

Shrnutí výsledků výzkumu vlivu Mosteckého jezera na ovzduší

Ing. Jan Brejcha

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most; brejcha@vuhu.cz

Přijato: 31. 7. 2015, recenzováno: 13. a 17. 8. 2015

Abstrakt

V současné době je dokončeno napouštění Mosteckého jezera. Jezero vzniklo zatopením zbytkové jámy lomu Most-Ležáky, kde byla těžba hnědého uhlí ukončena k 31. srpnu 1999. Napouštění jezera Most bylo zahájeno 24. 10. 2008. V rámci projektu výzkumu a vývoje „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů“ byla zhodnocena významnost vlivu vývoje mikroklimatu zájmového území na kvalitu ovzduší v okolí jezera. Projekt byl řešen v období let 2011 až 2014. Výsledky provedeného hodnocení nedokladovaly jednoznačně ovlivnění imisní situace v lokalitách stanic Kopisty a Most mikroklimatem Mosteckého jezera. Lze proto předpokládat, že vliv Mosteckého jezera na rozptylové podmínky v lokalitách Most a Kopisty, a tím i na imisní situaci v těchto lokalitách, není významný.

The influence of the Most Lake on fresh air quality - summary of the research results

The filling phase of the Most Lake is currently completely finished. The Lake was formed by the flooding of the residual pit of Most-Ležáky quarry in which the brown coal mining was terminated on the 31st December 1999. The filling phase of the Most Lake was initiated on the 24th October 2008. The research and development project "Impacts on microclimate, fresh air quality, ecosystems, water and soil at the hydric reclamation of abandoned lignite quarries" evaluated the significance of the influence of the microclimate development on the fresh air quality in the area around the Lake. The project was carried out in the period of 2011 to 2014. The results of the evaluation did not prove the unambiguous affecting of the air pollution in the locations of the stations Kopisty and Most caused by the microclimate of the Most Lake. Therefore it can be assumed that the effect of the Most Lake on the dispersion conditions in the localities Most and Kopisty and thus on the air pollution in these locations is not significant.

Zusammenfassung der Forschungsergebnisse des Einflusses des Moster Sees auf die Luft

Zurzeit ist die Flutung des Moster Sees zum Ende gebracht. Der See entstand durch die Flutung des Restloches des Tagebaus Most-Ležáky, wo die Braunkohlegewinnung zum 31. August 1999 eingestellt wurde. Die Flutung des Sees begann am 24. 10. 2008. Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojektes „Auswirkungen auf das Mikroklima, die Luftqualität, Wasser- und Bodenökosysteme im Rahmen der hydrischen Rekultivierung von Braunkohlentagebauen“ wurde die Bedeutung der Wirkung der Mikroklima-Entwicklung im Interessengebiet auf die Luftqualität in der Umgebung des Sees bewertet. Die Lösung des Projektes fällt in Zeitraum 2011 bis 2014. Die Ergebnisse der vorgenommenen Bewertung bewiesen eindeutige Beeinflussung der Immissionssituation in Standorten von Stationen Kopisty und Most von dem Mikroklima des Moster Sees nicht. Deshalb kann man annehmen, dass der Einfluss des Moster Sees auf die Luftqualität und damit auch auf die Immissionssituation ist nicht von Bedeutung.

Klíčová slova: hydrická rekultivace, Mostecké jezero, kvalita ovzduší, PM₁₀.

Keywords: hydric reclamation, Most Lake, air quality, PM₁₀.

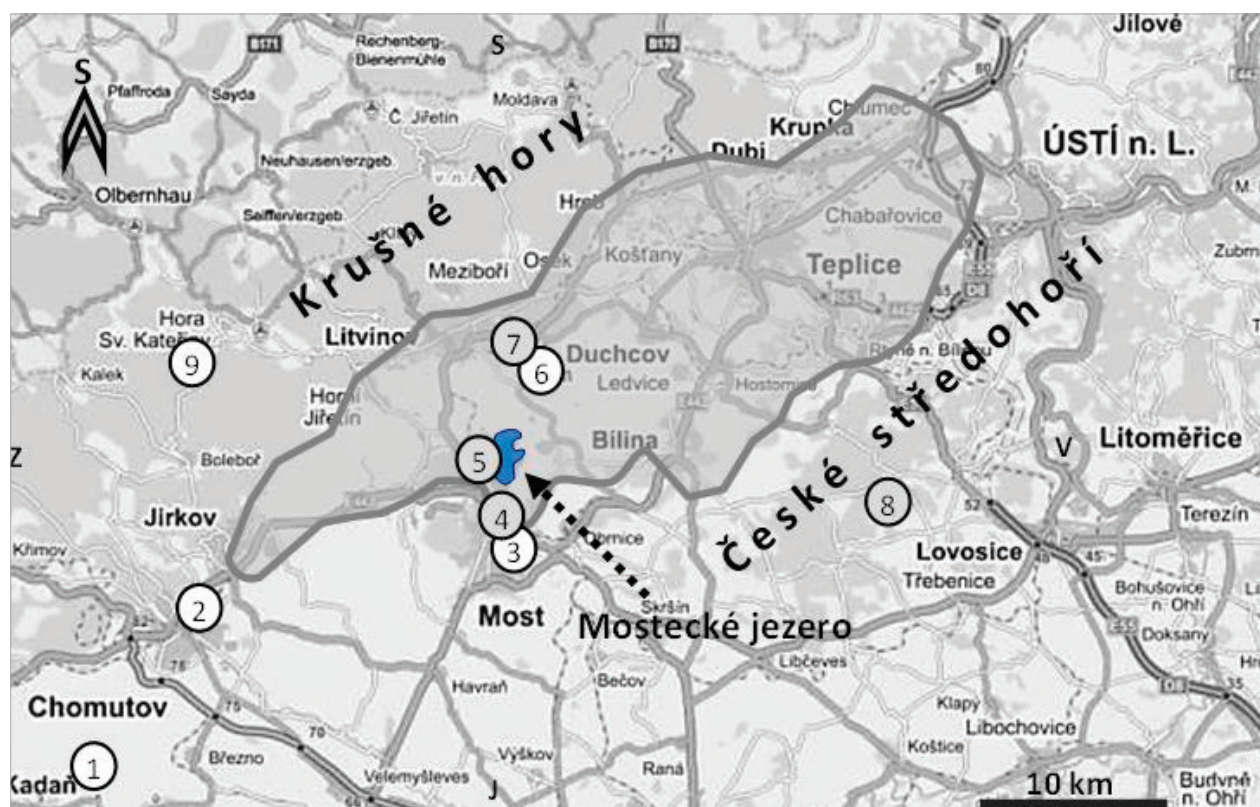
1 Úvod

V současné době je dokončeno napouštění Mosteckého jezera. Jezero vzniklo zatopením zbytkové jámy lomu Most-Ležáky, kde byla těžba hnědého uhlí ukončena k 31. srpnu 1999. Napouštění jezera Most bylo zahájeno 24. 10. 2008 [1,2]. V rámci projektu výzkumu a vývoje č. TA01020592 „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů“ byla zhodnocena významnost vlivu vývoje mikroklimatu zájmového území na kvalitu ovzduší v okolí jezera. Projekt byl řešen v období let 2011 až 2014.

Vliv nové vodní nádrže na teplotu vzduchu v jejím okolí je způsoben odlišnými tepelnými vlastnostmi vody ve srovnání s okolním půdním pokryvem. Voda má výrazně větší tepelnou kapacitu, což vede k tomu, že změna teploty vody je výrazně pomalejší než změna teploty zemského povrchu a vzduchu. Obecně lze říci, že v zimě je voda zpravidla teplejší než okolní

vzduch, který tak v podstatě ohřívá, naopak v létě je voda chladnější a způsobuje ochlazování vzduchu. Vliv nové vodní nádrže na teplotu vzduchu závisí především na velikosti nádrže, její hloubce, na teplotě vody ve směšovací vrstvě, na směru a rychlosti větru, na teplotě zemského povrchu a na okolní teplotě vzduchu. Dalším faktorem ovlivňujícím teplotu vzduchu v bližším okolí vodní nádrže je topografie v jejím okolí a v menší míře také charakter okolního zemského povrchu.

Mostecké jezero je položeno v poměrně nedokonalé provětrávané centrální části podkrušnohorské pánve. Nedokonalé provětrávání lokality souvisí s uzavřením prostoru centrální části pánve mezi Krušnými horami a Českým středohořím. Centrální část podkrušnohorské pánve má charakter příkopové propadliny. Nadmořská výška dna pánve na úpatí Krušných hor je přibližně 260 m, ve střední části a před Českým středohořím 200 až 240 m. Nadmořská výška hřebenu Krušných hor v oblasti Mostecky je přibližně 600 až 950 m. Jižní svahy krušnohorské



Obr. 1: Poloha Mosteckého jezera v lokalitě, oblasti zhoršeného provětrávání a poloha měřicích stanic, jejichž data byla při hodnocení využita.

soustavy klesají prudce do pánevní části. Reliéf Českého středohoří disponuje velkou výškovou členitostí při průměrné nadmořské výšce 363 m. Nejvyšším vrcholem je Milešovka (836,5 m n.m). Poloha Mosteckého jezera v Podkrušnohoří je uvedena na obrázku č. 1 [3], kde je tmavě šedou čarou vymezen prostor zhoršeného provětrávání [4].

Kvalitu ovzduší obecně ovlivňují dva faktory, kterými jsou intenzita emisí znečišťujících látek a rozptylové podmínky. Na znečištění ovzduší v regionu se podílí převážně spalovací zdroje. V jednotlivých letech lze považovat roční chody úrovně emisí znečišťujících látek za obdobné s určitou variabilitou, která souvisí s meziroční variabilitou ročních chodů teplot, ze které vyplývá intenzita provozu energetických zdrojů. Významný vliv na imisní situaci má proto v jednotlivých kalendářních letech četnost výskytu zhoršených rozptylových podmínek.

V severočeském regionu se mimo dny, kdy po celý den trvají nepříznivé (průměrně 60 dní v roce) nebo příznivé (průměrně 90 dní v roce) rozptylové podmínky, vyskytují dny, kdy nepříznivé rozptylové podmínky trvají pouze část dne (průměrně 215 dní v roce). Uvedené průměrné počty dní výskytu jednotlivých typů rozptylových podmínek jsou z období 2008 až 2014 [5].

Denní chod vývoje rozptylových podmínek, kdy jejich zhoršení trvá pouze část dne, probíhá v následujícím cyklu. Po západu slunce dochází k ochlazení zemského povrchu dlouhodobným vyzařováním, v jehož důsledku se stabilizuje atmosféra, vzniká inverze teplotního zvrstvení a rozptylové podmínky v přízemní vrstvě atmosféry se postupně zhoršují. V důsledku toho se znečišťující látky v přízemní vrstvě postupně kumulují. Po východu slunce se zemský povrch ohřívá a rozptylové podmínky se postupně zlepšují. Vznikající proudění vzduchu pak

znečišťující látky rozptyluje. Takto vzniklý denní chod rozptylových podmínek výrazně ovlivňuje i denní chod úrovně znečištění. Na rozptylových podmínkách v lokalitě se významně podílí i anabatické a katabatické proudění vznikající na jižních svazích Krušných hor a v menší míře i na svazích hor Českého středohoří. V tomto případě během dne vzduch, ohříváný osluněnými svahy, po nich začíná stoupat vzhůru. Po západu slunce se směr proudění otočí. Svahy se ochlazují a těžší studený vzduch po nich stéká dolů do pánve.

Pro dokreslení průběhu výše popsané závislosti jsou na obrázku č. 2 porovnány v normalizované škále průměrné denní chody koncentrace PM_{10} , rychlosti a směru větru v Kopistech na jaře 2012.

Koncentrace PM_{10} na obrázku č. 2 během noci, kdy je rychlost větru nízká, postupně narůstá a dosahuje maxima ráno kolem šesté a sedmé hodiny. Přibližně od sedmé hodiny se postupně zvyšuje rychlost větru. V souvislosti se zvýšenou ventilací se koncentrace PM_{10} postupně snižuje. Od cca sedmnácti do čtyř hodin vane slabý vítr ze severního oktantu. Od sedmi hodin intenzita větru postupně narůstá a vítr se začíná stáčet k východu, pak kolem třinácté hodiny k jihu, a kolem sedmnácté hodiny až k severu. K severnímu proudění v nočních hodinách dochází pravděpodobně v důsledku stékání chladného vzduchu z Krušných hor.

V závislosti na morfometrii zemského povrchu a na charakteru jeho pokryvu se vytváří místní klima, které se za určitých meteorologických podmínek může významněji lišit od okolního makroklimatu [6]. Při změně mikroreliefu a změně charakteru zemského pokryvu v lokalitě Mosteckého jezera - z těžební krajiny bez vegetace na vodní plochu s ozeleněným okolím

- lze předpokládat, že dojde i ke změně místního klimatu. Z hlediska změny charakteru pokryvu zde má významnou roli zejména změna absorpce slunečního záření a intenzity zpětné dlouhovlnné radiace i změna intenzity výparu vody z povrchu.

Vyhodnocení vývoje imisní situace vycházelo z převzatých dostupných dat z imisních stanic ČHMÚ [7] z let 2008 až 2014. Od roku 2012 jsou do hodnocení zahrnuta vybraná data ze stanic VÚHU a.s., z měření prováděných v rámci řešení projektu.

Měření realizovaná v rámci řešení projektu byla prováděna ve dvou zónách a na jednom pozadovém stanovišti. První zónou bylo blízké okolí jezera, kde bylo přibližně v oktantech větrné růžice umístěno 8 stanovišť vzdálených cca 50-100 m od okraje jezera. Druhou zónou bylo vzdálené okolí jezera, kde byla umístěna 3 stanoviště situovaná cca 1-3 km od okraje jezera (Most VÚHU – viz obrázek č. 1 stanice 4, observatoř Kopisty – viz obrázek č. 1 stanice 5, a Lom – viz obrázek č. 1 stanice 7). Pozadové stanoviště Milešovka (viz obrázek č. 1 stanice 8) bylo vzdáleno 20 km od lokality. Sledovány byly koncentrace znečišťujících látek charakteristických pro tuto průmyslovou lokalitu – SO_2 , NO_x , O_3 , BTX, VOC, H_2S , NH_3 , prašný spad. Odběry byly prováděny pasivně. Doba odběru BTX, VOC a prašného spadu byla 30 dní a v případě ostatních polutantů 14 dní. Při pasivních odběrech plynů se používaly difuzní vzorkovnice Radiello s následným kvantitativním stanovením analytu v laboratoři. Prašný spad se odebíral volnou sedimentací prachu do skleněných vzorkovnic s definovaným sedimentačním průřezem. Ve druhé zóně a na pozadovém stanovišti se mimo uvedených polutantů kontinuálně měřily i koncentrace aerosolových částic PM_{10} . Při těchto stanoveních se používaly beta-prachoměry FH62IR. Plynné látky byly měřeny kontinuálně na stanovišti Most-VÚHU. Konkrétně se jednalo o SO_2 , NO , NO_2 , NO_x , O_3 a CO . Při těchto stanoveních se používaly analyzátoři HORIBA typové řady AP 350. Na všech stanicích kontinuálního měření byly měřeny i základní

meteorologické veličiny. Na stanicích Kopisty a Milešovka, které byly umístěny v objektech meteorologických observatoří, byla meteorologická data poskytována spoluřešitelem projektu, tj. Ústavem fyziky atmosféry ČAV.

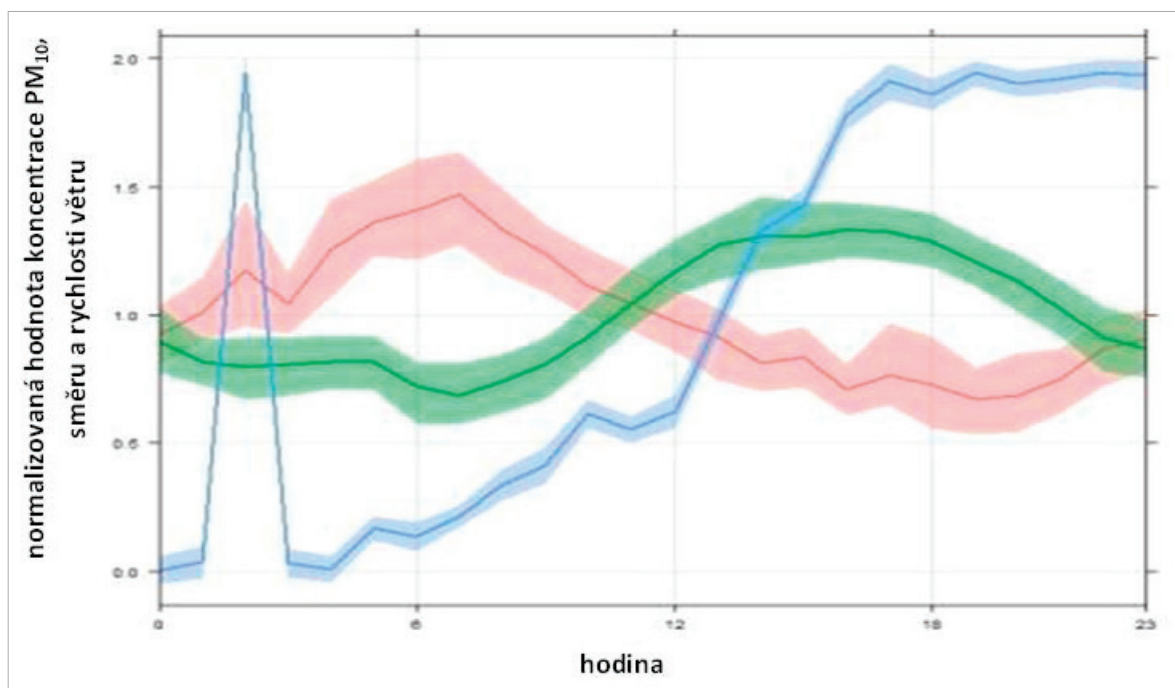
2 Vyhodnocení výsledků měření

Vyhodnocení výsledků bylo zaměřeno na parametry využitelné v metodice vyhodnocení významnosti vlivu změny místního klimatu v zájmovém území na kvalitu ovzduší okolí jezera.

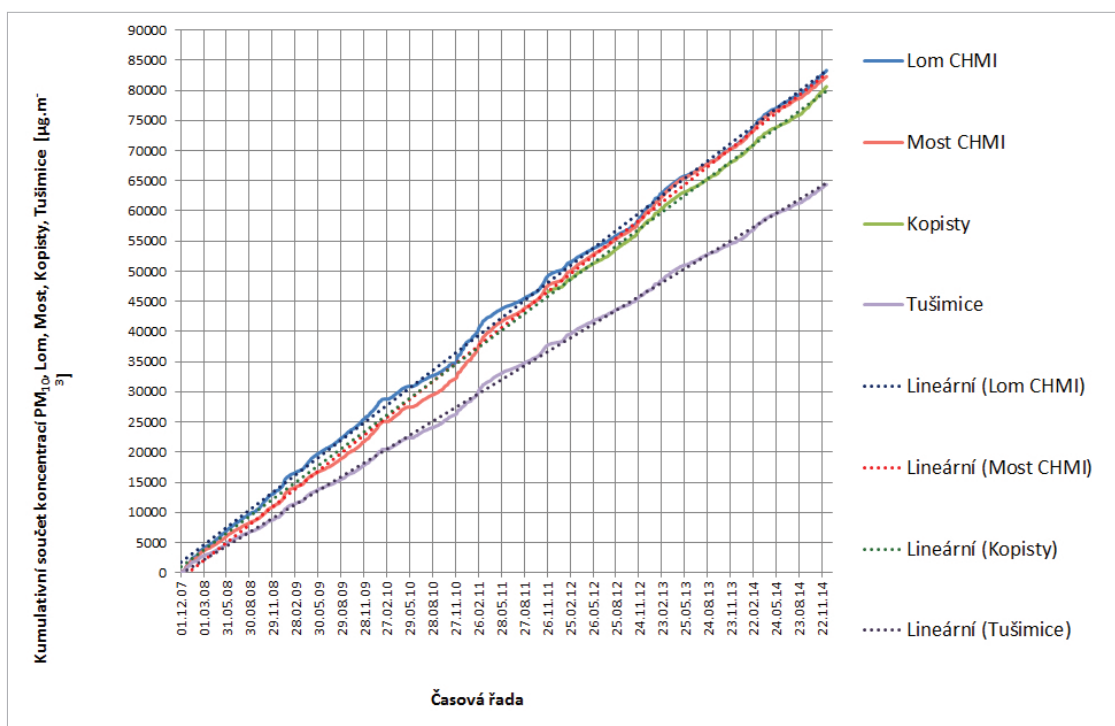
Pro zhodnocení vývoje imisní situace v lokalitě byla proto použita jednak data získaná měřeními v rámci projektu, tak i data z měření imisí na vybraných stanicích severočeského regionu z období od počátku napouštění jezera do současnosti, tj. 2008 až 2014. Tato data byla převzata z tabelárních ročenek nebo průběžně uveřejňovaných dat na internetových stránkách ČHMÚ [7].

Z kontinuálně sledovaných znečišťujících látek se jako nejvýhodnější pro hodnocení imisní situace v prostoru podkrušnohorské pánve jeví měření koncentrací aerosolových částic PM_{10} . Prašnost je nejvyšší v oblastech, v nichž je lokalizována hlavně průmyslová činnost a těžba nerostných surovin prováděná povrchovým způsobem, tj. v podstatě v místech, kde se plánuje vznik velkých vodních ploch ve zbytkových jámách po povrchové těžbě. Všechny stacionární stanice celostátního měření imisí i stanice účelových sítí, které jsou v lokalitě provozované, měří koncentrace aerosolových částic PM_{10} . Vzhledem k tomu jsou v této oblasti k dispozici poměrně dlouhé časové řady výsledků měření, využitelné pro vyhodnocení vývoje imisní situace a porovnání se stavem v prostoru okolí jezerní plochy.

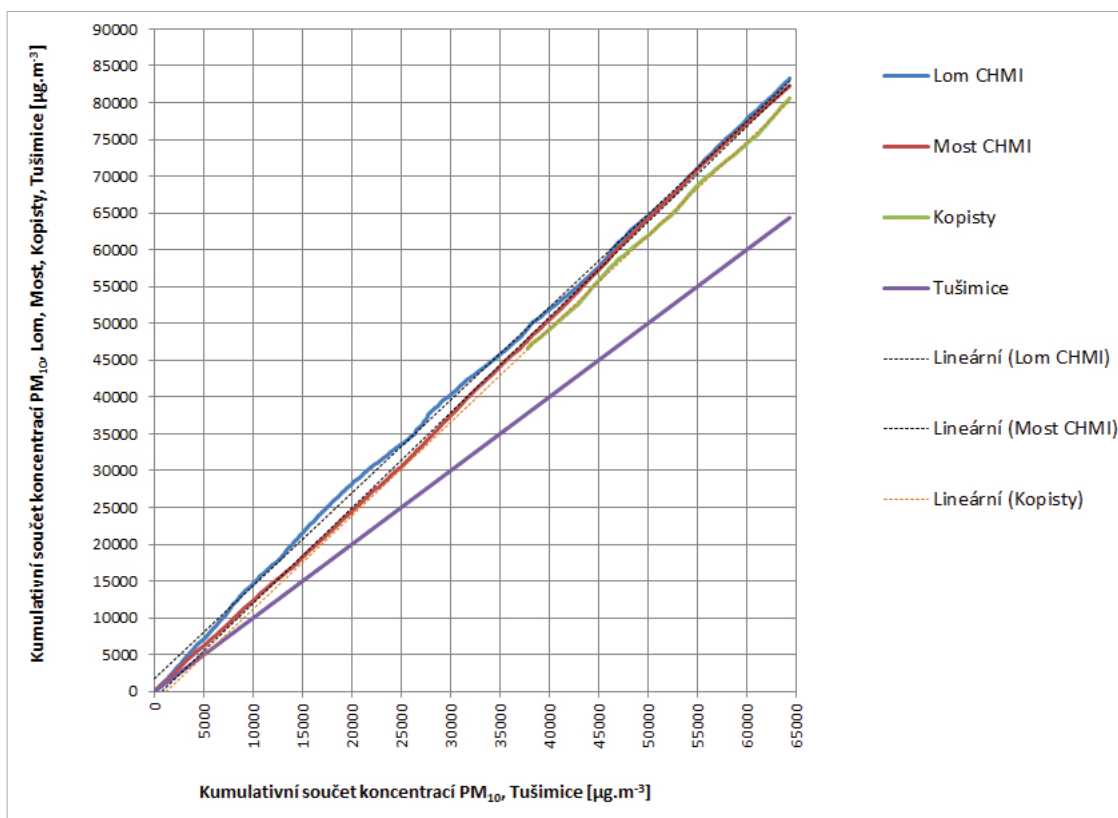
Prašný spad je definován jako hmotnost deponovaného materiálu, který se po předcházejícím znečištění ovzduší usadil na jednotku plochy zemského povrchu za časovou jednotku,



Obr. 2: Průměrné denní chody koncentrace PM_{10} , rychlosti a směru větru v Kopistech na jaře 2012 (PM_{10} – čihlová čára, směr větru – modrá čára, rychlost větru – zelená čára) - hodnoty jsou normalizovány na příslušný denní průměr, barevné pole v okolí čar zobrazuje 95%ní konfidenční interval.



Obr. 3: Porovnání časových řad 24hodinových koncentrací aerosolových částic PM_{10} ze stanic Lom, Most, Kopisty a Tušimice metodou jednoduché součtové čáry (SMC).



Obr. 4: Porovnání časových řad 24hodinových koncentrací aerosolových částic PM_{10} ze stanic Lom, Most, Kopisty a Tušimice metodou dvojité součtové čáry (DMC) v období 2008-2014.

v důsledku vynášecích a vymývacích procesů z atmosféry [8]. Jedná se o poměrně širokou frakci převážně hrubých částic, které se po určité dobu udrží ve vzduchu, o velikosti zpravidla od 1 do 100 μm . Měření prашného spadu lze považovat za doplněk

ke sledování koncentrací aerosolových částic PM_{10} . Zvýšená úroveň prашného spadu je indikátorem lokálního znečištění z blízkých zdrojů hrubými aerosolovými částicemi.

U pasivního měření plynných látek se při odběru vzorků používá difúzní metoda. Měření touto metodou lze realizovat i v místech, kde nelze jinou techniku aplikovat. Výhoda relativně levného a jednoduchého odběru vzorků difúzní metodou je však ve venkovním prostředí vyvážena větší nejistotou stanovení, která v terénních podmínkách může být významně ovlivňována mikroklimatickými vlivy na stanovišti. Získané výsledky lze proto charakterizovat jako indikativní. V případě stanovení anorganických plynů ovlivňuje odběr zejména vzdušná vlhkost a teplota. V případě stanovení organických těkavých látek (VOC) je situace příznivější vzhledem k tomu, že se tyto látky z analytu polárními rozpouštědly nevymývají, a proto jim vysoká vlhkost nevadí. Porovnání shodnosti výsledků pasivních měření s výsledky kontinuálních analyzátorů bylo provedeno ve spolupráci s ČHMÚ Ústí nad Labem. [9]

Výchozí metodou zhodnocení byla popisná statistika, kterou byly porovnávány průměrné koncentrace hodnocených znečišťujících látek v ovzduší a hodnoty vybraných percentilů jak pro jednotlivé roky, tak i pro jednotlivá roční období. Při hodnocení byly použity i grafické porovnávací metody. Při hodnocení dlouhodobých trendů byla použita metoda jednoduché a dvojité součtové čáry [10,11].

Z provedené analýzy vyplývá, že vývoj imisní situace v letech 2008 až 2014 nevykazuje významné změny. Sezónní chody úrovně znečištění sledovanými látkami se převážně shodují s hodnocením tohoto parametru v severočeském regionu. Úroveň znečištění na jednotlivých místech vychází z polohy měřicího místa a je závislá na jeho vzdálenosti od zdrojů znečištění a na charakteru podmínek šíření a rozptylu znečišťujících látek. Na základě vyhodnocení provedeného měření nelze

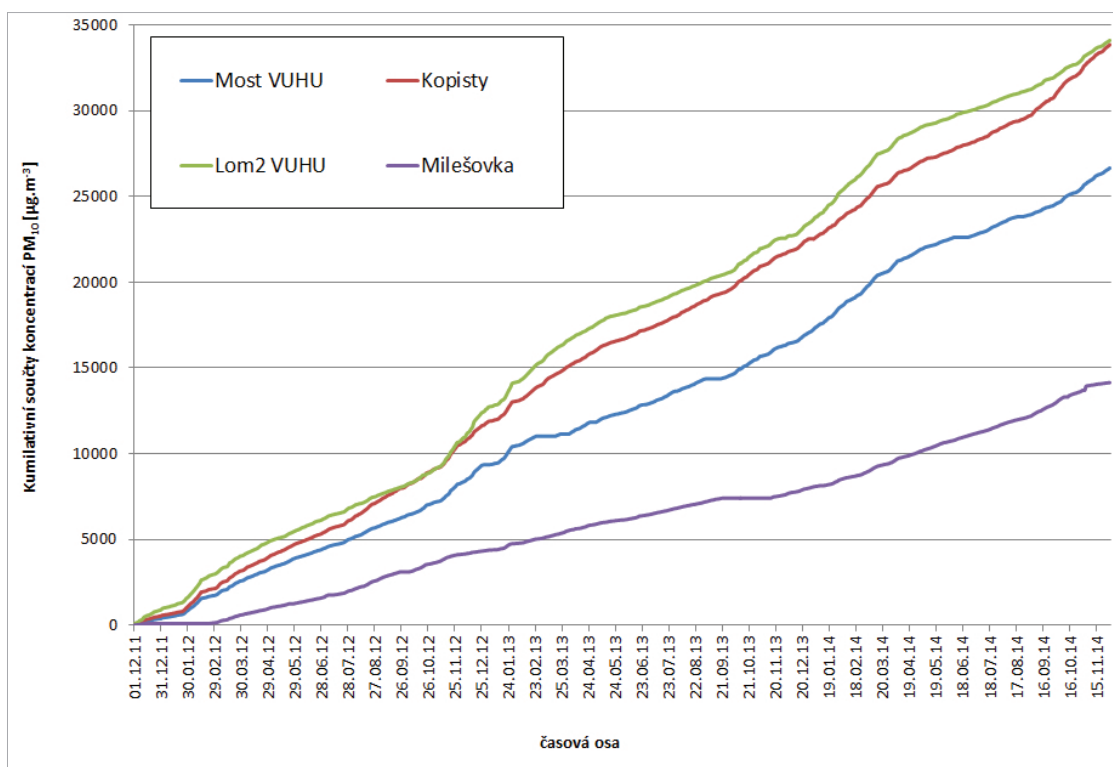
předpokládat, že po napuštění jezera došlo k výraznému skokovému ovlivnění imisní situace.

Výsledky a jejich vyhodnocení byly konzultovány s provozovatelem celostátní imisní sítě - Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Konzultace a z ní vyplývající hodnocení bylo zaměřeno především na porovnatelnost s výsledky celostátní imisní sítě, využitelnost testovaných metod pro cíl projektu a vyhodnocení významnosti vlivu jezerní plochy na imisní situaci v okolí [9,12]. Závěry vyhodnocení dat změřených v rámci aktivit ČHMÚ se shodují se závěry řešitelů projektu.

V následujících odstavcích je uveden postup při hodnocení průběhu imisní situace z pohledu aerosolových částic. Na obrázku č. 1 jsou vyznačeny polohy měřicích stanic provozovaných v rámci projektu (Most VÚHU – 4, Kopisty – 5) i dlouhodobě provozovaných stacionárních stanic ČHMÚ (Most – 3, Lom – 6, Chomutov – 2 a Tušimice – 1) a VÚHU (Lom 2 – 7), které do vyhodnocení imisní situace byly zahrnuty.

2.1 Vyhodnocení trendu vývoje úrovně koncentrací PM_{10} v období 2008 až 2014

Pro hodnocení dlouhodobého vývoje imisní situace se jako nejvýhodnější jevila grafická metoda součtových čar. Metoda je založena na (grafickém) porovnání postupných kumulativních součtů dvou synchronních časových řad stejné délky a se stejným časovým krokem. Jedna řada je považována za referenční a homogenní, pro druhou řadu se detekuje případná změna trendu. Ta může být způsobena např. změnami v okolí stanice, případně i změnou měřicí metody či přemístěním měřicí lokality [10,11]. Časové změny v posuzované řadě lze testovat pomocí



Obr. 5: Porovnání časových řad 24hodinových koncentrací aerosolových částic PM_{10} ze stanic provozovaných v rámci projektu: Most VÚHU, Kopisty, Milešovka a Lom 2, v období 2012-2014 metodou jednoduché součtové čáry (SMC).

jednoduché součtové čáry (single mass curve, SMC). Na osu X se vynášejí kumulativní součty časových kroků měření, případně pořadová čísla těchto intervalů. Metodou dvojité součtové čáry (double mass curve, DMC) lze přímo porovnávat výsledky testované stanice se stanicí referenční. Kumulativní součty pro referenční stanici se vynesou na osu X grafu, na osu Y se vynášejí kumulativní součty posuzované stanice. Pokud posuzovaná řada neobsahuje výraznou časovou změnu, má DMC nebo SMC tvar přímky. Přímkový tvar má rovněž v případě, že časové změny v referenční i posuzované řadě probíhají synchronně. Časová změna v pozorované řadě se projeví zlomem (změna směrnice) v průběhu součtové čáry.

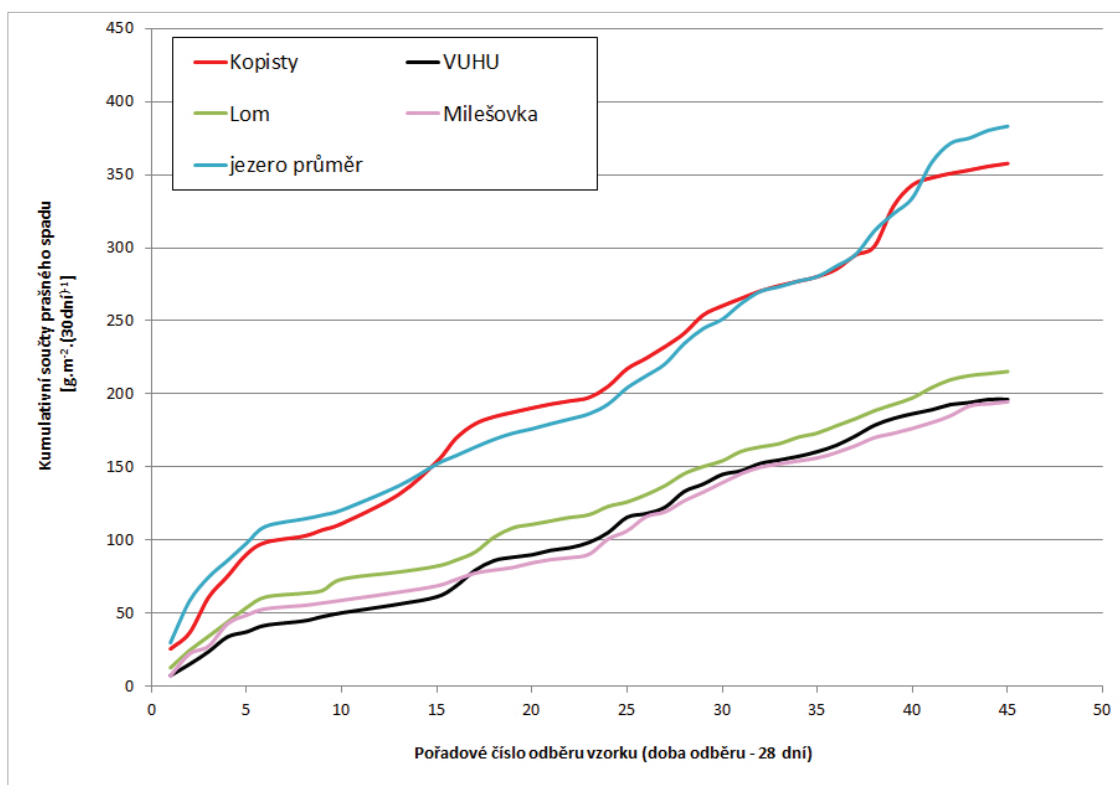
Na obrázku č. 3 je provedeno porovnání časových řad 24hodinových koncentrací aerosolových částic PM_{10} ze stanic Lom, Most, Kopisty a Tušimice z období 2008-2014, metodou jednoduché součtové čáry (SMC). Z obrázku je zřejmé, že průběh křivek se přibližuje lineárnímu trendu a jejich sezónní fluktuace, které kolísají kolem lineárního trendu, spolu korespondují.

Časová řada hodnot ze stanice Tušimice byla vzhledem ke svému téměř lineárnímu průběhu na obrázku č. 3 vybrána jako referenční při konstrukci grafu "Porovnání testovaných řad výsledků metodou dvojité součtové čáry (DMC)", který je uveden na obrázku č. 4. Časové řady dat ze stanic oblasti centrální části severočeské pánve zde mají poměrně těsný průběh. Průběh křivek nevykazuje významný zlom.

Metodou jednoduché součtové čáry na obrázku č. 5 jsou porovnány i datové řady 24hodinových hodnot ze stanic provozovaných v rámci projektu: Most VÚHU, Kopisty, Milešovka a Lom 2, v období 2012-2014. Z grafu je zřejmé, že křivky ze stanic Most VÚHU, Kopisty, Milešovka a Lom 2 spolu korespondují. Podobnou úroveň mají časové řady z Kopist a Lomu 2. Úroveň na Stanici Most VÚHU je vzhledem k umístění ve 20 m nad terénem znatelně nižší než na stanicích Kopisty a Lom 2. Svoji nízkou úrovní a průběhem se nejvíce liší datová řada ze stanice Milešovka. Důvodem je její umístění na vrcholu kuželovité hory ve výšce 837 m n.m., do které jen zřídka dosahuje

Tab 1: Porovnání směrnic sezónních DMC se směrnicí DMC pro koncentrace PM_{10} v období 2008-2014, referenční stanice: Tušimice.

Období		Směrnice DMC v období			Poměr směrnice sezónní k celkové směrnici DMC		
		Lom	Most	Kopisty	Lom	Most	Kopisty
2008 - 2014		1,26	1,29	1,27	1	1	1
jaro	2008	1,47	1,19	-	1,17	0,92	-
jaro	2009	1,36	1,09	-	1,07	0,84	-
jaro	2010	1,18	1,32	-	0,94	1,02	-
jaro	2011	1,08	1,39	-	0,86	1,07	-
jaro	2012	1,06	1,27	1,19	0,84	0,98	0,94
jaro	2013	1,15	1,29	1,13	0,91	1,00	0,89
jaro	2014	1,20	1,22	1,05	0,95	0,94	0,83
léto	2008	1,50	1,20	-	1,19	0,92	-
léto	2009	1,49	1,33	-	1,18	1,03	-
léto	2010	1,07	1,22	-	0,85	0,94	-
léto	2011	1,05	1,26	-	0,84	0,97	-
léto	2012	1,18	1,41	1,33	0,93	1,09	1,05
léto	2013	1,16	1,25	1,22	0,92	0,96	0,96
léto	2014	1,23	1,17	1,19	0,97	0,91	0,94
podzim	2008	1,70	1,31	-	1,35	1,01	-
podzim	2009	1,36	1,21	-	1,08	0,94	-
podzim	2010	1,01	1,26	-	0,80	0,97	-
podzim	2011	1,22	1,23	-	0,96	0,95	-
podzim	2012	1,35	1,35	1,54	1,07	1,05	1,22
podzim	2013	1,50	1,44	1,62	1,19	1,12	1,28
podzim	2014	1,29	1,18	1,77	1,02	0,91	1,39
zima	2008	1,42	1,26	-	1,12	0,97	-
zima	2009	1,30	1,21	-	1,03	0,94	-
zima	2010	1,25	1,26	-	0,99	0,97	-
zima	2011	1,47	1,41	-	1,16	1,09	-
zima	2012	1,12	1,27	1,10	0,89	0,98	0,87
zima	2013	1,43	1,44	1,20	1,13	1,11	0,94
zima	2014	1,41	1,26	1,19	1,12	0,98	0,94



Obr. 6: Porovnání časových řad úrovně prашného spadu z měřicích míst Most-VUHU, Kopisty, Lom, Milešovka a průměrných hodnot z měřicích míst v blízkém okolí Mosteckého jezera v období červen 2011 až prosinec 2014.

inverzní vrstva, pod kterou se kumulují znečišťující látky. Úroveň znečištění na Milešovce koresponduje s nízkou úrovní na horské stanici ČHMÚ Rudolice v Horách (viz obrázek č. 1 – stanice 9, 840 m n.m.). Lze předpokládat, že tyto stanice reprezentují pozadí a dálkový přenos znečištění.

V tabulce č. 1 jsou porovnány směrnice sezónních fluktuací, zjištěných metodou dvojité součtové čáry pro jednotlivá roční období let 2008-2014 z časových řad dat ze stanic Lom, Most, Kopisty, se směrnici dlouhodobého lineárního trendu křivek z obrázku č. 4. Referenční stanici byly Tušimice. Ve sloupci „Poměr směrnice sezonní DMC k celkové DMC“ jsou pro přehlednost buňky s hodnotami vyššími než 1 vybarveny oranžově a s hodnotami menšími než 1 vybarveny světle zeleně. Z tabulky je patrné, že hodnoty směrnice sezónních trendů kolísají kolem dlouhodobého lineárního trendu.

Z provedeného zhodnocení dlouhodobých trendů časových řad dat z testovaných stanic vyplývá, že po napuštění jezera nedošlo k výraznému skokovému ovlivnění imisní situace v jeho okolí.

Jak již bylo uvedeno, zvýšená úroveň prашného spadu je indikátorem přítomnosti blízkých zdrojů hrubších aerosolových částic. Lze předpokládat, že se jedná převážně o resuspenzi prachu. Na obrázku č. 6 jsou metodou jednoduché součtové čáry porovnány časové řady úrovně prашného spadu ve sledovaných lokalitách okolí jezera a Milešovky. Z grafu je zřejmé, že v Kopistech a v lokalitě jezera je, oproti ostatním sledovaným místům, v ovzduší zvýšená koncentrace hrubých částic.

2.2 Porovnání sezónní četnosti překračování imisního limitu pro 24hodinové koncentrace aerosolových částic PM_{10}

Klíčovým parametrem pro zhodnocení imisní situace v určité lokalitě je zjištění počtu překročení 24hodinového imisního limitu pro aerosolové částice PM_{10} ($50 \mu g \cdot m^{-3}$) [13]. Imisní situace v lokalitě Mosteckého jezera v letech 2008 až 2014 je zhodnocena v tabulce č. 2, na základě porovnání počtu překročení imisního limitu pro 24hodinové koncentrace aerosolových částic PM_{10} na jednotlivých hodnocených stanicích. Roční chod úrovně koncentrace aerosolových částic PM_{10} má výrazně sezónní charakter, který souvisí s častým výskytem zhoršených rozptylových podmínek a zvýšeným výkonem spalovacích zdrojů v zimním a podzimním období. Proto je tabulka rozčleněna po jednotlivých ročních obdobích. Pro jednotlivá roční období jsou uvedeny i počty dní s trvale nepříznivými nebo mírně nepříznivými rozptylovými podmínkami ve sloupci označeném TRP2 a počty dní s mírně nepříznivými rozptylovými podmínkami trvajícími pouze část dne ve sloupci označeném TRP1 [5]. Jednotlivá roční období byla volena podle meteorologického kalendáře, tj. jaro-březen, duben, květen; léto-červen, červenec, srpen; podzim-září, říjen, listopad; zima-prosinec (předcházejícího roku), leden, únor. Při porovnávání počtu překročení imisního limitu lze, s ohledem na vzdálenost od jezera, považovat v oblasti centrální části pánve lokalitu Lom za referenční (Lom ČHMÚ i Lom VÚHU cca 4 km). K pozorovatelnému snížení počtu překročení imisního limitu v Lomu v roce 2010 došlo pravděpodobně v důsledku ukončení zakládání na vnější výsypce Pokrok povrchového dolu Bílina. Pro porovnání s obdobnou, ale lépe provětrávanou, lokalitou je v tabulce uvedeno vyhodnocení testovaného

Tab 2: Porovnání počtu překročení imisního limitu pro 24hodinové koncentrace aerosolových částic na vybraných stanicích severočeského regionu.

Rok	Období	Tušimice	Chomutov	Most ČHMÚ	Most VÚHU	Kopisty	Lom ČHMÚ	Lom2 VÚHU	TRP2	TRP1
		ČHMÚ	ČHMÚ			VÚHU				
č. st. na mapě		1	2	3	4	5	6	7		
n.m. [m]		322	344	221	234+22	238	265	292		
2008	jaro	1	1	2	-	-	5	-	4	68
2009	jaro	8	5	7	-	-	19	17	2	61
2010	jaro	1	1	14	-	-	4	6	0	66
2011	jaro	11	11	27	-	-	13	15	4	68
2012	jaro	4	4	12	2	7	2	6	0	72
2013	jaro	5	7	12	0	7	8	8	5	52
2014	jaro	17	17	22	19	20	23	21	2	60
2008	léto	0	0	0	-	-	2	-	1	75
2009	léto	0	0	3	-	-	0	0	0	67
2010	léto	3	0	1	-	-	0	0	0	68
2011	léto	0	0	2	-	-	0	0	1	62
2012	léto	0	0	8	0	5	2	0	0	76
2013	léto	2	2	4	0	4	3	0	0	64
2014	léto	1	0	2	0	2	2	1	0	70
2008	podzim	3	7	11	-	-	25	-	28	45
2009	podzim	10	6	13	-	-	17	9	20	55
2010	podzim	9	8	13	-	-	7	14	16	48
2011	podzim	19	21	27	15	-	29	30	41	35
2012	podzim	10	12	18	11	24	18	18	23	49
2013	podzim	2	1	10	6	11	7	11	14	45
2014	podzim	7	19	12	10	35	18	7	23	55
2008	zima	16	22	27	-	-	33	-	35	38
2009	zima	16	16	22	-	-	23	14	27	36
2010	zima	31	35	28	-	-	40	52	38	27
2011	zima	35	38	47	-	-	43	48	43	25
2012	zima	14	9	17	6	14	13	21	10	38
2013	zima	18	24	33	21	27	31	36	30	37
2014	zima	15	19	27	24	24	31	31	43	36

parametru stanic Chomutov a Tušimice, které jsou situovány v západní části pánve.

V jarních obdobích 2010 až 2013 v Mostě, letním období 2012 v Mostě a Kopistech a v podzimním období 2012 v Kopistech došlo k anomálnímu zvýšení počtu překročení imisního limitu pro 24hodinové hodnoty koncentrace PM_{10} oproti ostatním porovnávaným stanovištím. Tato skutečnost upozornila na možnost ovlivňování okolní atmosféry hladinou jezera za určitých meteorologických podmínek.

K významnému zvýšení počtu překročení imisního limitu pro 24hodinové hodnoty koncentrace PM_{10} oproti okolí došlo i v posledním roce řešení, v podzimním období 2014 v Kopistech.

Toto anomální zvýšení úrovně znečištění v okolí jezera

v jarních a letních měsících let 2009, 2010 až 2012 bylo možné vysvětlit dvěma způsoby:

- jedná se o náhodnou shodu mezi stavem naplnění jezera a meziroční prostorovou fluktuací úrovně sezónního znečištění ovzduší v lokalitě,
- vodní plocha stabilizuje okolní atmosféru. Důsledkem může být za určitých meteorologických podmínek prodloužení doby denních, přechodně zhoršených, lokálních rozptylových podmínek a tím i zkrácení doby možného rozředění nakumulovaných znečišťujících látek. V tomto případě by se jednalo o relativně krátké časové intervaly, trvající během dne pouze několik hodin.

Z tohoto důvodu byla zvýšená pozornost věnována i krátkodobým hodnotám a jejich denním chodům. Potenciální možnost

ovlivnění imisní situace v lokalitách stanic Kopisty a Most byla detailně vyhodnocována i vzájemným porovnáváním průběhů jednotlivých denních epizod z let 2010 až 2014 na stanicích Lom, Lom 2, Tušimice, Chomutov, Kopisty a Most, při kterých došlo k překročení 24hodinového imisního limitu pouze na stanicích Kopisty a Most (76 případů). Porovnávány byly průběhy koncentrací PM_{10} , teplot, teplotního gradientu v Kopistech, směru a rychlosti větru, vlhkosti a intenzity slunečního záření. Významný vliv Mosteckého jezera na imisní situaci v lokalitách Most a Kopisty se však jednoznačně neprokázal. Lze předpokládat, že ve dnech, kdy jsou rozptylové podmínky zhoršené pouze po část dne, má na rozptylové podmínky v lokalitě centrální části podkrušnohorské pánve dominantní vliv anabatické (vzestupné) a katabatické (sestupné) proudění na jižních svazích Krušných hor.

3 Mapy s odborným obsahem

V rámci řešení projektu byl zpracován mapový soubor, který obsahuje mapy s vyhodnocením prostorového rozložení vybraných imisních parametrů, zjištěných na měřicích stanicích provozovaných v lokalitě centrální části podkrušnohorské pánve v období 2008 až 2014, tj. v době od počátku napouštění Mosteckého jezera v jednotlivých ročních obdobích (klimatologické dělení roku). Jedná se o stanice Most ČHMÚ (2008-2014), Lom ČHMÚ (2008-2014), Lom VÚHU (2009-2014), Most VÚHU (2012-2014), Kopisty VÚHU (2012-2014), Rudolice v Horách ČHMÚ (2008-2014) a Milešovka VUHU (2011/IIIQ.-2014). U každé stanice je uveden aritmetický průměr koncentrace aerosolových částic PM_{10} a k němu příslušný 90. percentil, počet překročení imisního limitu pro 24hodinové koncentrace a charakteristika rozptylových podmínek. Tento soubor představuje 28 map.

V dalším mapovém souboru je znázorněn příklad rozložení vybraných imisních parametrů během dne centrální části podkrušnohorské pánve. Soubor představuje 8 map, tj. v časech 0:00, 3:00, 6:00, 9:00, 12:00, 15:00, 18:00 a 21:00. Stanice jsou stejné jako v případě předešle uvedeného souboru map, mimo Milešovku a Rudolice v Horách. U každé stanice je uvedena hodinová hodnota koncentrace aerosolových částic PM_{10} , směr a rychlost větru, teplota a vlhkost, sluneční radiace. U stanice Kopisty VÚHU je uveden i výškový teplotní gradient. Mapové soubory jsou dostupné na stránce <http://vuhu.cz/vyzkum/jezero.pdf>.

4 Závěry

Při vyhodnocování vlivu jezera na imisní situaci v okolí byl hodnocen jednak dlouhodobý trend vývoje a jednak byly hodnoceny krátkodobé epizodní anomálie. Dlouhodobý trend ve vztahu zjištění, zda naplnění jezera zásadně ovlivnilo imisní situaci okolí, byl vyhodnocen na základě databází 24hodinových dat metodami DMC (dvojitá kumulativní křivka) a SMC (jednoduchá kumulativní křivka) s negativním výsledkem. Epizodní anomálie mezi stavem ovzduší v okolí jezera a stavem v regionu byly vyhodnoceny na základě zpracování databází hodinových hodnot. Použity byly statistické a grafické metody. Výsledky provedeného hodnocení nedokladovaly jednoznačně ovlivnění imisní situace v lokalitách stanic Kopisty a Most mikroklimatem Mosteckého jezera. Lze proto předpokládat, že vliv Mosteckého

jezera na rozptylové podmínky v lokalitách Most a Kopisty, a tím i na imisní situaci v těchto lokalitách, není významný.

V lokalitě centrální části podkrušnohorské pánve se plánují další jezera, která vzniknou zatopením zbytkových jam povrchových lomů. Tato jezera budou mít nepoměrně větší plochu, hloubku i objem vody než Mostecké jezero. Proto nelze problematiku změny mikroklimatu, a v důsledku toho vzniklých změn četnosti výskytu a doby trvání rozptylových podmínek, při zpracování technických projektů těchto staveb a dokumentace EIA, zanedbat. Lze i předpokládat, že kumulace vlivu těchto jezer změni mezoklima v centrální části podkrušnohorské pánve.

Na základě zhodnocení výsledků za celé období trvání výzkumného projektu, tj. 2011-2014, byly připraveny podklady pro zpracování komplexní metodiky kvantifikace ekologických dopadů hydrické rekultivace hnědouhelných lomů.

V rámci řešení projektu byl zpracován mapový soubor odborných map, zaměřených na porovnání prostorového rozložení vybraných imisních parametrů ovzduší ve vztahu k naplnění jezera, parametrům mikroklimatu a sezónnosti úrovně znečištění ovzduší aerosolovými částicemi PM_{10} .

Poděkování

Príspevek byl realizován s podporou projektu „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů“, č. TA01020592 Technologické agentury ČR.

Literatura

- [1] KRUŽÍKOVÁ, L.: Vývoj napouštění jezera Most. Sborník konference Jezera a mokřady ve zbytkových jamách po těžbě nerostů. Most, 04/2013, str. 63-89, ISBN 978-80-260-4172-6.
- [2] PALIVOVÝ KOMBINÁT ÚSTÍ, s. p. [online]. [cit. 2015-07-01]. Dostupné z: http://www.pku.cz/pku/site.php?location=5&type=napousteni_most
- [3] MAPY.CZ [online]. [cit. 2015-07-01]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/>
- [4] ÚSTAV FYZIKY ATMOSFÉRY AV ČR v. v. i. [online]. [cit. 2015-07-01]. Dostupné z: <http://www.ufa.cas.cz/vetna-energie/vetna-mapa.html>
- [5] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV – ÚSTÍ NAD LABEM. [online]. [cit. 2015-07-01]. Dostupné z: <http://www.chmuul.org/?page=rozptylove-podminky>
- [6] VYSOUDIL, M.: Klasifikace místních klimatických efektů. Geografický časopis 61(2009) 3, Geografický ústav SAV, 2009, pp. 229-241, ISSN 0016-719.
- [7] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV [online]. [cit. 2015-07-01]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz>
- [8] Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší (legislativně zrušený)
- [9] PLACHÁ, H., JANATOVÁ, L., HRBEK, T.: Screeningová

a indikační měření v okolí Jezera Most v kontextu výsledků státní imisní sítě. Odborná zpráva, Český hydrometeorologický ústav pobočka Ústí n. L., OOČO, 11/2014, Ústí nad Labem.

[10] TEIXEIRA, J. L.: Statistical analysis of weather data sets 1. <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e01.htm> (listopad 2014).

[11] CRASLAW, D.: The openaur manual open-source tools

for analysing air pollution data. King's College London, version: 10th June 2014.

[12] KEDER, J.: Vyhodnocení meteorologických vztahů na měřicích bodech okolí Jezera Most ve vazbě na výsledky měření imisní sítě v období 2010-2014. Odborná zpráva, Český hydrometeorologický ústav, OOČO-OME, Praha, 11/2014, Praha.

[13] Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.