

Dílčí výsledky hodnocení úrovně prašnosti v okolí lokality jezera Most

Ing. Jan Brejcha

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., tř. Budovatelů 2830/3, Most; brejcha@vuhu.cz

Přijato: 31. 7. 2013, recenzováno: 22. a 26. 8. 2013

Abstrakt

Článek uvádí dílčí výsledky zhodnocení vývoje imisní situace z pohledu koncentrace aerosolových částic PM_{10} a úrovně prašného spadu v okolí lokality jezera Most, které bylo provedeno v rámci řešení komplexního projektu „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů“ č. TA 1020592. V jarních a letních měsících při naplnění jezera Most na kapacitu větší než cca 50 % konečného stavu bylo zjištěno anomální zvýšení úrovně znečištění v bližším okolí jezera do vzdálenosti cca 1,6 km oproti vzdálenějším místům. Detailní rozbor příčin tohoto lokálního jevu a míry jeho závislosti na významné změně místního klimatu budou náplní další části řešení s návazností na poznatky části projektu, která hodnotí mikroklima lokality.

Partial results of the assessment of the level of dust pollution in the vicinity of the Lake Most

The partial results of the evaluation of the development from the perspective of immission concentration of aerosol particles PM_{10} and the level of dust fallout around the site of the Lake Most, which was carried out in the frame of the complex project, "Effects of the hydric reclamation of open cast coal mines on microclimate, air quality, water and soil ecosystems" no TA 1020592. The anomalous increase in the levels of pollution in closer vicinity of the Lake to a distance of approximately 1.6 miles in comparison to far places was found in the spring and summer months when the amount of in the Lake Most reached the capacity greater than approximately 50% of the final state. A detailed analysis of the causes of this local phenomenon and the extent of its dependence on a significant change in the local climate will be further part of the project solution in relation with the knowledge of another part of the project, which evaluates the microclimate of the site.

Einzelergebnisse der Bewertung des Staubniveaus in der Umgebung des Sees Most

Der Artikel präsentiert Einzelergebnisse der Bewertung der Entwicklung von Immissionssituation hinsichtlich der Konzentration von Aerosolpartikeln PM_{10} und des Niveaus von Staubbiederschlag in der Umgebung der Lokalität des Sees Most, die im Rahmen der Lösung des komplexen Projektes „Auswirkungen auf das Mikroklima, die Luftqualität, Wasser- und Bodenökosysteme im Rahmen der Wasserrekultivierung von Braunkohle Tagebauen“ Nr. TA 1020592 vorgenommen wurde. In den Frühlings- und Sommermonaten bei der Füllung des Sees Most auf mehr als 50 % des Endzustandes wurde eine anomale Erhöhung der Verschmutzung in der nächsten Umgebung des Sees bis zu ca. 1,6 Km im Vergleich zu den ferner liegenden Stellen festgestellt. Eine detaillierte Ursachenanalyse dieser örtlichen Erscheinung und des Maßes der Abhängigkeit von der bedeutenden lokalen Klimaänderung wird zum Inhalt des weiteren Lösungsteiles und wird an die Erkenntnisse des Projektteiles anknüpfen, der das Mikroklima der Lokalität bewerten.

Klíčová slova: hydrická rekultivace, jezero Most, kvalita ovzduší, prašný spad, místní klima.

Keywords: hydric reclamation, Lake Most, fresh air quality, dust fallout, PM_{10} , local climate.

1 Úvod

Hodnocení kvality ovzduší v revitalizované lokalitě jezera Most je jednou ze součástí komplexního projektu „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů“ č. TA 1020592. Řešení projektu v oblasti kvality ovzduší je zaměřeno na posouzení významnosti změn stavu ovzduší okolí jezera, ke kterým dochází v důsledku změn místního klimatu zájmového území. Jezero Most je postupně napouštěno od 24. 10. 2008 [1]. Podrobná informace o projektu byla uvedena ve Zpravodaji Hnědé uhlí č. 1/2013 [2]. Nejvýznamnější složkou, která se podílí na znečištění ovzduší lokality, jsou aerosolové částice. Článek je zaměřen na vyhodnocení vývoje imisní situace z pohledu koncentrace aerosolových částic PM_{10} a úrovně prašného spadu. Vyhodnocení vývoje koncentrace PM_{10} vychází z dostupných dat měřících stanic ČHMÚ [3], ZÚ [3] a ORGREZ [4] z let 2008 až 2012. Od roku 2011 jsou do hodnocení zahrnuta data ze stanic VÚHU a.s. z měření prováděných v rámci řešení projektu.

Aerosolové částice (*Particulate Matter*) PM_{10} jsou částice, které projdou při odběru vzorku znečištěného vzduchu veli-kostně-selektivním vstupním odlučovacím zařízením, jež vykazuje pro aerodynamický průměr 10 μm odlučovací účinnost 50 %.

Prašný spad reprezentuje znečištění zemského povrchu sedimentací hrubé frakce prachových částic. Dominantní podíl prašného spadu představují částice větších rozměrů, které se šíří převážně mnohonásobnou resuspenzí (opětovné uvedení sedimentovaných částic do vzduchu). Jejich původ je především v povrchové prašnosti způsobené provozem na komunikacích, stavební činností a větrnou erozí ploch zbavených vegetačního krytu, případně při transportu materiálu i při dalších manipulačních činnostech, kde se prach obsažený v materiálech dostává do vzduchu. V období vegetace významně ovlivňuje úroveň prašného spadu i výskyt pylu. Lze předpokládat, že na zvýšení úrovně prašného spadu v letním a jarním období se zejména na ozeleněných plochách podílejí i částice pylu.



Obr. 1: Poloha lokality a rozmístění odběrových míst v okolí jezera Most.



Obr. 2a: Foto stojanu s držáky vzorkovnic pro odběr prашného spadu.



Obr. 2b: Detail držáků vzorkovnic.

2 Metody měření

Měření je směřováno na získání souboru dat pro hodnocení trendů vývoje kvality ovzduší v souvislosti s časovými a prostorovými změnami mikroklimatu.

Měření je prováděno v okolí jezera ve dvou zónách a na jednom referenčním stanovišti. První zónou je blízké okolí jezera. Druhou zónou je vzdálené okolí jezera. V první zóně je v blízkosti okraje jezera (50 až 150 m) rozmístěno přibližně v oktantech větrné růžice 8 stanovišť, kde se provádí odběr prашného spadu. Ve druhé zóně jsou umístěna 3 stanoviště – observatoř Kopisty, VÚHU-Most a SIAD-Braňany. Vzhledem k tomu, že během ře-

šení bylo na stanovišti SIAD-Braňany zjištěno významné ovlivnění rozptylových podmínek místním klimatem dolu Bílina, které není charakteristické pro centrální část severočeské pánve, bylo měření přesunuto na stanoviště Lom. Referenční stanoviště je umístěno na Milešovce. Poloha lokality a měřicích míst včetně typů prováděných odběrů a měření je vyznačena na obrázku č. 1.

Na stanovištích druhé zóny a referenčním stanovišti se provádí odběry prашného spadu a kontinuální měření koncentrace prашného aerosolu frakce PM_{10} .

Měřicí zařízení je na stanovišti Most-VÚHU umístěno v přístavku na střeše sídelní budovy VÚHU a.s. ve výšce cca 20 m nad okolním terénem z důvodu eliminace vlivu blízkých lokálních zdrojů (doprava a resuspenze prachu z přízemní vrstvy).

Na stanovištích observatoř Kopisty a SIAD-Braňany jsou měřicí zařízení pro kontinuální měření umístěna v izotermických kontejnerech. Referenční stanoviště je umístěno v objektu meteorologické observatoře Milešovka v nadmořské výšce 836 m.

Prašný spad je stanovován sedimentací do otevřených nádob s následným gravimetrickým vyhodnocením diferenčním vážením. Stojan s držáky vzorkovnic pro stanovení prашného spadu je na obrázku č. 2a a 2b. Držáky vzorkovnic jsou opatřeny ochranou proti usedání ptactva (viz obrázek č. 2b). Expozice vzorkovnic trvá zpravidla 28 dní.

Pasivní odběry vzorků byly zahájeny koncem června 2011. Kontinuální měření pak bylo na jednotlivých stanovištích postupně zahajováno v období od června do listopadu 2011 [5,6,7].

Kontinuální měření koncentrací aerosolových částic je realizováno beta-prachoměry FH62IR. Hlavičky pro odběr PM_{10} je v souladu s ČSN EN 12341 [8]. Před instalací přístrojů pro kontinuální měření bylo provedeno jejich servisní seřízení, kalibrace a metrologické navázání. Na stanovištích jsou měřicí systémy umístěny v krytých, uzavřených prostorech. Na stanovištích Braňany a Kopisty jsou to izotermické kontejnery, na stanovišti Most uzavřené místnosti ve střešním přístřešku budovy VÚHU a.s. a na Milešovce termicky izolovaná skříň. Na obrázku č. 3 je uvedeno foto měřicí stanice na Milešovce.



Obr. 3: Stanoviště pro kontinuální měření PM_{10} na Milešovce.

3 Výsledky měření

Přehled výsledků provedených měření představuje rozsáhlou tabulkovou a grafickou databázi. Vzhledem k omezenému prostoru jsou zde uvedeny příklady prezentace a hodnocení úrovně koncentrací PM_{10} a depozice prašného spadu.

V grafu č. 1 jsou uvedeny průběhy denních hodnot kontinuálního měření aerosolových částic PM_{10} . Barevnými kosočtverci je v grafu vyznačen i charakter regionálních rozptylových podmínek [9] (TRP 0 – dobré rozptylové podmínky po celý den, TRP 1 – mírně nepříznivé rozptylové podmínky po část dne, TRP 2 – mírně nepříznivé nebo nepříznivé rozptylové podmínky po celý den).

Z grafu č. 1 je zřejmá sezónní závislost výsledků. K významnému zvýšení koncentrací v podzimním a zimním období dochází převážně v době zhoršených rozptylových podmínek při inverzním zvrstvení. Z obrázku je patrné, že výška inverzní vrstvy v listopadu a prosinci 2012 byla převážně nižší než vrchol Milešovky a k významnému zvýšení úrovně koncentrace PM_{10} zde proto nedošlo.

V grafu č. 2 jsou v box plot diagramu porovnány průměrné úrovně prašného spadu z období od června 2011 do prosince 2012 za celé měření (v grafu – „C“), za léto (v grafu – „L“, měsíce: červen, červenec a srpen) a za zimu (v grafu – „Z“, měsíce: leden, únor, listopad a prosinec). Doba integrace jednotlivých hodnot je 28 dní. Výsledky ze zóny blízkého okolí jezera jsou prezentovány jako průměry z měřicích míst Jezero1 až Jezero8. Vertikální úsečky vymezují v grafu oblast, ve které je 90 % hodnot (percentily 5 % a 95 %).

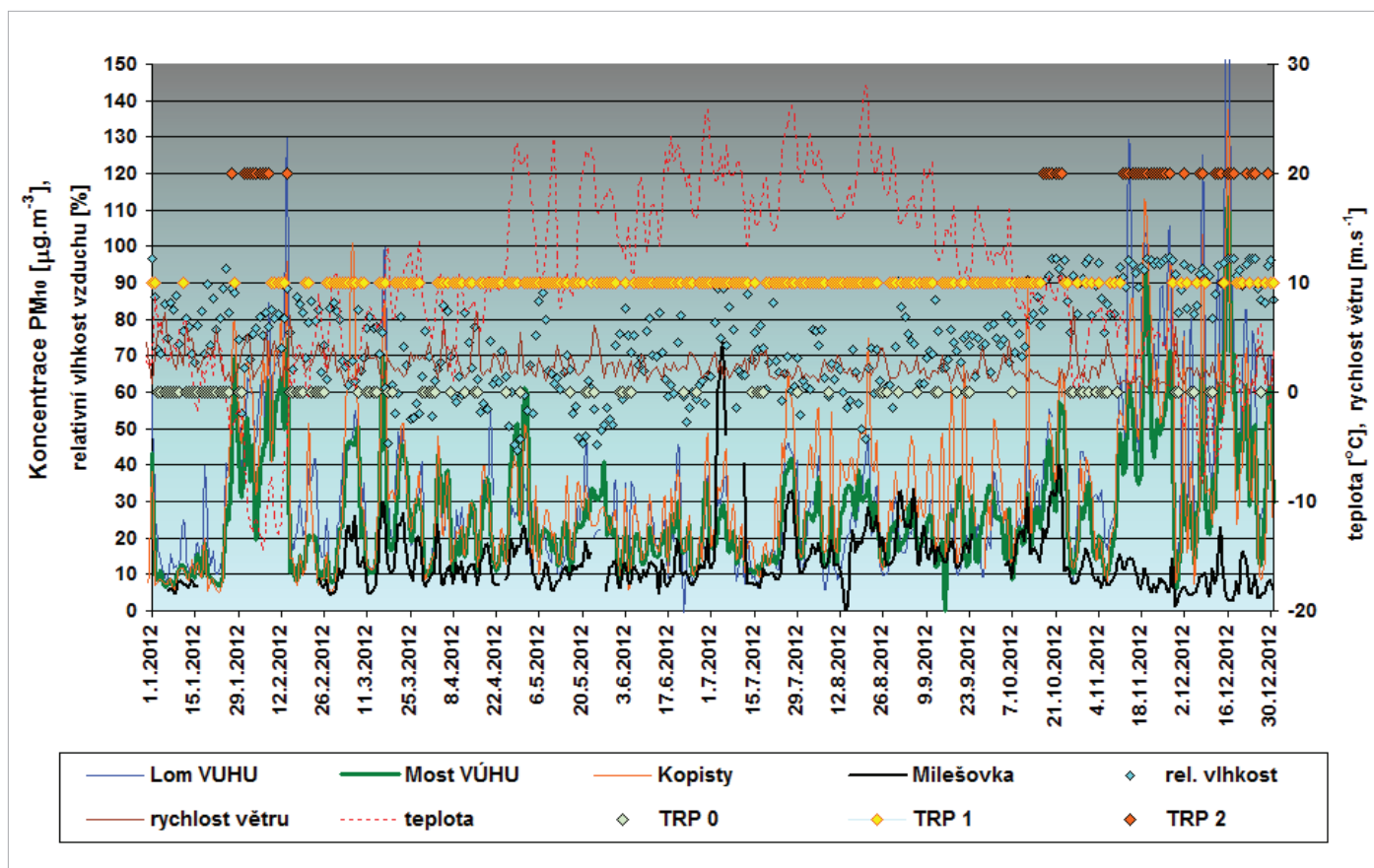
Významné sezónní rozdíly úrovně prašného spadu lze pozorovat na všech hodnocených místech. V letních měsících zvyšuje úroveň prašného spadu resuspenze prachu, případné nálety pylu z okolní vegetace a v zóně blízkého okolí jezera i udržovací práce na rekultivovaných plochách.

V grafu č. 3 jsou porovnány průběh depozice prašného spadu (v legendě grafu označeno jako „PS“) a průměrných 28denních hodnot koncentrací PM_{10} (v legendě grafu označeno jako „ PM_{10} “) z doby odběru jednotlivých vzorků prašného spadu ze stanoviště Kopisty. Sezónní trendy průběhu obou porovnávaných veličin odpovídají charakteristickým průběhům ve volné krajině. Hodnoty prašného spadu mají maxima v letním období v důsledku zvýšené resuspenze prachu a výskytu pylů. Koncentrace PM_{10} mají maxima v zimním období v důsledku zvýšeného výkonu spalovacích zdrojů a častému výskytu zhoršených rozptylových podmínek.

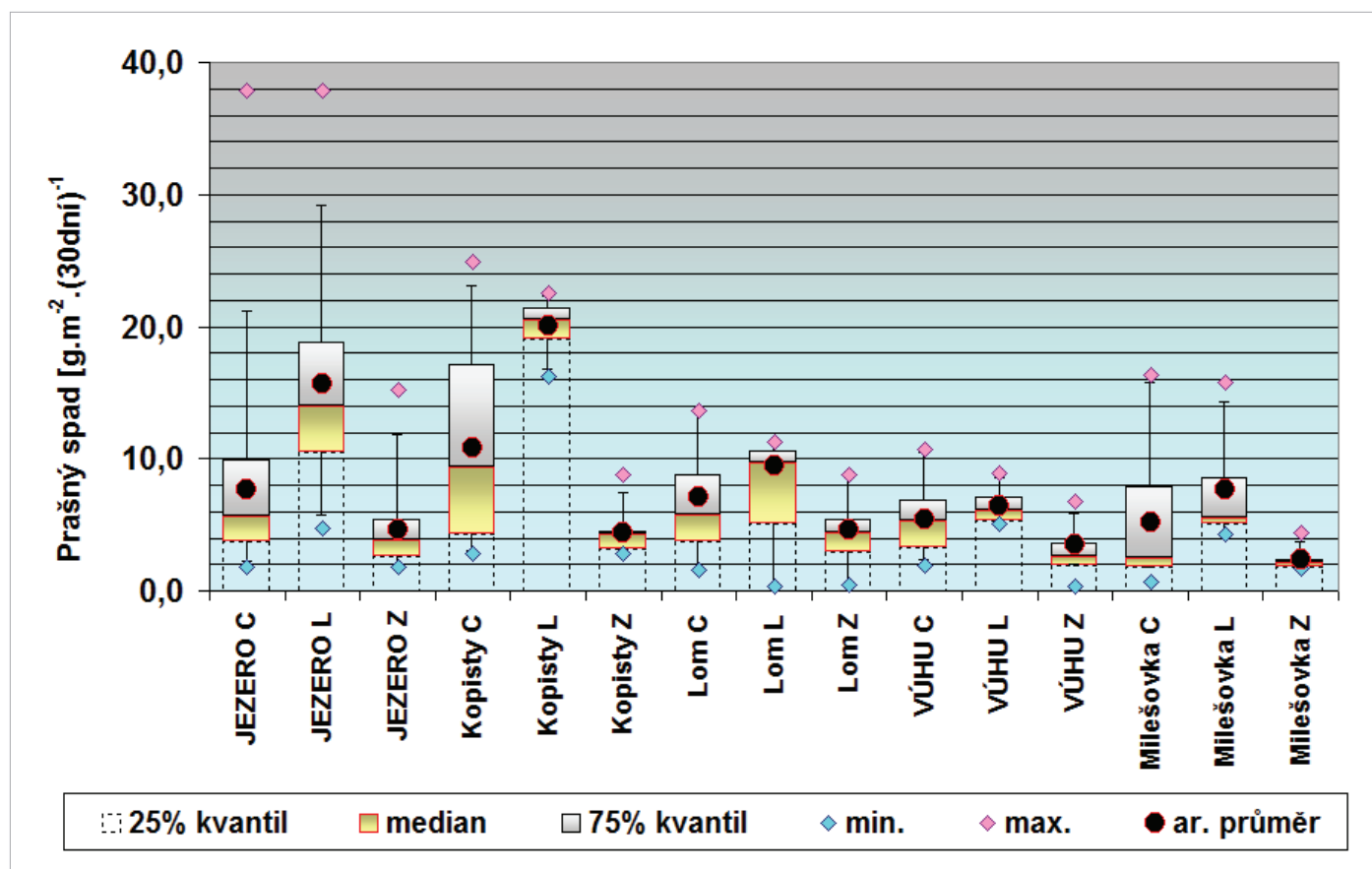
Z grafů č. 1 až 3 je zřejmý sezónní charakter znečištění aerosolovými částicemi a významný vliv rozptylových podmínek na úroveň koncentrace PM_{10} .

4 Hodnocení vlivu naplnění jezera na imisní situaci okolí

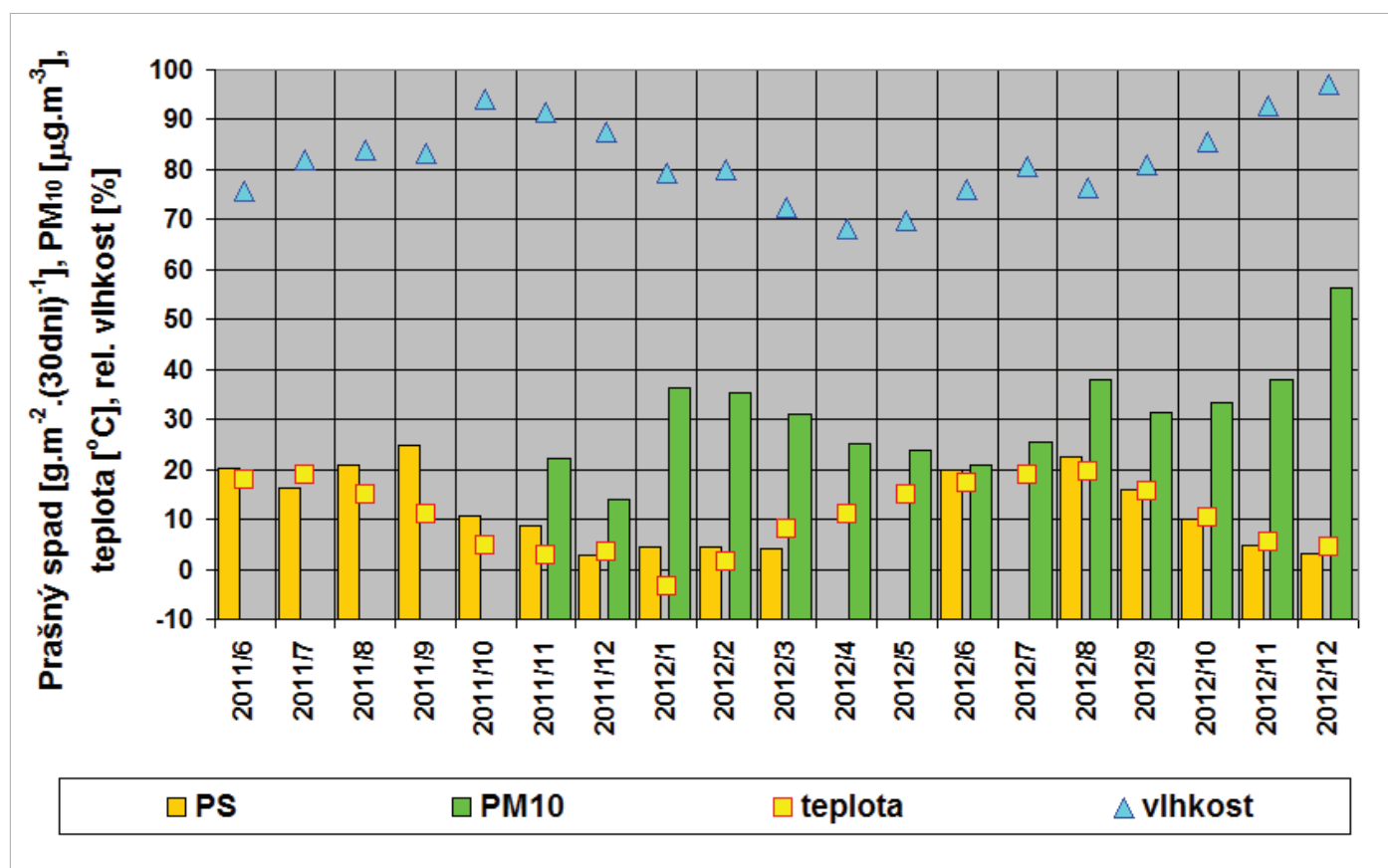
Kvalitu ovzduší obecně ovlivňují dva faktory, kterými jsou množství emisí znečišťujících látek a rozptylové podmínky. Na znečištění ovzduší v regionu se podílí převážně spalovací zdroje. V jednotlivých obdobích lze považovat emise znečišťujících látek meziročně za přibližně vyrovnanou. Významný vliv na imisní situaci má proto v jednotlivých kalendářních letech četnost výskytu zhoršených rozptylových podmínek. Před vlastním



Graf 1: Průběhy denních hodnot kontinuálního měření aerosolových částic PM_{10}



Graf 2: Porovnání průměrné úrovně prašného spadu od června 2011 do prosince 2012 a průměrné letní a zimní úrovně prašného spadu.



Graf 3: Porovnání průběhu depozice prašného spadu a koncentrací PM_{10} z lokality Kopisty.

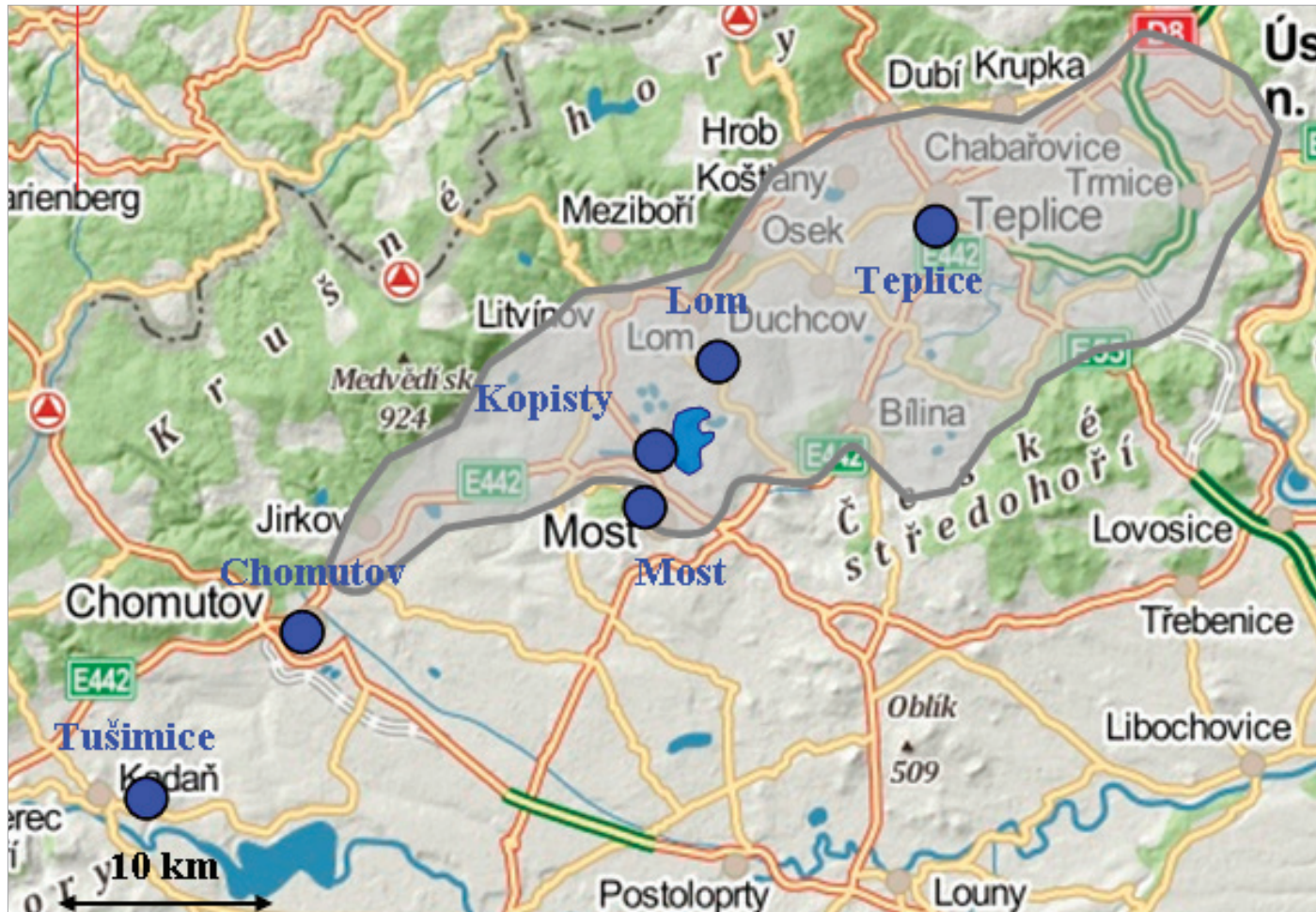
vyhodnocením dopadů naplnění jezera na imisní situaci okolí je nutné popsat podmínky, vlivy a procesy, které významně ovlivňují zhoršení rozptylových podmínek a dobu jejich trvání v lokalitě.

Jezero Most je položeno v poměrně nedokonale provětrávané centrální části severočeské pánve. Je obklopeno řadou významných zdrojů, např. Elektrárna Ledvice, Teplárna Komořany, Unipetrol RPA, skládka odpadů Celio. Nedokonalé provětrávání lokality souvisí s uzavřením prostoru centrální části pánve mezi Krušnými horami a Českým středohořím. V období od října do února následujícího roku dochází v centrální části severočeské pánve (východní část okresu Most a západní část okresu Teplice) k častým několikanásobným zhoršením rozptylových podmínek při vzniku teplotní inverze. Důsledkem je významné zvýšení úrovně koncentrace PM_{10} . Obvyklá je i vyšší úroveň koncentrací PM_{10} ve srovnání s lokalitami položenými mimo centrální oblast pánve. Lokálně mají významný vliv i malé zdroje, jako je individuální vytápění tuhými palivy, a zejména v centrech městských aglomerací i automobilová doprava.

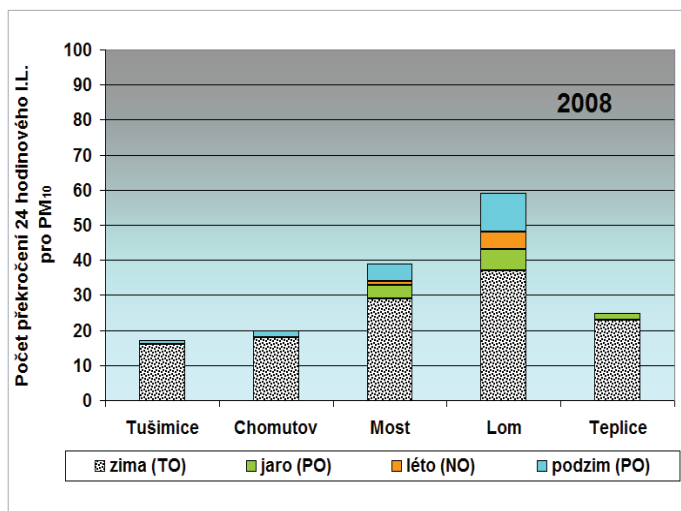
Rozptylové podmínky podmiňují promíchávání a ředění emisí zdrojů a tím ovlivňují úroveň imisních koncentrací. V případě dobrých rozptylových podmínek se emise znečišťujících látek v důsledku mechanické a termické turbulence průběžně rozptylují horizontálně a vertikálně do velkého prostoru. Teplotní gradient je záporný (teplota se snižuje s výškou). V případě nepříznivých rozptylových podmínek (při vzniku teplotních

inverzí) je rozptyl emisí znečišťujících látek omezen výškou směšovací vrstvy, která souvisí s výškou vrstvy teplotní inverze. V inverzní vrstvě je kladný teplotní gradient (teplota se zvyšuje s výškou). Významně se na úrovni znečištění ovzduší podílí několikanásobné trvání nepříznivých rozptylových podmínek. K těmto stavům dochází převážně v zimním období. Po celý rok však běžně dochází ke zhoršení rozptylových podmínek na přechodnou dobu zejména v nočních a ranních hodinách v důsledku inverze teplotního zvrstvení vzniklého radiací (ochlazení dlouhodobým vyzařováním zemského povrchu v nočních hodinách). Tomu v těchto dnech odpovídají i denní chody koncentrací znečišťujících látek. V noci se mění výškový teplotní gradient do kladných hodnot, snižuje se rychlost větru a koncentrace znečišťujících látek v ovzduší se zvyšují. Ve dne, zejména při osvětlení sluncem, se výškový teplotní gradient vrací do záporných hodnot, zvyšuje se rychlost větru a znečišťující látky v ovzduší se postupně rozptylují do většího prostoru, čímž se snižuje jejich koncentrace [10].

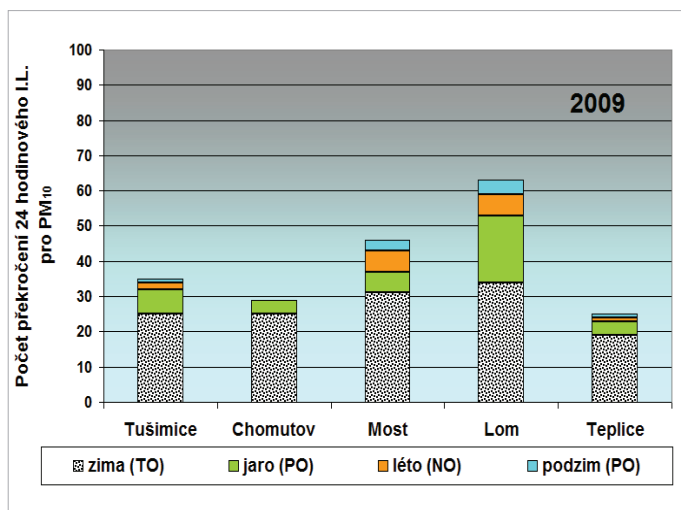
V závislosti na morfometrii zemského povrchu a na charakteru jeho pokryvu se vytváří místní klima, které se za určitých meteorologických podmínek může významněji lišit od okolního makroklimatu [11]. Lze předpokládat, že při změně charakteru povrchu v lokalitě jezera Most z těžební krajiny bez vegetace na vodní plochu s ozeleněným okolím, může být změna místního klimatu významně zřetelná.



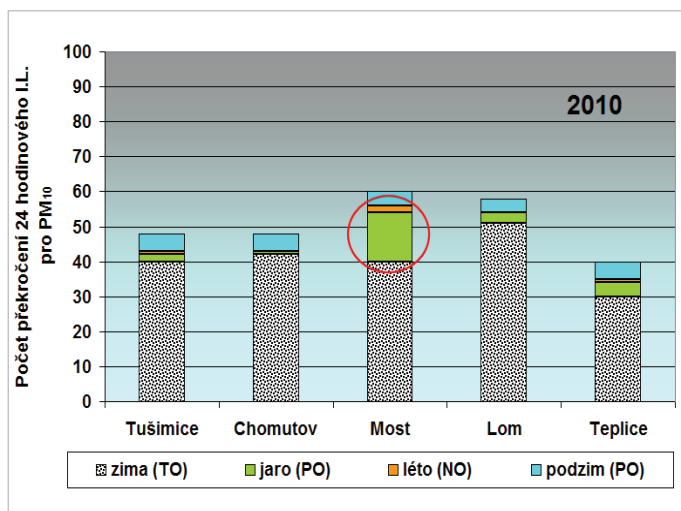
Obr. 4: Poloha porovnávaných stanovišť severočeské pánve.



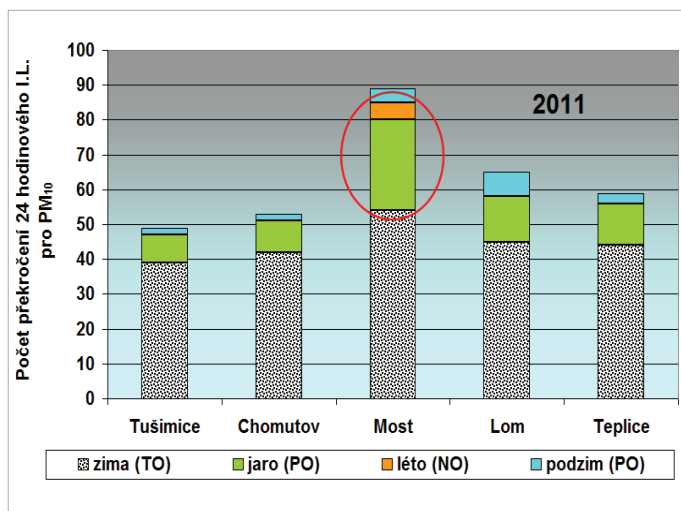
Obr. 5: Porovnání stavu naplnění jezera s počtem překročení 24hodinového imisního limitu pro PM_{10} na vybraných stanicích severočeské pánve v jednotlivých obdobích roku 2008 (snímek z 10/2008 – před zahájením řízeného napouštění, plocha hladiny 25 ha, objem vody 2 mil. m^3).



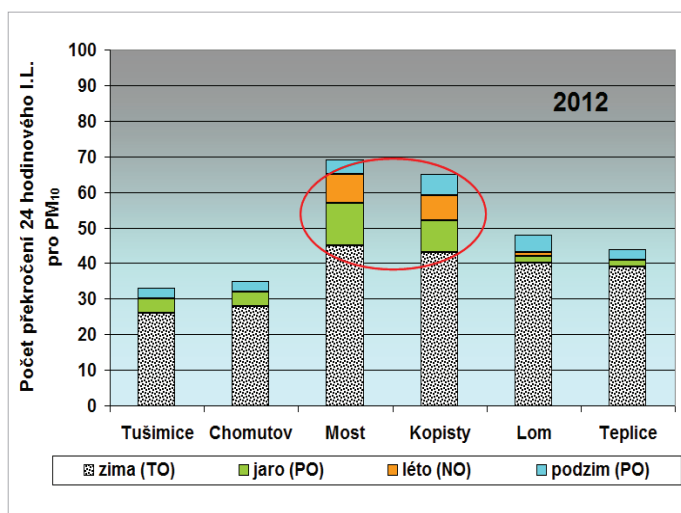
Obr. 6: Porovnání stavu naplnění jezera s počtem překročení 24hodinového imisního limitu pro PM_{10} na vybraných stanicích severočeské pánve v jednotlivých obdobích roku 2009 (snímek z 5/2009, plocha hladiny 84 ha, objem vody 15 mil. m^3).



Obr. 7: Porovnání stavu naplnění jezera s počtem překročení 24hodinového imisního limitu pro PM_{10} na vybraných stanicích severočeské pánve v jednotlivých obdobích roku 2010 (snímek z 5/2010, plocha hladiny 171 ha, objem vody 37 mil. m^3).



Obr. 8: Porovnání stavu naplnění jezera s počtem překročení 24hodinového imisního limitu pro PM_{10} na vybraných stanicích severočeské pánve v jednotlivých obdobích roku 2011 (snímek z 5/2011, plocha hladiny 255 ha, objem vody 58 mil. m^3).



Obr. 9: Porovnání stavu naplnění jezera s počtem překročení 24hodinového imisního limitu pro PM_{10} na vybraných stanicích severočeské pánve v jednotlivých obdobích roku 2012 (snímek z 5/2012, plocha hladiny 298 ha, objem vody 72 mil. m^3).

Na obrázcích č. 5 až 9 je porovnáván stav naplnění jezera s vývojem imisní situace na jezeru nejblížejších měřicích stanicích i s vývojem imisní situace na vybraných měřicích stanicích lokalizovaných v prostoru severočeské pánve. Grafy jsou doplněny obrázky stavu naplnění jezera [1]. Hodnotícím kritériem je počet překročení 24hodinového imisního limitu pro PM_{10} (50 $\mu g \cdot m^{-3}$) [12]. Stanice provozují ČHMÚ a ČEZ. Poloha stanovišť je vyznačena na obrázku č. 4. Prostor zhoršeného provětrávání je vymezen světle šedou barvou a ohraničen tmavě šedou čarou [13]. Data byla převzata z tabelárních ročenek uveřejněných na internetových stránkách ČHMÚ [3] a ČEZ [4].

Porovnávání je provedeno pro období:

- leden, únor, listopad a prosinec - označené jako „zima (TO)“ - topné období,
- červen, červenec a srpen - označené jako „léto (NO)“ - netopné období,
- přechodná období, tj. jarní měsíce (březen, duben, květen) - označené jako „jaro (PO)“ a podzimní měsíce (září a říjen) značené jako „podzim (PO)“.

Z obrázků je zřejmé, že v jarních a letních obdobích 2010, 2011 a 2012 na stanovištích v okolí jezera Most (stanice Most a ve 2012 i Kopisty) došlo oproti ostatním porovnávaným stanovištím k anomálnímu zvýšení počtu překročení imisního limitu pro 24hodinové hodnoty koncentrace PM_{10} .

5 Závěr

V letech 2010, 2011 a 2012, tj. v době, kdy již byla naplněna větší část jezera, bylo zjištěno, že v jarním a letním období došlo k anomálnímu zvýšení počtu překročení imisního limitu pro 24hodinové hodnoty koncentrace PM_{10} na stanovištích v okolí jezera Most (stanice Most – vzdálenost od okraje jezera 1,6 km a v roce 2012 i stanice Kopisty – vzdálenost od okraje jezera 1,2 km) oproti ostatním porovnávaným stanovištím v regionu. V letech 2008 a 2009, kdy byla napuštěna pouze malá část jezera, tento jev zjištěn nebyl.

Anomální zvýšení úrovně znečištění v okolí jezera v jarních a letních měsících v letech 2010 až 2012 lze vysvětlit dvěma způsoby:

- Jedná se o náhodnou korelaci 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 mezím případě lze předpokládat i vznik několikanásobného trvalého zhoršení rozptylových podmínek.

Je zřejmé, že zatím nelze jednoznačně vysvětlit vliv vývoje mikroklimatu na lokální imisní situaci. Objektivní vyhodnocení vyžaduje delší časovou řadu výsledků měření. Detailní rozbor příčin zvýšení úrovně znečištění v okolí jezera v jarních a letních měsících bude zaměřen na zjištění meteorologických podmínek a jejich denních průběhů (průběh a úroveň teploty, doba a intenzita slunečního záření, směr a rychlost větru, relativní vlhkost apod.), při kterých může k tomuto lokálnímu jevu docházet, a bude navazovat na poznatky části projektu, která hodnotí mikroklima lokality.

Poděkování

Tento výzkum je realizován v rámci projektu výzkumu a vývoje č. TA 1020592 "Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydričké rekultivace hnědouhelných lomů", který je podporován Technologickou agenturou České republiky.

Literatura

- [1] Palivový kombinát Ústí, s. p. [online]. Publikováno 31. 7. 2013 [cit. 2013-07-31]. Dostupné z: <<http://www.pku.cz/pku/site.php?location=1>>.
- [2] BREJCHA, J., VÁGNEROVÁ, M., VAIDIŠOVÁ, L.: *Vývoj kvality ovzduší v revitalizované lokalitě jezera Most*, Zpravodaj Hnědé uhlí, 1/2013, str. 27-33, ISSN 1213-1660, MK ČRE 11644.
- [3] ČHMÚ [online]. Publikováno 31. 7. 2013 [cit. 2013-07-31]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P1_0_Home>.
- [4] Skupina ČEZ [online]. Publikováno 31. 7. 2013 [cit. 2013-07-31]. Dostupné z: <<http://www.cez.cz/cs/odpovedna-firma/zivotni-prostredi/sledovani-parametru-pro-ochranu-ovzdusi/mereni-imisi.html>>.
- [5] BREJCHA, J.: *Stanovení vlivu jezera Most na kvalitu ovzduší v jeho okolí*. Výroční zpráva projektu č. TA 1020592 za rok 2012, VÚHU a.s., Most, leden 2012.
- [6] BREJCHA, J.: *Air quality development in hydrological reclamation locality*, In Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection SGEM 2012: proceedings from 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, 17-23, June, 2012 Bulgaria, Albena, ISSN 1314-2704.
- [7] BREJCHA, J.: *Stanovení vlivu jezera Most na kvalitu ovzduší v jeho okolí*, Průběžná zpráva za rok 2012 projektu č. TA 1020592, VÚHU a.s., Most, 2013.
- [8] ČSN EN 12341 Kvalita ovzduší - Stanovení frakce PM₁₀ aerosolových částic - Referenční metoda a postup při terénní zkoušce ověření požadované těsnosti shody mezi výsledky hodnocené a referenční metody.
- [9] ČHMÚ - Ústí nad Labem [online]. Publikováno 31. 7. 2013 [cit. 2013-07-31]. Dostupné z: <<http://www.chmuul.org/?page=rozptylove-podminky>>.
- [10] PAVLICOVÁ, I.: *Teplotní inverze v oblasti Ostravské průmyslové aglomerace*. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Brno, 2007.
- [11] VYSOUDIL, M.: *Klasifikace místních klimatických efektů*. Geografický časopis 61 (2009) 3, Geografický ústav SAV, str. 229-241, 2009, ISSN 0016-7193.
- [12] Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.
- [13] Ústav fyziky atmosféry AV ČR v. v. i. [online]. Publikováno 31. 7. 2013 [cit. 2013-07-31]. Dostupné z: <<http://www.ufa.cas.cz/struktura-ustavu/oddeleni-meteorologie/projekty-egp/vetrna-energie/vetrna-mapa.html>>.