



populair



Znečistenie ovzdušia prachovými časticami z lokálnych kúrenísk na Slovensku



Kaare Press-Kristensen, Miloš Veverka

marec 2023

Predhovor

Predkladaná štúdia vychádza v rámci projektu LIFE: „Zlepšenie implementácie programov na zlepšenie kvality ovzdušia na Slovensku posilnením kapacít a kompetencií regionálnych a miestnych orgánov a podporou opatrení v oblasti kvality ovzdušia” (LIFE-IP SK AQ Improvement), číslo projektu: **LIFE18 IPE/SK/000010**.

Štúdiu vypracovalo Centrum pre trvaloudržateľné alternatívy (CEPTA) ako pridružený prijímateľ (partner) vyššie uvedeného projektu.

Hlavným cieľom bolo zmerať znečistenie ovzdušia (množstvo ultrajemných PM častíc) spôsobené spaľovaním dreva a uhlia za účelom vykurovania domácností na Slovensku.

Merania prebehli vo februári 2023. Išlo o meranie kvality ovzdušia vo vybraných slovenských mestách a dedinách, spracovanie údajov a ich analýza, vydanie správ a odporúčania politikom ako dosiahnuť zníženie znečistenia ovzdušia z lokálnych kúrenísk spaľujúcich uhlie a drevo. V predkladanej štúdii približujeme aj výsledky meraní vykonaných na Slovensku a v zahraničí ešte pred začatím realizácie tohto projektu, aby sme poukázali na fakt, že problematika kvality ovzdušia je na Slovensku stále relevantná.

Tento projekt by nemohol byť uskutočnený bez finančnej podpory Európskej únie, za ktorú ďakujeme.

Kaare Press-Kristensen & Miloš Veverka, marec 2023

M.Sc. Kaare Press-Kristensen, Ph.D., HD(A), medzinárodný poradca pre kvalitu ovzdušia a klímu, Dánsko,
karp@env.dtu.dk

Ing. Miloš Veverka, PhD., Centrum pre trvaloudržateľné alternatívy, občianske združenie (CEPTA),
administrátor projektu LIFE-IP SK AQ Improvement za o. z. CEPTA, Slovensko,
milos.veverka26@gmail.com, www.cepta.sk



Obsah

Abstract	1
Zhrnutie	2
Úvod do problematiky	3
1 Znečisťujúce látky	5
2 Legislatíva EÚ	7
2.1 Smernica o kvalite ovzdušia a usmernenia WHO	7
2.2 Smernica o národných emisných stropoch	7
2.3 Smernica o ekodizajne	8
3 Merania	9
3.1 Lokality meraní	9
3.2 Pozad'ové znečistenie ovzdušia v prírodnom prostredí	9
3.3 Pozad'ové znečistenie ovzdušia v mestskom prostredí	13
3.4 Znečistenie ovzdušia v exteriéri spaľovaním dreva a uhlia v kachliach/peciach	15
3.5 Znečistenie ovzdušia v interiéri spaľovaním dreva v peciach	26
Záver a odporúčania	29
Zdroje	31

Abstract

According to the European Commission (EEA) outdoor air pollution causes about 5,170 premature deaths in Slovakia every year. The Danish air quality impact model would result in about 50 % higher mortality i.e. around 7,500 premature deaths in Slovakia. Both estimates make air pollution one of the main risk factors for the Slovak population. Every year about 55,000 people die in total in Slovakia. Outdoor air pollution is thereby responsible for 9-14 % of all deaths i.e. every time 100 people die in Slovakia 9-14 of these deaths are caused by air pollution. The key purpose was to measure air pollution (particle number) from residential wood and coal stoves in villages and small towns in Slovakia.

It is well recognized that the air quality limit values of the EU do not protect human health i.e. there are huge health benefits connected to the reduction of air pollution to much lower levels than the air quality limits. The goal should be to fulfil the new recommendations of the World Health Organization (WHO).

Air pollution differs from other major risk factors which are mostly individual decisions, e.g. to smoke, drink alcohol, not to do physical exercise etc. However, you cannot avoid air pollution. People inhale air pollution with every breath. Therefore, specific political attention should be paid to air pollution.

The measurements in this report clearly document that natural background pollution in Slovakia with particle number is very low. Thereby people would inhale much cleaner air if there were no local combustion (no dirty vehicles, no wood burning, no industrial burning etc.). However in small villages and towns, residential burning of wood and coal in stoves and boilers are key pollution sources of the particles. People in their homes with stoves are even more exposed than people outside.

Recommendations to reduce pollution from wood and coal burning in Slovakia		
Very efficient	Ban in cities, towns	Solid fuel burning (wood, coal etc.) is banned and replaced by insulation and district heating (in larger cities) or heat pumps (outside larger cities).
	Phase out old devices	Stoves and boilers from before 2010/2015 must be replaced with new appliances in 2025/2030.
	Ban open burning	Open burning of garden/farming/forest and other waste is completely banned and the ban is enforced.
Efficient	Information on health effects	People are informed about health damaging outdoor and indoor air pollution from wood and coal burning.
	General ban on waste and coal burning	Burning coal and waste (plastic, furniture, pallets etc.) is completely banned.
	Restrict solid burning	Stoves can only be used as supplementary heat source e.g. when it is below minus 3°C outside.
	Support for alternatives	Financial support for insulation and a permanent shift to district heating or heat pumps.
Less efficient	Forced connection	Houses in areas with district heating must connect to district heating (unless they use a heat pump).
	Information on management	Campaigns on optimal stove/boiler management (right device, fuel, air supply and good new chimney etc.).
Inefficient	Scrapping payment	The state pays e.g. 200 euro to people replacing an old stove with a newer and less polluting stove.

Efficiency of actions is ranked according to the “real-life effects” scale i.e. an action that potentially could have a significant effect but is difficult to enforce will not be very efficient in real life and vice versa.

Zhrnutie

Podľa Európskej komisie na Slovensku predčasne zomrie asi 5 170 ľudí z dôvodu znečistenia ovzdušia. Podľa Dánskeho modelu dopadu kvality ovzdušia na zdravie ľudí by znečistenie ovzdušia na Slovensku malo ešte o 50 % väčší dopad, okolo 7 500 predčasných úmrtí. Obidva odhady teda zhodne označujú znečistenie ovzdušia ako jeden z najrizikovejších faktorov pre Slovákov. Každoročne umrie na Slovensku asi 55 000 ľudí, takže znečistenie ovzdušia má na svedomí 9-14 % zo všetkých úmrtí za rok. Znamená to, že z každých 100 úmrtí na Slovensku je 9-14 úmrtí spôsobených znečisteným ovzduším.

Hlavným cieľom projektu bolo meranie znečistenia ovzdušia ultrajemnými časticami z lokálneho vykurovania drevom a uhlím v slovenských obciach a mestách.

Vo všeobecnosti je známe, že hodnoty limitov kvality ovzdušia v EÚ nechránia dostatočne ľudské zdravie, takže ak chceme dosiahnuť významné zdravotné benefity, je potrebné znížiť znečistenie ovzdušia na podstatne nižšiu úroveň ako stanovujú tieto limity. Cieľom by malo byť splnenie nových odporúčaní Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO).

Znečistenie ovzdušia sa odlišuje od ostatných významných rizikových faktorov, ktorými sú individuálne ľudské rozhodnutia, ako napríklad fajčenie, pitie alkoholu a pod. Znečisteniu ovzdušia totiž nemôžeme uniknúť, vdychujeme ho každým nádychom. Preto si znečistenie ovzdušia zasluhuje výnimočnú pozornosť politikov.

Merania jasne ukázali, že prirodzené pozadové znečistenie ultrajemnými časticami je na Slovensku veľmi nízke. Znamená to, že ľudia by mohli vdychovať oveľa čistejší vzduch, keby nedochádzalo k lokálnemu spaľovaniu (kúrenie drevom, spaľovanie v priemysle, vozidlá bez filtrov a pod.). Práve vykurovanie tuhými palivami, teda spaľovanie dreva a uhlia v peciach a kotloch je kľúčovým zdrojom znečistenia ultrajemnými časticami v obciach a mestách. Ľudia vo vnútornom prostredí domov vykurovaných tuhými palivami sú dokonca často vystavení väčšiemu znečisteniu ako ľudia vonku.

Odporúčania na zníženie znečistenia ovzdušia z vykurovania drevom a uhlím na Slovensku		
Veľmi účinné	Zákaz spaľovania v mestách	Spaľovanie tuhých palív (uhlie, drevo) je zakázané a nahradené zateplením budov a napojením na centrálné vykurovanie (vo väčších mestách) alebo tepelnými čerpadlami (mimo väčších miest).
	Vyradenie starých zariadení	Pece a kotle staršie ako z r. 2010/2015 musia byť nahradené novými, modernými (splňajúcimi ekodizajn) do r. 2025/2030.
	Zákaz otvoreného ohňa	Otvorené spaľovanie záhradného/poľnohospodárskeho/lesného alebo akéhokoľvek iného odpadu je kompletne zakázané a porušenie zákazu je sankcionované.
Účinné	Informácie o vplyve na zdravie	Ľudia sú informovaní o poškodení zdravia spôsobeného znečistením vonkajšieho aj vnútorného ovzdušia zo spaľovania dreva a uhlia.
	Všeobecný zákaz spaľovania uhlia a odpadov	Spaľovanie uhlia a odpadov (plasty, nábytok, palety a pod.) je úplne zakázané.
	Obmedzenie spaľovania tuhých palív	Pece môžu byť použité len ako doplnkový zdroj tepla napr. keď je vonku pod -3 °C.
	Podpora alternatívnych zdrojov vykurovania	Finančná podpora na zateplenie a na napojenie sa na centrálné vykurovanie alebo na vykurovanie tepelným čerpadlom.
Menej účinné	Nútené pripojenie sa	Domy v oblastiach s dostupným centrálnym vykurovaním sa musia pripojiť na centrálné vykurovanie (pokiaľ nepoužívajú tepelné čerpadlo).
	Informácie o správnych technikách kúrenia	Kampane o zásadách správneho vykurovania (moderné kotle, suché drevo, dostatok vzduchu, nový komín a pod.) .
Neúčinné	Príspevok na šrotovné	Štát zaplatí napr. 200 eur ľuďom, aby si vymenili staré kachle za nové, menej znečisťujúce.

Účinnosť jednotlivých postupov je radená podľa "vplyvu v reálnom živote" t.j. postup, ktorý by potenciálne mohol mať významný vplyv, ale je ťažké ho presadiť, tým pádom nie je veľmi účinný v reálnom živote a naopak.

Úvod do problematiky

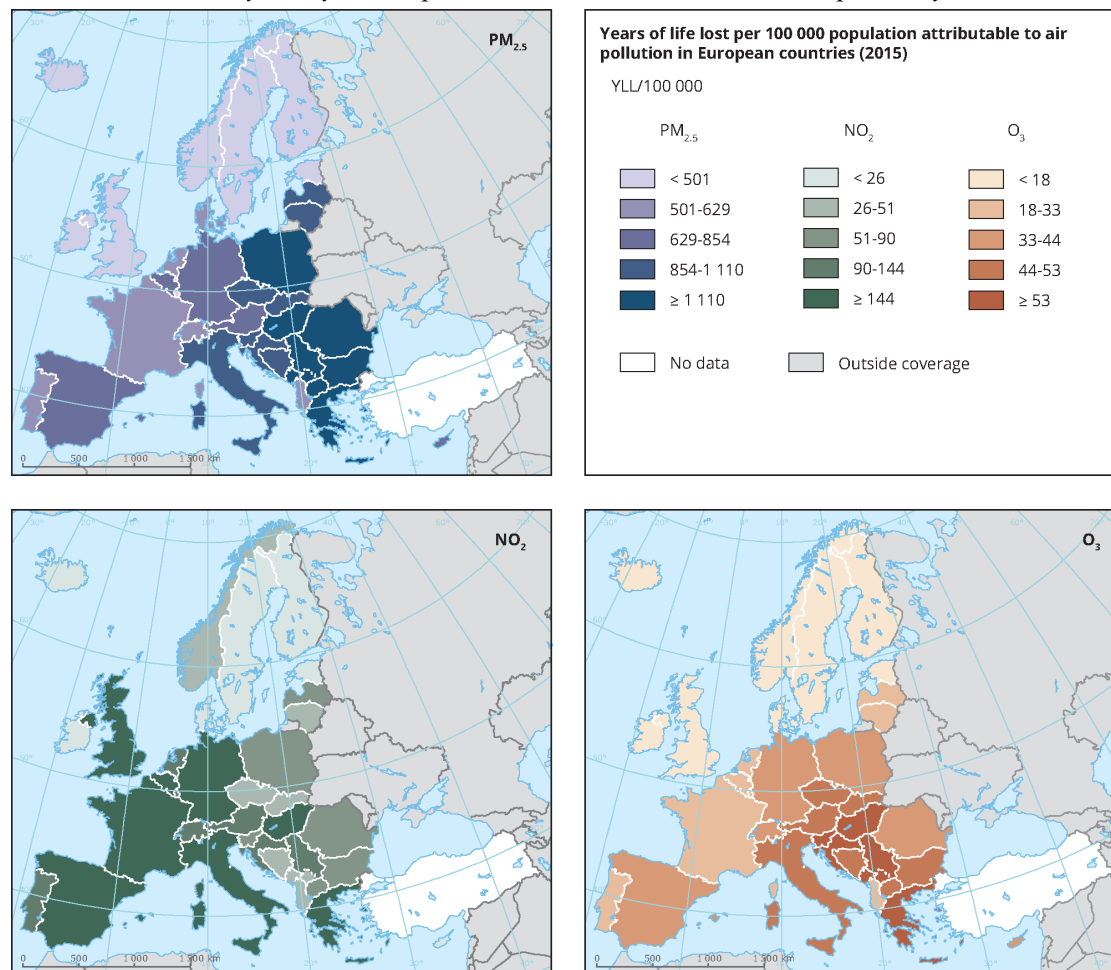
Podľa Európskej komisie znečistenie vonkajšieho ovzdušia spôsobuje v Európe každý rok približne 400 000 predčasných úmrtí (ref. 1). Okrem toho spôsobuje vážne ochorenia ďalším miliónom Európanov. WHO odhadla s tým spojené náklady na zdravotnú starostlivosť na 1 600 000 000 000 USD ročne (ref. 2). Znečistenie ovzdušia je práve kvôli tomu jedným z najvyšších a najdrahších rizikových faktorov v Európe.

Krajiny v strednej Európe, ako je napr. Slovensko, sú vo všeobecnosti najviac zasiahnuté znečistením ovzdušia (obr. 1).

Slovensko a Dánsko majú podobnú rozlohu a hustotu obyvateľstva. Avšak Európska komisia odhaduje, že na Slovensku približne až dvakrát viac ľudí predčasne zomiera práve v dôsledku znečistenia ovzdušia (ref. 1).

Podľa Európskej komisie má znečistenie ovzdušia za následok každoročne asi 5 170 predčasných úmrtí v Slovenskej republike (ref. 1). S tým spojené zdravotné náklady sú ročne takmer 5 100 miliónov amerických dolárov. Podľa dánskeho modelu dopadu kvality ovzdušia na zdravie by znečistenie ovzdušia na Slovensku malo ešte o cca 50 % väčší dopad na zdravie obyvateľstva (ref. 4), t. j. približne 7 500 predčasných úmrtí ročne a výdavky na zdravotnú starostlivosť vo výške približne 7 500 miliónov dolárov každý rok. Obidva odhady teda zhodne označujú znečistenie ovzdušia za jeden z najrizikovejších faktorov pre obyvateľov Slovenska. Každoročne zomrie na Slovensku asi 55 000 ľudí (ref. 5), takže znečistenie ovzdušia má na svedomí 9-14 % zo všetkých úmrtí ročne. Náklady na zdravotnú starostlivosť znižujú HDP Slovenska o 3-4,5 % a sú veľkým ekonomickým bremenom pre krajinu a jej obyvateľov.

Obr. 1: Stratené roky života v Európe v dôsledku znečistenia ovzdušia prachovými časticami. (ref. 3).



V priemere platí, že človek, ktorý predčasne zomrie kvôli znečisteniu ovzdušia, umrie o 10,5 roka skôr ako by sa mohol dožiť (ref. 6). Navyše ešte pred smrťou ľudia roky trpia vážnymi chorobami ako sú rakovina, kardiovaskulárne ochorenia, bronchitída, astma, diabetes a pod. Preto je strata rokov, počas ktorých mohli byť ľudia zdraví, oveľa väčšia ako počet stratených rokov života. Okrem spomínaného vplyvu na zdravie, znečistené ovzdušie poškodzuje aj úrodu, ekosystémy, budovy a pod.

Lokálne kúreniská spaľujúce uhlie a drevo v peciach a kotloch sú významným zdrojom znečistenia ovzdušia prachovými časticami, sadzami a dechtovými zlúčeninami najmä na dedinách a v menších mestách na Slovensku. Tieto znečisťujúce látky významne prispievajú k chorobnosti a predčasným úmrtiam, ako aj ku globálnemu otepľovaniu (napr. čistočky sadzí, pozri str. 6).

Znečistenie spaľovaním dreva a uhlia v spaľovacích zariadeniach (pece, kotle) sa líši od znečistenia napr. z dopravy, pretože spaľovacie zariadenia sú umiestnené vo vnútri domov. Môžu tak priamo znečisťovať vzduch v interiéri (pozri stranu 26). To môže spôsobiť vysokú úroveň znečistenia ovzdušia ultrajemnými a jemnými časticami počas zimnej sezóny, keď ľudia trávajú väčšinu času vo vnútri a vetranie je obmedzené. Škody na zdraví spojené so znečistením interiérového ovzdušia spaľovaním dreva a z iných zdrojov v interiéri nie sú zahrnuté do oficiálnych odhadov, uvedených vyššie.

Vo všeobecnosti platí, že limitné hodnoty stanovené pre znečisťujúce látky v ovzduší EÚ nechránia ľudské zdravie dostatočne. Zníženie znečistenia ovzdušia na oveľa nižšie hodnoty ako sú v súčasnosti nastavené zákonom znamená výrazné benefity pre zdravie obyvateľstva (ref. 7). Cieľom verejnej správy by preto malo byť zníženie vplyvu na zdravie (mortalita a morbidita) a nielen úzko zacielené plnenie stanovených hodnôt. Cieľom by malo byť splnenie aktuálnych odporúčaní WHO.

Znečistenie ovzdušia sa líši od iných významných rizikových faktorov, ktoré možno ovplyvniť vlastným rozhodnutím jednotlivca (napr. fajčenie, pitie alkoholu a pod.). Znečisteniu v ovzduší sa však nemožno vyhnúť, ľudia ho vdýchnu pri každom nádychu a nezáleží na tom, či žijú v centrách miest s množstvom dopravy alebo na vidieku, kde sú lokálne kúreniská. Znečistenie ovzdušia je teda téma, ktorá vyžaduje špeciálnu pozornosť politikov.

1 Znečisťujúce látky

Dym z lokálnych kúrenísk, spaľujúcich drevo a uhlie, obsahuje veľa zdraviu škodlivých látok.

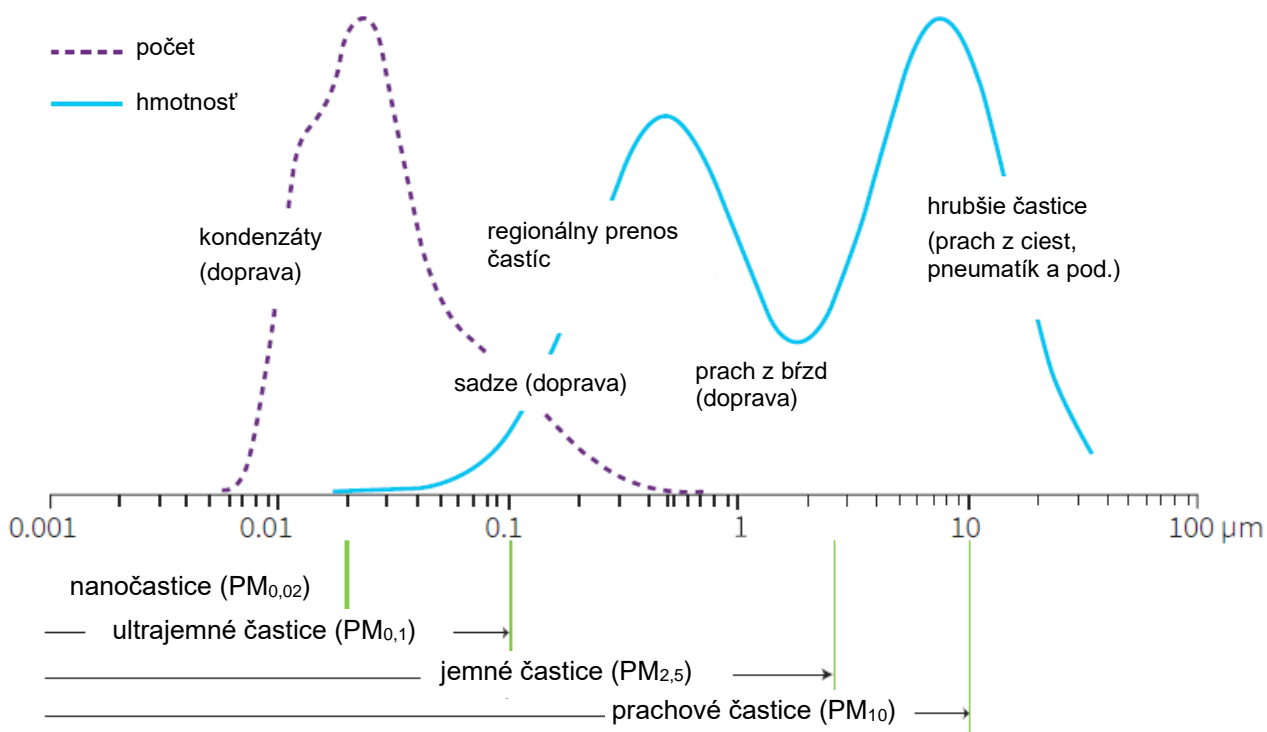
Prachové častice v ovzduší sú rozdelené podľa veľkosti do piatich skupín: pevné častice PM₁₀, hrubšie častice, jemné častice, ultrajemné častice a nanočastice (tab. 1).

Tab. 1: Charakteristika znečisťujúcich pevných častíc v ovzduší (ref. 8).

	Priemer v mikrometroch	Jednotky
Prachové častice (PM ₁₀)	< 10	μg/m ³
Hrubšie častice (PM _{2,5-10})	2,5 - 10	μg/m ³
Jemné častice (PM _{2,5})	< 2,5	μg/m ³
Ultrajemné častice (PM _{0,1})	< 0,1	počet/cm ³
Nanočastice (PM _{0,02})	< 0,02	počet/cm ³

Z tabuľky vidíme, že najväčšie častice sa merajú v hmotnostných jednotkách, zatiaľ čo tie najmenšie sú merané počtom častíc na objemovú jednotku. Rozdiel v jednotkách je kvôli tomu, že najväčšie častice prevažujú hmotnosťou, zatiaľ čo najmenšie častice dominujú počtom častíc a neprispievajú významne k celkovej hmotnosti pevných častíc (obr. 2).

Obr. 2: Distribúcia častíc podľa veľkosti (ref. 8).



Jemné častice

Jemné častice (PM_{2,5}) sú častice s priemerom menším ako 2,5 mikrometra (µm). Sú merané hmotnostnými jednotkami, často v mikrogramoch na meter kubický vzduchu (µg/m³). Mortalita a morbidita, ktorých príčina je znečistené ovzdušie, sú najčastejšie vypočítavané zo znečistenia jemnými časticami. Lokálne kúreniská (v ktorých sa spaľuje najmä drevo) produkujú približne 70 % všetkých jemných častíc na Slovensku a sú hlavným zdrojom emisií (ref. 1). Tieto častice majú dlhú životnosť a sú prenášané na dlhé vzdialenosti. Preto veľká časť jemných častíc v slovenskom ovzduší pochádza z iných krajín – rovnako ako veľká časť časticových emisií je takto exportovaná zo Slovenska a spôsobuje zdravotné problémy v zahraničí.

Sadze

Sadze sú organické častice, ktoré obsahujú elementárny uhlík. Sadze sú súčasťou jemných častíc, ktoré vznikajú pri procese spaľovania; rovnako ako jemné častice aj sadze sú merané v hmotnostných jednotkách (µg/m³). Sú považované za najviac zdravie ohrozujúce častice a významne prispievajú ku globálnemu otepľovaniu. Lokálne kúreniská sú hlavným zdrojom sadzí na Slovensku (ref. 1).

Ultrajemné častice

Ultrajemné častice (PM_{0,1}) sú častice s priemerom menším ako 0,1 mikrometra (µm), t. j. menším ako 100 nanometrov (nm). Ultrajemné častice sú merané (rátané) ako počet, najčastejšie ide o počet častíc na cm³ vzduchu. Dokážu preniknúť do jemných častí pľúc a do krvi a spôsobiť vážne komplikácie. Ich životnosť je krátka a viažu sa na lokálne zdroje znečisťovania. Aj naše merania potvrdili, že na Slovensku sú zásadným zdrojom ultrajemných častíc spaľovacie procesy ako napr. doprava (spaľovacie motory) alebo lokálne kúreniská.

Dechtové zlúčeniny

Dechtové zlúčeniny (PAH: polycyklické aromatické uhľovodíky) sú skupinou organických látok, ktoré sú tvorené polycyklickými aromatickými jadrami. Viaceré z nich sú karcinogénne. Pozornosť si zasluhuje najmä benz(a)pyrén, keďže je karcinogénny už pri nízkych dávkach. V osídlených oblastiach, v ktorých sa často kúri drevom je koncentrácia dechtových zlúčenín vyššia než v najznečistenejších uliciach.

Benzén

Benzén je organická látka tvorená aromatickým jadrom. Je to jedna z najviac karcinogénnych zlúčenín. V obytných oblastiach s častým spaľovaním dreva môžu byť koncentrácie benzénu vyššie než v najviac znečistených uliciach.

Zápach

Ľudia sa často sťažujú na zápach z dymu pri spaľovaní dreva. Tento zápach spôsobujú prchavé organické zlúčeniny, ktoré sa vyskytujú v dyme spolu s ostatnými znečisťujúcimi látkami. Neexistuje jednoznačná definícia zápachu. Ide najmä o estetický problém a ako taký nepredstavuje hrozbu. Na druhej strane zápach môže byť jasný indikátor toho, že v dyme sa nachádzajú znečisťujúce látky v škodlivých koncentráciách. Prchavé organické zlúčeniny prispievajú k tvorbe škodlivého prízemného ozónu a smogu

2 Legislatíva EÚ

Pre problematiku znečistenia ovzdušia pecami a kotlami na drevo a uhlie sú kľúčové tri smernice Európskej Únie: Smernica o kvalite ovzdušia, Smernica o národných emisných stropoch a Smernica o ekodizajne.

2.1 Smernica o kvalite ovzdušia a usmernenia WHO

Smernica EÚ o kvalite ovzdušia definuje limity pre viacero znečisťujúcich látok, týkajúcich sa spaľovania dreva a uhlia. V tab. 2 uvádzame pre porovnanie aj usmernenia Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO).

Tab. 2: Hraničné hodnoty pre hlavné znečisťujúce látky.

	Merané ako	Hraničná hodnota podľa EÚ	Usmernenia WHO
Prachové častice (PM₁₀)	denný priemer	50 µg/m ³ ^{a)}	45 µg/m ³
	ročný priemer	40 µg/m ³	15 µg/m ³
Jemné častice (PM_{2,5})	denný priemer	žiadne	15 µg/m ³
	ročný priemer	25 µg/m ³	5 µg/m ³
Ultrajemné častice (PM_{0,1})	najnižšia bezpečná úroveň	žiadne	1 000 part/cm ³
	hodinový priemer	žiadne	20 000 part/cm ³
	denný priemer	žiadne	10 000 part/cm ³
Benzén	ročný priemer	5 µg/m ³	1 µg/m ³
Benz(a)pyrén ^{b)}	ročný priemer	0,001 µg/m ³	0,00012 µg/m ³

a) Nesmie byť presiahnutá viac než 35-krát za kalendárny rok.

b) Merané ako súčasť PM₁₀ (cieľová hodnota od roku 2010).

V tabuľke vidíme, že hraničné hodnoty pre toxické sadze neboli ešte stanovené. WHO však nedávno zaviedla usmernenia pre ultrajemné častice: 1 000 častíc na cm³ sú považované za nízke množstvo a bezpečnú hranicu, zatiaľ čo množstvá nad 20 000 častíc na cm³ (hodinový priemer) a 10 000 častíc na cm³ (denný priemer) sú vysoké hodnoty a mali by sme sa im vyhnúť.

WHO má navyše oveľa prísnejšie usmernenia pre kvalitu ovzdušia ako sú limitné hodnoty Európskej únie. Jednoznačne sa teda odporúča riadiť sa usmerneniami WHO, ak chceme znížiť negatívny vplyv znečistenia ovzdušia na ľudské zdravie. Je zrejmé, že limity EU nechránia dostatočne ľudské zdravie, EÚ však už spustila proces prepracovania nariadení za účelom priblíženia limitných hodnôt k tým, ktoré má WHO v svojich nariadeniach. Tento proces by mal byť ukončený v roku 2024.

2.2 Smernica o národných emisných stropoch

Európska únia implementovala ciele pre r. 2020 Göteborgského protokolu OSN (Protokol o znížení acidifikácie, eutrofizácie a prízemného ozónu) a pridala ciele pre r. 2030 prostredníctvom Smernice o národných emisných stropoch, ktorá obsahuje národné emisné stropy pre 5 kľúčových znečisťujúcich látok. Najmä limity pre jemné častice PM_{2,5} sa výrazne týkajú spaľovania uhlia a dreva.

Tab. 3: Slovenské emisné limity v Smernici o národných emisných stropoch.

Zníženie v % v porovnaní s emisiami v r. 2005 na Slovensku	PM _{2,5}	
	2020	2030
	36 %	49 %

Podľa poslednej správy Európskej únie, Slovensko splnilo ciele týkajúce sa jemných častíc pre rok 2020 a zrejme splní aj pre rok 2030 (ref. 9). Keďže sa však spaľovanie dreva v uplynulom roku výrazne zvýšilo a ide o zďaleka najväčší zdroj emisií jemných častíc na Slovensku (ref. 10) je otázne, či Slovensko splní svoj cieľ z roku 2020 týkajúci sa emisií častíc aj v roku 2022 a neskôr.

2.3 Smernica o ekodizajne

Smernica o ekodizajne určuje limitné hodnoty emisií pre nové pece a kotle. Normy však nie sú vôbec ambiciózne: nové pece a kotle môžu produkovať až 50-krát viac prachových častíc PM₁₀ než staré kamióny (od roku 2006) na jednotku energie. Podľa kritérií WHO o čistom ovzduší spôsobí spálenie len jedného kilogramu dreva v novej peci, pričom sú dodržané požiadavky Smernice o ekodizajne o optimálnych podmienkach, znečistenie až 1 000 000 m³ úplne čistého vzduchu. Neexistujú limity zamerané na zníženie množstva emisií ultrajemných častíc z pecí a kotlov – ani limity pre znečistenie ovzdušia z pecí v interiéri. Neexistujú žiadne obmedzenia na zníženie sadzí z pecí – zdá sa, že nové pece majú vyššie emisie sadzí, pretože spaľujú pri vyššej teplote. Testovacie podmienky pre pece a kotle neodrkadľujú skutočné podmienky a výrazne podhodnocujú skutočné množstvá emisií. Avšak nové pece emitujú menej PM_{2,5} než staré. Avšak keďže pece a kotle vydržia desaťročia (30 až 50 rokov), trvá to desiatky rokov, kým sa prejaví zlepšenie situácie v oblasti emisií ako dôsledku Smernice o ekodizajne. Je na verejnej správe Slovenska (a tiež ostatných členských štátov), aby v súčasnosti podnikla konkrétne kroky na zníženie emisií z lokálnych kúrenísk v malých peciach a kotloch.

3 Merania

Hlavným cieľom bolo zmerať znečistenie ovzdušia ultrajemnými časticami (ako počet častíc na cm^3 vzduchu) z lokálnych kúrenísk, spaľujúcich drevo a uhlie v peciach v dedinách a malých mestách na Slovensku.

Ultrajemné častice boli merané pomocou prístroja P-Trak (Model 8525, merač počtu ultrajemných častíc) od TSI. Prístroj bol kalibrovaný vždy pred meraniami a kontrolne kalibrovaný po meraniach. Kalibrácia ukázala, že prístroj fungoval počas meraní správne. Každú sekundu prebehlo jedno meranie. V tabuľkách a grafoch však boli použité priemerné hodnoty (minútové priemery). Keďže merania boli uskutočnené v rozličných časoch, hodnoty na x-ovej osi boli štandardizované a nie sú uvedené v grafoch zobrazujúcich merania v rôznom čase.

Rýchlosť a smer vetra, vlhkosť a teplota boli na miestach merania merané prístrojom WindMate 350. Počas niektorých meraní bola teplota mierne pod 0°C (dolný interval validity prístroja P-Track). Tento fakt by nemal ovplyvniť výsledky meraní, ale samozrejme ho treba brať do úvahy.

Merania sa uskutočnili od 23. do 27. februára 2023 na Slovensku. Aby sme však lepšie vykreslili problém kvality ovzdušia, použili sme v ďalších riadkoch aj údaje z meraní a fotografie zo Slovenska i zo zahraničia z minulých rokov.

3.1 Lokality meraní

Merania pozad'ového znečistenia ovzdušia v prírodnom prostredí sa uskutočnili v lese masívu Kubínskej hole, pod vrchom Príslop.

Mestské pozadie bolo merané v parkoch (oblastiach bez dymu).

Znečistenie z pecí a kotlov na drevo a uhlie sme merali pri chôdzi v obytných štvrtiach v dedinách a malých mestách na Slovensku. Znečistenie ovzdušia v interiéri sme zmerali v dvoch rodinných domoch.

3.2 Pozad'ové znečistenie ovzdušia v prírodnom prostredí

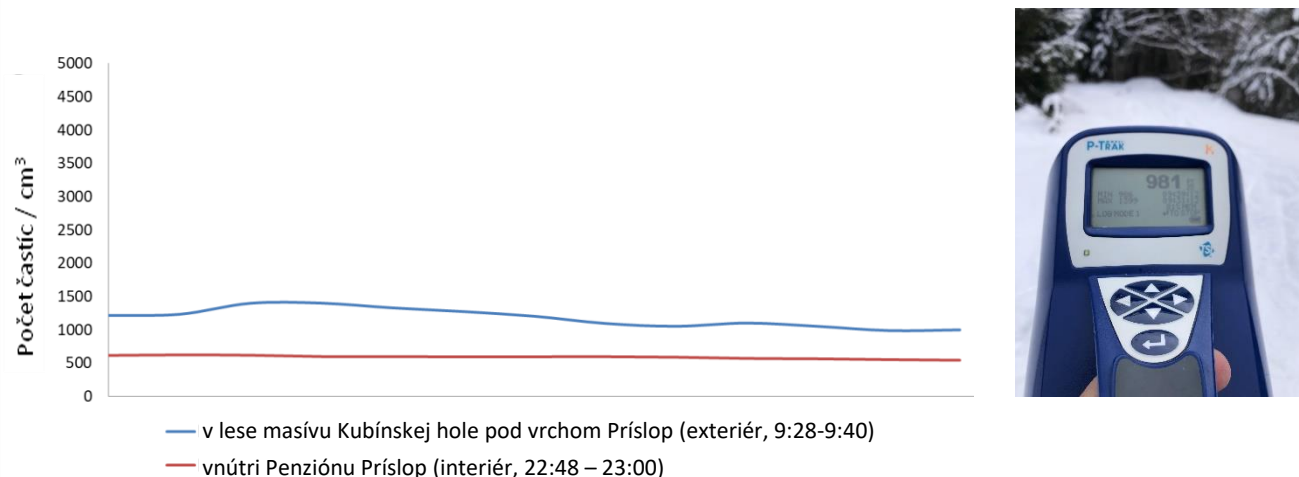
Pozad'ové znečistenie ovzdušia v prírodnom prostredí vyjadruje množstvo/úroveň ultrajemných častíc v oblasti bez lokálnych zdrojov znečistenia. Merania znečistenia prírodného pozadia ultrajemnými časticami boli vykonané na Orave – v interiéri odľahlého penziónu v horskom sedle (Penzión Príslop) dňa 25.2.2023 a v exteriéri v lese masívu Kubínskej hole, pod vrchom Príslop 27.2.2023 (vietor < 2 m/s, vlhkosť 67 %, teplota $-2,4^\circ\text{C}$).

Mapa lokalít meraní je na obr. 3 a výsledky sú na obr. 4 a v tab. 4.



Obr. 3: Mapa lokalít merania pozadia v prírodnom prostredí na Orave – pri penzióne Príslop (oranžový bod) a v lese (červený bod).

Obr. 4: Pozad'ové znečistenie ovzdušia v prírodnom prostredí v lese Kubínskej hole a vnútri Penziónu Príslop.

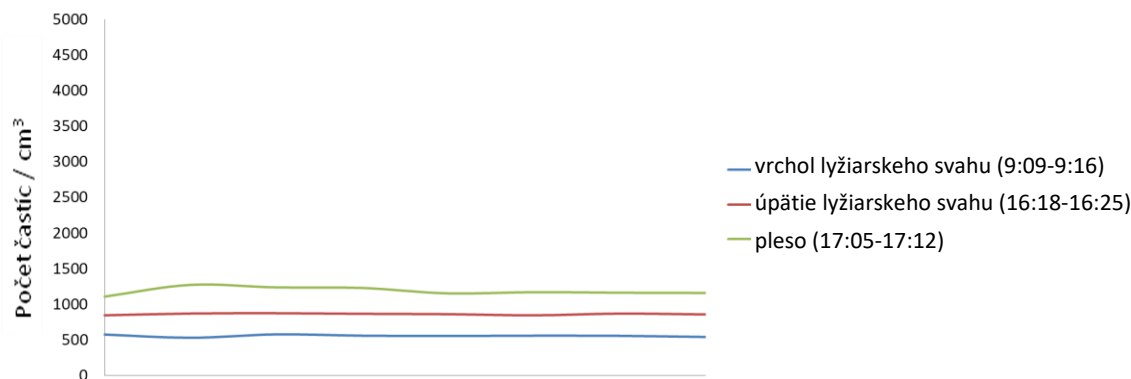


Tab. 4: Pozad'ové znečistenie ovzdušia v prírodnom prostredí v lese Kubínskej hole a vnútri Penziónu Príslop.

Dátum	Lokalita	Počet meraní	Priemer. znečistenie (počet častíc na cm ³)
25.02.2023	vnútri Penziónu Príslop (interiér)	780	590
27.02.2023	v lese masívu Kubínskej hole, pod vrchom Príslop (exteriér)	780	1 180

Namerané hodnoty sú podobné ako hodnoty, ktoré sme namerali pri Štrbskom plese v marci 2020 (obr. 5, tab. 5).

Obr. 5: Pozad'ové znečistenie ultrajemnými časticami v prírodnom prostredí na Štrbskom plese (marec 2020).

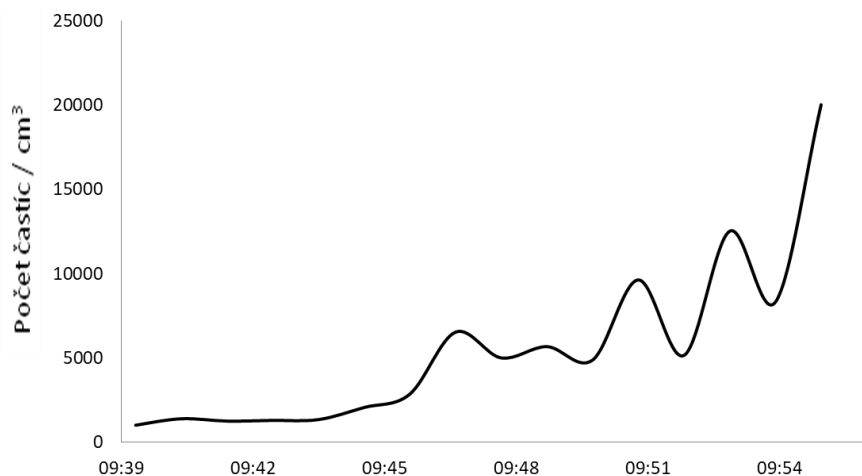


Tab. 5: Pozad'ové znečistenie ultrajemnými časticami v prírodnom prostredí na Štrbskom plese (marec 2020).

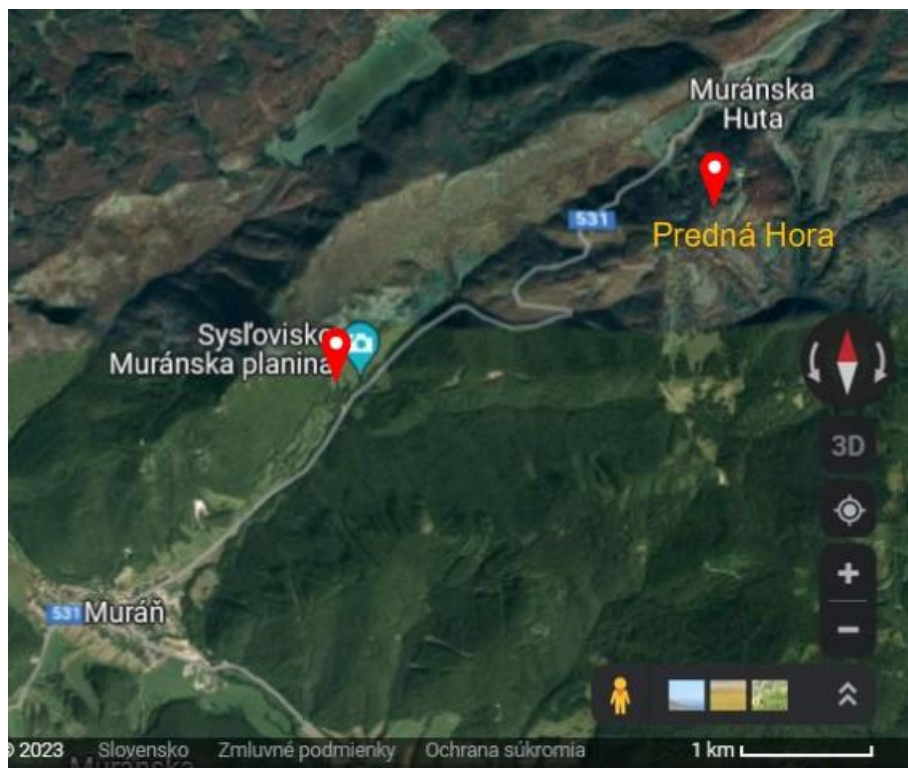
	Lokalita	Dátum	Počet meraní	Priemer. znečistenie (počet častíc na cm ³)
Štrbské pleso	Štrbské pleso	06.03.2020	1 080	1 175
	Úpätie lyžiarskeho svahu	06.03.2020	480	850
	Vrchol lyžiarskeho svahu	07.03.2020	720	550

Merania pozad'ového znečistenia ovzdušia v lese pod vrchom Príslop mohli byť čiastočne ovplyvnené spaľovaním dreva v kotli v Penzióne Príslop, keďže koncentrácia častíc jasne stúpala ako sme kráčali z lesa k penziónu (červený bod na obr. 3, graf na obr. 6). V penzióne sa kúrilo drevom a uhlím. Na parkovisku pri penzióne v smere vetra od komína sme namerali pomerne vysoké hodnoty ultrajemných častíc (obr. 6).

Obr. 6: Namerané znečistenie ultrajemnými časticami pri chôdzi z lesa pod vrchom Príslop k Penziónu Príslop, kde sa kúrilo drevom a uhlím.



Merali sme aj pozad'ové znečistenie v prírodnom prostredí na Prednej Hore, Sysľovisko na Muránskej planine (obr. 7) a v lesoch medzi obcami Oravská Lesná a Zákamenné (obr. 8). Výsledky prinášame na obr. 9.

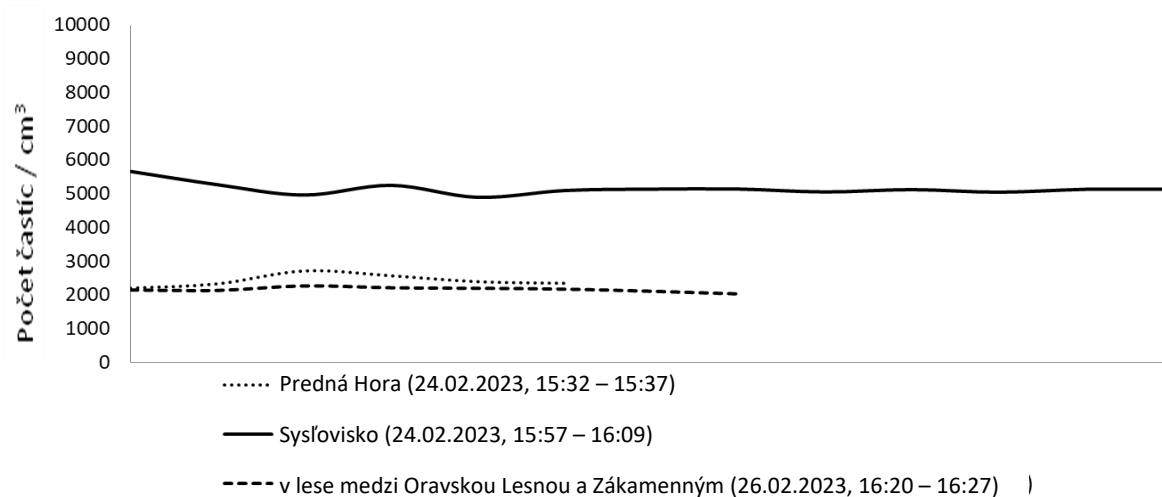


Obr. 7: Mapa miest meraní na Muránskej planine (červené body) – Predná hora a Sysľovisko.

Obr. 8: Mapa miesta merania v lese medzi obcami Oravská Lesná a Zákamenné (červený bod) na Orave.



Obr. 9: Merania na Prednej Hore, Sysľovisko (Muránska planina) a v lese medzi Oravskou Lesnou a Zákamenným (Orava).



Počas týchto meraní bolo jasné, že kvalita ovzdušia na mieste meraní bude pravdepodobne ovplyvnená, t. j. pôjde o merania, ktoré nepredstavujú pozadie v prírodnom prostredí. Na Prednej Hore (priemerne 2 430 častíc na cm³) nefúkal vietor (veľmi malá výmena vzduchu) a pomerne veľká premávka na blízkych strmých horských cestách. V Sysľovisku (priemerne 5 150 častíc na cm³) bola kvalita ovzdušia jasne ovplyvnená miestnymi zdrojmi znečistenia: pravdepodobne dymom z kúrenia drevom v domoch v neďalekej obci Muráň, vzdalenej cca 2 km.

V lesoch medzi Oravskou Lesnou a Zákamenným (priemerne 2 165 častíc na cm^3) sa zdalo, že ovzdušie je trochu ovplyvnené (možno znečistením z dopravy) v porovnaní s pozad'ovým znečistením v prírodnom prostredí v lese Kubínskej hole pod vrchom Príslop (obr. 4, tabuľka 4).

Predpokladá sa, že pozad'ové znečistenie ovzdušia v prírodnom prostredí Slovensku ultrajemnými časticami je 500-1 000 častíc na cm^3 v závislosti od poveternostných podmienok. To znamená, že ľudia na Slovensku by vdychovali okolo 750 častíc na cm^3 vzduchu, ak by nedošlo k spaľovaniu (jazdili by iba elektromobily, nebolo by žiadne spaľovanie dreva, žiadne priemyselné spaľovanie atď.). Takáto úroveň by spĺňala odporúčanie WHO, ktoré je 1 000 častíc na cm^3 (pozri tab. 2).

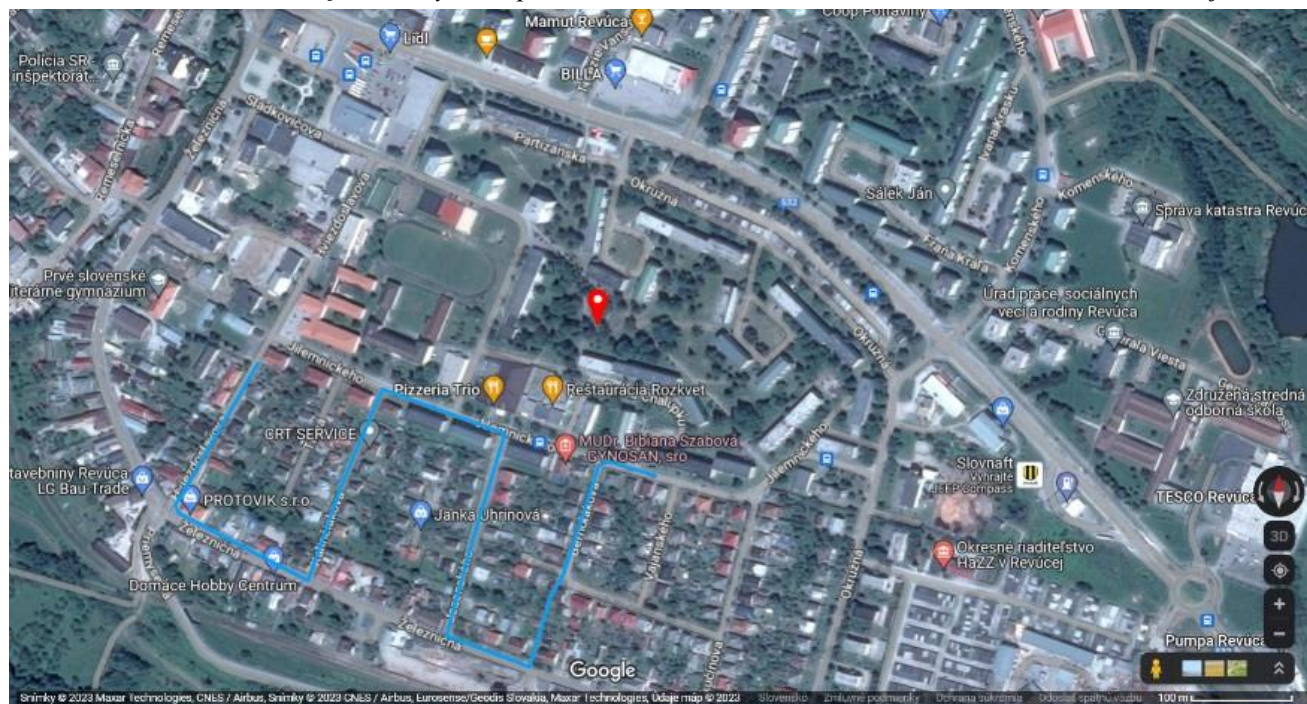
3.3 Pozad'ové znečistenie ovzdušia v mestskom prostredí

Merania pozad'ového znečistenia ovzdušia v mestskom prostredí boli realizované intravilánoch miest a obcí v oddychových zónach (park), kde sme necítili zápach dymu. Merali sme na nasledujúcich miestach (obr. 10, 11, 12):

- 1) mesto Revúca, park, 24.02.2023, popoludnie, vietor: 1-2 m/s, teplota: 4°C a vlhkosť: 80 %.
- 2) obec Lokca, park, 25.02.2023, večer, vietor: 1-2 m/s, teplota -0,8°C a vlhkosť: 80 %.

Pozad'ové znečistenie ovzdušia v mestskom prostredí vyjadruje množstvo znečistenia ovzdušia, ktoré vdychujú ľudia, žijúci alebo pracujúci v mestách či na dedinách v zimnom období, pričom nie sú v blízkosti dymu z lokálnych zdrojov znečistenia.

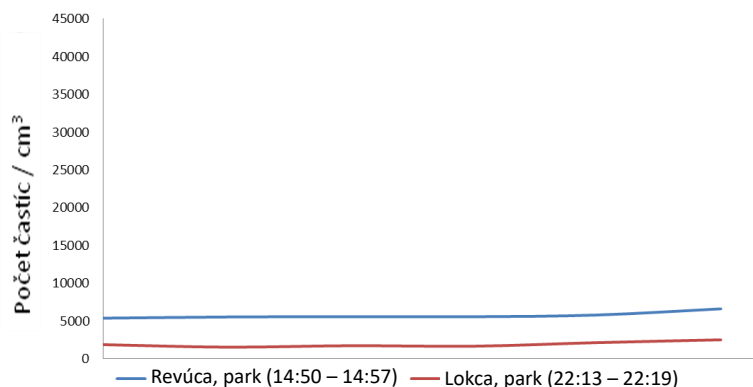
Obr. 10: Merania v Revúcej. Červený bod: pozad'ové znečistenie. Modrá krivka: merania v rezidenčnej oblasti.



Obr. 11: Merania v Lokci. Červený bod: pozad'ové znečistenie. Modrá krivka: merania v rezidenčnej oblasti.



Obr. 12: Pozad'ové znečistenie ovzdušia v mestskom prostredí merané vo februári 2023 v parkoch.



Tab. 6: Pozad'ové znečistenie ovzdušia v mestskom prostredí merané vo februári 2023 v parkoch.

Dátum	Lokalita	Počet meraní	Priemerné znečistenie (počet častíc na cm ³)
24.02.2023	Revúca, park (14:50-14:57)	360	5 710
25.02.2023	Lokca, park (22:13-22:19)	360	1 880

Vyššie úrovne znečistenia ovzdušia v Revúcej môžu byť spôsobené aj znečistením z dopravy v meste, keďže Revúca je väčšie mesto (12 400 obyvateľov) a merania v tomto meste boli vykonané počas dňa.

V porovnaní s meraniami v tabuľke 4 a tabuľke 5 je zrejmé, že merania pozad'ového znečistenia ovzdušia sú výrazne vyššie ako hodnoty pozad'ového znečistenia v prírodnom prostredí, t. j. dokonca aj ľudia žijúci alebo pracujúci v oblastiach bez miestnych zdrojov znečistenia (kúreniská a doprava) vdychujú viac znečisteného ovzdušia ako ľudia v horách, ďaleko od zdrojov znečistenia. Ľudia žijúci v najčistejších mestských oblastiach tak budú vdychovať ovzdušie znečistené nad rámec odporúčania WHO (1 000 častíc na cm³, tab. 2).

3.4 Znečistenie ovzdušia v exteriéri spaľovaním dreva a uhlia v kachliach/peciach

Znečistenie zo spaľovania dreva a uhlia v lokálnych kúreniskách bolo merané pri chôdzi v obytných zónach v obciach a malých mestách na Slovensku. Meracie sekvencie boli dočasne zastavené, keď okolo prešlo znečisťujúce auto ovplyvňujúce merania.

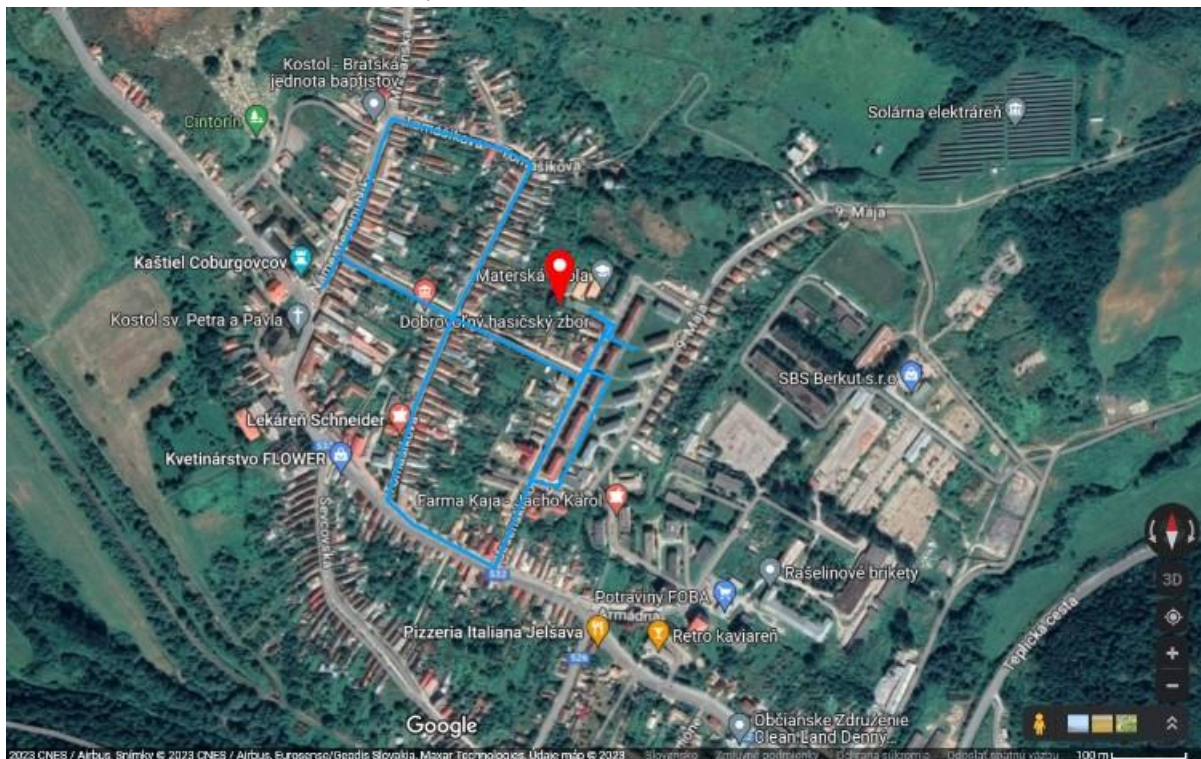
Merania boli vykonané na miestach uvedených v tabuľke 7. Trasy počas meraní, ako aj namerané hodnoty nájdete na mapách a obrázkoch nižšie.

Tab. 7: Merania znečistenia ovzdušia ultrajemnými časticami zo spaľovania dreva a uhlia.

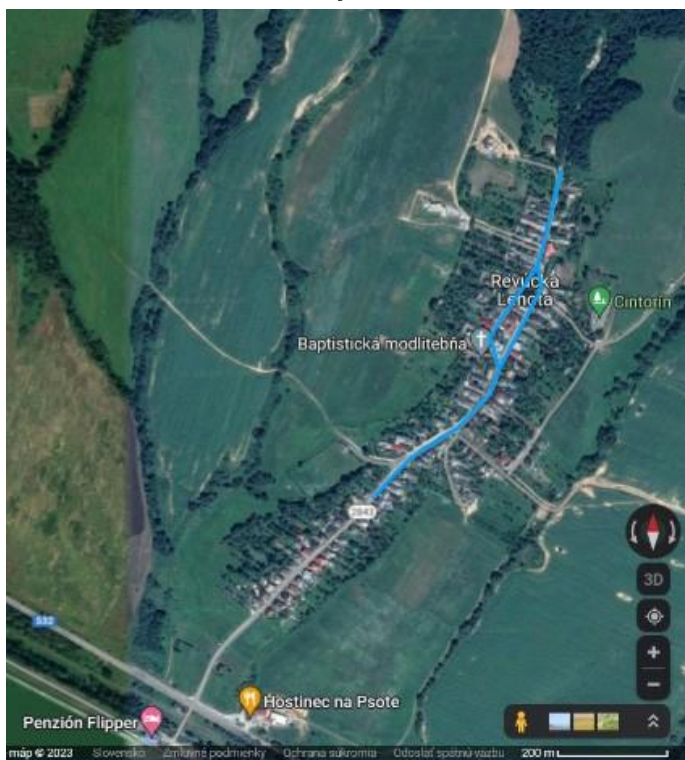
	Lokalita	Dátum/čas merania	Poveternostné podmienky		
			Vietor	Teplota	vlhkosť
1.	Jelšava	23.02.2023 / večer	< 1 m/s	2 °C	67 %
2.	Revúcka Lehota	23.02.2023 / večer	1-2 m/s	2 °C	86 %
3.	Jelšava	24.02.2023 / doobeda	< 1 m/s	3 °C	78 %
4.	Šivetice	24.02.2023 / na obed	1-2 m/s	3 °C	81 %
5.	Revúca	24.02.2023 / popoludnie	1-2 m/s	4 °C	80 %
6.	Tisovec	24.02.2023 / podvečer	< 1 m/s	4 °C	83 %
7.	Banská Štiavnica	24.02.2023 / večer	2-3 m/s	5 °C	89 %
8.	Hruštín	25.02.2023 / večer	< 1 m/s	-1 °C	80 %
9.	Babín	25.02.2023 / večer	1-2 m/s	-0,5 °C	82 %
10.	Lokca	25.02.2023 / večer	1-2 m/s	-0,8 °C	80 %
11.	Krušetnica	26.02.2023 / na obed	1-2 m/s	-3 °C	39 %
12.	Oravská Lesná	26.02.2023 / popoludnie	1-2 m/s	-1,6 °C	62 %
13.	Zákamenné	26.02.2023 / podvečer	1-2 m/s	-2,2 °C	61 %
14.	Breza	26.02.2023 ^h / podvečer	< 1 m/s	-3,8 °C	74 %
15.	Lutiše	27.02.2023 / na obed	2-4 m/s	-1,1 °C	60 %

V Jelšave boli vykonané 4 meracie sekvencie (tab. 8). Tri z nich boli hotové 23.2.2023 večer a štvrtá 24.2.2023 ráno (rovnaká trasa). Jedna z večerných sekvencií bola nameraná v blízkosti oficiálnej meracej stanice prevádzkovej Slovenským hydrometeorologickým ústavom na Jesenského ulici (obr. 13).

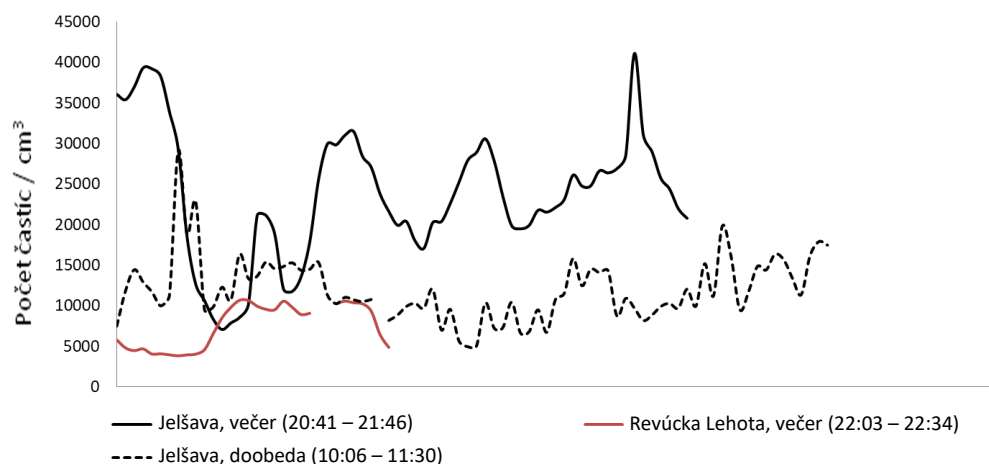
Obr. 13: Merania v Jelšave. Červený bod: oficiálna meracia stanica. Modrá krivka: trasa meraní.



Obr. 14: Merania v Revúckej Lehote. Modrá krivka: trasa meraní.



Obr. 15: Ultrajemné častice namerané v Jelšave a Revúckej Lehote.



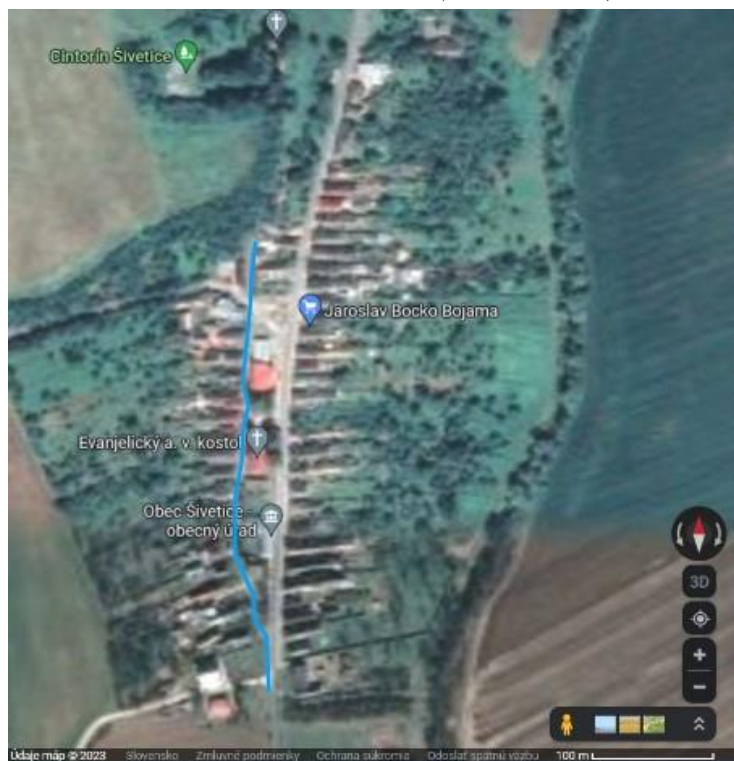
Z obrázku 15 je zrejmé, že pri meraniach v uliciach medzi domami došlo k veľkým výkyvom v úrovniach znečistenia ovzdušia. Úroveň znečistenia výrazne zvýšil prival dymu z komínov (to sa zhoduje s výrazným zápachom dymu z dreva alebo uhlia). Preto boli veľké rozdiely v úrovniach znečistenia medzi najčistejšími miestami (žiadny zápach dymu) a najviac znečistenými miestami (silný zápach dymu) v tej istej dedine/meste. Veľkosť znečistenia na každom mieste je odlišná v závislosti od toho, či okolité domy používajú svoje kachle, aké boli poveternostné podmienky atď.

Priemerné úrovne znečistenia sú uvedené v tabuľke 8. Je vidieť, že priemerná úroveň znečistenia v Jelšave večer 23.2.2023 bola asi trikrát vyššia ako v Revúckej Lehote. Okrem toho je zrejmé, že úroveň znečistenia v Jelšave ráno 24.2.2023 bola približne polovičná v porovnaní s úrovňou v predchádzajúci večer. Veľký rozdiel medzi večernými hladinami v Jelšave a Revúckej Lehote je pravdepodobne spôsobený polohou Jelšavy v údolí a veľmi úzkymi uličkami s domami postavenými blízko seba (čo znižuje rýchlosť vetra a riedenie znečistenia) a mnoho domov používalo drevo alebo uhlie na vykurovanie (oficiálna meracia stanica uvádzala večer merania $70 \mu\text{g PM}_{2,5}$ na m^3). Zatiaľ čo Revúcka Lehota sa nachádza na kopci a má oveľa širšie ulice a priestor medzi domami (čo spôsobuje viac vetra a lepšie riedenie znečistenia) a oveľa menej domov v Revúckej Lehote používalo drevo, či uhlie na vykurovanie počas meraní. Nižšia ranná koncentrácia v Jelšave môže byť dôsledkom slabého dažďa a menšieho počtu ľudí, ktorí boli ráno doma, a tým sa v domoch menej kúrilo.

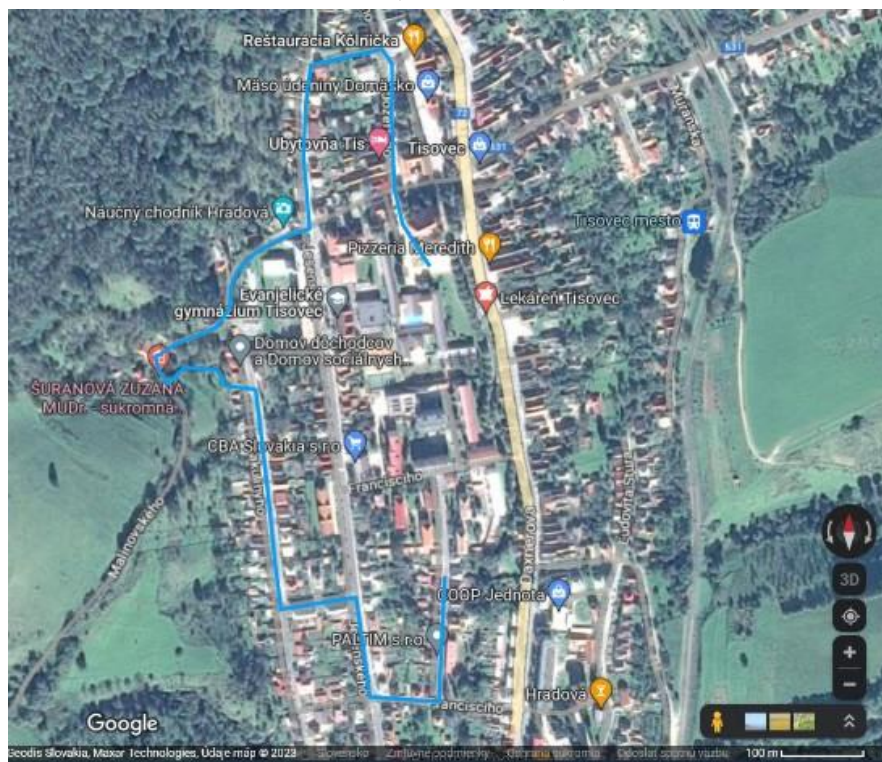
Súčasný spaľovanie dreva/uhlia v Jelšave znemožňuje splniť usmernenia WHO pre kvalitu ovzdušia (pozri tabuľku 2) pre jemné častice $\text{PM}_{2,5}$ a pre bezpečnú nízku úroveň ultrajemných častíc $\text{PM}_{0,1}$ (počet častíc). Ľudia v Jelšave tak majú vysoké riziko predčasnej úmrtnosti a chorobnosti. Napriek tomu, že kvalita ovzdušia bola počas meraní v Revúckej Lehote oveľa lepšia, aj ľudia v tejto obci sú vystavení škodlivým úrovňam znečistenia z lokálnych kúrenísk.

Šivetice sú malá obec, južne od Jelšavy. V čase merania (24.2.2023, okolo obeda) fúkal slabý vietor (1 – 2 m/s). Trasa merania je znázornená na obr. 16. Trasa merania v Revúckej je na obr. 10, v Tisovci na obr. 17 a trasa merania v Banskej Štiavnici je na obr. 18.

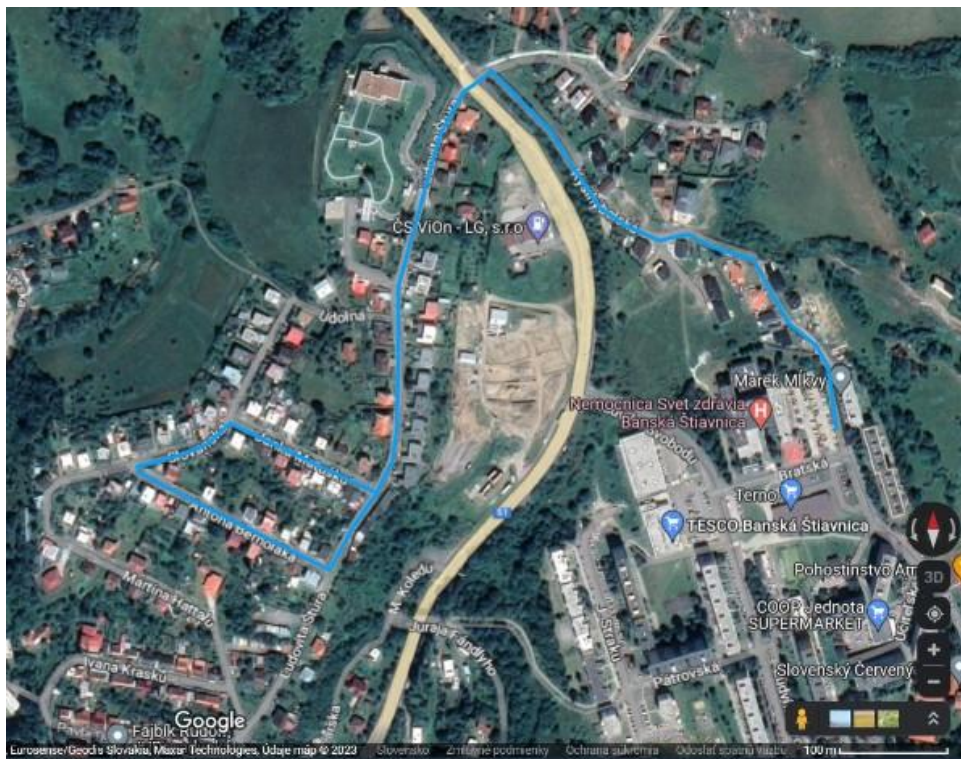
Obr. 16: Trasa meraní v Šiveticiach (modrá krivka).



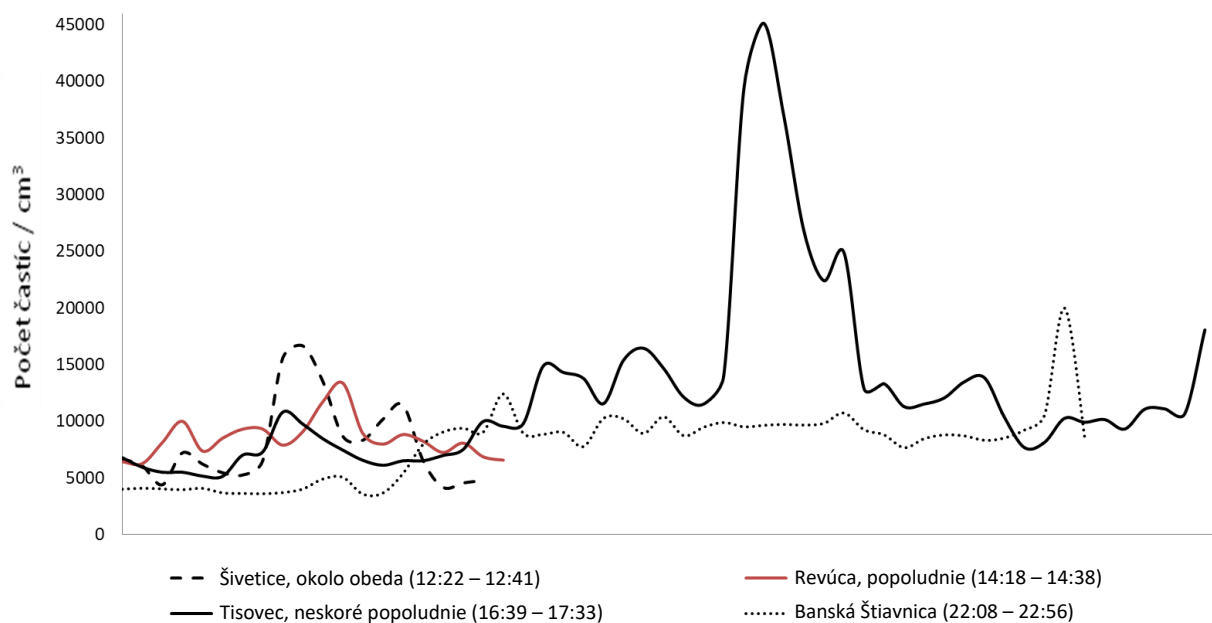
Obr. 17: Trasa meraní v Tisovci (modrá krivka).



Obr. 18: Trasa meraní v Banskej Štiavnici (modrá krivka).



Obr. 19: Ultrajemné častice v Šiveticiach, Revúcej, Tisovci a v Banskej Štiavnici.



Ako vidíme na obr. 19, počas meraní v uliciach v obytných zónach dochádzalo k veľkým výkyvom v úrovniach znečistenia. Pri prechode dymovej vľčky z komína domu sa úroveň znečistenia výrazne zvýšila (to sa zhoduje s výrazným zápachom dymu z dreva alebo uhlia).

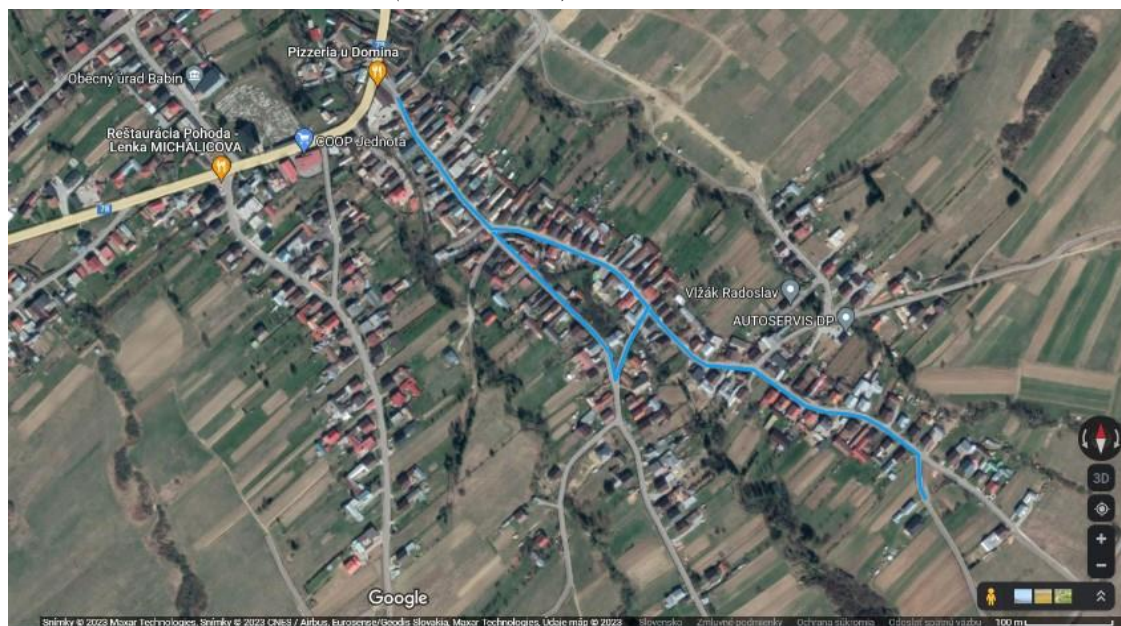
Priemerné úrovne znečistenia ovzdušia sú uvedené v tabuľke 8. Je vidieť, že priemerná úroveň znečistenia v týchto mestách/obciach bola oveľa nižšia ako večerné meranie v Jelšave. V malých obciach ako Šivetice a Tisovec by však pravdepodobne mohlo byť dosť vysoké znečistenie aj počas chladných večerov a zimných inverzií.

Merania ultrajemných častíc z lokálnych kúrenísk boli vykonané aj vo viacerých obciach v severozápadnej časti Slovenska: Hruštín (obr. 20), Babín (obr. 21), Lokca (obr. 11), Krušetnica (obr. 23), Oravská Lesná (obr. 24), Zákamenné (obr. 25), Breza (obr. 27) a Lutiše (obr. 28).

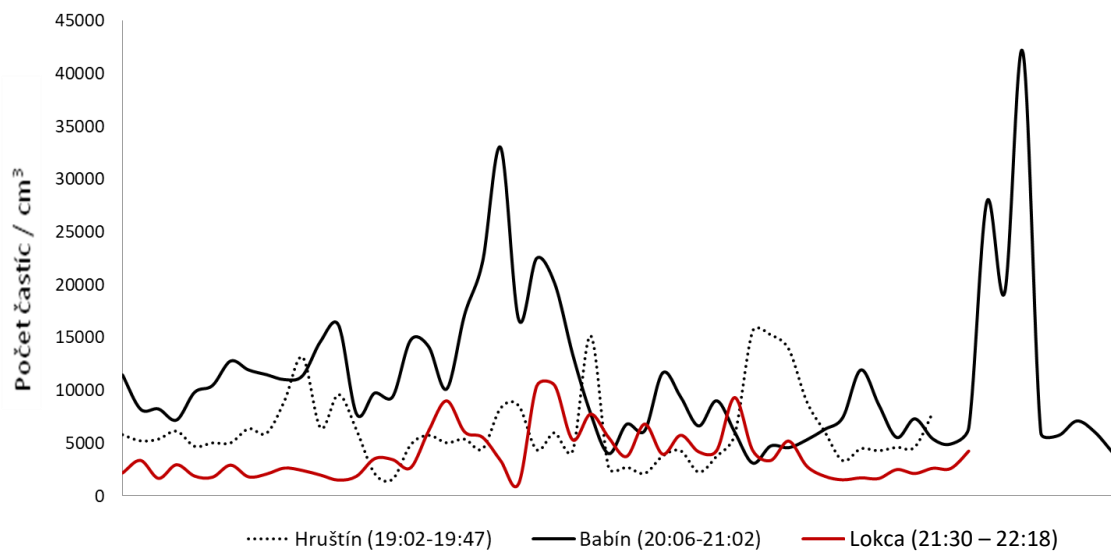
Obr. 20: Trasa meraní v Hruštíne (modrá krivka).



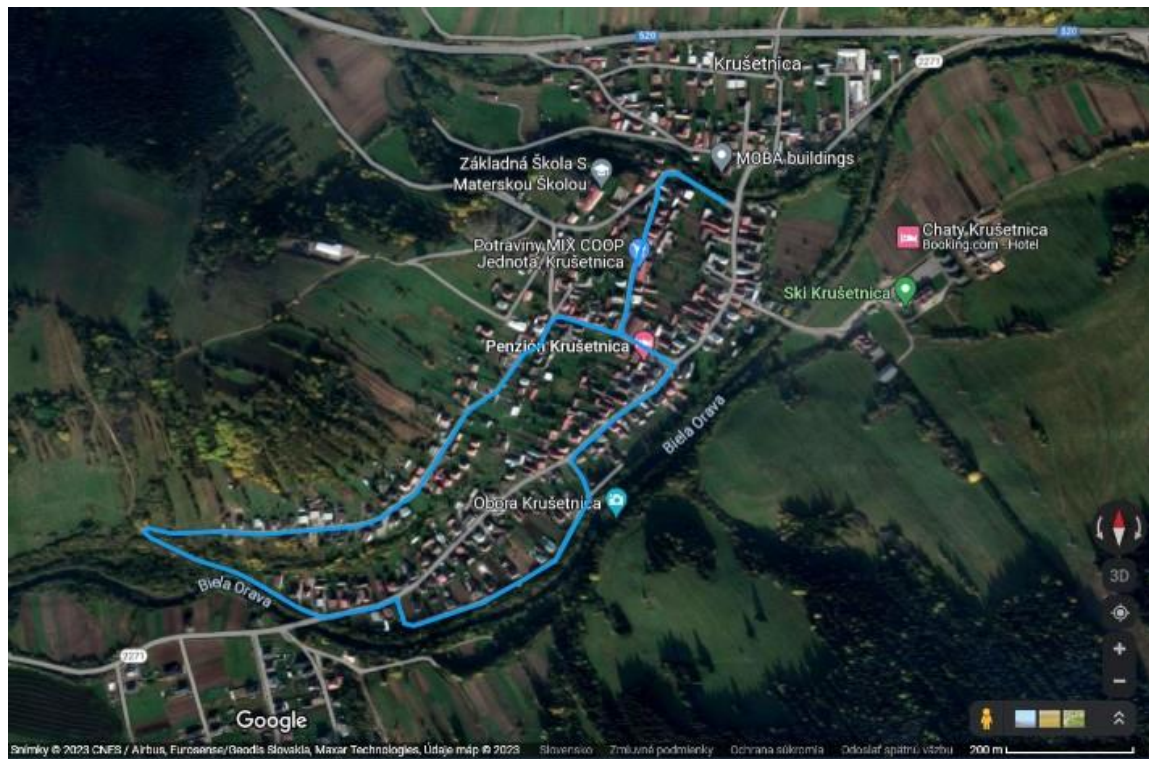
Obr. 21: Trasa meraní v Babíne (modrá krivka).



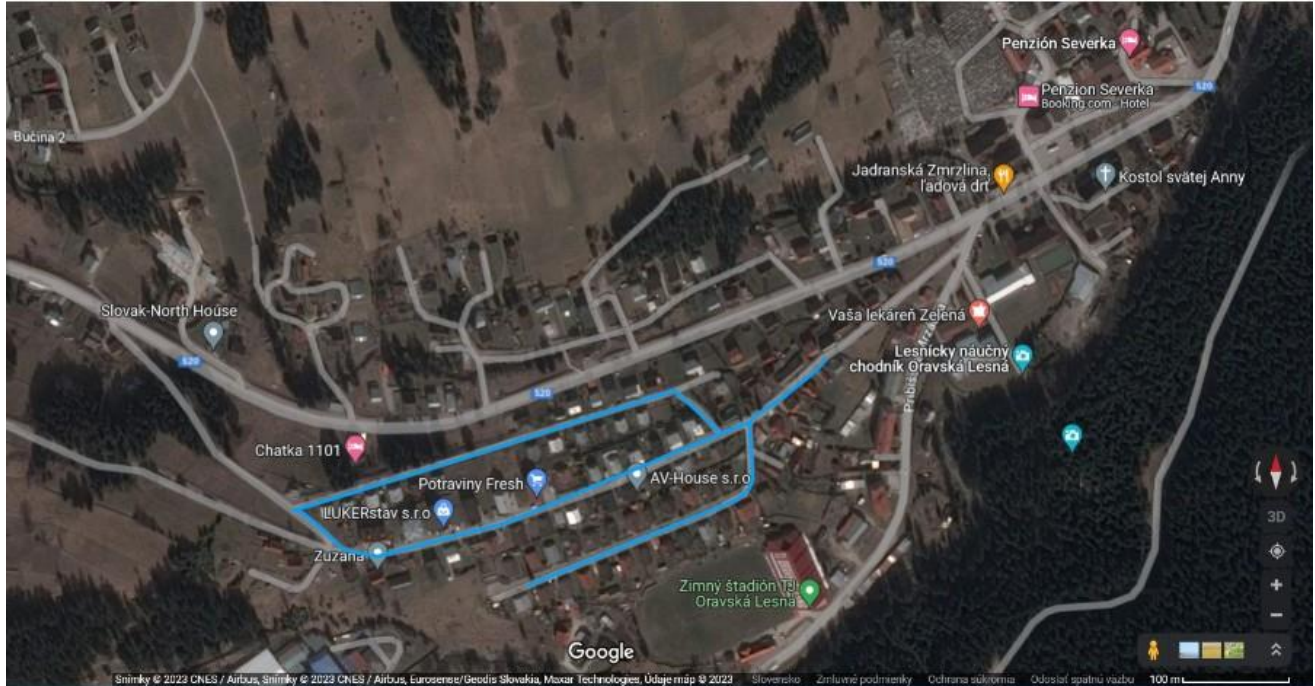
Obr. 22: Ultrajemné častice v Hruštine, Babine a Lokci.



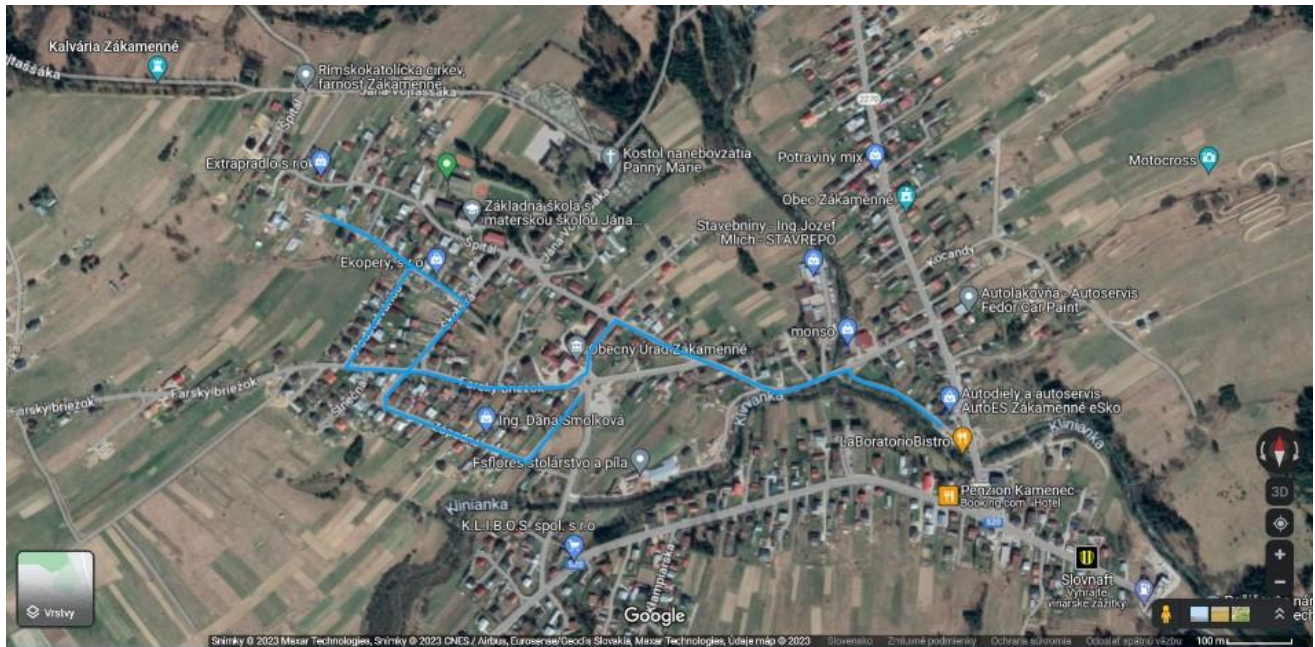
Obr. 23: Trasa meraní v Krušetnici (modrá krivka).



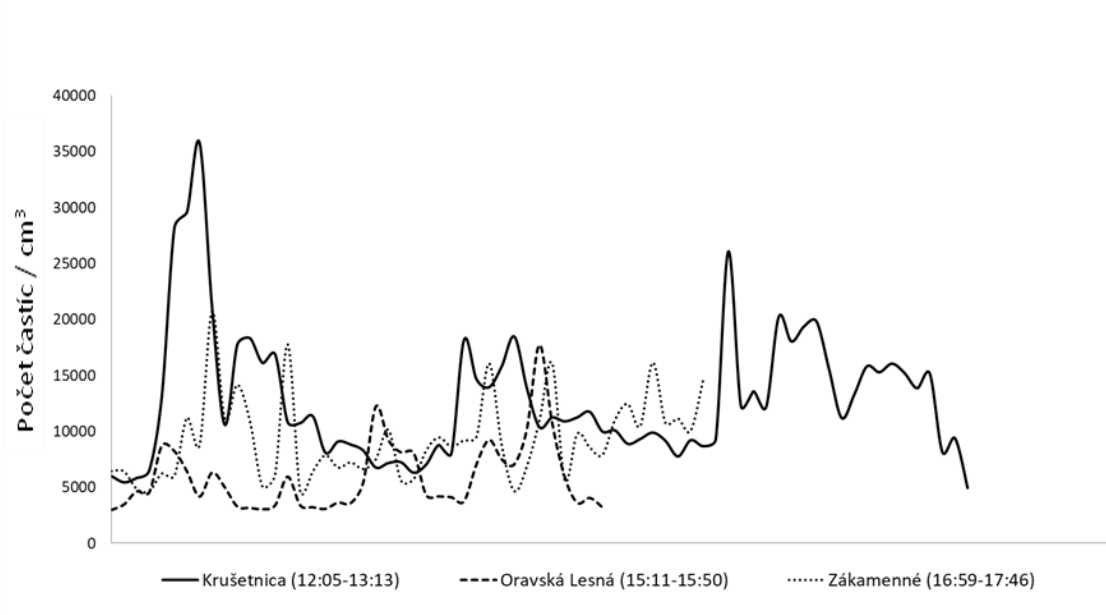
Obr. 24: Trasa meraní v Oravskej Lesnej (modrá krivka).



Obr. 25: Trasa meraní v Zákamennom (modrá krivka).



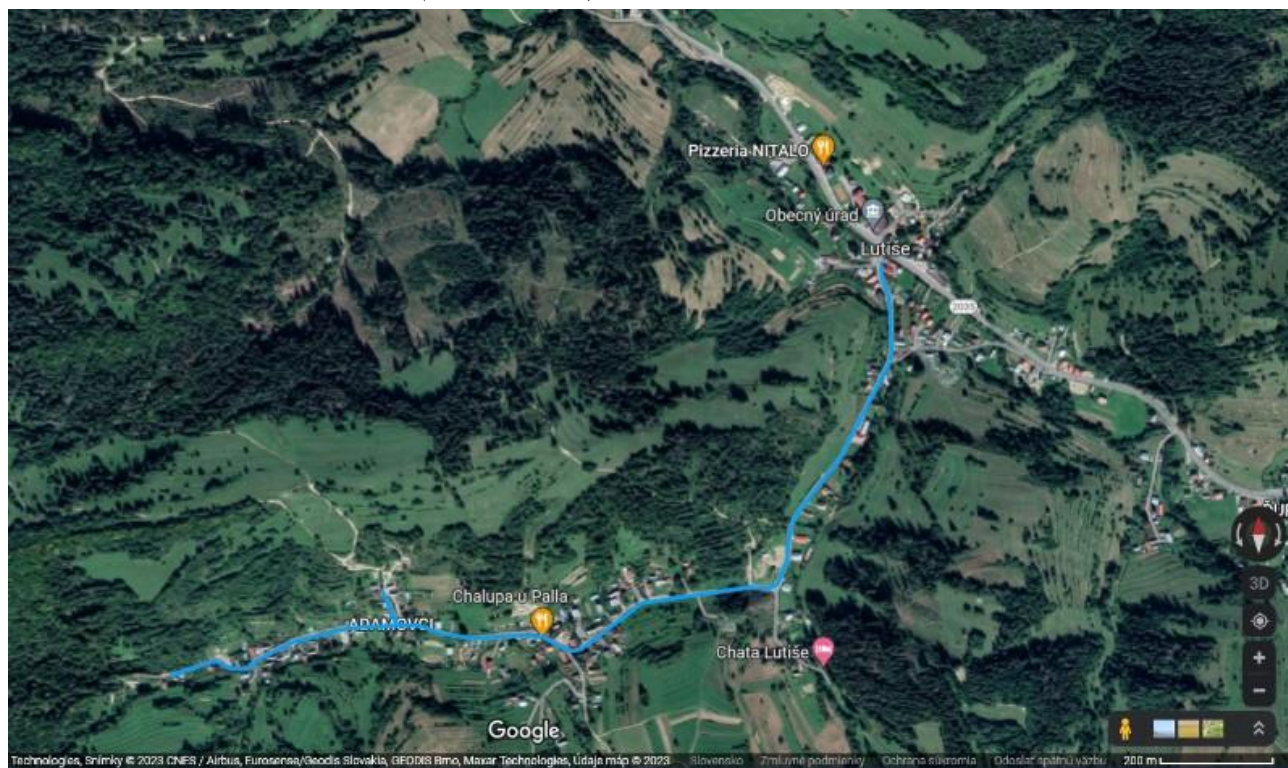
Obr. 26: Ultrajemné častice v Krušetnici, Oravskej Lesnej a Zákamennom.



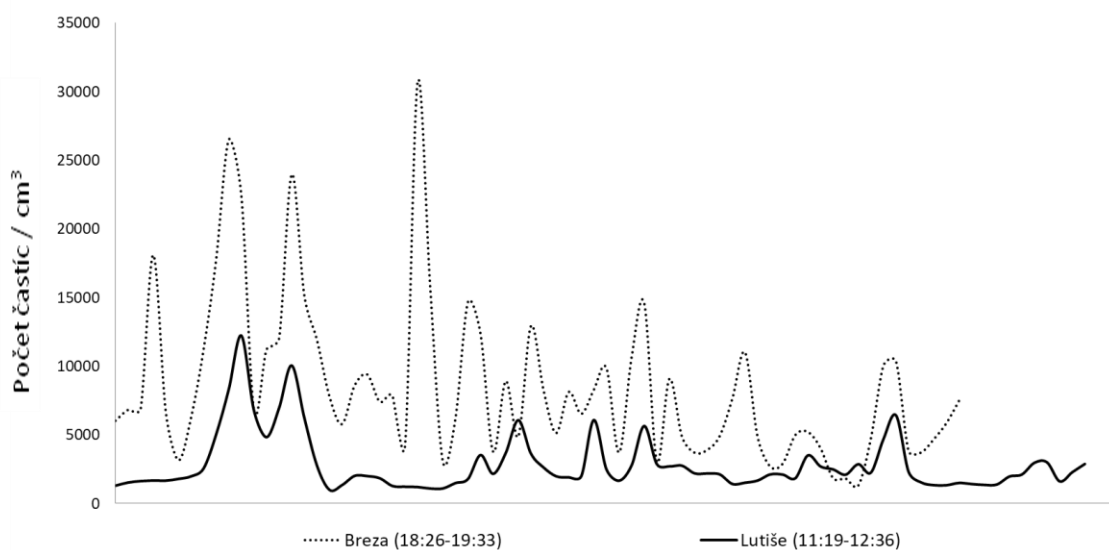
Obr. 27: Trasa meraní v Breze (modrá krivka).



Obr. 28: Trasa meraní v Lutišiach (modrá krivka).



Obr. 29: Ultrajemné častice v ovzduší v Breze a Lutišiach.



Obrázky 22, 26, 29 znázorňujú rovnaký model a úrovne znečistenia, aké boli pozorované v iných dedinách/mestách. V Lokci a Lutišiach sa však počas meraní kúrilo vo veľmi málo domoch. Ale aj v týchto dedinách by bolo možné zistiť pomerne vysokú úroveň znečistenia počas chladných večerov a zimných inverzií. Priemerné úrovne znečistenia ovzdušia z meraní sú uvedené v tabuľke 8.

Tab. 8: Znečistenie zo spaľovania dreva a uhlia v lokálnych kúreniskách v porovnaní s prírodným a mestským pozadím a odporúčaniami WHO.

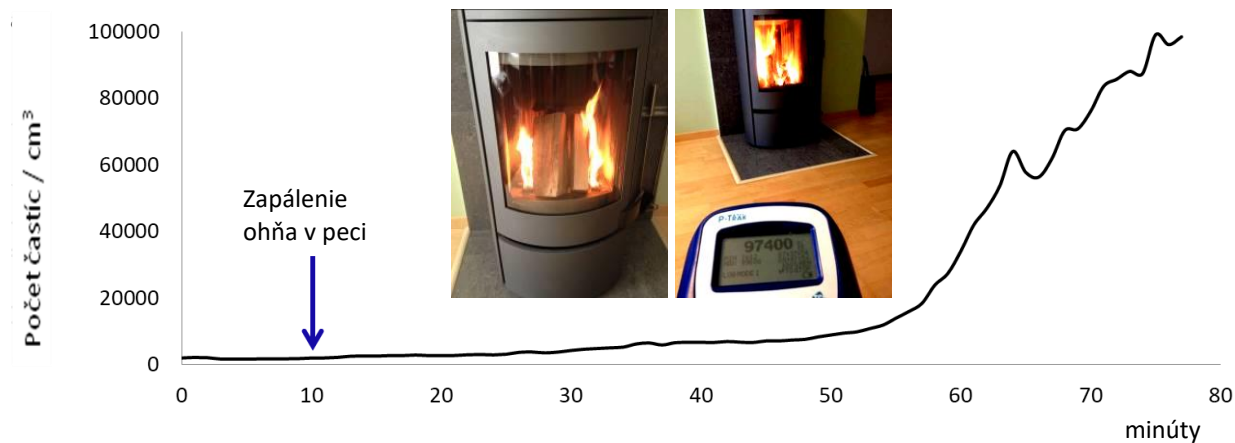
	Dátum / čas	Lokalita	Počet meraní	Priemerné znečistenie (počet častíc na cm ³)
Jelšava	23.02.2023 / 20:21-21:23	obytné zóny	3 720	22 970
	23.02.2023 / 21:24-21:28	meracia stanica	300	22 105
	23.02.2023 / 21:28-21:46	obytné zóny	1 080	25 700
	24.02.2023 / 10:06-11:30	obytné zóny	5 040	11 850
Revúcka Lehota	23.02.2023 / 22:03-22:34	obytné zóny	1 860	7 430
Šivetice	24.02.2023 / 12:22-12:41	obytné zóny	1 200	8 020
Revúca	24.02.2023 / 14:18-14:38	obytné zóny	1 260	8 520
Tisovec	24.02.2023 / 16:39-17:33	obytné zóny	3 360	12 400
Banská Štiavnica	24.02.2023 / 22:08-22:56	obytné zóny	2 940	7 760
Hruštín	25.02.2023 / 19:02-19:47	obytné zóny	2 760	6 210
Babín	25.02.2023 / 20:06-21:02	obytné zóny	3 300	11 310
Lokca	25.02.2023 / 21:30-22:18	obytné zóny	2 880	3 860
Krušetnica	26.02.2023 / 12:05-13:13	obytné zóny	4 140	12 850
Oravská Lesná	26.02.2023 / 15:11-15:50	obytné zóny	2 340	5 890
Zákamenné	26.02.2023 / 16:59-17:46	obytné zóny	2 820	9 470
Breza	26.02.2023 / 18:26-19:33	obytné zóny	4 020	8 530
Lutiše	27.02.2023 / 11:19-12:36	obytné zóny	4 620	2 880
Priemerné typické pozad'ové hodnoty v mestskom prostredí (kap. 3.3)				2 000 - 6 000
Priemerné typické pozad'ové hodnoty v prírodnom prostredí (kap. 3.2)				500 - 1 000
WHO (bezpečné) nízke úrovne				1 000
WHO max. hodinový priemer				20 000
WHO max. denný priemer				10 000

Tabuľka 8 ukazuje, že vo všeobecnosti sú malé mestá a dediny na Slovensku oveľa viac znečistené ultrajemnými časticami ako prírodné prostredie v čistejších horských oblastiach. Znamená to, že ľudia zvyčajne vdychujú 10 až 30-krát viac zdraviu škodlivých častíc dymu vo vonkajšom vzduchu v obytných zónach, v ktorých sa spaľuje drevo alebo uhlie. Kvalita ovzdušia v týchto oblastiach nespĺňa odporúčania WHO a ľudia majú zvýšené riziko úmrtnosti a chorobnosti. Keďže však dym (ultrajemné častice) vzniká na Slovensku, znečisteniu sa dá zabrániť politickými rozhodnutiami na Slovensku a lepšou verejnou správou zameranou na zníženie znečistenia ovzdušia (pozri kapitolu 4). To by znížilo znečistenie ultrajemnými časticami a inými kľúčovými znečisťujúcimi látkami, čím by sa zároveň výrazne zlepšilo verejné zdravie na Slovensku.

3.5 Znečistenie ovzdušia v interiéri spaľovaním dreva v peciach

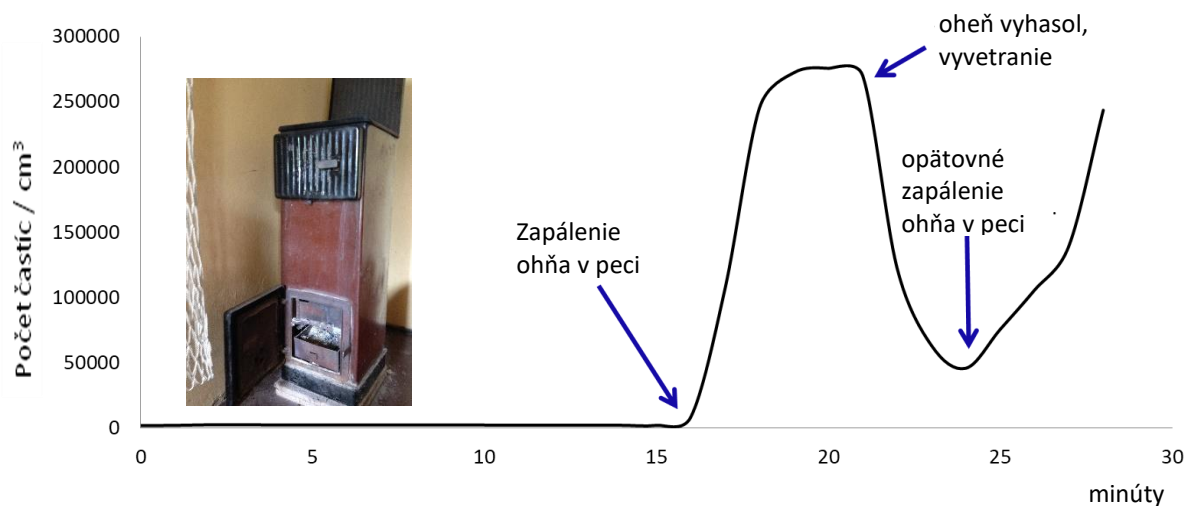
Znečistenie ovzdušia v interiéri zo spaľovania dreva bolo v roku 2015 na Slovensku merané pri vykurovaní modernou krbovou pecou a starou tradičnou pecou (petrík). Pri meraniach sa použilo iba suché drevo a merania sa vykonávali v reálnych vzdialenostiach, napr. na gauči v miestnosti s pecou.

Obr. 30: Znečistenie ovzdušia v interiéri spaľovaním dreva v modernej krbovej peci (2015, Slovensko)



Na obr. 30 vidíme, že aj používanie modernej pece zvyšuje znečistenie ovzdušia v interiéri na úroveň, ktorá je asi 50-krát vyššia ako pred zapálením ohňa v peci. Skutočnosť, že dvierka pece neboli počas merania otvorené a rýchlo rastúce koncentrácie po jednej hodine naznačujú, že znečistenie je s najväčšou pravdepodobnosťou spojené so stúpajúcou teplotou pece, s ktorou súvisí spaľovanie prachu na jej povrchu a prachu v miestnosti. Kovová konštrukcia pece sa teplom rozširuje, a tým môže unikáť viac znečistenia, prípadne je to kombinácia oboch faktorov. Podobné úrovne znečistenia v interiéri boli namerané v blízkosti moderných dánskych pecí na drevo. Merania ukazujú, že aj nové pece v optimálnych podmienkach môžu spôsobiť veľmi vysoké znečistenie vnútorných priestorov, a preto majú významný vplyv na zdravie rodín, ktoré pece používajú.

Obr. 31: Znečistenie ovzdušia v interiéri spaľovaním dreva v starej peci „petrík“ (2015, Slovensko)



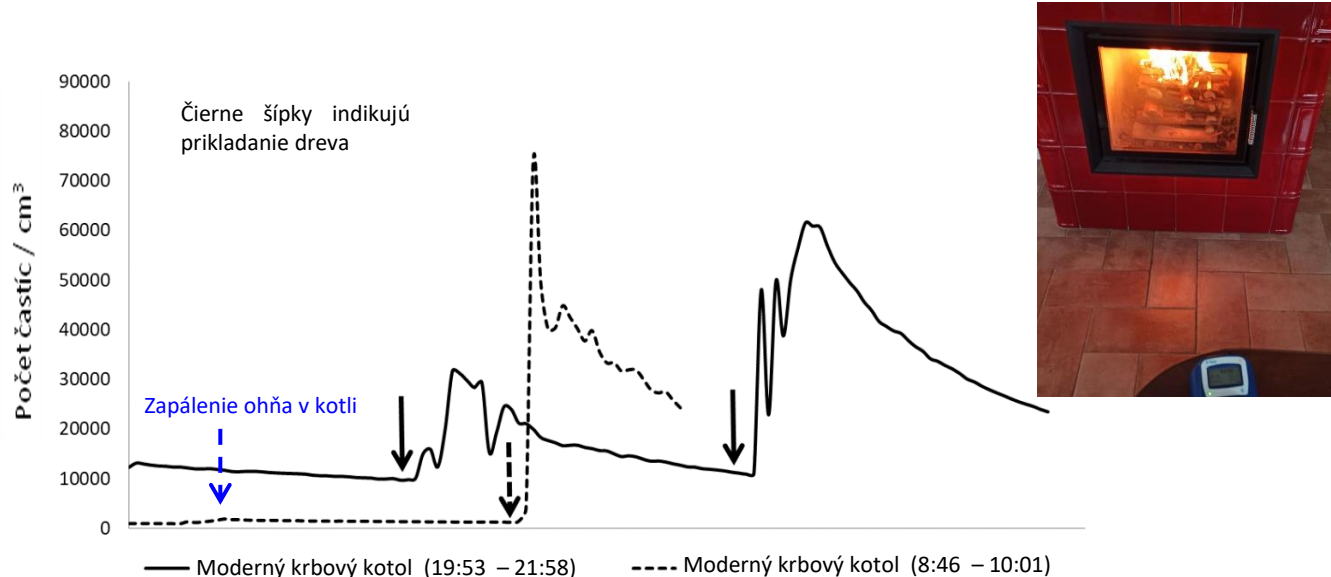
Obrázok 31 ukazuje, že už po niekoľkých minútach od zapálenia ohňa bolo znečistenie ovzdušia v záhradnom domčeku 100-200-krát vyššie ako pred zapálením. Po 22 minútach bolo zabezpečené úplné vyvetranie miestnosti a oheň bol po 24 minútach v peci opäť zapálený. Úroveň znečistenia sa opäť rýchlo stala 100-200 krát vyššou ako pred zapálením. Chudobné rodiny so starými pecami a kachľami sú preto vystavené oveľa vyššiemu riziku ochorenia a predčasného úmrtia.

Na obrázku 32 sú znázornené merania z interiéru s novou teplovzdušnou pecou na drevo a s moderným kotlom na drevo s teplovodným výmenníkom v roku 2023.



Obr. 32: Znečistenie ovzdušia v interiéri v dôsledku spaľovania dreva v novej teplovzdušnej peci (vľavo) a v modernom krbovom kotli na drevo s teplovodným výmenníkom (vpravo).

Obr. 33: Znečistenie ovzdušia v interiéri v dôsledku spaľovania dreva v modernom krbovom kotli.



Z obr. 33 vyplýva, že vzduch v dome s moderným krbovým kotlom na drevo je znečistený (okolo 10 000 ultrajemných častíc na cm^3) už pri začatí večerných meraní, pretože kotol bol už v prevádzke, zatiaľ čo prvých 10 minút počas ranných meraní bolo pred použitím kotla, kde bol vzduch v dome čistý ($< 1\,000$ častíc na cm^3). Okrem toho je zrejmé, že znečistenie ovzdušia interiéru kotlom na drevo sa zdá byť dosť úzko spojené s prikladaním palivového dreva. Pri ranných meraniach, od rozkúrenia až po pridanie nového dreva (pre ďalší vykurovací cyklus), bolo znečistenie ultrajemnými časticami na rovnakej úrovni ako pred rozkúrením (prerušovaná krivka na grafe až do prvej prerušovanej čiernej šípky). Jasne to dokazuje, že časť dymu unikla do

domu počas prikladania nového dreva, čo spôsobilo znečistenie ovzdušia v interiéri domu. Mechanické vetranie (rekuperácia) výrazne znižuje znečistenie.

Obr. 34: Znečistenie ovzdušia v interiéri v dôsledku spaľovania dreva v novej teplovzdušnej peci.



Na obr. 34 pozorujeme, že vzduch vo vnútri domu je pred zapálením pece čistý ($< 1\,000$ častíc na cm^3 , prvých 10 minút merania, t. j. takmer rovná čiara). Okrem toho sa zdá, že znečistenie ovzdušia v miestnosti z pece na drevo nesúvisí s prikladáním palivového dreva. Znečistenie by tak mohlo súvisieť so stúpajúcou teplotou pece, a teda so spaľovaním prachu (z miestnosti) na jej horúcom povrchu, či rozširovaním kovovej konštrukcie pece, a s tým súvisiacim únikom znečistenia netesnosťami, prípadne kombináciou oboch faktorov, ako bolo pozorované pri meraní znečistenia vnútorného ovzdušia pecami v roku 2015.

V oboch prípadoch priemerné znečistenie ovzdušia v interiéri (tab. 9) krbovým kotlom na drevo a teplovzdušnou pecou na drevo znemožňuje splniť odporúčania WHO týkajúce sa kvality ovzdušia (pozri tab. 2).

Tab. 9: Znečistenie ovzdušia v interiéri krbovým kotlom a teplovzdušnou pecou na drevo v roku 2023.

	Dátum / čas	Počet meraní	Priemerné znečistenie (počet častíc na cm^3)
Krbový kotel	24.02.2023 / 19:53-21:58	7 560	22 280
	25.02.2023 / 08:46-10:01	4 500	11 030
Teplovzdušná pec	25.02.2023 / 10:59-12:39	6 000	27 760
Priemerné typické pozad'ové hodnoty v mestskom prostredí (kap. 3.3)			2 000-6 000
Priemerné typické pozad'ové hodnoty v prírodnom prostredí (kap. 3.2)			500-1 000
WHO (bezpečné) nízke úrovne			1 000
WHO max. hodinový priemer			20 000
WHO max. denný priemer			10 000

Lokálne kúreniská využívajúce drevo a uhlie v kachliach a peciach významne prispievajú k znečisteniu interiérového (a exteriérového) ovzdušia na Slovensku, kde väčšina domov nemá mechanické vetranie, a tým aj možnosť rýchleho odvetrania znečistenia vnútorného ovzdušia z domu. A keďže ľudia v zime často vykujú interiéry drevom, veľmi málo vetrajú otvaraním okien, či dverí, treba očakávať, že znečistenie ovzdušia v interiéri spaľovaním dreva/uhlia významne prispeje k úmrtnosti a chorobnosti slovenskej populácie.

Závery a odporúčania

Znečistenie ovzdušia v exteriéri - najmä časticami - je vážnou zdravotnou a ekonomickou záťažou na Slovensku. Je zodpovedné za 9 – 14 % všetkých úmrtí, t. j. vždy, keď na Slovensku zomrie 100 ľudí, 9 – 14 z týchto úmrtí je spôsobených práve znečistením ovzdušia.

Lokálne kúreniská využívajúce drevo a uhlie v peciach a kotloch významne prispievajú k znečisteniu exteriérového ovzdušia časticami v menších mestách a obciach na Slovensku. Okrem toho spaľovanie dreva a uhlia v obydliach významne prispieva k znečisteniu interiérového ovzdušia, a tým k úmrtnosti a chorobnosti.

Z administratívneho hľadiska možno znečistenie ovzdušia z lokálnych kúrenísk znížiť pomocou desiatich kľúčových opatrení. V nasledujúcich riadkoch sú tieto opatrenia zoradené podľa ich "efektu v reálnom živote", t. j. opatrenie, ktoré by potenciálne mohlo mať veľký účinok, ale keďže je ťažké ho presadiť, tak nebude v reálnom živote veľmi účinné a naopak.

Desať opatrení ako znížiť znečistenie ovzdušia v dôsledku spaľovania dreva, či uhlia v lokálnych kúreniskách:

1) Zákaz v mestách: veľmi účinné

Princíp: Spaľovanie tuhých palív (drevo, uhlie atď.) je v mestách úplne zakázané a nahradené zdrojmi čistej energie - izoláciou a centrálnym vykurovaním (vo väčších mestách) alebo tepelnými čerpadlami (mimo väčších miest a lokalít bez možnosti pripojenia na centrálnu vykurovanie).

Úskalie: Politicky náročné presadiť, ak má veľká časť voličov pece na drevo.

Záver: Zákaz spaľovania tuhých palív v mestách je veľmi účinný pri znižovaní miestneho znečistenia ovzdušia.

Príklady: Krakov a niektoré mestské oblasti v Kalifornii a Austrálii.

2) Vyradenie starých zariadení: veľmi účinné

Princíp: Pece a kotle s dátumom výroby starším ako napr. 2010/2015 musia byť nahradené novými do roku 2025/2030.

Úskalie: Politicky náročné presadiť, ak veľká časť voličov vlastní staré kachle, či kotle.

Záver: Vyradenie starých kachlí a kotlov výrazne zníži znečistenie ovzdušia.

Príklady: Londýn, Berlín, Krakov, Montreal a veľa ďalších.

3) Zákaz otvoreného ohňa: veľmi účinné

Princíp: Spaľovanie záhradného/poľnohospodárskeho/lesného a iného odpadu je na Slovensku úplne zakázané.

Úskalie: Najčastejšie sa toto deje v urbanizovaných oblastiach a na presadenie a kontrolu tohto nariadenia budú potrebné zdroje.

Záver: Zákaz otvoreného ohňa na Slovensku je veľmi účinné opatrenie z hľadiska zníženia znečistenia ovzdušia.

4) Informovanie o dopadoch na zdravie: účinné

Princíp: Ľudia sú informovaní o škodlivom vplyve exteriérového a interiérového znečistenia vzduchu na zdravie v dôsledku spaľovania dreva a uhlia.

Úskalie: Kominári a peciari sú zvyčajne výrazne proti tomuto typu informácií.

Záver: Informovanie o dopadoch na zdravie môže znížiť znečistenie ovzdušia a podporiť iniciatívu politikov aj verejnosti.

Príklady: Väčšina krajín EÚ, USA, Kanada a Austrália.

5) Všeobecný zákaz spaľovania odpadu a uhlia: účinné

Princíp: Na Slovensku je úplne zakázané spaľovanie uhlia a odpadu (plastov, nábytku atď.).

Úskalie: Toto opatrenie je ťažké kontrolovať a presadzovať v rámci súkromných objektov a domácností (potrebné sú vysoké pokuty).

Záver: Zákaz spaľovania odpadov je účinným opatrením na zníženie miestneho znečistenia ovzdušia.

Príklady: Dánsko, Švédsko, Nórsko atď.

6) Obmedzenie spaľovania tuhého paliva: účinné

Princíp: Pece môžu byť používané len ako doplnkový zdroj tepla, napr. keď teplota vonkajšieho prostredia klesne pod -3°C .

Úskalie: Ťažko vymáhateľné opatrenie a politicky zložité v oblastiach, kde veľa voličov používa na kúrenie pece.

Záver: Ak sa správne presadí, toto opatrenie môže znížiť znečistenie ovzdušia na jar a na jeseň a počas teplejších zím.

Príklady: Niektoré oblasti v Kalifornii a Švédsku majú zavedené obmedzenia v závislosti od poveternostných podmienok.

7) Podpora alternatív: účinné

Princíp: Finančná podpora pre zatepl'ovanie a pripojenie na centrálnu vykurovanie, kúrenie plynom alebo tepelnými čerpadlami.

Úskalie: Politici musia vyčleniť peniaze na podporu obyvateľ'ov, ktorí majú záujem zatepl'iť si domy a využívať čistejšie zdroje tepla.

Záver: Podpora alternatív dokáže znížiť znečistenie ovzdušia, ale je finančne náročná pre štát.

8) Nútené pripojenie sa: menej účinné

Princíp: Domy v oblastiach s centrálnym vykurovaním alebo plynom sa musia pripojiť k rozvodom vykurovania (ak nepoužívajú tepelné čerpadlá).

Úskalie: Ľudia môžu naďalej kúriť drevom a je politicky náročné posúdiť, či náklady na pripojenie sú vysoké.

Záver: Nútené pripojenie sa zníži znečistenie ovzdušia v tých oblastiach, kde nie sú všetky domy pripojené.

Príklady: Dánsko.

9) Informovanie o správnom kúrení: menej účinné

Princíp: Informačné kampane o zásadách správneho vykurovania (nízkoemisné zariadenie, suché palivo, optimálny prívod vzduchu a nový komín a pod.).

Úskalie: Takmer nemožné vynútiť, kampane sa navyše musia opakovať každoročne.

Záver: Efektívne informovanie o správnom kúrení môže dosiahnuť odozvu verejnosti.

Príklady: Dánsko, Nemecko, Švédsko, Nórsko, Fínsko atď.

10) Príspevok na šrotovné: neúčinné

Princíp: Štát zaplatí napríklad 200 euro ľudom, aby si vymenili staré kachle za novšie a menej znečisťujúce.

Úskalie: Príspevok dostanú ľudia, ktorí by pec vymenili tak či tak. Bez efektu.

Záver: Príspevok na šrotovné je finančne nákladný pre štát a výrazne neznižuje znečistenie ovzdušia.

Príklady: Dánsko.

Zdroje

- Ref 1: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report/at_download/file
- Ref 2: <https://www.who.int/europe/news/item/28-04-2015-air-pollution-costs-european-economies-us-1-6-trillion-a-year-in-diseases-and-deaths-new-who-study-says>
- Ref 3: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/years-of-life-lost-per>
- Ref 4: <https://xn--miljtilstand-yjb.nu/temaer/miljoe-og-sundhed/sundhedsskader-som-foelge-af-luftforurening/>
- Ref 5: <https://www.google.com/search?q=annual+deaths+in+Slovakia&og=annual+deaths+in+Slovakia&ags=chrome.0.69i59j0i22i30i2.4986j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Ref 6: <https://dce.au.dk/udgivelser/vr/nr-251-300/abstracts/no-254-mapping-the-health-and-environmental-impact-of-air-pollution-in-the-capital-region-of-denmark>
- Ref 7: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_6278
- Ref 8: <https://rgo.dk/wp-content/uploads/2020/02/Clean-air-Cph-2014.pdf>
- Ref 9: <https://www.eea.europa.eu/downloads/bfdf45215d4f4dc8bbbb02a73b9c77ab/1657026390/national-emission-reduction-commitments-directive.pdf>
- Ref 10: https://rgo.dk/wp-content/uploads/GTD_Pollution-from-wood-burning_2022-1.pdf
- Ref. 11: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>