

PREDČASNÉ ÚMRTIA ZO ZNEČISTENÉHO OVZDUŠIA V KRAJSKÝCH MESTÁCH SLOVENSKA V ROKU 2017

Adrián ONDROVIČ

PREMATURE DEATHS CAUSED BY AIR POLLUTION IN REGIONAL CAPITAL CITIES IN SLOVAKIA IN 2017



ABSTRAKT

Znečistené ovzdušie má vážne následky pre celú spoločnosť, medzi ktoré patria hlavne poškodené zdravie a predčasné úmrtia. Problém znečisteného ovzdušia je zo svojej povahy lokálny, regionálny a zároveň medzinárodný. V medzinárodnom porovnaní Slovensko patrí s kvalitou ovzdušia a dopadom krajín s najviac znečisteným ovzduším v Európe. Príspevok sa zaoberá hodnotením dopadov znečisteného ovzdušia v podobe predčasných úmrtí na úrovni krajských miest. Skúmaním predčasných úmrtí spôsobených dlhodobou expozíciou polutantom $PM_{2,5}$, NO_2 a O_3 v krajských mestách Slovenska v roku 2017 sme zistili, že Bratislava ako hlavné a najväčšie mesto má v porovnaní s ostatnými krajskými mestami relatívne menej predčasných úmrtí. Naopak k najhorším krajským mestám patria Prešov a Banská Bystrica.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: ekológia, znečistenie ovzdušia, predčasné úmrtia zo znečisteného ovzdušia

ABSTRACT

Wide range of air pollution impacts include health damage and premature deaths. Air pollution problem is by its nature local, regional as well as international issue. Air pollution in Slovakia and its impacts compared internationally put Slovakia into group of countries with the poorest air quality in Europe. Article assesses air pollution and premature deaths on regional level in regional capital cities of Slovakia in 2017. We determined that long term exposure to pollutants $PM_{2,5}$, NO_2 and O_3 caused in Bratislava, the largest city and capital of Slovakia, relatively less premature deaths than in other regional capitals. The cities with the most premature deaths were Prešov and Banská Bystrica.

KEYWORDS: ecology, air pollution, premature deaths from air pollution

Problém znečisteného ovzdušia

Problém znečistenia ovzdušia je celosvetovej dôležitosti, ktorá vyplýva zo samotnej povahy atmosféry. Je síce možné pozorovať určité regionálne špecifiká, avšak globálna prepojenosť je nepopierateľná. To je aj dôvod, prečo hlavnou pôdou, kde sa skúma a rieši táto problematika je Svetová zdravotnícka organizácia pri OSN (WHO) a ďalšie medzinárodné a regionálne inštitúcie ako Európska environmentálna agentúra (EEA), Organizácia pre ekonomickú spoluprácu a rozvoj (OECD), Svetová banka a ďalšie.

V posledných dvoch desaťročiach došlo v Európe k zlepšeniu kvality ovzdušia, avšak tá sa naopak zhoršila v tzv. rozvojových krajinách, predovšetkým v krajinách Východnej Ázie, kam sa presunula významná časť výroby práve z Európskych krajín. Globálne teda k zlepšeniu nedochádza, dochádza skôr k presunom znečistenia z bohatých krajín do krajín rozvojových.

V rámci Európy podľa typu polutantov je taktiež pozorovateľný rozdiel medzi bohatšou západnou časťou a chudobnejšou východnou a južnou časťou kontinentu. Slovensko spolu s Poľskom, Maďarskom a Českou republikou v regióne strednej Európy majú podstatne vyššie miery znečistenia ovzdušia pevnými časticami oproti krajinám západnej Európy. Vysokú mieru znečistenia pevnými časticami má aj Grécko a Balkánske krajiny. Naopak krajiny západnej Európy majú zvyčajne vyššie miery koncentrácie oxidu dusičitého NO₂. Slovensko však pri celkovom pohľade na mieru znečistenia ovzdušia a na veľkosť zdravotných následkov napriek zlepšeniu v posledných rokoch stále patrí ku krajinám, ktoré sú na tom v rámci EÚ najhoršie. Tento vývoj si vyžaduje zintenzívniť boj so znečistením ovzduším a jeho následkami.

Fázovitý pohľad na znečistenie ovzdušia:

1. činnosti produkujúce znečisťujúce látky	Priemyselná výroba, doprava, výroba tepla (priemyselná i v domácnostiach), ohňostroje, vojenské aktivity, iné.
2. znečisťujúce látky v ovzduší	Koncentrácie chemických látok a ich zlúčenín, prachových častíc v ovzduší. Platné normy koncentrácií polutantov v ovzduší.
3. ovplyvnené zložky prostredia	Človek, rastliny a živočíchy, spoločenská infraštruktúra, neživá príroda.
4. druhy negatívnych dopadov	Neplodnosť, chorobnosť, úmrtnosť u človeka a u zvierat, zrýchlená amortizácia infraštruktúry, znížená výnosnosť rastlinnej a živočíšnej výroby, dopady na živú (zdravie fauny a flóry) a neživú prírodu. Morálne škody – vedomé spôsobovanie ujmy obyvateľstvu a prírode.
▼ 5. vyčíslenie škôd	Zvýšené náklady na zdravotnú starostlivosť, znížená produktivita pracovne aktívnych, zníženie kvality života, znížená výnosnosť poľnohospodárskych plodín, zvýšené náklady na údržbu infraštruktúry, a ďalšie.

Sledované látky znečisťujúce ovzdušie

Historická skúsenosť hovorí, že spoločnosť sa zvyčajne sústreďuje na primárne benefity svojich hospodárskych činností a ich negatívne dopady má tendenciu ignorovať, až kým sa neobjavia vážne následky. To sa týka aj problematiky znečisteného ovzdušia. Hospodárska činnosť produkuje množstvo emisií rôzneho druhu. Výskum znečistenia ovzdušia sa sústreďuje na niekoľko základných polutantov, ktorých koncentráciu v ovzduší meria aj Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ).

SHMÚ meria koncentráciu týchto základných polutantov:

O ₃	ozón	Používa sa v mnohých priemyselných a spotrebiteľských procesoch spojených s oxidáciou. Poškodzuje tkanivo sliznice a dýchacích ciest u človeka a u zvierat. Poškodzuje tkanivo rastlín.
SO ₂ SO _x	oxid siričitý oxidy síry	Výfukové plyny automobilov, spaľovanie fosílnych palív (elektrárne), spracovanie rúd obsahujúcich síru. Pri nízkych koncentráciách je bez zápachu, pri vysokých koncentráciách má štipľavý zápach. Môže byť jedovatý. Dráždi sliznice dýchacích ciest, očné spojivky. V prírode znemožňuje fotosyntézu.



NO₂ NO_x	oxid dusičitý oxidy dusíka	Používa sa predovšetkým v chemickej výrobe umelých hnojív. Je to agresívny a jedovatý plyn. Pôsobí dráždivo na dýchacie sliznice, znižuje imunitu voči infekciám. Spôsobuje kyslé dažde a smog. Oxidy dusíka vznikajú predovšetkým v priemyselnom spaľovaní za vysokých teplôt.
PM_{2,5}	pevné častice < 2,5 mikrometrov	Pevné častice vznikajúce pri spaľovaní, pevné častice organických zlúčenín a kovov. Veľkosťou sú také malé, že dokážu preniknúť až do krvi človeka a tak do mozgu. Ľudský vlas má v priemere 50-70 mikrometrov.
PM₁₀	pevné častice < 10 mikrometrov	Prach, peľ, plesne. Vysoká koncentrácia pevných častíc v ovzduší zvyšuje chorobnosť a úmrtnosť. Prienikom do pľúc, do krvi a mozgu zvyšuje riziko pre viacero chorôb – rakovinu pľúc, srdcové ochorenia, demenciu a ďalšie.
CO	oxid uhoľnatý	Bezfarebný plyn bez zápachu a chuti. Pri vyšších koncentráciách je silne jedovatý. Vzniká pri spaľovaní, je obsiahnutý napríklad vo výfukových plynach z automobilov.
Benzén	benzén	Je prirodzenou zložkou surovej ropy. Používa sa predovšetkým v chemickom priemysle. Obsahuje ho tiež benzín do automobilov. Je karcinogén, epidemiologické štúdie mu pripisujú anémiu, leukémiu, kardiovaskulárne choroby a ďalšie.
Hg	ortuť	Používa sa hlavne v chemickom a elektronickom priemysle. Do ovzdušia sa uvoľňuje hlavne spaľovaním uhlia. Otravy ortuťou sa prejavujú viacerými symptómami. Dlhodobé pôsobenie nízkych dávok na človeka nie je dostatočne preskúmané.

Hlavné zdroje znečistenia v SR podľa jednotlivých polutantov každoročne kvantifikuje Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP) vo svojej *Správe o stave životného prostredia SR*.

Zdravotné následky znečisteného ovzdušia

Zo znečisteného vzduchu sa nezomiera priamo a náhle tak, ako sa náhle nezomiera na fajčenie alebo pitie alkoholu. Epidemiológia rozlišuje medzi diagnostikovanou chorobou ako príčinou smrti, napr. choroba srdca, a medzi rizikovými faktormi, ktoré prispievajú k prepuknutiu ochorenia, napríklad fajčenie alebo dýchanie znečisteného vzduchu.

Dlhodobé dýchanie znečisteného vzduchu sa prejaví vo zvýšenej chorobnosti predovšetkým na choroby dýchacích ciest, kardiovaskulárneho systému a ďalšie.¹ Obrázok 1 zobrazuje pyramídudopadov znečisteného ovzdušia na spoločnosť. Funkcia pľúc a srdca je ovplyvnená u všetkých ľudí, ktorí dlhodobo dýchajú znečistený vzduch, a to sú v rôznej miere prakticky všetci obyvatelia. U časti z nich sa po čase prejavujú rôzne respiračné symptómy, ktoré vedú k postupným obmedzeniam v bežných aktivitách a k návštevám lekárov a k práceneschopnosti. U časti z nich choroba môže dospieť až k nutnosti hospitalizácie prípadne až do úmrtia. Takéto úmrtie je považované za predčasné úmrtie (pokiaľ k úmrtiu dôjde pred očakávaným rokom dožitia tzv. strednou dĺžkou života), keďže človek zomrel na následky choroby vyvolanej znečisteným ovzduším. Spoločenské náklady vznikajú nielen pri nutnosti liečiť chorého ale aj obmedzeniami v jeho aktívnom a produktívnom živote.

¹ Každoročne vychádzajú nové štúdie rozširujúce poznanie o dopadoch znečisteného ovzdušia a rozširuje sa aj zoznam chorôb, ku vzniku ktorých znečistené ovzdušie prispieva. V správe o kvalite ovzdušia v Európe v 2018 autori poukazujú na stále presvedčivejšie dôkazy, že znečistený vzduch prispieva k vzniku cukrovky druhého typu u dospelých, k obezite, chronickým zápalom, predčasnému starnutiu, Alzheimerovej chorobe a demencii.

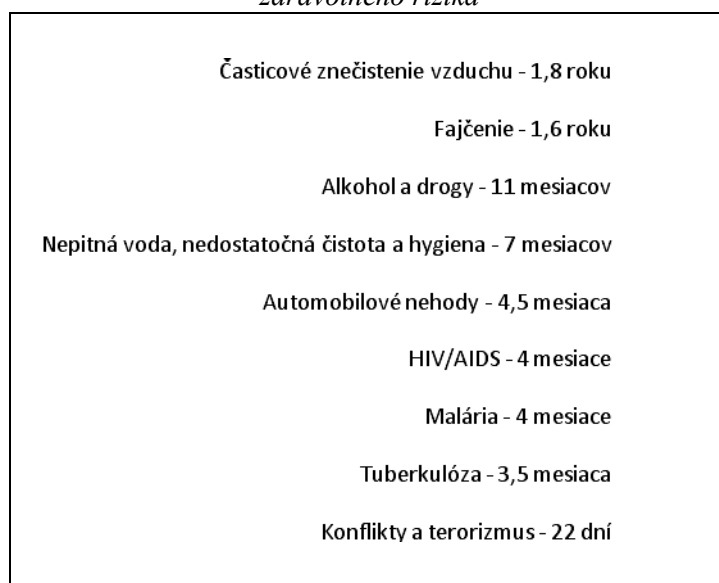
Obr. 1 Pyramída zdravotných následkov znečisteného ovzdušia



Prameň: EPA (2018).

Pri porovnaní s inými zdravotnými rizikami, ktoré ohrozujú populáciu, je riziko poškodenia zdravia zo znečisteného vzduchu väčšie ako fajčenie či pitie alkoholu a užívanie drog – graf 1. Znečistený vzduch predstavuje väčšie zdravotné riziko ako nedostatočné hygienické a sanitárne podmienky, nehody na cestách, celosvetové choroby ako HIV/AIDS, malária a tuberkulóza, a ako terorizmus.

Graf 1 Porovnanie zdravotného rizika zo znečisteného vzduchu s inými významnými zdrojmi zdravotného rizika



Prameň: Greenstone, Qing Fan (2018).

Medzinárodné porovnanie miery znečistenia ovzdušia Slovenska

Slovensko žiaľ patrí ku krajinám, ktoré majú vysokú mieru chorobnosti a úmrtnosti v dôsledku znečisteného vzduchu a to dlhodobo. Štúdia OECD o stúpajúcich nákladoch vyplývajúcich zo znečisteného ovzdušia – tabuľka 1 ukazuje, že Slovensko v porovnaní s členskými krajinami

OECD a BRIICS patrí ku krajinám s vysokým počtom úmrtí v dôsledku znečistenia vzduchu prachovými časticami. V roku 2015 sme ako krajina boli v tomto rebríčku na ôsmom mieste, v roku 2010 na siedmom, v roku 2005 na šiestom, a v roku 2000 na ôsmom. Slovensko síce dosiahlo zlepšenie v počtoch úmrtí zo znečisteného vzduchu, ale v porovnaní s ostatnými krajinami to nie je výraznejšie zlepšenie. Stále zostávame v skupine s najviac znečisteným vzduchom v Európe, kam patria aj susedné krajiny Poľsko, Česko a Maďarsko. Podľa konštatovania SAŽP: napriek poklesu emisií znečisťujúcich látok v dlhodobom časovom horizonte sa SR stále nedarí plniť limitné hodnoty niektorých znečisťujúcich látok určených na ochranu zdravia ľudí (Lieskovská, Lényiová et al., 2018). Koncentrácie PM₁₀ v Európe sú stále vysoké. V roku 2016 prekračovali denné limity až v 19 krajinách EÚ28 (EEA, 2018).

Tab. 1 Počet predčasných úmrtí na milión obyvateľov v dôsledku znečistenia vzduchu prachovými časticami v krajinách OECD a BRIICS

Krajina	2000	2005	2010	2015	Krajina	2000	2005	2010	2015
Lotyšsko	1 024	1 064	958	1 061	Portugalsko	422	385	339	355
Rusko	1 075	1 098	965	955	Turecko	437	348	303	339
Maďarsko	992	930	928	869	Čile	278	283	305	329
India	814	783	777	832	Francúzsko	326	292	283	315
Čína	818	873	819	805	Luxembursko	440	385	331	309
Česko	796	726	711	737	Indonézia	304	314	296	305
Poľsko	775	728	763	721	Švajčiarsko	356	306	279	297
Slovensko	791	753	713	647	Španielsko	352	320	274	291
Grécko	503	462	499	616	Fínsko	317	271	268	283
Taliansko	462	420	422	564	USA	375	338	269	275
Nemecko	539	489	490	534	Nórsko	411	319	289	269
Estónsko	628	550	422	511	Izrael	289	257	238	265
Slovinsko	496	466	429	503	Brazília	280	249	217	252
Belgicko	586	518	485	494	Írsko	336	260	223	243
Japonsko	333	379	399	479	Mexiko	208	206	199	228
Rakúsko	520	449	423	465	Švédsko	265	203	183	224
Južná Afrika	633	579	450	456	Kanada	231	222	188	197
Veľká Británia	586	484	415	420	Island	223	198	180	182
Holandsko	492	422	394	401	Austrália	200	172	136	140
Dánsko	482	406	378	376	Nový Zéland	193	168	127	135
Južná Kórea	284	276	281	361					

Prameň: Roy, Braathen (2017).

Podľa správ EEA o kvalite ovzdušia v Európe počet predčasných úmrtí na Slovensku z dôvodu znečistenia prachovými časticami PM_{2,5} v rokoch 2012 až 2015 mierne klesol – tabuľka 2. Stúpa však počet predčasných úmrtí spôsobených znečistením NO₂. Počet predčasných úmrtí z dôvodu znečistenia ovzdušia O₃ mierne klesol v roku 2015 oproti roku 2012, avšak stúpol oproti roku 2014. Pri porovnaní so susednými krajinami a zohľadnení počtu obyvateľov Poľsko a Maďarsko majú významne vyššie počty predčasných úmrtí zo znečisteného vzduchu, Česko mierne vyššie, a Rakúsko nižšie v prípade PM_{2,5} ale naopak horšie v prípade NO₂ a O₃. Krajiny s podobným počtom obyvateľov ako SR, čiže Dánsko, Fínsko a Nórsko majú podstatne nižšie počty predčasných úmrtí zo znečisteného vzduchu ako Slovensko.

Tab. 2 Počet predčasných úmrtí v rokoch 2012 až 2015 spôsobených znečistením vonkajšieho vzduchu polutantami PM_{2,5}, NO₂ a O₃ na Slovensku, v susedných krajinách, v európskych krajinách s podobným počtom obyvateľov ako Slovensko, a vo Švajčiarsku

	2013			2014			2015		
	PM _{2,5}			PM _{2,5}			PM _{2,5}		
	Ročný priemer	Predčasné úmrtia	na 100 tis. obyv.	Ročný priemer	Predčasné úmrtia	na 100 tis. obyv.	Ročný priemer	Predčasné úmrtia	na 100 tis. obyv.
SK	20,1	5 620	103,87	19,1	5 160	95,27	19,1	5 200	95,92
CZ	19,6	12 030	114,40	18,6	10 810	102,83	17,0	10 100	95,84
PL	22,8	48 270	126,82	23,0	46 020	121,05	21,6	44 500	117,09
HU	18,2	12 890	130,09	17,3	11 970	121,19	18,9	12 800	129,88
AT	15,7	6 960	82,35	12,9	5 570	65,47	13,3	5 900	68,73
DK	9,6	2 890	51,58	11,6	3 470	61,66	9,7	2 800	49,47
FI	5,9	1 730	31,88	7,4	2 150	39,44	5,3	1 500	27,41
NO	7,1	1 590	31,48	7,2	1 560	30,54	5,9	1 300	25,16
CH	13,9	4 980	61,95	11,6	4 240	52,09	11,8	4 200	50,99
	NO ₂			NO ₂			NO ₂		
	Ročný priemer	Predčasné úmrtia	na 100 tis. obyv.	Ročný priemer	Predčasné úmrtia	na 100 tis. obyv.	Ročný priemer	Predčasné úmrtia	na 100 tis. obyv.
SK	16,0	< 5	0,07	15,2	100	1,85	16,9	240	4,43
CZ	17,1	330	3,14	16,8	550	5,23	16,6	490	4,65
PL	16,1	1 610	4,23	15,1	1 700	4,47	15,6	1 700	4,47
HU	16,8	390	3,94	17,1	1 210	12,25	18,0	1 300	13,19
AT	19,3	910	10,77	19,2	1 140	13,40	19,8	1 200	13,98
DK	13,0	60	1,07	11,0	130	2,31	10,5	80	1,41
FI	9,4	< 5	0,07	8,3	40	0,73	8,8	40	0,73
NO	14,4	170	3,37	12,4	190	3,72	12,3	200	3,87
CH	22,4	1 140	14,18	20,9	980	12,04	21,4	1 000	12,14
	O ₃			O ₃			O ₃		
	Ročný priemer	Predčasné úmrtia	na 100 tis. obyv.	Ročný priemer	Predčasné úmrtia	na 100 tis. obyv.	Ročný priemer	Predčasné úmrtia	na 100 tis. obyv.
SK	5 116	200	3,70	4 344	160	2,95	5 460	210	3,87
CZ	4 266	370	3,52	3 822	310	2,95	5 560	460	4,37
PL	3 792	1 150	3,02	3 425	970	2,55	4 530	1 300	3,42
HU	4 604	460	4,64	3 620	350	3,54	5 550	530	5,38
AT	5 389	330	3,90	4 423	260	3,06	6 170	380	4,43
DK	2 749	110	1,96	2 611	110	1,95	2 200	90	1,59
FI	2 011	80	1,47	1 615	60	1,10	1 360	50	0,91
NO	2 443	70	1,39	2 113	60	1,17	1 760	50	0,97
CH	4 919	240	2,99	4 417	220	2,70	6 170	300	3,64

Prameň: EEA (2015,2016, 2017, 2018), vlastné výpočty.

Vysvetlivky: ročný priemer je priemerná ročná koncentrácia škodlivej látky v µg/m³; SOMO35 je koncentrácia ozónu v µg/m³ za deň. Údaje o predčasných úmrtiach sú zaokrúhlené na najbližšiu stovku alebo desiatku. Prepočet na 100 000 obyvateľov je podľa počtu obyvateľov jednotlivých krajín v databáze Eurostat dňa 3. 6. 2019.

Metodológia výpočtu predčasných úmrtí zo znečisteného ovzdušia

Dopady znečisteného ovzdušia na človeka a prírodu sú dlhodobou extenzívne skúmanou oblasťou. Vzhľadom ich vážnosť sú tejto problematike venované významné finančné a výskumné kapacity predovšetkým na pôde Svetovej zdravotníckej organizácie. Svoje štúdie uskutočňuje aj OECD, Svetová banka, EEA a ďalšie medzinárodné inštitúcie.

Čo sa týka kvantifikovania zdravotných dopadov znečisteného vzduchu je v súčasnosti ustálená metodika Svetovej zdravotníckej organizácie, ktorá pre tieto účely vyvinula a dala verejnosti k dispozícii softvérový nástroj AirQ+. EEA vo svojich výpočtoch v správach o kvalite ovzdušia v Európe tiež používa metodiku WHO. Táto metodika umožňuje aj určité možnosti voľby vstupných parametrov, a preto sa niekedy výsledky môžu čiastočne odlišovať.

Pre Slovensko je smerodajná práve metodika WHO pri OSN a EEA pri EÚ (Leeuw, Horálek, 2016), pretože sú to medzinárodné organizácie, v ktorých je SR členskou krajinou, a predovšetkým ako krajina preberáme záväzky dohodnuté na ich pôde. Zo štúdií a výpočtov EEA vychádzajú aj SHMÚ a SAŽP a ďalšie domáce inštitúcie.

Postup výpočtu zdravotných dopadov dlhodobému vplyvu PM, NO₂ a O₃

1.	$RR = \exp[\beta(C - C_0)]$	RR – relative risk, čiže relatívne riziko β – concentration-response factor, čiže faktor reakcie na znečistenie. Ide o odhadovaný dopad na zdravie, ktorý býva stanovený na základe epidemiologických kohortových štúdií (porovnávanie dopadov medzi skupinou vystavenou riziku a skupinou nevystavenou riziku). Tento koeficient je zvyčajne rovnaký pre celú populáciu. C, C₀ – koncentrácia znečisťujúcej látky, pričom C je nameraná koncentrácia a C₀ je tzv. referenčná základná miera koncentrácie, ktorou býva prirodzená miera koncentrácie látky teda taká, ktorá nie je nijako ovplyvnená ľudskou aktivitou, alebo je to najnižšia nameraná hodnota, o ktorej sa usudzuje, že nemá vplyv na ľudské zdravie. Výpočet RR je exponenciálnou funkciou o prirodzenom základe, ktorú možno zapísať aj takto: $RR = e^{\beta(C - C_0)}$, pričom e je Eulerovo číslo a výraz $\beta(C - C_0)$ je exponentom.
2.	$AF = \sum P_i (RR_i - 1) \div \sum P_i RR_i$ alebo $AF = (RR - 1) \div RR$	AF – attributable fraction, čiže rizikovému faktoru priraditeľná časť alebo inak časť incidencií, ktoré je možné pripočítať rizikovému faktoru čiže znečisteniu. P_i je populácia vystavená znečisteniu o konkrétnej hodnote, resp. kategórii i RR_i – relatívne riziko pre kategóriu znečistenia i Ak sa výpočet týka celej populácie a pre jednu hodnotu znečistenia, použije sa druhý zjednodušený vzorec.
3.	$E = AF \cdot \sum MR_i \cdot Pop_i$	E – burden of disease², čiže očakávané zaťaženia chorobami, napr. počet predčasných úmrtí alebo počet hospitalizácií v dôsledku znečisteného vzduchu. MR_i – základná miera incidencie pre daný zdravotný dopad pre každú vekovú skupinu (napríklad celkový alebo podľa príčin delený počet úmrtí na 100 000 obyvateľov za rok). Pop_i – veľkosť populácie v každej vekovej kategórii i.

Pri výpočte dopadov znečisteného ovzdušia sú kľúčové vstupné dáta, teda ich dostupnosť a kvalita. Postup výpočtu zdravotných dopadov je univerzálny a je ho možné použiť okrem výpočtu

² Zaťaženie chorobami (alebo bremeno chorôb) je koncept vyvinutý v 90-tych rokoch Harvardskou univerzitou, Svetovou bankou a Svetovou zdravotníckou organizáciou, ktorý popisuje prípady smrti a prípady straty zdravia z dôvodov rôznych chorôb, zranení a rôznych rizikových faktorov po celom svete.

predčasných úmrtí aj na výpočet zvýšenej miery práceneschopnosti alebo hospitalizácií, a to až na úroveň jednotlivých ochorení. Podmienkou je ale dostupnosť údajov, a to nie len štatistických, ale aj údajov z epidemiologických kohortových štúdií, predovšetkým údaje o relatívnom riziku.

Dôležitá je aj kvalita údajov o znečistení. Tie presne namerané bývajú obmedzené počtami meracích staníc. SHMÚ používa rôzne modely na výpočty koncentrácií polutantov v oblastiach, ktoré nie sú pokryté monitorovacími stanicami. Takýto prístup je úplne štandardný a používaný vo všetkých krajinách, ktoré sú súčasťou medzinárodných sietí pre monitorovanie kvality vzduchu, keďže metodika je zdieľaná.

Predčasné úmrtia zo znečisteného ovzdušia v krajských mestách Slovenska v roku 2017

Štúdie OECD, WHO a ďalších organizácií o predčasných úmrtiach zo znečisteného ovzdušia zvyčajne počítajú predčasné úmrtia za celé krajiny. Umožňuje to následne medzinárodné porovnávanie a hodnotenia úspešnosti alebo neúspešnosti boja so znečisteným ovzduším v jednotlivých krajinách. Výskum vplyvov znečisteného ovzdušia na regionálnej úrovni v jednotlivých štátoch je viac úlohou organizácií v daných štátoch.

Krajské mestá sú najväčšie sídla v krajine s najvyššou koncentráciou obyvateľstva, preto je vhodné vyhodnotiť vplyv znečisteného ovzdušia v týchto aglomeráciách na predčasné úmrtia. V tabuľke 3 vidíme priemerné ročné hodnoty koncentrácií polutantov PM_{10} , $PM_{2,5}$ a NO_2 v krajských mestách v roku 2017 a zároveň aj dodržiavanie, resp. prekračovanie odporúčaných limitov. Z údajov vidíme, že všetky krajské mestá v roku 2017 prekročili maximálne odporúčané hodnoty koncentrácie PM_{10} a $PM_{2,5}$. Paradoxne najmenej ich prekračovala Bratislava, za ňou Trnava a Nitra. Najviac prekračovali limitné hodnoty Prešov, Banská Bystrica a Košice, pričom Žilina suverénne najviac prekračovala koncentrácie jemných prachových častíc $PM_{2,5}$ s hodnotou $26 \mu g/m^3$, pričom limit WHO je $10 \mu g/m^3$. Na druhú stranu všetky krajské mestá boli pod hranicou maximálnej koncentrácie polutantu NO_2 , najviac Žilina (odporúčaná ročná limitná hodnota podľa WHO je $40 \mu g/m^3$). Najhoršie hodnoty koncentrácie NO_2 dosiahla Bratislava a za ňou Banská Bystrica, Prešov a Trnava. Hodnoty polutantu O_3 sú v prípade Bratislavy, Košíc a Banskej Bystrice takmer rovnaké, najhoršie bola na tom Nitra a naopak najlepšie bola na tom Žilina (údaje pre Prešov, Trenčín a Trnavu nie sú dostupné). Vo všetkých krajských mestách však priemerná ročná hodnota koncentrácií O_3 je hlboko pod odporúčaným 8-hodinovým limitom $100 \mu g/m^3$.

Tab. 3 Priemerné hodnoty koncentrácie polutantov PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2 a O_3 v krajských mestách Slovenska v roku 2017 a ich porovnanie s odporúčanými limitami WHO

ORKO 2017	Počet obyv.	Priemerné hodnoty $\mu g/m^3$ /rok (max.)				Dodržiavanie limitu WHO			
		PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3	PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3
Bratislava	429 564	25	15	39	57,5	-5	-5	1	42,5
Košice	245 892	33	23	31	55	-13	-13	9	45
Banská Bystrica	78 484	33	23	38	57	-13	-13	2	43
Prešov	92 530	34	24	38	-	-14	-14	2	-
Trenčín	55 537	30	13	31	-	-10	-3	9	-
Trnava	65 382	24	17	37	-	-4	-7	3	-
Žilina	80 978	30	26	25	38	-10	-16	15	62
Nitra	79 125	28	19	35	60	-8	-9	5	40

Prameň: SHMÚ (2018), vlastné výpočty.

Poznámky: V prípade polutantu O_3 pre Bratislavu hodnota 57,5 je priemer dvoch hodnôt 64 a 51 z dvoch meracích staníc. Pre ďalšie krajské mestá bol dostupný iba jeden údaj. V mestách Prešov, Trenčín a Trnava SHMÚ polutant O_3 nemeria. Negatívne hodnoty v stĺpcoch hodnôt dodržiavania limitov stanovaných Svetovou zdravotníckou organizáciou znamenajú, že odporúčané limity sú prekračované.

Výpočty predčasných úmrtí v krajských mestách boli uskutočnené metodikou Európskej agentúry pre životné prostredie, ktorá používa štandardnú metodiku Svetovej zdravotníckej organizácie. Vo výpočtoch boli zohľadnené odporúčania EEA, čiže odporúčané hodnoty relatívneho rizika, zohľadnenie pozadových koncentrácií polutantov a zohľadnenie krížových efektov.

Odporúčania EEA vedú ku konzervatívnym odhadom dopadov znečisteného ovzdušia. Každoročne sa objavujú nové štúdie o zdravotných dopadoch znečisteného ovzdušia, ktoré posúvajú vedomosti a poznanie, a ktoré odhaľujú, že dopady sú vážnejšie než sa predpovedalo.

V tabuľke 4 uvádzame základné nastavenia, ktoré boli použité pre výpočty predčasných úmrtí zo znečisteného ovzdušia v krajských mestách v roku 2017 z dlhodobej expozície polutantom $PM_{2,5}$, NO_2 a O_3 . V prípade polutantu NO_2 bolo použité relatívne riziko 1,039 na $10 \mu g/m^3$, ktoré zohľadňuje odporúčanie EEA o 30% krížovom efekte s polutantom $PM_{2,5}$ (bez zohľadnenia krížového efektu je relatívne riziko 1,055 na $10 \mu g/m^3$).

Tab. 4 Základné vstupné hodnoty ukazovateľov pre výpočet predčasných úmrtí zo znečisteného ovzdušia v krajských mestách SR v roku 2017

Polutant	Expozícia	Relatívne riziko na $10 \mu g/m^3$	Pozadová hodnota
$PM_{2,5}$	dlhodobá	1,062	2,5
NO_2	dlhodobá	1,039	20
O_3	dlhodobá	1,0029	0
Použitá miera predčasnej úmrtnosti pre vekovú hranicu 30+		10 / 1 000 obyvateľov	

Prameň: Leeuw, Horálek (2016).

V tabuľke 5 a v tabuľke 6 vidíme výsledky výpočtov predčasných úmrtí v krajských mestách Slovenska v roku 2017. V hlavnom meste Bratislava v roku 2017 predčasne zomrelo z dôvodu dlhodobej expozície polutantu $PM_{2,5}$ 310 občanov. V porovnaní s ostatnými krajskými mestami je to v absolútnom vyjadrení síce najviac, avšak v relatívnom je to druhý najlepší výsledok za Trenčínom. V prepočte na desaťtisíc obyvateľov v Bratislave zomrelo 7, pričom v Trenčíne to bolo 6 obyvateľov mesta.

Čo sa týka predčasných úmrtí z expozície polutantu $PM_{2,5}$ tak jednoznačne bola na tom najhoršie Žilina (110 predčasných úmrtí, resp. 13 na desaťtisíc obyvateľov) nasledovaná Košicami, Banskou Bystricou a Prešovom, ktoré majú približne rovnakú mieru znečistenia polutantom $PM_{2,5}$ aj jeho dopadov (12 predčasných úmrtí na desaťtisíc obyvateľov). Nitra bola na tom o poznanie lepšie (70 predčasných úmrtí, resp. 9 na desaťtisíc obyv.) nasledovaná Trnavou (8 úmrtí na desaťtisíc obyv., resp. 50 predčasných úmrtí). Najlepšie boli na tom už spomínaná Bratislava a Trenčín.

Tab. 5 Predčasné úmrtiavkrajských mestách z dôvodu dlhodobej expozície obyvateľstva znečistenému ovzdušiu polutantami PM_{2,5}, NO₂ a O₃ v roku 2017

Krajské mesto a scenár výpočtu	PM _{2,5}		NO ₂		O ₃		PD spolu	PD vyjadrené v mil. EUR
	KP*	PD**	KP	PD	KP	PD		
Bratislava	15	310	39	300	57,5	70	680	1 796
Košice	23	290	31	100	55	40	430	1 136
B. Bystrica	23	90	38	50	57	10	150	396
Prešov	24	110	38	60	nemeria sa	-	170	449
Trenčín	13	30	31	20	nemeria sa	-	50	132
Trnava	17	50	37	40	nemeria sa	-	90	238
Žilina	26	110	25	20	38	10	140	370
Nitra	19	70	35	40	60	10	120	317
<i>Spolu</i>	-	1 060	-	630	-	140	1 830	4 834

Prameň: vlastné výpočty.

*Vysvetlivky: * KP - priemerná ročná koncentrácia polutantu v ug/m³; ** PD – predčasné úmrtia zaokrúhlené na desiatky.*

Počet predčasných úmrtí z dlhodobej expozície polutantu NO₂ v absolútnych číslach bol v roku 2017 opäť najvyšší v Bratislave a to 300. Avšak aj pri porovnaní počtu predčasných úmrtí na desaťtisíc obyvateľov bola Bratislava na tom najhoršie so 7 predčasnými úmrtiami. V podstate rovnako zle na tom bola aj Banská Bystrica (50 predčasných úmrtí) a Prešov (60 predčasných úmrtí) so 7 predčasnými úmrtiami na desaťtisíc obyvateľov. Najlepšie čo sa týka predčasných úmrtí z polutantu NO₂ bola na tom Žilina (20 predčasných úmrtí) s 2 predčasnými úmrtiami na desaťtisíc obyvateľov. Druhý najlepší boli Trenčín (20 predčasných úmrtí) a Košice (100 predčasných úmrtí) so 4 predčasnými úmrtiami na desaťtisíc obyvateľov. Nasledovali Trnava (40 predčasných úmrtí) s Nitrou (40 predčasných úmrtí) so 6 predčasnými úmrtiami na desaťtisíc obyvateľov.

Tab. 6 Predčasné úmrtia na 10 tisíc obyvateľovv krajských mestách z dôvodu dlhodobej expozície obyvateľstva znečistenému ovzdušiu polutantami PM_{2,5}, NO₂ a O₃ v roku 2017

Krajské mesto	PM _{2,5}	NO ₂	O ₃	Spolu(bez O ₃)
Bratislava	7	7	2	14
Košice	12	4	2	16
Banská Bystrica	12	7	2	19
Prešov	12	7	-	19
Trenčín	6	4	-	10
Trnava	8	6	-	14
Žilina	13	2	1	15
Nitra	9	6	2	15
<i>Priemer</i>	9,88	5,38	1,13	15,25

Prameň: vlastné výpočty.

Hodnotenie krajských miest pre polutant O_3 nemôže byť úplné, keďže v Prešove, Trenčíne a v Trnave SHMÚ pre tento polutant merania neuskutočňuje. Zo zvyšných krajských miest najviac predčasných úmrtí z dlhodobej expozície polutantu O_3 mala Bratislava (70), nasledovaná Košicami (40) a Banskou Bystricou (10), Žilinou (10) a Nitrou (10). Porovnanie prepočtov na desaťtisíc obyvateľov nám ukázalo, že Žilina mala najmenej predčasných úmrtí, presnejšie 1 na desaťtisíc obyv., a ostatné krajské mestá, kde boli údaje k dispozícii boli na tom v podstate rovnako s 2 predčasnými úmrtiami na desaťtisíc obyvateľov.

Dopady všetkých troch sledovaných polutantov sa vzájomne prelínajú, keďže dochádza ku krížovému efektom. Tie boli zohľadnené pre polutanty $PM_{2,5}$ a NO_2 . Vzájomné porovnanie jednotlivých miest komplikuje nemožnosť vyčíslenia dopadov polutantu O_3 pre tri krajské mestá. Z týchto dôvodov sme vzájomné porovnanie kumulatívnych dopadov v krajských mestách uskutočnili bez polutantu O_3 (tabuľka 6). V takomto porovnaní najviac predčasných úmrtí z dôvodu dlhodobej expozície polutantom $PM_{2,5}$ a NO_2 v roku 2017 bolo v Banskej Bystrici a v Prešove s 19 predčasnými úmrtiami na desaťtisíc obyvateľov. Nasledovali Košice so 16 predčasnými úmrtiami a Žilina s Nitrou s 15 predčasnými úmrtiami na desaťtisíc obyvateľov. Najväčšie mesto Bratislava a Trnava mali 14 predčasných úmrtí na desaťtisíc obyvateľov a najlepšie na tom bol Trenčín s 10 predčasnými úmrtiami na desaťtisíc obyvateľov.

Pohľad na výsledky za všetky krajské mestá ukazuje, že predčasne v roku 2017 v našich krajských mestách z dôvodu dlhodobej expozície polutantu $PM_{2,5}$ zomrelo 1 060 ľudí, polutantu NO_2 630 ľudí, polutantu O_3 140 ľudí. Celkovo pri hodnotení dopadov znečisteného ovzdušia za sledované polutanty a dostupné údaje zomrelo v krajských mestách v roku 2017 predčasne 1 830 ľudí. V priemere predčasne zomrelo v krajských mestách v roku 2017 z dôvodu dlhodobej expozície polutantu $PM_{2,5}$ takmer 10 ľudí na desaťtisíc obyvateľov a polutantu NO_2 5,38 ľudí na desaťtisíc obyvateľov. Celkovo v priemere predčasne zomrelo v krajských mestách v roku 2017 z dôvodu znečisteného ovzdušia 15 ľudí na desaťtisíc obyvateľov.

Záver

Slovensko v rámci EÚ patrí ku krajinám, ktorých kvalita ovzdušia je nízka. Sice za posledné desaťročia došlo k zlepšeniu, stále však kvalita ovzdušia u nás patrí v rámci EÚ k najhorším spolu s ostatnými krajinami V4.

Ako ukazujú namerané priemerné ročné koncentrácie vybraných polutantov v našich krajských mestách stále hlavne čo sa týka pevných prachových častíc, nedosahujú ich koncentrácie ani maximálne odporúčané limitné hodnoty. Pričom treba zdôrazniť, že ani odporúčané limitné hodnoty nie sú hodnoty zdravotne nezávadné a nemožno ich označiť ako bezpečné.

Vzájomné porovnanie predčasných úmrtí v krajských mestách v roku 2017 odhalilo, že Bratislava ako najväčšie mesto patrí ku krajským mestám s lepšími výsledkami. Výnimkou je polutant NO_2 , ktorého koncentrácie úzko súvisia s objemom cestnej dopravy, ktorá je prirodzene v Bratislave najhustejšia.

Je žiaduce, aby samotné krajské mestá začali prijímať aktívnejšie opatrenia na zlepšenie svojho ovzdušia, avšak ich možnosti sú obmedzené. Je preto nevyhnutné, aby zásadné opatrenia boli prijaté na národohospodárskej úrovni. Nejde však len o politické rozhodnutia, ktoré majú znížiť zdroje znečistenia v priemysle, poľnohospodárstve, v energetike alebo v doprave. Ako ukazujú historické skúsenosti zo sveta, dôležitá je aj zmena kultúry spoločnosti ako takej, predovšetkým, čo sa týka spotreby, pretože charakter spotreby a spôsob života ovplyvňuje tvorbu emisií u nás doma a aj v zahraničí. Ako spoločnosť nesieme zodpovednosť nielen za ekologické škody, ktoré vznikajú u nás, ale aj za tie, ktoré vznikajú pri výrobe výrobkov v krajinách, z ktorých importujeme. Takú spoločnosť, ktorá vedome spôsobuje ekologické škody sebe a iným spoločnostiam a poškodzuje tým tak zdravie



Ľudí a ničí aj životnú perspektívu budúcim generáciám, takú spoločnosť je možné označiť ako nemorálnu.

Podakovanie [zaradenie príspevku]

Napísanie príspevku bolo podporené z projektu VEGA 2/0182/17 - Kontradikcie vo vývoji zamestnanosti na pozadí očakávaných demografických a štrukturálnych zmien v SR

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- EEA (2015): *Air quality in Europe – 2015 report*. ISBN 978-92-9213-702-1.
EEA (2016): *Air quality in Europe – 2016 report*. ISBN 978-92-9213-847-9.
EEA (2017): *Air quality in Europe – 2017 report*. ISBN 978-92-9213-921-6.
EEA (2018): *Air quality in Europe – 2018 report*. ISBN 978-92-9213-989-6.
EEA (2018): *Air quality in Europe – 2018 report*. ISBN 978-92-9213-989-6.
EPA (2018): *How BenMAP-CE Estimates the Health and Economic Effects of Air Pollution*. Dostupné online: <<https://www.epa.gov/benmap/how-benmap-ce-estimates-health-and-economic-effects-air-pollution>>. Citované dňa: 31. 12. 2018.
Greenstone, M., Qing Fan, C. (2018): *Introducing the Air Quality Life Index*. Energy Policy Institute at the University of Chicago.
Leeuw, F., Horálek J. (2016): *Quantifying the health impacts of ambient air pollution: methodology and input data*. ETC/ACM Technical Paper 2016/5. December 2016. European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC/ACM).
Lieskovská, Z., Lényiová, P. et al. (2018): *Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2017*. ISBN 978-80-89503-94-0.
Roy, R., N. Braathen (2017): *The Rising Cost of Ambient Air Pollution thus far in the 21st Century: Results from the BRIICS and the OECD Countries*. OECD Environment Working Papers, No. 124, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d1b2b844-en>.
SHMÚ (2018): *Správa o kvalite ovzdušia v Slovenskej republike 2017*.
Vyhláška č. 244/2016 Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky Z. z. o kvalite ovzdušia.

ADRESA AUTORA

Ing. Adrián ONDROVIČ, PhD.

Ekonomický ústav SAV

Šancová 56, 811 05 Bratislava, Slovenská republika

e-mail: adrian.ondrovic@savba.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.