

Vrátily se mlhy?

Specialistky na čistotu ovzduší, která vede tým usilující o komplexní zhodnocení výskytu mlh na našem území, jsme se ptali na výsledky výzkumu, jenž analyzoval situaci v posledních šedesáti letech. Dozvěděli jsme se také, že minulý rok došlo na téměř osmdesáti procentech rozlohy státu k překročení imisních limitů látek znečišťujících ovzduší.

MARTA MARTINOVÁ

Z dětství v osmdesátých letech si pamatují mlhavá rána i v létě. Ubývá mlhavých dní? Ano, skutečně to vypadá, že klesá četnost výskytu mlh. Pro přesnost: mlhy jsou definovány jako atmosférický aerosol sestávající z velmi malých vodních kapiček či drobných ledových krystalků, který snižuje dohlednost při zemi alespoň v jednom směru pod jeden kilometr. Pokles je doložen řadou studií z nejrůznějších regionů světa a zdá se, že platí i pro střední Evropu. Náš autorský tým nedávno publikoval v časopise *Science of the Total Environment* studii zaměřující se na výskyt mlhy na území České republiky. Byly analyzovány údaje měřené dlouhodobě Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) na profesionálních meteorologických stanicích. Konkrétně jsme vybrali dvanáct stanic reflektujících situaci v různých českých regionech a v různých nadmořských výškách, reprezentujících různá prostředí, tedy města, venkovské prostředí a hory. Studovali jsme dlouhodobé řady denních výskytů mlh za téměř šedesátileté období, mezi lety 1961 a 2018, a ukázalo se, že výskyt mlhy klesá evidentně na všech stanicích. Přitom ten pokles není lineární: jeho strmost se v čase mění a také se projevuje, že v letním období dochází k většímu poklesu než v zimním.

Co je toho příčinou? Klimatická změna?

Za tímto poklesem mohou stát, jak bylo publikováno v odborné zahraniční literatuře, dva zcela zásadní faktory: jednak klimatická změna a s ní spojená rostoucí teplota a snižující se vzdušná vlhkost, jednak zlepšující se kvalita vzduchu, a tedy snižující se emise a imisní koncentrace látek v ovzduší. To ostatně potvrzují i naše další studie, kdy jsme prokázali, že vznik mlhy významným způsobem ovlivňují nejen relativní vlhkost a teplota vzduchu, ale i imisní koncentrace oxidu siřičitého a oxidů dusíku.

Jaký je vůbec význam mlhy pro biosféru?

U nás má mlhu většina z nás spojenou s různými nepříjemnostmi v pozemní i letecké dopravě, případně s tím, že hlavně v zimě, kdy se mlha mísí s kouřem z topenišť, vzniká nepříjemný smog, který znesnadňuje dýchání a přispívá k nejrůznějším zdravotním potížím. Její význam pro životní prostředí je však zcela zásadní. Mlha významně souvisí s fyzikou i chemií atmosféry a tím, že napomáhá odstraňování řady látek, může významně přispívat k takzvanému samočištění atmosféry. V některých oblastech může být mlha velmi významným a mnohde i jediným zdrojem vody. Tak například v chilské poušti Atacama nebo v africké Namibské poušti je veškerý život odkázán pouze na mlžnou vodu. Řada rostlin i živočichů tu využívá nejrůznějších důmyslných způsobů, kterými dokáží vodu z mlhy zadržet a účinně využívat. V některých oblastech je voda z mlhy zachycována systémem hustých sítí a používána dokonce k pití. V tropických deštných pralesích mlha významně přispívá k udržování biodiverzity a je součástí jejich hydrologického režimu. Obecně se mlha jako součást atmosférické depozice, tedy procesu přestupu látek z atmosféry do ekosystémů, podílí na přenosu životně důležitých látek, zároveň se však jejím prostřednictvím dostávají k zemskému povrchu samozřejmě i látky znečišťující a škodlivé. Proto je ve střední Evropě mlha pokládána za faktor, který v minulosti významně přispěl k odumírání lesních ekosystémů.

Jak souvisí vlhkost vzduchu a teplota s dopady nebezpečných látek, třeba co se týče přízemního ozonu v létě? Na tuto důležitou otázku není jednoduchá odpověď. Relativní vlhkost a teplota vzduchu

hrají významnou roli při průběhu nejrůznějších chemických reakcí v atmosféře. To je vidět například právě u přízemního ozonu. Ten vzniká ve vysokých koncentracích zejména při slunečném, teplém počasí a jeho koncentrace mohou nabývat hodnot přesahujících imisní limity pro ochranu zdraví i ekosystémů, zejména když setrvává po řadu dní vysoká teplota vzduchu při nějaké stabilní anticyklonální synoptické situaci. Jednoduše řečeno, čím vyšší je sluneční záření a teplota vzduchu a čím nižší je jeho relativní vlhkost, tím více přízemního ozonu je v ovzduší kolem nás. Možná si vzpomenete na extrémní roky 2003, 2006, 2010 či 2015, kdy horká období v létě trvala velmi dlouho nejen u nás, ale též ve značné části Evropy a přinesla v řadě zemí i zvýšenou úmrtnost v důsledku vln vedra a silného znečištění vzduchu. Teplota je navíc faktorem, který výrazně ovlivňuje i emise látek do ovzduší. Při vyšší teplotě například vzrůstají emise těkavých organických látek z jehličnatých lesů, které se podílejí na vzniku přízemního ozonu. Na druhou stranu nižší teplota s sebou přináší zvýšené imisní koncentrace jiných znečišťujících látek – v zimě se topí a do ovzduší je tak emitováno mnohem více aerosolu, benzopyrenu, oxidů dusíku a dalších látek spojených se spalovacími procesy. Takže jak vidíte, teplota vzduchu může mít na znečištění ovzduší velmi různé dopady.

Zkoumala jste, jaký dopad má přízemní ozon na naše lesy.

K jakým závěrům jste došla?

To je také poněkud komplikovanější záležitost. Obecně lze říci, že při dlouhotrvajícím slunečním záření a vysoké teplotě jsou vyšší koncentrace přízemního ozonu, který je v laboratorních podmínkách prokazatelně toxický pro rostliny. Nicméně je-li současně sucho, což při obdobných meteorologických situacích zpravidla bývá, rostliny se brání transpirací vody, a uzavírají proto průduchy v listech nebo jehličích. To ovšem znamená, že tyto uzavřené průduchy brání rostlinu i v opačném směru, tedy před expozicí plynů z ovzduší, včetně ozonu. Takže vysoká imisní koncentrace přízemního ozonu nemusí automaticky znamenat, že se jeho vysoká dávka dostane do rostliny a poškodí ji. V Evropě funguje již řadu let program ICP Forest, kterého se účastní i Česká republika a který mimo jiné dlouhodobě sleduje vliv přízemního ozonu na lesy. Je však třeba říct, že i když o vlivech přízemního ozonu na rostliny a dřeviny odborníci na základě výsledků experimentálních laboratorních studií nepochybují, skutečná poškození v reálných podmínkách lesních stanovišť dosud nebyla nade všechno pochybnost prokázána. Faktem nicméně je, že přízemní ozon a depozice dusíku jsou spolu s klimatickou změnou z hlediska možného negativního vlivu na lesy pokládány za hlavní abiotické faktory.

Pomalou se i mezi laickou veřejností šíří objev, že za špatný stav českých lesů může také vysoký obsah dusíku v půdě. Kde se tam bere?

Dusík se kromě hnojení dostává do půdy také procesem atmosférické depozice. Všechny látky, které se objeví v ovzduší, jsou depozicí odstraňovány, a nedochází tedy k jejich hromadění v atmosféře. Na druhou stranu je ale tento proces samozřejmě zdrojem znečištění pro půdu, vodu i biosféru. Dusík se do atmosféry dostává jednak jako produkt veškerých spalovacích procesů ve formě oxidů dusíku, jednak ve formě plynného amoniaku, jehož zdrojem je hlavně zemědělství. V rámci porevolučních opatření došlo k určitému snížení koncentrací oxidů dusíku zejména z velkých emisních zdrojů znečištění ovzduší, i když

v mnohem menší míře, než jak se to povedlo u oxidu siřičitého. Místo po emisích z těchto zdrojů však do značné míry vyplnily emise z rostoucí dopravy. Také je potřeba si uvědomit, že oxidy dusíku vznikají při všech spalovacích procesech, tedy nejen tam, kde je dusík – podobně jako síra – přímo součástí paliva. Dusík tvoří osmasedmdesát procent atmosféry, a právě tento vzdušný dusík se také může podílet na vzniku oxidů dusíku při spalování. A u amoniaku sice fungují takzvané emisní stropy, ale imisní limit pro tento plyn není legislativně stanoven, a neexistuje tedy účinný tlak na snižování jeho imisních koncentrací.

Jak dusík škodí?

Dusík patří k biogenním prvkům, tedy prvkům nutným pro správné fungování živých organismů. Jeho nadbytek ovšem vede k poškození ekosystémů. Atmosférická depozice dusíku se sleduje zejména v souvislosti se studiem jeho vlivu na acidifikaci, tedy okyselování půdního či vodního prostředí, na eutrofizaci, tedy proces obohacování vod o živiny, a na změnu biodiverzity. V různých regionech světa se provádějí manipulační studie na experimentálních plochách a vliv na ekosystémy se sleduje i v reálném prostředí v rámci dlouhodobého monitoringu. Přes velkou pozornost, která se studiu biogeochemického cyklu dusíku celosvětově věnuje, toho o něm však víme stále málo.

Sledovala jste dopad oxidů dusíku a přízemního ozonu na lesy v Krkonošském národním parku.

Jak velká míra postižení tam je?

Na horách, a tedy i v Krkonoších, obecně bývají vysoké koncentrace přízemního ozonu i vysoká depozice dusíku. Koncentrace přízemního ozonu totiž zpravidla rostou s nadmořskou výškou. Bývá tu vyšší míra slunečního záření a navíc v místním ovzduší chybí oxid dusnatý, který v horách nemá významné emisní zdroje, tedy spalovací procesy ať už v dopravě, lokálních topeništích či velkých zdrojích typu tepláren a elektráren, a který dokáže molekulu ozonu rozložit. Paradoxně je tedy na horách, které jsou jinak z hlediska ostatních látek znečišťujících ovzduší velmi čistým prostředím, vysoká expozice ozonu, a to samozřejmě zejména v letním období. Zvýšená depozice dusíku je zase zapříčiněna tím, že jsou zde zpravidla vysoké srážkové úhrny.

Překvapilo nás, že oblasti s nejvyššími koncentracemi ozonu a depozice dusíku se v České republice dlouhodobě překrývají pouze na poměrně malém území našich lesů, konkrétně na necelých pěti procentech. Oblasti s nejvyššími koncentracemi ozonu jsou spíše v jižní části území státu, zatímco oblasti s nejvyšší depozicí atmosférického dusíku jsou spíše na severu. Otázka, jaké dopady to má přímo na zdravotní stav lesů, je pak na odbornících, kteří se zdravotním stavem našich lesů zabývají a kterým jsou naše výstupy k dispozici. V současné době však akutní problémy s kůrovcovou kalamitou působení těchto abiotických faktorů samozřejmě zastihují, a není jim proto věnována adekvátní pozornost.

Jakým nedostatkům v kvalitě ovzduší u nás aktuálně čelíme ve srovnání s obdobím před rokem 1993 a kdo za ně může?

Za největší problém jsou dnes u nás i v Evropě považovány tři hlavní škodliviny: aerosol, benzopyren a přízemní ozon. To jsou látky, které prokazatelně negativně ovlivňují lidské zdraví, a ozon navíc i vegetaci a ekosystémy. Všechny se přitom vyskytují v koncentracích často překračujících legislativně stanovené

Knihex
10^{1/2}
online
12. 12. 2020
www.knihex.cz

S Ivou Hůnovou o přízemním ozonu, smogu a výskytu mlh

imisní limity. Navíc je jejich působení vystavena značná část obyvatelstva a jejich koncentrace není vůbec jednoduché snížit. Regionálně je u nás nejzávažnější situace v Moravskoslezském kraji, konkrétně v aglomeraci Ostrava, Karviná, Frýdek-Místek, kde se na vysokých imisích podílejí nejen české zdroje, ale i Polsko. Zhoršená kvalita ovzduší ale není jen problémem aglomerací a větších měst, jak si stále řada lidí myslí. Ačkoliv naprostá většina monitorovacích aktivit směřuje právě do oblastí, kde žije hodně lidí, při měřicích kampaních v malých obcích je jasně vidět, že vysoké koncentrace jsou i tam. Poslední publikovaná data ČHMÚ z poloviny listopadu udávají, že území s překročením imisních limitů bez zahrnutí přízemního ozonu v roce 2019 představovalo více než osm procent plochy státu, kde žilo téměř 28 procent celkové populace. Pokud ovšem do této statistiky promítneme i přízemní ozon, docházíme už k 77 procentům území a téměř 76 procentům obyvatel. Výsledky měření za rok 2019 přitom ukazují oproti předchozímu roku mírné zlepšení, způsobené nižším množstvím emisí a také příznivějšími meteorologickými a rozptylovými podmínkami.

Kde se dají tato data dohledat?

Znečištění ovzduší na území České republiky se každoročně hodnotí a je publikováno formou takzvaných grafických ročenek. Pro zájemce jsou tyto ročenky volně ke stažení na webovém portálu ČHMÚ. Tady je možné se formou názorných, dobře srozumitelných barevných map a grafů detailně seznámit s výsledky monitoringu a datových

analýz. Lze sledovat vývoj emisí znečišťujících látek z emisních zdrojů na území ČR, vývoj imisních koncentrací a atmosférické depozice environmentálně problematických látek, jako jsou dusík, síra nebo těžké kovy. Pozorně se hodnotí i překračování legislativně zakotvených imisních limitů pro ochranu zdraví, vegetace a ekosystémů, stanovených na základě směrnic Evropské unie a doporučených Světovou zdravotnickou organizací. Ty jsou totiž velmi účinným nástrojem zavádění koncepčních opatření s cílem zlepšit kvalitu ovzduší a snížit imisní koncentrace znečišťujících látek na přijatelnou úroveň.

Čím je podloženo tvrzení, že za znečištění vzduchu může spíše lokální vytápění než elektrárny a průmysl? Nejde tady věda trochu na ruku těm, kteří si u politiků vždy vyjednájí nějakou výjimku?

Identifikace zdroje znečištění je samozřejmě pro zlepšení kvality ovzduší klíčová. Je to však poměrně komplikovaný úkol, který se řeší různými sofistikovanými postupy, například metodou PMF (positive matrix factorisation). Na základě tohoto přístupu se jasně ukazuje, že lokální vytápění je dnes dominantním zdrojem znečišťování ovzduší nejen u nás, ale i v řadě dalších evropských zemí. V této souvislosti je vhodné zmínit, že u velkých zdrojů, jako jsou elektrárny a teplárny, byla v České republice již koncem devadesátých let minulého století provedena řada velmi účinných technických opatření s cílem snížení jejich emisí pod tehdy nově legislativně zavedené emisní limity, jichž mělo být dosaženo do roku 1998. Navíc velké zdroje je možné

daleko lépe kontrolovat než zdroje malé, tedy lokální topeniště.

S klimatickou změnou v zimě ubývá smogových situací, zvětšuje se ale riziko letního smogu. Proč?

Zimní a letní smog tvoří rozdílné směsi látek vznikající za různých podmínek. Podstatou zimního smogu, též označovaného jako smog londýnský – právě v hlavním městě Velké Británie byly totiž v roce 1952 poprvé pozorovány jeho neblahé důsledky, které se projeví i zvýšenou úmrtností –, jsou látky redukční povahy, jejichž indikátorem je oxid siřičitý. Oproti tomu letní smog se silně oxidačními schopnostmi nelze jen tak jednoduše snížit, protože přízemní ozon, který je jeho hlavní složkou a indikátorem, nemá vlastní primární emisní zdroje. Vzniká jako sekundární škodlivina v důsledku mnoha velmi komplikovaných fotochemických reakcí z prekurzorů, oxidů dusíku a těkavých organických látek. Přestože byly antropogenní emise těchto prekurzorů u nás i v sousedních státech do určité míry sníženy, na imisních koncentracích přízemního ozonu se to adekvátně měrou neprojevilo. Při jeho vzniku totiž nehraje roli jenom absolutní množství prekurzorů, ale i jejich vzájemný poměr.

Dalším faktorem je to, že řada těkavých organických látek je emitována vegetací, což lze pozorovat zejména tam, kde jsou rozsáhlé lesy, a jejich emise tedy příliš omezit nemůžeme. Významným hráčem jsou také meteorologické podmínky. Riziko letního smogu tak souvisí i s klimatickou změnou a s nastolováním podmínek vedoucích k podpoře

fotochemických reakcí v atmosféře. Je tedy zřejmé, že snížení koncentrací přízemního ozonu může být velmi komplikovanou záležitostí, mnohem obtížnější, než tomu bylo u snižování emisí oxidu siřičitého. Spolu s ozonem se v oxidačním smogu vyskytují i další látky oxidační povahy, jako například peroxyacetylnitrát nebo OH radikál, které se ovšem běžně neměří, a přízemní ozon je tak indikátorem i jejich výskytu. Celá tato směs je velmi toxická pro člověka i vegetaci a ekosystémy a může způsobovat lokální i systematická poškození organismů. V této souvislosti se často zmiňuje takzvaný oxidační stres, při němž vzniká v organismech mnoho volných radikálů způsobujících nejrůznější potíže. Účinné snížení koncentrací přízemního ozonu tak zůstává do budoucna velkou výzvou.

Iva Hůnová (nar. 1958) vystudovala obor ochrana přírodního prostředí na Přírodovědecké fakultě UK v Praze. Dnes působí v Českém hydrometeorologickém ústavu a v Ústavu pro životní prostředí Přírodovědecké fakulty UK. Zabývá se studiem znečišťujících látek v ovzduší, především atmosférickou depozicí a přízemním ozonem.



Iva Hůnová. Foto z osobního archivu