

Vývoj rozptylových podmínek v Mostecké pánvi v období 1997 až 2018

Ing. Jan Brejcha

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

Přijato: 31. 10. 2019, recenzováno: 23. a 29. 10. 2019

Abstrakt

V článku jsou obecně charakterizovány rozptylové podmínky. Byly definovány tři charakteristické scénáře denních průběhů rozptylových podmínek a vyhodnocena četnost a sezónnost jejich výskytu v Mostecké pánvi. Popsán je i mechanismus vzniku denních chodů rozptylových podmínek. Graficky jsou v článku porovnány denní chody venkovních teplot ve výšce 2 a 20 m nad úrovní terénu s průběhem koncentrace aerosolových částic PM_{10} . Pozornost je zaměřena zejména na situace, kdy se nepříznivé rozptylové podmínky vyskytují pouze po část dne. Graficky jsou zde porovnány průběhy denních hodnot koncentrace aerosolových částic PM_{10} na vybraných stanicích Mostecké pánve v roce 2018 s výskytem charakteristických scénářů denních rozptylových podmínek.

Development of dispersion conditions in the Most Basin in the period of 1997 to 2018

The article generally characterizes dispersive conditions. Three characteristic scenarios of daily dispersive conditions were defined. The frequency and seasonality of their occurrence in the Most Basin were evaluated. The mechanism of the formation of daily progress of dispersive conditions is described as well. The focus is mainly dedicated to situations where unfavourable dispersive conditions occur only within a part of the day. The daily values of concentrations of the PM_{10} aerosol particles at selected stations of the Most Basin in 2018 were compared with the occurrence of characteristic scenarios of daily dispersive conditions.

Die Entwicklung der Zerstreuungsbedingungen im Moster Becken in Zeitraum 1997 bis 2018

Im Artikel werden die Zerstreuungsbedingungen allgemein charakterisiert. Es wurden drei charakteristische Szenarien der Tagesverläufe von Zerstreuungsbedingungen definiert und die Häufigkeit und Saisonmäßigkeit derer Vorkommen im Moster Becken bewertet. Auch der Mechanismus der Entstehung von Tagesgängen der Zerstreuungsbedingungen wird beschrieben. Grafisch werden im Artikel die Tagesgänge der Außenraumtemperaturen in Höhe von 2 und 20 m über dem Terrainniveau mit dem Verlauf der Konzentration von Aerosolpartikeln PM_{10} verglichen. Die Aufmerksamkeit wird insbesondere auf die Situationen gerichtet, wann die ungünstigen Zerstreuungsbedingungen lediglich während eines Abschnittes des Tages auftreten. Grafisch werden hier die Verläufe von Tageswerten der Konzentrationen von Aerosolpartikeln PM_{10} auf den ausgewählten Stationen im Moster Becken im Jahr 2018 mit dem Vorkommen der charakteristischen Szenarien der Tageszerstreuungsbedingungen verglichen.

Klíčová slova: rozptylové podmínky, Mostecká pánev, teplotní gradient.

Keywords: dispersive conditions, Most Basin, temperature gradient.

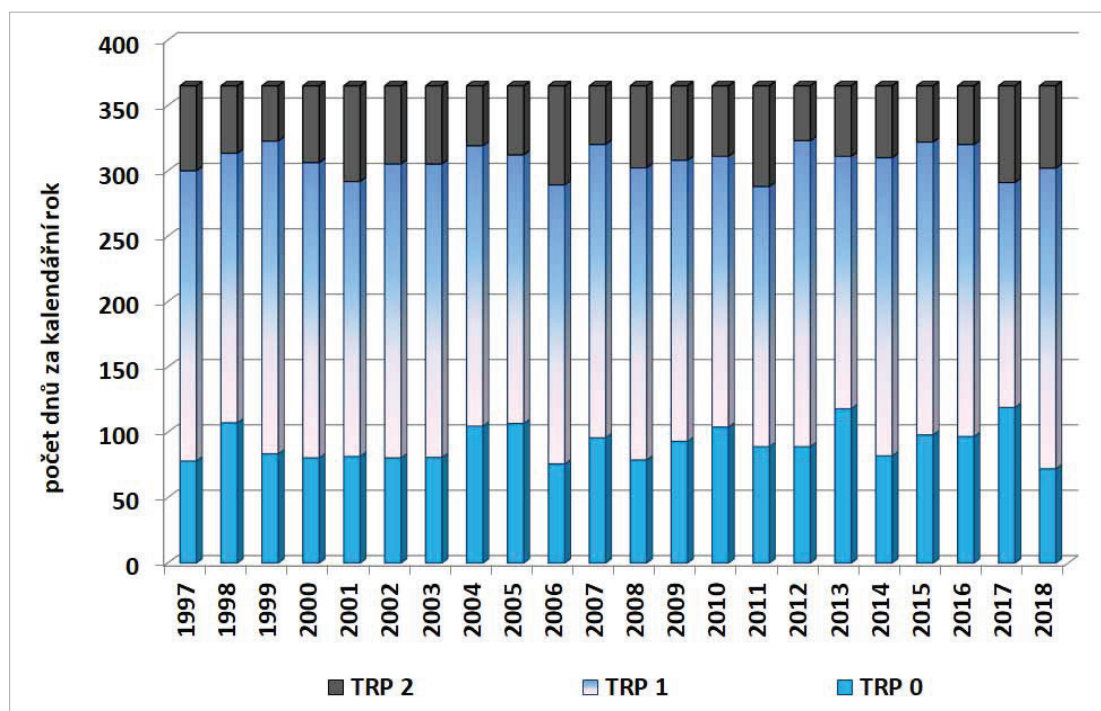
1 Úvod

Kvalitu ovzduší obecně ovlivňují dva faktory, kterými jsou intenzita emisí znečišťujících látek a rozptylové podmínky. Na znečištění ovzduší v Mostecké pánvi 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 nepříznivých rozptylových podmínek. Na častém výskytu zhoršených rozptylových podmínek v Mostecké pánvi se podílí i orografie lokality. V článku jsou shrnuty poznatky o rozptylových podmínkách v lokalitě Mostecké pánve, získané při řešení projektu TA0102592 Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů, podporovaného Technologickou agenturou ČR (2010-2014), které byly použity jako jeden z podkladů při hodnocení vlivu hydrické rekultivace na okolní životní prostředí. Soubor hodnocených dat byl aktualizován do r. 2018.

2 Charakteristika rozptylových podmínek

Rozptylové podmínky podmiňují promíchávání a ředění emisí zdrojů, a tím ovlivňují úroveň imisních koncentrací. Rozptylové podmínky jsou určeny stavem meteorologických prvků a veličin, které rozhodujícím způsobem ovlivňují přenos a rozptyl znečišťujících látek v ovzduší. Jedná se zejména o rychlost větru, teplotní zvrstvení atmosféry (průběh teploty s výškou). Rozptylové podmínky lze podle teplotního zvrstvení atmosféry a rychlosti větru rozdělit do tří charakteristických skupin [1]:

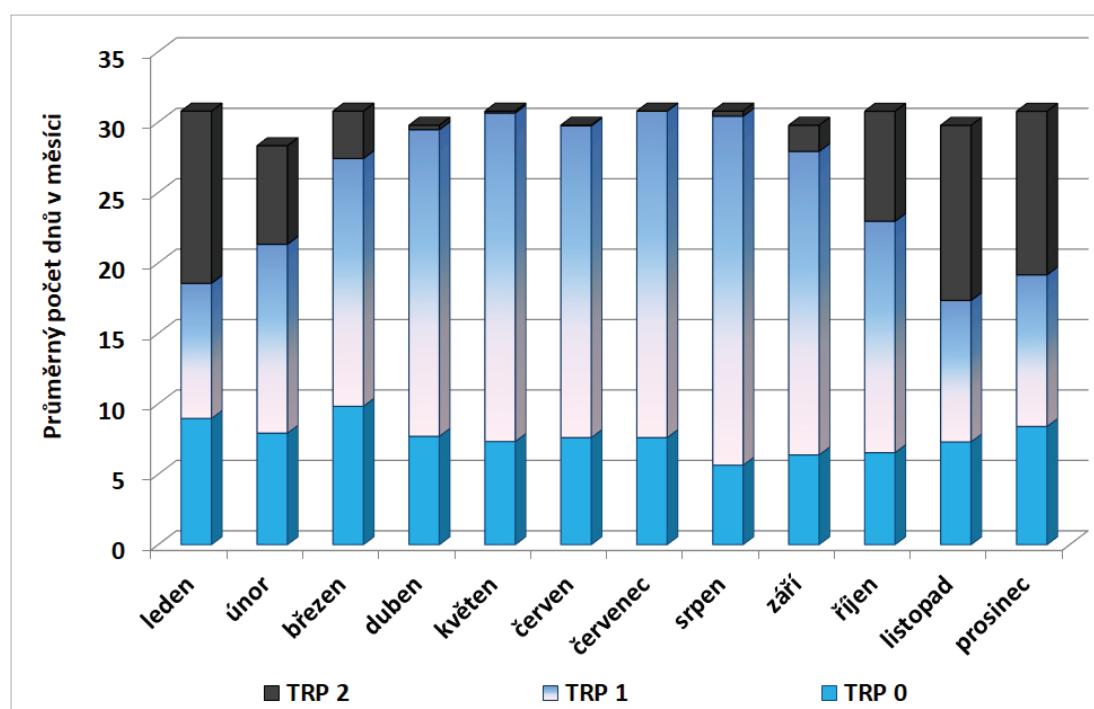
- dobré rozptylové podmínky - ve výšce do 1 000-1 500 m nad terénem se nevyskytuje zádržná vrstva, která by omezovala rozptyl škodlivin,
- nepříznivé rozptylové podmínky - stav, kdy rozptyl příměsí v atmosféře je téměř znemožněn a který v oblasti se zdroji znečištění dává předpoklad k déle trvajícímu významnému překročení imisních limitů; tento stav rozptylových podmínek nastává, když je mohutná zádržná vrstva ve výšce do 1 000 m nad terénem v kombinaci se slabým nebo žádným prouděním,



Obr. 1: Porovnání výskytu charakteristických denních scénářů regionálních rozptylových podmínek v Ústeckém kraji v jednotlivých letech období let 1997 až 2018.

Tab. 1: Průměrné počty výskytu tříd rozptylových podmínek v období leden 1997 až 2018 v Ústeckém kraji.

Počet dnů	TRP 0	TRP 1	TRP 2
průměrný (1997 – 2018)	91	215	57
minimální (za rok)	72	172	41
maximální (za rok)	119	234	77



Obr. 2: Porovnání průměrného výskytu charakteristických denních scénářů regionálních rozptylových podmínek v Ústeckém kraji v jednotlivých měsících v období leden 1997 až prosinec 2018.

- mírně nepříznivé rozptylové podmínky - vyskytuje se zádržná vrstva, která v závislosti na rychlosti větru pod svou hranicí omezuje možnost rozptylu škodlivin, ale nesplňuje parametry nepříznivých, ani dobrých rozptylových podmínek.

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 v tomto případě záporný (teplota se snižuje s výškou). Za těchto podmínek jsou koncentrace znečišťujících látek v atmosféře převážně nízké. V případě nepříznivých rozptylových podmínek (při vzniku teplotních inverzí) je rozptyl emise znečišťujících látek omezen výškou směšovací vrstvy, která souvisí s výškou vrstvy teplotní inverze. V inverzní vrstvě je teplotní gradient kladný (teplota se zvyšuje s výškou). Nepříznivé rozptylové podmínky, které trvají po celý den, případně nepřetržitě i několik dní, se významně podílejí na zvýšení úrovně znečištění ovzduší. Po celý rok však běžně dochází ke zhoršení rozptylových podmínek pouze v části dne.

3 Četnost výskytu rozptylových podmínek

Na obrázku č. 1 je porovnán výskyt charakteristických denních scénářů regionálních rozptylových podmínek v Ústeckém kraji v období let 1997 až 2018 [2,3]. Pro tento účel byly zvoleny tři třídy (TRP - třída rozptylových podmínek):

- TRP 0 – dobré rozptylové podmínky po celý den,
- TRP 1 – rozptylové podmínky po část dne dobré a po

zbytek dne mírně nepříznivé nebo nepříznivé rozptylové podmínky,

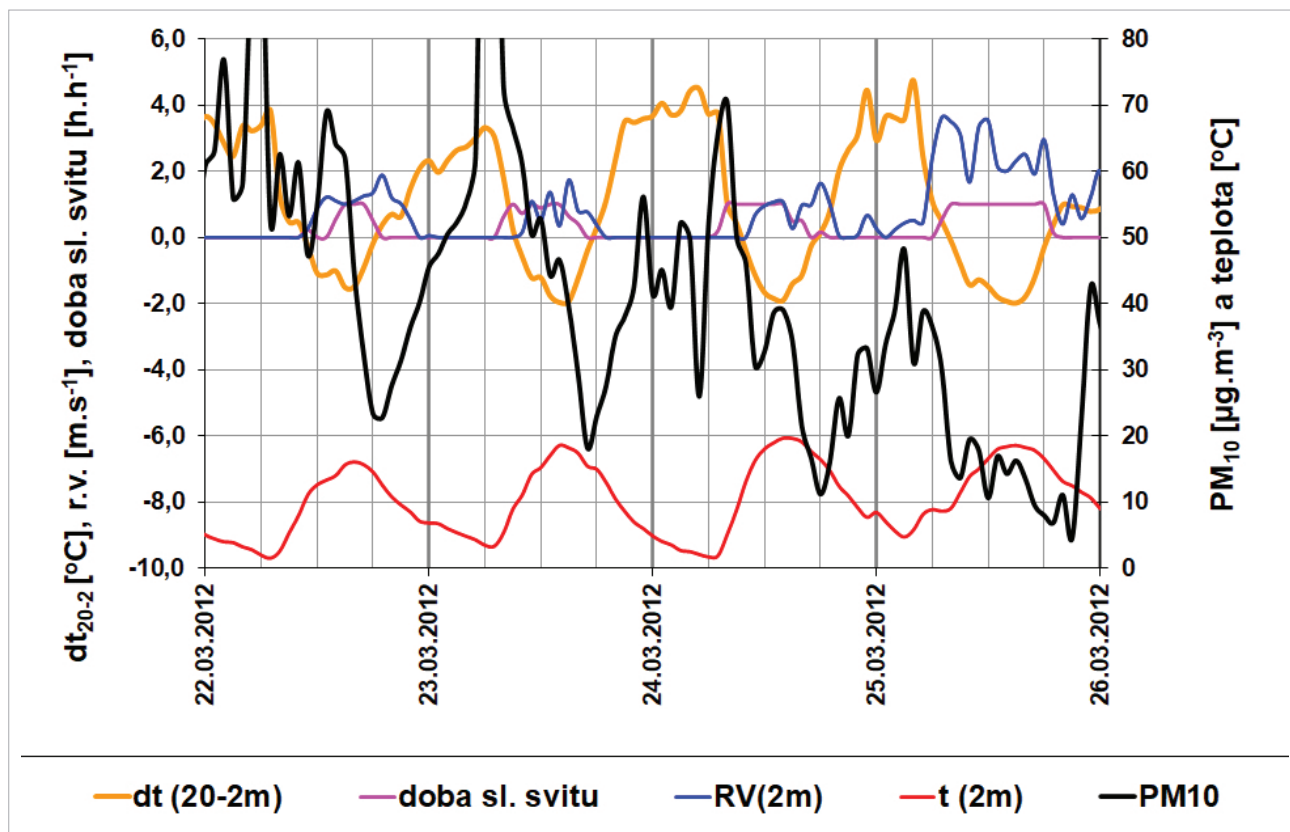
- TRP 2 – mírně nepříznivé nebo nepříznivé rozptylové podmínky po celý den.

Průměrné počty charakteristických denních scénářů regionálních rozptylových podmínek v období 1997 až 2018 v Ústeckém kraji jsou uvedeny v tabulce 1.

Na obrázku č. 2 je uvedeno porovnání průměrného výskytu charakteristických denních scénářů regionálních rozptylových podmínek v Ústeckém kraji v jednotlivých měsících v období leden 1997 až prosinec 2018.

Z obrázku č. 2 je zřejmé, že k celodennímu trvání nepříznivých rozptylových podmínek dochází převážně v zimním období. Po celý rok však dochází ke zhoršení rozptylových podmínek během jednotlivých dnů na přechodnou dobu, zejména v nočních a ranních hodinách v důsledku inverze teplotního zvrstvení vzniklého radiací (ochlazování dlouhovlnným vyzařováním zemského povrchu v nočních hodinách) [4]. Tomu v těchto dnech odpovídají i denní chody koncentrací znečišťujících látek.

Na obrázku č. 3 jsou uvedeny denní chody vybraných meteorologických veličin a koncentrace PM_{10} ze stanice Kopisty z období přechodně periodicky zhoršených rozptylových podmínek (22. 3. - 27. 3. 2012) [3]. Vybrány byly meteorologické parametry, které významně ovlivňují nebo odrážejí lokální rozptylové podmínky: rychlost větru ve 2 m v $m \cdot s^{-1}$ – RV 2m; teplota ve 2 m nad terénem ve $^{\circ}C$ – t+2m; teplotní gradient v přízemní vrstvě – rozdíl mezi teplotami ve 2 a 20 m



Obr. 3: Denní chody vybraných meteorologických veličin a PM_{10} při přechodně zhoršených rozptylových podmínkách.

ve °C – dt 20–2m a doba slunečního svitu v hodinách - sl. svit doba; koncentrace PM_{10} – PM_{10} . Doba integrace veličin je 1 hodina. Meteorologická data byla převzata z databáze výsledků měření observatoře Kopisty, kterou provozuje Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i.

Z pohledu dlouhodobého vývoje nelze pozorovat u hodnocených denních scénářů regionálních rozptylových podmínek výraznější klesající nebo vzrůstající trend. Z pohledu sezónnosti je v letním a jarním období významně čtenější výskyt třídy rozptylových podmínek trvajících pouze po část dne (TRP 1). Nepříznivé rozptylové podmínky trvající celý den (TRP 2) se vyskytují převážně v zimních a podzimních měsících. Dobré rozptylové podmínky trvající celý den (TRP 0) nevykazují významný sezónní trend.

4 Denní chody rozptylových podmínek

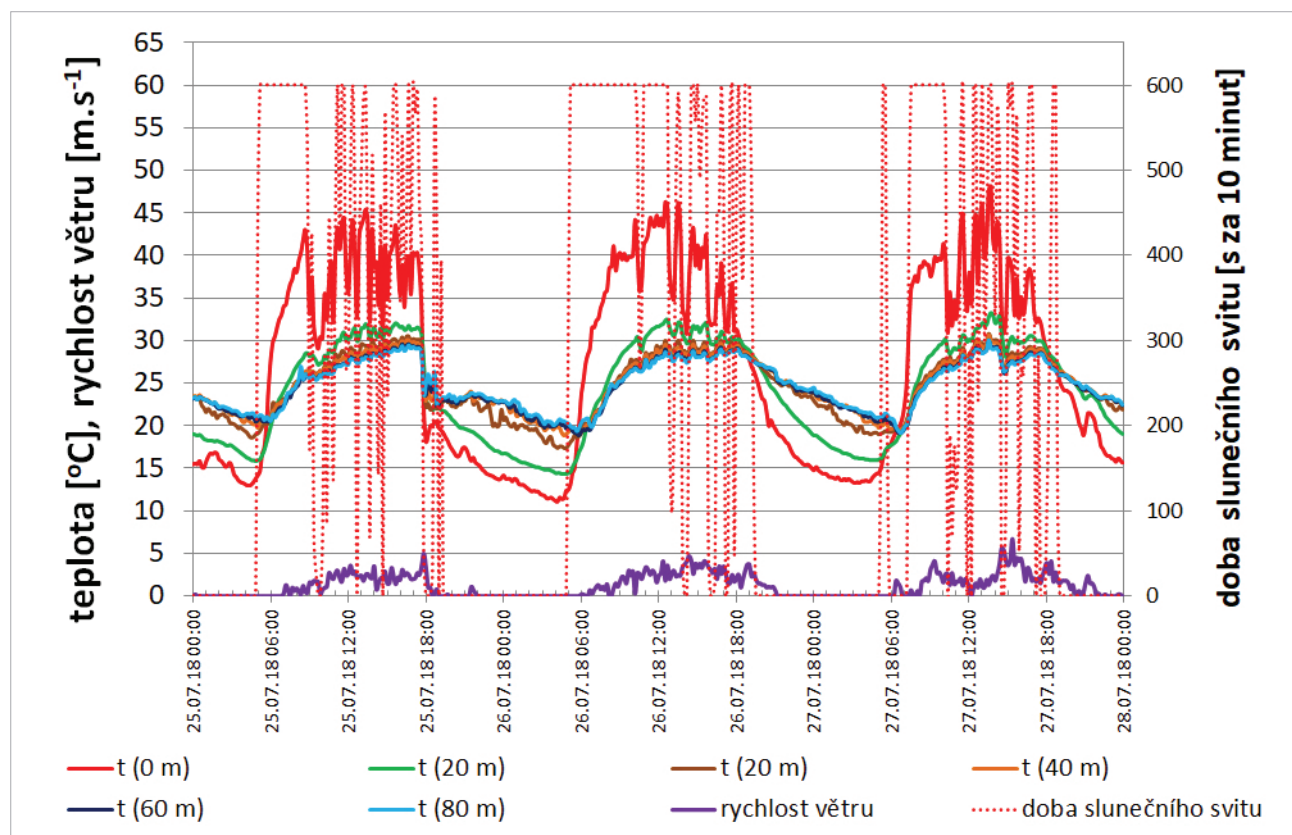
V případě nepříznivých nebo dobrých rozptylových podmínek trvajících celý den nedochází v souvislosti se změnou denních a nočních teplot ke změně charakteru rozptylu. V dalším textu je proto pozornost věnována pouze nejčtenějšímu dennímu průběhu rozptylových podmínek, kterým jsou mírně nepříznivé, případně nepříznivé rozptylové podmínky, trvající pouze po část dne. Zpravidla se vyskytují v nočních hodinách (v době mezi západem a východem slunce). Po východu slunce jsou vystřídány dobrými rozptylovými podmínkami. Na obrázku č. 4 je uveden reálný průběh teplot ve výškách 0 až 80 m nad povrchem a související doba slunečního svitu a rychlost větru.

Z obrázku č. 4 je patrné, že v nočních hodinách je gradient teplotního zvrstvení kladný, což způsobuje výraznou stabilitu atmosféry, jejímž důsledkem je kumulace znečišťujících látek v přízemní vrstvě. Při osvitě sluncem se chladný zemský povrch, který ochlazoval okolní vzduch, postupně ohřívá a gradient teplotního zvrstvení nabývá záporných hodnot. Lehčí vyhřátý vzduch stoupá z přízemní vrstvy vzhůru. Vzniklé proudění rozptyluje a ředí znečišťující látky z přízemní vrstvy. Po západu slunce se povrch začíná postupně ochlazovat a ochlazuje i okolní vzduch. Gradient teplotního zvrstvení nabývá opět kladných hodnot. Z obrázku č. 4 je zřejmá i poměrně významná závislost teploty zemského povrchu na intenzitě slunečního záření. V nočních hodinách se obvykle pod inverzní vrstvou kumulují znečišťující látky (viz obrázek č. 3). Po změně gradientu teplotního zvrstvení jsou znečišťující látky z přízemní vrstvy postupně vymývány. Pokles koncentrace znečišťujících látek je obvykle závislý na době trvání příznivých rozptylových podmínek.

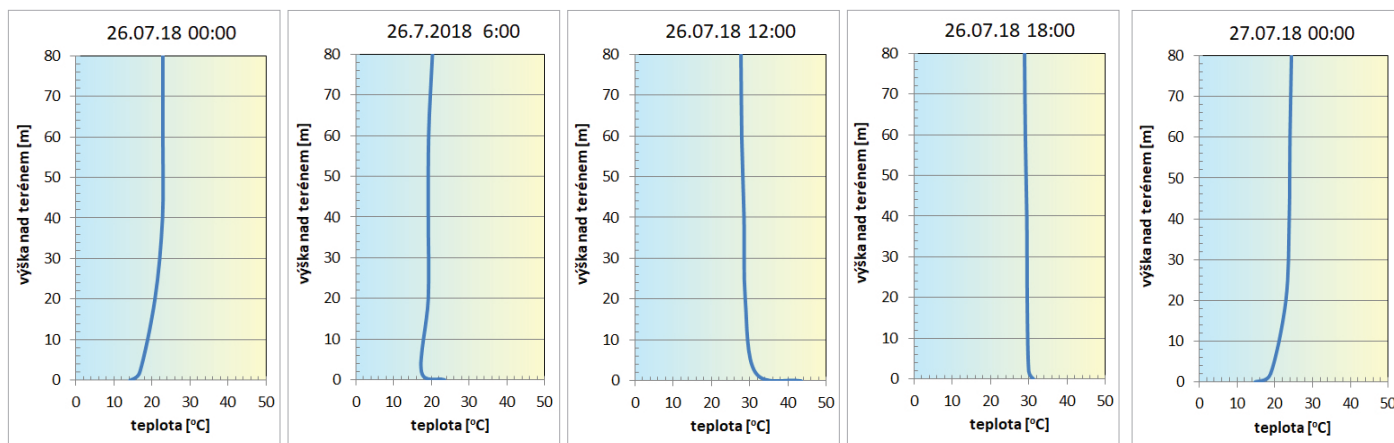
Na obrázku č. 5 je jako příklad uveden vývoj denního teplotního profilu do výšky 80 m nad zemským povrchem v létě 2018 při přechodně zhoršených rozptylových podmínkách dne 26. 7. 2018 v 0:00, 6:00, 12:00, 18:00 a 24:00 hod.

Z obrázku č. 5 je zřejmé, že k nejvýraznějšímu rozdílu teplot dochází mezi zemským povrchem a cca 20 m nad ním. Při přechodně zhoršených rozptylových podmínkách se často jedná o přízemní inverze s výškou do 20 až 40 m nad úrovní terénu.

Na ranních přízemních inverzích Mostecké pánve se podílí i orografie lokality. Nedokonalé provětrávání Mostecké pánve



Obr. 4: Průběh teplot ve výškách 0 až 80 m nad povrchem a související doba slunečního svitu a rychlost větru.



Obr. 5: 24hodinový vývoj denního teplotního profilu do výšky 80 m nad zemským

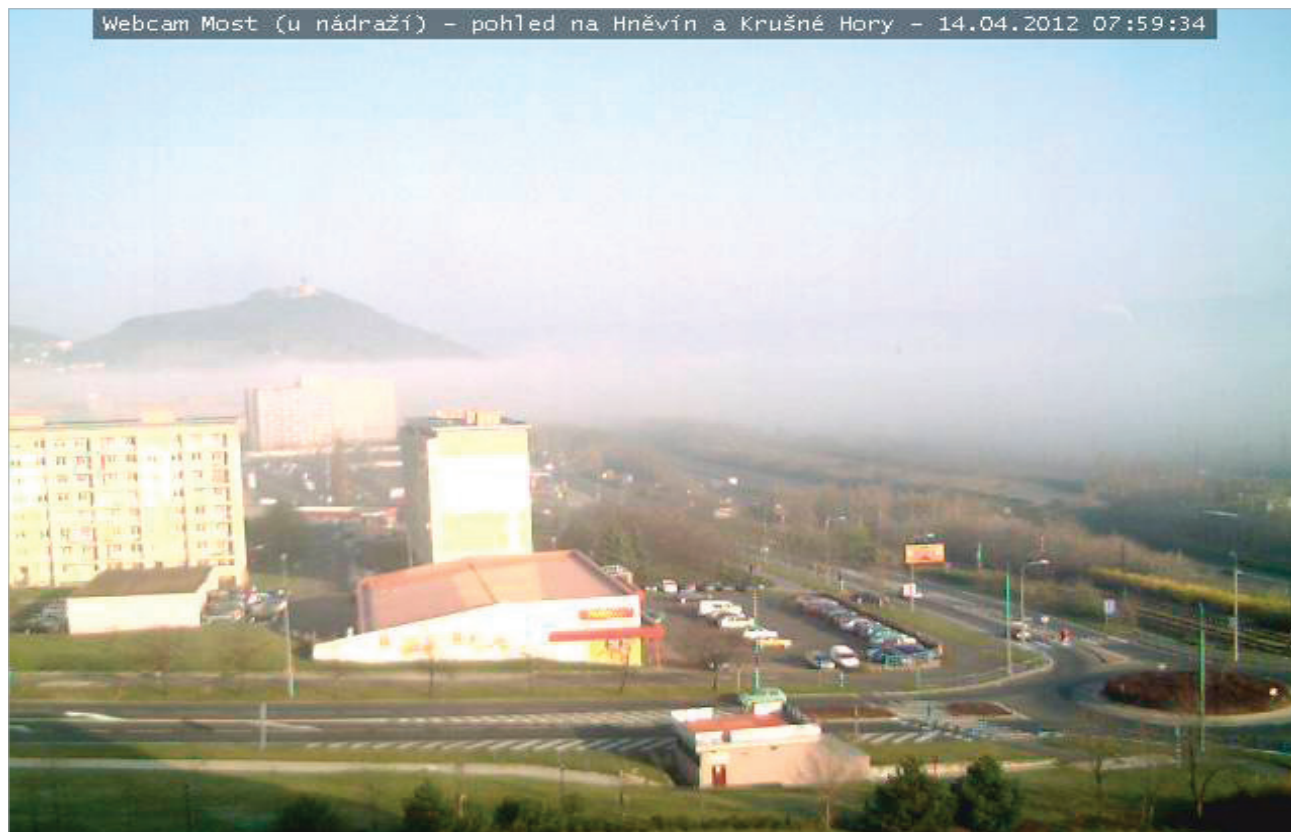
souvisí s uzavřením prostoru pánve mezi Krušnými horami a Českým středohořím. Centrální část Mostecké pánve má charakter příkopové propadliny. Nadmořská výška dna pánve na úpatí Krušných hor je přibližně 260 m, ve střední části a před Českým středohořím 200 až 240 m. Nadmořská výška hřebenu Krušných hor v oblasti Mostecky je přibližně 600 až 950 m. Jižní svahy krušnohorské soustavy klesají prudce do pánevní části. Reliéf Českého středohoří disponuje velkou výškovou členitostí při průměrné nadmořské výšce 363 m.

V podkrušnohorské oblasti často komplikuje situaci i pomalé stékání studeného vzduchu z hřebene Krušných hor v nočních hodinách. Podle Beaufortovy stupnice se jedná o proudění, které lze charakterizovat jako vánek (0,3 až 1,5 m/s).

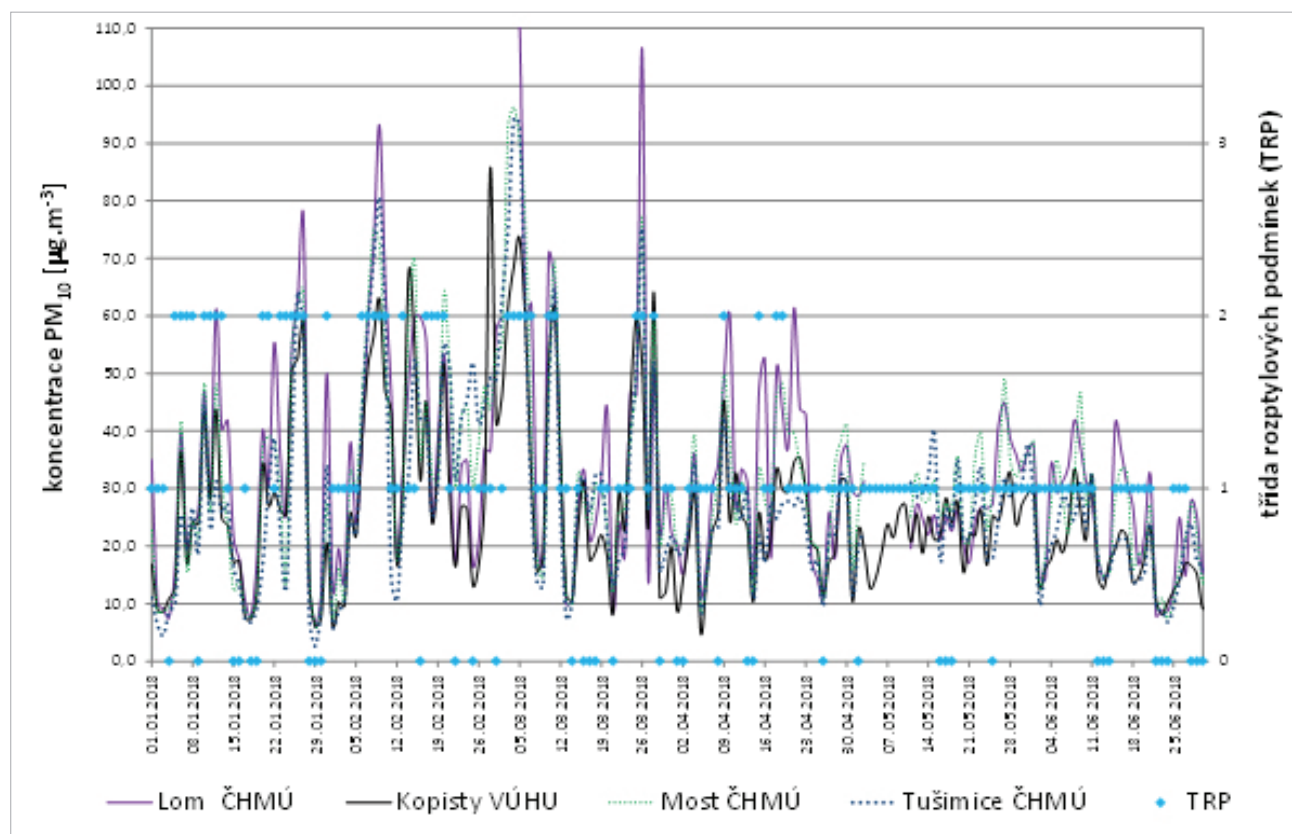
Při nízkých rychlostech regionálních větrů dochází i k významným rozdílům směru proudění v přízemní (cca do 80 m nad úroveň terénu) a mezní vrstvě atmosféry (vyšší než 100 m nad úroveň terénu).

5 Vliv rozptylových podmínek na úroveň znečištění

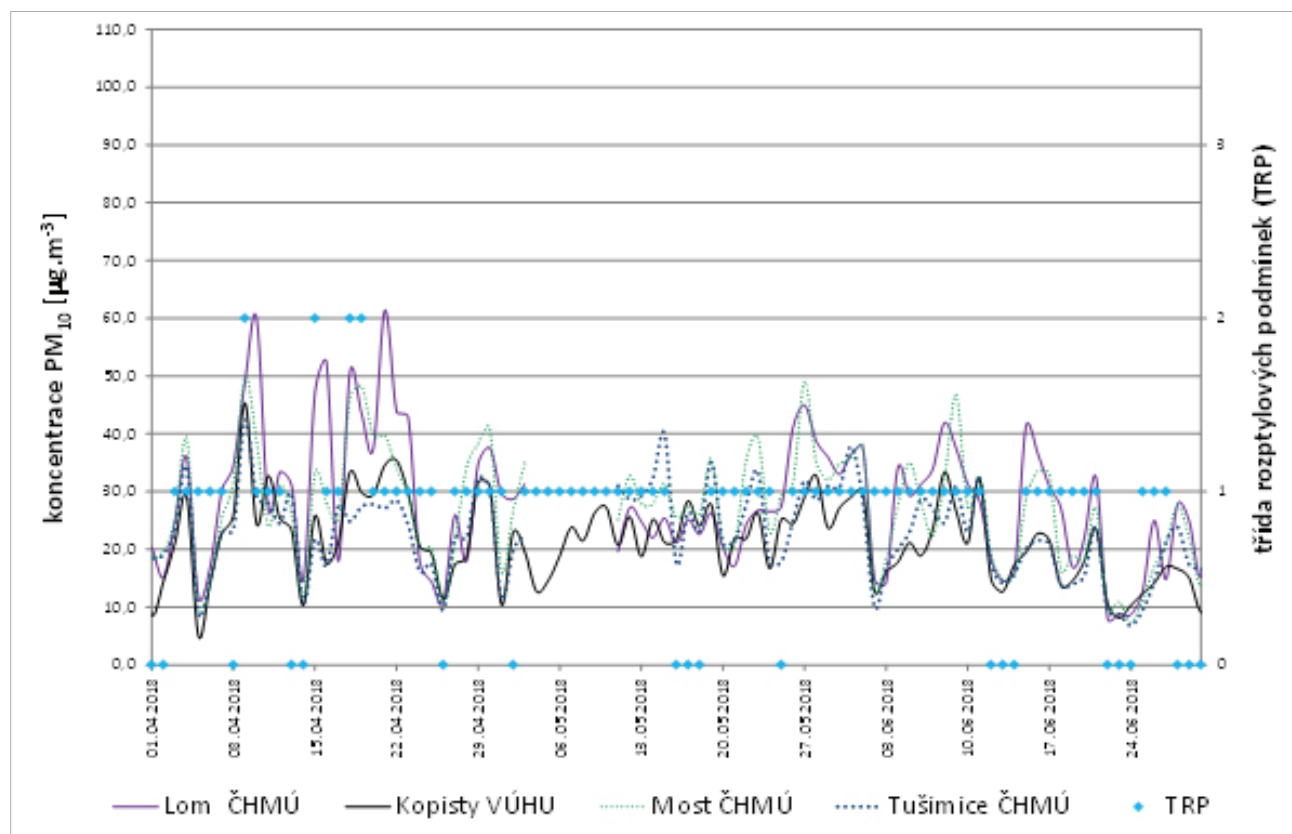
Na obrázcích č. 7 až 10 jsou porovnány denní průměry koncentrace aerosolových částic PM_{10} v ovzduší z vybraných stanic Mostecké pánve z roku 2018 s regionálními rozptylovými podmínkami charakterizovanými třídami rozptylových podmínek (TRP), které jsou definovány v kapitole 3 tohoto článku. Vybrány byly stanice, které charakterizují úroveň zne-



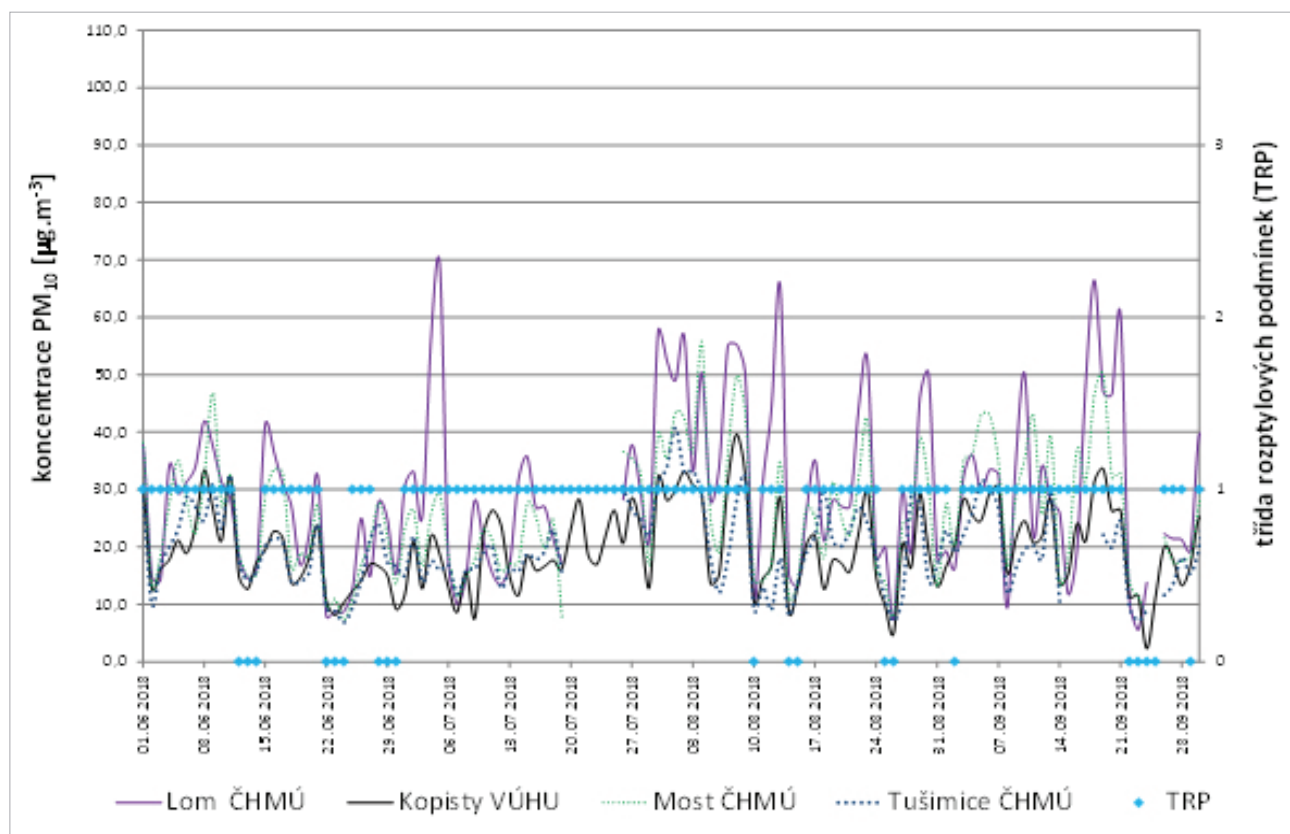
Obr. 6: Ranní inverze na severním okraji Mostu [5].



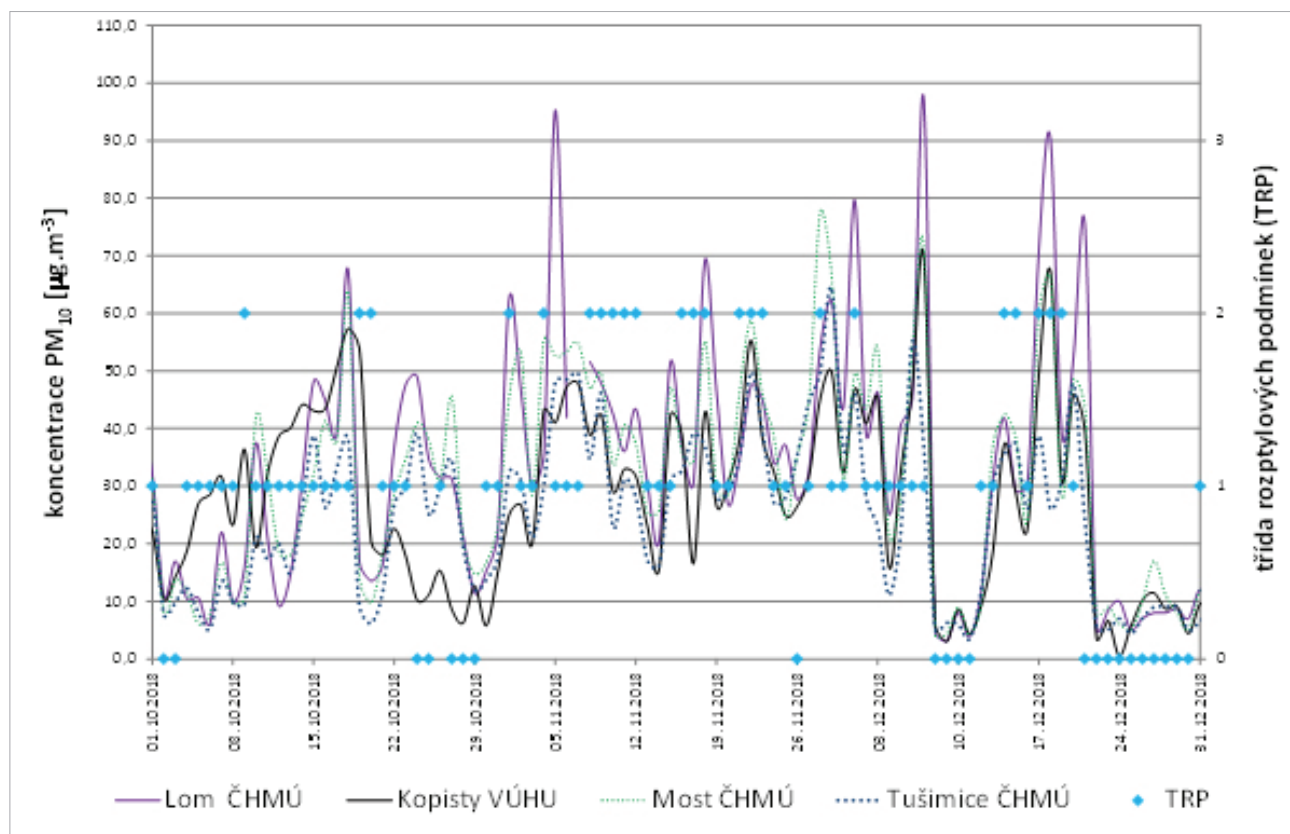
Obr. 7: Porovnání denních průměrů koncentrace aerosolových částic PM_{10} v ovzduší z vybraných stanic Mstecké pánve s regionálními rozptylovými podmínkami – 1. čtvrtletí roku 2018.



Obr. 8: Porovnání denních průměrů koncentrace aerosolových částic PM_{10} v ovzduší z vybraných stanic Mstecké pánve s regionálními rozptylovými podmínkami – 2. čtvrtletí roku 2018.



Obr. 9: Porovnání denních průměrů koncentrace aerosolových částic PM_{10} v ovzduší z vybraných stanic Mostecké pánve s regionálními rozptylovými podmínkami – 3. čtvrtletí roku 2018.



Obr. 10: Porovnání denních průměrů koncentrace aerosolových částic PM_{10} v ovzduší z vybraných stanic Mostecké pánve s regionálními rozptylovými podmínkami – 4. čtvrtletí roku 2018.

čištění v centrální části Mostecké pánve (Lom – ČHMÚ [1], Most – ČHMÚ [1], Kopisty – VÚHU) a stanice Tušimice – ČHMÚ [1], která charakterizuje západní okraj Mostecké pánve.

Z obrázků je zřejmé, že k vyššímu znečištění dochází převážně při situacích, kdy nepříznivé rozptylové podmínky trvají po celý den, případně i několik dní za sebou.

6 Shrnutí

Na základě hodnocení výskytu denních scénářů průběhu rozptylových podmínek v období 1997 až 2018 lze konstatovat, že z pohledu dlouhodobého vývoje nelze pozorovat u hodnocených denních scénářů regionálních rozptylových podmínek výraznější klesající nebo vzrůstající trend. Z pohledu sezónnosti je v letním a jarním období významně čtenější výskyt scénáře, při kterém zhoršené rozptylové podmínky trvají pouze po část dne. Rozptylové podmínky trvající celý den se vyskytují převážně v zimních a podzimních měsících. Dobré rozptylové podmínky trvající celý den nevykazují významný sezónní trend. K vyšší úrovni znečištění dochází převážně při situacích, kdy nepříznivé rozptylové podmínky trvají po celý den, případně i několik dní za sebou.

Literatura

- [1] <http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/ceska-republika/meteorologicka-terminologie>
- [2] <http://www.chmuul.org/?page=rozptylove-podminky>
- [3] BREJCHA, J.: Stanovení vlivu jezera na kvalitu ovzduší v jeho okolí. Závěrečná zpráva za rok 2014 projektu TA0102592 Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most, 2015,
- [4] PAVLICOVÁ, I.: Teplotní inverze v oblasti Ostravské průmyslové aglomerace. Diplomová práce, Masarykova universita v Brně, Brno 2007
- [5] <http://www.vmoste.cz/webcam/> (provoz ukončen ve 2014)