заузетости простора учионица [28].

Према истраживању у две школе у Индији, концентрације честица пречника 10 μ у ваздуху унутар учионица показују позитивну везу са процентом релативне влажности ваздуха, то јест, са падом релативне влажности, бележи се и пад IAQ PM_{10}. Такође, IAQ PM_{10} је у негативној корелацији са температуром ваздуха и брзином струјања ваздуха. Међутим, у току трајања наставе долази до пораста честичног загађења ваздуха учионице због кретања и активности ученика, што доводи до ресуспензије већ седиментираних честица, као и закаснеле поновне седиментације истих [21].

в. Практиковање проветравања учионица, динамика размене ваздуха из спољашњег простора и концентрације PM_{10} и CO_2 у учионицама

Све школе које су учествовале у истраживању свеж ваздух од споља добијају искључиво путем природне вентилације, отварањем врата и прозора учионица и других просторија. У оквиру Упитника за учионице постављена су питања везано за динамику проветравања учионица у току радног дана (сваки дан/ два-три пута на дан/ отварање прозора зими). Навика отварања прозора ради проветравања статистички је значајно повезана са концентрацијом CO_2 у учионицама > 1000 ppm ($p < 0,0001$).

У укупном узорку SEARCH1 истраживања 70% учионица је проветравано на сваком одмору, отварањем прозора учионице. Њих 30% проветравано је значајно ређе. Као последица такве динамике проветравања, типични IAQ полутанти, попут CO_2 и формалдехида измерени су у значајно вишим концентрацијама (за 61%, то јест 165% вишим) у слабо проветреним учионицама [215].

Према ASHRAE Standard (2007), оптимални распон вредности VR у школској средини креће се у распону од 6,7 до 7,4 l/s по особи, што је помак у односу на претходне верзије, када се за прихватљивим сматрао распон од 3 до 8 l/s по особи [222]. Из прегледа литературе запажа се да је опште прихваћена као пожељна вредност VR од 8 l/s по особи [19].

Средња вредност VR у укупном узорку свих 10 школа износила је 8,28 l/s по особи, са распоном средњих вредности од 4,55 l/s по особи (ОШ „Коста Абрашевић”) до 12,64 l/s по особи (ОШ „Стеван Сремац”). Појединачне вредности кретале су се у распону од минималних 0,30 l/s по особи (ОШ „И. Г. Ковачић”) до максималних 25,13 l/s по особи (ОШ „Скадарлија”, ОШ „Иван Гундулић”).

Статистички значајно је више ученика у учионицама у којима је вредност VR у распону од 3 до 8 l/s по особи ($p<0,0001$), а такође је доказана значајна повезаност у висини просечних вредности VR у односу на интервале ($p<0,0001$). Анализом вредности VR у школској средини доказана је статистички значајна разлика у школама са толерантним вредностима од 3 до 8 l/s/особи, у односу на пожељне вредности VR од $\geq$ 8 l/s/особи. У ОШ „Иван Горан Ковачић” у учионицама окренутим улици је значајно више деце у вредносној групи са VR од 3 до 8 l/s по особи, него у учионицама окренутим школском дворишту ($p\leq0,05$), док у случају ОШ „Скадарлија” статистичка значајност за исте корелиране параметре износи $p\leq0,01$.

Прозори се користе као вид контроле квалитета ваздуха учионица, у школама са природном вентилацијом. У таквим учионицама које су окренуте улици, због континуирано присутне буке прозори су чешће затворени, што може компромитовати процес проветравања и смањити вредности VR. Међутим, прозори углавном остају затворени и након изласка ученика, што може допринети нагомилавању IAQ PM, нарочито у оним школама у којима се чишћење обавља увече.

У међународном пројекту SINPHONIE *(Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe)*, спроведеном 2010–2012. године, земље учеснице подељене су у четири кластера, пре свега због различитих климатских карактеристика, примене различитих грађевинских стандарда при зидању школа, као и навика у толерисању одређених микроклиматских услова, који из тога проистичу: Северна Европа, Западна Европа, Средња и Источна Европа (заједно) и Јужна Европа [237]. Са аспекта вредности VR и концентрација CO_2, у кластерима Северна Европа и Западна Европа, највећи број школа био је са концентрацијама CO_2 испод 1000 ppm у односу на укупни узорак. С друге стране, у кластерима Централне-Источне Европе (где спада Србија) и Јужне Европе, имају највећи проценат учионица са вредностима CO_2 изнад 1500 ppm.

У случају VR, у 86% случајева вредности су ниже од препоручених 4 l/s по особи. Средње вредности VR за кластер земаља Северне Европе су најприближније поменутом оптимуму (3,39%; у распону 0,35–11,20 l/s по особи), док су средње вредности у остала три кластера земаља далеко испод здравствено прихватљивих вредности: Западна Европа 0,87 l/s по особи; Централна-Источна Европа 1,82 l/s по особи и Југ Европе 1,42 l/s по особи. У свим кластерима који су учествовали у истраживању доказана је статистички значајна повезаност између концентрација IAQ CO_2 и вредности VR: више вредности VR корелирају са нижим концентрацијама CO_2 [237].

Уколико поредимо резултате из нашег истраживања у београдским школама, уочава се да је добијена средња вредност од 8,28 l/s по особи, са распоном од 4,55 l/s до 12,64 l/s по особи, значајно повољнији параметар термалног комфора од 1,82 l/s по особи за цео кластер Централна-Источна Европа (Пољска, Словачка, Република Чешка, Мађарска, Румунија, Бугарска, Србија, БиХ), којем иначе Србија припада.

Услови термалног комфора, вентилираност и респираторни симптоми

Статус проветрености (вентилираности) простора може се сматрати сурогатом за IAQ концентрације полутаната, при чему се при оптималним условима вентилације могу постићи минималне концентрације штетних загађујућих материја. Више вредности VR повезују се са бољим респираторним здрављем. Овај параметар је, у редовном смислу, ретко праћен у школском окружењу, и поред чињенице да се неадекватна вентилација може сматрати битним предусловом за каснији развој регистрованих респираторних симптома [223].

У истраживању у београдским школама утврђена је статистички значајна повезаност између *кашља икад* и *кашља дању/ноћу у јесен/зиму* и високих вредности IAQ PM_{10}, као и за PM_{10} IAQ /OAQ ratio, што значи да је *кашаљ икад* чешћи у условима када је IAQ PM_{10} већа од вредности у амбијенталном ваздуху ($p<0,001$), а PM_{10} IAQ /OAQ ratio >1,0 ($p<0,017$). *Кашаљ дању/ноћу у јесен/зиму* корелира са вредностима VR ($p<0,035$). Повишена температура ваздуха у учионицама статистички је значајно повезана са појавом *кашља икад* ($p<0,01$). *Продуктивни кашаљ* у значајној је корелацији са повишеном температуром ваздуха у учионици ($p<0,038$), PBB ($p<0,025$), IAQ PM_{10} ($p<0,001$), као и са сниженим вредностима VR ($p<0,050$). Није успостављена статистички значајна повезаност између *јутарњег кашља у јесен/зиму* са измереним вредностима температуре ваздуха, релативне влажности ваздуха, VR и IAQ PM_{10}.

Доказана је статистички значајна корелација између *визинг икад* и повишене температуре ваздуха у учионици ($p<0,026$) и IAQ PM_{10} ($p<0,017$). *Визинг након физичке активности* је статистички значајно повезан са IAQ PM_{10} концентрацијама у распону 50–80 $\mu g/m^3$ ($p<0,042$), док је *суви кашаљ у последњих 12 месеци* у статистички значајној корелацији са повишеним вредностима IAQ PM_{10} ($p<0,012$), као континуираним обележјем. *Визинг у последњих 12 месеци* статистички значајно корелира са повећаним вредностима IAQ PM_{10} концентрација ($p<0,019$). Ниске вредности VR у корелацији су са појавом *кашаљ дању/ноћу у јесен/зиму,* као и са појавом *продуктивног кашља.*

У укупном узорку SEARCH1 истраживања, ако се анализира утицај лоше вентилираних учионица на појаву респираторних симптома код изложених ученика, констатована је високо статистички значајна повезаност са појавом: *свих бронхитичних симптома* ($p<0,001$); *кашаљ дању/ноћу* ($p<0,01$); *продуктивни кашаљ* ($p<0,001$); *визинг икада* и *визинг у последњих 12 месеци* ($p<0,001$); *суви ноћни кашаљ* ($p<0,001$). Диференцијацијом ових симптома и корелације са лошим условима проветрености учионица, према земљама из истраживања, ситуација је следећа: када је у питању појава било ког бронхитичног симптома у лоше проветреним учионицама, статистички значајна корелација доказана је у Италији ($p>0,003$) и Албанији ($p<0,02$); за регуларно присутни кашаљ дању/ноћи у Италији ($p<0,003$); за хронични продуктивни кашаљ у Албанији ($p<0,004$); визинг у последња 3 месеца у Италији и Словачкој (0,0000).

У HESE студији, у којој је праћена појава визинга, сувог кашља ноћу и ринитиса, сви поремећаји су имали већу преваленцију код деце која похађају наставу у лоше вентилираним учионицама. На пример, деца изложена повећаном присуству IAQ CO_2 (>1000 ppm) имају значајно већи ризик за суви кашаљ. Код ученика који су истовремено били изложени повећаним концентрацијама и IAQ PM_{10} и CO_2, забележена је повећана преваленца за све поремећаје, у односу на децу која бораве у учионицама са нижим вредностима та два параметра у ваздуху. Преваленца сувог кашља била је у статистички значајном паду упоредо са падом концентрација IAQ PM_{10} и CO_2 [12].

У једном другом истраживању, напади визинга код деце са дијагностикованом астмом повезани су са повећаном концентрацијом IAQ CO_2, док иста није доказана у случају повећаних IAQ концентрација других полутаната, попут CO, NO_2, формалдехида и неких алергена. Овако успостављене корелације сугеришу да се IAQ CO_2 концентрације могу сматрати апроксимативним сурогатом за IAQ концентрације других полутаната и других чинилаца од утицаја на респираторно здравље деце у затвореном простору, с обзиром на то да су IAQ CO_2 концентрације уско повезане са условима вентилације датог простора. Другим речима, деца која и живе у домаћинствима са измереним високим концентрацијама CO_2 , могу у значајној мери бити изложена штетном утицају других присутних полутаната, из разлога инсуфицијентне вентилације у кућном окружењу [238].

Кроз ово тумачење утицаја присутних полутаната на респираторно здравље деце могуће је анализирати и резултате београдског истраживања, с обзиром да је најснажнија корелација доказана у присуству повећаног честичног загађења у учионицама са лошим навикама проветравања простора.

УТИЦАЈ СОЦИО-ЕКОНОМСКОГ СТАТУСА И НАВИКА РОДИТЕЉА НА ПОЈАВУ РЕСПИРАТОРНИХ СМЕТЊИ КОД ДЕЦЕ

Овај део Дискусије биће анализиран у оквиру две посебне целине, од којих се прва односи на социо-економске показатеље породице детета (степен образовања родитеља, чешће респираторне инфекције до навршене друге године живота), док друга представља анализу утицаја навика родитеља, пре свега пушења цигарета и последичног излагања деце дуванском диму, на појаву респираторних симптома код анкетиране школске деце.

Корелација социо-економских показатеља и појаве респираторних симптома код ученика

Неједнакости у погледу доступности здравственим услугама и изгледима за добро здравље свих, представља велики јавноздравствени проблем. Мала деца, жене нижег образовања у сиромашнијим домаћинствима, изложена су значајно већем степену загађења (четири пута) у односу на одрасле мушкарце у богатијим домаћинствима, вођеним од стране жена са вишим степеном образовања [2].

У оквиру београдског дела SEARCH1 истраживања, анализом повезаности респираторних сметњи код деце и степена едукације мајке и оца, тестирањем разлика у дистрибуцији учешћа, доказана је статистички значајна разлика у дистрибуцији респираторних сметњи у односу на степен едукације мајке код појаве: *кашаљ иначе, кашаљ ујутру (јесен/зима)*, као и код *кашаљ дању или ноћу (јесен/ зима).* Учешће мајки са незавршеном школом, чија деца имају респираторне сметње кашља износи од 30 до 60%, док је учешће очева са незавршеном школом чија деца имају респираторне сметње *(кашаљ иначе, ујутру, у трајању од најмање 3 месеца)* износи од 16 до 50%.

Другим речима, респираторни симптоми су статистички значајно чешћи код деце мајки са нижим степеном образовања ($p<0{,}015$), док код очева, у односу на степен едукације и појаву респираторних симптома код деце нема оваквог закључка ($p=0{,}247$). Такође, респираторни симптоми су чешћи код деце запослених родитеља: очеви 43,5%/мајке 42,9%; код деце незапослених родитеља тај проценат износи приближно 39%.

Ако овим резултатима дамо ширу слику, могуће је закључити следеће:

- Бронхитични симптоми ученика су у статистички значајној корелацији са: чешћим плућним инфекцијама деце до навршене друге године живота, густином саобраћаја у месту живљења, типом куће, већим бројем дневно попушених цигарета, нижим степеном образовања мајке и оца, као и са примањем социјалне помоћи.
- Астматични симптоми су у статистички значајној корелацији са чешћим плућним инфекцијама до навршене друге године живота, изложеношћу дуванском диму у кући и већим бројем цигарета које родитељи дневно попуше, као и нижим степеном образовања оца.
- Остале респираторне сметње су у статистички значајној корелацији са чешћим плућним инфекцијама до навршене друге године живота, изложеношћу дуванском диму у кући, већем броју дневно попушених цигарета, и нижим степеном образовања оба родитеља.

У 13 земаља Источне Европе (Бугарска, Пољска, Руска Федерација, Мађарска, Чешка Република, Словачка), Западне Европе (Немачка, Италија, Швајцарска, Холандија) и Северне Америке (САД, Канада) спроведена је анализа утицаја образовног статуса родитеља на појаву респираторне симптоматологије деце школског узраста *(PATY Study; Pollution and the Young Study)* [239]. Ризик за појаву *визинга у последњих 12 месеци* се повећава упоредо са снижењем степена едукације родитеља у свим Источно-европским земљама из истраживања, осим у случају географске Источне Немачке (територија бивше Демократске Републике Немачке) и Аустрије, што није случај и у осталим земљама западне хемисфере које су учествовале у истраживању, попут Италије, Холандије, Швајцарске, САД и Канаде. Из раније спроведеног истраживања повезаности респираторних и алергијских симптома код деце са степеном едукације родитеља, у Источној Немачкој, нотирана је учесталија појава екцема, алергијског ринитиса и дијагностиковане алергије, код деце високо образованих родитеља, без обзира на мале разлике у примањима [240]. Низак степен образовања родитеља повезан је са нижом преваленцом реакције на инхалационе алергене код деце узраста 6–12 година у Источној Европи, Западној Европи и Северној Америци. Даље, низак степен родитељског образовања повезан је са повећаном преваленцом визинга и ноћне појаве сувог кашља, и то, углавном, код деце из Источне Европе. Није успостављена јасна корелација између степена едукације родитеља и појаве астме [239].

Селективно низак степен пријављивања симптома или смањена доступност системској здравственој заштити, који иду упоредо са ниским социо-економским статусом (СЕС), могли би објаснити пад преваленце бронхитиса у овим популационим групама. Озбиљношћу клиничке слике респираторног обољења, могла би се, делом, објаснити појава повећане преваленце бронхитиса код деце родитеља са вишим степеном образовања у другим земљама. Заправо, могуће је да образованији родитељи прихватају здравствене савете и у случају обољења са блажом клиничком сликом, за разлику од родитеља са нижим образовним статусом, који лекарске савете прихватају и примењују тек у тежим манифестним облицима обољења. Такође, особе са нижим СЕС чешће живе у загађеном окружењу и/или су подложнији штетном дејству аерозагађења услед компромитованог општег здравственог статуса пратећом материјалном бедом и психо-социјалним стресом [241].

Корелација изложености дуванском диму услед навике пушења родитеља и појаве респираторних симптома код испитиване деце

Присуство дуванског дима у домаћинству

У предметном истраживању, униваријантном логистичком регресионом анализом доказано је да је изложеност дуванском диму статистички значајан предиктор за појаву респираторних симптома. У овој студији, вероватноћа да се код деце, која су у свом домаћинству изложена дуванском диму, манифестује било који од респираторних симптома на списку у Упитнику је за 40% већа него код деце која нису изложена овом полутанту у кући.

За боље разумевање повезаности између пасивног пушења и појаве респираторних симптома, неопходно је познавати и постојеће придружене факторе. У свом истраживању, *Oberg et al.* истичу да је изложеност дуванском диму један од најчешћих полутаната присутних у затвореном простору [242].

Док у нашем истраживању изложеност дуванском диму од пушења оба родитеља у кући износи 56,2%, у студији из Јордана од укупно 77% родитеља који пуше, њих 61% то чини код куће [243]. Према Светској здравственој организацији, у већини земаља, више од половине деце узраста 13–15 година, изложена су дуванском диму код куће, на основу доступних компарабилних података. За регионе Балкана и Кавказа, изложеност је у истраживању СЗО из 2009. износила преко 90% [244]. У периоду 2002–2005. године, истраживање *The Global Youth Tobacco Survey* (GYTS) спроведено је само у земљама региона Јужне Европе, Балкана и Кавказа, заједно са земљама Балтика, у којем је у Србији 97% испитиване деце било изложено дуванском диму у свом дому [245].

При поновљеном истоветном истраживању 2013. године, резултати су показали прилично побољшање, са 63,4% испитиване деце која су потврдила да су изложена дуванском диму у својој кући [246].

У истраживању које је предмет ове тезе, број цигарета које родитељи испитиване деце попуше у кући дневно креће се у распону од 7,65±11,25 до 12,66±15,50. Родитељи већине изложене деце пуши $\geq$ 6 цигарета/дан ($p<0{,}0001$), док код 78% деце из истраживања бива изложено дуванском диму од родитеља који пуше до 20 цигарета/дан. Њих 22% је изложено дуванском диму од преко 21 цигарете/дан, попушених у домаћинству од стране родитеља ($p<0{,}0001$).

У истраживању спроведеном у Нишу, међу школском децом, њих 69,65% је изложено дуванском диму, а већина живи у домаћинству са бар једним пушачем [247].

У швајцарској студији, на узорку од 4470 деце, њих 46,9% било је изложено дуванском диму у кући, од чега, 25,9% од пушења мајке, 20,7% оца и других чланова домаћинства и 13,2% од пушења оба родитеља. У 25,1% родитељи су пушили до 10 цигарета/дан, 13,1% од 11 до 20 цигарета/дан, а само 3,5% деце било је изложено диму од више од 20 цигарета на/дан [248].

Изложеност дуванском диму у домаћинству и респираторно здравље деце

У предметном истраживању, респираторни симптоми региструју се код 45,9% деце изложене пасивном пушењу у кућном окружењу (CI 1,04–1,89), астматични симптоми код 33,5% (CI 0,94–1,78), док је најнижа преваленца ових поремећаја пријављена у случају хроничног кашља у трајању од 3 месеца (3,3%, CI 0,44–2,36), визинга након физичке активности (4,5%, CI 0,38–1,41), као и за случај буђења услед визинга у последњих 12 месеци (7,4%, CI 0,89–3,28).

Анализом сензитивности и специфичности, закључено је да се изложеност диму од већег броја цигарета/дан може повезати са појавом респираторних симптома код испитиване деце, статистички значајно. У случају изложености мањој од 2 цигарете/дан, сензитивност за појаву респираторних сметњи је 60%, а специфичност 47,9%; за >6 цигарета/дан, сензитивност је 50,5%, а специфичност 58,5%; за >10 цигарета/дан, сензитивност пада испод 35%, док за више од 15/дан тај пад иде и испод 27%, а специфичност расте до 80%. У случају изложености деце диму од попушених више од 20 цигарета/дан специфичност расте изнад 88% за појаву респираторних симптома.

У поменутом швајцарском истраживању, деца изложена дуванском диму од попушених више од 20 цигарета/дан су имала 76% вероватноће за манифестовање хроничног кашља и 71% вероватноће за појаву визинга након физичке активности [247]. Код *Strachan & Carey*, фреквентност појаве визинга била је већа код деце чије су мајке пушиле > 10 цигарета на дан [249]. У истраживању у Португалу доказана је позитивна корелација између изложености деце дуванском диму и појаве респираторних симптома (кашаљ и визинг), али не и са појавом астме [250]. У сложеној PATY *(Pollution And The Young)* студији, коју је чинило 12 независних студија пресека, на укупно 53.879 деце, успостављена је статистички значајна корелација између пушења родитеља и појаве визинга, астме, бронхитиса и ноћног кашља, са издвојеним независним учинком пренаталне и постнаталне изложености за већину асоцијација [251]. У нашем истраживању код 2/3 деце, код којих су регистровани респираторни симптоми, а чије су мајке пушачи, оне нису прекидале са навиком пушења у трудноћи, што добија на значајној тежини у светлу резултата поменутог свеобухватног истраживања.

Као закључак студије спроведене у САД (Калифорнија), процењено је да би елиминација пренаталне изложености дувану престанком мајчиног пушења, превенирала 5–15% случајева астме код деце [252]. Ако такве закључке рефлектујемо на наше истраживање, претпоставка је да би побољшање респираторног здравља на тај начин изложене деце било значајно.

СПИРОМЕТРИЈА

Анализа резултата спирометрије у односу на активне и пасивне карактеристике учионице

За поређење резултата спирометрије са испитиваним активним и пасивним карактеристикама учионице, коришћене су вредности FEV1, FVC и однос FEV_1/ FVC.

Активне карактеристике учионице и вредности спирометрије

А) Концентрације полутаната у ваздуху унутар учионица (IAQ)

Повишене вредности FEV_1 и FVC могу де довести у статистички значајну корелацију са следећим вредностима полутаната у ваздуху учионица:

- Ниже вредности IAQ PM_{10}
- Ниже интервалне вредности IAQ PM_{10} (< 50 μg/m^3)
- Ниже интервалне вредности IAQ NO_2 (< 40 μg/m^3)
- Ниже интервалне вредности IAQ бензена.

У случају повишених вредности количника FEV1/FVC, оне се доводе у статистички значајну корелацију са снижењем IAQ/OAQ ratio (< 1,0).

Вредности интервала зоне термалног комфора (C^o=18–23, RVV 30–75% и >2,2 m^2/ученик) ван зоне комфора су у значајној корелацији са нижим вредностима FEV_1 и са FVC, као и односа FEV_1/FVC.

Ниже вредности интервала VR од 3 до 8 l/s/особи су у значајној корелацији са вишим вредностима FEV_1/FVC, док је однос FEV_1/FVC у обрнутој корелацији са интерва-лима NO_2, незначајној.

Корелација појаве респираторних сметњи је везана са нижим вредностима односа FEV_1/FVC и вишим вредностима IAQ PM_{10}.

Б) Концентрација полутаната у амбијенталном ваздуху испред учионица

Статистички значајна корелација између повишених вредности за FEV_1 и FVC и измерених концентрација полутаната у амбијенталном ваздуху испред учионица доказана је у случају:

- Ниже концентрације NO_2
- Ниже концентрације полутаната показатеља саобраћајног загађења ваздуха, попут бензена, формалдехида и угљен-моноксида
- Ниже концентрације OAQ PM_{10}
- Ниже релативне влажности ваздуха.

Пасивне карактеристике учионице и вредности спирометрије

Више вредности показатеља плућне функције испитиване деце (FEV_1 и FVC), статистички су значајно повезане са:

- < 20 ученика похађа наставу у испитиваној учионице
- Више доступног простора по ученику (>2 m^2/ученику у учионици)
- Редовно проветравање учионица
- Чишћење учионице само мопом, без употребе агресивног хемијског средства за чишћење
- Школа изграђена пре мање од 50 година
- Зидне облоге од дрвених плоча (ламперије), као и бојене водоотпорном бојом.

Ниже вредности показатеља плућне функције испитиване деце (FEV_1 и FVC), статистички су значајно повезане са:

- Чишћењем учионица само метлом; комбиновано мопом и агресивним хемијским средством за чишћење; комбиновано метлом и мопом и хемијским средством
- Навика пушења код наставног особља
- Лоши услови вентилације (незадовољавајућа проветреност)
- Близина термоелектране и депоније отпада, у односу на локацију школе.

Свеобухватном анализом резултата из појединачних земаља учесница у SEARCH1 пројекту, корелацијом активних и пасивних карактеристика учионице, као и појаве респираторних симптома деце, добијени су следећи резултати, од значаја за истраживање:

- Ниже вредности FEV_1 у значајној су корелацији са IAQ $PM_{10} > 80\ \mu g/m^3$, што је у складу са чињеницом да је код деце изложене тим концентрацијама чешћа појава кашља дању/ноћу ($p < 0,05$);
- Ниже вредности FEV_1 код деце чије су школе лоциране у близини стационарног извора индустријског загађења;
- Ниже вредности FEV_1 код деце која бораве у учионицама са пластичним подним облогама (ламинат, линолеум) [215].

Резултати спирометрије у односу на изложеност дуванском диму пореклом од навике пушења родитеља

Наше истраживање (прилог 2) доказало је статистички значајну корелацију између вредности количника FEV_1/FVC код деце чија је мајка пушила у трудноћи ($p < 0,015$), изложености дуванском диму у кући ($p<0,003$) и броја цигарета/дан које попуше родитељи испитиване деце ($p <0,000$).

У једном броју студија нотиране су ниже вредности FEV_1 код деце чија оба родитеља пуше, у поређењу са децом са само једним родитељем пушачем, или само мајком. Међутим, овакав резултат може бити резултат и само изразитих пушачких навика мајке. Студије које пореде ефекте, како мајчиног тако и очевог пушења, скоро све указују на чињеницу да пушење мајке значајније утиче на респираторно здравље деце, и ни у једној није доказана статистичка значајност у учинку пушења оца [253].

6. ЗАКЉУЧЦИ

1. **Истраживање је показало да постоји повезаност активних и пасивних карактеристика учионица.**

- **Окренутост испитиване учионице ка улици**, статистички је значајно повезана са IAQ концентрацијама NO_2, бензена, етил-бензена, CO, CO_2, док је окренутост исте ка школском дворишту повезано са односом IAQ/OAQ PM_{10} >1,0.
- **Начин чишћења учионица** статистички је значајно повезан са IAQ концентрацијама NO_2, бензена, толуена, етил-бензена, ксилена, формалдехида, CO, PM_{10}, и то нарочито у случају коришћења комбиноване методе чишћења мопом са хемикалијама, са ведностима IAQ толуен, ксиленом и формалдехидом.
- **Пластичне подне облоге** (ламинат, линолеум) у учионицама, статистички су значајно повезане са са IAQ концентрацијама NO_2, етил-бензена, CO, CO_2, PM_{10}.
- **Кречење учионица у последње две године** значајно је статистички повезано са IAQ концентрацијама NO_2 и формалдехида, док је кречење зидова са водоотпорном бојом повезано са IAQ концентрацијама NO_2, бензена, етил-бензена, CO, CO_2, PM_{10}.
- **Неотварање прозора учионице зими** значајно је статистички повезано са IAQ концентрацијама NO_2, бензена, етил-бензена, CO, CO_2.
- На IAQ концентрације полутаната статистички значајно утиче **доба дана у ком се спроводи чишћење учионица**. Чишћење на крају поподневне школске смене је статистички значајно повезано са IAQ концентрацијама бензена, формалдехида, CO, CO2, PM10, док је чишћење пре почетка јутарње наставе статистички значајно повезано са концентрацијама толуена и ксилена у ваздуху учионица.
- Учесталост чишћења простора (једном дневно) у којем бораве деца статистички је значајно повезана са IAQ концентрацијама толуена, формалдехида, CO, CO2.

2. **Истраживањем је утврђен утицај пасивних карактеристика учионица на појаву респираторних сметњи код ученика.**

- Већа заузетост простора учионице, то јест, мање расположивог простора по ученику (< 2 m^2 по ученику), као и луфтирање учионице, отварање прозора у зимском периоду, су у статистички значајној корелацији са појавом астматичних, бронхијалних и осталих респираторних сметњи код деце.

- Чишћење учионице метлом статистички је значајно повезано са појавом бронхијалних респираторних поремећаја, као и широког спектра осталих респираторних поремећаја, нотираних упитником.
- Предикторски значај на **респираторне сметње** имају: мање расположивог простора по ученику (< 2 m^2 по ученику) које повећава вероватноћу њихове појаве за 45%; отварање прозора, које повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 65%, као и проветравање учионице зими које повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 31%.

3. Истраживањем је утврђен утицај социо-економског статуса и стила живота на појаву респираторних сметњи и резултат спирометрије ученика.

- Респираторне сметње испољавају се код деце изложене дуванском диму статистички значајно чешће у односу на децу која нису изложене дуванском диму ($p \leq 0,026$).
- Предиктори за појаву респираторних сметњи су: пасивно пушење у домаћинству, које повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за преко 40% (OR=1,401); нижи степен едукације мајке (OR=0,860) и оца (OR=0,851).
- Анализом резултата спирометрије у односу на социо-економски статус, доказана је корелација између више оцене психичког здравља детета са вишим FVC, као и да је навика пушења мајке у трудноћи у статистички значајној корелацији са вредности односа FEV1/FVC.
- Више вредности FVC и FEV_1 у корелацији су са бољим условима становања. Такође је доказана и значајна повезност нижих вредности FEV1/FVC са становањем у неусловнијим становима (нехигијенска насеља, станови са високим процентом влаге).
- Изложеност дуванском диму у кући и већи број попушених цигарета на дан су у корелацији са нижим вредностима FEV1/FVC.
- Испитивањем повезаности социо-економских карактеристика и вредности спирометрије закључено је на нашем узорку да су се више образовање оба родитеља издвојили као статистички високозначајни предиктори за више измерене вредности FVC ($p<0,001$), као и FEV_1 ($p<0,001$), код деце обухваћене анкетом, али не и за вредности FEV_1/FVC код испитиване деце.

4. **Истраживање је показало да постоји повезаност показатеља квалитета амбијенталног ваздуха са квалитетом ваздуха затвореног простора учионица.**

- Доказана је висока сигнификантност између измерених вредности за IAQ и измерених вредности за OAQ за сваки полутант, осим за толуен ($p<0,0001$) у укупном узорку.
- У учионицама на било којој локацији доказана је директна статистички значајна корелација међу IAQ/OAQ параметрима за бензен, CO и PM_{10} ($p\leq0,0001$), док је у насељима у широј градској зони и у строгом центру доказана статистички значајна корелација између IAQ/OAQ за формалдехид ($p\leq0,0001$).

5. **Истраживање је показало да постоји повезаност квалитета ваздуха затвореног простора учионице и појаве респираторних сметњи.**

- **Симптоми бронхитиса** и **астматични симптоми** су у статистички значајној корелацији са повишеним вредностима IAQ формалдехида ($p<0,002$; $p<0,034$), нижом вредношћу VR у односу на прописане ($p<0,047$), вишом температуром ваздуха учионице ($p<0,009$; $p<0,021$), неадекватним елементима зоне термалног комфора у учионици ($p<0,0001$; $p<0,002$), повишеним концентрацијама IAQ PM_{10} ($p<0,014$; $p<0,049$), изнад 80 $\mu g/m^3$.
- Слични степен статистички значајне повезаности успостављен је и за о**стале респираторне сметње** и њихов однос са: повишеним IAQ концентрацијама формалдехида ($p<0,043$), вишом IAQ температуром ваздуха ($p<0,030$), неадекватним елементима зоне термалног комфора у учионици ($p<0,009$), концентрацијама IAQ PM_{10} > 80 $\mu g/м^3$ ($p<0,044$).
- Када се у мултиваријантни регресиони модел издвоје особине учионице као што су проветреност, температура ваздуха, релативна влажност ваздуха, као и IAQ PM_{10} концентрација и однос двају концентрација PM_{10} (исказан као PM_{10} I/O ratio), издвајају се: виша температура ваздуха у учионици као предиктор за *кашаљ иначе* и за *визинг икада*, као и за *продуктиван кашаљ*; IAQ PM_{10} која је предиктор је за *кашаљ иначе, кашаљ ујутру (јесен/зима), кашаљ дању/ноћу (јесен/зима),* као и за *визинг у последњих 12 месеци*; PM_{10} I/O ratio је предиктор за *кашаљ иначе*, као и за *кашаљ дању/ноћу (јесен/зима)* (OR=1,588) за PM_{10} I/O ratio $\geq$ 1,0, као и за *кашаљ непрекидно 3 месеца (јесен/зима)* (OR=1,277) за PM_{10} I/O ratio < 1,0, а релативна влажност ваздуха у учионици је предиктор за *кашаљ иначе*. Низак степен проветрености је предиктор за *кашаљ ујутру (јесен/зима),* као и за *продуктивни*

кашаљ, а измерена висока влажност ваздуха (%) је предиктор за *продуктивни кашаљ*.

6. **Истраживањем је потврђена повезаност између броја ученика присутних у учионици и показатеља термалног комфора: температура ваздуха, релативна влажност ваздуха, концентрација CO_2.**

- Корелација вредности VR и броја ученика по m^2 простора дала је сигнификантности: више вредности степена проветрености учионице (VR $\geq$ 8 l /s по особи) у учионици у значајној је корелацији са окренутошћу учионице ка дворишту, мање од 20 ученика у учионици, мање од 2 особе по m^2, односно $\geq$2 m^2/по особи. Високе вредности VR односно VR $\geq$8 l/s/особи су у статистички значајној корелацији са учионицама у којима борави мање од 20 ученика и када је на располагању преко 2 m^2 простора по детету.
- Високе IAQ CO_2 > 1000 ppm, као и концентрације CO измерене у току наставе, у корелацији су са степеном заузетости простора < 2 m^2 по ученику, (p< 0,001).
- IAQ температура и релативна влажност ваздуха је у корелацији са бројем деце, m^2 расположивог простора по ученику.
- Више вредности IAQ PM_{10}, као и IAQ PM_{10} > 50 μg/m^3 су у статистички значајној корелацији са већим бројем ученика присутних у учионици, већим бројем особа по m^2, односно < 2 m^2/по особи.

7. **Истраживањем је утврђена повезаност активних и пасивних карактеристика учионице са резултатима спирометрије код ученика.**

- Испитивањем повезаности активних особина учионице и утицаја на висину вредности FEV_1 као зависне варијабле, као предиктори издвојили су се: утицај вредности **OAQ NO_2**, на вредности FEV_1 (p<0,001), као и утицај вредности интервала формалдехида (до и преко 100 μg/m^3), (p<0,015), утицај степена проветрености (VR у интервалима до и преко 8 l/s/по особи) (p<0,006), релативна влажност ваздуха у учионици (p<0,0001).
- Анализом активних особина учионице на висину вредности FEV_1/FVC као зависне варијабле, као предиктори издвојили су се следеће вредности активних особина учионице и то: вредности интервала **IAQ PM_{10}** (до и преко 50 μg/m^3) на вредности FEV_1/FVC (p<0,030).
- Анализом пасивних особина учионице на висину вредности FEV_1 као зависне варијабле, као предиктори издвојили су се: утицај броја деце преко 20 у учионици

на ниже вредости FEV_1 (p<0,001), подне облоге учионица на вредности FEV_1 (теписи и итисони предиктор су за више вредности FEV_1; p<0,0001), зидне облоге учионице – бела боја (p<0,0001), као и средство којим се чисти учионица (p<0,014), начин чишћења: влажне методе чишћења/прања подова повезују се са вишим вредностима FEV_1 (p<0,009), и густина оближњег саобраћаја (p<0,006), као и близина јавних депонија предиктори су за FEV_1 (p<0,0001).

- Анализом утицаја пасивних особина учионице на висину вредности количника FEV_1/FVC као зависне варијабле, као могући предиктори издвојили су се: за ниже вредности FEV_1/FVC утицај врши број деце у учионицу преко 20 (p<0,048). Доказан је утицај подне облоге учионица на вредности FEV_1/FVC (p<0,030). Други предиктори за више вредности FEV_1/FVC су врста зидне облоге учионице - дрво и тапет (p<0,0001), начин чишћења учионица (p<0,032), чешћа фреквентност чишћења (два пута дневно) (p<0,014), густина оближњег саобраћаја (p<0,015), као и пушење наставника (p<0,049).

8. Истраживањем су утврђени предиктори за појаву респираторних сметњи код ученика.

Анализом утицаја IAQ (концентрације полутаната - континуирана обележја), могу се издвојити следећи праћени параметри, као униваријантни предиктори за појаву одређених респираторних сметњи

- Нижа вредност **IAQ NO_2** издваја се, као униваријантни предиктор, у случају *кашља икада, кашља ујутро (у јесен/зиму), продуктивног кашља*.
- Повишена вредност за **IAQ бензен** (> 5 $\mu g/m^3$), представља предиктор у случају *кашља иначе, визинга икада, визинга након физичке активности и буђења услед визинга*. С друге стране, снижена концентрација IAQ бензена, издваја се као предиктор у случају *кашља дању и ноћу* и *продуктивног кашља*.
- Што се IAQ концентрација **етил-бензена** тиче, његове високе концентрације су предиктор за појаву *кашља икада*, док су ниске вредности истог параметра униваријантни предиктор за појаву *кашља ујутро (у јесен/зиму), кашља дању и ноћу, продуктивног кашља, буђења услед визинга,* и *сувог кашља у трајању од 12 месеци.*
- Више концентрације **IAQ формалдехида**, издвајају се као предиктори за појаву *кашља иначе, кашља дању и ноћу* и *продуктивног кашља*.

- Концентрације IAQ PM_{10} (> 50 $\mu g/m^3$ и > 80 $\mu g/m^3$) издвајају се као предиктори за *кашаљ икада, кашаљ дању и ноћу, продуктивни кашаљ*.
- Анализом **показатеља термалног комфора** у учионици **у односу на појединачне сметње** код ученика, доказано је да је виша температура ваздуха у учионици предиктор за *кашаљ икада* и за *визинг икада*, као и за *продуктиван кашаљ*, као и да је концентрација PM_{10} предиктор за *кашаљ икада, кашаљ ујутру (јесен/зима), кашаљ дању/ноћу (јесен/зима),* као и за *визинг у последњих 12 месеци*.
- PM_{10} I/O ratio је предиктор за *кашаљ икада*, као и за *кашаљ дању/*ноћу (јесен/зима) (OR=1,588) за PM_{10} I/O ratio ≥ 1,0, као и за *кашаљ непрекидно 3 месеца (јесен/зима)* (OR=1,277) за PM_{10} I/O ratio < 1,0.
- Релативна влажност ваздуха у учионици је предиктор за *кашаљ иначе*, док је низак степен проветрености предиктор за *кашаљ ујутру (јесен/зима),* као и за *продуктивни кашаљ,* а висока влажност ваздуха (%) је предиктор за *продуктивни кашаљ*.
- Анализом утицаја **социо-економских карактеристика** као униваријантни предиктори за појаву респираторних сметњи су се издвојили пасивно пушење у домаћинству (родитељском дому) које повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за преко 40% (OR=1,401); нижи степен едукације мајке (OR=0,860) и оца (OR=0,851); < 2 m^2 простора по ученику у учионици, која повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за преко 45% (OR=0,602). Од пасивних карактеристика учионице, као предиктори су се издвојили отварање прозора која повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 65% (OR=1,649). Као предиктори су се издвојили, осим учесталости отварања прозора и проветравање учионице зими које повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 31% (OR=1,307), као и вечерње чишћење (обавља се у току и крајем поподневне наставе) повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 38% (OR=1,380), као и чишћење метлом, које повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 57% (OR=1,572).
- Учионице са новим прозорима, као и реконструисане учионице су предиктори за мање респираторних сметњи, (OR=0,688), као и школе на подручјима са саобраћајем средњег и јачег интензитета (не отварају прозоре због буке) (OR=0,814).
- Даљом анализом од издвојених пасивних карактеристика учионице у комбинацији са пушењем родитеља, односно изложеношћу дуванском диму који су били

униваријантни предиктори, као предиктори у мултиваријантној анализи су се издвојили изложеност дуванском диму која повећава вероватноћу појаве респираторних сметњи за 65% (OR=1,65), као и реконструисане учионице које су предиктор за мање респираторних сметњи (OR=0,571).

7. ЛИТЕРАТУРА

1. World Health Organization. The World Health Report 2002; Reducing Risks, Promoting Healthy Life, World Health Organization 2002, Geneva, Switzerland
2. Dasgupta, S., Huq, M., Khaliquzzaman, M., Pandey, K. and Wheeler, D. Who suffers from indoor air pollution? Evidence from Bangladesh. Health Policy Plan. 2006; 21(6): 444-58 doi:10.1093/heapol/czl027 PMID:17030552
3. Bruce, N., Perez-Padilla, R. and Albalak, R. (2000) Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. Bull World Health Organ. 2000; 78(9): 1078–1092.
4. Bronsema, B., Björck, M., Carrer, P., Clausen, G., Fitzner, K., Flatheim, G., Follin, T., Haverinen, U., Jamriska, M., Kurnitski, J., Maroni, M., Mathisen, M.H., Morawska, L., Müller, B., Nathanson, T., Nevalainen, A., Olesen, B.W., Pasanen, P., Seppänen, O., Säteri, J. and Witterseh, T. (2004). Performance Criteria of Buildings for Health and Comfort, ISIAQ-CIB Task Group TG 42. CIB Number 292.
5. Junfeng Zhang, Kirk R.Smith. Indoor air pollution: a global helth concern; British Medical Bulletin 2003; 68: 209-225. doi: 10.1093/bmb/ldg029
6. Pegas, P.N.; Evtyugina, M.G.; Alves, C.A.; Nunes, T.; Cerqueira, M.; Franchi, M. & Pio, C.A. (2010). Outdoor/Indoor air quality in primary schools in Lisbon: a preliminary study. *Química Nova*, Vol.33, No.5, pp. 1145–1149, ISSN 1678-7064 http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422010000500027
7. Mendell, M.J. & Heath, G. a, 2005. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. Indoor air, 15(1): 27-52. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2004.00320.x
8. Janssen, N. A., Hoek, G., Brunekreef, B. & Harssema, H. (1999). Mass concentration and elemental composition of PM10 in classrooms. Occup Environ Med. 1999 Jul; 56(7): 482–487. PMCID: PMC1757765
9. Norbäck, D., Wålinder, R., Wieslander, G., Smedje, G., Erwall, C. and Venge, P. Indoor Air Pollutants in Schools: Nasal Patency and Biomarkers in Nasal Lavage. Allergy. 2000 Feb; 55(2):163–70.
10. Simoni, M., Annesi-Maesano, I., Sigsgaard, T., Norback, D., Wieslander, G., Lystad, W., Canciani, M., Viegi, G. and Sestini, P. (2006). Relationships between School Indoor Environment and Respiratory Health in Children of Five European Countries (HESE Study). Eur. Respir. J. 28: 837s.

11. Tillet, T. Formaldehyde Exposure among Children: A Potential Building Block of Asthma. Environ Health Perspect. 2010; 118(3): A131. doi:10.1289/ehp.118-a131b
12. Simoni, M., Annesi-Maesano, I., Sigsgaard, T., Norback, D., Wieslander, G., Nystad, W., Canciani, M., Sestini, P. and Viegi, G. School Air Quality Related to Dry Cough, Rhinitis and Nasal Patency in Children. Eur Respir J. 2010 Apr; 35(4):742-9. DOI: 10.1183/09031936.00016309
13. Gilliland, F.D., Berhane, K., Rappaport, E.B., Thomas, D.C., Avol, E., Gauderman, W.J., London, S.J., Margolis, H.G., McConnell, R., Islam, K.T. and Peters, J.M.. The Effects of Ambient Air Pollution on School Absenteeism Due to Respiratory Illnesses. Epidemiology. 2001 Jan; 12(1):43–54. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11138819
14. Shaughnessy, R.J., Haverinen-Shaughness, U., Nevalainen, A. and Moschandreas, D. A Preliminary Study of the Association between Ventilation Rates in Classrooms and Student Performance. Indoor Air. 2006 Dec; 16(6):465-8. DOI:10.1111/j.1600-0668.2006.00440.x
15. World Health Organization Europe. WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dumpness and Mould. ISBN 978 92 890 4168 3 (2009). http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf
16. Almeida, S.M.; Canha, N.; Silva, A.; Freitas, M.C.; Pegas, P.; Alves, C.; Evtyugina, M. & Pio, C.A. Children exposure to atmospheric particles in indoor of Lisbon primary schools. Atmospheric Environment, 2010; 45:7594–99. doi:10.1016/j.atmosenv.2010.11.052
17. Wheeler, L., Buckley, R., Gerald, L. B., Merkle, S., & Morrison, T. A. (2009). Working with schools to improve pediatric asthma management. Pediatric Asthma, Allergy and Immunology, 22(4), 197-207. DOI: 10.1089/pai.2009.0023
18. Ramachandran, G., Adgate, J. L., Banerjee, S., Church, T. R., Jones, D., Fredrickson, A. & Sextond, K. (2005). Indoor air quality in two urban elementary schools - measurements of airborne fungi, carpet allergens, CO2, temperature and relative humidity. J Occup Environ Hyg. 2005 Nov; 2(11):553–66. DOI: 10.1080/15459620500324453
19. Daisy, J.M., Angell, W.J. & Apte, M.G. (2003). Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. Indoor Air. 2003 Mar;13(1):53-64., ISSN 1600-0668, PMID: 12608926;

20. Godoi, R.H.M., Avigo, D.J., Campos, V.P, Tavares, T.M., Marchi, M.R.R., Grieken, R. & Godoi, A.F.L. (2009). Indoor air quality assessment of elementary schools in Curitiba, Brazil. Water, Air, Soil Pollution: Focus, Vol.9, No.3-4, pp. 171–177, ISSN 1573-2940
21. Goyal, R. G. & Khare, M. (2009). Indoor-outdoor concentrations of RSPM in classroom of a naturally ventilated school building near an urban traffic roadway. Atmospheric Environment, Vol.43, No.38, pp. 60266038, ISSN 1352-2310
22. Tippayawong, N., Khuntong, P., Nitatwichit, C., Khunatorn, Y. & Tantakitti, C. (2009). Indoor/outdoor relationships of size-resolved particle concentrations in naturally ventilated school environments. Building and Environment, Vol.44, No.1, pp. 188–197, ISSN 0360-1323
23. Fraga, S., Ramos, E., Martins, A., Samúdio, M. J., Silva, G., Guedes, J., Fernandes, E. O. & Barros, H. (2008). Indoor air quality and respiratory symptoms in Porto schools. Revista Portuguesa de Pneumologia, Vol.14, No.4, pp. 487–507, ISSN 0873-2159
24. Fromme, H., Twardella, D., Dietrich, S., Heitmann, D., Schierl, R., Liebl, B. & Rüden, H. (2007). Particulate matter in the indoor air of classrooms-exploratory results from Munich and surrounding area. Atmospheric Environment, Vol.41, No.4, pp. 854–866, ISSN 1352-2310
25. Hwang, B., Jaakkola, J. J., Lee, Y., Lin, Y. & Guo, Y. (2006). Relation between air pollution and allergic rhinitis in Taiwanese schoolchildren. Respiratory Research, Vol.7, No.1, pp. 1–7, ISSN 1465-9921
26. Dick S, Doust E, Cowie H, et al. Associations between environmental exposures and asthma control and exacerbations in young children: a systematic review. BMJ Open 2014; 4: e003827. doi:10.1136/bmjopen-2013-003827
27. Ott, W. R., Steinemann, A. C., & Wallace, L. A. (2007) Exposure analysis. New York: CRC Taylor and Francis Group. ISBN 1 56670 663 7
28. Pegas, P.N., Alves, C.A., Evtyugina,M.G., Nunes,T., Cerqueira,M., Franchi,M., Pio,A., Almeida,S.M., 2011, Indoor air quality in elementary schools of Lisbon in spring. Environ.Geochem.Health,
29. www.who.int.ipcs/en
30. Inorganic Lead (International Programme on Chemical Safety, IPCS), *Environmental Health Criteria No.165, 1995 (World Health Organization, Geneva* Slika 1: konceptualni model IPCS, (International Programme on Chemical Safety, IPCS), *Environmental Health Criteria No.165, 1995 (World Health Organization, Geneva)*

31. Landrigan, J.P, Children as a vulnerable population; *Int J Occup Med Environ Health 2004; 17(1): 175–177.*
32. Suk WA, Murray K, Avakian MD; Environmental Hazards to Children´s Health in the Modern World; *Mutat Res 2003; 544 (2-32): 235–42.*
33. Environmental Health Criteria 59: principles for evaluating health risks from chemicals during infancy and early childhood: the need for special approach, Geneva: World Health Organization
34. World Health Report, 2004 – changing history. Geneva, World Health Organization
35. Pruss-Ustun A, Corvalane C, "Preventing disese through healthy environment. Towards an estimate of the envirponmental burden of disease; World Health Organization, 2006.
36. United Nations Environment Programme, United Nations Children´s Fund, and World Health Organization. Children in the New Millenium. Environmental impact on health, United Nations, 2002:22
37. Landrigan P.J., Garg A.; Chronic effects of toxic environmental exposures on children's health. *J Toxicol Clin Toxicol. 2002; 40:449–456.*
38. Grandjean P., Landrigan P.J.; Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. The Lancet, Vol. 368 (9553): 2167-2178, 2006, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(06)69665-7
39. Landrigan P.J., Kimmel CA, Correa A., Eskenazi B.; Children's health and environment: public health issues and challenges for risk assessment; Environ Health Perspect 2004; 112:257–265.
40. Wigle DT, Arbuckle TE, Walker M, Wade MG, Liu S, Krewski D. Environmental hazards: evidence for effects on child health. *J Toxicol Environ Health B 2007*; 10: 3–39.
41. Jones SE, Axelrad R, Wattigney WA. Healthy and safe school environment, Part II: Results from the School Health Policies and Programs Study 2006. *J Sch Health; 2007*; 77: 544–556.
42. Childhood Lead Poisoning, World Health Organization, 2010, ISBN 978 92 4 150033 3
43. World Health Organization, The Physical School Environment, An Essential Component of a Health-Promoting School, Information Series on School Health, Document 2, преузето са:
www.who.int/school_youth_health/media/en/physical_sch_environment_v2.pdf
44. Bearer C.; Environmental Health Hazards: How Children are Different from Adults; The Future of Children; *Critical Issues for Children and Youths, Vol.5, No.2 (1995)*

45. Chance, G., W., Environmental toxicants and children´s health: cause for concern, time for action. *Paediatrics Child Health, 2001; 6 (10): 731–743.*

46. Briggs, D., Making a Difference. Indicators to Improve Children´s Environmental Health, World Health Organization, 2003: 6-7. ISBN 92 4 159060 2

47. Koppe J.G, Bartonova A, Bolte G, et al. Exposure to multiple environmental agents and their effects. *Acta Pediatr Suppl, 2006; 95(453): 106–13.*

48. Alias Masitah, Hamzah Zaini, Kenn Lee See; PM10 and Total Suspended Particulates (TSP) Measurements in Various Power Stations; *The Malaysian Journal of Analytical Sciences, Vol 11, No.1 (2007): 255–261.*

49. Dietert RR, Etzel RA, Chen D, et al. Workshop to identify critical windows of exposure for children's health: immune and respiratory systems work group summary. *Environ Health Perspect.* 2000; 108(suppl 3):483–490.

50. Plopper CG, Fanucchi MV. Do urban environmental pollutants exacerbate childhood lung diseases? *Environ Health Perspect.* 2000;108: A252–A253

51. Pinkerton KE, Joad JP. The mammalian respiratory system and critical windows of exposure for children's health. *Environ Health Perspect.* 2000;108(suppl 3):457–462

52. Plunkett LM, Turnbull D, Rodricks JV. Differences between adults and children affecting exposure assessment. In: Guzelian PS, Henry CJ, Olin SS, eds. *Similarities and Differences Between Children and Adults: Implications for Risk Assessment*. Washington, DC: ILSI Press; 1992: 79–96

53. Wiley JA, Robinson JP, Piazza T, et al. *Activity Patterns of California Residents: Final Report*. Sacramento, CA: California Air Resources Board; 1991. Publication No. A6-177–33

54. Wiley JA, Robinson JP, Cheng YT, Piazza T, Stork L, Pladsen K. *Study of Children's Activity Patterns: Final Report*. Sacramento, CA: California Air Resources Board; 1991. Publication No. A733-149.

55. WHO. Effects of Air Pollution on Children´s Health and Development; A Review of the Evidence. World Health Organization Special Programme on Health and Environment (2005), European Centre for Environment and Health Bonn Office, http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/74728/E86575.pdf

56. Samet JM, Lange P. Longitudinal studies of active and passive smoking. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 1996, 154(6, part 2):S257–S265.

57. Guicherit R, Roemer M: Tropospheric ozone trends. Chemosphere-Global Change Sci 2000, 2:167–183.

58. Alvim-Ferraz MCM, Pereira MC, Ferraz JM, Mello AMC Almeida e, Martins FG: European Directives for air quality: analysis of the new limits in comparison with asthmatic symptoms in children living in the Oporto Metropolitan Area, Portugal. HERA 2005, 11:607–616.
59. WHO: Air Quality guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulphur Dioxide; Global update 2005, Summary of Risk Assessment, World Health Organization. Copenhagen, Denmark: Regional Office for Europe; 2006; ISBN 92890 2192 6. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.2_eng.pdf
60. Sousa SIV, Alvim-Ferraz MCM, Martins FG, Pereira MC: Spirometric tests to assess the prevalence of childhood asthma at Portuguese rural areas: Influence of exposure to high ozone levels. Environ Int 2011, 37:474–478.
61. Sousa SIV, Alvim-Ferraz MCM, Martins FG, Pereira MC: Ozone exposure and its influence on the worsening of childhood asthma. *Allergy 2009, 64:1049–1055.*
62. Sousa SIV, Pereira MC, Martins FG, Alvim-Ferraz MCM: Identification of regions with high ozone concentrations to assess the impact on childhood asthma. HERA 2008, 14:610–622.
63. Franklin PJ: Indoor air quality and respiratory health of children. Paediatr Respir Rev 2007, 8:281–286.
64. Faustman EM, Silbernagel SM, Fenske RA, Burbacher TM, Ponce RA: Mechanisms underlying children's susceptibility to environmental toxicants. *Environ Health Perspect 2000, 108:13–21.*
65. Sofuoglu SC, Aslanb G, Inal F, Sofuoglu A: An assessment of indoor air concentrations and health risks of volatile organic compounds in three primary schools. Int J Hyg Environ Health 2011, 214:36–46. PMID:20833585 DOI:10.1016/j.ijheh.2010.08.008
66. WHO: WHO Guidelines for Indoor Air Quality. In Selected Pollutants, World Health Organization, Regional Office for Europe. Denmark: Copenhagen; 2010.
67. American Academy of Pediatrics: Ambient Air Pollution: Health Hazards to Children. *Pediatrics 2004, 114:1699–1707.*
68. Schwartz J: Air Pollution and Children's Health. Pediatrics 2004, 113:1037–1043. DOI: 10.1542/peds.113.4.S1.1037
69. WHO: Children's health and the environment, A global perspective. A Resource Manual for the Health Sector, World Health Organization, Geneva; 2005, Ed. J.Pronczuk-Garbino; ISBN 92 4 156292 7.

http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43162/1/9241562927_eng.pdf

70. Fuentes-Leonarte V, Tenías JM, Ballester F: Levels of Pollutants in Indoor Air and Respiratory Health in Preschool Children: A Systematic Review.Pediatr Pulm 2009, 44:231–243.
71. Matricardi PM, Illi S, Grüber C, Keil T, Nickel R, Wahn U, et al. Wheezing in childhood: incidence, longitudinal patterns and factors predicting persistence. Eur Respir J 2008; 32:585–92. DOI: 10.1183/09031936.00066307
72. Global Initiative for Asthma (GINA). Global Strategy for the Diagnosis and Management of Asthma in Children 5 Years and Younger. 2009. www.ginasthma.org.
73. Global Initiative for Asthma (GINA). Global Strategy for Asthma Management and Prevention. 2008 Update. www.ginasthma. org.
74. Burney PG, Luczynska C, Chinn S, Jarvis D. The European Community Respiratory Health Survey. *Eur Respir J. 1994; 7:954–60.*
75. Asher MI, Keil U, Anderson HR, Beasley R, Crane J, Martinez F, et al. International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC): rationale and methods. *Eur Respir J. 1995;8:483–91*.
76. Jarvis D, Chinn S, Luczynska C, Burney P. The association of smoking with sensitization to common environmental allergens: results from the European Community Respiratory Health Survey. *J Allergy Clin Immunol 1999; 104:934–40.*
77. The International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) Steering Committee. Worldwide variations in the prevalence of asthma symptoms: The international study for asthma and allergies in childhood (ISAAC). *Eur Respir J 1998; 12:315–35*.
78. Brogger J, Bakke P, Eide GE, Johansen B, Andersen A, Gulsvik A. Long-term changes in adult asthma prevalence. *Eur Respir J 2003; 21:468–72.*
79. Fewtrell L, Kaufmann R.B., Kay D., Enoria W., Haller L.; Water, sanitation and hygiene interventions to reduce diarrhea in less developed countries, a systematic review and meta-analysis; *Lancet Infect Dis.2005; 5(1): 42–52.*
80. Romieu I., Samet J.R., Smith K.R., Bruce N.; Outdoor air pollution and acute respiratory infections among children in developing countries; *J Occup Environ Med. 2002, 44(7): 640–9.*
81. Reuer M.K., Bower N.W., Koball J.H., Hinostroza E., De la Torre Marcos M.E.; Lead, Arsenic, and Cadmium Contamination and Its Impact on Children´s Health in La Oroya,

Peru; *International Scholarly Research Network, ISRN Public Health, Volume 2012, Article ID 2314581, doi: 10.5402/2012/231458.*

82. Moya J., Bearer C.F., Etzel R.A.; Children´s behavior and physiology, and how it effects exposure to environmental contaminants; *Pediatrics, 2004; 113 (4 Suppl): 996–1006.*
83. Johannessen A., Bakke P.S, Harder J.A., Eagan T.M.; Association of exposure to environmental tobacco smoke in childhood with chronic obstructive pulmonary disease and respiratory symptoms in adults. *Respirology. 2012, 17 (3): 499–505.*
84. Brown, S.K. and Kivlighon, L. (2005). Indoor Environment Indicators for High Quality Office Environments. Report No. 2003-028-B-01, CRC for Construction Innovation.
85. Frontczak, M.,Wargocki,P., 2011. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. Build.Environ.46,922–937.
86. Stranger, M., Potgieter-vermaak, S., & Vand Grieken, R. (2007). Cooperative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium. *Environ.Int. (33),6*
87. EPA, *Building Air Quality--A Guide for Building Owners and Facility Managers,* EPA/400/1-91/033, Washington, D.C., 1991, p. 5–11.
88. EPA, U.S. Public Health Service, National Environmental Health Association, 1991, *Introduction to Indoor Air Quality--A Self-Paced Learning Module,* EPA/400/3-91/002. Washington, D.C. p. 6–9.
89. Dockery, D.W., Spengler, J.D., 1981. Indoor–outdoor relationships of respirable sulfates and particles. *Atmospheric Environment 15, 335.* http://dx.doi.org/10.1016/0004-6981(81)90036-6
90. Moschandreas, D.J., Zabransky, J., Pelton, D.J., 1981. Comparison of Indoor and Outdoor Air Quality. Electrical Power Research Institute Report EA-1733, Research Project 1309, Palo Alto, CA, USA.
91. Hanssen, S.O. Increased ventilation reduces general symptoms but not sensory reactions. Proceedings of 6th International Conference on indoor air quality and Climate, Finland, Helsinki. No. 6968, 1993; 5: 33–38.
92. Hanssen, S.O. and Mathisen, H.M. Sick building – a ventilation problem? Indoor air 87. *Proceedings of 4th International Conference on indoor air quality and Climate, Berlin (west), No. 2820,* 1987; 3:357–361.
93. Hayes, S.R., 1989. Estimating the effect of being indoors on total personal exposure to outdoor air pollution. *Journal of the Air Pollution Control Association 39* (11), 1453–1461.

94. Orme, Malcolm. 1999. Applicable models for air infiltration and ventilation calculations. Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, International Energy Agency. Technical note AIVC 51.
95. Lee, S.C., Chang, 2000. Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong. *Chemospehere 41* (1), 109–113.
96. ISIAQ, 2000. Creation of Healthy Indoor Environment in Schools: Task Force on Schools. 'A Nordic Approach'. Published by National Institute of Public Health, Stockholm, Sweden.
97. Lee, S.C., Chang, M., 1999. Indoor air quality investigation at five classrooms. *Indoor Air 9*, 134–138.
98. Scheff, P.A., Paulius, V.K., Huang, S.W., Conroy, L.M., 2000. Indoor air quality in a middle school, part I: use of CO_2 as a tracer for effective ventilation. *Applied Occupational and Environmental Hygiene 15,* 824–834.
99. Bartlett, K.H., Kennedy, S.M., Brauer, M., Van Netten, C., Dill, B., 2004. Evaluation and a predictive model of airborne fungal concentrations in school classrooms. *Annals of Occupational Hygiene 48,* 547–554.
100. Shendell, D.G., Winer, A.M., Stock, T.H., Zhang, L., Zhang, J., Maberti, S., Colome, .D., 2004a. Air concentrations of VOCs in portable and traditional classrooms: results of a pilot study in Los Angeles County. *Journal of Exposure Analysis Environmental Epidemiology 14*, 444–459.
101. Blondeau, P., Lordache, V., Popuard, O., Genin, D., Allard, F., 2005. Relationship between outdoor and indoor air quality in eight French schools. *Indoor Air 15*, 2–12.
102. Godwin, C., Batterman, S., 2006. Indoor air quality in Michigan schools. *Indoor Air.17* (2): 109–121.
103. Mi, Y.H., Norba¨ ck, D., Tao, J., Mi, Y.L., Ferm, M., 2006. Current asthma and respiratory symptoms among pupils in Shanghai, China: influence of building ventilation, nitrogen dioxide, ozone, and formaldehyde in classrooms. *Indoor Air 16, 454–464.*
104. Shendell, D.G., Prill, R., Fisk, W.J., Apte, M.G., Blake, D., Faulkner, D., 2004b. Associations between classroom CO_2 concentration and student attendance in Washington and Idaho**.** *Indoor Air 14, 333–341*. Spectrum Technologies, 2006. SpecWare Basic 6.03.
105. Persily, A.K., Air tightness of Commercial and Institutional Buildings. Tight Building; Thermal Envelopes VII Conference/ Tightness and Airflow in Buildings – Principles,1998: 829-837)

106. IOM, (Institute of Medicine). 2011. Climate Change, the Indoor Environment, and Health. Washington, DC: The National Academies Press. ISBN: 978-0-309-20941-0; DOI: 10.17226/13115

107. E.Hasselaar, L.Morawska, 2003. Sustainable Building and Indoor Air Quality. Open House International, 28 (1), pp 74–82.

108. Indoor Air Quality; Tools for Schools Action Kit for Canadian Schools (2003), ISBN 0-662-33401-9:4 (tools_school-outils canada.pdf)

109. Formaldehyde. In: *Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tertbutoxypropan-2-ol*. Lyon, International Agency for Research on Cancer, 2006:39–325 (IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Vol. 88).

110. Hazardous Substances Data Bank (HSDB) [online database]. Bethesda, MD, National Library of Medicine, 2010 (http://toxnet.nlm.nih.gov/cgibin/ sis/htmlgen?HSDB, accessed 19 May 2010).

111. Salthammer T, Mentese S. Comparison of analytical techniques for the determination of aldehydes in test chambers. *Chemosphere*, 2008, 73:1351–1356.

112. Wisthaler A et al. Technical Note: Intercomparison of formaldehyde measurements at the atmosphere simulation chamber SAPHIR. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2008, 8:2189–2200.

113. Salthammer T, Mentese S, Marutzky R. Formaldehyde in the indoor environment. *Chemical Reviews*, 2010, 110:2536–2572.

114. Kelly TJ, Smith DL, Satola J. Emission rates of formaldehyde from materials and consumer products found in California homes. *Environmental Science & Technology*, 1999, 33:81–88.

115. Hodgson AT, Beal D, McIlvaine JER. Sources of formaldehyde, other aldehydes and terpenes in a new manufactured house. *Indoor Air*, 2002, 12:235–242.

116. Haghighat F, De Bellis L. Material emission rates: literature review, and the impact of indoor air temperature and relative humidity. *Building and Environment*, 1998, 33:261–277.

117. Nazaroff WW, Weschler CJ. Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants. *Atmospheric Environment*, 2004, 38:2841–2865.

118. Uhde E, Salthammer T. Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality – a review of recent advances in indoor chemistry. *Atmospheric Environment*, 2007, 41:3111–3128.

119. Raw GJ et al. Exposure to air pollutants in English homes. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 2004, 14:S85–S94.
120. Clarisse B et al. Indoor aldehydes: measurement of contamination levels and identification of their determinants in Paris dwellings. *Environmental Research*, 2003, 92:245–253.
121. Inhalative Exposition des Verbrauchers gegenuber Formaldehyd, Aktualisiertes Diskussionspapier des BfR vom 24 Juli 2006. Berlin, Bundesinstitut fur Risikobewertung (BfR), 2006.
122. Marchand C et al. Concentrations and determinants of gaseous aldehydes in 162 homes in Strasbourg (France). *Atmospheric Environment*, 2008, 42:505–516.
123. Gilbert NL et al. Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City, Canada. *Environmental Research*, 2006, 102:1–8.
124. HEI Air Toxics Review Panel. *Mobile-source air toxics: a critical review of the literature on exposure and health effects*. Boston, MA, Health Effects Institute, 2007 (HEI Special Report 16).
125. Air quality criteria for oxides of nitrogen. Research Triangle Park, NC, US Environmental Protection Agency 1993 (EPA Report No. EPA/600/8-91/049aF-cF. 3v).
126. Air quality criteria for ozone and related photochemical oxidants. Research Triangle Park, NC, US Environment Protection Agency, 1995 (EPA Report No. EPA/600/P-93/004aF-cF. 3v).
127. Rijnders E, Janssen N.A.H, van Vliet P.H.N, Brunekreef B.Personal and Outdoor Nitrogen Dioxide Concentrations in Relation to Degree of Urbanization and Traffic Density; Environ Health Prrspect 109 (Suppl 3): 411–417 (2001)
128. Garrett MH, Hooper MA, Hooper BM, Abramson MJ. Respiratory symptoms in children and indoor exposure to nitrogen dioxide and gas stoves. AM J RESPIR CRIT CARE MED 1998;158:891–895.
129. Jarvis D, Chinn S, Luczynska C, Burney p; Association of respiratory symptoms and lung function in young adults with use of domestic appliances; Lancet, 1996; 347: 426–431.
130. Shima M, Adachi M; Indoor nitrogen dioxide in homes along trunk roads with heavy traffic. *Occup Environ Med* 1998; 55: 428–433
131. Samet JM, Marbury MC, Spengler JD; Health effects and sources of indoor air pollution; Part I, Am Rev Respir Dis 1987; 136: 428–433.

132. Gillespie-Bennett J[1], Pierse N, Wickens K, Crane J, Howden-Chapman P; Housing Heating and Health Study Research Team. The respiratory health effects of nitrogen dioxide in children with asthma. *Eur Respir J.* 2011, 38 (2): 303–09
133. Vieira SE, Stein RT, Ferraro AA, Pastro LD, Pedro SS, Lemos M, da Silva ER, Sly PD, Saldiva PH; Urban air pollutants are significant risk factors for asthma and pneumonia in children: the influence of location on the measurement of pollutants. *Arch Bronconeumol.* 2012; 48(11):389–95.
134. Soto-Martinez M, Sly PD. Relationship between environmental exposures in children and adult lung disease: the case for outdoor exposures. *Chron Respir Dis.* 2010 Aug;7(3):173–86.
135. Chen TM, Gokhale J, Shofer S, Kuschner WG; Outdoor air pollution: nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide health effects; *Am J Med Sci.* 2007 Apr; 333(4):249–56
136. Fanny WS Ko, Wilson Tam, Tze Wai Wong et al. Temporal relationship between air pollutants and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Hong Kong. *Thorax.* 2007 Sep; 62(9): 780–785.
137. Tunnicliffe WS, Burge Ps, Ayres JD. Effect of domestic concentrations of nitrogen dioxide on airway respons to inhalated allergen in asthmatic patients. Lancet 1994; 344: 1733–36.
138. Pershagen G, Rylander E, Norberg S, Eriksson M, Nordvall SL.; Air pollution involving nitrogen dioxide exposure and wheezing bronchitis in children, Int J Epidemiol. 1995 Dec; 24(6):1147–53.
139. Carbon monoxide. Geneva, World Health Organization, 1999 (Environmental Health Criteria 213) (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc013.htm, accessed 12 May 2010).
140. Verschueren K. *Handbook of environmental data on organic chemicals*, 4th ed., Vol.1. New York, NY, John Wiley & Sons, 2001:24.
141. Coburn RF, Forster RE, Kane PB. Considerations of the physiological variables that determine the blood carboxyhemoglo bin concentration in man. *Journal of Clinical Investigation*, 1965, 44:1899–1910.
142. Alm S, Jantunen MJ, Vartianen M. Urban commuter exposure to particle matter and carbon monoxide inside an automobile. Journal of Exposure Analysis and Evironmental Toxicants, human exposures and their health effects. New Jersey, John Willey and Sons, 2009: 499–528.

143. U.S. EPA. Air Quality Criteria for Carbon Monoxide (2000) Final Report. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington Office, Washington, DC, EPA 600/P-99/001F, 2000.

144. Cullis, C.F. & Hirschler, M.M. Man's emissions of carbon monoxide and hydrocarbons into the atmosphere. *Atmospheric environment*, 23:1195–1203 (1989).

145. Derwent, R.G. et al. Analysis and interpretation of air quality data from an urban roadside location in central London over the period from July 1991 to July 1992. *Atmospheric environment*, 29: 923–946 (1995).

146. National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH). 1976. Criteria for a Recommended Standard, Occupational Exposure to Carbon Dioxide, August 1976.

147. D.S.Robertson. Health effects of increase in concentration of carbon dioxide in the atmosphere. *CURRENT SCIENCE*, Vol.90, No. 12, 2006: 1607–1609.

148. Kenrick Berend, Aiko P.J. de Vries, Rijk O.B. Gans. Physiological Approach to Assessment of Acid-Base Disturbances. *N Engl J Med* 2014; 371:1434-45. DOI: 10.1056/NEJMra1003327

149. DJ Clements-Croome, HB Awbi, M.Williams. Ventilation Rates in Schools. Proceedings: Indoor Air 2005: 3223-3227. https://www.isiaq.org/docs/PDFs/3223.pdf.

150. Mysen, M. et al., 2005. Occupancy density and benefits of demand-controlled ventilation in Norwegian primary schools. *Energy and Buildings*, 37(12), pp.1234–1240. Available at: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037877880500040X [Accessed July 20, 2011].

151. Griffiths, M. & Eftekhari, M., 2008. Control of CO2 in a naturally ventilated classroom. *Energy and Buildings*, 40(4), pp.556-560. Available at: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778807001387 [Accessed August 24, 2011].

152. Mumovic, D. et al., 2009. Winter indoor air quality, thermal comfort and acoustic performance of newly built secondary schools in England. *Building and Environment*, 44(7), pp.1466-1477. Available at: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132308001649 [Accessed September 6, 2011].

153. IPCS (1985) *Toluene.* Environmental Health Criteria 52. International Programme on Chemical Safety. Geneva, World Health Organization.

154. IPCS (1993) *Benzene*. Environmental Health Criteria 150. International Programme on Chemical Safety. Geneva, World Health Organization.

155. IPCS (1996) *Ethyl benzene*. Environmental Health Criteria 186. International Programme on Chemical Safety. Geneva, World Health Organization.

156. IPCS (1997) *Xylenes.*. Environmental Health Criteria 190. International Programme on Chemical Safety. Geneva, World Health Organization.

157. Hattemer-Frey HA, Travis CC, Land ML (1990), Benzene: Environmental partitioning and human exposure. Environ Res 53:221-232

158. ATSDR (1995a) Toxicological Profile for Xylenes (Update). Atlanta, Georgia, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services.

159. Toxicological Profile for Benzene. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2007 https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.pdf

160. Agency for Toxic Substances and disease Registry, US Department of Health and Human Services.1999a, 2000

161. ATSDR (2000) *Toxicological Profile for Toluene.* Atlanta, Georgia, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services.

162. IARC (1982) Benzene. In: *Some Industrial Chemicals and Dyestuffs.* IARC Monographs on the Evaluation of carcinogenic Risks to Humans. Volume 29. International Agency for Research on Cancer. Lyon, France, IARC/WHO: pp 93–148.

163. IARC (1987) Benzene. In: *Overall Evaluations of Carcinogenicity: an updating of selected IARC Monographs from Volumes 1 to 42.* IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Supplement 7. International Agency for Research on Cancer. Lyon, France, IARC/WHO: pp 120–122.

164. Benignus VA (1981) Neurobehavioural effects of toluene: a review. *Neurobehav Toxicol Teratol* 3 (4): 407–415.

165. World Health Organization; "Health Effects of Particulate Matter; Policy implications for countries in eastern Europe and Central Asia", World Health Organization, 2013; WHO Regional Office for Europe: 2; ISBN 978 92 890 0001 7, http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf

166. Particulate Matter (PM) Basics, U.S. EPA https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics

167. Ultrafine Particulate Matter and the Benefits of Reducing Particle Numbers in the United States; A Report to the Manufacturers of Emission Controls Association (MECA), Gladstein, Neandross & Associates, 2013, p. 14 http://www.meca.org/resources/meca_ufp_white_paper_0713_final.pdf
168. Yocom, J. (1982). Indoor-outdoor air quality relationship: a critical review. *J Air Pollut. Control Assoc*., 32, 500–20.
169. Owen, M., Ensor, D., & Sparks, L. (1992). Airborne particle sizes and sources found in indoor air. *Atmos. Environ.,* 26, 2149–62.
170. Wallace, L, (2000). Correlation of personal exposure to particles with outdoor air measurements, a review of recent studies. Aerosol Sci. Technol., 32, 15–25.
171. Long, C., Suh, H., & Koutrakis, P. (2000). Characterization of indoor particle sources using continuous mass and size monitors. J.Air Waste Manage.Assoc. 50, 1236–50.
172. Diapouli, E., Chaloulakou, A., Mihalopoulos, N. and Spirellis, N. (2008). Indoor and Outdoor PM Mass and Number Concentrations At schools in the Athens Area. *Environ. Monit. Assess.* 136: 13–20.
173. Zollner, I., Gabrio, T. and Link, B. (2007). Concentrations of Particulate Matter in Schools in Southwest Germany. *Inhal. Toxicol.* 19: 245–249.
174. Bayer-Oglesby, L., Grize, L., Gassner, M., Takken-Sahli, K., Sennhauser, F. H., Neu, U., Schindler, C., and. Braun-Fahrländer, C. Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children. *Environmental Health Perspectives*, 2005, 113:1632–1637
175. Talhout R., Schulz T., Florek E., van Benthem J., Wester P., Opperhuizen A.; Hazardous Compounds in Tobacco Smoke; *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2011, *8*, 613-628; doi:10.3390/ijerph8020613
176. Brower V: World Health Organization focuses on anti tobacco efforts in developing nations through treaty. Journal of the National Cancer Institute, 2006, 98: 667–668.
177. Warren CW, Jones NR, Peruga A, Chauvin J, Baptiste JP, Costa de Silva, el Awa F, Tsouros A, Rahman K, Fishburn B, Asma S; *Global youth tobacco surveillance, 2000-2007, MMWR Surveill Summ, 2008, 57:1–28.*
178. Cook DG, Strachan DP: Health effects of passive smoking. 3. Parental smoking and prevalence of respiratory symptoms and asthma in school age children, *Thorax 1997, 52: 1081–1094.*
179. Gilliland FD, Berhane K, Islam T, Wenten M, Rappaport E, Avol E, Gauderman WJ, McConnell R, Peters JM. Environmental Tobacco Smoke and Absenteeism Related to

Respiratory Illness in Schoolchildren; Am J Epidemiology, 157, (10), 2003: 870–873, https://doi.org/10.1093/aje/kwg038

180. Rushton L, Courage C, Green E. Estimation of the impact on children's health of environmental tobacco smoke in England and Wales. *J R Soc Promot Health. 2003 Sep;123(3):175–80.*

181. World Health Organization. Exposure of children to second-hand tobacco smoke**.** Factsheet 3.4; December 2009. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/97004/3.4-Exposure-of-children-to-second-hand-smoke-EDITED_layouted.pdf

182. Cook DG, Strachan DP, Carey IM. Health effects of passive smoking. 9. Parental smoking and spirometric indices in children. *Thorax. 1998; 53:884–93.*

183. Jaakkola JJ, Jaakkola MS. Effects of environmental tobacco smoke on the respiratory health of children. Scand J Work Environ Health. 2002; 28 Suppl 2:71–83.

184. DiFranza JR, Aligne CA, Weitzman M. Prenatal and postnatal environmental tobacco smoke exposure and children’s health. Pediatrics. 2004;113 Suppl 4:1007–15.

185. Jenkins, R.A., Guerin, M.R. & Tomkins, B.A. (2000) Properties and measure of environmental tobacco smoke. In: *The Chemistry of Environmental Tobacco Smoke. Composition and Measurement*, 2nd Ed., Boca Raton, FL, Lewis Publishers, CRC Press

186. World Health Organization, Air Quality Guidelines for Europe, WHO Regional Office for Europe 2nd Edition (2000): 3.(WHO regional publications, European series; No. 91), ISBN 92 890 1358 3; http://www.euro.who.int/air/activities/20050223_4

187. WHO Handbook on Indoor Radon; A Public Health Perspective. World Health Organization (2009). http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44149/1/9789241547673_eng.pdf

188. Babayigit,M.,A., Bakir,B., Tekbas,Ö.,Faruk., Ogur,R., Kilic,A., Serdar ULUS[1] Indoor air quality in primary schools in Keçiören, Ankara* *Turk J Med Sci (2014) 44:137–144*

189. Paevere, P., Brown, S., Leaman, A., Luther, Mark and Adams, Rob 2008, Indoor environment quality and occupant productivity in the CH2 building, *in SB08: Proceedings of the 2008 International Scientific Committee World Sustainable Building Conference*, [ASN Events], [Balnarring, Vic.], pp. 222–229.

190. US EPA, *Building Air Quality--A Guide for Building Owners and Facility Managers,* EPA/400/1-91/033, Washington, D.C., 1991, p. 5–11.

191. INCA (2009). INCA Comparative Tables (Online). International Review of Curriculum and Assessment Framework Internet Archive (INCA), London, UK.

192. Robert J. Laumbach, Howard M. Kipen, Respiratory health effects of air pollution: Update on biomass smoke and traffic pollution; J Allergy Clin Immunol 2012; 129:3–11.
193. Janssen, N.A.H., Brunekreef, B., Van Vliet, P., Aarts, F., Meliefste, K., Harssema, H. and Fischer, P. (2003). The Relationship between Air Pollution from Heavy Traffic and Allergic Sensitization: Bronchial Hyperresponsiveness, and Respiratory Symptoms in Dutch School Children. *Environ. Health Perspect.* 111: 1512–1518.
194. Hoek G., Brunekreef B., Goldbohm S., Fischer P., van den Brandt P.A. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. Lancet. (2002); 360: 1203–1209. doi: 10.1016/S0140-673(02)11280-3 .
195. Dales, R., Wheeler, A., Mahmud, M., Frescura, A.M., Smith-Doiron, M., Nethery, E. and Liu, L. (2008). The Influence of Living near Roadways on Spirometry and Exhaled Nitric Oxide in Elementary Schoolchildren. *Environ. Health Perspect.* 116: 1423–1427.
196. B-F Hwang, Y-L Lee, Y-C Lin, JJK Jaakkola, YL Guo; Traffic related air pollution as a determinant of asthma among Taiwanese school children. *Thorax 2005; 60: 467–473.*
197. Smith KR. Indoor air pollution in developing countries: recommendations for research. *Indoor Air* 2002; 12:1–7.
198. Kumie A, Emmelin A, Wahlberg S, Berhane Y, Ali A, Mekonnen E, Brandstrom D., Magnitude of indoor NO2 from biomass fuels in rural settings of Ethiopia. *Indoor Air. 2009; 19(1):14–21.*
199. M. Puteh, M.H. Ibrahim, M. Adnan, C.N. cheahmad, N.M. Noh, 2012. Thermal comfort in classroom: constraints and issues. Procedia – Social and Behavioural Sciences 46, pp. 1834–1838.
200. Alshitawi, M., Awbi, H. and Mahyuddin, N. (2009) Particulate matter mass concentration (PM10) under different ventilation methods in classrooms. International Journal of Ventilation, 8 (2). pp. 93-108. ISSN 1473-3315.
201. ASHRAE, 1992, *Standard 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta, ASHRAE Inc. ASHRAE, 1992, *Standard 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta, ASHRAE Inc.
202. Neslihan Türkmenoğlu Bayraktar, Evaluation of natural ventilation efficiency in school buildings in the context of thermal comfort and interior air quality. http://akademikpersonel.kocaeli.edu.tr/nturkmenoglu/bildiri/nturkmenoglu30.09.2013_07.07.17bildiri.pdf
203. Seppanen, O., W.,J., F. (1999). Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers. *Indoor Air, 12* (2), 98–112.

204. Ooi, P.L., K.T. Goh, M.H. Phoon, S.C. Foo and H.M.Yap, (1998). Epidemiology of sick building syndrome and its associated risk factors in Singapore, Occupat. Environ. Med., 55:188–193.
205. Stein B, Reynolds J.S, Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, Ninth Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, 2000, pp. 445–475.
206. Appah-Dankyi James, Koranteng Christian; An assessment of thermal comfort in a warm and humid school building at Accra, Ghana; *Advances in Applied Science Research*, 2012, 3 (1):535–547.
207. Klein O. and Schlenger J., *Basics: Room Conditioning*, Birkhaeuser Verlag, Berlin, 2008
208. Arens E., Bauman F. and Huizenga C., *ASHRAE Investigation of Thermal Comfort at High Humidity*, Building Science at University of California at Berkeley, 2002
209. M. Turunena, O.Toyinbo, T. Putus, A.Nevalainen ,R.Shaughnessy, U. Haverinen, 2013, *Indoor environmental quality in school buildings, and the health and wellbeing of students*, International Journal of Hygiene and Environmental Health 217 (2014) 733–739.
210. R. Becker, I. Goldberger, M. Paciuk, 2006 Improving energy performance of school buildings while ensuring indoor air quality ventilation. *Building and Environment* 42 (2007) 3261–3276.
211. G. Besler, M. Besler, Towards healthy microclimate of closed spaces and habitats. Environmental Protection Engineering 2000; 26(3): 23–38.
212. Declaration, Third Ministerial Conference on Environment and Health, London, 16–18 June 1999, http://www.euro.who.int/Document/E69046.pdf.
213. Declaration, Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, Budapest, Hungary, 23–25 June 2004. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2004 (document EUR/04/5046267/6), http://www.euro.who.int/document/e83335.pdf
214. Children's Environment and Health Action Plan for Europe, Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, Budapest, Hungary, 23–25 June 2004. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2004 (document EUR/04/5046267/7) (http://www.euro.who.int/document/e83338.pdf
215. Eva Csobod, Peter Rudnai Eva Vaskovi. School Environment and Respiratory Health of Children (SEARCH), 2010. International research project report within the "Indoor air quality in European schools: Preventing and reducing respiratory disease programme", ISBN 978-963-06-8924-3

http://www.isprambiente.gov.it/files/progetti/search-results-europe-rec.pdf
http://search.rec.org/search1/doc/SEARCH%20publication_EN_final.pdf

216. É. Csobod, J. Heszlényi and Á. Schróth: *Improving Indoor Air Quality in Schools,* 2004, REC, Hungary, www. rec.org/SEARCH
217. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe, *OJ L 152, 11.6.2008, p. 1–44*
218. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. 2004.
219. Florey, Charles du V.; "Methods for cohort studies of chronic airflow limitation", World Health Organization, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1982: 112–121. WHO Regional Publications. European series No. 12. ISBN 9289011033
220. Coordination Committee for the ISAAC "Manual for the International study for Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC)", in Bochum, FRG 1992, http://isaac.auckland.ac.nz/phases/phaseone/phaseonemanual.pdf
221. The ISAAC Steering Committee, "Worldwide variations in the prevalence of asthma symptoms: The International Study for Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC)", In Bochu, FRG, 1992 *European Respiratory Journal*, Vol. 12(2), pp. 315–335, 1998.
222. (ASHRAE 2007) "Ventilation for acceptable indoor air quality, standard 62-2007, American Society for Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA.)
223. Naziah Muhammad Salleh, Syahrul Nizam Kamaruzzaman, Raha Sulaiman; Indoor Air Quality at School: Ventilation Rates and its Impacts Towards Children – A Review. 2011 2nd International Conference on Environmental Science and Technology IPCBEE vol.6 82011)/ ACSITPress, Singapore
224. Célia Alves, Teresa Nunes, Joana Silva, Márcio Duarte; Comfort Parameters and Particulate Matter (PM10 and PM2.5) in School Classrooms and Outdoor Air Aerosol and Air Quality Research, 13: 1521–1535, 2013 doi: 10.4209/aaqr.2012.11.0321
225. Kunzli N, Ackermann-Liebrich U, Keller R, Perruchoud AP, Schindler C: Variability of FVC and FEV1 due to technician, team, device and subject in an eight centre study: Three quality control studies in SAPALDIA. Swiss Study on Air Pollution and Lung Disease in Adults. *Eur Respir J* 1995; 8: 371–376.
226. Kana Ram Jat; Spirometry in children, *Prim Care Respir J* 2013; 22(2): 221–229. doi:10.4104/pcrj.2013.00042
227. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS); US EPA, Dec 14, 2012

228. Oeder S, Dietrich S, Weichenmeir I, Schober W, Pusch G, Jorres RA, et al. Toxicity and elemental composition of particulate matter from outdoor and indoor air of elementary schools in Munich, Germany. *Indoor Air* 2012; 22: 148–58.

229. Apte MG, Fisk WJ, Daisey JM. Associations between indoor CO_2 concentrations and sick building syndrome symptoms in U.S. office buildings: an analysis of the 1994-1996 BASE study data. *Indoor Air*. Vol. 10(4), 246–57. 2000.

230. School environment: policies and current status. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2015. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/276624/School-environment-Policies-current-status-en.pdf

231. Jo -Yu Chin, Christopher Godwin, Edith Parker, Thomas Robins, Toby Lewis, Paul Herbin et al. Levels and Sources of Volatile Organic Compounds in Homes of Children with Asthma. Indoor Air, 2014(4):403–415. doi:10.1111/ina.12086.
doi:10.1111/ina.12086.

232. JinhoYang, Insick Nam, HyunjunYun, Jinman Kim, Hyeon-JuOh, DoheeLee, et al. Characteristics of indoor air quality at urban elementary schools in Seoul, Korea: Assessment of effect of surrounding environments; Atmospheric Pollution Research, Vol 6 (6): 1113 - 1122 https://doi.org/10.1016/j.apr.2015.06.009.

233. Daniela Tesarova, Petr Čech. The quality of indoor air in classroom; School and Health 21 Conference: "Health Literacy through Education", 2011, Brno. Book of Proceedings: 281-291, ISBN 978-80-210-5720-3
http://www.ped.muni.cz/z21/knihy/2011/39/texty/1_vychova_ke_zdravotni_gramotnosti_ang.pdf

234. H.Guo, S.C.Lee, W.M.Li, J.J.Cao. Source characterization of BTEX in indoor microenvironments in Hong Kong. Atmospheric Environment, 37 (2003):73–82.

235. Yoon, C.; Lee, K.; Park, D. Indoor air quality differences between urban and rural preschools in Korea. Environ. Sci.Pollut.Res. 2011, 18. 333–345;

236. Zwozdziak, A.; Sowka, I.; Krupinska, B.; Zwozdziak, J.; Nych A. Infiltration or indoor sources as determinants of the elemental composition of particulate matter inside a school in Wroclav, Poland? Build. Environ, 2013,66,173–180;

237. SINPHONIE, School Indoor Pollution &Health Observatory Network in Europe, Final Report. ISSN 1831-9424 (online), doi: 10.2788/99220, 2014

238. Apte MG, Fisk WJ, Daisey JM. Associations between indoor CO_2 concentrations and sick building syndrome symptoms in U.S. office buildings: an analysis of the 1994-1996 BASE study data. Indoor Air. Vol. 10(4), 246–57. 2000;
239. U.Gehring, S.Pattenden, H.Slachtova, T.Antova, C.Braun-Fahrlender, E.Fabianova et al. Parental education and children's respiratory and allergic symptoms in the Pollution and the Young (PATY) Study; Eur Respir J 2006; 27: 95–107 DOI: 10.1183/09031936.06.00017205;
240. Heinrich J, Hoelscher B, Wjst M. et al. Respiratory diseases and allergies in two polluted areas in East Germany, Environ Health Perspect 1999; 107: 53–62;
241. O'Neill MS, Jerrett M, Kawachi I. et al. Health, wealth, and air pollution: advancing theory and methods. Environ Health Perspect 2003; 111: 1861–1870. doi:10.1289/ehp.6334
242. Oberg M, Jaakkola M, Woodward A, Perug A, Prüss-Üstun A. Worldwide burden of disease from exposure to second-hand smoke; Retrospective analysis of data from 192 countries. The Lancet, 2011; 337(9760): 139-146. doi: 10.1016/S0140-6736(10)61388-8.
243. Nahla AL Ali, Zaid Alhamdan, Najwa Almughrabi, The health consequences of second-hand smoke exposure on asthma and respiratory health of school children in Jordan. Nursing and Health, 2015; 3(2): 39–46. Doi: 10.13189/nh.2015.030202.
244. World Health Organization. Exposure of children to second-hand tobacco smoke**.** Factsheet 3.4; December 2009. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/97004/3.4-Exposure-of-children-to-second-hand-smoke-EDITED_layouted.pdf
245. WHO/CDC Global Youth Tobacco Survey (GYTS). Fact sheets. Tobacco Free Initiative Geneva, World Health Organization, 2007 http://www.who.int/tobacco/surveillance/gyts/en
246. Serbia 2013 Country Report, Global Youth Tobacco Survey (GYTS), 2014, Ministry of Health of the Republic of Serbia, Institute of Public Health of Serbia; http://www.batut.org.rs/download/publikacije/2014gytsSerbiaReport.pdf
247. Ljiljana Stošić, Suzana Milutinović, Konstansa Lazarević, Ljiljana Blagojević, Ljiljana Tadić. Household environmental tobacco smoke and respiratory diseases among children in Niš (Serbia). Centr Eur J Public Health 2012; 20(1):29–32. http://apps.szu.cz/svi/cejph/archiv/2012-1-06-full.pdf

248. B. Latal Hajnala, C. Braun-Fahrländerb, L. Grizeb, M. Gassnerc, H. S. Varonierd, J. C. Vuillee, B. Wüthrichf, F. H. Sennhausera B. Latal Hajnala, C. Braun-Fahrländerb, L. Grizeb, M. Gassnerc, H. S. Varonierd, J. C. Vuillee, B. Wüthrichf, F. H. Sennhausera. Effect of environmental tobacco smoke exposure on respiratory symptoms in children. *Schweiz Med Wochenschr* 1999; 129:723–30.
249. Strachan DP, Carey IM. Home environment and severe asthma in adolescence: a population-based case-control study. *BMJ.* 1995 Oct 21; 311 (7012):1053–6;
250. Constan C, Sampaio I, Negreiro F, Aguiar P, Silva A, Salgueiro M, et al. Environmental tobacco smoke (ETS) exposure and respiratory morbidity in school age children. *Rev Port Pneumol*. 2011; 17(1): 20–6
251. Sam Pattenden, Temenuga Antova, Manfred Neuberger, Bojidar Nikiforov, Manuela De Sario, Leticia Grize, Joachim Heinrich, Frantiska Hruba, Nicole Janssen, Heike Luttmann-Gibson, Larissa Privalova, Peter Rudnai, Anna Splichalova, Renata Zlotkowska, Tony Fletcher. Parental smoking and children's respiratory health: independent effects of prenatal and postnatal exposure. *Tobacco Control* 2006; 15:294–301. doi: 10.1136/tc.2005.015065
252. Gilliland FD, Li YF, Peters JM; Effects of maternal smoking during pregnancy and environmental tobacco smoke on asthma and wheezing in children. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001; 163(2): 429-36. DOI: 10.1164/ajrccm.163.2.2006009
253. Derek G Cook, David P Strachan, Iain M Carey. Parental smoking and spirometric indices in children. *Thorax* 1998; 53: 884–893.

8. ПРИЛОЗИ

Прилог 1. Упитници истраживања

1. **Упитник о школској згради –** одговори школске управе
2. **Упитник о учионици** – попуњава анкетар
3. **Упитник о респираторном здрављу детета и социо-економским условима и навикама родитеља/старатеља –** попуњава родитељ-старатељ

Напомена: Упитници су оригинално урађени за партнере у пројекту из Босне и Херцеговине, тј. за Федерацију, где је латинично писмо у употреби и прилагођен је бошњачком језику. С обзиром на чињеницу да се ради о језику који се разуме у свим земљама учесницама у пројекту у региону, истраживачи у Београду и Министарство просвете су прихватили да се служе датим упитницима, које прилажем у оригиналу.

1. Упитник о школској згради – одговори школске управе

Kod: ☐ ☐ ☐☐

karakter 1= zemlja, 2=grad, 3-4: škola

Upitnik o školskoj okolini

1. Naziv škole ____

2. Adresa

2.1. Grad ____

2.2. Ulica i broj ____

3. Školom upravlja:
1= općina 2= fondacija 3=crkva 4= privatnik
5=institucija 6= ostali (molimo, navedite) ....

4. Kada je škola (zgrada) izgrađena? godina______

5. Da li je školska zgrada namjenski (originalno) izgrađena za školu? 1. Da 2. Ne

6. Kada je (cjelovita) škola renovirana? Godina____ ili nije bilo renoviranja

7. Šta je renovirano u toku zadnjih pet godina:

a.) električna instalacija	1. Da	2. Ne
b.) rasvjeta	1. Da	2. Ne
c.) vodovodne instalacije	1. Da	2. Ne
d.) učionice	1. Da	2. Ne
e.) prozori	1. Da	2. Ne

8. Kakav je glavni građevinski material upotrijebljen? (moguće je više odgovora)

1. cigla 2. beton 3. drvo 4. malter 5. ostalo (molimo, navedite) __________

9. Općenito, kakva je saobraćaj /promet vozila u neposrednom susjedstvu škole (na udaljenosti 100 m)?

1. rijedak 2. srednji 3. gust 4. jako gust sa kamionima (prikolicama)

10. Ima li škola dvorište? 1. Da 2. Ne

10.1. Ako ima, **koje veličine?** ______ m x _______ m ili _________ m^2

2. Упитник о учионици – попуњавао анкетар

kod: ☐ ☐ ☐☐ ☐

karakter 1= zemlja, 2=grad, 3-4: škola , 5= razred

Upitnik o razredu

(upitnik treba popuniti za svaki razred posebno koji se proučava)

1. Broj razreda: ______________

2. Na kojem se spratu nalalaz učionica?

3. U ovoj učionici se nalazi standardno mjesto razreda? 1. Da 2. Ne

Ako je odgovor Ne, a učionicu dijele različiti razredi, koliko dugo traje razredna nastava u ovoj učionici (navedite procenat za cijelu sedmicu nasteve _________%

4. Koliko djece je <u>općenito</u> u ovoj učionici? ______________

5. Koliko se djece <u>sada</u> nalazi u ovoj učionici? ______________

6. Položaj razreda:
1. gleda na ulicu
2. gleda na dvorište ili vrt
3. ostalo (molimo navedite): ....

7. Veličina učionice

površina: _________ m^2 visina plafona: ___________m

8. Pod je napravljen od slijedećeg materijala:

1. drvo 2. plastika 3. kamen il beton 4. kamen ili beton pokriven sa tepihom / podnom oblogom 5. ostalo (molimo, navedite.) ....

9. Zid je premazan / obložen sa

1. bijelo obojen-može se prati 2. bojom rastvorivom sa vodom 3. vodo-otpornom bojom 4. papirnom tapetom 5. drvenim panelom / lamperija 6. ostalo other (molimo, navedite) __________________________________

10. Plafon je obložen / prekriven sa:

1. krečom 2. bojom rastvorivom sa vodom 3. vodo-otpornom bojom 4. papirnom tapetom 5. drvenim panelom / lamperija 6. ostalo other (molimo, navedite)
____

3. Упитник о респираторном здрављу детета и социо-економским условима и навикама родитеља/старатеља – попуњава родитељ-старатељ

Kod: □ □ □□ □ □□

Karakter 1: Zemlja, 2: Grad, 3-4: Škola, 5: Razred, 6-7: Dijete

UPITNIK O DISAJNIM I ALERGIJSKIM SIMPTOMIMA ŠKOLSKE DJECE

I KUĆNOM AMBIJENTU

(popunjavaju roditelji djece)

0.) Ko je popunio upitnik? 1. majka 2. otac 3. neko drugi

A.) ŠKOLA

I. Naziv škole: ....

II. Adresa škole: (grad, ulica, Br. poštanski kod) ....

....

III. Razred: ....

B.) LIČNI PODACI O DJETETU

I. Pol: 1: dječak 2: djevojčica II. Starost: .... godina i .... mjeseci

III. Težina: ...... kg IV. Visina: ...... cm

V. Poštanski broj kućne adrese: ....

C.) PODACI O RODITELJIMA

I. Starost (navršene godine): I.1. Majka: .... I.2. Otac: ....

II. Hronične bolesti:		MAJKA		OTAC	
II.1.	Hronični bronhitis:	1: da	2: ne	1: da	2: ne
II.2.	Astma:	1: da	2: ne	1: da	2: ne
II.3.	Alergija:	1: da	2: ne	1: da	2: ne

D.) INFORMACIJE O ROĐENJU DJETETA

I. Da li je trudnoća bila prva ili višestruka? 1. prva 2. višestruka

II. Da li je dijete bilo rođeno prije termina, u terminu ili poslije termina? 1. u terminu 2. prije termina 3. poslije termina

III. Da li je majka pušila u toku trudnoće ? 1: ne 2: da, oko .... cigareta dnevno

IV. Težina djeteta po rođenju: .... grama

V. Da li je dijete dojilo? 1: da, do .... mjeseci starosti 2: ne

Da li je dijete imalo ozbiljne infekcije u grudima (bronhitis ili upalu pluća) u toku prve dvije godine života? 1: da 2: ne

VII. Koliko dijete ima braće i sestara ? .... Mlađa braća i sestare: ....
Starije braće i sestre: ....

POPUNJAVANJE OVOG UPITNIKA JE DOBROVOLJNO. HVALA NA SURADNJI. 1

Прилог 2.

Табела 1. Корелација IAQ и OAQ у укупном узорку и према локацији

IAQ /OAQ		**OAQ**											**IAQ /Школа**	
IAQ		**NO_2 (µg/m^3)**	**Бензен (µg/m^3)**	**Толуен (µg/m^3)**	**Етил - бензен (µg/m^3)**	**Ксилен (µg/m^3)**	**HCHO (µg/m^3)**	**CO_2 (ppm)**	**CO (mg/m^3)**	**T C°**	**PBB %**	**PM_{10} (µg/m^3)**	**Према локацији школе**	**По школи**
NO_2 (µg/m^3)	R	,663**	-0,072	-0,022	,456**	,261**	-,381**	0,020	-,160**	,388**	-,102**	-,436**	,667**	,669**
	p	0,000	0,080	0,598	0,000	0,000	0,000	0,604	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000
	N	594	594	594	594	594	576	697	697	697	697	697	697	697
Бензен (µg/m^3)	R	,129**	,918**	-,100*	,310**	,525**	,242**	0,070	,658**	-,353**	-,490**	,429**	-,283**	-,575**
	p	0,002	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,064	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	594	594	594	594	594	576	697	697	697	697	697	697	697
Толуен (µg/m^3)	R	0,003	,508**	-0,050	,297**	,599**	0,016	,449**	,287**	-0,058	-,094*	,413**	,078*	0,000
	p	0,937	0,000	0,223	0,000	0,000	0,706	0,000	0,000	0,127	0,013	0,000	0,039	0,996
	N	594	594	594	594	594	576	697	697	697	697	697	697	697
Етил - бензен (µg/m^3)	R	,248**	-0,070	-0,035	,399**	,307**	-,414**	0,027	-,110**	,126**	,154**	-,186**	,509**	,338**
	p	0,000	0,088	0,399	0,000	0,000	,,000	0,483	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	594	594	594	594	594	576	697	697	697	697	697	697	697
Ксилен (µg/m^3)	R	,253**	,311**	-0,076	,447**	,360**	-,187**	0,034	,181**	-0,065	-0,030	-0,029	,390**	0,055
	p	0,000	0,000	0,064	0,000	0,000	0,000	0,377	0,000	0,087	0,429	0,447	0,000	0,144
	N	594	594	594	594	594	576	697	697	697	697	697	697	697
HCHO (µg/m^3)	R	-,355**	,081*	-,206**	-,431**	-.403**	,277**	-0,006	-0,059	-,265**	,108**	,114**	-,400**	-,549**
	p	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,884	0,118	0,000	0,004	0,002	0,000	0,000
	N	594	594	594	594	594	576	697	697	697	697	697	697	697
CO_2 (ppm)	R	,345**	,182**	-0,058	,300**	.202**	-0,017	0,096*	,290**	,194**	-,239**	,106**	-0,023	-,127**
	p	0,000	0,000	0,161	0,000	0.000	0,689	0,028	0,000	0,000	0,000	0,004	0,537	0,001
	N	594	594	594	594	594	576	735	735	735	735	735	735	735
CO (mg/m^3)	R	,231**	,510**	-0,061	,240**	.441**	-,128**	,324**	,680**	-,170**	-,260**	,433**	,104**	-,151**
	p	0,000	0,000	0,136	0,000	0.000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000
	N	594	594	594	594	594	576	735	735	735	735	735	735	735
T C°	R	-,125**	-0,019	-0,013	-0,046	-,244**	,248**	-0,069	,095**	,117**	-0,031	0,024	-,255**	-,194**
	p	0,002	0,651	0,756	0,268	0.000	0,000	0,062	0,010	0,002	0,400	0,510	0,000	0,000
	N	594	594	594	594	594	576	735	735	735	735	735	735	735
PBB (%)	R	-0,062	-,719**	-0,016	-,092*	-,499**	-0,018	0,067	-,435**	,450**	,399**	-,413**	,243**	.382**
	p	0,131	0,000	0,705	0,025	0,000	0,668	0,069	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	594	594	594	594	594	576	735	735	735	735	735	735	735
PM_{10} (µg/m^3)	R	-,159**	,430**	-,162**	-,374**	,212**	,226**	0,038	,394**	-,682**	,096**	,801**	-,368**	-,500**
	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,305	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000
	N	594	594	594	594	594	576	735	735	735	735	735	735	735
Према локацији школе/ OAQ	R	,31**	-,234**	,182**	,496**	,188**	-,505**	,090*	-,087*	,323**	-,080*	-,352**	1,000	,603**
	p	0,000	0,000	0,000	0.000	0,000	0,000	0,015	0,019	0,000	0,030	0,000		0,000
	N	594	594	594	594	594	576	735	735	735	735	735	735	735
Окренутост/ OAQ	R	,546**	-,562**	-0,007	,230**	0,002	-,464**	,152**	-,285**	,606**	-0,032	-,491**	,603**	1,000
	p	0,000	0,000	0,871	,000	0,955	0,000	0,000	0,000	0,000	0,386	0,000	0,000	
	N	594	594	594	594	594	576	735	735	735	735	735	735	735

Табела 2. Повезаност активних и пасивних карактеристика учионице у укупном узорку

IAQ		**улица, двориште**	**Број деце / >20**	**Број деце / m²**	**m² /особи**	**Под учионице**	**Зидови учионице**	**Обнова боје/кречење**	**Клима да/не**	**Да ли се прозори отварају**	**Отварање прозора зими**
NO_2 (µg/m³)	R	,075*	-,360**	-,385**	,322**	,147**	-,102**	-,278**	,158**	,222**	-,205**
	p	,049	,000	,000	,000	,000	,010	,000	,000	,000	,000
	N	697	697	697	589	656	639	632	697	666	671
Бензен (µg/m³)	R	,047	,481**	-,004	,072	-,041	,241**	-,051	-,177**	-,330**	,264**
	p	,216	,000	,910	,080	,289	,000	,202	,000	,000	,000
	N	697	697	697	589	656	639	632	697	666	671
Толуен (µg/m³)	R	-,191**	-,137**	-,445**	,367**	,569**	,164**	-,010	,037	-,272**	,050
	p	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,802	,331	,000	,196
	N	697	697	697	589	656	639	632	697	666	671
Етил - Бензен (µg/m³)	R	,157**	-,277**	-,306**	,222**	,457**	,197**	-,276**	,188**	-,028	-,248**
	p	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,466	,000
	N	697	697	697	589	656	639	632	697	666	671
Ксилен (µg/m³)	R	-,065	-,071	-,375**	,309**	,393**	,254**	-,210**	,141**	,048	-,120**
	p	,084	,060	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,217	,002
	N	697	697	697	589	656	639	632	697	666	671
HCHO (µg/m³)	R	,068	,362**	,085*	-,249**	-,062	,084*	-,028	-,190**	-,128**	,490**
	p	,073	,000	,026	,000	,112	,033	,479	,000	,001	,000
	N	697	697	697	589	656	639	632	697	666	671
NO_2 >40 (µg/m³)	R	,495**	,092*	-,112**	,242**	-,246**	,089*	-,600**	,043	,179**	,019
	p	,000	,025	,006	,000	,000	,035	,000	,299	,000	,656
	N	594	594	594	486	565	566	541	594	563	580
Бензен (> 5µg/m³)	R	,093*	,425**	,010	,044	,153**	,372**	-,212**	-,014	-,323**	,167**
	p	,014	,000	,800	,288	,000	,000	,000	,705	,000	,000
	N	697	697	697	589	656	639	632	697	666	671
HCHO >100µg/m³	R	,145**	,185**	-,214**	,078	-,025	,109**	-,138**	-,076*	-,113**	,303**
	p	,000	,000	,000	,050	,520	,006	,001	,046	,004	,000
	N	697	697	697	589	656	639	632	697	666	671
CO_2 (ppm)	R	,143**	,049	,208**	-,365**	,340**	,198**	,061	,015	-,288**	,243**
	p	,000	,188	,000	,000	,000	,000	,113	,681	,000	,000
	N	735	735	735	627	694	677	670	735	704	709
CO_2 / >1000 ppm	R	,142**	,051	,261**	-,395**	,288**	,259**	-,034	,208**	-,175**	,194**
	p	,000	,169	,000	,000	,000	,000	,385	,000	,000	,000
	N	735	735	735	627	694	677	670	735	704	709
CO (mg/m³)	R	,358**	,176**	-,059	,267**	,137**	,229**	-,163**	-,197**	-,401**	,103**
	p	,000	,000	,111	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,006
	N	735	735	735	627	694	677	670	735	704	709
VR l/s/особи	R	-,144**	-,089*	-,262**	,428**	-,302**	-,210**	-,032	-,007	,266**	-,224**
	p	,000	,016	,000	,000	,000	,000	,413	,856	,000	,000

Табела 3. Повезаност активних и пасивних карактеристика учионице у укупном узорку – чишћење учионице

IAQ		**Чишћење/ доба дана**	**Учесталост чишћења**	**Усисив .**	**Метла**	**Моп**	**Моп / варикин а**	**Чишћење**	**Чишћење врста**	**Старост намештаја**
NO_2 (µg/m^3)	R	-,153**	,194**	,159**	-,310**	,144**	,158**	,306**	,278**	-,084*
	sig.	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,046
	N	697	634	697	697	697	697	530	530	567
Бензен (µg/m^3)	R	-,205**	-,134**	,271**	-,215**	-,258**	,260**	,089*	-,045	-,007
	sig.	,000	,001	,000	,000	,000	,000	,040	,298	,866
	Broj	697	634	697	697	697	697	530	530	567
Толуен (µg/m^3)	R	,249**	-,092*	,007	-,188**	,322**	,016	,300**	,334**	,192**
	sig.	,000	,021	,855	,000	,000	,681	,000	,000	,000
	N	697	634	697	697	697	697	530	530	567
Етил-бензен (µg/m^3)	R	-,028	,093*	,135**	-,297**	,424**	-,070	,494**	,384**	,150**
	sig.	,456	,019	,000	,000	,000	,065	,000	,000	,000
	Broj	697	634	697	697	697	697	530	530	567
Ксилен (µg/m^3)	R	-,180**	-,009	,188**	-,286**	,281**	,242**	,469**	,460**	,074
	sig.	,000	,815	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,079
	N	697	634	697	697	697	697	530	530	567
HCHO (µg/m^3)	R	,209**	,122**	,224**	-,067	-,162**	,229**	,031	-,045	-,212**
	sig.	,000	,002	,000	,076	,000	,000	.477	,299	,000
	N	697	634	697	697	697	697	530	530	567
NO_2 >40 (µg/m^3)	R	-,159**	,431**	,389**	-,325**	,118**	,301**	,472**	,327**	-,166**
	sig.	,000	,000	,000	,000	,004	,000	,000	,000	,000
	N	594	531	594	594	594	594	453	453	476
Бензен (> 5µg/m^3)	R	-,166**	-,092*	,301**	-,178**	-,093*	,238**	,220**	,079	,035
	sig.	,000	,020	,000	,000	,014	,000	,000	,071	,412
	N	697	634	697	697	697	697	530	530	567
HCHO >100µg/m^3	R	,209**	,175**	,158**	-,100**	,037	,086*	,224**	,129**	-,136**
	sig.	,000	,000	,000	,008	,335	,023	,000	,003	,001
	N	697	634	697	697	697	697	530	530	567
CO_2 (ppm)	R	,291**	-,131**	-,092*	,075*	-,010	-,057	-,171**	-,098*	,396**
	sig.	,000	,001	,013	,043	,789	,124	,000	,019	,000
	N	735	672	735	735	735	735	568	568	605
CO_2 / >1000 ppm	R	,238**	-,075*	- ,122**	,100**	,069	,133**	-,080	,115**	,496**
	sig.	,000	,050	,001	,007	,060	,000	,058	,006	,000
	N	735	672	735	735	735	735	568	568	605
CO (mg/m^3)	R	-,226**	,076*	,147**	-,434**	,036	-,126**	,194**	,003	,023
	sig.	,000	,049	,000	,000	,326	,001	,000	,945	,576
	N	735	672	735	735	735	735	568	568	605
VR l/s/особи	R	-,261**	,119**	,084*	-,119**	,040	,032	,180**	,106*	-,377**
	sig.	,000	,002	,023	,001	,279	,383	,000	,011	,000
	N	735	672	735	735	735	735	568	568	605

Табела 4. Корелација квалитета амбијенталног ваздуха (OAQ) у укупном узорку и особине учионице

							Врста подне облоге			Зидне облоге					
OAQ		**улица, дво-риште,**	**улица**	**N (> 20)**	**Број деце /m^2**	**m^2 / особи**	**Дрво**	**плас-тика**	**Тепих преко бетона**	**зидови кречење**	**Бело**	**Полу-дисп.**	**Водо-отп.**	**Тапет**	**Дрво / облога**
NO_2 ($\mu g/m^3$)	R	,441**	,535**	-,096*	-,461**	,475**	,031	-,133**	,129**	,220**	,218**	-,205**	,459**	-,118**	-,213**
	p	,000	,000	,023	,000	,000	,458	,002	,002	,000	,000	,000	,000	,005	,000
	N	577	577	564	504	486	565	565	565	566	566	566	566	566	566
Бензен ($\mu g/m^3$)	R	-,003	,031	,425**	-,231**	,245**	-,053	-,239**	,198**	,343**	-,117**	-,239**	,170**	,312**	,296**
	p	,942	,455	,000	,000	,000	,208	,000	,000	,000	,005	,000	,000	,000	,000
	N	577	577	564	504	486	565	565	565	566	566	566	566	566	566
Толуен ($\mu g/m^3$)	R	,089*	-,021	,050	-,577**	,518**	-,195**	-,054	,329**	,367**	,180**	-,511**	,329**	,294**	,138**
	p	,033	,606	,235	,000	,000	,000	,203	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001
	N	577	577	564	504	486	565	565	565	566	566	566	566	566	566
Етил-бензен ($\mu g/m^3$)	R	,218**	,129**	-,037	-,539**	,489**	-,124**	-,135**	,344**	,081	-,014	-,325**	,467**	-,106*	-,297**
	p	,000	,002	,387	,000	,000	,003	,001	,000	,053	,736	,000	,000	,012	,000
	N	577	577	564	504	486	565	565	565	566	566	566	566	566	566
Ксилен ($\mu g/m^3$)	R	,128**	,071	-,058	-,652**	,584**	-,174**	-,205**	,473**	,361**	,133**	-,408**	,231**	,312**	,246**
	p	,002	,089	,172	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,002	,000	,000	,000	,000
	N	577	577	564	504	486	565	565	565	566	566	566	566	566	566
HCHO ($\mu g/m^3$)	R	-,502**	-,408**	,439**	,148**	-,169**	-,007	-,074	,084*	-,147**	-,249**	,258**	-,154**	-,116**	-,027
	p	,000	.000	,000	,001	,000	,862	,084	,049	,001	,000	,000	,000	,007	,526
	N	559	559	546	486	468	547	547	547	548	548	548	548	548	548
CO_2 (ppm)	R	,131**	,189**	-,161**	-,153**	,346**	-,321**	,164**	,155**	-,053	,033	-,040	-,099**	,218**	,011
	p	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,170	,395	,294	,010	,000	,782
	N	718	718	705	645	627	694	694	694	677	677	677	677	677	677
CO (mg/m^3)	R	,231**	,346**	,279**	-,072	,429**	,102**	-,315**	,191**	,313**	,105**	-,266**	,120**	,274**	,316**
	p	,000	,000	,000	,066	,000	,007	,000	,000	,000	,006	,000	,002	,000	,000
	N	718	718	705	645	627	694	694	694	677	677	677	677	677	677
T C°	R	-,014	-,056	-,183**	-,217**	,264**	-,197**	-,007	,254**	-,181**	-,042	,000	,167**	-,248**	-,409**
	p	,709	,137	,000	,000	,000	,000	,860	,000	,000	,278	,999	,000	,000	,000
	N	718	718	705	645	627	694	694	694	677	677	677	677	677	677
PBB (%)	R	-,086*	-,073	-,103**	,223**	-,297**	-,090*	,352**	-,319**	-,068	,030	,232**	-,256**	,110**	,055
	p	,021	,052	,006	,000	,000	,017	,000	,000	,079	,431	,000	,000	,004	,156
	N	718	718	705	645	627	694	694	694	677	677	677	677	677	677
PM10 > 50 $\mu g/m^3$	R	,212**	,280**	,099**	,263**	-,302**	-,004	-,047	,028	,288**	-,122**	-,092*	,091*	,155**	,300**
	p	,000	,000	,008	,000	,000	,909	,219	,458	,000	,001	,017	,017	,000	,000
	N	718	718	705	645	627	694	694	694	677	677	677	677	677	677
PM10 $\mu g/m^3$	R	,111**	,196**	,162**	,166**	-,148**	-,058	-,114**	,125**	,339**	-,032	-,222**	,071	,272**	,399**
	p	,003	,000	,000	,000	,000	,127	,003	,001	,000	,401	,000	,064	,000	,000
	N	718	718	705	645	627	694	694	694	677	677	677	677	677	677

Табела 5. Корелација квалитета амбијенталног ваздуха (OAQ) у укупном узорку и особине учионице/2

OAQ		Луф-тирање	Луф-тирање зими	Чиш-ћење	Усиса-вање	Метла	Моп	Моп/ варикина	Чиш-ћење	чишћење /суво, влажно, комбин.	Намештај	Старост намештаја
NO_2 (μg/m^3)	R	,303**	-,113**	-,398**	,402**	-,437**	,061	,305**	,464**	,292**	-,340**	,015
	p	,000	,006	,000	,000	,000	,140	,000	,000	,000	,000	,749
	N	550	580	594	594	594	594	594	453	453	476	476
Бензен (μg/m^3)	R	-,045	,235**	-,130**	,318**	-,340**	,087*	,285**	,354**	,261**	-,087	-,065
	p	,293	,000	,002	,000	,000	,033	,000	,000	,000	,057	,155
	N	550	580	594	594	594	594	594	453	453	476	476
Толуен (μg/m^3)	R	-,073	-,008	-,137**	,267**	-,187**	,097*	,161**	,287**	,190**	-,136**	,118*
	p	,88	,843	,001	,000	,000	,017	,000	,000	,000	,003	,010
	N	550	580	594	594	594	594	594	453	453	476	476
Етил - бензен (μg/m^3)	R	,225**	-,118**	-.429**	,323**	-,320**	,014	,051	,395**	,143**	-,208**	,045
	p	,000	,004	,000	,000	,000	,734	,215	,000	,002	,000	,326
	N	550	580	594	594	594	594	594	453	453	476	476
Ксилен (μg/m^3)	R	-,017	,038	-,081*	,305**	-,376**	,112**	,200**	,388**	,272**	-,097*	,159**
	p	,686	,367	,049	,000	,000	,006	,000	,000	,000	,034	,000
	N	550	580	594	594	594	594	594	453	453	476	476
HCHO (μg/m^3)	R	,040	,361**	,187**	,162**	,056	-,287**	,239**	-,158**	-,176**	,003	-,293**
	p	,352	,000	,000	,000	,179	,000	,000	,001	,000	,949	,000
	N	532	562	576	576	576	576	576	435	435	458	458
CO_2 (ppm)	R	,163**	,217**	,164**	,039	-,445**	,297**	-,194**	,326**	,250**	-,044	-,020
	p	,000	,000	,000	,288	,000	,000	,000	,000	,000	,282	,627
	N	691	709	735	735	735	735	735	568	568	605	605
CO (mg/m^3)	R	,184**	,161**	-,256**	,280**	-,377**	,026	,163**	,307**	,155**	-,143**	,025
	p	,000	,000	,000	,000	,000	,488	,000	,000	,000	,000	,544
	N	691	709	735	735	735	735	735	568	568	605	605
T C°	R	,271**	-,165**	-,016	,075*	-,241**	,085*	-,266**	,134**	-,050	-,349**	-,221**
	p	,000	,000	,674	,042	,000	,021	,000	,001	,233	,000	,000
	N	691	709	735	735	735	735	735	568	568	605	605
PBB (%)	R	-,413**	-,148**	,364**	-,495**	,514**	,202**	-,272**	-,331**	-,034	,337**	,221**
	p	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,418	,000	,000
	N	691	709	735	735	735	735	735	568	568	605	605
PM10 > 50 μg/m^3	R	-,043	,259**	-,013	,100**	,123**	-,088*	,165**	-,106*	-,090*	,328**	,184**
	p	,263	,000	,724	,007	,001	,017	,000	,011	,033	,000	,000
	N	691	709	735	735	735	735	735	568	568	605	605
PM10 μg/m^3	R	-,141**	,276**	,021	,159**	,007	-,017	,203**	,069	,045	,252**	,172**
	p	,000	,000	,564	,000	,856	,648	,000	,101	,288	,000	,000
	N	691	709	735	735	735	735	735	568	568	605	605

Табела 6. Укупно корелација /школе и IAQ/OAQ према локацији школе

Параметри	Корелација IAQ/OAQ Pearson Correlation	Локација школе у граду/тип насеља		
		Приградско	Шире градско језгро	Строги центар
		N=244	N= 220	N=271
NO_2 (μg/m^3)	R	,423**	,423**	-0,006
	Sig.	0,000	0,000	0,928
	N	222	222	213
Бензен (μg/m^3)	R	,912**	,935**	,412**
	Sig.	0,000	0,000	0,000
	N	222	159	213
Толуен (μg/m^3)	R	,222**	-0,079	-0,110
	Sig.	0,001	0,324	0,110
	N	222	159	213
Етил-бензен (μg/m^3)	R	,585**	,340**	0,072
	Sig.	0,000	0,000	0,298
	N	222	159	213
Ксилен (μg/m^3)	R	,911**	,293**	0,046
	Sig.	0,000	0,000	0,503
	N	222	159	213
HCHO (μg/m^3)	R	0,017	,739**	,302**
	Sig.	0,800	0,000	0,000
	N	222	159	195
CO_2 (ppm)	R	,414**	,252**	-0,062
	Sig.	0,000	0,000	0,308
	N	244	220	271
CO (mg/m^3)	R	,765**	,704**	,772**
	Sig.	0,000	0,000	0,000
	N	244	220	271
T C°	R	,366**	0,094	0,098
	Sig.	0,000	0,164	0,108
	N	244	220	271
PBB (%)	R	,320**	,738**	0,071
	Sig.	0,000	0,000	0,245
	N	244	220	271
PM_{10} (μg/m^3)	R	,861**	,676**	,737**
	Sig.	0,000	0,000	0,000
	N	244	220	271

Табела 7. Корелација – појединачно школе и IAQ/OAQ IAQ/OAQ

Корелација IAQ/OAQ по школама		**А. М.**	**К. А.**	**Н. Т.**	**И. Г. К.**	**Скад.**	**С. С.**	**Д. П.**	**П. П. Њ.**	**Р. Л.**	**И. Г.**
NO_2 IAQ/OAQ	R	-,767**	-,509**	,699**	-,851**	,517**	,625**	-0,247**	,528**		1,000**
	p	0,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000
	N	77	68	77	45	78	77	53	64		37
Бензен IAQ/OAQ	R	,789**	,291*	-,622**	,897**	,503**	-,778**	,941**	,476**		-1,00**
	p	0,000	,016	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000
	N	77	68	77	45	78	77	53	64		37
Толуен IAQ/OAQ	R	0,014	-,308*	,301**	,845**	-,295**	-,732**	,475**	,757**		1,000**
	p	0,905	,011	,008	,000	,009	,000	,000	,000		,000
	N	77	68	77	45	78	77	53	64		37
Етил-бензен IAQ/OAQ	R	-,681**	,067	-,567**	,987**	-,048	-,989**	,941**	,595**		1,000**
	p	0,000	,588	,000	,000	,678	,000	,000	,000		,000
	N	77	68	77	45	78	77	53	64		37
Ксилен IAQ/OAQ	R	-0,041	,871**	-,979**	1,000**	0,060	-,999**	,970**	,682**		1,000**
	p	0,721	,000	,000	,000	,601	,000	,000	,000		,000
	N	77	68	77	45	78	77	53	64		37
HCHO IAQ/OAQ	R	,239*	,521**	,b	-0,090	-,371**	-,942**	,b	-,483**		1,000**
	p	0,037	,000	,000	555	,001	,000	,000	,000		,000
	N	77	68	77	45	78	77	53	64		37
CO_2 IAQ/OAQ	R	-,956**	,826**	0,082	,432**	-,470**	-,571**	-0,190	,628**	0,026	0,197
	p	0,000	,000	,478	,001	,000	,000	,173	,000	,835	,076
	N	99	68	77	61	78	77	53	76	64	82
CO IAQ/OAQ	R		,436**	,347**	,901**				,627**	1,000**	
	p		,000	,002	,000				,000	,000	
	N		68	77	61				76	64	
T C°	R	0,046	,502**	,478**	,550**	,590**	-,476**	,923**	,368**	,681**	-,226*
	p	0,648	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001	,000	,042
	N	99	68	77	61	78	77	53	76	64	82
RVV IAQ/OAQ	R	-0,133	-,798**	,576**	,359**	-0,103	,842**	,914**	,389**	,554**	,422**
	p	0,189	,000	,000	,004	,372	,000	,000	,001	,000	,000
	N	99	68	77	61	78	77	53	76	64	82
PM_{10} IAQ/OAQ	R	,780**	,756**	,457**	,956**	,598**	,925**	,937**	,725**	0,160	,453**
	p	0,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,207	,000
	N	99	68	77	61	78	77	53	76	64	82

Табела 8. Повезаност особина учионице и појава респирторних сметњи – корелација заузетости простора учионице, квалитета и старости градње и њихова повезаност са појавом респираторних симптома

Симптоми		**улица, двориште**	**бр.деце />20**	**m^2/ ученик**	**Број деце /m^2**	**Подне облоге**	**зидови кречење**	**Отварање прозора - луфтирање зими**	**Старост намешт.**	**Учестал. чишћења**	**средство за чишћење**	**Врста чишћења**
Кашаљ икад	R	-,058	,053	-,113**	,102**	-,067	-,075	,114**	-,030	-,037	-,147**	-,086*
	Sig.	,120	,155	,002	,006	,080	,054	,003	,464	,349	,001	,043
	N	717	717	717	717	677	660	692	590	656	554	554
Кашаљ ујутру Јесен/зима	R	-,038	,014	,027	-,001	-,036	-,051	,041	-,003	,030	-,029	,006
	Sig.	,309	,703	,468	,971	,355	,195	,285	,950	,444	,497	,883
	N	716	716	716	716	676	659	691	591	655	555	555
Продукт искашљавања	R	-,052	,049	-,189**	,169**	-,044	-,046	,127**	-,001	-,083*	-,147**	-,123**
	Sig.	,165	,188	,000	,000	,249	,236	,001	,74	,034	,000	,004
	N	717	717	717	717	677	659	691	591	657	556	556
Визинг у посл.12 месеци	R	-,021	,007	,001	,010	-,035	-,024	,031	-,007	-,032	-,110**	-,085*
	Sig.	,579	,842	,978	,796	,358	,542	,421	,862	,414	,009	,046
	N	716	716	716	716	677	660	691	590	657	555	555
Визинг после физ. активности	R	-,037	,043	-,021	,014	,015	-,079*	,051	-,045	-,017	-,093*	-,112**
	Sig.	,320	,252	,564	,701	,693	,041	,183	,275	,654	,028	,008
	N	722	722	722	722	682	664	696	595	662	559	559
Суви кашаљ последњих 12 месеци	R	,015	,047	-,108**	,108**	-,063	-,042	,012	,041	,034	-,091*	-,044
	Sig.	,687	,209	,004	,004	,101	,284	,750	,313	,384	,032	,297
	N	724	724	724	724	684	666	698	595	662	558	558
Пробуђен визингом последњих 12 месеци	R	-,031	,118**	-,039	,036	-,063	-,028	,092*	-,104*	-,050	,020	-,008
	Sig.	,401	,002	,292	,337	,098	,475	,015	,011	,202	,633	,844
	N	720	720	720	720	681	662	694	592	658	554	554
Визинг икада	R	-,045	,050	-,011	,007	-,030	-,064	,090*	-,082*	-,001	-,029	-,015
	Sig.	,229	,181	,764	,842	,427	,097	,017	,045	,976	,499	,725
	N	724	724	724	724	684	666	698	596	662	559	559
Икада дијагноза астме	R	-,049	,051	-,050	,034	-,088*	-,072	,083*	-,066	-,043	-,059	-,037
	Sig.	,190	,168	,176	,356	,022	,063	,029	,107	,271	,166	,389
	N	719	719	719	719	680	662	693	592	657	554	554
Астма лечена последњих 12 месеци	R	-,028	,013	-,036	,028	-,059	-,083*	,028	-,069	-,027	-,058	-,037
	Sig.	,456	,727	,330	,461	,122	,033	,469	,093	,488	,172	,382
	N	720	720	720	720	681	663	694	592	658	555	555
Дијагноза алергије	R	,025	,055	-,046	,014	-,033	-,019	,078*	-,022	,018	-,013	-,018
	Sig.	,493	,140	,214	,699	,383	,619	,049	,592	,640	,751	,672
	N	735	735	735	735	694	677	709	605	672	568	568

Табела 9. Активне карактеристике IAQ у односу на вредности спирометрије, укупно/1

Пирсонова корелација /IAQ		**FVC**	**FEV1**	**FEV1/FVC**
Загађујуће материје				
NO_2	R	**.347****	**,349****	-0,050
	sиg	**0,000**	**0,000**	0,259
	N	**518**	**517**	518
Бензен	R	**-,218****	**-,224****	0,009
	sig	**0,000**	**0,000**	0,832
	N	**518**	**517**	518
Толуен	R	0,004	0,018	0,070
	sig	0,921	0,686	0,109
	N	518	517	518
Етил-бензен	R	**,216****	**,222****	0,017
	sig	**0,000**	**0,000**	0,700
	N	**518**	**517**	518
Ксилен	R	**,114****	**,116****	0,017
	sig	**0,010**	**0,009**	0,702
	N	**518**	**517**	518
Формалдехид	R	**-,265****	**-,284****	-0,046
	sig	**0,000**	**0,000**	0,299
	N	**518**	**517**	518
Елементи термалног комфора				
CO_2	R	0,009	0,006	-0,010
	sig	0,826	0,895	0,808
	N	543	542	543
VR	R	**,147****	**,166****	0,037
	sig	**0,001**	**0,000**	0,394
	N	**543**	**542**	543
CO	R	**-,103***	**-,104***	-0,007
	sig	**0,016**	**0,015**	0,871
	N	**543**	**542**	543
Температура	R	-0,067	**-,092***	**-,092***
	sig	0,118	**0,033**	**0,032**
	N	543	**542**	**543**
PBB	R	**,184****	**,177****	-0,021
	sig	**0,000**	**0,000**	0,629
	N	**543**	**542**	543

Табела 10. Униваријантна логистичка регресиона анализа предиктори за појаву: „кашаљ икада"

Кашаљ икада	**B**	**S.E.**	**Wald**	**df**	**Sig.**	**Exp(B)**	**95% C.I.for EXP(B)**	
							Lower	Upper
NO_2 (μg/m^3)	-0,051	0.013	15,392	1	**0,000**	0,950	0,926	0,975
NO_2 до и преко 40 (μg/m^3)	-0,680	0,232	8,610	1	**0,003**	0,507	0,322	0,798
Бензен (μg/m^3)	0,050	0,029	2,965	1	**0,085**	1,051	0,993	1,113
Бензен до и преко 5 μg/m^3	0,124	0,189	0,429	1	0,513	1,132	0,782	1,638
Толуен (μg/m^3)	-0,013	0,011	1,329	1	0,249	0,988	0,967	1,009
Етил-бензен (μg/m^3)	-0,803	0,156	26,569	1	**0,000**	0,448	0,330	0,608
Ксилен (μg/m^3)	-0,052	0,020	6,562	1	**0,010**	0,950	0,913	0,988
Формалдехид (μg/m^3)	0,344	0,080	18,489	1	**0,000**	1,411	1,206	1,650
Формалдехид > 100 μg/m^3	-0,127	0,234	0,297	1	0,586	0,881	0,557	1,392
VR (l/s/особи)	-0,018	0,020	0,806	1	0,369	0,982	0,945	1,021
VR до и преко 8 l/s/особи	-0,327	0,188	3,012	1	**0,083**	0,721	0,499	1,043
CO_2 (ppm)	0,000	0,000	0,336	1	0,562	1,000	1,000	1,000
CO_2 до и преко 1000 ppm	0,164	0,192	0,730	1	0,393	1,178	0,809	1,715
CO (mg/m^3)	-0,034	0,152	0,050	1	0,823	0,967	0,718	1,302
CO, до и преко 3mg/m^3	0,000	0,192	0,000	1	0,999	1,000	0,687	1,456
T (C°) испред учионице	-0,245	0,201	1,485	1	0,223	0,783	0,528	1,161
РВВ испред учионице	-0,016	0,181	0,008	1	0,930	0,984	0,690	1,404
Зона комфора	0,711	0,187	14,496	1	**0,000**	2,035	1,412	2,934
I/O Ratio	-0,475	0,275	2,979	1	**0,084**	0,622	0,362	1,067
I/O Ratio <1,1,>1	-0,087	0,096	0,827	1	0,363	0,917	0,760	1,106
PM_{10} (μg/m^3)	0,005	0,002	5,549	1	**0,018**	1,005	1,001	1,009
PM_{10} (50,50-80,80+) μg/m^3	0,265	0,117	5,125	1	**0,024**	1,304	1,036	1,640
PM_{10} IAQ < 50/>50 μg/m^3	0,216	0,219	0,977	1	0,323	1,242	0,808	1,907

Табела 11.Униваријантна логистичка регресиона анализа предиктори за појаву: „кашаљ ујутру, јесен/зима"

Кашаљ ујутру јесен/зима	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
NO_2 (μg/m^3)	-0,037	0,017	4,642	1	**0,031**	0,964	0,932	0,997
NO_2 до и преко 40 (μg/m^3)	-0,314	0,296	1,124	1	0,289	0,730	0,409	1,306
Бензен (μg/m^3)	0,036	0,038	0,924	1	0,336	1,037	0,963	1,116
Бензен до и преко 5 μg/m^3	0,103	0,249	0,170	1	0,680	1,108	0,680	1,807
Толуен (μg/m^3)	0,008	0,013	0,447	1	0,504	1,008	0,984	1,034
Етил-бензен (μg/m^3)	-0,492	0,188	6,885	1	**0,009**	0,611	0,423	0,883
Ксилен (μg/m^3)	-0,040	0,026	2,413	1	0,120	0,961	0,913	1,011
Формалдехид (μg/m^3)	0,083	0,112	0,545	1	0,460	1,086	0,872	1,353
Формалдехид > 100 μg/m^3	0,058	0,323	0,032	1	0,858	1,059	0,563	1,994
VR (l/s/особи)	0,023	0,025	0,879	1	0,349	1,023	0,975	1,074
VR до и преко 8 l/s/особи	0,109	0,244	0,198	1	0,656	1,115	0,691	1,798
CO_2 (ppm)	0,000	0,000	0,015	1	0,902	1,000	1,000	1,000
CO_2 до и преко 1000 ppm	-0,168	0,248	0,457	1	0,499	0,846	0,520	1,375
CO (mg/m^3)	0,284	0,187	2,298	1	0,130	1,328	0,920	1,917
CO, до и преко 3mg/m^3	0,388	0,246	2,480	1	0,115	1,474	0,910	2,387
T (C°) испред учионице	-0,041	0,275	0,022	1	0,882	0,960	0,560	1,647
РВВ испред учионице	-0,314	0,242	1,687	1	0,194	0,731	0,455	1,173
Зона комфора	-0,027	0,241	0,013	1	0,910	0,973	0,606	1,562
PM_{10} I/O Ratio	-0,330	0,366	0,812	1	0,367	0,719	0,350	1,474
PM_{10} I/O Ratio <1,1,>1	-0,038	0,127	0,089	1	0,765	0,963	0,750	1,235
PM_{10} (μg/m^3)	0,004	0,003	2,376	1	0,123	1,004	0,999	1,009
PM_{10} (50,50-80,80+) μg/m^3	0,152	0,156	0,946	1	0,331	1,164	0,857	1,580
PM_{10} IAQ < 50/>50 μg/m^3	0,088	0,290	0,092	1	0,761	1,092	0,618	1,928

Табела 12.Униваријантна логистичка регресиона анализа предиктори за појаву кашља дању/ноћу (јесен/зима)

кашаљ дању/ноћу (јесен/зима)	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I.for EXP(B)	
							Lower	Upper
NO_2 (μg/m^3)	-0,030	0,017	2,935	1	0,087	0,971	0,938	1,004
NO_2 до и преко 40 (μg/m^3)	-0,126	0,295	0,182	1	0,670	0,882	0,495	1,571
Бензен (μg/m^3)	0,097	0,036	7,291	1	**0,007**	1,102	1,027	1,182
Бензен до и преко 5 μg/m^3	0,276	0,252	1,197	1	0,274	1,318	0,804	2,162
Толуен (μg/m^3)	0,005	0,013	0,132	1	0,716	1,005	0,979	1,031
Етил бензен (μg/m^3)	-0,520	0,195	7,118	1	**0,008**	0,595	0,406	0,871
Ксилен (μg/m^3)	-0,005	0,022	0,054	1	0,817	0,995	0,953	1,039
Формалдехид (μg/m^3)	0,206	0,108	3,640	1	**0,050**	1,228	0,994	1,517
Формалдехид > 100 μg/m^3	0,611	0,389	2,466	1	0,116	1,842	0,859	3,950
VR (l/s/особи)	-0,031	0,028	1,219	1	0,270	0,969	0,917	1,024
VR до и преко 8 l/s/особи	-0,235	0,257	0,838	1	0,360	0,790	0,477	1,308
CO_2 (ppm)	0,000	0,000	0,019	1	0,889	1,000	1,000	1,000
CO_2 до и преко 1000 ppm	0,060	0,260	0,053	1	0,818	1,062	0,638	1,767
CO (mg/m^3)	0,163	0,196	0,694	1	0,405	1,178	0,802	1,730
CO, до и преко 3mg/m^3	0,235	0,255	0,850	1	0,356	1,265	0,768	2,084
T (C°) испред учионице	-0,128	0,278	0,213	1	0,644	0,880	0510	1,516
РВВ испред учионице	-0,386	0,248	2,431	1	0,119	0,680	0,418	1,104
Зона комфора	0,229	0,249	0,850	1	0,357	1,258	0,773	2,048
PM_{10} I/O Ratio	-0,386	0,377	1,047	1	0,306	0,680	0,324	1,424
PM_{10} I/O Ratio <1,1,>1	-0,075	0,131	0,331	1	0,565	0,927	0,717	1,199
PM_{10} (μg/m^3)	0,006	0,003	5,025	1	**0,025**	1,006	1,001	1,011
PM_{10} (50,50 - 80,80+) μg/m^3	0,425	0,169	6,323	1	**0,012**	1,530	1,098	2,130
PM_{10} IAQ < 50/>50 μg/m^3	0,730	0,352	4,286	1	**0,038**	2,074	1,040	4,138

Табела 13. Униваријантна логистичка регресиона анализа предиктори за појаву кашља у континуитету од три месеца (јесен/зима)

Кашаљ континуирано 3 месеца (јесен/зима)	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp (B)	95% C.I.for EXP(B)	
							Lower	Upper
NO_2 (μg/m^3)	-0,046	0,030	2,386	1	**0,122**	0,955	0,900	1,013
NO_2 до и преко 40 μg/m^3	-0,613	0,566	1,171	1	0,279	0,542	0,178	1,644
Бензен (μg/m^3)	0,064	0,065	0,972	1	0,324	1,066	0,939	1,212
Бензен до и преко 5 μg/m^3	0,206	0,441	0,217	1	0,641	1,228	0,517	2,917
Толуен (μg/m^3)	-0,036	0,033	1,230	1	0,267	0,964	0,904	1,028
Етил-бензен (μg/m^3)	-0,482	0,337	2,044	1	**0,153**	0,617	0,319	1,196
Ксилен (μg/m^3)	-0,049	0,050	0,959	1	0,328	0,952	0,862	1,051
Формалдехид (μg/m^3)	0,161	0,187	0,744	1	0,388	1,175	0,815	1,693
Формалдехид > 100 μg/m^3	-0,006	0,562	0,000	1	0,992	0,994	0,330	2,992
Зона комфора	0,436	0,434	1,009	1	0,315	1,547	0,661	3,621
VR (l/s/особи)	-0,037	0,050	0,553	1	0,457	0,964	0,874	1,062
VR до и преко 8 l/s/особи	-0,450	0,460	0,959	1	0,327	0,638	0,259	1,570
CO_2 (ppm)	0,000	0,000	0,305	1	0,581	1,000	1,000	1,000
CO_2 (>1000 ppm)	0,215	0,460	0,219	1	0,640	1,240	0,503	3,056
CO (mg/m^3)	0,234	0,326	0,514	1	0,474	1,263	0,667	2,393
CO, до и преко 3mg/m^3	0,093	0,445	0,044	1	0,835	1,097	0,459	2,627
T C° испред учионице	-0,026	0,483	0,003	1	0,956	0,974	0,378	2,509
РВВ испред учионице	0,029	0,428	0,005	1	0,946	1,029	0,445	2,379
PM_{10} I/O Ratio	-0,955	0,680	1,973	1	0,160	0,385	0,101	1,459
PM_{10} I/O Ratio < 1,1, >1	-0,198	0,235	0,713	1	0,398	0,820	0,517	1,300
PM_{10} (μg/m^3)	0,003	0,005	0,357	1	0,550	0,003	0,994	1,012
PM_{10} 50,50-80,80+	0,052	0,268	0,038	1	0,846	1,053	0,623	1,781
PM_{10} IAQ до 50, 50+	-0,533	0,447	1,423	1	0,233	0,587	0,244	1,409

Табела 14. Униваријантна логистичка регресиона анализа - предиктори за појаву респираторних и бронхитичних сметњи: кашља, визинга и продукта искашљавања/5

Продуктивни кашаљ	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I.for EXP(B)	
							Lower	Upper
NO_2 (μg/m^3)	-0,046	0,018	6,514	1	**0,011**	0,955	0,922	0,989
NO_2 до и преко 40 μg/m^3	-0,729	0,334	4,768	1	**0,029**	0,482	0,251	0,928
Бензен (μg/m^3)	-0,014	0,044	0,108	1	**0,743**	0,986	0,904	1,074
Бензен до и преко 5 μg/m^3	0,029	0,267	0,012	1	**0,913**	1,030	0,610	1,738
Толуен (μg/m^3)	-0,106	0,030	12,097	1	**0,001**	0,899	0,847	0,955
Етил-бензен (μg/m^3)	-0,643	0,211	9,272	1	**0,002**	0,526	0,348	0,795
Ксилен (μg/m^3)	-0,100	0,035	8,052	1	**0,005**	0,905	0,844	0,969
Формалдехид (μg/m^3)	0,448	0,101	19,529	1	**0,000**	1,565	1,283	1,909
Формалдехид > 100 μg/m^3	-0,694	0,293	5,628	1	**0,018**	0,500	0,282	0,886
Зона комфора	1,097	0,285	14,795	1	**0,000**	2,995	1,713	5,238
VR (l/s/особи)	-0,050	0,030	2,721	1	**0,099**	0,951	0,896	1,009
VR до и преко 8 l/s/osobi	-0,801	0,290	7,595	1	**0,006**	0,449	0,254	0,794
CO_2 (ppm)	0,000	0,000	0,910	1	**0,340**	1,000	1,000	1,000
CO_2 (>1000 ppm)	0,647	0,297	4,758	1	**0,029**	1,910	1,068	3,417
CO (mg/m^3)	-0,599	0,262	5,225	1	**0,022**	0,549	0,328	0,918
CO, до и преко 3mg/m^3	-0,723	0,311	5,425	1	**0.,020**	0,485	0,264	0,892
T C° испред учионице	-0,041	0,289	0,020	1	**0,888**	0,960	0,545	1,690
РВВ испред учионице	0,598	0,270	4,907	1	**0,027**	1,819	1,071	3,088
PM_{10} I/O Ratio	-0,298	0,387	0,594	1	**0,441**	0,742	0,348	1,584
PM_{10} I/O Ratio < 1,1, >1	0,003	0,133	0,000	1	**0,982**	1,003	0,773	1,301
PM_{10} (μg/m^3)	0,003	0,003	1,012	1	**0,314**	1,003	0,997	1,008
PM_{10} 50,50-80, 80+ (μg/m^3)	0,287	0,167	2,938	1	**0,049**	1,332	0,960	1,848
PM_{10} IAQ до 50, 50+ (μg/m^3)	0,132	0,306	0,187	1	**0,665**	1,141	0,627	2,079

Табела 15. Униваријантна логистичка регресиона анализа – IAQ концентрације полутаната, као предиктори за појаву „визинг икада”

визинг икада	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I.for EXP(B)	
							Lower	Upper
NO_2 (μg/m^3)	0,007	0,013	0,277	1	0,599	1,007	0,981	1,033
NO_2 до и преко 40 μg/m^3	-0,031	0,217	0,020	1	0,887	0,970	0,633	1,484
Бензен (μg/m^3)	0,039	0,029	1,818	1	0,178	1,040	0,982	1,101
Бензен до и преко 5 μg/m^3	0,289	0,188	2,367	1	**0,039**	1,434	0,924	1,927
Толуен (μg/m^3)	-0,004	0,010	0,144	1	0,704	0,996	0,976	1,016
Етил-бензен (μg/m^3)	-0,146	0,113	1,668	1	0,197	0,865	0,693	1,078
Ксилен (μg/m^3)	-0,008	0,016	0,253	1	0,615	0,992	0,960	1,024
Формалдехид (μg/m^3)	0,100	0,085	1,374	1	0,241	1,105	0,935	1,306
Формалдехид > 100 μg/m^3	0,180	0,249	0,524	1	0,469	1,198	0,735	1,952
Зона комфора	0,435	0,184	5,602	1	**0,018**	1,546	1,078	2,217
VR (l/s/особи)	0,010	0,019	0,270	1	0,604	1,010	0,973	1,048
VR до и преко 8 l/s/ особи	0,145	0,184	0,621	1	0,431	1,156	0,806	1,656
CO_2 (ppm)	0,000	0,000	0,051	1	0,821	1,000	1,000	1,000
CO_2 (>1000 ppm)	-0,159	0,188	0,716	1	0,397	0,853	0,591	1,232
CO (mg/m^3)	0,090	0,149	0,365	1	0,546	1,094	0,817	1,465
CO, до и преко 3mg/m^3	0,155	0,190	0,671	1	0,413	1,168	0,805	1,695
T C°	-0,202	0,203	0,986	1	0,321	0,817	0,549	1,217
PBB	-0,171	0,182	0,881	1	0,348	0,843	0,591	1,204
PM_{10} I/O Ratio	0,040	0,269	0,022	1	0,883	1,040	0,614	1,763
PM_{10} I/O Ratio < 1,1, >1	-0,011	0,095	0,013	1	0,908	0,989	0,821	1,192
PM_{10} (μg/m^3)	-0,001	0,002	0,099	1	0,753	0,999	0,995	1,004
PM_{10} 50,50-80, 80+ (μg/m^3)	-0,070	0,114	0,371	1	0,542	0,933	0,746	1,167
PM_{10} IAQ до 50, 50+ (μg/m^3)	-0,193	0,208	0,861	1	0,353	0,825	0,549	1,239

Табела 16. Униваријантна логистичка регресиона анализа – IAQ концентрације полутаната, као предиктори за појаву „визинга у последњих 12 месеци”

Визинг у последњих 12 месеци	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I.for EXP(B)	
							Lower	Upper
NO_2 (μg/m^3)	0,007	0,018	0,128	1	0,720	1,007	0,971	1,043
NO_2 до и преко 40 μg/m^3	-0,332	0,313	1,127	1	0,288	0,717	0,389	1,324
Бензен (μg/m^3)	0,061	0,039	2,434	1	0,119	1,063	0,984	1,148
Бензен до и преко 5 μg/m^3	0,230	0,263	0,766	1	0,382	1,259	0,752	2,106
Толуен (μg/m^3)	0,006	0,014	0,183	1	0,669	1,006	0,979	1,033
Етил-бензен (μg/m^3)	-0,341	0,186	3,369	1	0,066	0,711	0,494	1,023
Ксилен (μg/m^3)	-0,017	0,025	0,445	1	0,505	0,984	0,937	1,033
Формалдехид (μg/m^3)	-0,005	0,124	0,002	1	0,968	0,995	0,781	1,268
Формалдехид > 100 μg/m^3	-0,228	0,319	0,511	1	0,475	0,796	0,426	1,488
Зона комфора	0,228	0,255	0,800	1	0,371	1,257	0,762	2,072
VR (l/s/особи)	0,207	0,255	0,659	1	0,417	1,230	0,746	2,027
VR до и преко 8 l/s/ особи	0,207	0,255	0,659	1	0,417	1,230	0,746	2,027
CO_2 (ppm)	0,000	0,000	0,433	1	0,511	1,000	1,000	1,000
CO_2 (>1000 ppm)	-0,126	0,262	0,231	1	0,631	0,882	0,528	1,473
CO (mg/m^3)	0,001	0,212	0,000	1	0,997	1,001	0,660	1,517
CO, до и преко 3mg/m^3	0,146	0,264	0,308	1	0,579	1,158	0,690	1,943
T C°	0,429	0,321	1,788	1	0,181	1,535	0,819	2,878
PBB	-0,320	0,254	1,590	1	0,207	0,726	0,442	1,194
PM_{10} I/O Ratio	-0,179	0,139	1,656	1	0,198	0,836	0,637	1,098
PM_{10} I/O Ratio < 1,1, >1	-0,313	0,388	0,653	1	0,419	0,731	0,342	1,563
PM_{10} (μg/m^3)	-0,004	0,003	1,431	1	0,232	0,996	0,990	1,002
PM_{10} 50,50-80, 80+ (μg/m^3)	-0,178	0,158	1,283	1	0,257	0,837	0,614	1,139
PM_{10} IAQ до 50, 50+ (μg/m^3)	-0,139	0,289	0,231	1	0,630	0,870	0,493	1,534

,

Табела 17. Униваријантна логистичка регресиона анализа – IAQ концентрације полутаната, као предиктори за појаву „визинг после физичке активности"

визинг после физичке активности	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I.for EXP(B) Lower	Upper
NO_2 (μg/m^3)	-0,027	0,024	1,193	1	0,275	0,974	0,928	1,021
NO_2 до и преко 40 μg/m^3	-0,459	0,439	1,092	1	0,296	0,632	0,267	1,495
Бензен (μg/m^3)	0,092	0,050	3,349	1	0,067	1,096	0,994	1,209
Бензен до и преко 5 μg/m^3	0,792	0,355	4,978	1	**0,026**	2,207	1,101	4,425
Толуен (μg/m^3)	0,022	0,016	1,837	1	0,175	1,022	0,990	1,055
Етил-бензен (μg/m^3)	-0,415	0,265	2,458	1	0,117	0,660	0,393	1,109
Ксилен (μg/m^3)	-0,034	0,037	0,816	1	0,366	0,967	0,899	1,040
Формалдехид (μg/m^3)	0,223	0,146	2,335	1	0,126	1,250	0,939	1,663
Формалдехид > 100 μg/m^3	0,840	0,613	1,876	1	0,171	2,316	0,696	7,701
Зона конфора	0,234	0,341	0,472	1	0,492	1,264	0,648	2,463
VR (l/s/особи)	-0,050	0,041	1,488	1	0,223	0,951	0,878	1,031
VR до и преко 8 l/s/ особи	0,115	0,341	0,114	1	0,735	1,122	0,575	2,189
CO_2 (ppm)	0,000	0,000	3,691	1	**0,050**	1,000	1,000	1,000
CO_2 (>1000 ppm)	-0,115	0,348	0,108	1	0,742	0,892	0,451	1,765
CO (mg/m^3)	0,111	0,272	0,166	1	0,683	1,117	0,655	1,905
CO, до и преко 3mg/m^3	0,326	0,345	0,893	1	0,345	1,385	0,705	2,721
T C°	-0,092	0,380	0,058	1	0,809	0,912	0,433	1,923
PBB	-0,388	0,339	1,314	1	0,252	0,678	0,349	1,317
PM_{10} I/O Ratio	-0,573	0,527	1,183	1	0,277	0,564	0,201	1,584
PM_{10} I/O Ratio < 1,1, >1	-0,404	0,204	3,921	1	**0,048**	0,668	0,448	0,996
PM_{10} (μg/m^3)	-0,002	0,004	0,223	1	0,637	0,998	0,990	1,006
PM_{10} 50,50-80, 80+ (μg/m^3)	-0,044	0,212	0,043	1	0,836	0,957	0,631	1,451
PM_{10} IAQ до 50, 50+ (μg/m^3)	-0,187	0,381	0,240	1	0,624	0,830	0,393	1,750

Табела 18. Униваријантна логистичка регресиона анализа – IAQ концентрације полутаната, као предиктори за појаву сувог кашља

Суви кашаљ	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I.for EXP(B) Lower	Upper
NO_2 (μg/m^3)	-0,021	0,015	1,944	1	0,163	0,979	0,950	1,009
NO_2 до и преко 40 μg/m^3	0,009	0,248	0,001	1	0,970	1,009	0,621	1,640
Бензен (μg/m^3)	-0,013	0,036	0,132	1	0,716	0,987	0,919	1,060
Бензен до и преко 5 μg/m^3	-0,145	0,228	0,406	1	0,524	0,865	0,553	1,352
Толуен (μg/m^3)	-0,038	0,016	5,660	1	**0,017**	0,963	0,934	0,993
Етил-бензен (μg/m^3)	-0,283	0,148	3,640	1	**0,050**	0,753	0,563	1,008
Ксилен (μg/m^3)	-0,031	0,022	2,039	1	0,153	0,969	0,928	1,012
Формалдехид (μg/m^3)	0,172	0,096	3,196	1	0,074	1,187	0,984	1,433
Формалдехид > 100 μg/m^3	-0,178	0,273	0,425	1	0,515	0,837	0,490	1,429
Зона конфора	0,512	0,219	5,462	1	**0,019**	1,668	1,086	2,562
VR (l/s/особи)	-0,019	0,024	0,613	1	0,433	0,982	0,937	1,028
VR до и преко 8 l/s/ особи	-0,413	0,227	3,323	1	0,068	0,662	0,424	1,032
CO_2 (ppm)	0,000	0,000	0,065	1	0,799	1,000	1,000	1,000
CO_2 (>1000 ppm)	0,315	0,233	1,827	1	0,176	1,370	0,868	2,161
CO (mg/m^3)	-0,171	0,187	0,838	1	0,360	0,843	0,584	1,216
CO, до и преко 3mg/m^3	-0,155	0,231	0,448	1	0,504	0,857	0,544	1,348
T C°	-0,064	0,243	0,070	1	0,792	0,938	0,583	1,509
PBB	0,373	0,220	2,876	1	0,090	1,452	0,944	2,235
PM_{10} I/O Ratio	0,021	0,318	0,004	1	0,947	1,022	0,548	1,905
PM_{10} I/O Ratio < 1,1, >1	0,149	0,110	1,831	1	0,176	1,161	0,935	1,440
PM_{10} (μg/m^3)	0,021	0,318	0,004	1	0,947	1,022	0,548	1,905
PM_{10} 50,50-80, 80+ (μg/m^3)	0,115	0,137	0,712	1	0,399	1,122	0,859	1,467
PM_{10} IAQ до 50, 50+ (μg/m^3)	0,024	0,252	0,009	1	0,926	1,024	0,625	1,676

Табела 19. Униваријантна логистичка регресиона анализа – IAQ концентрације полутаната, *као предиктори за појаву буђења услед визинга*

Буђење због визинга	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I.for EXP(B)	
							Lower	Upper
NO_2 (μg/m^3)	-0,027	0,022	1,464	1	0,226	0,973	0,931	1,017
NO_2 до и преко 40 μg/m^3	0,235	0,347	0,460	1	0,498	1,265	0,641	2,495
Бензен (μg/m^3)	0,131	0,045	8,596	1	**0,003**	1,140	1,044	1,244
Бензен до и преко 5 μg/m^3	0,723	0,324	4,983	1	**0,026**	2,060	1,092	3,886
Толуен (μg/m^3)	-0,007	0,019	0,158	1	0,691	0,993	0,957	1,030
Етил-бензен (μg/m^3)	-0,388	0,238	2,654	1	0,103	0,679	0,426	1,082
Ксилен (μg/m^3)	0,010	0,026	0,149	1	0,699	1,010	0,959	1,064
Формалдехид (μg/m^3)	0,313	0,129	5,865	1	**0,015**	1,367	1,061	1,761
Формалдехид > 100 μg/m^3	0,734	0,536	1,874	1	0,171	2,083	0,728	5,957
Зона конфора	0,566	0,323	3,071	1	0,080	1,760	0,935	3,313
VR (l/s/особи)	-0,027	0,035	0,583	1	0,445	0,973	0,908	1,043
VR до и преко 8 l/s/ особи	-0,195	0,323	0,363	1	0,547	0,823	0,437	1,550
CO_2 (ppm)	0,000	0,000	5,647	1	**0,017**	1,000	1,000	1,000
CO_2 (>1000 ppm)	0,062	0,328	0,036	1	0,850	1,064	0,560	2,024
CO (mg/m^3)	-0,320	0,292	1,200	1	0,273	0,726	0,410	1,287
CO, до и преко 3mg/m^3	-0,180	0,340	0,281	1	0,596	0,835	0,429	1,627
T C°	0,031	0,359	0,008	1	0,931	1,032	0,510	2,086
PBB	-0,220	0,311	0,499	1	0,480	0,803	0,436	1,477
PM_{10} I/O Ratio	-0,233	0,472	0,243	1	0,622	0,792	0,314	1,999
PM_{10} I/O Ratio < 1,1, >1	-0,076	0,166	0,208	1	0,649	0,927	0,670	1,284
PM_{10} (μg/m^3)	0,001	0,004	0,055	1	0,814	0,001	0,994	1,008
PM_{10} 50, 50-80, 80+ (μg/m^3)	0,075	0,198	0,144	1	0,704	0,078	0,731	1,591
PM_{10} IAQ до 50, 50+ (μg/m^3)	0,069	0,371	0,035	1	0,852	1,072	0,518	2,217

Табела 20. Униваријантна линеарна регресиона анализа – табела са предикторима за појаву респираторних сметњи

Средње вредности	Нест. Beta коеф		Станд.коеф.	t	Sig.	95.0% C. I.for B	
	B	S. E.	Beta			Доња	Горња
IAQ концентрација полутаната и елемената термалног комфора							
NO_2	-0,003	0,003	-0,045	-1,183	0,237	-0,008	0,002
Бензен	0,002	0,006	0,012	0,315	0,753	-0,010	0,014
Толуен	-,003	0,002	-0,051	-1,341	0,180	-0,007	0,001
Етил-бензен	-0,067	0,021	-0,120	-3,195	**0,001**	-0,108	-0,026
Ксилен	-0,006	0,003	-0,074	-1,966	**0,050**	-0,013	0,000
Формалдехид	0,048	0,018	0,102	2,705	0,007	0,013	0,083
CO_2	0,000	0,000	-0,023	-0,630	0,529	0,000	0,000
VR	0,000	0,004	-0,001	-0,023	0,981	-0,008	0,008
CO	-0,005	0,030	-0,006	-0,160	0,873	-0,065	0,055
T (C°)	0,027	0,011	0,088	2,396	**0,017**	0,005	0,049
PBB (%)	0,002	0,002	0,031	0,846	0,398	-0,002	0,005
PM_{10} ($\mu g/m^3$)	0,000	0,000	0,006	0,172	0,863	-0,001	0,001
PM_{10} I/O RATIO	0,026	0,055	0,018	0,486	0,627	-0,081	0,134
OAQ концентрација полутаната и елемената термалног комфора							
NO_2	-0,002	0,002	-0,044	-1,073	0,284	-0,005	0,002
бензен	-0,005	0,008	-0,028	-0,677	0,499	-0,021	0,010
толуен	0,000	0,000	0,010	0,240	0,810	-0,001	0,001
Етил-бензен	-0,027	0,031	-0,037	-0,890	0,374	-0,088	0,033
Ксилен	-0,014	0,007	-0,085	-2,077	**0,038**	-0,027	-0,001
Формалдехид	0,055	0,080	0,029	0,690	0,490	-0,102	0,213
CO_2	0,000	0,000	-0,012	-0,316	0,752	-0,001	0,001
CO	-0,019	0,020	-0,036	-0,969	0,333	-0,059	0,020
Температура (C°)	0,000	0,003	-0,002	-0,052	0,958	-0,007	0,006
PBB (%)	0,000	0,001	0,007	0,190	0,850	-0,002	0,003
PM_{10} ($\mu g/m^3$)	0,015	0,022	0,025	0,680	0,496	-0,028	0,057

Скраћенице и хемијске формуле коришћене у тексту докторске дисертације

У циљу ефикаснијег приказивања резултата у тексту ове докторске дисертације, намеће се потреба да се неорганска хемијска једињења приказују својом хемијском формулом. У таква једињења, од значаја за истраживање, спадају: угљен-моноксид, угљен-диоксид, азот-диоксид. С друге стране, органска једињења чије мерење је вршено у истраживању биће помињана искључиво својим називом, с обзиром да њихове хемијске формуле не спадају у оквир опште познатих, попут формалдехида, бензена, етил-бензена, ксилена, толуена.

Када су у питању скраћенице које ће бити понављане у тексту тезе, разлог за такво опредељење је што за одређене параметре не постоји термин на српском језику, а што захтева да се кроз цео текст исти приказује искључиво на индиректни, описни начин, што у многоме продужава сам текст.

Списак и тумачење коришћених термина и скраћеница:

- NO_2 – азот-диоксид
- CO_2 – угљен-диоксид
- CO – угљен-моноксид
- PM_{10} – честице пречника мањег од 10 микрона (μ)
- $\mu g/m^3$ – микрограм на метар кубни
- mg/m^3 – милиграм на метар кубни
- ppm *(parts per million)*
- HCHO – формалдехид
- C_6H_6 – бензен
- C_8H_{10} – етилбензен
- C_7H_8 – толуен
- $C_6H_4(CH_3)_2$ – ксилен

MEME Model *(Multiple Exposure Multiple Effects Model)* = Модел вишеструких изложености и вишеструких ефеката
SEARCH - *School Environment and Respiratory Health in Children*
IAQ – *indoor air quality* = квалитет ваздуха затвореног простора

PM_{10} IAQ – концентрација PM_{10} у ваздуху затвореног простора (у овом случају, учионице)

OAQ – *outdoor air quality* = квалитет амбијенталног ваздуха (у овом случају, испред учионице)

PM_{10} OAQ – концентрација PM_{10} у амбијенталном ваздуху (у овом случају, испред учионице)

VR – *ventilation rate* = динамика дотока свежег ваздуха од споља у неки затворени простор, по особи, присутној у датом затвореном простору (l/sec/особи).

СЗО - Светска здравствена организација

IPCS - *International Programme on Chemical Safety*, Међународни програм за хемијску безбедност

БиХ - Босна и Херцеговина

VOCs - *Volatile organic compounds* = испарљива органска једињења

BeToXy - збирни назив за групу органских једињења бензен - толуен - ксилени, која се, углавном, заједно прате, као полутанти пореклом од саобраћаја

БИОГРАФИЈА

Бранислава Матић рођена је 24.05.1963. у Београду, где је завршила основну и средњу школу, као и Медицински факултет, специјализацију и магистарске студије. Специјалиста Хигијене је од 2004.год., а магистар медицинских наука од 2007. год. (одбрањена магистарска теза: "Олово у крви деце као биомаркер експозиције у зони загађења топионице олова"). Од 2000.год. стално је запослена у Институт за јавно здравље Србије "Др Милан Јовановић Батут" у Центру за хигијену и хуману екологију, а од 2014.год. као шеф Одсека за хуману екологију и школску хигијену. Од 2013.године је Национални кореспондент Министарства здравља при Светској здравственој организацији за животну средину и здравље, са посебним овлашћењима за уже области: ваздух и здравље, климатске промене и здравље, управљање хемикалијама у сектору здравства. Звање *примаријус* додељено јој је 2016.године. Као члан делегације Републике Србије, активно учествовала у раду Шесте Министарске конференције СЗО за животну средину и здравље (у Остави, Чешка, јун 2017.год.). Тренутно руководи пројектом Министарства здравља: "Јачање националних капацитета и интерсекторских синергија у области безбедног управљања контаминираним локалитетима и опасним хемикалијама у циљу превенције штетног утицаја на здравље људи и животну средину у Републици Србији".

Аутор је и коаутор већег броја радова објављених у целини на домаћим и међународним стручним скуповима, посвећеним разноврсној тематици из области животне средине и здравља. Члан је:

- Health in Climate Changes Group of the WHO (HIC Group),
- Environment and Health Task Force of the WHO
- WHO Global Chemicals and Health Network
- Steering Committee of Transport, Health and Environment Pan-European Programme of the UNECE (представник Министарства здравља)
- Management Committee of the COST Action "Industrially Contaminated Sites and Health Networks" (IS 1408)
- International Solid Waste Association

БИБЛИОГРАФИЈА

1. Matić B., Gojković M., Separović N.; Influence of Lead in Suspended Particles on Blood Lead Levels of Children Living in the Vicinity of a Secondary Lead Smelter . 1st International WeBIOPATR Workshop, Beograd, Serbia 22-25th May 2007; Book of extended abstracts, Eds. M.Jovasevic-Stojanovic, A.Bartonova: 124-126. ISBN 978-86-7306-086-6
2. Matić B., Gojković M.; Black Smoke Air Pollution Trend line in Representative Urban Habitats in Serbia for the Period 1999-2008. Proceedings from the 2nd International WeBIOPATR Workshop, Mećavnik, Serbia 29th August 2009. Abstracts of keynote invited lectures and contributed papers; Eds. M.Jovasevic-Stojanovic, A.Bartonova: p:22 ISBN 978-82-425-2130-9.
3. Matić B., Barišić M., Spasović K. Programski okvir za izbor zdravstvenih indikatora uticaja životne sredine u Srbiji, časopis ECOLOGICA, No 68, 2012: 619-624; ISSN 0354-3285
4. Matić B., Djonović N., Jevtić M., Rakić U.; Particulate matter in classroom indoor air of primary schools in Belgrade in the framework of SEARCH Project; Proceedings from the 4th WeBIOPATR Workshop & Conference, Belgrade, Serbia 2.-4.10.2013: 82 - 90; ISBN 978-86-83069-40-8
5. Igor Dragičević, Branislava Matić, Danijela Ilić, Aleksandar Ćorac. Pokazatelji kvaliteta vazduha i zdravstvene posledice aerozagađenja; 2014. Svet rada, Vol.11, br. 3/2014: 383-394. ISSN:1451-7841.
6. Jovanović Verica S., Gerrit Tesink Jan B., Jovanović Dragomir V., Đonović Nela Ž., Jevtić Marija R., Matić Branislava I., Šerović Radmila M.; Razvoj upravljanja medicinskim otpadom u Srbiji i izazovi za unapređenje kvaliteta zdravstvene zaštite; Tehnika 2014, vol. 69, br. 2, str. 343-348
7. Branislava Matić, Rakić U., Dejanović S., Jovanović V. *IMPLEMENTING ENVIRONMENT AND HEALTH INFORMATION SYSTEM AS A PROGRAMME ACTIVITY WITHIN PUBLIC HEALTH INSTITUTIONAL FRAMEWORK*, prezentovan na skupu 49. Dani preventivne medicine, Međunarodni KONGRES, 22-25.septembar 2015., Niš; Zbornik radova, ISBN 978-86-915991-4-0; str. 82-87.
8. Matić B., Djonović N., Jevtić M., Rakić U.; Correlation of school indoor thermal comfort parameters and PM_{10} concentration with respiratory symptoms of school children; Proceedings from the 5th WeBIOPATR Workshop & Conference "Particulate Matter: Research and Management", Belgrade, Serbia October 14th-16th 2015; Abstracts of Keynote invited lecturers and contributed papers: p. 45 ISBN 978-86-83069-42-2
9. Jovanović V., Matić B., Đonović N., Jovanović S.; Healthcare Waste Management in Serbia - Development, Implementation and Synchronizing with EU Directives; ISWA World Congress 19-21.09.2016. Novi Sad, Serbia; Book of extended abstracts, "Uniting ideas for successful waste management": 710-711. ISBN 978-86-7892-837-6.
10. Verica Jovanović, Dragomir Jovanović, Branislava Matić, Nela Đonović The influence of healthcare factors on medical waste management in Serbian hospital facilities /Faktori zdravstvene zaštite koji utiču na upravljanje medicinskim otpadom u bolničkim ustanovama u Srbiji; PONS Med Č 2016/ PONS Med J 2016; 13(2):57-63, UDK: 628.4.046(497.11)COBISS.SR-ID 229695500
11. Verica Jovanović, Jelena Manojlović, Dragomir Jovanović, Branislava Matić, Nela Đonović. Management of pharmaceutical waste in hospitals in Serbia – challenges and the potential for improvement; Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research | Vol 50 | Issue 4 | Oct-Dec, 2016: 695-702

12. Branislava Matić, Verica Jovanović, Ljiljana Jovanović, Radmila Šerović; Insufficient Implementation of Wastewater Disposal and Municipal Waste Recycling in Healthcare Facilities in Serbia. TEHNIKA 17(2017) 1, KVALITET IMS, STANDARDIZACIJA I METROLOGIJA: 137-142. ISSN 2334-7368

Списак објављених радова (прописани минимални услов за одбрану докторске дисертације)

1. Matic B., Rakic U., Jovanovic V., Dejanovic S., Djonovic N.; Key Factors Determinig Indoor Air PM_{10} Concentrations in Naturally Ventilated Primary Schools in Serbia; Zdr Varst 2017; 56(4): 227-235
2. Verica Jovanović, Jelena Manojlović, Dragomir Jovanović, Branislava Matić, Nela Đonović. Management of pharmaceutical waste in hospitals in Serbia – challenges and the potential for improvement; Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research | Vol 50 | Issue 4 | Oct-Dec, 2016: 695-702
3. Tasić V, Kovačević R, Apostolovski Trujić T, Matić B, Cocić M, Steharnik M; The content of As and heavy metals in TSP and PM10 near copper smelter in Bor, Serbia. Water Air Soil Pollut (2017) 228:230 DOI 10.1007/s11270-017-3393-6

ПРИЛОГ

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАТИКА

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ

Редни број - РБ:
Идентификациони број - ИБР:
Тип документације - ТД: Монографска публикација
Тип записа - ТЗ: Текстуални штампани материјал
Врста рада - ВР: Докторска дисертација
Аутор - АУ:
Ментор/коментор - МН:
Наслов рада - НР:
Језик публикације - ЈП: српски/ћирилица
Језик извода - ЈИ: српски/енглески
Земља публиковања - ЗП: Република Србија
Уже географско подручје - УГП: Централна Србија
Година - ГО: 2018. година
Издавач - ИЗ: Ауторски репринт
Место и адреса - МС: 34 000 Крагујевац, Светозара Марковића 69, Република Србија
Физичи опис рада - ФО:
Научна област - УДК: Медицина

Научна дисциплина - ДИ:
Предметна одредница/ кључне речи - ПО:
Чува се - ЧУ: У библиотеци Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу
Важна напомена- МН:

Извод - ИД:

.

Поред кућног окружења, школска среднина је деци и адолесцентима, вероватно, најбитнији затворени простор у којем бораве. Од укупног времена које деца проводе у затвореном простору, чак и до 80-90% они то чине у школи или дому. У Србији је похађање школе обавезно за децу узраста од 6 до 15 година, а самим тим и боравак у условима школског окружења. У неколико претходних истраживања закључено је да школска средина може утицати на респираторно здравље ученика, као и на њихову способност усвајања нових садржаја. Поред испитивања квалитета ваздуха и других елемената затвореног школског простора у 10 београдских основних школа, други, специфични циљ овог истраживања било је дефинисање предиктора респираторног здравља ученика тих основних школа. Фокус истраживања биле су концентрације PM_{10}, NO_2, CO_2, CO, бензена, толуена, ксилена, етил-бензена, формалдехида, укључујући и елементе зоне термалног комфора унутар учионица: температура ваздуха, релативна влажност ваздуха, густина заузетости простора, динамика размене ваздуха по особи (l/s/person) и на који начин исти утичу на респираторно здравље изложене деце. Мерења су спроведена у 44 учионице у присуству ученика и наставника. Исти параметри измерени су у амбијенталном ваздуху испред предметних учионица. Поред квантитативних мерења спроведена је и анализа података из три различита упитника (о карактеристикама школе, карактеристикама учионице, подаци о респираторном здрављу ученика дати од стране родитеља/старатеља), укључујући и резултате спирометрије. Сви добијени резултати коришћени су за дефинисање предиктора респираторног здравља ученика, што је уједно и кључни изазов целокупног истраживања. За одређивање предикторског утицаја одабраних варијабли на појаву респираторних сметњи код деце, коришћена је бинарна логистичка регресиона анализа. **Као најзначајнији предиктори респираторних сметњи код испитиваних ученика издвојили су се: ниске IAQ концентрације NO_2, бензена и етил-бензена, високе вредности концентрације PM_{10}, формалдехида. Од елемената термалног комфора, као предиктори се издвајају снижена вредност VR (ventilation rate), PM_{10} I/O ratio $\geq$ 1,0 и високе вредности релативне влажности ваздуха и температуре ваздуха унутар учионица. Изложеност деце дуванском диму у домаћинству због навике пушења родитеља, као и низак степен едукације оба родитеља, значајни су предиктори за појаву респираторних сметњи код испитиваних ученика, међу показатељима социо-економског статуса ученика.**

Датум прихватања теме од стране ННВ - ДП: 26.03.2014.године

Датум одбране - ДО:

Чланови комисије - КО:

1. **Доц. др Снежана Радовановић**, доцент Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научу област Социјална медицина, председник
2. **Проф. др Александар Ћорац**, редовни професор Медицинског факултета Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској митровици за ужу научну област Хигијена и хумана екологија, члан
3. **Доц. др Драган Васиљевић**, доцент Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Хигијена и екологија, члан

KEY WORDS DOCUMENTATION

UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC
FACULTY OF MEDICAL SCIENCES KRAGUJEVAC

Accession number - ANO:
Identification number - INO:
Documentation type - DT: Monographic publication
Type of record - TR: Textual printed material
Contents code - CC: Ph. D. Thesis
Author - AU:
Menthor/co-mentor - MN:
Title - TI:
Language of text - LT: Serbian / Cyrillic
Language of abstract: Serbian / English
Country of publication - CP: Republic of Serbia
Locality of publication - LP: Central Serbia
Publication year - PY: 2018
Publisher - PU: Author reprint
Publication place - PP: 34 000 Kragujevac, Svetozara Markovica 69, Republic of Serbia
Physical description - PD:
Scientific field - SF:
Scientific discipline - SD:
Subject/key words - SKW:
Holding data: Library of Faculty of medical sciences, University of Kragujevac, Republic of Serbia
Note - N:

Abstract - AB:
Apart from the home, the school environment is probably the most important indoor environment for children and adolescents. Children spend as much as 80-90% of their indoor time either at school or home. In Serbia, school, and thereby, its environment is compulsory for children aged 6 to 15 years. Several recent studies have concluded that the school environment may affect pupils'respirtory health and learning ability. The aim of this study was to study the indoor air quality in 10 primary schools in Belgrade, with emphasis on PM_{10}, NO_2, CO_2, CO, benzene, toluene, xylene, ethyl-benzene, formaldechyde levels, together with the elements of the thermal comfort zone: indoor temperature, relative humidity, occupancy

density, personal outdoor air supply rate (l/s/person). Measurements were performed in 44 classrooms, during which, both pupils and teachers were present. Besides quantitative measurements, data analysis of answers from three different questionnaires were performed (school characteristics, classroom characteristics, details on respiratory health given by parents/caregivers), together with the spyrometry results. All obtained data were used for the determination of the predictors for respiratory disorders in school children, being a key challenge of the whole study. For the predictor impact of chosen variables on emergence of respiratory disorders in children, the binary logistic regression analysis was used. As the most significant predictors for the occurence of respiratory disorders, the following were singled out: low levels of IAQ NO_2, benzene and ethyl-benzene concentration, high levels of IAQ PM_{10} and formaldechyde concentrationOut of the group of thermal comfort elements, as predictors, the following stand out by its significance: low ventilation rate (VR), PM_{10} I/O ratio $\geq$ 1,0 and higher indoor air relative humidity and air temeperature, in sellected classrooms. Exposure of children to household second-hand smoke, due to parents' smoking habit, and lower education level of both parents, are proved as significant predictors for respiratory disorders in pupils from the study, among chosen indicators of socio-economic status.

Accepted by the Scientic Board on - ASB: 26.03.2014

Defended on - DE:

Thesis defended board (Degree/name/surname/title/faculty) - DB:

1. **Dr Snežana Radovanović,** Assistant professor at Faculty of Medical Sciences, Kragujevac University, for the scientific field of Social medicine, President
2. **Dr Aleksandar Ćorac**, Professor at Medical Faculty, Pristina University, with a temperary seat in Kosovska Mitrovica, for the scientific field of Hygiene and human ecology, member
3. **Dr Dragan Vasiljević**, Assistant professor at Faculty of Medical Sciences, Kragujevac University, for the scientific field of Hygiene and human ecology, member

Образац 1

ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ја, Бранислава Матић, изјављујем да докторска дисертација под насловом:

ПРЕДИКТОРИ РЕСПИРАТОРНОГ ЗДРАВЉА УЧЕНИКА ОСНОВНИХ ШКОЛА

која је одбрањена на ФАКУЛТЕТУ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА Универзитета у Крагујевцу представља *оригинално ауторско дело* настало као резултат *сопственог истраживачког рада*.

Овом Изјавом такође потврђујем:

- да сам *једини аутор* наведене докторске дисертације,
- да у наведеној докторској дисертацији *нисам извршио/ла повреду* ауторског нити другог права интелектуалне својине других лица,
- да умножени примерак докторске дисертације у штампаној и електронској форми у чијем се прилогу налази ова Изјава садржи докторску дисертацију истоветну одбрањеној докторској дисертацији.

У Београду, 19.10.2018. године,

потпис аутора

Образац 2

ИЗЈАВА АУТОРА О ИСКОРИШЋАВАЊУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ја, Бранислава Матић,

☑ дозвољавам

☐ не дозвољавам

Универзитетској библиотеци у Крагујевцу да начини два трајна умножена примерка у електронској форми докторске дисертације под насловом:

ПРЕДИКТОРИ РЕСПИРАТОРНОГ ЗДРАВЉА УЧЕНИКА ОСНОВНИХ ШКОЛА

која је одбрањена на ФАКУЛТЕТУ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА Универзитета у Крагујевцу, и то у целини, као и да по један примерак тако умножене докторске дисертације учини трајно доступним јавности путем дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу и централног репозиторијума надлежног министарства, тако да припадници јавности могу начинити трајне умножене примерке у електронској форми наведене докторске дисертације путем *преузимања*.

Овом Изјавом такође

☑ дозвољавам

☐ не дозвољавам[1]

[1] Уколико аутор изабере да не дозволи припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци, то не искључује право припадника јавности да наведену докторску дисертацију користе у складу са одредбама Закона о ауторском и сродним правима.

припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од следећих *Creative Commons* лиценци:

1) Ауторство

2) Ауторство - делити под истим условима

3) Ауторство - без прерада

4) Ауторство - некомерцијално

5) Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима

6) Ауторство - некомерцијално - без прерада[2]

У Београду, 10.10.2019. године,

потпис аутора

[2] Молимо ауторе који су изабрали да дозволе припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци да заокруже једну од понуђених лиценци. Детаљан садржај наведених лиценци доступан је на: http://creativecommons.org.rs/

Water Air Soil Pollut (2017) 228: 230
DOI 10.1007/s11270-017-3393-6

The Content of As and Heavy Metals in TSP and PM_{10} Near Copper Smelter in Bor, Serbia

Viša Tasić · Renata Kovačević · Biljana Maluckov · Tatjana Apostolovski – Trujić · Branislava Matić · Mira Cocić · Mirjana Šteharnik

Received: 7 January 2017 / Accepted: 10 May 2017 / Published online: 3 June 2017

Abstract The content of As and heavy metals (Pb, Cd, Ni, and Cu) in total suspended particulate (TSP) and PM_{10} at 3 locations (Park, Institute, and Jugopetrol) near the copper smelter in Bor (Serbia) has been analyzed within the period 2004 to 2015 with the aim of investigating the seasonal and spatial changes of those pollutants in the suspended particles. The content of As in TSP and PM_{10} was over the annual EU limit value at all measuring points during the entire period of observation, while contents of Cd and Pb were periodically above the annual EU limits. There were no statistically significant seasonal changes between mean levels of the observed elements in the cold (October–March) and warm (April–September) periods during the year. A strong and moderate positive correlation was detected between the concentrations of each particular element (except Ni) at all measuring points. Additionally, Cd was the most enriched element followed by Pb, As, and Cu, while Ni was low-enriched. The constant air pollution with As particles, sometimes in concentrations even 20 times higher than the permitted annual value, requires urgent undertaking of concrete actions in order to reduce anthropogenic emission of suspended particles in Bor.

Keywords Air pollution · Particulate matter · Copper smelter · Arsenic · Heavy metals

1 Introduction

Airborne particles or aerosols with an aerodynamic diameter below 100 μm are referred to as total suspended particulate matter (TSP). Similarly, airborne particles with aerodynamic diameter below 10 μm are referred to as PM_{10}. TSP and PM_{10} in the atmosphere originate from both natural (soil, bacteria, fungi, pollen, and salt particles from evaporating sea water) and anthropogenic sources (motor vehicle use, combustion products from space heating, and industrial processes) (Lippmann 2002). It is determined that air pollution has both acute and chronic effects on human health, affecting a number of different systems and organs, ranging from minor upper respiratory irritation to chronic respiratory and heart disease, or even lung cancer (Kampa and Castanas 2008; Lippmann 2002). Long-term exposure to elevated concentration of toxic metals and metalloids in suspended particles often cause respiratory and cardiovascular diseases, increasing both morbidity and mortality (Anderson et al. 2001; Atkinson et al. 2010; Pope et al. 2002, 2007; Razos and Christides 2010; Serbula et al. 2013). Furthermore, toxicity of the suspended particles is related to their size and elemental

V. Tasić (✉) · R. Kovačević · T. Apostolovski – Trujić · M. Šteharnik
Mining and Metallurgy Institute, Zeleni bulevar 35, Bor 19210, Serbia
e-mail: visa.tasic@irmbor.co.rs
B. Maluckov · M. Cocić
Technical Faculty in Bor, University of Belgrade, Vojske Jugoslavije 12, Bor 19210, Serbia

B. Matić
Institute of Public Health of Serbia, Dr Subotića 5, Belgrade 11000, Serbia

composition, meaning that aerosols in smelter plumes enriched with metals and metalloids pose a serious risk to human health (Gonzales-Castanedo et al. 2014; Kovačević et al. 2010; Pekey et al. 2010). That is the main reason why the impact of airborne particle emissions from the copper smelter on the environment has been the subject of many studies (Dimitrijević et al. 2009; Djordjevic et al. 2013; Fernández-Camacho et al. 2012; Gonzales-Castanedo et al. 2015; Nikolić et al. 2010; Sanchez de la Campa et al. 2008, 2011a, b; Serbula et al. 2010, 2014; Sun et al. 2015).

According to the International Agency for Research on Cancer (IARC), substances such as inorganic arsenic, cadmium and cadmium compounds, and nickel compounds are classified as carcinogens to humans (group 1), lead compounds are classified as probably carcinogenic to humans (group 2A), while lead and nickel metallic and alloys are defined as possibly carcinogenic to humans (group 2B) (WHO 2016).

Arsenic is released into the environment from a variety of natural and anthropogenic sources. Typical concentrations of arsenic range from 1 to 10 ng/m^3 in rural areas and up to 30 ng/m^3 in uncontaminated urban areas (WHO 2000). A large part of the As anthropogenic emission is associated with the copper production (Dimitrijević et al. 2009). It has been estimated that anthropogenic emission of As is three times higher than the natural. Arsenic is a human carcinogen. People living near emission sources of inorganic arsenic, such as smelters, have a moderately elevated risk of lung cancer. There is no recommended safe level for inhalation exposure (WHO 2000). Arsenic and cadmium compounds are predominantly concentrated in the fine particle mode (below 2.5 μm), whereas nickel compounds have a significant share in the coarse mode around or even above 10 μm.

Lead and Cu in the particulate matter mainly originate from heavy industry, coal burning, metallurgical smelters, and traffic (Razos and Christides 2010). Average Pb levels in the ambient air are usually below 0.15 μg/m^3 at the rural sites. Urban ambient air Pb levels typically range between 0.15 and 0.5 μg/m^3 in most European cities (EC 2000). Pb is a neurotoxin that accumulates both in soft tissues and the bones, damaging the nervous system and causing brain disorders.

Cadmium is a toxic metal for most living species. Typical Cd levels in the airborne aerosol or in settled dust are 0.1–0.4 ng/m^3 in rural areas, 0.2–2.5 ng/m^3 at urban background and traffic-related sites, and up to 20 ng/m^3 at industrial sites (EC 2000). Cadmium and Cd compounds are classified as group 1 human carcinogens because that cadmium can produce lung cancers in humans exposed by inhalation. Cd and Ni compounds in particulate matter mainly originate from coal and fuel oil combustion processes, metallurgical industry, and road transport (EC 2000).

Nickel is released into air and water both from natural sources and as a result of human activity. Typical Ni levels in the airborne aerosol or in settled dust are 0.4–2 ng/m^3 in rural areas, 1.4–13 ng/m^3 at urban background and traffic-related sites, and up to 50 ng/m^3 near industry (EC 2000). Continuous exposure to Ni can produce both dermatitis and respiratory disorders (Razos and Christides 2010). If exposed through inhalation, Ni compounds are concerned as human carcinogens (EC 2000).

Copper is most commonly present in the earth's crust as copper-iron-sulfide and copper sulfide minerals: chalcopyrite ($CuFeS_2$), bornite (Cu_5FeS_4), and chalcocite (Cu_2S) (Dimitrijević et al. 2009). The vast majority of copper extraction from these minerals is pyrometallurgical with particulate matter and sulphur oxides being a key component of smelter emissions (Tasić et al. 2010). Primary metal and metalloid constituents of the particulate matter emitted by the copper smelter are Cu and Fe oxides and other elements, such as As, Sb, Pb, and Zn (Gonzales-Castanedo et al. 2014). Whether Cu is carcinogenic has not been determined yet. Long-term exposure to Cu can cause irritation of the nose, mouth, and eye mucous tissue together with headaches, stomach aches, dizziness, vomiting, and diarrhea. Industrial exposure to copper fumes, dust, or mists may result in metal fume fever with atrophic changes in nasal mucous membranes (EC 2000). Also, chronic Cu poisoning results in a hepatic cirrhosis, brain damage, renal disease, and copper deposition in the cornea.

One of the largest copper mines, as well as the copper smelter in Europe, is located in the Municipality of Bor. Mining production started in 1903 with exploitation the only underground mine, followed by exploitation of three other open pits in the Bor area (Bor, V.Krivelj and Cerovo). Fugitive emissions from the open pits, ore waste heaps, flotation waste heaps, and copper smelter, together with the emissions from point sources in the copper smelter are the main sources of PM in the Municipality of Bor (see Fig. 1).

In this study, As and heavy metal (Pb, Cd, Ni, and Cu) content in TSP and PM_{10} in the urban-industrial

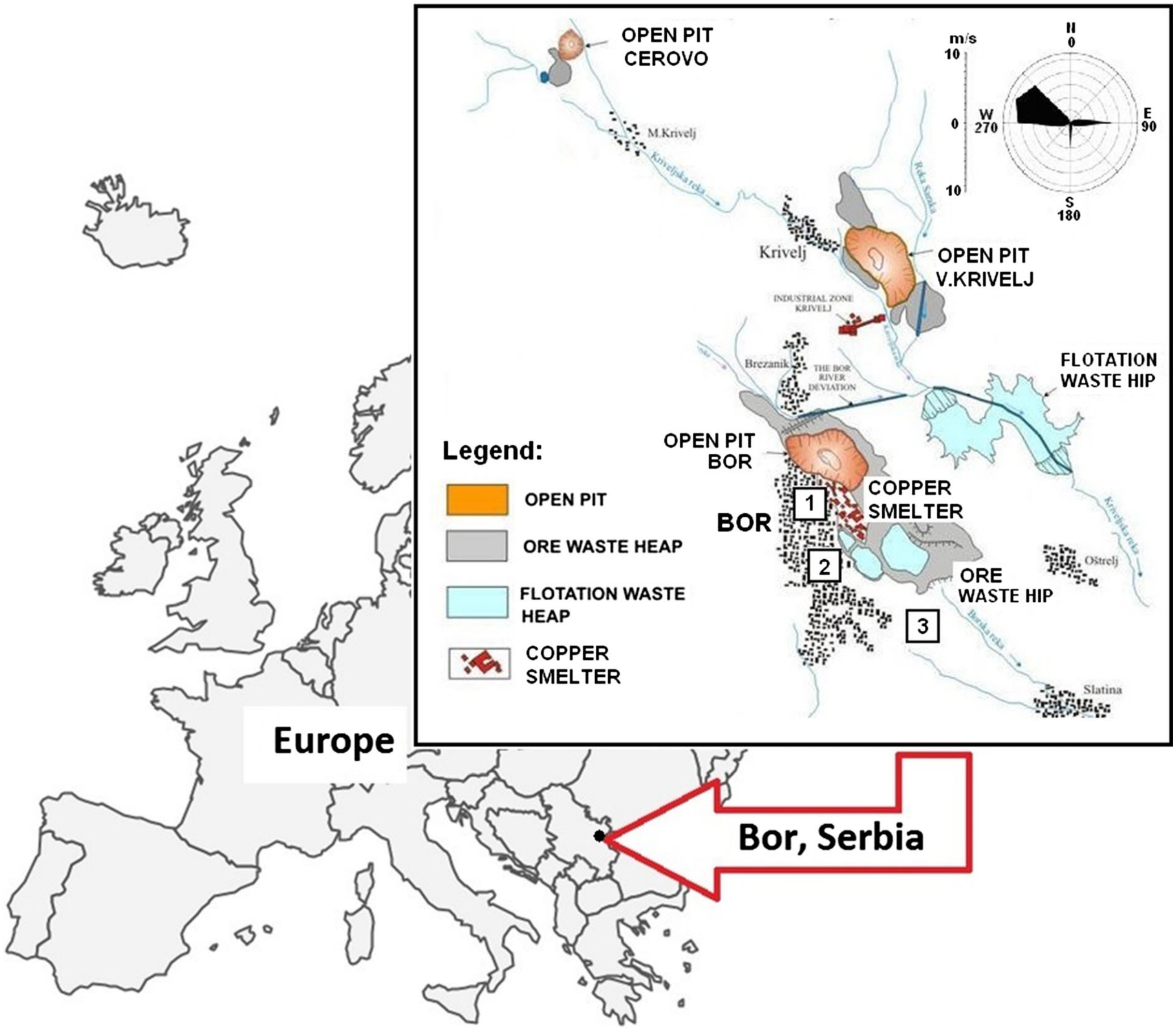


Fig. 1 Location of Mining and Smelter Complex Bor with sampling points marked (*1* Park, *2* Institute, *3* Jugopetrol)

(Park and Institute) and suburban areas (Jugopetrol) in the Bor town were analyzed during the period from 2004 to 2015 due to better understanding of seasonal and temporal changes of those pollutants in the suspended particles (see Fig. 1). Also, concentration trends and correlations between the measuring points and selected heavy metals have been explored.

The Serbian Government has invested notable means in the building of the new copper smelter and sulfuric acid factory in Bor, which started to operate in 2016. One goal of this research was to provide a solid basis for future research concerning the effects of the operation of the new copper smelter on air quality in the Municipality of Bor as well as in the surrounding areas. The impact of new smelter on air quality can be observed by comparisons of the TSP, PM_{10}, and heavy metal concentrations presented in this work with PM_{10} and heavy metal concentrations in the future because it is not expected that the PM emission intensity from the other PM sources in the Municipality of Bor could be changed in the near future.

2 Study Area

The Municipality of Bor is located in Europe on the Balkan Peninsula in the east of the Republic of Serbia, as shown in Fig. 1. With about 50,000 inhabitants in urban and rural settlements, the Municipality of Bor has been the major center of copper and other precious metal mining and processing for more than a century.

The Mining and Smelter Complex Bor (RTB Bor) is the largest environmental pollution source in the region with an annual emission of over 200,000 t of sulfur dioxide and 300 t of arsenic (Kovačević et al. 2010).

The ore melted in the copper smelter in Bor is of the chalcopyrite-pyrite type with the increased contents of arsenic, found in the form of enargite (Cu_3AsS_4) and tennantite ($Cu_6[Cu_4(Fe, Zn)_2]As_4S_{13}$). The oxidation, roasting, and melting of such mineral forms result in increased heavy metal oxides and SO_2 gas which, in certain quantities, contaminate the environment. Outdated technology for copper production (classic pyrometallurgy with melting in furnaces and utilization of SO_2 gas in production of H_2SO_4 with degree of utilization <60%) is the main source of the environmental pollution of large areas surrounding the smelter (air, water, and soil). Some previous studies (Dimitrijević et al. 2009; Djordjevic et al. 2013; Serbula et al. 2010, 2013; Tasić et al. 2010) have dealt with the SO_2 and PM concentrations and exceedance of air quality standards in the Bor municipality area. Also, in the references (Dimitrijević et al. 2009; Djordjevic et al. 2013; Kovačević et al. 2010; Nikolić et al. 2010; Serbula et al. 2010, 2014), As and heavy metal concentrations (Cu, Pb, Cd, Hg, and Ni) in TSP and PM_{10} were analyzed. Almost all the obtained results show increased contents of As in TSP and sporadic occurrence of elevated concentrations of Pb, Cd, Ni, and Hg.

3 Materials and Methods

Monitoring of SO_2 and soot concentrations in the Bor town commenced in 1976, while monitoring of meteorological parameters started in 1980. Results presented in this paper cover sampling campaigns conducted by the Mining and Metallurgy Institute Bor, Department for Chemical and Technical Control, for the period from 2004 to 2015, at three locations, as shown in Fig. 1.

3.1 Sampling Locations

Urban-industrial measuring point park is located downwind of the E prevailing wind from the copper smelter. This location is within the Town Park in Bor, about 650 m W from the copper smelter. Urban-industrial measuring point Institute is located downwind of NE prevailing wind from the copper smelter. This location is about 2 km S-SW from the copper smelter. Suburban-industrial measuring point Jugopetrol is located downwind of NW prevailing wind from the copper smelter. This location is 2 km S-SE from the copper smelter.

3.2 Sampling Equipment and Procedures

The M-TYPE sampler (AGL Air Industries, GB) was used to collect TSP on a Sartorius 13,400 glass microfiber filters during a 10-year period (2004 to 2013). The airflow rate for the M-TYPE sampler was 25–30 m^3/24 h (Serbula et al. 2014). Due to change in the national legislation, measurements of TSP were replaced with the measurements of PM_{10} since 2013. The SVEN/LECKEL LVS3 sampler with the airflow rate 50 m^3/24 h was used for PM_{10} sampling and Whatman QM-A 47 mm quartz filters as the collection medium. Samples were collected on a daily base (9 a.m.–9 a.m.). During the campaign, a minimum of 7 consecutive daily samples per month was collected at each measuring point.

The filter mass was determined before and after the exposure following the procedure proposed by the EN12341 standard. The loaded filters, after gravimetric measurements, were prepared for chemical analyses following the procedure from CEN/TC 264 N779 (EU 2008). The concentrations of As, Pb, Cd, Ni, and Cu were determined by graphite furnace atomic absorption spectrometry (GF AAS; Perkin Elmer model 1100B) and with inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP MS; Agilent model 7700). The detection limit for determining As by the GF AAS method was in the range from 0.7 to 2 ng/m^3 (Serbula et al. 2010, 2014). The detection limits for Pb, Cd, Ni, and Cu determined by the GF AAS method were 0.7, 0.7, 0.07, and 7 ng/m^3, respectively (Serbula et al. 2014). The detection limits for As, Pb, Cd, and Ni determined by the ICP MS method were 0.1, 0.5, 0.02, and 0.7 ng/m^3, respectively. Urban particulate matter Certified Reference Material 1648a (National Institute of Standard and Technology, MD, USA) was analyzed for quality control and verification of the applied procedures for microwave digestion and trace element analysis (Kovačević et al. 2010). Recoveries were in the range from 80 to 120% for all measured elements. Statistical software SPSS 17.0 for Windows was used for data processing.

4 Results and Discussion

4.1 TSP and PM10 Levels and Content of Heavy Metals (Pb, Cd, Ni, and Cu) and As in the Ambient Air in Bor

According to national legislation (Official Gazette of RS 2013), with an aim to protect human health, the allowed annual concentration threshold for TSP is 70 μg/m^3. Similarly, the allowed annual concentration threshold for PM_{10} is 40 μg/m^3. Same regulation prescribes annual limits for Pb, Cd, Ni, and As contents in PM_{10} of 500, 5, 20, and 6 ng/m^3, respectively. According to the data shown in Table 1, in the studied period, TSP and PM_{10} levels were usually below the prescribed annual limits at all measuring locations. The TSP levels were above the limit only in 2012 at Institute (73.8 μg/m^3) and Jugopetrol (80.1 μg/m^3). PM_{10} levels in the ambient air obtained in the present study are in a good agreement with the previously published results (Tasić et al. 2010, 2012). According to Serbian Environmental Protection Agency (SEPA) annual report for 2010, the average annual PM_{10} level, measured in Bor at Park (31 μg/m^3), was among the lowest compared with the PM_{10} levels and measured in other Serbian cities (SEPA 2010). Similar PM_{10} levels were obtained near large copper smelter at Huelva, Spain (Fernández-Camacho et al. 2012; Gonzales-Castanedo et al. 2015; Sanchez de la Campa et al. 2008).

According to data shown in Table 1, Pb level in PM_{10} at Park in 2014 (502 ng/m^3) exceeded the limit value. Pb particle size distribution appears as bimodal with the first peak in fine PM fraction, at 2 μm, and the second peak in coarse PM fraction, at 6.8 μm (Chang et al. 2000). Pb level in PM_{10} at Park in 2013 was also above the limit value (938 ng/m^3) because of the particle size distribution of Pb and an average PM_{10}/TSP ratio of 0.7 (Tasić et al. 2010). Pb level in PM_{10} at Institute was below the limit value for the whole studied period. As it was described previously, we assume that Pb level in PM_{10} at Jugopetrol was above the limit value in 2013. Such increase in Pb levels at Park and Jugopetrol during 2013 and 2014 is certainly caused by processing the copper concentrates and burning fuels (coal) with higher Pb content, as well as the discharge of waste gasses without the proper treatment. Measuring locations Park and Jugopetrol are at the dominant wind directions relative to the copper smelter (as shown in Fig. 1) while Institute is not, meaning that Institute is least impacted by waste gas emissions from the copper smelter facilities (Tasić et al. 2013). Annual SO_2 levels at Park and Jugopetrol in 2013 and 2014 were 3–6 times higher than the annual limit value, as shown in Table 2. The emissions of waste gasses and particulate matter from the stationary sources in the copper smelter were increased in 2013 and 2014. Pb levels determined in PM_{10} at all measuring locations in Bor were mostly higher compared with Pb levels determined in PM_{10} near similar industrial facilities worldwide (Chang et al. 2000; Pekey et al. 2010; Razos and Christides 2010).

Relative size distribution for As, Cd, and Ni compounds in PM_{10} is shown in Fig. 2. The distribution of the vast majority of As, Cd, and Ni compounds was in the PM_{10} fraction (EC 2000). Consequently, the limit values for As, Cd, and Ni compounds in PM_{10} can be applied to the content of those elements in TSP with a relative error estimate about 10–30%. Therefore, Cd level in PM_{10} at Park was above or equal to the limit value recorded during 2010 and in 2013. Cd level in PM_{10} was above the limit value in 2014 at Institute while at Jugopetrol was above or equal to the limit value in the period 2012–2015. Exceedance of Cd levels beyond annual limit probably occurred due to the processing of copper concentrates with higher Cd content, as well as due to discharge of the copper smelter waste gasses without the proper treatment. In addition, increases in Cd level at Jugopetrol were very likely caused by incineration of the municipal waste at town landfill, located in the vicinity of this measuring location. Cd levels determined in PM_{10} in Bor were several times higher than Cd levels determined in PM_{10} in Huelva, Spain (Fernández-Camacho et al. 2012; Gonzales-Castanedo et al. 2015; Sanchez de la Campa et al. 2008, 2011a, b) and in the heavy metal industrial facilities in Elefsis, Greece (Razos and Christides 2010). Ni content in PM_{10} in Bor was below the limit value during the whole studied period. Ni levels determined in PM_{10} in Bor were similar compared with the Ni levels determined in PM_{10} near Huelva, Spain (Fernández-Camacho et al. 2012; Gonzales-Castanedo et al. 2014; Sanchez de la Campa et al. 2011a, b), but several times lower than those determined in Elefsis, Greece (Razos and Christides 2010). Cu content in TSP in Bor varies between 0.1 and 1.6 μg/m^3. The limit value for Cu content in PM_{10} has not been prescribed yet. Regardless, Cu contents in TSP determined in Bor were several times higher compared to Cu levels in PM_{10} in Huelva, Spain (Fernández-Camacho et al. 2012; Sanchez de la Campa et al. 2008, 2011a, b) and

Table 1 Mean annual levels of TSP, PM_{10}, Pb, Cd, Ni, Cu, and As at Park (P), Institute (IN), and Jugopetrol (JP) in the time interval from 2004 to 2015 (*N* number of samples, *LV* annual limit, <*LD* lower than the limit of detection, − no data)

TSP										
Year	*N*	P_TSP ($\mu g/m^3$)	IN_TSP ($\mu g/m^3$)	JP_TSP ($\mu g/m^3$)	P_Pb (ng/m^3)	IN_Pb (ng/m^3)	JP_Pb (ng/m^3)	P_Cd (ng/m^3)	IN_Cd (ng/m^3)	JP_Cd (ng/m^3)
2004	70	49.3	45.7	48.2	221	106	208	3.3	5.7	7.2
2005	84	45.3	43.4	52.8	8	17	33	1.3	0.6	2.3
2006	56	39.2	46.1	53.9	88	17	180	1.6	4.3	4.7
2007	70	43.8	35.2	44.2	120	192	200	4.9	1.6	2.6
2008	84	49.7	37.8	50.8	118	110	175	2.4	2	2.5
2009	84	40.7	39.6	43.5	108	100	142	2.3	1.9	1.9
2010	63	42.4	43.8	49.5	88	113	100	7.7	6.3	5.6
2011	63	51.2	50.2	57.2	90	178	150	5.4	2.7	6.1
2012	70	63.3	73.8	80.1	180	437	628	5	2.4	7.6
2013	75	55.4	51.1	62.9	275	938	805	12.2	4.2	8.6
PM_{10}										
Year	*N*	P_PM_{10} ($\mu g/m^3$)	IN_PM_{10} ($\mu g/m^3$)	JP_PM_{10} ($\mu g/m^3$)	P_Pb (ng/m^3)	IN_Pb (ng/m^3)	JP_Pb (ng/m^3)	P_Cd (ng/m^3)	IN_Cd (ng/m^3)	JP_Cd (ng/m^3)
2014	68	22.6	38.4	31.0	289	502	344	4.2	5.7	9.1
2015	63	26.5	30.6	27.7	67	207	253	4.3	2	10.0
LV		40	40	40	500	500	500	5	5	5

TSP									
Year	P_Ni (ng/m^3)	IN_Ni (ng/m^3)	JP_Ni (ng/m^3)	P_Cu (ng/m^3)	IN_Cu (ng/m^3)	JP_Cu (ng/m^3)	P_As (ng/m^3)	IN_As (ng/m^3)	JP_As (ng/m^3)
2004	<LD	<LD	<LD	–	–	–	30.7	–	51.5
2005	<LD	<LD	<LD	75	142	108	23.7	9.7	23.0
2006	<LD	<LD	<LD	167	175	410	31.1	17.7	41.3
2007	<LD	<LD	<LD	858	540	975	25.0	21.0	29.4
2008	<LD	<LD	<LD	1200	1081	1600	18.7	15.4	42.9
2009	<LD	<LD	<LD	639	893	1097	9.2	11.7	20.6
2010	<LD	<LD	<LD	1313	715	783	5.7	89.8	25.7
2011	<LD	<LD	<LD	–	–	1250	38.0	12.3	26.5
2012	1.2	<LD	1.3	–	–	–	91.5	45.2	119.3
2013	2.4	1.4	2.4	–	–	–	85.6	32.0	105.8
PM_{10}									
Year	P_Ni (ng/m^3)	IN_Ni (ng/m^3)	JP_Ni (ng/m^3)	P_Cu (ng/m^3)	IN_Cu (ng/m^3)	JP_Cu (ng/m^3)	P_As (ng/m^3)	IN_As (ng/m^3)	JP_As (ng/m^3)
2014	3.4	3.4	3.2	–	–	–	37.9	34.1	46.1
2015	4.2	4	3.2	–	–	–	60.7	26.4	109.7
LV	20	20	20	–	–	–	6	6	6

Table 2 Mean annual levels of SO_2, number of days above the daily limit, and annual Cu production in the period from 2001 to 2015 (*LV* annual limit value, *ADLV* number of days above daily limit value, − no data)

Year	SO_2 Park ($\mu g/m^3$)	Park ADLV	SO_2 Institute ($\mu g/m^3$)	Institute ADLV	SO_2 Jugopetrol ($\mu g/m^3$)	Jugopetrol ADLV	Cu production (t/year)
2001	108.3	142	14.4	–	83.3	89	32,364.6
2002	123.7	123	15.7	5	66.0	40	35,896.9
2003	75.3	39	55.8	28	61.7	28	14,029.1
2004	114.0	67	28.7	9	176.7	84	11,997.8
2005	159.0	119	22.4	21	232.2	155	31,284.0
2006	93.8	132	61.5	25	198.8	144	41,326.6
2007	161.3	109	50.9	20	171.3	150	30,377.0
2008	125.5	69	69.0	22	146.3	126	33,677.6
2009	139.6	36	140.5	–	109.4	83	26,748.7
2010	175.0	34	28.1	60	93.9	77	23,099.3
2011	199.2	163	74.3	68	284.3	138	28,448.6
2012	211.7	151	89.6	94	290.6	201	34,702.3
2013	227.5	172	84.3	74	184.6	195	35,840.2
2014	321.3	245	127.1	176	273.7	245	33,175.5
2015	240.8	204	145.8	169	262.9	214	44,646.3
LV	50		50		50		

Elefsis, Greece (Razos and Christides 2010). Cu levels in TSP can be explained by outdated technology for the waste gas treatment that was discharged from the main point sources in the copper smelter. Fugitive emissions of dust from the copper smelter facilities and from the nearby flotation tailings additionally elevate Cu content in TSP in Bor.

The content of As in PM_{10} in Bor was above the limit value during the whole studied period. An exception occurred in 2010 at Park when the content of As in TSP was 5.7 ng/m^3. The content of As determined in PM_{10} in Bor was several times higher compared with those determined near the industrial plants in Serbia (SEPA 2012) as well as in the city of Huelva, Spain (Fernández-Camacho et al. 2012; Gonzales-Castanedo et al. 2014; Sanchez de la Campa et al. 2008, 2011a, b).

4.2 Seasonal Variations of TSP and PM10 Content of Pb, Cd, Cu, and As in the Ambient Air in Bor

The data analysis showed that considering the entire observed period, there was no statistically significant difference (CI 95%) between mean levels of each observed element in the warm (April–September) and in the cold (October–March) period of the year (as shown in Figs. 3, 4, 5, and 6). Seasonal changes of the content of Ni in TSP are not graphically represented due to the insufficient amount of data.

Lower levels of selected elements in the warm season at Park (Pb 43%, Cd 19%, Ni 24%, Cu 4%, As 22%) and Institute (Pb 10%, Ni 7%, Cu 6%, As 39%) as well as higher levels of the observed elements at Jugopetrol (Pb 4%, Cd 30%, Ni 42%, Cu 7%, As 48%) compared with appropriate levels measured in the cold season could be attributed to the position of these sites relative to the point and area sources of TSP in and around the copper smelter and weather conditions (Tasić et al. 2010). Daily changes in PM_{10} levels, wind speed, and wind direction at Park in 2010 presented in Tasić et al. (2010) explain that wind speed and wind direction have the greatest impact on PM levels in Bor. The mean frequencies of 16 dominant wind directions in Bor in the period from 1998 to 2009 were presented in Kovačević et al. (2010). The frequency of winds from W-WNW-NW is about 20%, from ENE-E-ESE about 10%, and from S about 3% of days. A number of days without wind (wind speed <0.5 m/s) were 15% higher in the cold season than in the warm season in the period

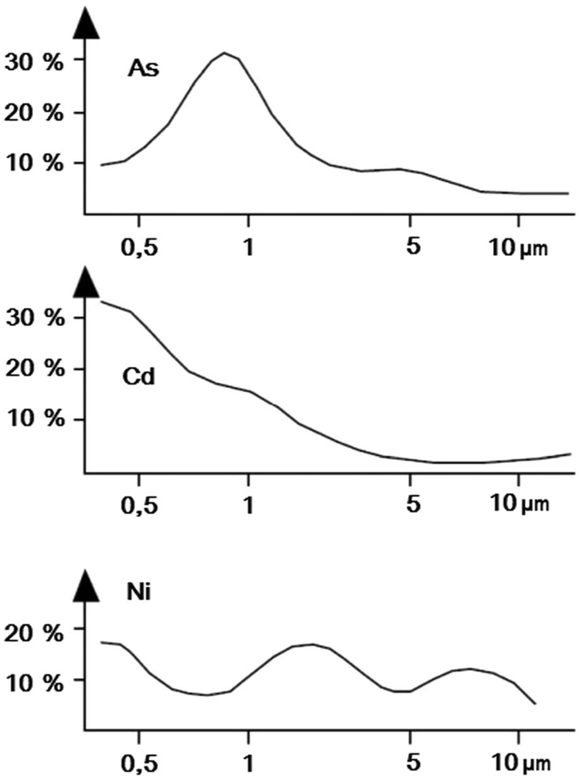


Fig. 2 Relative size distributions of As, Cd, and Ni compounds in PM_{10} (EC 2000)

from 2005 to 2010, in Bor. Jugopetrol is located at the opposite wind direction from the copper smelter and other nearby sources of suspended particles compared with Park and Institute. So, different weather conditions (speed and direction of wind) at measuring points can contribute to the seasonal differences in levels of selected elements in suspended particles.

4.3 Correlations between TSP and PM_{10} Content of As and Heavy Metals (Pb, Cd, Ni, and Cu) in the Ambient Air in Bor

The relationships between mean monthly values of TSP and PM_{10} content of As and heavy metals (Pb, Cd, Ni, and Cu) in the ambient air of Bor town were investigated by correlation analysis in the time interval from 2004 to 2015. Pearson's correlation coefficients (r) are shown in Table 3 (in Table 3 both TSP and PM_{10} referred as TSP). Measuring point Park is characterized by a strong positive correlation ($0.8 > r > 0.6$, $p < 0.01$) between the TSP and Pb and between TSP and As, as well as a moderate positive correlation ($0.6 > r > 0.4$, $p < 0.01$) between Pb, Cd, and As. Measuring point Institute is characterized by the moderate positive correlation between TSP and As, as well as a moderate positive correlation between Pb, Cd, and As. Also, the moderate negative correlation was detected between SO_2 and TSP. Measuring point Jugopetrol is characterized by a strong positive correlation between TSP and Pb, as well as a moderate positive correlation between TSP and As and between Pb and Cd, Cu, As, and SO_2. Strong and moderate positive correlation between elements points to a common source of air pollution at the particular measurement point (Table 3).

Between the measuring points Park and Institute, there is a strong (P_Cu and IN_Cu) and moderate positive correlation among the same elements, except Ni. Also, the moderate positive correlation between P_Pb and IN_TSP and between IN_Pb and P_TSP was detected. Between the measuring points Park and Jugopetrol, there is a strong (P_Cu and JP_Cu) and moderate positive correlation among the same elements, except SO_2. Also, moderate positive correlation was observed between P_Cu and JP_Pb, between P_As and JP_Pb, between P_As and JP_Cd, and between P_TSP and JP_Pb.

Between the measuring points Institute and Jugopetrol, there is a moderate positive correlation among IN_Pb and JP_Pb, IN_Cu and JP_Cu, IN_As and JP_As, and IN_TSP and JP_TSP. The moderate positive correlation was also detected between IN_Pb and JP_Cu, between IN_As and JP_Ni, and between IN_SO_2 and JP_Cd. Strong and moderate positive correlation between elements at different measuring points indicates a common source of air pollution. Also, a moderate positive correlation was determined between monthly production of cathode copper (CuPro) and P_Pb, as well as poor ($0.4 > r > 0.2$, $p < 0.05$) positive correlation between CuPro and P_As and between CuPro and JP_Pb.

A large number of results shown in Table 3 are in accordance with the results from a reference (Serbula et al. 2014) observing the period from 2005 to 2007. The key reason for differences among correlations for specific elements

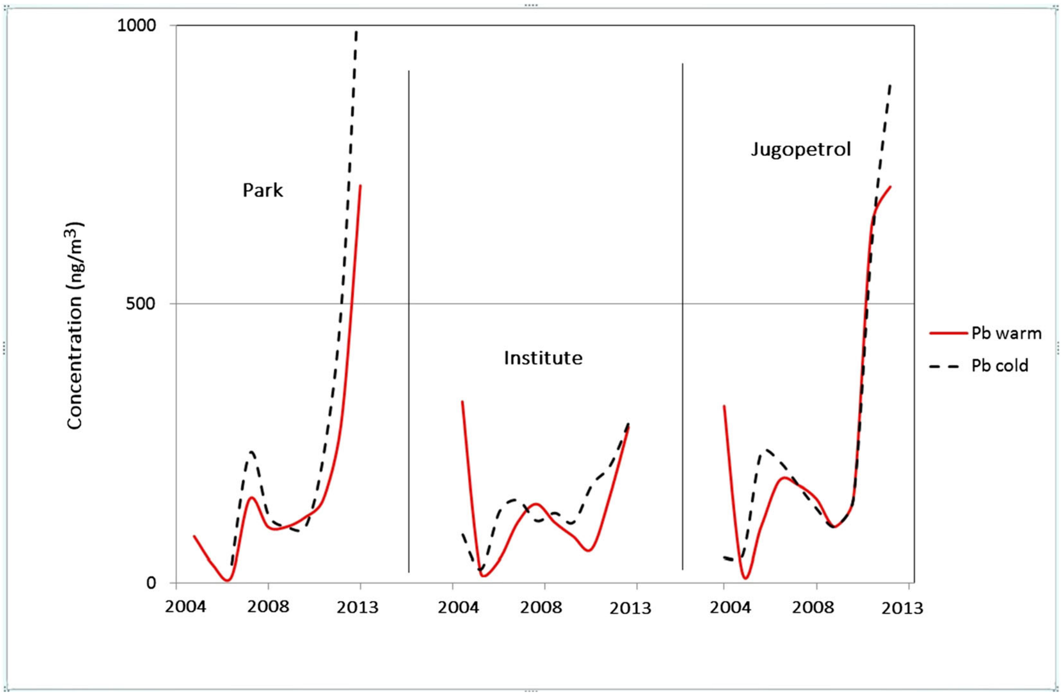


Fig. 3 Seasonal variations of Pb levels in TSP in Bor

and measuring points most likely is different time distribution of observation periods, weather conditions, and operating modes within the copper smelter.

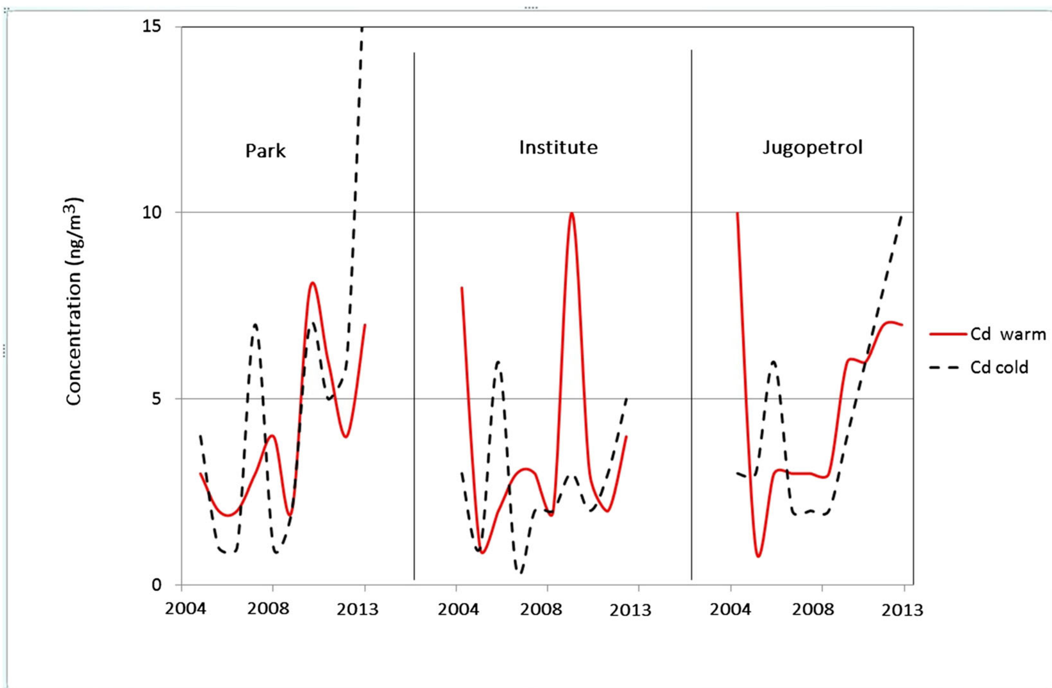


Fig. 4 Seasonal variations of Cd levels in TSP in Bor

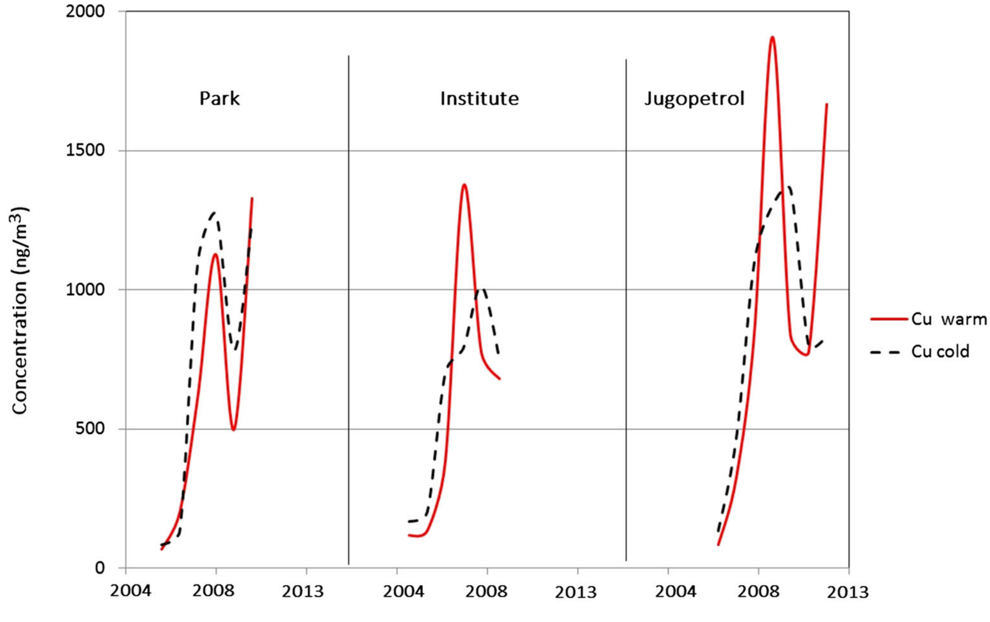


Fig. 5 Seasonal variations of Cu levels in TSP in Bor

4.4 Enrichment Factor

The degree of enrichment for a given element compared to its relative abundance in crustal material can be used to evaluate the strength of the crustal and non-crustal sources. The Al is the common reference element for crustal particles in enrichment factor (EF) calculations because its

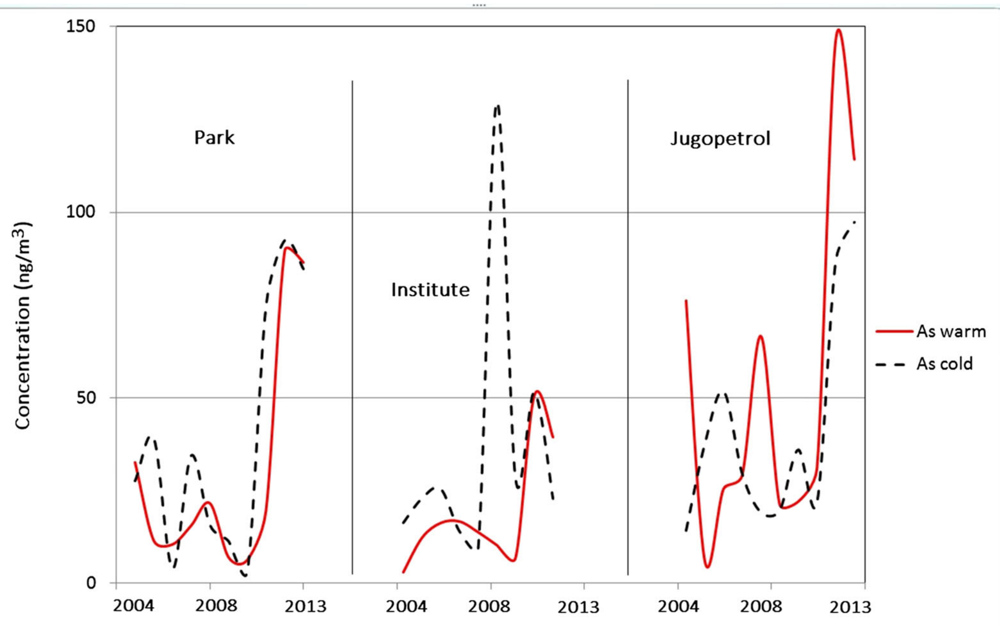


Fig. 6 Seasonal variations of As levels in TSP in Bor

Table 3 Pearson's correlation coefficients between mean monthly levels of Pb, Cd, Ni, Cu, As, TSP, SO_2, and Cu production (CuPro) at Park (P), Institute (IN), and Jugopetrol (JP) for the period 2004 to 2015

	P_Pb	P_Cd	P_Ni	P_Cu	P_As	P_TSP	P_ SO_2	IN_Pb	IN_Cd	IN_Ni	IN_Cu	IN_As	IN_TSP	IN_ SO_2	JP_Pb	JP_Cd	JP_Ni	JP_Cu	JP_As	JP_ TSP	JP_ SO_2	CuPro
P_Pb	1																					
P_Cd	**0.541**	1																				
P_Ni	0.033	0.174	1																			
P_Cu	0.230	0.102	–	1																		
P_As	**0.491**	0.413	0.217	0.064	1																	
P_TSP	**0.597**	0.305	0.041	0.067	**0.619**	1																
P_ SO_2	0.208	0.034	0.069	0.087	0.054	−0.205	1															
IN_Pb	0.426	0.237	0.113	0.282	0.370	0.404	−0.038	1														
IN_Cd	0.043	0.400	0.006	0.035	0.005	0.134	0.090	**0.516**	1													
IN_Ni	0.297	0.329	0.313	–	0.113	−0.128	−0.297	0.094	0.058	1												
IN_Cu	0.143	0.039	–	**0.640**	0.196	0.034	−0.023	0.271	0.050	–	1											
IN_As	0.255	0.121	0.008	0.102	**0.486**	0.388	−0.038	**0.437**	0.459	0.233	0.081	1										
IN_TSP	0.407	0.245	0.141	0.023	0.392	**0.586**	−0.291	0.258	0.153	0.187	0.021	0.512	1									
IN_ SO_2	0.176	0.301	0.040	0.086	0.215	−0.232	**0.406**	−0.012	0.239	0.192	0.136	0.015	−0.383	1								
JP_Pb	0.475	0.229	0.264	**0.360**	**0.417**	**0.549**	−0.277	**0.324**	0.078	0.173	0.162	0.160	0.272	−0.178	1							
JP_Cd	0.306	0.403	0.276	0.011	**0.426**	0.061	0.090	0.212	0.226	0.206	−0.123	0.215	−0.033	0.350	**0.668**	1						
JP_Ni	0.015	0.092	0.438	–	0.187	−0.069	0.272	0.026	0.275	0.174	–	0.407	−0.088	0.239	0.265	0.255	1					
JP_Cu	0.125	0.043	–	**0.649**	0.148	−0.075	−0.093	**0.352**	0.107	–	**0.571**	0.033	0.067	0.064	**0.438**	0.125	–	1				
JP_As	0.213	0.300	0.050	−0.050	**0.599**	0.293	−0.012	−0.272	−0.070	0.144	0.017	0.446	0.108	−0.032	**0.581**	0.298	0.243	0.225	1			
JP_TSP	0.203	0.110	0.206	0.056	0.402	**0.519**	−0.306	−0.100	−0.099	0.223	−0.096	**0.471**	**0.575**	−0.252	**0.620**	0.163	0.282	0.143	**0.457**	1		
JP_ SO_2	0.030	0.038	0.112	0.038	0.006	−0.027	−0.100	0.137	0.300	0.123	−0.245	0.094	0.101	0.285	0.404	0.140	0.074	−0.291	0.190	0.291	1	
CuPro	0.462	0.203	0.062	0.243	0.245	0.200	0.108	0.047	0.101	0.083	−0.169	−0.090	−0.143	0.253	0.208	0.073	0.042	−0.097	0.286	0.301	0.242	1

Values in **bold**: correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). Values in underline: correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

– cannot be computed.

Table 4 Mean values of EF for Pb, Cd, Ni, Cu, and As in the warm and cold seasons at Park, Institute, and Jugopetrol in the period 2004 to 2015

Location	Season	Pb	Cd	Ni	Cu	As
Park	Warm	3630	6096	5.6	2693	3575
	Cold	5132	7111	5.9	3320	4471
Institute	Warm	3109	5678	5.5	2416	3709
	Cold	2925	3545	5.4	2451	2789
Jugopetrol	Warm	4926	8173	5.3	2772	5824
	Cold	4956	6567	4.0	3251	4032

anthropogenic sources are negligible. The EF is defined as follows:

$$\mathrm{EF} = \frac{\left(\frac{X}{Al}\right)_{\mathrm{air}}}{\left(\frac{X}{Al}\right)_{\mathrm{crust}}} \quad (1)$$

where $(X/Al)_{\mathrm{air}}$ and $(X/Al)_{\mathrm{crust}}$ refer to the ratio of concentration of element X to that of Al in the air and in the average crustal material, respectively (Wang et al. 2006). Based on the EF value, elements can be grouped as follows: very enriched (EF > 100), medium-enriched (10 < EF < 100), and low-enriched (EF < 10) (Wang et al. 2006). The EF calculated from the filter samples collected around four of the biggest smelters in Chile, showing strong enrichment of Pb, As, Cu, and Ni (Gidhagen et al. 2002). The EF calculated for Pb, Cd, Ni, Cu, and As in Bor is shown in Table 4. Most of heavy metals (Pb, Cd, and Cu) and As had very high EF values. Such high EF values indicated predominantly anthropogenic origin of those elements. On the contrary, low enrichment of Ni particles indicated absence of anthropogenic origin and showing the background level for this metal in the vicinity of copper smelter in Bor. Further, low enrichment of Ni is in good agreement with the pure or very pure ($0.2 > r > 0.0$) Pearson's correlation of Ni and other elements shown in Table 4. The EF values of all the selected elements except Ni were lower at Institute than at Park and Jugopetrol. This supports the fact that anthropogenic pollution at the measuring point Institute has a lower intensity compared to the Park and Jugopetrol. EF values of selected elements at Park were lower in the warm season than in the cold season.

5 Conclusions

In this study, the content of heavy metals (Pb, Cd, Ni, and Cu) and As in TSP and PM_{10} clo se to the copper smelter in Bor has been analyzed within the period from 2004 to 2015. Selected elements were determined from TSP and PM_{10} samples collected at three locations in the Bor town urban (2) and suburban area (1). The mean annual level of TSP was higher than the national annual limit value only in 2012 at Park and Jugopetrol. The content of As in PM_{10} in the whole period of observation was above the annual limit value at all measuring points. The Cd level contents were periodically above the annual limit value, as follows: Park 17%, Institute 8%, and Jugopetrol 33% of the observed period. Pb level was above the annual limit value only at Park (2013 and 2014) and at Jugopetrol (2013). It was found that there were no statistically significant changes between means of the observed elements during the cold (October–March) and warm (April–September) periods. By applying the correlation analysis, a strong positive (Cu) and moderate positive correlation (Pb, Cu, As, and TSP) was detected between the concentrations of the same element at all of the observed measuring points. Additionally, by the enrichment factor analysis, Cd was found as the most enriched heavy metal followed by Pb, As, and Cu. The EF values of all selected elements except Ni were lower at Institute than at Park and Jugopetrol.

The above analysis shows that the anthropogenic sources are the most dominant ones for As, Cd, Pb, and Cu particles in TSP and PM_{10} in Bor, while low enrichment of Ni particles indicated absence of dominant anthropogenic sources and showing the background level for this metal in the vicinity of copper smelter in Bor. The constant air pollution with As particles, sometimes in concentrations even 20 times higher than the permitted annual value, requires urgent undertaking of concrete actions in order to reduce anthropogenic emission of suspended particles in Bor.

For reduction of air pollution emissions from the copper smelter in Bor, introduction of new technologies for the copper smelting process is necessary. The Serbian Government has invested notable means in building of a new copper smelter and sulfuric acid factory in Bor, which started to operate in 2016. One important goal of this research was to provide a solid basis for future research concerning the effects of the operation of a new copper smelter on air quality in the Municipality of Bor, as well as in the surrounding areas.

Acknowledgements This work was partly funded by the Grant of the Ministry of Education, Science, and Technological Development of Republic of Serbia, as a part of Project III42008: "Evaluation of Energy Performances and Indoor Environment Quality of Educational Buildings in Serbia with Impact to Health."

The authors would like to thank the Serbian Environmental Protection Agency and COST Action IS1408: "Industrially Contaminated Sites and Health Network," for the technical assistance.

References

Anderson, H. R., Bremner, S. A., Atkinson, R. W., Harrison, R. M., & Walters, S. (2001). Particulate matter and daily mortality and hospital admissions in the west midlands conurbation of the United Kingdom: associations with fine and coarse particles, black smoke and sulphate. *Occupational and Environmental Medicine, 58*, 504–510.

Atkinson, R. W., Fuller, G. W., Anderson, H. R., Harrison, R. M., & Armstrong, B. (2010). Urban ambient particle metrics and health: a time series analysis. *Epidemiology, 21*(4), 501–511.

Chang, M. B., Huang, C. K., Wu, H. T., Lin, J. J., & Chang, S. H. (2000). Characteristics of heavy metals on particles with different sizes from municipal solid waste incineration. *Journal of Hazardous Materials, 79*, 229–239.

Dimitrijević, M., Kostov, A., Tasić, V., & Milošević, N. (2009). Influence of pyrometallurgical copper production on the environment. *Journal of Hazardous Materials, 164*(2–3), 892–899.

Djordjevic, P., Nikolic, D., Jovanovic, I., Mihajlovic, I., Savic, M., & Zivkovic, Z. (2013). Episodes of extremely high concentrations of SO_2 and particulate matter in the urban environment of Bor, Serbia. *Environmental Research, 126*, 204–207.

EU 2008/30/CE. (2008). Council directive on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Official Journal of the European Union, 152*, 1–44. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0050. Accessed 8 October 2016.

EC 2000, Working Group on As, Cd and Ni compounds. (2000). *Air pollution by As, Cd and Ni compounds, Position Paper*. Final Version, October 2000. http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/pp_as_cd_ni.pdf. Accessed 8 Oct 2016.

Fernández-Camacho, R., Rodríguez, S., de la Rosa, J., Sánchez de la Campa, A. M., Alastuey, A., Querol, X., González-Castanedo, Y., Garcia-Orellana, I., & Nava, S. (2012). Ultrafine particle and fine trace metal (As, Cd, Cu, Pb and Zn) pollution episodes induced by industrial emissions in Huelva, SW Spain. *Atmospheric Environment, 61*, 507–517.

Gidhagen, L., Kahelin, H., Schmidt-Thomé, P., & Johansson, C. (2002). Anthropogenic and natural levels of arsenic in PM_{10} in central and northern Chile. *Atmospheric Environment, 36*(23), 3803–3817.

Gonzales-Castanedo, J., Moreno, T., Fernandez-Camacho, R., Sanchez de la Campa, A., Alastuey, A., Querol, X., & De la Rosa, J. (2014). Size distribution and chemical composition of particulate matter stack emissions in and around a copper smelter. *Atmospheric Environment, 98*, 271–282.

Gonzales-Castanedo, J., Sanchez-Rodas, D., Fernandez-Camacho, R., Sanchez de la Campa, A. M., Pandolfi, M., Alastuey, A., Querol, X., de la Rosa, D., & J. (2015). Arsenic species in atmospheric particulate matter as tracer of the air quality of Donana Natural Park (SW Spain). *Chemosphere, 119*, 1296–1303.

Lippmann, M. (2002). *Total suspended particles (TSP), Encyclopedia of Public Health.*, http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-3404000854.html. Accessed 8 Oct 2016.

Kampa, M., & Castanas, E. (2008). Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution, 151*(2), 362–367.

Kovačević, R., Jovašević-Stojanović, M., Tasić, V., Milošević, N., Petrović, N., Stanković, S., & Matić-Besarabić, S. (2010). Preliminary analysis of levels of arsenic and other metallic elements in PM_{10} sampled near copper smelter Bor (Serbia). *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 16*(3), 269–279.

Nikolić, Đ., Milošević, N., Mihajlović, I., Živković, Ž., Tasić, V., Kovačević, R., & Petrović, N. (2010). Multi-criteria analysis of air pollution with SO_2 and PM_{10} in urban area around the copper smelter in Bor, Serbia. *Water, Air, and Soil Pollution, 206*(1), 369–383.

Official Gazette of RS (no. 75/10, 11/10 and 63/13) (2013). *Regulation for the conditions and requirements for monitoring air quality*. Official Gazette of RS. http://www.ats.rs/sr/dokument/uredba-o-uslovima-za-monitoring-i-zahtevima-kvaliteta-vazduha-slglasnik-republike-srbije-br. Accessed 8 Oct 2016. (in Serbian).

Pekey, B., Bozkurt, Z. B., Pekey, H., Doğan, G., Zararsız, A., Efe, N., & Tuncel, G. (2010). Indoor/outdoor concentrations and elemental composition of PM10/PM2.5 in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey. *Indoor Air, 20*(2), 112–125.

Pope, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Kazuhiko, I., et al. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association, 287*(9), 1132–1141.

Pope, C. A., Rodermund, D. L., & Gee, M. M. (2007). Mortality effects of a copper smelter strike and reduced ambient sulfate particulate matter. *Environmental Health Perspectives, 115*(5), 679–683.

Razos, P., & Christides, A. (2010). An investigation on heavy metals in an industrial area in Greece. *International Journal of Environmental Research, 4*(4), 785–794.

Sanchez de la Campa, A. M., De la Rosa, J. D., Fernandez-Caliani, J. C., & Gonzales-Castanedo, J. (2011a). Impact of abandoned mine waste on atmospheric respirable particulate matter in the historic mining district of Rio Tinto (Iberian Pyrite Belt). *Environmental Research, 111*(8), 1018–1023.

Sanchez de la Campa, A. M., De la Rosa, J. D., Gonzalez-Castanedo, Y., Fernandez-Camacho, R., Alastuey, A., Querol, X., Stein, A. F., Ramos, J. L., Rodríguez, S., García Orellana, I., & Nava, S. (2011b). Levels and chemical composition on PM in a city near a large Cu-smelter in Spain. *Journal of Environmental Monitoring, 13*, 1276–1287.

Sanchez de la Campa, A. M., De la Rosa, J. D., Sanchez Rodas, D., Oliveira, V., Querol, X., Alastuey, A., Gomez, A., & J.L. (2008). Arsenic speciation study of $PM_{2.5}$ in an urban area near a copper smelter. *Atmospheric Environment, 42*(26), 6487–6495.

SEPA (2010). *State of Environment in the Republic of Serbia during 2010 (in Serbian)*. http://www.sepa.gov.rs/download/VAZDUH2010.pdf. Accessed 8 Oct 2016.

SEPA (2012). *State of Environment in the Republic of Serbia during 2012 (in Serbian)*. http://www.sepa.gov.rs/download/VAZDUH2012.pdf. Accessed 8 Oct 2016.

Serbula, S., Antonijevic, M., Milosevic, N., Milic, S., & Ilic, A. (2010). Concentrations of particulate matter and arsenic in Bor (Serbia). *Journal of Hazardous Materials, 181*(1), 43–51.

Serbula, S., Ilic, A., Kalinovic, J., Kalinovic, T., & Petrović, N. (2014). Assessment of air pollution originating from copper smelter in Bor (Serbia). *Environment and Earth Science, 71*(4), 1651–1661.

Serbula, S., Kalinovic, T., Kalinovic, J., & Ilic, A. (2013). Exceedance of air quality standards resulting from pyro-metallurgical reduction of copper: a case study, Bor (eastern Serbia). *Environ Earth Science, 68*(7), 1989–1998.

Sun, Q., Song, Y., Liu, S., Wang, F., Zhang, L., Xi, S., & Sun, G. (2015). Arsenic exposure levels in relation to different working departments in a copper mining and smelting plant. *Atmospheric Environment, 118*(10), 1–6.

Tasić, V., Kovačević, R., & Milošević, N. (2013). Investigating the impacts of winds on SO2 concentrations in Bor, Serbia. *Journal of Sustainable Development of Energy Water and Environment System, 1*(2), 141–151.

Tasić, V., Milošević, N., Kovačević, R., Jovašević-Stojanović, M., & Dimitrijević, M. (2012). Indicative levels of PM in the ambient air in the surrounding villages of the copper smelter complex, Bor, Serbia. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 18*(4), 643–652.

Tasić, V., Milošević, N., Kovačević, R., & Petrović, N. (2010). The analysis of air pollution caused by particle matter emission from the copper smelter complex Bor (Serbia). *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 16*(3), 219–228.

Wang, X., Bi, X., Sheng, G., & Fu, J. (2006). Hospital indoor $PM_{10}/PM_{2.5}$ and associated trace elements in Guangzhou, China. *The Science of the Total Environment, 366*, 124–135.

WHO (World Health Organization). (2000). *Air quality guidelines for Europe, second ed*. Copenhagen: WHO Regional Publications, Regional Office for Europe www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf. Accessed 8 Oct 2016.

WHO (World Health Organization) (2016). *International Agency for Research on Cancer, List of Classifications*, http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php. Accessed 8 Oct 2016.

DE GRUYTER OPEN
10.1515/sjph-2017-0031 Zdr Varst 2017; 56(4): 227-235
Matic B, Rakic U, Jovanovic V, Dejanovic S, Djonovic N. Key factors determining indoor air PM_{10} concentrations in naturally ventilated primary schools in Belgrade, Serbia. Zdr Varst 2017; 56(4): 227-235.

KEY FACTORS DETERMINING INDOOR AIR PM_{10} CONCENTRATIONS IN NATURALLY VENTILATED PRIMARY SCHOOLS IN BELGRADE, SERBIA

KLJUČNI DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA KONCENTRACIJO DELCEV PM_{10} V NOTRANJEM ZRAKU NARAVNO PREZRAČEVANIH OSNOVNIH ŠOL V BEOGRADU V SRBIJI

Branislava MATIC[1*], Uros RAKIC[1], Verica JOVANOVIC[1], Snezana DEJANOVIC[1], Nela DJONOVIC[2]

[1]Institute of Public Health of Serbia "Dr Milan Jovanovic Batut", Environmental Health and School Hygiene Department, Dr Subotica 5, 11000 Belgrade, Serbia
[2]University of Kragujevac, School of Medicine, Institute of Public Health of Kragujevac, Serbia

Received: May 31, 2016
Accepted: Jul 27, 2017

Original scientific article

ABSTRACT

Introduction. Indoor air quality (IAQ) is rated as a serious public health issue. Knowing children are accounted as more vulnerable to environmental health hazards, data are needed on air quality in schools.

Methods. A project was conducted from 2007 until 2009 (SEARCH, School Environment and Respiratory Health of Children), aiming to verify links between IAQ and children's respiratory health. Study was conducted in ten primary schools on 735 children, in 44 classrooms. Children were randomly selected. Research tools and indicators used for children's exposure to school environment were indoor and outdoor pollutants, two standardized questionnaires for school and classroom characteristics. In both classroom air and ambient air in front of them we measured, during a 5-day exposure period for continuous 24h measuring: carbon monoxide, carbon dioxide, indoor air temperature, relative humidity, and PM_{10} during classes.

Results. PM_{10} concentrations were significantly most frequent in an interval of ≥80.1μg/m³, that is, in the interval above 50μg/m³. Mean PM_{10} value was 82.24±42.43 μg/m³, ranging from 32.00μg/m³ to of 197.00μg/m³.

Conclusion. The increase of outdoor PM_{10} concentration significantly affects the increase of indoor PM_{10}. A statistically significant difference exists for average IAQ PM_{10} concentrations vs. indicators of indoor thermal comfort zone (p<0.0001); they are lower in the classrooms with indicators within the comfort zone. Moreover, dominant factors for the increase of PM_{10} are: high occupancy rate in the classroom (<2m² of space per child), high relative humidity (>75%), and indoor temperature beyond 23°C, as well as bad ventilation habits (keeping windows shut most of the time).

Keywords:
indoor air quality, classrooms, particulate matter, PM_{10}, primary schools, exposure, Serbia

IZVLEČEK

Uvod. *Kakovost notranjega zraka (IAQ) predstavlja resen javnozdravstveni problem. Ker so otroci bolj ranljivi za okoljska zdravstvena tveganja, so potrebni podatki o kakovosti zraka v šolah.*

Metode. *Med leti 2007 in 2009 se je izvajal projekt (SEARCH, School environment and respiratory health of children – Šolsko okolje in respiratorno zdravje otrok), katerega namen je bil dokazati povezave med IAQ in respiratornim zdravjem otrok. Raziskava se je izvajala med 735 otroki v 44 učilnicah desetih osnovnih šol. Otroci so bili izbrani naključno. Zunanji in notranji onesnaževalci ter dva standardizirana vprašalnika o značilnostih šol in učilnic so služili kot raziskovalna orodja in kazalniki izpostavljenosti otrok šolskemu okolju. V zraku pred učilnicami in v njih so v 5-dnevnem neprekinjenem obdobju merjenja merili: ogljikov monoksid, ogljikov dioksid, temperaturo notranjega zraka, relativno vlažnost in* PM_{10}.

Rezultati. *Koncentracije* PM_{10} *so bile pomembneje najpogostejše v intervalu ≥80,1 μg/m³, torej v intervalu nad 50 μg/m³. Povprečna vrednost* PM_{10} *je bila 82,24±42,43 μg/m³ in je segala od 32,00 μg/m³ do 197,00 μg/m³.*

Zaključek. *Povečanje koncentracij* PM_{10} *v zunanjem zraku pomembno vpliva na povečanje* PM_{10} *v notranjem zraku. Pojavljajo se statistično pomembne razlike med koncentracijami* PM_{10} *IAQ glede na kazalnike območja notranjega toplotnega ugodja (p<0,0001); nižje so v učilnicah s kazalniki znotraj območja udobja. Poleg tega so glavni vzroki za večje vrednosti* PM_{10} *sledeči: velika zasedenost učilnice (<2 m² prostora na učenca), visoka relativna vlažnost (>75 %) in temperatura notranjega zraka nad 23 ºC, poleg tega pa tudi slabe prezračevalne navade (zaprta okna večino časa).*

Ključne besede:
kakovost notranjega zraka, učilnice, trdni delci, PM_{10}, *osnovne šole, izpostavljenost, Srbija*

***Corresponding author:** Tel: + 381 641 771 746; E-mail: damjanko98@yahoo.com

1 INTRODUCTION

The quality of indoor air of homes, offices, or other public or private dwellings could be accounted as one of the essential determinants of a healthy life and wellbeing of each individual (1). School indoor air quality (IAQ) is expected to have a key role in the assessment of children's personal exposure to air pollution, concerning the fact that they spend at least a third of their time inside school buildings, approximately 7 hours a day (2-5). Children are particularly vulnerable to all types of pollutants, because their breathing and metabolic rates are high. In a school, they have much less floor space than adults working in a typical office. Their breathing zone tends to be closer to pollutant sources, such as a new carpet, and less likely to be well ventilated, as it is below the window level. The immune system of young children is yet immature, and exposure to pollutants can mean allergic reactions or ill health (6).

Poor indoor environment in schools may be attributed to three primary causes: inexistence or inadequate operation and maintenance of ventilation systems, infrequent and unthoroughly cleaned indoor surfaces, and a large number of students in relation to room area and volume, with constant re-suspension of particles from the surface (1). Furthermore, IAQ can be attributed to various phases of the building process, including poor site selection, choice of materials, roof design, poor construction quality, improper installation, or any number or combination of these factors (7). Therefore, it is of utmost importance to provide good IAQ in classrooms, to help minimize these effects (8, 9). Sources of IA (indoor air) pollution could be: furnishings, IT equipment, bio-effluents, and external pollutants, such as nitrogen-dioxide and carbon-monoxide (3, 10-12). In the indoor environment, in which people spend most of their time, both indoor and outdoor sources contribute to PM levels. Indoor PM is affected by ambient concentrations, air exchange rates, penetration factors, as well as deposition and re-suspension mechanisms. In this complex microenvironment, activities such as cleaning, walking, playing, and, particularly, smoking cause the formation of PM in indoor air (13,14).

The main objective of this paper was to study the difference of PM_{10} concentration values, sampled both inside classrooms of ten Belgrade primary schools and in ambient air in front of them, and relate it to different classroom and school characteristics, using SEARCH Project methodology. A specific objective was to study the difference of concentration of the PM_{10} measurements inside and outside the chosen classrooms. In addition, we aimed to correlate a specific quantitative indicator of the thermal comfort zone, as given by the ASHRAE Standards (4), that is, space occupancy (<$2m^2$ of indoor space per child, not suitable), to the measured values of indoor PM_{10}.

2 METHODOLOGY

2.1 Sampling Site Description

The cross-sectional SEARCH (School Environment and Respiratory Health in Children) study has involved 6 European countries (Albania, Bosnia and Herzegovina, Hungary, Serbia, Slovakia, and Italy). In Serbia, the research was undertaken in the capital city of Belgrade. The project has defined that a sample of 10 schools per country shall be enough to get a clear picture on the level of indoor exposure of children in primary schools. They were chosen (sampled) to be with heterogeneous characteristics. Primarily, schools were grouped by their location, i.e. the level of their exposure to potential sources of air pollution in their vicinity (be it traffic or industrial facility), as suburb schools, schools in broader urban area, and downtown ones, shown in Table 1 (15). As for the vicinity of busy traffic, it can be easily comprehended by consulting the GIS map of their address, together with traffic characterisation (Figure 1). The criterion for the choice of a classroom was its orientation, either towards the street or to the school yard.

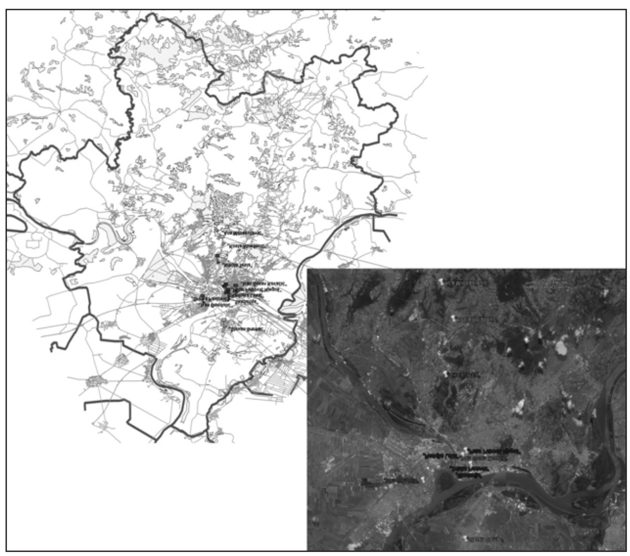


Figure 1. GIS map of 10 schools' geographic distribution on the Belgrade City map

Table 1. Characteristics of sampling sites.

School name	School code	Spatial characteristics of the surroundings	GIS coordinates
"Aca Milosavljevic"	1	Suburb Rušanj village, in the valley downhill the regional highway;	44°41'01,10" N 20°26'20,86" E
"Kosta Abrašević"	2	Suburb Resnik, residential area, trees in between the street and school	44°52'20,13" N 20°27'18,7" E
"Nikola Tesla"	3	Rakovica, suburban municipality, ex-industrial zone, ordinary urban traffic mode	44°42'33,95" N 20°27'06,52" E
"I. G. Kovačić"	4	Broad city centre, isolated from dense traffic, residential area;	44°49'18,19" N 20°24'15,75" E
"Skadarlija"	5	Downtown, high density traffic, backyard towards pedestrian zone, bus stop in front	44°44'30,27" N 20°25'44,89" E
"Stevan Sremac"	6	Borča III, urbanized suburb, with no heavy traffic	44°48'17,27" N 20°29'01,08" E
"Drinka Pavlović"	7	Downtown, close to two busy streets, 1 tunnel	44°48'16,20" N 20°27'43,91" E
"Petar Petrović Njegoš"	8	Downtown, high traffic density	44°48'21,72" N 20°27'21,81" E
"Radojka Lakić"	9	Squeezed between two streets with high density traffic (lots of heavy traffic), downtown, next to the Central Rail Station	44°49'06,12" N 20°27'49,41" E
"Ivan Gundulić"	10	New Belgrade, broader urban zone, frequent traffic	44°48'48,32" N 20°27'54,66" E

2.2 Monitoring Campaign

For both indoor and ambient air PM10 sampling, a portable HAZ-DUST EPAM-5000 particulate monitor (Ambient Portable Direct Reading Aerosol Monitor for Measuring Lung Damaging Airborne Particles) was used. It uses light scattering to measure particle concentration and provide real-time determinations and data recordings of airborne particle concentration in mg/m^3. By the model specification, its accuracy is ±10% to filter gravimetric SAE fine test dust; sensing range: .001-20.0 mg/m^3 or optional .01-200.0 mg/m^3 or 0.1-2000.0 mg/m^3; particle size range is .1-100 μm, and precision ±.003 mg/m^3 (3 μg/m^3) (16). For indoor air monitoring, it was positioned in classrooms, at 1.5 m height, away from the walls, to prevent influence of chipping. The monitor was positioned outside of the school building, in front of the indicated classroom, for ambient air PM_{10} sampling. Monitoring lasted for one whole working week, in both school shifts, while the children were present indoors, only. Monitoring lasted for 4 days during heating season in February 2008, simultaneously with the procedures undertaken in Albania, Bosnia and Herzegovina, and Slovakia. During each of the 4 measuring days, authors would fill in the checklist of the questionnaire for the classrooms, with details on the presence of pupils, and conditions concerning natural ventilation through the windows. Measuring instruments were looked after by the teachers (indoor) and authors who were mostly present in the school to check upon the equipment. The following measurements took place in the chosen classrooms: Combination of diffuse sampling during a 4-day exposure period for formaldehyde (HCHO), nitrogen dioxide (NO2), BTX, and continuous 24h measuring for carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO2) and PM_{10}, during school hours. Air temperature and relative humidity were measured as well. Parallel to these IAQ monitoring activities, outdoor air quality was followed for the same specific pollutants, close to school building (selected classroom). Besides air sampling procedures, the study protocol included two standardized questionnaires, namely: for school characteristics (filled in by the school administrator); for classroom characteristics (filled in by the teacher holding classes in it).

2.3 Statistical Methodology

Simple descriptive statistics, such as mean ± standard deviation, was used for continuous variables, IAQ and OAQ PM_{10}, the number and % of IAQ interval distributions, by schools and schools' position, while numbers (percentages) were used for categorical variables. The Kolmogorov-Smirnov test was used to check if IAQ and OAQ PM_{10}

had a normal distribution. Quantitative variables were compared using ANOVA F test, and categorical variables were compared using contingency tables and Chi-Square or Kruskal Wallis test. Chi-square test was used to compare IAQ PM_{10} between groups – schools or schools' position. For correlations between variables, we used Pearson Correlation for the linear relationship between two variables, by schools. A P-value less than 0.05 were considered statistically significant.

3 RESULTS

3.1 Geographic Positions of Schools

Table 2 shows comparative values of IAQ PM_{10} and OAQ PM_{10} by groups of schools. Both indoor and outdoor PM_{10} measured values are significantly higher in suburban schools than in those located in the broader urban zone: (for PM_{10} IAQ: K-W test=107.86, p<0.0001; PM_{10} OAQ: K-W test=39.43, p<0.0001). A similar level of significance appears when correlating values measured in suburban schools, with the values in schools located in the strictly urban zone: (K-W test=93.01; p<0.0001), and for PM_{10} OAQ, (K-W test=27.74; p<0.0001).

Indoor PM_{10} concentrations are significantly lower in schools located within a broad urban zone, when correlated to ones in a strictly urban zone, i.e.downtown (K-W test=12.943, p<0.0001). On the other hand, it does not count in the case of outdoor PM_{10} values (K-W test=2.228, p=0.135). PM_{10} IAQ measured values are significantly highest in suburban schools, (K-W test=133.454, p<0.0001), together with PM_{10} OAQ, (K-W test=69.86, p<0.0001).

Among schools, a statistically significant difference is proved for the distribution of IAQ PM_{10} concentration (p<0.0001). School 4 has significantly higher frequency of measured values IAQ PM_{10} in the range lower than 50 g/m^3. On the other hand, schools No. 1, 2, 3 and 8 had highest average values, and in all of them each of measured indoor concentrations was in the interval beyond 50 µg/m^3 (Table 3).

Table 2. IAQ and OAQ PM10 concentration related to school's geographic positions (µg/m^3).

Type of schools by location		No. of exposed children	Mean	SD	95% Cor Mean		Median/ Range	Min	Max
					Lower	Upper			
PM_{10} IAQ	**Suburb schools**	244	109.18	47.66	103.17	115.19	96/164	33	197
	Schools in broader urban area	220	66.08	37.36	61.12	71.05	53/126	32	158
	Downtown	271	71.09	26.90	67.88	74.31	70/79	32	111
	Total	735	82.24	42.43	79.17	85.31	70/165	32	197
PM_{10} QAQ	**Suburb schools**	244	153.90	130.39	137.46	170.34	116/515	34	549
	Schools in broader urban area	220	83.46	55.77	76.05	90.87	55/168	22	190
	Downtown	271	77.30	28.53	73.89	80.72	80/89	30	119
	Total	735	104.57	89.85	98.07	111.08	82/527	22	549

Table 3. Interval distribution IAQ PM10 Concentration >50 or ≤49.9 µg/m^3 by schools

PM_{10} ranges	School 1	School 2	School 3	School 4	School 5	School 6	School 7	School 8	School 9	School 10
≤49.9 µg/m^3	0.0	0.0	0.0	**67.2**	39.7	23.4	32.1	0.0	57.8	37.8
>50 µg/m^3	**100.0**	100.0	100.0	32.8	60.3	76.6	67%	**100.0**	42.2	62.2

The following Table 4 presents indoor PM_{10} mean concentrations (μg/m³), standard deviation, median and range. The maximum concentration values of PM_{10} (162.12±41.93 μg/m³) was registered in school No. 2, while a significantly lower concentration value of PM_{10} (44.72±12.48 μg/m³) was at school 4 ($p<0.001$), and its value is below 50 μg/m³.

Ambient air mean concentration of PM_{10} (μg/m³), together with standard deviation, median and range by groups and schools, is given in Table 5. The maximum concentration values of PM_{10} in ambient air (320.82±137.79 μg/m³) were in front of a suburban school No.2, while significantly lower concentration values of PM_{10} OAQ (38.33±9.65 μg/m³) were outside school 6, located in the broad urban area, slightly hidden away from frequent traffic flow ($p<0.01$), with a value below 50 μg/m³. The highest average values of both IAQ PM_{10} and OAQ PM_{10} concentration are accounted to school 2 (suburb schools).

Table 4. IAQ PM_{10} (μg/m³) concentration by schools.

School Groups	School	PM_{10} (μg/m³)	IAQ	Ci 95%		Median	Range
		Mean	SD	Lower	Upper		
Suburban	„A.Milosavljevic“	109.16	18.440	105.48	112.84	105.00	46.00
	„K. Abrasevic“	**162.12**	41.926	151.97	172.27	183.00	106.00
	„S. Sremac“	62.47	23.592	57.11	67.82	52.00	63.00
Broad urban area	„Nikola Tesla“	99.70	45.620	89.35	110.06	72.00	107.00
	„I. G. Kovacic“	**44.72**	12.479	41.53	47.92	38.00	30.00
	„I. Gundulic“	50.40	6.224	49.03	51.77	53.00	16.00
Downtown	„Skadarlija“	58.24	18.276	54.12	62.36	70.00	46.00
	„D. Pavlovic“	65.68	26.899	58.26	73.09	51.00	63.00
	„P.P. Njegos“	103.87	8.523	101.92	105.82	110.00	18.00
	„R. Lakic“	52.31	11.222	49.51	55.12	44.00	26.00

Table 5. Outdoor PM^{10} (μg/m³) concentration by schools.

School Groups	School	PM_{10} (μg/m³)	OAQ	Ci 95%		Median	Range
		Mean	SD	Lower	Upper		
Suburban	„A.Milosavljevic“	105.84	26.945	100.46	111.21	106.00	78.00
	„K. Abrasevic“	**320.82**	137.797	287.47	354.18	309.00	380.00
	„S. Sremac“	68.27	36.277	60.04	76.51	41.00	85.00
Broad urban area	„Nikola Tesla“	134.00	55.399	121.43	146.57	141.00	135.00
	„I. G. Kovacic“	80.33	35.626	71.20	89.45	75.00	84.00
	„Ivan Gundulic“	**38.33**	9.648	36.21	40.45	42.00	26.00
Downtown	„Skadarlija“	83.64	30.003	76.88	90.41	96.00	87.00
	„D. Pavlovic“	69.85	31.935	61.05	78.65	52.00	83.00
	„P.P. Njegos“	98.00	13.862	94.83	101.17	101.00	46.00
	„R. Lakic“	51.17	3.444	50.31	52.03	51.00	9.00

Descriptive statistical analysis of the data for particulate matter mass concentrations (PM_{10}) measured outdoors and in the classrooms, by schools is given in Table 6. None of the 10 schools satisfies the World Health Organization (WHO) standard for PM_{10} annual average of 20 μg/m^3 (17, 18). However, they meet the National Ambient Air Quality Standards (12) and WHO standards for PM_{10} 24-hour average, which have been set at 150 μg/m^3 and 50 μg/m^3, respectively (19).

Table 7 presents the distribution of the occupancy rate (according to ASHRAE) for each school, in m^2 per present child in the indicated classroom. Values are given as the percentage of children exposed to overcrowdedness (<2m^2/per child), or to convenient spatial conditions (>2m^2/per child). Indicators of crowdedness are the number of children in the classroom (less/more than 20), and space available in the classroom, per one child, of less/more than 2m^2 (4). Statistically significance is proven for the distribution of occupancy rate (m^2/per child), for each school, $\chi 2=340.70$, $p<0.0001$.

4 DISCUSSION

As an outcome of our study, when differentiating between OAQ PM10 and IAQ PM10 concentration values in relation to some classroom and school characteristics, we singled out the following moments: the highest average values of IAQ PM10 and OAQ PM10 concentration were measured in the school No. 2 (suburb school), while only in one school measured values IAQ PM10 were below 50 μg/m^3, that is in the school No. 4. The school No. 10, located in New Belgrade, in a broader urban zone with frequent traffic, had PM10 outdoor mean value below 50 μg/m^3, which could be explained with the terrain's topography. New Belgrade is, in geographical means, a flat terrain, with broad boulevards and widely spread buildings, belonging to the geographical entity of the Pannonian plain, enabling the build-up of high ambient air concentrations of traffic-related pollutants. This particular school is located in a residential block, built in the 1960s. School building is encircled by greenery and residential buildings, acting as

Table 6. Correlations between IAQ and OAQ by school (signif.)

School	PM_{10} outdoor median (μg/m^3)	PM_{10} indoor median (μg/m^3)	R	P	N
„A.Milosavljevic“	106.00	105.00	0.799	0.000	99
„K.Abrasevic”	309.00	183.00	0.756	0.000	68
„N.Tesla”	141.00	72.00	0.457	0.000	77
„I.G.Kovacic”	75.00	38.00	0.956	0.000	61
„Skadarlija”	96.00	70.00	0.598	0.000	78
„S.Sremac”	41.00	52.00	0.744	0.000	77
„D.Pavlovic”	52.00	51.00	0.937	0.000	53
„P.P.Njegos”	101.00	110.00	0.725	0.000	76
„R.Lakic”	51.00	44.00	0.160	0.207	65
„I.Gundulic”	42.00	53.00	0.453	0.000	82

Table 7. Child occupancy rate per school distribution (m^2/per child) vs. PM_{10} values (μg/m^3), by schools.

School No.	School name	<2 m^2/child	>2 m^2/child	IAQ PM_{10} mean
1	„A.Milosavljevic“	77.8	22.2	109.16
2	„K.Abrasevic”	/	100	162.12
3	„N.Tesla”	/	100	99.70
4	„I.G.Kovacic”	16.4	83.6	44.72
5	„Skadarlija”	38.6	61.4	58.24
6	„S.Sremac”	/	100	62.47
7	„D.Pavlovic”	/	100	65.68
8	„P.P.Njegos”	47.4	52.6	103.87
9	„R.Lakic”	/	100	52.31
10	„I.Gundulic”	/	100	50.40

a physical barrier to three streets with very busy traffic, of which one is the E-75 highway. It was, moreover, reported by the City of Belgrade Institute of Public Health, that in 2008, a series of days in a row were characterized with SE (south-east) wind ('Košava'), with episodes of wind speed reaching 12m/s, which caused a decrease of concentration of all ambient air pollutants measured by this institution (20).

A statistically significant correlation exists between PM10 indoor and outdoor concentration for each school ($p<0.0001$), except for the school No. 9, 'Radojka Lakic' ($p=0.207$), although it is located in a strictly urban zone, close to the juncture of two streets with very busy traffic. The increase of outdoor PM10 concentration is significantly correlated to the increase of indoor PM10 values (except for the school No. 9).

Considering this school, located close to the heavy traffic and Central rail station, with no statistical significance between indoor and outdoor measurement, we can conclude that, in this case, indoor concentration could be influenced by activities and movements of occupants, allowing re-suspension of previously deposited particles or their delayed deposition or settling. Fromme et al. found an average indoor particulate matter concentration higher than corresponding outdoor level in a German primary school (21). Similar was confirmed in a Belgian survey (22). Oeder et al. detected indoor PM10 concentration even 5-fold higher than outdoor ones in six schools in Munich (23). In addition, the presence of children, together with their movements, could affect indoor PM levels through the interception of personal clouds (primarily comprising of course particles), recorded by sampling devices (1).

In the school No. 1, which is both in the suburb and has all its measured values of IAQ PM10 beyond 50 μg/m^3, with an average PM10 IAQ of 109.16±18.44 μg/m^3, a significantly higher number of children is exposed to classroom indoor environment in a space with less than 2 m^2 per child. Concerning the fact that there is no busy traffic close to the school, high occupancy rate, together with bad ventilation habits and cleaning practice could be the reason for such results. This may be due to large number of students in relation to the room area and volume, whose movements cause re-suspension of settled particles (24).

In the school No. 8, 47.4% of its pupils have less than 2 m^2 per child, while all measured IAQ PM10 were above 50 μg/m^3, in which case the high occupancy rate could be accounted for one of the reasons for it. Some authors have determined that re-suspension is a significant factor affecting indoor particle concentration with suspension rates increasing with the particle size (25).

The school No. 4 is worth mentioning, with only its 16.4% pupils residing in the space with <2 m^2 per child, located in a broad urban zone of the city. IAQ PM10 values were below 50 μg/m^3, with the average PM10 IAQ concentration being the lowest compared to other schools, 44.72±12.48 μg/m^3.

On the contrary, the school No. 3 has 100% PM10 IAQ measurements in space with >2 m^2 per child, located in a broader urban zone, with all measured values of IAQ PM10 beyond 50 μg/m^3. The average indoor PM10 concentration in it is 99.70±45.62 μg/m^3. This school is cleaned mostly with the broom, and combined with the use of chemicals. This cleaning practice, being predominant as a cleaning pattern in this school, obviously facilitates the process of particle re-suspension (24).

As one of the defined elements of the thermal comfort zone, occupancy rate was chosen to be one of the key indicators in this study, together with CO2 indoor concentration, relative humidity, and classroom air temperature. Statistically significant smaller chances exist for formaldehyde indoor concentrations to be below 1.01 mg/m^3 in classrooms with more than 2 m^2 of space per child. For indoor CO2 concentration to increase above 1000 ppm, the number of children in the classroom above 20 ($N>20$) is a statistically significant predictor. Namely, chances for CO2 concentrations to be higher than 1000 ppm are 3.6-fold bigger in classrooms hosting more than 20 children. For indoor (classroom) air temperature within a comfort zone, a statistically significant predictor is classroom crowdedness, i.e. space in square meters per child. In fact, chances for indoor temperature to be within the comfort zone are less likely to occur in classrooms with less than 2 m^2 of space per child (4). For indoor values of relative air humidity, a statistically significant predictor is classroom crowdedness, i.e. space in square meters per child. In other words,, chances for this parameter to be within the comfort zone are close to 18-fold higher in classrooms hosting less than 20 children. Chances for PM10 to be below 50μg/m^3 are smaller, with high statistical significance, in classrooms hosting more than 20 children, having a blackboard, with chalk to write on.

The average indoor PM10 concentrations are lower in the classrooms where indicators of thermal comfort zone are satisfactory. In the school No. 4, the average indoor PM10 concentration is lower in classrooms with achieved standards for indoor comfort zone indicators, with high statistical significance Z - test=6.540, $p<0.0001$, while in the schools No. 5 ($Z=0.105$, $p=0.916$), No. 8 ($Z=1.614$, $p=0.107$) and No. 10 ($Z=0.948$, $p=0.343$) it is lower, but with no such high significance. Significantly highest mean values of IAQ PM10 concentration was measured in the schools 1, 2, 3 and 8, where comfort zone was not achieved ($p<0.001$).

Values of classroom indoor PM10 concentrations, from measurements in similar studies in different countries, during the heating season, are close to the values reported in this study in Serbia: in three schools in Portugal, PM10 average concentrations ranged from 30 to 146 μg/m^3; in a German study implemented in 64 urban and rural schools, it was 105 μg/m^3 (16.3-313.2 μg/m^3), while in HESE study, IAQ was monitored in 21 schools, both urban and rural, with the average PM10 concentration 112 μg/m^3 (91-133 μg/m^3) (1, 10, 26).

In most of the SEARCH1 countries, ambient PM10 concentrations were significantly increased in school zones close to frequent traffic streets, compared to those located further from such sources of air pollution. On the other hand, this difference in the traffic frequency of streets surrounding schools, has not significantly influence IAQ PM10 concentrations measured in classrooms, pointing that key sources of this pollutant are mainly in classrooms themselves (15). In the case of Belgrade study, as a part of the mentioned research, 36.2% of pupils study in classrooms with I/O PM10 ratio beyond 1.0, where the key source of PM10 is within the room; 3.7% is in classrooms with the ratio equal to 1.0., while 60.1% attend classes in rooms with the ratio below 1.0, where the source of a particulate matter is in ambient air, mostly from traffic in the vicinity of school buildings.

Although the city is located close to two coal burning power plants (Obrenovac, Kolubara), traffic is seen as the most powerful source of air pollution. Air back trajectories analysis showed that the prevalence of stagnant or week flow regimes (calm conditions) favours the suspension and accumulation of particles produced locally, resulting at the elevation of suspended particles levels (20, 27).

If we compare the location of Belgrade, on the banks of Sava River, with another region on its banks in Zasavje Region in Slovenia, with PM10 ambient air concentration, we spot some differences. Firstly, it is an issue of topography, as Zasavje is surrounded by steep hilly terrain, while Belgrade spreads in parts of the Pannonian Plain. Secondly, sources of air pollution are different in these two cases. In Zasavje, it is the case of industrial PM10 emissions (36.3μg/m^3), while in SEARCH1 Belgrade study, traffic was attributed as the key source for high PM10 levels (104.7 μg/m^3) (15, 28).

5 CONCLUSIONS

The majority of surveyed children is exposed to high indoor PM10 concentrations (560/735; 76.2%). Maximum PM10 values were measured in suburban schools, away from busy traffic. The increase of outdoor PM10 concentration significantly affects the increase of indoor PM10 values. Concerning an insufficient achievement of standards for indicators of indoor thermal comfort zone, dominant factors for the increase of PM10 are: high occupancy rate in the classrooms (<2 m^2 of space per child), high relative humidity (>75%) and indoor temperature beyond 23°C; bad ventilation habits (keeping windows shut most of the time).

As the authors suggest, measures for the improvement of conditions in classrooms are as follows: schools should be built in places not directly affected by heavy traffic or industry, or any other polluting establishments in the neighbourhood; crowdedness should be avoided in the classrooms; appropriate ventilation regime of the classrooms should be introduced in order to provide good indoor air quality during the whole period of teaching hours, especially in classrooms directed towards crowded streets with presumably high ambient air pollution; in schools being ventilated only through natural means, but located close to traffic-induced air pollution, installing air-conditioning units should be taken into consideration. Cleaning practices should be standardized.

ACKNOWLEDGMENTS

The financial support for the SEARCH project by the Italian Ministry for the Environment, Land and Sea is highly appreciated by the authors.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that no conflicts of interest exist.

FUNDING

Italian Ministry for the Environment, Land and Sea.

ETHICAL APPROVAL

In the case of the Republic of Serbia, if there is no direct contact with body fluids, tissues, personal contact concerning individual dignity, through questionnaires, researchers are not required to apply for the permission to research at the Ethical Committee. This study was not implemented on individual subjects, but was concerned only with the positioning of the standardized air quality measuring equipment in the classrooms and outside the same classrooms, for which, the REC project office had direct communication with school directors. Especially, when the moment of the equipment turning on/off was performed while classrooms were empty, with no physical contact with the pupils whatsoever.

REFERENCES

1. Almeida SM, Canha N, Silva A, Freitas MC, Pegas P, Alves C et al. Children exposure to air particulate matter in indoor of Lisbon primary schools. Atmos Environ 2011; 45: 7594-9.
2. Annesi-Maesano I, Hulin M, Lavaud F, Raherison C, Kopferschmitt C, de Blay F et al. Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6 cities study. Thorax 2012; 67: 682-8.
3. Annesi-Maesano I, Moreau D, Cailland D, Lavaud F, Le Moullec Y, Taytard A et al. Residential proximity fine particles related to allergic sensitations and asthma in primary school children. Respir Med. 2007; 101: 1721-9.
4. ASHRAE Standard 55-2004. Thermal environmental conditions for human occupancy. Washington: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2004. https://www.ashrae.org/.../20080623_55_2004_a_b_final.pdf
5. Bako-Biro Z, Wargocki P, Weschler CJ, Fanger PO. Effects of pollution from personal computers on perceived air quality, SBS symptoms and productivity in offices. Indoor Air 2004; 14: 178-87.
6. Bakó-Biró Z, Clements-Croome DJ, Kochhar N, Awbi HB, Williams MJ. Ventilation rates in schools and pupils´ performance. Building Environm 2012; 48: 215-23.
7. "California Portable Classroom Study Project Executive Summary", Research Triangle Institute International; California Air Resources Board & California Department of Health Services https://www.arb.ca.gov/research/indoor/pcs/pcs-fr/pcs-fr_v3_pes.pdf
8. Chaloulakou A, Mavroidis I. Comparison of indoor and outdoor concentration of CO at a public school: evaluation of an indoor air quality model. Atmos Environ 2002; 36: 1769-81.
9. Estoková A, Stevulová N, Kubincová L. Particulate matter investigation in indoor environment. Global NEST J 2010; 12: 20-6.
10. Fromme H, Twardella D, Dietrich S, Heitmann D, Schierl R, Liebl B et al. Particulate matter in the indoor air of classrooms - exploratory results from Munich and surrounding. Atmos Environ 2007; 41: 854-66.
11. Janssen NAH, Hoek G, Brunekreef B, Harssema H. Mass concentration and elemental composition of PM10 in classrooms. Occup Environ Med 1999; 56: 482-7.
12. Esworthy R. The National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) for Particulate Matter (PM): EPA's 2006 Revisions and Associated Issues National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). Congressional Research Service; 7-5700 2013: 4 https://fas.org/sgp/crs/misc/RL34762.pdf
13. Pegas PN, Evtyugina MG, Alves CA, Nunes T, Cerqueira M, Franchi M et al. Outdoor/indoor air quality in primary schools in Lisbon: a preliminary study. Química Nova 2010; 33: 1145-9.
14. Seppanen OA, Fisk WJ, Mendell MJ. Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other response in commercial and institutional buildings. Indoor Air 1999; 9: 226-52.
15. Csobod E, Rudnai P, Vaskovi E. School Environment and Respiratory Health in Children (SEARCH), International research project report within the programme "Indoor air quality in European schools: preventing and reducing respiratory diseases". Available from: http://search.rec.org/search1/doc/SEARCH%20publication_EN_final.pdf
16. Model EPAM-5000 HAZ-DUST (Ambient Portable Direct Reading Aerosol Monitor for Measuring Lung Damaging Airborne Particles). http://www.skcinc.com/catalog/pdf/instructions/SKC%20EPAM-5000%20Instruction%20Manual%20PDF.pdf
17. World Health Organization. Declaration of the Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, Budapest, Hungary, 23-25 June 2004, EUR/04/5046267/6: 7-8. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/88577/E83335.pdf
18. World Health Organization, Regional Office for Europe. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide, Global update, 2005: summary of risk assessment", WHO/SDE/PHE/OEH/06.02. http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf
19. World Health Organization, Regional Office for Europe: WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. 2010. http://jrc.ec.europa.eu/radpar/docview.cfm?docid
20. Kvalitet životne sredine grada Beograda u 2008. godini. Beograd: Sekretarijat za zaštitu životne sredine, Gradski zavod za javno zdravlje, Regionalni centar za životnu sredinu za Centralnu i Istočnu Evropu (REC). http://www.zdravlje.org.rs/publikacije/Zivotna%20sredina%20Bgd%202008.pdf
21. Fromme H, Diemer J, Dietrich S, Cyrys J, Heinrich J, Lang W et al. Chemical and morphological properties of particulate matter (PM10, PM2.5) in school classrooms and outdoor air. Atmos Environ 2008; 42: 6597-605.
22. Stranger M, Potgieter-Vermaak SS, Van Grieken R. Characterization of indoor air quality in primary schools in Antwerp, Belgium. Indoor Air 2008; 18: 454-63.
23. Oeder S, Dietrich S, Weichenmeier I, Schober W, Pusch G, Jörres RA et al. Toxicity and elemental composition of particulate matter from outdoor and indoor air of elementary schools in Munich, Germany. Indoor Air 2012; 22: 148-58.
24. Rovelli S, Cattaneo A, Nuzzi CP, Spinazze A, Piazza S, Carrer P et al. Airborne particulate matter in school classrooms of northern Italy. Int J Environ Res Public Health 2014; 11: 1398-421
25. Thatcher TL, Layton DW. Deposition, resuspension, and penetration of particles within a residence. Atmos Environ 1995; 29: 1487-97.
26. Simoni M, Annesi-Maesano I, Sigsgaard T, Norback D, Wieslander G, Nystad W et al. Relationships between school indoor environment and respiratory health in children of five European countries (HESE study). Eur Respir J 2012; 40(Supp 56): 1370.
27. Tasic M, Rajsic S, Tomasevic M, Mijic Z, Anicic M, Novakovic V et al. Assessment of air quality in an urban area of Belgrade, Serbia, Environmental Technologies, E. Burcu Ozkaraova Gungor (Ed.). 2008. InTech, Available from: http://www.intechopen.com/books/environmental_technologies/assessment_of_air_quality_in_an_urban_area_of_belgrade__serbia
28. Kukec A, Erzen I, Farkas J, Zaletel Kragel L. Impact of air pollution with PM10 on primary health care consultations for respiratory diseases in children in Zasavje, Slovenia: a time-trend study. Zdr Varst 2014; 53: 55-68.

Original Article

Management of pharmaceutical waste in hospitals in Serbia – challenges and the potential for improvement

Verica Jovanović[1], Jelena Manojlović[2], Dragomir Jovanović[3], Branislava Matic[1], Nela Đonović[4]

[1]Institute of Public Health of Serbia "Dr Milan Jovanovic Batut", Belgrade, Serbia.
[2]University of Belgrade Faculty of Pharmacy, Belgrade, Serbia.
[3]Clinic for Gynecology and Obstetrics, GAK "Narodni front", Belgrade, Serbia.
[4]University of Kragujevac, Medical Faculty, Kragujevac, Serbia.

ABSTRACT

Background: Left over medication widely used in hospitals for the treatment of various diseases including malignant illnesses, stand to represent a hazardous form of healthcare waste. According to regulations in the Republic of Serbia dating back to 2009, all healthcare facilities are obligated to separate, label and safely put away said leftover medication, i.e. forward it to authorised operators in order to be securely shipped and properly taken care of abroad. Pharmaceutical waste can lead to dire consequences on a patient's or medical employee's health, as well as cause simultaneous damage to the environment, both work and not. The main aim of this research is the assessment of the state of Serbian hospitals as is, from the perspective of dealing with pharmaceutical waste. Also, the research's objective is to examine the factors that affect the way healthcare waste is handled and the respectful aftermath of their alterations in healthcare institutions. **Methods:** For the realization of this survey, a special questionnaire was developed, concocted with regard to the margins set out by WHO, in order to promptly assess the management of healthcare waste in hospitals, which had beforehand been pretested. The research was carried out as a cross-sectional study of the representative hospital sample of the secondary and tertiary level of healthcare facilities in the public domain, in November 2014. **Results:** The questionnaire was completed by 60 hospitals, which typifies a representative number of said facilities in the Republic of Serbia and which covers more than 85% of inpatient capacity within the public sector's network of healthcare hospitals defined by the Bylaw (referred to as the Network of healthcare facilities in Serbia). **Conclusion:** Tertiary level hospitals, meaning clinical centres, clinical-medical centres and institutes that offer highly specialized healthcare services and have an admittedly larger number of hospital beds, have a more evolved system of sorting pharmaceutical waste and do away with grander amounts of it on a yearly basis. Establishing a safe and law-abiding management of pharmaceutical waste in hospitals will come to wholly enhance the management of hazardous waste in the healthcare system.

Key words: Healthcare waste management, factors, pharmaceutical waste, training, hospital

Submission Date : 01-06-2016
Revision Date : 19-07-2016
Accepted Date : 10-08-2016

DOI: 10.5530/ijper.50.4.22

Correspondence:
Verica Jovanović
Institute of Public Health of Serbia "Dr Milan Jovanović Batut", Centre for Diseases Control, Dr Subotica 5, 11000 Belgrade, Serbia
+38111 2062 733
+38163 76 26 631
E-mail: verica_jovanovic@batut.org.rs

www.ijper.org

INTRODUCTION

The term healthcare waste includes all waste generated within healthcare facilities, research centres and laboratories related to the provision of medical services. According to respectful literature, between 75% and 90% of the waste produced by healthcare providers is comparable to domestic waste and usually referred to as "non-hazardous" or "general healthcare waste". The remaining 10–25% of healthcare waste is regarded as "hazardous" and may involve a variety of environmental and health risks.[1] Pharmaceutical waste is a category of healthcare waste that belongs to the hazardous healthcare waste stream. The major sources of such healthcare waste are hospitals. Hospitals generate daily pharmaceutical and cytostatic waste during the provision of healthcare services to patients. One of the important overall objectives of every healthcare facility should be the implementation of safe healthcare waste management practices through the prevention of hazardous healthcare waste generation. However, accumulation of pharmaceutical waste in hospitals is an indicator of the existence of the system of healthcare waste management (HCWM) but not properly implemented and not as well developed as it should be. All hospital personnel dealing with healthcare waste should be familiar with the main categories of healthcare waste as set out in either national or local regulations on waste classification and with safe procedures for HCWM. Special training activities concerning healthcare waste management including topics on pharmaceutical waste management is of upmost importance for the capacity improvement concerning safe HCWM.[1]

Legal framework for HCWM in most countries consists of a Law on Waste Management and some bylaws concerning safe healthcare waste management.[2]

In the Republic of Serbia, the key legal framework for healthcare waste management comprises of the Law on Waste Management and various Rulebooks, including a Rulebook on Healthcare Waste Management (hereinafter: the Rulebook).[3]

This Rulebook on healthcare waste management details the methods of managing hazardous healthcare waste, including proposed safe methods for pharmaceutical waste management.

According to the Serbian Rulebook, healthcare waste is waste generated in the course of providing healthcare services to humans and it comprises hazardous and non-hazardous waste categories defined and classified in the Serbian Waste Catalogue.[4] Serbian Waste Catalogue is developed in line with the EU Waste Catalogue.[5] According to the Rulebook on Healthcare Waste Management, there are two categories of healthcare waste in Serbia: 1) non-hazardous healthcare waste and 2) hazardous healthcare waste. The provisions for hazardous healthcare waste prescribe special handling of (1) path anatomical waste, (2) sharps, (3) pharmaceutical (4) cytotoxic and cytostatic waste (5) waste contaminated by blood and body fluids (6) infectious waste (7) other hazardous healthcare waste (chemical waste, waste with a high heavy metal content and waste pressurized containers).[4, 5]

Pharmaceutical waste stream management is influencing the quality of HCWM in every healthcare facility, particularly in hospitals because of the quantity of waste generated. According to the Rulebook, this waste stream includes all remnants of medication, including their primary packaging, as well as all devices used for their administration, which a healthcare worker providing healthcare services to the population is in possession of, and which have become unusable due to expiration of their expiration date, non-compliance with the prescribed quality standards, contamination of their packaging, spills, medications that have been prepared and then not used, those returned by the end users, or those that cannot be used for any other reason. This type of waste can be: 1) potentially hazardous pharmaceutical waste, i.e. waste representing a risk in case of improper handling and requiring handling according to procedures prescribed for hazardous waste and 2) hazardous pharmaceutical waste, which is the waste originating from medicines and disinfectants comprising heavy metals, as well as medicines with undetermined contents, which requires special treatment methods.

Unused cytotoxic and cytostatic medications is considered as a hazardous healthcare waste and it's composed of medications and primary packaging and all devices used in preparation of such products for cancer chemotherapy. Cytotoxic and cytostatic medicines are toxic substances with carcinogenic, mutagenic and/or teratogenic effects. Cytotoxic drugs are most often used in specialized departments, such as oncology and radiotherapy units, whose main role is cancer treatment.[6]

As the guideline of WHO "Safe management of waste from healthcare activities" clearly states, pharmaceutical waste includes expired, unused, spilt and contaminated pharmaceutical products, prescribed and proprietary drugs, vaccines and sera that are no longer required, and, due to their chemical or biological nature, need to be disposed of carefully.[2] The category also includes discarded items heavily contaminated during the handling of pharmaceuticals, such as bottles, vials and boxes containing pharmaceutical residues, gloves, masks and connecting tubing. Healthcare waste management in healthcare facilities in total pertains to a group of measures encompassing collection, segregation, packaging, labelling, storage, transport, treatment and safe disposal of healthcare waste.

One of the most important tasks for the staff of healthcare facilities that is appointed to be in charge for proper HCWM is prevention of generation of large quantities of hazardous healthcare waste including pharmaceutical waste and achievement of total healthcare waste minimization.

However, procedures for proper labelling of segregated pharmaceutical waste are also their tasks and it's of great importance for safe pharmaceutical waste management in hospitals. In different counties there are different colour coding systems for labelling of pharmaceutical and cytostatic waste. In Serbia segregated pharmaceutical waste is packed in the red containers or red bags, while cytostatic waste is packed in purple containers or bags. Infectious waste is packed in yellow bags or containers; and other hazardous waste (chemical) - in red containers. In the most EU countries there is the same colour coding system since Serbian model for colour coding of healthcare waste streams is taken from the EU countries experience and practices. Treatment of pharmaceutical and cytotoxic waste goes on by using physical and chemical procedures, or by incineration in facilities licensed for hazardous waste treatment.[6-8]

After segregation and collection pharmaceutical and cytostatic and cytotoxic wastes are stored in hospitals prior to their export. Pharmaceutical waste containing psychoactive controlled substances and precursors is treated in line with the laws regulating the field of psychoactive controlled substances and precursors, law regulating medications and law regulating waste management. This waste stream is generated in minimal quantities.

Where the production of pharmaceutical waste is unavoidable, hospital policies are in place to ensure the safe segregation, handling and disposal of waste and that all persons handling any such waste shall exercise care to avoid injury or risk of harm to themselves or others, including general public.[9-10]

All hospital personnel dealing with healthcare waste should be trained for HCWM. After training, staffs become familiar with the main categories of healthcare waste and required procedures for their handling. As a minimum, managers responsible for healthcare waste system in hospital should conduct audit activities throughout the facility, to identify where these waste streams are produced, to obtain an initial estimate of the types and quantities of waste generated, and to assess how the waste is handled and disposed of. A rapid assessment, combining observations with interviews and survey questionnaires, provides sufficient data to identify problems and begin the process of addressing them.[11-13] all hospital staff is committed to the protection of human health and the environment.

METHODS

The research was conducted as a cross-sectional study on the entire population of state owned hospitals at secondary and tertiary level of healthcare in the Republic of Serbia, in November 2014. Data were collected by filling in 30 a questions questionnaire that was specially designed for this research based on the UN-WHO guide for rapid healthcare waste management assessment (UN–WHO HCWM Rapid Assessment Tool). The questionnaire was pretested before the usage in this research. 25 administrative districts in Serbia have been included in the research located within 4 regions of Serbia (Belgrade, Vojvodina, Sumadija and Western Serbia, Southern and Eastern Serbia). The research sample was composed of 60 hospitals that have been chosen in total, from each healthcare district at random. The only criterion was that the healthcare facilities be a state –owned hospitals on the territory of the Republic of Serbia in the 4 regions mentioned above. The sample size was defined based on pilot studies conducted in Serbia during the implementation of an EU funded project concerning the improvement of Healthcare Waste Management (2007-2009). Based on the conducted pilot studies expected correlation coefficient of the healthcare waste and the number of beds in hospitals is 0.35. For the level of correlation of 0.35 and the power of the study 1- = 0.8, and the level of = 0.05, a sufficient number of observation units is 60.

The direct participants in the research were representatives of the hospitals, i.e. persons appointed as responsible for HCWM (managers or technicians for HCWM). The questions from the questionnaire were related to the number of healthcare services provided by the hospitals, numbers of hospital beds as well as the bed occupancy rate at an annual level, training activities and education of the hospital personnel for HCWM.

The questions were related also to the practice of hospital staff concerning pharmaceutical waste and its disposal, including quantities of segregated pharmaceutical waste annually.

All statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics for Windows Software Version 20.0. Results were presented as mean and standard deviation (mean ± standard deviation). Along with a descriptive analysis, Mann–Whitney U-test and Spearman's correlation were used as methods of checking for correlations in line with pertinent questions. P-values under 0.05 were considered statistically significant.

The Ethics Committee of the Institute of Public Health of Serbia has approved this research (No. 1554/1).

RESULTS

60 hospitals, located in 4 regions of the Republic of Serbia (Belgrade, Vojvodina, Šumadija and Western Serbia and

Southern and Eastern Serbia) at secondary and tertiary levels of healthcare were included in the research. Persons responsible for HCWM in hospitals filled in the questionnaire. For the purpose of the research each hospital was represented by one filled out questionnaire. Of the 60 analyzed questionnaires, 47 were from secondary-level hospitals, while 13 were tertiary healthcare institutions.

Data analysis has shown that Clinical centres generated the largest quantity of pharmaceutical and cytostatic waste in all regions. Belgrade was the region with the largest amounts of pharmaceutical and cytostatic waste generated per year (generated by the Clinical Centre).

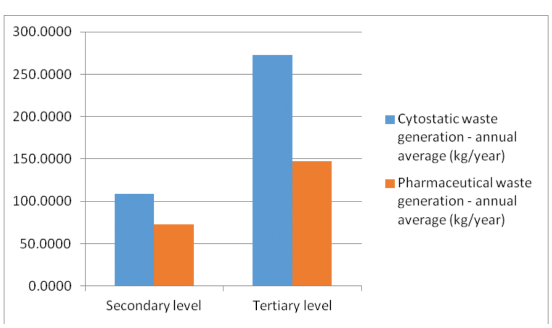
Special hospitals in Vojvodina and Belgrade regions did not produce cytostatic waste at all.

The smallest amount of pharmaceutical waste (44.4 kg/year) was generated in the Special Hospital in Vojvodina. More cytostatic waste was generated per year than pharmaceutical waste (Graphic 1). The largest amount of cytostatic waste was generated in Belgrade, in the Clinical Centre, while Clinic in Belgrade produced the smallest quantity of this waste stream (5kg/year).

Analysis showed a statistically significant difference between healthcare levels, when it comes to medical waste generation in total ($U=198$, $p=0.006$), and pharmaceutical waste generation ($U=221$, $p=0.018$) in a healthcare setting. Tertiary healthcare level hospitals produced statistically significantly larger quantities of healthcare waste than secondary level hospitals.

Distribution of hospitals by type of institution (general hospital, special hospital, institute, clinic, clinical hospital centre, clinical centre), regions (4 regions) and generation of pharmaceutical and cytostatic waste per year is presented in Table 1.

Further statistical analysis of the data gathered showed no statistically significant difference between levels of healthcare with regards to cytostatic waste generation ($U=287$, $p=0.195$). Statistic testing revealed a high statistical significance between levels of healthcare and generation of pharmaceutical waste ($U=221$, $p=0.0,018$) (Table 2).



Graphic 1: The amount of the pharmaceutical and cytostatic waste generated in hospitals per year

In addition, statistical testing revealed a high statistical significance between the type of hospital and generation of pharmaceutical ($x2=14.3$, $df=5$, $p=0.14$) and cytostatic waste ($x2=17.4$, $df=5$, $p=0.004$) (Table 3).

As for the training of the staff for healthcare waste management (HCWM), it was determined that in total, in 2014, 86 medical and non-medical staff were trained through external training (Table 4).

The largest number of staff trained for HCWM was registered at tertiary level of healthcare institutions (94% of tertiary level institutions). Still, one in five hospitals had no staff trained for HCWM. Training was conducted using two training curricula, one for HCWM Technicians and the other for HCWM Managers.

Spearman's rho statistical test showed a significant and direct correlation between the numbers of beds, number of hospital days and the number of personnel trained as managers and technicians for HCWM, including modules for pharmaceutical waste management (Table 5).

Based on the calculated value of the Spearman's rank correlation coefficients research shows that the amount of pharmaceutical and cytostatic waste generated in hospitals correlated significantly and directly to the number of services provided by the hospital, number of beds and number of staff trained for HCWM. This means that healthcare institutions that have a larger number of bed-days and more staff trained for HCWM generate a larger amount of both waste streams, while simultaneously segregating larger quantities of these two waste streams.

DISCUSSION

Promotion of proper handling and disposal of pharmaceutical waste is an important activity for each hospital. Segregation of pharmaceutical and cytostatic waste immediately after administration of medications including anti-cancer therapy is a very important daily practice in hospitals.[1, 2] Nowadays, many developing and undeveloped countries increased healthcare waste segregation in order to implement safe practices for disposal and management of hazardous waste streams, which usually comprises infectious, pathological and pharmaceutical waste. Cytostatic and cytotoxic waste is more often segregated at the point of generation, in special departments for cancer treatment.[2] as the research in Serbia shows; this waste stream combines two hazards in a single waste type, infectiousness and toxicity. These examples exist in many developed countries as well. In the United States of America when hazardous drug

Table 1: Distribution of hospitals per type of institution, region and pharmaceutical and cytostatic waste generation

Region	Type of hospital	Average generation of cytostatic waste kg/year	Average generation of pharmaceutical waste kg/year
Vojvodina	General hospital	171.67	86.56
	Special hospital	0.00	44.45
	Institute	190.00	62.67
	Clinical Centre	350.00	280.00
Belgrade	Special hospital	0.00	27.00
	Institute	170.00	98.50
	Clinic	5.00	62.50
	Clinical Hospital Centre	177.50	92.75
	Clinical Centre	1.250.00	650.00
Šumadija and Western Serbia	General Hospital	133.00	77.93
	Clinical Centre	380.00	250.00
Southern and Eastern Serbia	General Hospital	69.06	62.88
	Special hospital	50.00	85.00
	Clinical Centre	680.00	250.00

T able 2: Correlation between healthcare level and pharmaceutical and cytostatic waste generation

Mann-Whitney Test							
Variables	**Referrals**	**N**	**Mean Rank**	**Median**	**Mann-Whitney U**	**Z**	**Asymp. Sig. (2-tailed)**
Pharmaceutical waste generation kg/year	Secondary level	43	27.14	65.00	221.00	-2.372	0.018
	Tertiary level	17	39.00	89.00			
	Total	60					
Cytostatic waste generation kg/year	Secondary level	43	28.67	85.00	287.00	-1.296	0.195
	Tertiary level	17	35.12	150.00			
	Total	60					

Table 3: Correlation of hospital type and quantity of pharmaceutical and cytostatic waste generated per year

Kruskal-Wallis Test							
Type of hospital		**N**	**Mean Rank**	**Median**	**Chi-Square**	**df**	**Asymp. Sig.**
Cytostatic waste generation kg/year	General hospital	40	29.96	105.00	17.454	5	.004
	Special hospital	3	11.50	0.00			
	Institute	7	26.43	10.00			
	Clinic	2	10.75	5.00			
	Clinical Hospital Centre	4	40.25	165.00			
	Clinical centre	4	57.38	530.00			
	Total	60					
Pharmaceutical waste generation kg/year	General hospital	40	27.85	70.00	14.307	5	.014
	Special hospital	3	17.67	44.45			
	Institute	7	32.07	70.00			
	Clinic	2	23.25	62.50			
	Clinical Hospital Centre	4	39.50	97.00			
	Clinical centre	4	58.50	265.00			
	Total	60					

**. Correlation is significant at the 0.05 level.

Table 4: Staff trained for HCWM - Technicians and Managers

	Secondary level		Tertiary level	
	N	Sum	N	Sum
Number of trained HCW Managers	43	27	17	16
Number of trained HCW Technicians	43	28	17	15

Table 5: Factors of healthcare service affecting pharmaceutical and cytostatic waste generation

Correlations				
			Pharmaceutical waste generation kg/year	Cytostatic waste generation kg/year
Spearman's rho	Number of services	Correlation Coefficient	.719**	.625**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000
		N	60	60
	Number of beds	Correlation Coefficient	.908**	.757**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000
		N	60	60
	Number of trained HCW Managers	Correlation Coefficient	.645**	.530**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000
		N	60	60
	Number of trained HCW Technicians	Correlation Coefficient	.276*	.259*
		Sig. (2-tailed)	.033	.046
		N	60	60

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

waste is infectious, a double hazard exists. Some states may require a separate waste stream for infectious hazardous pharmaceutical waste. With the extra time and caution required, this may be one of the most expensive waste streams to manage. This waste must be separated for proper handling by a special permitted incinerator.[10]

Primary waste legislation is the key instrument for the improvement of pharmaceutical waste management in many countries. Since pharmaceutical waste includes expired, unused, split and contaminated pharmaceuticals, drugs, vaccines, and sera that are no longer required, it needs to be disposed of appropriately. This category also includes discarded items used in the handling of pharmaceuticals, such as bottles or boxes with residues, gloves, masks, connecting tubing, and drug vials. Recommendations and guidelines from WHO and UN are of upmost importance for the establishment of proper healthcare waste management in healthcare facilities, including proper waste management plan and pharmaceutical waste management.[9]

Research shows that hospitals in Serbia generate significant quantities of pharmaceutical waste. Research also underlined that there is a direct correlation between the number of hospital days, number of outpatient services and quantity of segregated cytostatic and pharmaceutical waste.

For decades in Serbia, pharmacies were recognised as the main generators of pharmaceutical waste. In the last 20 years, new practices of healthcare professionals concerning HCWM brought about changes in pharmaceutical waste management in the world. Since 2009, these practices came to Serbia in a more organised manner. As research shows, hospitals in Serbia became significant generators of pharmaceutical and cytostatic waste as well.

Training for proper and safe management of healthcare waste, including pharmaceutical and cytostatic waste in hospitals is of great importance for dealing properly with these types of hazardous healthcare waste. This training has to be in accordance with the legal framework and good practice guidelines on HCWM, abiding the rules set up by WHO's recommendations and implemented in a number of countries, India included.[18-19]

Training for Healthcare Waste Management in Serbia takes place as external training, as continual medical education, organized by the Institute of Public Health of Serbia and as an internal training program organized by hospitals. Results from the research show that there is a direct correlation between the number of trained personnel and pharmaceutical waste management, which is currently measured by the quantity of generated waste.

Knowing the types and quantities of waste produced in a healthcare facility, including hospitals, is an important first step in safe waste disposal. Waste-generation data are used in estimating the needs for the proper waste management including capacities for containers, storage areas, and transportation and treatment technologies. Waste generation data can be used to establish baseline data on waste generation rates in different medical fields and for procurement specifications, planning, budgeting, calculating revenues from recycling, optimization of waste-management systems, and environmental impact assessments.[2] these measures are partially present in Serbia, but still it is the beginning of proper pharmaceutical waste management in hospitals which requires further improvement.

CONCLUSION

- Proper management and disposal of pharmaceutical waste that meet the definition of hazardous waste are not non-compulsory in the Republic of Serbia - since 2009 they have been required by law. Even so, the practice of all legal requirements concerning pharmaceutical waste management is not fully implemented in all hospitals. Pharmaceutical waste management practices in hospitals are incomplete, when it comes to collection, proper segregation, storage and disposal of this waste stream. Large quantities of pharmaceutical waste are still being generated, which is an indicator of the average quality of HCWM in hospitals.
- Hospitals have different practices concerning pharmaceutical and cytostatic waste management due to the different level of education of the staff on this issue. There is a need for strengthening the education of hospital staff concerning proper pharmaceutical waste management.
- A larger quantity of pharmaceutical waste is produced in tertiary-level hospitals, since the number of hospital days and the numbers of outpatient services are bigger in these hospitals. There is a need for further improvement of this practice in said hospitals and for the introduction of specific operational procedures (SOPs) so that this waste stream management could be a useful strategy for improvement.
- Hospitals in Serbia face a challenge on this particular front, when met with the matter of applying the practise of sorting out and dealing with pharmaceutical waste encouraged by law; whether to upon the collection of waste hire an operator to pick up with the managing process and risk running out of assets to compensate said operator with or to store collected waste within the facility for longer than 12 months and avoid mentioned risk, but become viable for legal prosecution by inspection officials, because this course of action goes against the law outline for holding onto medical waste.
- Pharmaceutical waste collected in hospitals is exported abroad through licensed private operators. Financing of pharmaceutical and cytostatic waste export and proper disposal is not fully regulated in practice, since there are often uncertainties relating to regular payment of these costs in hospitals. In order to avoid an impasse in the export of said waste, it is crucial to have access to a stable form of financing, as well as to lay out the costs of this necessity in the facility's yearly business plan.
- Further improvement of pharmaceutical waste management is to be achieved through more frequent training opportunities and, consequently, a larger number of specialists trained in the field of pharmaceutical waste management. The Public Health Institute of Serbia "Dr Milan Jovanovic Batut" has to propose a training plan for all hospitals based on training needs.
- Relicensing HCW managers and technicians, including additional modules on pharmaceutical and cytostatic waste management should be made mandatory in Serbia and published in the new regulations, aimed at achieving further improvement of healthcare waste management.
- The annual revision of dealing with pharmaceutical waste within a facility might be a great way to improve HCWM in general.

ACKNOWLEDGMENT

The research was conducted by using WHO questioner. Usage of questioner was for the first time in Serbia during EU funded projects of Ministry of Health and Ministry of Environmental Protection implemented in Serbia in 2008 ("Technical Assistance for Healthcare Waste Management" - "04SER01/08/001, and 2011 "Technical Assistance for Healthcare Waste Treatment in Serbia" (8SER/31/12/00)). The authors would like to thank to Mr Jan Gerd Kuhuling and Mr Jan Gerrit Tesink for their support and advice for the experience

they gained about proper usage of said questioner, used in this research.

CONFLICT OF INTERESTS

There is no conflict of interests concerning data presentation and analysis by the authors.

ABBREVIATION USED

WHO: World Health Organization; **HCWM:** Health Care Waste Management; **EU:** European Union; **UN:** United Nations; **IBM SPSS:** International Business Machines Statistical Package for the Social Science; **SOPs:** Standard Operational Procedures.

REFERENCES

1. Healthcare waste. Fact Sheet No 253, WHO, 2015.
2. Safe management of wastes from healthcare activities. Second edition, Yves Chartier, Jorge Emmanuel, Ute Pieper *et al*., WHO, Malta, ISBN 978 92 4 154856 4, 2014.
3. Law on waste management, Official Gazette 36/2009, 88/2010, 16/2016. Government of the Republic of Serbia, Belgrade, 2009.
4. Rulebook on healthcare waste management, Official Gazette 78/2010, Government of the Republic of Serbia, Belgrade, 2010.
5. European waste catalogue. European Union, Commission Decision 2000/532/EC, 2000. https://www.gov.uk/ how-to-classify-different-types-of-waste/healthcare-and-related-wastes
6. ASHP technical assistance bulletin on handling cytotoxic and hazardous drugs, American Journal of Hospital Pharmacy. American Society of Hospital Pharmacists, 1990;47(5):1033-49.
7. Goodin S *et al*. Safe handling of oral chemotherapeutic agents in clinical practice: recommendations from an international pharmacy panel. Journal of Oncology Practice, 2011. http://dx.doi.org/10.1200/JOP.2010.000068; PMid:21532802 PMCid:PMC3014516
8. Preventing occupational exposures to antineoplastic and other hazardous drugs in healthcare settings. National Institute for Occupational Safety and Health, US DHHS PHS, NIH. 2004. Pub No. 92-2621. (www.cdc.gov/niosh/docs/2004-165/pdfs/2004-165.pdf),
9. White RJ, Belmont AM, Metcalfe DC. Pharmaceutical Compounds in Wastewater: Wetland Treatment as a Potential Solution. The Scientific World Journal. 2006 http://dx.doi.org/10.1100/tsw.2006.287 ; PMid:17195871
10. Guidelines for the safe disposal of expired drugs. Amman, Jordan, WHO CEHA, 2006, http://www.emro.who.int/images/stories/pakistan/documents/pak_documents/Guidelines_for_Expired_Medicines.pdf).
11. Managing pharmaceutical waste: a 10-step blueprint for health care facilities in the United States. Hospitals for a Healthy Environment. www.premierinc.com/safety/topics/pharma-waste/downloads/h2e-pharma-blueprint-04-15-06.pdf (accessed 2007 July 14).
12. Starting health care waste management in medical institutions: a practical approach, WHO EURO (World Health Organization Europe Regional Office) Copenhagen, World Health Organization Europe Regional Office.2000.
13. Emmanuel J. Survey of health care waste characteristics and generation data from different countries. New York, United Nations Development Programme Global Environment Facility Global Demonstration Project on Health Care Waste, 2007.
14. Narendra M, Kousar H, Puttaiah ET, Thirumala S. Assessment of Biomedical waste of various hospitals in Mysore City Karnataka, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2013;2(3):1-5.
15. Singh A, Singh J, Singh AP, Singh R. Biomedical waste management and their possible health risks with controlling measures in Bareilly city, UP, India. Octa Journal of Environmental Research. 2014; 2(4):296-302.
16. Arnold R. Optimization of Health Hazards caused by Bio-Medical Wastes from Health care Units in REWA, (Madhya Pradesh). World Journal of Pharmaceutical Research. 2015; 4(12):892-901.
17. Jaiswal S, Singh AK, Chowdhury K, Garg R. Biomedical Waste Management in a Charitable Hospital: A Case Study of Jingal Institute of Medical Science, Hisar District, India. Environment & We An International Journal of Science & Technology. 2010;5:115-122.
18. Patil GV, Pokhrel K. Biomedical solid waste management in an Indian hospital: a case study. Waste Management. 2005;25(6):592-9. http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2004.07.011
19. Chaurasia S, Singh R, Gupta AD, Kumar S. Overview on Biomedical waste of District Hispital Satna (MP), India. Current Science Journal. 2014;10:49-53.

SUMMARY

- Nowadays, many developing and underdeveloped countries increase the quality of healthcare waste segregation in the hopes of implementing safe practices for the disposal and management of hazardous waste streams, usually comprised of infectious, pathological and pharmaceutical waste. The practice of all legal requirements concerning pharmaceutical waste management is not fully implemented in all hospitals in Serbia. Healthcare facilities improve the manner of dealing with hazadrodus healthcare waste, pharmaceutical waste included.
- The existence of adequate legal framework in the area of proper pharmaceutical waste management plays a key role in ameliorating the practice of handling hazardous waste in healthcare facilities.

About Authors

Verica Jovanović, MD: Specialist of public health, MSc, Institute of Public Health of Serbia " Dr Milan Jovanovic Batut", Belgrade, Serbia.

Jelena Manojlovic: Pharmacist, University of Belgrade Faculty of Pharmacy, Belgrade, Serbia.

Dragomir Jovanović, MD: Specialist of Gynaecology, Clinic for Gynecology and Obstetrics, GAK "Narodni front", Belgrade, Serbia.

Branislava Matic, MD: MSc, Specialist of Hygiene, Clinic for Gynecology and Obstetrics, GAK "Narodni front", Belgrade, Serbia.

Nela Đonović, MD: Specialist of Hygiene, Professor, University of Kragujevac, Medical Faculty, Kragujevac, Serbia.