



ČESKÝ
HYDROMETEOROLOGICKÝ
ÚSTAV

MĚŘENÍ KVALITY OVZDUŠÍ BĚHEM AKCE IGNIS BRUNENSIS 2016

ODBORNÁ ZPRÁVA



Datum: 30. 9. 2016
Pracoviště: Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno
Zpracoval: Mgr. Robert Skeřil, Ph.D., Mgr. Šárka Antošová
Místo: Brno

ÚDAJE O ZAKÁZCE

Zhotovitel:

Český hydrometeorologický ústav
zastoupen Ing. Václavem Dvořákem, Ph.D., ředitelem ČHMÚ
sídlo: Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4
IČ: 00020699
DIČ: CZ00020699, není plátce DPH
<http://www.chmi.cz/>

Ve věcech smluvních je oprávněn jednat: RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc., ředitel pobočky Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno

Ve věcech technických je oprávněn jednat: Mgr. Robert Skeřil, Ph.D., vedoucí oddělení ochrany čistoty ovzduší, tel: 541 421 046, e-mail: robert.skeril@chmi.cz

Objednatel:

Statutární město Brno
zastoupen: Ing. Martinem Vaněčkem, vedoucím odboru životního prostředí
sídlo: Dominikánské nám. 1, 601 67 Brno
IČ: 44992785
DIČ: CZ44992785
kontaktní osoba: Markéta Durnová, tel.: 542 174 558, e-mail: marketa.durnova@brno.cz

Zpracovatelé:

Mgr. Robert Skeřil, Ph.D.
Mgr. Štěpán Rychlík, Ph.D.
Dr. Gražyna Knozová
Mgr. Šárka Antošová

| | |
|-----------------------|-------------|
| Datum předání zprávy: | 30. 9. 2016 |
| Počet výtisků: | 2 |
| Výtisk číslo: | 1 |

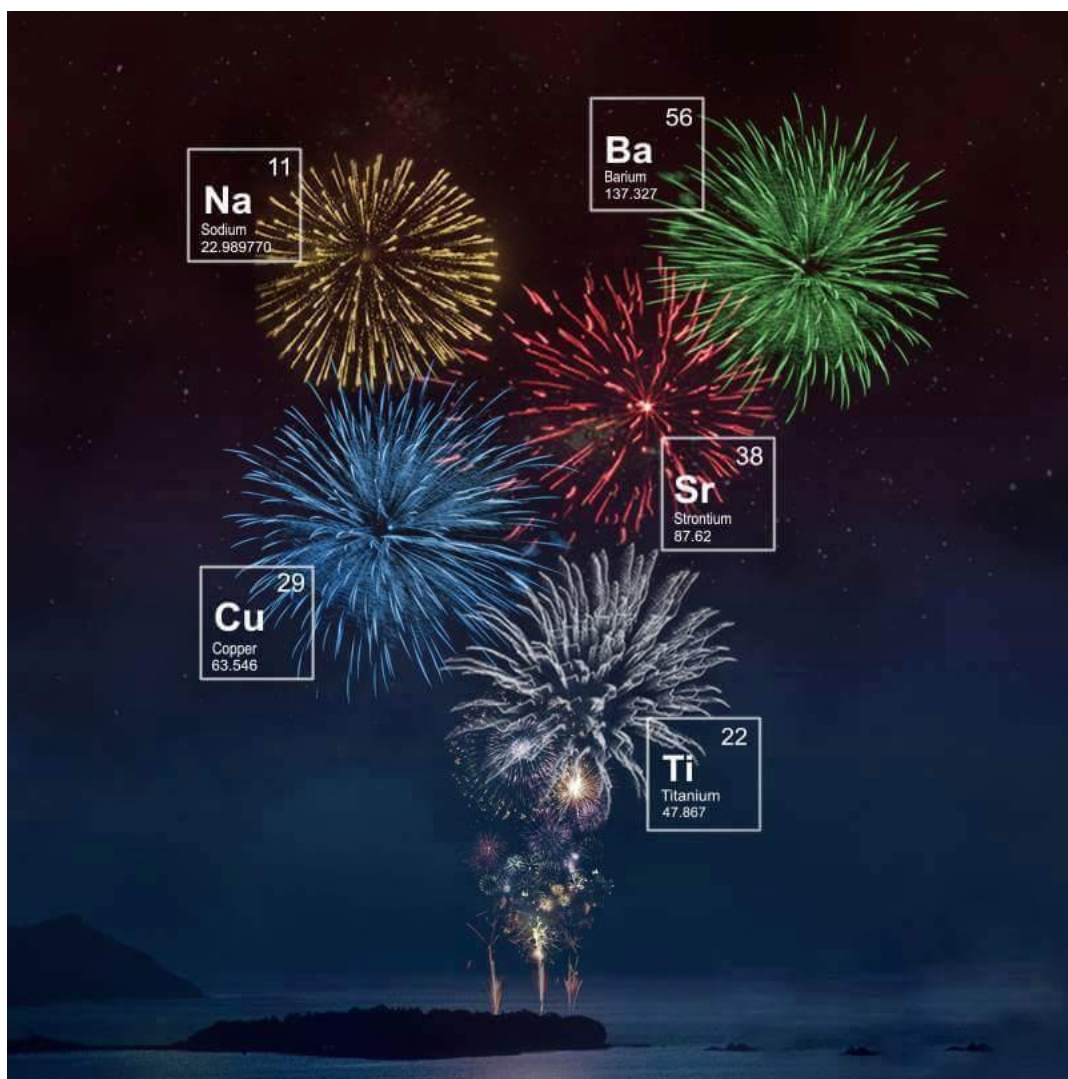
Obsah

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD | 3 |
| 2 | TECHNICKÉ PARAMETRY | 4 |
| 2.1 | LOKALITY MĚŘENÍ | 4 |
| 2.2 | MĚŘENÉ CHARAKTERISTIKY | 5 |
| 2.3 | POUŽITÁ DATA | 8 |
| 3 | METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY | 9 |
| 3.1 | PŘEHLED POČASÍ | 9 |
| 3.2 | KRÁTKODOBÉ CHARAKTERISTIKY METEOROLOGICKÝCH VELIČIN V DEN OHŇOSTROJŮ | 14 |
| 4 | VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ | 19 |
| 4.1 | SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM ₁₀ | 19 |
| 4.2 | TĚŽKÉ KOVY MAJÍCÍ IMISNÍ LIMIT | 22 |
| 4.3 | KONCENTRACE KOVŮ POUŽÍVANÝCH PRO ZABARVENÍ OHŇOSTROJŮ | 24 |
| 4.4 | KONCENTRACE PLYNNÝCH ŠKODLIVIN SO ₂ , NO-NO ₂ -NO _x A CO | 56 |
| 5 | ZÁVĚR | 59 |

1 Úvod

Měření kvality ovzduší proběhlo na popud rady města Brna ve dnech 3. – 16. 6. 2016 tak, aby byly zachyceny ohňostroje pro analýzy těžkých kovů a množství suspendovaných částic frakce PM₁₀ (ohňostroje dne 4. 6., 8. 6., 11. 6. a 15. 6.). Za tímto účelem byly vybrány 2 lokality, jedna ležící přímo v přístavišti a druhá ležící v areálu Lodních sportů Brno, nedaleko odpaliště na pontonu. Za umístěním byla snaha proměřit lokality s nejvyšší hustotou obyvatel – ať už v přístavišti, kam se sjíždí tisíce lidí na přehlídce ohňostrojů. Lokality nejsou směrem od přehrady stíněny zástavbou ani výrazněji ovlivněny dopravou.

Z hlediska jednotlivých škodlivin byly sledovány ty, které mají dle platné legislativy¹ imisní limit (PM₁₀, Pb, As, Ni, Cd), a z hlediska jednotlivých prvků také ty, které jsou pro ohňostroje charakteristické (zejména díky obarvení ohně – viz. Obr. 1) a dále pak škodliviny, které vykazaly během dnů, kdy ohňostroje probíhaly, velmi výrazný nárůst koncentrací.



Obr. 1 – Typické prvky pro obarvení ohně při ohňostrojích

¹ Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší

2 Technické parametry

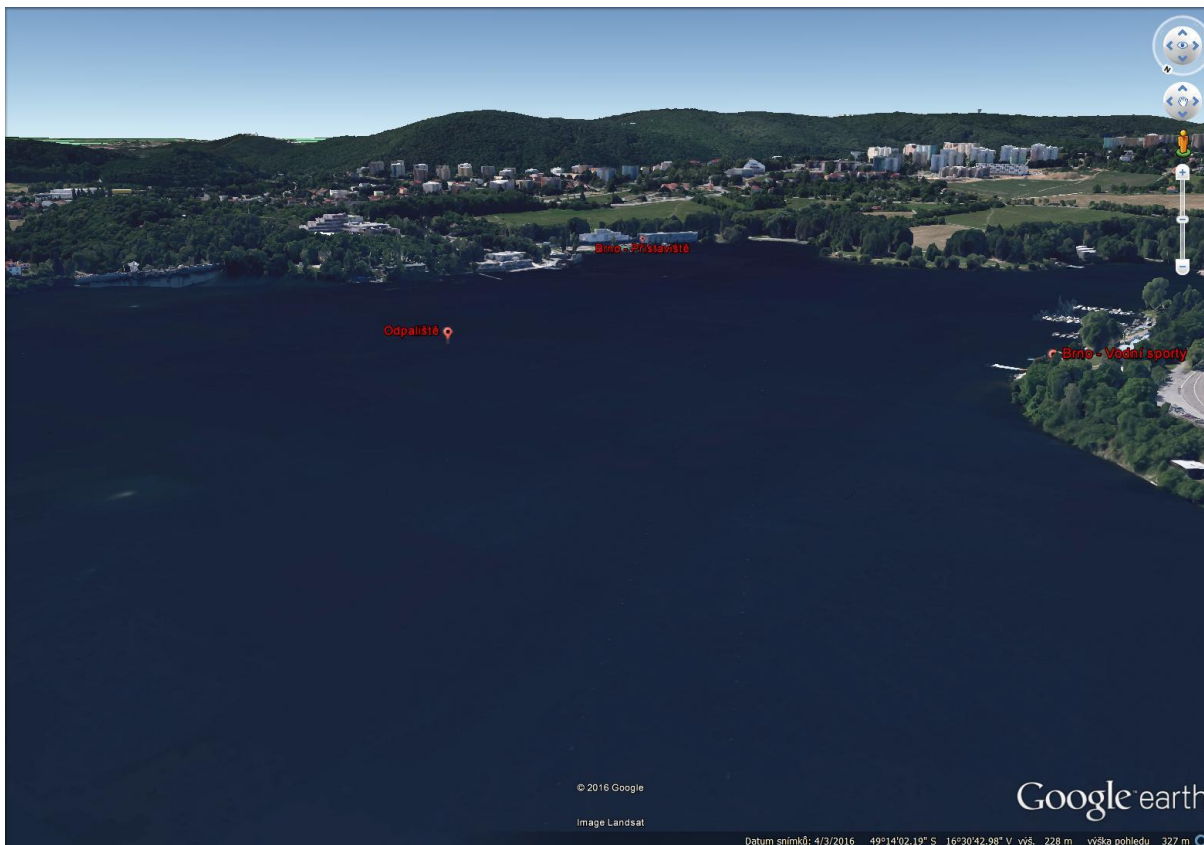
2.1 Lokality měření

Měření kvality ovzduší bylo měřeno na dvou lokalitách, jak již bylo zmíněno v úvodu:

- Brno – Přístaviště (GPS: 49°13'44.22"S; 16°30'58.88"V; 230 m n. m.)
- Brno – Lodní sporty (GPS: 49°13'55.8"S; 16°30'37.5"; 235 m n. m.)



Obr. 2 - Umístění lokalit měření kvality ovzduší – letecký pohled



Obr. 3 - Umístění lokalit měření kvality ovzduší – pohled se zahrnutím terénu

2.2 Měřené charakteristiky

2.2.1 Lokalita Brno – Přístaviště

V lokalitě Brno – Přístaviště byl instalován měřicí vůz Statutárního města Brna a probíhal odběr suspendovaných částic frakce PM_{10} (nízko objemový vzorkovač FH95 KF) pro jejich následnou prvkovou analýzu metodou ICP-MS. Měření a odběr probíhaly od 3. do 16. 6. 2016.

Měřené charakteristiky (metody měření):

1. Měřicí vůz Statutárního města Brna:
 - a. PM_{10} (radiometrická metoda)
 - b. NO-NO₂-NO_x (chemiluminiscence)
 - c. SO₂ (UV-fluorescence)
 - d. CO (IR korelační absorpční spektrometrie)
 - e. Meteorologické prvky: T, h, WD, WV
2. Vzorkovač FH95 KF (ČHMÚ):
 - a. PM_{10} (gravimetrická metoda, SOP č. T 21 AA-015 a T 21 AA-027)
 - b. Stanovení Ni, As, Cd a Pb (ICP-MS, SOP č. T 21 AA-005)
 - c. Stanovení dalších prvků (ICP-MS, není akreditováno)
 - d. Teplota



Obr. 4 - Lokalita Brno - Přístaviště – letecký snímek



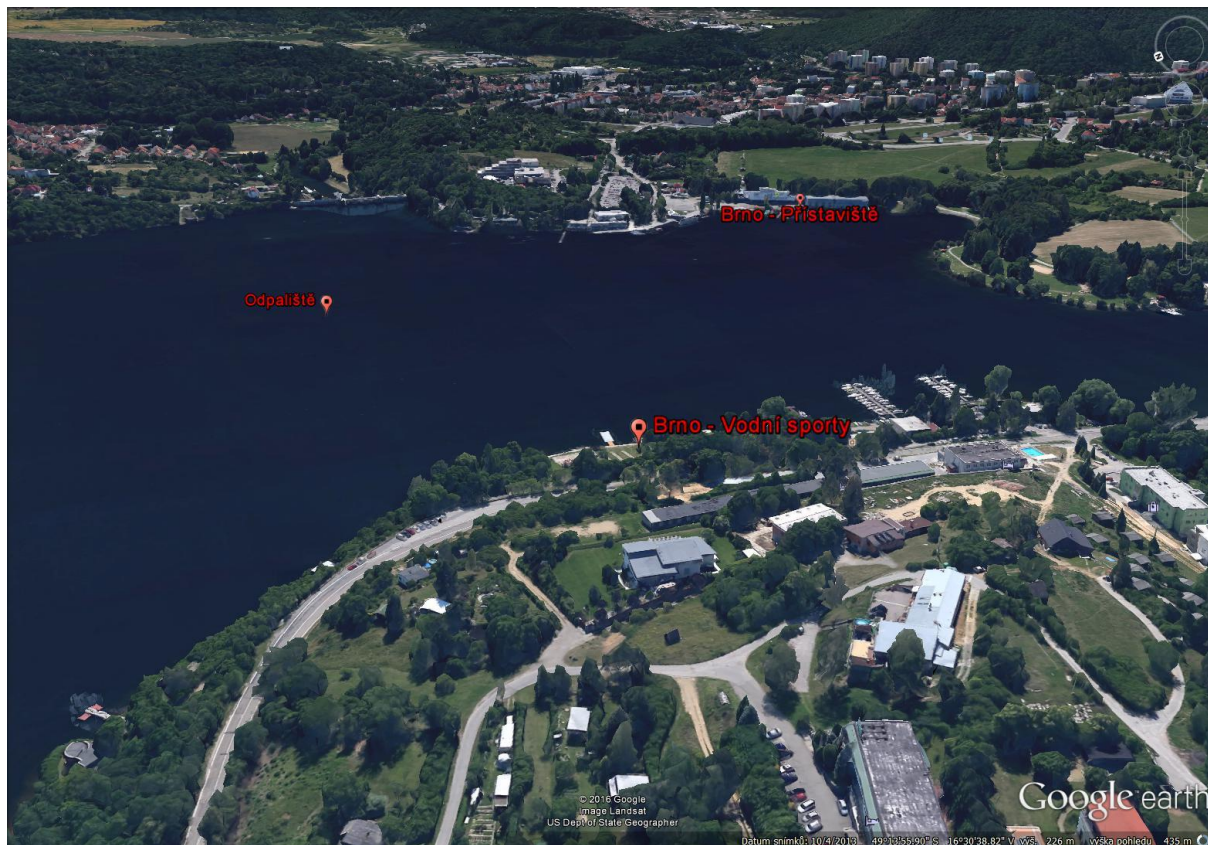
Obr. 5 – Lokalita Brno - Přístaviště – foto FH95 KF

2.2.2 Lokalita Brno – Lodní sporty

V lokalitě Brno – Lodní sporty probíhal pouze odběr PM_{10} pomocí sekvenčního vzorkovače PNS-LVS, po dobu 14 dní od 3. 6. 2015 do 16. 6. 2016.

Měřené charakteristiky (metody měření):

1. Vzorkovač PNS-LVS (ČHMÚ):
 - a. PM_{10} (gravimetrická metoda, SOP č. T 21 AA-015 a T 21 AA-027)
 - b. Teplota



Obr. 6 – Lokalita Brno – Bystrc (Kachlíkova) – letecký snímek



Obr. 7 - Lokalita Brno – Lodní sporty – foto <http://www.lodnisportybrno.cz/>

2.3 Použitá data

Pro vyhodnocení byla použita data Statutárního města Brna a Českého hydrometeorologického ústavu, která se mohou lišit stupněm kontroly kvality. Základní podmínku autorizace pro měření imisí od MŽP splňují obě organizace. Dále jsou již patrné rozdíly v QA/QC. Český hydrometeorologický ústav je akreditován dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 jako zkušební laboratoř č. 1460. Dle této normy jsou akreditovány odběry i zkoušky pro škodliviny měřené ze zákona a hodnocené v rámci této studie (PM_{10} , As, Cd, Ni a Pb). V případě laboratorních analýz je kromě návaznosti na certifikovaný referenční materiál zajištěna QA/QC mimo jiné i mezilaboratorním porovnáním. Informace o rozsahu akreditace je možné najít na stránkách Českého institutu pro akreditaci (www.cai.cz).

3 Meteorologické podmínky

3.1 Přehled počasí

Pátek 3. 6. 2016

Situace: Nad střední Evropou se udržovala oblast nižšího tlaku vzduchu.

Počasí: V noci většinou zataženo, zpočátku v S části JMK déšť postupující přes VY k JZ, k ránu srážky většinou už jen na JZ Moravy. Ráno ojediněle mlhy. Dopoledne na západě Moravy většinou zataženo, místy déšť, postupně přeháňky. Na východě oblačno až polojasno, jen ojediněle přeháňky. Odpoledne polojasno, místy až oblačno, přeháňky postupně jen ojediněle.

Úhrn srážek: 0 až 1 mm

Minimální teplota: 14 až 10°C

Maximální teplota: 20 až 24°C

Sobota 4. 6. 2016

Situace: Oblast nižšího tlaku vzduchu nad střední Evropou se začala vyplňovat.

Počasí: V noci polojasno nebo i skoro jasno, zpočátku na severu oblačno a ojediněle přeháňka. Dopoledne většinou polojasno. Odpoledne většinou oblačno až polojasno, na Znojensku místy, jinde jen ojediněle přeháňky nebo i bouřky. Večer postupně slábnutí a ubývání srážek.

Úhrn srážek: 0 – 6,1 mm (6,1 mm Kuchařovice)

Minimální teplota: 14 až 10 °C

Maximální teplota: 23 až 27 °C (26,9°C Brno-Žabovřesky)

Neděle 5. 6. 2016

Situace: Nad střední Evropou se ještě udržovala nevýrazná oblast nižšího tlaku vzduchu.

Počasí: V noci a ráno oblačno až skoro zataženo, jen lokálně přechodně polojasno, hlavně na severu území. Na Vysočině a později i na jihu JM lokální přeháňky. Dopoledne a zpočátku odpoledne ojediněle přeháňky nebo bouřky, postupně místy přeháňky a bouřky (kolem Letovic a na Hodonínsku, později i na Břeclavsku). Večer doznívání přeháněk z odpoledne a postupně vyjasňování.

Úhrn srážek: 0 – 30 mm (Luká 30,1 mm)

Minimální teplota: 16 až 11°C

Maximální teplota: 24 až 28 °C (27.1°C Brno-Žabovřesky)

Pondělí 6. 6. 2016

Situace: Po přední straně tlakové výše nad jižní Skandinávií postupovala od severu nad naše území rozpadající se studená fronta.

Počasí: V noci a k ránu jasno, k ránu na VY, na S JMK a v ZLK v údolích místy mlhy. Ráno a dopoledne od severu místy přechodně zvětšená oblačnost. Během dne polojasno, přechodně oblačno, na jihu VY a západě ZN až zataženo s přeháňkami a bouřkami (zřejmě ojediněle i kroupy a přívalový déšť). Později odpoledne ubývání oblačnosti. V noci jasno nebo skoro jasno.

Úhrn srážek: 0 - 7 mm (Znojmo)

Minimální teplota: 14 až 10 °C

Maximální teplota: 22 až 25 °C (Brno - Žabovřesky 25,9 °C)

Úterý 7. 6. 2016

Situace: Počasí u nás ovlivňovala slábnoucí tlaková výše se středem nad Polskem.

Počasí: V noci a ráno jasno nebo skoro jasno. Přes den jasno nebo skoro jasno, lokálně polojasno (vysoká oblačnost).

Úhrn srážek: 0 mm

Minimální teplota: 10 až 6 °C

Maximální teplota: 20 až 24 °C (Brno - Žabovřesky 24,9 °C)

Středa 8. 6. 2016

Situace: Slábnoucí tlaková výše postupovala přes Polsko k jihovýchodu.

Počasí: Jasno nebo skoro jasno. Přes den skoro jasno až polojasno. Večer a v noci od SZ vysoká – většinou polojasno, na východě zpočátku skoro jasno.

Úhrn srážek: 0 mm

Minimální teplota: 10 až 6 °C

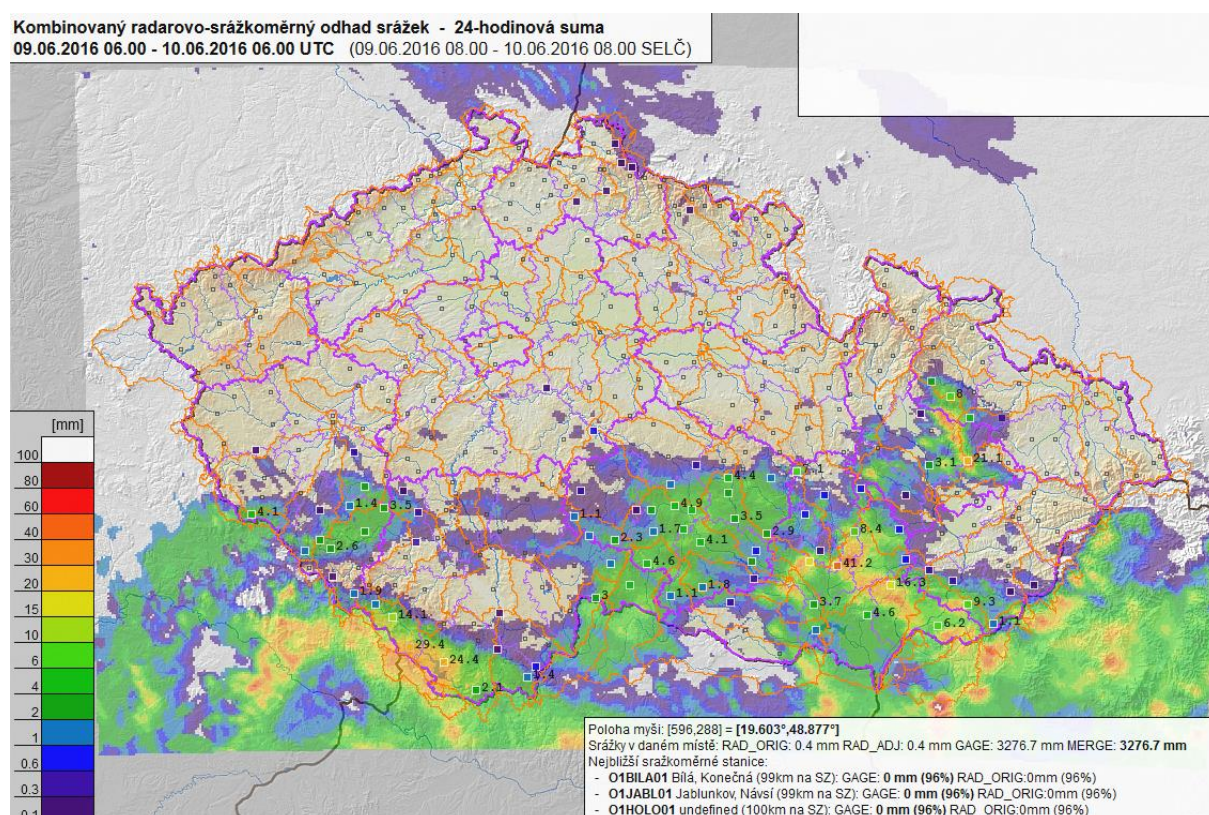
Maximální teplota: 23 až 27 °C (Brno - Žabovřesky 27 °C)

Čtvrtek 9. 6. 2016

Situace: Přes naše území postupovala studená fronta zvolna k jihovýchodu.

Počasí: V noci většinou polojasno – vysoká. Oblačnost se během rána sunula nad JMK. Dopoledne místy přeháňky, ojediněle bouřky na VY, později dopoledne ojediněle i přeháňky v JM kraji a na Vyškovsku bouřka. Odpoledne většinou oblačno, zpočátku místy přeháňky, ojediněle i bouřky, postupně přeháňky jen ojediněle. Později odpoledne a k večeru se přeháňky a bouřky začaly opět vytvářet v JM a ZL kraji, na Hodonínsku v oblasti Radějova, dle radaru silnější intenzita srážek a malý pohyb přeháňky/bouřky. Večer se obnovovaly intenzivní přeháňky nebo i bouřky V od Brna (Tuřany postupně 41 mm), lokálně možné kroupy. Na Hodonínsku pokračovaly mírnější srážky. V první polovině noci postupně srážky slábly a ustávaly.

Úhrn srážek: 0-41 mm (Brno Tuřany 41,2 mm)



Obr. 8 – Kombinovaný radarovo-srážkoměrný odhad srážek, 9. – 10. 6. 2016

Minimální teplota: 12 až 8 °C

Maximální teplota: 21 až 25 °C (Brno - Žabovřesky 24,9 °C)

Pátek 10. 6. 2016

Situace: Kolem tlakové níže nad Pobaltím k nám proudil chladnější vzduch od severozápadu.

Počasí: V noci převážně oblačno, ojediněle přeháňky. Lokálně přechodně polojasno. Přes den oblačno až polojasno, od západu místy přeháňky. Odpoledne lokální přeháňky a ojedinělé bouřky již jen ve východní polovině Moravy. V noci většinou polojasno až jasno.

Úhrn srážek: 0 – 3 mm

Minimální teplota: 14 až 7 °C

Maximální teplota: 18 až 23 °C

Sobota 11. 6. 2016

Situace: Počasí u nás ovlivňovalo zvlněné frontální rozhraní položené jižně od našeho území.

Počasí: V noci většinou polojasno, postupně přibývání oblačnosti. Během noci a k ránu ojediněle déšť. Ráno místy déšť, zejména na severu JM kraje. Dopoledne zataženo, jen místy, spíše na jihu, přechodně až oblačno a v S polovině území místy, většinou slabý, déšť. Odpoledne a večer oblačno až zataženo, ojediněle slabý déšť, hlavně na jihu a jihozápadě území.

Úhrn srážek: 0 - 2 mm

Minimální teplota: 13 až 9 °C

Maximální teplota: 18 až 23 °C

Neděle 12. 6. 2016

Situace: Počasí u nás ovlivňovala rozsáhlá oblast nízkého tlaku vzduchu.

Počasí: V noci většinou zataženo až oblačno, ojediněle slabý déšť nebo přeháňka. Přes den převážně oblačno nebo skoro zataženo (spíš vysoká), místy přechodně i polojasno, ojediněle přeháňky, četnější po cca 17h na západě Vysočiny. Večer a v noci většinou oblačno, místy až zataženo, zpočátku na západě VY doznívající přeháňky, později místy - na východě ZLK a postupně i na Hodonínsku a Vyškovsku – nové celkem výrazné přeháňky.

Úhrn srážek: 0 až 9,9 mm (9,9 mm Nemochovice)

Minimální teplota: 14 až 20 °C

Maximální teplota: 20 až 24 °C (Brno - Žabovřesky 24,6 °C)

Pondělí 13. 6. 2016

Situace: Počasí u nás ovlivňovala rozsáhlá oblast nízkého tlaku vzduchu zasahující ze severovýchodního Atlantiku přes střední nad jihovýchodní Evropu.

Počasí: V noci a ráno většinou oblačno až zataženo nebo skoro zataženo, místy celkem výrazné přeháňky postupující od JZ k SV přes ZLK, zpočátku i přes Vyškovsko, a později se tvořily i nad VY a postupovaly nad ZN, BO a BK. Dopoledne většinou skoro zataženo, ojediněle přeháňky, později dopoledne oblačno až skoro zataženo, lokálně přeháňky, ojediněle i bouřky. Odpoledne a večer většinou oblačno, místy přeháňky, lokálně bouřky.

Úhrn srážek: 0 až 8,7 mm (Boskovice 8,7 mm)

Minimální teplota: 15 až 11 °C

Maximální teplota: 22 až 25 °C

Úterý 14. 6. 2016

Situace: Počasí u nás ovlivňovala rozsáhlá oblast nízkého tlaku vzduchu nad severozápadní, střední a jihovýchodní Evropou.

Počasí: V noci většinou oblačno, zpočátku ojediněle doznívající přeháňky. K ránu oblačno až polojasno, v údolích ZLK a na severu JMK četné mlhy. Dopoledne polojasno až oblačno, ojediněle přeháňky (VY). Odpoledne převážně oblačno ojediněle přeháňky, později odpoledne a večer většinou polojasno, přeháňky jen výjimečně.

Úhrn srážek: 0 až 2 mm

Minimální teplota: 12 až 8 °C

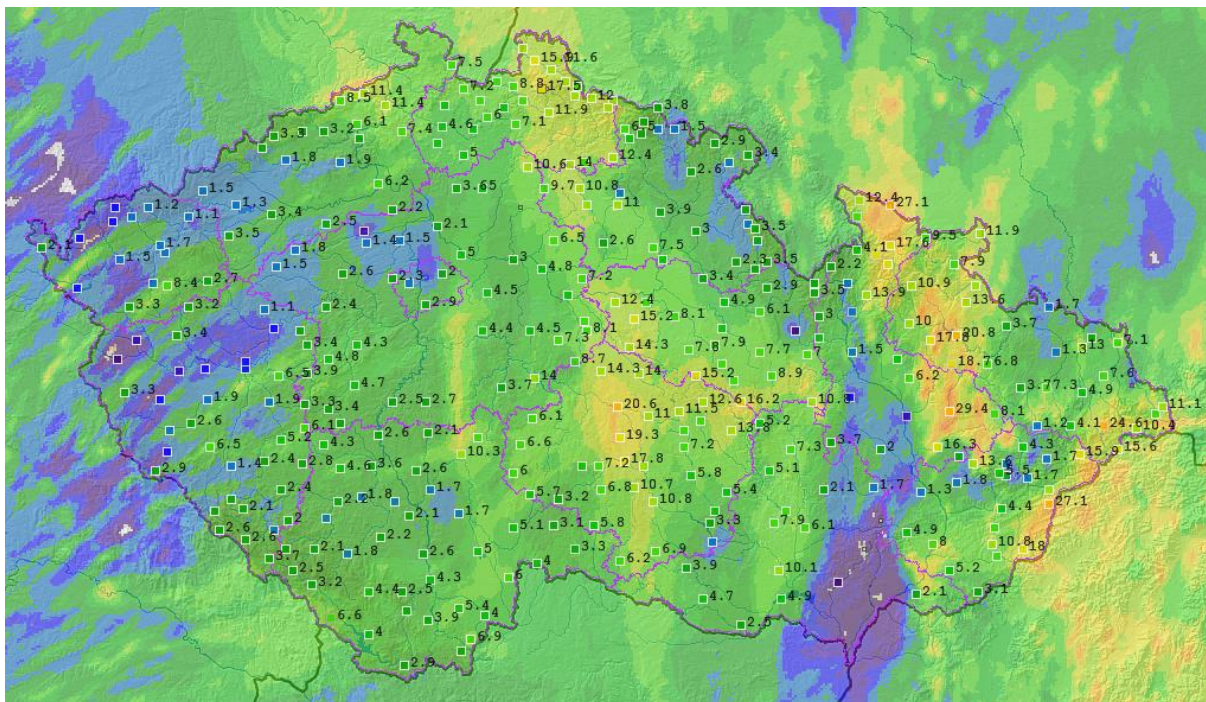
Maximální teplota: 24 až 26 °C

Středa 15. 6. 2016

Situace: Okluzní fronta postupovala přes naše území k severovýchodu.

Počasí: V noci a ráno polojasno až oblačno, od jihu postupně zataženo, na Vysočině a JM místy přeháňky nebo déšť. Během dopoledne déšť postupně na celé Vysočině a JZ JM kraje, jinde místy přeháňky. Odpoledne místy intenzivní přeháňky nebo i bouřky ve východní polovině Moravy. Později odpoledne a k večeru od JZ ustávání srážek a ubývání oblačnosti. V noci jasno až polojasno, od jihozápadu místy až oblačno.

Úhrn srážek: 0 až 13 mm



Obr. 9 - Kombinovaný radarovo-srážkoměrný odhad srážek, 15. – 16. 6. 2016

Minimální teplota: 14 až 10 °C

Maximální teplota: 17 až 21 °C

Čtvrtek 16. 6. 2016

Situace: Od jihozápadu postupovala přes Francii a Alpy do střední Evropy zvlněná studená fronta. Před ní k nám přechodně pronikl teplý vzduch od jihu.

Počasí: V noci a ráno skoro jasno až polojasno, místy až oblačno, v údolích postupně lokální mlhy. Ráno a dopoledne polojasno, skoro jasno, přechodně oblačno - při JV větru vznik kup na VY. Odpoledne zvětšená oblačnost hlavně na východě Moravy, později přechodně až zataženo. Večer od jihu z Rakouska a Záhoří v JM kraji místy, ve ZL na většině území přeháňky, ojediněle i bouřky, místy přeháňky postupně též na Vysočině.

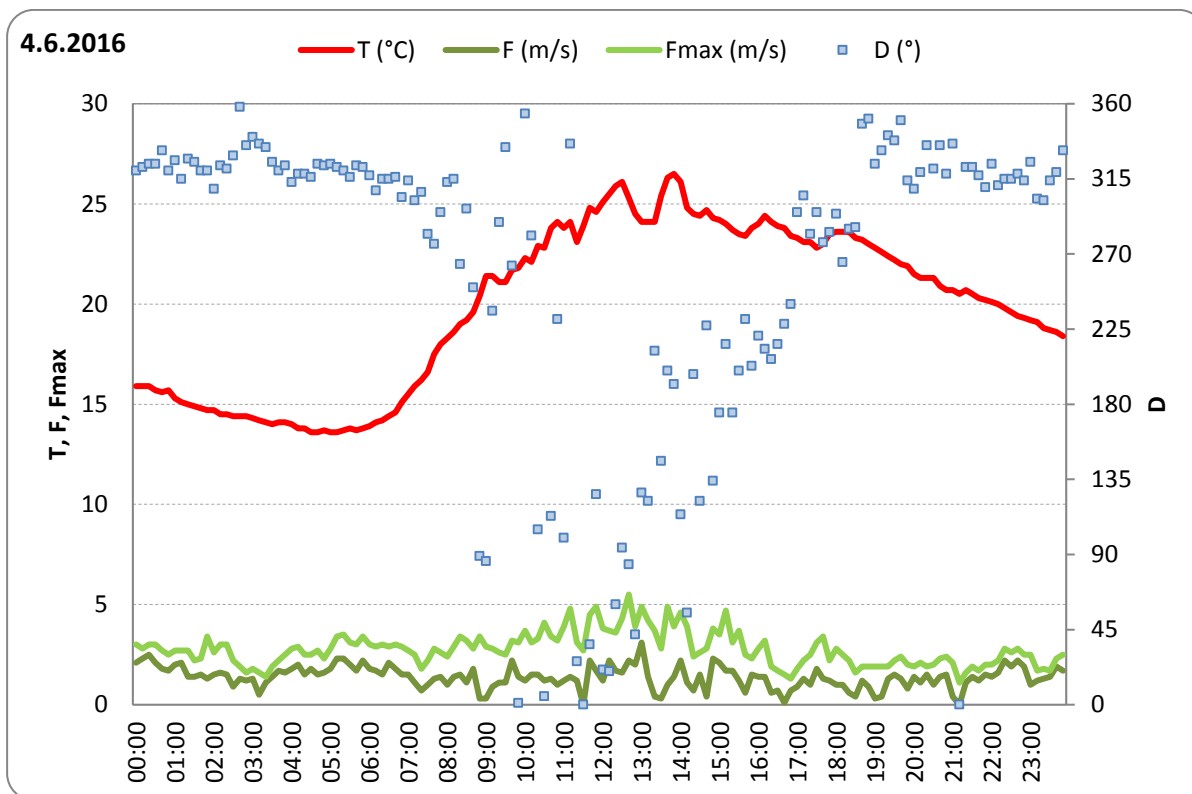
Úhrn srážek: 0 až 1 mm

Minimální teplota: 12 až 7 °C

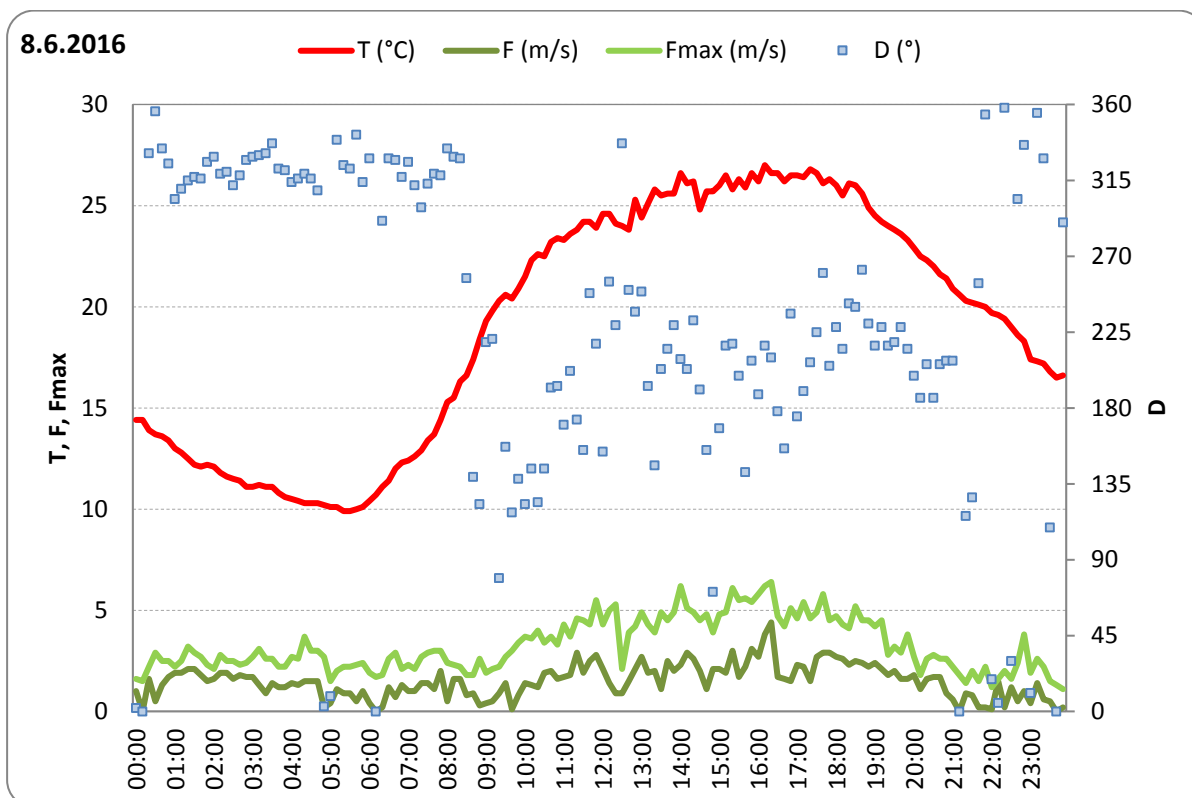
Maximální teplota: 24 až 28 °C

3.2 Krátkodobé charakteristiky meteorologických veličin v den ohňostrojų

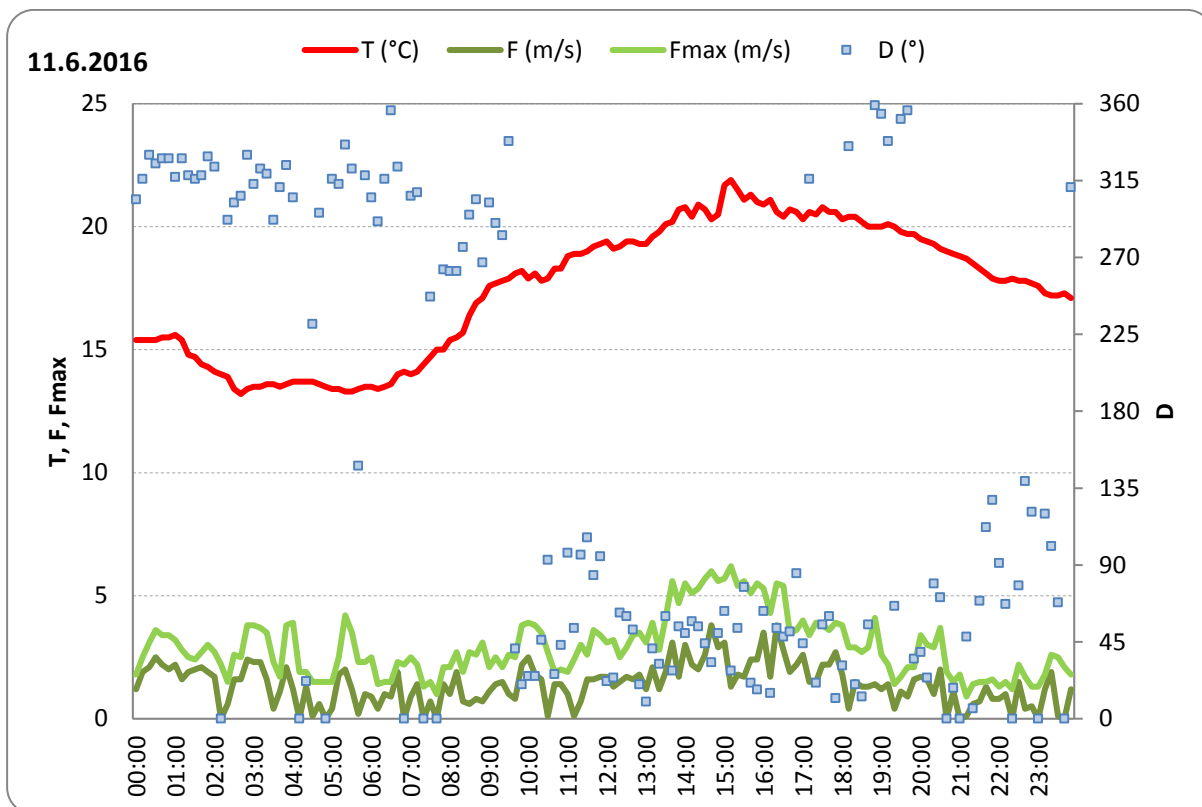
V následujících grafech jsou zobrazeny 10-ti minutové charakteristiky meteorologických prvků (T – teplota; F – průměrná rychlost větru, Fmax – maximální rychlost větru, D – směr větru).



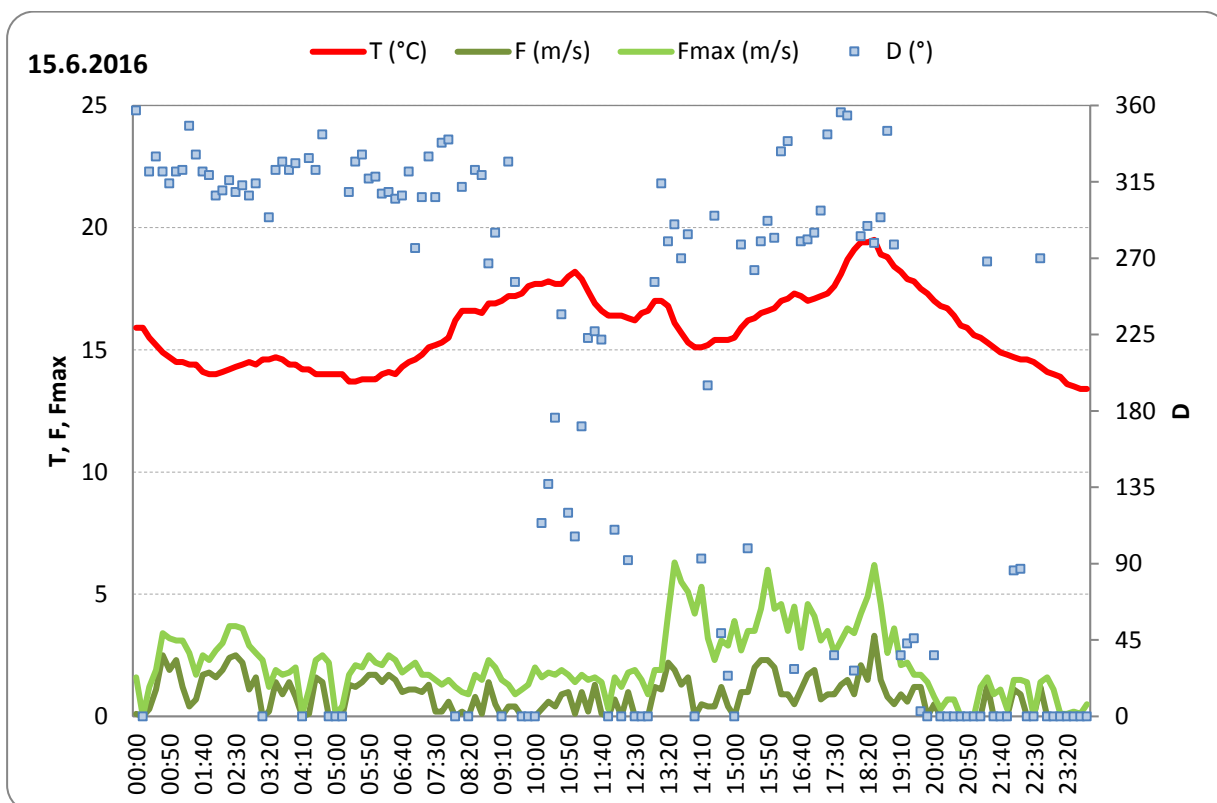
Obr. 10 – Krátkodobé 10-ti minutové charakteristiky, 4. 6. 2016



Obr. 11 – Krátkodobé 10-ti minutové charakteristiky, 8. 6. 2016



Obr. 12 - Krátkodobé 10-ti minutové charakteristiky, 11. 6. 2016



Obr. 13 - Krátkodobé 10-ti minutové charakteristiky, 15. 6. 2016

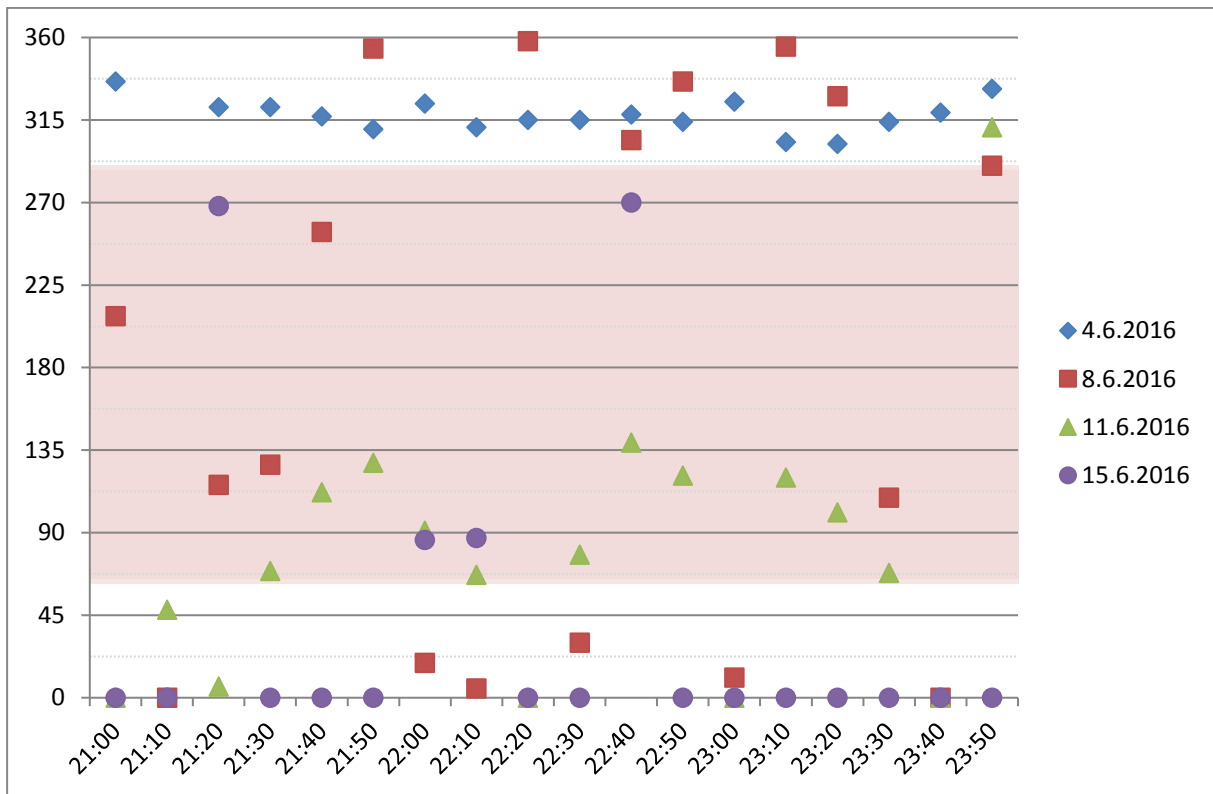
Z grafů je patrné, že v prvních dvou případech v čase konání ohňostrojí převládalo severozápadní až severní proudění – jak podrobněji zobrazuje Tab. 1 a Obr. 14. Pokud se v tabulce vyskytuje „0“, jedná se o bezvětří. Měření byla tedy zvolena vhodně – toto proudění unášelo škodliviny na přístaviště (spí, což potvrdily i píky na automatickém měření v Přístavišti. V případě ohňostroje 11. 6. a 15. 6. již zdaleka nebyly směry větru tak příznivé pro měření znečištění.

Zároveň byly po čas konání ohňostrojí nízké rychlosti větru až bezvětří (zejména 15. 6. 2016), nedocházelo tak k významnému rozptylu škodlivin a měření byla reprezentativní.

Tab. 1 – Směr a rychlost proudění větru po čas ohňostrojí 4. 6., 8. 6., 11. 6. a 15. 6.

| Čas | 4. 6. 2016 | | 8. 6. 2016 | | 11. 6. 2016 | | 15. 6. 2016 | |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | WD (deg) | WV (m/s) | WD (deg) | WV (m/s) | WD (deg) | WV (m/s) | WD (deg) | WV (m/s) |
| 21:00 | 336 | 0,4 | 208 | 0,6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21:10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 | 0,1 | 0 | 0 |
| 21:20 | 322 | 1,1 | 116 | 0,9 | 6 | 0,6 | 268 | 1,3 |
| 21:30 | 322 | 1,4 | 127 | 0,8 | 69 | 0,7 | 0 | 0 |
| 21:40 | 317 | 1,2 | 254 | 0,2 | 112 | 1,3 | 0 | 0 |
| 21:50 | 310 | 1,5 | 354 | 0,2 | 128 | 0,8 | 0 | 0 |
| 22:00 | 324 | 1,4 | 19 | 0,1 | 91 | 0,8 | 86 | 1,1 |
| 22:10 | 311 | 1,6 | 5 | 1,5 | 67 | 1 | 87 | 0,9 |
| 22:20 | 315 | 2,2 | 358 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22:30 | 315 | 1,9 | 30 | 1,2 | 78 | 1,5 | 0 | 0 |
| 22:40 | 318 | 2,2 | 304 | 0,5 | 139 | 0,4 | 270 | 1,2 |
| 22:50 | 314 | 1,9 | 336 | 1 | 121 | 0,5 | 0 | 0 |
| 23:00 | 325 | 1 | 11 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23:10 | 303 | 1,2 | 355 | 1,4 | 120 | 1,2 | 0 | 0 |
| 23:20 | 302 | 1,3 | 328 | 0,6 | 101 | 1,9 | 0 | 0 |
| 23:30 | 314 | 1,4 | 109 | 0,5 | 68 | 0,1 | 0 | 0 |
| 23:40 | 319 | 1,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23:50 | 332 | 1,7 | 290 | 0,2 | 311 | 1,2 | 0 | 0 |

Pro lepší názornost jsou hodnoty směru větru z tabulky převedeny do grafické podoby. Pozadí grafu znázorňuje, při jakých směrech dochází k ovlivnění měření ohňostroji (bílý podklad) – jedná se o směry SZ, S a SV. Z grafu je patrné, že při prvních dvou ohňostrojích foukal příznivý vítr pro měření, při třetím ohňostroji již tolik k ovlivnění nedocházelo, při posledním pak panovalo bezvětří, avšak chvílemi mírně foukalo mimo měřící místo, takže zřejmě došlo pouze k minimálnímu ovlivnění.



Obr. 14 - Směr proudění větru po čas ohňostrojů 4. 6., 8. 6., 11. 6. a 15. 6.

4 Vyhodnocení kvality ovzduší

4.1 Suspendované částice PM₁₀

Suspendované částice jsou emitovány jak přírodními (např. sopky či prašné bouře), tak i antropogenními (např. elektrárny a průmyslové technologické procesy, doprava, spalování uhlí v domácnostech, spalování odpadu) zdroji. Většina těchto antropogenních emisních zdrojů je soustředěna v urbanizovaných oblastech, tj. v oblastech, ve kterých žije velká část populace.

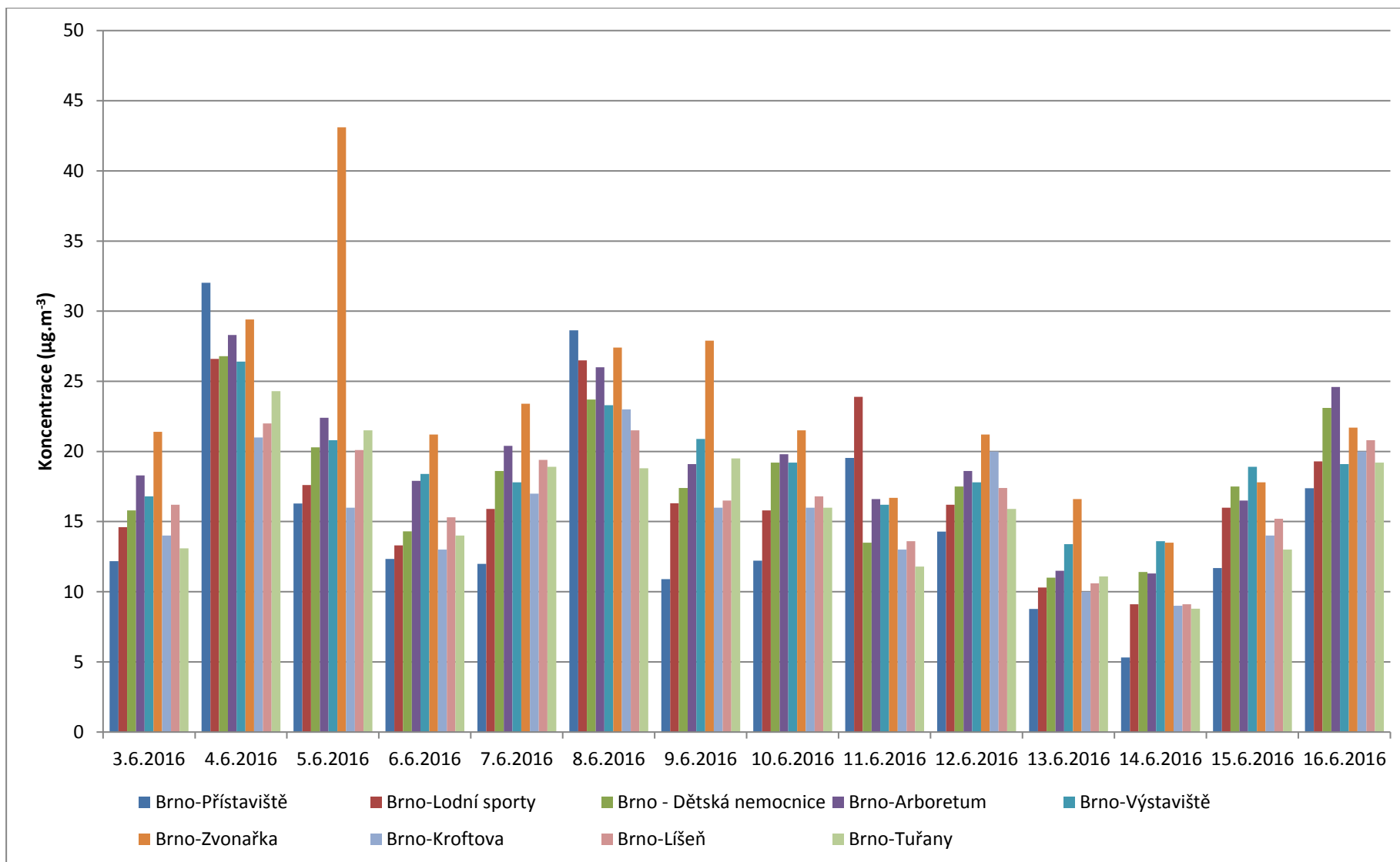
Negativní zdravotní účinky PM₁₀ a PM_{2,5} se projevují již při velmi nízkých koncentracích bez zřejmé spodní hranice bezpečné koncentrace. Zdravotní rizika částic ovlivňují jejich koncentrace, velikost, tvar a chemické složení. Mohou se podílet na snížení imunity, způsobovat zánětlivá onemocnění plicní tkáně a oxidativní stres organismu. Při chronickém působení mohou způsobovat respirační onemocnění a snižovat funkci plic.

Jak již bylo uvedeno dříve, suspendované částice PM₁₀ byly odebírány jak v Přístavišti, tak v Brně – Lodní sporty. V Přístavišti byl k dispozici jednak měřicí vůz, poskytující i hodinové koncentrace, a dále vzorkovač pro odběr PM₁₀ na filtry (pouze denní koncentrace) a jejich následnou analýzu pomocí ICP-MS pro zjištění zastoupení jednotlivých prvků v PM₁₀.

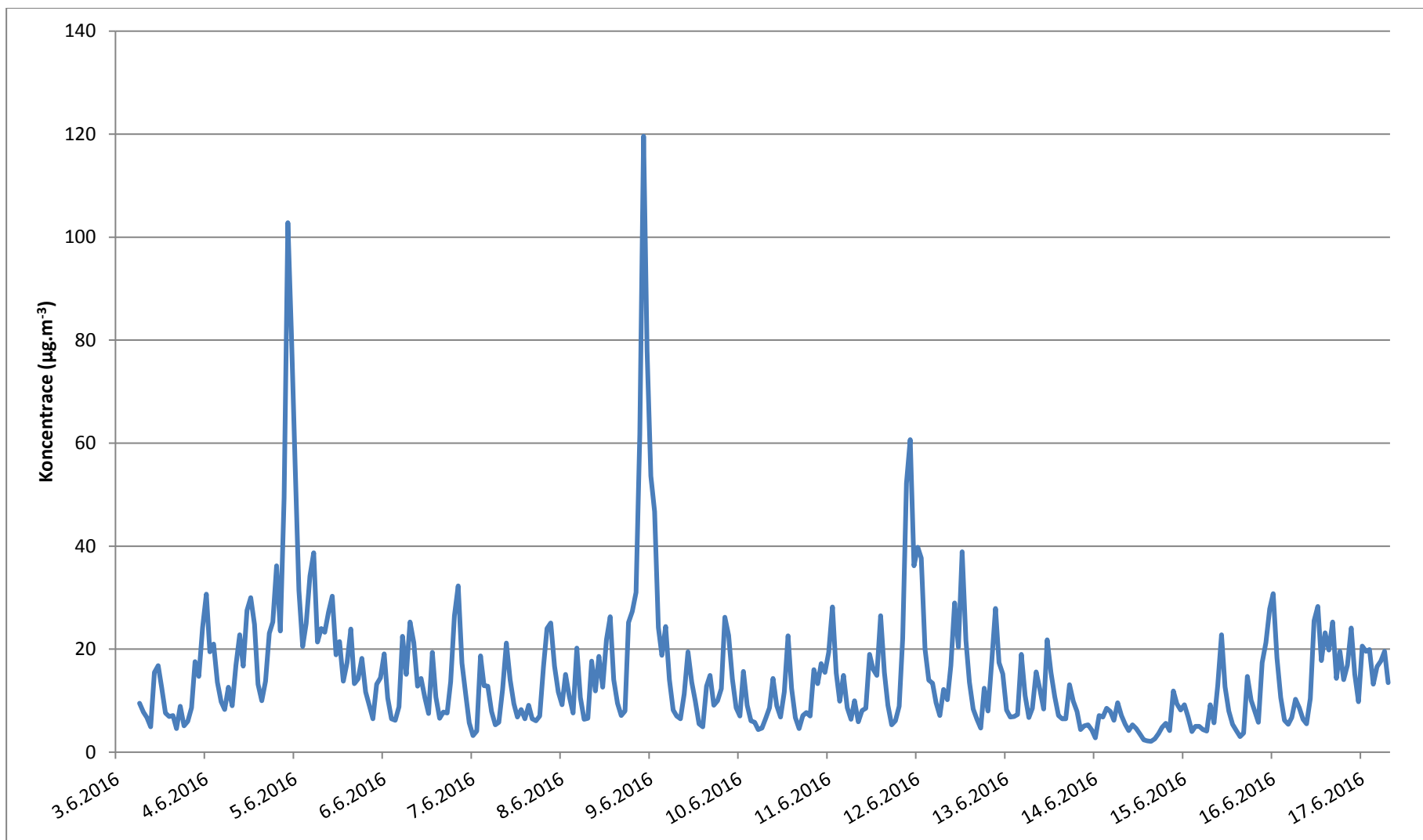
Pokud se podíváme na průměrné denní koncentrace PM₁₀ na jednotlivých lokalitách a srovnáme je i se státní sítí imisního monitoringu, je patrné, že se příliš neliší a koncentrace v jednotlivých lokalitách mají velmi podobný trend (Obr. 15). Ve dny, kdy probíhaly ohňostroje, byly v lokalitách Brno – Přístaviště a Brno – Lodní sporty naměřeny mírně zvýšené koncentrace oproti ostatním lokalitám. Nelišily se však příliš. Jediná odlehlá hodnota v grafu patří lokalitě Brno – Zvonařka dne 5. 6. 2016, kdy zřejmě v této lokalitě došlo k významnějšímu lokálnímu ovlivnění. Přesto ani jeden den ve sledovaném období nepřekročil na žádné z lokalit koncentraci 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, což je hodnota imisního limitu.

Z hlediska hodinových koncentrací jsou patrné 2 píky vždy v době ohňostrojů 4. a 8. 6. v 22:00. Koncentrace přesáhly v hodinové koncentraci 100 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, z čehož vyplývá, že v tyto dny byl směr větru pro měření v přístavišti příznivý. Při ohňostroji 11. 6. byl pík v hodinových koncentracích podstatně menší (maximum dosáhlo 60,7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), dne 15. 6. ji žádný pík nebyl patrný – panovaly pouze velmi nízké rychlosti větru a ne ve směru měření. Měřené koncentrace odpovídají meteorologickým podmínkám během konání ohňostrojů, zejména pak rychlosti a směru proudění větru. Hodinové koncentrace ostatních škodlivin reagovaly na ohňostroje pouze mírně (oxidy dusíku – může být spojeno s příjezdem a odjezdem z přehlídky) nebo vůbec (SO₂, CO). Výrazněji se tedy ohňostroje projevíly pouze na PM₁₀.

Pokles koncentrací po ohňostrojích byl obdobný – píky koncentrací během ohňostrojů jsou jasně ohraničené a stejně rychle jako koncentrace narostly i poklesnou zpět (Obr. 16).



Obr. 15 – Průměrné denní koncentrace PM₁₀ na měřicích lokalitách a ve státní síti imisního monitoringu



Obr. 16 – Průměrné hodinové koncentrace PM₁₀ v lokalitě Brno - Přístaviště

4.2 Těžké kovy mající imisní limit

V platné legislativě mají imisní limit 4 těžké kovy – arsen (As), kadmium (Cd), nikl (Ni) a olovo (Pb).

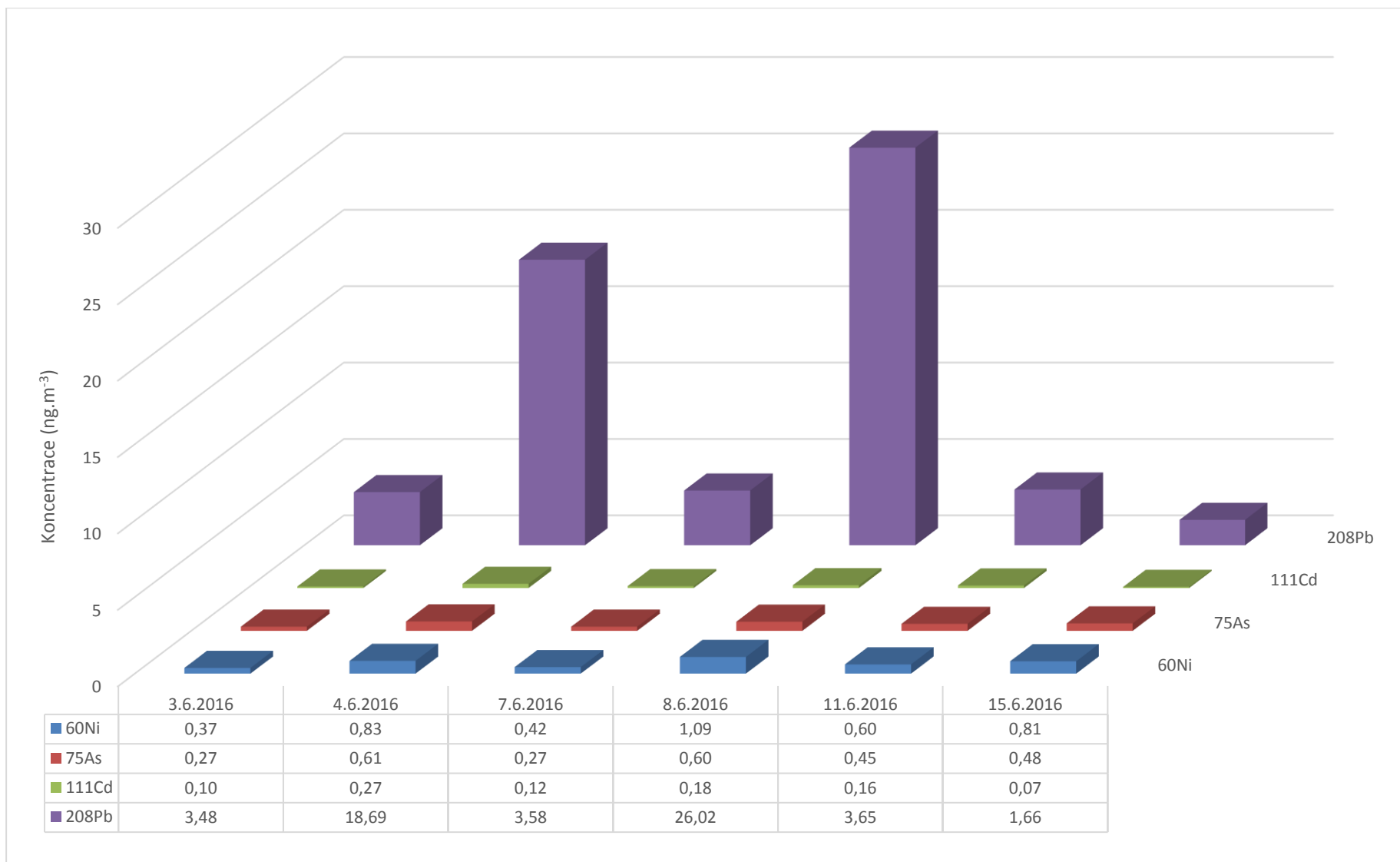
Arsen se vyskytuje v mnoha formách anorganických i organických sloučenin. Z antropogenních činností jsou významné hlavně spalovací procesy, výroba železa a oceli a výroba mědi a zinku. Arsen je vázán převážně na částice jemné frakce ($PM_{2,5}$), která může být v ovzduší transportována na delší vzdálenost a může rovněž hlouběji do dýchací soustavy. Kritickým účinkem expozice arsenu vdechováním je vyvolání rakoviny plic.

Přírodní zdroje kadmia tvoří v globálním pohledu pouze asi 10 % a patří mezi ně více než z poloviny vulkanická činnost. Převážnou část, plných 90 %, tvoří antropogenní zdroje, převážně výroba železa, oceli, metalurgie neželezných kovů, spalování odpadu a fosilních paliv. Méně významným zdrojem emisí kadmia je doprava. Kadmium je navázáno převážně na částice jemné frakce ($PM_{2,5}$). Dlouhodobá expozice kadmia nepříznivě ovlivňuje funkci ledvin. Kadmium je prokazatelně karcinogenní pro zvířata, důkazy karcinogenity kadmia pro člověka jsou zatím omezené.

Nikl je pátý nejhojnější prvek zemského jádra, i když v zemské kůře je jeho zastoupení nižší. Z globálního hlediska je produkován z 26 % přírodními zdroji (kontinentální prach a vulkanická činnost). Mezi hlavní antropogenní zdroje lze řadit spalování těžkých topných olejů, těžbu niklových rud a rafinaci niklu, spalování odpadu a výrobu železa a oceli. Ze zdravotního hlediska způsobuje alergické kožní reakce a je klasifikován jako lidský karcinogen.

Většina olova obsaženého v atmosféře pochází z antropogenních emisí, především ze spalování fosilních paliv, výroby železa a oceli a metalurgie neželezných kovů. Z přírodních zdrojů je významné zvětrávání hornin a vulkanická činnost. Olovo se v ovzduší vyskytuje ve formě jemných částic s četnostním rozdělením velikosti charakterizovaným středním aerodynamickým průměrem menším než $1 \mu m$. Při dlouhodobé expozici lidského organismu se projevují účinky na biosyntézu krevního barviva, nervový systém a krevní tlak. Důkazy karcinogenity olova a jeho sloučenin pro člověka jsou klasifikovány jako nedostatečné.

Graf na Obr. 17 zobrazuje naměřené koncentrace v lokalitě Brno - Přístaviště ve dnech 3. – 15. 6 2015. Kromě dnů s ohňostroji byly proměřeny i dva dny bez ohňostrojů. Dny s ohňostroji se nijak výrazně neliší od ostatních dní, přesto je patrný mírný nárůst koncentrací, nejvíce patrný je u olova při prvních dvou ohňostrojích. Avšak oproti imisním limitům ($Pb = 500 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, $As = 6 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, $Cd = 5 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ a $Ni = 20 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) se jedná o velmi nízké koncentrace pod dolní mezí pro posuzování.



Obr. 17 – Koncentrace těžkých kovů majících imisní limit v platné legislativě, Brno - Přístaviště, 3. – 15. 6 2016

4.3 Koncentrace kovů používaných pro zbarvení ohňostrojů

Jak již bylo uvedeno v úvodu, pro barvení ohňostrojů se používají především sloučeniny sodíku, draslíku, hořčíku, stroncia, barya, mědi a titanu. Tyto sloučeniny byly důkladněji sledovány i v lokalitě Brno - Přístaviště.

V následující Tab. 2 jsou uvedeny relativní nárůsty koncentrací jednotlivých kovů (v %), které byly analyzovány z 24hodinového odběru PM₁₀. Pro vyhodnocení pak byly vždy zprůměrovány koncentrace dvou dnů mimo konání ohňostrojů, které sloužily jako hodnota běžného pozadí v této lokalitě. Nárůst/pokles je pak pro jednotlivé ohňostroje vyjádřen v procentech v grafu na Obr. 18, a to jak pro ohňostroje z roku 2016, tak i pro 2 ohňostroje z roku 2015 jako srovnání.

Z tabulky i grafu je patrné, že naprosto nejvyšší nárůst koncentrací zaznamenalo v roce 2015 stroncium (cca 31x), v roce 2016 pak draslík (cca 80x). V roce 2015 pak významně narostly koncentrace barya (10x) a draslíku (6x), v roce 2016 pak především hořčíku (cca 13x) a sodíku (cca 5x).

Je však nutné brát v potaz, že tento nárůst je pouze relativní a u stroncia tak výrazný vzhledem k nízkým koncentracím ve dnech bez ohňostrojů (Tab. 2). Koncentračně se jedná v exponovaných dnech pouze o desítky ng v m³ vzduchu, naproti tomu v případě draslíku se jednalo o cca 1700 ng, tedy 1,7 µg K (2015) resp. až 3,2 µg K (2016) v m³ vzduchu. I tak jsou v běžných pozadových koncentracích v jednotlivých rocích patrné rozdíly. K těm dochází v důsledku rozdílných meteorologických podmínek (zejména rychlost a směr větru, ale také přítomnost srážek) – v závislosti na proudění mohlo být vzorkování během dnů bez ohňostrojů ovlivněno různými zdroji.

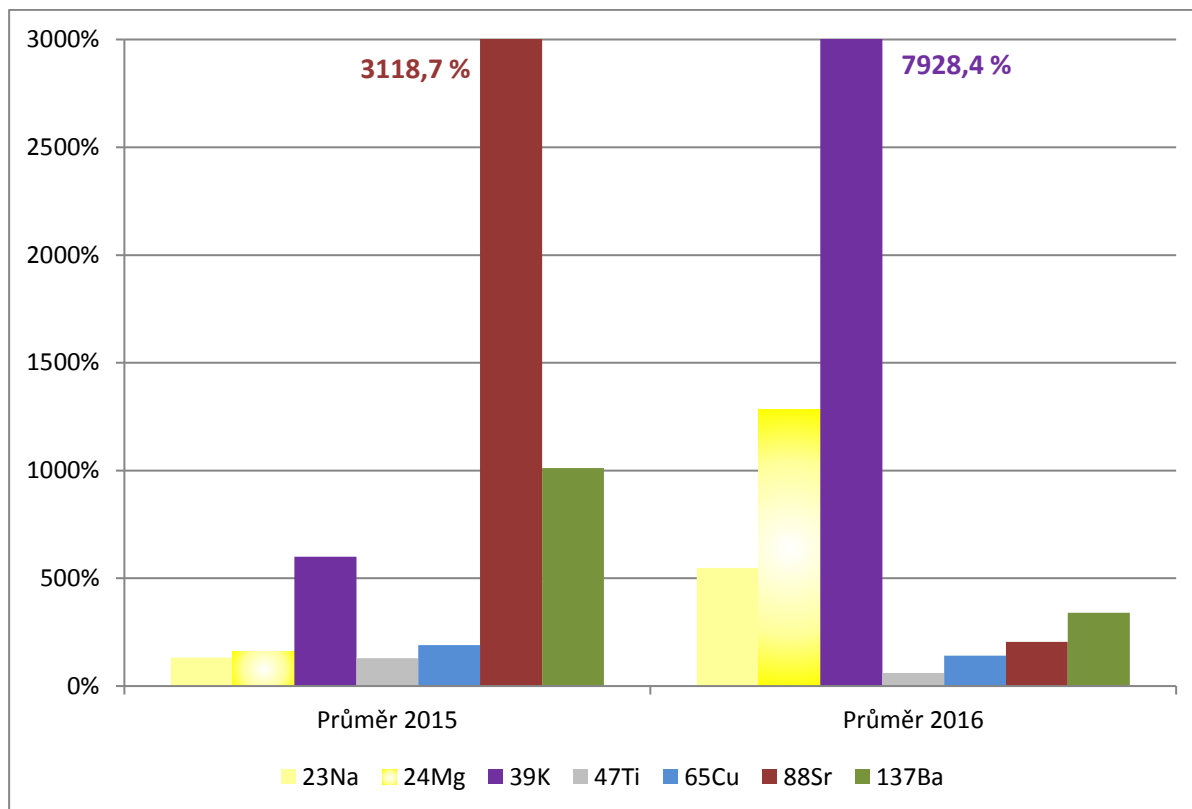
Důležité bylo i to, že ne vždy během konání ohňostrojů směřovalo proudění směrem k měřicím stanicím. To se výrazně projevilo už v koncentracích PM₁₀ a projevuje se to i v analýzách následujících prvků. Pro ohňostroje by tak měly být charakteristické oba ohňostroje roku 2015 a první 2 měření ohňostrojů v roce 2016. Třetí ohňostroj v roce 2016 byl ovlivněn již jen částečně a poslední téměř vůbec, navíc následoval po dni se srážkami a nižšími teplotami.

Tab. 2 – Relativní nárůst koncentrací jednotlivých kovů, Brno - Přístaviště, 2015 a 2016

| Ohňostroj | 23Na | 24Mg | 39K | 47Ti | 65Cu | 88Sr | 137Ba |
|------------------------------|--------|---------|----------|--------|--------|---------|---------|
| Brno-Přístaviště (10.6.2015) | 167,7% | 189,5% | 357,1% | 131,6% | 179,1% | 3650,9% | 414,5% |
| Brno-Přístaviště (13.6.2015) | 96,5% | 134,2% | 842,6% | 127,2% | 200,6% | 2586,5% | 1607,5% |
| Brno-Přístaviště (4.6.2016) | 392,5% | 1904,3% | 16710,1% | 64,6% | 326,2% | 484,1% | 716,5% |
| Brno-Přístaviště (8.6.2016) | 687,0% | 2113,5% | 11250,0% | 99,9% | 186,3% | 299,1% | 484,7% |
| Brno-Přístaviště (11.6.2016) | 996,6% | 796,3% | 1621,5% | 63,5% | 22,8% | 18,1% | 83,3% |
| Brno-Přístaviště (15.6.2016) | 118,5% | 316,1% | 2131,9% | 15,2% | 31,0% | 17,9% | 77,7% |

Tab. 3 – Zprůměrované koncentrace běžného pozadí (dnů bez ohňostrojů) v lokalitě Brno – Přístaviště, 2015 a 2016

| Rok | 23Na | 24Mg | 39K | 47Ti | 65Cu | 88Sr | 137Ba |
|---|-------|-------|-------|------|------|------|-------|
| Běžné pozadí 2015 (ng.m ⁻³) | 129,9 | 111,5 | 176,7 | 5,7 | 3,0 | 1,8 | 4,5 |
| Běžné pozadí 2016 (ng.m ⁻³) | 66,9 | 47,1 | 131,1 | 0,4 | 3,0 | 0,7 | 3,2 |



Obr. 18 – Nárůst koncentrací jednotlivých kovů (v %) ve dnech s ohňostroji, Brno – Přístaviště, 2015 a 2016

4.3.1 Sodík

Sodík je měkký, lehký a stříbrolesklý kov. Dobře vede elektrický proud i teplo. V parách sodíku se kromě jednoatomových částic můžeme setkat i s dvouatomovými molekulami, páry mají purpurovou barvu.

Sodík rychle a silně reaguje s kyslíkem i vodou a v přírodě se s ním proto setkáváme pouze ve formě sloučenin. Reakce sodíku s vodou je natolik exotermní, že unikající vodík reakčním teplem obvykle samovolně explozivně vzplane. Sodné soli barví plamen intenzivně žlutě².

Ionty sodíku jsou pro člověka prakticky netoxické. Smrtelná dávka chloridu sodného pro člověka se udává 150 až 280 g³.

Celkový obsah sodíku v organismu je asi 70 – 100 g a vyskytuje se z 50% v extracelulárním prostoru, ze 40% v kostní tkáni a z 10% se nalézá v intracelulární tekutině. Je přítomen ve zcela disociované formě jako ion. Sodík představuje 92% všech kationtů a 46% všech extracelulárně aktivních látek⁴.

Hlavní funkce sodíku v organismu jsou společně s draslíkem a chlorem udržovat osmotický tlak tekutin uvnitř a vně buněk a acidobazickou rovnováhu. Společně zejména s anionty chloridovými a hydrogenuhličitanovými tvoří základní elektrolyt, ve kterém probíhají všechny

² Greenwood N.N., Earnshaw A.: Chemie prvků, Oxford 1993.

³ Tichý M.: Toxikologie pro chemiky. Karolinum, Praha 2004

⁴ VELÍŠEK, J. Chemie potravin 2. Tábor: Osis, 2002. 344 s. ISBN 86659-00-3.

životní projevy buněk. Díky tomu, že je sodík hlavním kationtem extracelulární tekutiny, se extracelulární prostředí podobá svými parametry mořské vodě, ve které vznikl život.

Z těla je sodík vylučován zejména močí, ale významná část i potem. Močí se vyloučí denně 120 – 240 mmol. Ledviny denně profiltrují 25 000 mmol kationtu sodného, z toho je 99% zpětně resorbováno a jen 1% se vyloučí močí. Nadměrné pocení při mimořádných tělesných zátěžích může vést ke ztrátám sodíku až 8 g za den (tj. 20 g NaCl). Postupně ovšem dochází k adaptačnímu poklesu sodíkových kationtů v potu. Zvýšené vylučování sodíku nastává i při poruchách ledvin, poruchách produkce aldosteronu či při nemocech gastrointestinální soustavy (zvracení, průjem aj.)⁵.

Velíšek (2002) uvádí, že pro dospělého člověka je minimální denní dávka sodíku 500 mg. Pro děti do jednoho roku je to 120 – 200 mg a pro děti od 1 – 9 let je vhodná dávka 225 – 400 mg sodíku. Skutečné dávky sodíku přijímané potravou v našich podmínkách jsou však podstatně vyšší⁶. Obsah sodíku ve vybraných surovinách a potravinách je uveden v následující Tab. 4.

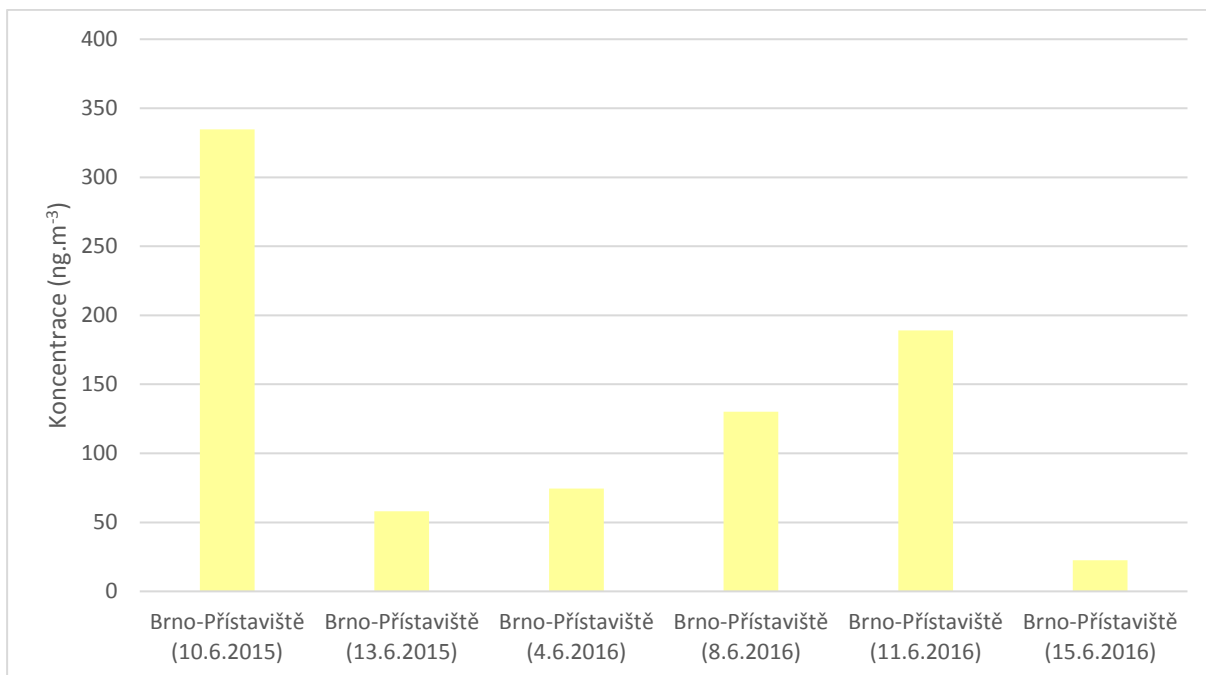
Tab. 4 - Obsah sodíku ve vybraných surovinách a potravinách

| Potravina | Obsah Na (mg.kg ⁻¹) | Potravina | Obsah Na (mg.kg ⁻¹) |
|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| banány | 10 | maso vepřové | 450 - 600 |
| brambory | 30 - 280 | mléko plnotučné | 480 - 500 |
| cibule | 100 - 260 | mouka pšeničná | 20 - 30 |
| čaj černý | 450 | pomeranče | 14 - 30 |
| čočka | 40 - 550 | pšenice | 80 |
| čokoláda mléčná | 2800 | rajčata | 30 - 60 |
| fazole | 20 - 400 | ryby | 650 - 1200 |
| hlávkový salát | 30 - 100 | rýže loupaná | 60 |
| hrách | 20 - 380 | sója | 60 |
| hrášek | 20 | sýry | 450 - 14100 |
| chléb celozrnný | 4000 - 6000 | špenát | 600 - 1200 |
| jablka | 16 - 30 | tvoroh | - |
| jahody | 15 - 30 | vaječný bílek | 1920 |
| játra vepřová | 770 | vaječný žloutek | 500 |
| jogurt | - | vejce slepičí | 1350 |
| káva pražená | 740 | vlašské ořechy | 30 |
| maso hovězí | 580 - 690 | zelí | 130 |
| maso kuřecí | 460 | | |

Z grafu uvedeného na Obr. 19 vyplývá, že nejvyšší koncentrace Na byly během 24hodinového odběru PM₁₀ naměřeny v Brně – Přístavišti během ohňostroje konaného 10. 6. 2015. Naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny 15. 6. 2016.

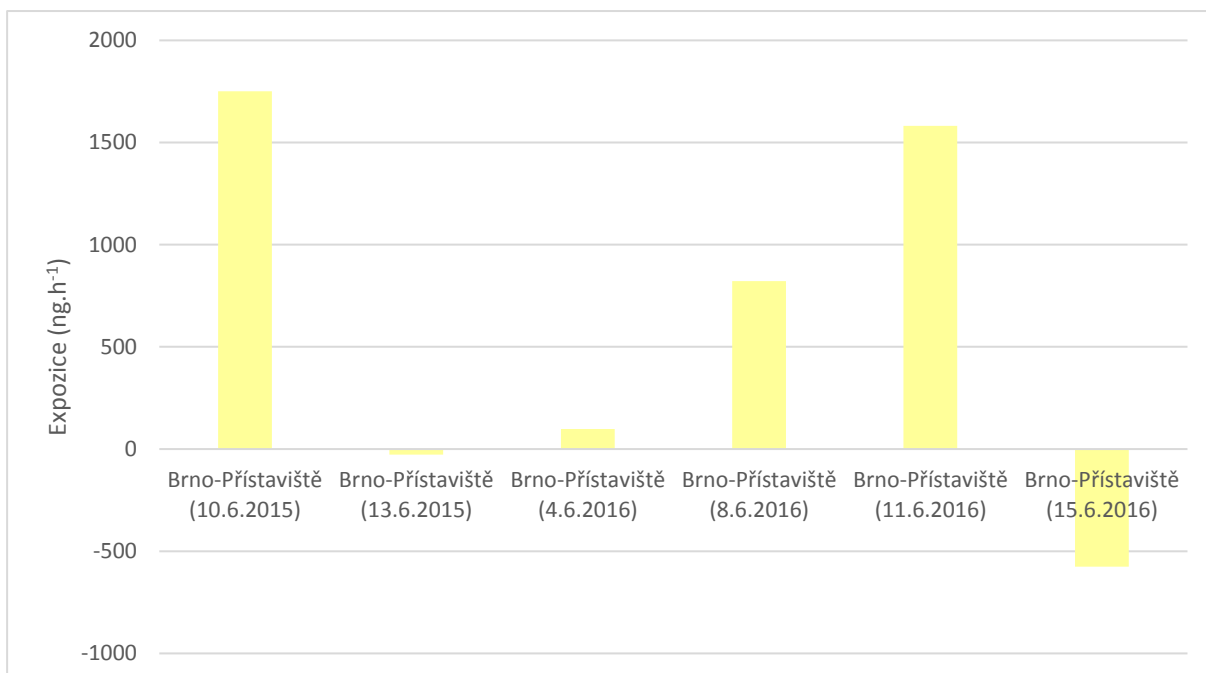
⁵ RACEK, J. Klinická biochemie. Praha: Galén, 2006. 329 s. ISBN 978-80-247-2256-6.

⁶ VELÍŠEK, J. Chemie potravin 2. Tábor: Osis, 2002. 344 s. ISBN 86659-00-3.



Obr. 19 – Koncentrace Na v 24hodinovém odběru, Brno – Přístaviště, roky 2015 a 2016

Pokud bude přijata premisa, že na jeden nádech vdechne dospělý člověk 0,5 l vzduchu a za minutu se nadechne 18x, pak za hodinu člověk vdechne cca 0,54 m³ vzduchu. Ohňostroje trvaly cca 30 min a dalších zhruba 30 min ještě trvalo, než lidé odjeli z Přístaviště. Expozice tedy trvala zhruba hodinu. Pokud přijmeme také premisu, že ohňostroje jsou odpovědné za celý rozdíl koncentrací mezi dnem konání ohňostroje a průměrnou koncentrací ze dnů bez ohňostroje a dále pokud budeme předpokládat, že veškeré toto množství bylo v ovzduší během již zmiňované hodiny, tak výši expozice během této jedné hodiny zobrazuje Obr. 20.



Obr. 20 – Expozice Na (v ng.h⁻¹) během konání ohňostrojů v roce 2015 a 2016

Množství Na vdechnutého během ohňostrojí a vztah k minimální doporučené dávce Na (500 mg) uvádí následující Tab. 5.

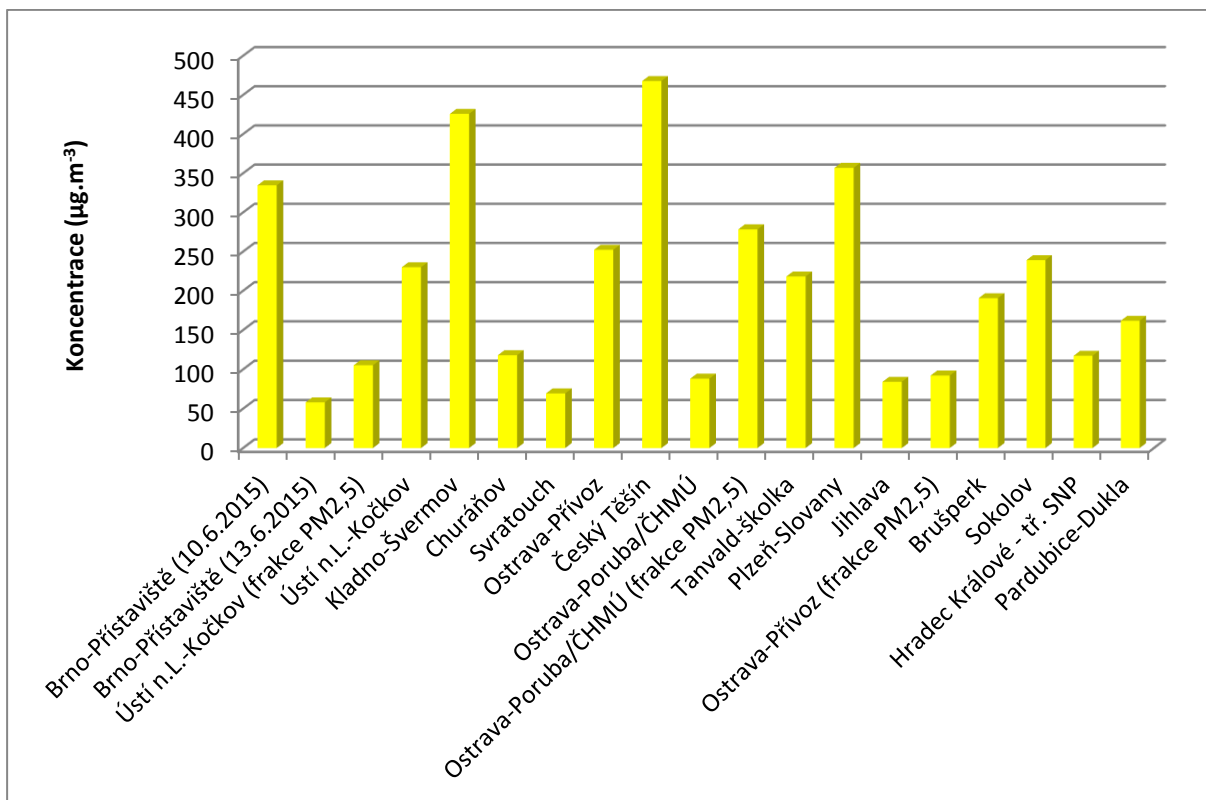
Tab. 5 – Expozice Na během ohňostrojí a vztah k minimální doporučené dávce

| Ohňostroj | Dávka (ng) | Vztah k denní dávce |
|-------------------------------------|------------|---------------------|
| Brno-Přístaviště (10.6.2015) | 1750,30 | 0,00035% |
| Brno-Přístaviště (13.6.2015) | -27,34 | -0,00001% |
| Brno-Přístaviště (4.6.2016) | 97,59 | 0,00002% |
| Brno-Přístaviště (8.6.2016) | 821,12 | 0,00016% |
| Brno-Přístaviště (11.6.2016) | 1581,93 | 0,00032% |
| Brno-Přístaviště (15.6.2016) | -575,45 | -0,00012% |

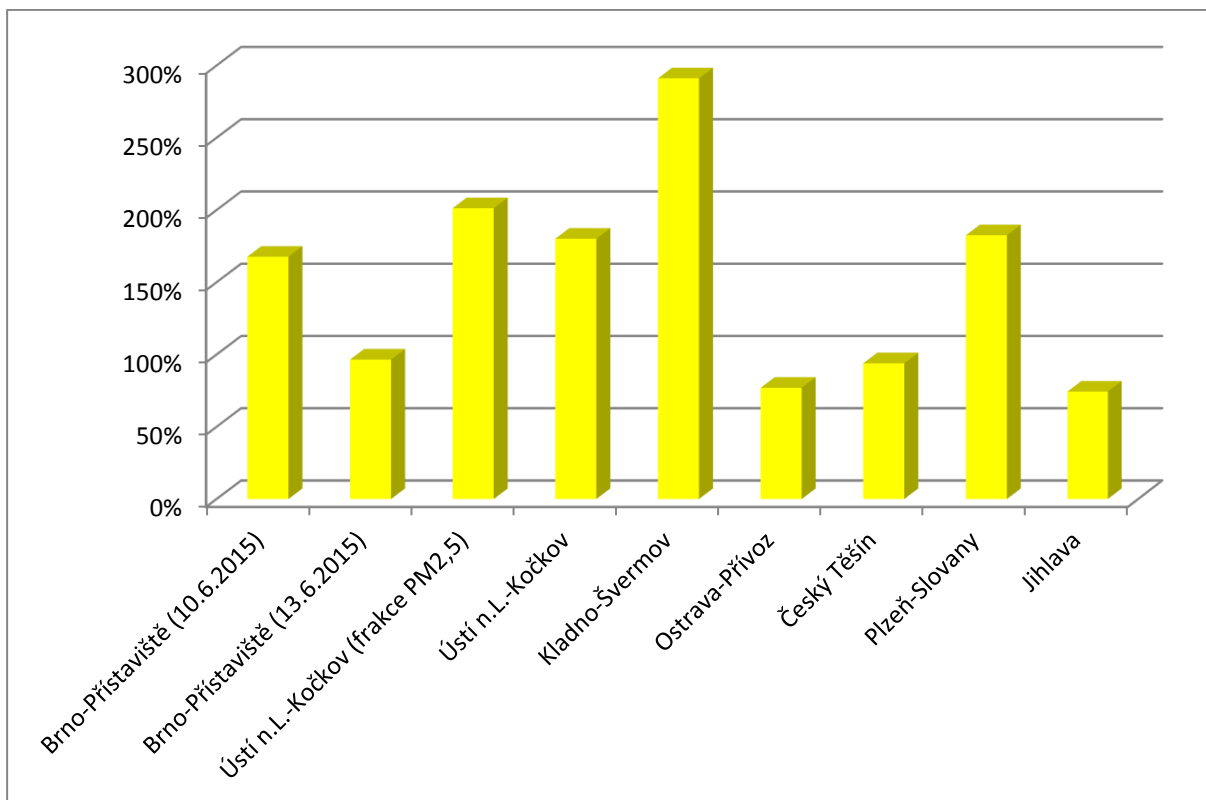
Z Tab. 5 vyplývá, že v obou letech došlo během ohňostrojí alespoň jednou k poklesu koncentrací sodíku oproti dnům bez ohňostrojí. To mohlo být způsobené např. meteorologickými podmínkami. Zejména v roce 2016 došlo během ohňostroje 15. 6. 2016 dne ke srážkám, kdy část znečištění mohla být z ovzduší „vymyta“ a dále pak závisí na rychlosti a směru větru, kdy v případě ohňostroje 15. 6. 2016 převládalo bezvětří či směry proudění větru, které neovlivnily měření. Rovněž ze srovnání dávky a množství Na v různých potravinách vyplývá, že se jedná o nižší koncentrace Na, než člověk sní v jídle.

Pokud srovnáme koncentrace měřené v Brně - Přístavišti s koncentracemi naměřenými během silvestrovských ohňostrojí v různých částech ČR, je patrné, že koncentrace se příliš neliší (Obr. 21). Výrazněji nižší jsou koncentrace pouze v horských lokalitách (Churáňov, Svratouch) a rovněž v Brně - Přístavišti během ohňostroje 13. 6. 2015.

Zajímavé je pak rovněž obdobné srovnání relativního nárůstu koncentrací při ohňostrojích. V případě lokality Brno - Přístaviště se hodnotil nárůst koncentrací v den konání ohňostroje oproti průměru dne před a dne po ohňostroji. V případě lokalit státní sítě imisního monitoringu byl hodnocen nárůst koncentrací na Silvestra oproti dni před Silvestrem (tam kde byl k dispozici). Zde je graf ještě vyrovnanější a pohybuje se cca od 75 % (Ostrava - Přívoz, Jihlava) až po necelých 300 % v Kladně - Švermově (Obr. 22).



Obr. 21 – Koncentrace sodíku v Brně - Přístavišti během ohňostrojů 10. a 13. 6. 2015 ve srovnání s koncentracemi naměřenými ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů 2014/2015



Obr. 22 – Relativní nárůst koncentrací sodíku v den ohňostrojů v lokalitě Brno - Přístaviště (10. a 13. 6. 2015) a ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů (31. 12. 2014)

4.3.2 Hořčík

Hořčík je středně tvrdý, lehký, tažný kov, má vyšší hustotu než voda, vede hůře elektrický proud a teplo.

Hořčík je v přírodě poměrně dost rozšířen – tvoří cca 2% zemské kůry a je osmým nejrozšířenějším prvkem na Zemi. Je obsažen v horninách, minerálech (dolomit) a podzemních, minerálních a mořských vodách.

Hmotnost hořčíku v těle dospělého člověka činí asi 25 – 40 g (1 000 mmol, tj. cca 12 – 16 mmol/kg hmotnosti člověka)⁷. Z toho připadá asi 60% na hořčík vázaný v kostře na krystaly hydroxyapatitu. Nejvyšší koncentrace hořčíku v měkkých tkáních je v pankreatu, kosterním svalstvu, centrální nervové soustavě a v játrech. V krvi a extracelulárních tekutinách je obsaženo pouze 1% z celkového množství hořčíku v organismu.

Hlavní úlohou hořčíku v organismu je stavba kostí. Dále se účastní všech metabolických dějů, ve kterých se tvoří nebo hydrolyzuje ATP. Společně s vápníkem hořčík ovlivňuje permeabilitu membrán.

Koncentrace hořečnatých iontů v extracelulárních tekutinách má vliv na funkci nervových buněk. Při nedostatku hořčíku dochází ke zvýšené dráždivosti a velký nadbytek naopak způsobuje útlum nervové činnosti. Dále je hořčík důležitý jako prevence proti srdečním a cévním onemocněním⁸. Hořčík je ko-faktorem více než 300 enzymů. Při metabolismu sacharidů se hořčík uplatňuje zejména při mezistupních glykolýzy, kde v konečném důsledku zvyšuje tvorbu ATP a podporuje ukládání glukózy v podobě glykogenu do jater. V metabolismu bílkovin má hořčík funkci zejména při udržování struktury DNA, aktivaci její reparace a při kontrole její replikace. Dále se podílí např. na apoptóze (plánovaném zániku buněk). Podílí se rovněž na tzv. citrátovém cyklu, jehož produkty jsou výchozími substráty pro získávání dalších energeticky významných reakcí (dýchací řetězec a aerobní fosforylace) na úrovni buněčných organel - mitochondrií⁹.

Hořčík je nezbytný k sekreci parathormonu a tím se stává nezbytným pro správný metabolismus vápníku. Dále je hořčík důležitý pro asimilaci fosforu, sodíku, draslíku a vitamínu C. Mezi další vlastnosti hořčíku se řadí pomoc při spalování tuků a uvolňování energie, potlačování depresivních stavů, pomoc při udržování správné hladiny cholesterolu, prevence vzniku ledvinových a žlučnickových kamenů a pomoc při premenstruačním syndromu¹⁰.

Pro novorozence činí denní dávka hořčíku 50 mg, do jednoho roku by se měla postupně zvyšovat na 70 mg, pro děti v předškolním věku je optimální dávka v rozmezí 150 - 250 mg denně a v adolescenci se doporučuje 250 - 350 mg denně. V dospělosti se doporučuje 300 - 450 mg hořčíku denně¹¹.

V období těhotenství se potřeba hořčíku zvyšuje o 15 – 20%, v období laktace pak o 20 – 25% u matky. Hořčík je nezbytný v tomto období zejména pro růst skeletu plodu i dítěte a pro

⁷ DOSTÁL, J., PAVLOVÁ, H., SLANINA, J., TÁBORSKÁ, E. Biochemie pro bakaláře. Brno: Vydavatelství MU, 2003. 174 s. ISBN 80-210-3232-4.

⁸ HEJDA, S. Kapitoly o výživě. Praha: Avicenum, 1985. 236 s.

⁹ WILHELM, Z. Co je dobré vědět o hořčíku. [online]. Dostupné z <http://www.solen.cz/pdfs/lek/2007/03/09.pdf>

¹⁰ MINDELL, E., MUNDIS, H. Nová vitaminová bible. Praha: Ikar, 2004. 572 s. ISBN 80-249-0744-5.

¹¹ RACEK, J. Klinická biochemie. Praha: Galén, 2006. 329 s. ISBN 978-80-247-2256-6.

účasť na metabolických dejích, ktoré práve v tehotenstve a v laktácii vykazujú vysokou intenzitou⁹.

Ve stáří je denní doporučená dávka 300 – 400 mg. Vyšší dávka je dána nedostatkom hořčíku v tomto období, který je způsobován nejčastěji malnutricí, požíváním antibiotik, diuretik a dalších léků¹².

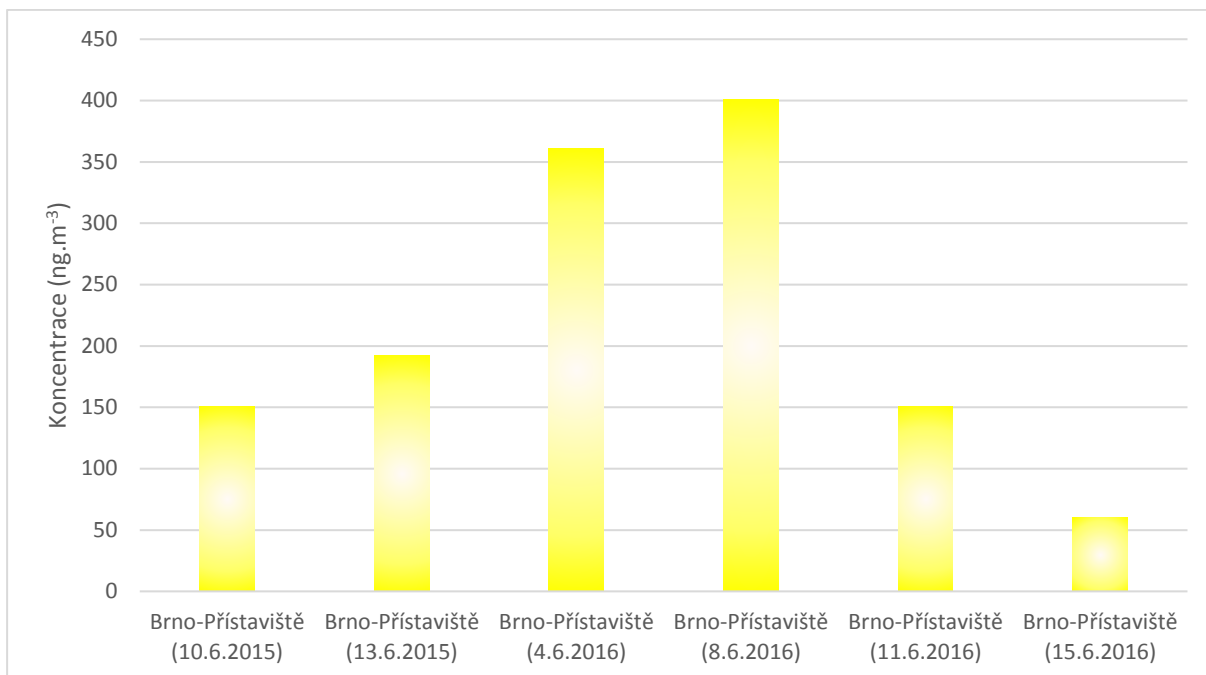
Obsah hořčíku ve vybraných surovinách a potravinách je uveden v následující Tab. 4.

Tab. 6 - Obsah hořčíku ve vybraných surovinách a potravinách

| Potravina | Obsah Mg (mg.kg ⁻¹) | Potravina | Obsah Mg (mg.kg ⁻¹) |
|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| banány | 310 - 420 | maso vepřové | 80 - 220 |
| brambory | 200 - 320 | mléko plnotučné | 110 - 140 |
| cibule | 70 - 160 | mouka pšeničná | 210 - 1300 |
| čaj černý | 770 | pomeranče | 110 - 140 |
| čočka | 2500 | pšenice | 700 - 1500 |
| čokoláda mléčná | 590 - 710 | rajčata | 110 - 180 |
| fazole | 230 - 1800 | ryby | 140 - 310 |
| hlávkový salát | 150 - 290 | rýže loupaná | 260 - 430 |
| hrách | 1100 - 1300 | sója | 2400 - 2500 |
| hrášek | 380 - 410 | sýry | 170 - 550 |
| chléb celozrnný | 230 - 550 | špenát | 420 - 770 |
| jablka | 35 - 70 | tvoroh | 90 |
| jahody | 120 - 170 | vaječný bílek | 110 |
| játra vepřová | 220 - 260 | vaječný žloutek | 140 - 150 |
| jogurt | 140 | vejce slepičí | 120 - 140 |
| káva pražená | 2400 | vlašské ořechy | 1300 |
| maso hovězí | 170 - 250 | zelí | 120 - 230 |
| maso kuřecí | 130 - 290 | | |

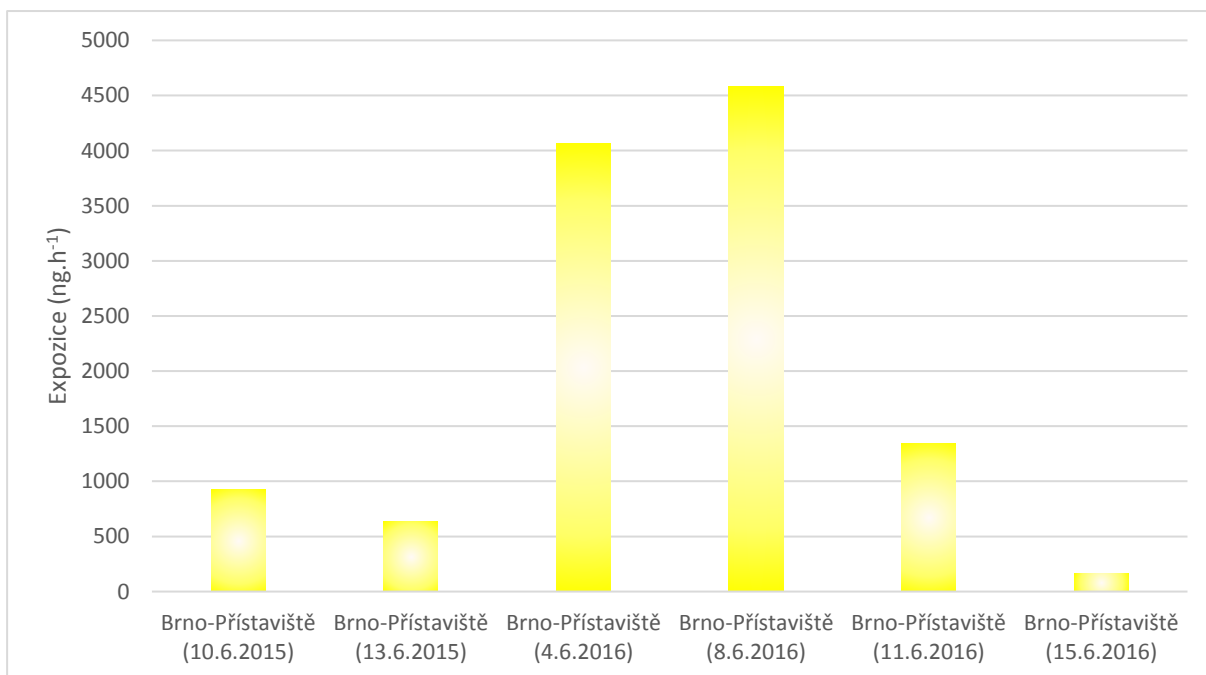
Z grafu uvedeného na Obr. 23 vyplývá, že nejvyšší koncentrace Mg byly během 24hodinového odběru PM₁₀ naměřeny v Brně – Přístavišti během ohňostroje konaného 8. a 4. 6. 2016. Naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny 15. 6. 2016.

¹² KELLER, U., MEIER, R., BERTOLI, S. Klinická výživa. 1. vyd. Praha: Scientia medica, 1993. 236 s. ISBN 80-85526-08-5.



Obr. 23 – Koncentrace Mg v 24hodinovém odběru, Brno – Prístaviště, roky 2015 a 2016

Pokud bude přijata premisa, že na jeden nádech vdechne dospělý člověk 0,5 l vzduchu a za minutu se nadechne 18x, pak za hodinu člověk vdechne cca 0,54 m³ vzduchu. Ohňostroje trvaly cca 30 min a dalších zhruba 30 min ještě trvalo, než lidé odjeli z Prístaviště. Expozice tedy trvala zhruba hodinu. Pokud přijmeme také premisu, že ohňostroje jsou odpovědné za celý rozdíl koncentrací mezi dnem konání ohňostroje a průměrnou koncentrací ze dnů bez ohňostroje a dále pokud budeme předpokládat, že veškeré toto množství bylo v ovzduší během již zmiňované hodiny, tak výši expozice během této jedné hodiny zobrazuje Obr. 24.



Obr. 24 – Expozice Mg (v ng.h⁻¹) během konání ohňostrojů v roce 2015 a 2016

Množství Mg vdechnutého během ohňostrojů a vztah k doporučené dávce Mg pro děti (50 mg) a dospělé (300 mg) uvádí následující Tab. 7.

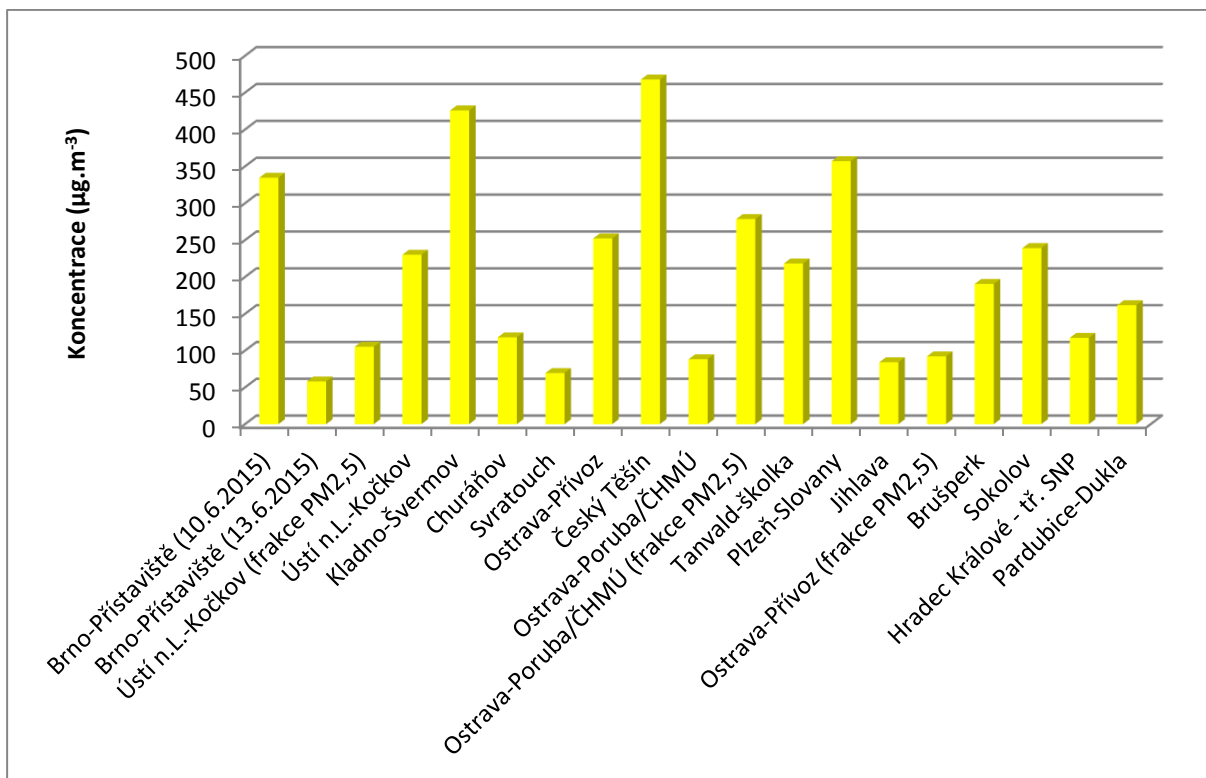
Tab. 7 – Expozice Mg během ohňostrojů a vztah k minimální doporučené dávce

| Ohňostroj | Dávka (ng) | Vztah k denní dávce děti | Vztah k denní dávce dospělí |
|-------------------------------------|------------|--------------------------|-----------------------------|
| Brno-Přístaviště (10.6.2015) | 923,84 | 0,00185% | 0,00031% |
| Brno-Přístaviště (13.6.2015) | 634,94 | 0,00127% | 0,00021% |
| Brno-Přístaviště (4.6.2016) | 4068,84 | 0,00814% | 0,00136% |
| Brno-Přístaviště (8.6.2016) | 4582,73 | 0,00917% | 0,00153% |
| Brno-Přístaviště (11.6.2016) | 1346,61 | 0,00269% | 0,00045% |
| Brno-Přístaviště (15.6.2016) | 166,75 | 0,00033% | 0,00006% |

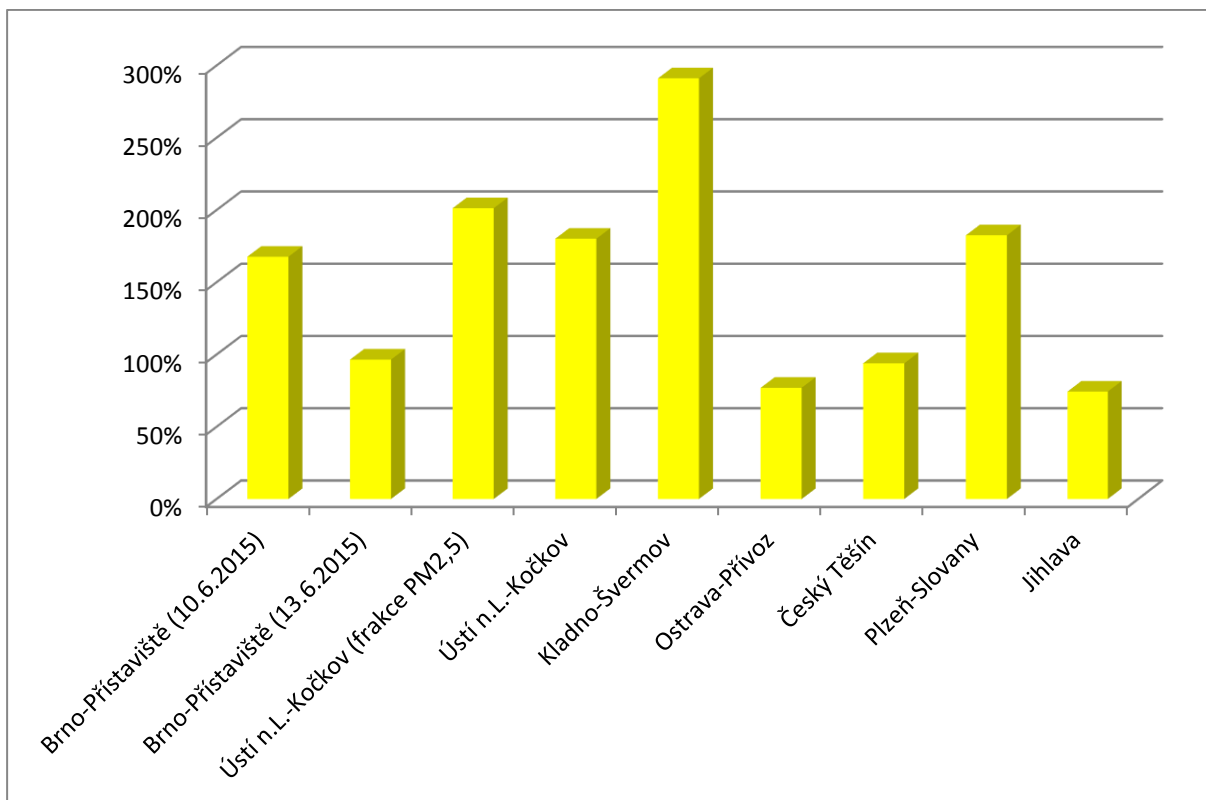
Z Tab. 7 vyplývá, že v obou letech došlo během ohňostrojů alespoň jednou k mírné expozici hořčíkem, výraznější byly pouze 4. a 8. 6. 2016. Ze srovnání dávky a množství Mg v různých potravinách vyplývá, že se jedná o nižší koncentrace Mg, než člověk sní v jídle.

Pokud srovnáme koncentrace měřené v Brně - Přístavišti s koncentracemi naměřenými během silvestrovských ohňostrojů v různých částech ČR, je patrné, že koncentrace se příliš neliší (Obr. 21). Výrazněji nižší jsou koncentrace pouze v horských lokalitách (Churáňov, Svratouch) a rovněž v Brně - Přístavišti během ohňostroje 13. 6. 2015.

Zajímavé je pak rovněž obdobné srovnání relativního nárůstu koncentrací při ohňostrojích. V případě lokality Brno - Přístaviště se hodnotil nárůst koncentrací v den konání ohňostroje oproti průměru dne před a dne po ohňostroji. V případě lokalit státní sítě imisního monitoringu byl hodnocen nárůst koncentrací na Silvestra oproti dni před Silvestrem (tam kde byl k dispozici). Zde je graf ještě vyrovnanější a pohybuje se cca od 75 % (Ostrava - Přívoz, Jihlava) až po necelých 300 % v Kladně - Švermově (Obr. 22).



Obr. 25 – Koncentrace hořčiku v Brně - Přístavišti během ohňostrojů 10. a 13. 6. 2015 ve srovnání s koncentracemi naměřenými ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů 2014/2015



Obr. 26 – Relativní nárůst koncentrací hořčiku v den ohňostrojů v lokalitě Brno - Přístaviště (10. a 13. 6. 2015) a ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů (31. 12. 2014)

4.3.3 Draslík

Draslík je měkký, lehký a stříbrolesklý kov. Vede velmi dobře elektrický proud a teplo. Má nízký bod tání a varu ve srovnání s ostatními kovy. V jeho parách se kromě jednoatomových částic vyskytují i dvouatomové molekuly. Soli draslíku barví plamen intenzivně fialově, ale i při stopách sodné sloučeniny ve vzorku se plamen barví do žluta, proto je nutné se na takový plamen dívat skrz modré kobaltové sklo¹³.

Ionty draslíku jsou rovněž málo toxické, avšak šestkrát toxičtější, než ionty sodíku. Požití chloridu draselného způsobuje křeče a nepravidelnou srdeční činnost. Asi 15 g již způsobí otravu¹⁴.

V organismu je draslík na rozdíl od sodíku uložen zejména v buňkách a je hlavním jednomocným intracelulárním kationtem. 98% je uloženo intracelulárně a pouze 2% extracelulárně. Z celkového obsahu intracelulární tekutiny se 86% nachází ve svalových buňkách, přibližně 6% v játrech a 6% v červených krvinkách [23]. Celková zásoba draslíku v těle je přibližně 3500 mmol¹⁵.

Draslík se z těla vylučuje z 90% močí (45 – 90 mmol/den) a zbytek stolicí (5 – 10 mmol/den).

Keller a kol. (1993) doporučují pro dospělého člověka denní dávku v rozmezí 1 875 – 5 625 mg¹⁶. Pro děti do jednoho roku je denní potřeba udávána v rozmezí 500 – 700 mg a pro děti od 1 do 9 let 1 000 – 1 600 mg¹⁷.

Ve stáří dochází častěji ke karenci draslíku vzhledem k častému používání diuretik, a tím zvýšeným ztrátám draslíku močí. Proto se ve stáří doporučuje horní hranice doporučené denní dávky.

Zvýšený přívod draslíku se doporučuje u pacientů trpících hypertenzí. Společně se sníženým přívodem sodíku přispívá ke snížení krevního tlaku. Pro hypertoniky tedy platí denní dávka draslíku v rozmezí 4 500 – 7 000 mg. Poměr přijímaného draslíku ku sodíku by měl být 2 - 2,6 : 1¹⁸.

Obsah draslíku ve vybraných surovinách a potravinách je uveden v následující Tab. 8.

¹³ Greenwood N.N., Earnshaw A.: Chemie prvků, Oxford 1993.

¹⁴ Tichý M.: Toxikologie pro chemiky. Karolinum, Praha 2004

¹⁵ RACEK, J. Klinická biochemie. Praha:Galén, 2006. 329 s. ISBN 978-80-247-2256-6.

¹⁶ KELLER, U., MEIER, R., BERTOLI, S. Klinická výživa. 1. vyd. Praha: Scientia medica, 1993. 236 s. ISBN 80-85526-08-5.

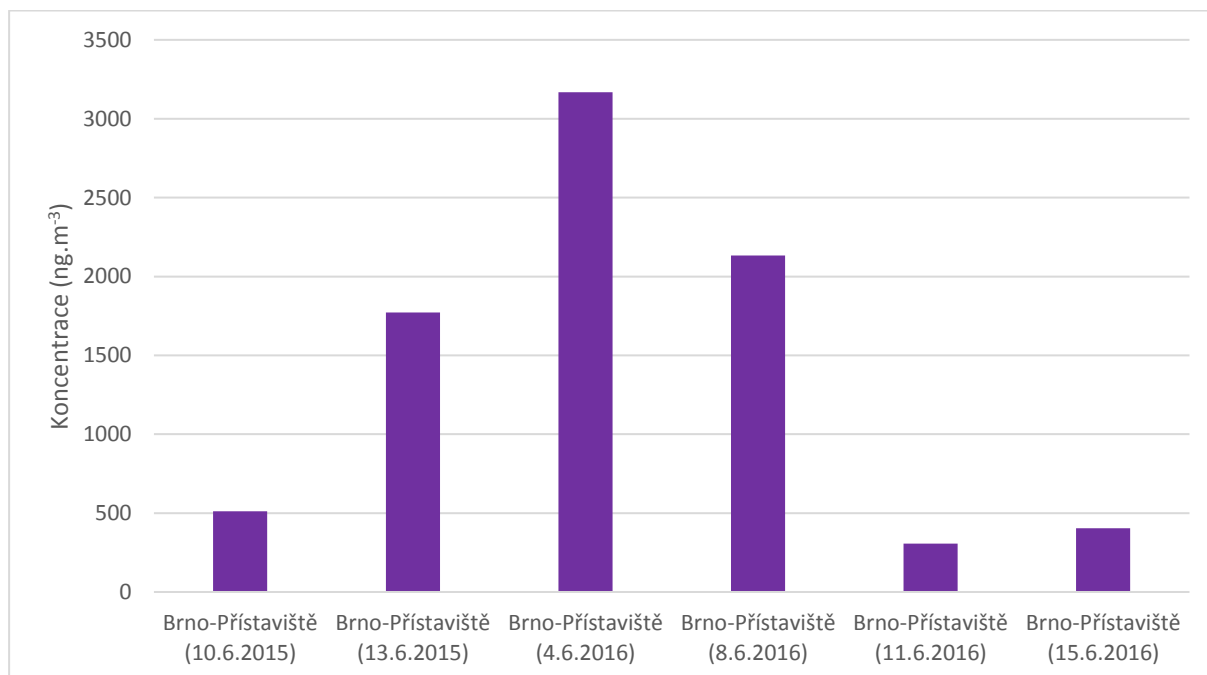
¹⁷ VELÍŠEK, J. Chemie potravin 2. Tábor: Osis, 2002. 344 s. ISBN 86659-00-3.

¹⁸ ČERMÁK, B. Výživa člověka. České Budějovice: JČU České Budějovice, Zemědělská fakulta, 2002. 224 s. ISBN 80-7040-576-7.

Tab. 8 - Obsah draslíku ve vybraných surovinách a potravinách

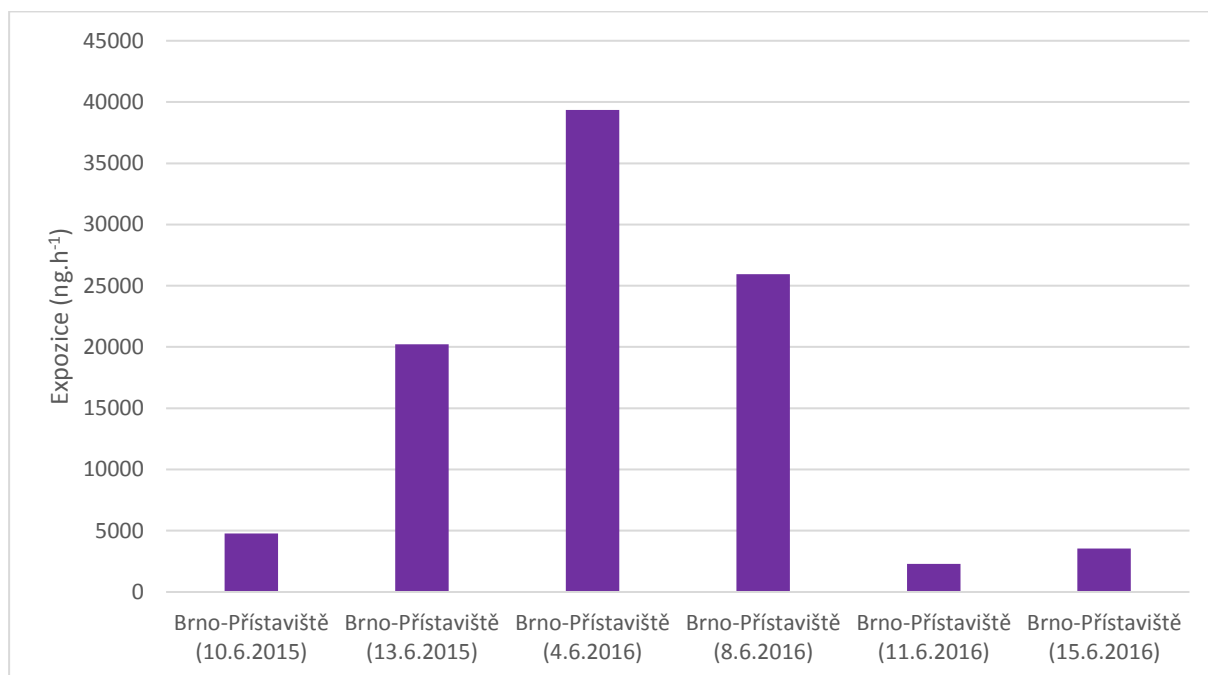
| Potravina | Obsah K (mg.kg ⁻¹) | Potravina | Obsah K (mg.kg ⁻¹) |
|-----------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| banány | 3500 | maso vepřové | 2600 - 4000 |
| brambory | 4400 - 5700 | mléko plnotučné | 1550 - 1600 |
| cibule | 1300 | mouka pšeničná | 1100 - 1300 |
| čaj černý | 21600 | pomeranče | 1800 - 2000 |
| čočka | 6700 - 8100 | pšenice | 3500 - 5000 |
| čokoláda mléčná | 3500 | rajčata | 2900 |
| fazole | 12000 | ryby | 2200 - 3600 |
| hlávkový salát | 2200 | rýže loupaná | 1000 |
| hrách | 2900 - 9900 | sója | 16000 |
| hrášek | 3000 | sýry | 1070 - 1100 |
| chléb celozrnný | 2300 - 2500 | špenát | 4900 - 7700 |
| jablka | 900 - 1400 | tvoroh | 1000 |
| jahody | 1500 | vaječný bílek | 1480 |
| játra vepřová | 3500 | vaječný žloutek | 1230 |
| jogurt | 1700 - 2200 | vejce slepičí | 1380 |
| káva pražená | 20200 | vlašské ořechy | 6900 |
| maso hovězí | 3400 | zelí | 2300 |
| maso kuřecí | 4100 | | |

Z grafu uvedeného na Obr. 27 vyplývá, že nejvyšší koncentrace draslíku byly během 24hodinového odběru PM₁₀ naměřeny v Brně – Přístavišti během ohňostroje konaného 4. 6. 2016. Naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny 11. 6. 2016.



Obr. 27 – Koncentrace K v 24hodinovém odběru, Brno – Přístaviště, roky 2015 a 2016

Pokud bude přijata premisa, že na jeden nádech vdechne dospělý člověk 0,5 l vzduchu a za minutu se nadechne 18x, pak za hodinu člověk vdechne cca 0,54 m³ vzduchu. Ohňostroje trvaly cca 30 min a dalších zhruba 30 min ještě trvalo, než lidé odjeli z Přístaviště. Expozice tedy trvala zhruba hodinu. Pokud přijmeme také premisu, že ohňostroje jsou odpovědné za celý rozdíl koncentrací mezi dnem konání ohňostroje a průměrnou koncentrací ze dnů bez ohňostroje a dále pokud budeme předpokládat, že veškeré toto množství bylo v ovzduší během již zmiňované hodiny, tak výši expozice během této jedné hodiny zobrazuje Obr. 28.



Obr. 28 – Expozice K (v ng·h⁻¹) během konání ohňostrojů v roce 2015 a 2016

Množství draslíku vdechnutého během ohňostrojů a vztah k doporučené dávce K pro děti (500 mg) a dospělé (3750 mg) uvádí následující Tab. 9.

Tab. 9 – Expozice K během ohňostrojů a vztah k minimální doporučené dávce

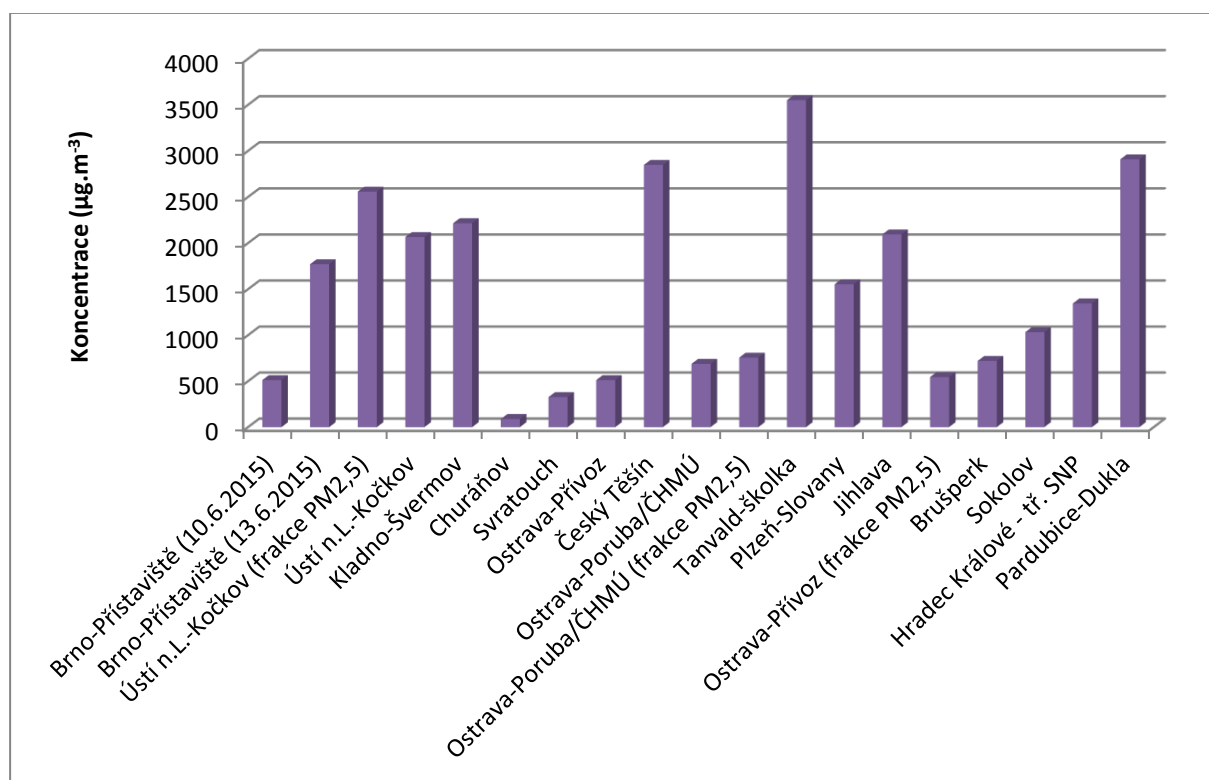
| Ohňostroj | Dávka (ng) | Vztah k denní dávce dětí | Vztah k denní dávce dospělí |
|-------------------------------------|------------|--------------------------|-----------------------------|
| Brno-Přístaviště (10.6.2015) | 4774,94 | 0,00095% | 0,00013% |
| Brno-Přístaviště (13.6.2015) | 20225,08 | 0,00405% | 0,00054% |
| Brno-Přístaviště (4.6.2016) | 39356,61 | 0,00787% | 0,00105% |
| Brno-Přístaviště (8.6.2016) | 25941,59 | 0,00519% | 0,00069% |
| Brno-Přístaviště (11.6.2016) | 2285,35 | 0,00046% | 0,00006% |
| Brno-Přístaviště (15.6.2016) | 3539,29 | 0,00071% | 0,00009% |

Z Tab. 9 vyplývá, že v obou letech došlo během ohňostrojů alespoň jednou k mírné expozici draslíkem, výraznější byly především 4. a 8. 6. 2016 a 13. 6. 2015. Ze srovnání dávky a množství K v různých potravinách vyplývá, že se jedná o nižší koncentrace K, než člověk sní v jídle.

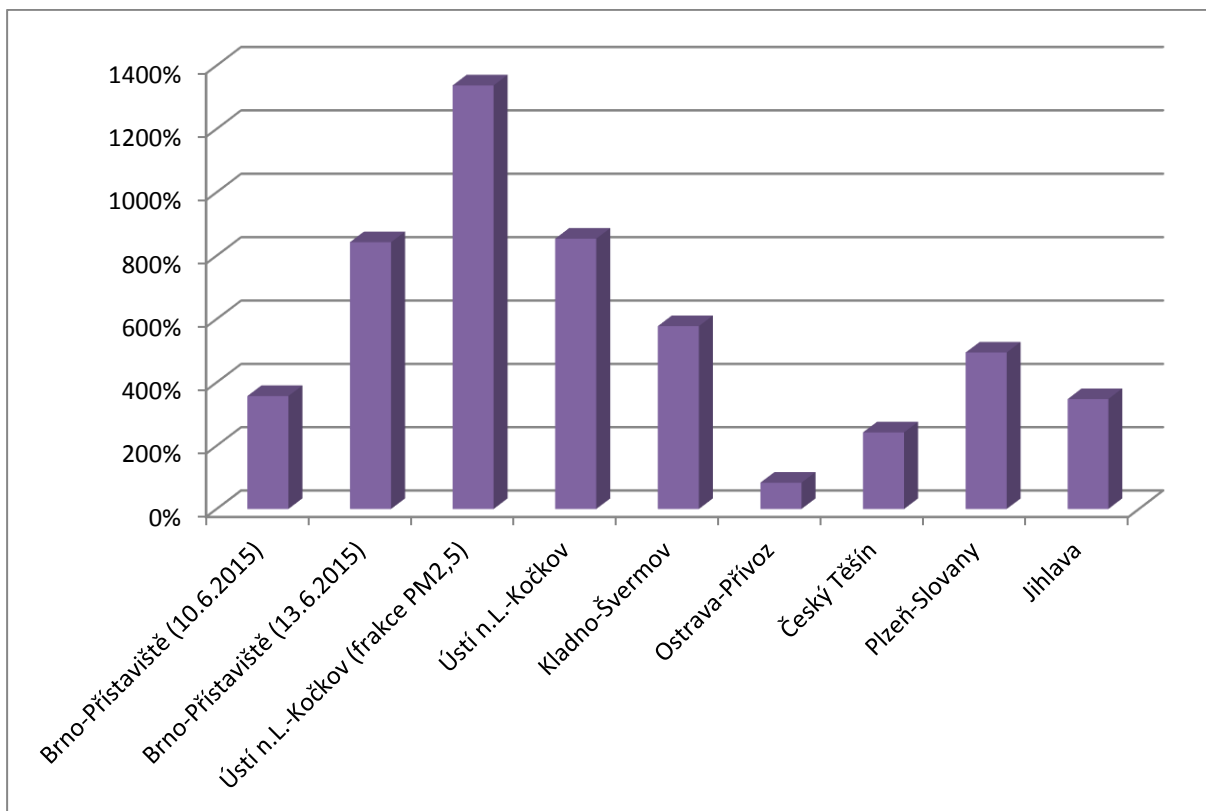
Pokud srovnáme koncentrace měřené v Brně - Přístavišti s koncentracemi naměřenými během silvestrovských ohňostrojů v různých částech ČR, je patrné, že koncentrace se

pohybují od nízkých v řádu desítek a stovek až po vysoké v řádu tisíců (Obr. 29). Výrazněji nižší jsou koncentrace pouze v horských lokalitách (Churáňov, Svratouch) a rovněž v Brně - Přístavišti během ohňostroje 10. 6. 2015.

Zajímavé je pak rovněž obdobné srovnání relativního nárůstu koncentrací při ohňostrojích. V případě lokality Brno - Přístaviště se hodnotil nárůst koncentrací v den konání ohňostroje oproti průměru dne před a dne po ohňostroji. V případě lokalit státní sítě imisního monitoringu byl hodnocen nárůst koncentrací na Silvestra oproti dni před Silvestrem (tam kde byl k dispozici). Zde je graf mírně vyrovnanější a pohybuje se cca od 83 % (Ostrava - Přívoz) až po necelých 1337 % v Ústí nad Labem - Kočkově (Obr. 30). Koncentrace v lokalitě Brno - Přístaviště narostly rozdílně – během ohňostroje 10. 6. 2015 patřil nárůst spíše k nižším, naopak při ohňostroji 13. 6. 2015 k vyšším s obdobným nárůstem, jako v Ústí nad Labem – Kočkově.



Obr. 29 – Koncentrace draslíku v Brně-Přístavišti během ohňostrojů 10. a 13. 6. 2015 ve srovnání s koncentracemi naměřenými ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů 2014/2015



Obr. 30 – Relativní nárůst koncentrací draslíku v den ohňostrojů v lokalitě Brno - Přístaviště (10. a 13. 6. 2015) a ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů (31. 12. 2014)

4.3.4 Stroncium

Poměrně měkký, lehký, reaktivní kov, který se svými vlastnostmi více podobá vlastnostem alkalických kovů. Stroncium patří k lepším vodičům elektrického proudu a tepla. Soli stroncia barví plamen červeně¹⁹.

Běžné izotopy stroncia se v živých organizmech chovají podobně jako atomy vápníku a jsou tedy naprosto neškodné. Zdravotní rizika spojená se stronciem jsou spojena s radioaktivním izotopem ⁹⁰Sr, který vzniká při radioaktivním rozpadu uranu, tedy při výbuchu atomové bomby i v jaderných reaktorech. Izotop ⁹⁰Sr je poměrně silný beta zářič s poločasem rozpadu 29,1 let. Pokud se dostane do živého organismu, může se zabudovat do kostní tkáně a je potenciálním zdrojem vzniku rakovinného bujení. Při objektivním hodnocení jeho skutečné rizikovosti je nutno posoudit poměr výskytu uvedeného izotopu k ostatním podobným atomům (vápník, baryum, neškodné izotopy stroncia) a pravděpodobností vyzáření beta částice (elektron) a následným spuštěním rakovinného bujení právě sledovaným izotopem ⁹⁰Sr²⁰.

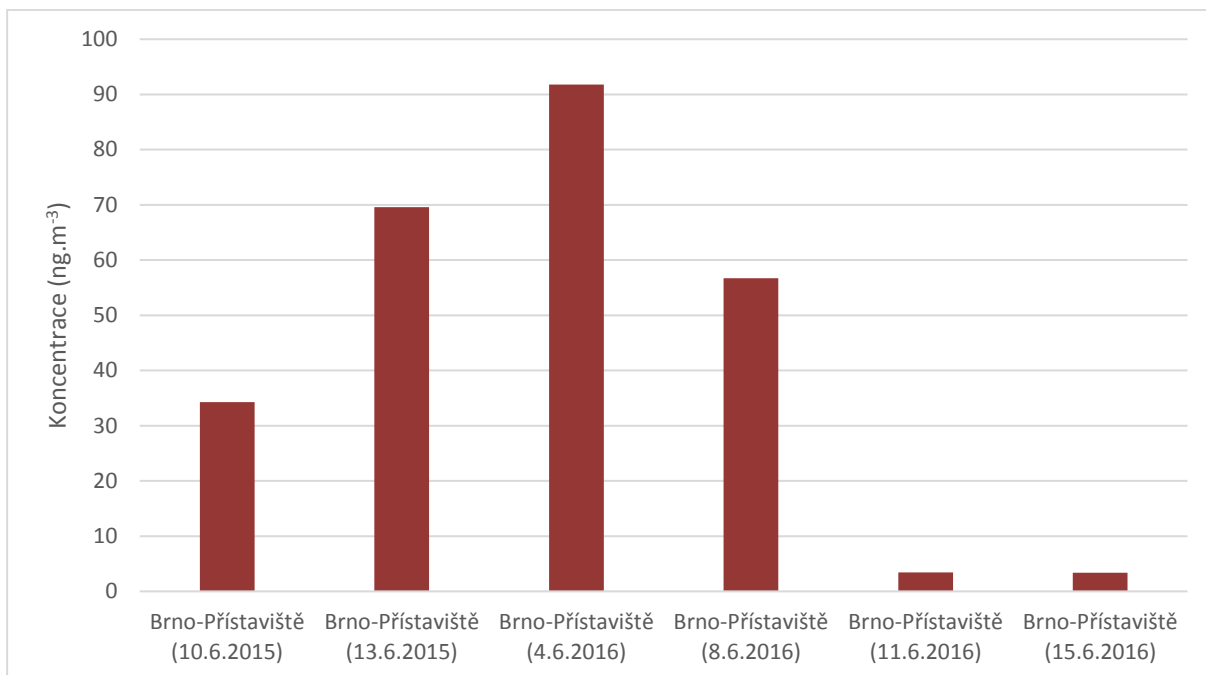
Stroncium se stejně jako vápník dostává do organismu především v době růstu. Lze říci, že po ukončení růstu je asi 98 % vápníku a stroncia uloženo do kostí. Pro prenatální období platí, že jaké složení kostí má matka, takové bude mít i dítě. V dospělosti je pak hladina vápníku přísně hlídána, a pokud klesá a přísun vápníku z potravy je nedostatečný, aktivuje se zásoba z kostí. Optimální hladina vápníku je klíčová pro bezchybné fungování nervového systému, vápník uvnitř buněk je důležitou informační částicí. Stroncium je tedy rovnoměrně rozmícháno do organismu na ta místa, kde se vyskytuje vápník. U dospělého člověka o hmotnosti 70 kg se vyskytuje okolo 0,32 g stroncia oproti přibližně 1.000 g vápníku. Přírodní stroncium tedy nepředstavuje pro člověka zásadní problém a člověk se stabilními atomy stroncia žije bez problémů.

Stroncium se vyskytuje přirozeně v našich potravinách. Lidské tělo absorbuje a využije stroncium stejně jako vápník. Průměrná spotřeba se odhaduje u dospělého člověka na 1 až 5 mg stroncia za den. Stroncium se nachází v relativně vysoké koncentraci v kořeni, celozrnném pečivu, listové zelenině, jako je špenát či kapusta, v mořských plodech, mrkvi a luštěninách.

Z grafu uvedeného na Obr. 31 vyplývá, že nejvyšší koncentrace stroncia byly během 24hodinového odběru PM₁₀ naměřeny v Brně – Přístavišti během ohňostroje konaného 4. 6. 2016. Naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny 11. a 15. 6. 2016.

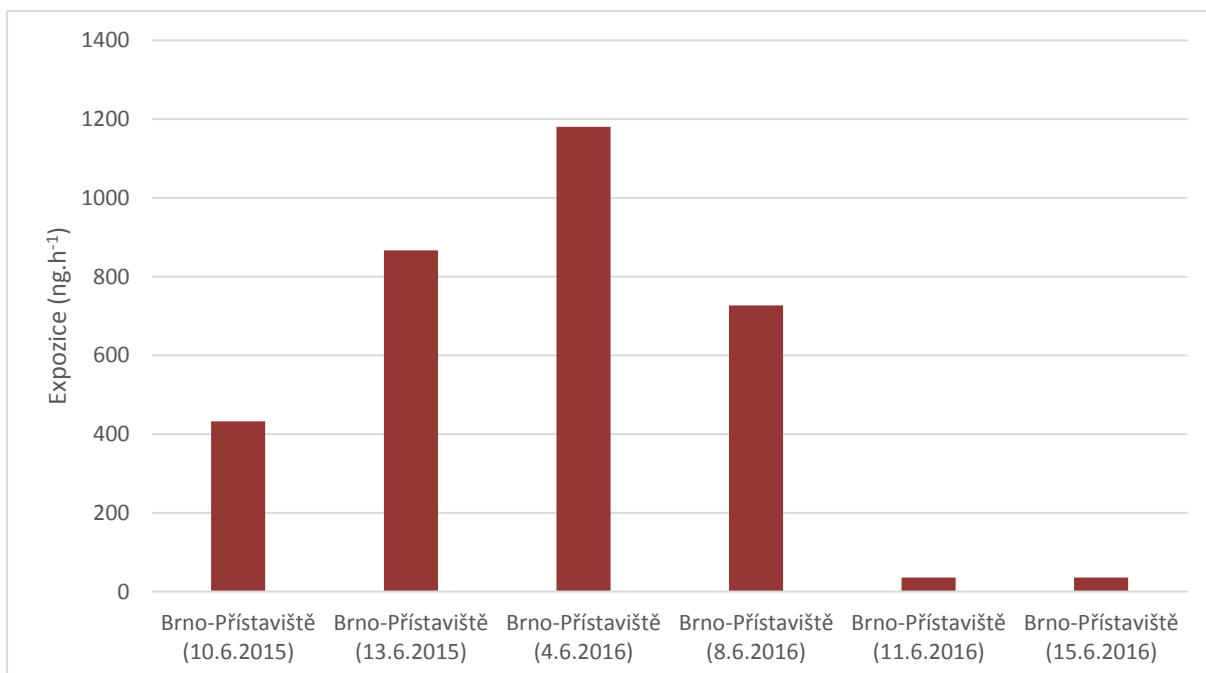
¹⁹ Greenwood N.N., Earnshaw A.: Chemie prvků, Oxford 1993.

²⁰ <https://cs.wikipedia.org/wiki/Stroncium>



Obr. 31 – Koncentrace Sr v 24hodinovém odběru, Brno – Přístaviště, roky 2015 a 2016

Pokud bude přijata premisa, že na jeden nádech vdechne dospělý člověk 0,5 l vzduchu a za minutu se nadechne 18x, pak za hodinu člověk vdechne cca 0,54 m³ vzduchu. Ohňostroje trvaly cca 30 min a dalších zhruba 30 min ještě trvalo, než lidé odjeli z Přístaviště. Expozice tedy trvala zhruba hodinu. Pokud přijmeme také premisu, že ohňostroje jsou odpovědné za celý rozdíl koncentrací mezi dnem konání ohňostroje a průměrnou koncentrací ze dnů bez ohňostroje a dále pokud budeme předpokládat, že veškeré toto množství bylo v ovzduší během již zmiňované hodiny, tak vyšší expozice během této jedné hodiny zobrazuje Obr. 32.



Obr. 32 – Expozice Sr (v ng.h⁻¹) během konání ohňostrojí v roce 2015 a 2016

Množství stroncia vdechnutého během ohňostrojů a vztah k průměrné spotřebě Sr (3 mg) uvádí následující Tab. 10.

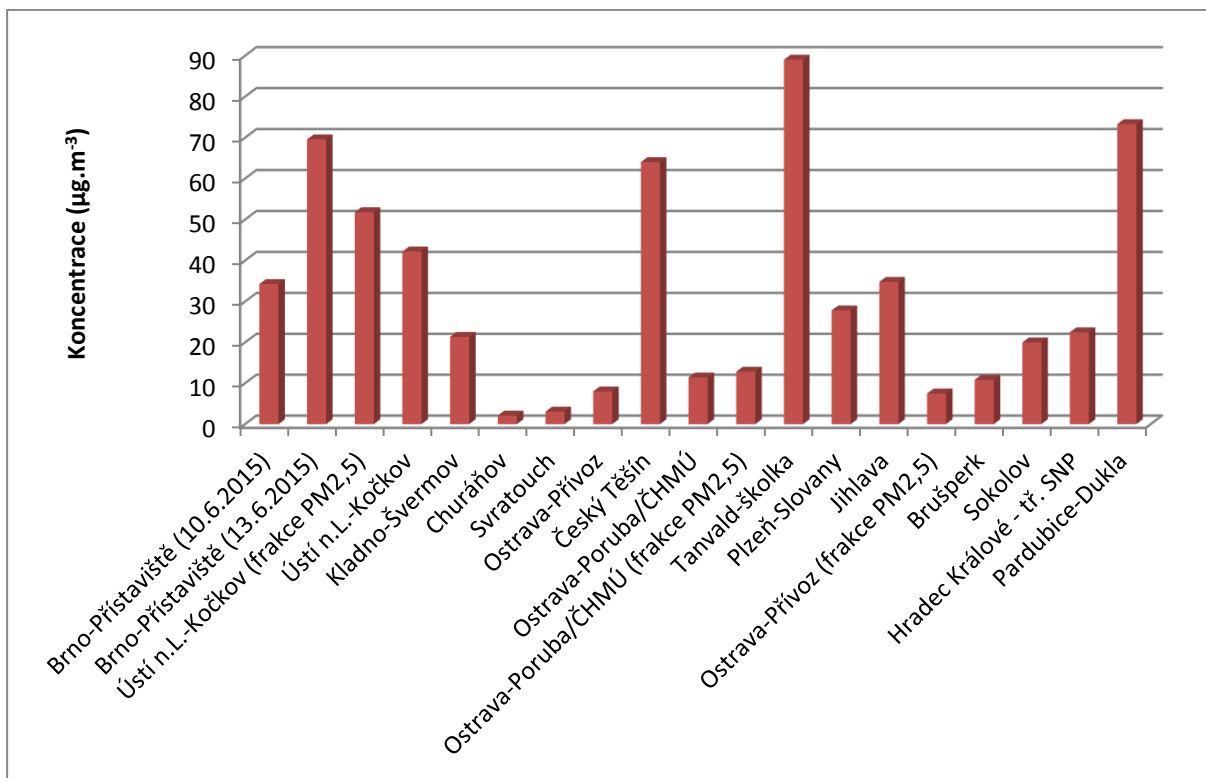
Tab. 10 – Expozice Sr během ohňostrojů a vztah k průměrné spotřebě

| Ohňostroj | Dávka (ng) | Vztah k průměrné spotřebě |
|-------------------------------------|------------|---------------------------|
| Brno-Přístaviště (10.6.2015) | 432,00 | 0,01440% |
| Brno-Přístaviště (13.6.2015) | 866,71 | 0,02889% |
| Brno-Přístaviště (4.6.2016) | 1180,78 | 0,03936% |
| Brno-Přístaviště (8.6.2016) | 726,34 | 0,02421% |
| Brno-Přístaviště (11.6.2016) | 35,84 | 0,00119% |
| Brno-Přístaviště (15.6.2016) | 35,44 | 0,00118% |

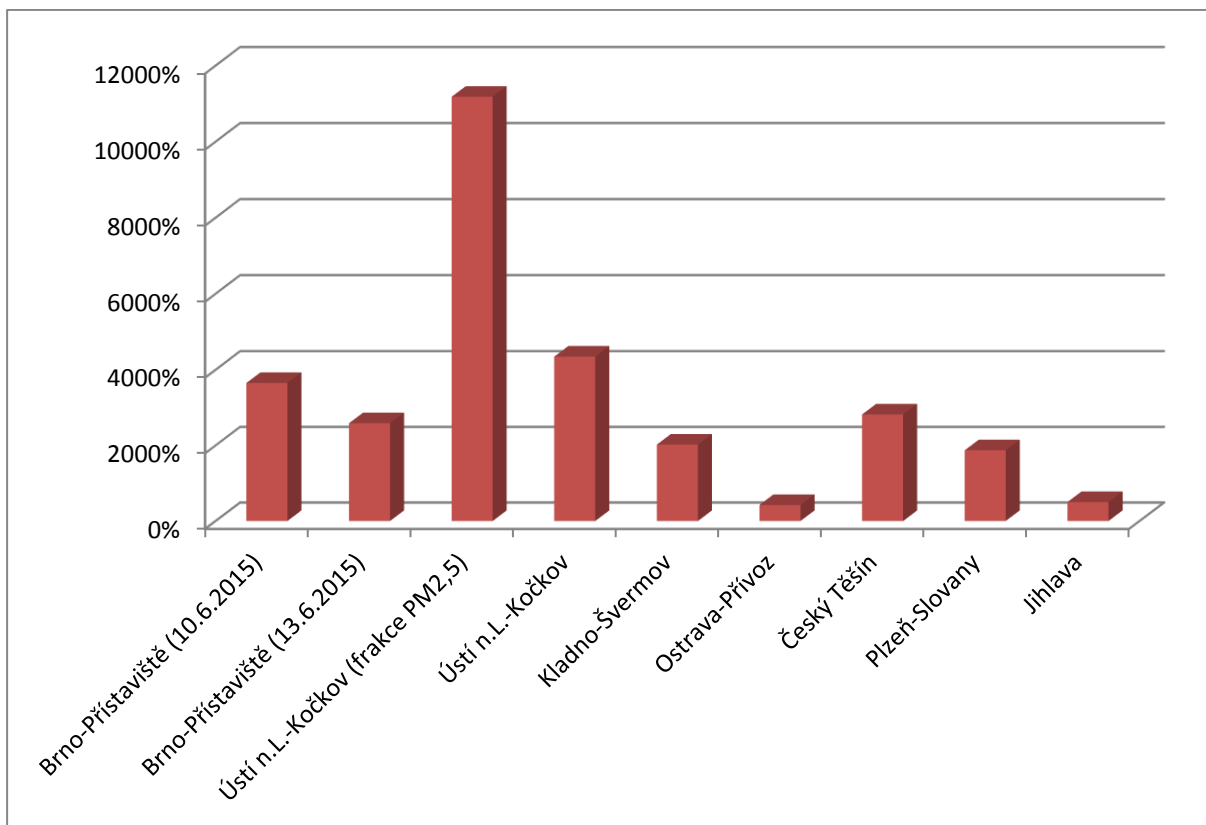
Z Tab. 10 vyplývá, že v obou letech došlo během ohňostrojů alespoň jednou k mírné expozici stronciem, výraznější byly především 4. a 8. 6. 2016 a 13. 6. 2015. V maximu dosáhla expozice necelých 0,04 % průměrné spotřeby stroncia.

Pokud srovnáme koncentrace měřené v Brně - Přístavišti s koncentracemi naměřenými během silvestrovských ohňostrojů v různých částech ČR, je patrné, že koncentrace se pohybují od řádů jednotek až po téměř stovku (Obr. 33). Výrazněji nižší jsou koncentrace pouze v horských lokalitách (Churáňov, Svratouch). Koncentrace v Brně - Přístavišti během ohňostroje 13. 6. 2015 patřila k nejvyšším, ještě vyšší koncentrace pak byly naměřeny během silvestrovských ohňostrojů v lokalitě Pardubice - Dukla a Tanvald - školka.

Zajímavé je pak rovněž obdobné srovnání relativního nárůstu koncentrací při ohňostrojích. V případě lokality Brno - Přístaviště se hodnotil nárůst koncentrací v den konání ohňostroje oproti průměru dne před a dne po ohňostroji. V případě lokalit státní sítě imisního monitoringu byl hodnocen nárůst koncentrací na Silvestra oproti dni před Silvestrem (tam kde byl k dispozici). Zde je graf vyrovnanější kromě jedné hodnoty a pohybuje se cca od 420 % (Ostrava - Přívoz) až po necelých 11180 % v Ústí nad Labem - Kočkově (Obr. 34). Výrazně vyšší nárůst koncentrací byl zaznamenán pouze v Ústí nad Labem – Kočkově ve frakci PM_{2,5}. Nárůst koncentrací v Brně - Přístavišti jsou srovnatelné s dalšími lokalitami, jako je Český Těšín či Ústí nad Labem – Kočkov (frakce PM₁₀).



Obr. 33 – Koncentrace stroncia v Brně - Přístavišti během ohňostrojů 10. a 13. 6. 2015 ve srovnání s koncentracemi naměřenými ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů 2014/2015



Obr. 34 – Relativní nárůst koncentrací stroncia v den ohňostrojů v lokalitě Brno - Přístaviště (10. a 13. 6. 2015) a ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů (31. 12. 2014)

4.3.5 Baryum

Poměrně měkký, lehký, reaktivní kov, který se svými vlastnostmi více podobá vlastnostem alkalických kovů. Baryum patří k lepším vodičům elektrického proudu a tepla. Je nejreaktivnější z kovů alkalických zemin a reaktivitou se podobá alkalickým kovům. Soli barya barví plamen zeleně²¹.

V lidském organismu je baryum obsaženo průměrně v 0,23 mg/kg tělesné váhy. Na jeho biologické funkci se zatím vědci zcela neshodli, i když ho někteří řadí k tzv. pravděpodobně esenciálním prvkům.

K akutním otravám baryem dochází relativně často především požitím jeho rozpustných sloučenin. Příznaky: dráždění trávicího ústrojí, slinění, zvracení, krvácení trávicího ústrojí, působí na nervový systém a na buňky kosterního a srdečního svalstva, třes, dýchací potíže, bolesti v celém těle, později pak cyanóza, vznik obrn, poškození jater až k selhání srdce. Oxid, hydroxid a chlorid barya vyvolávají vyrážky a mohou těžce poškodit oči. Zhruba stejně toxický je dusičnan barnatý, méně pak siřník (působí leptavě) a fluorokřemičitan. K otravě chloridem barnatým (v bezvodém stavu bílá krystalická látka) stačí asi 0,2 g. Smrtelná dávka je 0,8 až 2 g²².

Chronická otrava baryem se projevuje slabostí, hubnutím, záněty ústní sliznice, průjmami, hypertenzí, vypadáváním vlasů a zánětem spojivek. Vdechováním prachových částic barya může dojít k zánětům průdušek a plic.

Toxickým účinkům barya byli anebo jsou vystaveni pracovníci ve výrobě chemikálií, při aplikaci kalírenských a popouštěcích solí v metalurgii, při sváření, ve výrobě aditiv do maziv a plastů (stabilizátory PVC), ve výrobě pyrotechnických materiálů, v různých sklářských provozech, při výrobě keramiky a elektrokeramiky, elektroniky, činidel, katalyzátorů, pigmentů, textilu, léčiv, louhu a chlóru, vitaminů, hormonů, pryže, pesticidů, hořčíku, zinku a india, při rafinaci cukru a v dalších oborech. Značným koncentracím barya jsou vystaveni například svářeči (2,2 – 6,2 mg.m⁻³)¹⁶.

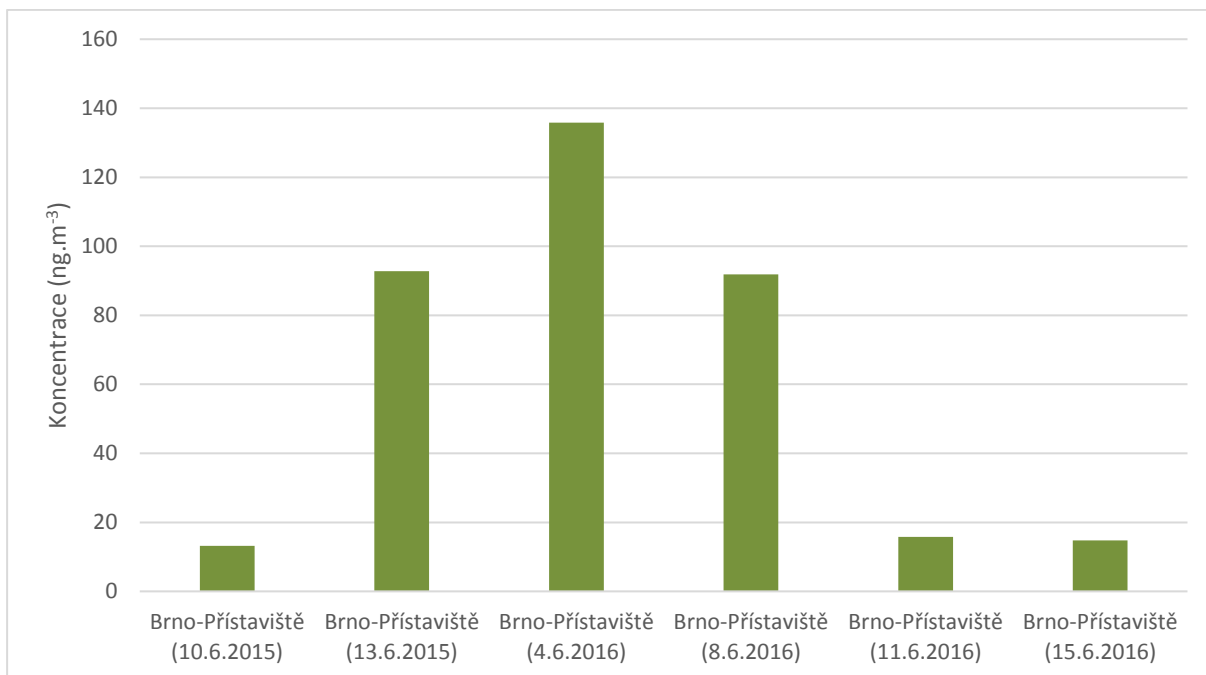
Podstatnější část příjmu barya do lidského těla jde ovšem potravní cestou, menší pak pitnou vodou a zlomek z ovzduší. Jeho denní příjem v ČR činil 0,8 mg, z toho 0,605 mg potravou, 0,19 mg pitnou vodou a 0,005 vzduchem. Tento příjem byl pod odhadovaným celosvětovým průměrem 1,33 mg Ba/den²³.

Z grafu uvedeného na Obr. 35 vyplývá, že nejvyšší koncentrace barya byly během 24hodinového odběru PM₁₀ naměřeny v Brně – Přístavišti během ohňostroje konaného 4. 6. 2016. Naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny 11. a 15. 6. 2016 a také 10. 6. 2015.

²¹ Greenwood N.N., Earnshaw A.: Chemie prvků, Oxford 1993.

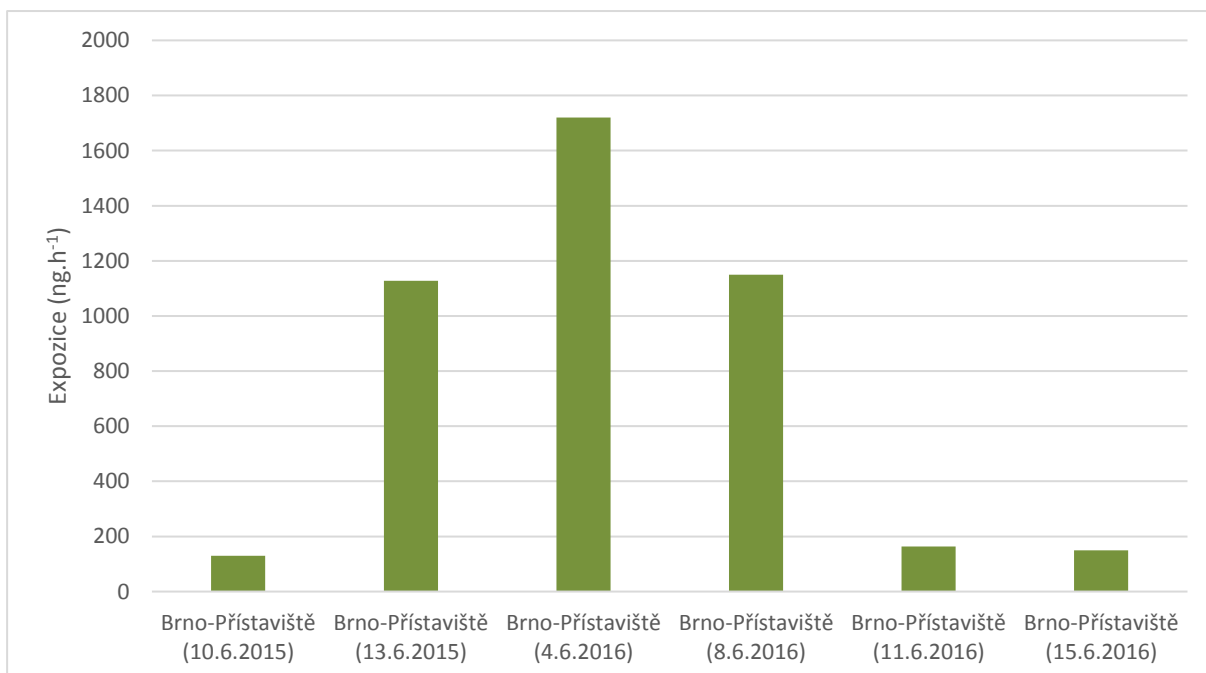
²² Trebichavský, J., D. Havrdová, et al. (1998). Škodliviny I. Toxické kovy. Kutná Hora, NSO.

²³ <http://arnika.org/baryum>



Obr. 35 – Koncentrace Ba v 24hodinovém odběru, Brno – Prístaviště, roky 2015 a 2016

Pokud bude přijata premisa, že na jeden nádech vdechne dospělý člověk 0,5 l vzduchu a za minutu se nadechne 18x, pak za hodinu člověk vdechne cca 0,54 m³ vzduchu. Ohňostroje trvaly cca 30 min a dalších zhruba 30 min ještě trvalo, než lidé odjeli z Prístaviště. Expozice tedy trvala zhruba hodinu. Pokud přijmeme také premisu, že ohňostroje jsou odpovědné za celý rozdíl koncentrací mezi dnem konání ohňostroje a průměrnou koncentrací ze dnů bez ohňostroje a dále pokud budeme předpokládat, že veškeré toto množství bylo v ovzduší během již zmiňované hodiny, tak vyšší expozice během této jedné hodiny zobrazuje Obr. 36.



Obr. 36 – Expozice Ba (v ng.h⁻¹) během konání ohňostrojů v roce 2015 a 2016

Množství barya vdechnutého během ohňostrojů a vztah k průměrnému dennímu příjmu Ba (0,8 mg) uvádí následující Tab. 11.

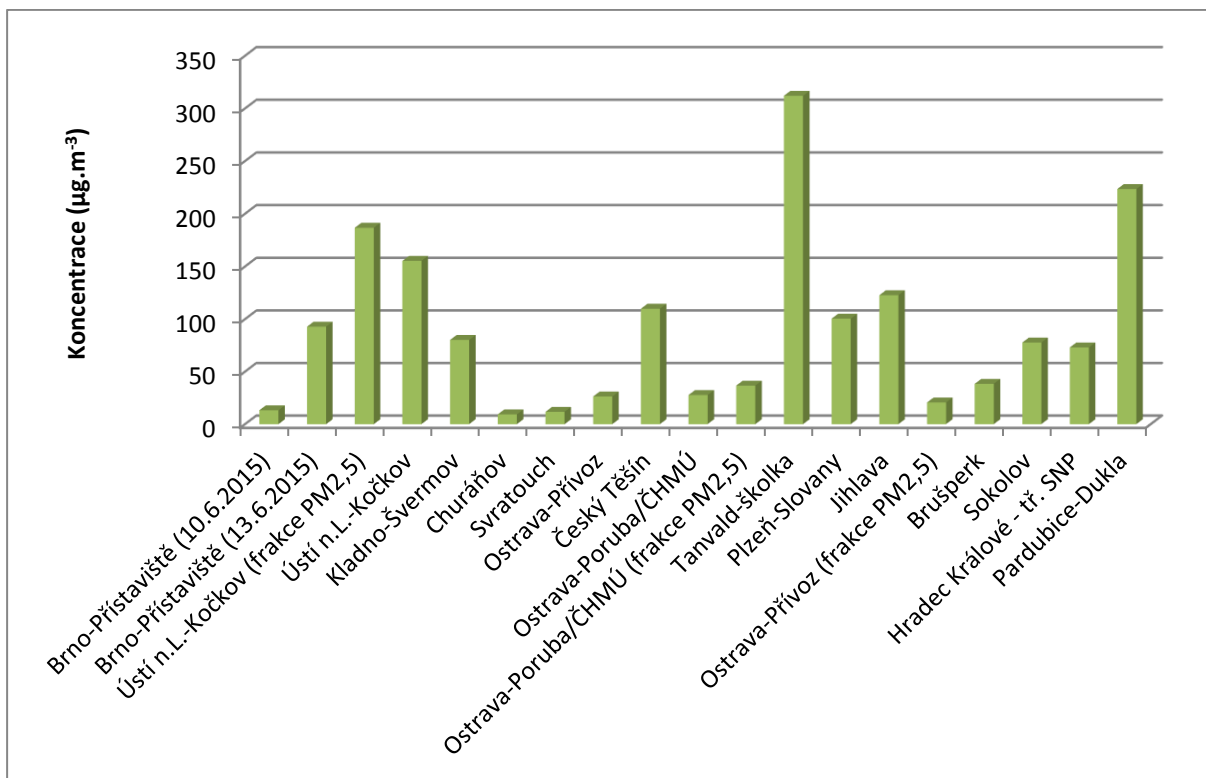
Tab. 11 – Expozice Ba během ohňostrojů a vztah k průměrnému dennímu příjmu

| Ohňostroj | Dávka (ng) | Vztah k dennímu příjmu |
|-------------------------------------|------------|------------------------|
| Brno-Přístaviště (10.6.2015) | 129,59 | 0,01620% |
| Brno-Přístaviště (13.6.2015) | 1127,15 | 0,14089% |
| Brno-Přístaviště (4.6.2016) | 1719,45 | 0,21493% |
| Brno-Přístaviště (8.6.2016) | 1150,10 | 0,14376% |
| Brno-Přístaviště (11.6.2016) | 163,77 | 0,02047% |
| Brno-Přístaviště (15.6.2016) | 150,11 | 0,01876% |

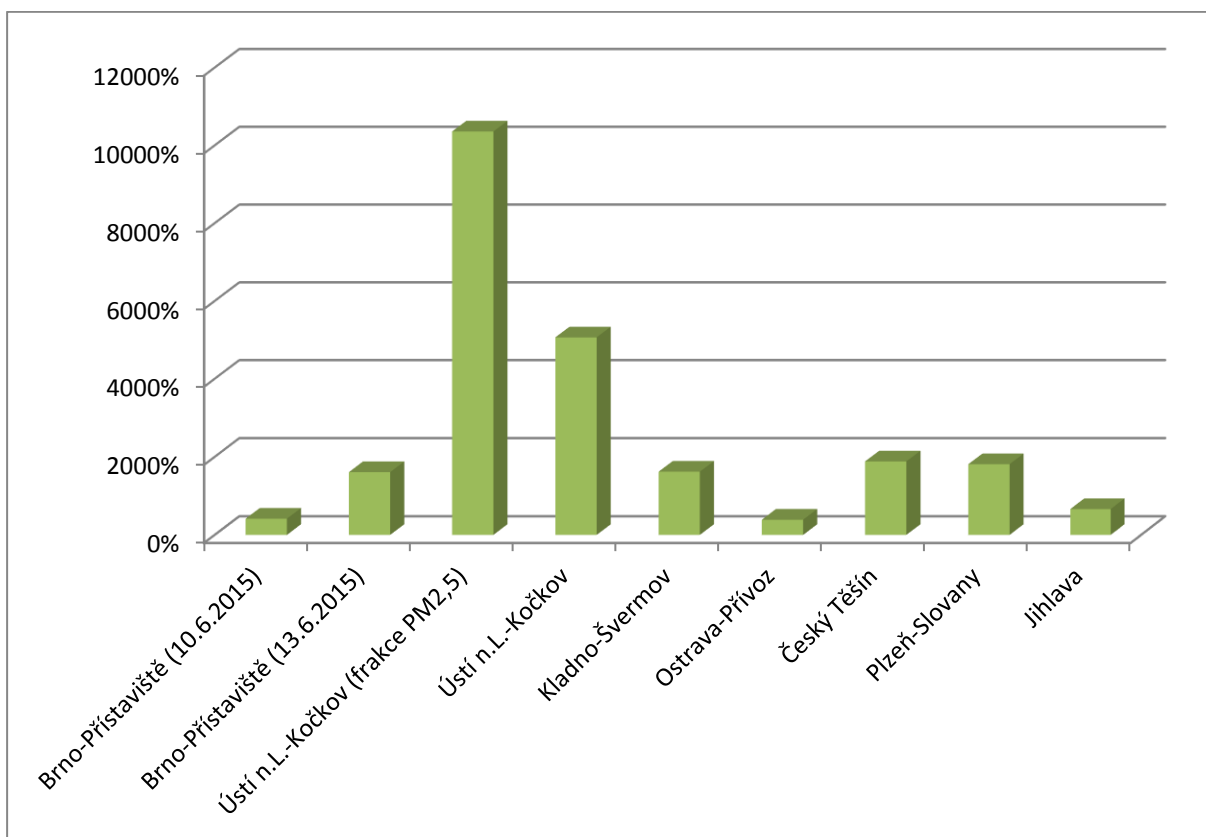
Z Tab. 11 vyplývá, že v obou letech došlo během ohňostrojů alespoň jednou k mírné expozici baryem, výraznější byly především 4. a 8. 6. 2016 a 13. 6. 2015. V maximu dosáhla expozice zhruba 0,2 % průměrné spotřeby barya.

Pokud srovnáme koncentrace měřené v Brně-Přístavišti s koncentracemi naměřenými během silvestrovských ohňostrojů v různých částech ČR, je patrné, že koncentrace se pohybují v řádu jednotek až stovek, přičemž výrazněji vyšší jsou dvě lokality – Tanvald – školka a Pardubice - Dukla (Obr. 37). Výrazněji nižší jsou koncentrace pouze v horských lokalitách (Churáňov, Svatouch). Koncentrace v Brně-Přístavišti během ohňostroje 10. 6. 2015 patřila k nejnižším.

Zajímavé je pak rovněž obdobné srovnání relativního nárůstu koncentrací při ohňostrojích. V případě lokality Brno-Přístaviště se hodnotil nárůst koncentrací v den konání ohňostroje oproti průměru dne před a dne po ohňostroji. V případě lokalit státní sítě imisního monitoringu byl hodnocen nárůst koncentrací na Silvestra oproti dni před Silvestrem (tam kde byl k dispozici). Zde je graf poměrně vyrovnaný a pohybuje se cca od 390 % (Ostrava-Přívoz) až po necelých 10358 % v Ústí nad Labem - Kočkově (Obr. 38). Výrazně vyšší nárůst koncentrací byl zaznamenán pouze v Ústí nad Labem – Kočkově jak ve frakci PM_{2,5}, tak ve frakci PM₁₀. Nárůst koncentrací v Brně-Přístavišti jsou srovnatelné s dalšími lokalitami.



Obr. 37 – Koncentrace barya v Brně - Přístavišti během ohňostrojů 10. a 13. 6. 2015 ve srovnání s koncentracemi naměřenými ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů 2014/2015



Obr. 38 – Relativní nárůst koncentrací barya v den ohňostrojů v lokalitě Brno - Přístaviště (10. a 13. 6. 2015) a ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů (31. 12. 2014)

4.3.6 Měď

Měď je načervenalý kujný kov s výbornou elektrickou a tepelnou vodivostí. Velmi dobře se zpracovává a je odolná proti atmosférické korozi. Díky svým vlastnostem nachází široké uplatnění především v elektrotechnice, jako elektrický vodič, nebo jako součást celé řady slitin (např. bronz nebo mosaz). Měď barví plamen modře²⁴.

Měď je ve stopové koncentraci pro živé organismy nesmírně důležitá. Doporučená denní dávka je pro člověka přibližně 1-2 mg. Nicméně nepřiměřeně vysoký příjem mědi může vést ke vzniku závažných zdravotních problémů, jako je poškození jater a ledvin, nebo vznik anemie. Extrémně vysoké dávky mědi mohou způsobit i smrt.

Měď se může vedle požití v potravě nebo ve vodě do těla dostávat také dýcháním. Expozice vůči měděnému prachu ve vzduchu může způsobovat podráždění nosu a očí, případně může docházet ke vzniku obtíží typu bolestí hlavy, otupělosti a průjmů. Vdechování prachu způsobuje také onemocnění podobné chřipce, jehož symptomy jsou kovová pachutí v ústech, horečka, která se může střídát se zimnicí, svírání na prsou a kašel. Negativní působení mědi a závažnost problémů, které jsou mědí způsobeny, se obecně odvíjí od doby a míry expozice. Přes její značnou toxicitu pro vodní organismy, výskyt volné mědi většinou nepředstavuje v ekosystémech velký problém, protože se komplexně váže v půdě, čímž se značně snižuje její toxicita²⁵.

Mezi potraviny bohaté na měď patří játra, kakao, ořechy, houby, vařená hovězí játra, slunečnicová semínky, mandle, vařená čočka, čokoláda, korýši a měkkýši. Měď je také například i součástí amalgamových výplní, které máme v zubech. Potravinové doplňky obsahující měď je třeba užívat ve stejnou denní dobu, pokud možno při jídle, aby nedošlo k podráždění žaludku²⁶.

Doporučená denní dávka mědi je 1 mg²⁷.

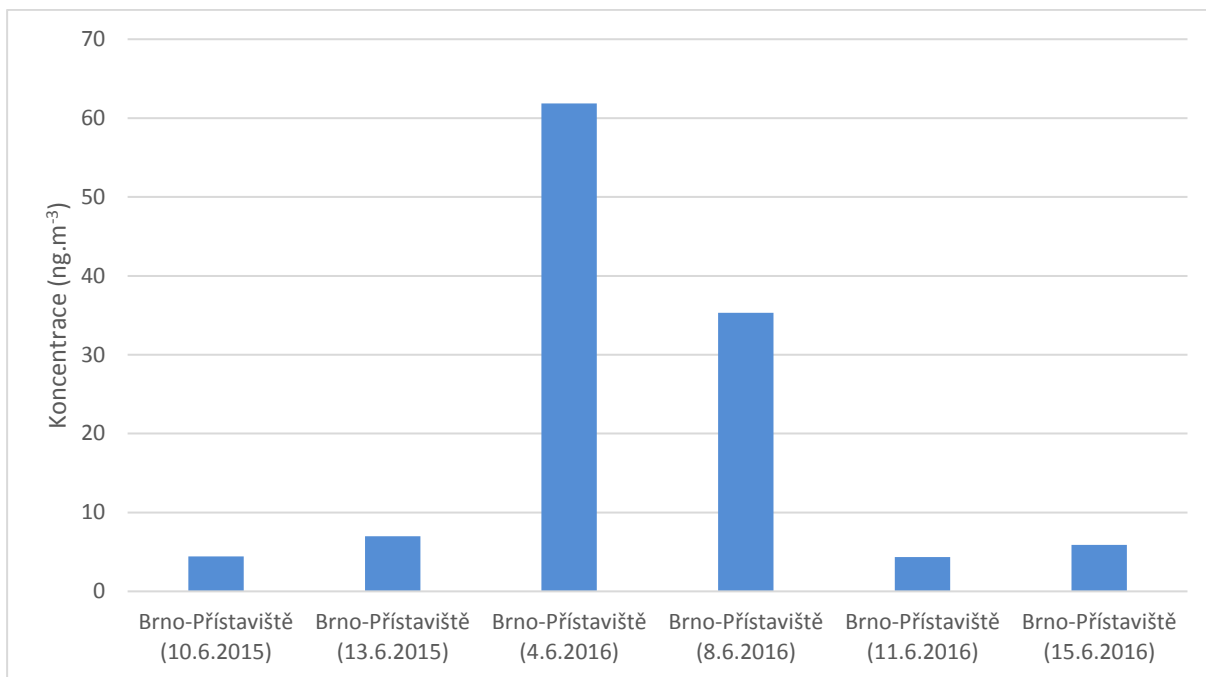
Z grafu uvedeného na Obr. 39 vyplývá, že výraznější koncentrace mědi byly během 24hodinového odběru PM₁₀ naměřeny v Brně – Přístavišti během ohňostroje konaného 4. 6. a 8. 6. 2016.

²⁴ Greenwood N.N., Earnshaw A.: Chemie prvků, Oxford 1993.

²⁵ Copper [on line], [cit. 26. 4. 2010]. Dostupné z: <http://www.eco-usa.net/toxics/chemicals/copper.shtml>.

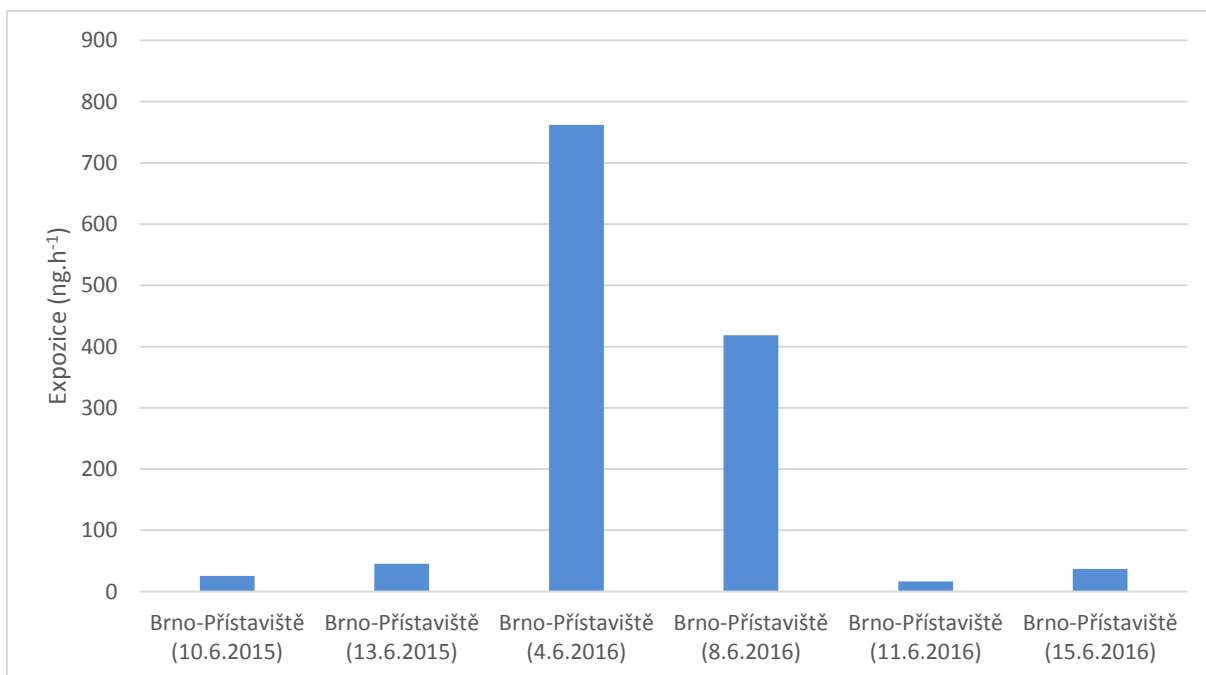
²⁶ <http://www.celostnimediceina.cz/med.htm>

²⁷ https://cs.wikipedia.org/wiki/Doporu%C4%8Den%C3%A1_denn%C3%AD_d%C3%A1vka



Obr. 39 – Koncentrace Cu v 24hodinovém odběru, Brno – Přístaviště, roky 2015 a 2016

Pokud bude přijata premisa, že na jeden nádech vdechne dospělý člověk 0,5 l vzduchu a za minutu se nadechne 18x, pak za hodinu člověk vdechne cca 0,54 m³ vzduchu. Ohňostroje trvaly cca 30 min a dalších zhruba 30 min ještě trvalo, než lidé odjeli z Přístaviště. Expozice tedy trvala zhruba hodinu. Pokud přijmeme také premisu, že ohňostroje jsou odpovědné za celý rozdíl koncentrací mezi dnem konání ohňostroje a průměrnou koncentrací ze dnů bez ohňostroje a dále pokud budeme předpokládat, že veškeré toto množství bylo v ovzduší během již zmiňované hodiny, tak výši expozice během této jedné hodiny zobrazuje Obr. 40.



Obr. 40 – Expozice Cu (v ng.h⁻¹) během konání ohňostrojů v roce 2015 a 2016

Množství mědi vdechnutého během ohňostrojů a vztah k doporučené denní dávce mědi (1 mg) uvádí následující Tab. 12.

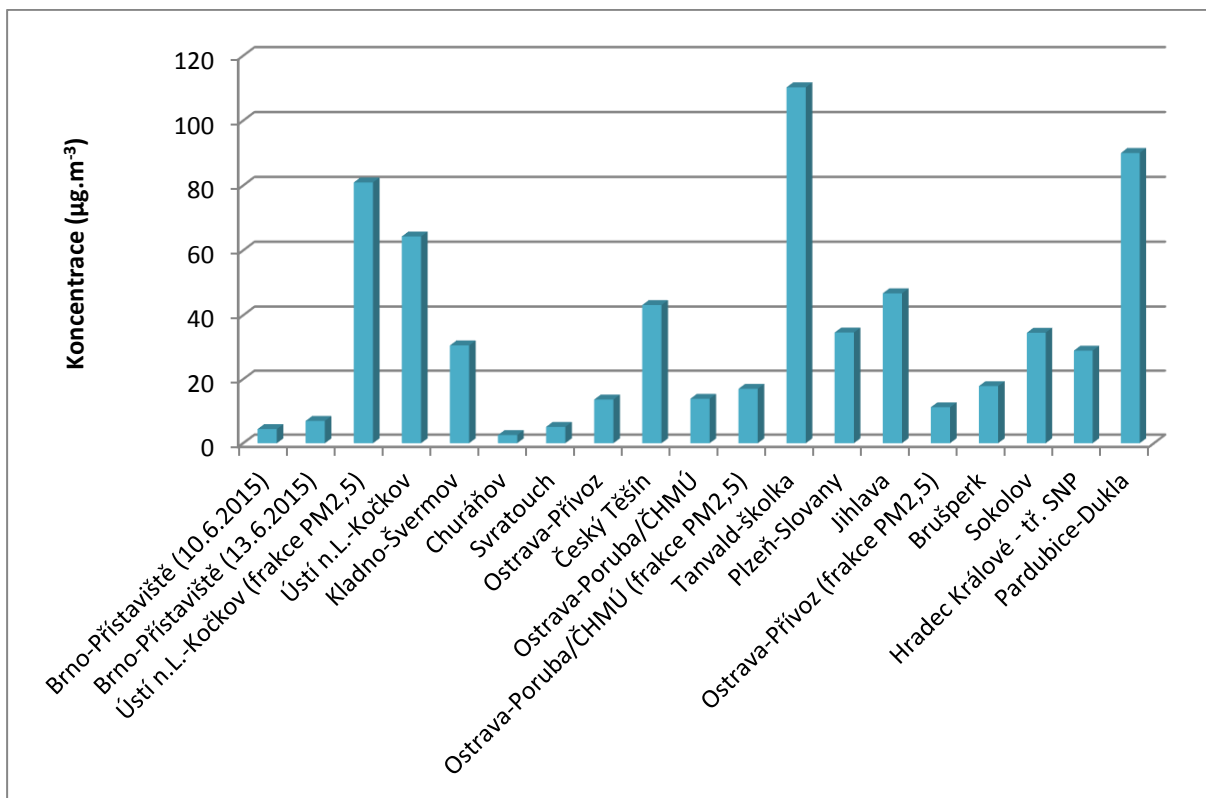
Tab. 12 – Expozice Cu během ohňostrojů a vztah k doporučené denní dávce

| Ohňostroj | Dávka (ng) | Vztah k denní dávce |
|------------------------------|------------|---------------------|
| Brno-Přístaviště (10.6.2015) | 25,27 | 0,00084% |
| Brno-Přístaviště (13.6.2015) | 45,34 | 0,00151% |
| Brno-Přístaviště (4.6.2016) | 762,17 | 0,02541% |
| Brno-Přístaviště (8.6.2016) | 418,49 | 0,01395% |
| Brno-Přístaviště (11.6.2016) | 16,80 | 0,00056% |
| Brno-Přístaviště (15.6.2016) | 36,80 | 0,00123% |

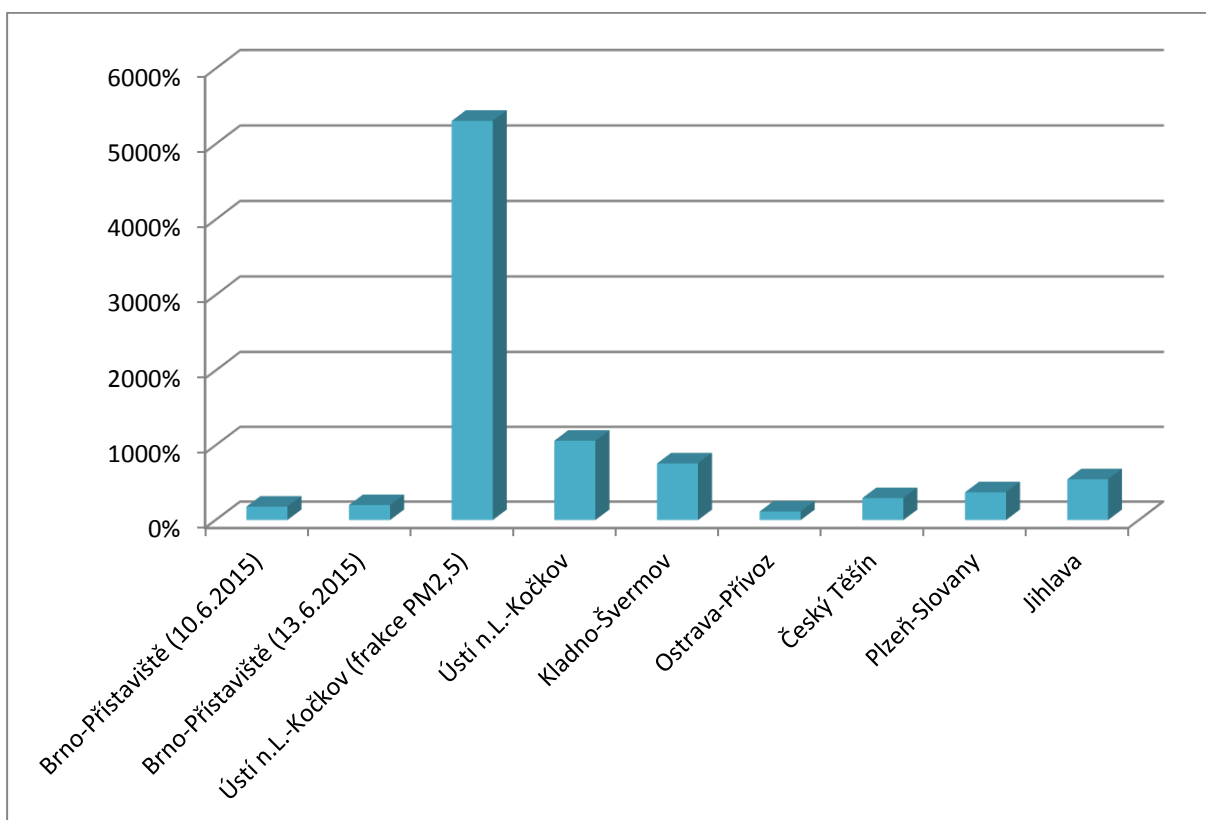
Z Tab. 12 vyplývá, že v obou letech došlo během ohňostrojů alespoň jednou k mírné expozici mědi, výraznější byly pouze 4. a 8. 6. 2016. V maximu dosáhla expozice zhruba 0,25 % doporučené denní dávky mědi.

Pokud srovnáme koncentrace měřené v Brně - Přístavišti s koncentracemi naměřenými během silvestrovských ohňostrojů v různých částech ČR, je patrné, že koncentrace se pohybují v řádu jednotek až stovek, přičemž výrazněji vyšší jsou lokality – Tanvald – školka, Ústí nad Labem - Kočkov a Pardubice - Dukla (Obr. 41). Výrazněji nižší jsou koncentrace pouze v horských lokalitách (Churáňov, Svatouch). Koncentrace v Brně-Přístavišti během ohňostroje 10. 6. 2015 i 13. 6. 2015 patřily k nejnižším.

Zajímavé je pak rovněž obdobné srovnání relativního nárůstu koncentrací při ohňostrojích. V případě lokality Brno-Přístaviště se hodnotil nárůst koncentrací v den konání ohňostroje oproti průměru dne před a dne po ohňostroji. V případě lokalit státní sítě imisního monitoringu byl hodnocen nárůst koncentrací na Silvestra oproti dni před Silvestrem (tam kde byl k dispozici). Zde je graf poměrně vyrovnaný až na lokalitu Ústí nad Labem – Kočkov (frakce PM_{2,5}) a pohybuje se cca od 110 % (Ostrava - Přívoz) až po necelých 5300 % v Ústí nad Labem - Kočkově (Obr. 42). Výrazně vyšší nárůst koncentrací byl zaznamenán pouze v Ústí nad Labem – Kočkově, a to především ve frakci PM_{2,5}. Nárůst koncentrací v Brně - Přístavišti patří k nejnižším.



Obr. 41 – Koncentrace mědi v Brně - Přístavišti během ohňostrojů 10. a 13. 6. 2015 ve srovnání s koncentracemi naměřenými ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů 2014/2015



Obr. 42 – Relativní nárůst koncentrací mědi v den ohňostrojů v lokalitě Brno - Přístaviště (10. a 13. 6. 2015) a ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů (31. 12. 2014)

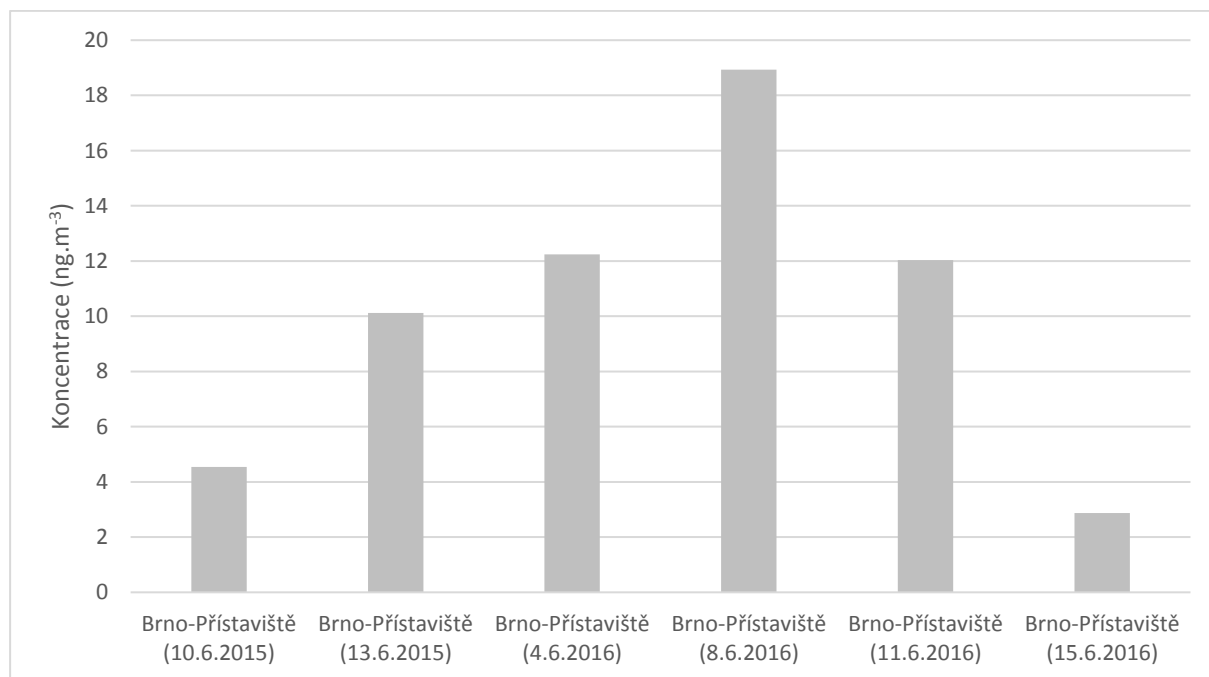
4.3.7 Titan

Titan je šedý až stříbřitě bílý, lehký kov, poměrně hojně zastoupený v zemské kůře. Je poměrně tvrdý a mimořádně odolný proti korozi i ve slané vodě. Při teplotách pod 0,39 K se stává supravodičem I typu. Jeho výrazně většímu technologickému uplatnění brání doposud vysoká cena výroby čistého kovu. Hlavní uplatnění nalézá jako složka různých slitin a protikorozních ochranných vrstev, ve formě chemických sloučenin slouží často jako složka barevných pigmentů²⁸.

Titanové piliny jsou poměrně stabilní ve vodě, proti vlhkosti nebo různým jiným chemickým látkám. Piliny titanu jsou při vysokých teplotách poměrně reaktivní, a pokud jsou smíchány se střelným prachem, produkují žlutavě bílé jiskry. Titan hoří za vzniku prachu a jisker s relativně dlouhou životností. Takto dlouho nehoří žádný jiný materiál²⁹.

Titan je netoxický dokonce i ve velkých dávkách a nehraje žádnou přirozenou roli v lidském těle. Odhaduje se, že člověk přijme každý den množství 0,8 miligramů titanu, ale většina prochází, aniž by byla absorbována. Titan v rostlinách může sloužit k stimulaci produkce sacharidů a podporuje růst. Většina rostlin obsahuje cca 1ppm titanu, jedlé rostliny i více, přesličky a kopřivy až 80 ppm³⁰.

Z grafu uvedeného na Obr. 43 vyplývá, že výraznější koncentrace titanu byly během 24hodinového odběru PM₁₀ naměřeny v Brně – Přístavišti během ohňostroje konaného 8. 6. 2016.



Obr. 43 – Koncentrace Ti v 24hodinovém odběru, Brno – Přístaviště, roky 2015 a 2016

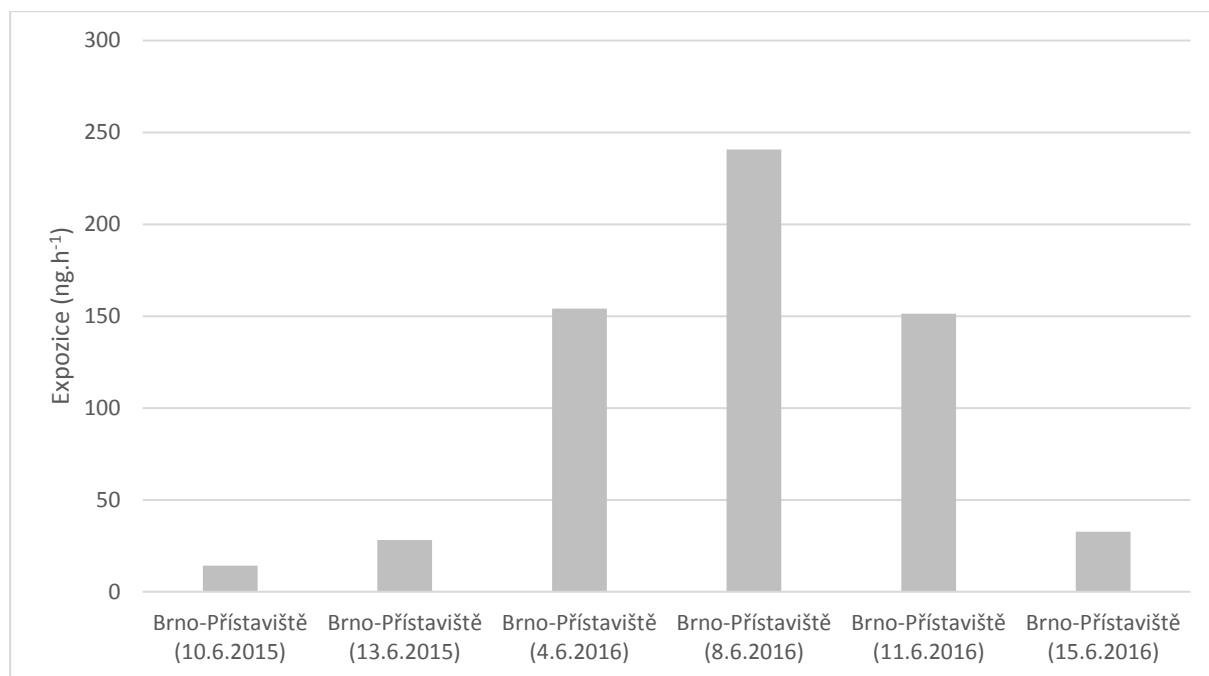
Pokud bude přijata premisa, že na jeden nádech vdechne dospělý člověk 0,5 l vzduchu a za minutu se nadechne 18x, pak za hodinu člověk vdechne cca 0,54 m³ vzduchu. Ohňostroje trvaly cca 30 min a dalších zhruba 30 min ještě trvalo, než lidé odjeli z Přístaviště. Expozice

²⁸ [https://cs.wikipedia.org/wiki/Titan_\(prvek\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Titan_(prvek))

²⁹ Shimizu T.: Fireworks – The Art, Science and Technique. Pyrotechnica Publications, Austin, Texas 1981.

³⁰ Emsley, John (2001). "Titanium". Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements. Oxford, England, UK: Oxford University Press. ISBN 0-19-850340-7

tedy trvala zhruba hodinu. Pokud přijmeme také premisu, že ohňostroje jsou odpovědny za celý rozdíl koncentrací mezi dnem konání ohňostroje a průměrnou koncentrací ze dnů bez ohňostroje a dále pokud budeme předpokládat, že veškeré toto množství bylo v ovzduší během již zmiňované hodiny, tak výši expozice během této jedné hodiny zobrazuje Obr. 44.



Obr. 44 – Expozice Ti (v ng.h⁻¹) během konání ohňostrojů v roce 2015 a 2016

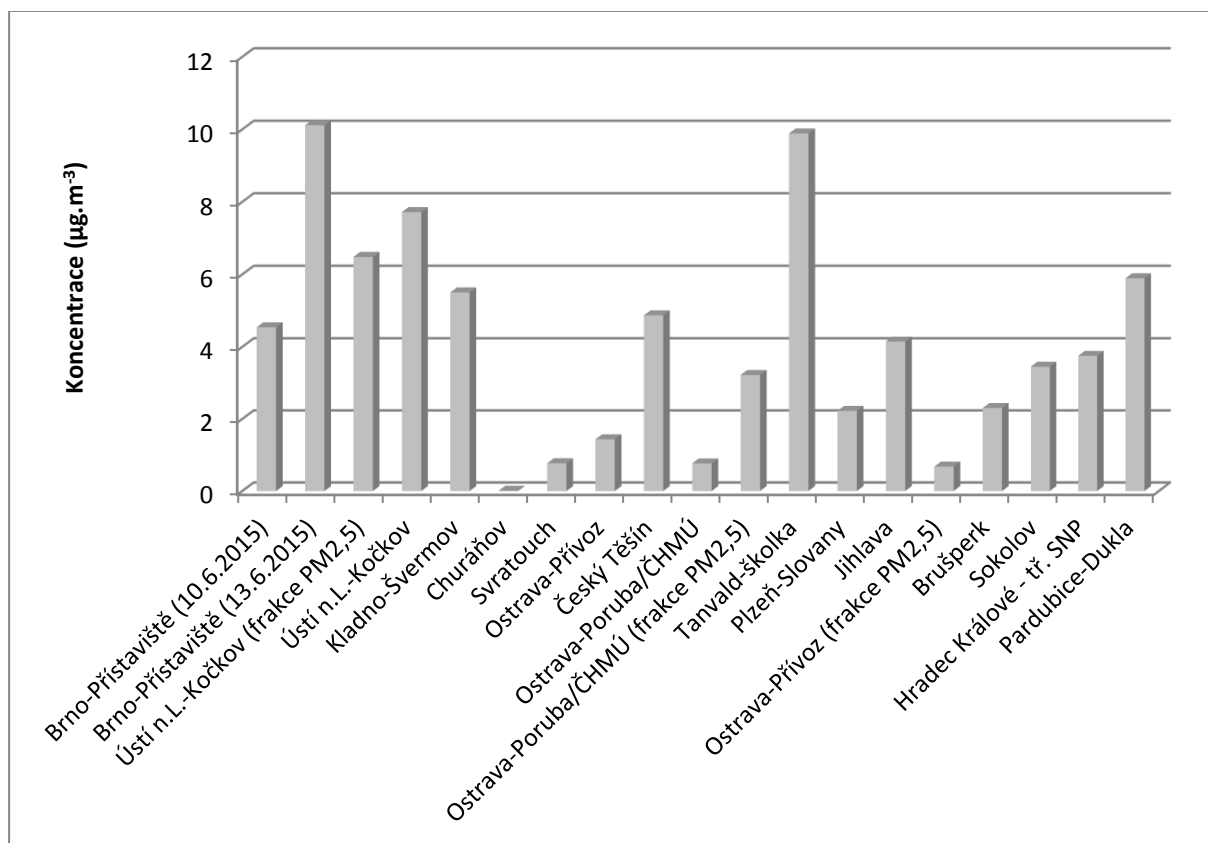
Množství titanu vdechnutého během ohňostrojů a vztah k dennímu příjmu titanu (0,8 mg) uvádí následující Tab. 13.

Tab. 13 – Expozice Ti během ohňostrojů a vztah k dennímu příjmu

| Ohňostroj | Dávka (ng) | Vztah k dennímu příjmu |
|-------------------------------------|------------|------------------------|
| Brno-Přístaviště (10.6.2015) | 14,12 | 0,00177% |
| Brno-Přístaviště (13.6.2015) | 28,05 | 0,00351% |
| Brno-Přístaviště (4.6.2016) | 154,08 | 0,01926% |
| Brno-Přístaviště (8.6.2016) | 240,79 | 0,03010% |
| Brno-Přístaviště (11.6.2016) | 151,34 | 0,01892% |
| Brno-Přístaviště (15.6.2016) | 32,65 | 0,00408% |

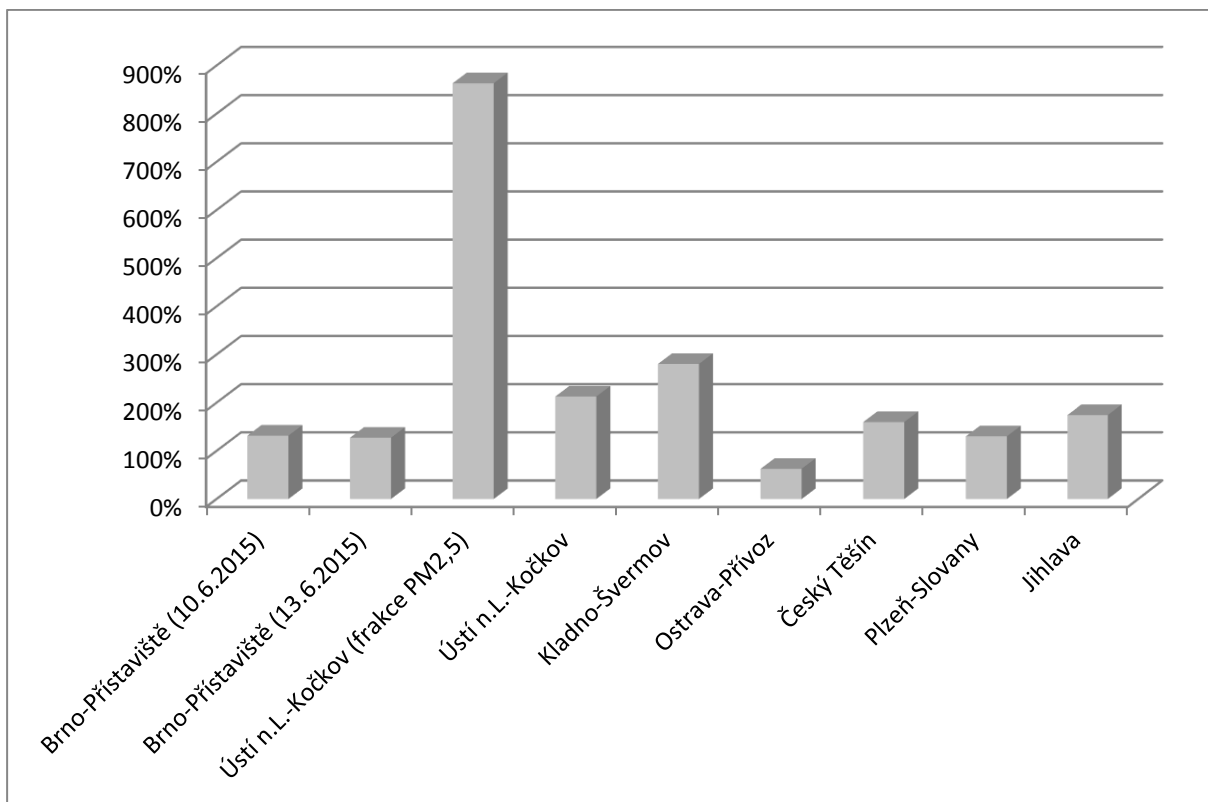
Z Tab. 13 vyplývá, že v obou letech došlo během ohňostrojů alespoň jednou k mírné expozici titanu, výraznější byly pouze 8. 6. 2016. V maximu dosáhla expozice zhruba 0,03 % průměrného denního příjmu titanu.

Pokud srovnáme koncentrace měřené v Brně-Přístavišti s koncentracemi naměřenými během silvestrovských ohňostrojů v různých částech ČR, je patrné, že koncentrace se pohybují téměř od nuly zhruba do 10 ng.m⁻³, přičemž výrazněji vyšší jsou lokality – Tanvald – školka a Brno – Přístaviště 13. 6. 2015 (Obr. 45). Na Svatouchu byly téměř nulové koncentrace.



Obr. 45 – Koncentrace titanu v Brně - Přístavišti během ohňostrojů 10. a 13. 6. 2015 ve srovnání s koncentracemi naměřenými ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů 2014/2015

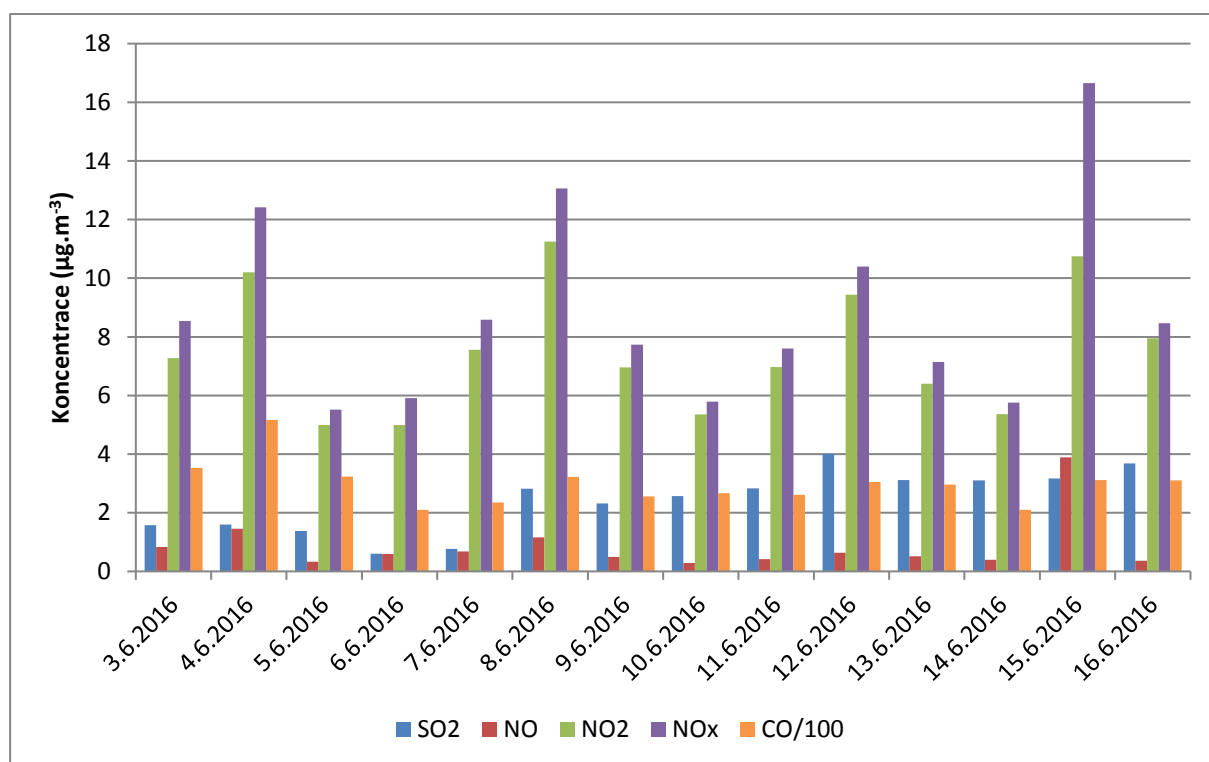
Zajímavé je pak rovněž obdobné srovnání relativního nárůstu koncentrací při ohňostrojích. V případě lokality Brno-Přístaviště se hodnotil nárůst koncentrací v den konání ohňostroje oproti průměru dne před a dne po ohňostroji. V případě lokalit státní sítě imisního monitoringu byl hodnocen nárůst koncentrací na Silvestra oproti dni před Silvestrem (tam kde byl k dispozici). Zde je graf poměrně vyrovnaný až na lokalitu Ústí nad Labem – Kočkov (frakce PM_{2,5}) a pohybuje se cca od 63 % (Ostrava-Přívov) až po necelých 863 % v Ústí nad Labem - Kočkově (Obr. 42). Výrazně vyšší nárůst koncentrací byl zaznamenán pouze v Ústí nad Labem – Kočkově, a to především ve frakci PM_{2,5}. Nárůst koncentrací v Brně-Přístavišti se téměř neliší od ostatních lokalit.



Obr. 46 – Relativní nárůst koncentrací titanu v den ohňostrojů v lokalitě Brno - Přístaviště (10. a 13. 6. 2015) a ve státní síti imisního monitoringu během silvestrovských ohňostrojů (31. 12. 2014)

4.4 Koncentrace plynných škodlivin SO₂, NO-NO₂-NO_x a CO

Ve voze s automatickými analyzátoři byly měřeny rovněž plynné škodliviny. Mírně na ohňostroje reagovaly pouze oxidy dusíku, avšak podobných koncentrací bylo dosaženo i ve dny mimo ohňostroje. Ostatní plynné polutanty na ohňostroje nereagovaly vůbec, jak ukazuje Obr. 47. V grafu jsou koncentrace CO vyděleny 100, aby měřítko odpovídalo ostatním škodlivinám.

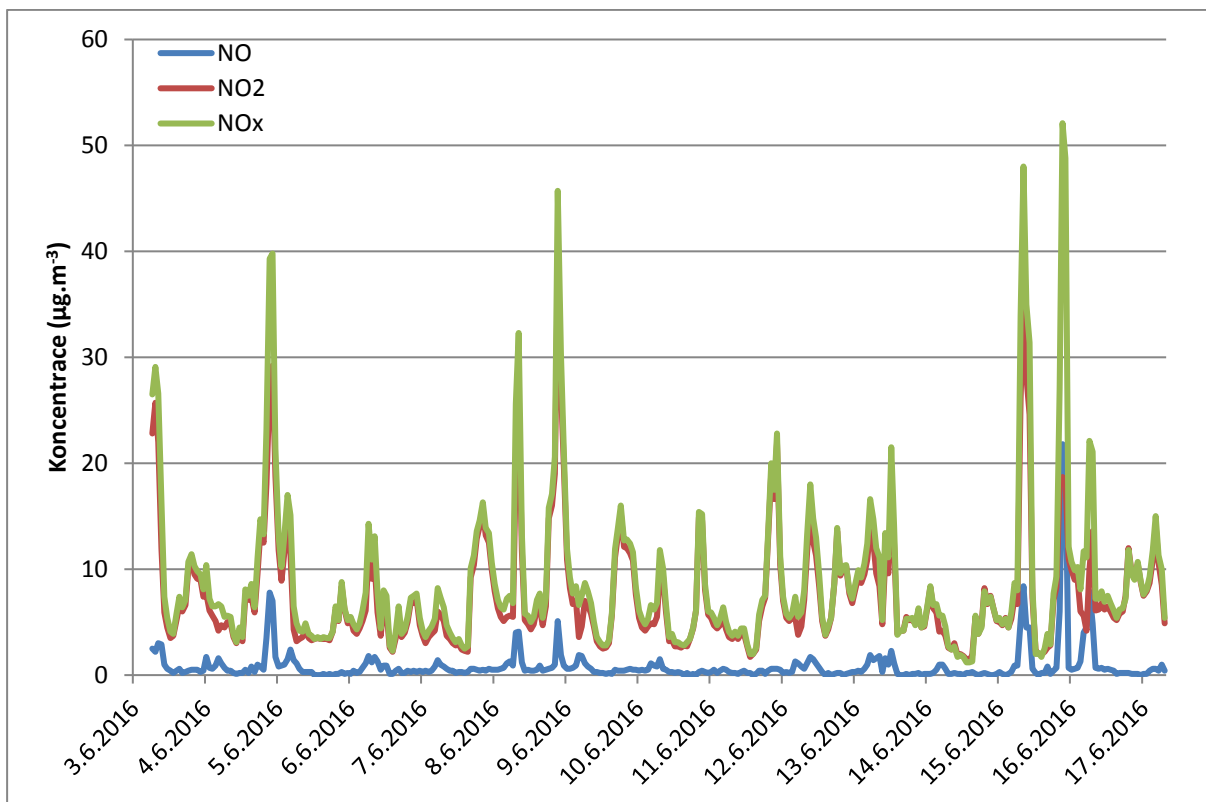


Obr. 47 – 24hodinové koncentrace plynných škodlivin, lokalita Brno-Přístaviště

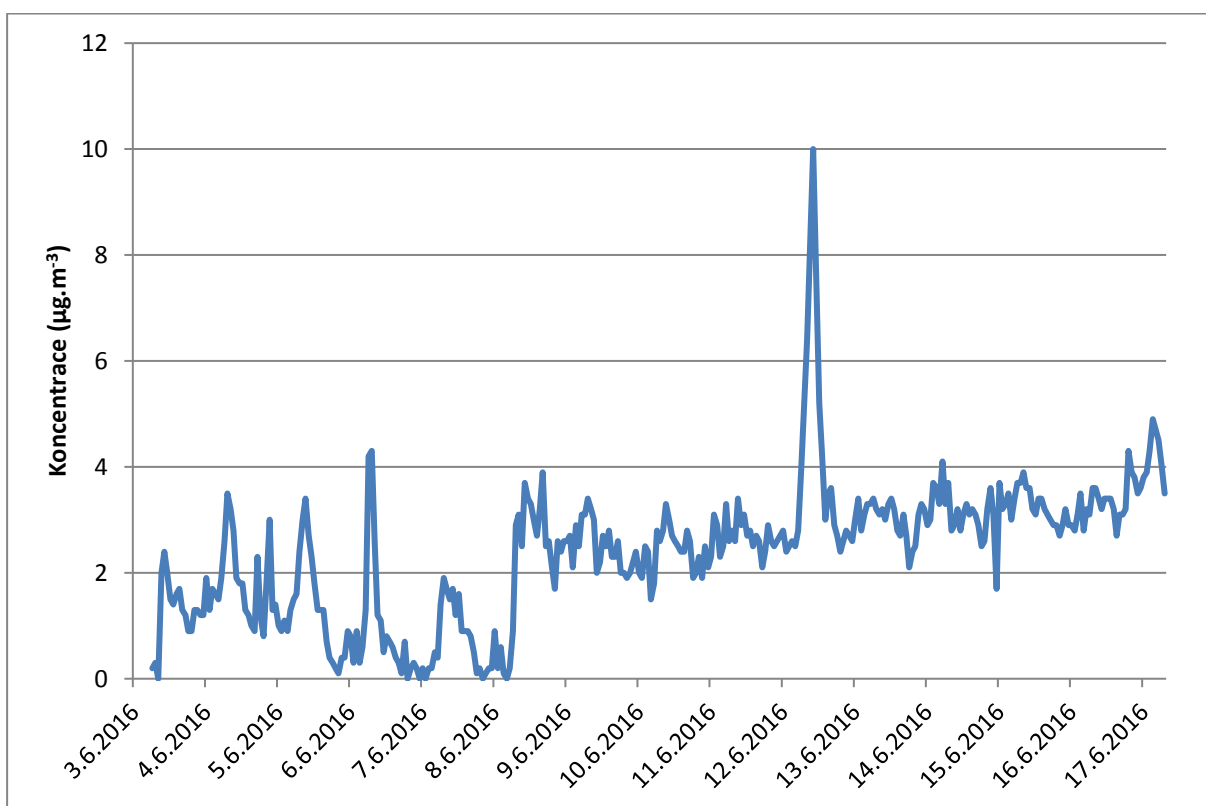
Vliv ohňostrojů na koncentrace oxidů dusíku je patrný zejména v hodinových koncentracích. Jak ukazuje Obr. 48, při ohňostroji 4., 8. a 15. 6. 2015 výrazněji narostly koncentrace oxidů dusíku. Podobné píky však byly zaznamenány i mimo dny s ohňostroji popř. v den konání ohňostroje ale např. odpoledne než ohňostroje začaly (15. 6. 2016). Toto lze přičíst rovněž dopravě a dalším doprovodným akcím po čas ohňostrojů (rožnění, opékání, fast food). Na velmi nízké hodnoty se pak koncentrace dostaly znovu cca do půlnoci po ohňostrojích.

V případě velmi nízkých koncentrací SO₂ je vidět pouze jedno mírné zvýšení, které však nesouviselo s ohňostroji – zřejmě lokální ovlivnění v místě měření.

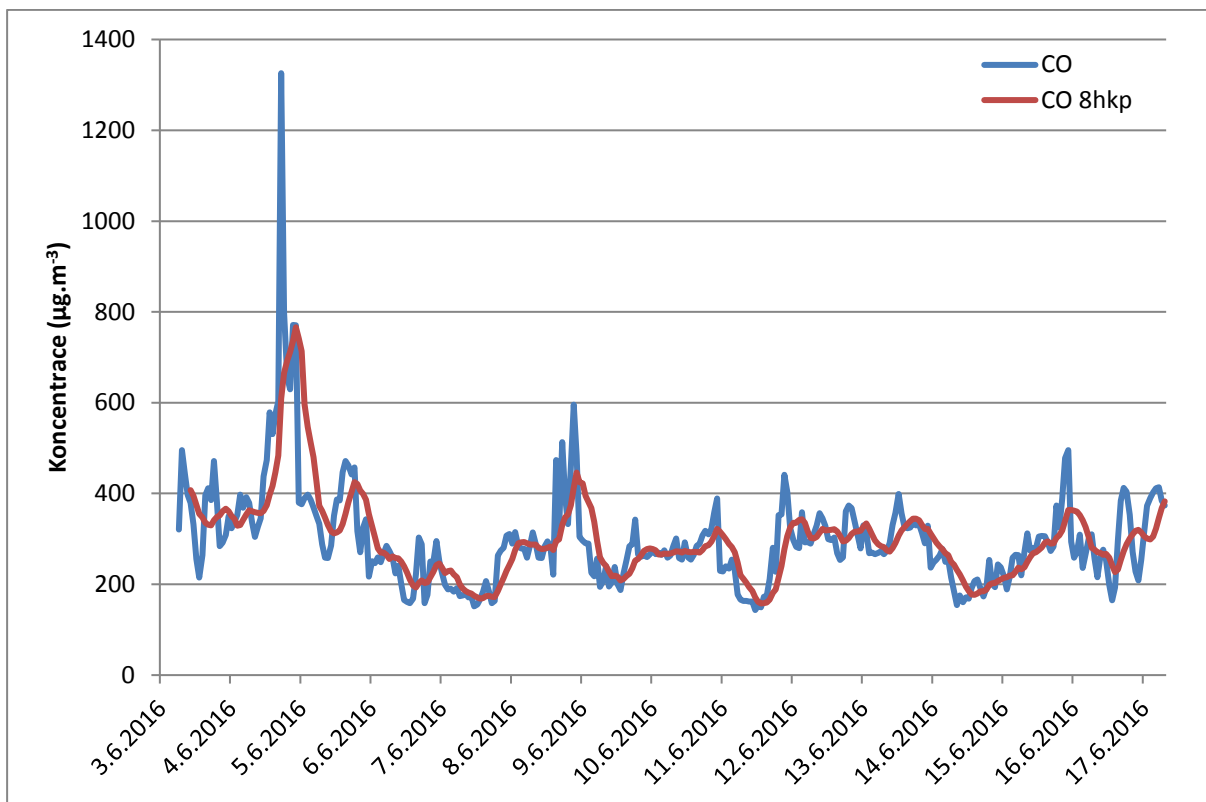
Obdobně se chovaly i koncentrace CO, kde byly rovněž měřeny velmi nízké koncentrace (imisi limit pro 8hodinový klouzavý průměr je 10 000 µg.m⁻³). Po čas měření se vyskytl jediný pík – ten byl sice naměřen v den konání ohňostrojů, ale již v 17:00 a souvisí tak spíše s navážením techniky popř. jiným lokálním ovlivněním. I tak se tedy jednalo o velmi nízké koncentrace, které záhy ještě poklesly a po celou dobu měření, jak v hodinových tak v 8hodinových klouzavých průměrech, nepřesáhly hodnotu 600 µg.m⁻³ a na ohňostroje koncentrace téměř nereagovaly.



Obr. 48 – Průměrné hodinové koncentrace NO, NO₂ a NO_x, lokalita Brno-Prístaviště



Obr. 49 – Průměrné hodinové koncentrace SO₂, lokalita Brno-Prístaviště



Obr. 50 – Průměrné hodinové koncentrace CO a 8h klouzavé průměry CO, lokalita Brno-Přístaviště

5 Závěr

V průběhu června byla po čas brněnské přehlídky ohňostrojů Ignis Brunensis na dvou lokalitách měřena kvalita ovzduší. Měření se soustředila na stanovení koncentrací škodlivin, které mají dle platné legislativy³¹ imisní limit a kovů sloužících jako barvicí přísady ohňostrojů.

Analýzy potvrdily zvýšené koncentrace těchto kovů v ovzduší po čas ohňostrojů, avšak i tak se jednalo o velmi nízké koncentrace, často pouze o setiny až tisíce procent běžné či doporučené denní dávky daného kovu. V případě těžkých kovů, které mají imisní limity, byly naměřeny pouze velmi nízké koncentrace, pohybující se v jednotkách procent hodnoty imisního limitu.

Po čas ohňostrojů rovněž došlo ke zvýšení koncentrací PM₁₀, přičemž koncentrace kulminovala v době konání ohňostroje a překročila u některých v hodinové koncentraci 100 µg.m⁻³. Poté však koncentrace opět rychle klesaly na původní hodnotu. Zvýšené koncentrace PM₁₀ nemusely být způsobeny pouze ohňostrojemi, ale rovněž vysokým počtem lidí vířících prach a také dopravou při jejich příjezdu/odjezdu.

V případě 24 hodinových koncentrací je vidět nárůst koncentrací PM₁₀ v obou lokalitách zaměřených na měření ohňostrojů. Zvýšené koncentrace souvisí zřejmě s krátkodobým výrazným píkem z ohňostrojů, od ostatních brněnských lokalit se však příliš neliší.

Srovnání se Silvestrovskými ohňostrojemi ukázalo, že v exponovaných městských lokalitách se přehlídka Ignis Brunensis a Silvestrovské ohňostroje příliš neliší, oproti horským pozadovým lokalitám jsou koncentrace o něco vyšší.

Koncentrace plyných škodlivin na ohňostroje téměř nereagovaly. Výjimkou jsou pouze oxidy dusíku, které výrazněji narostly v hodinových hodnotách během konání ohňostrojů, avšak podobné hodnoty byly měřeny i ve dny mimo ohňostroje a lze tedy sledovat vliv nejen ohňostrojů, ale rovněž doprovodných akcí a dopravy, které se na zvýšených koncentracích mohly také podílet. Koncentrace SO₂ a CO na konání ohňostrojů nereagovaly.

Obecně lze říci, že hodinová expozice zvýšeným koncentracím prvků během ohňostrojů (oproti dnům bez ohňostrojů) dramaticky nezvyšuje koncentrace uvedených látek v lidském těle a neblíží se ani doporučené (biogenní prvky), natož pak nebezpečné denní dávce.

³¹ Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší