

POROVNANIE VÝVOJA VYBRANÝCH EMISIÍ ZNEČISŤUJÚCICH LÁTOK V SLOVENSKEJ A ČESKEJ REPUBLIKE V ROKOCH 2000–2018

COMPARISON OF THE DEVELOPMENT OF SELECTED POLLUTANT EMISSIONS IN THE SLOVAK REPUBLIC AND THE CZECH REPUBLIC IN THE YEARS 2000–2018

LÍVIA KAŇUKOVÁ, KVETOSLAVA RIMÁROVÁ

Univerzita Pavla Jozefa Šafárika, Lekárska fakulta, Ústav verejného zdravotníctva a hygieny, Košice, Slovenská republika

SÚHRN

Znečistenie ovzdušia je v súčasnosti považované za významný problém verejného zdravia zodpovedný za zvyšujúcu sa morbiditu a mortalitu. Znečistené ovzdušie prispieva ku globálnej záťaži dýchacími a alergickými chorobami vrátane astmy, chronickej obštrukčnej choroby pľúc, zápalu pľúc a možno aj tuberkulózy. Zhoršená kvalita ovzdušia úzko súvisí s množstvom antropogénnych emisií znečisťujúcich látok do atmosféry. Tieto majú rôzny pôvod – od priemyselných a energetických zdrojov cez emisie z dopravy až po malé zdroje z lokálneho vykurovania domácností. Znečistenie ovzdušia tvorí heterogénna zmes zlúčenín, ktorá zahŕňa ozón, oxid uhoľnatý, oxid siričitý, oxidy dusíka, kvapaliny, prchavé organické zlúčeniny, ťažké kovy a tuhé častice. V príspevku sme sledovali vývoj znečisťovania ovzdušia vybranými emisiami v SR a ČR. Dáta sme získali z databázy OECD za roky 2000–2018. Sledovali sme tuhé častice ($PM_{2.5}$, PM_{10}), NMVOC (nemetánové prchavé organické zlúčeniny), NO_x (oxidy dusíka), SO_x (oxidy síry) a CO (oxid uhoľnatý). Porovnávali sme celkové emisie za krajinu aj v prepočte na jedného obyvateľa. V sledovanom období sme zistili celkovo klesajúci trend produkcie emisií tuhých častíc, oxidov dusíka, oxidov síry, oxidu uhoľnatého aj nemetánových prchavých organických zlúčenín v Slovenskej aj Českej republike.

Kľúčové slová: ovzdušie – znečistenie, ovzdušie – znečisťujúce látky, Slovenská republika, Česká republika

SUMMARY

Air pollution is currently considered a major public health problem responsible for increasing morbidity and mortality. Polluted air contributes to the global burden of respiratory and allergic diseases, including asthma, chronic obstructive pulmonary disease, pneumonia and possibly tuberculosis. Deteriorated air quality is closely linked to the amount of anthropogenic emissions of pollutants into the atmosphere. These have different origins – from industrial and energy sources, through emissions from transport to small sources from local household heating. Air pollution is a heterogeneous mixture of compounds that includes ozone, carbon monoxide, sulfur dioxide, nitrogen oxides, liquids, volatile organic compounds, heavy metals and solid particles. In this paper, we monitored the development of air pollution by selected emissions in the Slovak Republic and the Czech Republic. We obtained data from the OECD database for the years 2000–2018. We monitored particulate matter ($PM_{2.5}$, PM_{10}), NMVOC (non-methane volatile organic compounds), NO_x (nitrogen oxides), SO_x (sulphur oxides) and CO (carbon monoxide). We also compared total emissions per country in terms of per capita. In the monitored period, we found an overall declining trend in the production of emissions of particulate matter, nitrogen oxides, sulphur oxides, carbon monoxide and non-methane volatile organic compounds in the Slovak Republic and the Czech Republic.

Key words: air pollution, airborne pollutants, Slovak Republic, Czech Republic

<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1785>

Úvod

Znečistenie ovzdušia je v súčasnosti považované za významný problém verejného zdravia zodpovedný za rastúci rozsah zdravotných účinkov spojených so zvyšujúcou sa morbiditou a mortalitou na celom svete (1, 2). Ročne spôsobuje globálne až 7 miliónov predčasných úmrtí s ešte väčším počtom hospitalizácií a dňami práceneschopnosti (3). Odhaduje sa, že priemerná dĺžka života človeka v Európskej únii je kratšia o 8,6 mesiacov v dôsledku pôsobenia tuhých častíc (PM) na ľudský

organizmus. Zníženie množstva jemných tuhých častíc $PM_{2.5}$ v 25 európskych mestách na $10 \mu g/m^3$ (odporúčanie WHO) by viedlo k zvýšeniu priemernej dĺžky života o 22 mesiacov v týchto mestách, čo by zodpovedalo 19 000 oneskoreným úmrtiam. Znamenalo by to ročné ušetrenie okolo 31 miliárd eur na výdavkoch na zdravotníctvo, absenciu a nehmotné náklady (4). Podľa EEA (Európska environmentálna agentúra) iba na Slovensku predčasne umrie približne 4 900 ľudí v dôsledku expozície časticiam $PM_{2.5}$, čo zodpovedá viac ako 56 000 strateným rokom života (5).

Epidemiologické dôkazy ukazujú najmä tuhé častice ako hlavný rizikový faktor so závažnými následkami na ľudské zdravie (6). Znečistené ovzdušie prispieva ku globálnej záťaži alergickými ochoreniami a ochoreniami dýchacieho systému vrátane astmy, chronickej obštrukčnej choroby pľúc, zápalu pľúc (7), látky z výfukových plynov vo zvýšenej koncentrácii spôsobujú okrem zápalových reakcií, respiračných a kardiovaskulárnych problémov aj zhoršený vývoj pľúc u detí (4). Medzi diagnostikovanými prípadmi rakoviny dýchacích ciest mali ľudia žijúci v silne znečistenej oblasti významne kratšie doby prežitia v porovnaní s ľuďmi žijúcimi v menej znečistenej oblasti (8).

Jednou z nevyhnutných podmienok pre sledovanie stavu znečistenia ovzdušia sú informácie o množstve vypúšťaných emisií a o zdrojoch, ktoré ich vypúšťajú (mobilných a stacionárnych). Rozvoj regiónov v súlade so zachovaním kvality životného prostredia a trvalo udržateľného rozvoja vyžaduje kontinuálne monitorovanie stavu zložiek životného prostredia (9).

Pôvod emisií

Na území Slovenska sa citeľne prejavili následky antropizácie prírodného prostredia s negatívnymi dopadmi na živú aj neživú prírodu (9). Zhoršená kvalita ovzdušia úzko súvisí s množstvom antropogénnych emisií znečisťujúcich látok do atmosféry. Tieto emisie majú rôzny pôvod – od priemyselných a energetických zdrojov (komíny, fugitívne emisie z výrobných areálov), cez emisie z cestnej a necestnej dopravy (výfukové, abrazívne, resuspenzia prachu z ciest a povrchov) až po malé zdroje z lokálnych kúrenísk (individuálne vykurovanie). Okrem antropogénnych zdrojov znečisťovania ovzdušia existujú aj ďalšie významné zdroje, ktoré je problematické kvantifikovať a priestorovo lokalizovať (vulkanická činnosť, lesné a iné požiare, nedovolené spaľovanie poľnohospodárskeho a domového odpadu, stavebné a búracie práce a pod.), keďže sú časovo ohraničené (10, 11).

Množstvo emisií znečisťujúcich látok a kvalita ovzdušia vyjadrená koncentráciami znečisťujúcich látok v dýchacej zóne je ovplyvňované charakterom a rozmiestnením zdrojov emisií, meteorologickými podmienkami, orografiou a diaľkovým prenosom polutantov. Rozptyl znečisťujúcich látok v atmosfére najvýraznejšie ovplyvňuje rýchlosť a smer vetra a hrúbka vrstvy premiešavania (10). Ďalším faktorom ovplyvňujúcim kvalitu ovzdušia je teplota, ktorá priamo ovplyvňuje vertikálny rozptyl. Pri teplotnej inverzii dochádza ku kumulácii znečisťujúcich látok pri zemi. Nepriamo ovplyvňuje kvalitu ovzdušia tým, že pri nízkych teplotách dochádza k zvýšenej potrebe vykurovania (12).

Znečisťujúce látky v ovzduší

Súčasnými zdrojmi znečisťujúcich zložiek v ovzduší sú rozsiahle využívanie fosílnych palív, urbanizácia, mechanizácia, používanie hnojív a pesticídov v poľnohospodárstve a zlé hospodárenie s ukladaním odpadu, najmä v rozvojových krajinách, kde sú environmentálne zákony zvyčajne menej prísne (13, 14).

Znečistenie ovzdušia tvorí heterogénna zmes zlúčenín, ktorá zahŕňa ozón (O_3), oxid uhoľnatý (CO), oxid siričitý (SO_2), oxidy dusíka (NO_x), kvapaliny, prchavé organické zlúčeniny (VOC), ťažké kovy a tuhé častice (PM) o rôznom aerodynamickom priemere. Tieto častice vytvárajú komplexné zmesi, ktorých koncentrácia, chemické a fyzikálne vlastnosti sa menia v čase, keďže sú výsledkom rôznych emisných zdrojov a fotochemických reakcií, ktoré tieto zložky v ovzduší transformujú, zatiaľ čo sú miešané so znečisťujúcimi látkami z iných zdrojov (15). Doprava (emisie z vozidiel) prispieva k znečisťovaniu ovzdušia jemnými tuhými časticami ($PM_{2.5}$), cestné naftové vozidlá produkujú približne 20 % globálnych antropogénnych emisií oxidov dusíka, ktoré sú kľúčovými prekurzormi $PM_{2.5}$ a ozónu (16). Podľa Správy o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2017 až 41,2 % celkovej produkcie oxidov dusíka pochádza z dopravy. Sektor dopravy je teda najvýznamnejším producentom NO_x z pomedzi všetkých sektorov (17). Aj napriek regulovaným emisným limitom NO_x súčasne dieselové vozidlá emitujú oveľa viac NO_x za skutočných prevádzkových podmienok ako počas laboratórnych certifikačných testov. Tieto nadmerné emisie súvisia s približne 38 000 predčasnými úmrtiami súvisiacimi s $PM_{2.5}$ a ozónom v roku 2015, vrátane asi 10 % všetkých predčasných úmrtí súvisiacich s ozónom v 28 členských štátoch Európskej únie. Prijatie a presadzovanie prísnejších noriem (prísnejšie ako Euro 6/VI) by mohlo na týchto trhoch takmer vylúčiť skutočné emisie NO_x súvisiace s naftou, čím by sa zabránilo približne 174 000 globálnym predčasným úmrtiam súvisiacim s $PM_{2.5}$ a ozónom v roku 2040 (16).

Emisie z benzínových vozidiel, požiare nelúpaných strnísk a spaľovanie odpadov sú významnými zdrojmi NMVOC (nemetánové prchavé organické uhľovodíky), ktoré vplyvajú na atmosférickú chémiu a prispievajú k tvorbe troposférického ozónu a sekundárnych organických aerosólov. Nemetánové uhľovodíky majú širokú škálu antropogénnych, pyrogénnych a biogénnych zdrojov. V mestských oblastiach dominujú nad emisiami antropogénne zdroje, ako sú emisie z automobilov, priemysel a odparovanie fugitívnych rozpúšťadiel (18).

Zmena podnebia môže meniť rozptyl primárnych znečisťujúcich látok, najmä tuhých častíc, a zintenzívniť tvorbu sekundárnych znečisťujúcich látok, napríklad ozónu v blízkosti povrchu (3). V súčasnosti ešte stále nie je úplný konsenzus v tom, či niektoré zdroje emisií PM sú škodlivejšie ako iné, resp. doterajšie dôkazy nenaznačujú jasnú hierarchiu škodlivosti PM z rôznych zdrojov emisií (15, 19). Údaje naznačujú, že účinky nemajú prahovú hodnotu, ale sledujú väčšinou lineárnu funkciu koncentrácia – odozva (1). V kombinácii však rôzne znečisťujúce látky môžu mať synergické alebo nelineárne účinky (15).

Keďže globálna urbanizácia neustále pokračuje a starnutie populácie pravdepodobne zvýši počet obyvateľov citlivých na znečistenie ovzdušia, bude na zabránenie nárastu účinkov na zdravie potrebné zníženie emisií (15). To je aj súčasťou viacerých cieľov trvalo udržateľného rozvoja (Sustainable Development Goals – SDGs), ku ktorých plneniu sa Slovenská aj Česká republika prihlásili (20).

Koncentrácie látok znečisťujúcich ovzdušie sa na celom svete naďalej menia v dôsledku demografického, spoločenského, ekonomického a technologického rozvo-

ja spolu s implementáciou predpisov o kvalite ovzdušia. Koncentrácie kľúčových látok znečisťujúcich ovzdušie v zásade klesajú v Severnej Amerike a Európe, zatiaľ čo v Číne, Indii a mnohých menej priemyselných regiónoch stúpajú (15). Cieľom príspevku je poskytnúť prehľad o vývoji množstva vybraných emisií znečisťujúcich látok vyprodukovaných v Slovenskej a Českej republike v období rokov 2000–2018.

Materiál a metodika

Ako zdroj údajov o vyprodukovaných emisiách jednotlivými krajinami za roky 2000–2018 sme použili databázu OECD (21). Konkrétne sú to tuhé prachové častice ($PM_{2,5}$, PM_{10}), nemetánové prchavé organické zlúčeniny, oxidy dusíka, oxidy síry a oxid uhoľnatý. Vo výsledkovej časti sme porovnali celkové emisie, aj emisie na jedného obyvateľa. Grafické znázornenie numerických údajov sme spracovali v programe MS Excel.

Výsledky

Od roku 2000 možno pozorovať postupný pokles celkových emisií v Slovenskej republike (obr. 1) aj Českej republike (obr. 2), pričom výraznejšie klesajúci trend je sledovaný na Slovensku. Zároveň východiskové hodnoty celkových vyprodukovaných emisií za krajinu boli vo všetkých prípadoch nižšie na Slovensku ako v Českej republike, čo pravdepodobne súvisí s menšou rozlohou a nižším počtom obyvateľov v krajine.

Celkové emisie

Od roku 2000 zaznamenávame postupný pokles emisií na Slovensku, s občasnými výkyvmi, hlavne týkajúcich sa oxidu uhoľnatého, ktorý zároveň tvorí aj najväčší podiel celkových emisií (obr. 1). V roku 2000 bola hodnota emisie $PM_{2,5}$ na Slovensku 42 030 ton, zatiaľ čo v Českej republike 48 870 ton (obr. 2). V priebehu rokov toto množstvo viac-menej kontinuálne klesá, okrem menších výkyvov, kedy na Slovensku opäť stúpili z 28 420 ton v roku 2004 na 34 350 ton v roku 2005. Od roku 2006 znova klesajú na 30 450 ton. V rámci Českej republiky sú tieto výkyvy miernejšie, opätovný nárast nastal z roku 2009, kedy bolo nameraných 41 340

ton, na 44 430 ton v roku 2010. Celkový trend však ostáva klesajúci. V roku 2018 bolo v SR nameraných 15 090 ton $PM_{2,5}$ (zníženie o 64,1 % oproti roku 2000), zatiaľ čo v ČR viac ako dvojnásobok, 39 330 ton $PM_{2,5}$ (zníženie o 19,52 % oproti roku 2000).

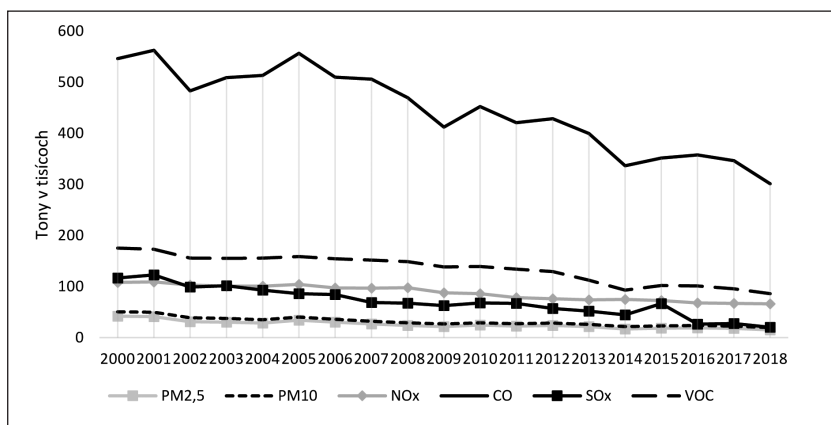
Nepriaznivé účinky PM_{10} boli pozorované najmä pri krátkodobej expozícii vysokým koncentráciám (22). V tomto prípade znova pozorujeme väčšie množstvo emisií v ČR oproti Slovensku, taktiež je kopírovaný aj výraznejšie klesajúci trend v SR. V roku 2000 bolo v SR celkovo vyprodukovaných 50 570 ton emisie PM_{10} , zatiaľ čo v ČR 65 440 ton. Aj v tomto prípade je možné vidieť, že v roku 2005 došlo k prechodnému zvýšeniu emisií na Slovensku na 40 370 ton oproti predošlému roku 2004, v ktorom to bolo 35 060 ton. Od roku 2006 potom opäť emisie klesajú, neskôr dochádza k menším výkyvom v hodnotách. Napriek tomu v roku 2018 boli celkové emisie 19 590 ton PM_{10} (zníženie o 61,26 % oproti roku 2000), čo je pokles o viac ako polovicu oproti roku 2000. V ČR bolo v roku 2018 vyprodukovaných 50 570 ton PM_{10} (zníženie o 22,72 % oproti r. 2000), čo je značný pokles takmer o 15 000 ton, stále však oveľa slabší pokles oproti Slovensku, keďže takéto hodnoty boli v SR v roku 2000.

Ďalšou zo znečisťujúcich zložiek sú oxidy dusíka, ktorých hodnoty v roku 2000 boli 108 160 ton pre SR, a 280 350 ton pre ČR. V oboch krajinách je zrejme kontinuálne klesanie až po rok 2018, kedy v SR bolo nameraných 66 180 ton (zníženie o 38,81 % oproti r. 2000) a v ČR 160 970 ton NO_x (zníženie o 42,58 % oproti roku 2000).

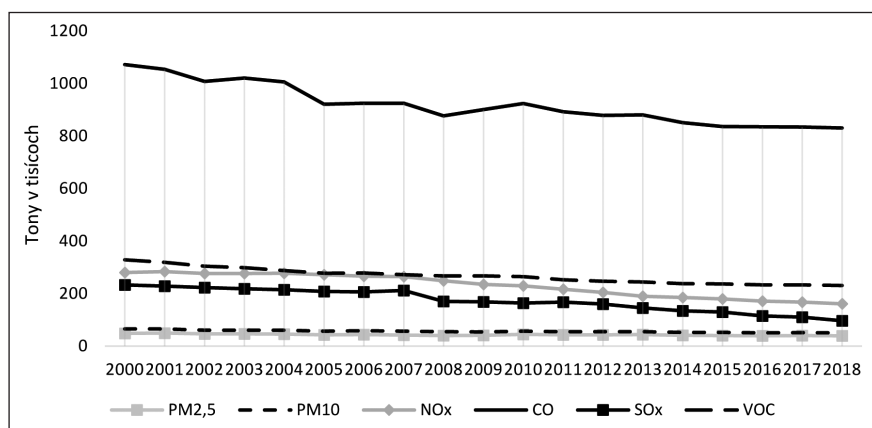
Najväčší podiel vo vyprodukovaných emisiách na Slovensku aj v ČR patrí oxidu uhoľnatému s 546 320 ton za Slovenskú republiku a 1 072 130 ton za Českú republiku v roku 2000. Tento objem významne klesol v SR na 301 330 ton v roku 2018 (zníženie o 44,84 % oproti r. 2000). V ČR to bolo v tom istom roku 830 710 ton CO (zníženie o 22,52 % oproti r. 2000).

Oxidom síry patrí tiež významný podiel na celkových emisiách v oboch krajinách. V ČR v roku 2000 bolo vyprodukovaných 233 000 ton emisie SO_x , na Slovensku v tom roku o polovicu menej, a to 116 700 ton. U SO_x je pokles asi najrobustnejší, keďže v roku 2018 tvorili vyprodukované emisie za SR už iba 20 230 ton (zníženie o 82,66 % oproti roku 2000) a v ČR 96 500 ton (zníženie o 58,58 % oproti roku 2000).

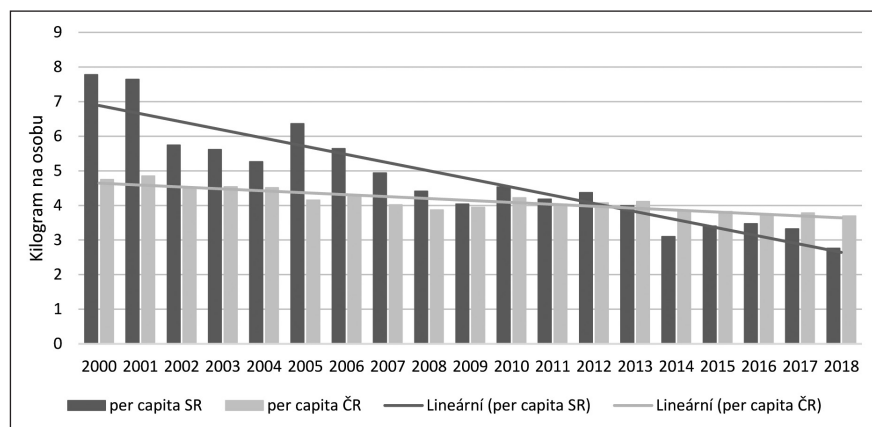
Pri nemetánových prchavých organických zlúčeninách je zreteľne vidieť oveľa vyššie množstvo emisií



Obr. 1: Vývoj celkových vyprodukovaných emisií jednotlivých znečisťujúcich zložiek v SR v rokoch 2000–2018. (Zdroj: OECD)



Obr. 2: Vývoj celkových vyprodukovaných emisii jednotlivých znečišťujících složek v ČR v letech 2000–2018. (Zdroj: OECD)



Obr. 3: Vývoj vyprodukovaných emisii $PM_{2,5}$ na jednu osobu v SR a ČR v letech 2000–2018. (Zdroj: OECD)

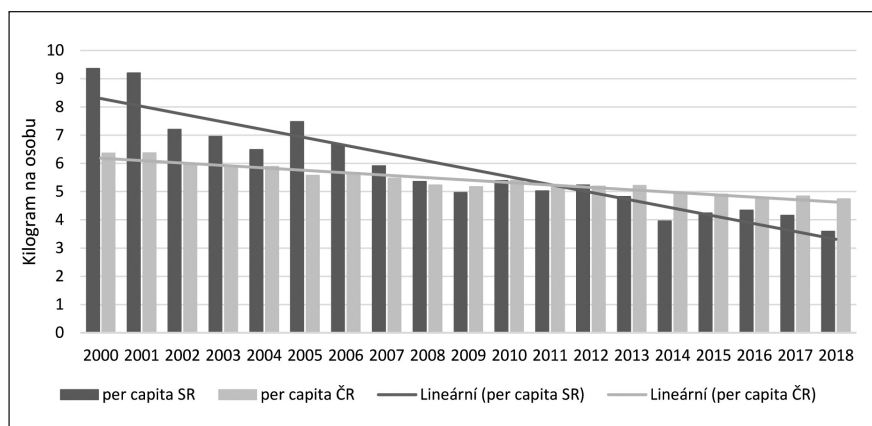
v České republice oproti Slovensku. Kým v SR bolo v roku 2000 nameraných 175 330 ton emisie NMVOC, v ČR namerali 328 580 ton. Slovensku sa tieto podarilo do roku 2018 znížiť o niečo viac ako polovicu, na 86 130 ton (zníženie o 50,88 % oproti r. 2000). Česká republika takúto hranicu nedosiahla a emisie klesli na 230 890 ton (zníženie o 29,73 % oproti r. 2000).

Emisie per capita

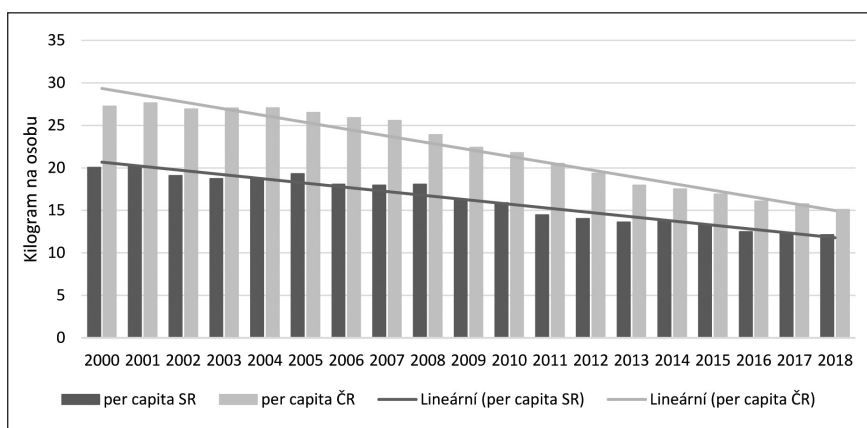
Keď sa pozrieme na emisie prepočítané na jedného obyvateľa, môžeme vidieť, že počiatočné hodnoty tuhých častíc $PM_{2,5}$ (obr. 3), PM_{10} (obr. 4) a mierne aj nemetánových prchavých organických zlúčenín (obr. 8) v roku 2000 boli vyššie v SR ako v Českej republike.

Podľa Slovenského hydrometeorologického ústavu k najväčším prispievateľom vyprodukovaných emisii $PM_{2,5}$ patria domácnosti – vykurovaním a chladením. Na vykurovanie domácností sa často používajú pelety, ktorých spaľovaním vznikajú plynné látky – najmä CO a NO_x , z tuhých častíc prevládajú práve $PM_{2,5}$ (23). Priemysel sa nachádza až na druhom mieste v celkovom množstve emisii (24). Zdravotné účinky tuhých prachových častíc závisia od ich veľkosti a z toho plynúcej schopnosti prenikať do respiračného traktu – s klesajúcim priemerom častíc a ich nerozpustnosti vo vode rastie miera ich negatívneho účinku na zdravie človeka (25).

Pri emisiiach $PM_{2,5}$ vyprodukovaných *per capita* (obr. 3) boli množstvá vyššie za Slovenskú republiku až do roku 2012, prvýkrát za toto obdobie boli nižšie hodnoty emisii v roku 2013, odkedy naďalej takýto trend



Obr. 4: Vývoj vyprodukovaných emisii PM_{10} na jednu osobu v SR a ČR v letech 2000–2018. (Zdroj: OECD)



Obr. 5: Vývoj vyprodukovaných emisí oxidů dusíka na jednu osobu v SR a ČR v letech 2000–2018. (Zdroj: OECD)

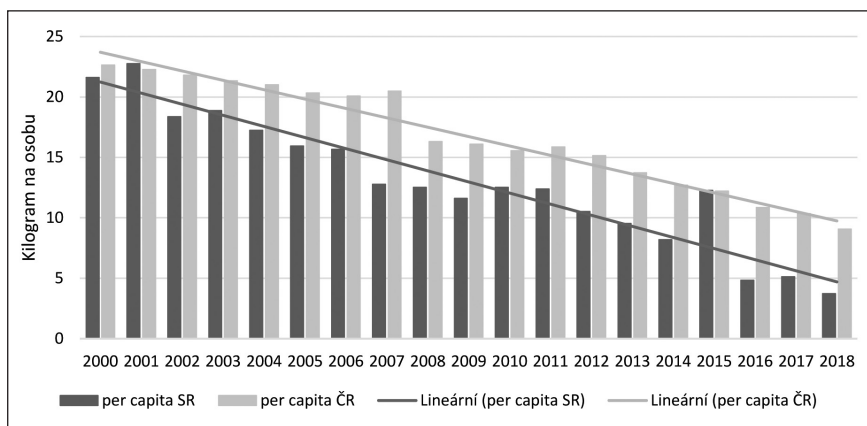
pokračuje. Východiskovou hodnotou v roku 2000 bolo 7,78 kg pre obyvateľa SR a 4,75 kg pre obyvateľa ČR. V roku 2018 už je to 2,76 kg na obyvateľa v SR (zníženie o 64,52 % oproti r. 2000) a 3,69 kg na obyvateľa v ČR (zníženie o 22,32 % oproti r. 2000).

Väčšinovým prispievateľom k množstvu emisie PM_{10} ostávajú domácnosti, s priemyslom na druhom mieste (24). Keď sa pozrieme na hodnoty týchto emisií na jedného obyvateľa, môžeme vidieť, že v roku 2000 vyprodukoval jeden obyvateľ Slovenskej republiky (obr. 4) 9,36 kg PM_{10} , ale obyvateľ ČR iba 6,36 kg. Oproti tomu v roku 2018 to bolo 3,59 kg na obyvateľa na Slovensku (zníženie o 61,65 % oproti r. 2000) a 4,74 kg na obyvateľa v Českej republike (zníženie o 25,47 % oproti r. 2000).

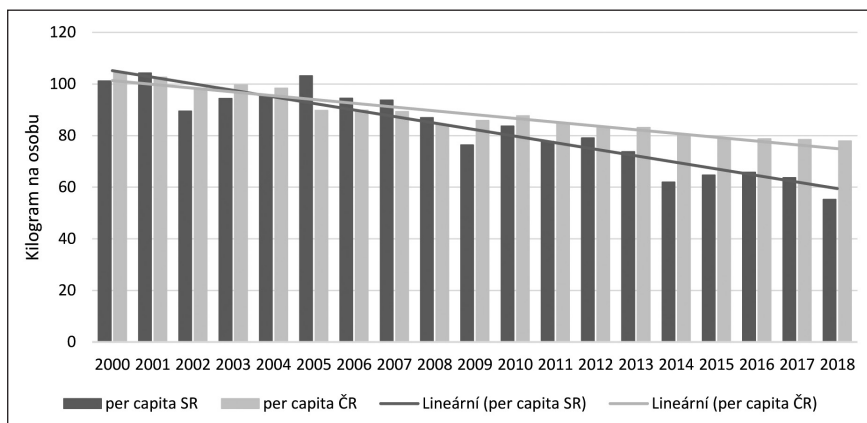
V prípade oxidov dusíka (obr. 5) je to naopak priemysel, ktorý tvorí väčší podiel vyprodukovaných emi-

sií, a to takmer osemnásobne viac v roku 2000, a v roku 2018 už len takmer päťnásobne viac. Konkrétne najväčším prispievateľom je priemyselná výroba a doprava (24). Na Slovensku klesli emisie NO_x na jedného obyvateľa z 20,03 kg v roku 2000 na 12,13 kg v roku 2018 (zníženie o 39,44 % oproti r. 2000). V Českej republike to bolo 27,25 kg v roku 2000 a 15,09 kg v roku 2018 (zníženie o 44,62 % oproti r. 2000).

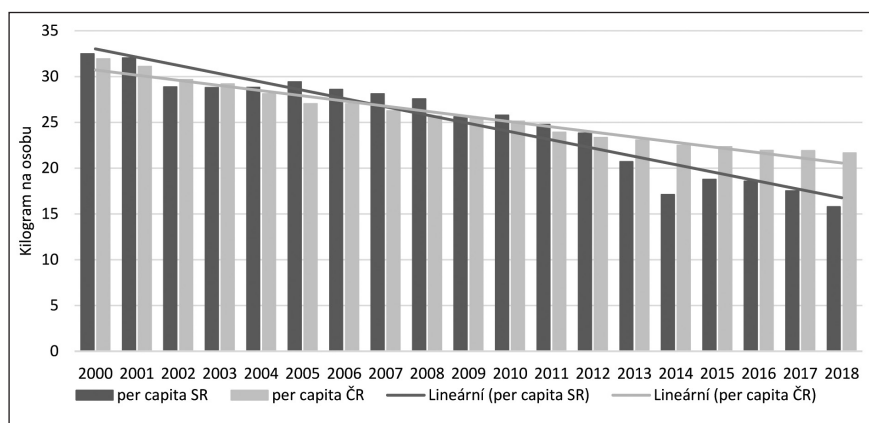
U oxidov síry (obr. 6) je to podobné, najväčší prírastok spôsobuje priemysel a vykurovanie domácností nekvalitným hnedým uhlím (24, 10). Hlavným zdrojom emisií SO_2 sú spaľovacie procesy, ktoré používajú ako hlavné palivo fosílna palivá – uhlie. Hoci tepelné elektrárne sú nezanedbateľným zdrojom emisií SO_2 v regióne, ťažisko problému je v malých lokálnych zdrojoch. Výška komínov v prípade veľkých zdrojov prispieva k efektívne-



Obr. 6: Vývoj vyprodukovaných emisí oxidu síry na jednu osobu v SR a ČR v letech 2000–2018. (Zdroj: OECD)



Obr. 7: Vývoj vyprodukovaných emisí oxidu uhľnatého na jednu osobu v SR a ČR v letech 2000–2018. (Zdroj: OECD)



Obr. 8: Vývoj vyprodukovaných emisií nemetánových prchavých organických zlúčenín na jednu osobu v SR a ČR v rokoch 2000–2018. (Zdroj: OECD)

mu rozptylu znečisťujúcich látok, kým emisie z malých zdrojov sa uvoľňujú nižšie nad povrchom a väčšinou na miestach s väčšou pravdepodobnosťou expozície obyvateľstva (10). V roku 2000 boli na Slovensku hodnoty emisie oxidov síry 21,61 kg na jednu osobu, zatiaľ čo v ČR veľmi podobne 22,64 kg na jednu osobu. V roku 2001 došlo k miernemu nárastu na Slovensku na 22,75 kg na obyvateľa. Do roku 2018 tieto emisie poklesli až na 3,71 kg na jedného obyvateľa SR (zníženie o 82,83 % oproti r. 2000) a 9,05 kg na jedného obyvateľa ČR (zníženie o 60,03 % oproti r. 2000). Od roku 2011 nebolo namerané prekročenie limitnej hodnoty pre SO_2 , koncentrácie sú dlhodobo pod limitnou hodnotou. Vyššie hodnoty sa môžu vyskytnúť epizodicky (10).

Pri CO (obr. 7) nie je rozdiel tak výrazný, viac však prispieva priemysel (24). Výfukové plyny spaľovacích motorov tiež obsahujú CO, ktorého emisia klesá plynulou jazdou a so zvyšujúcou sa rýchlosťou, naopak v kolónach a na križovatkách jeho koncentrácia stúpa (4). Doprava sa na emisii CO v roku 2017 podieľala 22,2 % (17). Problém CO spočíva v jeho reakcii s kyslíkom pri horení, pričom vytvára oxid uhličitý (CO_2), ktorý sa spolu s oxidmi dusíka (NO_x) a metánom (CH_4) radia medzi skleníkové plyny. Tie sa stali v dnešnej dobe stredobodom pozornosti práve pre klimatické zmeny, ktoré predstavujú závažný globálny problém (4).

V SR v roku 2000 bolo vyprodukovaných 101,17 kg na osobu, v priebehu rokov klesli takmer na polovicu a to 55,22 kg v roku 2018 (zníženie o 45,42 % oproti r. 2000).

V ČR boli emisie CO na jednu osobu 104,2 kg v roku 2000 a klesli na 77,89 kg na osobu v roku 2018 (zníženie o 25,25 % oproti r. 2000) (obr. 7).

Väčšinovým producentom nemetánových prchavých organických zlúčenín (obr. 8) ostáva priemysel aj v roku 2018, aj keď rozdiel medzi domácnosťami a priemyslom za v priebehu rokov zmenšil (24). V globálnom meradle sú celkovo VOC predchodcami tvorby troposférického ozónu (O_3). Jeho vyššie koncentrácie v nižších vrstvách atmosféry majú nepriaznivé účinky na ľudské zdravie, suchozemské rastliny a vonkajšie materiály (14, 26).

Obyvateľ Slovenskej republiky v roku 2000 vyprodukoval 32,47 kg NMVOC, pričom v Českej republike 31,93 kg. V roku 2005 opäť môžeme vidieť mierny nárast emisie na 29,41 kg oproti 28,81 kg v roku 2004. Potom už nastáva pravidelné klesanie v oboch krajinách, až do roku 2018, kedy už hodnoty emisie na jednu osobu sú 15,78 kg pre SR (zníženie o 51,4 % oproti r. 2000) a 21,65 kg pre ČR (zníženie o 32,2 % oproti r. 2000).

ti r. 2000) a 21,65 kg pre ČR (zníženie o 32,2 % oproti r. 2000).

Diskusia

V sledovanom období rokov 2000–2018 môžeme na základe logického posúdenia dát vidieť celkovo klesajúci trend produkcie emisií všetkých sledovaných znečisťujúcich látok v Slovenskej aj Českej republike. Celkové emisie $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} , NO_x , SO_x , CO, NMVOC sa za Slovenskú republiku znížili oproti roku 2000 o 64,1 %, resp. 61,26 %, 38,81 %, 44,84 %, 82,66 % a 50,88 %. V rámci Českej republiky je pokles nižší, s výnimkou NO_x , a to 42,58 % (oproti SR 38,81 %). Emisie $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} , SO_x , CO, NMVOC sa znížili o 19,52 %, resp. 22,72 %, 58,58 %, 22,52 %, a 29,73 %.

Emisie $\text{PM}_{2,5}$ per capita sa v SR do roku 2018 znížili o 64,52 % oproti roku 2000, v ČR bol tento pokles 22,32 %. Podobne je to s emisiami PM_{10} , ktorých pokles bol v SR 61,65 %, v ČR 25,47 %. U oxidov dusíka došlo ako v jedinom prípade k väčšiemu poklesu emisií per capita v ČR, a to 44,62 %, verzus 39,44 % v SR. Najvýraznejšie zníženie emisií za sledované obdobie sa dosiahlo u oxidov síry s 82,83 % poklesom v SR a 60,03 % znížením v ČR oproti roku 2000. V SR došlo k zníženiu emisií oxidu uhľnatého per capita o 45,42 %, zatiaľ čo v ČR o 25,25 %. Podobne došlo k väčšiemu zníženiu NMVOC v SR o 51,4 % oproti 32,2 % v ČR v porovnaní s rokom 2000. V prípade každej z vybraných znečisťujúcich látok mala ČR vyššie hodnoty celkových emisií, východiskové hodnoty emisií NMVOC, $\text{PM}_{2,5}$ a PM_{10} per capita boli vyššie za Slovenskú republiku ako Českú republiku. Na konci sledovaného obdobia má SR nižšie hodnoty emisií znečisťujúcich látok, čo znamená, že sa jej podarilo dosiahnuť rapidnejší pokles ako Českej republike. SR aj ČR takto nasledujú európsky trend, kde postupne klesajú emisie kľúčových látok znečisťujúcich ovzdušie (15). V dôsledku regulácií a technologických zlepšení sa znížili emisie z vozidiel a stacionárnych zdrojov a kvalita vzduchu sa výrazne zlepšila aj vo väčšine veľkých miest v USA a v Európe (27).

Súčasná pandémia SARS-CoV-2 a s ňou prijaté protiepidemické opatrenia mali tiež vplyv na kvalitu ovzdušia v ČR. Podľa Brzezina (2020) malo vyhlásenie núdzového stavu zásadný vplyv na spôsob života obyvateľov, a tým aj na ich mobilitu, keďže došlo k významnému zníženiu intenzity dopravy (u dopravných uzlov

v Brne o 30–40 %), s čím súvisí zníženie emisií z tohto sektora. Práca home-office naopak súvisela so zvýšením koncentrácií častíc PM_{10} z dôvodu intenzívnejšieho vykurovania domácností a nepriaznivých meteorologických a rozptylových podmienok (12). Podobný scenár predpokladáme aj na Slovensku vzhľadom na vyhlásenie núdzového stavu približne v rovnakom čase s podobnými protiepidemickými opatreniami. Aj keď prijaté opatrenia mali za následok zníženie emisií, tieto nie sú trvalo udržateľné, preto sú potrebné aj ďalšie intervencie. Dosahovanie znížovania emisií je možné aj napríklad výmenou starých kotlov za nové, vyhovujúce ekodizajnu (28), akceleráciou elektrifikácie dopravy (29), masívnejším využívaním fotovoltaikej energie (30) a mnohými ďalšími rešpektujúcimi ciele Európskej zelenej dohody (31).

Záver

Informácia o množstve emisií z mobilných a stacionárnych zdrojov sú jednou z podmienok hodnotenia kvality ovzdušia. Slovensko aj Česká republika nasledujú Európsky trend postupného znížovania emisií, od roku 2000 postupne klesajú celkové emisie v Slovenskej aj v Českej republike, pričom výraznejší pokles je pozorovateľný v Slovenskej republike. Je to aj v záujme smernice Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2016/2284 o znížení národných emisií určitých látok znečisťujúcich ovzdušie, z ktorej vychádza Národný program znížovania emisií. Smernica zaväzuje členské štáty znížovať antropogénne emisie oxidu siričitého (SO_2), oxidov dusíka (NO_x), nemetánových prchavých organických zlúčenín (NMVOC), amoniaku (NH_3) a jemných tuhých častíc ($PM_{2,5}$) (32).

Podakovanie:

Práca podporovaná 3 grantovými projektami KEGA Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR KEGA 007/UPJŠ-4/2018; KEGA 008 UPJŠ-4/2020; KEGA 010 UPJŠ-4/2021 a 2 vnútornými projektami UPJŠ VVGS IPEL 2020/1485 and VVGS IPEL 2020/1662.

Stret záujmov: žiadny.

LITERATÚRA

- Kelly FJ, Fussell JC. Air pollution and public health: emerging hazards and improved understanding of risk. *Environ Geochem Health*. 2015 Aug;37(4):631-49.
- Genc S, Zadeoglulari Z, Fuss SH, Genc K. The adverse effects of air pollution on the nervous system. *J Toxicol*. 2012;2012:782462. doi: 10.1155/2012/782462.
- Orru H, Ebi KL, Forsberg B. The interplay of climate change and air pollution on health. *Curr Environ Health Rep*. 2017 Dec;4(4):504-13.
- Andrlík B, Péteriová J. Zdanenia motorových vozidiel na Slovensku so zameraním na ekologické prvky. *Acta Sting* [Internet]. 2019 [cited 2021 Dec 12];(2). Available from: https://www.sting.cz/acta/2-2019/acta2_2019_web_01.pdf.
- Štefánik D, Matejovičová J. Expozícia znečisťujúcimi látkami $PM_{2,5}$ na území Slovenska v roku 2017 a počet predčasných úmrtí. *Meteorologický časopis*. 2020;23(1):31-9.
- Sun Q, Hong X, Wold LE. Cardiovascular effects of ambient particulate air pollution exposure. *Circulation*. 2010 Jun 29;121(25):2755-65.
- Laumbach RJ, Kipen HM. Respiratory health effects of air pollution: update on biomass smoke and traffic pollution. *J Allergy Clin Immunol*. 2012 Jan;129(1):3-11; quiz 12-3.
- Xu X, Ha S, Kan H, Hu H, Curbow BA, Lissaker CT. Health effects of air pollution on length of respiratory cancer survival. *BMC Public Health*. 2013 Sep 3;13:800. doi: 10.1186/1471-2458-13-800.
- Feszterová M. Emisie oxidov dusíka v ovzduší Nitrianskeho kraja. *Geografické štúdie*. 2009;13(2):28-34.
- Matejovičová J, Krajčovičová J, Štefánik D, Nemček V, Beňo J. Kvalita ovzdušia v SR [Internet]. Bratislava: SHMÚ; 2020 [cited 2021 Dec 12]. Available from: https://www.minzp.sk/files/oblasti/ovzdušie/ochrana-ovzdušia/dokumenty/strategia-ochrany-ovzdušia/hodnotenie_pre_strategiu_podklady.pdf.
- Jandačka J, Vantúch M, Lenhard R, Kaduchová K, Čaja A. Emisné zaťaženie životného prostredia [Internet]. Žilina: EDIS; 2015 [cited 2021 Dec 12]. Available from: https://ezzp.sk/images/emisne_zatazenie_zivotneho_prostredia.pdf.
- Brzezina J. Vliv nouzového stavu a epidemie koronaviru na kvalitu ovzduší [Internet]. Bratislava: SHMÚ; 2020 [cited 2021 Dec 12]. Available from: http://www.shmu.sk/File/KMO/BrzezinaJ_Vliv_nouzoveho_stavu_epidemie_koronaviru_na_kvalitu_ovzd.pdf.
- Nazeer M, Tabassum U, Alam S. Environmental pollution and sustainable development in developing countries. *Pakistan Develop Rev*. 2016;55(4):589-604.
- Dave PN, Sahu LK, Tripathi N, Bajaj S, Yadav R, Patel K. Emissions of non-methane volatile organic compounds from a landfill site in a major city of India: impact on local air quality. *Heliyon*. 2020 Jul 27;6(7):e04537. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04537.
- West JJ, Cohen A, Dentener F, Brunekreef B, Zhu T, Armstrong B, et al. "What we breathe impacts our health: improving understanding of the link between air pollution and health". *Environ Sci Technol*. 2016 May 17;50(10):4895-904.
- Anenberg SC, Miller J, Minjares R, Du L, Henze DK, Lacey F, et al. Impacts and mitigation of excess diesel-related NO_x emissions in 11 major vehicle markets. *Nature*. 2017 May 25;545(7655):467-71.
- Lieskovská Z, Léniyová P a kol., editors. Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2018: rozšírené hodnotenie kvality a starostlivosti [Internet]. Bratislava: MŽP SR; [cited 2021 Dec 12]. Available from: <https://www.enviroportal.sk/uploads/report/9341.pdf>.
- Kumar A, Sinha V, Shabin M, Hakkim H, Bonsang B, Gros V. Non-methane hydrocarbon fingerprints of major urban and agricultural emissions sources for use in source apportionment studies. *Atmos Chem Phys*. 2020;20(20):12133-52.
- Hime NJ, Marks GB, Cowie CT. A Comparison of the health effects of ambient particulate matter air pollution from five emission sources. *Int J Environ Res Public Health*. 2018 Jun 8;15(6):1206. doi: 10.3390/ijerph15061206.
- United Nations. Sustainable development goals [Internet]. New York: United Nations; [cited 2021 Dec 12]. Available from: <https://sdgs.un.org/goals>.
- OECD.Stat [Internet]. Paris: OECD; 2022 [cited 2021 Dec 12]. Emissions of air pollutants. Available from: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AIR_EMISSIONS.
- Health effects of particulate matter: policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia [Internet]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2013 [cited 2021 Dec 12]. Available from: <https://www.euro.who>.

- int/_data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf.
23. Krížan P, Matúš M, Beniák J, Bábies J. Vplyv frakčného zloženia vstupnej suroviny a kvality smrekových peliet na spaľovací proces v domácom kotli. In: *Energie z biomasy XVIII*; 12-14.9.2017, Lednice [online]. Brno: Energetický ústav VUT; 2017 [cit. 2021-09-12]. Dostupné: https://eu.fme.vutbr.cz/file/Sbornik-EnBio/2017/07_Krizan_ENBIO%202017.pdf.
 24. Slovenský hydrometeorologický ústav [Internet]. Bratislava: SHMÚ; 2022 [cited 2021 Dec 12]. Emisie. Available from: <http://www.shmu.sk/sk/?page=992>.
 25. Slotová K. Faktory vnútorného ovzdušia budov a ich vplyv na zdravie obyvateľov [Internet]. Bratislava: Úrad verejného zdravotníctva SR; 2010 [cited 2021 Dec 12]. Available from: http://www.vzbb.sk/sk/urad/narodne_centra/nrc_vo/faktory_vnut_ovzdusia101001.pdf.
 26. Santos FS, Miranda GA, Carvalho ANM, Carvalho VSB, De A Albuquerque TT. Regulated air pollutant emissions from higher emitters stationary sources in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Braz J Chem Eng*. [Internet]. 2019 Apr-Jun [cited 2021 Dec 12]; 36(2). Available from: <https://www.scielo.br/j/bjce/a/LW33fhhb4S6n3gk9rKS5hvj/?lang=en>.
 27. Winkler SL, Anderson JE, Garza L, Ruona WC, Vogt R, Wallington TJ. Vehicle criteria pollutant (PM, NOx, CO, HCs) emissions: how low should we go? *npj Clim Atmos Sci*. 2018;1:26. doi: 10.1038/s41612-018-0037-5.
 28. Molchanov O, Krpec K, Horák J. Electrostatic precipitation as a method to control the emissions of particulate matter from small-scale combustion units. *J Clean Prod*. 2020 Feb 10;246:119022. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119022.
 29. Erickson LE. Reducing greenhouse gas emissions and improving air quality: two global challenges. *Environ Prog Sustain Energy*. 2017 Jul;36(4):982-8.
 30. Shahsavari A, Akbari M. Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. *Renew Sustain Energy Rev*. 2018 Jul;90:275-91.
 31. Communication from the Commission. The European Green Deal [Internet]. Brussels: European Commission; 2019 [cited 2021 Dec 12]. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640>.
 32. Národný program znížovania emisií - Slovenská republika [Internet]. Bratislava: MŽP SR; 2020 [cited 2021 Dec 12]. Available from: https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/reduction_napcp/SK%20final%20NAPCP%203March20.pdf.

Došlo do redakcie: 31. 5. 2021

Prijato k tisku: 12. 12. 2021

Doc. MUDr. Kvetoslava Rimárová, CSc.

Ústav verejného zdravotníctva a hygieny

Lekárska fakulta

Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

Šrobárova 2

040 01 Košice

Slovenská republika

E-mail: kvetoslava.rimarova@upjs.sk

NOVÉ INDICIE O RIZIKOVOSTI ELEKTRONICKÝCH CIGARET

Skupina kalifornských vedcov analyzovala transkripciu celého genomu v periferných lymfocytoch dospelých osôb s rôznou expozíciou nikotinu: užívatelia e-cigaret (n = 37), kuŕiaci klasických cigaret (n = 22) a kontrolní, nikdy neexponovaná skupina (n = 23). Míra expozície kuŕákov/vaperů bola objektívne verifikovaná vyšším hodnotením kotinínu (metabolit nikotinu) v plazme. Počítačovým modelom bola ďalej provedená analýza vzhľadom k veku a pohlaví a sensitivite subjektívnych výpovedí o kumulatívnom počte náplní (liquidů) a balíčkoroků.

Komparatívny srovnání prokázalo veľmi podobný průběh dysregulace genů u kuŕákov i vaperů, i když změny transkripce byly výraznější u kuŕákov. Za důležité pokládají autoři především cílení účinků kouře/dýmu na mitochondriální geny u obou skupin, které mohou ovlivňovat vznik nemocí se vztahem k mitochondriám DNA.

Obdobně signifikantní je podobnost v dysregulaci genů ovlivňujících imunitní odpovědi, zahrnující cytokiny, interleukiny a interferony, majících klíčovou úlohu v zánětlivých procesech. Studie prokázala souvislost s kumulativní expozicí.

V diskuzi autoři vysvětlují, že podobné účinky elektronických a klasických cigaret jsou očekávané: oba typy obsahují mnoho stejných toxinů a karcinogenů (uhlovodíky, těžké organické sloučeniny, volné radikály, těžké kovy), i když jejich obsah je v e-cigaretách obvykle výrazně nižší. Řada z těchto látek je spojována s kardio-

vaskulárními, imunitními a zánětlivými poškozeními a se zhoubným bujením.

Autoři připomínají, že v dřívějších studiích popsali také dysregulaci funkčně významných genů v orálních epitelálních buňkách u uživatelů elektronických i klasických cigaret. V jiné studii dokumentovali účinky elektronických i klasických cigaret na epigenetické změny, včetně ztráty hydroxymethylace DNA a hypomethylaci DNA, které se pokládají za markery rakoviny a dalších chronických onemocnění.

Zatím neznáme epidemiologické studie popisující možné dlouhodobé zdravotní následky vapování. Vzhledem k šířící se oblibě elektronických přístrojů na získávání nikotinu mezi dětmi a mladistvými jsou výsledky obdobných studií významným upozorněním, že je třeba seriózně vědecky zkoumat poměr rizika a prospěchu vapování a přijímat adekvátní opatření na ochranu veřejného zdraví.

Tommasi S, Pabustan N, Li M, Chen Y, Siegmund KD, Besa-
ratina A. A novel role for vaping in mitochondrial gene dysregulation and inflammation fundamental to disease development. *Sci Rep*. 2021 Nov 23;11(1):22773. doi: 10.1038/s41598-021-01965-1.

Prof. MUDr. Draboslava Hrubá, CSc.
Lékařská fakulta Masarykovy univerzity