



INSTITUT ZA ZDRAVLJE
I SIGURNOST HRANE

Procjena efekata aerozagadenja na zdravlje ljudi u Zenici

Prof.dr Boris Hrabač

Mr.sci.dr. Senad Huseinagić

Nino Alić, MA

Procjena efekata aerozagađenja na zdravlje ljudi

UVOD

Aerozagađenje je najviše proučavan i najčešće pominjan oblik zagađenja životne sredine. Poseban problem predstavlja dugotrajna izloženost niskim koncentracijama polutanata, što je i najčešći slučaj.

Efekti zagađenja zraka na zdravlje ljudi su značajni, ali teško mjerljivi. Osnovni problem jeste utvrditi kvantitativnu povezanost izlaganja i efekata. Drugi problem čini razdvajanje uticaja drugih faktora, kao što su pušenje, radna atmosfera, nasljedni faktori, itd.

Prema podacima Američke agencije za zaštitu životne sredine 5-10% karcinoma pluća povezuje se sa aerozagađenjem, a čak 80% sa pušenjem ili pasivnom izloženošću duhanskom dimu. Obzirom na raširenost pušenja i opću izloženost pasivnom pušenju, nesporan je štetan uticaj ove pojave na povećanje učestalosti karcinoma pluća. Međutim, ne treba zanemariti ni uticaj polutanata iz zraka na razvoj niza oboljenja, posebno ako se izloženost općem aerozagađenju doda i uticaj aktivnog i pasivnog pušenja, a posebno eventualne povišene koncentracije polutanata u radnoj sredini. Studije objavljene poslednjih godina pokazale su da nema sigurnog nivoa aerozagađenja i da sa povećanjem njegovog nivoa, raste i rizik obolijevanja. Kada govorimo o dozvoljenim koncentracijama, onda se radi o prihvatljivom stepenu rizika po zdravlje ljudi.

Kratkoročni efekti se ogledaju u nadražajnom djelovanju na sluznicu dišnih puteva, kao i sluznicu očiju. Dugotrajno djelovanje zagađenja zraka izaziva sljedeće efekte:

- akutna nespecifična oboljenja disajnih organa,
- hronični bronhitis,
- hronične opstruktivne smetnje disanja,
- plućni emfizem,
- bronhijalna astma,
- rak pluća,
- kardiovaskularna oboljenja.

Rizik zagađenja okoliša za nastanak raka je teško istraživati. Ljudi su izloženi stotinama, pa i hiljadama hemikalija i drugim agensima, te je stoga procjena izloženosti okolišnim faktorima iznimno kompleksna. Kako bilo, karcinogeni, koji zagađuju okoliš, doprinose teretu raka u svijetu.

Totalno opterećenje rakom uzrokovano izloženosti faktorima iz okoliša može biti jedino matematički procijenjeno. Jedna Američka studija iz 2009. godine pokazala je da 5% karcinoma pluća može biti povezano s aeroxagađenjem, dok je slična studija u Europi pokazala da je rizik veći i da iznosi oko 10,7%. Brojne studije poredile su rizik za rak pluća između stanovnika urbanih područja, gdje je okoliš zagađeniji, u odnosu na ruralna područja. Generalno, stope raka pluća su veće u urbanim područjima.

Nedavne meta-analize 254 studije objavljene u IARC Monografiji broj 83 su dale procjenu rizika pušenja za 13 različitih vrsta raka. Relativni rizik kod pušača, prema nepušačima za rak pluća je 8,93:1.

Treba imati u vidu da nema sigurnog nivoa aeroxagađenja i da sa povećanjem njegovog nivoa, raste i rizik obolijevanja.

Zakonski okvir u Federaciji BiH iz oblasti monitoringa kvaliteta zraka

Naši temeljni propisi koji se bave zagađenjem zraka i njegovom kvalitetom su sljedeći:

- 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);
- 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).

Granične vrijednosti, gornja i donja granica ocjenjivanja, tolerantne vrijednosti i pragovi upozorenja / uzbune u 2017. godini propisane su Pravilnikom o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka (Sl. Novine FBiH 1/12).

Tako npr.granična vrijednost za SO₂ je propisana kao dnevni prosjek, a ne smije se prekoračiti više od 3 puta u toku godine. Granična vrijednost za NO₂ je propisana kao jednočasovni prosjek, a ne smije se prekoračiti više od 18 puta u toku godine. Granična vrijednost za CO je propisana kao 8-časovna srednja vrijednost, a ne smiju se prekoračiti više od 18 puta u toku godine. Granična vrijednost za PM₁₀ je propisana kao dnevna srednja vrijednost, a ne smije se prekoračiti više od 35 puta u toku godine.



Stanice za monitoring kvaliteta zraka u Federaciji BiH i Zeničko-dobojskom kantonu

Na slijedećoj tabeli prikazane su stanice za monitoring kvaliteta zraka na teritoriju Federacije BiH, kao i grada Zenice. Metalurški institut Kemal Kapetanović upravlja mrežom stanica od 3 fiksne i jednom mobilnom stanicom u gradu Zenica. Federalni hidrometrološki zavod (FHMZ) vrši monitoring na jednoj lokaciji u gradu Zenica. Općina Kakanj vrši monitoring kvaliteta zraka na jednoj lokaciji u naselju Doboj između termoelektrane i gradskog središta. Rezultati dosadašnjih mjerenja ukazuju da je veliki broj građana izložen zagađenju koje može ozbiljno ugroziti zdravlje.

Mjesto	Stanica	Operater	SO ₂	NO _x	O ₃	CO	B-T-X	PM10	PM2.5	PM uzorkivač	
1	Sarajevo	Bjelave	FHMZ	X	X	X	X	X		x	
2		Vijećnica	ZZJKS	X	X	X	X	X			
3		Otoka		X	X	X	X	X			
4		Iliđa		X	X	X	X	X			
5	Tuzla	BKC	MPUZO TK	X	X	X	X		X		
6		Skver		X	X	X	X		X		
7		Cerik/Žrnice*		X	X	X	X		X		
8		Bukinje		X	X	X	X		X		
9	Lukavac	Centar		X	X	X	X		X		
10	Zenica	Brist	FHMZ	X	X	X		X			
11		Centar	Općina Zenica	X	X	X	X	X	X		X
12		Radakovo		X	X	X	X	X	X		X
13		Tetovo		X	X	X	X	X	X		X
14	Kakanj	Doboj	Općina Kakanj	X	X	X	X	X			
15	Ivan Sedlo	Meteo. stanica		FHMZ	X	X	X		X		X
16	Jajce	Meteo. stanica	FHMZ	X	X	X		X			
17	Goražde	Rasadnik	FHMZ	X	X	X	X	X	X		
18	Mostar	Sveučilište	Sveučilište		X	X		X			
19	Ilijaš	Osnovna škola	ZZJKS	X	X			X			

Bilo bi potrebno osigurati analize sadržaja sitnih lebdećih čestica (PM_{2,5}) na više lokacija u gradskim središtima. Također je potrebno osigurati monitoring koncentracija benzena u Zenici zbog specifičnih industrijskih procesa koji mogu emitovati značajne količine ovog polutanta, te vršiti uzorkovanje i mjerenje koncentracija benzo(a)pirena.

Potrebno je razviti disperziono modeliranje kvaliteta zraka za potrebe izrade analize izvora zagađenja, smanjenje daljeg ugrožavanja kvaliteta zraka od strane budućih izgrađenih objekata i potrebe prostornog planiranja, kao i za potrebe kratkoročnog prognoziranja kvaliteta zraka.

U svim gradskim središtima u kojima nije uspostavljen kontinuirani monitoring kvaliteta zraka neophodno je osigurati povremena mjerenja lebdećih čestica i SO₂, a u Visokom i Maglaju preporučljivo osigurati i povremena mjerenja koncentracija sumporvodika.

Kada govorimo o dozvoljenim koncentracijama, onda se radi o prihvatljivom stepenu rizika po zdravlje ljudi. Kvantificiranje utjecaja onečišćenja zraka na javno zdravlje postalo je sve važnija komponenta u raspravi o zdravstvenoj politici. Nedavni podaci pokazuju da više od 70% svjetske populacije živi u gradovima. Nekoliko je studija izvijestilo da su trenutni nivoi onečišćujućih materija u zraku u urbanim područjima povezani s nepovoljnim zdravstvenim rizicima. International Agency for Research on Cancer (IARC) je nedavno klasificirala onečišćenje vanjskog zraka i pripadajuće čestice (PM) kao kancerogene za ljude. Unatoč poboljšanjima kvaliteta zraka u posljednjih nekoliko godina, još uvijek se nastavlja široko rasprostiranje u Europi, osobito u odnosu na PM i dušikove okside. U većini slučajeva kvalitet zraka kvantificiran je samo kombinacijom nadziranih i modeliranih podataka i ne provodi se procjena utjecaja na zdravlje.

Strategijom razvoja zdravstva na području Zeničko-dobojskog kantona, u okviru strateškog programa 1.3. Okoliš i zdravlje, definisana je mjera 1.3.2. kojom je predviđeno provođenje istraživanja efekata koje zagađenje okoliša ima na zdravlje ljudi. Kroz studiju o uticaju polutanata na ljudsko zdravlje nastojaće se procijeniti jačina uzročno-posljedičnih veza između izloženosti polutantima i težine morbiditeta i mortaliteta (Health impact assessment). Ova studija predstavlja prvi korak u istraživanju uticaja okolišnih faktora na zdravlje ljudi. Da bi se istraživanje moglo proširiti i na ostatak Kantona,



neophodno je osigurati kontinuirano mjerenje polutanata i u drugim sredinama, te nastaviti sa procjenom rizika.

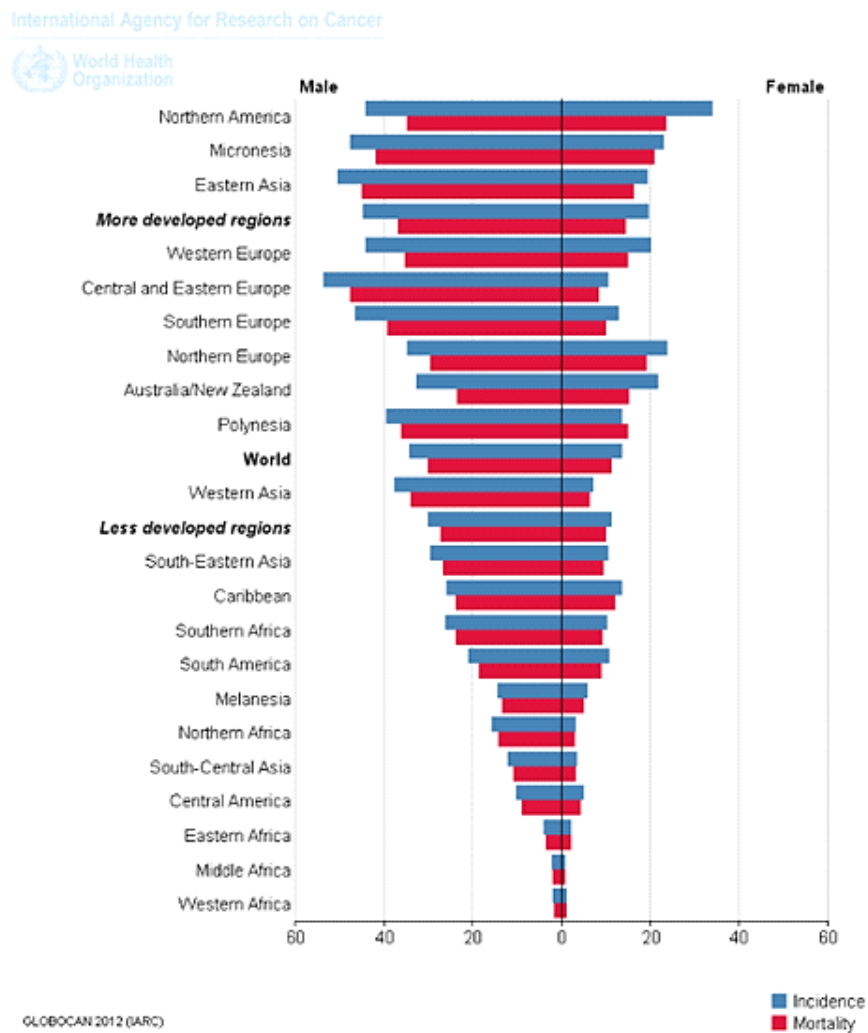
Epidemiologija karcinoma pluća

Karcinom pluća pogađa uglavnom stariju populaciju. Dva od tri novootkrivena pacijenta su stariji od 65 godina, a samo je 2% pacijenata mlađih od 45 godina. Prosječna dob prilikom verifikacije bolesti je 70 godina. Mogućnost da se kod muškarca tokom njegovog životnog vijeka razvije karcinom je 1:13, a kod žena 1:16. Ovi podaci se odnose i na pušače i nepušače, ali naravno taj rizik se povećava kod pušača, a smanjuje kod nepušača. Muškarci crne rase imaju 20% veću šansu oboljevanja od muškaraca bijele rase. U momentu verifikacije bolesti 57% pacijenata ima udaljene metastaze, a njihovo 5-godišnje preživljavanje je 3,9%. Samo 15% pacijenata ima lokalizovanu bolest sa 5-godišnjim preživljavanjem 53,5%. Kod 22% pacijenata bolest je proširena na regionalne limfne čvorove sa 5-godišnjim preživljavanjem 26,1%.



Stopa učestalosti i mortaliteta uzrokovana karcinomom pluća kod žena i muškaraca u Svijetu.

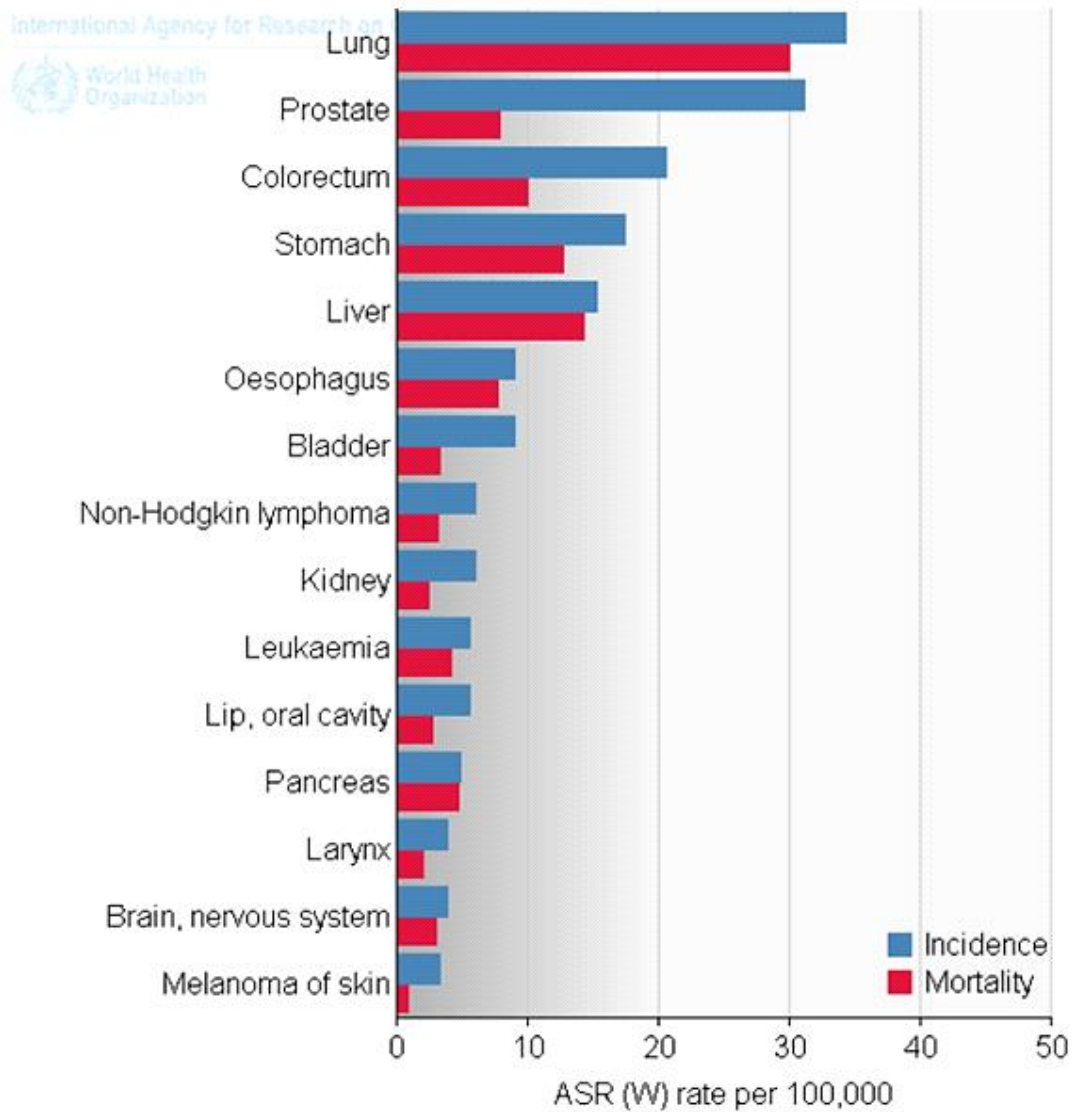
(Izvor:GLOBOCAN 2012)





Stopa učestalosti i mortaliteta uzrokovana malignim bolestima kod muškaraca u Svijetu.

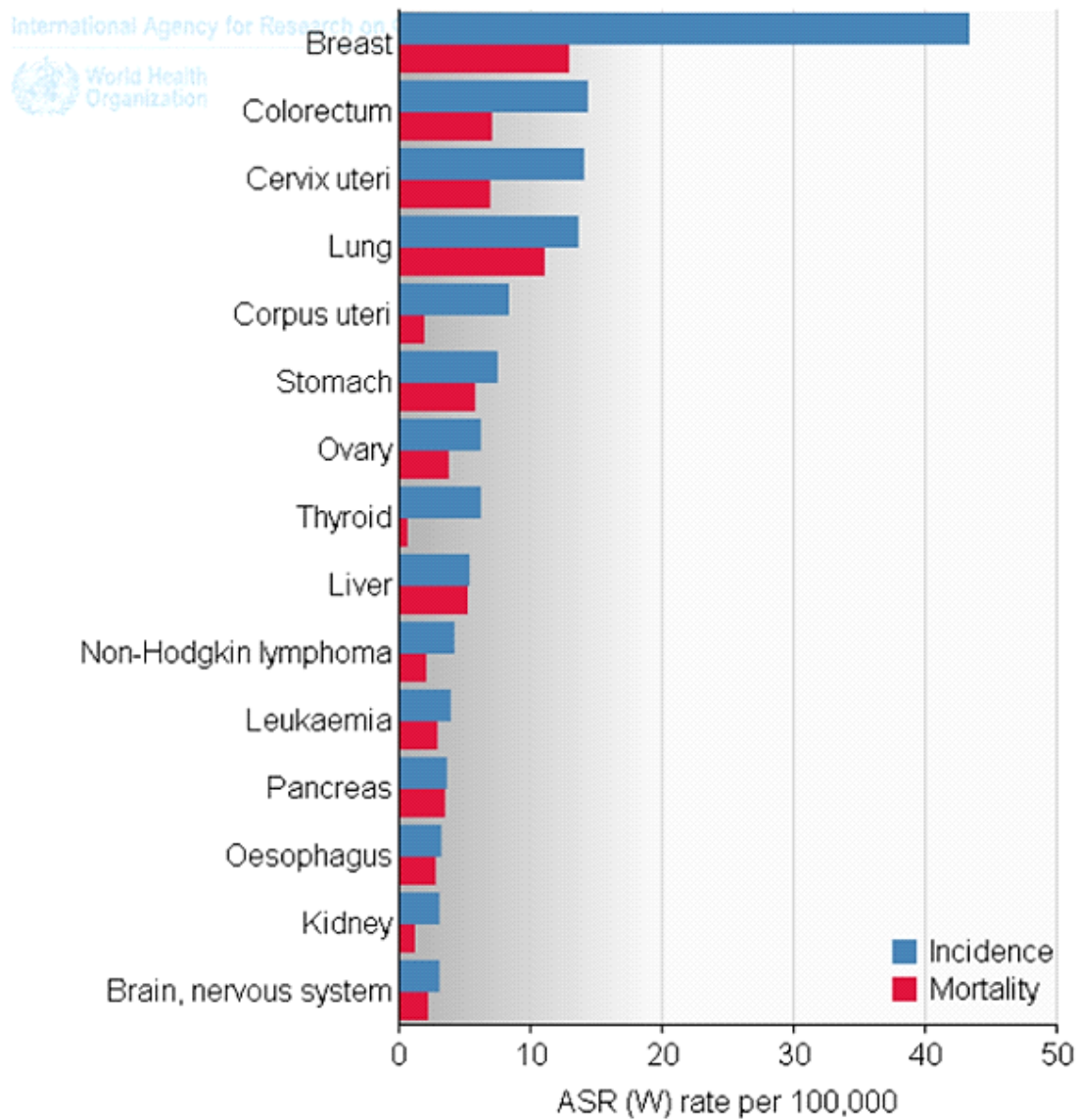
(Izvor: GLOBOCAN 2012)





Stopa učestalosti i mortaliteta uzrokovana malignim bolestima kod žena u Svijetu.

(Izvor:GLOBOCAN 2012)



Patogeneza karcinoma pluća

Razumijevanje karcinogeneze karcinoma pluća i razvoj novih tehnologija u otkrivanju biomarkera tog karcinoma ostvarilo je značajan napredak. Molekularne promjene kod preneoplazija i invazivnih karcinoma usmjerile su istraživanja na biomarkere za rano otkrivanje karcinoma i mogućnost personalizacije tretmana bolesnika koji bi se osnivao na profilu biomarkera. Promjene u ekspresiji gena i kromosomskoj strukturi pokazane u takvim preneoplastičnim lezijama i njihova učestalost i broj rastu s atipijom stanica.

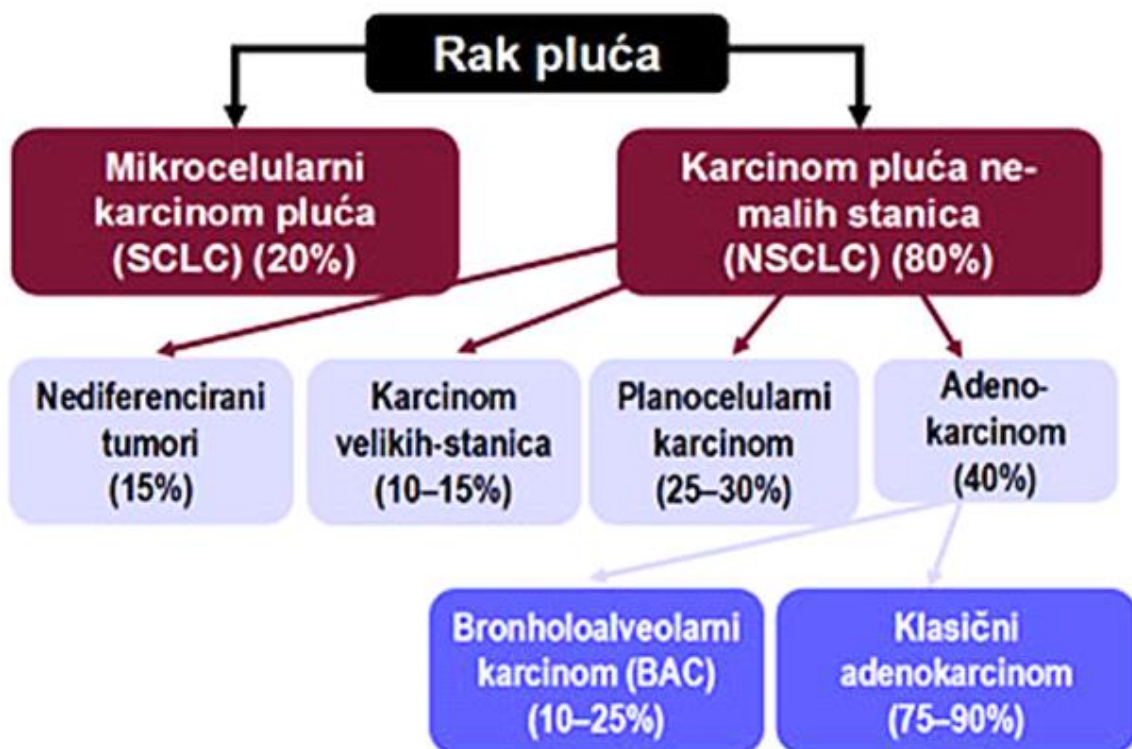
Postoje saznanja o razlici u karcinogenom efektu pušenja cigareta između žena i muškaraca. Prema podacima, žene češće razviju karcinom žljezdanih stanica, ali žive duže. Razlike između spolova vidljive su i u odgovoru na biološke i antiangiogenske lijekove. Karcinomi nepušača genetski su različiti od karcinoma stanica povezanih s pušenjem, što također utječe na izbor tretmana bolesti.

Etiologija karcinoma pluća

Najvažniji čimbenik rizika za razvoj te zloćudne bolesti je aktivno pušenje cigareta koje sadrže više od 50 kancerogenih spojeva; nitrozamini, policiklički aromatski ugljikohidrati i anorganski spojevi; 3,4 benzpiren glavni je kancerogen iz dima duhana. Postoji povezanost između učestalosti razvoja karcinoma pluća s brojem popušanih cigareta. Ljudi koji puše 30 i više cigareta na dan, imaju skoro 20 puta veći rizik za nastanak karcinoma pluća od onih koji nikad nisu pušili. Isto tako pasivno pušenje također povećava rizik od nastanka karcinoma pluća. U razvijenim zemljama pušenje uzrokuje 90-95% svih karcinoma u muškaraca, dok je kod žena postotak nešto manji (70-85%).

Učestalost karcinoma pluća veća je kod ljudi nižeg socioekonomskog statusa i obrazovanja, što ima veze s njihovom češćom navikom pušenja, ali isto tako i većom izloženošću ostalim čimbenicima rizika. Inhalacijski karcinogeni imaju

važnu ulogu u razvoju karcinoma pluća (benzpiren, azbest, radioaktivni materijali, nikal, krom i arsen). Pozitivna obiteljska anamneza također je važan čimbenik rizika (osoba kojoj je jedan roditelj bolovao od karcinoma pluća ima pet puta veći rizik za nastanak ove bolesti). Aeropolucija u urbanim sredinama, izlaganje azbestu, ionizacijskom zračenju, niklu, kromu i arsenu također su povezani s nastankom karcinoma pluća. A važnu ulogu u nastanku te bolesti imaju i genske mutacije.



Virusi kao etiološki faktor karcinoma pluća. Od ranije je poznato da se etiologija nekih karcinoma povezuje sa virusima: humani papiloma virus (HPV) i karcinom cerviksa, virus hepatitisa B i C i hepatocelularni karcinom, dok se *Helicobacter pylori* povezuje sa karcinomom želuca. Brojna istraživanja povezuju karcinom pluća sa HPV i sa virusom morbila. Prema jednom istraživanju, u kome je pregledano 36 uzoraka tkiva pacijenata sa „Non-small-cell lung carcinoma“ (NSCLC) karcinomom pluća, u 6% uzoraka izolovan je HPV, podtipova 16 i 18. Prisustvo HPV je češće nađeno kod žena, nepušača,



kao i kod oboljelih od adenokarcinoma pluća. Interesantno je da pacijenti kod kojih je nađen HPV imaju nešto bolju prognozu.

Pozitivna porodična anemneza kao etiološki faktor. Ukoliko je rođak prve linije imao karcinom pluća, rizik za oboljevanje je povećan za 51%, a rizik se dodatno uvećava ako je pacijent pušač ili ako je više rođaka oboljelo.

Poremećen imunološki sistem kao etiološki faktor. Imunološki sistem kompromituju HIV infekcija (AIDS), kao i lijekovi koji se koriste nakon transplantacije organa. Prema jednom istraživanju, osobe sa HIV/AIDS imaju tri puta veći rizik da dobiju karcinom pluća od zdrave populacije, dok je rizik udvostručen kod osoba koje primaju imunosupresivnu terapiju. Pod povećanim rizikom su i pacijenti oboljeli od autoimunih bolesti.

Ranije liječen neki drugi karcinom kao etiološki faktor. Postoje brojni dokazi da ranije verifikovan karcinom druge lokalizacije i njegovo liječenje povećavaju rizik od nastanka karcinoma pluća, npr. radioterapija zbog karcinoma dojke, čak i 20 godina nakon pojave karcinoma dojke, a prema jednoj švedskoj studiji rizik se povećavao ako su žene bile pušači i ako u tumoru nisu nađeni estrogenski receptori. Takođe je uočeno češće javljanje karcinoma pluća kod osoba liječenih od Hodgkinovog i Non-Hodgkin-ovog limfoma, karcinoma testisa, maligni gastrointestinalni stromalni tumori, karcinoma glave i vrata pankreasa, ezofagealnog i cervikalnog karcinoma.

Prethodno oboljenje pluća kao etiološki faktor. Ranija oboljenje pluća zbog kojeg je nastalo ožiljno tkivo u plućima povećava rizik od karcinoma pluća i to najčešće adenokarcinoma. Jedno od najčešćih oboljenja koje povećava rizik od karcinoma pluća je tuberkuloza. Također je uočena veća incidenca karcinoma kod pacijenata koji su prebolovali infekciju pluća sa *Chlamydia pneumoniae*, a smatra se da su razlog tome antitijela stvorena na pomenuti mikroorganizam.

Zagađenje zraka kao etiološki faktor. Prolongirano izlaganje zagađenom zraku povećava rizik od nastanka karcinoma pluća. Prema rezultatima jedne meta-analize, ukoliko se poveća broj štetnih čestica u jednom kubnom metru zraka za 5 µg, rizik za nastanak karcinoma pluća raste za 18%, a ako se broj čestica poveća za 10 µg po jednom metru kubnom zraka, taj rizik raste za 22%. Takođe je u ovoj studiji uočeno da se kod osoba izloženih zagađenju zraka najčešće javlja adenokarcinom.

Industrijski kancerogeni i aeroxagađenje. Istraživanja o profesionalnoj izloženosti kancerogenima, iako često zahtjevaju dug vremenski period, pružaju značajno razumijevanje kancerogenosti velikog broja hemikalija i fizičkih agenasa. Među karcinomima koji su povezani sa profesionalnom izloženosti karcinom pluća je najčešći. Procjene su da je oko 9-15% slučajeva karcinoma pluća povezano sa profesionalnom izloženosti. U industrijski razvijenim zemljama doprinos profesionalne izloženosti za razvoj karcinoma pluća je mali u poređenju sa pušenjem, ali je velik u poređenju sa većinom drugih kancerogena. Pušenje cigareta potencira efekat profesionalnih plućnih kancerogena.

Radnici izloženi katranu i čađi (koji sadrže benzopiren) u koncentracijama koje prevazilaze one u urbanom zraku, kao što su radnici u proizvodnji koksa, imaju povećan rizik od karcinoma pluća. Izloženost brojnim metalima, uključujući arsen, hrom, kobalt i nikel također izaziva karcinom pluća. Mehanizmi kojim joni metala pokreću proces kancerogeneze nisu dovoljno ispitani, ali se zna da oni izazivaju brojne interakcije sa humanim gentskim materijalom.

U razvijenim zemljama su međutim izloženosti ovim kancerogenima uglavnom dobro kontrolisane. Izloženost dizel i benzinskim izduvnim gasovima također je povezano sa razvojem karcinoma pluća. Pitanje da li je silicijumska prašina faktor rizika za razvoj karcinoma pluća je kontraverzno. Međutim, Međunarodna Agencija za istraživanje karcinoma je klasifikovala kristalni silicijum dioksid kao kancerogenu materiju, ali neki i dalje nastavljaju da

dovode u pitanje njegovu kancerogenost i ulogu u razvoju fibroze kod osobe sa silikozom.

Nekoliko drugih industrijskih karcinogena, kao što su policiklični ugljovodonici, azotni oksidi, azbest, herbicidi, insekticidi i drugi povećavaju rizik za nastanak raka pluća. Izlaganje azbestu povećava rizik za razvoj karcinoma pluća. Karcinom pluća je najčešći malignitet u pojedinaca izloženih azbestu, naročito kod pušača. Radnici izloženi azbestu, koji su nepušači, imaju preko pet puta veći rizik za razvoj karcinoma pluća, dok oni koji su pušači imaju 50 do 90 puta veći rizik za razvoj karcinoma pluća. Latentni period prije pojave karcinoma pluća je 10 do 30 godina.

Profesionalna ekspozicija određenim hemijskim supstancama. Brojne su hemijske supstance koje su prisutne u profesionalnom okruženju, a koje se smatraju faktorima rizika za nastanak karcinoma pluća: azbest, silicijum dioksid, izduvni gasovi. Izloženost azbestu je danas daleko manja nego npr. 60-ih godina prošlog vijeka. Silicijum dioksid se široko upotrebljava u industriji, uzrokuje silikozu pluća, koja povećava rizik od nastanka karcinoma pluća. Rizik se povećava ukoliko je postoji udruženost sa pušenjem.

Ekspozicija gasovima radona kao etiološki faktor. Radon je prirodni radiokativni gas koji nastaje iz malih čestica uranijuma koji je prisutan u stijenama i zemljištu. Najveće koncentracije su otkrivene u jugozapadnom dijelu Engleske. Smatra se drugim najznačajnijim faktorom rizika za nastanak karcinoma pluća, poslije pušenja. Rizik od nastanka karcinoma pluća se naročito uvećava ako je osoba pušač izložena istovremeno i radonu.

Pušenje kao etiološki faktor. U cigaretama, kao i u duvanskom dimu se nalaze brojne toksične i kancerogene materije: ugljen monoksid (CO), nikotin (C₁₀H₁₄N₂), hidrogen cijanid (HCN), amonijak (NH₃), formaldehid (CH₂O), benzen (C₆H₆), vinil klorid (C₂H₃Cl), arsen (As), kadmij (Cd). Smatra se da se od 10 slučajeva karcinoma pluća, 9 javlja kod pušača. Pušenje se smatra glavnim faktorom rizika za nastanak karcinoma pluća, a povećava rizik od nastanka drugih plućnih oboljenja, ali i kardiovaskularnih i drugih oboljenja.



Isto tako se smatra faktorom rizika i za nastanak karcinoma usne duplje, larinksa, jednjaka, mokraćne bešike, bubrega, pankreasa i grlića materice. Kod 3% oboljelih od karcinoma pluća nastanak oboljenja se povezuje sa pasivnim pušenjem, tj. pasivnom dugotrajnom izloženošću duvanskom dimu.

Jonizujuće zračenje kao etiološki faktor. Epidemiološke studije među populacijom izloženom visokim dozama zračenja pokazuju da je karcinom pluća jedan od kancera povezanih sa izlaganjem jonizujućem zračenju. Dvije vrste zračenja, klasifikovane po brzini prenosa energije na tkiva su relevantne za karcinom pluća: niski linearni prenos energije zračenja - low-LET (X-zraci i gama zraci) i visoki linearni prenos energije zračenja - high-LET (npr. neutroni i radon). High-LET zračenje proizvodi jonizaciju u tkivima relativno veće gustine nego low-LET zračenje, tako da su ekvivalentne doze high-LET zračenja prouzrokovale veća biološka oštećenja nego doze low-LET zračenja.

Aktuelne javno-zdravstvene aktivnosti u vezi zagađenja zraka u BiH

Tokom 2018.godine na inicijativu Ambasade SAD, kao i još nekih drugih ambasada, te ureda Svjetske zdravstvene organizacije i UNDP u Sarajevu, došlo je do niza sastanaka i radionica predstavnika zdravstvenih vlasti iz regija Bosne i Hercegovine, koje su najviše pogođene zagađenjem zraka, a to su Tuzla, Zenica, Sarajevo i Banja Luka. Sastancima su prisustvovali i predstavnici Federalnog hidrometeorološkog zavoda. Raspravljalo se je o dvije vodeće teme, a to su bile slijedeće: (a) procjena kvaliteta zraka u zagađenim područjima, i (b) procjena efekata zagađenja zraka na zdravlje stanovništva.

Na našem posljednjem zajedničkom sastanku u mjesecu novembru, koji je održan u Sarajevu, pored pomenutih aktera prisustvovala je i Dr Draženka Malićbegović, pomoćnica ministra za zdravlje u Ministarstvu civilnih poslova BiH. Postignut je opći konsenzus svih sudionika rasprave da se za procjenu efekata zagađenja na zdravlje ljudi koristi "Air Quality" softver (AirQ) Svjetske zdravstvene organizacije. Pomenuti softver dovodi u korelaciju koncentraciju najvažnijih polutanata u zraku i neke mortalitetne i morbiditetne parametre za određenu regiju i grad. Na osnovu te analize se u relativno kratkom vremenu mogu procijeniti štetni efekti na zdravlje, kao npr. udjel aeroxagađenja u broju izgubljenih godina života zbog prerane smrtnosti. Ovakvi podaci se mogu koristiti kao jaki argumenti u borbi za sprovođenje mjera protiv zagađenosti zraka.

CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj naše studije je utvrditi uticaj areozagađenja na zdravlje ljudi kroz povezanost stepena zagađenja zraka i nekoliko mortalitetnih varijabli na području grada Zenice. Ostali ciljevi studije su bili utvrditi distribuciju stope mortaliteta od respiratornih karcinoma po općinama na ZDK, kao i utvrditi distribuciju stope mortaliteta od svih karcinoma po općinama na ZDK.

METODE RADA

Mortalitetni parametri za Grad Zenicu, kao i za ostale općine Kantona, su preuzeti iz baze podataka Federalnog zavoda za statistiku. Relevantni mortalitetni parametri su bili sljedeći: opća stopa mortaliteta; mortalitet od malignih bolesti; mortalitet od karcinoma pluća; mortalitet od infarkta miokarda; i mortalitet od moždanog udara.

Podaci Federalnog zavoda za statistiku za period 1999-2016 godine o općim i specifičnim stopama mortaliteta su korištena za analizu ovih stopa po općinama na području Kantona. Obzirom da neke od općina na Zeničko-dobojskom kantonu imaju mali broj stanovnika, te samim tim i mali broj slučajeva smrti od nekog specifičnog uzroka smrti, kod analize specifičnog mortaliteta od karcinoma ukupno i od respiratornih karcinoma, kalkulacije su rađene na bazi petogodišnjih prosjeka (tri petogodišnja prosjeka), kako bi se izbjegle greške malih brojeva.

SZO je nedavno razvila novu verziju softwera "Air Quality" (AirQ) za procjenu korelacije između koncentracije polutanata u zraku i raznih mortalitetnih i morbiditetnih parametara. U našem istraživanju smo analizirali parametre mortaliteta na teritoriju Ze-Do Kantona, kao i na području grada Zenice, tokom posljednjih 20 godina. Koristeći AirQ software, procijenili smo korelaciju koncentracije polutanata u gradu Zenici s mortalitetnim parametrima za

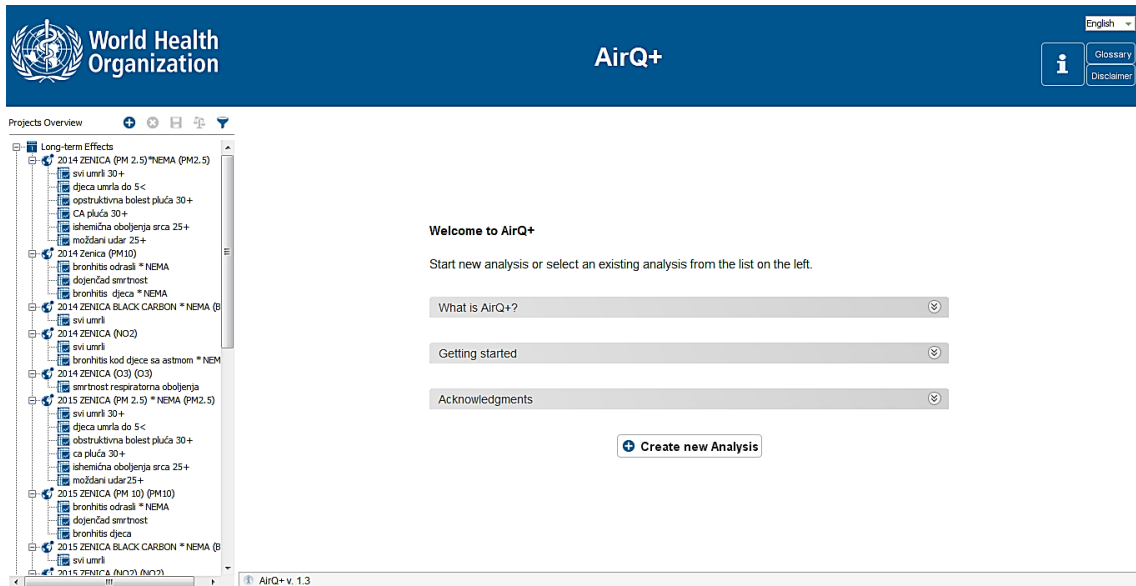
razdoblje 2014-2016.godina. Relevantni mortalitetni parametri su bili slijedeći: opća stopa mortaliteta; mortalitet od malignih bolesti; mortalitet od karcinoma pluća; mortalitet od infarkta miokarda; i mortalitet od moždanog udara. Koristeći AirQ software, procijenili smo utjecaj različitih koncentracija polutanata u gradu Zenici na mortalitetne parametre za buduće razdoblje, tj. razvili smo moguće scenarije. Na osnovu raspoloživog softwera moguće je predvidjeti opcije efekata budućih scenarija kretanja zagađenja zraka, kao i ponuditi aproksimativne benefite smanjenja koncentracije polutanata u zraku u smislu zdravstvenih ishoda. Prikazani rezultati kao i sama metodologija može koristiti donosiocima odluka za kreiranje mjera i investicija u zaštiti od zagađenja zraka u smislu zdravstvenih benefita stanovnika grada Zenice.

Podaci o koncentracijama polutanata su korišteni iz baze Federalnog hidrometeorološkog zavoda. Kako ovaj zavod nema podatke o kontinuiranim mjerenjima polutanata za druga naseljena mjesta na području Zeničko-dobojskog kantona, analiza efekata pojedinih polutanata je rađena samo za područje grada Zenice.

Na slici 1 prikazana je početna forma AirQ+ softwera, koji je dostupan na web stranici Svjetske zdravstvene organizacije. Ovaj softver ima dvije odvojene opcije koje može analizirati, a to su dugoročni i kratkoročni efekti. U ovom istraživanju smo se odlučili baviti dugoročnim efektima zagađenja zraka, a to su pomenute varijable mortaliteta.



Slika 1.: WHO Air Q + softwer



Slika 2.: Prikaz forme za unos podataka za izračunavanje dugoročnih efekata PM2,5

Analysis Properties

Analysis: Long-term Effects (Ambient)

Analysis Name: 2014 ZENICA (PM 2.5)*NEMA (PM2.5)

Pollutant: PM2.5

Pollution Concentration

Input Mean Value Input Air Quality Data

Mean Value ($\mu\text{g}/\text{m}^3$):

Location

Location: 2014 ZENICA (PM 2.5)*NEMA

Total Population:

Year:

Area Size (km^2):

Latitude:

Longitude:

Source of Air Quality Data and Comments

pollution data: Izvještaj Federalni hidrometeorološki zavod
14

Metarški institut K. Kapetanović, Federalni hidrometeorološki zavod ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Create new Impact Evaluation Create new Life Table Evaluation

Analysis: 2014 ZENICA (PM 2.5)*NEMA (PM2.5)



Software radi na principu unosa broja ugrožene populacije, vrijednosti određenog polutanta (godišnji prosjek), te broj umrlih osoba od određenog uzroka, na osnovu čega softwer prikazuje koliki udio ukupno umrlih od nekog uzroka se može povezati sa efektima aerozagađenja. Vrijednosti se iskazuju u rasponu (niža vrijednost – srednja vrijednost – viša vrijednost).

Slika 3.: Prikaz forme za unos podataka za izračunavanje dugoročnih efekata PM2,5 na stopu općeg mortaliteta kod osoba starijih od 30 godina

Impact Evaluation
Detailed Results

Impact Evaluation (PM2.5)

Evaluation Name:

Health Endpoint

Health Endpoint:

Incidence (per 100 000 per year): Pop. at risk (100%): #

Calculation Parameters

Calculation Method: Formula: $RR(X) = e^{B(X - X_0)}$

Relative Risk: Lower: Upper:

Cut-off Value X0 (see formula)

Mean Concentration X:

Calculate

Results (last calculation 2019-02-11 13:23:47)

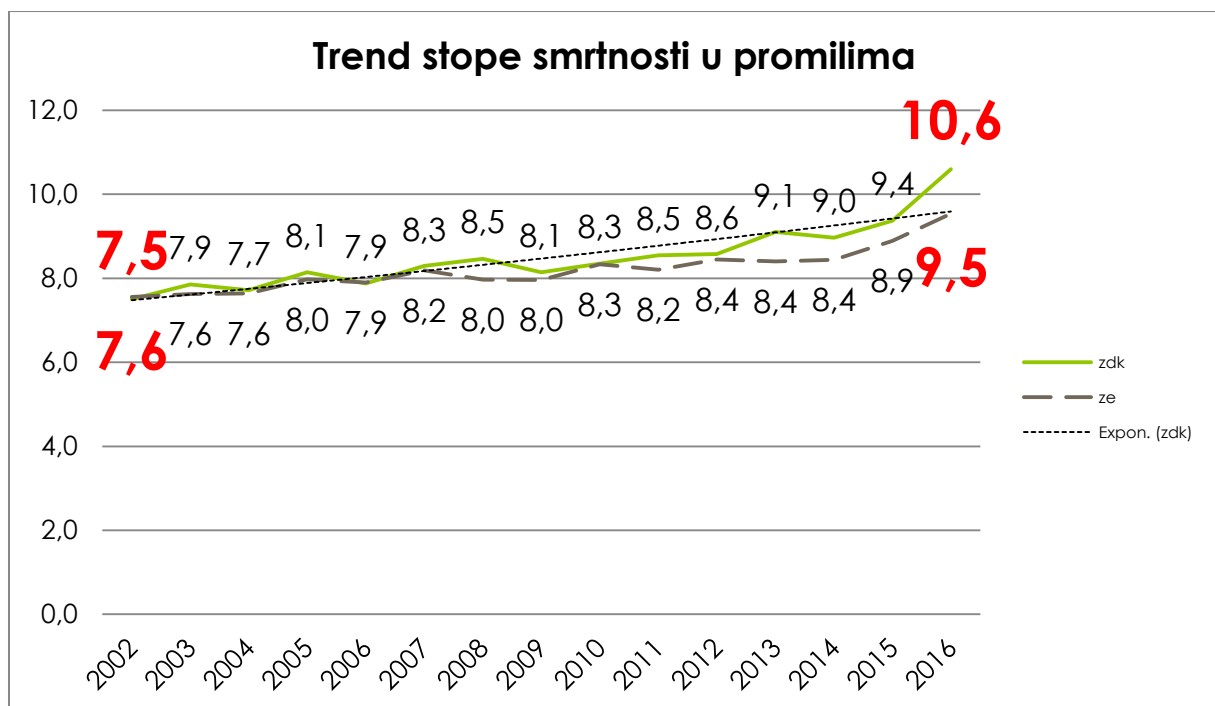
	Central	Lower	Upper
Estimated Attributable Proportion	17.66%	11.9%	22.71%
Estimated number of Attributable Cases	206	139	264
Estimated number of Attributable Cases per 100 000 Population at Risk	169.47	114.19	217.91



Rezultati i diskusija

Na grafikonu br.1. prikazana je komparacija opće stope mortaliteta u Zeničko-dobojskom Kantonu (ZDK) i Gradu Zenici za razdoblje 2002-2016.godina. Evidentan je progresivan porast opće stope mortaliteta na teritoriju cijelog Kantona u pomenutom razdoblju od početne vrijednosti od 7,5 promila u 2002.godini do 10,6 promila u 2016.godini. U Gradu Zenici postoji kontinuirani porast opće stope mortaliteta u pomenutom razdoblju, kao i na teritoriju cijelog Kantona, ali su vrijednosti nešto niže od kantonalnog prosjeka. S početnih 7,6 promila u 2002.godini opća stopa mortaliteta je porasla na 9,5 promila u 2016.godini. Ovakav trend porasta opće stope mortaliteta na našem teritoriju je alarmantan podatak u javno-zdravstvenom smislu.

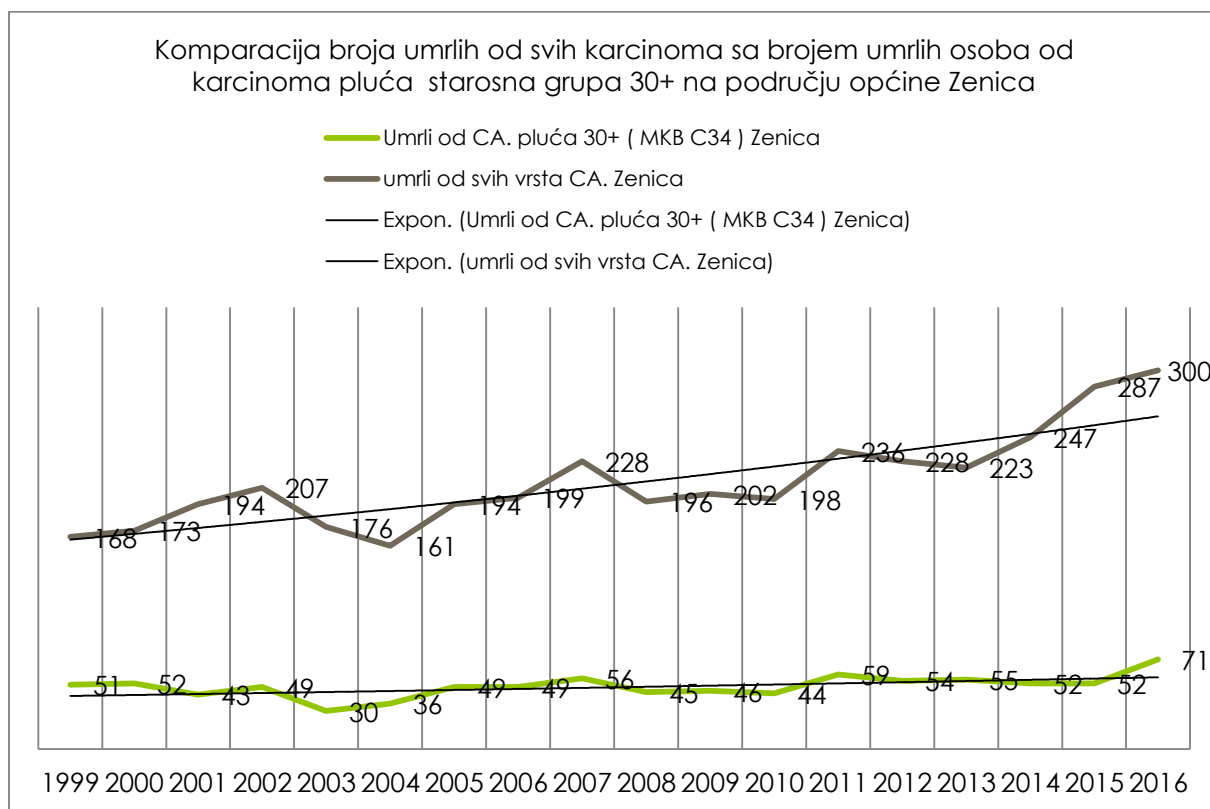
Grafikon 1.: Komparacija opće stope mortaliteta u ZDK i Gradu Zenici za razdoblje 2002-2016





Na grafikonu br.2. prikazan je ukupan broj umrlih osoba od svih karcinoma zajedno na području Grada Zenice kao apsolutan broj u razdoblju 1999-2017.godina, kao i broj umrlih od karcinoma pluća za osobe starije od 30 godina u istom razdoblju. Očito je da se ukupna vrijednost broja umrlih od svih karcinoma gotovo udvostručila, počevši od 168 umrlih u 1999.godini do 300 umrlih u 2016.godini. Broj umrlih od karcinoma pluća na području Grada Zenice također pokazuje porast s početne vrijednosti od 51 tokom 1999.godine do vrijednosti od 71 umrlog u 2016.godini. Interesantno je da je trend porasta broja umrlih osoba od svih karcinoma značajno veći od broja umrlih od karcinoma pluća.

Grafikon 2.: Mortalitet od svih karcinoma i mortalitet od karcinoma pluća za osobe 30+

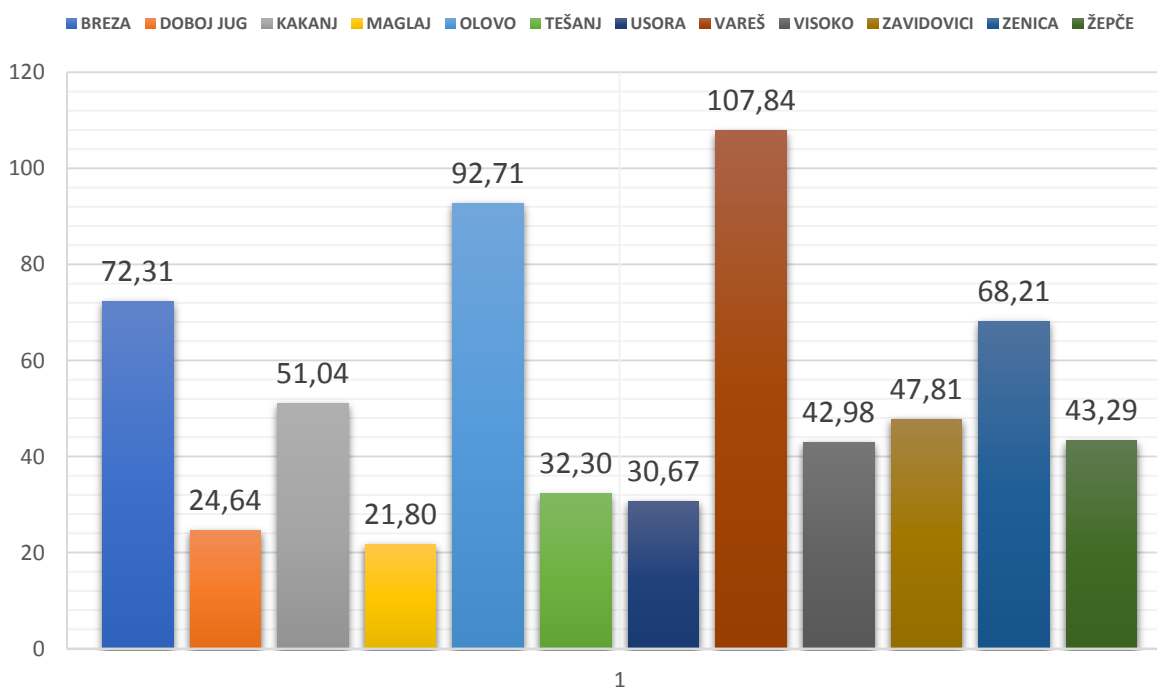




Potom smo analizirali distribuciju stope mortaliteta od respiratornih karcinoma na 100.000 stanovnika po općinama ZDK tokom 2016.godine. Stopa mortaliteta od respiratornih karcinoma je u Zenici iznosila 68,21 / 100.000 stanovnika. Međutim, interesantno je da je ista stopa značajno veća u općinama Vareš (107,84 / 100.000 st.), Olovo (92,71 / 100.000 st.) i Breza (72,31 / 100.000 st.), u poređenju s istom vrijednošću u Zenici (68,21 / 100.000 st.).

Grafikon 3.: Distribucija stope mortaliteta od respiratornih karcinoma na 100.000 stanovnika po općinama ZDK tokom 2016.godine

Umrli od respiratornih karcinoma u Ze Do kantonu po općinama u 2016 - stopa na 100 000

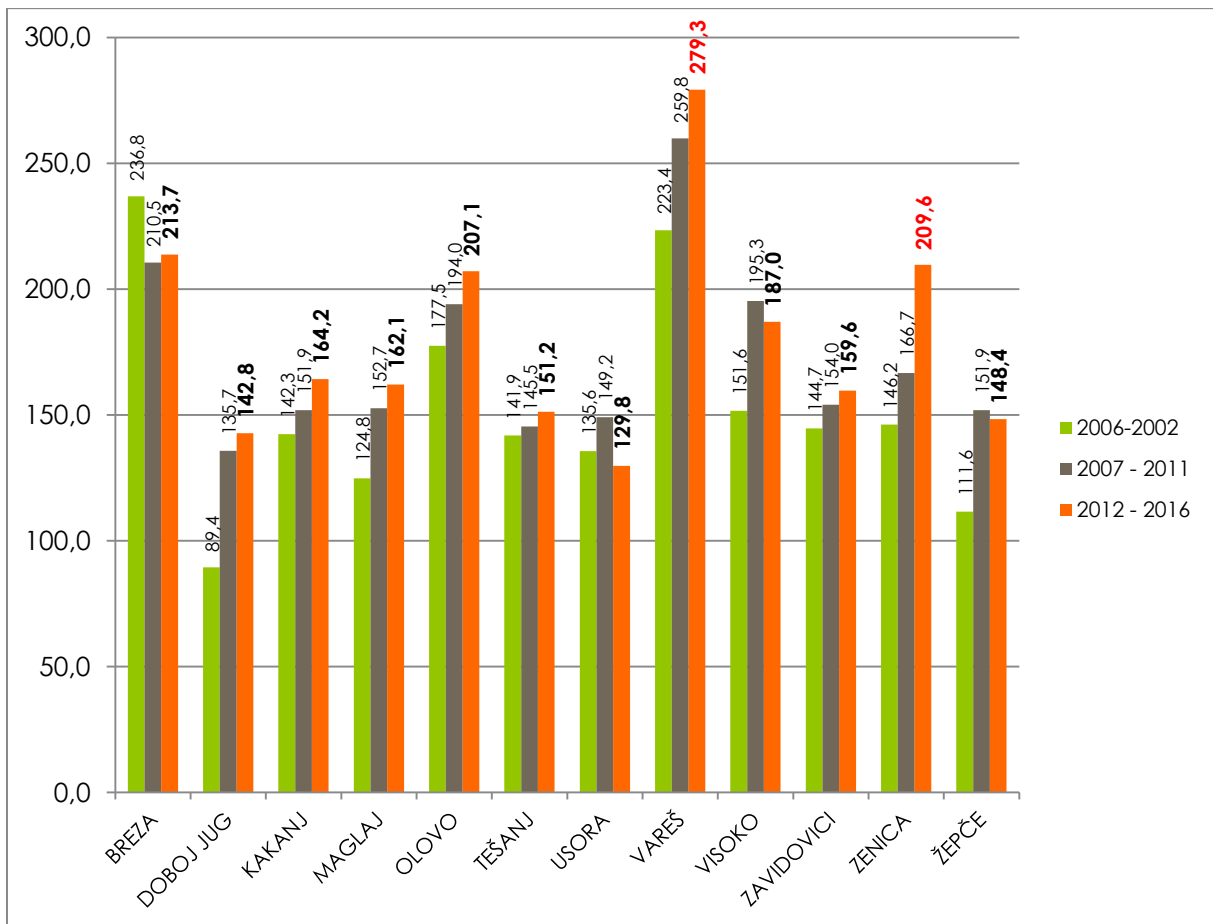


Analizirajući trendove kretanja stopa smrtnosti od respiratornih karcinoma u pojedinim općinama Kantona primijetili smo velika kolebanja tih vrijednosti promatrano iz godine u godinu. Na osnovu preporuka iz literature, kada se radi o gradovima s malim brojem stanovnika, preporučuje se uraditi trogodišnji ili petogodišnji prosjek broja umrlih i tako doći do godišnje stope



mortaliteta na 100.000 stanovnika. Slijedom tih razmišljanja smo na grafikonu 4 prikazali distribuciju godišnje stope mortaliteta od svih karcinoma po općinama za 3 petogodišnja razdoblja (2002-2006; 2007-2011; 2012-2016). Evidentan je kontinuirani porast stope smrtnosti od svih karcinoma u gotovo svim općinama Kantona promatrano kroz pomenuta 3 petogodišnja perioda. U općini Breza, gdje nije evidentan porast stope, može se primijetiti inicijalna visoka vrijednost stope mortaliteta u poređenju s svim ostalim općinama.

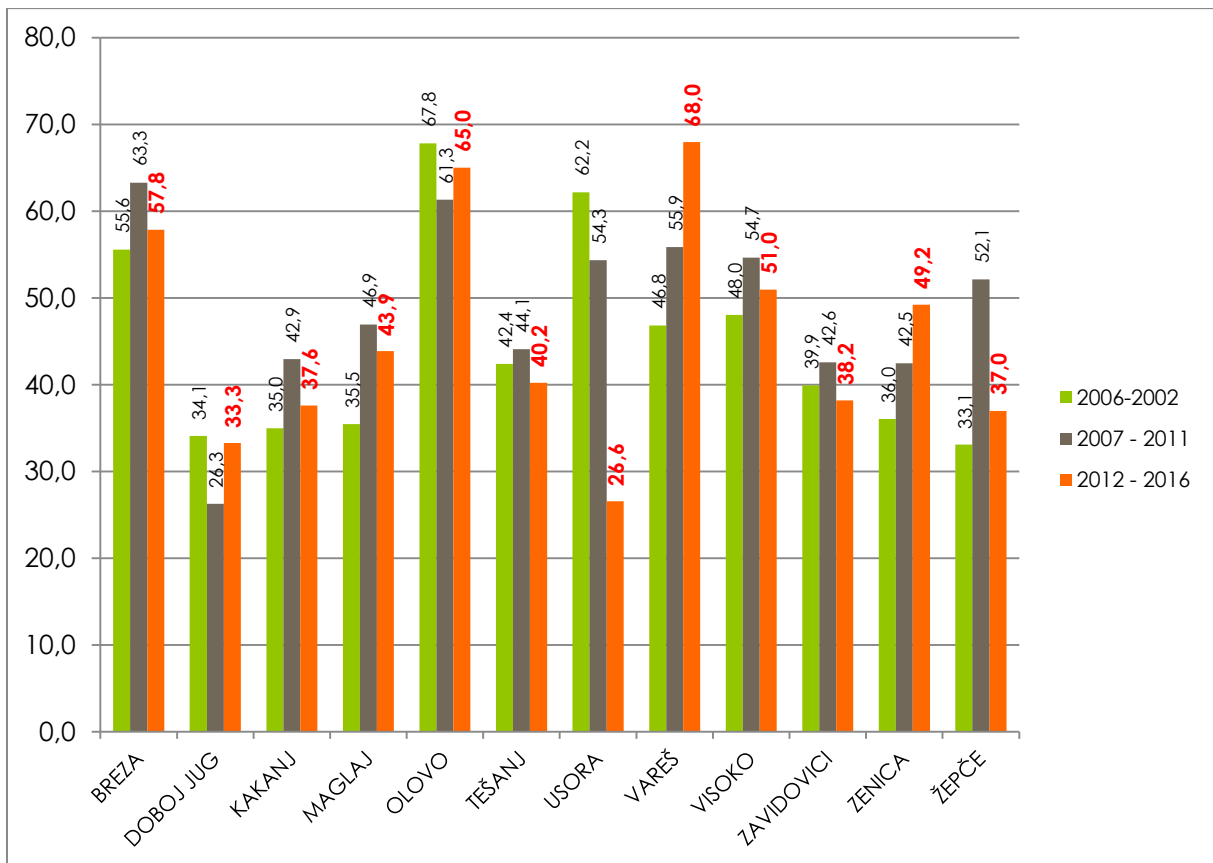
Grafikon 4.: Stopa mortaliteta od svih karcinoma / 100.000 stanovnika po općinama za 3 petogodišnja perioda (2002-2016.godina)





Na grafikonu 5 prikazali smo distribuciju godišnje stope mortaliteta od respiratornih karcinoma na 100.000 stanovnika po općinama za 3 petogodišnja razdoblja (2002-2006; 2007-2011; 2012-2016). Evidentan je kontinuirani porast stope smrtnosti od respiratornih karcinoma samo u općinama Zenica i Vareš, promatrano kroz pomenuta tri petogodišnja perioda. U općinama Usora i Žepče može se primijetiti značajan pad stope smrtnosti u posljednjem razdoblju. U ostalim općinama se primjećuje stagnacija ove stope na vrijednostima iz prethodnog perioda.

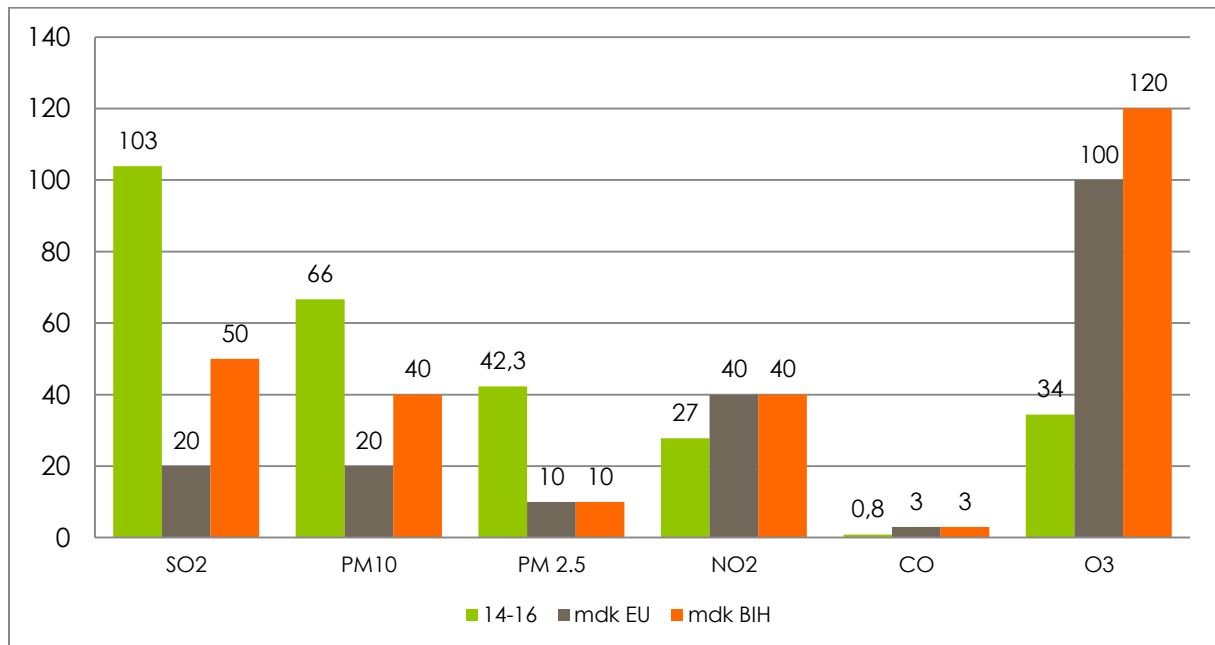
Grafikon 5.: Stopa mortaliteta od respiratornih karcinoma /100.000 stanovnika po općinama za 3 petogodišnja perioda (2002-2016.godina)





Na grafikonu 6 prikazana je uporedba prosječnih godišnjih koncentracija polutanata u zraku u Gradu Zenici s dozvoljenim koncentracijama sukladno standardima u EU i našim važećim standardima. Prosječne godišnje koncentracije polutanata u Zenici smo preuzeli iz izvještaja Federalnog hidrometeorološkog zavoda za 2016.godinu. Koncentracija "sitnih čestica" (PM_{2,5}) se ne mjeri u mjernim stanicama u Zenici. Međutim, iskustvo eksperata u ovoj oblasti kaže da koncentracija PM_{2,5} aproksimativno iznosi 60% od iste vrijednosti za PM₁₀. Tako smo došli do vrijednosti koncentracije PM_{2,5} od 42,3 µg / m³ zraka. Vidljivo je da su vrijednosti SO₂, PM₁₀ i PM_{2,5} značajno povišene iznad dozvoljenih standarda, kako u BiH, tako i u EU. Koncentracije NO₂, CO i O₃ su ispod dozvoljenih vrijednosti.

Grafikon 6.: Komparacija aktuelnih koncentracija polutanata u Gradu Zenici i dozvoljenih koncentracija u standardima BiH i EU





Na tabeli 1 prikazani su naši dobiveni rezultati o utjecaju PM_{2,5} na mortalitetne varijable u Gradu Zenici za razdoblje 2014-2016 kao godišnji prosjek. Godišnji prosjek broja umrlih lica u pomenutom razdoblju je bio 1.164, a broj umrlih na 100.000 stanovnika iznosio je 959. Rezultati analize u AirQ softweru ukazuju da se efektima PM_{2,5} može pripisati 17,66% opće stope mortaliteta, što iznosi 169 umrlih lica / 100.000 stanovnika.

Godišnji prosjek broja umrlih lica od karcinoma pluća iznosio je 58, a broj umrlih na 100.000 stanovnika bio je 48. Rezultati analize u AirQ softweru ukazuju da se efektima PM_{2,5} može pripisati 20,81% stope mortaliteta od karcinoma pluća, što iznosi 10 umrlih lica / 100.000 stanovnika.

Godišnji prosjek broja umrlih lica od ishemičnih bolesti srca iznosio je 79, a broj umrlih na 100.000 stanovnika bio je 65. Rezultati analize u AirQ softweru ukazuju da se efektima PM_{2,5} može pripisati 37,97% stope mortaliteta od ishemičnih obolenja srca, što iznosi 24 umrla lica / 100.000 stanovnika.

Tabela 1.: Utjecaj PM_{2,5} na mortalitetne varijable u Gradu Zenici za razdoblje 2014-2016 kao godišnji prosjek

	Opći mortalitet osoba 30+	Mortalitet od karcinoma pluća 30+	Mortalitet od ishemičnih oboljenja srca 25+	Mortalitet od moždanog udara 25+
Godišnji prosjek broja umrlih	1.164	58	79	104
Broj umrlih / 100.000 st.	959	48	65	86
Udjel efekta PM _{2,5} / 100.000 stanovnika	169 (17,66%)	10 (20,81%)	24 (37,97%)	26 (30,26%)



Na tabeli 2 prikazani su naši dobiveni rezultati o utjecaju NO₂ na opći mortalitet u Gradu Zenici za razdoblje 2014-2016 kao godišnji prosjek. Godišnji prosjek broja umrlih lica u pomenutom razdoblju je bio 1.164, a broj umrlih na 100.000 stanovnika iznosio je 959. Rezultati analize u AirQ softweru ukazuju da se efektima NO₂ može pripisati 6,9% opće stope mortaliteta, što iznosi 66 umrlih lica / 100.000 stanovnika.

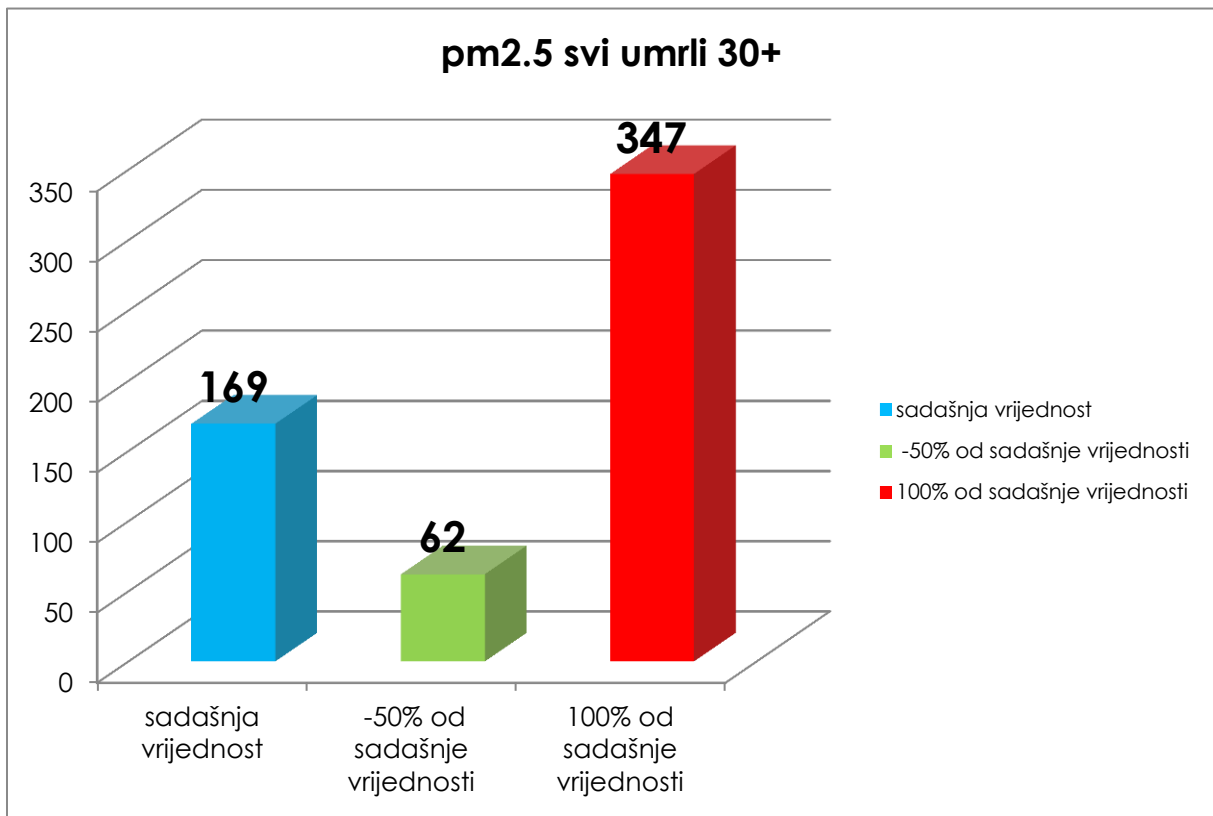
Tabela 2.: Utjecaj NO₂ na opći mortalitet u Gradu Zenici za razdoblje 2014-2016 kao godišnji prosjek

Godišnji prosjek broja umrlih u Zenici za razdoblje 2014-2016	Broj umrlih / 100.000 st.	Udjel efekta NO ₂ / 100.000 stanovnika
1.164	959	66 (6,9%)



Na grafikonu 7 prikazana je simulacija trenda kretanja općeg mortaliteta u Zenici u slučaju dva scenarija u budućnosti, a to su: smanjenje koncentracije polutanta PM_{2,5} za 50% i povećanje koncentracije za 100%. U tabeli 1 prikazana je procjena efekta PM_{2,5} na opći mortalitet u Zenici od 17,66% opće stope mortaliteta, što iznosi 169 umrlih lica / 100.000 stanovnika. Ako bi smo uspjeli smanjiti koncentraciju PM_{2,5} za 50%, smrtnost koja je posljedica ovog polutanta bi iznosila 62 osobe godišnje. Međutim, ukoliko bi se koncentracija PM_{2,5} povećala za 100%, smrtnost koja je posljedica ovog polutanta bi iznosila 347 osoba godišnje. Ovo je slikovit način za numeričko prikazivanje zdravstvenih benefita od smanjenja zagađenja zraka ili dodatnog štetnog efekta uslijed budućeg scenarija povišenja koncentracije nekog polutanta.

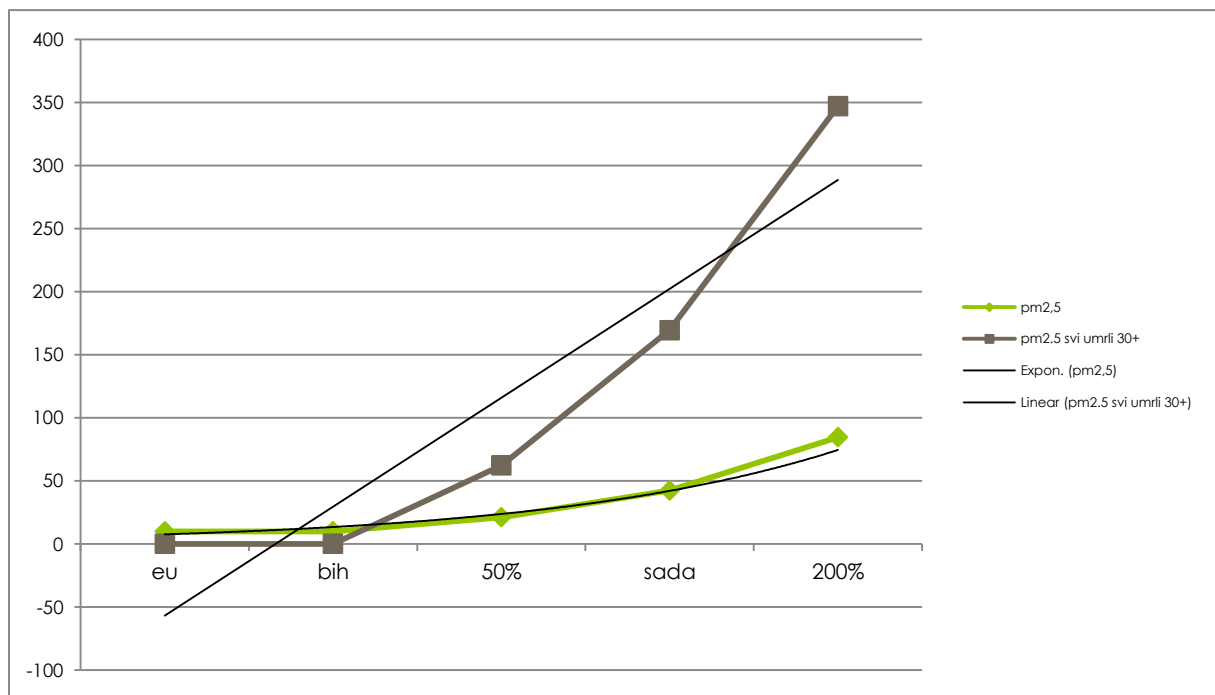
Grafikon 7.: Simulacija korelacije između koncentracije PM_{2,5} i općeg mortaliteta osoba starijih od 30 godina u Zenici u slučaju smanjenja ili povećanja koncentracije polutanta





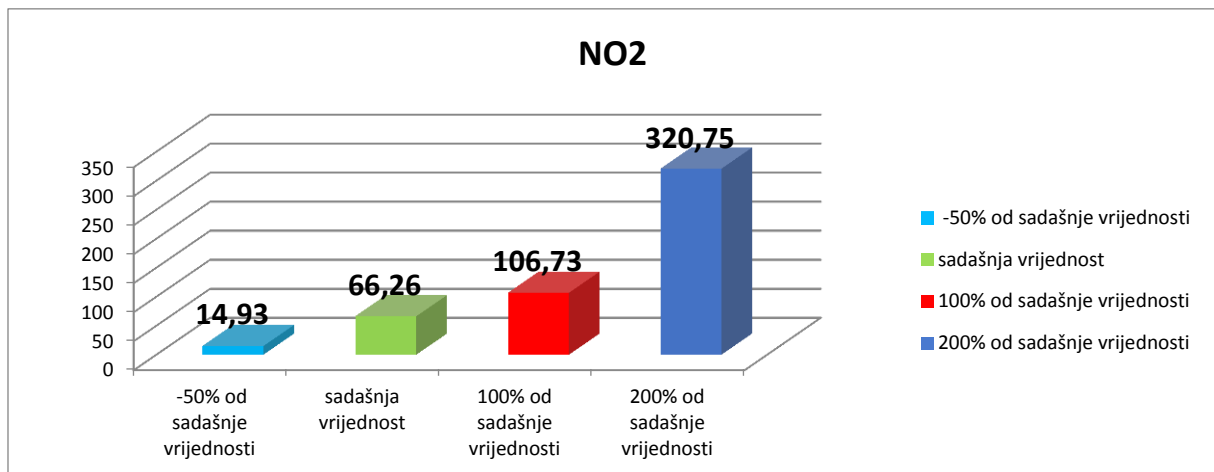
Na grafikonu 8 prikazani su isti efekti PM2,5 kao i na grafikonu 7, ali putem linijskog grafikona. Može se uočiti kako postepena povećanja koncentracije polutanta prikazana linearnom krivom rezultiraju eksponencijalnom krivom, tj. mnogo jačim efektima na udio u općem mortalitetu u poređenju s linearnim povećanjem koncentracije polutanta. Iz ovog, kao i niza ostalih grafikona koje smo napravili u okviru ovog ispitivanja, moguće je sagledati način korelacije između polutanta i zdravstvenog efekta, što je sadržano u jednačinama u okviru AirQ+ softwera.

Grafikon 8.: Simulacija korelacije između koncentracije PM2,5 i općeg mortaliteta osoba starijih od 30 godina u Zenici u slučaju smanjenja ili povećanja koncentracije polutanta (prikaz u obliku eksponencijalne funkcije)



Na grafikonu 9 prikazana je simulacija trenda kretanja općeg mortaliteta u Zenici u slučaju dva scenarija u budućnosti, a to su: smanjenje koncentracije polutanta NO₂ za 50% i povećanje koncentracije za 100% i 200%. U tabeli 2 prikazana je procjena efekta NO₂ na opći mortalitet u Zenici od 6,9% opće stope mortaliteta, što iznosi 66 umrlih lica / 100.000 stanovnika. Ako bi smo uspjeli smanjiti koncentraciju NO₂ za 50%, smrtnost koja je posljedica ovog polutanta bi iznosila 14 osoba godišnje. Međutim, ukoliko bi se koncentracija NO₂ povećala za 100%, smrtnost koja je posljedica ovog polutanta bi iznosila 107 osoba godišnje. Kod povećanja koncentracije od 200%, broj umrlih osoba bi porastao na 320 godišnje. Ovo je slikovit način za numeričko prikazivanje zdravstvenih benefita od smanjenja zagađenja zraka ili dodatnog štetnog efekta uslijed budućeg scenarija povišenja koncentracije nekog polutanta. Međutim, vidljivo je da su sadašnje koncentracije NO₂ ispod dozvoljenih vrijednosti, ali su ipak štetne za ljude. Blagi porast NO₂ u zraku iznad dozvoljenih vrijednosti, multiplicirao bi štetnosti na zdravlje kod takvog eventualnog scenarija u budućnosti. Znamo da je izvor emisije NO₂ uglavnom cestovni promet, pa je stoga potrebno posvetiti značajne napore i u tom segmentu izvora zagađenja zraka.

Grafikon 9.: Simulacija korelacije između koncentracije NO₂ i općeg mortaliteta osoba starijih od 30 godina u Zenici u slučaju smanjenja ili povećanja koncentracije polutanta (prikaz u obliku eksponencijalne funkcije)



Zaključci

Analiza mortalitetnih parametara ukazuje da je udjel utjecaja PM_{2,5} najveći na ishemične bolesti srca (37,97%), a zatim slijede moždani udar (30,26%), karcinom pluća (20,81%), te opći mortalitet (17,66%). Ovo ukazuje da je jačina uzročne povezanosti gotovo dvostruko viša za ishemične bolesti srca u poređenju s karcinomom pluća, o čemu se tek počelo govoriti u znanosti. Podaci iz literature kažu da PM_{2,5} prolaze alveolo-kapilarnu membranu, ulaze u krvotok i značajno ubrzavaju proces ateroskleroze.

Analiza udjela utjecaja NO₂ na opći mortalitet u Zenici je relativno mala (6,9%) u poređenju s utjecajem PM_{2,5} na opći mortalitet (17,66%). Očigledno se radi o prisutnim relativno nižim koncentracijama NO₂ od PM_{2,5} u odnosu na dozvoljene. Vidljivo je da su sadašnje koncentracije NO₂ ispod dozvoljenih vrijednosti, ali su ipak štetne za ljude. Blagi porast NO₂ u zraku iznad dozvoljenih vrijednosti, multiplicirao bi štetnosti na zdravlje kod takvog eventualnog scenarija u budućnosti. Znamo da je izvor emisije NO₂ uglavnom cestovni promet, pa je stoga potrebno posvetiti značajne napore i u tom segmentu izvora zagađenja zraka.

Prikazana metodologija može koristiti donosiocima odluka kao informacija za kreiranje mjera i investicija u zaštiti od zagađenja zraka u smislu zdravstvenih benefita stanovnika grada Zenice. Odnos povezanosti koncentracije polutanata i mortaliteta je očigledno eksponencijalna, a ne linearna, što je vidljivo na našim simulacijskim grafikonima o budućim trendovima koncentracija polutanata.

Institut za zdravlje i sigurnost hrane apelira na sve aktere, koji imaju zadaću i javnu odgovornost brinuti za kvalitet zraka i zdravlje stanovništva, da rade timski na problemu aerozagađenja u Zenici. Podaci našeg istraživanja su alarmantni i zahtjevaju reakciju u smislu razvoja strategije za djelovanje u cilju zaštite okoliša, prije svega zraka u Zenici.

Reference

- **World Cancer Report 2008**

<http://www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wcr/2008/index.php>

- Boffetta P. **Human cancer from environmental pollution: the epidemiological evidence.** Mutat Res 2006 Sep 28; 608 (2); 157-62. Epub 2006 Jul 13.

- Costa S, Ferreira J, et all. **Integrating health on air quality assessment--review report on health risks of two major European outdoor air pollutants: PM and NO₂.** J Toxicol Environ Health B Crit Rev. 2014;17(6):307-40.

- **World Health Organization. International Agency for Research on Cancer (IARC). Lyon, France. 2004. Volume 83. Tobacco smoke and involuntary smoking.**

<https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol83/mono83.pdf>

- **Air pollution**

<http://www.who.int/airpollution/guidelines/en/>

- **Global Health Observatory (GHO) data Ambient air pollution**

http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/en/

- **Public health, environmental and social determinants of health (PHE)**

http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/en/

- **WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (update 2016)**

http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/

- **WHO: AirQ+ Software**

<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>

- **Baze podataka o mortalitetu**

<http://fzs.ba/>

- **Podaci o polutantima (GODIŠNJI IZVJEŠTAJ O KVALITETU ZRAKA U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE)**

<http://www.fhmzbih.gov.ba/latinica/ZRAK/izvjestaji.php>

- **Smjernice**

<http://ekoforumzenica.ba/>

<https://www.who.int/airpollution/en/>

- **Air quality**

<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality>

- **Air pollution**

<http://www.who.int/airpollution/en/>

- **Public health, environmental and social determinants of health (PHE)**

http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/



- **Environment and Health Information System (EHIS)**

<https://gateway.euro.who.int/en/datasets/enhis/>

- **Past conferences and high-level events of the European Environment and Health Process 1989-2017**

<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/pages/european-environment-and-health-process-ehp/past-conferences-and-high-level-events-of-the-european-environment-and-health-process-1989-2017>

- **Ambient air pollution - a major threat to health and climate**

<http://www.who.int/airpollution/ambient/en/>

- **Ambient air pollution: Health impacts**

<http://www.who.int/airpollution/ambient/health-impacts/en/>

- **Ambient air pollution: Pollutants**

<http://www.who.int/airpollution/ambient/pollutants/en/>

- **Ambient air pollution: Interventions & tools**

<http://www.who.int/airpollution/ambient/interventions/en/>



MAPE

- **Mortality and burden of disease from ambient air pollution**

http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/burden/en/

- **Population with primary reliance on clean fuels and technologies Data by country**

<http://apps.who.int/gho/data/view.main.SDGFUELS712v>

- **Global Health Observatory (GHO) data**

http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/exposure/en/

- **Global Health Observatory data repository Exposure Country average**

<http://apps.who.int/gho/data/node.main.152?lang=en>