



Utjecaj zagađenosti unutrašnjeg zraka na zdravlje ljudi i ekonomiju u Bosni i Hercegovini



Western Balkans
Democracy Initiative

 Funded by
UK Government

Naslov: Utjecaj zagađenosti unutrašnjeg zraka
na zdravlje ljudi i ekonomiju u Bosni i Hercegovini

Autori: Sanela Klarić
Aida Kulo Ćesić
Faruk Hadžić

Urednica: Sanela Klarić

Izdavač: Predstavništvo The Westminster Foundation for Democracy u BiH

Recenzent: Samir Lemeš

Lektura: Selma Gondžetović

Dizajn i DTP: Žarko Ninković

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna i univerzitetska biblioteka
Bosne i Hercegovine, Sarajevo

614.71(497.6)
502.3:613.15]:371.621.4

KLARIĆ, Sanela

Utjecaj zagađenosti unutrašnjeg zraka na zdravlje ljudi i ekonomiju u Bosni i Hercegovini / Sanela Klarić, Aida Kulo Ćesić, Faruk Hadžić. - Sarajevo : Predstavništvo The Westminster Foundation for Democracy u BiH, 2021. - 74 str. : graf. prikazi, tabele ; 30 cm

Bibliografija: str. 61-74.

ISBN 978-9926-8580-0-1

1. Kulo Ćesić, Aida 2. Hadžić, Faruk

COBISS.BH-ID 43922694



Ova publikacija objavljena je u okviru projekta "Više od kvote – Jačanje političkog učešća žena u Bosni i Hercegovini", koji implementira Westminster fondacija za demokratiju, uz finansijsku podršku Vlade Ujedinjenog Kraljevstva. Sadržaj ove publikacije je isključiva odgovornost autora i ne predstavlja nužno stavove donatora.

Sanela Klarić
Aida Kulo Ćesić
Faruk Hadžić

Utjecaj zagađenosti unutrašnjeg zraka na zdravlje ljudi i ekonomiju u Bosni i Hercegovini

Sarajevo, 2021.

■ Predgovor

Općeprihvaćena naučna činjenica je da visok nivo zagađenosti zraka višestruko ugrožava zdravstveno stanje čovjeka. Međutim, posebnu opasnost predstavlja kontaminiranost zraka u zatvorenim prostorima, u kojima provodimo većinu svog životnog vijeka i gdje zagađenost može biti znatno veća od vanjske. Takva zagađenost, prema sve kompleksnijim istraživanjima i analizama, ostavlja ne samo zdravstvene nego i značajne ekonomske posljedice, posebno u slabo i srednje razvijenim društvima.

Na negativne utjecaje posebno su ranjiva djeca, koja od zagađenosti unutrašnjeg znaka obolijevaju od niza respiratornih bolesti. U Bosni i Hercegovini, podaci ukazuju na zabrinjavajuće posljedice kako na njihovo zdravlje tako i na akademski uspjeh. Ovakvi pokazatelji prirodno nameću pitanje: Na koji način Bosna i Hercegovina može riješiti problem zagađenosti unutrašnjeg zraka i time znatno umanjiti negativne zdravstvene i ekonomske posljedice na društvo?

Ova studija predstavlja naš doprinos rješavanju ovog problema na način da nudi procjenu posljedica i gubitaka koje donosi zagađenost zraka u zatvorenim prostorima, predlaže načine kako adresirati ovaj sve rastući problem, te ukazuje na to da donosioci odluka u BiH sistemskim ulaganjem mogu doprinijeti ekonomskom rastu u državi. Studija se dodatno fokusira na stanje zagađenosti unutrašnjeg zraka u osnovnim i srednjim školama u Bosni i Hercegovini te daje jedinstven pregled stanja i posljedica zagađenosti unutrašnjeg zraka, kako sa ekološkog, tako i zdravstvenog i ekonomskog aspekta. Pored toga izvodi proračune ekonomskih gubitaka uslijed zagađenosti, kao i mogućih strateških ulaganja i posljedičnih ekonomskih dobiti. Istraživanje iznosi i pregled legislativne usklađenosti BiH sa Evropskom unijom u ovoj sferi te identificira neophodna zakonodavna unapređenja.

Studija je nastala u okviru mentorskog programa „Više od kvote“ Westminster fondacije za demokratiju (WFD) u BiH, sa ciljem osnaživanja bh. političarki u njihovom političkom i građanskom aktivizmu. Analiza će omogućiti učesnicama grupe „Udahni zdravlje“ koja je nastala u okviru mentorskog programa, da pokrenu inicijative za rješavanje problema zagađenosti unutrašnjeg zraka u njihovim lokalnim zajednicama. Naše je očekivanje da će ova studija poslužiti i kao temelj za angažman drugih aktera na političkim, legislativnim i drugim donosiocima odluka. U konačnici, nadamo se da će analiza poslužiti i kao baza za daljnja istraživanja kao i podsticaj za širu diskusiju o problemu zagađenosti zraka.

Koristimo priliku da se u ime Westminster fondacije za demokratiju zahvalimo Vladi Ujedinjenog Kraljevstva za svesrdnu podršku u objavljivanju ove studije. Također se zahvaljujemo autorima na njihovom istraživačkom i ekspertskom doprinosu ovoj opsežnoj i detaljnoj analizi.

Nermina Voloder,

Direktorica Westminster fondacije za demokratiju u BiH

■ Sadržaj

SAŽETAK	6
1. UVOD	8
1.1. GLAVNA PITANJA NA KOJA ĆE ODGOVORITI ANALIZA:	9
1.2. CILJ ANALIZE	9
1.3. METODE ANALIZE	9
2. KVALITETA UNUTRAŠNJEG ZRAKA I ZDRAVLJE	10
2.1. PARAMETRI I GLAVNE ZAGAĐUJUĆE MATERIJE UNUTRAŠNJEG ZRAKA	10
2.1.1. Termalni uslovi (temperatura, relativna vlažnost, protok zraka)	10
■ Uticaj temperature i vlažnosti na preživljavanje mikroorganizama	10
■ Stopa ventilacije	11
2.1.2. Zagađujuće materije unutrašnjeg zraka relevantni za učionice	11
■ Izvori zagađivača unutrašnjeg zraka	11
■ Najvažnije zagađujuće materije unutrašnjeg zraka u školama - k arakteristike, izvori, standardi, izloženost, štetni učinci i prevencija	12
■ Lebdeće čestice (engl. Particulate Matters, PMs)	15
■ Policiklični aromatski ugljikovodici (eng. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)	18
■ Isparljivi organski spojevi (npr. formaldehid, toluen, benzen)	20
■ Azotni dioksid (NO ₂)	22
■ Ozon (O ₃)	22
■ Sumporni dioksid (SO ₂)	22
■ Ugljični dioksid (CO ₂)	22
■ Ugljični monoksid (CO)	24
■ Teški metali	24
■ Radon (Rn)	24
■ Pesticidi	25
■ Biološke zagađujuće materije	25
■ Oksidacijski kapacitet unutrašnjeg okruženja	25

2.2. EFEKAT ZAGAĐENOSTI UNUTRAŠNJEG ZRAKA NA LJUDSKO ZDRAVLJE	27
▪ Efekat zagađenosti unutrašnjeg zraka na respiratorni i kardiovaskularni sistem	28
▪ Efekat zagađenosti unutrašnjeg zraka na akademske aktivnosti učenika	28
▪ Efekat zagađenosti unutrašnjeg zraka na percepciju istog kod djece	29
2.3. KVALITETA UNUTRAŠNJEG ZRAKA U UČIONICAMA U BIH	29
2.4. KVALITETA UNUTRAŠNJEG ZRAKA U KONTEKSTU PANDEMIJE COVID-19	32
▪ Putovi prenosa virusa SARS-CoV-2	33
2.5. PREPORUKE I RJEŠENJA	35
▪ Mjere kontrole kvalitete unutrašnjeg zraka u učionicama	35
▪ Dodatne mjere kontrole kvalitete okruženja za prevenciju širenja Covid-19 u unutrašnjem prostoru	36
3. KVALITETA UNUTRAŠNJEG ZRAKA I EKONOMIJA	37
4. LEGISLATIVE, STRATEGIJE I POLJA DJELOVANJA U OBLASTI KVALITETE UNUTRAŠNJEG ZRAKA – EU VS BIH	45
4.1. PREGLED STRATEŠKIH CILJEVA EU U OBLASTI KVALITETE UNUTRAŠNJEG ZRAKA - GREEN DEAL	45
4.2. PRATEĆE EU LEGISLATIVE	46
4.3. BIH LEGISLATIVE, STRATEGIJE I POLJA DJELOVANJA	48
5. ZAKLJUČCI I PREPORUKE	57
ZAKLJUČCI	57
PREPORUKE:	58
6. LITERATURA	59

■ Sažetak

Veliki broj provedenih istraživanja jasno ukazuju na povezanost između izloženosti toksičnim odnosno zagađujućim materijama iz okruženja i razvoja akutnih i hroničnih oboljenja kod ljudi. Podaci Svjetske zdravstvene organizacije (SZO) ukazuju da 9 od 10 ljudi udiše zrak u kojem koncentracije zagađujućih materija premašuju ograničenja data u smjernicama SZO, a slabo i srednje razvijene zemlje pate od najveće izloženosti. Zagađujuće materije mogu se zadržavati duži vremenski period u zatvorenom prostoru i tako uticati na ljude putem različitih načina ekspozicije, i to inhalacijom, ingestijom ili preko kože. Djeca su najosjetljivija na zdravstvene učinke zagađenja zraka. Osjetljivost djece je najčešće posljedica nezrelosti njihovog respiratornog, imunološkog, reproduktivnog, centralnog nervnog i probavnog sistema. Štetni uticaji slabe kvalitete unutrašnjeg zraka se prvenstveno manifestuju problemima s respiratornim sistemom uključujući pogoršanje astme, kardiovaskularnim sistemom, nastankom karcinoma i drugim bolestima izazvanim nepovoljnim okruženjem, kao i učincima na pažnju i akademski uspjeh školske djece. Simptomi i oboljenja koje izazivaju pojedine zagađujuće materije unutrašnjeg zraka su prepoznati i definisani u direktivama i preporukama SZO, kao i u direktivama EU.

Sa pandemijom COVID-19 pitanje zagađenja zraka postaje još relevantnije jer su i djeca i odrasli primorani više vremena provoditi u zatvorenom prostoru, uz nove opasnosti od zaraze i razvoja bolesti u zagađenim, vlažnim i zagušljivim neventilisanim prostorima.

Zato je cilj ove analize bio ispitati kvalitetu unutrašnjeg zraka na modelu učionice u kontekstu pandemije COVID-19, a obzirom na relevantnost iste za zdravlje, akademski uspjeh i opšte dobro školske djece kao osjetljive populacije.

Jedini, na dokazima bazirani podaci o kvalitetu unutrašnjeg zraka u učionicama u BiH i povezanost iste sa zdravljem školske djece potiču iz internacionalnog projekta "SEARCH project" (School Environment and Respiratory Health of Children) koju je vodio Regionalni centar za okoliš centralne i istočne Europe, u periodu 2006–2009. na uzorku od ukupno 60 škola, po deset škola iz 6 zemalja, uključujući i BiH. Iz ovog istraživanja je evidentno da su u većini mjerenja najlošiji rezultati upravo pronađeni na uzorku škola iz BiH. U odnosu na škole u drugim zemljama, u školama u BiH su zabilježene najviše koncentracije grubih PM10 lebdećih čestica, benzena, te među najvišim koncentracijama toluena, ksilena i NO2. U BiH, za svu ispitivanu djecu, prevalenca (%) djece sa dijagnozom astme, astmatičnim simptomima i antiastmatičnim tretmanom je bila veća od prosječnih vrijednosti za svu ispitivanu djecu.

U dijelu analize o zdravstvenim aspektima kvalitete unutrašnjeg zraka, preporuke za unaprjeđenje kvaliteta unutrašnjeg zraka u učionici su upotpunjene preporukama za prevenciju širenja zaraze SARS-CoV-2 virusom u unutrašnjem prostoru. Preporuke su primjenjive i na druge zatvorene prostore u kojima borave ljudi. Preporuke za unaprjeđenje kvaliteta unutrašnjeg zraka uključuju buduću gradnju, rekonstrukciju, adaptaciju, održavanje i korištenje školskih objekata, a kreću od jasnih planova odabira lokacija za objekte, odabira prirodnih netoksičnih materijala za građenje i unutrašnje uređenje prostorija, planiranja ozelenjavanja vanjskih i unutrašnjih prostora sa biljkama koje prečišćavaju zrak, planiranja održivih sistema grijanja, hlađenja, ventilacije i filtracije prostorija, održivog održavanja i čišćenja prostorija sa preparatima koji nisu štetni za

zdravlje, odabira netoksične opreme, usvajanja protokola i mjera za praćenje kvaliteta unutrašnjeg zraka, izgradnje ljudskih kapaciteta i podizanja svijesti o važnosti kvalitete unutrašnjeg zraka i njegovog značajnog uticaja na zdravlje. Također se preporučuje optimalna i planski kontinuirana ventilacija koja je od neprocjenjive važnosti za smanjenje koncentracije zagađujućih materija.

Od izuzetne je važnosti da se smanjenje zagađenja zraka veže za ekonomske parametre. Prema procjenama SZO, unutrašnje zagađenje zraka je odgovorno za porast troškova liječenja, hospitalizacije, bolovanja pa i smrti. Istraživanje provedeno u BiH procjenjuje zdravstvene troškove nastale uslijed zagađenja zraka emisijama termoelektrana u Bosni i Hercegovini na oko 3,1 milijardu eura godišnje.

U ovoj studiji smo kroz analizu ulaganja u mjere energetske efikasnosti pokušali dati odgovore na pitanja kako umanjiti troškove liječenja, hospitalizacije, bolovanja i sl. Naime, ugradnjom sistema za rekuperaciju unutrašnjeg zraka osigurava se kvalitetan unutrašnji zrak i unapređuje zdravlje što u konačnici dovodi do pozitivnih efekata za ekonomiju u cjelini.

U BiH se često govori o zagađenju i lošoj kvaliteti vanjskog zraka koja u zimskom periodu zna biti među najzagađenijim u svijetu. Kao i u drugim sektorima u BiH, ne postoji strateški pristup ovom problemu niti jasna vizija za rješenje problema. Zakonodavstvo nije dovoljno usklađeno sa legislativom EU, a nedovoljna je koordinacija na nivou BiH institucija koje se bave ovim problemom. S druge strane, u pripremi je veći broj strateških dokumenata za jasno prepoznavanje problema zagađenja vanjskog i unutrašnjeg zraka. Pored strateških dokumenata, postoji obaveza državnog nivoa BiH, kao i entitetskih i kantonalnih vlasti, da hitno usklade zakonodavstvo u sektorima okoliša, energije i cirkularne ekonomije sa važećim legislativama EU. S tim u vezi, na kraju analize su dati sumirani zaključci i preporuke.

SEARCH projekat je imao za cilj alarmiranje odgovornih i zainteresiranih strana i institucija i nastavak rada kroz planiranje novih istraživanja, inicijativa i političkog djelovanja da bi se postigla pravovremena, odgovorna i sveobuhvatna posvećenost ovom važnom pitanju. Inspirisani rezultatima ovog istraživanja, Westminster fondacija za demokratiju je 2019. godine okupila grupu političarki iz Bosne i Hercegovinu koje kroz mentorski program i uz ekspertsku podršku Savjeta za zelenu izgradnju, rade na podizanju svijesti o kvalitetu unutrašnjeg zraka u BiH, te pozitivnim zakonskim rješenjima za unapređenje ove oblasti. Rezultati sadašnje analize, između ostalog, imaju za cilj osnažiti i spomenutu neformalnu grupu političarki koje se bave ovom temom, u njihovim pripremama amandmana, inicijativa i zastupničkih pitanja. Cilj je i da se obezbijedi nastavak istraživanja, mjerenja ali i izmjena u postojećim praksama građenja i obnove kako obrazovnih tako i svih drugih objekata u kojima borave ljudi, s naglaskom na važnost brze reakcije za objekte u kojima borave djeca, obojeli i stariji.

Također, želimo vjerovati da će ova analiza potaći i druge da se pridruže i svojim radom podrže ovu važnu inicijativu.

■ 1. Uvod

Obzirom na nedostatak naučnih i stručnih podataka o kvaliteti unutrašnjeg zraka u BiH, nije iznenađujuće nerazumijevanje važnosti uticaja istog na zdravlje i ekonomiju naše zemlje. Stoga je prepoznata potreba za detaljnom obradom ove teme i njeno približavanje zainteresiranim stranama, a posebno u kontekstu COVID-19 epidemiološke situacije.

Posebno je važno identificirati faktore rizika koje ugrožavaju kvalitetu unutrašnjeg zraka, zdravstvene i ekonomske posljedice lošeg kvaliteta unutrašnjeg zraka, te nedostatke postojećih politika, legislativa i strategija u BiH i njihovu harmonizaciju sa EU strategijama i legislativama.

Iako ćemo se u ovoj analizi baviti kvalitetom unutrašnjeg zraka u obrazovnim ustanovama, ukazat ćemo na važnost provođenja budućih istraživanja u svim zatvorenim prostorima, uključujući radna mjesta, prostore za stanovanje, zdravstvene objekte i dr.

Svjetska zdravstvena organizacija (SZO) definiše zagađenje unutrašnjeg i vanjskog zraka kao kontaminaciju zraka hemijskim, fizičkim ili biološkim sadržajima koji ugrožavaju normalne karakteristike atmosfere¹. Zagađenje unutrašnjeg i vanjskog zraka je globalno priznata prijetnja zdravlju ljudi, drugim ekosistemima, okruženju i klimi^{2,3}. Prema SZO, u svijetu se bilježi ukupno 12,6 milijuna smrtnih slučajeva zbog nezdravog okruženja, što predstavlja 23% ukupne globalne smrtnosti i 26% smrtnosti male djece³. Podaci SZO pokazuju i da 9 od 10 ljudi udiše zrak u kojem koncentracije zagađujućih materija premašuju ograničenja data u smjernicama SZO, a slabo i srednje razvijene zemlje pate od najveće izloženosti⁴. Zato je nedavno Europski regionalni ured SZO-e razvio softver AIRQ+ namijenjen za procjenu učinaka izloženosti zagađenom zraku na javno zdravlje⁵.

Kako ljudi većinu svog života (80–90%) provode u unutrašnjem prostoru, vrlo je važno osigurati visoku kvalitetu unutrašnjeg zraka. To dobiva dodatnu važnost jer se danas zna da neke zagađujuće materije mogu imati koncentracije koje su nekoliko puta veće u unutrašnjem nego u vanjskom prostoru. Osim toga, pored nivoa zagađenosti vanjskog zraka, na kvalitetu unutrašnjeg zraka veliki uticaj imaju i dodatne zagađujuće materije porijeklom iz unutrašnjosti objekta, i to formaldehid, isparljivi organskih spojevi (benzen, trihloretan, toluen, etil-benzen i ksilen), CO, CO₂ i drugi hemijski i biološki spojevi, te tako zrak u unutrašnjem prostoru može biti i 10 puta zagađeniji od zraka u vanjskom prostoru⁶. Danas također znamo da dugotrajno izlaganje zagađenju unutrašnjeg zraka može dovesti do nepovoljnih bioloških učinaka, čak i pri niskim koncentracijama zagađujućih materija. Prema SZO, zagađenje unutrašnjeg zraka je osmi najvažniji rizikofaktor za zdravlje ljudi i odgovorno je za 2,7% globalnog tereta bolesti⁷.

Djeca školskog uzrasta (obično 4–12 godina) provode više vremena (oko 80%) u unutrašnjem prostoru (npr. u školama i svojim domovima) u odnosu na vanjski prostor. Nakon doma, škola/učionica je drugo najvažnije okruženje za dijete u kojem, uglavnom u unutrašnjem prostoru, provede oko 25–30% svog života (do 10 h dnevno). Stoga je odgovarajuća kvaliteta zraka u školama bitna odrednica zdravog života i dobrobiti školske djece.

Međutim, djeca spadaju u najosjetljivije populacije stanovništva, pa su tako djeca školskog uzrasta, pored predškolske djece i novorođenčadi, najosjetljivija na zdravstvene učinke zagađenja zraka. Osjetljivost djece,

a posebno njihovih osjetljivih podskupina, je najčešće posljedica nezrelosti njihovog respiratornog, imunološkog, reproduktivnog, centralnog nervnog i probavnog sistema⁸.

Djeca se od odraslih osoba razlikuju i u fiziološkom i fizičkom statusu. Fiziološki, brzina disanja po kilogramu tjelesne težine otprilike je dvostruko veća u djece i do tri puta veća u novorođenčadi u odnosu na odrasle. To znači da djeca, zbog svoje veličine, fiziologije i fizičke aktivnosti imaju dva puta brži ciklus disanja nego odrasli, pa stoga pokazuju veću stopu potrošnje kisika i metabolizma po jedinici tjelesne težine⁹. Fizički, djeca također unose više zraka i imaju veću plućnu apsorptivnu površinu zbog čega u toku disanja, a proporcionalno njihovoj tjelesnoj težini, apsorbiraju znatno više količine zagađujućih materija od odraslih. Dodatno, kod djece je doprinos nosa u procesu disanja manji u odnosu na odrasle, čineći zadržavanje čestica u nosnim dišnim putovima manje učinkovitim, a povećavajući šansu za njihovo veće taloženje u donjim dišnim putovima¹⁰.

Kvaliteta unutrašnjeg zraka se tiče oko 64 milijuna učenika i 4,5 milijuna učitelja širom Europe¹¹. Broj studija o potencijalnim uticajima zagađenja unutrašnjeg zraka na zdravlje školske djece, njihovu akademsku produktivnost i dobrobit raste¹²⁻¹⁶, a posebno raste broj studija koje uključuju mlađu školsku djecu¹⁷.

Do danas je više puta potvrđeno da je loša kvaliteta unutrašnjeg zraka povezana s različitim nepovoljnim zdravstvenim učincima koji su u posljednje vrijeme svrstani u dva sindroma, i to sindrom bolesnog objekta i sindrom povezan sa objektom¹⁸. Zdravstveni efekti slabe kvalitete unutrašnjeg zraka u školskoj populaciji se prvenstveno odnose na probleme s respiratornim sistemom, uključujući pogoršanje astme¹⁹, kardiovaskularnim sistemom, nastankom karcinoma i drugim bolestima izazvanim nepovoljnim okruženjem, kao i učincima na pažnju i akademski uspjeh školske djece. Akademski uspjeh može biti oštećen bilo direktno ili preko negativnih zdravstvenih učinaka zagađujućih materija i posljedičnog izostajanja djeteta iz škole^{20,21}. Štoviše, podaci sugeriraju da rano izlaganje zagađenom zraku tokom intrauterinog razvoja²² i djetinjstva može igrati važnu ulogu u razvoju hroničnih bolesti u odrasloj dobi⁴.

Sa pandemijom COVID-19 pitanje zagađenja zraka postaje još aktuelnije jer su ljudi primorani da još više vremena provode u zatvorenom prostoru, uz nove opasnosti od zaraze i razvoja bolesti u zagađenim, vlažnim i zagušljivim neventilisanim prostorima. Dodatno je teško izolirati djecu u školama u postojećim prostorijama i rasporedima učionica.

1.1. Glavna pitanja na koja će odgovoriti analiza:

1. Zašto je kvalitetan unutrašnji zrak važan u očuvanju zdravlja ljudi?
2. Koliko društvo ekonomski gubi zbog posljedica lošeg kvaliteta unutrašnjeg zraka?
3. Postoji li potreba za usklađivanjem legislative BiH sa legislativom EU u oblasti kvalitete unutrašnjeg zraka?

1.2. Cilj analize

Cilj ove analize je formiranje dokumenta koji će na stručan i naučno potkrijepljen način upoznati zainteresirane strane o važnosti kvaliteta unutrašnjeg zraka za očuvanje zdravlja ljudi i ekonomiju BiH. Dodatno, dokument će služiti kao osnova za podizanje svijesti i uključivanje svih zainteresiranih strana u rješavanje ovog bitnog pitanja putem zagovaranja promjene politika, legislativa i strateških planiranja.

1.3. Metode analize

Analiza će se bazirati na pregledu i prikupljanju podataka iz relevantne naučne i stručne literature, strategija, legislativa i izvještaja. Koristit će se dostupni zvanični statistički podaci o broju učenika u osnovnim i srednjim školama u BiH, podaci o broju dana bolovanja koji koriste roditelji za njegu djece oboljele uslijed lošeg kvaliteta unutrašnjeg zraka, te podaci za procjenu ekonomskih gubitaka kao posljedica prijevremene smrtnosti.

■ 2. Kvaliteta unutrašnjeg zraka i zdravlje

2.1. Parametri i glavne zagađujuće materije unutrašnjeg zraka

Kvaliteta unutrašnjeg zraka je određena termalnim uslovima (temperatura, relativna vlažnost, protok zraka), svjetlošću i bukom, te koncentracijama zagađujućih materija (lebdеće čestice, otrovni plinovi, isparljivi organski spojevi, mikroorganizmi u zraku i dr.) koje utiču na zdravlje, akademske sposobnosti i dobrobit školske djece⁴.

2.1.1. Termalni uslovi (temperatura, relativna vlažnost, protok zraka)

Termalni uslovi (temperatura, relativna vlažnost, protok zraka) su ključni aspekti kvaliteta unutrašnjeg zraka iz dva osnovna razloga¹⁸:

- nekoliko problema povezanih s lošom kvalitetom unutrašnjeg zraka se mogu riješiti jednostavnim podešavanjem temperature ili relativne vlažnosti,
- visoka temperatura može dovesti do povećanog oslobađanja zagađujućih materija iz građevinskih materijala.

Preporučeni prihvatljivi raspon temperature u unutrašnjem prostoru je 20,0–24,0°C u zimskom, odnosno 24,0–27,0°C u ljetnom periodu²³. Pokazalo se da ekstremne temperature štete dobrobiti školske djece²⁴.

Preporučeni prihvatljivi raspon relativne vlažnosti u unutrašnjem prostoru je 30–65%²⁵, a u učionicama 45–55%²⁶. Relativna vlažnost se obično mjeri higrometrom i izražava kao % vodene pare u sobnom zraku u odnosu na ukupnu količinu vodene pare koju isti sobni zrak može sadržavati pri određenoj temperaturi. Relativna vlažnost djeluje na dišne putove čovjeka. Visoka relativna vlažnost kod čovjeka može prouzrokovati osjećaj nelagode zbog neugodnog mirisa i osjećaj gušenja.

Niska relativna vlažnost isušuje sluznicu nosa, usta i gornjih dišnih putova i izaziva nelagodu i kašalj. Može prouzročiti oštećenje epitela i smanjenje mukocilijarnog klirensa (važan obrambeni mehanizam), pa dišni putovi mogu postati osjetljiviji na virusne infekcije. Unatoč nedostatku jasnog znanstvenog obrazloženja, smatra se da je percepcija suhog zraka vjerojatno povezana i s „senzornim iritansima“ poput isparljivih organskih spojeva²⁷.

Učinci relativne vlažnosti na simptome prehlade i alergije nisu pokazani²⁸.

■ Uticaj temperature i vlažnosti na preživljavanje mikroorganizama

Iako visoka vlažnost zraka, iznad 60%, stvara pogodno tlo za porast broja mikroorganizama u zraku i rast toksične plijesni, zabilježeno je i da vrlo niska vlažnost uzrokuje povećani rast nekih mikroorganizama. Relativna vlažnost djeluje na dinamiku virusa, tj. na njegovu veličinu, svojstva površine, sadržaj vode i posljedično na njegov prenos i taloženje. Djelovanje relativne vlažnosti na stabilnost virus-aerosol kompleksa ovisi o fizikalno-hemijskim svojstvima istog; tako su virusi s lipidnom ovojnicom (npr. virusa influence A i influence B) stabilniji na suhom zraku (niža vlažnost) i nižoj temperaturi, a visoka vlažnost i visoka temperatura sma-

njuju njihovo preživljavanje²⁹. Isti trend je vidljiv i kod virusa SARS-CoV-2 što će s više detalja biti opisano u dijelu teksta koji se odnosi na pandemiju COVID-19.

Međutim, kako je kod drugih vrsta virusa primijećen suprotan trend^{30,31}, smatra se da mehanizmi preživljavanja i prenosa virusa u odnosu na temperaturu i vlažnost nisu potpuno shvaćeni i da njihovo uopćavanje za sve viruse, zbog složenosti, nije primjenjivo.

Preživljavanje i prenos bakterija je još složenije od virusa, pa stoga također zahtijeva individualnu procjenu²⁹.

■ Stopa ventilacije

Korištenje sistema za ventilaciju u unutrašnjem prostoru ima nekoliko pogodnosti³², i to:

- osigurava kisik i svježi zrak za ljudsko disanje;
- razrjeđuje zagađujuće materije unutrašnjeg zraka;
- koristi vanjski zrak s niskom koncentracijom aerosola za kontrolu aerosola u objektu
- kontrolira vlažnost unutrašnjeg zraka
- stvara pravilnu raspodjelu zraka i promiče zdravo i ugodno okruženje

Ventilacijski sistemi se mogu klasificirati u tri vrste³³ uključujući:

- sistem prirodne ventilacije u kojem se vrši izmjena zraka između unutrašnjeg i vanjskog zraka, bez upotrebe mehaničke opreme; često nisu dovoljno funkcionalni
- mehanički ventilacijski sistem koji koristi mehaničku opremu, poput ventilatora ili puhala, značajno povećava potrošnju energije
- hibridni ventilacijski sistemi koji koriste prednosti mehaničkog i prirodnog ventilacijskog sistema, a nedostatke prirodne ventilacije nadoknađuju mehaničkom komponentom

Izveštaj SZO također sugerira da nedovoljna ventilacija povećava prenos infekcije među ljudima³⁴.

Dok su prema jednim autorima upala grla i umor kod školske djece povezani sa ulaskom vanjskih zagađujućih materija kroz prozor u unutrašnji zrak putem prirodne ventilacije³⁵, prema drugima su ti simptomi povezani sa prisustvom klima-uređaja u učionici²⁴.

Također je pokazano da je stopa ventilacije u učionici direktno povezana s akademskim postignućima učenika^{36,37}.

2.1.2. Zagađujuće materije unutrašnjeg zraka relevantni za učionice

Zagađenost unutrašnjeg zraka se odnosi na postojanje visokih koncentracija zagađujućih materija u unutrašnjosti neindustrijskih objekata, od kojih svi mogu imati negativne uticaje na ljudsko zdravlje³⁸.

■ Izvori zagađivača unutrašnjeg zraka

Kvaliteta unutrašnjeg zraka ovisi o

- nivou zagađenosti vanjskog zraka tj. koncentracijama zagađujućih materija vanjskog porijekla i
- koncentracijama zagađujućih materija porijeklom iz unutrašnjosti objekta.

Zagađujuće materije vanjskog porijekla

Koncentracije zagađujućih materija vanjskog porijekla u unutrašnjem zraku su pod direktnim uticajem njihove koncentracije u vanjskom zraku. Kako se koncentracije zagađujućih materija u vanjskom zraku povećavaju, iste se transportiraju iz vanjskog u unutrašnji prostor putem ventilacije. Glavni izvori zagađenja vanjskog zraka česticama prašine PM2.5 u BiH su kućna ložišta (skoro 60%), zatim slijede termoelektrane i toplane (oko 19%), i industrija (oko 14%). Preostalih 7% čine saobraćaj, poljoprivreda i otpad (GAINS model 2018)³⁹.

Zagađujuće materije porijeklom iz unutrašnjosti objekta

Otrovni spojevi (tj. formaldehid, benzen, trihloretan, toluen, etil-benzen i ksilen i mnogi drugi), CO, CO₂ i drugi hemijskih i bioloških spojevi su porijeklom iz unutrašnjosti objekta.

Najčešće se oslobađaju:

- iz materijala koji se koriste u procesu gradnje ili obnove npr. polivinil klorid (PVC) podne obloge, parketi, linoleumi, gumeni tepisi, ljepila, lakovi, boje, silikoni, iverice i sl.
- pri radu elektroničkih uređaja poput računala, fotokopirnih aparata, printera i ostalih aparata i namještaja koji emitiraju ozon (O₃) i isparljive spojeve
- pri unutrašnjim aktivnostima, npr. oslobađanje iz proizvoda za čišćenje pri aktivnostima čišćenja, oslobađanje pri kuhanju, oslobađanje iz proizvoda za njegu i sl.
- sagorijevanjem u kućnim ložištima, kaminima i pušenjem cigareta
- ljudi također stvaraju povoljne uslove za razvoj milijuna plijesni, gljivica, polena, grinja bakterija, virusa i insekata

Prema nekim studijama, na kvalitetu unutrašnjeg zraka u učionici veći uticaj imaju unutrašnji u odnosu na vanjske zagađivače⁴⁰⁻⁴².

▪ Najvažnije zagađujuće materije unutrašnjeg zraka u školama - karakteristike, izvori, standardi, izloženost, štetni učinci i prevencija

Najrelevantnije zagađujuće materije unutrašnjeg zraka, njihovi izvori i uticaj na zdravlje su prikazani u Tabeli 1, a sažetak ključnih ishoda za definiciju na toksikološkim podacima baziranih smjernica SZO za kvalitetu unutrašnjeg zraka za odabrane zagađujuće materije u Tabeli 2.

Standardi i ciljevi Europske unije za kvalitetu unutrašnjeg zraka su dati u Tabelama 3. i 4.

Tabela 1. Zagađujuće materije unutrašnjeg zraka, njihovi izvori i uticaj na zdravlje

Zagađujuće materije	Izvori	Utjecaji na zdravlje
PM čestice	vanjsko okruženje, kuhanje, aktivnosti izgaranja (gorenje svijeća, upotreba kamina, grijalice, peći, dimnjaka, pušenje cigareta), čišćenje	prerana smrt kod osoba s bolestima srca ili pluća, nefatalni srčani napadi, nepravilan rad srca, otežana astma, smanjena funkcija pluća, pojačani respiratorni simptomi
Isparljivi organski spojevi	boje, lakovi, otapala, pesticidi, ljepila, sredstva za zaštitu drveta, voskovi, sredstva za poliranje, sredstva za čišćenje, maziva, silikoni, osvježivači zraka, goriva, plastika, uređaji za fotokopiranje, printeri, duhanski proizvodi, parfemi, hemijski očišćena odjeća, građevinski materijali i namještaj	nadraženost očiju, nosa i grla <ul style="list-style-type: none"> ▪ glavobolja, gubitak koordinacije i mučnina ▪ oštećenje jetre, bubrega i centralnog nervnog sistema ▪ neke od ovih supstanci mogu uzrokovati karcinom
NO₂	plinski uređaji za kuhanje i grijanje	pojačane astmatične reakcije, oštećenje dišnih putova što dovodi do respiratornih simptoma
Ozon	vanjski izvori, uređaji za fotokopiranje, pročišćavanje zraka i dezinfekciju	oštećenje DNA, oštećenje pluća, astma, smanjene respiratorne funkcije

SO₂	štednjaci za kuhanje, kamini, vanjski zrak	oštećenje respiratorne funkcije: astma, hronična opstruktivna plućna bolest (HOPB) i kardiovaskularne bolesti
CO_x	štednjaci za kuhanje, pušenje duhana, kamini, generatori i ostala oprema na benzinski pogon, vanjski zrak	umor, glavobolja, bolovi u grudima, oslabljen vid, smanjena moždana funkcija i smrt
Teški metali: Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, As, Ni, Hg, Mn, Fe	vanjski izvori, produkti sagorijevanja, pušenje i građevinski materijal	karcinom, oštećenje mozga, mutageni i kancerogeni efekti, respiratorne bolesti, kardiovaskularne bolesti i smrt
Radon (Rn)	građevinski materijali, zemni gas, tekuća voda, vanjski zrak	uzrokuje mutacije stanica, karcinom pluća
Aerosoli	duhanski dim, građevinski materijali, potrošački proizvodi, produkti sagorijevanja, čišćenje i kuhanje	kardiovaskularne bolesti, respiratorne bolesti, alergije, karcinom pluća, iritacija i nelagoda
Pesticidi, insekticidi, rodenticidi, fungicidi, dezinficijensi i herbicidi	građevinski materijali, tepisi, tekstil i jastučasti namještaj vanjsko okruženje	nadraženost očiju, nosa i grla, oštećenje centralnog nervnog sistema i bubrega, povećani rizik od karcinoma
Biološki alergeni	kućna prašina, alergeni porijekla kućnih ljubimaca, žohara, insekata, i biljaka, plijesan/vlaga, grinje, polen	astma i alergije, respiratorne infekcije, senzitivizacija, respiratorna alergija, bolesti i hroptanje pri disanju
Mikroorganizmi: bakterije, virusi, gljivice	ljudi, životinje, tlo i biljke	vrućica, probavni problemi, zarazne bolesti, hronične respiratorne bolesti

Tabela 2. Sažetak ključnih ishoda za definiciju na toksikološkim podacima baziranih smjernica SZO za kvalitetu unutrašnjeg zraka za odabrane zagađujuće materije

Zagađujuće materije	Ključni ishodi za definiciju smjernica	Smjernice	Komentar
Benzen	Akutna mijeloična leukemija Genotoksicitet	Sigurni nivo izloženosti ne postoji. Jedinični rizik leukemije po 1 µg/m ³ koncentracije u zraku je 6×10 ⁻⁶ . Koncentracije benzena u zraku asocirane sa dodatnim životnim rizikom od 1/10 000, 1/100 000 i 1/1 000 000 su 17, 1.7 i 0.17 µg/m ³ , respektivno.	

Ugljen monoksid (CO)	Akutna redukcija tolerancije na fizičku aktivnost i povećanje simptoma ishemijske srčane bolesti (npr. promjene ST segmenta)	15 minuta – 100 mg/m ³ 1 sat – 35 mg/m ³ 8 sati – 10 mg/m ³ 24 sata – 7 mg/m ³	
Formaldehid	Senzorna iritacija	0.1 mg/m ³ ▪ 30-minutni prosjek	Smjernice (validne za period od 30 min) će prevenirati i efekte na disajnu funkciju kao i nazofaringealni karcinom i mijeloičnu leukemiju.
Naftalen	Lezije respiratornog sistema koje dovode do inflamacije i maligniteta u istraživanjima na životinjama	0.01 mg/m ³ ▪ godišnji prosjek	Dugoročna smjernica za koju se pretpostavlja da prevenira potencijalan maligni efekat u dišnim putevima.
Azotni dioksid (NO₂)	Respiratorni simptomi, bronhokonstrikcija, povišena bronhijalna reaktivnost, inflamacija dišnih puteva i supresija imuniteta dovodeći do povećane sklonosti respiratornim infekcijama	200 µg/m ³ ▪ 1-satni prosjek 40 µg/m ³ ▪ godišnji prosjek	Nema dokaza za prag izloženosti u epidemiološkim studijama.
Policiklični aromatski ugljikovodici (PAH)	Karcinom pluća	Prag se ne može utvrditi i svaki vid izloženosti se smatra relevantnim za zdravlje. Jedinični rizik za karcinom pluća za PAH mješavine procjenjuje se na 8.7×10 ⁻⁵ po ng/m ³ benzo(a)pirena (BaP). Odgovarajuće koncentracije za cjeloživotnu izloženost BaP koje čine cjeloživotni rizik karcinoma su 1/10 000, 1/100 000 i 1/1 000 000 za otprilike 1.2, 0.12 i 0.012 ng/m ³ , respektivno.	BaP se uzima kao marker za PAH mješavinu

Radon	Karcinom pluća, sugestivni dokazi za vezu sa drugim karcinomima, posebno leukemije i karcinoma ekstratorakalnih dišnih puteva	Dodatni cjeloživotni rizik od smrti zbog karcinoma pluća uzrokovanog radonom (do 75. godine) se procjenjuje na 0.6×10^{-5} po Bq/m ³ za nepušače i 15×10^{-5} po Bq/m ³ za pušače (15–24 cigareta dnevno); među bivšim pušačima, postoji srednji rizik u zavisnosti od trenutka prestanka pušenja Koncentracije radona povezane sa dodatnim cjeloživotnim rizikom su 1/100 i 1/1000 na 67 i 6.7 Bq/m ³ (za trenutne pušače) i 1670 i 167 Bq/m ³ za cjeloživotne nepušače.	SZO smjernice daju obiman pristup menadžmentu zdravstvenog rizika vezanog za radon.
Trihloroetilen	Karcinogenost (jetra, bubreg, žučni vod, neHodgkinov limfom) sa pretpostavljenim genotoksicitetom	Procjena jediničnog rizika je 4.3×10^{-7} po $\mu\text{g}/\text{m}^3$ koncentracije trihloroetilena u zraku povezane sa dodatim cjeloživotnim rizikom za karcinom od 1:10 000, 1:100 000 i 1:1 000 000 su 230, 23 i 2.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Tetrahloretlen	Efekti na bubrezima indikativni za ranu bubrežnu bolest i smanjenu funkcionalnost	0.25 mg/m ³ – godišnji prosjek	Karcinogenost nije korištena kao krajnja tačka s obzirom da nema indikacija da je tetrahloretlen genotoksičan te postoji sumnja vezana za epidemiološke dokaze i relevantnost animalnih modela karcinogenosti za ljude.

■ Lebdeće čestice (engl. Particulate Matters, PMs)

Karakterizacija i izvori. Lebdeće čestice (PM) predstavljaju široko rasprostranjenu složenu mješavinu čvrstih i tekućih čestica suspendiranih u zraku. PM variraju u veličini, obliku, porijeklu i sastavu⁴³. Njihov hemijski sastav obuhvaća anorganske ione (npr. sulfata, nitrata, amonijak i topive metale), netopive metale (željezo, nikel, bakar, cink i vanadij), elementarni ugljik, organske spojeve, uključujući policiklične aromatske ugljikovodike (npr. benzo(a)piren) i polihlorirane bifenile, biološke komponente (alergeni, endotoksin), mikrobnna sredstva i vodu^{43,44}. Sastav PM iz unutrašnjeg prostora nije uvijek usporediv s PM iz vanjskog zraka.

PM se obično klasificiraju prema njihovom aerodinamičnom promjeru:

- $\geq 2,5 \mu\text{m}$ (grube čestice, PM_{10}),
- $\leq 2,5 \mu\text{m}$ (fine čestice $\text{PM}_{2,5}$),
- $\leq 1,0 \mu\text{m}$ (najfinije čestice PM_1).

Glavni izvori PM-a u zatvorenim školskim prostorima su sama djeca (ljuske kože, vlakna tkanine) i dječje aktivnosti, npr. igranje, namještaj u učionicama (radne ploče, stolovi, stolice itd.), upotreba klima-uređaja i sistema grijanja^{45,46}, upotreba printera i fotokopirnih uređaja. Ostale ljudske aktivnosti poput kuhanja u kantinama i čišćenje su također važni izvori PM u zatvorenim prostorima u školama⁴⁵. Također, iako PM čestice u učionicama europskih škola pretežno potiču iz unutrašnjih izvora⁴, one mogu biti i vanjskog porijekla (oslobađanja iz saobraćaja, kućnih ložišta, ili industrijske aktivnosti) kada prodiru u zatvorene prostore uglavnom ako se prirodna ventilacija koristi tokom dana (uključujući i vrijeme tokom nastavnih sati). Ovaj prodor snažno ovisi o prozračnosti učionica, karakteristikama objekta, građevinskom materijalu i godišnjem dobu. Očekuje se veći prodor PM čestica ako su prozori i vrata direktno okrenuti prema frekventnim saobraćajnicama. PM_{10} uglavnom nastaju mehanički, raspadanjem većih čvrstih čestica i tipično se sastoje od uskovitlane prašine i biološkog materijala, poput fragmenata polena i bakterija.

Koncentracije $\text{PM}_{2,5}$ u zatvorenim prostorima u školama su najčešće kombinirane smjese (34%) organskih čestica (ljuske kože, vlakna tkanine, moguća kondenzacija isparljivih organskih spojeva) i čestica od krede i propadanja objekta, te proizvod ponovnog suspendiranja prašine na pješčanim dječjim igralištima (13%)⁴. Koncentracija mineralnog sastava PM u školama s nepopločanim ili neasfaltiranim igralištima je većinom viša u odnosu na škole s popločanim igralištima⁴.

Standardi. SZO je redefinirala smjernice za PM čestice za unutrašnji zrak sa prosječnim vrijednostima od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za PM_{10} i $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za $\text{PM}_{2,5}$ u toku 8 sati, s tim da koncentracije $\text{PM}_{2,5}$ čestica u unutrašnjem zraku trebaju biti što je moguće niže. Štoviše, PM čestice su uvrštene na popis zagađujućih materija kojima treba dati prioritet u procesu revizije i/ili ažuriranja smjernica SZO o kvaliteti zraka, ponajviše zbog povećanja dokaza o njihovim negativnim učincima na kardiorespiratorni sistem i smrtnost, čak i uslijed kratkotrajne izloženosti⁴⁷, te zato što spadaju u humane karcinogene (skupina I)⁴⁸.

Koncentracije u školi. Za razliku od $\text{PM}_{2,5}$, koncentracije PM_{10} u unutrašnjem zraku u školama i vrtićima su znatno više u usporedbi s njihovim koncentracijama u vanjskom zraku^{49,50}.

Među studijama izloženosti djece PM česticama u školskim unutrašnjim okruženjima, 26 europskih studija je prijavilo koncentracije PM_{10} i/ili $\text{PM}_{2,5}$ koje premašuju definirane smjernice, i to sa koncentracijama PM_{10} u rasponu od $7,5$ do $229 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (medijan od $105,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), i koncentracijama $\text{PM}_{2,5}$ u rasponu od $5,14$ i $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (medijan $35,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$)⁴. Koncentracije PM su među europskim školama značajno varirale, i to ovisno o geografskom položaju gradova, urbanizaciji i planiranju, položaju škole, vrsti građevine i korištenim materijalima, klimi i sezonskim meteorološkim uslovima. Ipak, prijavljene koncentracije u europskim školama su bile većinom niže od koncentracija zabilježenih u azijskim školama⁴.

Europska komisija provela je 2015. posebno istraživanje (SInPHONiE - Mreža opservatorija unutrašnjeg zagađenja i zdravlja u školama u Europi) za procjenu kvalitete zraka u 114 osnovnih škola (5575 učenika) u 23 zemlje EU. Prema ovom istraživanju, oko 85% učenika izloženo je koncentracijama PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$ višim od onih koje se prema smjernicama SZO smatraju sigurnim za prevenciju kardio-plućnih bolesti⁵¹.

Tokom zime je u školama, na porast vlažnosti od 10%, prikazan pad koncentracije $\text{PM}_{2,5}$ za $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Međutim, tokom ljeta je uočen suprotan trend⁵².

Izloženost i štetni učinci na zdravlje

Kratkotrajna ili dugotrajna izloženost $PM_{2,5}$ i PM_{10} je povezana s ozbiljnom prijetnjom ljudskom zdravlju. Mehanizmi putem kojih ljudi apsorbiraju/adsorbiraju PM čestice zavise od dobi i metabolizma osobe, načina izlaganja (inhalacijom, ingestijom i putem kože) i uslova okruženja (temperatura, vlažnost, sunčevo zračenje, brzina vjetrova, stopa padavina).

Učinak PM čestica na zdravlje je direktno povezan sa sposobnošću da lako prodiru u ljudski respiratorni sistem⁵³, a pri tome veličina čestica određuje mjesto taloženja unutar torakalne regije⁴⁴.

Grube PM_{10} čestice se mogu taložiti u traheobronhijalnom stablu, ali se zdravstveni učinci PM_{10} čestica iz unutrašnjeg zraka još uvijek ne mogu precizno procijeniti zbog različitog sastava u odnosu na PM_{10} iz vanjskog zraka i nedostatka odnosa doza-odgovor.

Fine $PM_{2,5}$ i najfinije PM_1 čestice mogu doseći najniže dijelove respiratornog sistema, gdje se mogu taložiti u provodnim dišnim putovima i, poput molekula plina, čak dostići i područja izmjene plina u alveolama. Štoviše, najmanje čestice čak mogu proći kroz zid alveola i kapilara i dospjeti u cirkulatorni sistem⁴⁴. Što je veličina čestica manja, njihova je toksičnost za kardio-respiratorni sistem veća i to kroz mehanizme oksidacijskog stresa i upale^{54,55}. Također, izloženost $PM_{2,5}$ povećava incidenciju specifičnih akutnih kardiovaskularnih oboljenja, poput visokog arterijskog krvnog pritiska, zatajenja srca, ishemijskog moždanog udara, infarkta miokarda⁵⁶, srčane aritmije i fibrilacije atrijske⁵⁷. Osim kroz indukciju oksidativnog stresa i sistemske upale^{10,54,55}, PM čestice mogu uzrokovati kardiovaskularna oboljenja i putem aktivacije trombocita, povećanja viskoznosti plazme, fibrinogena i koagulabilnosti krvi, zatim autonomne i vaskularne neravnoteže⁵⁸ i oslobađanja endotelina koji su moćne vazokonstriktorne molekule.

Nedavno je Lancetova komisija za zagađenje i zdravlje procijenila da je izloženost $PM_{2,5}$ česticama odgovorna za 20%-tni porast smrtnih slučajeva među ljudima (s 3,5 na 4,2 milijuna smrtnih slučajeva do 2015.), a očekuje se da će porasti >50%, dosežući tako 6,6 milijuna smrtnih slučajeva u 2050. godini, s najoštrijim porastom u zemljama južne i istočne Azije³.

Također je dugotrajna izloženost $PM_{2,5}$ direktno povezana s prirastom u kardiorespiratornoj smrtnosti od 6–13%⁵³.

Mnoga su istraživanja pokazala da djeca izložena povećanim koncentracijama PM, uglavnom $PM_{2,5}$, imaju veći rizik za razvoj i/ili pogoršanje respiratornih bolesti, uključujući hroničnu opstruktivnu plućnu bolest (HOPB), karcinom pluća, pogoršanje astme i cistične fibroze, redovni kašalj, respiratorne infekcije i alergijske bolesti, što dovodi do veće upotrebe lijekova, posjeta liječnicima i prijema u bolnice^{44,59-62} PM čestice mogu uticati na razvoj pluća počevši od perioda razvoja u maternici²².

Izloženost PM česticama je također povezana s povećanim rizikom od bolesti kože, posebno atopijskog dermatitisa, ekcema i starenja kože⁵⁹.

Razvoj dječje pre-hipertenzije je također povezan s izloženošću PM česticama u okruženju jer sistemski oksidativni stres i upala uzrokuju neravnotežu autonomnog nervnog sistema i disfunkciju krvnih žila i/ili vazokonstrikciju⁶³. Uz to, pre i postneonatalna izloženost PM-u također je povezana s povećanom osjetljivošću na razvoj kardiorespiratornih bolesti^{61,63}.

Na osnovu izmjerenih koncentracija $PM_{2,5}$, njihovi kratkoročni učinci na djecu u europskim školama su na godišnjem nivou procijenjeni na ukupno 31 slučaj prijema u bolnicu zbog bolesti respiratornog sistema. Na

osnovu dugotrajne izloženosti PM_{10} česticama u učionicama u europskim školama se predviđa se 131 post-neonatalna smrt godišnje⁴.

Štetni učinci na akademske sposobnosti

Također je utvrđeno da djeca (7–10 godina) koja pohađaju škole u visoko zagađenim područjima gdje su u učionicama izmjerene veće koncentracije PM_{10} , $PM_{2.5}$ čestica i CO_2 (uslijed blizine saobraćajnica) pokazuju zaostatak u razvoju radne memorije i pažnje sa negativnim posljedicama po njihov kognitivni razvoj⁶⁴ tj. učenje, školska postignuća i ponašanje u odnosu na djecu iz manje zagađenih područja⁶⁵. Koncentracije najfinijih PM_1 čestica su također uticale na školski uspjeh, odnosno pažnju i sposobnost pamćenja učenika.

Pronađeni su snažni dokazi i o povećanom riziku od razvoja deficita pažnje/hiperaktivnog poremećaja kod djece koja su među ostalim zagađivačima zraka izložena i PM_{10} ⁶⁶, te je također primijećena snažna povezanost između izloženosti $PM_{2.5}$ česticama tokom trudnoće i povećanjem rizika da dijete razvije neki od poremećaja iz autističnog spektra⁶⁶.

Prevenција. Dostatna i stalna ventilacija je od neprocjenjive važnosti za smanjenje koncentracije PM čestica u zatvorenim prostorima. Također, jednostavnom primjenom filtera za $PM_{2.5}$ čestice u učionicama, učestalost astme među djecom je smanjena sa 16% na 13%⁶⁷, a porast školskog uspjeha učenika pokazao se samo godinu dana nakon ugradnje zračnih filtera u školama^{68,69}.

Štoviše, pokazalo se da sistemi filtriranja visokih performansi za klima-uređajem integriranim s pročištačima zraka u unutrašnjem zraku smanjuju koncentraciju sve tri vrste PM čestica (PM_1 , $PM_{2.5}$ i PM_{10}) ali i čestica ugljika (opasna čađ) za 90–96%⁷⁰. Nadalje, preporučuje se otkrivanje i uklanjanje poznatih izvora PM čestica iz unutrašnjeg zraka.

■ Policiklični aromatski ugljikovodici (eng. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)

Karakterizacija i izvori. Policiklični aromatski ugljikovodici (PAH) su velika skupina organskih spojeva koji se sastoje od spojenih benzenskih prstenova, npr. benzo(a)piren. Javljaju se kao složene smjese čiji se sastavi mogu značajno razlikovati. PAH se u zraku nalaze ili u plinovitoj fazi ili vezani za PM čestice. Iako postoji nekoliko stotina PAH, posebna pažnja je usmjerena na 16 koji su klasificirani kao prioritetni zagađivači⁷¹, i to:

- lakši spojevi s 2–3 aromatska prstena (naftalen, acenaftilen, acenaften, fluoren, fenantren i antracen) koji se pretežno nalaze u zračnoj plinskoj fazi i vezani za grube PM_{10} čestice
- spojevi s 4 prstena (fluoranten, pirin, benz(a)antracen i krizen) su raspoređeni između obje faze
- spojevi visoke molekularne mase, s 5 i više prstenova [benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, dibenzo(ah)antracen, dibenzo(al)piren, benzo(ghi)perilen, indeno(123-cd)piren] koji su toksičniji, mutageniji i kancerogeniji, pretežno vezani za fine ($PM_{2.5}$) i najfinije PM (PM_1) čestice⁷².

Glavni izvori PAH u unutrašnjem zraku su ponovno oslobađanje i unos plinovitih PAH s unutrašnjih površina, ponovno suspendiranje unutrašnje prašine, redovna upotreba sistema grijanja i neke elektroničke opreme (poput printera)⁴⁵, oslobađanje iz ljudskih aktivnosti, uključujući dječje ručne radove, čišćenje, kuhanje (npr. u kantinama i zalogajnicama), pušenje. Dok su otvorene vatre od drveta i/ili drugih gorećih materijala (ugalj, poljoprivredni ostaci ili balega) za kuhanje ili grijanje obično dominantniji⁷² izvori PAH u zemljama u razvoju, u većim gradovima s velikom populacijom to su izgaranja fosilnih goriva. Prema EEA (2017), koncentracije benzo(a)pirena u vanjskom zraku u EU-28 nastaju prije svega oslobađanjem iz kotlovnica i kućnih ložišta (75%), a zatim spaljivanjem poljoprivrednog otpada (15%). Kućna ložišta uglja i drveta su važni izvori benzo(a)pirena uglavnom u nekim istočnim (npr. Poljska) i nekim južnim regijama (npr. Bugarska i Austrija)², dok je spaljivanje poljoprivrednog otpada bilo značajnije u zemljama Južne Europe. Cestovni saobraćaj oslobodi samo 1% ukupne količine oslobođenog benzo(a)pirena².

U 2015. godini je 20% urbanog stanovništva u EU-28 bilo izloženo godišnjim koncentracijama benzo(a)pirena koje su premašile vrijednosti od 1,0 ng/m³ dozvoljene smjernicama (Direktiva 2004/107/CE), pri čemu je 85% stanovništva bilo izloženo koncentracijama višim od godišnje procijenjene referentne koncentracije od 0,12 ng/m³².

Biomonitoring. Budući da samo praćenje koncentracije PAH u zraku ne daje informaciju o ukupnoj izloženosti, važno je ove podatke kombinirati s praćenjem njihovih bioloških markera^{73,74}. Biomarkeri za PAH su hidroksilirani metaboliti monohidroksili (OH-PAH) koji nastaju iz PAH metabolizmom putem enzima citohrom P450. Ovi metaboliti se izlučuju se u urinu, koji je pri tome najdostupniji, najjeftiniji i najmanje invazivan matriks za određivanje koncentracije metabolita i praćenje ukupne izloženosti zagađivaču, a što je posebno važno za biomonitoring kod male djece. Hidroksinaftaleni u urinu su opisani kao metaboliti koji najviše doprinose ukupnoj unutrašnjoj dozi PAH-a, čineći 51–91% ukupnog OH-PAH-a kod školske djece, a slijede hidroksifluoreni i hidroksifenantreni⁴.

Izloženost i koncentracije kod djece

Fizičko-hemijska svojstva PAH ih čine široko rasprostranjenima u okruženju. Lako se apsorbiraju, primarno u plućima nakon inhalacije (glavni put izloženosti), te nakon ingestije ili putem kože⁴⁴ te lako akumuliraju u organizmu. Doza PAH-a koju apsorbiraju djeca se može značajno razlikovati od doze koju apsorbiraju odrasli, ponajviše zbog različite fiziologije, metabolizma i ponašanja. Mala djeca se često igraju na podu, a aktivnosti „iz ruke u usta“ mogu biti važan izvor PAH-a. Izloženost putem kože je također važan put izlaganja djece, posebno one najmlađe.

Budući da su koncentracije PAH najveće u urbanim područjima s velikom gustoćom naseljenosti, u blizini industrijskih zona^{72,76}, djeca koja pohađaju škole smještene u urbanim područjima su, u odnosu na djecu iz ruralnih zajednica, izložena većem riziku od PAH i imaju povišene koncentracije mokraćnog 1OHPy^{74,77}. Također, pokazano je da su djeca koja žive u zajednicama smještenim u neposrednoj blizini termoelektrana pod povećanim rizikom od PAH.

Zabilježene ukupne prosječne koncentracije Σ PAH u unutrašnjem zraku europskih škola variraju između 0,27 i 53,2 (medijan 6,2) ng/m³.

Kod meksičke školske djece iz ruralnih i autohtonih zajednica s poljoprivrednom djelatnošću koja kao glavni izvor energije za kuhanje i grijanje kuća koriste izgaranje biomase⁷⁸ izmjerena srednja koncentracija mokraćnog 1OHPy je bila oko šest puta viša u odnosu na koncentraciju kod europske (0,45 vs 0,07 μ mol/mol kreatinina; $p \leq 0,001$) i dva puta viša u odnosu na koncentraciju kod azijske djece (0,45 vs 0,18 μ mol/mol kreatinina; $p = 0,005$)⁴.

Standardi. Prema posljednjem izvještaju SZO (2010) koji se odnosi na kvalitetu unutrašnjeg zraka, prag za PAH u unutrašnjem zraku se ne može definirati i svaka izloženost je relevantna za ljudsko zdravlje.

Štetni učinci. Izloženost PAH-ovima predstavlja ozbiljnu prijetnju zdravlju ljudi. Ova je prijetnja posebno izražena za najosjetljivije skupine stanovništva, poput male djece, jer su ove supstance dobro poznate po svojoj toksičnosti, mutagenosti i karcinogenosti⁷⁹. Tako su neki PAH navedeni na popisu prioritarnih zagađujućih materija Europske unije (EU) i Američke agencije za zaštitu okruženja (USEPA)^{7,71,80}.

Kao važan izvor oksidativnih stresora, smatra se da PAH stupaju u interakciju s lipidima tokom lipidne peroksidacije te uzrokuju reproduktivne, razvojne, kardiorespiratorne i imunotoksične učinke na ljude⁸¹.

Zbog sinergijskih i kumulativnih učinaka PM čestica i PAH, njihovi se potencijalni zdravstveni rizici ne mogu razmatrati odvojeno. Dokazi o sinergijskom učinku izloženosti visokoj koncentraciji PM, PAH i oksidacijskog stresa je pokazana kod kineske i korejske školske djece (9–12 godina)⁸². Prisustvo PAH u finim i najfinijim (PM_{2,5} i PM₁) česticama je od izuzetne važnosti za zdravlje jer ove PM čestice uspijevaju doći do najdubljih dijelova pluća i ući u krvni sistem čovjeka. Izloženost PM česticama i PAH je povezana s povećanim rizikom od astme, plućnih infekcija, alergija i kožnih bolesti.

Prenatalna izloženost PM česticama i PAH je povezana s različitim promjenama u ponašanju i neurorazvoju djeteta sa smanjenjem koeficijenta inteligencije, moždanog neurotrofnog faktora, bijele mase lijeve hemisfere i porasta deficita pažnje/hiperaktivnog poremećaja⁸³.

Dodatno, izloženost PAH i Pb također pojačava oksidativno oštećenje, stimulira renin-angiotenzinski sistem i smanjuje regulaciju azotnog oksida⁸⁴. Ovi mehanizmi mogu uzrokovati povećani vaskularni tonus i periferni vaskularni otpor.

Kancerogeni potencijal. Međunarodna agencija za istraživanje karcinoma (eng. *The International Agency for Research on Cancer*, IARC) je klasificirala PAH i to:

- benzo(a)piren kao kancerogen (skupina I; IARC, 2010),
- benz(a)antracen, dibenzo(a,l)piren i dibenz(a,h)antracen kao vjerovatni kancerogeni (skupina 2A; IARC, 2010),
- naftalen, krizen, benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten, benzo(k)fluoranten i indeno(1,2,3-c,d)piren kao mogući kancerogeni (skupina 2B⁷⁹).

Zbog svog kancerogenog potencijala i obilnog prisustva u okruženju, benzo(a)piren je definiran kao indikator/pokazatelj izloženosti ljudi kancerogenim PAH.

Čak 14 država EU članica su u 2015. zabilježile koncentracije benzo(a)pirena koje su premašivale tada definiranu godišnju dozvoljenu vrijednost, s tim da su prekoračenja bila viša u zemljama srednje i istočne Europe². Koncentracije benzo(a)pirena iznad 1,0 ng/m³ predviđaju veću učestalost genomskih translokacija, mikronukleusa i fragmentacije DNA⁷.

Kancerogeni potencijal kod djece. Koncentracije benzo(a)pirena u unutrašnjem zraku europskih škola se kreću u rasponu 0,02–3,6 ng/m³ (medijan 0,75)⁴. Koncentracije su pretežno niže u unutrašnjem zraku škola (30–40% Σ PAH) u usporedbi s vanjskim školskim područjima (35–96% Σ PAH)⁴. Međutim, pod pretpostavkom da djeca provode približno 7 sati u zatvorenom školskom prostoru i 1 sat na otvorenom, odgovarajući rizici od karcinoma pluća su procijenjeni kao $1,6 \times 10^{-4}$ ($1,0 \times 10^{-6}$ – $7,8 \times 10^{-4}$) za unutrašnji zrak europskih škola, i $2,8 \times 10^{-5}$ ($1,5 \times 10^{-7}$ – $2,7 \times 10^{-4}$) za vanjski zrak škola. Procijenjene vrijednosti u europskim školama su bile 16 puta veće od 10^{-5} , vrijednost koja je bila, predviđena smjernicama SZO, naglašavajući opasnost izloženosti PAH u unutrašnjem zraku.

Djeca koja pohađaju škole u urbanim i zagađenim područjima i koja su izložena visokim koncentracijama PM čestica i PAH su također pokazala rane markere genotoksičnih oštećenja i manju sposobnost popravljivanja DNK, što dovodi do veće prevalencije hromosomskih aberacija i delecija u usporedbi sa školskom djecom koja pohađaju škole na selu, tj. u manje urbaniziranim područjima⁴.

Također, prenatalna izloženost kancerogenim PAH je povezana s intrauterinim ograničenjem rasta kod ljudi⁸⁶.

▪ **Isparljivi organski spojevi (npr. formaldehid, toluen, benzen)**

Karakterizacija i izvori. Isparljivi organski spojevi su plinovi koji sadrže razne hemikalije koje se oslobađaju iz tekućina ili čvrstih tvari⁸⁷. Formaldehid, najrašireniji isparljivi organski spoj, je bezbojni plin oštrog mirisa koji se oslobađa iz mnogih građevinskih materijala, poput iverice, šperploče. Klasificiran je kao humani karcinogen⁸⁸.

Budući da su isparljivi organski spojevi organske hemikalije koje imaju nisku tačku ključanja (T_k) i lako ispare čak i na sobnoj temperaturi, SZO ih je razvrstala u četiri skupine:

- vrlo isparljivi organski spojevi sa T_k 50–100°C;
- isparljivi organski spojevi sa $100^\circ\text{C} < T_k < 240^\circ\text{C}$;
- poluisparljivi anorganski spojevi sa $240^\circ\text{C} < T_k < 380^\circ\text{C}$; i
- čestice organske tvari sa $T_k > 380^\circ\text{C}$ ⁸⁹.

Koncentracije su u unutrašnjem prostoru najmanje 10 puta veće od onih na otvorenom, bez obzira na lokaciju⁸⁷. Općenito, isparljivi organski spojevi u unutrašnjem prostoru potiču iz četiri glavna izvora⁹⁰:

- ljudskih aktivnosti, uključujući pušenje, kuhanje i upotrebu proizvoda za čišćenje i osobnu higijenu,
- oslobađanja iz građevinskog materijala: boja, ljepila, namještaja, deterdženata
- stvaranja u hemijskim reakcijama koje se odigravaju u unutrašnjem prostoru,
- vanjskog zraka koji prodire kroz filtracijske i ventilacijske sisteme.

Na koncentraciju isparljivih organskih spojeva u unutrašnjem zraku utiču starost, veličina i obnova objekta, njihova koncentracija na otvorenom te stopa razmjene zraka (otvaranje vrata i prozora)⁹¹.

Izloženost isparljivim organskim spojevima koji se oslobađaju iz potrošačkih proizvoda nastaje na tri glavna načina: inhalacijom, ingestijom ili putem kože. Što se tiče poluisparljivih anorganskih spojeva, unosenje putem kože izravno iz zraka je značajnije od unosa inhalacijom⁹².

Standardi. Koncentracija formaldehida je ograničena na 0,1 mg/m³, 30-minutni prosjek. Koncentracija benzena u unutrašnjem zraku treba biti što je moguće niža. Objavljene su i smjernice za ukupne isparljive organske spojeve koje se mogu koristiti kao pokazatelji kvalitete zraka u unutrašnjem prostoru u slučaju da na toksikologiji zasnovane smjernice nisu dostupne⁹³:

- koncentracija 1, <0,3 mg/m³: ciljna koncentracija, nakon podizanja ili obnove objekta,
- koncentracija 2, 0,3–1 mg/m³: preporučuje se pojačana ventilacija,
- koncentracija 3, >1–3 mg/m³: koncentracije su prihvatljive najduže u toku 12 mjeseci; preporučuje se otkrivanje izvora zagađenja i pojačana ventilacija,
- koncentracija 4, >3–10 mg/m³: prostorija se ne smije koristiti. Ako nema dostupnih alternativnih prostorija, ova se prostorija ne smije koristiti u periodu dužem od 1 mjesec, i to pod uslovom da se uspostavi pojačana ventilacija; obavezna je posebna procjena toksikološkog rizika,
- koncentracija 5, >10–25 mg/m³: koncentracija nije prihvatljiva. Takva se prostorija treba koristiti samo ako je to neizbježno, ali samo na kraća razdoblja (sate) s pojačanom ventilacijom,
- prostorije s koncentracijama iznad 25 mg/m³ se nikada ne smiju koristiti.

Ove se preporuke ne smiju koristiti ako je prekoračena toksikološki utemeljena vrijednost za pojedinu tvar. Više koncentracije (ali ne više od 3 mg/m³) su u novoizgrađenim ili svježe obnovljenim objektima podnošljive do 12 mjeseci.

Štetni učinci. Mnogi isparljivi organski spojevi se ne mogu namirisati, ali mogu negativno uticati na zdravlje čovjeka čak i pri koncentracijama nižim od 3 µg/m³. Kratkotrajna izloženost niskim koncentracijama isparljivih organskih spojeva obično ne izaziva ozbiljnije neželjene efekte i većina ljudi osjeća samo senzorne efekte, mirisne percepcije i nelagodu. Međutim, u slučajevima dugotrajne izloženosti, neki isparljivi organski spojevi mogu imati štetna dejstva po ljudsko zdravlje, a mogu uzrokovati i karcinom⁹⁴.

Kod školske djece izložene isparljivim organskim spojevima su zabilježeni vrtoglavica, glavobolja, alergije, iritacija očiju/nosa/grla, dispnea, umor i deficit pažnje⁹⁵.

■ Azotni dioksid (NO₂)

Dva glavna azotna oksida (NO_x) su azotni oksid (NO) i azotni dioksid (NO₂). Na otvorenom se NO brzo oksidira u NO₂ te se stoga NO₂ obično smatra primarnim zagađivačem. Reakcijom NO₂ s vodom nastaje azotna kiselina (HNO₂), snažan oksidans i uobičajeni zagađivač unutrašnjeg zraka⁷. Koncentracija NO₂ u unutrašnjem zraku je određena i vanjskim (produkti sagorijevanja ili motorna vozila) i unutrašnjim izvorima (pušenje, uređaji za sagorijevanje drveta, plina, nafte, uglja i petroleja kao što su peći, grijalice, bojleri i kamini)⁷.

Prosječna koncentracija NO₂ u objektima bez aktivnosti izgaranja je upola manja od koncentracije na otvorenom, no kada se koriste plinske peći i grijači unutrašnja koncentracija NO₂ često premašuje koncentraciju na otvorenom.

NO₂ uzrokuje respiratorne probleme kod školske djece i to pogoršanje astme, povećanu osjetljivost na virusne infekcije^{96,97}, ali negativno utiče i na pažnju i sposobnosti pamćenja^{65,98}.

■ Ozon (O₃)

Ozon je snažno oksidacijsko sredstvo koje uglavnom nastaje fotohemijским reakcijama O₂, NO_x i isparljivih organskih spojeva u zraku. Međutim, zbog sporosti reakcije se ne može koristiti za uklanjanje ostalih hemijskih zagađujućih materija u unutrašnjem zraku⁹⁹.

Glavni izvori ozona u unutrašnjem zraku su uglavnom vanjski zrak i rad električnih uređaja¹⁰⁰. Uređaji koji obično oslobađaju ozon su fotokopirni aparati, uređaji za dezinfekciju, pročišćavanje zraka i drugi uredski uređaji.

Unutrašnja koncentracija ozona obično varira između 20% i 80% vanjske koncentracije, a mijenja se prema stopi razmjene zraka¹⁰¹.

Ljudi su ozonu izloženi prvenstveno inhalacijom, ali ni izloženost putem kože nije zanemariva¹⁰². Ozon omogućuje brzu reakciju s nekoliko zagađujućih materija u unutrašnjem zraku, ali proizvodi ove reakcije mogu biti iritirajući za ljude i mogu oštetiti materijale.

■ Sumporni dioksid (SO₂)

Unutrašnji izvori sumpornog dioksida (SO₂) su vanjski zrak (proizvod izgaranja fosilnih goriva i u kombinaciji s aerosolima i PM česticama) i oslobađanje SO₂ iz ventiliranih plinskih uređaja, peći na ugalj, drva ili lož-ulje, grijača na petrolej, duhanskog dima¹⁰³. Oslobađanje SO₂ u unutrašnjem zraku je obično malo zbog njegove reaktivacije, i to je koncentracija koju unutrašnje površine mogu lako apsorbirati, te je koncentracija SO₂ u unutrašnjem zraku često niža od vanjske. Satna koncentracija SO₂ u objektima često iznosi ispod 50 μg/m³¹⁰⁴. Izloženost ljudi SO₂, koji može oslabiti respiratornu funkciju, je moguća samo inhalacijom.

■ Ugljični dioksid (CO₂)

Karakterizacija i izvori. Ugljični dioksid (CO₂), plin bez boje i mirisa. Izvori CO₂ u unutrašnjem zraku u školama su²⁴

- njegova koncentracija u vanjskom zraku (oko 400 mg/m³, uglavnom nastaje sagorijevanjem goriva, iz saobraćaja, i drugih ljudskih aktivnosti) i
- osobe u učionici, pa je stoga njegova koncentracija ovisna o broju učenika u učionici. Naime, CO₂

nastaje disanjem, proporcionalno brzini metabolizma. Normalnim disanjem djeteta u dobi od 7–9 godina stvara 14 litara CO₂ na sat, što je 50% niže od količine koju stvara tinejdžer¹⁰⁵.

Koncentracija CO₂ u unutrašnjem zraku je nedavno definirana kao osnovni pokazatelj kvalitete unutrašnjeg zraka i kontrole ventilacije¹⁰⁶. Osim slabe ili nikakve ventilacije, na koncentraciju CO₂ u unutrašnjem zraku negativno može uticati i neprikladna orijentacija¹⁰⁷. Koncentracija CO₂ ozbiljan je problem uglavnom u školama gdje se brzo povećava, posebno zimi, kada zbog uštede energije i neugodne vanjske temperature nije moguće osigurati dugotrajnu ventilaciju.

Standardi. Različiti standardi opisuju minimalne brzine ventilacije za različite tipove objekata s ciljem poboljšanja kvalitete unutrašnjeg zraka putem svježeg zraka i sprječavanja štetnih učinaka na zdravlje^{108,109}. ASHRAE standardi definiraju preporučenu izloženost CO₂, koja ne bi trebala prelaziti 1000 mg/m³ u periodu od 8 sati²³. Koncentracije CO₂ iznad 1000 mg/m³ smatraju se pokazateljem neprihvatljive ventilacije, kada se običnu počnu opažati neželjeni efekti, uključujući i one koji utiču na percepciju i rad ljudi¹⁰⁷. Neželjeni efekti se češće javljaju pri koncentraciji iznad 1500 mg/m³.

Njemački odbor za kvalitetu unutrašnjeg zraka je postavio sljedeće smjernice za CO₂¹¹⁰:

- koncentracije ispod 1000 mg/m³ se smatraju bezopasnima i nisu potrebne nikakve mjere.
- koncentracije između 1000 i 2000 mg/m³ su sumnjive i ventilacija se mora poboljšati.
- koncentracije iznad 2000 mg/m³ su neprihvatljive; ako poboljšana ventilacija nije dovoljna, preporučuju se druge organizacijske ili konstrukcijske mjere i/ili mehanička ventilacija.

Štetni učinci. Visoka koncentracija CO₂ (kod pretrpanih i slabo ventiliranih učionica) je povezana s povećanjem izostanaka djece iz škole, negativno utiče na zdravlje (povećavaju se bakterijske infekcije) i smanjuje akademske rezultate školske djece. Kada se koncentracija CO₂ poveća iznad 1000 mg/m³, izostanci djece iz škole se povećavaju za oko 10-20%¹¹¹. Daljim rastom koncentracije iznad 1500 mg/m³ zrak postaje stagnirajući i neugodan, a tako visoke koncentracije mogu negativno uticati na cirkulatorni, kardiovaskularni, autonomni nervni sistem uključujući i psihomotorne i kognitivne performanse, tj. donošenje odluka, rješavanje problema¹¹², kao i testove koncentracije¹¹³⁻¹¹⁵. Od simptoma se najčešće prvo manifestuju zamor i glavobolja, a zatim mučnina i vrtoglavica, tahikardija, poremećaj pamćenja, nedostatak koncentracije, zamagljen vid, znojenje, nemir, povraćanje, pocrvenjela koža, pa čak i napadi panike¹¹⁶. Iako se u učionicama pri koncentraciji CO₂ višoj od 1500 mg/m³ javlja neugodan miris, učenici koji već borave u učionici nisu svjesni istog zato što se čulo mirisa brzo prilagođava¹¹⁷. Međutim, čini se da djeca koncentraciju CO₂ bolje opisuju kroz percepciju svježine zraka^{118,119} nego percepciju mirisa¹²⁰.

Prekoračenje koncentracije CO₂ iznad 5000 mg/m³ dovodi do zdravstvenih komplikacija kod većine ljudi.

S druge strane, smanjenje koncentracije CO₂ ispod 800 mg/m³ može smanjiti rizik od nekih simptoma sindroma bolesnog objekta poput glavobolje, umora ili iritacije oka i grla¹²¹.

Učenici koji borave u učionicama u kojima su izmjerene veće koncentracije PM čestica i CO₂ su pokazali smanjene kognitivne performanse⁶⁴, a visoke koncentracije CO₂ su izazvale pogoršanje rezultata pojedinačnih testova čitanja, pisanja i računanja kao i reduciranje kratkotrajne pažnje učenika^{121,122}.

Prevenција. Kako je koncentracija CO₂ u učionici direktno i značajno povezana s brojem učenika, treba izbjegavati pretrpane učionice. Također, adekvatna i stalna ventilacija je neophodna za smanjenje koncentracije CO₂ u zatvorenim prostorima.

■ Ugljični monoksid (CO)

Izvori. Glavni izvor ugljičnog monoksida (CO) u unutrašnjem prostoru su postupci izgaranja poput kuhanja ili grijanja. Važni izvori unutrašnjih oslobađanja CO uključuju neventilirane kerozinske i plinske grijalice, dimnjake i peći koje ispuštaju CO, vraćanje dima iz peći, plinske bojlere, peći na drva i kamine, plinske peći, generatore i ostalu opremu na benzinski pogon, te duhanski dim⁷. Osim toga, CO također može ući u zatvorene prostore infiltracijom iz vanjskog zraka (iz ispušnih plinova automobila iz obližnjih garaža, cesta ili parkirališta, agregata za električnu energiju, industrije koja koristi plin i lož ulje)¹²⁴.

Standardi. Prosječna koncentracija CO u unutrašnjem prostoru bez plinskih peći iznosi oko 0,5–5 mg/m³, dok se koncentracija u unutrašnjem prostoru u blizini plinskih peći kreće 5 do 15 mg/m³, pa čak i 30 mg/m³ ili više¹²⁴. Maksimalna preporučena prosječna vrijednost je 10 mg/m³ za 8-satnu izloženost¹²⁵.

Štetni učinci. Zbog uticaja na oksigenaciju tkiva kroz proizvodnju karboksihemoglobina CO dovodi do štetnih zdravstvenih učinaka i to¹²⁶ pri niskim koncentracijama utiče na kardiovaskularne i neurobihejvioralne procese, dok se pri visokim koncentracijama CO javljaju nesvjestica ili smrt. CO može negativno uticati na razvoj pluća još u maternici²².

■ Teški metali

Izvori teških metala u unutrašnjem zraku su infiltracija zagađujućih materija iz vanjske sredine (prašina i tlo), pušenje, proizvodi koje troše gorivo i građevinski materijali¹²⁷.

Teški metali u unutrašnjoj prašini ulaze u ljudsko tijelo inhalacijom, ingestijom ili putem kože.

Koncentracije Pb u unutrašnjem zraku mogu varirati od 5,80 do 639,10 µg/g, dok su najviše koncentracije As oko 486,80 µg/g, Al 7150,00 µg/g, Cr 254,00 µg/g, Cd 8,48 µg/g, Co 43,40 µg/g, Cu 513,00 µg/g, Ni 471,00 µg/g, Fe 4801,00 µg/g i Zn 2293,56 µg/g¹²⁸.

Imaju štetne učinke na ljudsko zdravlje¹²⁹ na temelju kojih ih je IARC klasificirala na:

- nekarcinogene elemente: kobalt (Co), aluminij (Al), bakar (Cu), nikal (Ni), željezo (Fe) i cink (Zn)) i
- česte teške metale koji vjerojatno uzrokuju karcinom: arsen (As), krom (Cr), kadmij (Cd) i olovo (Pb)

Cd i Pb, zajedno s nekim drugim, mogu uzrokovati kardiovaskularne bolesti, usporiti rast i razvoj, i oštetiti nervni sistem¹²⁹.

Izloženost PAH i Pb pojačava oksidativno oštećenje, stimulira renin-angiotenzinski sistem i smanjuje koncentracije azotnog oksida⁸⁴. Ovi mehanizmi mogu uzrokovati povećani vaskularni tonus i periferni vaskularni otpor¹²⁴.

■ Radon (Rn)

Primarni izvori radona u unutrašnjem zraku uključuju građevinske materijale, zemni plin i vodu iz slavine¹³⁰. Zidni građevinski materijali (tj. kamen, beton i opeka) su glavni izvori oslobađanja radona u unutrašnjem zraku, jer se tone takvih materijala koriste u građevinskoj aktivnosti. Radon se u unutrašnji zrak može osloboditi korištenjem vode iz podzemnih izvora koji sadrže granit ili drugu stijenu koja emitira radioaktivnost, a takvi izvori vode obično sadrže koncentracije radona iznad 10 000 pCi/L¹³¹. Napokon, izvor radona u unutrašnjem zraku je i vanjski zrak¹³².

Izloženost ljudi radonu u objektima nastaje uglavnom putem prodiranja zemnog plina iz tla¹³³.

Radon nije uočljiv po mirisu i obično se nakuplja u slabo prozračenim učionicama.

Radon je jedini zagađivač za kojeg su u Europi zakonski definirana obavezna ograničenja koncentracije u unutrašnjem zraku. Prosječna godišnja koncentracija aktivnosti za radon ne smije biti veća od 300 Bq/m³, ali neke zemlje npr. Njemačka dopuštaju više koncentracije radona u unutrašnjem zraku ako se ispostavi da su se primijenjene mjere pokazale neprikladnim¹³⁴.

Radon može uticati na plućnu funkciju, uključujući uzrokovanje karcinoma pluća u slučaju hronične izloženosti¹³⁵. Rizik od karcinoma pluća se povećava za 3% do 14%, ovisno o prosječnoj koncentraciji radona¹³⁶.

■ Pesticidi

Pesticidi u unutrašnjem zraku su obično poluisparljivi spojevi koji, u ovisnosti o pritisku pare, viskoznosti i topljivosti u vodi mogu postojati u obliku plina ili čestica¹³⁷.

Izvor pesticida su drveni građevinski materijali gdje se pesticidi koriste kao zaštita putem impregnacije ili površinskog premaza drveta¹³⁸, proizvodi za kontrolu i sprječavanje štetočina uključujući bakterije, gljivice, insekte, glodavce i druge organizme¹³⁹, tepisi, tekstili i jastučasti namještaj¹⁴⁰, te vanjski izvori.

Kad jednom dospiju u unutrašnji zrak u njemu se mogu održavati mjesecima ili godinama zbog otpornosti na sunčevu svjetlost, ekstremne temperature, kišu i druge faktore¹⁴⁰.

Putevi izloženosti pesticidima u unutrašnjem zraku su koža, ingestija i inhalacija¹⁴¹.

Štetni učinci na zdravlje uključujući kratkotrajne iritacije kože i očiju, vrtoglavicu, glavobolju i mučninu, dok su dugotrajni hronični uticaji astma, dijabetes i karcinomi¹⁴².

■ Biološke zagađujuće materije

Biološke zagađujuće materije u unutrašnjem zraku su biološki alergeni i mikroorganizmi¹⁴³. Biološki alergeni, poznati kao antigeni, potiču od brojnih insekata, životinja, grinja, biljaka, polena, kućne prašine ili gljivica i izazivaju alergiju u reakciji sa specifičnim imunoglobulin E (IgE) antitijelima¹⁴⁴. Unutrašnji izvori alergena uglavnom uključuju krznene kućne ljubimce (pse i mačke), grinje, plijesni, biljke, žohare i glodavce¹⁴⁵, a postoje i vanjski izvori¹⁴⁴.

Mikroorganizmi, virusi i bakterije, često potiču od ljudi ili ih prenose ljudi i životinje.

Izloženost biološkim alergenima u unutrašnjem zraku može rezultirati senzibilizacijom, respiratornim infekcijama, respiratornim alergijskim bolestima i hroptanjem¹⁴⁶, dok izloženost virusima i bakterijama vjerojatno uzrokuje nezarazne i zarazne neželjene efekte¹⁴⁷.

■ Oksidacijski kapacitet unutrašnjeg okruženja

Pretpostavlja se da su ozon (O₃), hidroksilni radikal (OH) i nitratni radikal (NO₃) glavni oksidansi prisutni u unutrašnjem zraku¹⁴⁸. Uz to, vodikov peroksid (H₂O₂), azotni dioksid (NO₂), hidroperoksi radikali (HO₂), atomi hlora (Cl) i alkilperoksi radikali (RO₂) mogu, pod određenim okolnostima biti važni unutrašnji oksidansi. Primarni izvori oslobađanja unutrašnjih oksidansa su građevinski materijali¹⁴⁹ i elektronika⁴⁵. Osim toga, ljudi i mikrobi mogu oslobađati acetaldehid i druge karbonile.

Tabela 3. Standardi i ciljevi EU za kvalitetu unutrašnjeg zraka¹⁵⁰

Zagađujuće materije	Koncentracija	Prosječni period	Pravna priroda	Dopuštena prekoračenja svake godine
PM₁₀	50 µg/m ³	24 sata	Granična vrijednost koju je trebalo postići od 1.1.2005. **	35
	40 µg/m ³	1 godina	Granična vrijednost koju je trebalo postići od 1.1.2005. **	n/a
PM_{2.5}	25 µg/m ^{3***}	1 godina	Ciljna vrijednost koju je trebalo postići od 1.1.2010 Granična vrijednost koju je trebalo postići od 1.1.2015	n/a
Sumpor dioksid (SO₂)	350 µg/m ³	1 sat	Granična vrijednost koju je trebalo postići od 1.1.2005.	24
	125 µg/m ³	24 sata		3
Azotni dioksid (NO₂)	200 µg/m ³	1 sat	Granična vrijednost koju je trebalo postići od 1.1.2010.	18
	40 µg/m ³	1 godina	Granična vrijednost koju je trebalo postići od 1.1.2010. *	n/a
Olovo (Pb)	0.5 µg/m ³	1 godina	Granična vrijednost koju je trebalo postići od 1.1.2005. (ili 1.1.2010. u neposrednoj blizini određenih prijavljenih industrijskih izvora; i granična vrijednost od 1,0 µg/m ³ koja se primjenjivala od 1.1.2005. do 31.12.2009.)	n/a
Karbon monoksid (CO)	10 mg/m ³	Najviša 8-satna prosječna vrijednost	Granična vrijednost koju je trebalo postići od 1.1.2005.	n/a
Benzen	5 µg/m ³	1 godina	Granična vrijednost koju je trebalo postići od 1.1.2010. **	n/a
Ozon	120 µg/m ³	Najviša 8-satna prosječna vrijednost	Ciljna vrijednost koju je trebalo postići od 1.1.2010.	Prosječno 25 dana tokom 3 godine
Arsen (As)	6 ng/m ³	1 godina	Ciljna vrijednost koju je trebalo postići od 31.12.2012.	n/a
Kadmij (Cd)	5 ng/m ³	1 godina	Ciljna vrijednost koju je trebalo postići od 31.12.2012.	n/a

Nikl (Ni)	20 ng/m ³	1 godina	Ciljna vrijednost koju je trebalo postići od 31.12.2012.	n/a
Policiklični aromatski ugljikovodici (PAH)	1 ng/m ³ (izraženo kao koncentracija benzo(a)pirena)	1 godina	Ciljna vrijednost koju je trebalo postići od 31.12.2012.	n/a

- * Prema Direktivi 2008/50/EU, država članica mogla je podnijeti zahtjev za produljenje do pet godina (tj. najviše do 2015.) u određenoj zoni. Zahtjev je podlijegao procjeni Komisije. U takvim slučajevima unutar razdoblja produljenja vremena granična vrijednost primjenjivala se na razini granične vrijednosti + maksimalne tolerancije (48 µg/m³ za godišnju graničnu vrijednost NO₂).
- ** Prema Direktivi 2008/50/EU, država članica mogla je podnijeti zahtjev za produljenje do tri godine nakon datuma stupanja na snagu nove Direktive (tj. svibnja 2011.) u određenoj zoni. Zahtjev je bio predmet ocjene Komisije. U takvim slučajevima unutar razdoblja produljenja vremena granična vrijednost primjenjivala se na razini granične vrijednosti + maksimalne tolerancije (35 dana pri 75 µg/m³ za dnevnu graničnu vrijednost PM₁₀, 48 µg/m³ za godišnju graničnu vrijednost PM₁₀).
- *** Standard uveden Direktivom. Prema zakonu EU, granična vrijednost je pravno obavezujuća od dana stupanja na snagu, uz bilo kakva prekoračenja dopuštena zakonodavstvom. Za ciljanu vrijednost obaveza je poduzeti sve potrebne mjere koje ne uključuju nesrazmjerne troškove kako bi se osiguralo da je postignuta, pa je tako manje stroga od granične vrijednosti.

Tabela 4. PM_{2,5} dodatni ciljevi¹⁵⁰

Naziv	Koncentracija	Prosječni period	Pravna priroda	Dopuštena prekoračenja svake godine
PM_{2,5} Obaveza mjerenja koncentracije izloženosti	20 µg/m ³ (AEI)	Na temelju prosjeka od 3 godine	Pravno obavezujuća u 2015. (godine 2013, 2014, 2015.)	n/a
PM_{2,5} Cilj smanjenja izloženosti	Postotak smanjenja* + sve mjere da dosegnu 18 µg/m ³ (AEI)	Na temelju prosjeka od 3 godine	Smanjenje će se postići gdje je to moguće 2020. godine, određeno na temelju vrijednosti pokazatelja izloženosti u 2010. godini.	n/a

- * Ovisno o vrijednosti AEI u 2010, Direktivom je postavljen zahtjev za postotnim smanjenjem (0, 10, 15 ili 20%). Ako se procijeni da AEI u 2010. prelazi 22 µg/m³, potrebno je poduzeti sve odgovarajuće mjere kako bi se postiglo 18 µg/m³ do 2020. godine.

2.2. Efekat zagađenosti unutrašnjeg zraka na ljudsko zdravlje

Zagađujuće materije se u unutrašnjem zraku mogu zadržavati duži vremenski period i tako uticati na ljude putem različitih načina ekspozicije (inhalacijom, ingestijom i putem kože). Simptomi i oboljenja koje izazivaju pojedine zagađujuće materije unutrašnjeg zraka su dati uz opis svake pojedine zagađujuće materije.

Za oboljenja inducirana lošom kvalitetom zraka, molekularni biomarkeri bi mogli igrati ključnu ulogu u razumijevanju povezanosti između ekspozicije toksičnoj tj. zagađujućoj materiji iz okruženja i razvoju hroničnih oboljenja. Oštećenje DNK je pouzdan biomarker ekspozicije različitim genotoksinima, uključujući toksine i zagađujuće materije unutrašnjeg zraka. Dodatno, različite varijante određenih gena (genski polimorfizam) mogu uticati na efekat zagađenosti zraka na izloženu osobu. Ovo polje pruža dakle dobre perspektive u identificiranju osoba sa povećanim rizikom⁴.

Štetni učinci slabe kvalitete unutrašnjeg zraka u školskoj populaciji se prvenstveno odnose na probleme s respiratornim i kardiovaskularnim sistemom te učincima na pažnju i akademski uspjeh školske djece.

■ Efekat zagađenosti unutrašnjeg zraka na respiratorni i kardiovaskularni sistem

Boravak školske djece u prenatrpanim, loše ventiliranim i pretopljenim učionicama može osim blagim neželjenim događajima (npr. glavobolja, mučnina itd.) rezultirati i respiratornim problemima⁴. Respiratorni sistem je često primarna meta djelovanja zagađujućih materija unutrašnjeg zraka jer se one najčešće u ljudski organizam unose inhalacijom. Od respiratornih oboljenja, opisani su: akutna respiratorna infekcija, i to u formi infekcije gornjih respiratornih puteva – uobičajeni simptomi su kašalj, sinusitis, i otitis media i akutna infekcija donjih respiratornih puteva i druga alergijska (astma, atopijski dermatitis i alergijski rinitis) i plućna oboljenja uključujući HOPB¹⁵¹ i karcinom pluća.

Zagađenost unutrašnjeg zraka je najvažniji rizikofaktor za nastanak akutne respiratorne infekcije donjih disajnih puteva u zemljama u razvoju¹⁴⁹. Neočekivano, noviji podaci upućuju na najveći porast broja djece oboljele od astme i alergija u razvijenim zemljama¹⁵¹. Razlog za spomenuti trend nije jasan ali bi se isti mogao pripisati procesu modernizacije.

PM₁₀ i NO₂ su povezani sa povećanom frekvencom simptoma astme i redukcijom plućne funkcije kod djece, najviše u urbanoj zoni¹⁵². Simptomi koje ispitanici osjećaju su kašalj, hroptanje, flegma i pritisak u grudima²⁴. Curenje iz nosa, upaljeno grlo, kašalj, problemi disanja i hroptanje su najčešće prijavljivali učenici koji borave u učionicama sa klima-uređajem³⁵. Također, upaljeno grlo, kašalj i umor su često prijavljivali učenici koji borave u učionicama sa prirodnom ventilacijom, a u kojima su izmjerene više temperature, viša relativna vlažnost i više koncentracije PM₁₀²⁴. Poznato je da više temperature i viša relativna vlažnost pogoduju rastu i prenosu nekih virusa što može biti osnova za spomenute simptome.

Kardiovaskularna oboljenja se najviše dovode u vezu sa izloženošću PM_{2.5}, PAH, CO₂, CO, i teškim metalima, prvenstveno olovu i kadmiju¹²⁴.

■ Efekat zagađenosti unutrašnjeg zraka na akademske aktivnosti učenika

Kvaliteta unutrašnjeg zraka utiče na koncentraciju i pažnju **učenika i njihove** akademske sposobnosti¹⁵³. Standardizirani testovi za procjenu čitalačke i matematičke sposobnosti primijenjeni na učenicima koji su izloženi lošem kvalitetu unutrašnjeg zraka ponavljano rezultiraju lošijim rezultatima u poređenju s učenicima koji borave u zdravim učioničkim okruženjima. Studija provedena u 1000 škola u SAD, zatim velika kohortna studija na 8000 djece u Velikoj Britaniji i sistemski pregledi literature potvrđuju da je brzina ventilacije u učionici direktno povezana s akademskim uspjehom učenika, te da se mjerljivi napredak u matematici i čitanju (procijenjen kroz standardizirane testove) može uočiti pri poboljšanju kvalitete unutrašnjeg zraka u učionicama¹⁵⁴⁻¹⁵⁶.

Smanjene kognitivne performanse učenika koji borave u učionicama u kojima su izmjerene veće koncentracije grubih i finih lebdećih čestica (PM₁₀, PM_{2.5}) i CO₂¹⁵⁷ su dokumentirane i u školama u austrijskim urbanim područjima. Kognitivni razvojni pokazatelj, kao što su kapacitet pažnje i pamćenja, su imali bolji trend i u drugim školama s najnižim koncentracijama najfinijih PM₁ čestica i NO₂^{65,98}.

Nadalje, u 60 škotskih škola su izmjerene koncentracije CO₂ bile povezane s kraćim prosječnim vremenom prisustvovanja nastavi i lošijim pojedinačnim rezultatima testova za čitanje, pisanje i aritmetiku, čak i nakon korekcije prema društvenoekonomskom statusu i broju učenika u razredu¹⁵⁷. Utvrđeno je da povećana koncentracija CO₂ smanjuje i kratkoročnu pažnju učenika^{122,123}.

▪ Efekat zagađenosti unutrašnjeg zraka na percepciju istog kod djece

Pored uticaja kvalitete unutrašnjeg zraka na zdravlje i akademske sposobnosti djece, ne treba zanemariti važnost njihove vlastite percepcije kvalitete zraka u učionicama. Mjerenje dječje percepcije kvaliteta unutrašnjeg zraka u prirodno ventiliranim školama u Velikoj Britaniji je pokazalo da ista ovisi o temperaturi i koncentraciji CO₂, odnosno više o temperaturi nego o CO₂ u sezoni grijanja i obrnuto u sezoni bez grijanja. Zadržavanjem koncentracije CO₂ <1000 mg/m³ i temperature <23°C, percepcija se poboljšava za oko 43%. Najpovoljnija percepcija se pokazala kada su se djeca osjećala 'cool' i onako 'kako jeste', a najmanje povoljna kada su se djeca osjećala "toplo ili hladno". Bolja percepcija kvaliteta unutrašnjeg zraka je bila povezana sa manjim osjećajem umora i boljim ukupnim komforom.

Dodatno, na percepciju kvalitete unutrašnjeg zraka kod djece negativno mogu uticati vrsta aktivnosti^{20,158} i nivo stresa¹⁵⁹.

2.3. Kvaliteta unutrašnjeg zraka u učionicama u BiH

Jedini, na dokazima bazirani podaci o kvalitetu unutrašnjeg zraka u učionicama u BiH i povezanosti iste sa zdravljem školske djece potječu iz internacionalnog projekta "SEARCH project" (*School Environment and Respiratory Health of Children*) koju je vodio Regionalni centar za okoliš centralne i istočne Europe, u periodu 2006–2009. na uzorku od ukupno 60 škola, po deset škola iz 6 zemalja, uključujući i BiH¹⁶⁰.

Rezultati istraživanja za BiH u odnosu na druge zemlje se vide u Tabeli 5, i to koncentracije izmjerenih zagađujućih materija u učionicama, prevalencije astmatičnih i bronhitičnih simptoma i bolesti i alergija koje su dijagnosticirali ljekari.

Tabela 5. Koncentracije zagađujućih materija, prevalenca respiratornih simptoma i bolesti i dijagnosticiranih alergija među djecom u 6 SEARCH zemalja Europe

Sumarni rezultati mjerenja kvalitete unutrašnjeg zraka							
Zagađujuća materija, koncentracija (µg/m ³)	Albanija	BiH	Mađarska	Italija	Srbija	Slovačka	Ukupno
PM ₁₀	69	102	56	82	81 80	80	
Formaldehid	5.61	7.13	2.41	33.07	1.73	8.71	
Benzen	4.06	6.29	2.16	1.95	5.94	4.84	
Toluen	15.45	27.58	4.56	5.01	21.94	29.47	
Etil-benzen	1.24	1.60	1.64	1.82	1.60	1.38	
Ksilen	5.03	7.65	7.04	7.10	8.00	5.07	
NO ₂	12	21	16	19	22	14	
Prevalenca (%) respiratornih simptoma i bolesti							
BRONHITIČNI SIMPTOMI							
Jutarnji kašalj	18.7	10.6	8.4	13.2	10.5	14.8	13.0
Dnevno/noćni kašalj	20.8	9.7	6.5	11.8	9.9	11.0	12.1
Kašalj >3 mj	7.7	3.1	3.3	3.5	3.1	2.4	4.0
Kašalj sa flegmom	41.6	11.9	3.6	8.5	9.4	4.8	14.4

ASTMATIČNI SIMPTOMI							
Kašalj u zadnjih 12 mj	6.5	9.2	8.2	11.5	9.4	8.2	8.8
Kašalj nakon vježbanja, <12 mj	3.5	5.6	5.8	6.0	5.0	3.6	4.9
Suhi kašalj noću, <12 mj	14.2	14.7	10.9	13.9	13.9	15.8	14.0
Buđenje uslijed hroptanja, <12 mj	7.4	5.3	2.0	3.6	6.0	5.6	5.1
Astma dijagnosticirana od strane doktora, ikad	11.8	11.2	7.1	12.2	12.8	7.1	10.5
Liječenje astme, posljednjih 12 mj	5.7	7.2	3.7	7.9	9.3	6.3	6.7
Prevalenca (%) alergija dijagnosticiranih od strane doktora							
Alergije							
Grinje kućne prašine	13.2	9.7	9.5	8.9	10.1	9.7	10.3
Životinjsko krzno, perje	4.9	4.9	9.7	4.4	5.6	6.6	5.8
Polen	5.9	9.6	12.2	8.9	11.8	14.8	10.3
Plijesan	5.1	3.4	7.2	3.2	4.1	5.2	4.6
Hrana	5.3	2.6	8.8	4.9	2.6	5.8	4.9
Lijek	5.0	4.1	10.8	3.4	4.5	4.6	5.2

U odnosu na škole u drugim zemljama uključenim u istraživanje, u školama u BiH su zabilježene najviše koncentracije grubih PM₁₀ lebdećih čestica, benzena, te među najvišim koncentracijama toluena, ksilena i NO₂. Prevalenca (%) djece sa dijagnozom astme, astmatičnim simptomima i antiastmatičnim tretmanom u BiH je bila veća od prosječnih vrijednosti za svu ispitanu djecu. Također, u BiH je zabilježen značajno povećan rizik od upale sinusa kod djece koja borave u učionicama sa klima-uređajem u odnosu na djecu u učionicama bez istog¹⁶⁰.

SEARCH istraživanjem su utvrđeni sljedeći izvori zagađenja zraka u učionicama, i to:

Vanjski izvori:

- gust saobraćaj i teška industrija u neposrednoj blizini škole, značajne odrednice smanjenog rada pluća.

Unutrašnji izvori, u učionici:

- plastični podovi, povezani s povećanom prevalencom alergija i smanjenom plućnom funkcijom,
- povećane koncentracije isparljivih organskih supstanci i NO₂ u učionicama s tepisima na podu, povezano s povećanom prevalencom noćnog buđenja s hroptanjem,
- povećane koncentracije benzena, ksilena i etilbenzena u učionicama sa zidovima obojenim vodootpornim bojama, povezano s povećanom prevalencom alergija tokom posljednjih 12 mjeseci,
- povećane koncentracije etilbenzena i ksilena u učionicama s novim namještajem ugrađenim u zadnjih 12 mjeseci i u učionicama sa zatvorenim prozorima tokom čišćenja,
- korištenje metle za čišćenje povezano s povećanom prevalencom hroničnog kašlja s flegmom,
- korištenje mopa za čišćenje povezano s povećanom prevalencom hroničnog konjunktivitisa,
- korištenje mopa s izbjeljivačem povezano s povećanom prevalencom osipa na koži i ekcema.

Karakteristike učionica i zdravstveni indikatori signifikantno povezani sa izmjerenim koncentracijama zagađujućih materija unutrašnjeg zraka u školama u 6 zemalja Europe (SEARCH studija) su prikazani u Tabeli 6.

Ukratko, SEARCH istraživanje je potvrdilo sljedeće:

- prenatrpanost učionica je povezana s povećanom koncentracijom CO₂, PM₁₀ i benzena, kao i s većom prevalencom hronične boli u uhu kod djece,
- loša prirodna ventilacija tokom nastave je povezana s povećanom koncentracijom CO₂ i formaldehida te s povećanom prevalencom hroničnog bronhitisa i astmatičnih simptoma,
- čišćenje zraka klima-uređajima značajno smanjuje koncentraciju CO₂ i PM₁₀
- sve isparljive organske materije su izmjerene u višim koncentracijama u učionicama sa u odnosu na učionice bez klima-uređaja
- među djecom koja borave u učionicama sa klima-uređajima je smanjena prevalenca hroničnog bronhitisa

Tabela 6. Karakteristike učionica i zdravstveni indikatori signifikantno povezani sa izmjerenim koncentracijama zagađujućih materija unutrašnjeg zraka u školama u 6 zemalja Europe (SEARCH studija¹⁶⁰)

Zagađujuća materija	Karakteristike učionice	Zdravstveni indikatori
PM ₁₀	Prozor se otvara često, učionica se čisti noću	Hronični jutarnji kašalj, umanjena koncentracija
Formaldehid	Učionica se čisti noću	Bronhitični simptomi (posebno kašalj sa gnojnom sluzi)
Benzen	Spratnost učionice Broj djece u učionici, Itison	Djecu noću bude napadi kašlja
Toluen	Spratnost učionice Broj djece u učionici <2m ² /osobi u učionici <6m ³ /osobi u učionici Plastični pod, itison, obnavljanje zidova <1 godina, novi namještaj <1 godina	Alergija na plijesan, upala sinusa
Etil-benzen	Itison, zidovi bojeni vodootpornom bojom, novi namještaj <1 godina	Alergije, alergije na lijekove
Ksilen	Itison, zidovi obojeni vodootpornom bojom, učionica se čisti ujutro, novi namještaj <1 godina	Alergije
Ukupan BTEX	Spratnost učionice, Broj djece u učionici, plastični pod, itison, obnavljanje zidova <1 godina, novi namještaj <1 godina	Alergija na plijesan, kožni osip, upala sinusa

CO ₂	Spratnost učionice Broj djece u učionici <2m ² /osobi u učionici <6m ³ /osobi u učionici Otvorenost prozora <2m ² Prozor se rjeđe otvara	Simptomi bronhitisa (hronični kašalj tokom dana, ili duže od 3 mjeseca, ili sa gnojnom sluzi; djecu noću bude napadi kašlja)
-----------------	--	--

Rezultati ovog istraživanja predstavljaju jedan vid uvoda u inicijative i nastojanja udruženja "Savjet za zelenu gradnju", kao i odabira teme kroz program mentorstva Westminster fondacije za demokratiju koji se implementira sa političarkama u BiH. Potrebno je naglasiti da su u okvirima ovog projekta rađena ograničena mjerenja sa namjerom da se podigne svijest o važnosti kvalitete unutrašnjeg zraka posebno u obrazovnim institucijama i da se pokrenu značajnije izmjene i dopune regulativa i standarda u skladu sa EU. Nastavak rada na istraživanjima i mjerenjima u BiH će pomoći da se obezbijedi što bolja argumentacija u budućim inicijativama i aktivnostima na izmjenama i dopunama zakona i standarda, te izmjenama u postojećim praksama građenja i obnove kako obrazovnih tako i svih drugih objekata u kojima borave ljudi, a posebno je važna brza reakcija za objekte gdje borave djeca, oboljeli i stariji.

2.4. Kvaliteta unutrašnjeg zraka u kontekstu pandemije Covid-19

SARS-CoV-2 je novi koronavirus, zoonotski agens koji se pojavio u decembru 2019. i uzrokuje teški akutni respiratorni sindrom Covid-19. SZO je Covid-19 proglasila globalnom pandemijom 11. marta 2020, a pitanje kvaliteta unutrašnjeg zraka u školskom okruženju je istovremeno dobilo dodatnu važnost.

Preporuke za fizičko distanciranje i boravak kod kuće koje vrijede od početka pandemije Covid-19, a s ciljem smanjenje rizika od infekcije i širenja iste, su već dovele do poboljšanja kvaliteta zraka u vanjskom (npr. manje automobila na cestama u vrijeme pandemije) a time indirektno i u unutrašnjem prostoru¹⁶¹. Međutim, s obzirom da je za školsku djecu edukacija fundamentalna komponenta odrastanja i života, provođenje ovih mjera može imati negativan efekat na socijalni razvoj i druge zdravstvene aspekte školske djece. Otkazivanje škola u vrijeme pandemije znači da:

- djeca provode više vremena u unutrašnjem prostoru sa većom izloženošću zagađenju unutrašnjeg zraka što može pogoršati astmu (zbog sekundarne izloženosti alergenima u unutrašnjem zraku) i druga oboljenja udružena sa slabom kvalitetom unutrašnjeg zraka
- djeca više nisu izložena transmisiji uobičajenih virusa od druge djece koji također mogu uzrokovati bolesti gornjih dišnih puteva a koje mogu pogoršati astmu i druga oboljenja udružena sa slabom kvalitetom unutrašnjeg zraka
- u isto vrijeme, obzirom da se zna da je tjelesna aktivnost korisna u prevenciji bolesti, ali i u kontroli hroničnih stanja kao što su astma i dr, ostanak djece kod kuće ima negativan efekat jer su neka djeca zatvorena u svojim domovima koji mogu biti mali unutrašnji prostori i nemaju puno prilike za fizičku aktivnost na školskim igralištima ili parkovima na otvorenom. Osim toga, djeca koja aktivno putuju u školu pješke ili biciklom također su izgubila svakodnevnu priliku za tjelesnu aktivnost.

Zato je prioritet da se na bazi dostupnih podataka o potencijalnoj dinamici prenosa SARS-CoV-2 u unutrašnjem prostoru, prostornoj dinamici i faktorima unutrašnjeg prostora koji potencijalno pojačavaju ili smanjuju njegov prenos i širenje Covid-19 obezbijedi sigurna školska sredina i uslovi da se školska djeca vrate u školski prostor (i unutrašnji i vanjski) na adekvatan nastavni proces, uobičajene dužine trajanja, a što uključuje i dovoljnu fizičku aktivnost.

■ Putovi prenosa virusa SARS-CoV-2

Prema dostupnim podacima, prenos virusa SARS-CoV-2 s čovjeka na čovjeka se može kategorizirati kao “**prenos kapljicama**” i “**prenos zrakom ili aerosolom**”¹⁶².

“**Prenos kapljicama**” se događa prenosom kapljicama promjera $>5 \mu\text{m}$, dometa $<1 \text{ m}$, i to na dva načina^{162,163}:

1. uglavnom putem respiratornih kapljica koje sadrže žive viruse a koje izdišu zaražene osobe tokom kašlja, kihanja ili govora a koje dospiju na sluznice nosa, usta, očiju ili gornjih dišnih putova drugih osjetljivih osoba. Ovaj se prenos dešava tokom bliskog kontakta s drugom osobom, najčešće u unutrašnjem okruženju.
2. putem respiratornih kapljica pohranjenih na kontaminiranim površinama u neposrednom okruženju zaražene osobe ili na predmetima koje koristi zaražena osoba a s kojim u kontakt dođu druge osjetljive osobe koje kontaminiranim prstima virus prenese kontaktom na svoje **sluznice** nosa, usta, očiju ili gornjih dišnih putova. Ovaj se prenos dešava uglavnom u skućenom, prenatrpanom i slabo prozračenom unutrašnjem okruženju, a za isti su relevantne i sljedeće činjenice:
 - na staklenim, plastičnim i površinama od nehrđajućeg čelika i na sobnoj temperaturi virus SARS-CoV-2 može preživjeti između 2 i 4 dana^{164,165}. Poznata su antimikrobna svojstva bakra protiv različitih virusa, uključujući SARS-CoV-2¹⁶⁴.
 - virus je različito postojan na različitim poroznim površinama kao što su papir, karton, drvo, tkanina i maska. Na papiru i maramicama preživljava samo 30 minuta, s potpunim propadanjem nakon 3 h¹⁶⁵, a pri 22°C i relativnoj vlažnosti od 65%, preživljava na unutrašnjim slojevima hirurških maski 4 dana, a na vanjskim 7 dana¹⁶⁵.
 - stabilnost virusa je poboljšana u prisustvu goveđeg serumskog albumina, koji se obično koristi za simulaciju proteina ljudskog ispljuvka¹⁶⁶.

Iako i dalje postoje mnoge znanstvene nepoznanice u pogledu dinamike zaraze i načina prenosa virusa SARS-CoV-2 u zatvorenim prostorima, na temelju dokaza da je vrijeme kontakta glavni faktor u nastanku infekcije¹⁶⁷ i da je duža izloženost virusu rizičnija za prenos zaraze (npr. tokom 3 radna dana), sugerira se da odgovarajuća ventilacija igra ključnu ulogu u smanjenju rizika od infekcije u skućenim prostorima. Na temelju kontaktnog vremena su sugerirane sljedeće brzine ventilacije¹⁶³:

- da bi vjerovatnoća infekcije u skućenom prostoru bila manja od 1%, potrebna je ventilacija brža od uobičajenih vrijednosti, i to 100–350m³/h po jednom infektoru za 0,25 h (15 min) izloženosti, i 1200–4000m³/h po jednom infektoru za 3 h izloženosti
- ako infektor i osjetljiva osoba nose običnu medicinsku hiruršku masku, tada se stopa ventilacije koja osigurava vjerovatnost zaraze manju od 1% može smanjiti na četvrtinu, a što se može postići uobičajenim načinom ventilacije, bilo prirodnom ili mehaničkom ventilacijom. Ovo je primjenjivo u većini tipičnih scenarija, uključujući učionice, ali i autobuse i kabine zrakoplova.
- međutim, ukoliko se ne nose maske i u scenarijima u kojima je stvarna ventilacija izvan sigurnog raspona, mogu se predložiti dodatne mjere osiguranja, uključujući UV sterilizaciju i HEPA (engl. *High efficiency particulate air*) filtraciju¹⁶⁸.

Tako bi stroge preventivne mjere (npr. udaljenosti od 1,5 do 3 m, nošenje maski pri ulasku ili boravku u skućenim prostorima, odgovarajuća brzina ventilacije i sprječavanje ulaska asimptomatskih infektora u javne prostore i njihova kućna izolacija) trebale biti učinkovite u smanjenju rizika od prenosa virusa u skućenim prostorima.

“**Prenos zrakom ili aerosolom**” sa kapljičnom jezgrom promjera $<5 \mu\text{m}$, dometa $>1 \text{ m}$.

Iako su dvije nedavne studije, jedna na miševima i jedna na temelju analize podataka o mogućem prenosu virusa SARS-CoV-2 putem čestica zraka u slučaju Lombardije (Italija) pokazale da uloga čestica zraka kao nositelja difuzije virusa nije očigledna^{169,170}, SZO je prepoznala rizik od potencijalnog ili oportunističkog "prenosa zrakom ili aerosolom"¹⁷¹. Naime, budući da je kapacitet kapljice za putovanje zrakom na velike udaljenosti u velikoj mjeri određen veličinom iste, kapacitet kapljične jezgre SARS-CoV-2 za udaljeni prenos aerosolom ne smije biti podcijenjen, a pogotovo u uslovima loše ventilacije u javnom skućenom, prenatrpanom i slabo prozračenom unutrašnjem okruženju¹⁷².

Prenos virusa aerosolom podrazumijeva prenosi putem malih čestica, kapljičnih jezgri, koje zaražena osoba (simptomatska ili asimptomatska) izdahne pri kašlju, kihanju ili govoru, ili čak prirodnom disanju bez kašljanja i kihanja¹⁷³, a koje udahne osjetljiva osoba^{163,174,175}. Stopa oslobađanja infektivnih čestica tokom normalnog ljudskog govora je pozitivno povezana s glasnošću (amplitudom) govora, u rasponu od otprilike 1 do 50 infektivnih čestica u sekundi (0,06 do 3 čestice/cm³) za niske do visokih valnih dužina, bez obzira na jezik koji se govori (engleski, španjolski, mandarinski ili arapski). Rezultati također ukazuju da se kapljice mogu ispuštati ne samo govorom, već i pjevanjem, glasnim navijanjem u sportskim igrama i sl.¹⁷⁶.

U međuvremenu postoje dokazi da virus SARS-CoV-2 u aerosolima ostaje održiv više sati¹⁷⁷, da je široko rasprostranjen u zraku, i udaljenost prenosa u zraku može biti i do 4 m¹⁷⁸. Prenos virusa aerosolnim česticama može biti čak i intenzivniji i moguć i na udaljenostima većim od 2m (čak i više od 8 m, kao što je dokumentirano u odraslih radnika¹⁷⁶), i to u slučaju:

- niske temperature u okruženju – virus je osjetljiv na toplinu i na temperaturama hladnjaka od 4°C može preživjeti najmanje 14 dana; na sobnoj temperaturi (24°C) mu se poluživot kreće u rasponu 6,3–18,6 h, ovisno o relativnoj vlažnosti zraka; na temperaturi 35°C se poluživot virusa skraćuje na 1,0–8,9 h¹⁷⁹,
- niske vlažnosti – virus je stabilniji u uslovima srednje vrijednosti relativne vlažnosti od 40-60% (stopa propadanja virusa, 0,91%/min) u usporedbi s višim vrijednostima relativne vlažnosti od 68-88% (stopa propadanja, 1,59%/min)¹⁸⁰,
- izloženosti sunčevoj svjetlosti niskog intenziteta – na sunčevoj svjetlosti visokog intenziteta (simulacija ljeta) se zarazna koncentracija virusa nakon 6 min smanji za 90%, a na sunčevoj svjetlosti niskog intenziteta (simulacija kasne zime ili rane jeseni) se ista redukcija zarazne koncentracije virusa postigne nakon 19 min. Ovi podaci pokazuju da je sunčeva svjetlost korisna u strategijama smanjenja potencijala za prenos virusa putem aerosola,
- teškog fizičkog opterećenja s teškim disanjem,
- intimnog razgovora ili glasnog govora,
- prisutnosti proteina ljudskog ispljuvka.

Konačno, prenos SARS-CoV-2 može ovisiti i o resuspenziji (ponovnom oslobađanju) virusnih čestica koje su ranije pale na pod u formi prašine, tako da niže osobe (npr. djeca) mogu biti izložene višim koncentracijama zaraznih čestica od viših osoba¹⁸¹. Resuspenzija se događa uglavnom kao rezultat ljudskih aktivnosti, osobito hodanja u zatvorenim prostorima. Vjerovatnoća za resuspenziju je veća kod većih u odnosu na manje virusne čestice¹⁷⁶.

Ovo djelomično objašnjava zašto prijenos virusa sa površina u zatvorenim okruženjima može trajati satima do danima, i zašto su intimni razgovori, glasno navijanje, pjevanje ili vježbanje na maloj udaljenosti od drugih osoba, sugerirani kao važni faktori koji rezultiraju nastankom Covid-19 klastera^{182,183}.

U skućenom, prenatrpanom i slabo prozračenom unutrašnjem okruženju se virus vjerovatno prenosi u kombinaciji sva tri navedena načina¹⁷⁶.

2.5. Preporuke i rješenja

Kako imamo dovoljno dokaza da kvaliteta unutrašnjeg zraka u učionici utiče na zdravlje učenika i na njihova akademska postignuća, vrlo je važno usvojiti sve potrebne mjere kako bi se postigla optimalna kvaliteta istog.

■ Mjere kontrole kvalitete unutrašnjeg zraka u učionicama

Da bi se smanjila izloženost djece zagađenju zraka u učionicama i okolnim područjima, potrebno je u obzir uzeti sljedeće preporuke:

1. Planiranje i izgradnja nove škole na mjestima koja nisu pod direktnim uticajem velikih saobraćajnica, drumskog saobraćaja, industrijske zone, trajnog gradilišta, poljoprivrednog dobra sa farmom, kućnih ložišta ili bilo kojih drugih zagađivača u susjedstvu.
 - kad god je moguće, učionice bi trebale biti okrenute prema najmirnijoj ulici oko škole
 - školske zgrade trebaju biti okružene zelenim površinama i drvećem gdje god je moguće, a posebno oko dječjih igrališta kako bi se stvorila „zelena barijera“ prema vanjskim izvorima zagađenja
 - radi poboljšanja kvalitete unutrašnjeg zraka, unutar škole se mogu smjestiti određene biljke koje mogu adsorbirati različite zagađivače u unutrašnjem zraku (tj. formaldehid, toluen, benzo(a)piren itd.) i djelovati kao prirodni filteri¹⁶⁰
 - upotreba materijala, vodootpornih boja i namještaja koji imaju nisku stopu oslobađanja isparljivih organskih materija
 - » podne i zidne obloge u učionicama treba postaviti s posebnim oprezom
 - » oprema poput fotokopirnih aparata i printera koji proizvode lebdeće čestice i isparljive organske materija mora biti smještena izvan učionice
 - » treba izbjegavati korištenje školskog materijala koji sadrži hemikalije ili otrovne tvari (tj. cijanoakrilat, olovo, kadmij, nikel itd.)
 - obnovu školskih objekata treba pokrenuti kad god je to moguće, dajući prednost uklanjanju azbesta (samo od strane ovlaštenih tvrtki)¹⁸⁴, korištenju prirodnih materijala koji nisu tretirani pesticidima i hemikalijama štetnim po zdravlje, kao i potencijalnih izvora po život opasnih spojeva kao što je CO (tj. sistem grijanja mora proći godišnje održavanje i uvijek biti smješten u kotlovnici odvojenoj od glavne školske zgrade)^{105,185}
 - » obnova u smislu energetske učinkovitosti: pravilnim planiranjem, instaliranjem i održavanjem sistema za rekuperaciju, mogu se poboljšati kvaliteta unutrašnjeg zraka i udobnost djece
2. Organizacija programa izgradnje ljudskih kapaciteta i podizanja svijesti radi promicanja zdravog školskog okruženja
 - podizanje svijesti u cijeloj školskoj zajednici (učitelji, učenici i roditelji) o potencijalnom štetnom uticaju zagađenja unutrašnjeg zraka na zdravlje, akademske uspjehe i opšte dobro školske djece
 - zabrana pušenja cigareta u školi (u učionicama, toaletima, dvoranama) i okolnim prostorima, čak i tamo gdje nacionalni zakoni to izričito ne zabranjuju
 - promocija korištenja javnog prijevoza do škole
3. Organizacija čišćenja u učionici proizvodima za čišćenje s niskim oslobađanjem štetnih materija
 - prema jasnim uputama za dobru praksu čišćenja u učionicama, uključujući čišćenje površine radnih stolova i stolica, kao i nastavnog materijala. Čišćenje i dezinficiranje treba obaviti uvečer i ujutro, vlažnom krpom i optimalno uz korištenje usisavača¹⁸⁶. Za vrijeme čišćenja, prozore i vrata treba držati otvorenima ili uključiti ventilacijski sistem kako bi se koncentracije prašine, PM čestica i radona učinkovito smanjile. Posebna pažnja se mora posvetiti uklanjanju plijesni ili vlage.
 - određene prostorije u školi, npr. sportske dvorane, moraju se pažljivo očistiti zbog povišene brzine disanja korisnika
 - redovno čišćenje i/ili zamjena pješčanih sa popločanim ili asfaltiranim igralištima¹⁸⁷
4. Usvajanje protokola i mjera za praćenje kvalitete unutrašnjeg zraka u učionicama i drugih školskih prostora (npr. sportskih dvorana)

- praćenje temperature
- praćenje vlažnosti i eventualna upotreba ovlaživača zraka (uz odgovarajuće održavanje filtera)
- optimizacija osvježanja zraka u učionicama i ostalim zatvorenim školskim prostorima u kojima borave djeca
 - » ventilacija (prirodna i/ili mehanička; ili automatski sistem za otvaranje prozora na temelju podataka senzora koji mjeri kvalitetu unutrašnjeg zraka, itd.),
 - » filtracija zraka sa instalacijom filterskih sistema visokih performansi zajedno s pročišćivačima zraka (pazeći na odgovarajuće održavanje filtera na mjesečnoj bazi) koji neutraliziraju finu prašinu dovodi do smanjenja koncentracije PM čestica i čestica ugljika (tzv. opasna čađ) za oko 90-96%⁷⁰. Filtraciju treba razmotriti ako je vanjski zrak zagađen, i barem u onim školama koje se nalaze u blizini intenzivnih saobraćajnica ili semafora, luka, željezničkih pruga, zračnih luka ili industrijskih pogona i farmi¹⁸⁸
- korištenje senzora za mjerenje koncentracije pojedinih zagađujućih materija unutrašnjeg zraka
 - » razvoj naprednih materijala za senzore, naprednih sistema za nadzor kvalitete unutrašnjeg zraka i pametne kuće za učinkovitu kontrolu i poboljšanje kvalitete unutrašnjeg zraka u perspektivi

■ **Dodatne mjere kontrole kvalitete okruženja za prevenciju širenja Covid-19 u unutrašnjem prostoru**

Iako su znanstveni dokazi o pandemiji Covid-19 još uvijek oskudni, na temelju trenutnih saznanja o kvaliteti unutrašnjeg zraka i dostupnih preporuka o pandemiji²⁶, mogu se predložiti dodatne preporuke za prevenciju prenosa infekcije spomenutim virusom u učionicama:

- ventilacija – preporučena stopa ventilacije po osobi je približno 30 m³/h¹⁸⁹, a ako u prostoriji nije osigurana odgovarajuća ventilacija, potrebno je
 - » osiguranje razmaka kojim se izbjegava prenatrpanost učionica
 - » cijeli zrak u prostoriji bi trebalo prozračiti dvaput ili više puta na sat
 - prirodna ventilacija s otvorenim prozorima ovisi o broju prozora, širini i smjeru prozora – u učionici je potrebno obezbijediti potpunu izmjenu zraka (istovremeno otvaranje prozora i vrata najmanje prije početka nastave i tokom svake pauze, ili dodatno zavisno od zapremine prostorije, dobi i broja djece u učionici, broju provedenih sati u učionici i vrste aktivnosti koje se u njoj odvijaju)
 - » ventilacija mješovitog tipa je učinkovita jer razrjeđuje zarazne aerosole i tako smanjuje njihovu koncentraciju u zraku
 - » tokom kišne sezone i ljeti, kada su osigurane odgovarajuće ventilacijske stope, potrebno je koristiti i klima-uređaje jer otvaranje prozora može stvoriti loše unutrašnje okruženje s nedovoljnim hlađenjem i odvlaživanjem što rezultira povećanim rizicima od toplotnog udara, nesanice i alergija zbog plijesni i grinja. Ako se vjeruje da su pojedine osobe u prostoriji zaražene, protok zraka iz klima-uređaja se ne smije usmjeravati ni na jednu osobu.

Obzirom da sama ventilacija ne može spriječiti izlaganje zaraženoj osobi na maloj udaljenosti ili putem kontaminiranih površina, moraju se poduzeti dodatne preventivne mjere, i to:

- higijena ruku
- nošenje maski za lice kako bi se smanjilo oslobađanja aerosola u zrak unutrašnjeg prostora
- **čišćenje i** dezinfekcija potencijalnih kontaminiranih površina
 - » prema jasnim uputama za dobru praksu čišćenja u učionicama,
- poželjno je ovlaživanje zraka i izlaganje sunčevoj svjetlosti
- poželjno je filtriranje ili sterilizacija/dekontaminacija zraka u učionicama
 - » upotreba visoko efikasne filtracije čestica u centraliziranim sistemima smanjuje prinos zaraznih čestica u zrak¹⁹⁰, te eradicira mikroorganizme i viruse (veličine do 0,1 mikrona)¹⁹¹
 - » SZO, CDC i ASHRAE preporučuju sistem ultraljubičastog germicidnog zračenja u borbi protiv bolesti koje se prenose zrakom.

■ 3. Kvaliteta unutrašnjeg zraka i ekonomija

Procjena socio-ekonomskih troškova zagađenja zraka u zatvorenim prostorijama, poput škola, može olakšati razvoj i primjenu odgovarajućih javnih politika. Studije i istraživanja ove vrste do sada nisu rađena u Bosni i Hercegovini. Ipak, istraživanja iz drugih zemalja u svijetu pokazuju direktnu ekonomsku povezanost između kvalitete unutrašnjeg zraka i ekonomskih troškova za društvo u cjelini.

Jedna od takvih studija je rađena u Francuskoj gdje je provedena procjena za šest odabranih zagađujućih materija: benzen, trihloretilen, radon, ugljen-monoksid, $PM_{2,5}$ čestice i duhanski dim. Procjenjuje se da je zagađenje u zatvorenom prostoru povezano s odabranim zagađujućim materijama u Francuskoj 2004. godine koštalo približno 20 milijardi eura. $PM_{2,5}$ čestice najviše su doprinijele ukupnim troškovima i to sa 75%. Prerana smrt i troškovi gubitka života činili su približno 90% ukupnih troškova¹⁹².

U izvještaju „Ozelenjivanje američkih škola: troškovi i koristi“ koje je obavljeno u SAD-u, pregledano je 30 „zelenih škola“ i zaključeno da zelene škole koštaju u prosjeku 2% više od konvencionalnih škola, ali financijske koristi proizašle iz investicija u te objekte su oko 20 puta veće nego dodatnih 2% troškova¹⁹³.

Napredak u mjerenju kvalitete unutrašnjeg zraka pruža sredstva za kvantificiranje utjecaja zagađujućih materija i korisnosti kontrole kvaliteta unutarnjeg zraka. Monetizacija takvih mjernih podataka, kao što je DALY ključni je korak u mogućnosti korištenja ekonomskih analiza za poboljšanje unutarnjeg okruženja, što je jedan od zaključaka studije rađene u Velikoj Britaniji¹⁹⁴.

Upravo je Svjetska zdravstvena organizacija (SZO) radila procjene gdje je zaključila da je zagađenost unutrašnjeg zraka (IAP) odgovorno za 2,7% gubitka godina života prilagođenih invaliditetu (DALY) širom svijeta i 3,7% u zemljama u razvoju sa visokim mortalitetom¹⁹⁵.

Studije i istraživanja vezana za negativne efekte vanjskog zagađenja zraka pokazuju da postoje značajni negativni efekti. Zagađenost vanjskog zraka je jedan od osam globalnih faktora rizika za smrt sa stopom od 38,44 na 100.000 populacije koje se mogu pripisati zagađenju PM česticama¹⁹⁶. Za Bosnu i Hercegovinu ta je stopa znatno viša i iznosi 58,37¹⁹⁷.

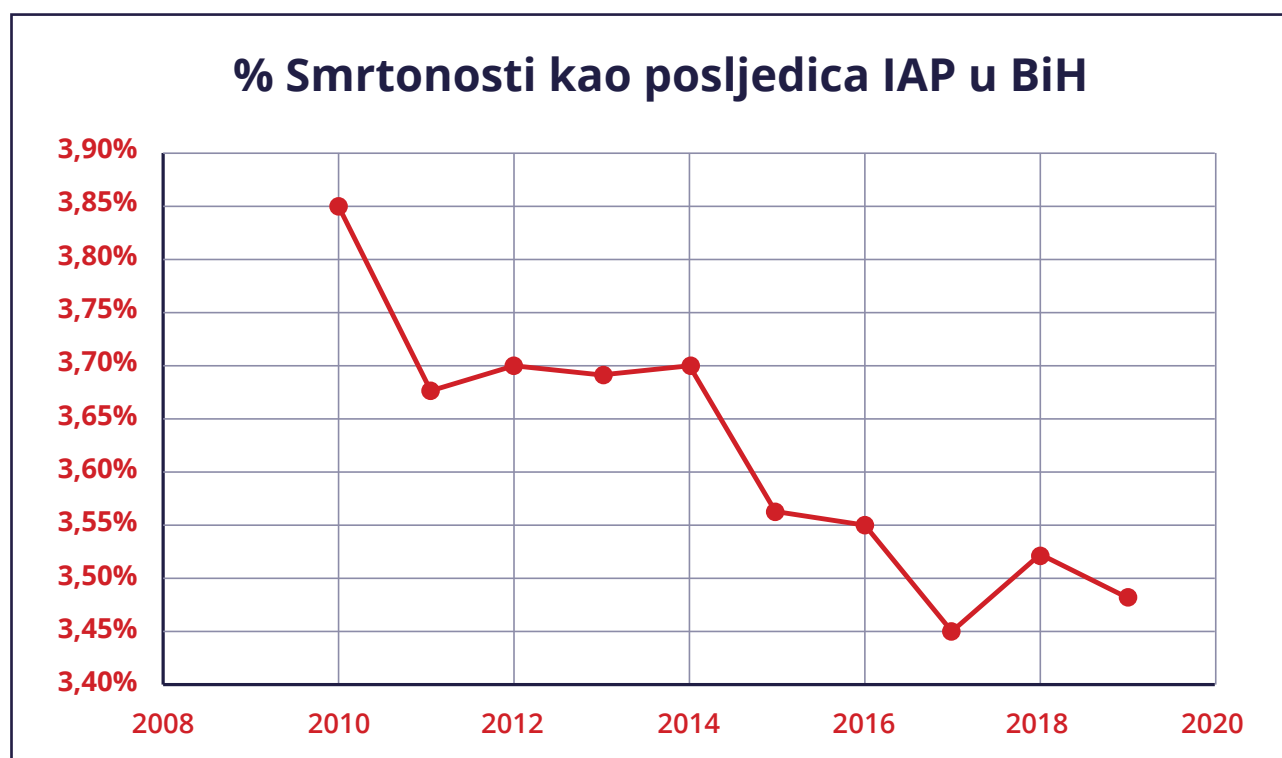
Slično, analiza Centra za ekologiju i energiju Tuzla procjenjuje da bi sagorijevanje uglja moglo imati snažan utjecaj na stanovništvo Tuzle: 4.900 godina manje životnog vijeka, 131.000 izgubljenih radnih dana i preko 170 prijema u bolnicu zbog srčanih i respiratornih problema¹⁹⁸.

U svrhu procjene gubitaka za društvo, kao posljedica zagađenosti unutrašnjeg zraka u Bosni i Hercegovini, koristili smo dostupne podatke, prikazane u Tabeli 7. i na Grafikonu 1¹⁹⁹. Prema ovim podacima, može se vidjeti da je procenat smrtnosti u BiH u odnosu na ukupnu smrtnost, kao posljedica zagađenosti unutrašnjeg zraka procenta iznosio 3,86% u 2010. godini, te 3,48% u 2019. godini. Također, podaci pokazuju da je kao posljedica zagađenosti unutrašnjeg zraka smrtnost na svakih 100.000 stanovnika u Bosni i Hercegovini iznosila 25,19 u 2010. godini, te 22,05 u 2019. godini.

Tabela 7. Smrtnost kao posljedica zagađenosti unutrašnjeg zraka

Godina	% smrtnosti kao posljedica zagađenosti unutrašnjeg zraka	Smrtnost na svakih 100.000 stanovnika
2010	3,86%	25,19
2011	3,68%	23,84
2012	3,70%	23,72
2013	3,69%	23,77
2014	3,70%	23,90
2015	3,56%	23,27
2016	3,55%	22,98
2017	3,45%	22,08
2018	3,52%	22,01
2019	3,48%	22,05

Izvor: <https://ourworldindata.org/grapher/share-deaths-indoor-pollution?ta>



Izvor: <https://ourworldindata.org/grapher/share-deaths-indoor-pollution?tab=table&country=~BIH>

Grafikon 1. Smrtnost kao posljedica zagađenosti unutrašnjeg zraka

U Tabeli 8, izvršena je procjena pokazatelja YLLs (*engl.* Years of Life Lost, izgubljenih godina života) i DALYs (*engl.* Disability-Adjusted Life Years, godina života prilagođenih invaliditetu) za Bosnu i Hercegovinu u 2019. godini, gdje su prikazani i podaci vezani za zagađenost unutrašnjeg zraka²⁰⁰. Dostupni podaci pokazuju da je prema pokazatelju izgubljenih godina života (YLLs), gubitak na respiratornim bolestima iznosi 131.518,3 godine. Ukoliko primijenimo procent koji se odnosi na posljedice zagađenosti unutrašnjeg zraka, onda dobijemo podatke da je na respiratornim bolestima gubitak iznosio 4.576,8 godina. Pokazatelj godina života pri-

lagođenih invaliditetu (DALYs), pokazuje da je kao posljedica respiratornih bolesti izgubljeno 191.985 godina, što bi u prilagodbi za gubitak uslijed zagađenosti unutrašnjeg zraka iznosilo 6.681,1 godinu.

Tabela 8. Pokazatelji YLLs i DALYs za BiH u 2019. godini

Pokazatelj (2019)	Uzrok	Vrijednost (godine)	Vrijednost uslijed zagađenosti unutrašnjeg zraka (godine)
Izgubljene godine života YLLs (Years of Life Lost)	Respiratorne bolesti	131.518,3	4.576,8
Godine života prilagođene invaliditetu DALYs (Disability-Adjusted Life Years)	Respiratorne bolesti	191.985,0	6.681,1

Izvor: <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>

Procjena zdravstvenih troškova koji se odnose na zagađenost zraka, a koje nastaju radom termoelektrana u Bosni i Hercegovini objavljena u sklopu izvještaja koji pokriva regiju Zapadnog Balkana, iznosi do 3,1 milijardu eura godišnje. Ovaj izračun zdravstvenih troškova direktno povezanih sa zagađenosti zraka od termoelektrana uzima u obzir prijevremene smrti, prijeme u bolnice povezane sa respiratornim i kardiovaskularnim problemima, nove slučajeve hroničnog bronhitisa i simptome donjeg respiratornog trakta, upotrebu lijekova, kao i dane ograničene aktivnosti zbog lošeg zdravlja, uključujući i izgubljene radne dane²⁰¹.

Pored troškova za zdravstveni sistem u cjelini, koji se javljaju kao posljedica zagađenosti vanjskog zraka, moguće je putem ulaganja u energetska efikasnost i sisteme za rekuperaciju unutrašnjeg zraka, dovesti do pozitivnih efekata za ekonomiju i unapređenja zdravlja u cjelini. U svrhu procjene investicijskog potencijala ulaganja u savremeni sistem rekuperacije u obrazovnim objektima, urađena je analiza vezano za broj osnovnih i srednjih škola, broj učenika, te broj odjeljenja.

U Tabeli 9. prikazani su podaci za osnovne škole u Bosni i Hercegovini, za 2019/2020. školsku godinu. Podaci su razdvojeni prema entitetima. Prema navedenim podacima, može se vidjeti da u Bosni i Hercegovini postoji 1.728 osnovnih škola, koje pohađa 267.381 učenik, podijeljen u 14.320 odjeljenja. Od ovih pokazatelja, u Federaciji se nalazi 60,30% svih osnovnih škola, 65,01% odjeljenja, te 66,96% svih učenika, dok je ostatak u RS-u. U svrhu procjene efekata ulaganja, izvršena je i procjena prosječnog broja učenika po jednom odjeljenju, te prosječan broj odjeljenja po jednoj školi. Podaci pokazuju da u prosjeku u svakom odjeljenju boravi 18,7 učenika, te da je prosječan broj odjeljenja po jednoj školi 8,3. Razdvojeno po entitetima, FBiH ima nešto veći prosječni broj i učenika i odjeljenja, tako da u prosjeku, u jednom odjeljenju boravi 19,2 učenika, za razliku od RS-a, gdje je taj broj 17,6, te FBiH ima 8,9 odjeljenja po školi, za razliku od RS-a, gdje je taj broj 7,3.

Tabela 9. Pokazatelji za osnovne škole

	Broj osnovnih škola	Broj odjeljenja	Broj učenika	Prosječan broj učenika po odjeljenju	Prosječan broj odjeljenja po školi
FBiH	1.042	9.310	179.050	19,2	8,9
RS	686	5.010	88.331	17,6	7,3
UKUPNO	1.728	14.320	267.381	18,7	8,3

Izvor: Federalni zavod za statistiku FBiH, Republički zavod za statistiku RS ^{202,203}

Za razliku od osnovnih škola u Bosni i Hercegovini, situacija u srednjim školama je nešto drugačija.

U Tabeli 10, prikazani su podaci za srednje škole u Bosni i Hercegovini, za 2019/2020. školsku godinu. Podaci su također razdvojeni prema entitetima. Prema navedenim podacima, u Bosni i Hercegovini postoji 295 srednjih škola koje pohađa 110.235 učenika, podijeljenih u 5.422 odjeljenja. Od ovih pokazatelja, u Federaciji se nalazi 73,22% svih srednjih škola, 67,83% odjeljenja, te 66,25% svih učenika, dok je ostatak u RS-u.

Tabela 10. Pokazatelji za srednje škole

	Broj srednjih škola	Broj odjeljenja	Broj učenika	Prosječan broj učenika po odjeljenju	Prosječan broj odjeljenja po školi
FBIH	216	3.678	73.029	19,9	17,0
RS	79	1.744	37.206	21,3	22,1
UKUPNO	295	5.422	110.235	20,3	18,4

Izvor: Federalni zavod za statistiku FBiH, Republički zavod za statistiku RS^{204,205}

U svrhu procjene efekata ulaganja, izvršena je i procjena prosječnog broja učenika po jednom odjeljenju, te prosječan broj odjeljenja po jednoj školi. Podaci pokazuju da u prosjeku 20,3 učenika boravi u svakom odjeljenju, te da je prosječan broj odjeljenja po jednoj školi 18,4. Razdvojeno po entitetima, FBiH ima nešto veći prosječni broj i učenika i odjeljenja, tako da u prosjeku, u jednom odjeljenju boravi 19,2 učenika, za razliku od RS-a, gdje je taj broj 17,6, te FBiH ima 8,9 odjeljenja po školi, za razliku od RS-a, gdje je taj broj 7,3. Kombinovanjem navedenih podataka dolazimo do ukupnog investicijskog potencijala 2.023 škole, što je prikazano u Tabeli 11.

Tabela 11. Pokazatelji za osnovne škole

	Ukupni broj škola	Broj odjeljenja	Broj učenika	Prosječan broj učenika po odjeljenju	Prosječan broj odjeljenja po školi
FBIH	1.258	12.988	252.079	19,4	10,3
RS	765	6.754	125.537	18,6	8,8
UKUPNO	2.023	19.742	377.616	19,1	9,8

Izvor: Federalni zavod za statistiku FBiH, Republički zavod za statistiku RS

Kako bi ulaganje u unapređenje kvalitete unutrašnjeg zraka dalo optimalne rezultate, potrebno je izvršiti dvije vrste ulaganja:

- Ulaganja u energetska efikasnost škola
- Ulaganje u sistem ventilacija

Ulaganje u energetska efikasnost škola je ekonomski opravdano, jer rezultati provedenih istraživanja, vezano za makroekonomske efekte ulaganja u energetska efikasnost objekata u BiH, pokazuju da bi se ulaganjem u energetska efikasnost ostvarile uštede u troškovima energije na primjeru cjelokupnog stambenog fonda u iznosu od 61,16%, kao i u godišnjim uštedama u troškovima za energiju²⁰⁶. Kako bismo izvršili potencijal za ulaganje u energetska efikasnost škola u Bosni i Hercegovini, koristili smo podatke o broju škola u BiH, broju odjeljenja, te prosječnom broju učenika po odjeljenju i prosječnom broju odjeljenja u jednoj

školi. Za utvrđivanje prosječnog broja kvadrata po jednoj učionici, korišteni su podaci vezano za pedagoške standarde i normative za osnovnu i srednju školu Kantona Sarajevo^{207,208}. Prema podacima koji su navedeni za pedagoške standarde za osnovnu školu, navedeno je optimalna površina učeničkog prostora po jednom učeniku 2,5 m² ili 70 m² prostora učionice, dok je optimalna površina učeničkog prostora po jednom učeniku za srednje škole navedena 2 m² ili 56 m² prostora učionice.

Na osnovu navedenih podataka, pripremljene su Tabele 12. i 13. gdje su navedeni iznosi predviđeni za ulaganje u unapređenje energetske efikasnosti.

Tabela 12. Investicijski potencijal za energetske efikasnost osnovnih škola

	Broj osnovnih škola	Prosječan broj odjeljenja po školi	Prosječna površina učionice (m ²)	Cijena ulaganja u energetske efikasnost po m ² prostora (KM)	Investicija u unapređenje energetske efikasnosti (KM)
FBIH	1.042	8,9	70	140	91.238.000
RS	686	7,3	70	140	49.098.000
UKUPNO	1.728	8,3	70	140	140.336.000

Izvor: Federalni zavod za statistiku FBiH, Republički zavod za statistiku RS, Službene novine KS

U Tabeli 12. je izračunat investicijski potencijal za unapređenje energetske efikasnosti u osnovnim školama. Za unapređenje energetske efikasnosti u osnovnim školama, ukupno je potrebno 140.336.000 KM. Pretpostavka za ovaj nivo investicija jeste da svaka osnovna škola ima svoju vlastitu zgradu, da je prosječna površina učionice 70 m², da je cijena utopljanja jednog m² prostora okvirno 140 KM, te da se utople svih 1.728 osnovnih škola. Cijena po m² preračunata je na ovaj nivo kvadrature iz dokumenta „Vodič za povećanje energetske efikasnosti“²⁰⁹, gdje je navedeno više različitih mogućnosti unapređenja energetske efikasnosti. Treba napomenuti da ova cijena može biti veća što zavisi prvenstveno od nivoa željenih ili zahtjevanih ušteda energije odnosno energetske razreda, vrste i kvaliteta materijala i sistema za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora u sklopu tretiranog objekta koji se ugrađuju za unapređenje energetske efikasnosti. Bitno je naglasiti da su zahtjevi ušteda energije trenutnih intervencija energetske efikasnosti vezano za energetske razred niskoenergetskih objekata sa minimalnim uštedama te da će u budućnosti u skladu sa EU zahtjevima pred BiH biti zahtjevani mnogo veći zahtjevi za uštedama odnosno energetskim razredima koji zahtjevaju objekate skoro nultog nivoa energije potrebne za funkcionisanje (nearly Zero Energy Building nZEB). Jedno od ograničenja predstavlja limitirana dostupnost urađenih studija ili publikacija koji tretiraju ekonomske efekte ulaganja u energetske efikasnost, što bi pružilo priliku za bolju usporedbu u procjeni troškova ulaganja.

Tabela 13. Investicijski potencijal za energetske efikasnost srednjih škola

	Broj srednjih škola	Prosječan broj odjeljenja po školi	Prosječna površina učionice (m ²)	Cijena ulaganja u energetske efikasnost po m ² prostora (KM)	Investicija u unapređenje energetske efikasnosti (KM)
FBIH	216	17,0	56	140	28.835.520
RS	79	22,1	56	140	13.672.960
UKUPNO	295	18,4	56	140	42.508.480

Izvor: Federalni zavod za statistiku FBiH, Republički zavod za statistiku RS, Službene novine KS

U Tabeli 13. je prikazana analiza investicija za unapređenje energetske efikasnosti u srednjim školama. Ukupna investicija bi iznosila 42.508.480 KM, pod pretpostavkom da svaka srednja škola ima vlastitu zgradu, da je prosječna površina učionice 56 m², da je cijena utopljanja jednog m² prostora 140 KM, te da se utopli svih 295 srednjih škola. U konačnici, zbirna investicija za unapređenje energetske efikasnosti svih osnovnih i srednjih škola u BiH iznosi okvirno 182.844.480 KM.

Studija koja je rađena u Danskoj vezano za socio-ekonomske posljedice poboljšane kvalitete zraka u učionicama u osnovnim školama, ponudila je različita rješenja za ventilaciju u učionicama, njihovu primjenjivost i troškove ulaganja u slučaju njihove primjene. Tri rješenja su identificirana kao potencijalno primjenjiva u danskim školama: centralna mehanička ventilacija, hibridna (mješoviti način rada) ventilacija i automatski kontrolirana prirodna ventilacija (kada je osigurana unakrsna ventilacija).

Troškovi instaliranja svakog od ova tri rješenja u postojećim školama procijenjeni su za učionicu od 70 m² koja iznosi 13.000 EUR za centralnu mehaničku ventilaciju, 10.300 EUR za hibridnu ventilaciju u mješovitom načinu rada i 3.700 EUR za automatski kontroliranu prirodnu ventilaciju²¹⁰.

U Bosni i Hercegovini su dostupni decentralizirani sistem ventilacije, idealan za škole, vrtiće, zdravstvene ustanove i slične objekte, odnosno za objekte sa povremenom posjetom, jer je opremljen automatskom kontrolom kvaliteta zraka, koja će na osnovu trenutnih parametara vlažnosti i temperature zraka, te koncentracije CO₂ u prostoriji, sama optimizirati svoj režim rada kako bi dovela zrak u prostoriji na optimalne parametre kvaliteta. Na ovaj način se ostvaruje dodatna ušteda energije jer je povratak unutrašnje toplote preko 91%. Prema dostupnoj finansijskoj ponudi ovog sistema, cijena rekuperacije sa montažom, testiranjem, mjerenjem, obukom osoblja i dvogodišnjim održavanjem uz trajnu podršku iznosi 54,90 KM/m²²¹¹.

Primjenom navedenog obračuna urađene su Tabele 14. i 15. za osnovne i srednje škole u Bosni i Hercegovini.

Tabela 14. Ulaganje u unapređenje kvaliteta unutrašnjeg zraka osnovnih škola

	Ukupni broj škola	Prosječan broj odjeljenja po školi	Prosječna površina učionice (m ²)	Cijena rekuperacije po m ² prostora (KM)	Investicija za uvođenje rekuperacije u škole (KM)
FBIH	1.042	8,9	70	55	35.778.330
RS	686	7,3	70	55	19.253.430
UKUPNO	1.728	8,3	70	55	55.031.760

Izvor: Kreacija autora na osnovu podataka Federalni zavod za statistiku FBiH, Republički zavod za statistiku RS

U Tabeli 14. prikazani su podaci za osnovne škole u BiH vezano za investicije uvođenja sistema rekuperacije u škole, kako bi se unaprijedila kvaliteta unutrašnjeg zraka. Prema podacima iz Tabele 14. može se vidjeti da bi ukupna investicija, na osnovu procijenjenih troškova, iznosila 55,03 miliona KM. Za razliku od osnovnih škola, procjena investicije za srednje škole je nešto niža, zbog manjeg broja škola.

Prema podacima iz Tabele 15. može se vidjeti da bi ukupna investicija, na osnovu procijenjenih troškova, iznosila 16,67 miliona KM. Zbirna investicija za sve škole, iznosila bi 71,7 miliona KM.

Tabela 15. Ulaganje u unapređenje kvaliteta unutrašnjeg zraka srednjih škola

	Ukupni broj škola	Prosječan broj odjeljenja po školi	Prosječna površina učionice (m ²)	Cijena rekuperacije po m ² prostora (KM)	Investicija za uvođenje rekuperacije u škole (KM)
FBIH	216	17,0	56	55	11.307.643
RS	79	22,1	56	55	5.361.754
UKUPNO	295	18,4	56	55	16.669.397

Izvor: Kreacija autora na osnovu podataka Federalni zavod za statistiku FBiH, Republički zavod za statistiku RS

Zbirni troškovi ulaganja u unapređenje kvaliteta unutrašnjeg zraka i u energetska efikasnost, navedeni su u Tabeli 16. Ukupna investicija iznosi 254.545.637 KM. U Tabeli 16. je dodana nova vrijednost, koja se odnosi na godišnje ulaganje u periodu od deset godina.

Ako bi se kroz donesene strategije i akcione planove definirao desetogodišnji period za kompletno ulaganje za unapređenje kvaliteta unutrašnjeg zraka putem instalacije sistema za rekuperaciju, te unapređenja energetske efikasnosti, raspon godišnjeg ulaganja bi se kretao 7.170.116 KM ulaganja isključivo u sistem rekuperacije unutrašnjeg zraka, 18.284.448 KM za ulaganje samo u energetska efikasnost, te 25.454.564 KM za zbirnu investiciju u energetska efikasnost i unapređenje unutrašnjeg kvaliteta zraka.

Tabela 16. Ukupni troškovi ulaganja u unapređenje kvaliteta unutrašnjeg zraka

	Ukupni broj škola	Prosječan broj odjeljenja po školi	Investicija u unapređenje energetske efikasnosti (KM)	Investicija za uvođenje rekuperacije u škole (KM)	Ukupna investicija (KM)
FBIH	1.258	10,3	120.073.520	47.085.973	167.159.493
RS	765	8,8	62.770.960	24.615.184	87.386.144
UKUPNO	2.023	9,8	182.844.480	71.701.157	254.545.637
GODIŠNJE ULAGANJE			18.284.448	7.170.116	25.454.564

Izvor: Kreacija autora na osnovu podataka Federalni zavod za statistiku FBiH, Republički zavod za statistiku RS

Nekoliko je načina kako bi se navedena investicija mogla finansirati. Pored direktnih budžetskih izdvajanja, lokalni nivou mogu izvršiti emisiju municipalne obveznice, kojima bi se finansirali vaučeri, koji bi se podijelili školama.

Pored direktnih zdravstvenih koristi, ulaganjem u unapređenje kvaliteta unutrašnjeg zraka u školama i unapređenje energetske efikasnosti, postoje i indirektni efekti za ekonomiju i novo zapošljavanje. Studija koja je rađena u Hrvatskoj pokazala je da je na svakih uloženi milion EUR zaposleno direktno 29 radnika u sektoru građevinarstva vezano za energetska efikasnost. Prema istoj studiji iz Hrvatske, multiplikativni efekti zapošljavanja radnika u građevinarstvu iznose 2,53 na zapošljavanje u drugim sektorima²¹².

Tabela 17. Ekonomski efekti ulaganja u energetska efikasnost i unapređenje unutrašnjeg zraka škola u Bosni i Hercegovini

Građevinarstvo (F)	Zapošljavanje dodatnih radnika u građevinarstvu		
Iznos godišnjeg ulaganja (KM)	18.284.448	7.170.116	25.454.564
Broj novozaposlenih radnika u građevinarstvu	271	106	377
Broj novozaposlenih radnika u ostatku ekonomije	686	269	955
Ukupno novozaposlenih	957	375	1.332
BDP građevinskog sektora (mil. KM)	9,72	3,81	13,53
Rast BDP-a po osnovu građevinskog sektora	0,03%	0,01%	0,04%

Izvor: Kreacija autora na osnovu podataka Agencije za statistiku BiH

Primjenom navedenih rezultata iz studije na našu analizu i tri nivoa godišnjeg ulaganja, dolazimo do zaključka da bi direktni ekonomski efekti ulaganja u unapređenje kvaliteta unutrašnjeg zraka u školama i unapređenje energetske efikasnosti dovelo do zapošljavanja novih radnika u građevinskom sektoru i ostatku ekonomije u iznosu od 375 do 1.332 radnika na godišnjem nivou, što bi u konačnici dovelo do rasta BDP-a po osnovu građevinskog sektora od 0,01% do 0,4% na godišnjem nivou. Detalji su prikazani u Tabeli 17.

■ 4. Legislative, strategije i polja djelovanja u oblasti kvalitete unutrašnjeg zraka – komparacija EU i BiH

4.1. Pregled strateških ciljeva EU u oblasti kvalitete unutrašnjeg zraka - Green Deal

Klimatske promjene i degradacija okoliša egzistencijalna su prijetnja Europi i svijetu. Da bi savladala ove izazove, Europa je usvojila novu strategiju razvoja koja će Europsku uniju pretvoriti u ekonomski moderno i sa stanovišta efikasnosti korištenja resursa konkurentno društvo. Glavni strateški ciljevi su:

- Europa do 2050. bez neto emisija stakleničkih plinova
- ekonomski rast uz optimalno iskorištavanje resursa
- nijedna osoba i nijedno mjesto nije izostavljeno tretiranjem strategije

Europski zeleni dogovor je plan kako EU ekonomiju učiniti održivom. To je moguće učiniti pretvaranjem klimatskih i okolišnih izazova u mogućnosti, a tranziciju učiniti pravednom i inkluzivnom.

Prvo što se primjećuje u EU Zelenom dogovoru, za svako polje politika, je da je čist zrak jedan od važnih strateških ciljeva koji doprinosi glavnom cilju ovog strateškog dokumenta koji je usmjeren na obezbjeđenje kvalitetnog života svih građana EU.

Kako bi se zaštitili građani Europe i ekosistemi, EU Zeleni dogovor jasno formulira da će Komisija donijeti akcijski plan za osiguravanje nulte razine zagađenja radi sprječavanja onečišćenja zraka, vode i tla. Akcionim planom se planira preispitivanje standarda kvalitete zraka u skladu sa smjernicama Svjetske zdravstvene organizacije, te pružanje podrške lokalnim tijelima u osiguravanju čisteg zraka za građane, čime će se smanjiti zagađenja iz velikih industrijskih postrojenja.

Kada govorimo o hemijskim spojevima, u EU Strategiji zaštite od hemikalija jasno su zacrtani ciljevi zaštite građana od opasnih hemikalija u skladu sa ciljevima za održivost radi netoksičnog okoliša. Strategija je prepoznala mjere kroz razvoj više održivih alternativnih rješenja, bolje uvezanu zdravstvenu zaštitu sa sve većom globalnom konkurentnošću, te poboljšati pravila za procjenu sigurnosti.

Europski parlament je podržao niz amandmana na dokument izmjena i dopuna novih građevinskih propisa EU u kojima se jasno definiraju važnost kvalitete unutrašnjeg zraka u budućim standardima gradnje i renoviranja objekata. Ovim se po prvi put pitanje kvalitete unutrašnjeg zraka unosi u sve propise i standarde gradnje u EU. Dodatno tome, programi zelenog certificiranja objekata²¹³ već u svojim mjerama za certificiranje, provjeru kvalitete unutrašnjeg zraka uvode kao obaveznu mjeru pri zelenom certificiranju građevinskih objekata. Ova važna tema je reakcija na nedavna istraživanja, kao i upozorenja SZO, koliko zagađeni zrak izaziva smrtnih slučajeva i dodatno opterećuje budžete zdravstva.

4.2. Prateće EU legislative

Kvaliteta zraka u zatvorenim prostorima spada u ključna obilježja zgrada, ima značajan uticaj na zdravlje ljudi i sve žive organizme koji žive u takvim zgradama. Izloženost zagađujućim materijama unutrašnjeg zraka može negativno utjecati na ljude. Kao odgovor na to, Europska unija razvila je opsežno zakonodavstvo koje uspostavlja zdravstvene standarde i ciljeve za brojne zagađujuće tvari prisutne u zraku. Ti su standardi i ciljevi sažeti u Tabeli 18. Oni se primjenjuju u različitim vremenskim razdobljima jer se uočeni utjecaji na zdravlje povezani s različitim zagađujućim materijama javljaju tijekom različitih vremena izlaganja¹⁵⁰.

Direktiva 2008/50/EZ²¹⁴ uvela je dodatne ciljeve za $PM_{2,5}$ usmjerene na izloženost stanovništva finim česticama. Ti su ciljevi postavljeni na nacionalnoj razini i temelje se na pokazatelju prosječne izloženosti (AEI). To se određuje kao trogodišnja prosječna koncentracija $PM_{2,5}$ za odabrane stanice za praćenje u aglomeracijama i većim urbanim područjima, postavljena na pozadini urbanih područja kako bi se najbolje procijenila izloženost opšte populacije $PM_{2,5}$.

Kada govorimo o politikama EU, problematika loše kvalitete unutrašnjeg zraka odnosi se uglavnom na nedovoljnu ili neadekvatnu ventilaciju u objektima jer je kvaliteta vanjskog zraka uglavnom zadovoljavajuća u većini europskih gradova. U EU zagađenost zraka se ne veže kao kod nas u BiH za industriju, termoelektrane, ložišta ili automobile, nego uglavnom za onečišćenja prašinom koja je često povezana s građevinskim aktivnostima i rekonstrukcijom pojedinih urbanih područja. Pored loše ili neadekvatne ventilacije uzročnici zagađenosti unutrašnjeg zraka su i materijali koji se koriste za unutrašnje uređenje, boje ili lakovi za završnu obradu, oprema, te uticaj drugih karakteristika zraka i broja korisnika u prostoriji jedni na druge²¹⁵.

Mikroklima s toplotnom vlagom u zgradama aktivno utiče na subjektivnu percepciju ljudske udobnosti, stepena odmora i na produktivnost rada. Za procjenu toplotne udobnosti u zgradama koristi se standard BAS EN ISO 7730:2010 (Ergonomija toplotnog okruženja – Analitičko određivanje i tumačenje toplotne ugodnosti koristeći proračun PMV i PPD znakova i lokalnih toplotnih kriterija ugodnosti).

Toplotna udobnost utiče na osjećaj ljudi koji borave u zgradama; toplo vam je ili vam je hladno (čak i u slučajevima kada temperatura zraka odgovara predviđenim vrijednostima).

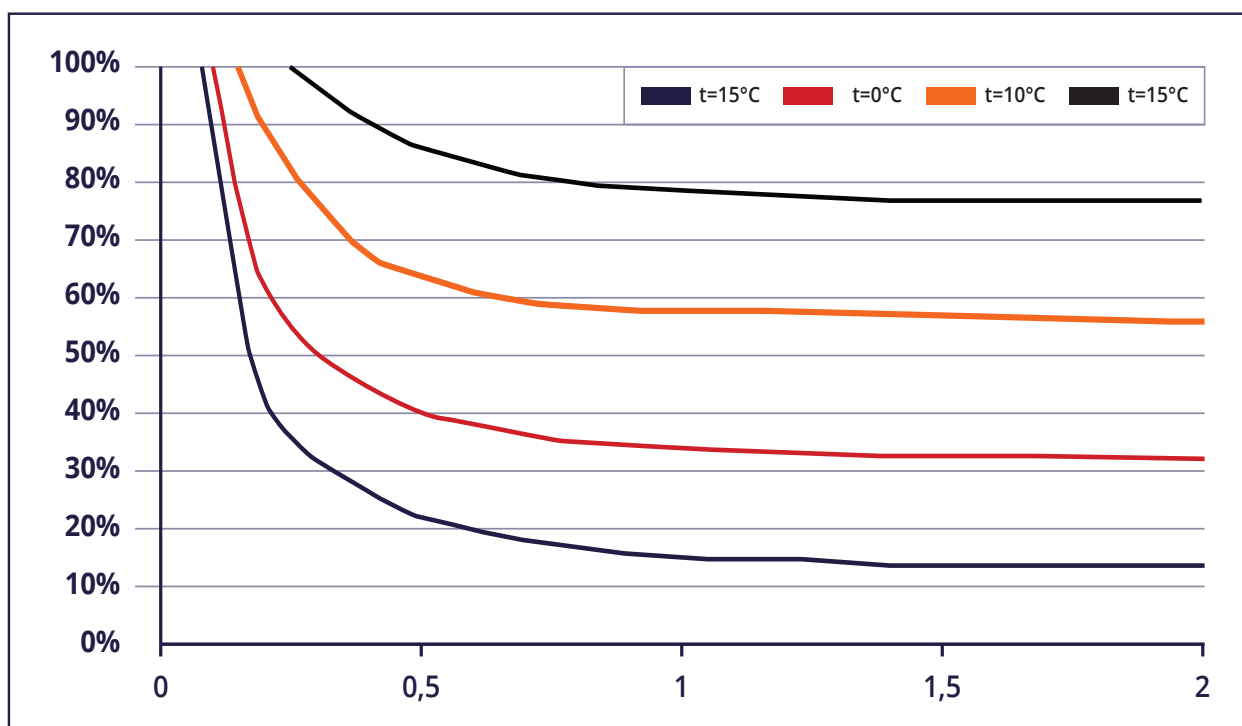
Pored temperature okoline, važna je i relativna vlažnost. U smislu zdrave okoline, vlažnost je idealna u rasponu od 40 do 60%. Vlažnost iznad 80% smatra se kritičnom u gradnji čvrstim konstrukcijama.

Tabela 18. Izvori vodene pare u dnevnim boravcima (izvori radne vlažnosti)¹⁵⁰

Izvori vlažnosti		Iznos oslobođene vodene pare
Ljudi	lakši rad	30–60 g/h
	srednje težak rad	120–200 g/h
	težak rad	200–300g/h
Kupanje	kupanje u kadi	oko 700 g/h
	tuširanje	oko 2600 g/h
Kuhinja	kuhanje	600–1500 g/h
	cjelodnevno	oko 100 g/h

Sušenje veša	cijeđenje	50–200 g/h
	natopljeno	100–500 g/h (ukupno do 1200 g/pranje)
Biljke	paprati	7–15 g/h
	srednje veliki fikusi	10–20 g/h
Slobodne vodene površine	akvariji	oko 40 g/m ² h

Razlika u temperaturi između unutrašnjeg i vanjskog okruženja vrlo je važna za vrijeme ventilacije. Najefikasnija ventilacija (u smislu smanjenja vlažnosti zraka u zatvorenom) je pod niskim vanjskim temperaturama. Dakle, zimi se unutarnja vlažnost zraka može efikasnije smanjiti pravilnom ventilacijom, bez obzira na vrijednost relativne vlažnosti unutarnjeg okruženja. Intenzitet ventilacije daje se brzinom razmjene zraka „n“. To pokazuje koliko se puta u satu zrak u zatvorenom zamijeni sa filtriranim i zagrijanim vanjskim zrakom (zrak iz vanjskog okruženja). Pod razmjenom zraka od $n=2 \text{ h}^{-1}$, zrak u zatvorenom će se zamijeniti vanjskim zrakom 2 puta u roku od sat vremena.



Grafikon 2. Relativna vlažnost zraka pri sobnoj temperaturi od 20°C, zapremini od 75 m³ i specifičnoj vlažnosti od 80%, ovisno o intenzitetu ventilacije n i temperaturi vanjskog zraka.

Odsustvo ili neadekvatnost ventilacije najčešći je uzrok negativnih biotičkih pojava unutar zgrada. U datom slučaju to su uglavnom povećana incidencija bakterija, plijesni i gljivica. Nakon toga, ovi mikroorganizmi negativno utiču na unutrašnje okruženje uglavnom proizvodnjom alergena, mikotoksina i isparljivih organskih supstanci. Te supstance mogu izazvati alergijske reakcije u živim organizmima i druge negativne manifestacije poput oštećenja sluznice, iritacije dišnih puteva, očiju, glavobolje, iritacije kože, a mogu imati i kancerogene ili estrogene efekte.

Granične vrijednosti za pojavu plijesni i drugih opasnih tvari date su lokalnim zakonodavstvom država članica u EU. Te uredba utvrđuje higijenske granice hemijskih, fizičkih i bioloških pokazatelja za zatvoreno okru-

ženje dnevnih soba u zgradama za odgoj i obrazovanje, univerzitetima, školama u prirodi, zgradama za oporavak, objektima za medicinsku i preventivnu njegu, zavodima za socijalnu skrb, smještajima, prodavnicama i zgradama u kojima se okuplja veći broj ljudi. U slučaju plijesni, ovom uredbom je utvrđena granica od 500 KTJ plijesni na 1 m³ zraka u većini država EU.

Sa zakonodavne tačke gledišta, većina zemalja članica bavi se problematikom ljudskog zdravlja i kvalitetom zatvorenog okruženja u zgradama u okviru svojih zakona.

Pored ovih propisa, unutrašnje okruženje zgrada podliježe zahtjevima Direktive Vijeća EC br. 89/106/EHS²¹⁴, kao što su mehanička otpornost i stabilnost, zaštita od požara, higijena, zaštita zdravlja, zdravi životni uslovi i životna sredina, sigurnost za život, ušteda energije i toplotna zaštita.

Zatim tu je i Direktiva o energetske svojstvima zgrada br. 2018/844/EU²¹⁴, koja je harmonizirana u svim zemljama članicama. Dodatno sve zemlje članice EU uskladile su zakone u pogledu zdrave okoline zgrada dizajniranih za rad, uskladile zahtjeve Zakona o radu, Zakon o osiguranju dodatnih uslova sigurnosti i zdravlja na radu. Ostali ključni zakoni, kao što su Zakon o hemikalijama, Zakon o upravljanju otpadom i Zakon o mirnoj upotrebi nuklearne energije i jonizirajućeg zračenja također su usklađeni na nivou EU.

Također, prema EU uredbi o koncentraciji ugljičnog dioksida CO₂ u dnevnim sobama isti ne smije prelaziti 1500 ppm²¹⁴.

Sve navedeno govori da je problem zagađenosti zraka važan u svim strategijama i zakonodavstvu EU te doživljava stalne izmjene i dopune u skladu sa rezultatima mjerenja i praćenja kako rasta zagađenosti tako i rasta oboljelih i smrtnih slučajeva uzrokovanih oboljenjima disajnih organa. Europska agencija za okoliš (<https://www.eea.europa.eu/>) bavi se pitanjima kvaliteta unutrašnjeg okoliša u EU, u sklopu Direktorata za zdravlje i sigurnost hrane Europske Komisije DG SANTE (https://ec.europa.eu/info/departments/health-and-food-safety_en). Korisne informacije na ovu temu mogu se pronaći i na web stranici Europske komisije (https://ec.europa.eu/health/home_en).

4.3. BiH legislative, strategije i polja djelovanja

Pristupanje Europskoj uniji (EU) je strateški prioritet Bosne i Hercegovine. U Bosni i Hercegovini je stupio na snagu Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju s Europskom unijom, te intenzivirao proces integriranja i preuzimanja potpune odgovornosti za taj proces. Integriranje Bosne i Hercegovine u Europsku uniju je veoma značajan proces koji zahtijeva korjenite promjene u društvu i ispunjavanje prioriteta europskog partnerstva. Stupanjem na snagu Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju Bosna i Hercegovina se obavezala pratiti pravnu stečevinu (acquis) Europske unije i prilagođavati postojeće nacionalne zakone i regulative važećim zakonima Europske unije.

Potpisivanjem Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju (SSP) između Europske unije i država članica sa jedne strane i Bosne i Hercegovine sa druge strane, 26. juna 2008. godine u Luksemburgu, BiH se obavezala da uskladi svoje propise sa pravnom stečevinom EU i uspostavi institucionalni okvir za provođenje zakona usklađenih sa zahtjevima EU. SSP je stupio na snagu 01.06.2015. godine.

BiH je usvojila Strategiju usklađivanja propisa Bosne i Hercegovine sa pravnom stečevinom Europske unije u oblasti zaštite okoliša (EAS-BiH) (Službeni glasnik BiH, broj 91/18)²¹⁶. Osnovni cilj EAS-BiH je strateško planiranje procesa usklađivanja, koje će stvoriti uslove za unapređenje zaštite okoliša i podržati održivi razvoj. Gledano sa tehničkog aspekta, EAS također pruža pouzdan osnovni okvir za razvoj i usvajanje

strateških dokumenata u entitetima (FBiH, RS) i BD, s ciljem potpunog preuzimanja pravne stečevine EU u oblasti zaštite okoliša u njihove političke sisteme.

Potpisivanjem Ugovora o uspostavi Energetske zajednice BiH se, između ostalog, obavezala na preuzimanje dijelova *acquis-a* EU (pravne stečevine EU), odnosno na transpoziciju i provedbu odgovarajućih direktiva i uredbi EU u oblasti energije i emisija u zrak. Prilikom definiranja *acquis-a*, Ministarsko vijeće Energetske zajednice vrši određena prilagođavanja propisa EU institucionalnom okviru Energetske zajednice, vodeći računa i o vremenskim ograničenjima u regiji. *Acquis* Energetske zajednice prati razvoj pravnog okvira EU i obuhvata njevu ključnu energetska legislativu u područjima električne energije, prirodnog gasa, sigurnosti snabdijevanja, zaštite okoliša, konkurencije, obnovljivih izvora, energetske efikasnosti, nafte, statistike i infrastrukture.

Od 2002. godine, napreci postignuti u razvijanju kapaciteta BiH za provođenje standarda, odnosno postepeno usklađivanje njenog zakonodavstva i politika pravnoj stečevini EU (uključujući i oblast zaštite okoliša) u skladu sa prioritetima postavljenim u SSP-u se ocjenjuju svake godine u Izvještaju o napretku koji priprema Europska komisija. Europska komisija prati i vrši ocjenu stepena transpozicije i napretka u provedbi pravne stečevine EU u oblasti okoliša u zemljama zapadnog Balkana i Turskoj, kroz implementaciju regionalnih projekata (RENA, ECRAN). Posljednji dostupni izvještaj pokriva period do 2016. godine.

Obzirom na administrativno ustrojstvo BiH, Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa (MVTEO BiH) ima koordinacijsku i harmonizacijsku ulogu u procesu usklađivanja propisa u BiH sa pravnom stečevinom EU u oblasti zaštite okoliša/životne sredine, dok je nadležnost entiteta i BD BiH da kroz entitetske propise transponiraju i implementiraju odredbe EU Direktiva.

MVTEO BiH je nadležno za obavljanje poslova i zadataka na državnom nivou koji se odnose na definiranje politike, osnovnih principa, koordiniranje djelatnosti i usklađivanje planova entitetskih tijela vlasti i institucija na međunarodnom planu, između ostalih i u području zaštite okoline u skladu sa članom 9. Zakona o ministarstvima i drugim organima uprave Bosne i Hercegovine („Službeni glasnik BiH“ br.: 5/3, 42/3, 26/4,42/4, 45/06, 88/07, 35/09, 59/09 i 103/09)²¹⁶.

MVTEO BiH je nadležno za obavljanje poslova i zadataka na državnom nivou koji se odnose na definiranje politike, osnovnih principa, koordiniranje djelatnosti i usklađivanje planova entitetskih tijela vlasti i institucija na međunarodnom planu također u područjima poljoprivrede, energetike, razvoja i korištenja prirodnih resursa, te turizma.

MVTEO BiH koordinira i harmonizira implementaciju međunarodnih sporazuma i obaveza na državnom nivou u oblasti okoliša. Ovo ministarstvo je i nacionalna fokalna tačka za Štokholmsku konvenciju o postojanim organskim polutantima (POPs), Minamata konvenciju o živi, Bečku konvenciju i Montrealski protokol o supstancama koje oštećuju ozonski omotač.

MVTEO BiH je fokalna tačka za GEF - Global Environment Facility (Globalna okolinska pomoć).

U okviru MVTEO BiH funkcioniraju sljedeća tijela koja imaju nadležnosti u oblasti upravljanja hemikalijama: Ozonska jedinica BiH (fokalna tačka za Bečku konvenciju i Montrealski protokol) i Uprava BiH za zaštitu zdravlja bilja (fokalna tačka za Roterdamsku konvenciju).

Ozonska jedinica BiH je administrativno tijelo u sklopu MVTEO BiH koje: (1) vrši kontrolu i izdaje dozvole za uvoz kontroliranih supstanci iz grupe supstanci koje oštećuju ozonski omotač (SOOO), (2) izdaje odluke o dozvolama za uvoz/izvoz SOOO i dodjelu godišnjih kvota i kontingenata za uvoz spomenutih hemikalija na

temelju suglasnosti entitetskih institucija, (3) vrši pregled i analizu prikupljenih podataka i utvrđivanje stanja ispunjavanja obveza za postupno ukidanje definirano u Nacionalnom planu postupnog isključivanja SOOO, (4) vrši izvještavanje domaćih i međunarodnih institucija o potrošnju SOOO. Ozonska jedinica BiH operativno djeluje putem svojih odjela u entitetskim ministarstvima za zaštitu životne sredine/okoliša.

Uprava BiH za zaštitu zdravlja bilja je administrativno tijelo u sklopu MVTEO BiH odgovorno za zaštitu zdravlja bilja, proizvodnju i promet sjemena i sadnog materijala, zaštitu novih sorti, promet i upotrebu fitofarmaceutskih sredstava i mineralnih đubriva. U oblasti zaštite bilja, uprava je centralno odgovorno tijelo u BiH za saradnju i razmjenu informacija s međunarodnim zvaničnim tijelima. Među ovlaštenjima Uprave nalaze se i kreiranje politike iz oblasti zdravlja bilja, pripremanje zakonskih propisa i vršenje drugih upravnih poslova iz oblasti zdravlja bilja i brige za njihovo provođenje, redovno praćenje štetnih organizama u saradnji s nadležnim organima entiteta i BD BiH. Uprava je imenovana i kao tijelo na nivou države za koordinaciju sprovođenja Roterdamske konvencije u Bosni i Hercegovini.

Vijeće ministara BiH je potpisnik određenog broja međunarodnih sporazuma i konvencija u predmetnim oblastima i u potpunosti je odgovoran za ispunjavanje uslova koji su propisani u ovim sporazumima. Institucionalni i okvir politike za upravljanje kvalitetom zraka u BiH se karakterišu postojanjem različitih zakonskih i planskih instrumenta po nivoima nadležnosti.

Od legislative na nivou BiH koje se tiču predmetnih oblasti postoje sljedeće odluke Vijeća ministara: Odluka o kvalitetu tečnih naftnih goriva ("Službeni glasnik BiH", br. 27/02, 28/04, 16/05, 14/06, 22/07, 101/08, 71/09, 58/10 i 73/10)²¹⁶ i

Odluka o uslovima i načinu provođenja Montrealskog protokola i postepenog isključivanja iz upotrebe supstanci koje oštećuju ozonski omotač ("Službeni glasnik BiH", br. 36/07 i 67/15)²¹⁶.

Bosna i Hercegovina je ratificirala Bečku konvenciju o zaštiti ozonskog omotača po osnovi preuzimanja-sukcesije međunarodnih obaveza SFRJ ("Sl. list SFRJ MU" br. 16/90 i „Sl. list RBiH" br. 13/94) i Montrealski protokol o supstancama koje oštećuju ozonski omotač sukcesijom ("Sl. list SFRJ MU" br. 16/90, Sl. list RBiH br. 13/94). Amandmani na Montrealski protokol, usvojeni u Londonu (1990), Kopenhagen (1992), Montrealu (1997) koje je Bosna i Hercegovina ratificirala 2003. godine ("Službeni glasnik BiH", Međunarodni ugovori, br. 8/03) i Pekinški 2011 ("Službeni glasnik BiH", Međunarodni ugovori, br. 06/11)²¹⁶.

Kada su u pitanju grupe supstanci koje oštećuju ozonski omotač, postepeno ukidanje potrošnje HCFC spojeva odvija se u dvije faze 2012–2020 i 2021–2031. Vijeće Ministara je usvojilo HPMP (**H**CF**C** **P**hase-out **M**anagement **P**lan)- Plan postepenog isključivanja iz upotrebe HCFC supstanci kao strateški dokument na 67. sjednici Vijeća ministara održanoj 2013. godine.

Bosna i Hercegovina se obavezala kao polazište kontinuirane redukcije ukupne potrošnje HCFC-22 (HCFC, hidrohlorofluorouglijci) uzeti kao baznu vrijednost 4,7 t potencijala oštećenja ozona²¹⁷ (eng. ODP, Ozone depleting substances), što je ekvivalentno 85,5 t hemikalije, te potrošnja HCFC-141b (miješani polioli) od 3,47 t ODP jedinica, što je ekvivalentno sa 31,55 t. U prvoj fazi se do 2020 godine trebalo izvijestiti smanjenje spomenutih grupa hemikalija za 75%. U drugoj fazi je u početku planirano potpuno ukidanje potrošnje ovih hemikalija do 2035. godine, međutim na osnovu veoma uspješne realizacije faze I, ciljna godina potpunog ukidanja korištenja HCFC je 2026. godina. Odlukom o izmjenama i dopunama odluke o uslovima i načinu provođenja Montrealskog protokola i postepenog isključivanja iz upotrebe supstanci koje oštećuju ozonski omotač u Bosni i Hercegovini (Službeni glasnik BiH, br 67/15) zabranjen je uvoz spomenutih hemikalija, međutim zbog izražene potražnje u smislu servisiranja postojeće opreme, razmatra se mogućnost uvoza do 24 t godišnje, koji će trajati do 2026 godine.

Prema posljednjem izvještaju o potrošnji HCFC spojeva u BiH (MVTEO- Ozonska jedinica BiH 2020), postepeno smanjivanje potrošnje je rezultiralo sa potrošnjom HCFC-22 u iznosu 1,488 t ODP jedinica tokom 2019. godine, što je značajno ispod dozvoljene kvote koja je iznosila 4,2 t ODP za tu godinu. S druge strane, uvoz HCFC-141b supstance se nije dogodio od 2014. godine, jer je potpuno zabranjen za upotrebu. Sve navedeno upućuje na dobro ispunjavanje plana redukcije HCFC jedinjenja, koje bi trebalo da rezultira sa potpunim ukidanjem do 2026. godine.

Kigali amandmanom Montrealskog protokola se od zemalja članica EU zahtjeva postepeno smanjenje potrošnje HFC (HFC, Hidrofluorouglicji) hemikalija. Prema predloženom programu Kigali amandmana zemlje potpisnice Montrealskog treba da do 2030. godine izvrše 10% smanjenje potrošnje HFC spojeva u odnosu na vrijednost ustanovljenu tokom 2024. godine, koja je predložena kao bazna godina. Ozonska jedinica BiH je u postupku usvajanja plana smanjenje potrošnje HFC hemikalija, prema zahtjevima Kigali amandmana.

Prema Montrealskom protokolu BiH je obavezna usvojiti Plan postupnog smanjenja korištenja HFC u BiH koji uključuje sljedeće komponente: izradu inventara rashladnih i klima uređaja, jačanje kapaciteta okolišne administracije, carine i servisera rashladne i klima opreme, identifikaciju potencijalnih investicijskih projekata (i privrednih subjekata koji svom proizvodnom procesu koriste supstance koje su predmet smanjenja) u svrhu transfera tehnologija.

Važno je napomenuti da su supstance HCFC, HFC i njihove mješavine ujedno i supstance sa visokim GWP-potencijalom globalnog zagrijavanja, te da čine oko 18% stakleničkih gasova.

Prvi inventar prisustva hemikalija u BiH koje su obuhvaćene Štokholmskom konvencijom izvršen je i objavljen u okviru dokumenta Nacionalni plan implementacije Štokholmske konvencije u Bosni i Hercegovini (MVTEO BiH 2015. godine).

Preliminarni inventar nenamjerne proizvodnje i ispuštanja hemikalija sadržanih u Aneksu C Štokholmske konvencije ustanovio je da je najznačajniji put ispuštanja PCDD/PCDF u okoliš ispuštanje u ostatak/otpad (55,23 %), zatim slijede emisije u zrak (43,69 %). Najviše nenamjerno proizvedenih POPs u otpadu se stvara u proizvodnji željeza i obojenih metala (65,45 %). Emisija nenamjerno proizvedenih POPs u zrak najviše se stvara u proizvodnji energije i toplote (65,24 %).

Prvi inventar žive i identifikacija izvora i emisija izvršena je u periodu 2013-2015. godine u sklopu projekta „Jačanje procesa donošenja odluke Bosne i Hercegovine u pravcu pristupanja Minamatskoj konvenciji i izgradnje kapaciteta za provedbu budućih odredbi (MIA)“. Rezultati inventara su sadržani u okviru Izvještaja o preliminarnoj procjeni spremnosti BiH za pristupanje Minamatskoj konvenciji, koji je izrađen 2018. godine, međutim nikada nije dobio saglasnost radne grupe, zbog neusaglašenosti u vezi sa implementacijskim planom. Preliminarnim inventarom ustanovljeno je prisustvo žive u BiH (kg Hg/god) u iznosu od 1.846 kg za 2015. godinu, u različitim oblicima (emisija u zrak, opći otpad, ispust u vode, specifični industrijski otpad, zagađenje tla).

Prema Trećem nacionalnom i Drugom dvogodišnjem izvještaju o emisiji stakleničkih plinova Bosne i Hercegovine, najznačajniji izvor CO₂ je energetska sektor, koji pridonosi 53% cjelokupnim emisijama CO₂, slijedi poljoprivreda (14%), industrijski procesi (6%) i otpad (5%).

Pariški sporazum je klimatski sporazum potpisan na 21. zasjedanju Konferencije stranaka (COP 21) Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC) u Parizu 12. decembra 2015. godine, a stupio je na snagu u EU 4. oktobra 2016. godine nakon ratifikacije Evropske unije.

Glavni cilj Sporazuma je ograničavanje globalnog zatopljenja na temperature „znatno ispod“ 2°C, osiguravanje snabdijevanja hranom, ali i ojačavanje kapaciteta država da se bore s posljedicama klimatskih promjena, razvoj novih „zelenih“ tehnologija i pomaganje slabijim, ekonomski manje razvijenim članicama u ostvarenju njihovih nacionalnih planova o smanjenju emisija.

Predsjedništvo Bosne i Hercegovine, na svojoj 32. redovnoj sjednici, održanoj 20. decembra 2016. godine, donijelo je Odluku o ratifikaciji Pariškog sporazuma. Države EU su se ovim Ugovorom obavezale da će do 2030. smanjiti emisije stakleničkih gasova za najmanje 40% u odnosu na 1990. godinu. Odluka Predsjedništva BiH o ratifikaciji je objavljena u Službenom glasniku BiH – Međunarodni ugovori, broj 1, od 9. februara 2017.

BiH je potpisnica brojnih konvencija, jedna od koje trebaju biti od interesa u trenutnoj situaciji Covid-19 pandemije, kao i borbe za kvalitetniji čisti zrak, vodu i zemlju je Europska konvencija o pejzažu. Otvoreni zeleni prostori predstavljaju potencijal za pročišćavanje vanjskog ali i unutrašnjeg zraka. Inicijativa Zelenih gradova je također još jedna prilika za strateški pristup. Gradovi Banja Luka, Zenica i Sarajevo trenutno su usvojili ili su u procesu usvajanja Zelenih akcionih planova.

Europska komisija je objavila radni dokument “Vodič za implementaciju EU Zelene agende za zemlje zapadnog Balkana” koji detaljnije opisuje akcije povezane sa Zelenom agendom za zapadni Balkan. Ovaj dokument sadrži komunikacijski, ekonomski i investicijski plan za zapadni Balkan koji je usvojila Europska komisija 6. oktobra 2020. godine. Sve zemlje zapadnog Balkana su 10. novembra 2020. godine u Sofiji potpisale ovaj dokument te se obavezale na ispunjavanje definiranih mjera. Jedan od stubova za implementaciju je “Borba protiv zagađenja zraka, vode i tla”. EU je za ove namjene rezervirala 9 milijardi EUR do 2024. godine, a 20 milijardi EUR do 2030. godine za zemlje zapadnog Balkana.

BiH je, kao doprinos ispunjavanju Pariškog sporazuma, usvojila dokument “Planirani nacionalno utvrđeni doprinos (INDC)”. Dokument se bazira na već postojećim usvojenim strateškim dokumentima, kao što su Drugi nacionalni izvještaj o klimatskim promjenama prema UNFCCC-u i Prvi dvogodišnji izvještaj o emisijama stakleničkih plinova u skladu s UNFCCC-om.

U toku je izrada novog Nacionalnog plana prilagođavanja na klimatske promjene (eng. National Adaptation Plan, NAP) za srednjoročno planiranje ulaganja u sektore osjetljive na klimatske promjene u Bosni i Hercegovini. BiH će usvajanjem i implementacijom ovog plana obezbijediti postizanje ciljeva navedenih u Pariškom sporazumu i Agendi za održivi razvoj do 2030. godine. Plan prilagođavanja na klimatske promjene Bosne i Hercegovine će se nadovezati na Strategiju prilagođavanja na klimatske promjene i niskoemisionog razvoja iz 2013. godine.

U toku je također izrada državne Strategije za zaštitu okoliša, a paralelno se rade i entitetske Strategije zaštite okoliša za 2020–2030. godinu.

Nadležnost za pitanja zaštite okoliša u BiH je podijeljena između entiteta i kantona u Federaciji BiH. Državni nivo nadležan je samo za praćenje implementacije međunarodnih sporazuma i izvještavanje o njihovoj realizaciji. U Federaciji BiH, nadležnost za velike zagađivače, koji su definirani podzakonskim aktima, je na entitetskom nivou, dok je za manje zagađivače nadležan kantonalni nivo. Nadležnosti lokalnih zajednica su ograničene i svode se uglavnom na komunalne djelatnosti i inspekcijski nadzor. Nedostaje koordinacije između tih nivoa vlasti, što se često koristi kao izgovor za nedjelovanje. U isto vrijeme situacija u Bosni i Hercegovini je alarmantna kad je riječ o zagađenosti vanjskog zraka. Rađen je veliki broj studija i akcionih planova koji su se bavili ovim problemom na različitim nivoima vlasti, ali strateškog pristupa na državnom nivou koji bi bio usklađen sa EU direktivama i standardima nije bilo, uz izgovor da su za to nadležni entiteti. Djelimično

su unaprijeđeni sistemi za mjerenje kvalitete vanjskog zraka, ali ponovo bez strateškog pristupa prikupljanja podataka koji bi mogli poslužiti za planiranje aktivnosti koje bi popravile kvalitetu zraka. Može se primijetiti i da se najviše govori i radi na problemima zagađenosti vanjskog zraka, a skoro nikako se ne govori niti se nešto poduzima vezano za zagađenost unutrašnjeg zraka.

BiH je opredijeljena na putu EU, te je svojim potpisivanjem ugovora o Stabilizaciji i pridruživanju EU, zatim potpisivanjem konvencije Pariškog dogovora kao i Vodiča za implementaciju EU Zelene agende za zemlje zapadnog Balkana još jednom potvrdila da će učiniti sve napore da ispuni obaveze na putu EU integracija. Trenutni rad na spomenutim strateškim dokumentima prilika su da se odrede jasni strateški ciljevi kada se govori o kvaliteti zraka. Ovo je i prilika za sve zainteresirane strane da zajednički nametnu i temu kvalitete unutrašnjeg zraka kao strateške teme koja obezbjeđuje kvalitetniji i zdraviji život građana BiH.

Federacija BiH – Monitoring kvaliteta zraka u Federaciji Bosne i Hercegovine je u nadležnosti Federalnog hidrometeorološkog zavoda i nadležnih organa kantona i jedinica lokalne samouprave koji treba da osiguraju lokacije za mjerne stanice za fiksna mjerenja u federalnoj i lokalnim mrežama za monitoring kvalitete zraka; kontinuirana i povremena uzorkovanja zagađujućih materija na fiksnim lokacijama; povremena mjerenja i uzorkovanja zagađujućih materija koja nisu obuhvaćena mrežom monitoringa kvalitete zraka; prijenos, obradu, provjeru validnosti i analizu dobivenih rezultata; provjeru kvalitete mjernih postupaka i održavanje mjernih mjesta, instrumenata i prateće opreme u cilju osiguranja zahtjeva kvalitete podataka.

Zakonski okvir u Federaciji BiH iz oblasti monitoringa kvaliteta zraka²¹⁸:

- Zakon o zaštiti zraka („Službene novine FBiH“ broj 33/03; 04/10) sa pravilnicima;
- Zakon o zaštiti okoliša („Službene novine FBiH“ broj 33/03; 38/09);
- Zakon o zaštiti na radu (“Službene novine FBiH“ broj 79/20); dio drugi – opći zahtjevi za sigurne i zdrave uvjete rada, Član 9. (Opća pravila i mjere zaštite na radu) (4) Opća pravila i mjere zaštite na radu gdje između ostalih stoje zahtjevi: osiguranje propisane temperature i vlažnosti zraka i ograničenja brzine strujanja zraka. U istom zakonu Član 35. Obaveze radnika za zaštitu na radu a pod (h) praćenje i organiziranje periodičnih pregleda hemijskih, fizičkih i bioloških štetnosti i mikroklime u radnoj okolini,
- Pravilnik o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka („Službene novine FBiH“ 01/12);
- Pravilnik o izmjenama i dopuni Pravilnika o monitoringu kvaliteta zraka („Službene novine FBiH“ 09/16).

Po članu 7. Pravilnika o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka kvalitetu zraka se prati mjerenjem koncentracija za sumpor dioksid, azotne okside, lebdeće čestice PM10 i PM2.5, olovo, benzen, ugljični monoksid, arsen, kadmij, živu, nikal, benzo-a-piren, instrumentima za automatsko mjerenje ili analizom uzoraka.

Postojeći uslovi u Federaciji Bosne i Hercegovine ne omogućavaju redovan monitoring svih navedenih parametara, a pojedini parametri se uopšte ne mjere.

Zakonom propisana metodologija vršenja monitoringa koncentracija pojedinih zagađujućih materija u vanjskom zraku (one materije čiji se monitoring vrši) je u skladu sa metodologijom propisanom u zemljama Europske unije:

- Referentna metoda za analizu azotnog dioksida i oksida azota u ambijentalnom zraku je kemiluminiscencija (CLD), princip mjerenja: modulacioni tip unakrsnog toka uz reducirani pritisak (prema standardu BAS EN 14211:2013).

ske”, broj: 71/12 i 79/15) Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srpske i Republički hidrometeorološki zavod Republike Srpske objavljuju godišnji izvještaj o registru postrojenja i zagađivača u RS. Pored domaćeg zakonodavstva uspostavljanje i vođenje Registra je definirano i međunarodnim propisima²²⁰.

U Republici Srpskoj također je usvojen Pravilnik o preventivnim mjerama za siguran i zdrav rad pri izlaganju hemijskim materijalima (Službeni glasnik Republike Srpske, broj 4/20) u kojem pored velikog broja hemijskih materija nisu prepoznati ugljen monoksid CO i ugljen dioksid CO₂ kao hemijski zagađivači²²¹.

Ministarstvo prosvjete i kulture Republike Srpske je na osnovu člana 20. stav 2. Zakona o predškolskom vaspitanju i obrazovanju (“Službeni glasnik Republike Srpske”, br. 79/15) i člana 76. stav 2. Zakona o Republičkoj upravi (“Službeni glasnik Republike Srpske”, br. 115/18), 16. jula 2019. godine donijelo Pravilnik o standardima i normativima za predškolsko vaspitanje i obrazovanje. Njime se u članu 20. prepoznaje potreba za svakodnevnim mjerenjima parametara mikroklimе kao što su temperatura, strujanje i vlažnost zraka. Također se preporučuje provjetravanje prostorija tri puta u toku časa. U članu 26. Pravilnika definirano je ispitivanje mikroklimе i bioloških i hemijskih štetnosti na način da ispitivanja provodi javna ustanova sa dozvolom za obavljanje ispitivanja uslova radne okoline, odnosno hemijske, biološke i fizičke štetnosti u mikroklimi. Ispitivanje se provodi najmanje jednom u tri godine, kako slijedi: jednom zimi kada je temperatura zraka niža od 5°C i jednom ljeti u razdoblju kada je temperatura zraka viša od 15°C. Vanredna ispitivanja se također rade u uslovima kada su primijećena odstupanja, a tako dobiveni se izvještaji koriste kod ispunjavanja uslova za osnivanje ili nastavak rada ustanove.

Ovim Pravilnikom o standardima i normativima za predškolsko vaspitanje i obrazovanje u Republici Srpskoj je prepoznata većina zagađujućih materija koji se trebaju kontrolirati u unutrašnjim prostorijama obrazovnih institucija sa preporukom da se usklade da važećim standardima EU i SZO.

Kada govorimo o kantonima, gradovima i opštinama, odnos prema pitanju zagađenja zraka je različito organiziran kao i usvojeni propisi i procedure.

Kanton Sarajevo – Monitoring kvaliteta zraka u Kantonu Sarajevo

Zakonska regulativa koja se odnosi na monitoring kvaliteta zraka obuhvata federalne zakone te kantonalne propise i planove, kako slijedi²²²:

1. Zakon o zaštiti zraka (Službene novine FBiH broj 33/03)
2. Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o zaštiti zraka (Službene novine FBiH broj br. 04/10’).
3. Plan interventnih mjera u slučajevima prekomjerne zagađenosti zraka u Kantonu Sarajevo i Izmjene i dopune Plana interventnih mjera u slučajevima prekomjerne zagađenosti u Kantonu Sarajevo (Službene novine Kantona Sarajevo, 4/17; 53/18)
4. Odluka o donošenju Akcionog plana za smanjenje emisije čestičnih tvari u zraku na području Kantona Sarajevo (Službene novine Kantona Sarajevo 16/13)
5. Odluka o zaštiti i poboljšanju kvaliteta zraka u Kantonu Sarajevo (Službene novine Kantona Sarajevo 23/16)
6. Kantonalni plan zaštite okoliša Kantona Sarajevo za period 2017–2022.

Zavod za javno zdravstvo Kantona Sarajevo je zadužen da prati, analizira i ocjenjuje uticaj okoline i hrane na zdravstveno stanje stanovništva na području kantona, te predlaže mjere za unapređenje stanja u toj oblasti. Zavod za javno zdravstvo KS na svojoj web stranici svakodnevno obavještava građane o stanju kvalitete zraka²²³. U cilju zaštite zdravlja stanovništva Zavod na svojoj web stranici <https://www.zzjzks.ba/> također objavljuje saopštenja i informacije o mjerama predostrožnosti u cilju zaštite zdravlja ljudi, naročito ugroženih populacija itd.

Na žalost, u Kantonu Sarajevo se ne mjere vrijednosti CO₂. Također, kada se govori o praćenju kvalitete unutrašnjeg zraka u Kantonu Sarajevo nema jasnih stavova niti vizije. U toku je usvajanje Zelenog akcionog plana Kantona Sarajevo, izrada Strategije razvoja Kantona Sarajevo 2021–2027, a Ministarstvo prostornog uređenja i zaštite okoliša Kantona Sarajevo²²⁴, u saradnji sa UNDP-om je započelo izradu "Strategije ograničenja korištenja uglja i ostalih čvrstih goriva u Kantonu Sarajevo u periodu 2021–2031. godine, a što predstavlja izvanrednu priliku da se ova tema prepozna, kako u predmetnim strategijama tako i u budućim akcionim planovima.

Slična je situacija i u drugim kantonima u FBiH. U Zeničko-dobojskom kantonu je uslijed nedostatka kapaciteta nadležnog kantonalnog Ministarstva prostornog uređenja, prometa, komunikacija i zaštite okoline dio nadležnosti za zaštitu okoliša 2013. godine Zakonom prenesen na institut "Kemal Kapetanović" u sastavu Univerziteta u Zenici. Na institutu je uspostavljen Centar za okoliš, ali još uvijek ne vrši punu funkciju, jer su potrebne organizacijske i kadrovske promjene kako bi taj centar ispunjavao sve uloge koje su mu povjerene zakonom.

Na teritoriji cijele BiH, uz pomoć nevladinog sektora, dizajnirana je javna aplikacija „Kvaliteta zraka u BiH“ koja prati nivoe zagađenosti vanjskog zraka preko svih zvaničnih i nezvaničnih mjernih stanica te time obezbjeđuje informacije o zagađenju koje su dostupne svim građanima BiH. Projekat "IMPAQ – Poboljšanje kvalitete zraka i upravljanja kvalitetom zraka u BiH" je trogodišnji projekat kojeg je 2019. godine pokrenula i koordinira Švedska agencija za zaštitu okoliša (*engl.* Swedish Environmental Protection Agency, SEPA) uz finansijsku podršku Ambasade Švedske. Projekat se realizira u saradnji sa Švedskom hidrometeorološkom službom (SHMI – Swedish Meteorological and Hydrological Institute), a uključene su i sve relevantne institucije iz Bosne i Hercegovine, te Federalni hidrometeorološki zavod i Republički hidrometeorološki zavod Republike Srpske. U okviru projekta kreirana je web stranica <https://zrakubih.ba/> i mobilna aplikacija "Zrak u BiH" za Android i iPhone. Ta web stranica i mobilna aplikacija izvještavaju o kvaliteti zraka uz pomoć indeksa kvaliteta zraka (IKZ), indeksa koji je kreiran da komunicira je li kvaliteta zraka zdrava ili nezdrava, pa u skladu s tim čovjek može poduzeti određene korake da zaštiti svoje zdravlje. Na toj web stranici se mogu pronaći i informacije o uticaju zagađenog zraka na zdravlje čovjeka, kako se ponašati kada je zrak nezdrav, te kako čovjek kao pojedinac može pomoći da se poboljša kvaliteta zraka. Iskreno se nadamo da će se sa mjerenjima kvaliteta unutrašnjeg zraka pojaviti inicijativa za uspostavljanje sistema stalnih mjernih stanica te podizanje platforme koja će davati informacije o kvaliteti zraka u zatvorenim prostorijama, po uzoru na već uspostavljene platforme koje obezbjeđuju informacije o zagađenosti vanjskog zraka, te tako omogućiti da se podigne svijest o važnosti ovog problema i u našoj državi.

Iz svega navedenog se vidi da je neophodno da se u BiH uspostavi jedinstven sistem za upravljanje kvalitetom zraka, zakonodavstvo uskladi sa EU zakonima, sveobuhvatno uvežu svi strateški planovi sa međunarodnim konvencijama koje je potpisala BiH, obezbijedi jasna komunikacija i koordinacija politika na svim nivoima vlasti, obezbijedi održivo i stabilno finansiranje, umreže sve zainteresirane strane, zdravlje prepozna kao jedno od najvažnijih prioriteta, obezbijedi zdravija okolina za život te iskoristi prilika za cirkularni lokalni ekonomski razvoj.

■ 5. Zaključci i preporuke

■ Zaključci

- zdravlje, akademski napredak i opšte dobro djece je ugroženo lošom kvalitetom zraka u učionicama
- manjak zelenih površina u gradovima dodatno utiče na pojačanu zagađenost vanjskog i unutrašnjeg zraka
- podaci iz BiH pokazuju uznemirujuće visoke, najviše ili među najvišim koncentracijama zagađujućih materija unutrašnjeg zraka i veliki udio djece sa simptomima astme u učionicama (podaci iz SEARCH studije)
- neodložna potreba za usvajanjem realnih strategija i akcionih planova za unaprjeđenje uslova u kojima borave djeca u učionicama kako bi se istovremeno smanjio rizik za štetne efekte zagađenog unutrašnjeg zraka i rizik od prenosa zaraze Covid-19, a kako bi se djeci osigurala sigurna školska sredina za adekvatnu edukaciju neophodnu za njihov nesmetan psihosocijalni razvoj
- procenat smrtnosti kao posljedica zagađenja unutrašnjeg zraka u BiH u odnosu na ukupnu smrtnost iznosila je 3,86% u 2010. godini, te 3,48% u 2019. godini
- smrtnost na svakih 100.000 stanovnika kao posljedica zagađenja unutrašnjeg zraka u BiH je iznosila 25,19 u 2010. godini, te 22,05 u 2019. godini
- kao posljedica zagađenosti unutrašnjeg zraka, broj izgubljenih godina života (YLLs) je iznosio 4.576,8 godina
- kao posljedica zagađenosti unutrašnjeg zraka, broj godina života prilagođenih invaliditetu (DALY) je iznosio 6.681,1 godinu
- zdravstveni troškovi, nastali kao rezultat zagađenosti zraka iz postojećih termoelektrana u BiH iznose do 3,1 milijardu eura godišnje
- ukupni investicijski potencijal za ulaganje iznosi 2.023 škole i 19.742 odjeljenja
- ulaganjem u unapređenje kvalitete unutrašnjeg zraka i energetske efikasnost, osigurao bi se investicijski potencijal u iznosu od 254.545.637 KM od čega 182.844.480 KM za energetske efikasnost i 71.701.157 KM za unapređenje kvalitete unutrašnjeg zraka
- ograničenje predstavlja limitirana dostupnost urađenih studija ili publikacija koji tretiraju ekonomske efekte ulaganja u unapređenje kvalitete unutrašnjeg zraka u školama
- direktni ekonomski efekti ulaganja u unapređenje kvalitete unutrašnjeg zraka u školama i unapređenje energetske efikasnosti, doveli bi do zapošljavanja novih radnika u građevinskom sektoru i ostatku ekonomije u iznosu od 375 do 1.332 radnika na godišnjem nivou, što bi u konačnici dovelo do rasta BDP-a po osnovu građevinskog sektora od 0,1% do 0,4% na godišnjem nivou
- BiH još nije u potpunosti usvojila i harmonizirala sve zakone i standarde iz oblasti zaštite okoliša sa zakonodavstvom i standardima EU
- previše je nivoa nadležnosti u sektoru zaštite okoliše u BiH, a nedostaje koordinacije između entiteta koji imaju određene nadležnosti u ovom sektoru
- govori se i radi na problemima zagađenosti vanjskog zraka, dok je problem zagađenosti unutrašnjeg zraka zanemaren
- pandemija Covid-19 je unijela posebne nove zahtjeve kod projektiranja stambenog, kancelarijskog, školskog i drugog prostora

■ Preporuke:

- potrebno je harmonizirati i usvojiti izmjene i dopune postojećih ili izraditi i usvojiti nove harmonizirane zakone i standarde u skladu sa EU važećim standardima i zakonima u oblasti zaštite okoliša
- neophodno je formiranje Agencije za zaštitu okoliša na državnom nivou sa svim njenim nadležnostima i operativnošću u skladu sa zahtjevima EU
- potrebno je uspostaviti jasnije linije nadležnosti u sektoru zaštite okoliša i jasniju koordinaciju i saradnju između entiteta i Brčko distrikta da bi se izbjegle nedosljednost
- neophodno je u Nacionalni Plan prilagođavanja na klimatske promjene BiH kao i Strategiji zaštite okoliša BiH koja se radi na državnom i entitetskim nivoima paralelno unijeti jasne mjere i harmonizirati standarde i zakone sa važećim u EU u oblasti smanjenja zagađenosti unutrašnjeg zraka
- neophodno je obezbjediti stabilan i transparentan sistem finansiranja svih mjera energetske efikasnosti u skladu sa Zelenim certificiranjem
- neophodno je entitetske Zakone o energetskej efikasnosti uskladiti sa direktivama i standardima EU, a posebno ispoštovati direktive vezane za kvalitetu unutrašnjeg zraka
- neophodno je sve zakone, podzakonske akte i strategije na nižim nivoima vlasti uskladiti sa državnim i entitetskim zakonima i strategijama nakon usklađivanja istih sa EU zakonodavstvom
- potrebno je u budućnosti animirati i angažirati sve zainteresirane strane da se uključe u obezbjeđenje kapaciteta za upravljanje pitanjima zagađenosti unutrašnjeg zraka
- sve buduće strategije na bilo kojem nivou upravljanja treba da budu usklađene sa EU zelenim dogovorom
- potrebno je uraditi posebna istraživanja vezana za nove zahtjeve i standarde u gradnji koje nameću pandemije ili epidemije velikih razmjera
- potrebno je raditi na promociji važnosti otvorenih zelenih površina u gradovima i objektima te izgradnji kapaciteta za planiranje i razvoj istih
- potrebno je Pravilnik o standardima i normativima za oblast predškolskog vaspitanja i obrazovanja Republici Srpskoj uskladiti sa važećim standardima EU i SZO sa aspekta zagađujućih materija, nivoa zagađenosti kao i mjerenja odnosno preporuka za provjetravanje ili ugradnju sistema rekuperacije
- neophodno je da FBiH po uzoru na RS pripremi i usvoji sličan pravilnik o standardima i normativima za oblast predškolskog vaspitanja i obrazovanja usklađen sa važećim standardima i preporukama EU i SZO
- potrebno je da se na cijeloj teritoriji BiH pripremi i usvoji priručnik o standardima kvalitete unutrašnjeg zraka u svim javnim, obrazovnim, zdravstvenim, stambenim te prostorima za rad i proizvodnju
- planiranje i izgradnja novih škola na mjestima koja nisu pod direktnim uticajem velikih saobraćajnica, drumskog saobraćaja, industrijske zone, trajnog gradilišta, poljoprivrednog dobra sa farmom, kućnih ložišta ili drugih zagađivača u susjedstvu
- hitno je potrebno propisati da se čišćenja u učionicama obavljaju isključivo proizvodima za čišćenje s niskim oslobađanjem štetnih materija
- neophodna je organizacija programa izgradnje ljudskih kapaciteta i podizanja svijesti radi promocije zdravog školskog okruženja

■ 6. Literatura

1. Oficijelna stranica Evropske komisije <https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>. Pristup 14 oktobra 2020.
2. EEA, 2017. Air Quality in Europe – 2017 Report. European Environment Agency, Luxembourg 978-92-9213-920-9.
3. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, Adeyi O, Arnold R, Basu N, et al. The Lancet Commission on Pollution and Health. 2017.
4. Oliveira M, Slezakova K, Delerue-Matos C, Pereira MC, Morais S. Children environmental exposure to particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons and biomonitoring in school environments: A review on indoor and outdoor exposure levels, major sources and health impacts. *Environ Int.* 2019;124:180–204.
5. WHO, 2018. AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution, World Health Organization. Dostupno na: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-riskassessment-of-air-pollution>. Pristup novembar 2020.
6. Kamaruzzaman S, Razak R. Measuring indoor air quality performance in Malaysian Government Kindergarten. *J Build Perform.* 2011;2:70–9.
7. World Health Organization (WHO). WHO Guidelines for IAQ – Selected Pollutants. 2010. Dostupno na: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf?ua=1. Pristup novembar 2020.
8. Burtscher H, Schüepp K. The occurrence of ultrafine particles in the specific environment of children. *Paediatr Respir Rev.* 2012;13:89–94.
9. Nam I, Yang J, Lee D, Park E, Sohn J. A study on the thermal comfort and clothing insulation characteristics of preschool children in Korea. *Build Environ.* 2015;92:724–33.
10. Maynard RL. The effects on health of ambient particles: time for an agonizing reappraisal? *Cell Biol. Toxicol.* 2015;31:131–47.
11. Korsavi SS, Montazami A, Mumovic D. Perceived Indoor Air Quality in Naturally Ventilated Primary Schools in the UK: Impact of Environmental Variables and Thermal Sensation Perceived Indoor Air Quality. *Indoor Air.* 2020 Sep 7.
12. Hou Y, Liu J, Li J. Investigation of indoor air quality in primary school classrooms. *Procedia Eng.* 2015;121:830–7.
13. Stabile L, Dell M, Russi A, Massimo A, Buonanno G. The effect of natural ventilation strategy on indoor air quality in schools. *Sci Total Environ.* 2017;595:894–902.
14. Toftum J, Kjeldsen BU, Wargocki P, Menå HR, Hansen EMN, Clausen G. Association between classroom ventilation mode and learning outcome in Danish schools. *Build Environ.* 2015;92:494–503.

15. Johnson DL, Lynch RA, Floyd EL, Wang J, Bartels JN. Indoor air quality in classrooms: Environmental measures and effective ventilation rate modelling in urban elementary schools. *Build Environ.* 2018;136:185–97.
16. Building Bulletin 101: Guidelines on ventilation, thermal comfort and indoor air quality in schools, Department for Education and Skills, DfES London, 2016.
17. Zomorodian ZS, Tahsildoost M, Hafezi M. Thermal comfort in educational buildings: A review article. *Renew Sustain Energy Rev.* 2016;59:895–906.
18. USEPA. Fundamentals of Indoor Air Quality in Buildings. Available online: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/fundamentals-indoor-air-quality-buildings>. Pristup 08 novembar 2020.
19. Sousa SI, Ferraz C, Alvim-Ferraz MC, Vaz LG, Marques AJ, et al. Indoor air pollution on nurseries and primary schools: impact on childhood asthma-study protocol. *BMC Public Health* 2012;12:435.
20. Wargocki P, Wyon DP. Providing better thermal and air quality conditions in school classrooms would be cost-effective. *Build Environ.* 2013;59:581–9.
21. Satish U, Mendell MJ, Shekhar K, et al. Is CO₂ an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance. *Environ Health Perspect.* 2012;120:1671–7.
22. Kirkby J, Bountziouka V, Lum S, Wade A, Stocks J. Natural variability of lung function in young healthy school children. *Eur Respir J.* 2016;48:411–9.
23. American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). ASHRAE Standard 62.1-2007: Ventilation for acceptable indoor air quality in low-rise residential buildings. ISSN 1041-2336. ASHRAE, Inc. U.S. 2007.
24. Choo CP, Jalaludin J. An overview of indoor air quality and its impact on respiratory health among Malaysian school-aged children *Rev Environ Health.* 2015;30(1):9–18.
25. Kats G. National review of green schools: costs, benefits, and implications for massachusetts. A report for the Massachusetts Technology Collaborativ. November 2005;32:45.
26. Pulimeno M, Piscitelli P, Colazzo S, Colao A, Miani A. Indoor air quality at school and students' performance: Recommendations of the UNESCO Chair on Health Education and Sustainable Development & the Italian Society of Environmental Medicine (SIMA) *Health Promot Perspect.* 2020;10(3):169–74.
27. Peder Wolkoff Indoor air humidity, air quality, and health – An overview *International Journal of Hygiene and Environmental Health* xxx (xxxx) xxx–xxx
28. Angelon-Gaetz KA, Richardson DB, Marshall SW, Hernandez ML. Exploration of the effects of classroom humidity levels on teachers' respiratory symptoms. *Int. Arch. Occup. Environ Health.* 2016;89:729–37.
29. Tang JW. The effect of environmental parameters on the survival of airborne infectious agents. *J R Soc Interface.* 2009;6(6):S737–S746.
30. Morawska L. Droplet fate in indoor environments, or can we prevent the spread of infection? *Indoor Air.* 2006;16:335–47.
31. Weber TP, Stilianakis NI, 2008. Inactivation of influenza A viruses in the environment and models of transmission. *J Infect.* 2008;5:361–73.
32. Awbi HB. *Ventilation of Buildings*; Spon Press: London, UK, 2003.
33. Op't Veld P. Introduction to ec reshyvent–eu cluster project on demandcontrolled hybrid ventilation for residential buildings. *Build Environ.* 2008;43:1342–1349.

34. Chartier Y, Atkinson J, Pessoa-Silva C. Natural ventilation for infection control in health-care settings. World Health Organization, 2009.
35. Salleh NM, Kamaruzzaman S, Mahyuddin N. Sick building symptoms among children in private preschools in Malaysia: association of different ventilation strategies. *J Building Performance*. 2013;4:73–81.
36. Fisk WJ. The ventilation problem in schools: literature review. *Indoor Air*. 2017;27(6):1039–51.
37. Midouhas E, Kokosi T, Flouri E. Outdoor and indoor air quality and cognitive ability in young children. *Environ Res*. 2018;161:321–8.
38. USEPA. Introduction to Indoor Air Quality. Available online: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>. Pristup 08 novembar 2020.
39. Western Balkans Regional AQM - Western Balkans Report – AQM in Bosnia and Herzegovina. AIR POLLUTION MANAGEMENT IN BOSNIA AND HERZEGOVINA. Report No: AUS0001227 October 2019. Dostupno na: <http://documents1.worldbank.org/curated/en/117281576515111584/pdf/Air-Quality-Management-in-Bosnia-and-Herzegovina.pdf>. Pristup 13 Februar 2021.
40. Dorizas PV, Assimakopoulos MN, Helmis C, Santamouris M. An integrated evaluation study of the ventilation rate, the exposure and the indoor air quality in naturally ventilated classrooms in the Mediterranean region during spring. *Sci Total Environ*. 2015;502:557–70.
41. Grineski SE, Clark-Reyna SE, Collins TW. School-based exposure to hazardous air pollutants and grade point average: a multi-level study. *Environ Res*. 2016;147:164–71.
42. Petersen S, Jensen KL, Pedersen AL, Rasmussen HS. The effect of increased classroom ventilation rate indicated by reduced CO₂ concentration on the performance of schoolwork by children. *Indoor Air*. 2016;26(3):366–79.
43. Zhang R, Wang G, Guo S, Zamora ML, Ying Q, Lin Y, et al. Formation of urban fine particulate matter. *Chem Rev*. 2015;115:3803–55.
44. Kim K-Y, Kabie E, Kabir S. A review on the health impact of airborne particulate matter. *Environ Int*. 2015;74:136–43.
45. Destailhats H, Maddalena RL, Singer BC, Hodgson AT, McKone TE. Indoor pollutants emitted by office equipment: a review of reported data and information needs. *Atmos Environ*. 2008;42:1371–88.
46. Morawska L, Ayoko GA, Bae GN, Buonanno G, Chao CYH, Clifford S, et al. Airborne particles in indoor environment of homes, schools, offices and aged care facilities. *Environ Int*. 2017;108:75–83.
47. WHO, 2016b. WHO expert consultation: available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs), World Health Organization meeting report Bonn, Germany. Dostupno na: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf. Pristup septembar 2020.
48. IARC, 2013. Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths, press release 221, International Agency for Research on Cancer. Retrieved from. http://www.iarc.fr/en/mediacentre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf. Pristup septembar 2020.
49. Fromme H, Diemer J, Dietrich S, Cyrus J, Heinrich J, Lang W, Kiranoglu M, Twardella D. Chemical and morphological properties of particulate matter (PM₁₀, PM_{2.5}) from school classrooms and outdoor air. *Atmos Environ*. 2008;42:6597–605.

50. Cattaneo A, Peruzzo C, Garramone G, Urso P, Ruggeri R, Carrer P, Cavallo DM. Airborne particulate matter and gaseous air pollutants in residential structures in Lodi province, Italy. *Indoor Air*. 2011;21:489–500.
51. Schools Indoor Pollution and Health Observatory Network in Europe. Guidelines for Healthy Environments within Schools. Available from: https://www.ediliziascolastica.it/wp-content/uploads/2018/03/II_Italian-Guidelines.pdf. Pristup novembar 2020.
52. Fromme H, Twardella D, Dietrich S, Heitmann D, Schierl R, Liebl B, Rüdén H. Particulate matter in the indoor air of classrooms-Exploratory results from Munich and surrounding area. *Atmos Environ*. 20017;41:854–66.
53. WHO 2013. State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals 2012. United Nations Environment Programme and the World Health Organization, Geneva.
54. Chen B-Y, Chan C-C, Lee C-T, Cheng T-J, Huang W-C, Jhou J-C, et al. The association of ambient air pollution with airway inflammation in schoolchildren. *Am J Epidemiol*. 2012;175:764–74.
55. Chen B.-Y, Chao HJ, Chan C-C, Lee C-T, Wu H-P, Cheng T-J, et al. Effects of ambient particulate matter and fungal spores on lung function in schoolchildren. *Pediatrics*. 2011;127:690–8.
56. Giorgini P, Di Giosia P, Grassi D, Rubenfire M, Brook RD, Ferri C. Air pollution and blood pressure: an updated review of the literature. *Curr Pharm Des*. 2016;22:28–51.
57. Singh A, Kesavachandran CN, Kamal R, Bihari V, Ansari A, Azeez PA, Saxena PN, KS AK, Khan AH. Indoor air pollution and its association with poor lung function, microalbuminuria and variations in blood pressure among kitchen workers in india: A cross-sectional study. *Environ Health*. 2017;16:33.
58. Kampfrath T, Maiseyeu A, Ying Z, Shah Z, Deiuliis J.A, Xu X, Kherada N, Brook RD, Reddy KM, Padture NP, et al. Chronic fine particulate matter exposure induces systemic vascular dysfunction via NADPH oxidase and TLR4 pathways. *Circ Res*. 2011;108:716–26.
59. Annesi-Maesano I, Moreau D, Caillaud D, Lavaud F, Le Moullec Y, Taytard A, et al. Residential proximity fine particles related to allergic sensitization and asthma in primary school children. *Respir Med*. 2017;101:1721–9.
60. Annesi-Maesano I, Baiz N, Banerjee S, Rudnai P, Rive S, on the behalf of the SINPHONIE Group. Indoor air quality and sources in schools and related health effects. *J. Toxicol. Env Health B*. 2013;16:491–550.
61. Brugha R, Grigg J. 2014. Urban air pollution and respiratory infections. *Paediatr Respir Rev*. 2014;15:194–9.
62. Simoni M, Annesi-Maesano I, Sigsgaard T, Norback D, Wieslander G, Nystad W, et al. School air quality related to dry cough, rhinitis and nasal patency in children. *Eur Respir J*. 2010;35:742–9.
63. Kelishadi R, Poursafa P, Keramatian K. Overweight, air and noise pollution: universal risk factors for pediatric pre-hypertension. *J Res Med Sci*. 2011;16(9):1234–50.
64. Hutter HP, Haluza D, Piegler K, Hohenblum P, Frohlich M, Scharf S, et al. Semivolatile compounds in schools and their influence on cognitive performance of children. *Int J Occup Med Environ Health*. 2013;26(4):628–35.

65. Sunyer J, Esnaola M, Alvarez-Pedrerol M, Forns J, Rivas I, Lopez-Vicente M, et al. Association between traffic-related air pollution in schools and cognitive development in primary school children: a prospective cohort study. *PLoS Med.* 2015;12(3):e1001792.
66. Buoli M, Grassi S, Caldiroli A, Carnevali GS, Mucci F, Iodice S, et al. Is there a link between air pollution and mental disorders? *Environ. Int.* 2018;118:154–168.
67. Martenies SE, Batterman SA. Effectiveness of using enhanced filters in schools and homes to reduce indoor exposures to PM_{2.5} from outdoor sources and subsequent health benefits for children with asthma. *Environ Sci Technol.* 2018;52(18):10767–76.
68. Gilraine M. Air Filters, Pollution and Student Achievement. Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/Air-Filters%2C-Pollution%2C-and-Student-Achievement-Gilraine/8ae08d308f25e-0834ad5fb9b5b9c6a775ccae1c4>. Pristup 10 septembar 2020.
69. Roth S. The Effect of Indoor Air Pollution on Cognitive Performance: Evidence from the UK. Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Effect-of-Indoor-Air-Pollution-on-Cognitive-the-Roth/6d210d6b55f2a3e908047ede9a716455c9ff34d4>. Pristup 23 oktobar 2020.
70. Polidori A, Fine PM, White V, Kwon PS. Pilot study of high-performance air filtration for classroom applications. *Indoor Air.* 2013;23(3):185–95.
71. USEPA, 2005. Guidelines for carcinogen risk assessment, EPA/630/P-03/001F, US Environmental Protection Agency, Washington, D. C, USA. Retrieved from. http://www.epa.gov/raf/publications/pdfs/CANCER_GUIDELINES_FINAL_3-25-05.pdf. Pristup septembar 2020.
72. Dat N-D, Chang MB. Review on characteristics of PAHs in atmosphere, anthropogenic sources and control technologies. *Sci. Total Environ.* 2017;609:682–93.
73. Chen L, Hu G, Fan R, Lv Y, Dai Y, Xu Z. Association of PAHs and BTEX exposure with lung function and respiratory symptoms among a nonoccupational population near the coal chemical industry in Northern China. *Environ. Int.* 2018;120:480–8.
74. Oliveira M, Slezakova K, Delerue-Matos C, Pereira MC, Morais S. Assessment of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in preschool children: levels and impact of preschool indoor air on excretion of main urinary monohydroxyl metabolites. *J Hazard Mater.* 2017a;322:357–69.
75. Gatto MP, Gariazzo C, Gordiani A, L'Episcopo N, Gherardi M. Children and elders exposure assessment to particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the city of Rome, Italy. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2013;21:13152–9.
76. Romagnoli P, Balducci C, Perilli M, Gherardi M, Gordiani A, Gariazzo C. Indoor PAHs at schools, homes and offices in Rome, Italy. *Atmos Environ.* 2014;92:51–9.
77. Trasande L, Urbina EM, Khoder M, Alghamdi M, Shabaj I, Alam MS, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons, brachial artery distensibility and blood pressure among children residing near an oil refinery. *Environ Res.* 2015;136:133–140.
78. Jasso-Pineda Y, Diaz-Barriga F, et al. DNA damage in Mexican children living in high-risk contaminated scenarios. *Sci Total Environ.* 2015;518–519:38–48.
79. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 2010;92:1–853.

80. Directive 2004/107/EC of the European Parliament and the Council relating to arsenic, cadmium, mercury and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air. *Off J Eur Union*. L23;3–16.
81. ATSDR, 1995. Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons, Atlanta, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Retrieved from. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>. Pristup oktobar 2020.
82. Bae S, Pan X-C, Kim S-Y, Park K, Kim Y-H, Kim H, et al. Exposures to particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons and oxidative stress in schoolchildren. *Environ. Health Perspect*. 2010;118:579–83.
83. Sram RJ, Veleminsky JrM, Veleminsky SrM, Stejskalov J. The impact of air pollution to central nervous system in children and adults. *Neuro Endocrinol Lett*. 2017;38(6):389–96.
84. Pan C-H, Chan C-C, Wu K-Y. Effects on chinese restaurant workers of exposure to cooking oil fumes: A cautionary note on urinary 8-hydroxy-20-deoxyguanosine. *Cancer Epidemiol Biomark Prev*. 2008;17:3351–57.
85. Oliveira M, Slezakova K, Delerue-Matos C, Pereira MC, Morais S. Assessment of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in preschool children: levels and impact of preschool indoor air on excretion of main urinary monohydroxyl metabolites. *J Hazard Mater*. 2017a;322:357–69.
86. Kamal A, Cincinelli A, Martellini T, Mal.k RN. A review of PAH exposure from the combustion biomass fuel and their less surveyed effect on the blood parameters. *Environ. Sci Pollut Res*. 2015;22:4076–98.
87. USEPA. Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality. Available online: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>. Pristup 08 novembar 2020.
88. IARC, 2006. Formaldehyde. <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100F-29.pdf>. Pristup 08 novembar 2020.
89. Okubo M, Kuwahara T. Chapter 5-prospects for marine diesel engine emission control. In *New Technologies for Emission Control in Marine Diesel Engines*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2020; pp. 211–66.
90. Huang Y, Ho SSH, Ho KF, Lee SC, Yu JZ, Louie PKK. Characteristics and health impacts of vocs and carbonyls associated with residential cooking activities in hong kong. *J Hazard Mater*. 2011;186:344–51.
91. Chin J-Y, Godwin C, Parker E, Robins T, Lewis T, Harbin P, Batterman S. Levels and sources of volatile organic compounds in homes of children with asthma. *Indoor Air*. 2014;24:403–15.
92. Weschler CJ, Nazaro WW. Dermal uptake of organic vapors commonly found in indoor air. *Environ Sci Technol*. 2014;48:1230–37.
93. Ad hoc AG. Evaluation of indoor air contaminants by means of reference and guideline values. *Bundesgesundheitsblatt* 2007a;50:990–1005.
94. Brickus, L.R, Cardoso, J, Neto, F.R.D.A. Distributions of indoor and outdoor air pollutants in rio de janeiro, brazil: Implications to indoor air quality in bayside o_ces. *Environ. Sci. Technol*. 1998;32:3485–90.
95. Sofuoglu SC, Aslan 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(1):36–46.

96. Chauhan AJ, Inskip HM, Linaker CH, Smith S, Schreiber J, Johnston SL, et al. Personal exposure to nitrogen dioxide NO₂ and the severity of virus-induced asthma in children. *Lancet*. 2003;361(9373):1939–44.
97. Wichmann J, Lind T, Nilsson MAM, Bellander T. PM_{2.5}, soot and NO₂ indoor–outdoor relationships at homes, pre-schools and schools in Stockholm, Sweden. *Atmos Environ*. 2010;44(36):4536–44.
98. Sunyer J, Suades-González E, García-Esteban R, Rivas I, Pujol J, Alvarez-Pedrerol M, et al. Traffic-related air pollution and attention in primary school children: short-term association. *Epidemiology*. 2017;28(2):181–9.
99. Salonen H, Salthammer T, Morawska L. Human exposure to ozone in school and office indoor environments. *Environ Int*. 2018;119:503–514.
100. Huang Y, Yang Z, Gao Z. Contributions of indoor and outdoor sources to ozone in residential buildings in nanjing. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16:2587.
101. Weschler CJ, Shields HC, Naik DV. Indoor ozone exposures. *Air Repair*. 1989;39:1562–8.
102. Weschler CJ. Roles of the human occupant in indoor chemistry. *Indoor Air*. 2015;26:6–24.
103. Seow WJ, Downward GS, Wei H, Rothman N, Reiss B, Xu J, Bassig BA, Li J, He J, Hosgood HD, et al. Indoor concentrations of nitrogen dioxide and sulfur dioxide from burning solid fuels for cooking and heating in yunnan province, china. *Indoor Air*. 2016;26:776–83.
104. WHO. Air Quality Guidelines: Chapter 7.4 Sulfur Dioxide; WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark, 2000.
105. Coley DA, Beisteiner A. Carbon dioxide levels and ventilation rates in schools. *International Journal of Ventilation*. 2002;1(1):45–52.
106. Persily, A, de Jonge, L. Carbon dioxide generation rates for building occupants. *Indoor Air*. 2017;27:868–79.
107. Fromme H, Debiak M, Sagunski H, Röhl C, Kraft M, Kolossa-Gehring M. The German approach to regulate indoor air contaminants. *Int J Hyg Environ Health*. 2019;222(3):347–54.
108. ASHRAE. ASHRAE, 2016. Standard 62. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, USA.
109. CEN EN, 2012. 15251. Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings Addressing Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
110. Ad hoc AG. Health evaluation of carbon dioxide in indoor air. *Bundesgesundheitsblatt* 51, 2008a;1358–69.
111. Shendell DG, Prill R, Fisk WJ, Apte MG, Blake D, Faulkner D. Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho. *Indoor Air*. 2004;14:333–41.
112. De Giuli V, Da Pos O, De Carli M. Indoor environmental quality and pupil perception in Italian primary schools. *Build Environ*. 2012;56:335–45.
113. Coley DA, Greeves R, Saxby BK. The effect of low ventilation rates on the cognitive function of a primary school class. *Int J Vent*. 2007;6:107–12.
114. Dorizas PV, Assimakopoulos M, Santamouris M. A holistic approach for the assessment of the indoor environmental quality, student productivity, and energy consumption in primary schools. *Environ Monit Assess*. 2015;187:259–77.

115. Berner MM. Building conditions, parental involvement, and student achievement in the District of Columbia public school system. *Urban Educ.* 1993;28:6–29.
116. Poscia A, Burali A, Calzoni J, Colaiacomo E, Csobod E, De Maio F, et al. "How good is my classroom?" Italian results from the International SEARCH II Project on energy, indoor air quality and comfort at school: Andrea Poscia. *Eur J Public Health.* 2014;24(Suppl 2):cku162–073.
117. Amato F, Rivas I, Viana M, Moreno T, Bouso L, Reche C, et al. Sources of indoor and outdoor PM2.5 concentrations in primary schools. *Sci Total Environ.* 2014;490:757–65.
118. Ramalho O, Mandin C, Ribéron J, Wyart G. Air stuffiness and air exchange rate in French schools and day-care centres. *Int J Vent.* 2013;12:175–80.
119. Cao A, Ouyang Q, Zhu Y, Huang L, Hu H, Deng G. Development of a multivariate regression model for overall satisfaction in public buildings based on field studies in Beijing and Shanghai. *Build Environ.* 2012;47:394–9.
120. Korsavi SS, Montazami A. Developing a valid method to study adaptive behaviours with regard to IEQ in primary schools. *Build Environ.* 2019;153:1–16.
121. Seppänen OA, Fisk WJ, Mendell MJ. Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. *Indoor Air.* 1999;9:226–52.
122. Twardella D, Matzen W, Lahrz T, Burghardt R, Spiegel H, Hendrowarsito L, et al. Effect of classroom air quality on students' concentration: results of a cluster-randomized cross-over experimental study. *Indoor Air.* 2012;22(5):378–87.
123. Ferreira AM, Cardoso M. Indoor air quality and health in schools. *J Bras Pneumol.* 2014;40(3):259–68.
124. Tran VV, Park D, Lee Y-C. Indoor Air Pollution, Related Human Diseases, and Recent Trends in the Control and Improvement of Indoor Air Quality. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(8):2927.
125. Department of Occupational Safety and Health (DOSH), Malaysia. Industry Code of Practice on Indoor Air Quality 2010. Ministry of Human Resources Malaysia. JKKP DP(S) 127/379/4-39. ISBN 983201471–3.
126. Raub JA, Mathieu-Nolf M, Hampson NB, Thom SR. Carbon monoxide poisoning—A public health perspective. *Toxicology.* 2000;145:1–14.
127. Zhang Q, Jenkins PL. Evaluation of ozone emissions and exposures from consumer products and home appliances. *Indoor Air.* 2016;27: 386–97.
128. Tan SY, Praveena SM, Abidin EZ, Cheema MS. A review of heavy metals in indoor dust and its human health-risk implications. *Rev Environ Health.* 2016;31:447–56.
129. Kang Y, Cheung KC, Wong MH. Mutagenicity, genotoxicity and carcinogenic risk assessment of indoor dust from three major cities around the pearl river delta. *Environ Int.* 2011;37:637–43.
130. Bruno RC. Sources of indoor radon in houses: A review. *J. Air Pollut. Control Assoc.* 1983;32:105–9.
131. Strandén E, Berteig L. Radon in dwellings and influencing factors. *Health Phys.* 1980;39:275.
132. Gesell TF. Background atmospheric radon-222 concentrations outdoors and indoors: A review. *Health Phys.* 1983;45:289–302.
133. USEPA. Epa Assessment of Risks From Radon in Homes; United States Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA, 2003.

134. StrSchG (German Radiation Protection Act), 2017. Act on the Protection against Damage and Injuries Caused by Ionizing Radiation. Of 27th June [jsessionid=0DCF60AEA1B345EE3201A9D68EE8CAD3.2_cid391. http://www.bfs.de/EN/bfs/laws-regulations/radiation-protection-act/radiation-protection-act.html](http://www.bfs.de/EN/bfs/laws-regulations/radiation-protection-act/radiation-protection-act.html).
135. Poupard O, Blondeau P, Iordache V, Allard A. Statistical analysis of parameters influencing the relationship between outdoor and indoor air quality in schools. *Atmos. Environ.* 2005;39:2071–80.
136. WHO. *Who Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective*; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2009.
137. Gallart-Mateu D, Armenta S, Guardia Mdl. Indoor and outdoor determination of pesticides in air by ion mobility spectrometry. *Talanta* 2016;161:632–9.
138. Unger A, Schniewind A, Unger W. *Conservation of Wood Artifacts*; Springer: Berlin, Germany, 2001.
139. USEPA. *Pesticides' Impact on Indoor Air Quality*. Available online: <https://www.epa.gov/indoor-air-qualityiaq/pesticides-impact-indoor-air-quality>. Pristup 08 novembar 2020.
140. Colt JS, Lubin J, Camann D, Davis S, Cerhan J, Severson RK, Cozen W, Hartge P. Comparison of pesticide levels in carpet dust and self-reported pest treatment practices in four us sites. *J. Expo. Anal Environ Epidemiol.* 2004;14:74–83.
141. Holt E, Audy O, Booij P, Melymuk L, Prokes R, Klánová J. Organochlorine pesticides in the indoor air of a theatre and museum in the czech republic: Inhalation exposure and cancer risk. *Sci Total Environ.* 2017;609:598–606.
142. Kim K-H, Kabir E, Jahan SA. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Sci. Total Environ.* 2017, 575, 525–535.
143. WHO. *Indoor Air Quality: Biological Contaminants: Report on a Who Meeting*, Rautavaara; World Health Organization Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark, 1988; Volume 31.
144. Bousquet J, Khaltaev N, Cruz AA, Denburg J, Fokkens WJ, Togias A, Zuberbier T, Baena-Cagnani CE, Canonica GW, Weel CV, et al. Allergic rhinitis and its impact on asthma (aria) 2008. *Allergy* 2008;63:8–160.
145. Hulin M, Simoni M, Viegi G, Annesi-Maesano I. Respiratory health and indoor air pollutants based on quantitative exposure assessments. *Eur Respir J.* 2012;40:1033–45.
146. Baldacci S, Maio S, Cerrai S, Sarno G, Baiz N, Simoni M, Annesi-Maesano I, Viegi G. Allergy and asthma: Effects of the exposure to particulate matter and biological allergens. *Respir Med.* 2015;109:1089–104.
147. Hospodsky D, Qian J, Nazaro WW, Yamamoto N, Bibby K, Rismani-Yazdi H, Peccia J. Human occupancy as a source of indoor airborne bacteria. *PLoS ONE.* 2012;7:e34867.
148. Gligorovski S, Weschler CJ. The oxidative capacity of indoor atmospheres. *Environ Sci Technol.* 2013;47:13905–6.
149. Salthammer T, Mentese S, Marutsky R. Formaldehyde in the indoor environment. *Chem Rev.* 2010;110:2536–72.
150. *Oficijelna web stranica Svjetske zdravstvene organizacije*. http://www.who.int/topics/air_pollution/en/. Pristup 28 decembar 2020.
151. Smith-Sivertsen T, Dí'az E, Pope D, Lie RT, Dí'az A, McCracken J, Bakke P, Arana B, Smith KR, Bruce N. Effect of reducing indoor air pollution on women's respiratory symptoms and lung function: The respire randomized trial, guatemala. *Am. J. Epidemiol.* 2009;170:211–20.

152. Ramesh BY, Manjunath N, Sanjay D, Dhanya Y. Association of indoor air pollution with acute lower respiratory tract infections in children under 5 years of age. *Paediatr Int Child Health* 2012;32:132–5.
153. Asher MI, Montefort S, Bjorksten B, Lai CK, Strachan DP, et al. Worldwide time trends in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and eczema in childhood ISAAC Phases One and Three repeat multicountry cross-sectional surveys. *Lancet* 2006;368:733–43.
154. Sowa J. Air quality and ventilation rates in schools in Poland requirements, reality and possible improvements. In: Levin H, editor. *Proceedings from the International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Monterey, California, ISIAQ Publications, 2002;2:68–73.
155. Brabhukumr A, Malhi P, Ravindra K, Lakshmi PVM. Exposure to household air pollution during first 3 years of life and IQ level among 6-8-year-old children in India - a cross-sectional study. *Sci Total Environ*. 2020;709:135110.
156. Fisk WJ. The ventilation problem in schools: literature review. *Indoor Air*. 2017;27(6):1039–51.
157. Mendell MJ, Heath GA. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? a critical review of the literature. *Indoor Air*. 2005;15(1):27–52.
158. Midouhas E, Kokosi T, Flouri E. Outdoor and indoor air quality and cognitive ability in young children. *Environ Res*. 2018;161:321-8.
159. Gaihre S, Semple S, Miller J, Fielding S, Turner S. Classroom carbon dioxide concentration, school attendance, and educational attainment. *J Sch Health*. 2014;84(9):569–74.
160. É Csobod, P Rudnai, E Vaskovi. School Environment and Respiratory Health of Children (SEaRCH) International research project report within the “Indoor air quality in European schools: Preventing and reducing respiratory diseases program” Published 2010. Dostupan na [https://www.shemantic-scholar.org/paper/School-Environment-and-Respiratory-Health-of-\(-\)-%E2%80%9C-Csobod-Rudnai/242cabafe2b23defbe95ad4a4ac4eeb3c4cecd59](https://www.shemantic-scholar.org/paper/School-Environment-and-Respiratory-Health-of-(-)-%E2%80%9C-Csobod-Rudnai/242cabafe2b23defbe95ad4a4ac4eeb3c4cecd59). Pristup oktobar 2020.
161. Oreskovic NM, Kinane TB, Aryee E, Kuhlthau KA, Perrin JM. Boston, Mass. The Unexpected Risks of COVID-19 on Asthma Control in Children. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*. Volume 8, Issue 8, September 2020, Pages 2489–91.
162. Otter JA, Donskey C, Yezli S, Douthwaite S, Goldenberg SD, Weber DJ. Transmission of SARS and MERS coronaviruses and influenza virus in healthcare settings: the possible role of dry surface contamination. *J Hosp Infect*. 2016;92:235–50.
163. Hui Dai, Bin Zhao. Association of the infection probability of COVID-19 with ventilation rates in confined spaces. *Build Simul*. 2020;4:1–7.
164. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris D, Holbrook M, Gamble A, Williamson B, Lloyd-Smith J. Aerosol and surface stability of HCoV-19 (SARSCoV-2) compared to SARS-CoV-1. *N Engl J Med*. 2020;382:1564–7.
165. Chin AWH, Chu JTS, Perera MRA, Hui KPY, Yen HL, Chan MCW, Peiris M, Poon LLM. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *Lancet Microbe*. 2020.
166. Pastorino B, Touret F, Gilles M, de Lamballerie X, Charrel RN. Prolonged viability of SARS-CoV-2 in fomites. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(9).
167. Park SY, Kim YM, Yi S, Lee S, Na BJ, Kim CB, et al. Coronavirus disease outbreak in call center, South Korea. *Emerg Infect Dis*. 2020.

168. Zhao B, Liu Y, Chen C. Air purifiers: A supplementary measure to remove airborne SARS-CoV-2. *Building and Environment*. 2020a;177:106918.
169. Bao L, Gao H, Deng W, Lv Q, Yu H, Liu M, Yu P, Liu J, Qu Y, Gong S, Lin K, Qi F, Xu Y, Li F, Xiao C, Xue J, Song Z, Xiang Z, Wang G, Wang S, Liu X, Zhao W, Han Y, Wei Q, Qin C. Transmission of SARS-CoV-2 via close contact and respiratory droplets among hACE2 mice. *J Infect Dis*. 2020;jiaa281.
170. Bontempi E. First data analysis about possible COVID-19 virus airborne diffusion due to air particulate matter (PM): The case of Lombardy (Italy). *Environ Res*. 2020;186:109639.
171. WHO. Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions. Scientific brief on 9 July 2020. Geneva: World Health Organization; 2020.
172. Li Y, Qian H, Hang J, Chen X, Hong L, Liang P, Li J, Xiao S, Wei J, Liu L, Kang M. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. medRxiv preprint. 2020.
173. Johnson GR, Morawska L, Ristovski ZD, Hargreaves M, Mengersen K, Chao CYH, Wan MP, Li Y, Xie X, Katoshevski D, Corbett S. Modality of human expired aerosol size distributions. *J Aerosol Sci*. 2011;42:839–51.
174. Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: the world should face the reality. *Environ Int*. 2020;139:105730.
175. Anfinrud P, Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A. Visualizing speech-generated oral fluid droplets with laser light scattering. *New England Journal of Medicine*. 2020;382:2061–63.
176. Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Kim H, Ogata M and Hayashi M. Environmental factors involved in SARS-CoV-2 transmission: effect and role of indoor environmental quality in the strategy for COVID-19 infection control. *Environmental Health and Preventive Medicine*. 2020;25:66.
177. Van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine*. 2020;382:1564–67.
178. Guo Z-D, Wang Z-Y, Zhang S-F, Li X, Li L, et al. Aerosol and surface distribution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in hospital wards, Wuhan, China, 2020. *Emerging Infectious Diseases*. 2020;26:1583–91.
179. Biryukov J, Boydston JA, Dunning RA, Yeager JJ, Wood S, Reese AL, Ferris A, Miller D, Weaver W, Zeitouni NE, Phillips A, Freeburger D, Hooper I, Ratnesar-Shumate S, Yolitz J, Krause M, Williams G, Dawson DG, Herzog A, Dabisch P, Wahl V, Hevey MC, Altamura LA, Frieman MB. Increasing temperature and relative humidity accelerates inactivation of SARS-CoV-2 on surfaces. *mSphere*. 2020.
180. Smither SJ, Eastaugh LS, Findlay JS, Lever MS. Experimental aerosol survival of SARS-CoV-2 in artificial saliva and tissue culture media at medium and high humidity. *Emerg Microbes Infect*. 2020;9:1415–7.
181. Khare P, Marr LC. Simulation of vertical concentration gradient of influenza viruses in dust resuspended by walking. *Indoor Air*. 2015; 25:428–40.
182. Furuse Y, Ko YK, Saito M, Shobugawa Y, Jindai K, Saito T, Nishiura H, Sunagawa T, Suzuki M. National Task Force for COVID-19 Outbreak in Japan. *Epidemiology of COVID-19 outbreak in Japan, January–March 2020*. *Japanese J Infect Dis*. 2020.
183. PMJHC. 21th meeting document (March 20, 2020). Tokyo: National Task Force for COVID-19 Outbreak in Japan, Prime Minister of Japan and His Cabinet; 2020. Dostupno na: https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel_coronavirus/th_siryou/sidai_r020320.pdf. Pristup 31 oktobar 2020.

184. Garrahan K. Friable asbestos in schools must be found by May 1988, removal plan must start by 1989. *JAMA*. 1987;257(12):1570–1.
185. Bluysen PM. The role of flooring materials in health, comfort and performance of children in classrooms. *Cogent Psychol*. 2016;3(1):1268774.
186. Schools Indoor Pollution and Health Observatory Network in Europe. Guidelines for Healthy Environments within Schools. Available from: https://www.ediliziascolastica.it/wp-content/uploads/2018/03/II_Italian-Guidelines.pdf. Pristup 30 oktobar 2020.
187. Rivas I, Querol X, Wright J, Sunyer J. How to protect school children from the neurodevelopmental harms of air pollution by interventions in school environment in the urban context. *Environ Int*. 2018;121:199–206.
188. McCarthy MC, Ludwig JF, Brown SG, Vaughn DL, Roberts PT. Filtration effectiveness of HVAC systems at near-roadway schools. *Indoor Air*. 2013;23(3):196–207.
189. PMJHC. 16th meeting document (March 1, 2020). Tokyo: National Task Force for COVID-19 Outbreak in Japan, Prime Minister of Japan and His Cabinet; 2020. Dostupno na: https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel_coronavirus/th_siryou/sidai_r020301.pdf. Pristup 31 august 2020.
190. ASHRAE. ASHRAE position document on airborne infectious diseases. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, 2020.
191. De Waegemaeker P, Bovyn N, Vanneste M, Verschraegen G. The effect of a mobile air purification unit on the air quality of a room contaminated with *Aspergillus* sp. *J Hosp Infect*. 2010;76(Suppl 1):S35.
192. Guillaume B, Thomas B, Corinne M, Séverine K, Benoit V, Valérie P, Pierre K. Socio-economic costs of indoor air pollution: A tentative estimation for some pollutants of health interest in France, *Environment International*. 2017;104:14–24. ISSN 0160-4120, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.03.025>.
193. Kats G. Greening America's Schools: Costs and Benefits, October 2006. A Capital E Report.
194. Max S, Iain W, Benjamin J, Lawrence B. Economics of Indoor Air Quality, National Laboratory, University of Nottingham, UK Energy Technologies, 2018.
195. Duflo E, Greenstone M, Hanna R. Indoor Air Pollution, Health and Economic Well-being, Institut Veolia Environnement, February 2008.
196. Stanawaz JD, Afshin A, Gakidou E, Lim SS, Abate D, Abate KH, Abbafati C, Abbasi N, Abbastabar H, Abd-Allah F, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet*. 2018;392:1923–94.
197. Matkovic V, Mulić M, Azabagić S, Jevtić M. Premature Adult Mortality and Years of Life Lost Attributed to Long-Term Exposure to Ambient Particulate Matter Pollution and Potential for Mitigating Adverse Health Effects in Tuzla and Lukavac, Bosnia and Herzegovina. *Atmosphere*. 2020;11:1107.
198. Euronews: Trading profit for health. Available online: <https://www.euronews.com/2019/12/06/trading-profit-for-health-exploring-bosnia-s-toxic-relationship-with-coal>.
199. Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of Disease Study 2017 (GBD 2017) Results. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2018.

200. Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Results. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2020.
201. Udruženje za zdravlje i okolinu (HEAL). Available online: https://www.env-health.org/wp-content/uploads/2018/08/unpaid_health_bill_bosnian_pr_bos.pdf.
202. Federalni zavod za statistiku FBiH (2020). Osnovno obrazovanje u FBiH 2019, Dostupno na: <http://fzs.ba/index.php/publikacije/saopcenjapriopcenja/obrazovanje/>.
203. Republički zavod za statistiku RS (2020). Osnovne škole po opštinama, Dostupno na: https://www.rzs.rs.ba/static/uploads/saopstenja/obrazovanje/osnovno_obrazovanje/2020/OS_PoOpstinama_pocetak_2019-2020.pdf.
204. Federalni zavod za statistiku FBiH (2020). Srednje obrazovanje u FBiH 2019, Dostupno na: <http://fzs.ba/index.php/publikacije/saopcenjapriopcenja/obrazovanje/>.
205. Republički zavod za statistiku RS (2020). Srednje škole po opštinama, Dostupno na: https://www.rzs.rs.ba/static/uploads/saopstenja/obrazovanje/srednje_obrazovanje/2020/SS_po_razredima_pocetak_2019-2020.pdf.
206. Hadzic F, Hadzic Z. Makroekonomski efekti ulaganja u energetska efikasnost, Friedrich Ebert Stiftung, Sarajevo, 2020.
207. Službene novine Kantona Sarajevo, broj 30/18. Dostupno na: <https://mon.ks.gov.ba/sites/mon.ks.gov.ba/files/30-18.pdf>.
208. Vlada Kantona Sarajevo. Pedagoške standarde i normative za srednje obrazovanje. Dostupno na: <https://mon.ks.gov.ba/sites/mon.ks.gov.ba/files/Pedagoski%20standardi%20i%20normativi%20za%20srednje%20obrazovanje.pdf>.
209. Mikrokreditna fondacija EKI. Vodić za povećanje energetske efikasnosti. Dostupno na: https://eki.ba/wp-content/uploads/2012/05/eki_ktd_print.pdf.
210. Ventilacioni sistemi sa rekuperacijom i filterima za pročišćavanje vanjskog zraka standarda G3-F9 za škole na području Kantona Sarajevo.
211. Wargoocki P, Foldbjer P, Eriksen K, Videbæk L. Socio-economic consequences of Improved Indoor Air Quality in Danish primary Schools. Indoor Air 2014 - 13th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, 2014.
212. Davor M, Ivana RB, Sunčana S. The socioeconomic impact of energy saving renovation measures in urban buildings, Economic Research-Ekonomska Istraživanja. 2016;29(1):1109–25. DOI: 10.1080/1331677X.2016.1211952
213. Set alata za investitore i građevinske kompanije; oficijelna stranica Savjet za zelenu gradnju u BiH https://green-council.org/publik/Seta_alata_za_investitore_i_gradjevinske_kompanije.pdf.
214. Oficijelna stranica EU zakonodavstvo, EUR-Lex - 32008L0050 - EN - EUR-Lex (europa.eu) posjećena novembar 2020.
215. Csobo E, Rudna P, Vasković E. „Skolski prostor i respiratorno zdravlje djece (SEARCH) – Medjunarodni istraživački projekat unutar programa Kvalitet unutrašnjeg zraka u evropskim školama: prevencija i umanjeње disajnih oboljenja“. Regioalni centar za okolis za centralnu i istocnu Evropu. 02.2010.
216. Oficijelna stranica Službeni List BiH; sluzbenilist.ba.

217. Faktor koji odražava potencijal oštećenja ozona kod neke tvari, na osnovi mase po kilogramu, u usporedbi s klorofluorouglikom - 11 (CFC-11).
218. Oficijelna stranica Službenog lista FBiH; sluzbenilist.ba.
219. Zvanična stranica Republičkog hidrometrološkog zavoda RS; <https://rhmzrs.com/zivotna-sredina/kvalitet-vazduha/>.
220. Zvanična stranica Republičkog hidrometrološkog zavoda RS <https://rhmzrs.com/wp-content/uploads/2020/04/Izvjestaj-o-Registru-postrojenja-i-zagadjivaca-Republike-Srpske-za-2018.-godinu.pdf>.
221. Vlada Republike Srpske na 54 sjednici donijela Pravilnik; https://rzsm.org/images/stories/RZSM/Propisi/MRBIZ/Zastita%20na%20radu/MRBIZ_Znr_Vazeci/4-20_Pravilnik_o_prev_mjerama_za_bezbjedan_rad_pri_izlaganju_hemikalijama.pdf.
222. Oficijelna stranica Službenog lista Kantona Sarajevo; sluzbenilist.ba.
223. Oficijena web stranica zavod za javno zdravstvo KS, <https://www.zzjzks.ba/wp-content/uploads/2019/10/STUDIJA-O-ZDR.STANJU-2018.pdf> posjećena 10 novembra 2020.
224. Ministarstvo prostornog uređenja i zaštite okoliša Kantona Sarajevo. Upravljanje kvalitetom zraka u Kantonu Sarajevo, Kanton Sarajevo. 2015. Dostupno na: https://mpz.ks.gov.ba/sites/mpz.ks.gov.ba/files/brosura-upravljanje_kvalitetom_zraka_u_ks.pdf.



Western Balkans
Democracy Initiative

 Funded by
UK Government

