

KONCENTRACE SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM₁₀ a PM_{2,5} NA STANICI UHELNÁ

Zpráva za období 1. 1. 2021 – 31. 12. 2021

RNDr. Leona Vlasáková, Ph.D., Oddělení ISKO, ČHMÚ Praha-Komořany

Ing. William Patiño Gonzalez, Oddělení OME, ČHMÚ Praha-Komořany

Mgr. Ondřej Vlček, Oddělení OME, ČHMÚ Praha-Komořany

RNDr. Iva Hůnová, CSc., Oddělení ISKO, ČHMÚ Praha-Komořany

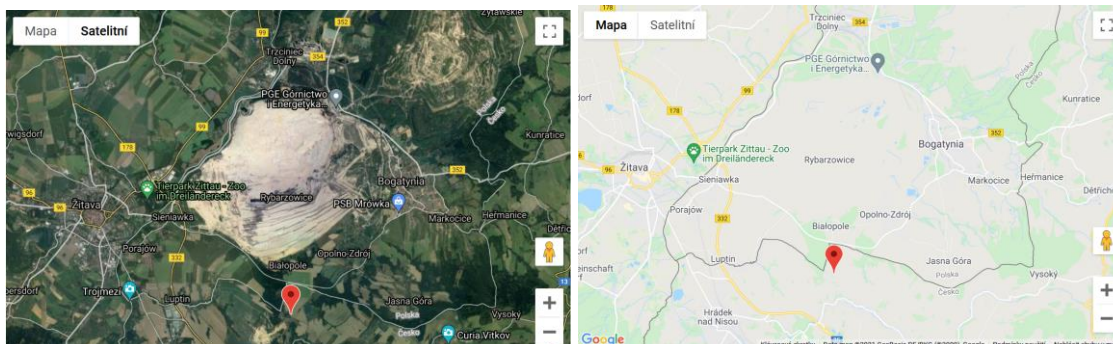
Ing. Václav Novák, Oddělení ISKO, ČHMÚ Praha-Komořany

Obsah

I.	Charakteristika lokality	2
II.	Zhodnocení koncentrací suspendovaných částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ ve vztahu k plnění stávajících imisních limitů	3
III.	Zhodnocení výskytu nadlimitních koncentrací ve vztahu ke směru větru	6
IV.	Srovnání koncentrací naměřených na stanici Uhelná s koncentracemi na ostatních stanicích ležících na území Libereckého kraje v roce 2021.....	10
V.	Hodnocení koncentrací suspendovaných částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ v závislosti na rychlosti a směru větru.....	12
V.1	Suspendované částice PM_{10}	13
V.2	Suspendované částice $PM_{2,5}$	16
VI.	Poměry koncentrací $PM_{2,5}/PM_{10}$	19
VII.	Měření koncentrací suspendovaných částic PM_{10} v Polsku	24
VIII.	Závěr	25
	Literatura	27

I. Charakteristika lokality

Stanice Uhelná je umístěna v Libereckém kraji, na okraji obce Uhelná. Stanice je umístěna na zatravněném pozemku na dně otevřeného, provětrávaného údolí, cca 2 km jižně od jižního okraje lomu Turów (Obr. 1). Krajina v okolí stanice je částečně zastavěná. Stanice je klasifikována jako venkovská pozářová.



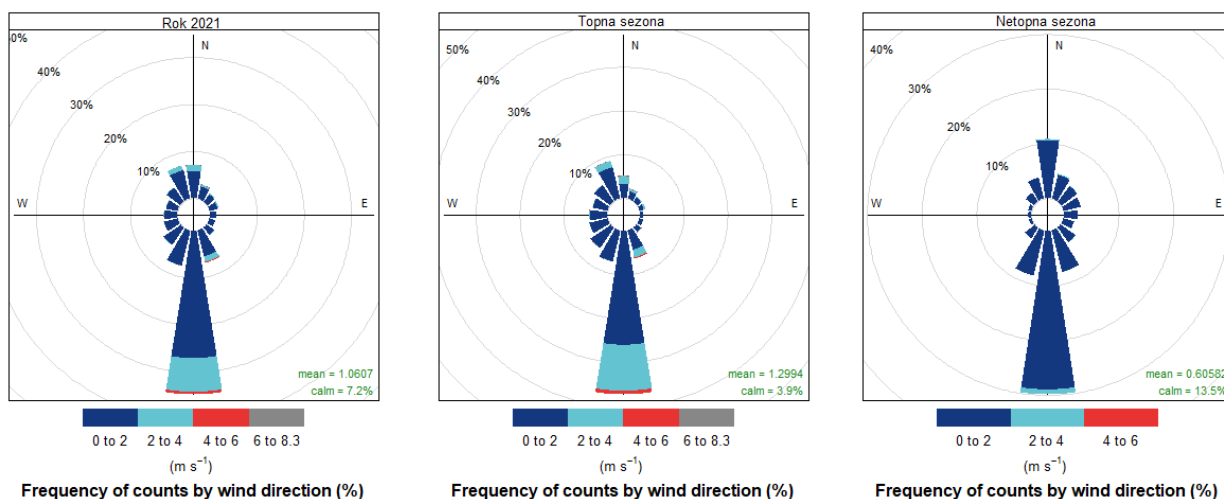
Obr. 1 Umístění stanice Uhelná (Zdroj: <https://goo.gl/maps/9RMCuaJtWs7K5357A>)

Stanice je aktivní, tj. na stanici jsou měřeny koncentrace látek znečišťujících ovzduší od 23. 10. 2020. Na stanici jsou měřeny koncentrace suspendovaných částic, a to hrubá frakce PM_{10} a jemná frakce $PM_{2,5}$ a PM_1 . Dále je zde měřena i početní koncentrace částic. Z meteorologických parametrů jsou na stanici měřeny teplota, směr a rychlost větru a relativní vlhkost vzduchu.

Na Obr. 2 jsou znázorněny větrné růžice pro stanici Uhelná pro rok 2021 a pro topnou a netopnou sezonu roku 2021¹. Větrná růžice je graf znázorňující režim větru na určitém místě formou směrového (paprskového) diagramu. Délka paprsků, značících světové strany, vyjadřuje četnost větru z daného směru (ČMeS 2022). Větrná růžice zobrazuje tedy podíl jednotlivých směrů větru o určité rychlosti za dané časové období.

Z větrných růžic na Obr. 2 vyplývá, že na stanici Uhelná převažuje vítr z jižního směru. Z hlediska celého roku 2021 i topné a netopné sezony došlo k výskytu jižního, jiho-jihovýchodního a jiho-jihozápadního větru ve více než 50 % případů. Druhým nejvíce převažujícím směrem proudění je proudění severní, severoseverovýchodní a severoseverozápadní, a to cca 18 % případů. Během roku převažuje na stanici vítr o rychlosti do $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, v topné sezoně při jižním proudění dochází i k výskytu větru o vyšších rychlostech, převážně do $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

¹ Otopné období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku a pravidla pro vytápění stanovuje vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 194/2007 Sb. Dodávka tepelné energie se v otopném období zahájí tehdy, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě poklesne pod $13 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ve dvou dnech po sobě a podle vývoje počasí nelze očekávat její zvýšení nad $13 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ani pro následující den. Na základě naměřených teplot a průměrných denních teplot na stanici Uhelná byla topná sezona stanovena na období od 1. 1. 2021 do 2. 6. 2021 a od 6. 10. 2021 do 31. 12. 2021. Nicméně toto rozdělení roku je teoretické, neboť v obci Uhelná lze předpokládat individuální přístup obyvatelstva k potřebě vytápění svých obydlí za využití lokálních tepelných zdrojů.



Obr. 2 Větrné růžice pro stanici Uhelná pro rok 2021 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2021

II. Zhodnocení koncentrací suspendovaných částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ ve vztahu k plnění stávajících imisních limitů

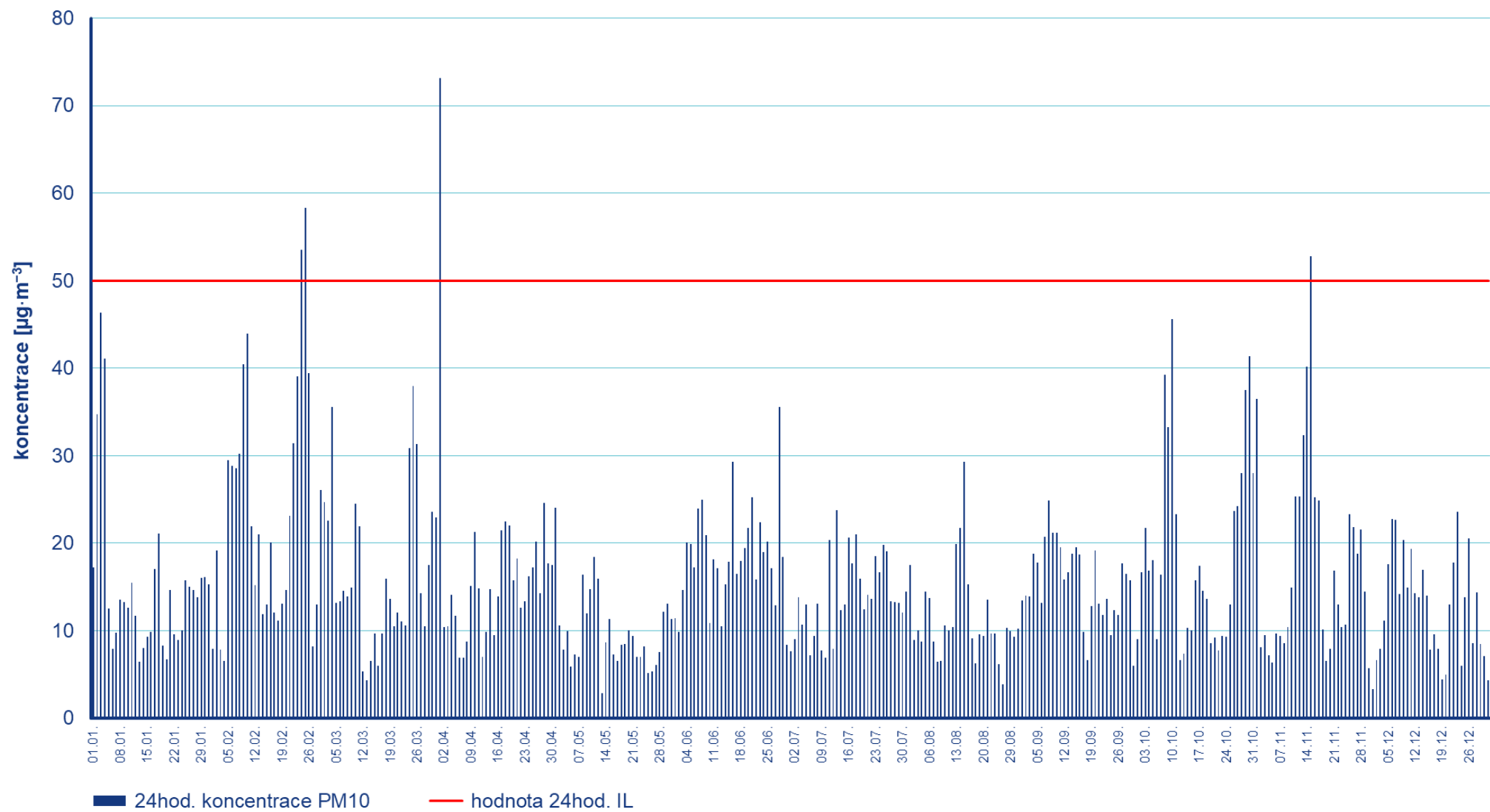
Suspendované částice jsou tvořeny směsí pevných a kapalných částic o aerodynamickém průměru menším než $10\ \mu m$ (hrubá frakce PM_{10}), resp. $2,5\ \mu m$ (jemná frakce $PM_{2,5}$). Suspendované částice mají široké spektrum účinků na kardiovaskulární a respirační ústrojí. Od roku 2013 jsou zařazeny mezi prokázané lidské karcinogeny (IARC 2015). Jejich vliv na lidské zdraví závisí na jejich velikosti, tvaru a složení. Jejich součástí mohou být i polycyklické aromatické uhlovodíky a těžké kovy (EEA 2013).

V této zprávě jsou vyhodnoceny koncentrace suspendovaných částic naměřené na stanici Uhelná za období od 1. 1. 2021 do 31. 12. 2021. Veškeré časové údaje v této zprávě jsou uvedeny v UTC.

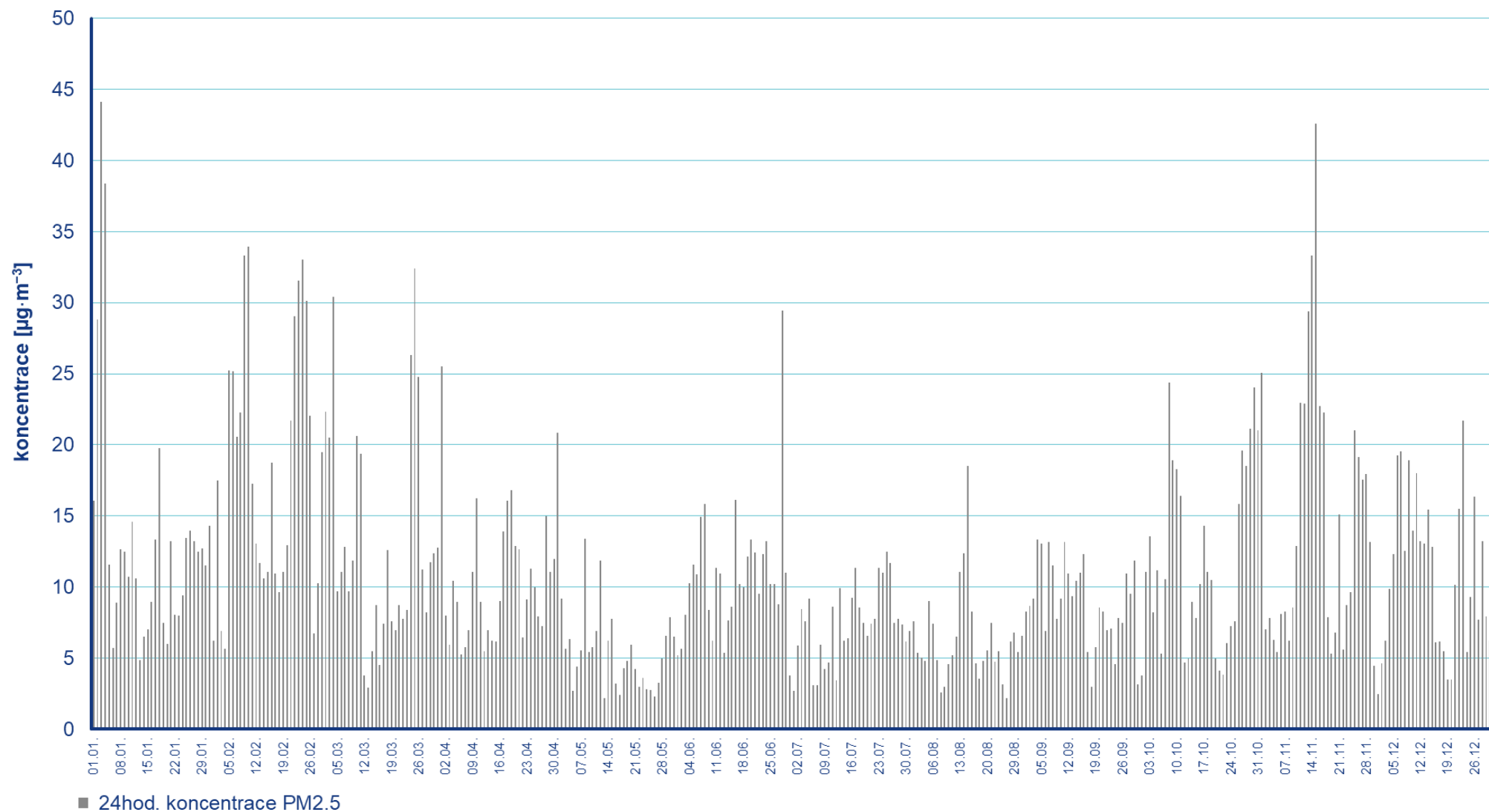
Pro suspendované částice PM_{10} je stanoven imisní limit pro ochranu lidského zdraví pro průměrnou 24hodinovou koncentraci a pro průměrnou roční koncentraci (Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění). Hodnota denního imisního limitu PM_{10} je $50\ \mu g \cdot m^{-3}$. Legislativa připouští na měřicí stanici nejvíce 35 překročení hodnoty imisního limitu; při vyšším počtu je imisní limit považován za překročený. Pro roční průměrnou koncentraci PM_{10} je stanoven imisní limit $40\ \mu g \cdot m^{-3}$.

Od 1. 1. 2021 do 31. 12. 2021 byly na stanici Uhelná naměřeny **průměrné denní koncentrace PM_{10}** v rozmezí $2,8\ \mu g \cdot m^{-3}$ až $73,1\ \mu g \cdot m^{-3}$ (Obr. 3). Hodnota denního imisního limitu $50\ \mu g \cdot m^{-3}$ byla na stanici Uhelná v roce 2021 překročena 4×, a to 24. 2. 2021 ($53,5\ \mu g \cdot m^{-3}$), 25. 2. 2021 ($58,3\ \mu g \cdot m^{-3}$), 1. 4. 2021 ($73,1\ \mu g \cdot m^{-3}$) a 15. 11. 2021 ($52,8\ \mu g \cdot m^{-3}$). **Průměrná roční koncentrace PM_{10}** o hodnotě $15,8\ \mu g \cdot m^{-3}$ na stanici Uhelná nepřekročila v roce 2021 svůj roční imisní limit ($40\ \mu g \cdot m^{-3}$).

Od 1. 1. 2021 do 31. 12. 2021 byly na stanici Uhelná naměřeny **průměrné denní koncentrace $PM_{2,5}$** v rozmezí $2,2\ \mu g \cdot m^{-3}$ až $44,1\ \mu g \cdot m^{-3}$ (Obr. 4). Pro suspendované částice $PM_{2,5}$ je stanoven imisní limit pro ochranu lidského zdraví pouze pro průměrnou roční koncentraci³. Imisní limit je stanoven na $20\ \mu g \cdot m^{-3}$ (do roku 2020 včetně platil imisní limit $25\ \mu g \cdot m^{-3}$). **Průměrná roční koncentrace $PM_{2,5}$** o hodnotě $11,0\ \mu g \cdot m^{-3}$ na stanici Uhelná nepřekročila v roce 2021 svůj roční imisní limit ($20\ \mu g \cdot m^{-3}$).



Obr. 3 Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM_{10} na stanici Uhelná, 1. 1. 2021 – 31. 12. 2021



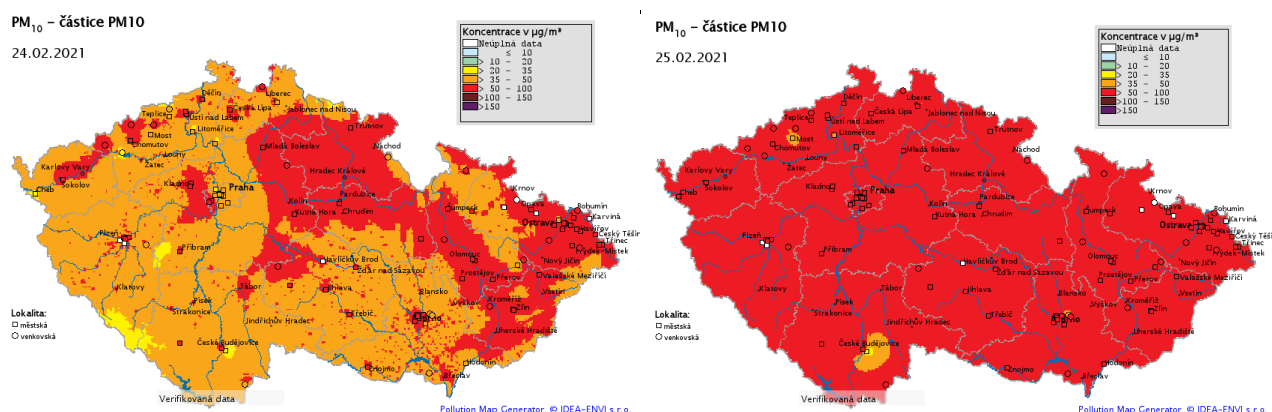
Obr. 4 Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic $\text{PM}_{2.5}$ na stanici Uhelná, 1. 1. 2021 – 31. 12. 2021

III. Zhodnocení výskytu nadlimitních koncentrací ve vztahu ke směru větru

Od 1. 1. 2021 do 31. 12. 2021 byly na stanici Uhelná naměřeny *průměrné denní koncentrace* PM_{10} v rozmezí $2,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ až $73,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Obr. 3). Hodnota denního imisního limitu $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla na stanici Uhelná v roce 2021 překročena 4×, a to 24. 2. 2021 ($53,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 25. 2. 2021 ($58,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 1. 4. 2021 ($73,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a 15. 11. 2021 ($52,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Situace 24. 2. 2021 a 25. 2. 2021

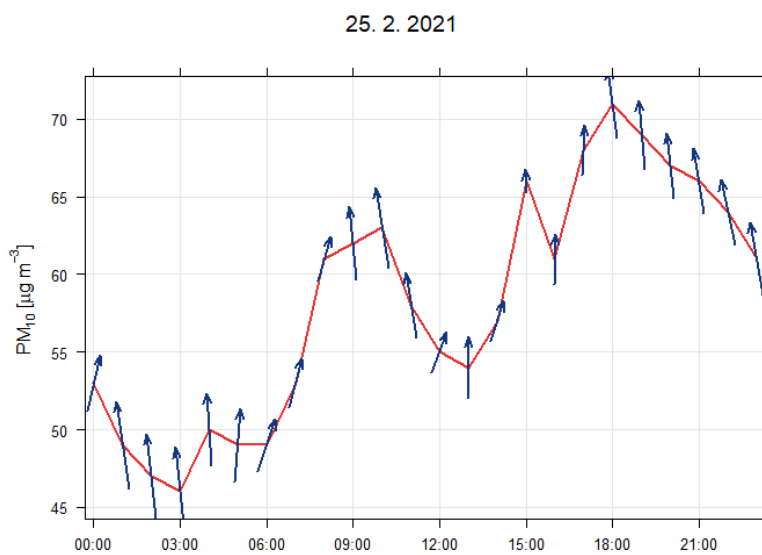
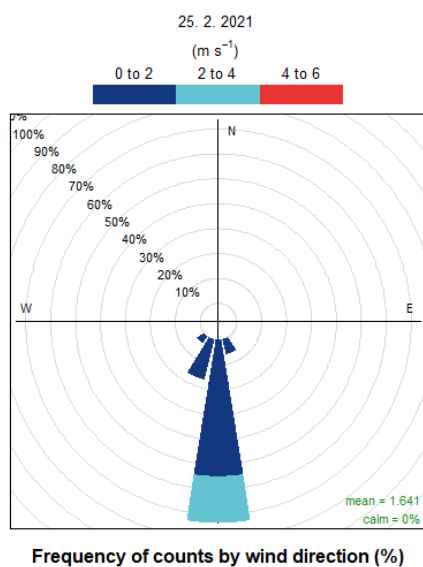
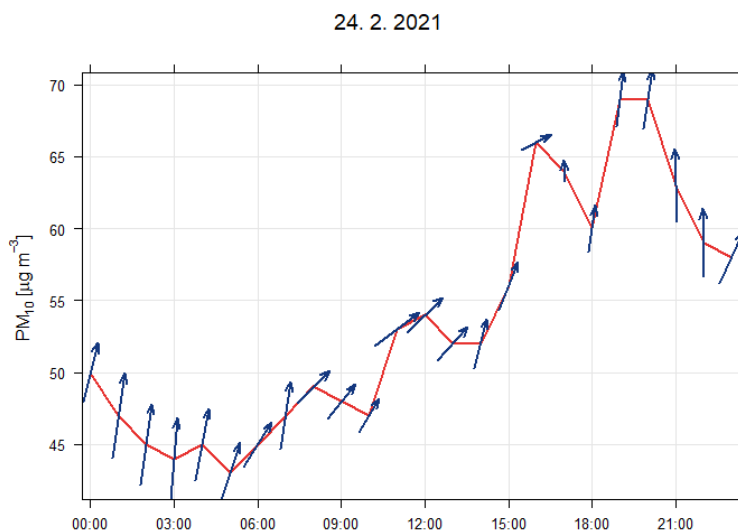
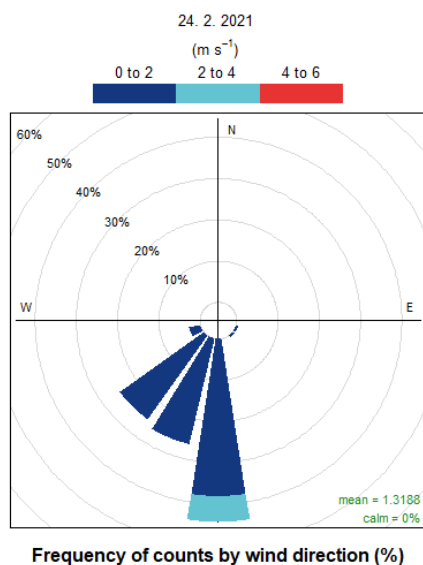
V únoru 2021 byly zaznamenány nejvyšší koncentrace PM_{10} v rámci roku 2021 na celém území ČR v souvislosti s výskytem mírně nepříznivých až nepříznivých podmínek (více např. ČHMÚ 2021a). V únoru byly v několika dnech zaznamenány zvýšené koncentrace PM_{10} na celém území ČR i v souvislosti s přenosem písečných částic ze Sahary. Silný vliv přenosu částic ze Sahary na zvýšené koncentrace částic byl na území České republiky zaznamenán ve dnech 23. 2. – 26. 2. 2021, k výskytu nejvyšších až nadlimitních 24hodinových koncentrací PM_{10} došlo právě ve dnech 24. 2. – 25. 2. 2021 (Obr. 5).



Obr. 5 Pole průměrné 24hod. koncentrace suspendovaných částic ve dnech 24. 2. – 25. 2. 2021²

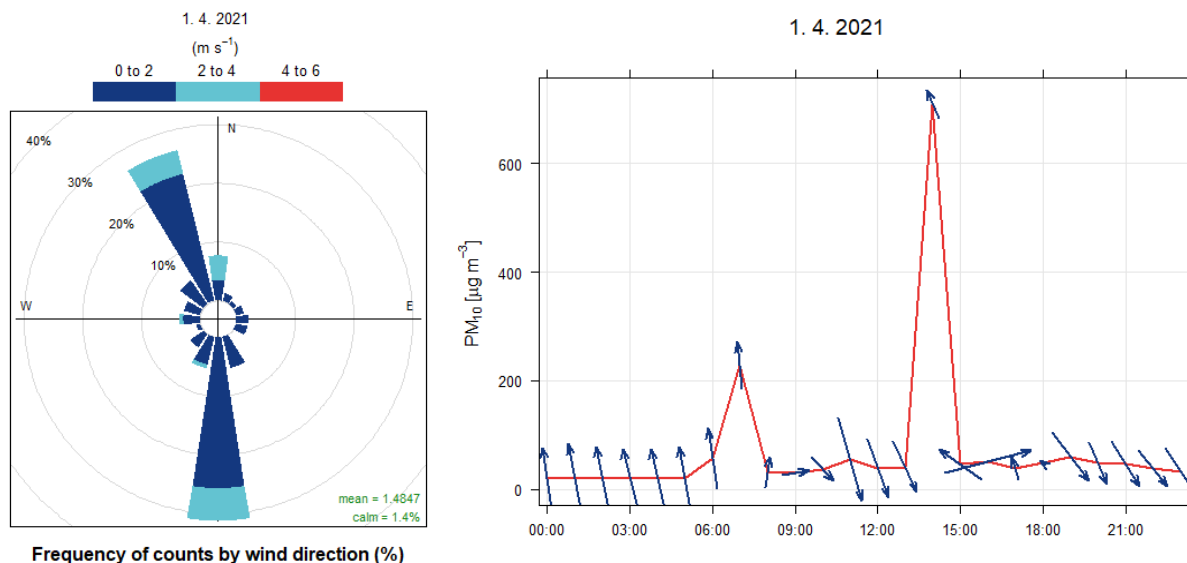
Ve dnech 24. 2. – 25. 2. 2021 převažovalo na stanici Uhelná proudění z jihozápadního až jižního směru s nízkými rychlostmi větru. Průměrné hodinové koncentrace PM_{10} vystoupily nad hodnotu 24hod. imisního limitu $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v odpoledních hodinách dne 24. 2. 2022 a držely se nad touto hodnotou nebo těsně kolem ní kolísaly ještě celý následující den 25. 2. 2022 (Obr. 6). Následující dny koncentrace poklesly (Obr. 3).

² Tyto mapy jsou pouze informativní a orientační. Mapy jsou vytvářeny na základě modelování s použitím naměřených a neverifikovaných dat automatizovaných monitorovacích stanic, mohou obsahovat chybné údaje a mohou být neúplné. ČHMÚ zodpovídá za úplnost a kvalitu údajů pouze na stanicích, které spravuje.



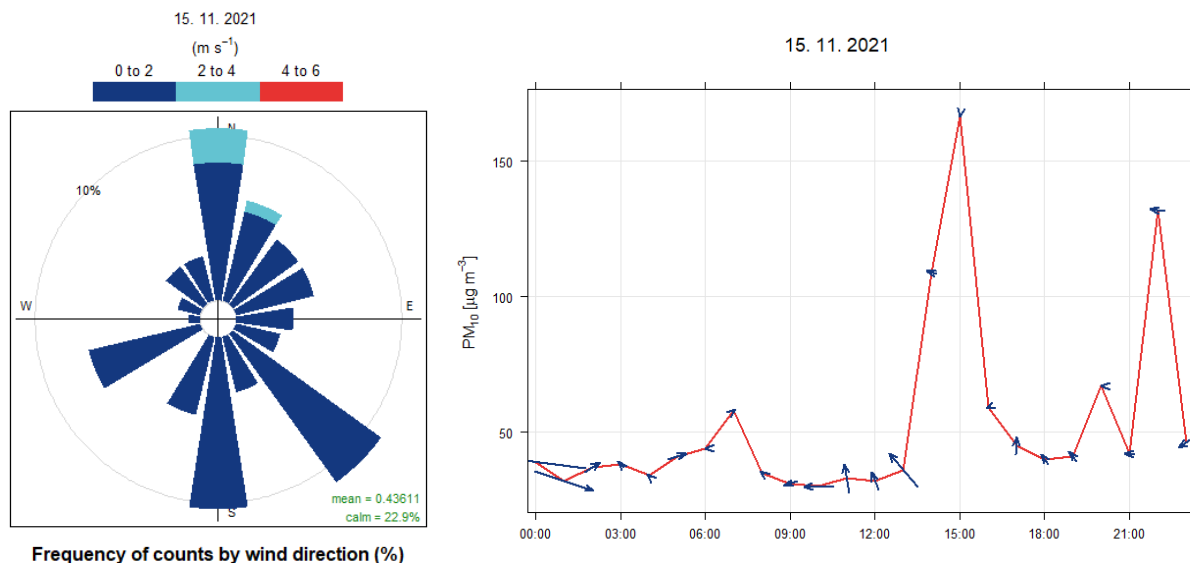
Obr. 6 Větrné růžice (vlevo, 10minutová data) a chod koncentrací PM_{10} s vyznačením směru a rychlosti (délka šipky) větru na stanici Uhelná ve dnech 24. 2. – 25. 2. 2021 (vpravo, hodinová data)

Situace 1. 4. 2021



Obr. 7 Větrné růžice (vlevo, 10minutová data) a chod koncentrací PM_{10} s vyznačením směru a rychlosti (délka šipky) větru na stanici Uhelná dne 1. 4. 2021 (vpravo, hodinová data)

Překročení hodnoty denního imisního limitu dne 1. 4. 2021 bylo pravděpodobně způsobeno místním ovlivněním. Průměrné hodinové koncentrace PM_{10} vyšší než $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byly krátce zaznamenány mezi 6:00 až 8:00 UTC ráno při jižním směru proudění o rychlosti větru do $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dále byla v odpoledních hodinách zaznamenána hodinová koncentrace $709 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (maximum za rok 2021) při jiho-jihovýchodním větru o nízké rychlosti $0,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, do večerních hodin se koncentrace pohybovaly kolem nebo mírně nad $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, přičemž bylo zaznamenáno jiho-jihovýchodní až západo-jihozápadní proudění o rychlosti větru $0,2$ až $2,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Obr. 7). Poté následoval pokles koncentrací při severo-severozápadním proudění.



Obr. 8 Větrné růžice (vlevo, 10minutová data) a chod koncentrací PM_{10} s vyznačením směru a rychlosti (délka šipky) větru na stanici Uhelná dne 15. 11. 2021 (vpravo, hodinová data)

V období 11. 11. – 15. 11. 2021 panovaly na území České republiky mírně nepříznivé podmínky, přičemž maximální listopadové koncentrace v celorepublikovém průměru byly zaznamenány 15. 11. 2021 (ČHMÚ, 2021b). Průměrná hodinová koncentrace PM_{10} vyšší než $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (přesně $58 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) byla zaznamenána mezi 6:00 až 7:00 UTC ráno při jihozápadním směru proudění o nízké rychlosti větru ($0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Dále byly v odpoledních hodinách zaznamenány vysoké hodinové koncentrace $109 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ při východo-jihovýchodním větru o nízké rychlosti $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a $167 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ při severním větru o nízké rychlosti $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Do večerních hodin se koncentrace pohybovaly mezi 40 až $137 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, přičemž bylo zaznamenáno severo-severovýchodní až jižní proudění při nízkých rychlostech větru do $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Obr. 8). Poté následoval pokles koncentrací při jihovýchodním až jižním proudění. Překročení hodnoty denního imisního limitu dne 15. 11. 2021 bylo na stanici Uhelná pravděpodobně způsobeno místním ovlivněním v kombinaci s mírně nepříznivými podmínkami.

IV. Srovnání koncentrací naměřených na stanici Uhelná s koncentracemi na ostatních stanicích ležících na území Libereckého kraje v roce 2021

V roce 2021 byly v rámci Libereckého kraje koncentrace suspendovaných částic PM_{10} měřeny na šesti stanicích (s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení) a koncentrace suspendovaných částic $PM_{2,5}$ měřeny na třech stanicích (s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení), viz Tab. 1.

Roční průměrné koncentrace PM_{10} se na těchto šesti stanicích pohybovaly v rozmezí od 13,8 do 17,1 $\mu g \cdot m^{-3}$ (průměr ze všech stanic je 15,9 $\mu g \cdot m^{-3}$). V rámci těchto šesti stanic byla na stanici Uhelná naměřena 3. nejnížší koncentrace o hodnotě 15,8 $\mu g \cdot m^{-3}$. Roční imisní limit pro PM_{10} (40 $\mu g \cdot m^{-3}$) nebyl v roce 2021 překročen na žádné stanici Libereckého kraje (Tab. 1, Obr. 9)

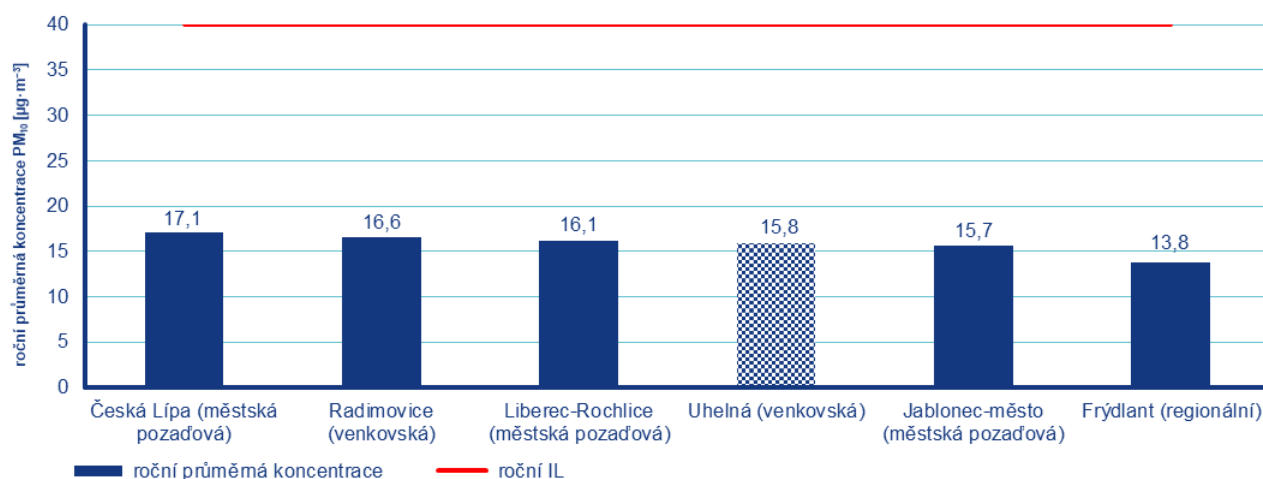
Na všech šesti měřicích stanicích v Libereckém kraji došlo alespoň k jednomu překročení hodnoty 24hod. imisního limitu (50 $\mu g \cdot m^{-3}$), přičemž je povoleno překročit tuto hodnotu 35× za rok. K nejvyššímu počtu překročení hodnoty imisního limitu došlo na stanicích Radimovice a Uhelná (čtyři překročení hodnoty 24hod. limitu, obě stanice jsou klasifikovány jako venkovské). 24hod. imisní limit pro PM_{10} (50 $\mu g \cdot m^{-3}$) nebyl v roce 2021 překročen na žádné stanici Libereckého kraje (Tab. 1, Obr. 10).

V roce 2021 byly koncentrace suspendovaných částic $PM_{2,5}$ měřeny na třech stanicích (s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení, Tab. 1). Roční průměrné koncentrace se na těchto třech stanicích pohybovaly v rozmezí od 10,1 do 12,6 $\mu g \cdot m^{-3}$ (průměr ze všech stanic je 11,2 $\mu g \cdot m^{-3}$). Na stanici Uhelná byla naměřena koncentrace o hodnotě 11 $\mu g \cdot m^{-3}$. Roční imisní limit pro $PM_{2,5}$ (40 $\mu g \cdot m^{-3}$) nebyl v roce 2021 překročen na žádné stanici Libereckého kraje (Tab. 1, Obr. 11).

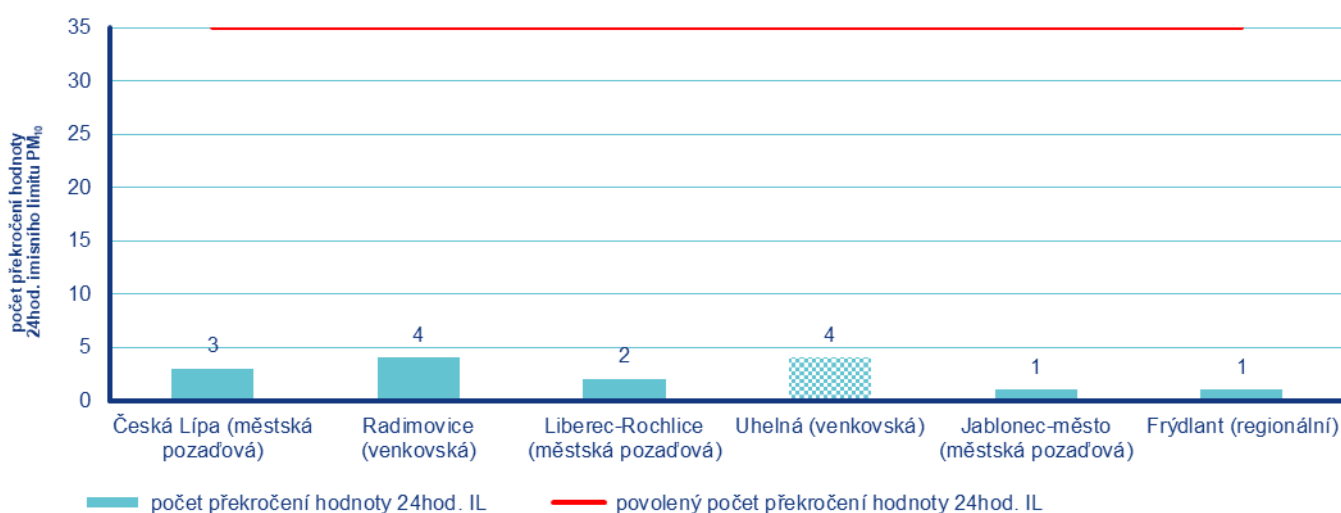
Tabulka 1 Přehled měřicích stanic na území Libereckého kraje s koncentracemi PM_{10} a $PM_{2,5}$, rok 2021

stanice	klasifikace		charakteristika lokality	PM_{10}			$PM_{2,5}$
				roční prům.	pIL 24hod	36. max	roční prům.
Česká Lípa	B/U/R	městská požadová	Mírně svažité travnaté plochy na školním pozemku, v sídlišti na okraji města	17,1	3	31,8	
Radimovice	B/R/NA-NCI	venkovská	Okraj obce, na okraji pole za domkem, domek ve vzdálenosti asi 50m.	16,6	4	29,0	
Liberec-Rochlice	B/U/R	městská požadová	Okraj sídliště, vedle parkoviště, okraj obytné části města otevřené k městu.	16,1	2	26,8	12,6
Uhelná	B/R/NA-NCI	venkovská	Na okraji malé obce, na zatravněném pozemku s výhledem na příhraniční oblast s Polskem.	15,8	4	25,3	11,0
Jablonec-město	B/U/R	městská požadová	V městské zástavbě, u nemocnice, mimo přímý vliv dopravy.	15,7	1	27,0	
Frydlant	B/R/N-REG	regionální	Náhorní rovina, otevřená krajina, mimo obydlenou obec, travnatý povrch.	13,8	1	23,0	10,1

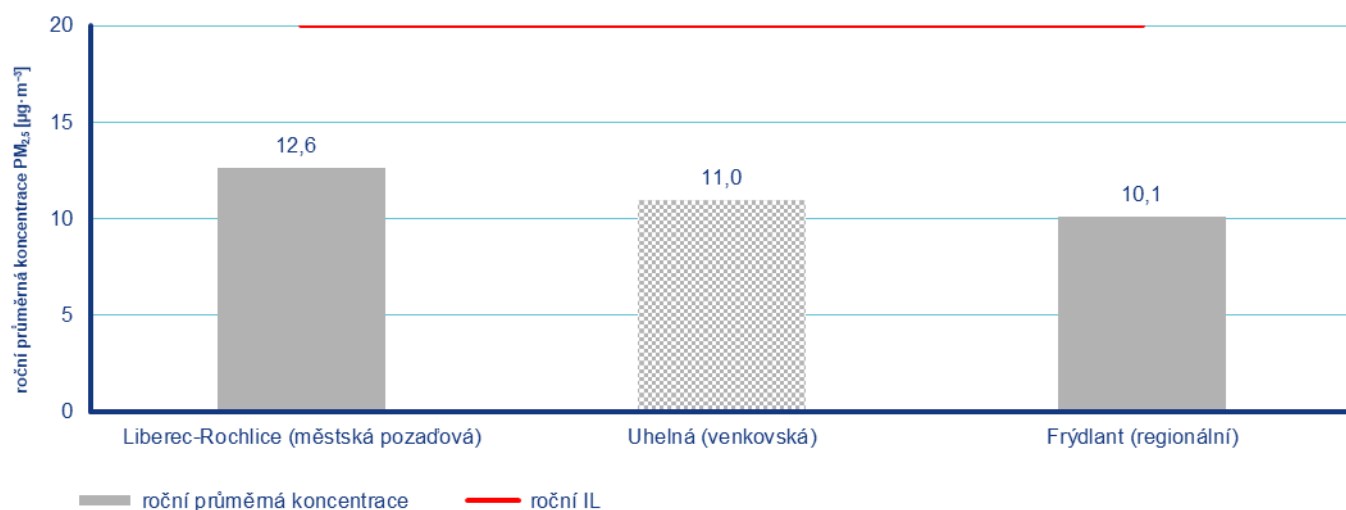
Vysvětlivky: roční prům. – roční průměrná koncentrace; pIL 24hod. – počet překročení hodnoty 24hod. imisního limitu (hodnotu 24hod. imisního limitu 50 $\mu g \cdot m^{-3}$ je povoleno překročit 35× za rok); 36. max – 36. maximální 24hodinová koncentrace)



Obr. 9 Roční průměrné koncentrace na měřicích stanicích v Libereckém kraji s vyznačením hodnoty ročního imisního limitu, 2021



Obr. 10 Počet překročení hodnoty 24hod. imisního limitu PM₁₀ v Libereckém kraji s vyznačením maximálního povoleného počtu překročení hodnoty 24hod. imisního limitu PM₁₀, 2021



Obr. 11 Roční průměrné koncentrace PM_{2,5} na měřicích stanicích v Libereckém kraji s vyznačením hodnoty ročního imisního limitu, 2021

V. Hodnocení koncentrací suspendovaných částic PM₁₀ a PM_{2,5} v závislosti na rychlosti a směru větru

Koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ a PM_{2,5} v závislosti na rychlosti a směru větru jsou vyhodnoceny s využitím polárních grafů, vážených koncentračních růžic, koncentračních růžic a anulárních růžic. Následující výstupy byly vytvořeny v programu R (R Core Team 2020). Následující popis interpretace polárních grafů a růžic vychází z několika zdrojů (Carlsaw 2012, Keder 2014, ENVitech Bohemia 2018, Brzezina 2019).

Níže uvedené grafy slouží jako nástroj pro analýzu znečištění ovzduší na základě meteorologických charakteristik. Pro jejich konstrukci jsou použita hodinová data koncentrací látek znečišťujících ovzduší a meteorologických prvků (v našem případě rychlosti a směru větru). Ve středu růžice je bezvětří, s rostoucí vzdáleností od středu roste rychlost větru. Pro jednotlivé rychlosti a směry větru je pak v koncentrační růžici zprůměrována koncentrace dané škodliviny, naměřená vždy při daných rychlostech a směrech větru.

Polární graf ukazuje závislost naměřené koncentrace na směru a rychlosti větru. Směr větru je vyjádřen na kruhu stejně jako v případě větrné růžice, rychlost větru je vyjádřena vzdáleností od středu růžice. Barva vyjadřuje průměrnou koncentraci látky znečišťující ovzduší při dané kombinaci směru a rychlosti větru. ***Polární graf tedy ukazuje, jaké koncentrace jsou v průměru dosahovány při daných rychlostech a směrech větru.*** Je třeba zdůraznit, že v polárním grafu jsou interpolovány hodnoty mezi jednotlivými sektory směru a rychlosti větru a hodnoty v grafu tak neposkytují přesnou informaci např. o průměrné koncentraci, ale spíše o plošném charakteru zobrazené veličiny.

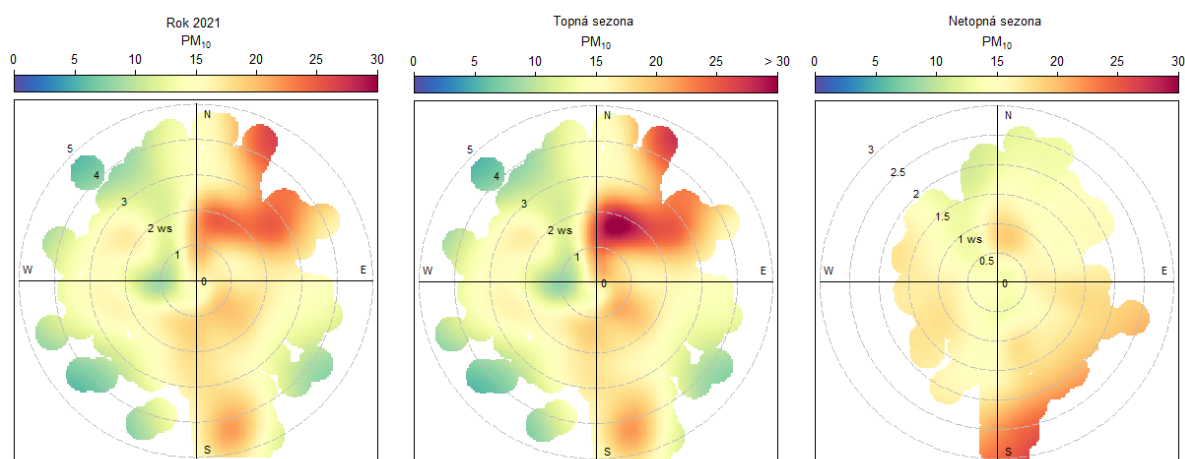
Anulární růžice poskytují *informace o denním, týdenním a ročním chodu koncentrací. Barevně je zobrazena koncentrace látky znečišťující ovzduší.* V případě denního chodu je uprostřed první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina. V případě týdenního chodu je u středu neděle a na okraji sobota. V případě ročního chodu je pak uprostřed 1. 1. a na okraji 31. 12. Směr větru je opět vyjádřen na kruhu stejně jako v předešlých případech.

Vážená koncentrační růžice znázorňuje koncentraci znečišťující látky váženou rychlostí a směrem větru. Kruh opět značí směr větru, vzdálenost od středu rychlost větru. ***Jednotlivé segmenty růžice resp. jejich zbarvení znázorňují procentuální příspěvek*** znečištění při dané kombinaci směru a rychlosti větru k celkové průměrné koncentraci v daném místě.

Koncentrační růžice ukazuje, jak jednotlivé úrovně koncentrací při daných směrech větru přispívají k tvorbě průměrné koncentrace naměřené na stanici. Kruh opět značí směr větru, poloměr (vzdálenost od středu) odpovídá procentuálnímu příspěvku dané úrovně koncentrace k průměrné koncentraci. ***S využitím této růžice lze tedy získat dobrou představu o tom, které směry větru a jaké úrovně koncentrací přispívají nejvíce k průměrné koncentraci na daném místě (měřicí stanici).***

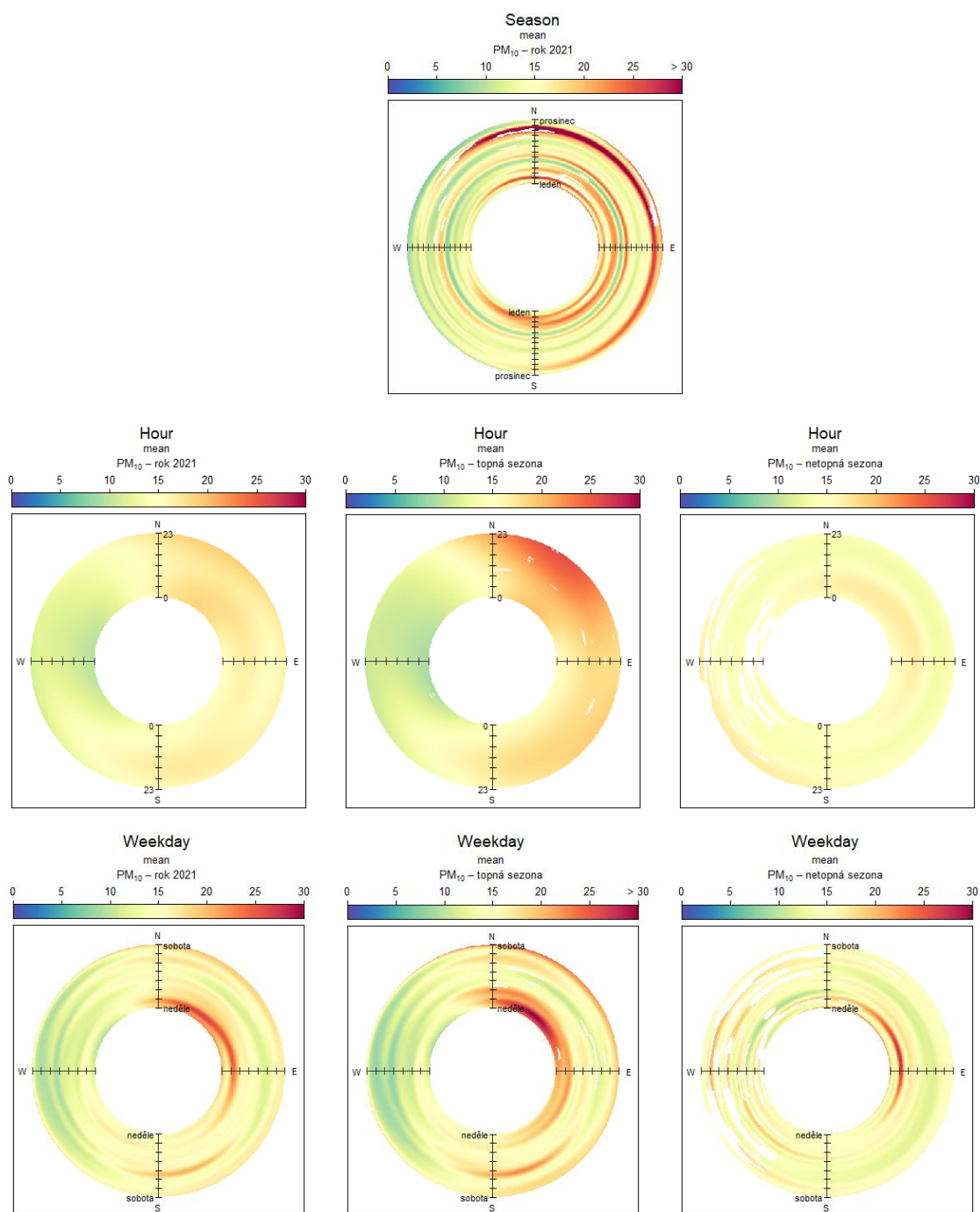
V.1 Suspendované částice PM₁₀

Z polárních grafů pro částice PM₁₀ na stanici Uhelná vyplývá, že nejvyšší průměrné koncentrace byly v roce 2021 na stanici Uhelná zaznamenány při proudění ze severního až východo-severovýchodního směru o rychlosti větru 2–3 m·s⁻¹, vyšší koncentrace se objevují i při jiho-jihovýchodním větru o rychlosti 4–5 m·s⁻¹ (Obr. 12). Na základě podrobnější analýzy, kdy hodnotíme v rámci roku 2021 zvláště situaci pro topnou a netopnou sezonu lze konstatovat následující: během topné sezony byly nejvyšší koncentrace PM₁₀ na stanici Uhelná zaznamenány při severním až severovýchodním větru o rychlosti 1–3 m·s⁻¹ a o rychlosti 4–5 m·s⁻¹. Tyto nejvyšší koncentrace nemusí být způsobeny těžební činností, ale velice pravděpodobně pocházejí z vytápění domácností z okolních malých sídel (Bogatynia, Opolno-Zdrój, Jasna Góra) lokalizovaných severovýchodně od stanice Uhelná. To potvrzuje i rozložení koncentrací PM₁₀ v topné a netopné sezoně. V netopné sezoně jsou na stanici Uhelná nejvyšší koncentrace měřeny při jižním až jiho-jihovýchodním větru o rychlosti 2–3 m·s⁻¹.



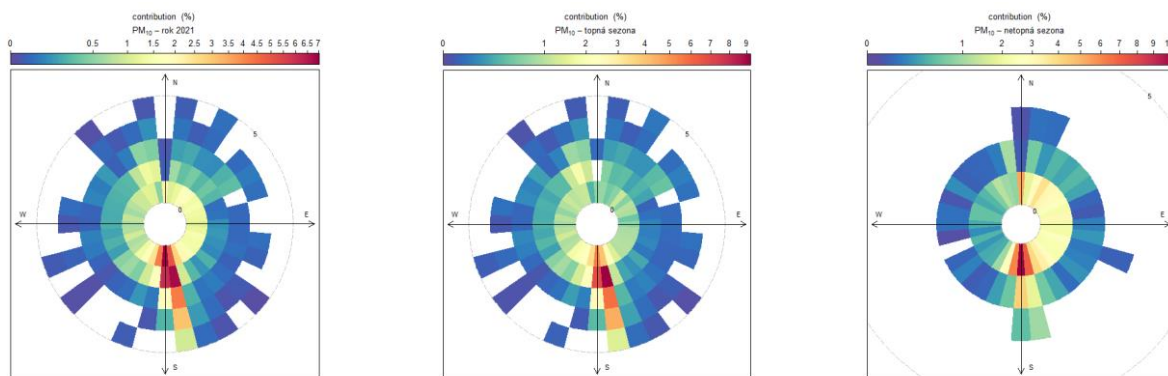
Obr. 12 Polární graf PM₁₀ pro stanici Uhelná pro rok 2021 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2021

Z anulárních růžic lze usuzovat i na roční, denní a týdenní chod koncentrací PM_{10} na stanici Uhelná. V roce 2021 byly na stanici zaznamenány nejvyšší koncentrace během listopadu, především při severním až východním proudění. Vyšší koncentrace byly zaznamenány i na začátku roku při proudění téměř ze všech směrů (Obr. 13, nahoře). Nejvyšší průměrné koncentrace byly zaznamenány v odpoledních až nočních hodinách, podrobnější analýza opírající se o rozdělení roku na topnou a netopnou sezonu potvrzuje, že k výskytu nejvyšších koncentrací docházelo v topné sezoně, a to v odpoledních až nočních hodinách při severním až severovýchodním proudění (Obr. 13, uprostřed); z hlediska týdenního chodu byly nejvyšší koncentrace zaznamenány o víkendech, v topné sezoně byly logicky zaznamenány vyšší hodnoty koncentrací (Obr. 13, dole).



Obr. 13 Anulární růžice PM_{10} pro stanici Uhelná pro roční chod (nahoře), denní chod (uprostřed – pro celý rok a pro topnou a netopnou sezonu) a týdenní chod (dole – pro celý rok a pro topnou a netopnou sezonu), 2021

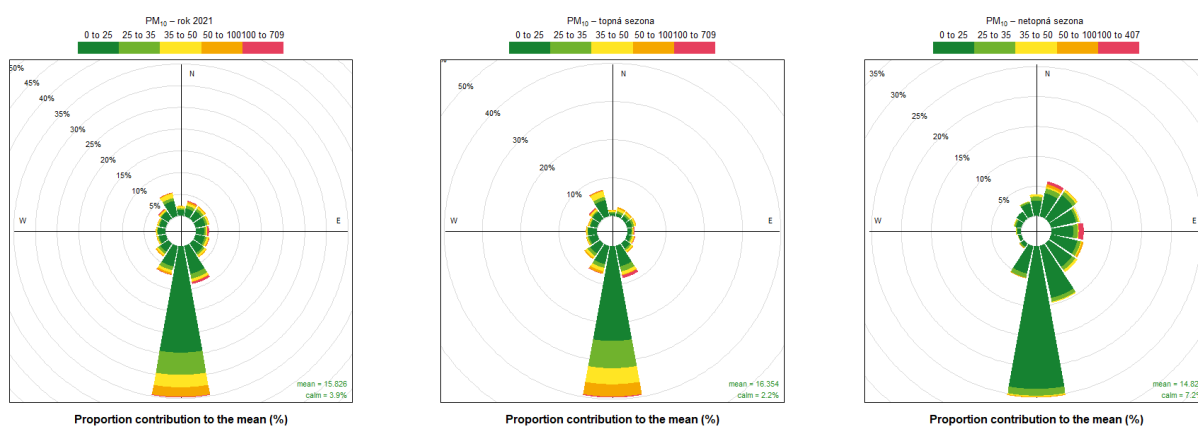
Na základě **vážené koncentrační růžice** (Obr. 14) lze konstatovat, že k celkové průměrné roční koncentraci PM_{10} na stanici Uhelná relativně nejvíce přispívají koncentrace měřeny při jižním a jiho-jihovýchodním větru o rychlosti do $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V topné sezoně je situace stejná. V netopné sezoně k průměrné koncentraci relativně nejvíce přispívají koncentrace měřeny při jižním a jiho-jihovýchodním větru do $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, významnější podíl je zaznamenán i pro koncentrace měřené při severním až východním větru o rychlosti do $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Koncentrace z jižního, jihovýchodního a jihozápadního směru vzhledem k převažujícímu proudění (Obr. 2) tak tvoří nakonec větší podíl na roční průměrné koncentraci na stanici Uhelná ve srovnání s méně častými nejvyššími koncentracemi měřenými při severním až východním proudění (Obr. 14).



Obr. 14 Vážená koncentrační růžice PM_{10} pro stanici Uhelná pro rok 2021 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2021

S využitím **koncentračních růžic** (Obr. 15) lze lépe kvantifikovat výše uvedené: k průměrné roční koncentraci PM_{10} měřené na stanici Uhelná nejvíce přispívají koncentrace zaznamenané při jižním, jiho-jihozápadním a jiho-jihovýchodním větru, a to více než 50 %, v topné sezoně cca 55 % a v netopné sezoně více než 40 %. Koncentrace zaznamenané při severním až východo-severovýchodním proudění tj. v průměru nejvyšší ale méně časté koncentrace (Obr. 12), přispívají k průměrné roční koncentraci PM_{10} cca 13 %, v topné sezoně cca 9 % a v netopné cca 22 %.

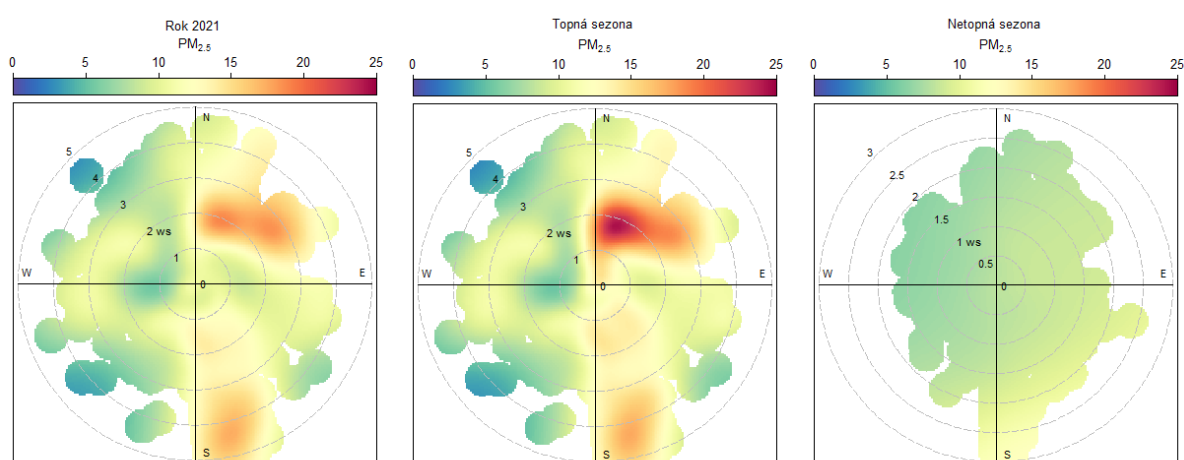
Koncentrace PM_{10} zaznamenané při severozápadních až severovýchodních směrech, tj. směrech, ve kterých se rozkládá lom Turów vzhledem k pozici stanice Uhelná (Obr. 1), přispívají k průměrné roční koncentraci na stanici Uhelná cca 19 %, v topné sezoně cca 18 % a v netopné sezoně cca 22 %.



Obr. 15 Koncentrační růžice PM_{10} pro stanici Uhelná pro rok 2021 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2021

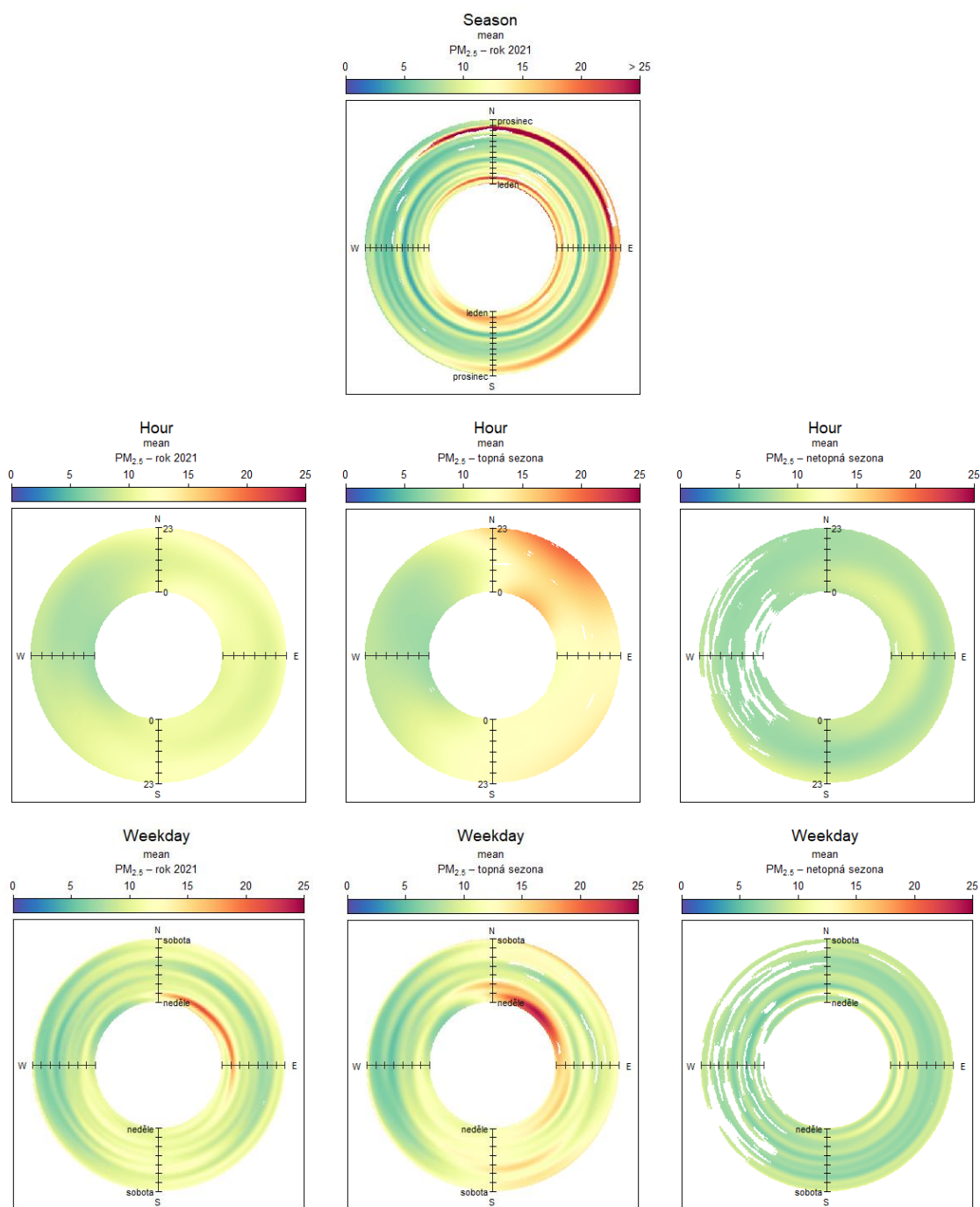
V.2 Suspendované částice PM_{2,5}

Z polárních grafů (Obr. 16) pro částice PM_{2,5} pro stanici Uhelná vyplývá, že v průměru byly nejvyšší koncentrace v roce 2021 na stanici Uhelná zaznamenány při proudění ze severního až východo-severovýchodního směru o rychlosti větru 2–3 m·s⁻¹, vyšší koncentrace se objevují i při jižním až jihovýchodním větru o rychlosti 4–5 m·s⁻¹. Nejvyšší koncentrace zaznamenané při proudění ze severního až východo-severovýchodního směru nemusí být způsobeny těžební činností, ale velice pravděpodobně pocházejí i z lokálního vytápění z okolních malých sídel (Bogatynia, Opolno-Zdrój, Jasna Góra) lokalizovaných severovýchodně od stanice Uhelná. To potvrzuje i rozložení koncentrací PM_{2,5} v topné a netopné sezoně. Na základě podrobnější analýzy, kdy hodnotíme v rámci roku 2021 zvláště situaci pro topnou a netopnou sezonu, lze konstatovat následující: během topné sezony byly nejvyšší koncentrace PM_{2,5} na stanici Uhelná zaznamenány při severním až severovýchodním větru o rychlosti 1–3 m·s⁻¹. V netopné sezoně jsou na stanici Uhelná nejvyšší koncentrace měřeny při jižním větru o rychlosti 2–3 m·s⁻¹.



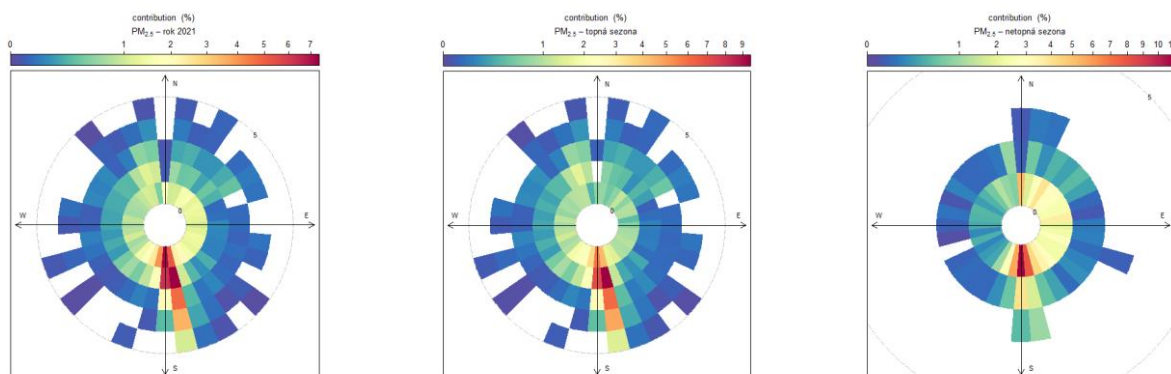
Obr. 16 Polární graf PM_{2,5} pro stanici Uhelná pro rok 2021 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2021

Z anulárních růžic (Obr. 17) lze usuzovat i na roční, denní a týdenní chod koncentrací $PM_{2,5}$ na stanici Uhelná. V roce 2021 byly na stanici zaznamenány nejvyšší koncentrace během listopadu, především při severním až východním proudění. Vyšší koncentrace byly zaznamenány i na začátku roku při proudění téměř ze všech směrů (Obr. 17, nahoře). Nejvyšší průměrné hodinové koncentrace byly zaznamenány v odpoledních až nočních hodinách. Podrobnější analýza opírající se o rozdělení roku na topnou a netopnou sezonu potvrzuje, že k výskytu nejvyšších koncentrací docházelo v topné sezoně, a to v odpoledních až nočních hodinách při severním až severovýchodním proudění (Obr. 17, uprostřed); z hlediska týdenního chodu byly nejvyšší koncentrace zaznamenány o víkendech, v topné sezoně byly logicky zaznamenány vyšší hodnoty koncentrací (Obr. 17, dole).



Obr. 17 Anulární růžice $PM_{2,5}$ pro stanici Uhelná pro roční (vlevo), denní (uprostřed) a týdenní (vpravo) chod v roce 2021

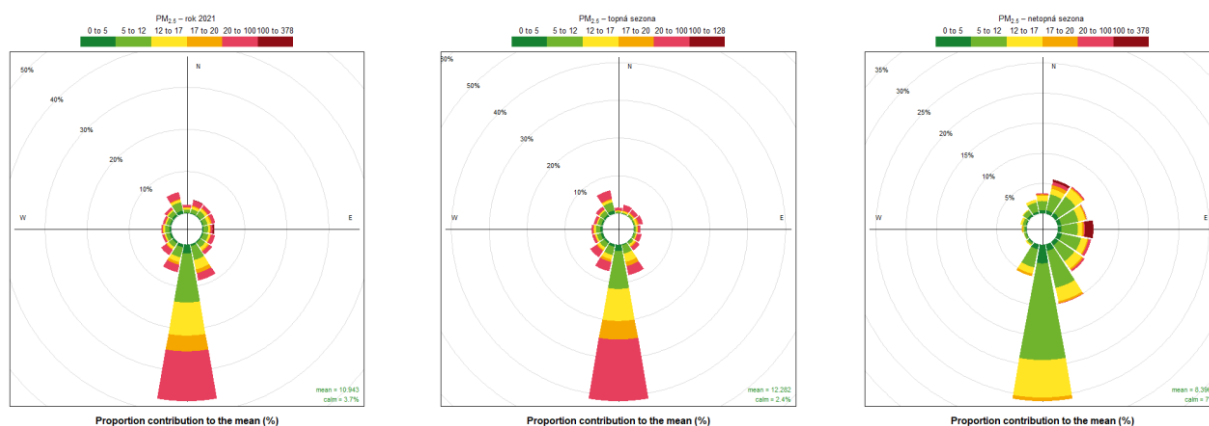
Na základě **vážené koncentrační růžice** (Obr. 18) lze konstatovat, že k celkové průměrné roční koncentraci $PM_{2,5}$ na stanici Uhelná relativně nejvíce přispívají koncentrace měřeny při jižním jižním a jiho-jihovýchodním větru o rychlosti do $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V topné sezoně lze situaci charakterizovat velice podobně. V netopné sezoně k průměrné koncentraci relativně nejvíce přispívají koncentrace měřeny při jižním a jiho-jihovýchodním větru o rychlosti do $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, významnější podíl je zaznamenán i pro koncentrace měřené při severním až jihovýchodním větru do $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Průměrné koncentrace z jižního a jihovýchodního sektoru jsou sice nižší než ze severního až severovýchodního sektoru (Obr. 16), ale vzhledem k převažujícímu proudění (Obr. 2) tvoří koncentrace z jižního, jihovýchodního a jihozápadního směru nakonec větší podíl na roční průměrné koncentraci na stanici Uhelná ve srovnání s méně častými nejvyššími koncentracemi měřenými při severním až východním proudění.



Obr. 18 Vážená koncentrační růžice $PM_{2,5}$ pro stanici Uhelná pro rok 2021 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2021

S využitím **koncentračních růžic** (Obr. 19) lze lépe kvantifikovat výše uvedené: k průměrné roční koncentraci $PM_{2,5}$ měřené na stanici Uhelná nejvíce přispívají koncentrace zaznamenané při jižním, jiho-jihozápadním a jiho-jihovýchodním větru, a to cca 53 %, v topné sezoně cca 58 % a v netopné sezoně cca 43 %. Koncentrace zaznamenané při severním až východo-severovýchodním proudění tj. v průměru nejvyšší ale méně časté koncentrace (Obr. 16), přispívají k průměrné roční koncentraci $PM_{2,5}$ cca 13 %, v topné sezoně cca 9 % a v netopné cca 22 %.

Koncentrace $PM_{2,5}$ zaznamenané při severozápadních až severovýchodních směrech, tj. směrech, ve kterých se rozkládá lom Turów vzhledem k pozici stanice Uhelná (Obr. 1), přispívají k průměrné roční koncentraci na stanici Uhelná cca 18 %, v topné sezoně cca 16 % a v netopné sezoně cca 21 %.



Obr. 19 Koncentrační růžice $PM_{2,5}$ pro stanici Uhelná pro rok 2021 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2021

VI. Poměry koncentrací PM_{2,5}/PM₁₀

V kapitolách výše byly odděleně hodnoceny celkové koncentrace PM₁₀ a PM_{2,5}. Důležitou informaci ohledně možného zdroje znečištění lze získat z poměrů koncentrací PM_{2,5}/PM₁₀. Použijeme přitom zjednodušený, ale poměrně dobře platný předpoklad, že všechny sekundární aerosolové částice jsou menší než 2,5 μm a jejich podíl v PM_{2,5} označíme jako R_{SA} . Celkovou koncentraci primárních částic menších než 2,5 (10) μm označme $PRM_{2,5}$ (PRM_{10}). Naměřené koncentrace PM_{2,5} a PM₁₀ lze vyjádřit jako součet primárních a sekundárních částic a pro jejich podíl pak platí

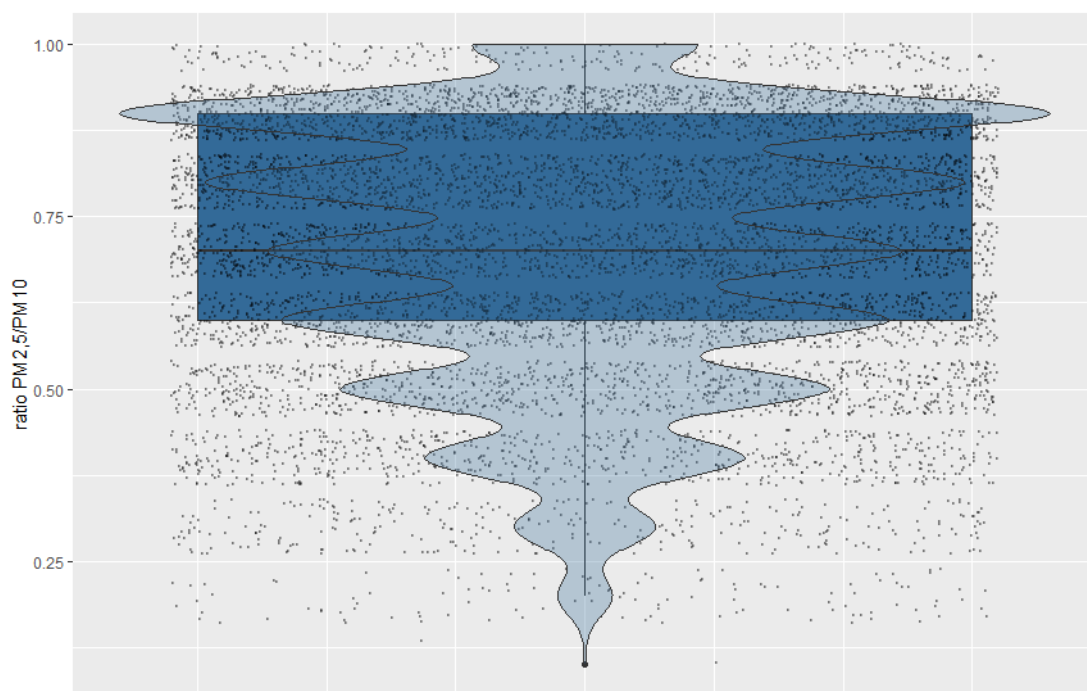
$$\frac{PM_{2,5}}{PM_{10}} = \frac{PRM_{2,5} + PM_{2,5} \cdot R_{SA}}{PRM_{10} + PM_{2,5} \cdot R_{SA}} = \frac{PRM_{2,5} + \frac{PRM_{2,5}}{(1-R_{SA})} \cdot R_{SA}}{PRM_{10} + \frac{PRM_{2,5}}{(1-R_{SA})} \cdot R_{SA}} = \frac{PRM_{2,5/10} + \frac{R_{SA}}{(1-R_{SA})} \cdot PRM_{2,5/10}}{1 + \frac{R_{SA}}{(1-R_{SA})} \cdot PRM_{2,5/10}}, \quad (1)$$

kde $PRM_{2,5/10}$ představuje poměr primárních částic v obou frakcích. Podle emisních inventur je převládajícím zdrojem emisí primárních částic v dané oblasti důlní činnost a lokální vytápění. Z emisních faktorů Tier 1 pro kategorii zdrojů 1.B.1.a (EEA 2019) vyplývá, že poměr PM_{2,5}/PM₁₀ v emisích primárních částic z uhelných dolů činí 0,12. Celorepublikový průměr tohoto poměru v emisích z lokálního vytápění domácností je pro tuhá paliva cca 0,98. Za těchto předpokladů lze vypočítat *orientační* poměry PM_{2,5}/PM₁₀ pro případy, kdy by všechny primární částice pocházely pouze z uhelného dolu nebo z vytápění domácností (Tab. 2). Podíly R_{SA} sekundárních aerosolů na celkové koncentraci použité v tabulce Tab. 2 odpovídají hodnotám, které lze dle dostupných měření reálně očekávat (viz např. Vlček a Corbet 2011). Je samozřejmě třeba zmínit, že samotný nízký poměr PM_{2,5}/PM₁₀ neznamena automaticky vliv dolu, ale může být způsoben např. vlivem polních prací a podobně.

Tabulka 2 Poměry PM_{2,5}/PM₁₀ pro různé hodnoty R_{SA} pro případy, kdy by všechny primární částice pocházely pouze z uhelného dolu ($PRM_{2,5/10} = 0,12$) nebo vytápění domácností ($PRM_{2,5/10} = 0,98$)

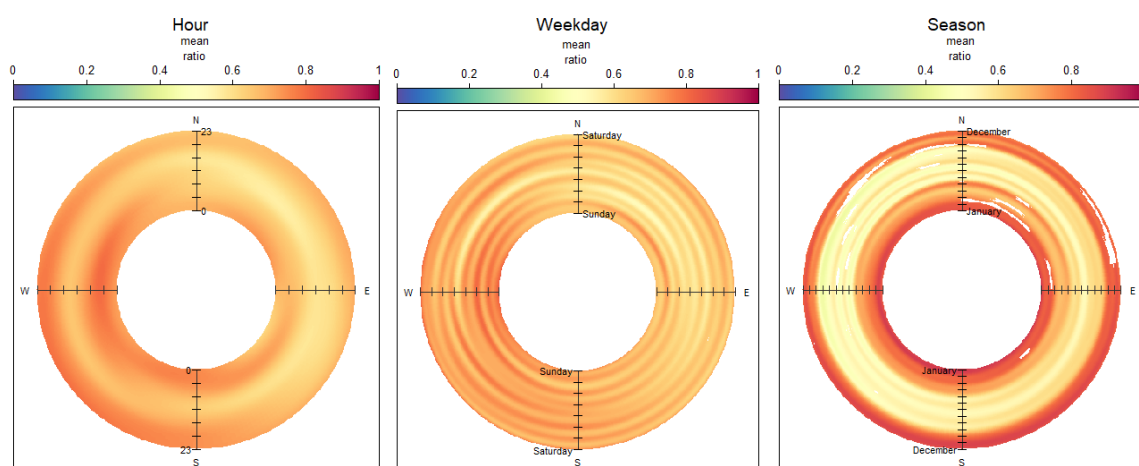
R_{SA}		$PRM_{2,5/10}$	
		0,98	0,12
	0,33	0,99	0,17
	0,50	0,99	0,21
	0,66	0,99	0,29

Hodnota ročního mediánu a průměru poměru PM_{2,5}/PM₁₀ na stanici Uhelná je 0,7. Interkvartilní rozsah je mezi 0,6 a 0,9, což ukazuje na vysoké procento naměřených jemných částic. Ačkoli existuje značná odchylka směrem k menším poměrům, houslový boxplot ukazuje, že největší množství pozorování bylo zjištěno nad 0,5 s významnou částí dat kolem 0,9. Toto indikuje, že nejširší rozsah koncentrací na stanici Uhelná může být dominantně ovlivněn jinými emisními zdroji, s větším obsahem jemných částic než uhelným dolem.



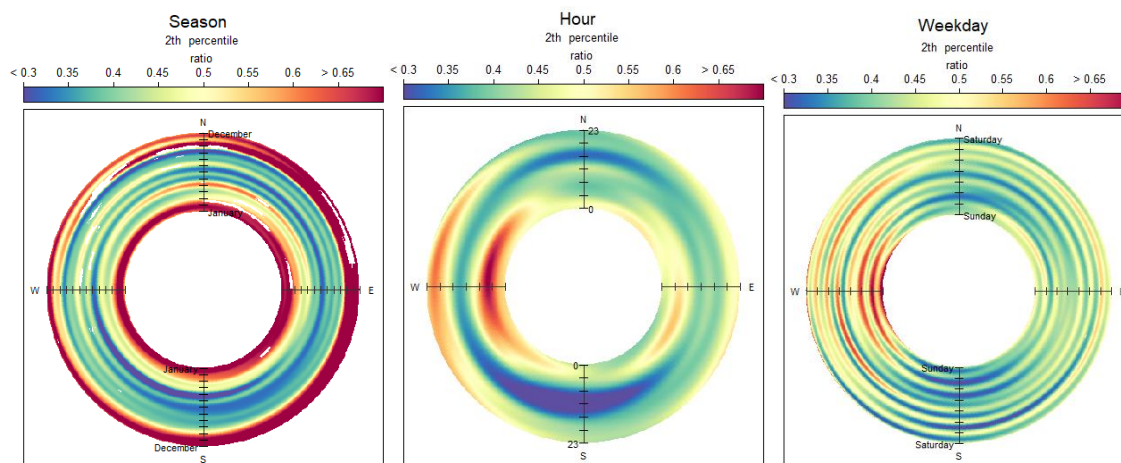
Obr. 20 Houslový boxplot poměrů $PM_{2,5}/PM_{10}$ na stanici Uhelná, 2021. Obdélník vyznačuje rozsah spodního a horního kvartilu, horizontální čára v něm pak medián. Světlou barvou je znázorněna hustota rozložení poměrů. Tečky odpovídají individuálním hodnotám.

Jak se dalo očekávat, nejvyšší poměry se vyskytují během topné sezóny, zejména od ledna do dubna a od listopadu do prosince. Hodinové a týdenní grafy anulárních růžic naznačují, že nejnižší průměrné poměry $PM_{2,5}/PM_{10}$ (mezi 0,5 a 0,6) lze nalézt při severovýchodním/východním směru větru v denních hodinách (zejména odpoledne) a během pracovního týdne (Obr. 21).

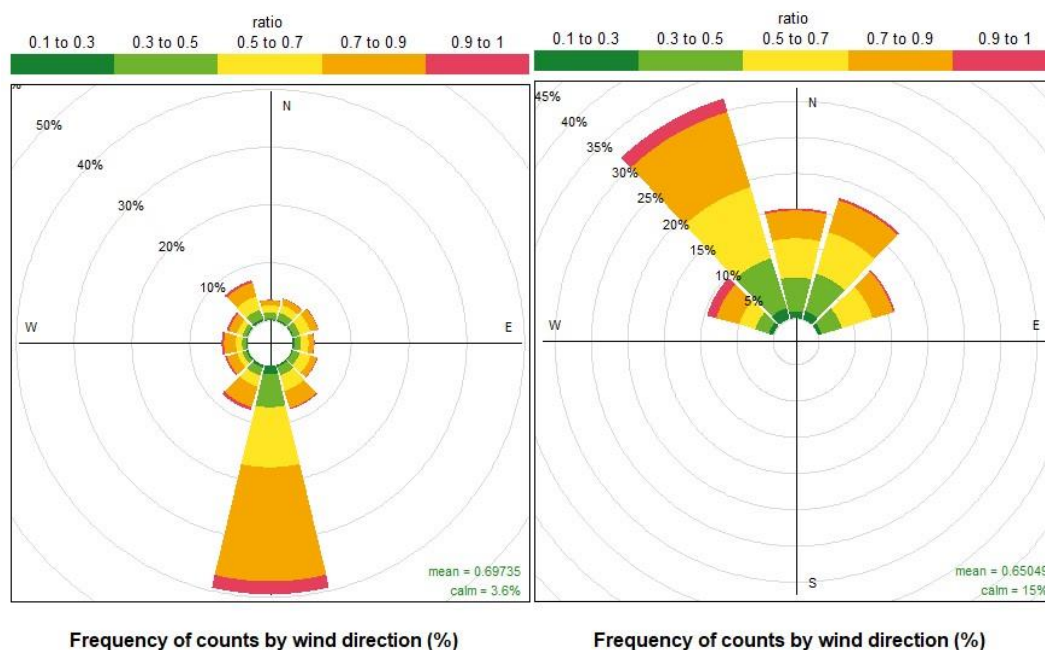


Obr. 21 Anulární růžice poměrů $PM_{2,5}/PM_{10}$ pro stanici Uhelná pro roční (vlevo), denní (uprostřed) a týdenní (vpravo) chod v roce 2021

Pro představu, jaká je přibližně spodní hranice poměru $PM_{2,5}/PM_{10}$ v závislosti na směru proudění, je na obrázku Obr. 22 vykreslen jejich 2. percentil (nebylo vykresleno minimum, aby nedošlo ke zkreslení odlehlými hodnotami). Nejnižší poměry pod 0,35 se vyskytují při jižním větru mezi 8:00 a 16:00, během května, a to v pondělí, úterý a pátek. Naopak při severním proudění se nejnižší hodnoty vyskytují v průběhu července a října, kolem 16:00, zejména v pondělí a ve středu.



Obr. 22 Anulární růžice 2. percentilu poměru $PM_{2,5}/PM_{10}$ pro stanici Uhelná pro roční (vlevo), denní (uprostřed) a týdenní (vpravo) chod v roce 2021

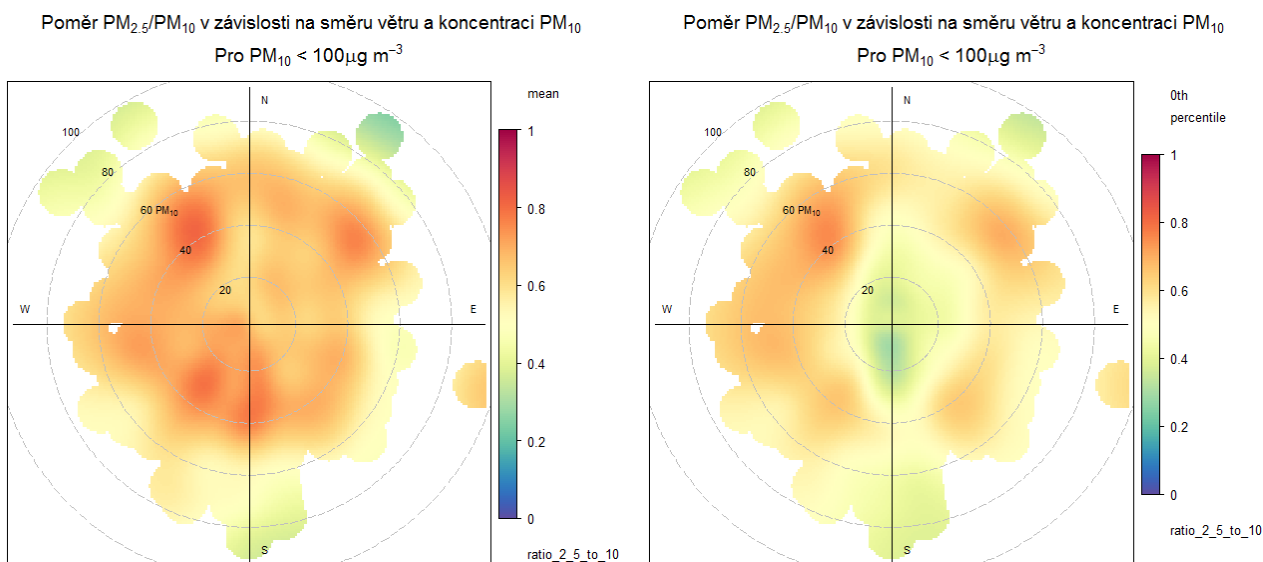


Obr. 23 Růžice poměrů $PM_{2,5}/PM_{10}$ pro stanici Uhelná pro celý rok (vlevo) a pro případy proudění ze severních směrů (vpravo), 2021

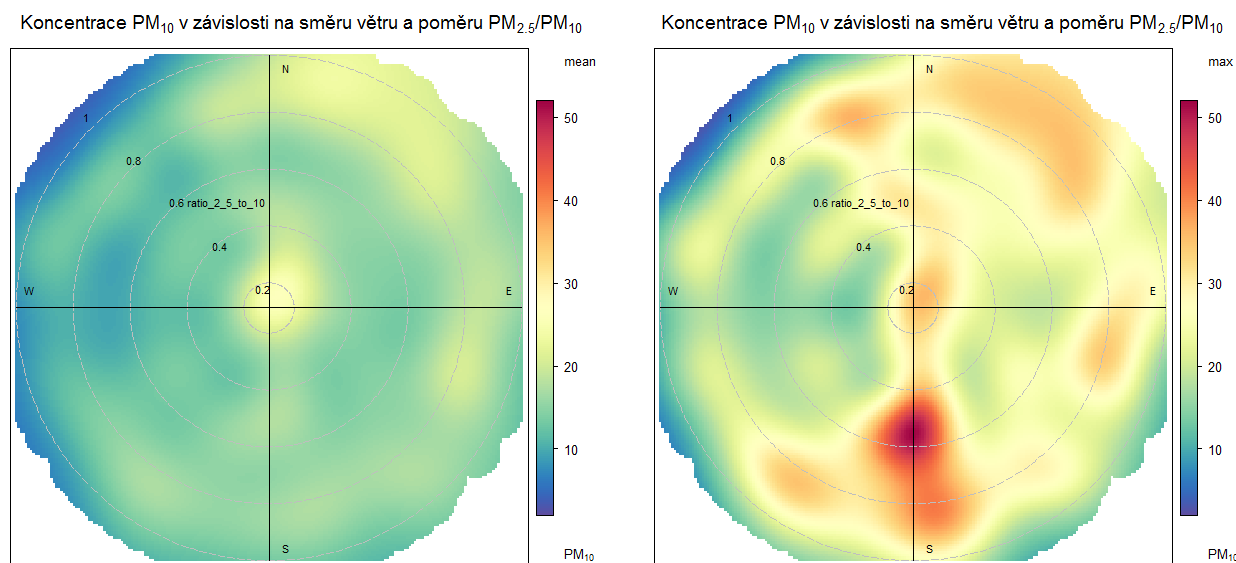
Na základě růžic podle frekvence směru větru (Obr. 23) lze konstatovat velmi malý podíl nízkých poměrů při severním proudění (levý graf), s hodnotami mezi 0,2 a 2 %. Po filtrování dat pro severní proudění (pravý graf) je patrné, že ve velké většině případů poměr $PM_{2,5}/PM_{10}$ překračuje 0,5. Ze 144 hodin, kdy vítr vanul ze severu a poměr $PM_{2,5}/PM_{10}$ byl zároveň nižší nebo roven 0,3, přesáhla koncentrace PM_{10} hodnotu $50 \mu g \cdot m^{-3}$ pouze ve 25 % případů a v polovině případů se pohybovala mezi 15 a $50 \mu g \cdot m^{-3}$, což poukazuje na celkově nízké koncentrace PM_{10} za situací, kdy by bylo možné očekávat dominantní vliv dolu Turów.

Na Obr. 24 a Obr. 25 jsou pak dány do souvislosti měřené koncentrace PM_{10} a poměry $PM_{2,5}/PM_{10}$ v závislosti na směru větru. Při vykreslování Obr. 24 přitom bylo vynecháno 11 odlehlých hodnot, kdy průměrná 1h koncentrace PM_{10} přesáhla $100 \mu g \cdot m^{-3}$, aby v důsledku interpolace hodnot nedošlo ke zkreslení grafu. Z Obr. 24 vyplývá, že průměrná hodnota poměru se při 1h koncentracích PM_{10} pod $60 \mu g \cdot m^{-3}$ pohybuje v rozmezí 0,5–0,8. I při pohledu na minimální zaznamenané hodnoty poměru $PM_{2,5}/PM_{10}$ (Obr. 24 vpravo) lze říci, že při 1h koncentracích PM_{10} nad cca $35 \mu g \cdot m^{-3}$ poměr neklesá pod hodnotu 0,5. Výjimkou je malý počet případů 1h koncentrací PM_{10} nad cca $80 \mu g \cdot m^{-3}$ naměřených při jižním, severozápadním a severovýchodním proudění, kdy se hodnota poměru pohybovala kolem nebo lehce pod 0,4. Nejnížší hodnoty poměru $PM_{2,5}/PM_{10}$ jsou zaznamenány při 1h koncentracích PM_{10} pod cca $30 \mu g \cdot m^{-3}$ a zejména při jižním proudění. Z uvedeného lze odhadovat, že v případech, kdy není možné vyloučit dominantní vliv dolu (nízký poměr a severozápadní až severovýchodní proudění), jsou měřené koncentrace buď relativně nízké, nebo jde o ojedinělé případy vysokých koncentrací.

Z Obr. 25 vlevo je pak patrné, že nejvyšší průměrné koncentrace PM_{10} (kolem $25 \mu g \cdot m^{-3}$) nastávají zejména při proudění ze severního až východního směru a hodnotách poměru $PM_{2,5}/PM_{10}$ kolem 0,9, nebo při jihovýchodním až jihozápadním proudění a hodnotách poměru 0,5–0,9 a dále při velmi nízkých hodnotách poměru $PM_{2,5}/PM_{10}$ a proudění ze severovýchodu. Maximální 1h koncentrace (cca do $40 \mu g \cdot m^{-3}$; Obr. 25 vpravo) jsou pak při proudění ze severovýchodního kvadrantu spojeny s poměrem $PM_{2,5}/PM_{10}$ kolem 0,9, což ukazuje spíše na vliv lokálního vytápění (nebo jiného zdroje s velkým podílem jemné frakce). Zajímavá je oblast vyšších maximálních koncentrací při proudění ze severního až severo-severozápadního směru, které se vyskytují ve všech hodnotách poměru $PM_{2,5}/PM_{10}$. Tam nelze vliv lomu vyloučit, ale 1h koncentrace PM_{10} nepřekračují cca $35 \mu g \cdot m^{-3}$. Nicméně úplně nejvyšší 1h koncentrace PM_{10} jsou spojeny s prouděním z jihu a poměrem PM 0,6–0,8.



Obr. 24 Polární graf průměru (vlevo) a minima (vpravo) poměru $PM_{2.5}/PM_{10}$ v závislosti na směru větru a průměrné 1h koncentraci PM_{10} měřené na stanici Uhelná v roce 2021. Vyloučeno bylo 11 odledlých hodnot, v nichž 1h průměr PM_{10} přesáhl $100 \mu g \cdot m^{-3}$.



Obr. 25 Polární graf průměrné (vlevo) a maximální (vpravo) koncentrace PM_{10} v závislosti na směru větru a poměru $PM_{2.5}/PM_{10}$ na stanici Uhelná v roce 2021

I když tedy nelze vyloučit určitý vliv emisí z uhelného lomu, na základě výsledků lze usoudit, že významnější příspěvek mají jiné zdroje. Toto dokládá poměr $PM_{2.5}/PM_{10}$, který je zpravidla výrazně vyšší, než by tomu bylo za situace, kdy by byl uhelný důl hlavním zdrojem primárních PM (tj. hodnota poměru cca pod 0,3).

VII. Měření koncentrací suspendovaných částic PM₁₀ v Polsku

V roce 2021 bylo provedeno měření koncentrací suspendovaných částic PM₁₀ na deseti místech v Polsku v okolí lomu Turów³. Nicméně v každém bodě byla provedena pouze dvě 24hodinová měření suspendovaných částic PM₁₀, a to v období 25. 5. – 13. 6. 2021.

24hodinové průměrné koncentrace PM₁₀ dosáhly v rámci těchto měření hodnot v rozmezí 6–61 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Z 20 získaných hodnot bylo překročení hodnoty 24hod. imisního limitu (50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) zaznamenáno 2× (55 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v Zatonie, v severovýchodním směru od lomu Turów a 61 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v Opolno Zdrój, na jihozápadě v blízkosti lomu). V ostatních případech k překročení hodnoty 24hod. imisního limitu nedošlo.

Nicméně je třeba si uvědomit a zdůraznit, že se jedná o měření pro velice krátký časový úsek (2 dny na každém měřicí bodě) s absencí přesnější lokalizace a charakteristiky umístění měřicího zařízení a s absencí měření doprovodných meteorologických prvků. Vzhledem k tomu, že se jedná o měření pro velice krátký časový úsek, nelze z těchto dat hodnotit plnění imisního limitu pro průměrnou 24hodinovou a pro průměrnou roční koncentraci PM₁₀.

Překročení hodnoty imisního limitu jakožto i rovnocenně výskyt koncentrací pod hodnotou limitu může být náhodný a bez dat a výše zmíněných chybějících údajů pro delší časový úsek nelze výsledky z měření na území Polska blíže a kvalitně komentovat.

³ Měření koncentrace částic PM₁₀ byla provedena v rámci akreditace zkušebny č. AB 1058 vydané Polským akreditačním centrem (Polskie Centrum Akredytacji) dle normy PN-EN 12341:2014-7.

VIII. Závěr

Stanice Uhelná je umístěna v Libereckém kraji, na okraji obce Uhelná cca 2 km jižně od jižního okraje lomu Turów. Na stanici Uhelná převažuje vítr z jižního směru. **Z hlediska celého roku 2021 i topné a netopné sezony došlo k výskytu jižního, jiho-jihovýchodního a jiho-jihozápadního větru ve více než 50 % případů.**

V této zprávě jsou vyhodnoceny koncentrace suspendovaných částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ naměřené na stanici Uhelná za období od 1. 1. 2021 do 31. 12. 2021. **Veškeré časové údaje v této zprávě jsou uvedeny v UTC.**

Průměrná roční koncentrace PM_{10} o hodnotě $15,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na stanici Uhelná nepřekročila v roce 2021 svůj roční imisní limit ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Průměrná roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ o hodnotě $11,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na stanici Uhelná nepřekročila v roce 2021 svůj roční imisní limit ($20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Hodnota 24hodinového imisního limitu $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla na stanici Uhelná v roce 2021 překročena 4×, a to 24. 2. 2021 ($53,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 25. 2. 2021 ($58,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 1. 4. 2021 ($73,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a 15. 11. 2021 ($52,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Vzhledem k povolenému počtu překročení hodnoty 24hodinového imisního limitu (35× v kalendářním roce) **nedošlo na stanici Uhelná k překročení 24hodinového imisního limitu pro PM_{10} .**

Překročení hodnoty 24hodinového imisního limitu 24. 2. 2021 a 25. 2. 2021 bylo způsobeno nepříznivými meteorologickými a rozptylovými podmínkami v kombinaci s přenosem částic z oblasti Sahary. Překročení dne 1. 4. 2021 bylo způsobeno místním ovlivněním, překročení dne 15. 11. 2021 bylo způsobeno kombinací místního ovlivnění a výskytem nepříznivých meteorologických a rozptylových podmínek. Vzhledem k převládajícímu směru proudění lze předpokládat minimální nebo žádný vliv emisí z lomu na navýšení koncentrací v těchto dnech.

V roce 2021 byly **v rámci Libereckého kraje koncentrace suspendovaných částic PM_{10} měřeny na šesti stanicích** (s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení) a koncentrace suspendovaných částic $\text{PM}_{2,5}$ **měřeny na třech stanicích** (s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení).

V rámci těchto šesti stanic byla na stanici Uhelná naměřena 3. nejnižší koncentrace PM_{10} o hodnotě $15,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. K nejvyššímu počtu překročení hodnoty 24hodinového imisního limitu došlo na stanicích Radimovice a Uhelná (čtyři překročení hodnoty 24hod. limitu, obě stanice jsou klasifikovány jako venkovské). Na stanici Uhelná byla naměřena koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ o hodnotě $11 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. **prostřední hodnota ze tří stanic v Libereckém kraji.**

Z hodnocení koncentrací suspendovaných částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ v závislosti na rychlosti a směru větru vyplývá, že v průměru byly **nejvyšší koncentrace v roce 2021 na stanici Uhelná zaznamenány při proudění ze severního až východo-severovýchodního směru** o rychlosti o rychlosti větru $2\text{--}3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, vyšší koncentrace se objevují i při jiho-jihovýchodním větru o rychlosti $4\text{--}5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace zaznamenané při proudění ze severního až východo-severovýchodního směru nemusí být způsobeny těžební činností, ale velice pravděpodobně pocházejí z lokálního vytápění z okolních malých sídel (Bogatynia, Opolno-Zdrój, Jasna Góra) lokalizovaných severovýchodně od stanice Uhelná. To potvrzuje i rozložení koncentrací $\text{PM}_{2,5}$ v topné a netopné sezoně. K výskytu nejvyšších koncentrací docházelo v topné sezoně, a to v odpoledních až nočních hodinách při severním až severovýchodním proudění. V netopné sezoně jsou na stanici Uhelná nejvyšší koncentrace měřeny při jižním až jiho-jihovýchodním větru o rychlosti $2\text{--}3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

K průměrným ročním koncentracím PM_{10} a $PM_{2,5}$ měřených na stanici Uhelná **nejvíce přispívají koncentrace zaznamenané při jižním, jiho-jihozápadním a jiho-jihovýchodním větru, a to více než 50 %, v topné sezoně více než 55 % a v netopné sezoně více než 40 %. V průměru nejvyšší ale méně časté koncentrace zaznamenané při severním až východo-severovýchodním proudění přispívají k průměrné roční koncentraci PM_{10} a $PM_{2,5}$ cca 13 %, v topné sezoně cca 9 % a v netopné cca 22 %.**

Koncentrace PM_{10} zaznamenané **při severozápadních až severovýchodních směrech, tj. směrech, ve kterých se rozkládá lom Turów vzhledem k pozici stanice Uhelná (Obr. 1), přispívají k průměrné roční koncentraci na stanici Uhelná cca 19 %, v topné sezoně cca 18 % a v netopné sezoně cca 22 %.**

Koncentrace $PM_{2,5}$ zaznamenané **při severozápadních až severovýchodních směrech, tj. směrech, ve kterých se rozkládá lom Turów vzhledem k pozici stanice Uhelná (Obr. 1), přispívají k průměrné roční koncentraci na stanici Uhelná cca 18 %, v topné sezoně cca 16 % a v netopné sezoně cca 21 %.**

I když nelze vyloučit určitý vliv emisí z uhelného lomu, **analýza poměru koncentrací $PM_{2,5}/PM_{10}$ rovněž potvrzuje, že významnější příspěvek ke koncentracím měřených na stanici Uhelná mají zpravidla jiné zdroje.** Pokud by byl lom dominantním zdrojem primárních částic ve frakci PM_{10} i $PM_{2,5}$ nepřekročil by pravděpodobně poměr $PM_{2,5}/PM_{10}$ hodnotu 0,3. Toto dokládá poměr koncentrací. Nicméně analýzy naznačují, že průměrný poměr při severním proudění je zpravidla vyšší než 0,5.

Literatura

Brzezina, J., 2019. Vizualizace a grafy používané k hodnocení kvality ovzduší – jak je interpretovat. [online]. [cit. 28. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <https://chmibrno.org/blog/2019/04/22/vizualizace-a-grafy-pouzivane-k-hodnoceni-kvality-ovzdusi-jak-je-interpretovat/#intro>.

Carslaw, D.C., 2012. The openair manual—open-source tools for analysing air pollution data. Manual for version 0.6-0, King's College London. [online]. [cit. 28. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <https://davidcarslaw.com/files/openairmanual.pdf>.

Česká meteorologická společnost [online]: Elektronický meteorologický slovník (eMS) [cit. 21. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <http://slovník.cmes.cz>.

ČHMÚ 2021a. Kvalita ovzduší na území České republiky v roce 2021. Předběžné zhodnocení, I. část. [online]. [cit. 28. 2. 2022]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/zpravy/21_RZ_FINAL.pdf.

ČHMÚ 2021b. Kvalita ovzduší na území České republiky. Listopad 2021. [online]. [cit. 28. 2. 2022]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes_zpravy/LISTOPAD_2021.pdf.

EEA, 2013. Every breath we take. Improving air quality in Europe. Copenhagen: EEA. [online]. [cit. 21. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <http://www.eea.europa.eu/publications/eea-signals-2013>.

EMEP/EEA, 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Report No 13/2019. [online]. [cit. 28. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>.

IARC, 2015. IARC monographs on the evaluation of carcino-genic risks to humans: „Outdoor air pollution“, Vol. 109. A re-view of human carcinogens. Lyon, France – 2015. [online]. [cit. 21. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol109/mono109.pdf>.

Keder 2014. Detekce fugitivních emisí z povrchových uhelných lomů. Konference Těžba a její dopady na životní prostředí V, 2. 4. – 3. 4. 2014, Ostrava. [online]. [cit. 28. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <http://www.ekomonitor.cz/seminare/2014-04-02-tezba-a-jeji-dopady-na-zivotni-prostredi-v#hlavni>.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Vlček, O. a Corbet L., 2011. Porovnání výstupů eulerovského modelu CAMx s měřeními ze staniční sítě ČR – část 1: aerosoly. Meteorologické zprávy, Vol. 64, No. 5, p. 142–151. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casmz/ke_stazeni_download.html

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: Sbírka zákonů. 13. června 2012. ISSN 1211-1244.