Závěrečná zpráva

Identifikace zdrojů znečišťování ovzduší

Průmyslová zóna Otrokovice

LISTOPAD 2018

Zhotovitel

ENVITECH Bohemia s.r.o.
Ovocná 34/1021
161 00 Praha 6

Zadavatel

Zlínský kraj
Tř.Tomáše Bati 21
76190 Zlín

Řešitelský tým

- Řízení projektu

  Ing. Pavel Chaloupecký - ENVITECH Bohemia s.r.o.

- Odborná garance VŠB TU Ostrava

  prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.

  Mgr. Jiří Bílek, Ph.D.

  Ing.J.Růžičková,Ph.D.

  Ing.M.Kucbel,Ph.D.

  Ing.B.Švédová,Ph.D.

  Ing.S.Bieleszová

- Mapové výstupy

  Ing. Vladimír Lollek - E-Expert s.r.o.

- Technická realizace

  Ondřej Ambroz - ENVITECH Bohemia s.r.o.

Obsah

1. Motivace a cíle studie 5

2. Popis lokality 6

3 . Systém monitoringu 13

4. Výběr monitorovacích lokalit 15

4.1. Odběrové lokality 16

5. Plán měření 32

6. Pachové látky 33

6.1. Použitá metoda 33

6.2. Výsledky monitoringu pachových látek 35

6.3. Mapové výstupy pro pachové látky 38

6.4. Interpretace výsledků měření pachových látek 41

6.5. Závěry z měření pachových látek 45

6.6. Význam pachových látek pro zdraví 45

7. Odběr vzorků, lokality a jejich charakteristika 48

8. Metodika stanovení jednotlivých znečišťujících látek 50

8.1. Metodika stanovení EC/OC 50

8.2. Identifikace sekundárních anorganických aerosolů 51

8.3. Pyrolýzní plynová chromatografie s hmotnostně spektrometrickou detekcí 51

9. Výsledky 52

9.1. Organický a elementární uhlík 52

9.2. Organické sloučeniny v částicích frakce PM_{10} 62

9.2.1. Organické sloučeniny produkované v kafiléríích a obdobných provozech 63

9.2.2 Organické sloučeniny produkované v čistírně odpadních vod 65

ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu

9.2.3 Organické sloučeniny produkované při kompostování 66

9.2.4 Vliv jednotlivých emisních zdrojů na znečištění pachovými sloučeninami SVOC a VOC v Otrokovicích 69

9.2.5. Znečištění ostatními pachovými sloučeninami SVOC a VOC v Otrokovicích 74

9.2.6. Ostatní sloučeniny SVOC a VOC identifikované v Otrokovicích 75

9.3. Sekundární anorganické aerosoly (SIA) 77

11. Závěry analytické části 103

12. Seznam použitých zkratek 104

12. Literatura 106

Příloha č. 1: Popis organických látek v PM_{10} 111

ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100

1. Motivace a cíle studie

Cíl: popsat příčiny pachových epizod v posuzované lokalitě a přiřadit je významným zdrojům emisí v Otrokovicích.

Lokalita má dlouhodobé problémy s výskytem významných pachových epizod. Podle stěžovatelů se tyto pachové epizody se vyskytují v denních i nočních hodinách, přičemž zcela převažuje jejich výskyt ve večerních a nočních hodinách (to zvyšuje pravděpodobnost technologické nekázně ze strany zdrojů emisí pachových látek). Obyvatelé popisují zápach jako nesnesitelný, bránící běžným lidským aktivitám, a to včetně spánku. Výskyt pachových epizod souvisí s počasím, jelikož se zápach šíří ve směru větru od zdroje zápachu a za špatných rozptylových podmínek může zasáhnout celou oblast přilehlé jižní poloviny „obytné zástavby“ v části Bahňák (viz. žlutá oblast v obr.1).

Časový rozsah trvání jednotlivých epizod je obyvateli popisována od jednotek minut až po několik hodin. Rychlý průběh epizod je pro pachové látky typický, delší dob doba trvání epizody souvisí s charakterem počasí (především při bezvětří).

V době rekognoskace dotčené oblasti byl zjištěn výrazný rozdíl ve vnímavosti zápachu mezi místními obyvateli a realizačním týmem, který z lokality nepochází. Místní obyvatelé téměř neregistrovali nízkou úroveň zápachu – resp. mírný zápach nepovažovali za obtěžující, kdežto realizační tým jej již považoval za obtěžující. A naopak při silném zápachu jej většina místních popisuje jako nesnesitelný, kdežto realizační tým „pouze“ jako značně obtěžující.

Tento fakt je důležitý pro pochopení situace v postižené zóně co se týká obtěžování obyvatel zápachem. Obyvatelé jsou již na charakter zápachu navyklí a jeho nízkou úroveň již nepovažují za problematickou. Naopak při zesílení zápachu jsou díky opakovaným epizodám citlivější a reagují emotivně. Opakované vystavování obyvatel pachovým epizodám je zdrojem stresových stavů, které mohou mít negativní dopad na jejich zdraví. Blíže je zmíněný proces popsán v kapitole 6.5.

2. Popis lokality

Základní statistické údaje o Otrokovicích

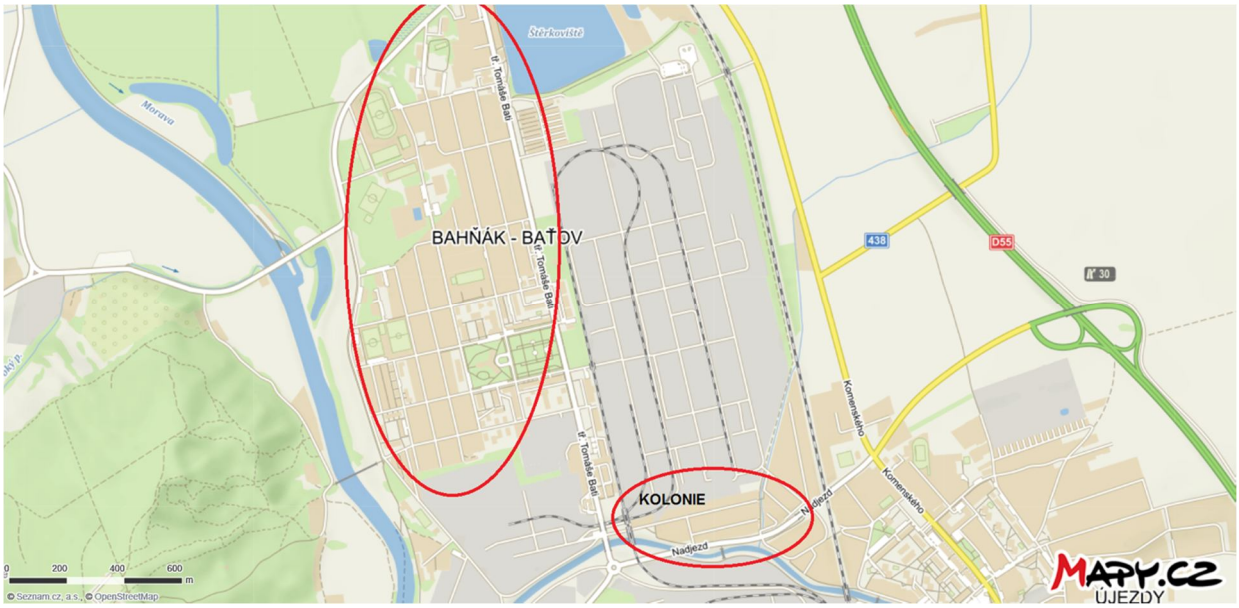
Průměrná nadmořská výška: 190 m. n. m.

Rozloha: 1961 ha

Počet obyvatel: 17 555

Počet obyvatel dotčené zóny:

CELKEM	17555
KVÍTKOVICE ČÁST CELKEM	4680
OTROKOVICE ČÁST CELKEM	12875
KVÍTKOVICE (VES)	1069
TRÁVNÍKY	3660
PŘEDNÁDRAŽÍ	2555
DOLNÍ STŘED	1662
HORNÍ STŘED	3211
KOLONKA	676
BAŤOV - BAHŇÁK	4710
BUŇOV, TEREZOV	12



Obr.: Situační nákres dotčené zóny.

„Průmyslová zóna“, která je předmětem studie je jen jedna z průmyslových zón nacházejících se na území města. Za samostatné průmyslové zóny na území města je možné považovat tyto areály (postupně od severu k jihu):

- průmyslový areál TOMA (MITAS – Trelleborg, Remaq, SIGA, PONYplast, Obaly Morava, Glycona, Mogador, Trojek – kovošrot, TOMA odpady, Kapa, PS Metal, Tomatex a řada dalších výrobních a skladovacích kapacit)

- průmyslový areál bývalého podniku Chemitan (DEZA – Organik, Besta, SIGA, Průmyslové stavby – betonárna, Promens a další)

- průmyslová zóna tvořená areály společnosti MAT a Technické služby Otrokovice

- průmyslová zóna tvořená areálem ČOV (ČOV, TOMA odpady, Barstav)

- průmyslová zóna tvořená areály Teplárna Otrokovice, Pipe Life, Continental Barum, včetně dalších provozů jako např. slévárna forem atd.

- průmyslová zóna přiléhající k severnímu exitu z dálnice (EPUZ a další)

- průmyslová zóna bývalého podniku Moravan

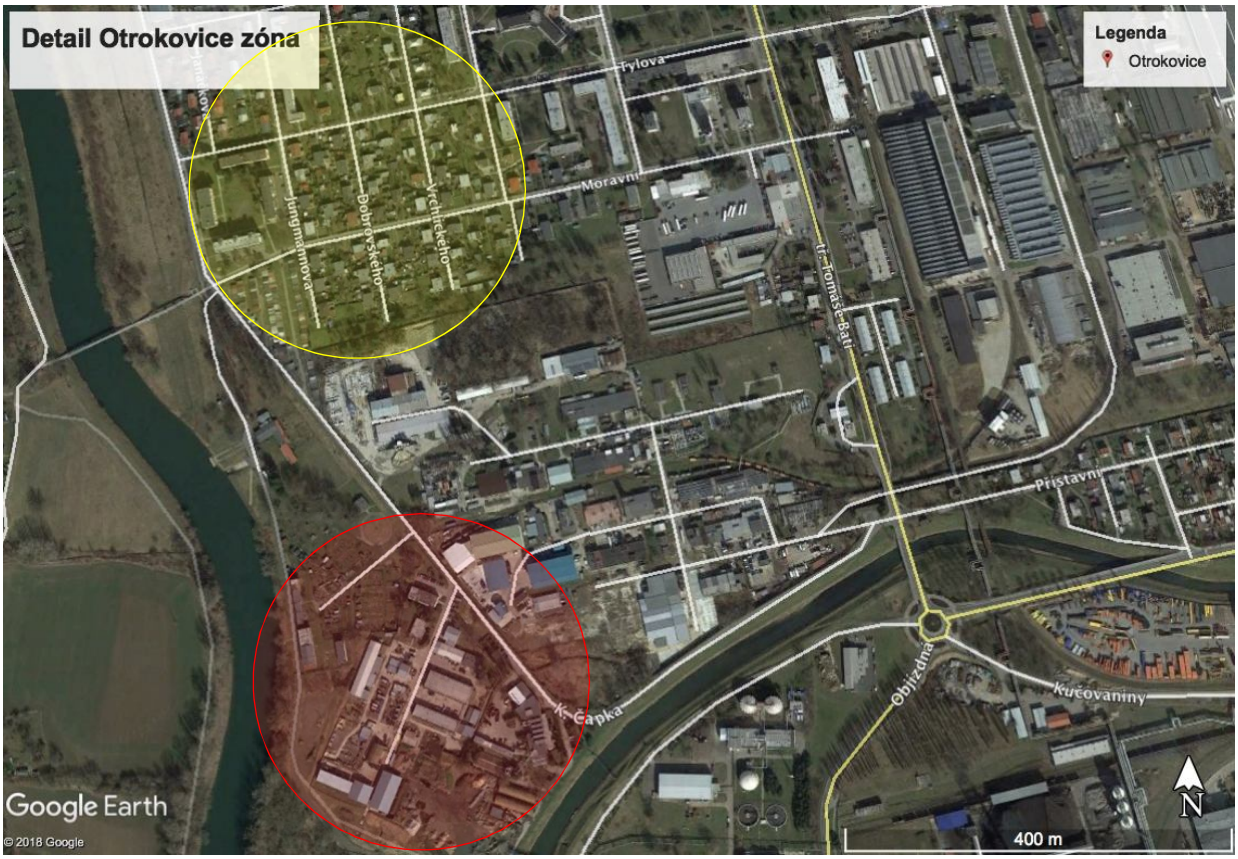
- průmyslová zóna tvořená areály Průmyslové stavby, CEMEX (SITA CZ, KUMO, FCC, Delika a další)

- zemědělsko - průmyslový areál v Otrokovicích – Kvítkovicích (Plemenářské služby, …)

- Areál řízené skládky odpadů (MSS) a centrum nakládání s odpady (Marius Pedersen)

- jižním směrem na katastru Napajedla pokračují souvisle po obou stranách komunikace I/55 velké průmyslové a skladové areály (Preciz, Samohýl motor, DLC, areál bývalého podniku Agropodnik, atd.)

Průmyslová zóna leží v jihozápadní části Otrokovic a soustřeďuje v sobě několik významných zdrojů, které emitují látky způsobující zápach (viz. červený kruh v obr.1).



Nejvíce stížností je hlášeno z přilehlé jižní poloviny „obytné zástavby“ v části Bahňák, tvořené převážně rodinnými domy. Tato oblast se nachází cca 500 až 2000 m od průmyslové zóny.

Průmyslové podniky v Otrokovicích – výběr nejvýznamnějších provozů z hlediska skutečného či potenciálního výskytu emisí pachových látek:

1. **Trelleborg Wheel Systems Czech Republic a.s. (Mitas a.s.)**
   Ve stávajícím komplexu jsou vyráběny především zádní traktorové pláště, industriální pláště a další, které mají široké použití v oblasti zemědělství, průmyslu a stavebních mechanizmů. Celková projektovaná spotřeba těkavých organických látek (VOC) je 60

t/rok. Nový závod v Otrokovicích vyrábí mimosilniční radiální pneumatiky určené pro vývoz do celého světa.

2. **Remaq, s.r.o.**

   Společnost zpracovává tříděné plastové odpady z prvotního zpracování technických plastů (polymerů), tzn. ořezy, okraje, zmetky apod. na regranulát. Výsledný produkt (regranulát) jako druhotná surovina je expedován k dalšímu zpracování u externích odběratelů jako plnohodnotná surovina pro výrobu plastových výrobků. Výroba se provádí na regranulačních linkách s předřazeným drtícím zařízením nebo přímo z recyklátu – drti. Projektovaná kapacita je 25 000 t/rok.Společnost provozuje 4 moderní regranulační linky s celkovou kapacitou 2 400 t/měsíc. V současné době je REMAQ, s.r.o. nejvýznamnější a nejrychleji rostoucí společností recyklující plasty v České republice.

3. **TOMA Odpady, s.r.o.**

   Společnost je provozovatelem zařízení ke sběru a výkupu nejrůznějších druhů odpadů s kapacitou 70 000 t odpadů za rok a dále zařízen k drcení odpadů, kam vstupují vybrané druhy odpadů ostatních, zejména plastů, papíru, textilu, dřeva apod. a roční kapacitou 15 000 t odpadů za rok. Výstupem pak je alternativní palivo vyráběné pro zpracování v cementárnách. Obdobné zařízení, s kapacitou 15 000 t odpadů za rok, provozuje v sousední hale společnost **BIOWASTE s.r.o.**

4. **Mogador, s.r.o.**

   Společnost patří mezi významné výrobce v oblasti potravinářství se zaměřením na produkty racionálního stravování. Výrobní program společnosti zahrnuje velkokapacitní výrobu sušených sójových a rostlinných nápojů, zapékaného a sypaného müsli pro privátní značky, pufovaných chlebíčků, trvanlivého pečiva, doplňků stravy a dalších produktů. Výroba, balení a uskladnění hotových výrobků obilné povahy (sypané a zapékané müsli). V rámci výrobní části posuzovaného záměru jsou instalovány dvě automatické výrobní linky. Součástí každé linky je jedna automatická kontinuální průběžná pec pro zapékání müsli. Každá pec je osazena dvěma hořáky na zemní plyn (nepřímý ohřev). Celkový jmenovitý je 2 MW. Spaliny z plynových hořáků jsou odváděny do venkovní atmosféry čtyřmi spalinovými komíny

(každý hořák bude mít svůj komín). Kapacita výroby müsli je cca 16,5 t/den (6000 t/rok) hotových výrobků, jedná se o nevyjmenovaný stacionární zdroj (vyjmenovaný stacionární zdroj je nad 75 t hotových výrobků vyráběných z rostlinných surovin denně).

5. **DEZA a.s.** provoz Organik

   Odloučený 7. provoz ORGANIK Otrokovice „Výrobna antrachinonu, změkčovadel a esterů“

   název zařízení: Výrobny anthrachinonu a esterů - odloučený provoz ORGANIK Otrokovice. Zařízení spadá do režimu zákona o integrované prevenci.

   V provoze Organik se nachází dvě výrobny – výrobna anthrachinonu a výrobna ftalátových změkčovadel a esterů. Tyto dvě základní výrobny jsou doplněny potřebným výrobním i nevýrobním zázemím tvořeném skladovacími prostory pro suroviny a výrobky, pomocnými zařízeními a objekty, administrativní budovou, laboratoří a údržbou provozu.

   Produkované výrobky jsou výrobky organické chemie a slouží jako základní suroviny či pomocné látky v průmyslu výroby organických barviv (barviva pro použití na barvení přírodních materiálů), plastikářského a gumárenského průmyslu (k změkčování plastických hmot), výroby biopaliva (bionafty – methylesteru řepkového oleje), výroby nátěrových hmot a lepidel, papírenského průmyslu, atd.

6. **Technické služby Otrokovice s.r.o.**

   Společnost je provozovatelem areálu, kde probíhá sběr a výkup odpadů primárně z komunální sféry s kapacitou 10 000 t odpadů za rok, kdy část (směsný komunální odpad) je předávána přímo na skládku a dále je zde provozována kompostárna s roční kapacitou 2 300 t odpadů a to biologicky rozložitelných komunálních odpadů a odpadů z údržby zeleně. Technologie kompostování je provozována v provzdušňovaných boxech s dozráváním kompostu na zpevněné ploše. V areálu se nachází třídící linka, sklady, kompostárna.

7. **MAT, spol. s r.o.**

   MAT, spol. s r.o., závod veterinární asanace - zařízení na zpracování vedlejších živočišných produktů. Zařízení spadá do režimu zákona o integrované prevenci.

Zařízení zpracovává vedlejší živočišné produkty (dále jen „VŽP“) 3. kategorie dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009, ve znění pozdějších předpisů. VŽP materiál kategorie 1 a 2 je ve vymezené části areálu pouze dočasně skladován a vždy do 24 hodin převezen ke zpracování v partnerských asanačních závodech. Projektovaná denní zpracovatelská kapacita VŽP 3. kategorie – 48 t. Zařízení lze technologicky rozčlenit na následující úseky – přípravna, lisovna, tukárna a moučkárna. Konečné produkty – kafilerní tuk a masokostní moučka.

8. **Teplárna Otrokovice a.s.**

Teplo vyrábí spalováním hnědého a černého uhlí, na podporu využívání obnovitelných zdrojů energie používá ke spalování biomasu. Provozuje pět kotlů o celkovém instalovaném tepelném výkonu 348,6 MWt a dodávky tepla se pohybují okolo 1,8 mil. GJ ročně. Zařízení spadá do režimu zákona o integrované prevenci.

Zařízení slouží k zajišťování dodávky technologické páry a horké vody pro topné účely. Souběžně je zde kogeneračním způsobem vyráběna elektrická energie. Jedná se o uhelnou teplárnu osazenou třemi granulačními kotli spalujícími uhelný prášek o jmenovitém výkonu 88,3 MWt (příkon 97 MWt) pro výrobu přehřáté páry.

Další kotel je parní plynový, spalující zemní plyn se dvěma hořáky nad sebou v přední stěně spalovací komory o jmenovitém výkonu 70,8 MWt (příkon 74 MWt) a dva vodotrubné kotle dvoububnové s přirozeným oběhem spalující ELTO o jmenovitém výkonu 18,3 MWt (příkon 20,8 MWt) sloužící jako záložní zdroje.

Tepelná energie je dodávána pro potřeby průmyslových podniků a dalších odběratelů jak v podobě páry tak i horké vody prostřednictvím horkovodní výměníkové stanice. Mimo tato hlavní zařízení tvoří důležitou část související technologické pomocné provozy běžné v teplárenské výrobě, jako jsou zejména palivové a odpadové hospodářství, úpravna vody, olejové hospodářství a kompresorovna.

9. **Continental Barum spol. s r.o.**

Jedna z největších pneumatikáren na evropském kontinentu. Společnost se zabývá výrobou plášťů pro osobní vozidla (PLT), plášťů pro komerční (nákladní) vozidla (CVT), forem pro lisování automobilových plášťů (DVF) a pomocných materiálů s obsahem i bez obsahu VOC. V této souvislosti společnost dále zajišťuje skladování materiálů na

bázi VOC, provoz čerpací stanice pohonných hmot (automobilový benzin), provoz ČOV zaolejovaných lisovacích vod a provoz záložních zdrojů energie a požárních čerpadel.

10. **EPUZ, spol. s r.o.**

Výrobním programem společnosti je výroba vyztužených plastů z nenasycených polyesterových pryskyřic kontaktním laminováním. Sortiment výroby zahrnuje sklolaminátové kontejnery na tříděný odpad, zásobníky na zimní posyp, přepravní kabiny pro přepravu koní apod. Roční projektovaná spotřeba těkavých organických látek je 20 t za rok.

11. **TOMA, a.s. - Areál ČOV**

Zařízení ČOV Otrokovice je tvořeno třemi provozy, jedná se o čistírnu odpadních vod, zpracování kapalných odpadů a kogenerační jednotky na bioplyn.

Čistírna odpadních vod - slouží k čištění komunálních odpadních vod s vysokým podílem průmyslových odpadních vod. Průměrné roční množství vyčištěných odpadních vod 4 500 000 m3. rok-1.

Zpracování kapalných odpadů - Zařízení pro zpracování kapalných odpadů – slouží k úpravě, resp. odstraňování koncentrovaných odpadních vod a kapalných odpadů, které nelze vypouštět do veřejné kanalizační sítě. Dodávky odpadních vod (kapalných odpadů) jsou realizovány převážně cisternovými vozy nebo v plastových a kovových paletizovaných kontejnerech o objemu 500 - 800 l umístěných na nákladních automobilech. Pro zpracování těchto odpadů se používají technologie biologické aerobní odstraňování, neutralizace, deemulgace, odstranění zaolejovaných vod jednotkou UNIFLOT 02.

Kogenerační jednotky na bioplyn - slouží k energetickému využití (elektrická a tepelná energie) bioplynu vznikajícího provozem ČOV. Zařízení je tvořeno 3 plynovými motory o výkonu 2 x 235 kW, 2 x 310 kWt a 1x 470 kW, 620 kWt a odsiřovacím zařízením. Bioplyn (kalový plyn) produkovaný z kalů ČOV je palivem v kogeneračních jednotkách sloužících pro kombinovanou výrobu tepla a el. energie.

12. **SUEZ Využití zdrojů a.s. – provoz Otrokovice**

    Společnost je provozovatelem zařízení ke sběru a výkupu různých druhů odpadů, dále zařízení na výrovu TAP s kapacitou 6 000 t za rok, kde jsou zpracovávány drcením odpady plastů, papíru, textilu dřeva apod. Rovněž je zde provozováno zařízení na rozebírání elektroodpadu a chladicí techniky s roční kapacitou 23 652 t vstupujících odpadů za rok Toto zařízení a zařízení na výrobu TAP je však provozováno ojediněle.

13. **Pipelife Czech s.r.o.**

    Mezinárodní výrobce plastových trubek a tvarovek. Sortiment zahrnuje kanalizační, vodovodní, plynové a drenážní trubky, kabelové chráničky a inhouse trubky pro vnitřní rozvody. Vyrábí se z PVC, PE a PP. Společnost se zabývá výrobou plastového kanalizačního potrubí, plastových šachet, vodovodního potrubí, drenáží, kabelových a plynových chrániček, trubek pro vrtané studny a zemní výměníky tepla, plastových trubek pro sanitární techniku (odpadní potrubí, trubky pro rozvody teplé a studené vody, pro podlahové topení). Výroba plastových trubek je prováděna technologií vytlačování, tj. převedením polymerů (PVC – polyvinylchlorid, PE – polyethylén, PP – polypropylén) ohřevem do polotekutého stavu a následně vytlačení vzniklé taveniny přes vytlačovací nástroje do tvaru trubky. Projektovaná výrobní kapacita vytlačovacích linek je 16.600 t ročně hotových výrobků (hmotnost je totožná s hmotností vstupních surovin).

3 . Systém monitoringu

Látky způsobující zápach jsou komplikovanou směsí, která se ve většině případů nechová předvídatelně a je tak velmi složité zjistit příčinu jejich vzniku. Jednotlivé látky mohou mít vzájemný synergický efekt a v případě existence více zdrojů látek způsobujících zápach dochází často jejich vzájemnému ovlivnění. Tato studie zohledňuje specifické vlastnosti pachových látek a charakter zdrojů v dotčené lokalitě. Po projednání záměru monitoringu se všemi dotčenými stranami byl připravený plán monitoringu, který zahrnoval následující položky:

Období monitoringu

- ideálním obdobím pro odběry vzorku je netopná nebo přechodná sezóna s ohledem na vyloučení vlivu lokálních zdrojů vytápění, proto byla vybráno období na přelomu srpna a září roku 2018 kvůli potřebě trvání vyšších teplot, tj. od 18°C výše
- po celé sledované období bylo proudění vzduchu převážně do 1 m/sec, což je pro daný projekt ideální stav

Délka monitoringu

- jednotlivé kampaně trvaly po dobu celého týdne – tzv. charakteristický týden, který zohledňuje normální rytmus života ve městě
- požadované 2 kampaně je možné spojit do 1 měsíční tak, aby zachytily „normální“ provoz zdrojů emisí v posuzované oblasti

Rozsah analýz byl vybrán na základě emisních charakteristik zdrojů a s ohledem na tvorbu „pachových látek“ nebo jejich prekurzorů.

Rozsah monitorovaných látek

pachové látky – olfaktometricky v pachových jednotkách

organické látky - aldehydy, ketony, kyseliny, těkavé organické látky, organické látky s dusíkem, organické látky se sírou, mastné kyseliny

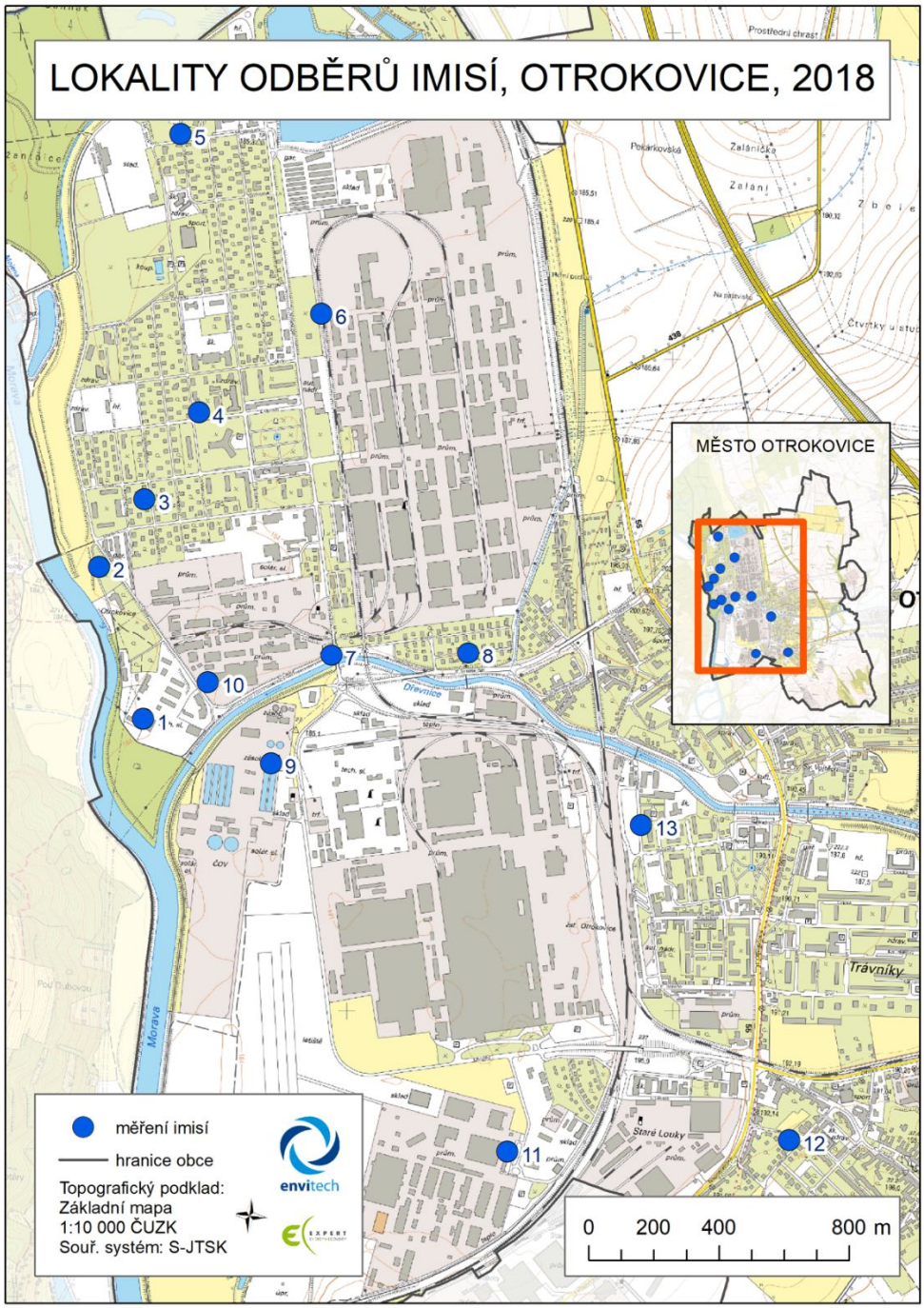
anorganické látky - suspendované částice, amoniak

Uvedené skupiny látek byly zvoleny jako indikační s ohledem na emisní zdroje v okolí a s ohledem na zápach. V průběhu realizace monitoringu byl seznam látek drobně upraven a doplněn, včetně úpravy významu navrhovaných látek.

4. Výběr monitorovacích lokalit

- do červeně zvýrazněné oblasti (v blízkosti „kritických zdrojů“) byl záměr umístit 4 monitorovací lokality
- do žlutě zvýrazněné oblasti (zóna nejčastějších stížností) byl záměr umístit 3 monitorovací lokality
- do bíle zvýrazněné oblasti (oblast vlivu meteorologických podmínek) byl záměr umístit 3 monitorovací lokality
- do modře zvýrazněné oblasti byl záměr umístit 4 monitorovací lokality
- celkový počet monitorovaných lokalit byl 14

4.1. Odběrové lokality



Obr.: Monitorovací lokality

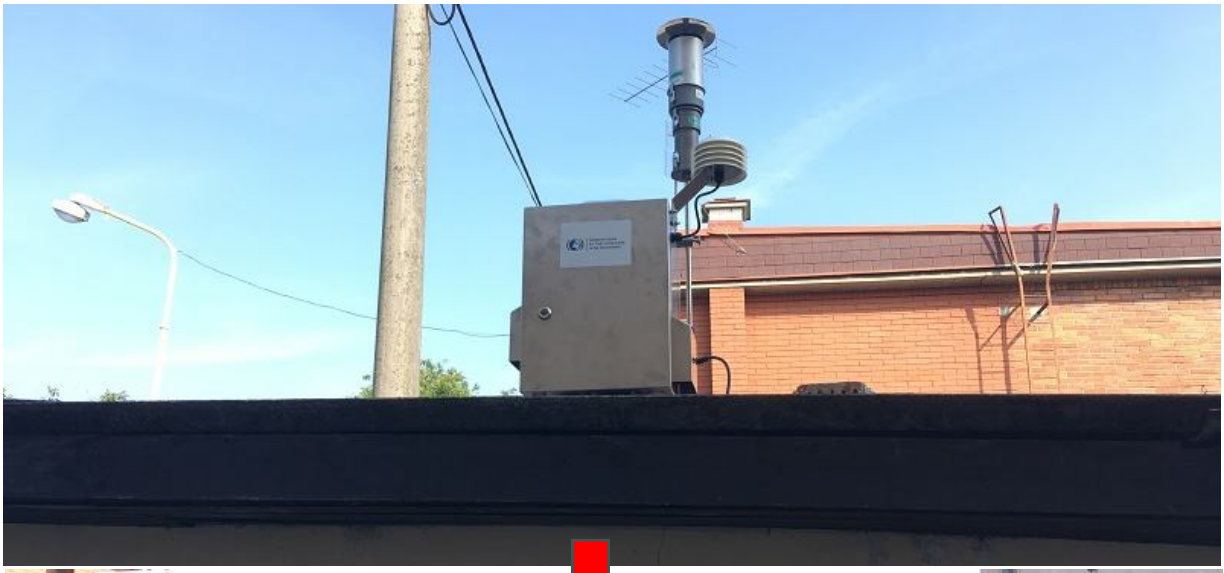
	Název	Adresa	GPS souřadnice
1.	**TSO**	K. Čapka 1256	N 49°12.45895', E 17°30.69945'
2.	**RD Jungmannova**	Jungmannova 6242	N 49°12.70410', E 17°30.55200'
3.	**RD Vrchlického**	Vrchlického 657	N 49°12.82237', E 17°30.64960'
4.	**Senior C**	Tř. Spojenců 1840	N 49°12.97358', E 17°30.76548'
5.	**SPŠ Otrokovice**	Ml. Stavbařů1267	N 49°13.42845', E 17°30.65180'
6.	**TOMA/ MALCOM s.r.o.**	Tř. Tomáše Bati	N 49°13.15543', E 17°31.05002'
7.	**RD Přístavní Ko.**	Přístavní 568	N 49°12.59455', E 17°31.15752'
8.	**RD Přístavní Kl.**	Přístavní 5194	N 49°12.61960', E 17°31.50110'
9.	**Teplárna**	Objízdná	N 49°12.40638', E 17°31.03153'
10.	**Artex/Promens-ENBOS**	areál býv. Chemitan	N 49°12.52998', E 17°30.85303'
11.	**STK Hespo, s.r.o.**	Letiště 1894	N 49°11.80387', E 17°31.71973'
12.	**MŠ Kvítkovice**	K. H. Máchy 266	N 49°11.86712', E 17°32.42562'
13.	**MŠ J. Jabůrkové**	J. Jabůrkové1389	N 49°12.36317', E 17°31.97773'
14.	**ZŠ T.G.Masaryka**	Jana Žižky 1355	N 49°12.67850', E 17°32.07632'

Tab.: Seznam odběrových míst

Fotodokumentace odběrových míst

1. Technické služby Otrokovice GPS souřadnice: N 49°12.45895', E 17°30.69945'

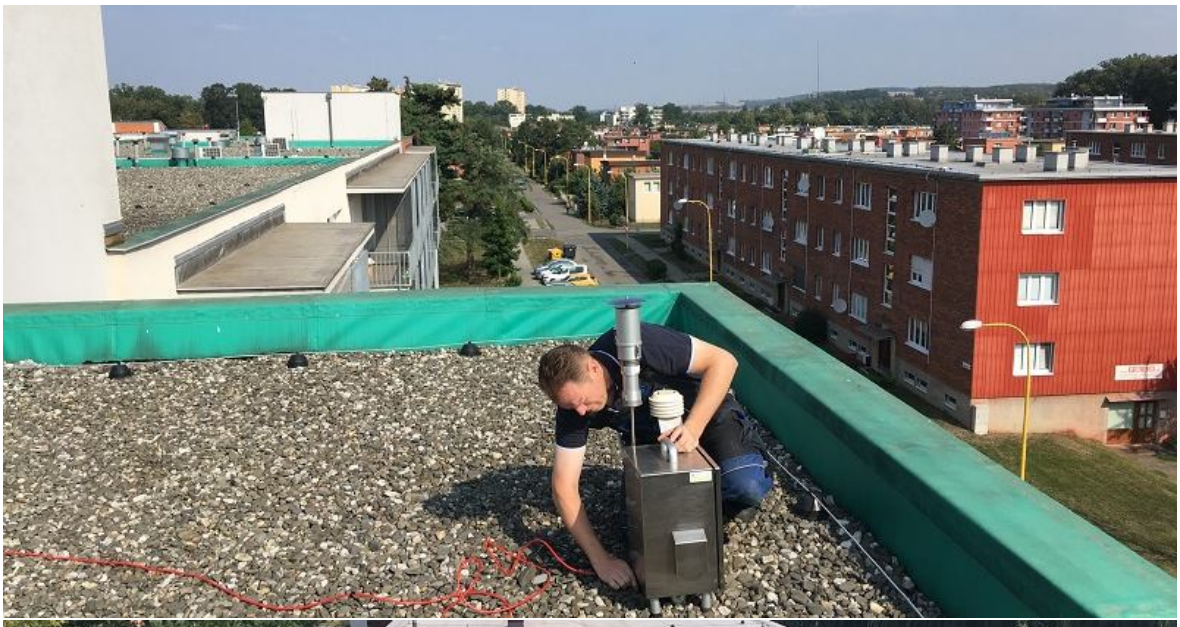
2. RD Jungmannova GPS souřadnice: N 49°12.70410', E 17°30.55200'



ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100

3. RD Vrchlického GPS souřadnice: N 49°12.82237', E 17°30.64960'

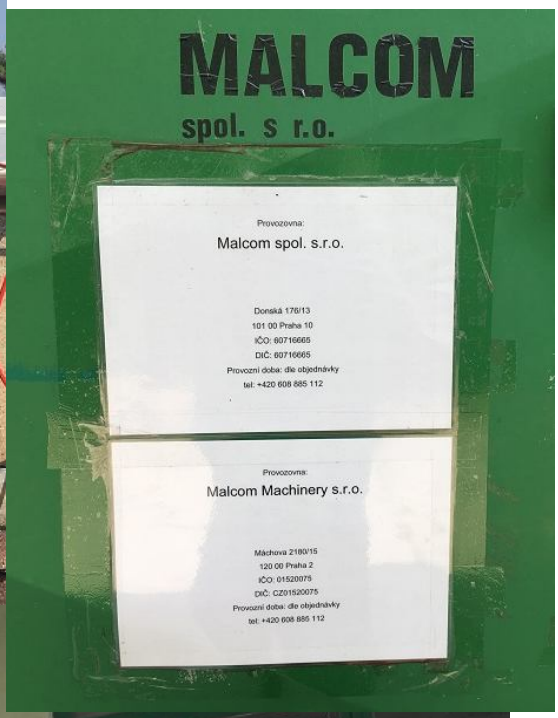
4. Senior C GPS souřadnice: N 49°12.97358', E 17°30.76548'



5. SPŠ Otrokovice GPS souřadnice: N 49°13.42845', E 17°30.65180'

6. TOMA/ MALCOM s.r.o.

GPS souřadnice: N 49°13.15543', E 17°31.05002'



7. RD Přístavní Ko. GPS souřadnice: N 49°12.59455', E 17°31.15752'

8. RD Přístavní Kl. GPS souřadnice: N 49°12.61960', E 17°31.50110'

9. Teplárna GPS souřadnice: N 49°12.40638', E 17°31.03153'

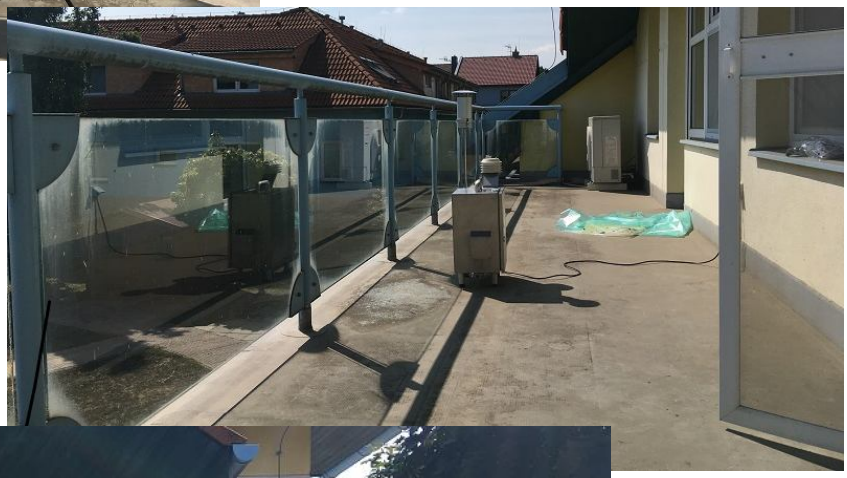
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100

10. Artex/Promens ENBOS GPS souřadnice: N 49°12.52998', E 17°30.85303'

11. STK Hespo, s.r.o. GPS souřadnice: N 49°11.80387', E 17°31.71973'

12. MŠ Kvítkovice

GPS souřadnice: N 49°11.86712', E 17°32.42562'



13. MŠ J. Jabůrkové GPS souřadnice: N 49°12.36317', E 17°31.97773'

14. ZŠ T.G. Masaryka GPS souřadnice: N 49°12.67850', E 17°32.07632'

5. Plán měření

Frekvence měření

- každá lokality byla v kampani proměřena 4x
- doba odběru byla pro potřeby laboratoře stanovena od 24 do 120 hodin
- celkem bylo odebráno 84 sad vzorků
- celkem byly analyzovány vzorky ze 6 pachových epizod

Plán měření byl zaměřený na látky analyzované v souvislosti s pachovými epizodami. Bylo potřeba odebrat takové množství vzdušniny, které umožní provést plánované analýzy. Z toho důvodu byly odebrány i sumační vzorky až za 5 dnů. Poté došlo ke zprůměrování koncentrací pro celý pracovní týden.

Po dokončení odběrů byly vzorky transportovány do laboratoří na VŠB TU Ostrava.

Pachové látky byly odebírány v době významných pachových epizod ve spolupráci s Městem Otrokovice a s obyvateli bydlícími v dotčené zóně. Vzorky vzdušniny pro analýzy pachových látek byly po každém odběru vždy ihned převezeny k akreditované analýze na ZÚ Ostrava.

6. Pachové látky

6.1. Použitá metoda

Hodnocení znečištění ovzduší pachovými látkami bylo provedeno v akreditované laboratoři ZÚ v Ostravě pomocí olfaktometru model č. TO8-4, System Mannebeck, výrobce ECOMA, Havighorster Weg.12, D-24211 Honigsee. Konstrukce olfaktometru splňuje v plném rozsahu normy VDI standard 3881/3882 (SRN) a evropský standard ČSN EN 13725.

Poslední kalibrace přístroje: 11.6.2018

Odběr vzorků vzdušniny je prováděn do nalophanových vaků pomocí vzorkovací nádoby ECOMA Vacuum Sampling Device – Serial No.: EP.131.02 průtokem 10l/min. V případě vzorkování plošných zdrojů se používá příklop o rozměrech 180x180 cm nebo válec o průměru 29 cm. V případě vzorkování na definovaném výduchu je vzorek vzduchu nasáván pomocí teflonové hadičky o vnitřním průměru 5-8mm. Vzorkovací nalophanové vaky jsou po každém odběru vzorku vyměněny za nové.

Měření pachových emisí je prováděno podle ČSN EN 13725 (použitá metoda: metoda ANO/NE dle kap. 8.1.2).

Pro olfaktometrické měření se používá pachově neutrální vzduch, který je nasáván přes bezpachové a sušící filtry s aktivním uhlím pomocí bezolejového kompresoru DK 50 2V S, EKOM s.r.o. Piešťany.

6.2. Výsledky monitoringu pachových látek

Koncentrace pachových látek v pachových jednotkách				
31.08.18				
Označení	Odběrové místo	Čas a datum odběru	ou_E/m^3	dB
č.1	U provozu MAT, spol. s r.o.	31.08.18 11:00	12	10,8

Koncentrace pachových látek v pachových jednotkách				
11.09.18				
Označení	Odběrové místo	Čas a datum odběru	ou_E/m^3	dB
č.1	Otrokovice, ul K.Čapka - severní strana objektu č.p. 1918	11.09.18 1:30	724	28,6
č.2	Otrokovice, areál bývalého podniku Chemitan u č.p. 1742	11.09.18 1:40	824	29,2
č.3	Severní okraj areálu ČOV	11.09.18 2:19	2896	34,6
č.4	křižovatka ulic Moravní x Dobrovského	11.09.18 2:39	1328	31,2

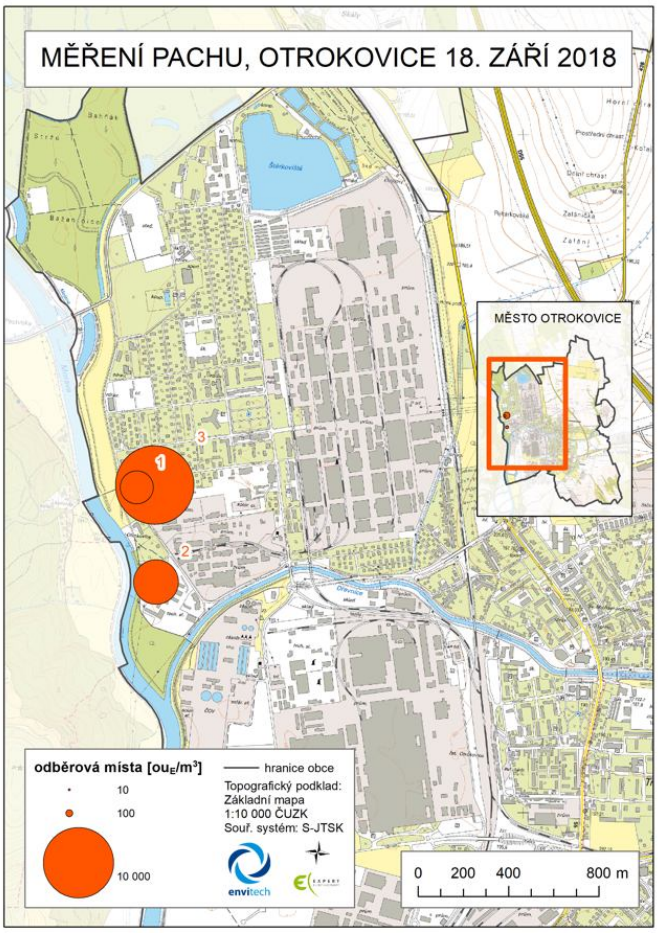
Koncentrace pachových látek v pachových jednotkách				
18.09.18				
Označení	Odběrové místo	Čas a datum odběru	ou_E/m^3	dB
č.1	Otrokovice, křižovatka Moravní x Dobrovského	18.09.18 5:07	2233	33,5
č.2	vstup do areálu Technických složeb Otrokovice na ul. K.Čapka	18.09.18 5:17	4096	36,1
č.3	Otrokovice, křižovatka Moravní x Vrchlického	18.09.18 5:45	12634	41,0

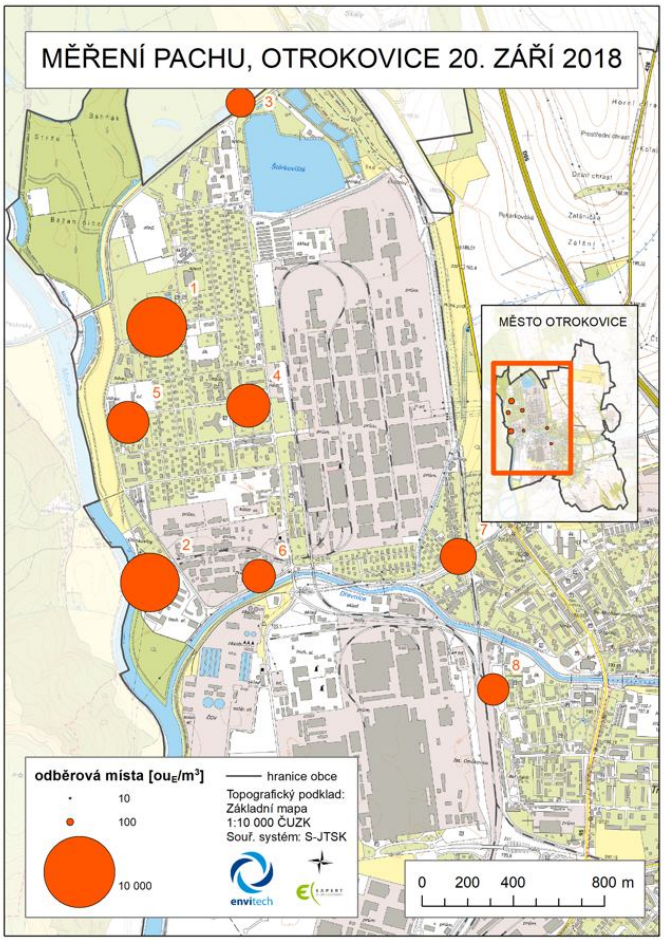
Koncentrace pachových látek v pachových jednotkách				
20.9.2018 - 21.9.2018				
Označení	Odběrové místo	Čas a datum odběru	ou_E/m^3	dB
č.1	Otrokovice ul. Tylova 6811 - 1. nadzemní podlaží	20.09.18 21:32	7194	38,6
č.2	parkoviště u areálu TS Otrokovice	20.09.18 21:50	6889	38,4
č.3	severní okraj rekreačního areálu Šterkoviště	21.09.18 9:40	1722	32,4
č.4	autobusová zastávka Otrokovice - Bahňák	21.09.18 9:50	3756	35,7
č.5	Otrokovice, křižovatka Erbenova x Dobrovského	21.09.18 10:01	3597	35,6
č.6	vjezd do areálu bývalého podniku Chemitan (dnes DEZA Organik)	21.09.18 10:18	2233	33,5
č.7	ul. Nadjezd u zastávky MHD - Nadjezd	21.09.18 10:30	2656	34,2
č.8	ul. J.Jabůrkové, vjezd do areálu MŠ	21.09.18 10:42	1961	32,9

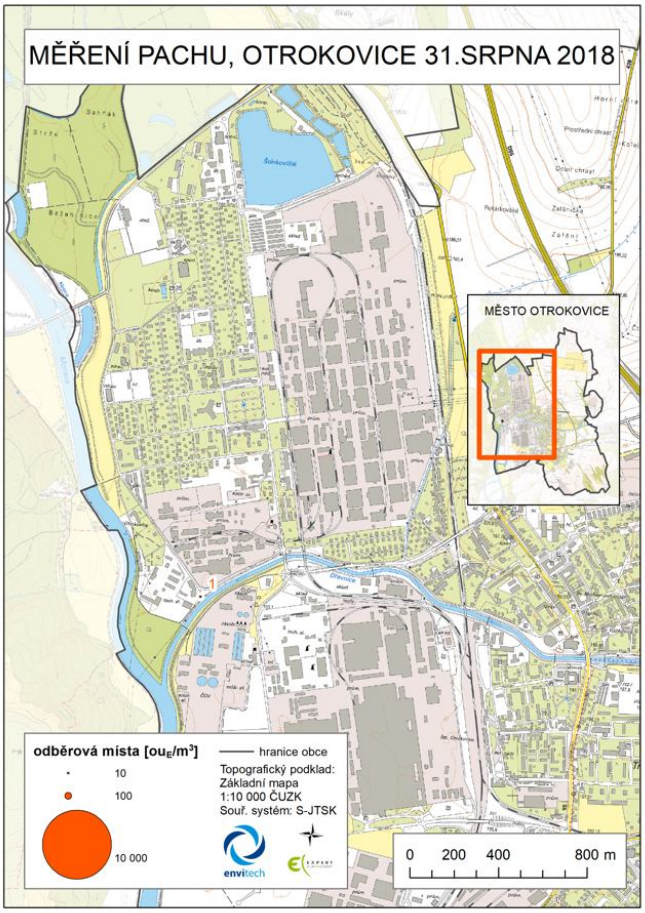
Koncentrace pachových látek v pachových jednotkách				
01.10.18				
Označení	Odběrové místo	Čas a datum odběru	ou_E/m^3	dB
č.1	jížní okraj areálu bývalého podniku Chemitan	01.10.18 19:08	38	15,8
č.2	silniční most přes řeku Dřevnici	01.10.18 19:20	332	25,2
č.3	křižovatka Tř.T.Bati a ul. Obchodní	01.10.18 19:31	256	24,1
č.4	západní pata nadjezdu u areálu Continental	01.10.18 19:51	1448	31,6
č.5	trafostanice na západním okraji areálu teplárny (ul. Objízdná)	01.10.18 20:04	1330	31,2

Koncentrace pachových látek v pachových jednotkách				
02.10.18				
Označení	Odběrové místo	Čas a datum odběru	ou_E/m^3	dB
č.1	odstavná plocha pro návěsy kaminonů jížně od ul. Objízdná mezi areálem bývalého podniku OTORAVAN a areálu Continental	02.10.18 9:50	2543	34,1
č.2	příjezdová komunikace k areálu Barstav a ČOV	02.10.18 10:00	3597	35,6
č.3	zastávkový záliv u teplárny na ul. Objizdná	02.10.18 10:07	2773	34,4
č.4	u oplocení areálu ČOV ze severní strany pod protipovodňovou hrází naproti areálu MAT	02.10.18 10:13	3024	34,8
č.5	ul. Stojanova severní část	02.10.18 10:13	1722	32,4
č.6	ul.Tylova mezi křižovatkama Tylova x Mánesová a Tylova x Vrchlického	02.10.18 10:18	153	21,8

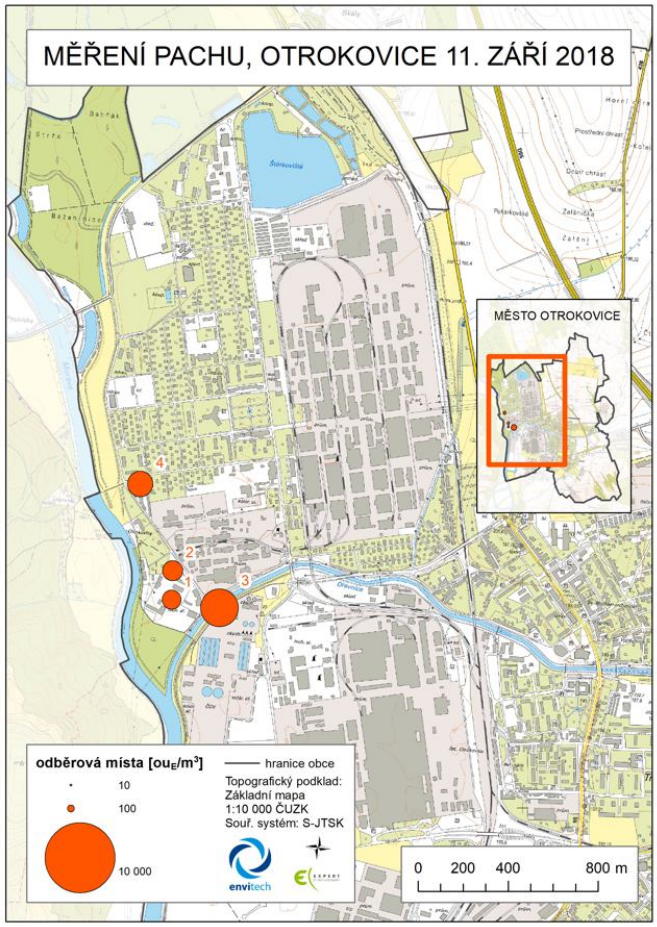
6.3. Mapové výstupy pro pachové látky



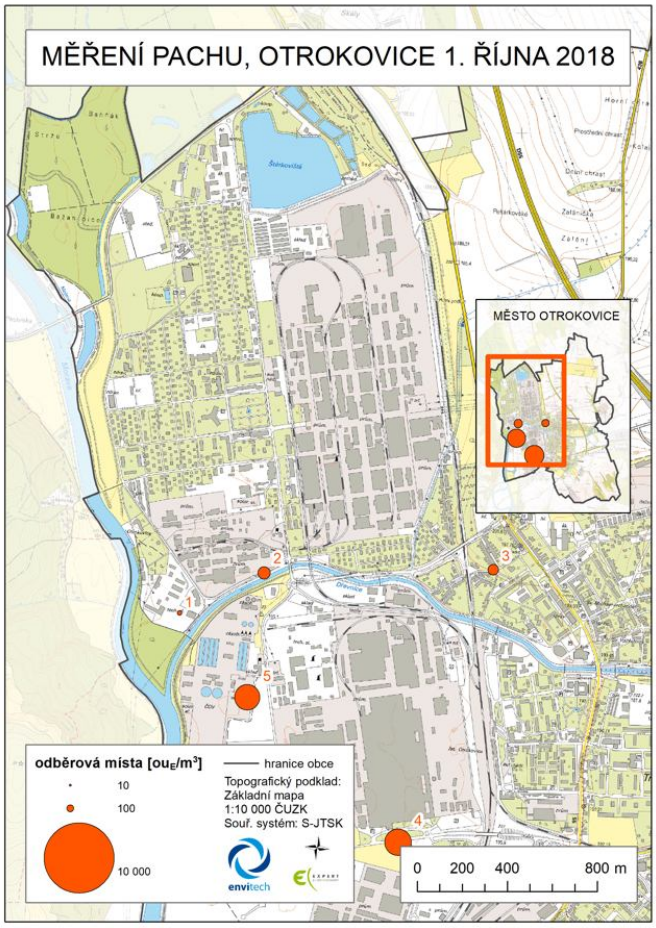


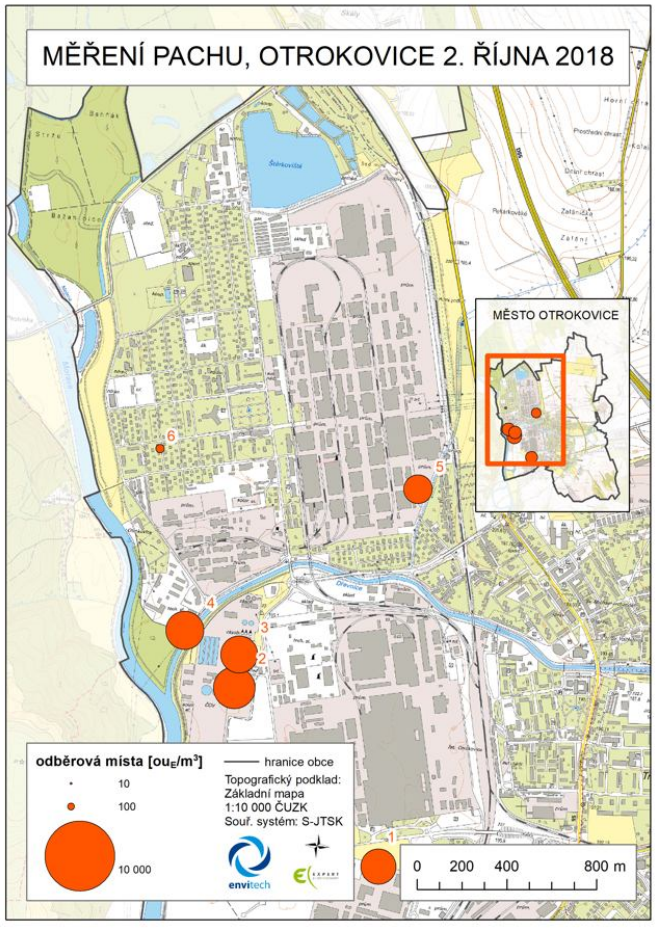


Na odběrovém místě č. 1 s označením "U kafilérie" byla první den naměřena hodnota 12 ou$_E$/m^3.



ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu





Obr.: Výše koncentrací pachových látek v odebraných pachových epizodách

ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu

6.4. Interpretace výsledků měření pachových látek

Limit

Imisní limit v současné době neexistuje.
Platný zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, se k zápachu staví jako ke každé jiné znečišťující látce. Na základě této definice lze k regulaci zápachu využít všechny nástroje určené k regulaci znečišťujících látek.
Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší v §2, písmeně b) definuje znečišťující látku jako každou látku, která svou přítomností v ovzduší má nebo může mít škodlivé účinky na lidské zdraví nebo životní prostředí, anebo obtěžuje zápachem. Na základě této definice lze k regulaci zápachu využít všechny nástroje určené k regulaci znečišťujících látek. Limity pro pachové látky zákon nestanovuje, může však být ve zvláštních případech stanoven v rámci závazných podmínek provozu.

Vnímání intenzity zápachu je popsáno v ČSN a využito v ČSN 83 5030 (Statistická metoda-dotazníková šetření) a ČSN 83 5031 (Měření pachové stopy). Původní limit, který vyjadřoval obtěžování obyvatel zápachem, byl zrušen, přesto má tabulka intenzity zápachu stále význam a využívá se pro pochopení vnímání zápachu respondenty.

0	zcela bez čichového vjemu
1	pach blízký prahové koncentraci detekce pachu
2	slabý neobtěžující pach
3	obtěžující pach
4	silně obtěžující pach
5	nesnesitelný pach

Definice pachové jednotky

Evropskou pachovou jednotkou (ou_E) se rozumí množství odorantu, které, pokud je rozptýleno v 1 m^3 neutrálního plynu za standardních podmínek, vyvolá fyziologickou reakci respondentů odpovídající evropské referenční pachové jednotce (EROM).
Evropskou referenční pachovou jednotkou (ou_E) se rozumí fyziologická reakce respondentů vyvolaná dávkou 123 mg n-butanolu rozptýleného v 1 m^3 neutrálního plynu za standardních podmínek. To je množství, které odpovídá 0,040 mmol/mol n-butanolu.
Uvedené definice zjednodušeně uvádějí, že jedna pachová jednotka se rovná čichovému prahu, a že musí být měřena za přesně definovaných podmínek (výběr respondentů probíhá dle toho, jak splňují podmínky pro určení čichového prahu n-butanolu při určité koncentraci).

Koncentrace obvyklé v ou_E/ m^3

jatka	1600
výroba masných výrobků	20
tavící pec	600
PČOV, za biofiltrem bez uhlíkového filtru	3600
PČOV, za biofiltrem s uhlíkovým filtrem	70
chemie (anilín)	45 – 103
čokoládovny	800
čerpací stanice	1000 - 2300
gumárenský průmysl (rekup. stanice)	40
slepičárna	150
udírna	332 - 2773
linka na výrobu koblih	10173 - 12098
linka na pečivo	469 - 636
bioplynová stanice	840 - 9329

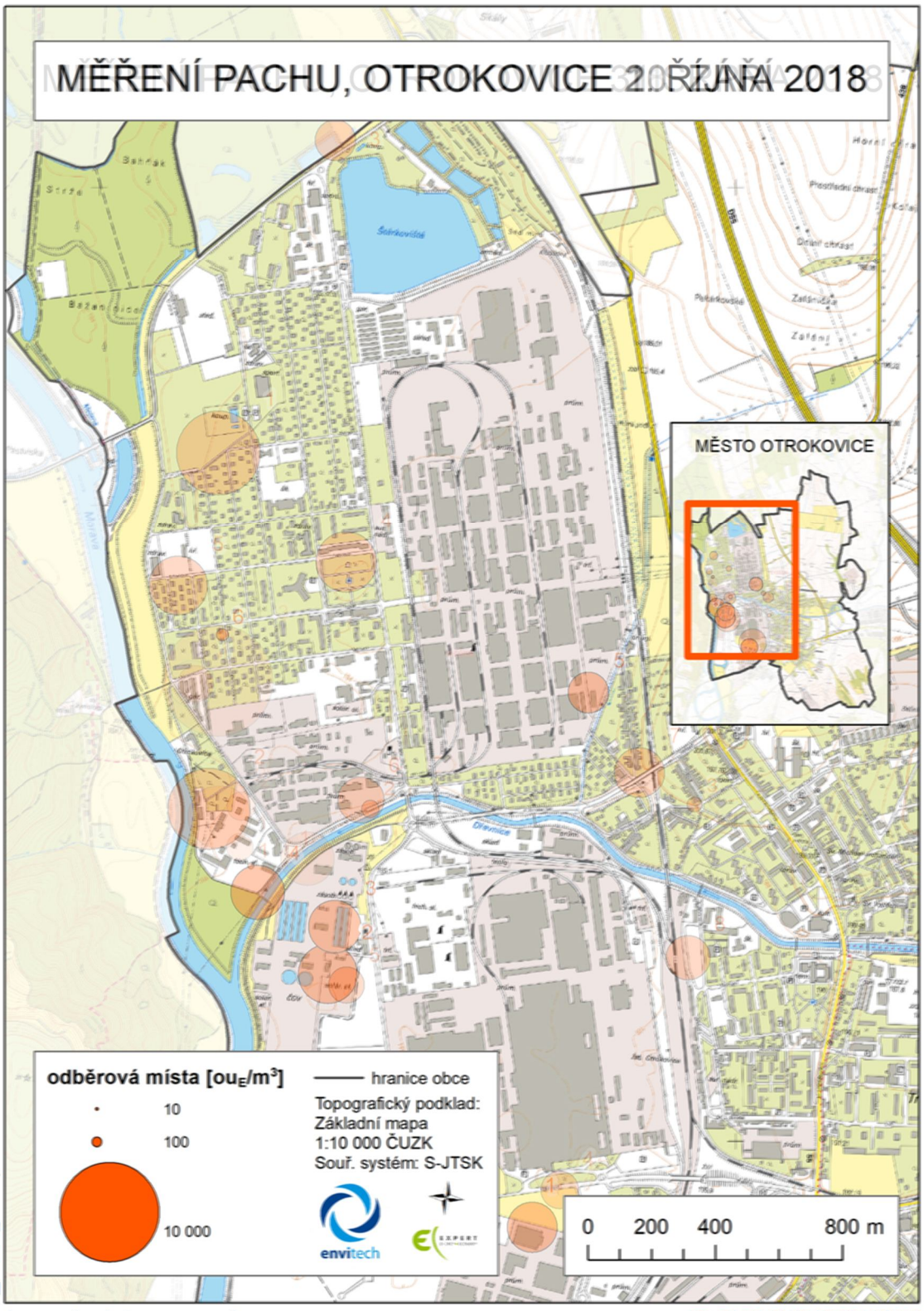
Význam naměřených hodnot

31.8.2018 byl proveden kontrolní odběr při rekognoskaci terénu. Zápach byl stanoven podle výše uvedené tabulky 1-2. Naměřená koncentrace 12 OU_e/m^3 je nízká a spíše odpovídá pozadí v městských zónách. Následující odběry byly provedeny v době zřetelných pachových epizod a koncentrace se pohybují od 38 OU_e/m^3 až do 12 634 OU_e/m^3.

Průměrná koncentrace z uvedených je 2 767 OU_e/m^3, median 2 233 OU_e/m^3.

Pokud budeme hodnotit konkrétní epizody, nejhorší byla epizoda 20.9. - 21.9.2018, kdy byly vysoké koncentrace naměřeny na 8 místech.

Pro lepší pochopení výskytu pachových epizod jsou na následujícím obrázku proloženy jednotlivé kartodiagramy (mapy) přes sebe.


MĚŘENÍ PACHU, OTROKOVICE 2. ŘÍJNA 2018
MĚSTO OTROKOVICE
odběrová místa [ou$_E$/m^3]
10
100
10 000
hranice obce
Topografický podklad:
Základní mapa
1:10 000 ČUZK
Souř. systém: S-JTSK
envitech
0 200 400 800 m

6.5. Závěry z měření pachových látek

Výskyt pachových látek potvrzuje závěry analytické části studie a souvisí zejména s provozem MAT, spol. s r.o.. Při epizodě 20.-21.9.2018 došlo k rozptylu zápachu do širšího okolí. Častěji je zápachem postižena oblast Bahňák, následuje pak oblast Kolonie. U silných pachových epizod ovšem dochází k rozšíření zápachu až k centru města.

Naměřené koncentrace indikují silný zápach, označený stupněm 5 - nesnesitelný. Úroveň koncentrací pachových látek je srovnatelná s dalšími velmi zapáchajícími technologiemi.

Koncentrace pachových látek zjištěné ve studii reálně prokazují, že souvisí se zvýšenou pachovou zátěží v lokalitě. V lokalitě dochází k jednoznačnému obtěžování obyvatel.

6.6. Význam pachových látek pro zdraví

Jak pachy vnímáme

Čichová sliznice je malá nažloutlá, asi 5 cm velká ploška v klenbě nosní dutiny. Celá dutina, ohraničená zespoda patrem a shora spodinou lebeční, je vystlána místy až 4 mm silnou, bohatě prokrvenou sliznicí. Do ní ústí mnoho hlenových žlázek vylučujících souvislý povlak hlenu, což je vazká kapalina udržující sliznici vlhkou. V oblasti nosní dutiny jsou uložena nervová zakončení, která zaznamenávají zápach. Tato oblast, které říkáme čichový epitel neboli čichová oblast, je hustě zaplněna miliony nervových zakončení – malými čichovými buňkami.
Jednotlivé vůně a pachy jsou zjišťovány čichovými nervy, které v podobě chloupků vybíhají do horní části nosní dutiny a vstřebávají a analyzují molekuly z vdechnutého vzduchu. Čichové buňky jsou zvlhčovány sekretem čichových žlázek, jsou drážděny plynnými látkami ve vdechovaném vzduchu, které se v sekretu **rozpouštějí**, a teprve potom je vjem snímán. V hloubce sliznice vytvářejí čichové buňky ze svých vodivých výběžků pleteň, z níž vznikají vlákna čichového nervu. Ten vede čichový vjem do čichového bulbu a odtud do čichového centra mozku na spodině čelního laloku koncového mozku. Vyhodnocení vjemu je složitý proces. Přenesený signál musí být porovnán s tím, co již je uloženo **v paměti**, abychom byli schopni říci,

zda je nám vůně příjemná, co právě cítíme nebo které ze známých vůní je to, co právě cítíme nejvíce podobné.

- člověk patří mezi tzv. mikrosomaty, tj. živočichy se **slabě vyvinutým čichem**
- jsme schopni rozlišovat látky v koncentracích, které jsou běžnými fyzikálními a chemickými metodami nezjistitelné. U růžového oleje je to například již množství **0,00000002 mg v jednom litru** vzduchu.
- čich např. u vlka je asi **milionkrát lepší**, než u člověka. Čichová tkáň vlka zabírá plochu 14 x větší, než čichová tkáň člověka a obsahuje asi 200 mil. smyslových buněk, zatímco lidská pouze 5 mil.!
- člověk je schopen rozeznat **mnohem více odlišných vůní**, než kolik dokáže rozlišit zvuků
- člověk dokáže rozlišit několik tisíc čichových kvalit, ale vůně a pachy se často nedají jako podněty přesně klasifikovat
- tzv. čisté čichové pocity poskytuje přibližně jen padesát látek, ty je možné rozdělit na vůně či pachy:
  kořenné, květinové, ovocné, pryskyřičné, hnilobné a spáleninové
- většina látek svou vůní vyvolává pocity smíšené a velmi často spojené s drážděním dalších čidel, např. chuťových
- ženy mají v průměru až o 20 procent jemnější čich a tuto přednost si uchovávají po celý život, geneticky predisponují jemnějším čichovým smyslem, věnují čichovým stimulům větší pozornost a vnímají v širším spektru

Trvalou ztrátu čichu mohou samozřejmě způsobit také výpary některých chemických látek, a to někdy již po jednorázovém působení.
Mezi takové chemikálie patří např. butylenglykol, kyselina benzoová, oxid siřičitý nebo fosforofluoridy

Přechodnou ztrátu čichu může vyvolat např. sirovodík, sirouhlík, kyselina sírová a formaldehyd
Čich se velmi snadno **adaptuje**, a proto za nějaký čas velmi snadno snášíme i velmi nepříjemné pachy. Jsou-li všechny čichové buňky dlouhodobě vystaveny určité vůni, přestanou vysílat signály do mozku.

Vyhodnocovací systém mozku rozděluje zápachy na stav libost a nelibosti

- ✓ příjemné či nepříjemné vůně vyvolávají u jedince prospěšné nebo neprospěšné efekty
- ✓ hedonickou hodnotu vnímá každý jedinec subjektivně, závisí na tom zda vůni známe nebo je pro nás cizí, jaká byla naše dřívější reakce, jaké podobenství v nás vzbuzuje, co s ní spojujeme
- ✓ signální mechanismy v čichovém systému zasahují ty části mozku, které jsou odpovědné za naši ostražitost, pozornost, paměť a učení, náladu a pocity co dobře voní je dobré pro člověka
- ✓ pokud jsem obklopeni krásnými vůněmi cítíme se přirozeně lépe, zlepšuje se náš celkový zdravotní stav, vytváří se prostředí harmonie a pohody
- ✓ je-li prostředí zamořeno nepříjemným zápachem, vyvolává okamžitou reakci odporu
- ✓ tyto projevy afinity nebo averze lze pozorovat i při osobním parfémování, provonění bydlišť, pracovišť atd.

Vnímání pachu lidským organismem je velmi podobné hluku.
Pobyt v pachově nepohodlném prostředí je zdrojem stresu stejně jako hluk nebo teplo.
Krátkodobý vliv stresu na organismus je diskutabilní, ale při dlouhodobém působení se mohou projevit poruchy chování (emoční faktor, agresivita), ale i onemocnění cév, srdce a imunitního systému.
Organismus reaguje na stres uvolňováním stresového hormonu

adrenalinu
noradrenalinu
kortizolu

Zdraví je definováno WHO jako **stav kompletní fyzické, mentální a sociální pohody.** Přestože je vliv pachových látek na zdraví nepřímý a komplikovaný, je jednoznačně prokazatelný.

Nejobvyklejší projevy - symptomy působení pachových látek:

- dráždění nosu, očí, krku

- zhoršené dýchání tlak na plících, kašel
- bolest hlavy
- zvracení
- únava, slabost, pokles vitality
- zmatek, deprese
- napětí, hněv
- nespavost
- rozmrzelost

7. Odběr vzorků, lokality a jejich charakteristika

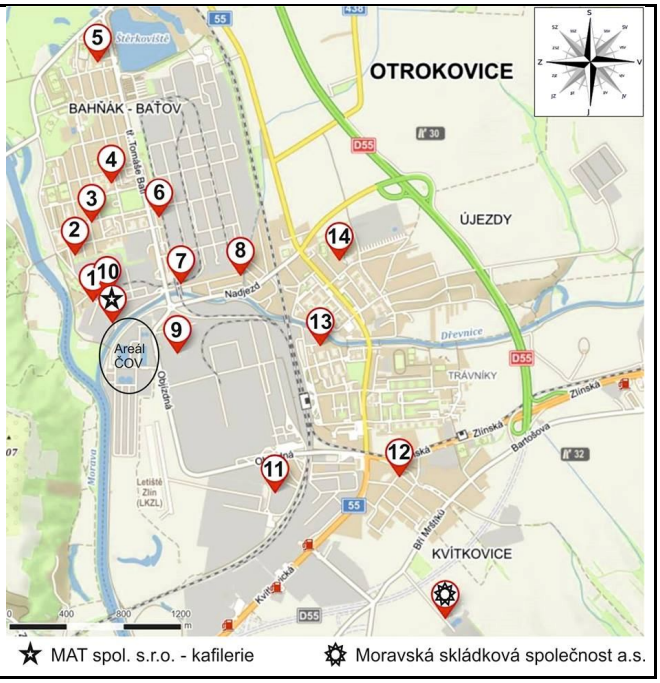
Předmětem této práce, je identifikace zdrojů znečištění částic frakce PM_{10} pachovými látkami ze skupiny VOC (těkavé organické sloučeniny). Filtry pro odběr částic frakce PM_{10} byly navzorkovány na 14 stanovištích v Otrokovicích v období od 30.8. do 24.9.2018. Stanoviště vybraná pro odběr částic frakce PM_{10} se nacházejí v blízkosti průmyslové zóny Otrokovice. V průmyslová zóně je lokalizováno několik provozů, které mohou emitovat nežádoucí pachové látky, jako jsou kompostárna, ČOV (čistírna odpadních vod), provoz MAT, spol. s r.o., zpracování pryže, apod.

Celkem bylo vybráno 14 stanovišť pro odběr částic frakce PM_{10}. Odběrné lokality se nacházejí v blízkosti průmyslové zóny Otrokovice. Jejich seznam je uveden v tabulce 1.

Odběr vzorků byl zajištěn pracovníky společnosti ENVItech Bohemia s.r.o. Byly použity křemenné filtry s průměrem 47 mm. Ty byly navzorkovány pomocí středněobjemového vzorkovače Sven Leckel. Vzorkování proběhlo v 6 měřících kampaních s časovým harmonogramem uvedeným v tabulce 2.

Tabulka 1. Odběrná místa PM_{10} v Otrokovicích.

Lokalita	Název místa	Adresa
1.	TSO	K. Čapka 1256
2.	RD Jungmannova	Jungmannova 6242
3.	RD Vrchlického	Vrchlického 657
4.	Senior C	Tř. Spojenců 1840
5.	SPŠ Otrokovice	Ml. Stavbařů1267
6.	TOMA/ MALCOM s.r.o.	Tř. Tomáše Bati
7.	RD Přístavní Ko.	Přístavní 568
8.	RD Přístavní Kl.	Přístavní 5194
9.	Teplárna	Objízdná
10.	Artex/Promens-ENBOS	areál býv. Chemitan
11.	STK Hespo, s.r.o.	Letiště 1894
12.	MŠ Kvítkovice	K. H. Máchy 266
13.	MŠ J. Jabůrkové	J. Jabůrkové1389
14.	ZŠ T.G.Masaryka	Jana Žižky 1355



Tabulka 2. Harmonogram odběrů vzorků PM_{10} na jednotlivých lokalitách.

Číslo kampaně	Vzorky	Datum	Čas vzorkování (dny)
1.kampaň	1A - 9A	30.8.	7
	10A-14A	31.8.	7
2.kampaň	1B-14B	7.9.	7
3.kampaň	1C-14 C	14.9.	7
4.kampaň	1D, 3D-9 D, 11D-14D	19.9.	1
	2D, 10 D	19.9.	2
5.kampaň	1E-14E	21.9.	2
6.kampaň	1F-14F	24.9.	3

8. Metodika stanovení jednotlivých znečišťujících látek

Identifikace částic zachycených na filtru byla provedena následujícími metodami:

1. Určení podílu elementárního a organického uhlíku. Tento podíl byl využit pro identifikaci organické hmoty (biogenního i antropogenního charakteru na filtru) a anorganické složky.
2. Identifikace sekundárního anorganického aerosolu (SIA) metodou iontové chromatografie ve vodorozpustné frakci připravené extrakcí ve vodě pomocí ultrazvuku.
3. Organické sloučeniny obsažené v částicích frakce PM_{10} byly identifikovány prostřednictvím Py-GC/MS (pyrolýzní chromatografie s hmotnostně spektrometrickou detekcí).

8.1. Metodika stanovení EC/OC

Organický uhlík (OC) byl stanoven pomocí termicko-optické analýzy (TOA - Thermal Optical Analysis), kterou lze využít pro rozlišení dvou hlavní forem výskytu uhlíkatých aerosolů, a to elementární uhlík (EC) a organický uhlík (OC) a případně také uhličitanový uhlík (CC), pokud je přítomen.

Z jednotlivých filtrů o průměru 47 mm byla vyražena část vzorku o velikosti plochy 0,38 cm^2. Organický uhlík a elementární uhlík byly následně stanoveny termicko-optickou metodou pomocí analyzátoru OC/EC firmy Sunset Laboratory. Pro detekci OC/EC byla použita metoda teplotního programu EUSAAR 2 s úpravou termicko-optické transmitance (TOT) (*Cavalli et al., 2010*). V první fázi analýzy je OC odpařován ze vzorku do maximální teploty 650 °C, a sice v heliové atmosféře. Během této první fáze jsou běžně některé organické sloučeniny převedeny na pyrolytický EC (až 30 % z organických frakcí může být pyrolyticky převedeno na EC). Tato pyrolytická konverze je průběžně sledována měřením TOT přenosu laseru (660 nm) přes filtr. V druhé fázi analýzy dochází k mírnému ochlazení (na 500 °C) a heliová atmosféra je nahrazena

směsí 98% He a 2% kyslíku, ve které je stanoveno EC až do maximální teploty 850 °C (*Sunset Laboratory, 2005*).

Před vlastní analýzou byla provedena kontrola kvality (standardizace) přístroje. V prvním kroku byl v analyzátoru vypálen čistý filtr, na který se následně aplikoval roztok sacharózy o známé koncentraci OC (4,21 µg/µl). Po aplikaci 10 µl sacharózy byla průměrná odezva přístroje na OC 41,45 ± 1,45 µg/cm^2. Pro odečtení pozaďové hodnoty OC na filtru bylo v přístroji provedeno měření na čistém filtru s hodnotou 0,7 ± 0,1 µg/cm^2. Pro EC byla hodnota na čistém filtru nulová. Tato naměřená hodnota OC byla poté odečtena od naměřené koncentrace OC.

8.2. Identifikace sekundárních anorganických aerosolů

Identifikace sekundárních anorganických aerosolů, byla provedena po extrakci ¼ filtru ve vodě v ultrazvukové lázni a filtrací. Stanovení koncentrace vodorozpustných iontů proběhlo metodou iontové chromatografie s vodivostní detekcí.

8.3. Pyrolýzní plynová chromatografie s hmotnostně spektrometrickou detekcí

Pyrolýzní plynová chromatografie (py-GC/MS) byla použita pro analýzu organických sloučenin obsažených v částicích frakce PM_{10}. Část filtru s částicemi frakce PM_{10} o hmotnosti 100 µg a více byla vložena do křemenné pyrolýzní trubičky a oba konce trubičky byly uzavřeny křemennou vatou. Vzorek byl zahříván v inertní atmosféře při teplotě 600°C. Uvolněné organické sloučeniny byly poté separovány na nepolární koloně HP 5 ms v následujícím teplotním programu: 40°C (zdržení 2 min.), do 220°C (10 min. zdržení, rychlost růstu 10°C/min.). Od 220°C teplota roste rychlostí 33°C/min. až do 320°C (zdržení 5 min.). Vzorek byl injektován automaticky pyrolýzní jednotkou do nástřiku chromatografu s teplotou 290°C ve split módu 1:10.

Identifikace všech komponent byla provedena srovnáním se standardy a pomocí knihovny spekter NIST. Podmínky pro MS detektor: Teplota iontového zdroje 230°C (70 eV), teplota

detektoru 150°C, teplota transferové linie MS-GC je 310°C, m/z = 29-650 Da, a poté pro vybrané m/z v SIM módu.

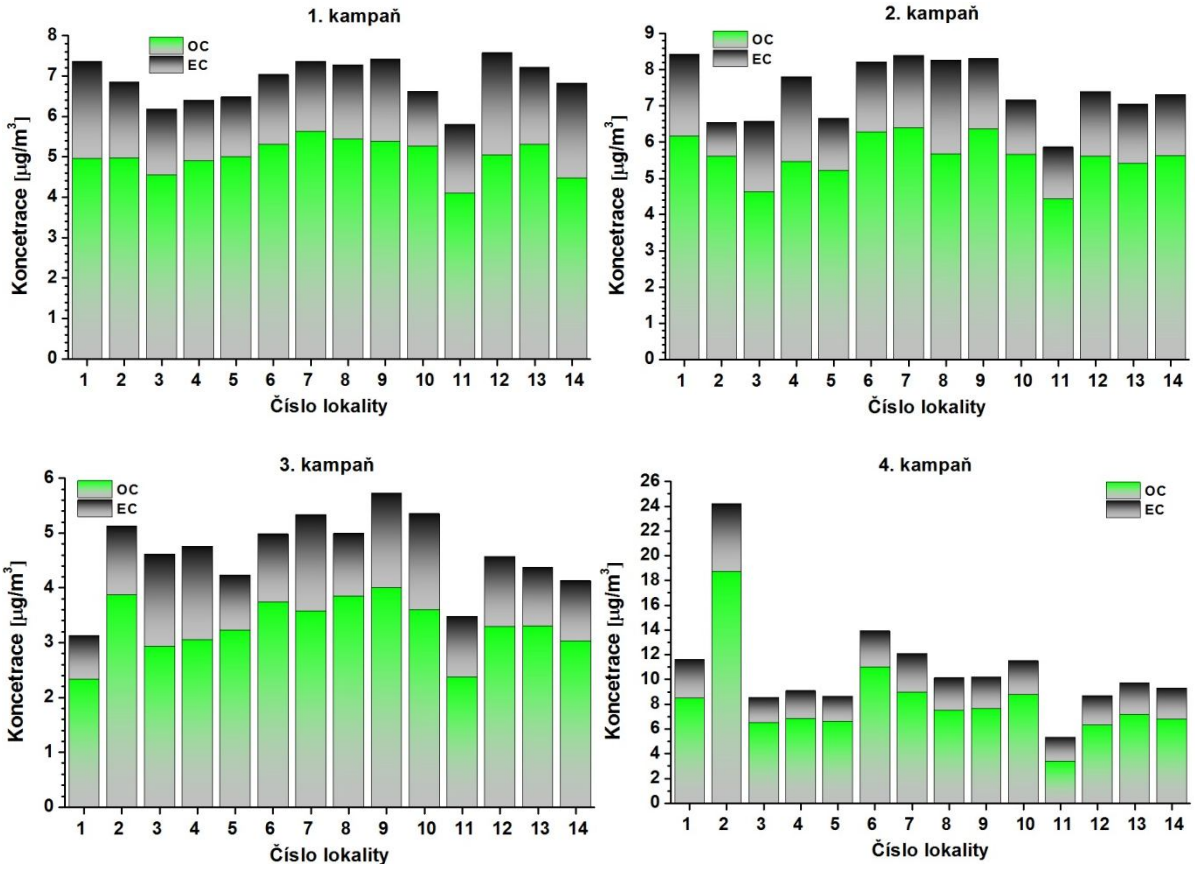
9. Výsledky

9.1. Organický a elementární uhlík

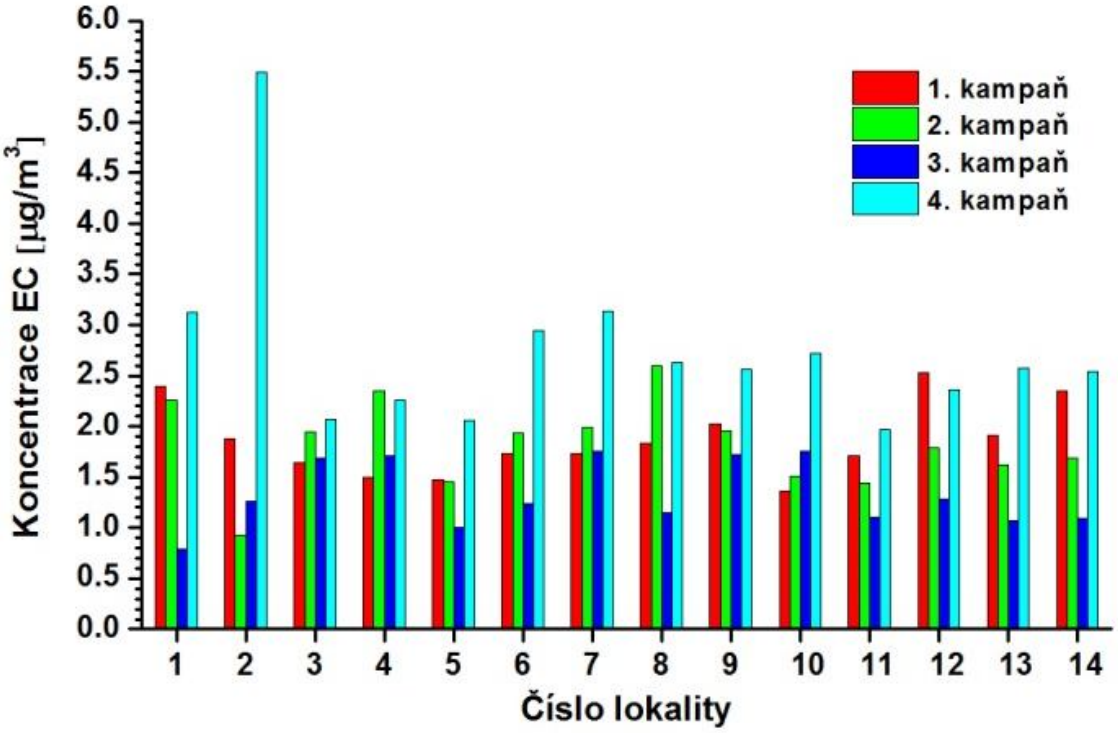
Uhlíkaté částice tvoří podstatnou složku prachových částic. Organický uhlík (OC) a elementární uhlík (EC) v částicích frakce PM_{10} tvoří v evropských městských oblastech 25 až 40 %. V částicích frakce $PM_{2.5}$ je tento podíl o něco málo vyšší, a to 30 - 50 % (*Grivas et al., 2012*). Původ uhlíkatých částic je spjat s nedokonalým spalováním fosilních paliv a biomasy. Uhlíkaté částice se vyskytují převážně ve dvou formách, a to jako elementární uhlík (EC), popř. black carbon (BC) a organický uhlík (OC) (*Saarikoski et al., 2008*). V případě, že byla pro kvantitativní stanovení koncentrace uhlíku použita optická metoda, označuje se tento uhlík jako BC, zatímco pojem EC je používán tehdy, pokud je stanovení provedeno termo-optickou metodou (*Chow et al., 2010*). Typickým zdrojem elementárního uhlíku je nedokonalé spalování uhlí, nafty, bionafty, benzínu, dřeva a jiné biomasy (*Schwarz et al., 2008*). Je odhadováno, že zhruba 50 % celosvětových emisí EC, vzniká spalováním fosilních paliv. Organický uhlík je směsí různorodých organických sloučenin, přičemž některé z nich mohou patřit mezi mutagenní a/nebo karcinogenní sloučeniny, jako například některé polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) a polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany (PCDD/F) (*Feng et al., 2009*).

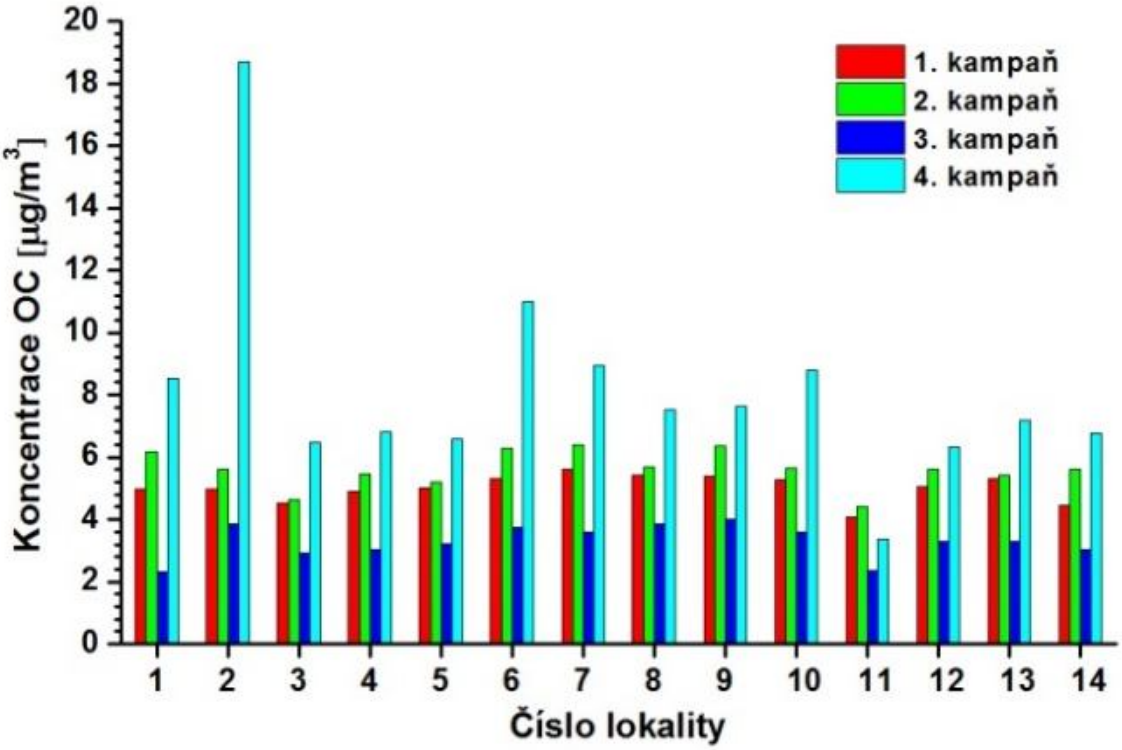
Částice organického uhlíku můžeme podle původu rozdělit na primární a sekundární, zatímco EC pochází výhradně z primárních spalovacích zdrojů. Primární OC je produktem nedokonalého spalování z antropogenních či biogenních zdrojů, naopak sekundární OC může vznikat jako produkt fotochemických reakcí, během kterých dochází k oxidaci těkavých organických sloučenin přítomných v ovzduší (*Gatari et al., 2003*). Je odhadováno, že 20-80 % organické hmoty (OM) je odvozeno z primárních spalovacích procesů, zbývající část organické hmoty je výsledkem chemických reakcí v ovzduší a je řazena k sekundárním organickým aerosolům

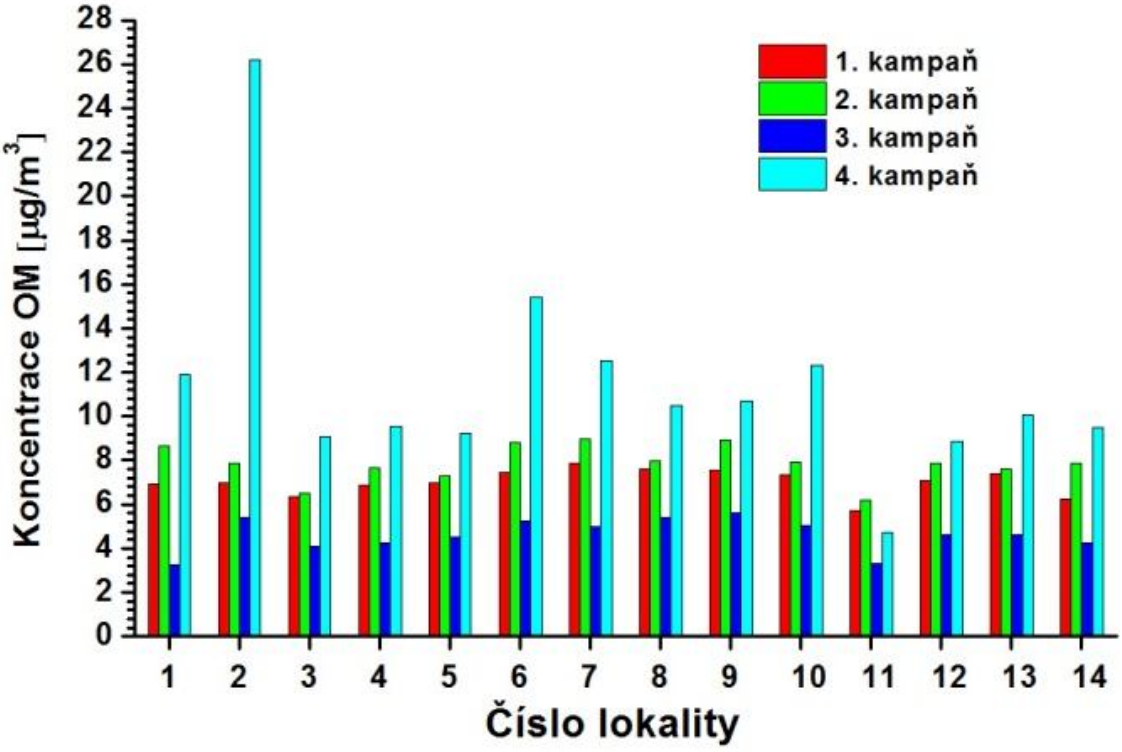
(*Carlton et al., 2009*). Pro městské prostředí je hodnota OM typicky 1.4 - 1.8 krát vyšší než naměřené koncentrace OC a u venkovských oblastí je hodnota OM až 2.2 krát vyšší než hodnota OC (*Turpin a Lim, 2001*). **Tabulka č. 3** obsahuje informace o koncentracích OC, OM a EC pro různé oblasti Evropy a to během letní, zimní sezóny a roční průměr.



Obrázek 1 Koncentrace OC a EC pro jednotlivé vzorkovací kampaně


Koncentrace EC [µg/m3]
1. kampaň
2. kampaň
3. kampaň
4. kampaň
Číslo lokality


Koncentrace OC [µg/m3]
1. kampaň
2. kampaň
3. kampaň
4. kampaň
Číslo lokality



Obrázek 2 Koncentrace OC, OM a EC pro jednotlivé lokality ve 4 vzorkovacích kampaních

Tabulka 3. Roční, zimní a letní koncentrace OC, EC a OM (µg/m^3) pro různé oblasti Evropy.

	OC [µg/m^3]			OM [µg/m^3]			EC [µg/m^3]			Literatura
Lokalita /stát (oblast)	**Roční**	**Letní**	**Zimní**	**Roční**	**Letní**	**Zimní**	**Roční**	**Letní**	**Zimní**	
Braganza / Portugalsko (venkovská)	4,1	2,74	5,57	5,74	3,84	7,8	0,79	0,6	1	Yttri et al., 2007
Ispra / Italie (venkovská)	7,79	4,19	11,6	10,91	5,87	16,24	1,83	1,3	2,67	
Illmitz / Rakousko (venkovská)	5,57	4,82	6,28	7,8	6,75	8,79	1,1	0,82	1,2	
Stara Lesna / Slovensko (venkovská)	4,32	4,96	3,68	6,5	6,94	5,15	0,8	0,63	0,97	
Košetice / Česká republika (venkovská)	4,58	4,8	4,86	6,41	5,71	6,8	1,6	0,92	1,14	
Langenbrügge / Německo (venkovská)	4,3	3,63	4,98	6,2	5,8	6,97	0,63	0,38	0,88	
Kollumerwaard /Holandsko (venkovská)	2,59	2,33	2,85	3,63	3,26	3,99	0,63	0,4	0,86	
Mace Head/Irsko (venkovská)	1,2	1,3	1,4	1,68	1,44	1,96	0,1	0,17	0,23	
Penicuik /Velká Británie (venkovská)	1,53	1,37	1,68	2,14	1,92	2,35	0,51	0,38	0,63	
Birkenes /Norsko (venkovská)	1,57	1,92	1,25	2,2	2,69	1,75	0,17	0,15	0,19	
Aspvreten/Švédsko (venkovská)	2,12	2,56	1,69	2,97	3,58	2,37	0,29	0,24	0,34	
Virolahti/Finsko (venkovská)	2,8	2,53	1,65	2,91	3,54	2,31	0,36	0,3	0,42	
San Pietro Capofiume/Itálie (městská)	5,91	4,55	7,39	8,27	6,37	10,35	1,44	1,02	1,9	
Ghent/Belgie (městská)	4,12	3,63	4,61	5,77	5,8	6,45	1,8	1,71	1,9	
Praha Suchdol (městská)	5,56	3,8	9,17	-	-	-	1,71	0,87	2,66	Vodička et al., 2013
Krakow (městská)	-	-	15,2	-	-	-	-	-	3,9	Szramowiat et al., 2016
Bialka (venkovská/obytná)	-	-	20,8	-	-	-	-	-	4,1	
Skawina (průmyslová/obytná)	-	-	36,9	-	-	-	-	-	9,6	
Ostrava – Radvanice	-	-	20,5	-	-	-	-	-	3,4	Kucbel et al., 2015
Třinec	-	-	11,2	-	-	-	-	-	1,1	
Třinec-Oldřichovice	-	-	7,5	-	-	-	-	-	1,6	

Tabulka 4. Množství OC, EC, OM (µg/m^3) v PM10.

Číslo lokality	Lokalita	1. Kampaň			2. Kampaň			3. Kampaň			4. Kampaň		
		OC	OM	EC	OC	OM	EC	OC	OM	EC	OC	OM	EC
		[µg/m^3]			[µg/m^3]			[µg/m^3]			[µg/m^3]		
1	TSO	4,96	6,95	2,39	6,17	8,64	2,25	2,34	3,27	0,79	8,52	11,92	3,12
2	RD Jungmannova	4,97	6,96	1,88	5,62	7,86	0,93	3,87	5,41	1,26	18,71	26,2	5,49
3	RD Vrchlického	4,55	6,37	1,64	4,63	6,48	1,95	2,93	4,1	1,69	6,49	9,09	2,07
4	Senior C	4,91	6,87	1,49	5,46	7,64	2,35	3,05	4,27	1,71	6,83	9,56	2,26
5	SPŠ Otrokovice	5,00	7,01	1,48	5,22	7,31	1,45	3,23	4,52	1,01	6,60	9,23	2,05
6	TOMA/ MALCOM s.r.o.	5,30	7,43	1,74	6,29	8,8	1,93	3,74	5,24	1,24	10,99	15,39	2,94
7	RD Přístavní Ko.	5,63	7,88	1,74	6,41	8,97	2,00	3,58	5,01	1,76	8,95	12,53	3,14
8	RD Přístavní Kl.	5,45	7,63	1,83	5,68	7,95	2,59	3,85	5,39	1,15	7,50	10,5	2,63
9	Teplárna	5,39	7,54	2,03	6,36	8,9	1,96	4,01	5,61	1,73	7,65	10,71	2,57
10	Artex/Promens-ENBOS	5,26	7,36	1,36	5,66	7,92	1,50	3,60	5,04	1,75	8,80	12,32	2,72
11	STK Hespo, s.r.o.	4,10	5,74	1,71	4,43	6,2	1,44	2,37	3,32	1,11	3,38	4,74	1,96
12	MŠ Kvítkovice	5,05	7,07	2,53	5,62	7,86	1,79	3,29	4,61	1,28	6,34	8,87	2,36
13	MŠ J. Jabůrkové	5,30	7,42	1,91	5,42	7,59	1,62	3,30	4,62	1,07	7,18	10,05	2,57
14	ZŠ T.G. Masaryka	4,47	6,26	2,35	5,63	7,88	1,69	3,03	4,25	1,10	6,78	9,49	2,54
	Průměr	**5,02**	7,04	**1,86**	**5,61**	7,86	**1,82**	**3,3**	4,62	**1,33**	**8,19**	11,47	**2,74**
	Směrodatná odchylka	*0,42*	0,59	*0,36*	*0,59*	0,83	*0,43*	*0,52*	0,73	*0,33*	*3,48*	4,87	*0,87*
	Průměr po vyloučení odlehlé hodnoty										***7,39***	10,34	*2,53*
	Směrodatná odchylka										*1,78*	2,49	*0,39*

Vysvětlivky: Červeně = anomální hodnota; Organická hmota (OM- organic matter) zahrnuje hmotnost organického uhlíku, vodíku a dalších heteroatomů vyskytujících se v organických sloučeninách a je definována jako $OM = OC * f_{OM}$, kde f_{OM} představuje konverzní faktor, který se liší v závislosti na stáří aerosolů a sezonních podmínkách (Turpin a Lim, 2001). Pro přepočet OC na organickou hmotu (OM) byla výsledná koncentrace OC vynásobená hodnotou faktoru 1.4, který bývá nejčastěji používán jak pro městské, tak i venkovské oblastí (*Malm et al., 2004; Putaud et al., 2004; Sillanpä et al., 2005*). Nicméně díky použití této jednotné hodnoty konverzního faktoru je pravděpodobné, že se pro OM zavádí určitá nejistota, protože tento faktor se liší nejen pro různé lokality, ale zároveň i podle sezóny.

V tabulce 4. jsou uvedeny naměřené hodnoty EC a OC. Za anomální hodnoty EC/OC jsou považovány koncentrace, které jsou vyšší než součet průměrné koncentrace + standardní směrodatné odchylky v dané vzorkovací kampani. Průměrná koncentrace OC pro 1. kampaň činila 5,02 ± 0,42 µg/m^3 s rozsahem od 4,10 µg/m^3 (STK Hespo s.r.o. – lokalita č. 11) do 5,63 µg/m^3 (RD Přístavní Ko. – lokalita č. 7). Během této první vzorkovací kampaně byla anomální hodnota OC zjištěna pouze na lokalitě 7. Obdobná situace platí i pro OM; průměrná hodnota OM pro 1. kampaň byla 7,04 ± 0,59 µg/m^3 (s rozsahem 5,70 až 7,88 µg/m^3). Průměrná koncentrace EC během 1. kampaně byla 1,86 ± 0,36 µg/m^3 s rozsahem od 1.36 µg/m^3 (Artex/Promens-ENBOS – č. 10) do 2,53 µg/m^3 (MŠ Kvítkovice – č. 12). Na 3 lokalitách byly koncentrace EC vyšší než anomální hodnota (tabulka 4).

Pro druhou kampaň byla průměrná koncentrace OC 5,61 ± 0,59 µg/m^3 (rozmezí hodnot 4,43 až 6,41 µg/m^3) a OM 7,86 ± 0,83 µg/m^3 (rozsah 6,20 – 8,97 µg/m^3) nepatrně vyšší než v první kampani. Na třech lokalitách byla překročena anomální hodnota koncentrace OC. Průměrná koncentrace EC 1,82 ± 0,43 µg/m^3 (rozsah hodnot 0,93 – 2,59 µg/m^3) byla téměř srovnatelná s hodnotami z 1. kampaně. Na třech lokalitách (jiných než v případě OC) byly zjištěny anomální koncentrace EC.

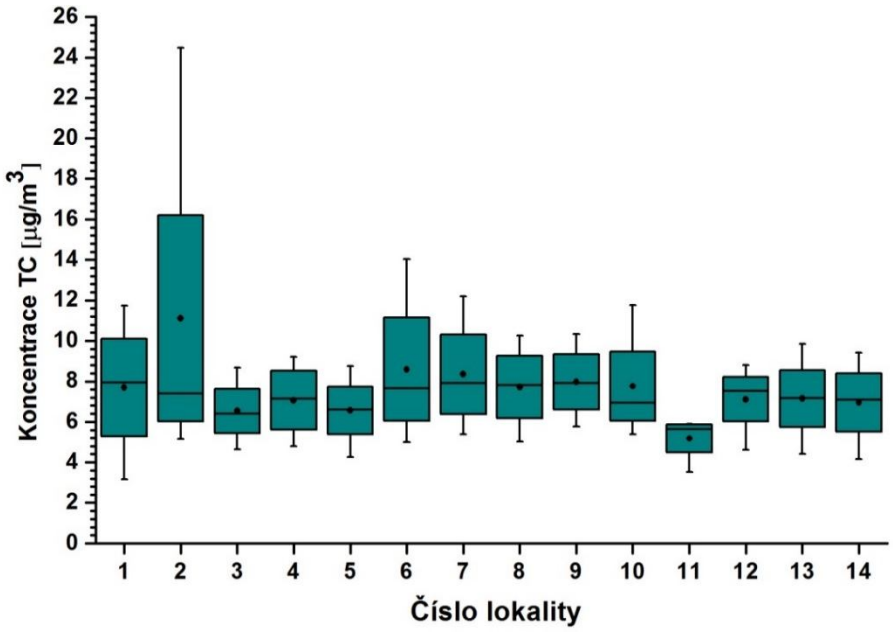
Nejnižší průměrné koncentrace byly zjištěny pro OC i EC ve 3. kampani. Průměrná hodnota OC činila 3,30 ± 0,52 µg/m^3 (rozsah koncentrací od 2,43 po 4,01 µg/m^3) a OM 4,62 ± 0,73 µg/m^3 (rozmezí 3,27 až 5,61 µg/m^3). V případě OC vykazovaly 3 lokality anomální koncentrace, a v případě EC se jednalo o 4 lokality. Pouze lokalita teplárna vykazovala anomální koncentraci EC i OC. Průměrná koncentrace EC pro třetí kampaň činila 1,33 ± 0,33 µg/m^3(rozsah 0,79 – 1,76 µg/m^3).

Nejvyšší průměrné koncentrace OC a EC byly naměřeny během 4. kampaně. Průměrná hodnota byla ovlivněna vysokou koncentrací všech sledovaných parametrů v lokalitě 2 (RD Jungmannova). Po vyloučení anomální hodnoty na základě T-testu byly sledované parametry nižší, ale i tak reprezentovaly nejvyšší hodnoty ze všech vzorkovacích kampaní.

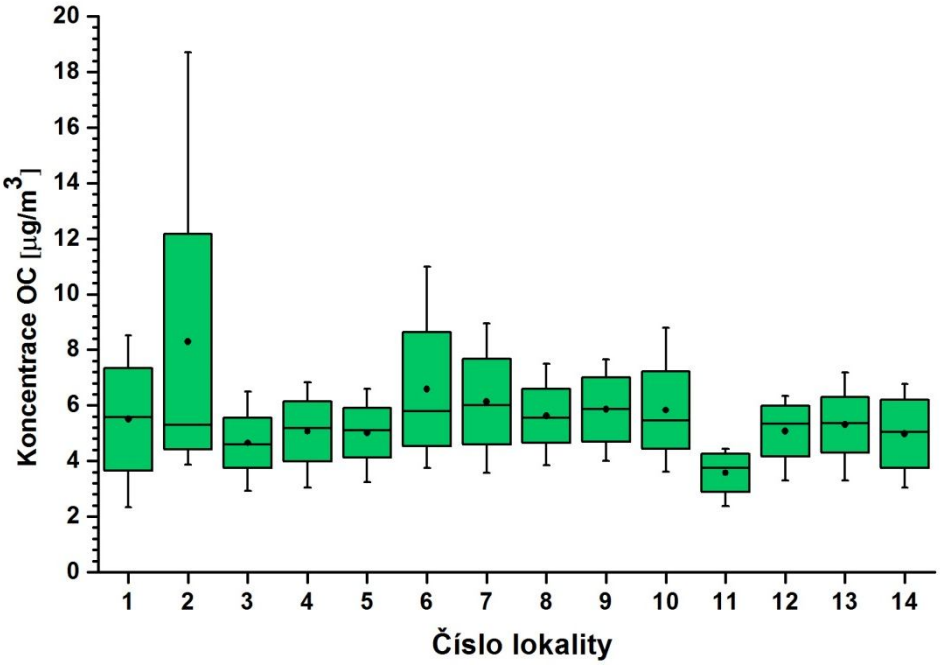
Anomální koncentrace EC byly ve většině případů (10 ze 12) zjištěny na jiných lokalitách než pro OC. Z tohoto důvodu byla pro ověření závislosti mezi koncentracemi OC a EC pro jednotlivé

kampaně provedena regresní Pearsonova korelační analýza na hladině významnosti α = 0,05. Mezi OC a EC se v 1. až 3. kampani (r= -0,08 pro 1. kampaň; r= 0,31 pro 2. kampaň; r= 0,42 pro 3. kampaň) neprokázala žádná statisticky významná korelační závislost, což poukazuje na skutečnost, že **OC a EC pocházely z jiných zdrojů**. Pouze v případě 4. kampaně se prokázala mezi OC a EC signifikantní korelační závislost (r= 0,96), odkazující na **společný zdroj – spalování**.

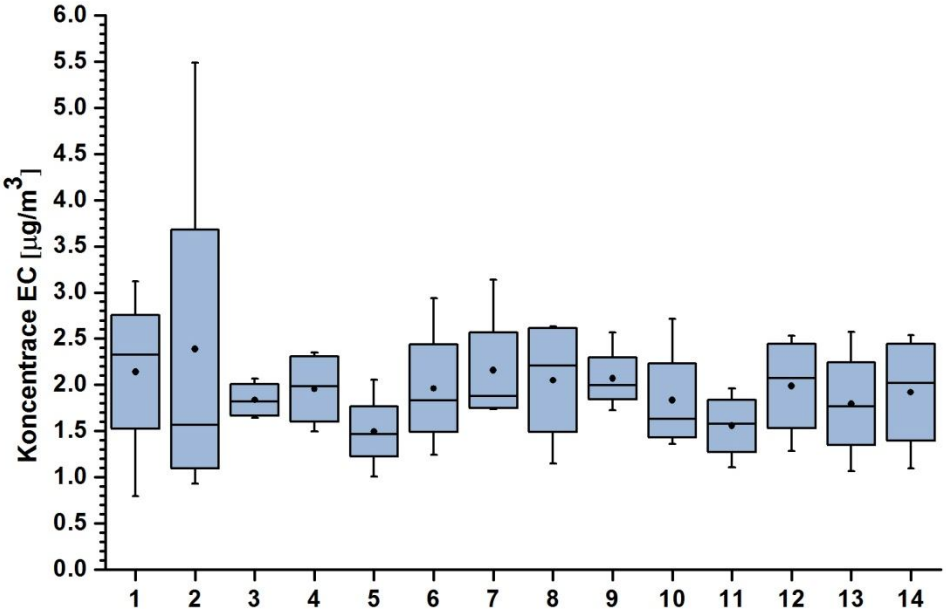
Pro celé sledované období od 30.8. do 19.9. 2018 bylo bez ohledu na lokalitu (ze všech měření jednotlivých kampaní n=56) zjištěno, že průměrná koncentrace OC činila 5,53 ± 2,49 μg/m^3 (s rozsahem hodnot 2,34 až 18,71 μg/m^3), průměrná koncentrace OM 7,75 ± 3,48 μg/m^3 (rozmezí koncentrací 3,27 – 26,20 μg/m^3 a pro EC 1,94 ± 0,74 μg/m^3(od 0,79 do 5,49 μg/m^3). Mezi OC a EC byla pro celé sledované období prokázaná významná korelační závislost r= 0,88. Minimálních koncentrací OC, OM a EC za celé sledované období bylo dosaženo vždy na lokalitě č. 1 – TSO (nejnižší pak během 3. kampaně), maximálních hodnot bylo pro OC, OM i EC dosaženo na lokalitě č. 2 – RD Jungmannova (nejvyšší pak během 4. kampaně). Nejnižší průměrná hodnota OC za všechny vzorkovací kampaně byla zjištěna pro lokalitu 11, průměrné hodnoty koncentrací pro ostatní lokality jsou bez významnějších rozdílů. Významnější rozdíly mezi lokalitami jsou patrné z krabicových grafů pro EC (obr.3).



Obrázek 3 Krabicové grafy pro koncentrace TC (celkový uhlík) během 1.-4. kampaně.

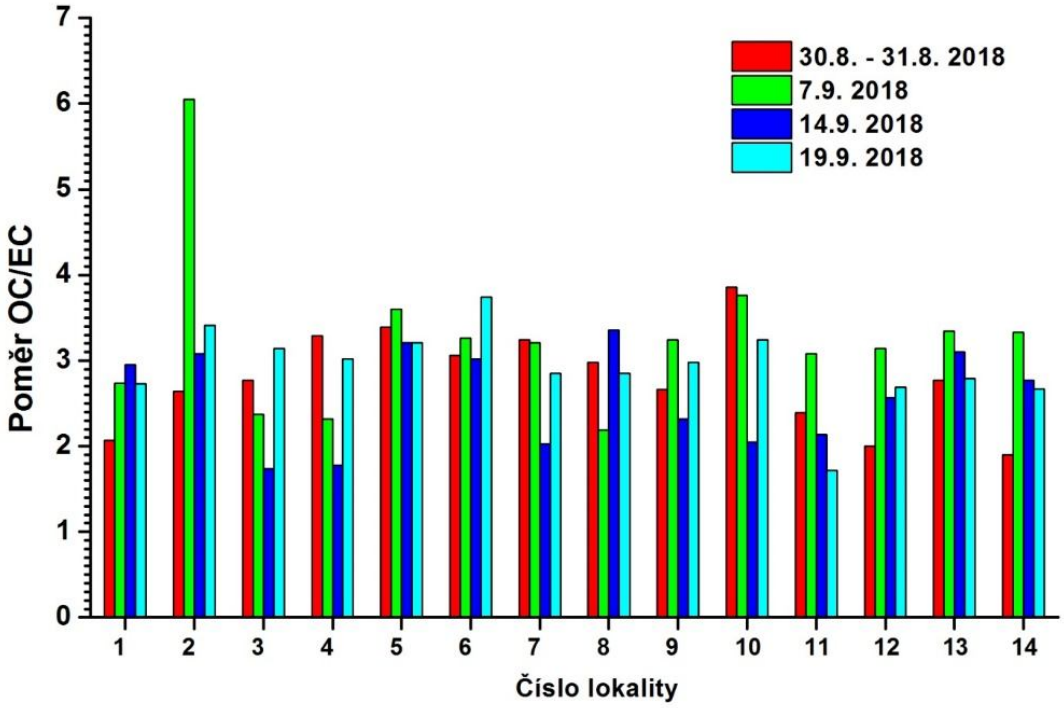


Obrázek 4 Krabicové grafy pro koncentrace OC během 1.-4. kampaně.



Obrázek 5 Krabicové grafy pro koncentrace EC během 1.- 4. kampaně.

Poměr OC/EC se pro lokality v Otrokovicích pohyboval od 1,72 do 6,05 s průměrnou hodnotou 2,89. Hodnoty poměru OC/EC odkazují na jasnou převahu organického uhlíku nad EC. Hodnota poměru OC/EC > 4 odkazuje na přítomnost sekundárních organických aerosolů (*Plaza et al., 2011*). Zjištěné koncentrace OC plně odpovídají koncentraci zjištěné pro venkovské a městské oblasti Evropy uváděné v tabulce 3. Např. koncentrace OC pro PM10 v Praze zjištěné v chladné části roku činí 9,17 µg/m^3 a EC 2,66 µg/m^3 a jsou tak o poznání vyšší než hodnoty naměřené v Otrokovicích. Zjištěné průměrné koncentrace OC resp. EC v zájmových lokalitách byly naopak o poznání vyšší než v Košeticích (pozaďová lokalita pro ČR), viz tabulka 3.



Obrázek 7 Poměr OC/EC

9.2. Organické sloučeniny v částicích frakce PM_{10}

Prachové částice v ovzduší obsahují zejména anorganickou hmotu, v drtivé většině přírodního původu (jako např. křemičitany, hlinitany, sírany, uhličitany, apod.). Organická hmota obsažená v částicích frakce PM_{10} může být jak přírodního původu (biologická hmota, apod.), tak i antropogenního původu, čemuž je věnována tato studie. Organické sloučeniny obsažené v částicích frakce PM_{10} zahrnují především SVOC (semivolatilní organické sloučeniny). Těkavé organické sloučeniny (VOC) způsobující zápach v ovzduší jsou v částicích frakce PM_{10} přítomné v minoritních koncentracích, přičemž některé z nich zcela absentují, neboť se vyskytují pouze v plynné fázi, v návaznosti na specifické povětrnostní podmínky (teplota, tlak, srážky, UV záření).

Přítomnost/absence VOC v částicích frakce PM_{10} je závislá na distribučním koeficientu dané organické sloučeniny, který rozhoduje o distribuci dané organické sloučeniny v ovzduší mezi plynnou a pevnou fázi (PM_{10}).

V 1. vzorkovací kampani bylo v částicích frakce PM_{10} identifikováno 260 organických sloučenin. Částice PM_{10} z 2. kampaně obsahují 239 organických sloučenin. Ve 3. vzorkovací kampani bylo identifikováno 176 organických sloučenin. Ve 4. kampani bylo identifikováno 164 organických sloučenin. Organické sloučeniny (SVOC, VOC) pocházejí z následujících skupin:

- alkany, alkeny, alkiny,
- aldehydy a ketony,
- alkadieny,
- aromatické uhlovodíky,
- furany a benzofurany,
- karboxylové kyseliny,
- polycyklické aromatické uhlovodíky,
- sloučeniny s obsahem heterocyklického a alifatického dusíku,
- sloučeniny s obsahem organické síry,
- izoprenoidy (terpeny a silice).

Detailní popis výše uvedenýchh jednotlivých organických sloučenin je uveden v příloze č. 1 této zprávy.

Část organických sloučenin nebyla v částicích frakce PM_{10} identifikována a je tak součástí tzv. neznámé organické hmoty. Celkové množství organických sloučenin v jednotlivých vzorcích částic frakce PM_{10} odpovídá koncentracím organického uhlíku.

Problematické organické sloučeniny způsobující zápach v průmyslové zóně Otrokovice mohou být produkovány různými provozy a technologickými procesy. K nejvýznamnějším provozům, které se mohou podílet na zhoršené kvalitě ovzduší a s tím spojeným zápachem, patří provoz MAT, spol. s r.o., kompostárna, ČOV a výroba pryže. Emise VOC a SVOC z těchto procesů a provozů pochází z uskladnění odpadů, manipulace s odpady, z nedostatečné účinnosti filtrace vnitřního ovzduší, kdy uvedené znečišťující látky vstupují do volného (venkovního) ovzduší.

9.2.1. Organické sloučeniny produkované v kafiléríích a obdobných provozech

Mezi látky produkované v kafiléríích a obdobných provozech ze skupiny VOC s nejvyšší mírou zápachu dle (Anet et al., 2013; Cai et al., 2006; Dincer et al., 2006) patří:

- **organické sloučeniny s obsahem síry** (sulfan, merkaptany, sulfidy – dimethyl disulfid, dimethyl trisulfid, dimethyl sulfid a thioly-methanthiol, ethanthiol a sirouhlík)
- **sloučeniny dusíku** (amoniak, aminy, pyrimidin, 1H-indol, 2-piperidon a skatol)
- **nitrily** (akrylonitril)
- **aldehydy a ketony** (ethanal, butanal, isopentanal, 2-pentanal, 2-ethylbut-2-enal, krotonaldehyd, propenal, hexanal, 2-methylbut-2-enal, benzaldehyd, aceton, methylethylketon, butandion, methylisobutyl keton, 2,3-pentandion, 2-butanon, 2-pentanon, 2-oktanon, 3-oktanon, 2-nonanon, 2-dekanon, nonanal a dekanal)
- **halogenové sloučeniny** (1-chlorbutan, tetrachlorethylen a dichlormetan)

- **karboxylové kyseliny** (máselná, izomáselná, propanová, isopentanová, pentanová, hexanová, octová, 3-methylbutanová a valérová)
- **alkoholy** (etanol, propanol, 2-butanol, isobutanol, butanol, pentanol, 1-hexanol, 1-heptanol a 1-oktanol)
- **estery mastných kyselin** (methyl acetát, ethyl acetát, ethyl propanoát, propyl acetát, ethyl propanoát, ethyl butanoát, propyl butanoát, isobutyl butanoát, butyl hexanoát a ethyl oktanoát)
- **fenoly** (2-methoxyfenol, fenol, 4-methylfenol, 4-ethylfenol), terpeny - kamfen, α-pinen, myrcen, δ-3-karen a limonen)
- **ethery** (2-methyl-1,3-dioxolan)
- **alkany** (pentan, hexan, heptan, oktan, nonan, dekan, dodekan, tridekan, 2-methylpentan, 3-methylpentan, benzen, toluen, o-,m-,p-xylen, ethylbenzen, methylethylcyklohexan a methylcyklopentan)

Ze zápachových VOC a SVOC, které mohou jsou typické pro kafilérii a obdobné provozy, byly v částicích frakce PM_{10} během 1. až 4. kampaně identifikovány tyto organické sloučeniny:

- aldehydy a ketony (2-pentenal, hexanal, benzaldehyd, propenal, methyl isobutylketon, nonanal a dekanal)
- fenoly (fenol, 4-ethylfenol, 4-methylfenol a 2-methoxyfenol)
- aromatické uhlovodíky (benzen a toluen)
- Sloučeniny s obsahem heterocyklického dusíku; proteiny a aminokyseliny indikující emise z kafilérie a obdobných provozů, které zahrnují pyrimidin, indol a jeho sloučeniny (např. 1-methyl-2-fenyl-1H-indol).
- Z nitrilů byl zjištěn akrylonitril
- Z karboxylových kyselin byla identifikována kyselina octová
- Z acetátů byl detekován myrcenyl acetát

Aminy charakteristické pro kafilérii a obdobné provozy uvedené výše, nebyly ve vzorcích odebraných v Otrokovicích identifikovány. Vzorky částic frakce PM_{10} obsahují sloučeniny s obsahem aminů s nespecifickým původem. Z těchto sloučenin byly identifikovány 1H-pyrol-2-

amin, pyridinamin, propanamid, 2-furanmetanamin, 2-methyl-2-pyridinamin, 3-methyl-2-pyridinamin, 3-ethoxybenzenamin, butanamid, benzenacetamid, 2,4-dimethoxybenzylamin, 2-furanamin, 2-methyl-2-pyridinamin, 3-methyl-2-pyridinamin, 9H-purin-9-etanamin, pyridinamin, di-2-propenyl-kyanamid a n-(1,1-dimetyletyl)formamid.

Charakteristické sloučeniny pro kafilérní provozy s obsahem organické síry zahrnující sulfan, merkaptany, sulfidy a trisulfidy nebyly ve vzorcích odebraných v Otrokovicích detekovány. Z organických sloučenin síry byl v částicích frakce PM_{10} odebraných v Otrokovicích identifikován 1-hexadekanthiol, benzo(b)thiofen, benzenthiol, 2-(2-thienyl)thiazol, 3(2H)thiofenon a dibutyl disulfid a také převážná část alkoholů a karboxylových kyselin uvedených výše.

Z bílkovin a peptidů byly identifikovány v částicích frakce PM_{10} prolin a purin-2,6-dion. Kromě výše uvedených organických sloučenin, byly identifikovány i jejich termické fragmenty.

9.2.2 Organické sloučeniny produkované v čistírně odpadních vod

Čištění odpadních vod produkuje plynné emise **s obsahem organických sloučenin síry** (sulfan, dimethyl sulfid, dimethyl disulfid), **chlorované uhlovodíky** (chlormetan, vinylchlorid, chloretan, trichlorofluorometan, 1,1-dichloroeten, methylen chlorid, trans-1,2-dichloroten, 1,1-dichloroetan, cis-1,2-dichloroeten, 2,2-dichlorpropan, chloroform, 1,1,1-trichloretan, 1,1-dichloropropan, tetrachlormetan, 1,2-dichloroeten, trichloroetylen, 1,2-dichloropropan, dibrommetan, bromodichlorometan, cis-1,3-dichloropropen, trans-1,3-dichloropropen, 1,1,2-trichlortan, 1,3-dichlorpropan, tetrachloretylen, dibromochlorometan, 1,2-dimbrometan, 1,2,3-trichlorpropan, bromoform, chlorbenzen, 1,1,1,2-tetrachloretan, 2-chlortoluen, 1,3,5-trimethylbenzen, 1,3-dichlorbenzen, 1,4-dichlorbenzen, 1,2-dichlorbenzen, 1,2,4-trichlorbenzen, 1,2,3-trichlorbenzen), **aromatické uhlovodíky** (toluen, benzen, ethylbenzen, bromobenzen, n-propylbenzen, 4-chlortoluen, terc.-butylbenzen, p-isopropyltoluen, n-butylbenzen), **alkeny** (styren), **aldehydy a ketony** (aceton, 2-butenon, 4-methyl-2-pentanon) a **akrylonitril (**Deng et al., 2009; Weng et al., 2015, Cheng et al., 2008; Taliekhozani et al., 2016).

DMS (dimethyl sulfid) a DMDS (dimethyl disulfid) patří hlavní komponenty při zpracování čistírenských kalů (Schiavon et al., 2017).

Ze zápachových VOC, které mohou indikovat procesy čištění odpadních vod, byly ve vzorcích PM_{10} během 1. až 4. kampaně identifikovány tyto sloučeniny:

- aromatické uhlovodíky (toluen, benzen, methylované a etylované sloučeniny benzenu - např. 1-methyl-3-benzen, 1-methylethenylbenzen, 1-methyl-4-propynyl
- steroidní sloučeniny (3ß-cholest-4-en)
- ketony (2-butenon, 4-methyl-2-pentanon)

Charakteristické sloučeniny pro ČOV, které nebyly v odebraných vzorcích detekovány, jsou chlorované uhlovodíky, styren a organické sloučeniny síry s výjimkou thiolů (benzenthiol a hexadekanthiol).

9.2.3 Organické sloučeniny produkované při kompostování

Kompostování produkuje VOC a SVOC z následujících skupin organických sloučenin (Han et al., 2018; Sanchez-Monedero et al., 2018; Pagans et al., 2006; Mustafa et al., 2017):

- **Alkany** (dekan, propan, 4-methyl dekan, 2-metyldekan, undekan, dodekan, tridekan, tetradekan, 1,2-diethoxyetan, 2,4,6-trimethyl-1,3,5-trioxan, hexan, 3-metylheptan, iso-butan, butan, pentan, oktancyklohexan, heptan, oktan, nonan, 2 a 3-methylpentan, cyklohexan)
- **alkeny** (styren, 4-acetyl-1-methylencyklohexen, propylen, 1-buten, methylcyklopentan, propylen, penten, hexen, cyklohexen, 3,5-dimethylhepten, styren, 3,5-dimethylhepten)
- **aromatické uhlovodíky** (benzen, toluen, ethylbenzen, m-xylen, p-xylen, o-xylen, 1,3,5-trimetylbenzen, 1,2,4-trimetylbenzen, m-dietylbenzen, p-dietylbenzen, 1-ethyl-3-methylbenzen, 1,2,3-trimethylbenzen, 1-etyl-2,3-dietylbenzen, 1-etyl-3,5-dietylbenzen, p-kymen, o-isopropenyltoluen, butylhydroxytoluen, methylbenzen,

methylpropylbenzen, ethyldimethylbenzen, ethylmethylbenzen, ethylmethylcyklohexan, methylpropylbenzen)

- **alkadieny** (pentadien)
- **chlorované uhlovodíky** (chlormethan, methylen chlorid, chloroform, tetrachlormetan, ethylchlorid, 1,1-dichloro-etan, 1,2-dichloretan, 1,1,2-trichloretan, trans-1,2-dichloreten, cis-1,2-dichloreten, 1,3-dichlorobenzen, chlorobenzen, 1,4-dichlorobenzen, dichlormetan)
- **alkoholy** (ethanol, 2- a 3-metylpropanol, 1-a 2-butanol, 3-metyl-1-butanol, 1-pentanol, 1-hexanol, 1-hexanol, 2-etyl-1-hexanol, 1-heptanol, 1-oktanol, 1,3-oktenol, 2-hexyl-1-dekanol, 2-fenyletanol, fenylmetanol, metanol, 1- a 2-propanol, 3-metyl-1-butanol, 2-pentanol, 2-metyl-3-buten-2-ol, 2 a 3-metyl-1-butanol, 1-penten-3-ol, 3-hexen-1-ol, isobutanol, cyklopentanol)
- **fenoly** (fenol, 2-metoxyfenol, 4-metoxyfenol)
- **organické sloučeniny s obsahem síry** (metanthiol, dimethyl sulfid (DMS), karbon disulfid, dimetyl disulfid (DMDS), dimetyl trisulfid (DMTS), ethyl methyl sulfid (EMS), dietyl disulfid (DEDS), metyl merkaptan (MM), karbonyl sulfid (COS), karbonyl disulfid (CS_2), H_2S, etyl merkaptan (EtSH), 1-butyl merkaptan (1BtSH), propyl merkaptan (PrSH), etyl methyl sulfid (EMS), ethanthiol, methylpropyl disulfid), furany (2-methylfuran, 3-methylfuran, 2-ethylfuran)
- **aldehydy a ketony** (aceton, 2-pentanon, 2-heptanon, 6-methyl-2-heptanon, 3-oktanon, 2-nonanon, 2-dekanon, 2-undekanon, 2-tridekanon, cyklohexanon, nonanal, benzaldehyd, acetofenon, 3-methyl acetofenon, acetaldehyd, 2-methylpropanal, 2- a 3-methylbutanal, pentanal, hexanal, 2-propanon, 2-butanon, 2-pentanon, 3-pentanon, 2-heptanon, 2,3-butandion, 3-hydroxy-2-butanon, 2-hexanon, isobutyraldehyd, n-hexanal)
- **mastné kyseliny** (octová kyselina, propanová kyselina, 2-methylpropanová, butanová kyselina, pentanová kyselina, 4-methylpentanová kyselina, hexanová kyselina, heptanová kyselina, oktanová kyselina)
- **estery mastných kyselin** (methyletanoát/methylacetát, methylbutanoát, methylpentanoát, methylhexanoát, methyl heptanoát, methyl methanoát

(mravenečnan), ethyl methanoát, methyl acetát, ethyl acetát, propyl acetát, 2-methylpropyl acetát, butyl acetát, 2-methylbutyl acetát, 3-methylbutyl acetát, methyl propionát, ethyl propionát, methyl butyrát, ethyl butyrát, methyl hexanoát, ethylheptanoát, propylpropionát, propylbutyrát, propylhexanoát, methylhexanoát, ethyl pentanoát, ethyl hexanoát, ethyl oktanoát)

- **terpeny a terpenoidy** (alkanfor, borneol, kamfen, kamforchinon, δ-3-karen, 4-karen, cis-karveol, karvon, α-karyofylen, trans-karyofylen, karyofylen oxid, cedrol, ß-karyofylen, ß-elemen, α-farnesen, geranyl aceton, isobornyl acetát, D-limonen, menthol, ß-myrcen, naftalen, dihydromyrcenol, α-pinen, ß-pinen, sabinen, γ-terpinen, α-terpinen, terpine-4-ol, verbenon, valencen, limonen, α-thujen, α-felandren, p-kymen, terpinen, kamfor, sylvestrene, ß-gurjunene, isolongifolene, 4-terpineol,thujopsen, thujon, 3-thujanon)
- **dusíkaté sloučeniny** (pyrazin, trimethylpyrazin, 2-methylpyridin, 3-methylpyridin, 2,3- a 2,6-dimethylpyridin, 3-ethylpyridin, 2-propylpyridin, 2-pentylpyridin, 2-piperidinon, hexannitril, oktannitril, nonannitril, benzonitril, benzylnitril, acetamid, butanamid, 3-methylbutanamid, pentanamid, hexanamid), laktony a furany (2-pentylfuran, 2-heptylfuran, γ-valerolakton, γ-hexalakton, γ-heptalakton, γ-oktalakton, γ-nonalakton, 2-methyl-2-methylakrylát). Ethery jsou zastoupeny následujícími sloučeninami: 2-methyl-1,3-dioxan, 4-methyl-1,3-dioxan, 1,3-dioxolan, 2,4-dimethyl-1,3-dioxan a ethylamyletherem

Zdrojem organických sloučenin síry v rámci procesu kompostování je rozklad bílkovin a aminokyselin (metionin, cystein) obsažených v kompostovaných materiálech (Higgins et al., 2006, Lomans et al., 2002). Významnou zápachovou sloučeninou produkovanou v rámci kompostování je sulfan (H_2S). Sulfan je produkován v důsledku nedostatku kyslíku během kompostování zelených odpadů, čistírenských kalů (Chen et al., 2010) a odpadů z potravin (Zhang et al., 2016 a,b, 2013).

Během 1. až 4. kampaně byly v částicích frakce PM_{10} identifikovány:

- Aromatické uhlovodíky (benzen, toluen a methylované a etylované sloučeniny benzenu a p-kymen)

- fenoly (2-a 4-methoxyfenol)
- aldehydy a ketony (6-methyl-2-heptanon, cyklohexanon, nonanal, 2-pentanon, acetofenon a propanon)
- alkoholy (nonanol)
- dusíkaté sloučeniny (2-methylpyridin, acetamid, 2,3-dimethylpyridin a pyrazin)
- terpeny (karveol, karvon, karen, thujen, α-, ß-pinen, kamfen, p-kymen a isolongifolen)
- furany (2-methylfuran, 3-methylfuran, 2-pentylfuran, 2-heptylfuran, 2,3,5-trimethylfuran a 2,5-dimethylfuran)

Ze steroidních lipoidních rostlinných sloučenin byl identifikován 5α-kardanolid a prenol. Rostlinná barviva a pigmenty jsou ve vzorcích PM_{10} zastoupeny fytolem a apokyninem. Látky biogenního původu zjištěné ve vzorcích PM_{10} jsou terpeny, flavonoidy a složky esenciálních olejů - jako chrysantenol, p-mentha-1,3,8-trien (monoterpen obsažený v petrželi), rutamarin (byliny, koření), thujan-3-on a thujenal (jehličnaté rostliny), ß-asaron, 16-hydroxytotarol (diterpen rostlin z čeledi tisovité), karvakrol, karveol, karvon a ginsenol. Z flavonoidů byl ve vzorcích PM_{10} identifikován 7-methoxyflavon a 4H-1-benzopyran-4-on. Biogenní hmota je zastoupena sloučeninami na bázi silic, terpenů a toxinů. Ze silic byl v imisích identifikován kariokal, hlavní terpenoid šalvěje. Z toxinů a alkaloidů vzorky PM_{10} obsahují kumarin, rubijervin a imidazol.

Charakteristické sloučeniny pro kompostování, které nebyly v odebraných vzorcích detekovány, jsou chlorované uhlovodíky a H_2S.

9.2.4 Vliv jednotlivých emisních zdrojů na znečištění pachovými sloučeninami SVOC a VOC v Otrokovicích

Míra znečištění pachovými látkami SVOC a VOC byla stanovena na základě míry výskytu jednotlivých organických sloučenin (markerů), které jsou typické pro daný zdroj znečištění. Sloučeniny identifikující jednotlivé zdroje znečištění byly sečteny a vztaženy k obsahu organické hmoty v daném vzorku PM_{10}. Procentuální míra znečištění zápachovými látkami SVOC a VOC ze vzorků PM_{10} byla vztažena na 100 % organické hmoty.

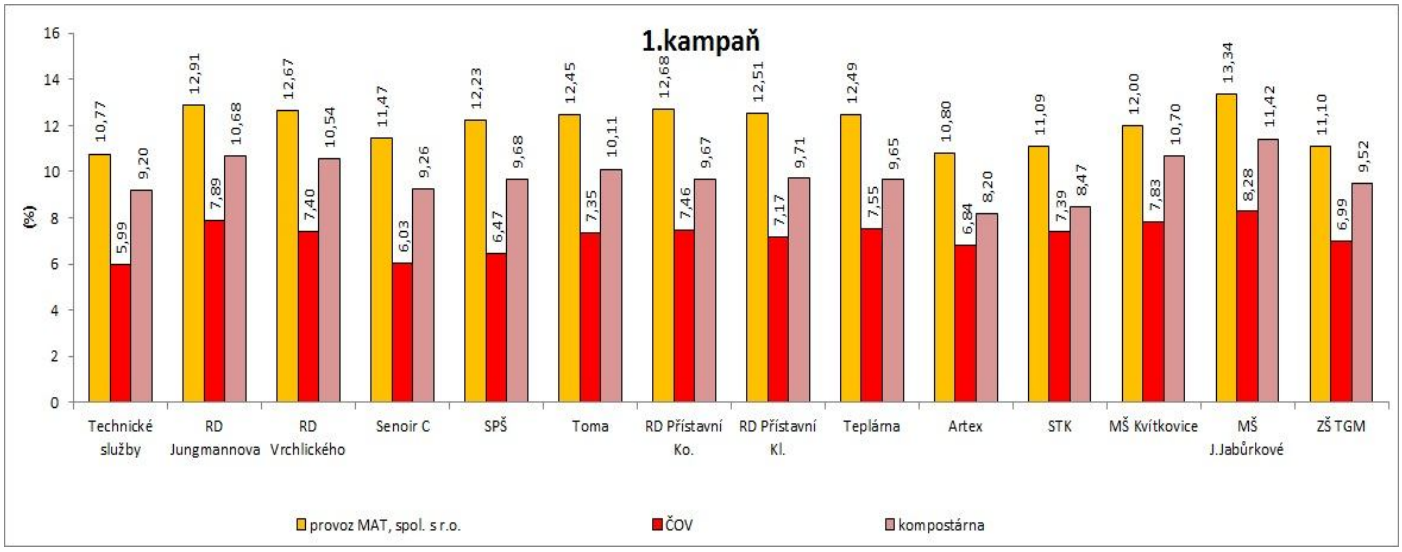
Množství identifikovaných SVOC a VOC ve vzorcích PM_{10}, které mohou zápachem negativně ovlivnit kvalitu ovzduší v Otrokovicích, je pro jednotlivé kampaně a odběrová místa uvedeno v následujících tabulkách.

V 1. kampani pochází největší množství SVOC a VOC vázaných na částice frakce PM_{10} z provozu MAT, spol. s r.o., poté následuje kompostárna a ČOV. Procentuálně míra znečištění pro provoz MAT, spol. s r.o., ČOV a kompostárnu, je zobrazena na obrázku 8.

Tabulka 5. Množství SVOC, VOC (v ng/m^3) produkovaných ČOV, kompostárnou a provozem MAT, spol. s r.o. ve vzorcích PM_{10} na jednotlivých odběrných místech v Otrokovicích - 1.kampaň

ng/mg	Technické služby	RD Jungmannova	RD Vrchlického	Senoir C	SPŠ	Toma	RD Přístavní Ko.	RD Přístavní Kl.	Teplárna	Aretx	STK	MŠ Kvítkovice	MŠ J.Jabůrkové	ZŠ TGM
provoz MAT, spol. s r.o.	748,65	898,42	806,87	788,07	857,20	925,19	999,47	954,87	941,65	795,02	636,37	848,46	989,60	694,99
ČOV	416,00	549,08	471,66	414,16	453,71	546,40	588,00	547,10	569,28	503,55	424,01	553,53	614,39	437,87
kompostárna	639,13	743,09	671,68	636,12	678,28	751,21	762,14	741,07	727,37	603,30	486,28	756,16	847,49	595,81

Červeně – nejvyšší koncentrace, modře nejnižší koncentrace



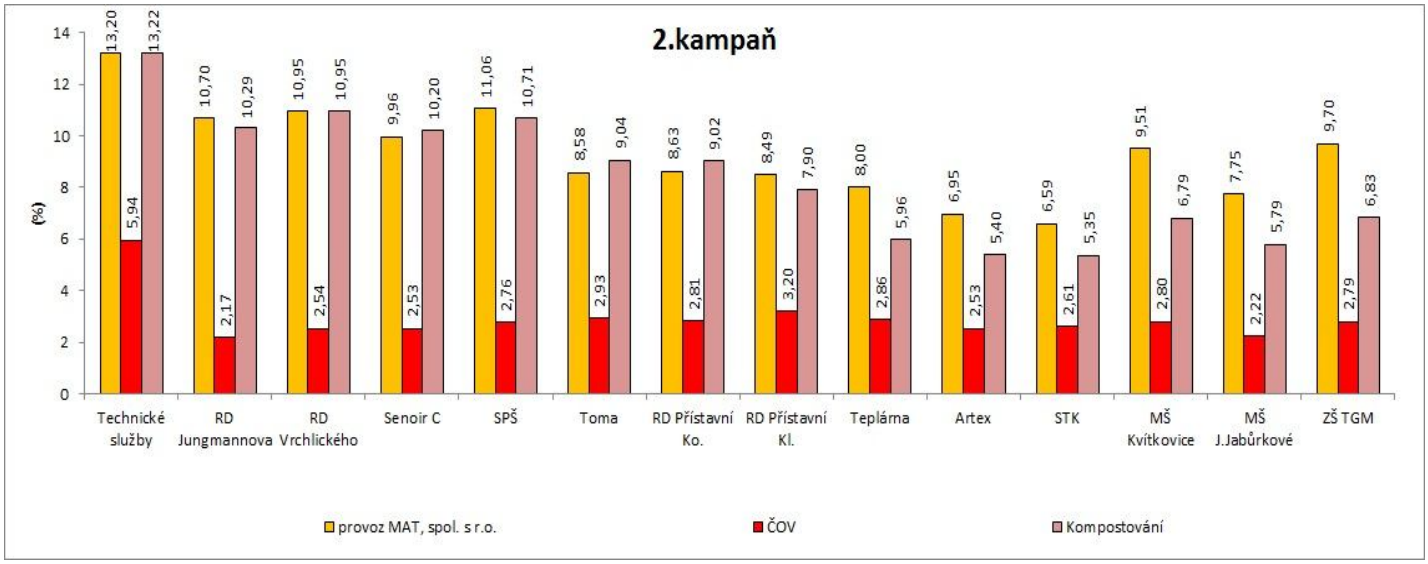
Obrázek 8. Procentuální míra znečištění zápachovými SVOC, VOC ve vzorcích PM_{10} vztažena na 100 % obsah organické hmoty

2. kampaň je charakterizována proměnlivostí hlavních zdrojů znečištění. Znečištění pachovými látkami je způsobováno především emisemi z provozu MAT, spol. s r.o. a kompostárny. Kompostárna ovlivňuje hlavně odběrná místa Technické služby, Senior C, Toma a RD Přístavní Ko.. Zbylá odběrná místa byla ovlivněna především emisemi z provozu MAT, spol. s r.o.. Shodně na všech odběrných místech má nejmenší vliv ČOV.

Tabulka 6. Množství SVOC, VOC (ng/m^3) produkovaných ČOV, kompostárnou a provozem MAT, spol. s r.o. ve vzorcích PM_{10} na jednotlivých odběrných místech v Otrokovicích - 2.kampaň.

ng/mg	Technické služby	RD Jungmannova	RD Vrchlického	Senoir C	SPŠ	Toma	RD Přístavní Ko.	RD Přístavní Kl.	Teplárna	Artex	STK	MŠ Kvítkovice	MŠ J.Jabůrkové	ZŠ TGM
provoz MAT, spol. s r.o.	1140,30	840,64	709,66	761,13	808,48	754,90	774,16	675,05	711,59	550,58	408,79	747,45	588,10	764,69
ČOV	512,85	170,27	164,41	192,98	201,53	257,84	251,77	254,04	254,48	200,43	161,88	220,18	168,28	219,60
kompostárna	1141,78	809,13	709,30	779,61	783,04	795,94	809,32	628,39	530,85	427,51	331,97	533,89	439,44	537,85

Procentuální míra znečištění zápachovými SVOC a VOC ve vzorcích PM_{10} v rámci 2. kampaně je zobrazena na obrázku 9.

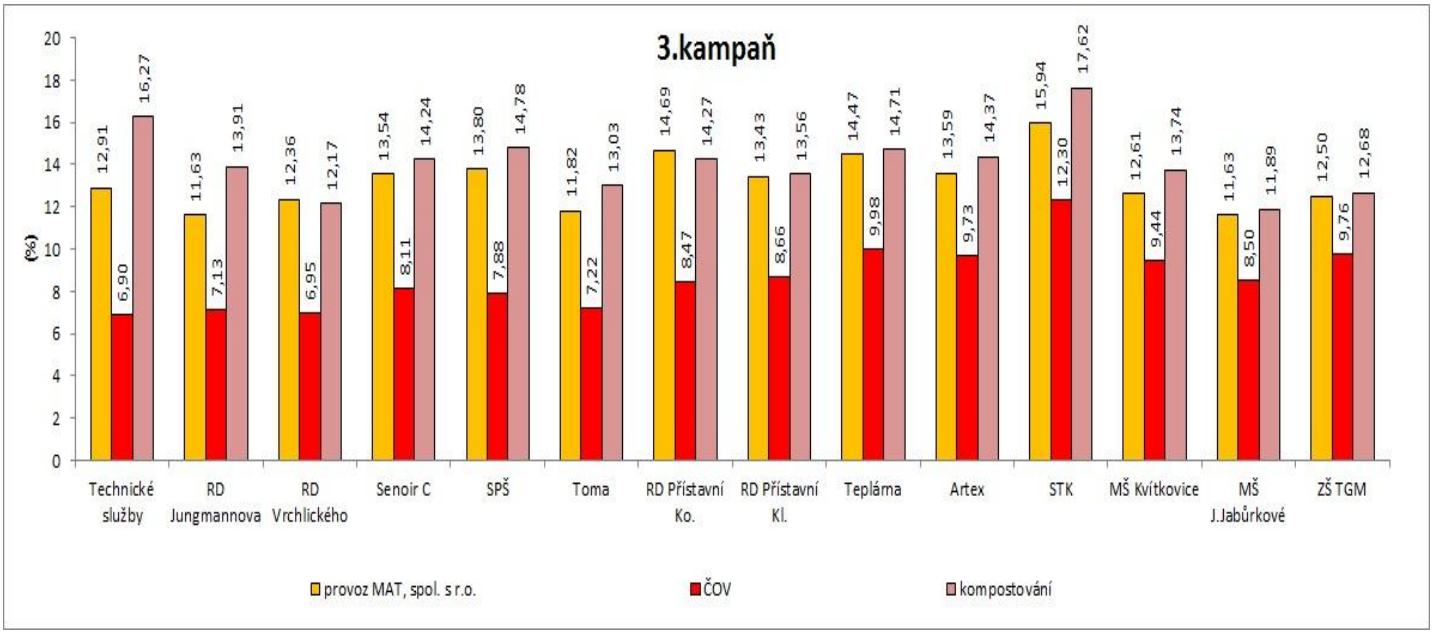


Obrázek 9. Procentuální míra znečištění zápachovými SVOC, VOC ve vzorcích PM_{10} vztažena na 100 % obsah organické hmoty

3. kampaň je charakterizována převážně znečištěním pachovými látkami z kompostárny. Následuje pachové znečištění pocházející z provozu MAT, spol. s r.o.. Nejnižší míra znečištění pachovými látkami je opět z ČOV. Množství SVOC, VOC podílejících se na pachovém znečištění je uvedeno v tabulce 7. Procentuální míra znečištění zápachovými SVOC, VOC ve vzorcích PM_{10} během 3. kampaně je zobrazena na obrázku 10.

Tabulka 7. Množství SVOC, VOC (v ng/m^3) produkovaných ČOV, kompostárnou a provozem MAT, spol. s r.o. ve vzorcích PM_{10} na jednotlivých odběrných místech v Otrokovicích - 3.kampaň.

ng/mg	Technické služby	RD Jungmannova	RD Vrchlického	Senoir C	SPŠ	Toma	RD Přístavní Ko.	RD Přístavní Kl.	Teplárna	Artex	STK	MŠ Kvítkovice	MŠ J.Jabůrkové	ZŠ TGM
provoz MAT, spol. s r.o.	422,21	628,92	506,86	578,08	623,63	619,43	735,97	724,09	812,04	685,16	529,19	581,49	537,25	531,21
ČOV	225,49	385,86	284,98	346,30	356,02	378,54	424,45	467,03	559,99	490,35	408,41	435,30	392,54	414,83
kompostárna	532,07	752,27	499,05	608,22	668,28	682,69	714,81	731,09	825,11	724,23	585,12	633,42	549,12	538,90

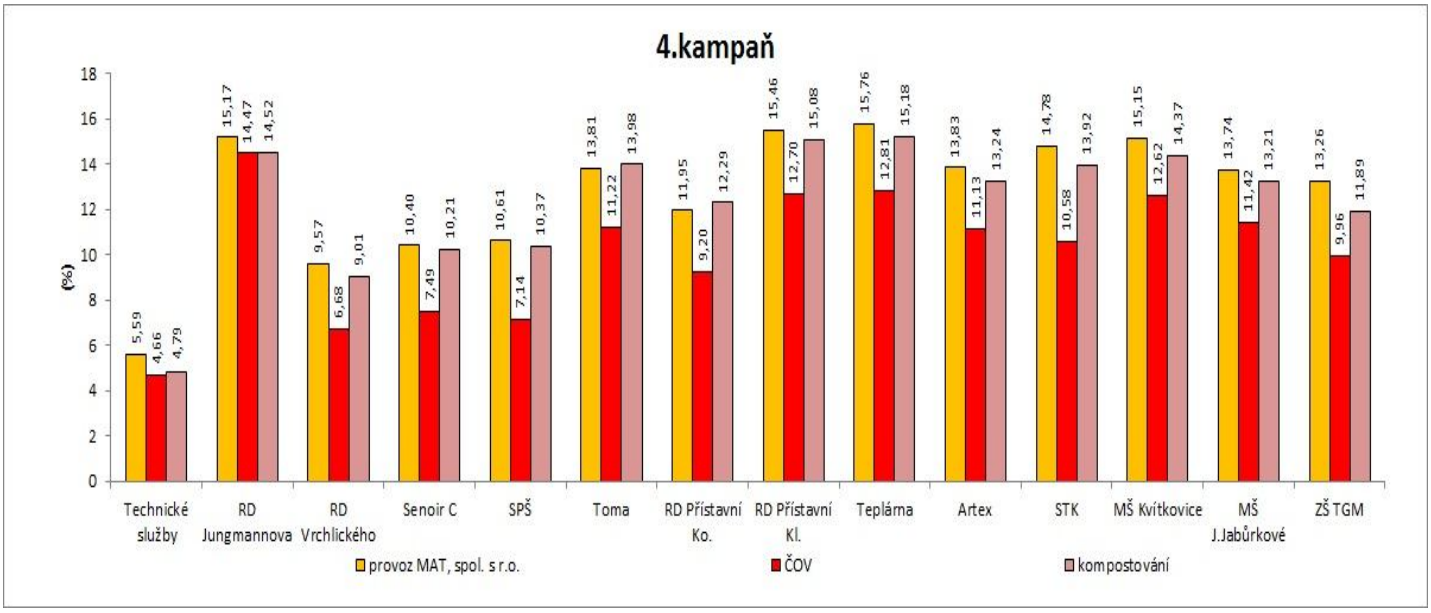


Obrázek 10. Procentuální míra znečištění zápachovými SVOC, VOC ve vzorcích PM_{10} vztažena na 100 % obsah organické hmoty

4. kampaň, je charakteristická převažujícím znečištěním pachovými látkami pocházejícími z provozu MAT, spol. s r.o.. Pouze na lokalitách Toma a RD Přístavní Ko., převládá znečištění z kompostárny. Množství SVOC, VOC podílejících se na znečištění, je uvedeno v tabulce 8. Procentuální míra znečištění zápachovými SVOC, VOC ve vzorcích PM_{10} vztažena na 100 % obsah organické hmoty je zobrazena na obrázku 11.

ng/mg	Technické služby	RD Jungmannova	RD Vrchlického	Senoir C	SPŠ	Toma	RD Přístavní Ko.	RD Přístavní Kl.	Teplárna	Artex	STK	MŠ Kvítkovice	MŠ J.Jabůrkové	ZŠ TGM
provoz MAT, spol. s r.o.	666,28	3974,80	870,08	994,71	979,52	2125,69	1497,06	1623,45	1687,66	1703,94	700,56	1344,08	1380,99	1257,98
ČOV	555,82	3790,40	606,99	715,89	659,44	1726,36	1152,91	1333,46	1372,00	1370,70	501,61	1119,05	1147,84	945,54
kompostárna	571,18	3804,23	818,62	976,14	957,41	2151,96	1540,50	1583,46	1626,29	1631,39	659,78	1274,51	1328,07	1128,81

Tabulka 8. Množství SVOC, VOC (v ng/m^3) produkovaných ČOV, kompostárnou a provozem MAT, spol. s r.o. ve vzorcích PM_{10} na jednotlivých odběrných místech v Otrokovicích - 4.kampaň.



Obrázek 11. Procentuální míra znečištění zápachovými SVOC, VOC ve vzorcích PM_{10} vztažena na 100 % obsah organické hmoty

Provozy MAT, spol. s r.o. a ČOV mohou produkovat stejné organické sloučeniny – akrylonitril, organické sloučeniny síry, sulfan, amoniak DMS, DMDS a aromatické uhlovodíky. Rozlišení původu sulfanu, amoniaku, DMS a DMDS z hlediska producentů (ČOV x provoz MAT, spol. s r.o.) není možné. Obdobně H_2S, je produkován jak provozy MAT, spol. s r.o., ČOV, tak i kompostárny.

Z těchto důvodů nelze H_2S použít pro identifikaci zdroje. Také aromatické uhlovodíky jako markery pro rozlišení emisí z ČOV, kompostárny a provozu MAT, spol. s r.o. není možné aplikovat.

Z výše uvedené analýzy organických sloučenin ve vzorcích PM_{10} během všech 4 kampaní je zřejmé, že negativní vliv na pachové znečištění v lokalitě má převážně provoz MAT, spol. s r.o.. Poté následuje kompostárna a ČOV (čistírna odpadních vod). Rozmezí koncentrací zápachu pro kafilérie se v rámci EU pohybuje od 20.000 do 1.100.000 OU/m^3 (Luo and Lindsey, 2006; Luo and Van Oostrom, 1997; Shareefdeen et al., 2005a,b; Sironi et al., 2007). Dle aktuálních koncentrací celkového zápachu v okolí průmyslové zóny Otrokovice je případně možné upravit emisní limit pro jednotlivá zařízení.

9.2.5. Znečištění ostatními pachovými sloučeninami SVOC a VOC v Otrokovicích

Odebrané vzorky PM_{10} ve velké míře obsahují organické sloučeniny indikující **syntetické kosmetické přípravky a vůně**. Mnoho organických sloučenin obsažených v biogenní hmotě rostlin se používá pro výrobu syntetických vůní (např. pro osvěžovače vzduchu), esenciálních a aromatických olejů.

Kosmetické přípravky a vůně, jsou ve vzorcích PM_{10} zastoupeny „musk sloučeninami“. Musk sloučeniny jsou syntetické vonné látky, které nalezly uplatnění jako vonné složky nejrůznějších osvěžovačů vzduchu, detergentů, čisticích prostředků, plastifikátorů, kosmetiky, mýdel a produktů osobní péče. Musk sloučeniny jsou perzistentní a potenciálně perzistentní sloučeniny se schopností akumulace ve všech složkách ekosystému. Musk sloučeniny jsou semivolatilní organické sloučeniny, které se velmi snadno adsorbují na organickou hmotu, a jsou vysoce lipofilní a bioakumulativní. Z polycyklických musk sloučenin částice frakce PM_{10} obsahují galaxolid a tonalid, z makrocyklických musk sloučenin pak pentalid. Z nitromusk sloučenin částice frakce PM_{10} obsahují musk xylen (1-tert-butyl-3,5-dimethyl-2,4,6-trinitrobenzen). Dále pak částice frakce PM_{10} obsahují AHTN-6-acetyl-1,1,2,4,4,7-hexamethyltetralin (1-(3,5,5,6,8,8-hexamethyl-6,7-dihydronaftalen-2-yl)ethanon) a 6-methyl-3,5,8,8a-tetrahydro-1H-2-

benzopyran. Podstatnou složkou částice frakce PM_{10} jsou esenciální oleje, jako je např. dihydrocitronellyl angelát.

Nejvyšší koncentrace musk sloučenin byla zjištěna na odběrném místě RD Vrchlického, a to ve 4. kampani (201,55 ng/m^3). Nejnižší koncentrace musk sloučenin byla zjištěna na odběrném místě MŠ J.Jabůrkové (22,64 ng/m^3) během 3. kampaně. Velmi nízké koncentrace musk byly detekovány v lokalitě Teplárna. Průměrné koncentrace musk sloučenin pro všechny kampaně a všechna odběrná místa se pohybují v rozmezí od 34,01 ng/m^3 (3. kampaň) do 112,59 ng/m^3 (4. kampaň). Průměrné koncentrace musk sloučenin jsou na všech lokalitách v 1. a 2. kampani téměř identické, pohybují se od 62,91 ng/m^3 (2. kampaň) do 68,41 ng/m^3 (1. kampaň). K významnému průměrnému nárůstu koncentrací musk sloučenin dochází ve 4. kampani, a to na 112,59 ng/m^3. Nejnižší průměrné koncentrace musk sloučenina všech lokalitách byly zjištěny ve 3. kampani (34,01 ng/m^3). Zdrojem musk sloučenin ve vzorcích PM_{10} jsou vůně, osvěžovače vzduchu a další přípravky. ***Musk sloučeniny běžně šíří z domácností do venkovního ovzduší.***

9.2.6. Ostatní sloučeniny SVOC a VOC identifikované v Otrokovicích

Vzorky PM_{10} ve velké míře obsahují organické sloučeniny indikující **pesticidy a insekticidy.** Současně byly také identifikovány látky pocházející z **výroby syntetických polymerů (plasty a pryže).**

Z pesticidů byly identifikovány insekticidy, akaricidy, fungicidy a herbicidy. K hlavním zástupcům patří fenhexamid, fenpropathrin, karbofenothion, methyl trithion, bifenox, mecarbam, pyridat (pestanal), buminafos a promecarb. Fenhexamid (N-(4-hydroxy-2,3-dichlorfenyl)-1-methylcyklohexan- 1-karboxamid) je inhibitorem methylsterolové monooxygenázy, používá se jako systematický fungicid. Fenpropathrin (Danitol, Meothrin) je pyretroidní insekticid používaný v zemědělství. Karbofenothion (Stauffer R 1303) je organofosforový pesticid, používaný jako insekticid a akaracid. Je součástí dalšího pesticidu - trithionu. Bifenox je herbicid z difenyl eterové třídy pesticidů a je inhibitorem protoporfyrinogen oxidázy. Jedná se o pesticid používaný proti plevelům obilovin a řepky. Mecarbam je chemickým analogem dimethoatu a je fotolyticky rozkládán na diethylové analogy dimethoatu. Jedná se o perzistentní pesticid. Pyridat (O-6-chlor-3-fenylpyridazin-4-yl-S-oktyl-thiokarbonát) je totální herbicid používány proti

plevelům obilovin a zeleniny. Buminafos (dibutyl 1-butylaminocyklohexylfosfonát) je organofosforečný pesticid, sloužící k ochraně zemědělských plodin (brambor, řepy, apod.). Promecarb (Carbamult) je insekticid ze skupiny metylkarbamátů, působící proti širokému spektru škůdců.

Průměrná koncentrace pesticidů během všech 4 kampaní se pohybovala v rozmezí od 21,78 ng/m^3 (Technické služby) do 47,71 ng/m^3 (RD Vrchlického). ***Vyšší koncentrace pesticidů, byly zjištěny v okolí zahrad rodinných domů.***

Vzorky PM$_{10}$ obsahují také fragmenty sloučenin indikujících výrobu syntetických polymerů na bázi plastů a pryže. Byly identifikovány triamteren (plasticizér), melamin a kaprolaktam.

Vzorky PM$_{10}$ obsahují také průmyslová rozpouštědla MIBK, 4-ethylmorfolin a dekalin.

Ve vzorcích PM$_{10}$ byl identifikován O,O-diethyl chlorothiofosfát. Tato sloučenina je jak součástí pesticidů, tak i aditiv pro výrobu ***retardantů hoření.*** Na všech lokalitách byly zjištěny nejvyšší průměrné koncentrace látek indikujících výrobu a zpracování syntetických polymerů během první (20,08 ng/m^3) a 2. kampaně (12,55 ng/m^3). V dalších kamapních klesají koncentrace sloučenin indikujících syntetické polymery a pryže v důsledku poklesu teploty. Teplota silně ovlivňuje těkání výše uvedených komponent a jejich přechod do volného ovzduší. Nejnižší průměrné koncentrace byly proto zjištěny během 4. kampaně (4,61 ng/m^3).

Vzorky PM$_{10}$ obsahují také ***produkty mykotoxinů*** (trichothecenol), a to především během 1. kampaně. Nejvyšší koncentrace trichothecenolu byly zjištěny ve vzorcích z lokality RD Vrchlického (25,36 ng/m^3). Nejnižší koncentrace mykotoxinů na stanovišti Toma (2,69 ng/m^3).

Odebrané vzorky částic frakce PM$_{10}$ obsahují také organické sloučeniny odvozené ze spalování biomasy. K hlavním zástupcům patří levoglukosenon, 7-oxodehydroabietová kyselina, methyldehydroabietát, 2-furanmetanol, 2-methylbenzofuran a reten. ***Všechny výše uvedené sloučeniny indikují emise ze spalování především jehličnaté biomasy (měkké dříví).*** Nejvyšší průměrné koncentrace sloučenin odvozených ze spalování dříví byly zjištěny ve 4. kampani (196,83 ng/m^3).

Vzorky PM_{10} obsahují také ***sekundární organický aerosol***, který je charakteristický přítomností dikarboxylových kyselin. Z dikarboxylových kyselin byla identifikována kyselina šťavelová, fumarová, jantarová, sebaková, pimelová, glutarová, monoamid kyseliny fumarové a estery těchto kyselin. Nejvyšší průměrné koncentrace dikarboxylových kyselin byly identifikovány během první (208,31 ng/m^3) a 4. kampaně (362,52 ng/m^3).

Část organické hmoty obsažené ve vzorcích PM_{10} částic není možné identifikovat. Tato hmota je označena jako neznámá, tvoří složitou směs uhlovodíků, která se běžně vyskytuje v imisích prachových částic na celém světě.

- *Ostatní pachové SVOC jsou tvořeny především musk sloučeninami. Přítomnost organických sloučenin z kosmetických přípravků a vůní v PM_{10} indikují přestup těchto sloučenin z vnitřního prostředí domů do venkovního volného ovzduší.*
- *Pesticidy přítomné v PM_{10} indikují antropogenní ošetření rostlin. Dále byly mezi organickými sloučeninami identifikovány chemické látky ze zpracování syntetických polymerů, sloučeniny odvozené ze spalování biomasy, biogenní organická hmota (např. mykotoxiny) a neznámá organická hmota.*

9.3. Sekundární anorganické aerosoly (SIA)

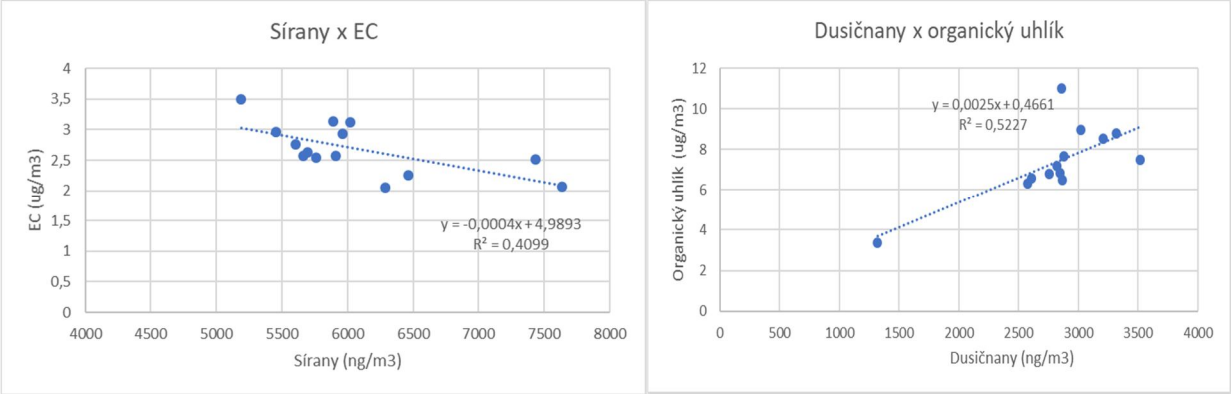
Ve 4. kampani byla provedena analýza složení a množství sekundárních anorganických aerosolů. Ze zástupců sekundárních anorganických aerosolů (SIA) byly analýzovány následující anionty: fluoridy, chloridy, sírany, fosforečnany, dusičnany, amonné ionty; a následující kationty: sodík, draslík, vápník a hořčík. Koncentrace SIA pro jednotlivá stanoviště jsou uvedeny v tabulce 9. Dominujícími komponenty SIA na všech lokalitách jsou sírany, dusičnany a amonné ionty. V atmosféře jsou prekurzory SIA, např. SO_2 a NO_x, oxidovány za vzniku síranů a dusičnanů, které se mohou chovat jako plyny a zůstávají v ovzduší velmi dlouhou dobu (Vesilind, 1982). Vyšší koncentrace draslíku, síranů a chloridů jsou typické pro průmyslové oblasti (Alharbi et al., 2015). SIA jsou zahrnuty do této studie, jelikož jejich příspěvek do frakce PM10 může dosahovat až 50% celkové hmoty prašného aerosolu v ovzduší.

Tabulka 9. Koncentrace SIA (µg/m^3) pro jednotlivá odběrná místa v Otrokovicích.

IV. Kampaň			F	Cl	$(SO4)^{2-}$	$(PO_4)^{3-}$	$(NO_3)^-$	$(NH_4)^+$	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Odběrové místo	pH	vodivost (µS/cm)	(ng/m^3)									
Technické služby	6,43	38,6	72,73	480	6018	90,9	3208	1633	714,6	4218	1188	49,1
RD Jungmannova	6,13	31,1	27,27	484	5189	27,3	2699	1273	665,5	4673	816	10,9
RD Vrchlického	5,73	37,7	27,27	373	7633	9,1	2865	2178	615,5	4782	1002	37,3
Senior C	5,84	33,6	136,36	369	6466	9,1	2850	1962	649,1	4073	824	70
SPŠ	5,8	32,9	36,4	318	6292	27,3	2607	1822	621,8	4073	718	28,2
Toma	6,22	35,5	63,64	549	5692	36,4	2857	1470	730,9	5309	989	46,4
RD Přístavní Ko.	5,74	32,2	36,36	432	5859	9,1	3019	1604	676,4	4046	760	31,7
RD Přístavní Kl.	6,62	35,3	45,45	446	5698	9,1	3519	1101	704,6	3864	991	31,7
Teplárna	6,58	33,3	36,36	477	5908	27,3	2876	1912	704,6	4009	715	24,6
Artex	6,37	39,8	36,36	486	7432	9,1	3319	2416	772,7	4209	897	31,8
STK	6,02	26,5	18,18	254	5452	9,1	1319	1892	115,5	2600	376	14,6
MŠ Kvítkovice	6,29	33,5	27,27	360	5602	9,1	2579	1645	702,7	3882	803	35,5
MŠ J.Jabůrkové	6,28	32,3	36,4	400	5662	9,1	2821	1625	707,3	3446	763	33,6
ZŠ TGM	6,09	31,1	34,4	402	5760	9,1	2757	1525	709,1	3746	810	30,9
Průměr	**6,15**	**33,8**	**45,3**	**416**	**6047**	**20,8**	**2807**	**1718**	**649**	**4066**	**832**	**34,02**
St. odchylka	0,29	3,31	28,80	76	681	21,6	486	333	159	609	181	14

Koncentrace síranů se pohybují od 5,45 µg/m^3 (STK) do 7,45 µg/m^3 (Artex). Průměrná koncentrace síranů na všech lokalitách je 6,05 µg/m^3. Průměrné koncentrace síranů pro letní a zimní období, uváděné pro západní, střední a jižní Evropu, se pohybují od 3 do 7 µg/m^3 (Schaap et al., 2004). Nejnižší koncentrace síranů v rámci Evropy byly zjištěny ve vzdálených regionech jižní Evropy (2 až 3 µg/m^3) a severní Evropy (méně než 1 µg/m^3). *Koncentrace síranů ve vzorcích PM_{10} s výjimkou lokality Artex jsou v rozmezí, které je uváděno pro evropské země. Vzhledem k době odběru vzorků, tj. polovina září 2018, odpovídají koncentrace síranů ve vzorcích PM_{10} spíše vrcholu topné sezóny. Sírany společně s dusičnany jsou emitovány především spalovacími procesy, spalováním uhlí, ale kondenzace částic je ovlivněna různými faktory (vlhkost, teplota apod.).* Poměr SO_4^{-2}/NO_3^- umožňuje identifikovat zdroj původu síranů. Hodnoty poměru SO_4^{-2}/NO_3^-<1 jsou typické pro sírany pocházející z mobilních zdrojů (doprava), zatímco hodnoty poměru SO_4^{-2}/NO_3^- >1 jsou typické pro sírany pocházející ze spalovacích procesů, zvláště spalování uhlí (Xiu et al., 2004).

Ze statistické analýzy vyplývá, že mezi amonnými ionty a sírany byla ve 4. kampani zjištěna významná korelační závislost (r=0.78). Mezi sírany a dusičnany nebyla prokázána žádná statisticky významná závislost. Stejně tak nebyla prokázána závislost mezi amonnými ionty a dusičnany, ani mezi amonnými ionty a chloridy. Byla prokázána statisticky významná závislost (r = 0.58) mezi obsahem síranů a elementárním uhlíkem (EC) ve 4. kampani, což jednoznačně ukazuje na emise ze spalovacích procesů (spalování uhlí).



Obrázek 12. Závislost mezi koncentrací síranů a EC a mezi dusičnany a organickým uhlíkem

Byla prokázána statisticky významná závislost mezi dusičnany a organickým uhlíkem (r=0.52), což dokumentuje možný společný původ - oxidaci heterocyklických organických sloučenin uvolňovaných ze spalování uhlí, biomasy nebo z technologických procesů.

	Technické služby	RD Jungm.	RD Vrchlic.	Senior C	SPŠ	Toma	RD Přís. Ko.	RD Přist. Kl.	Teplárna	Artex	STK	MŠ Kvítkovice	MŠ J.Jablúnkové	ZŠ TGM/Masaryka
SO_4^{-2}/NO_3^-	1,82	1,92	2,66	2,27	2,41	1,99	1,94	5,17	2,05	2,24	4,13	2,17	3,49	2,09

Tabulka 10. Poměr SO_4^{-2}/NO_3^- pro imise PM_{10} z jednotlivých odběrných míst v Otrokovicích. *Hodnoty poměru SO_4^{-2}/NO_3 na všech odběrných místech jsou vyšší než 1, indikují tedy spalovací procesy. Emise síranů ze spalování biomasy jsou enormně nízké, takže je nelze považovat za hlavní zdroj. Je pravděpodobné, že většina síranů pochází z teplárny Otrokovice a dalších lokálních zdrojů spalování. Část těchto emisí pochází také z průmyslového sektoru a z dálkového transportu.*

Koncentrace dusičnanů ve vzorcích PM_{10}, se pohybují od 1,32 µg/m^3 (STK) do 3,52 µg/m^3 (RD Přístavní Kl.). Průměrná koncentrace dusičnanů pro všechna stanoviště ve 4. kampani je 2,81 µg/m^3. Průměrné koncentrace dusičnanů uváděné pro Českou republiku, jižní část Německa a severní Itálii se pohybují okolo 4 µg/m^3 (Schaap et al., 2004), zatímco v Nizozemí, Belgii, Finsku a severní části Německa se pohybují koncentrace dusičnanů v rozmezí od 5 do 8 µg/m^3. V jižní Evropě, s výjimkou zmíněné části Itálie a bývalé Jugoslávie, se koncentrace dusičnanů pohybují do 2 µg/m^3. Nižší koncentrace dusičnanů (Schaap et al., 2004) v částicích frakce PM_{10} byly identifikovány ve Skandinávii (cca 0,5 µg/m^3) a v Zabrze (Polsko) 0,75 µg/m^3.

Zjištěné koncentrace dusičnanů ve vzorcích PM_{10} z různých odběrných míst v Otrokovicích jsou v souladu s koncentracemi dusičnanů uváděnými pro jiné oblasti České republiky.

Atmosférický NH_3 je klíčovým polutantem, který přispívá ke vzniku sekundárních aerosolů. Antropogenní emise amoniaku pocházejí ze zemědělských aktivit, aplikace a výroby hnojiv, živočišných odpadů, průmyslových aktivit a dopravy (Wang et al., 2015). Koncentrace amonných iontů se pohybují v Otrokovicích v rozmezí od 1,27 µg/m^3 (RD Jungmannova) do 1,96 µg/m^3 (Senior C). Průměrná koncentrace amonných iontů je 1,72 µg/m^3. Průměrné koncentrace amonných iontů v Košeticích (Schwartz et al., 2016) a v průmyslové Ostravě se pohybuje okolo 1,5 µg/m^3. Průměrné koncentrace amonných iontů ve vzorcích PM_{10} v Otrokovicích jsou jen lehce vyšší než v jiných městech České republiky**.** *Zdrojem amonných iontů v Otrokovicích jsou procesy čištění odpadních vod, zpracování čistírenských kalů a provoz MAT, spol. s r.o.*

Koncentrace draslíku se pohybují v rozmezí od 2,6 µg/m^3 (STK) do 5,31 µg/m^3 (Toma). Průměrná koncentrace draslíku pro všechny lokality je 4,07 µg/m^3. Koncentrace draslíku ve vzorcích PM_{10} v Otrokovicích jsou cca 2 x vyšší než je běžné v Ostravě a cca až 5 až 10 x vyšší než je běžné v Olomouci. Zdrojem draslíku je nejčastěji spalování dřeva, metalurgický průmysl a spalování uhlí (Zhao et al., 2011; Dall´Osto et al., 2008). Poměr K/Na je pro všechny imise vyšší než 1, což indikuje původ draslíku z antropogenních zdrojů a nikoliv z mořského aerosolu (Bourotte et al., 2011). *Ve vzorcích PM_{10} v Otrokovicích byly prokázány organické sloučeniny indikující spalování biomasy a uhlí. Draslík tedy pochází z těchto zdrojů.*

Sodík se ve vzorcích PM_{10} pohybuje v rozmezí od 0,62 µg/m^3 (SPŠ) do 0,77 µg/m^3 (Artex) s průměrnou koncentrací 0,65 µg/m^3. Koncentrace sodíku ve vzorcích PM_{10} v Otrokovicích jsou srovnatelné např. s koncentracemi v Olomouci. Vyšší zastoupení sodíku je charakteristické pro větší částice, jako frakce PM_{10} (Schwarz et al., 2018). *Zdrojem sodíkových iontů jsou především mořské aerosoly a antropogenní aktivity jako je např. spalování odpadů (Bourotte et al., 2011).*

Chloridy se ve vzorcích PM_{10} pohybují v koncentracích od 2,54 µg/m^3 (STK) do 5,49 µg/m^3 (Toma). Průměrná koncentrace chloridů je 4,16 µg/m^3. Koncentrace chloridů obsažených ve vzorcích PM_{10} jsou až 10 x vyšší než koncentrace chloridů zjištěné v Olomouci. Zdroje chloridů jsou různé - zahrnují spalovací procesy, průmyslové aktivity a mořské aerosoly. Poměr Cl/Na umožňuje určení původu chloridů. Hodnoty poměru Cl/Na do 1,7 indikují původ chloridů z mořských aerosolů (Bourotte et al., 2011). Hodnota poměru Cl/Na pro všechny vzorky odebrané v Otrokovicích je vyšší než 1,7. *Chloridy tedy pocházejí z antropogenních aktivit – především se jedná o emise ze spalování uhlí (Li et al., 2007).*

Hořčík a vápník jsou běžně součástí půdní resuspenze a mořských aerosolů. Hořčík se ve vzorcích PM_{10} pohybuje v koncentracích od 10,9 µg/m^3 (RD Jungmannova) do 49,10 ng/m^3 (Technické služby). Průměrná koncentrace hořčíku pro všechna stanoviště je 34 ng/m^3. Poměr Mg/Na umožňuje rozlišení původu hořčíku. Hodnota poměru Mg/Na je ve všech lokalitách v nižší než hodnota uváděna pro mořské aerosoly (Mg/Na=0,12).

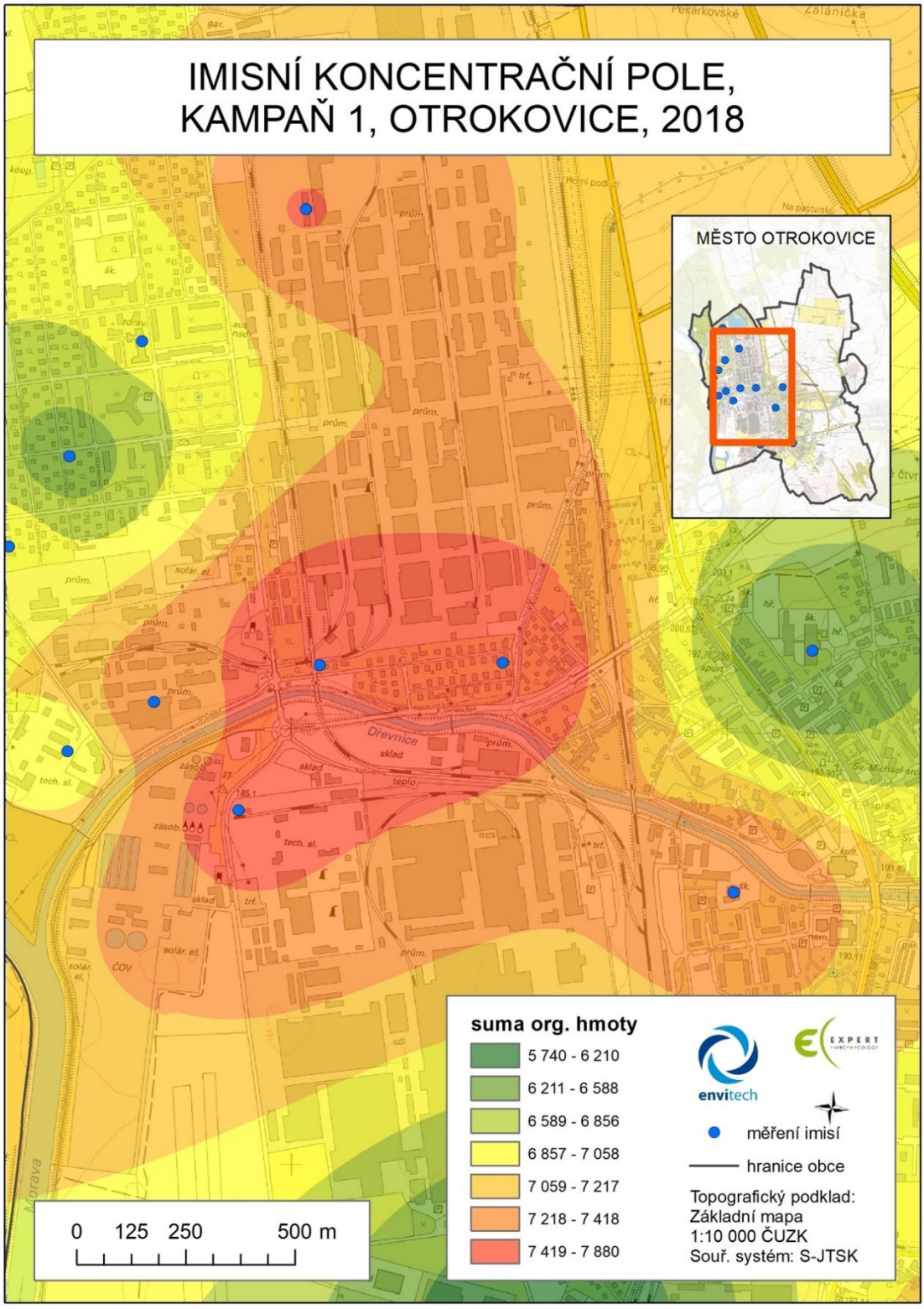
Vápník se pohybuje v odebraných vzorcích v koncentracích od 0,38 µg/m^3 (STK) do 1,19 µg/m^3 (Technické služby). Průměrná koncentrace vápníku ze všech lokalit je 0,84 µg/m^3. Koncentrace vápníku v v Otrokovicích je na podobné úrovni jako v jiných městech v ČR (Olomouc, Ostrava).

Zdrojem fluoridů je spalování uhlí, biomasy a průmyslové procesy jako je výroba elektrické energie, výroba hliníku, skla, syntetických polymerů, keramiky, hnojiv a stavebních materiálů (Ruth, 1986). V neprůmyslových lokalitách je obvykle koncentrace fluoridů do 1 µg/m^3 (Dobaradaran et al., 2009). Fluor je ze zdrojů emitován většinou v plynné formě HF nebo SiF_4. Fluoridy se v odebraných vzorcích PM_{10} v Otrokovicích nacházejí ve velmi nízkých koncentracích od 0,027 µg/m^3 (MŠ Kvítkovice) do 0,136 µg/m^3 (Senior C). Průměrná koncentrace fluoridů ze

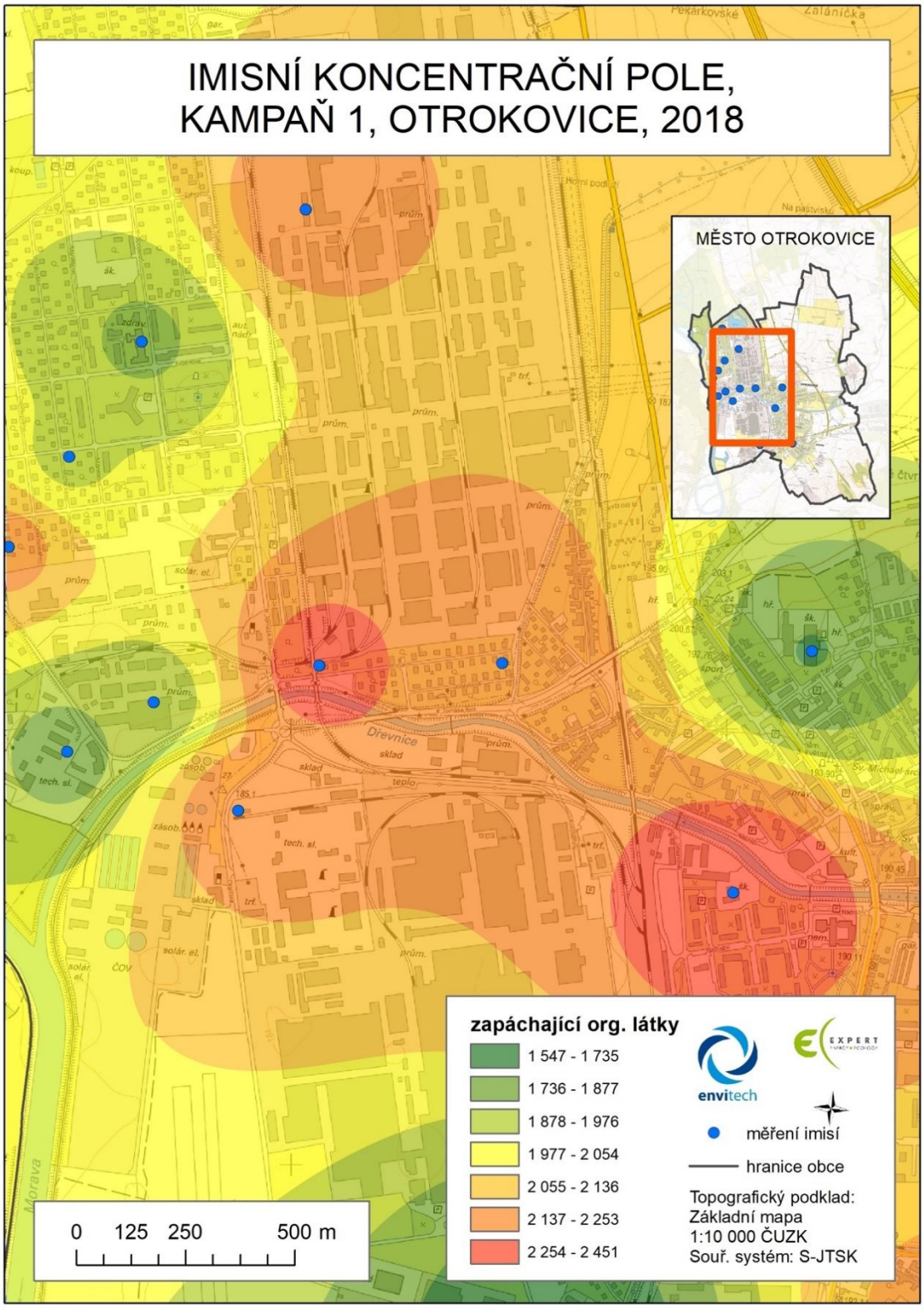
všech lokalit je 0,045 ng/m^3. *Zdrojem fluoridů v Otrokovicích jsou spalovací procesy a výroba syntetických polymerů.*

SIA obsažené v částicích frakce PM_{10} pocházejí převážně z antropogenních zdrojů – spalování a průmyslové aktivity. Původ SIA z hlediska průmyslových aktivit v průmyslové zóně Otrokovice nelze určit, jelikož tyto látky vznikají složitými chemickými reakcemi v atmosféře z plynných emisí a není tak možné detekovat původ jednotlivých složek směsi plynných látek v ovzduší.

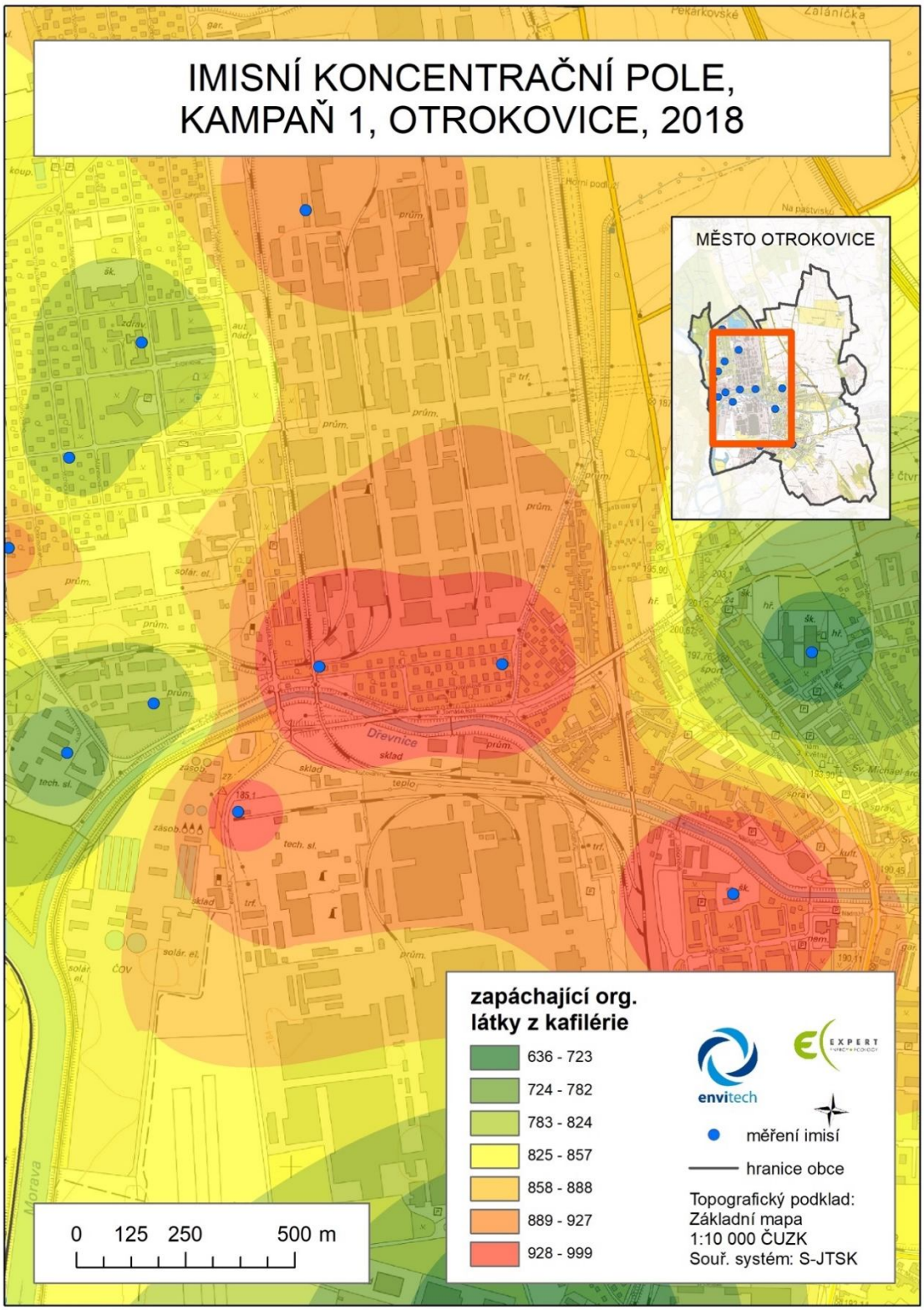
10. Mapové výstupy



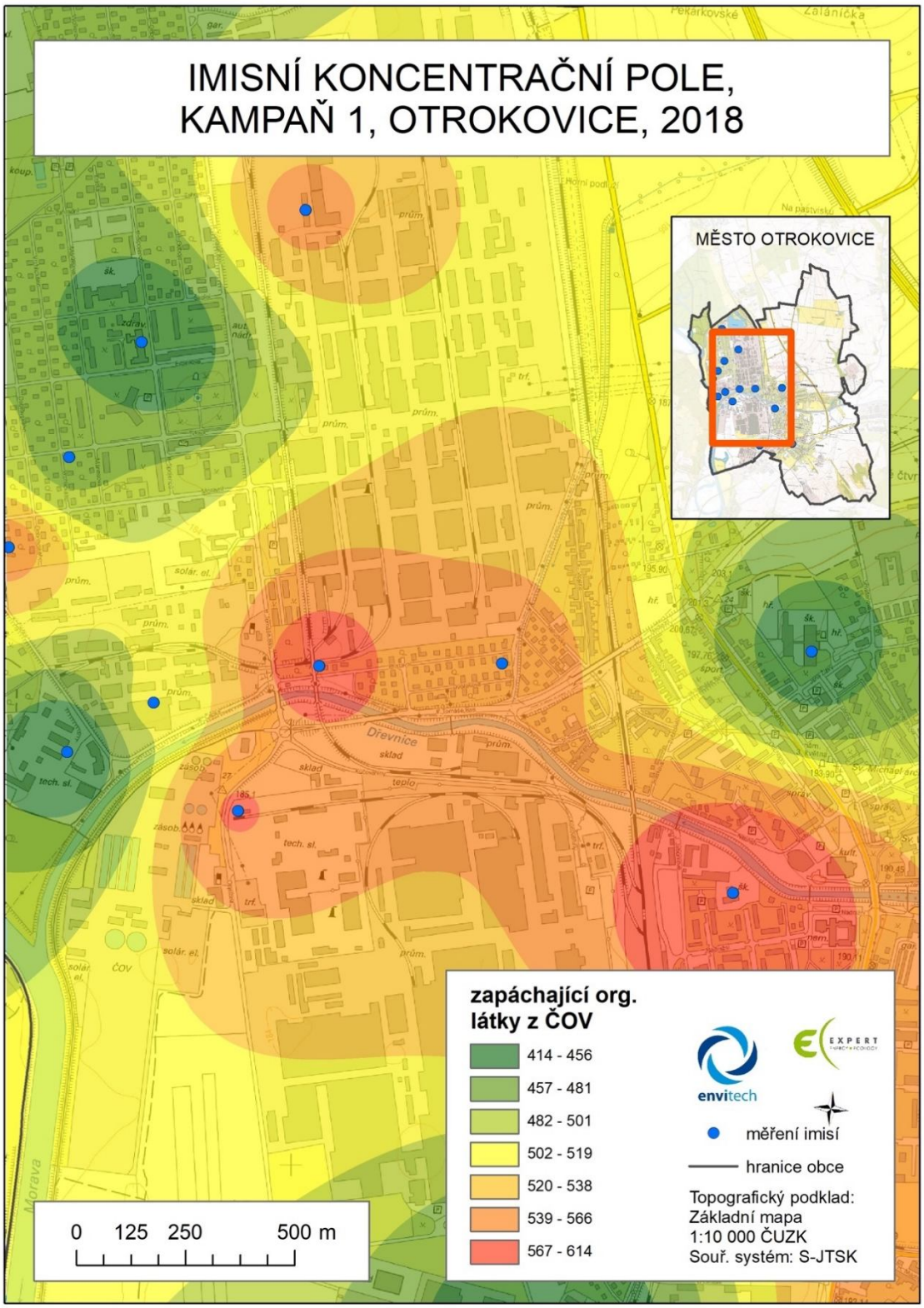
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



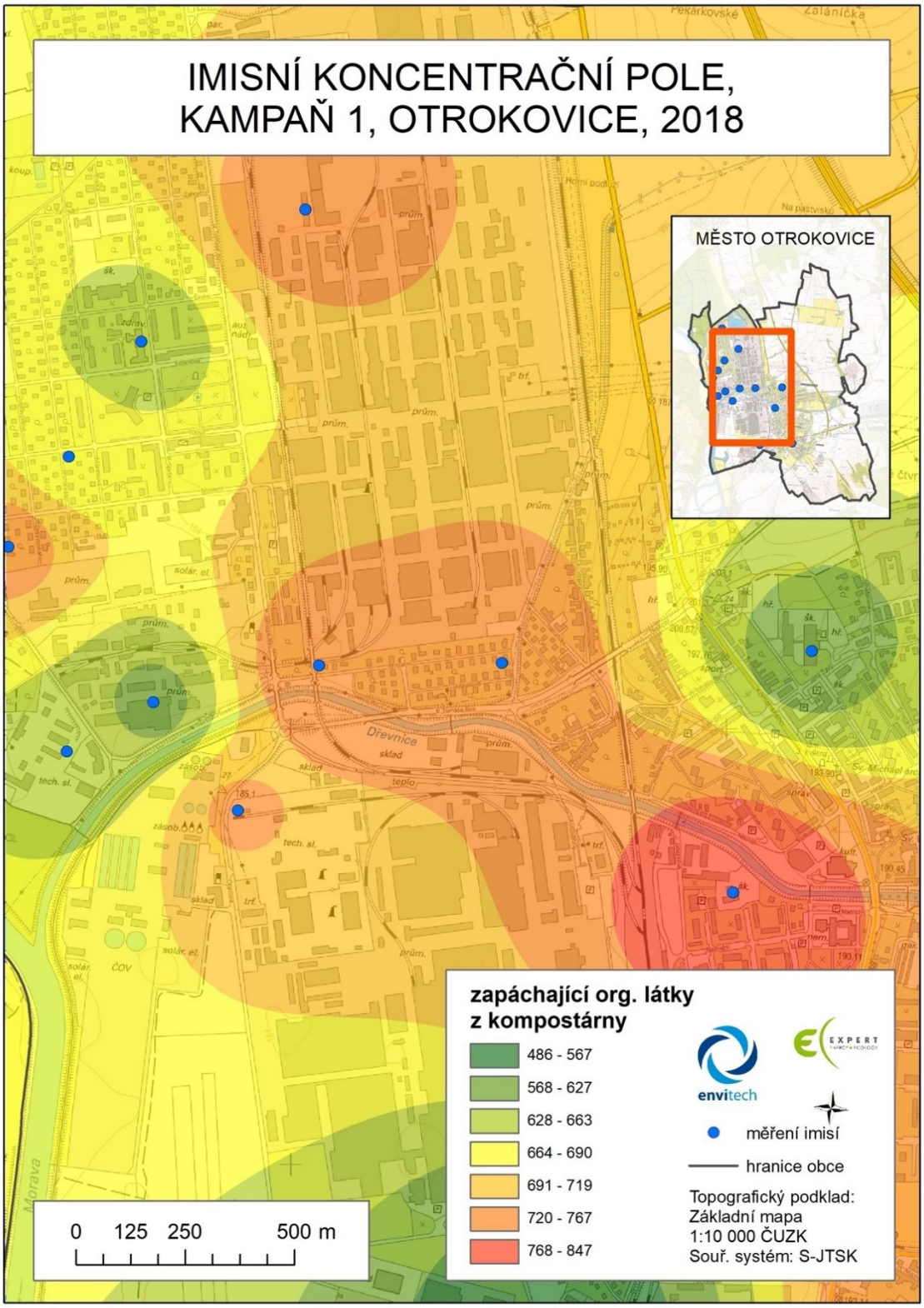
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



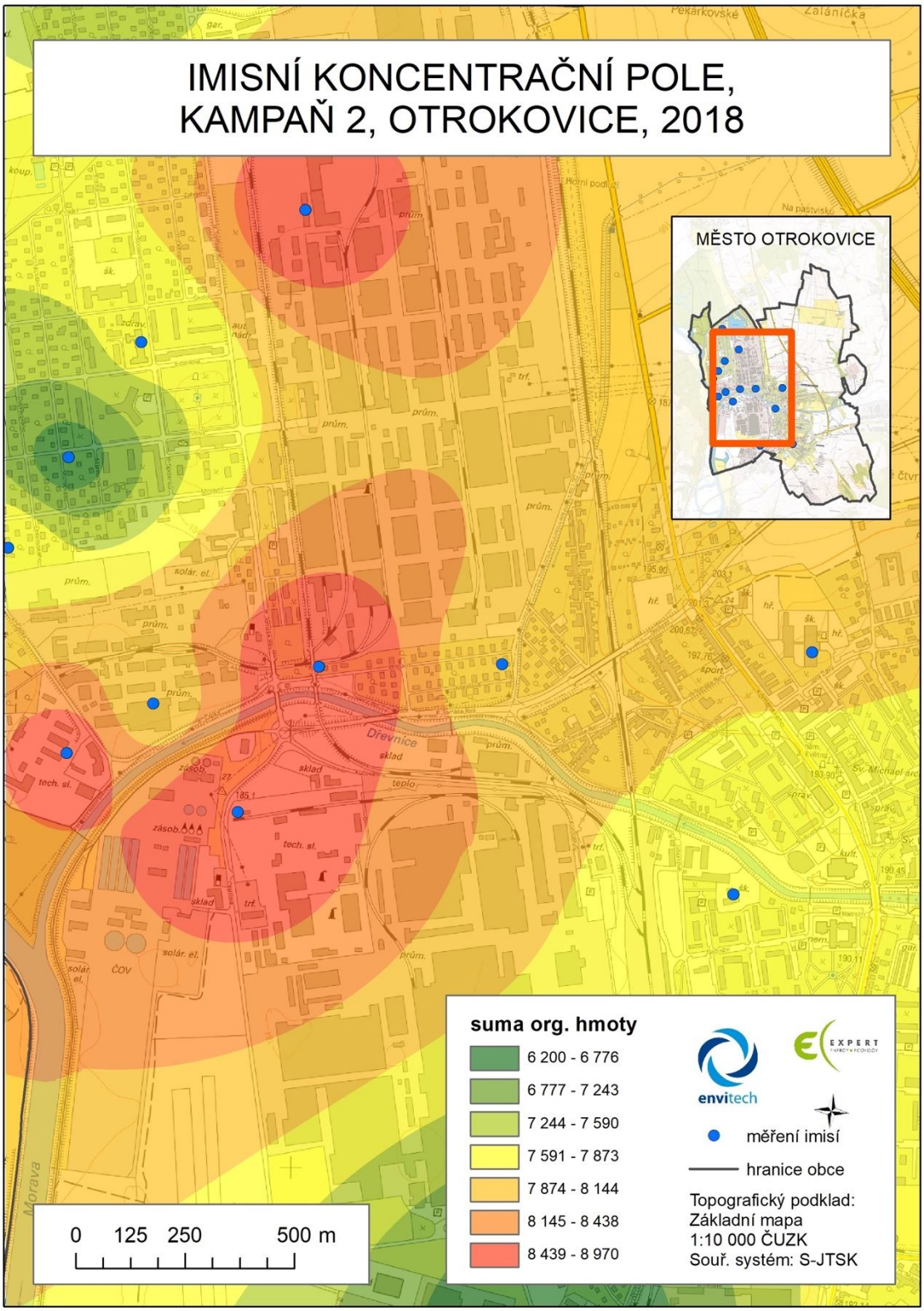
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



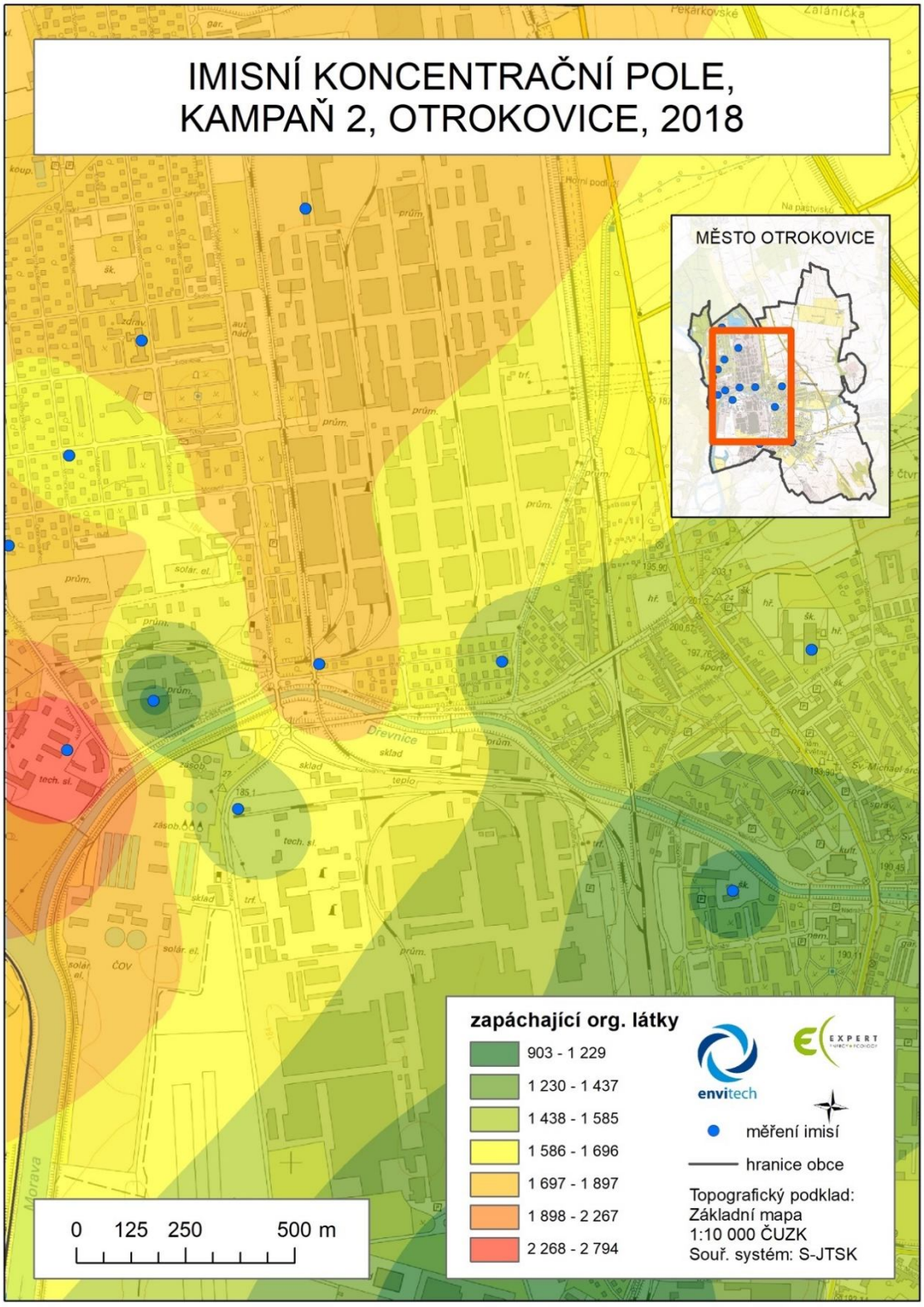
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



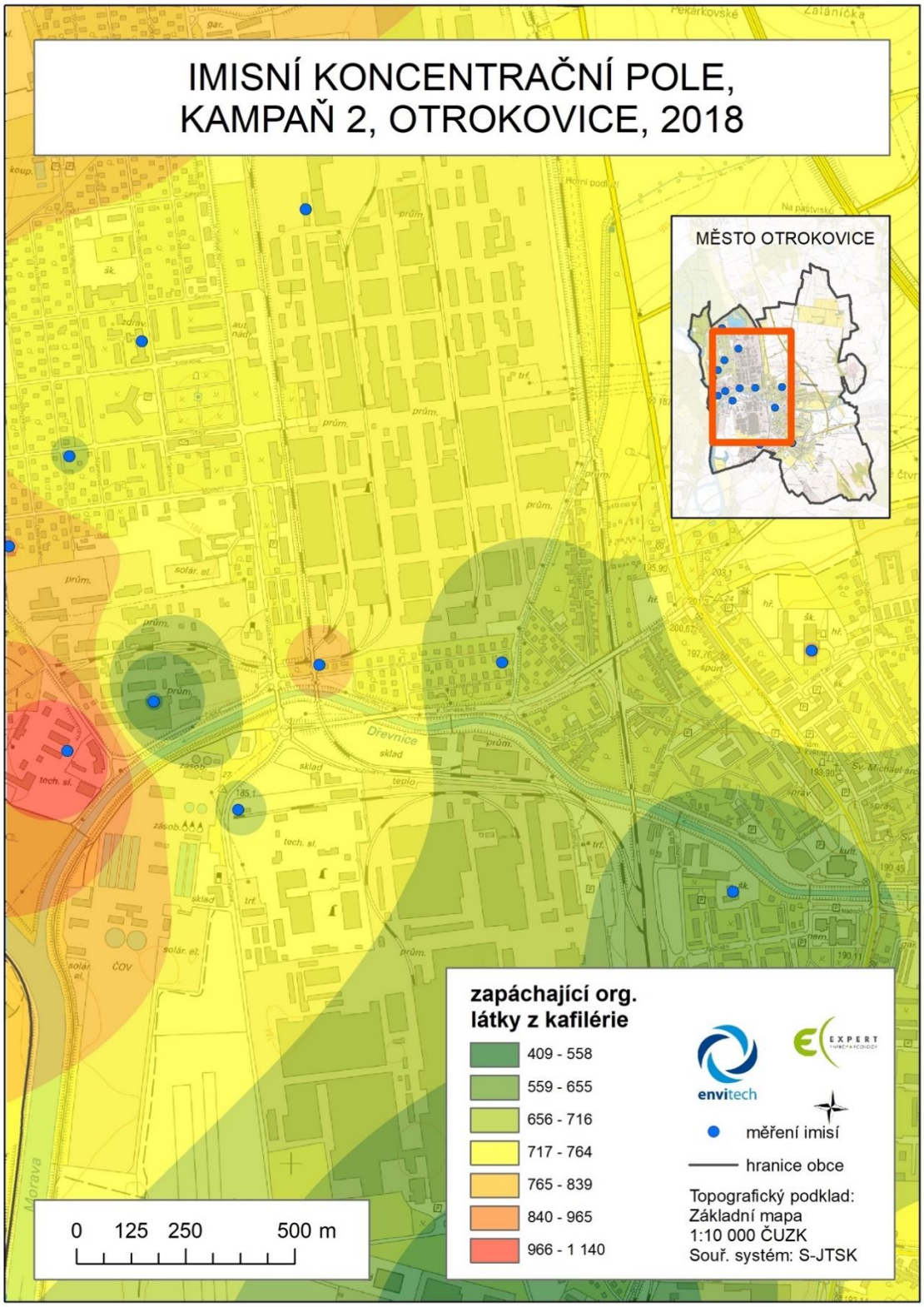
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



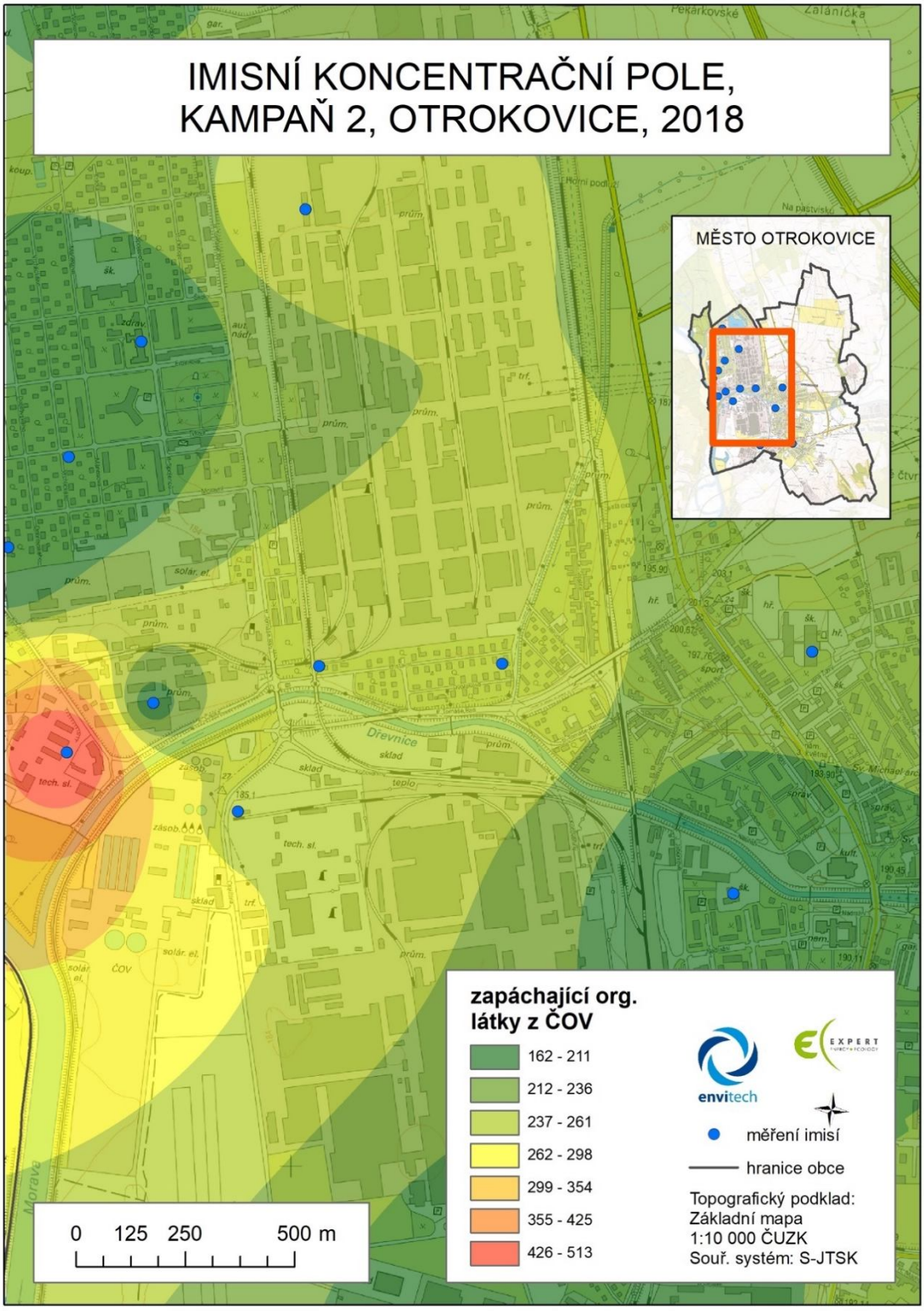
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



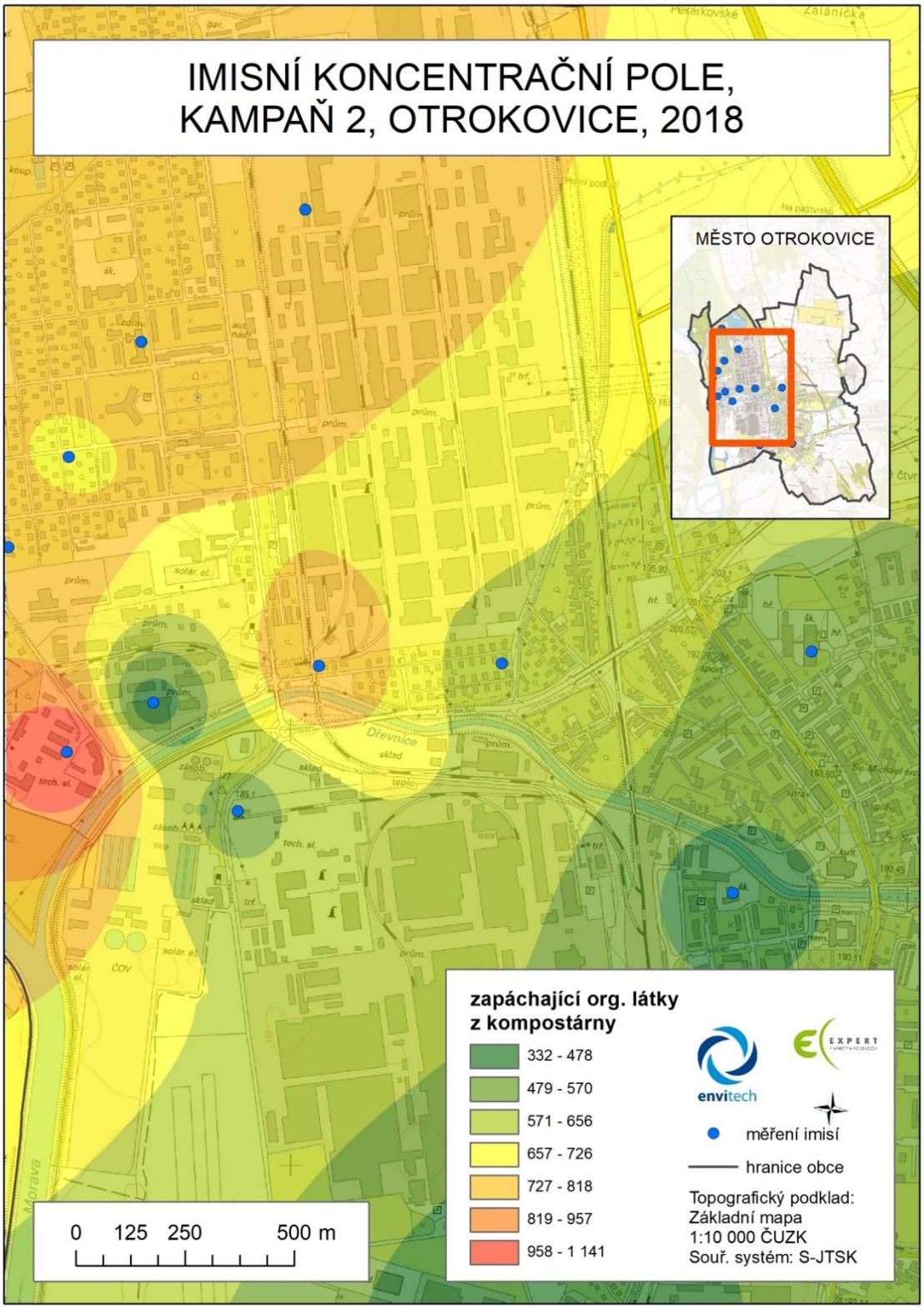
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



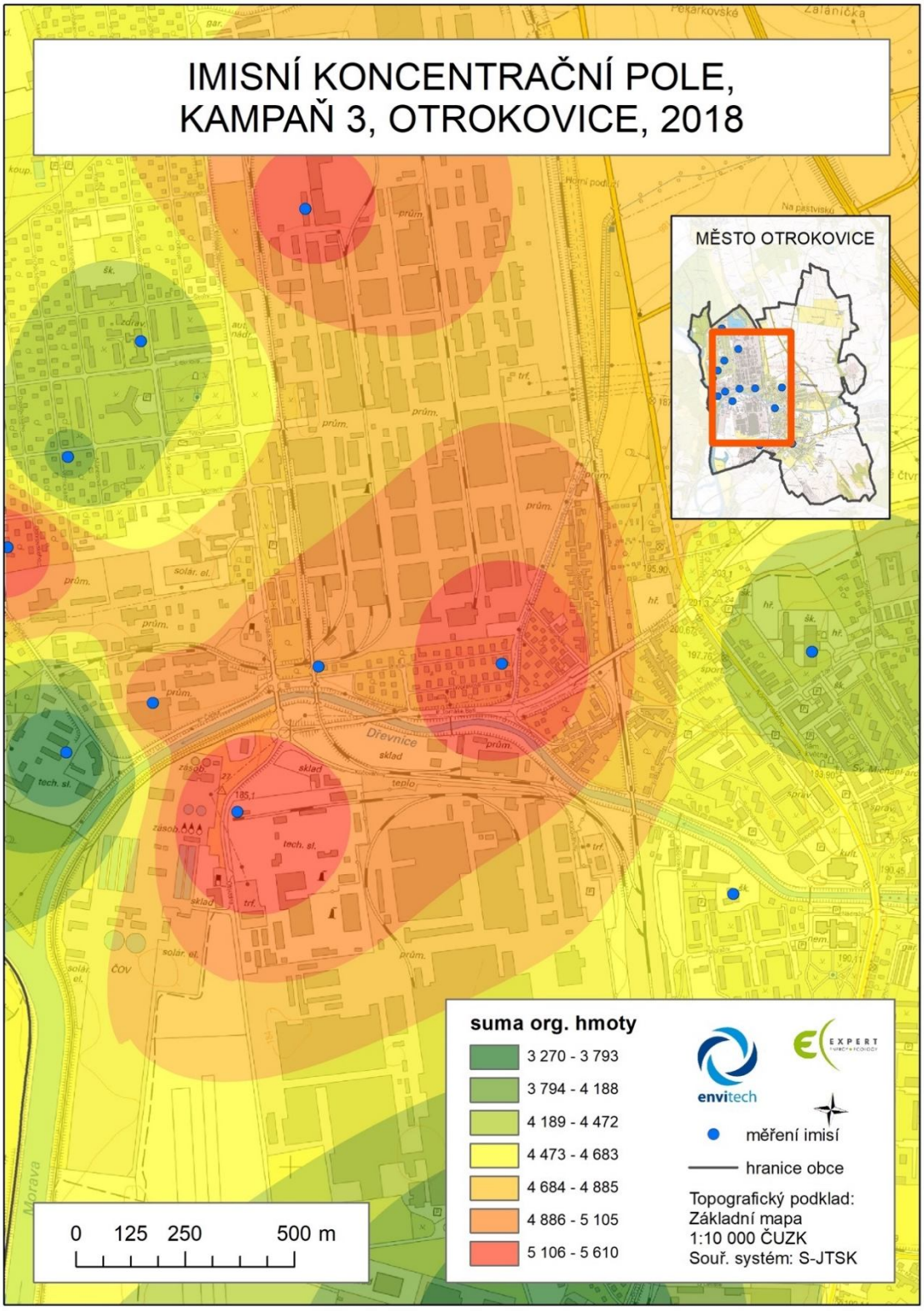
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100



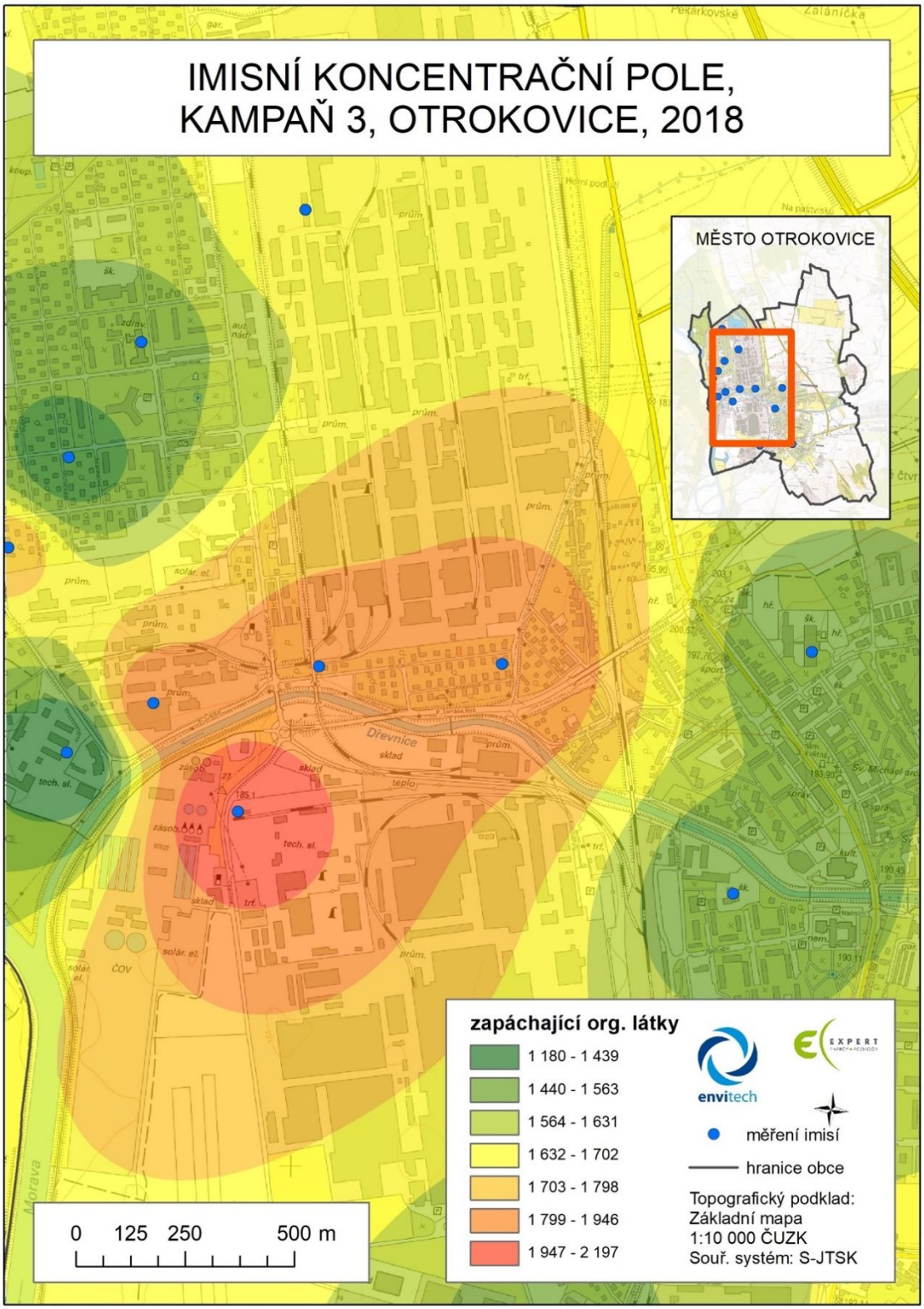
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



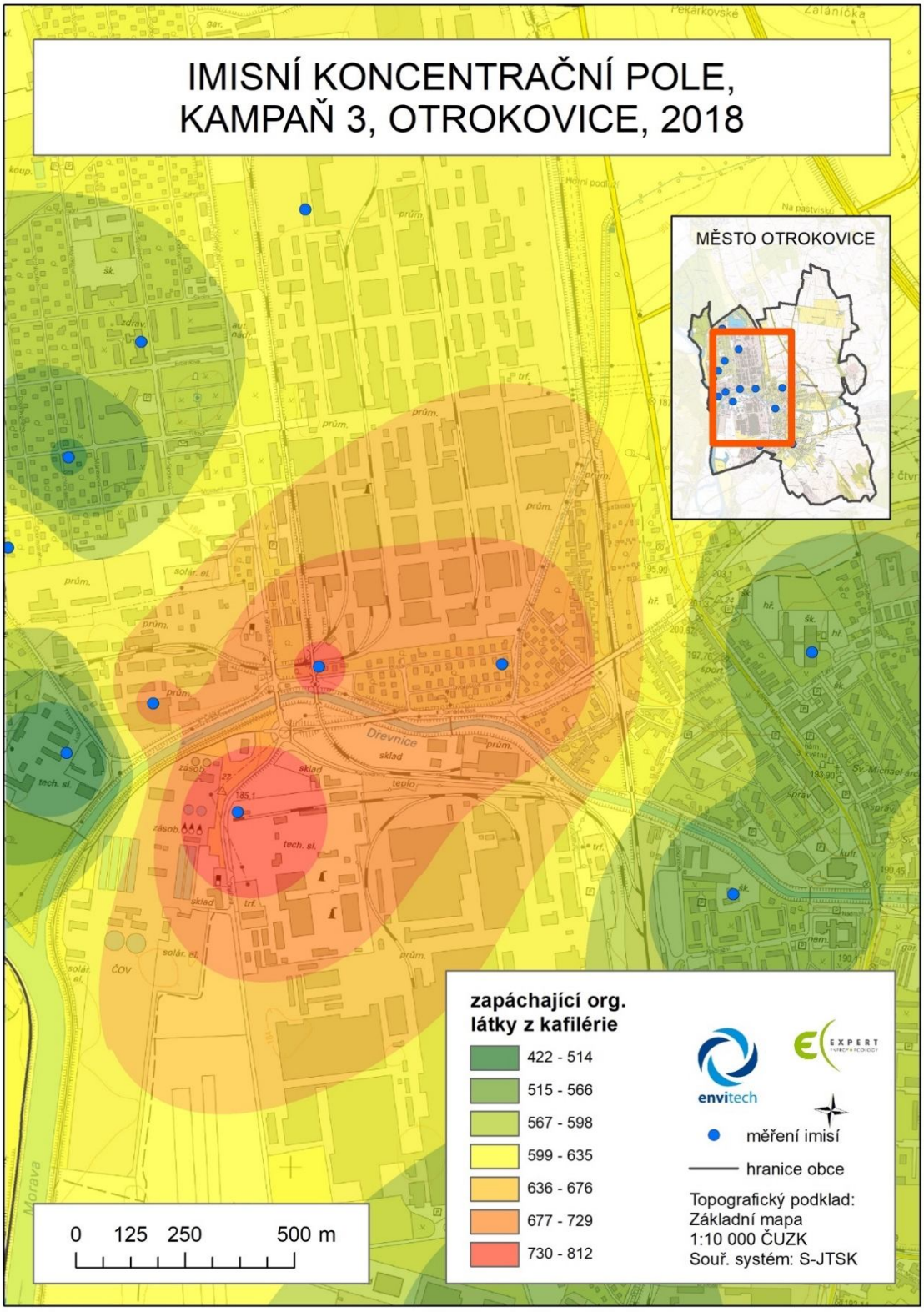
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100



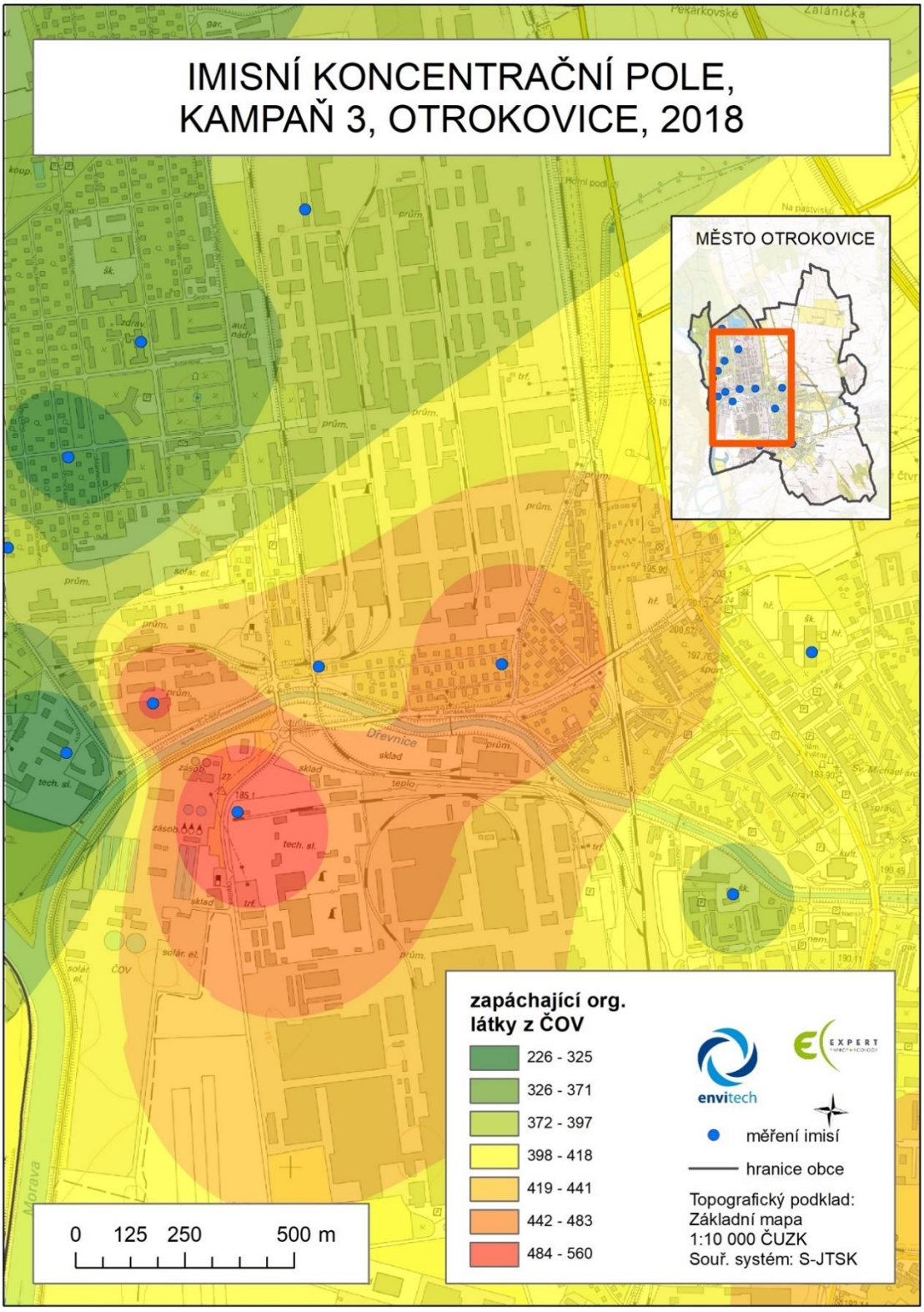
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



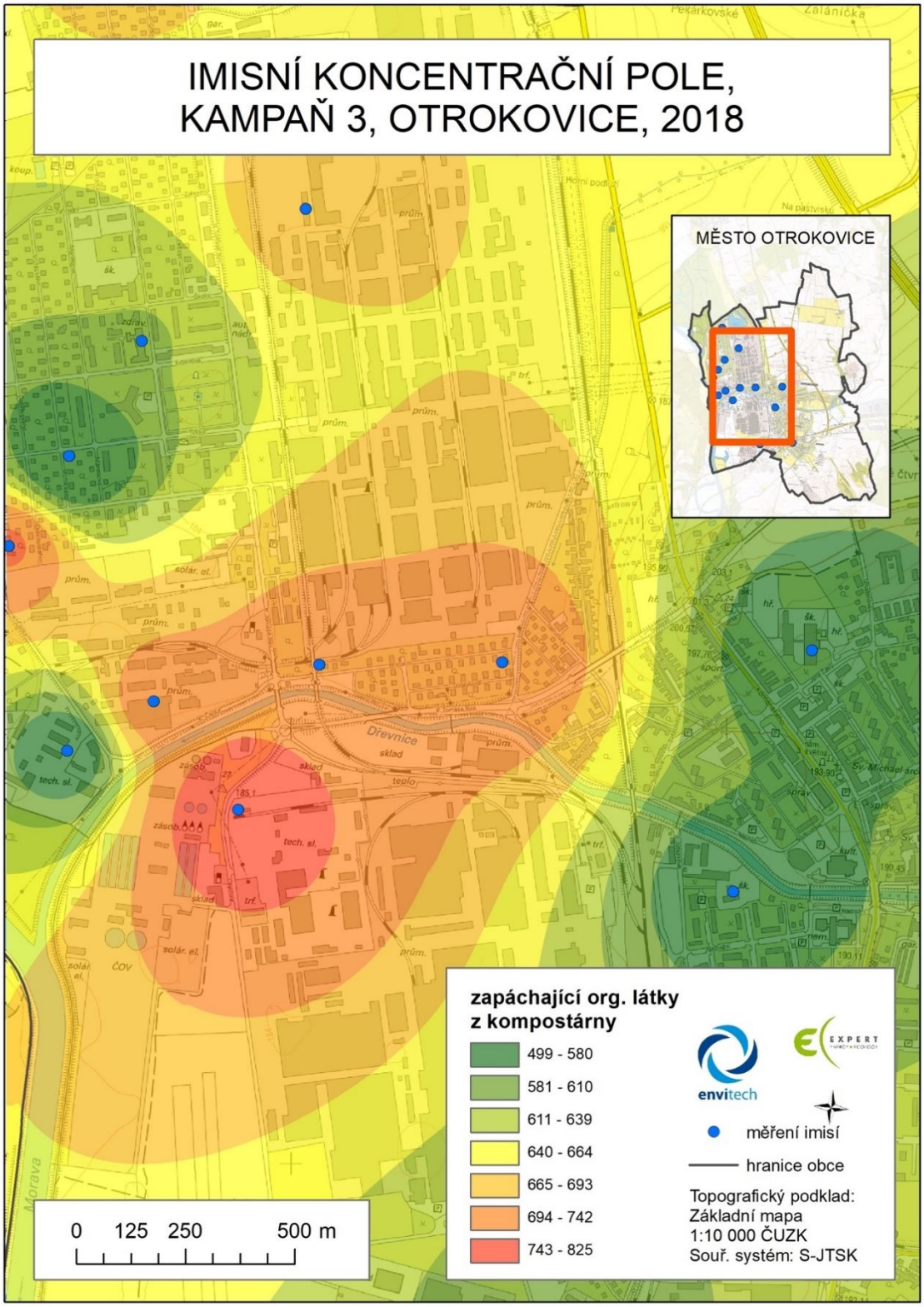
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



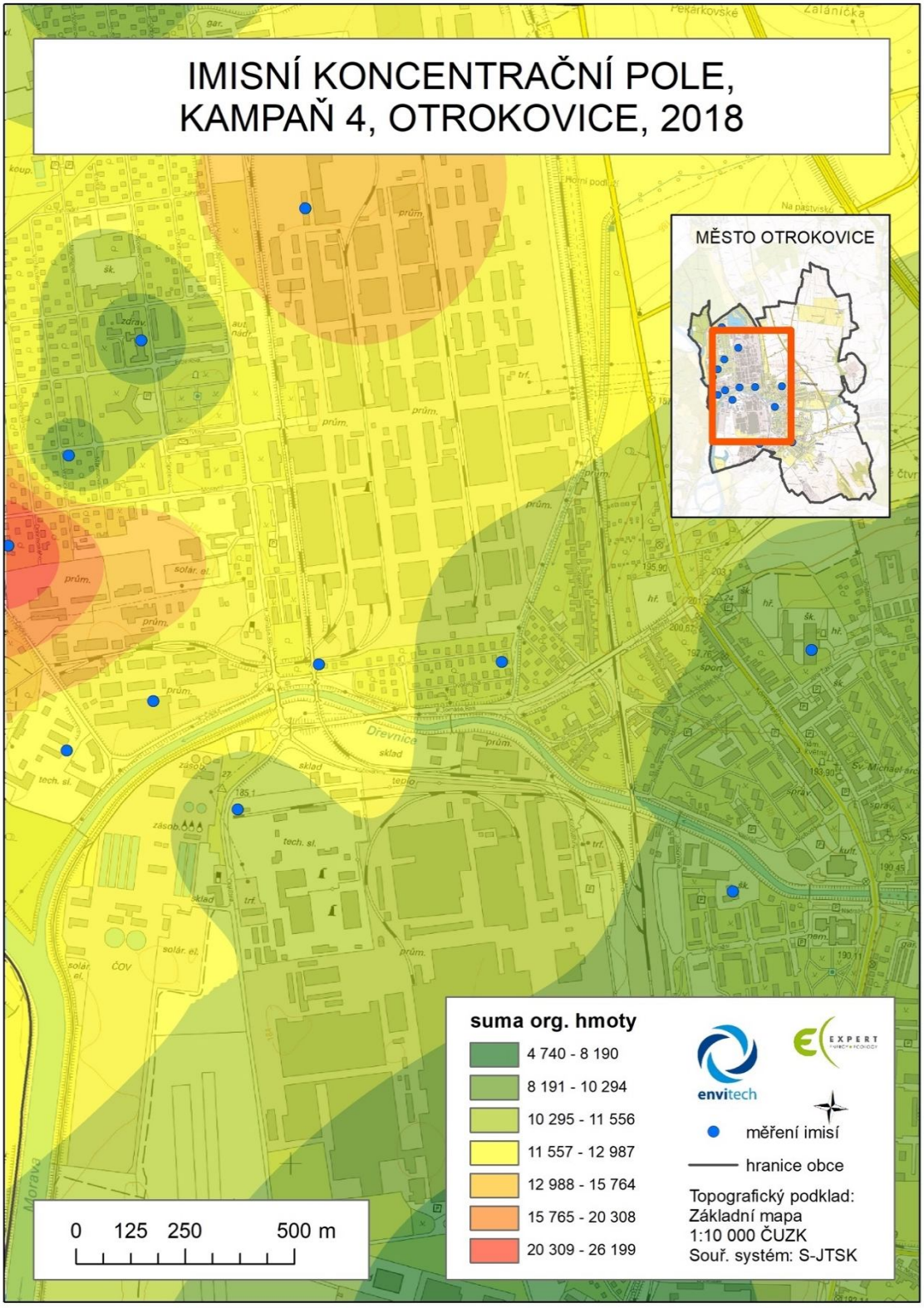
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



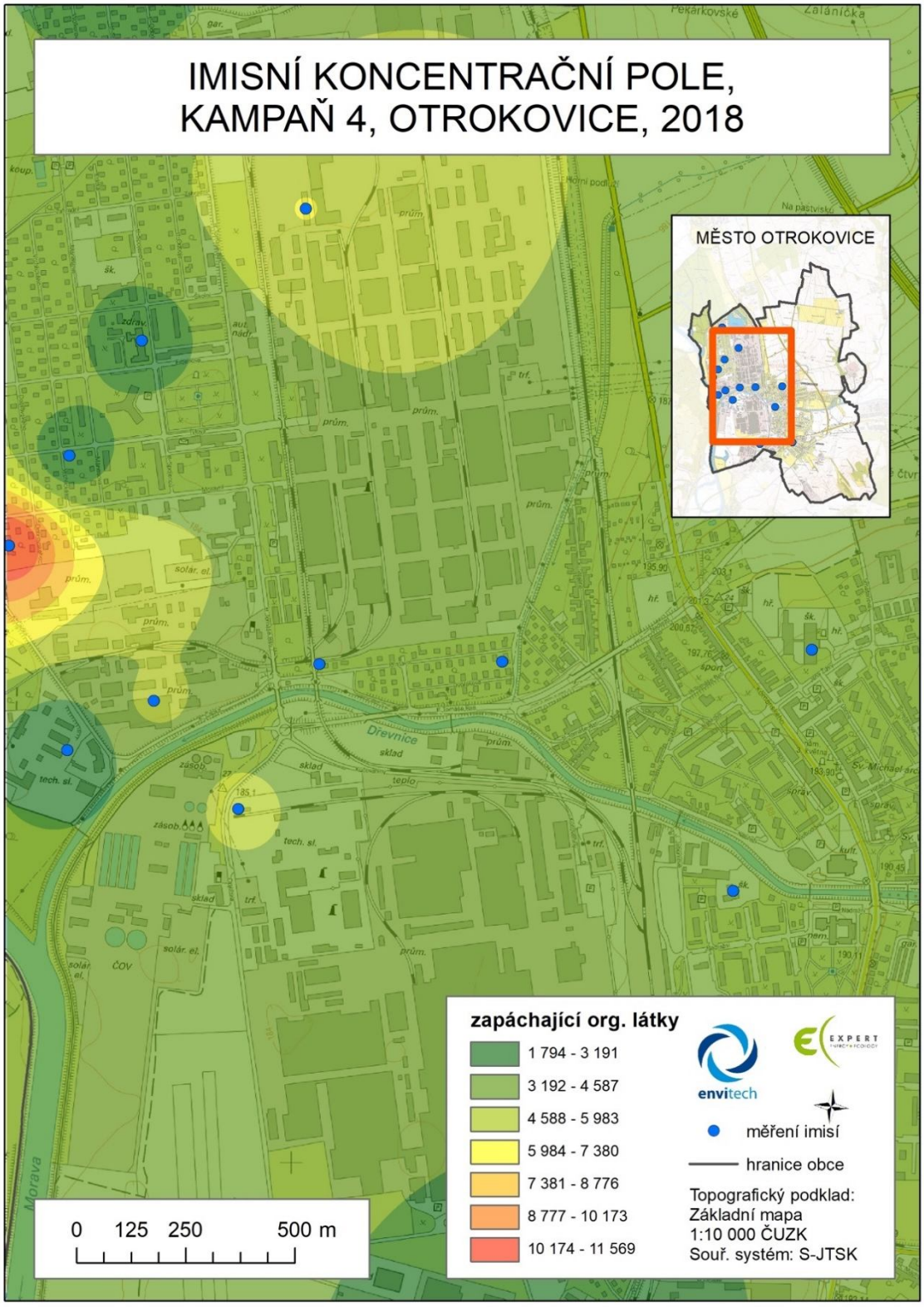
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



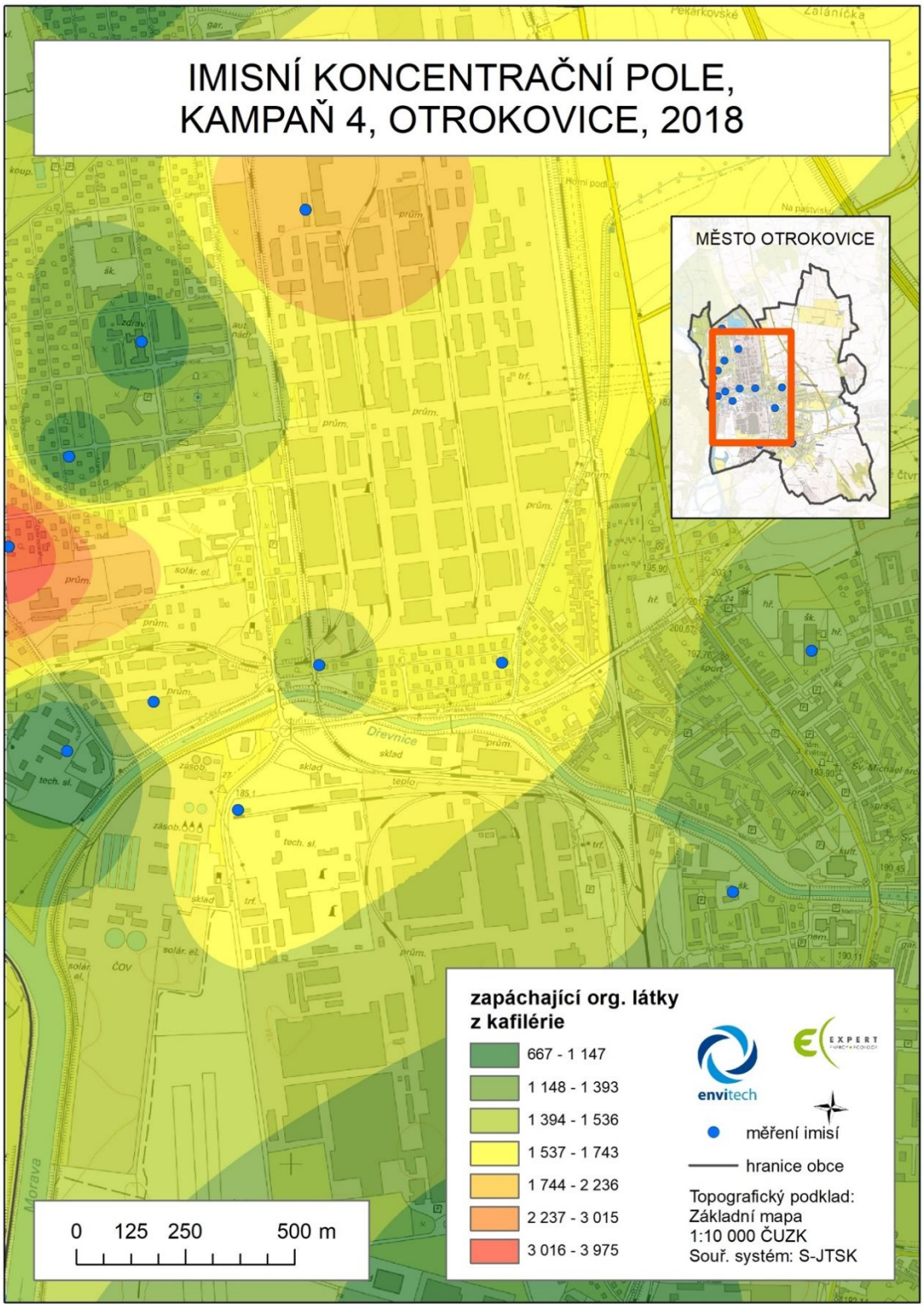
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100



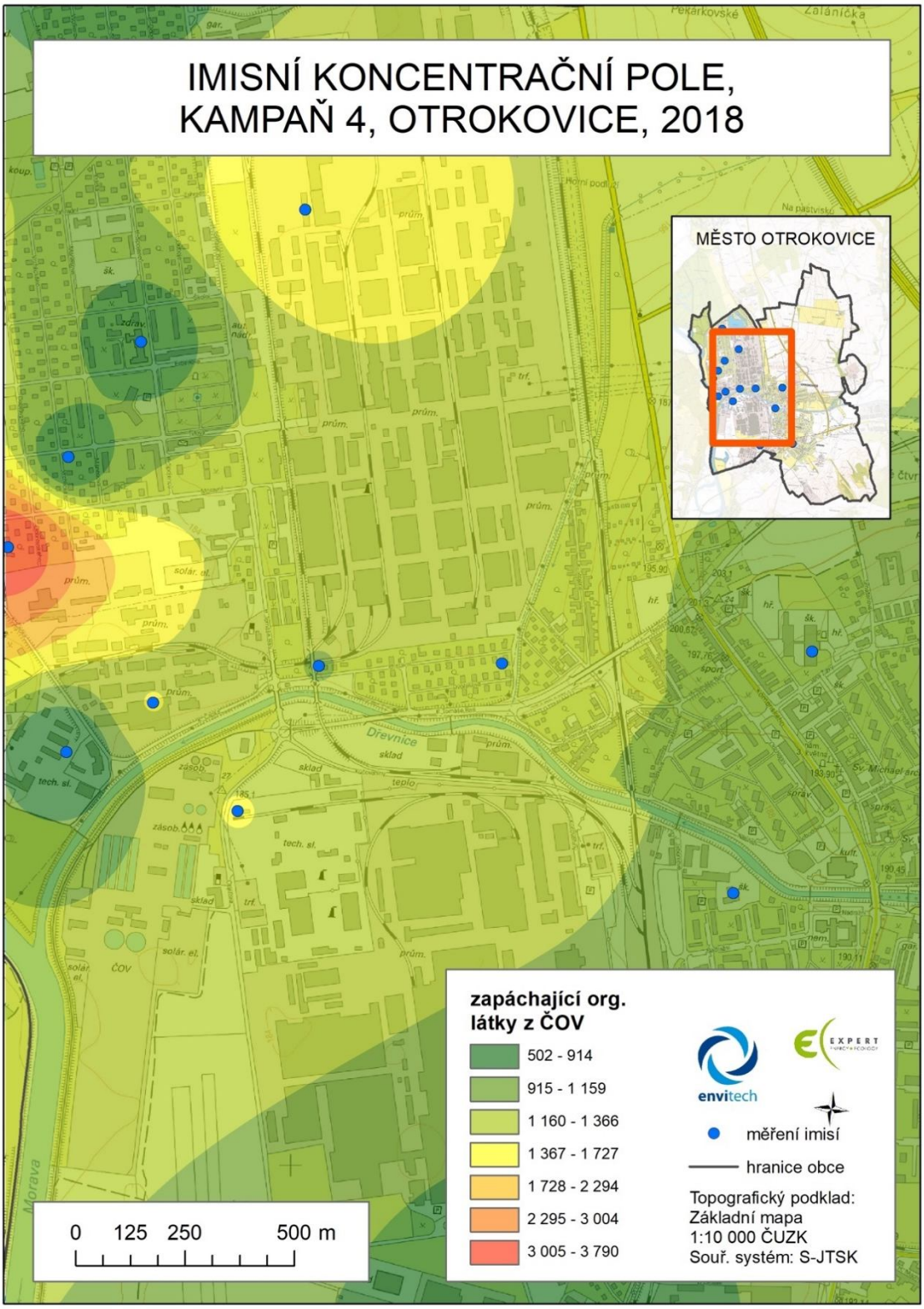
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



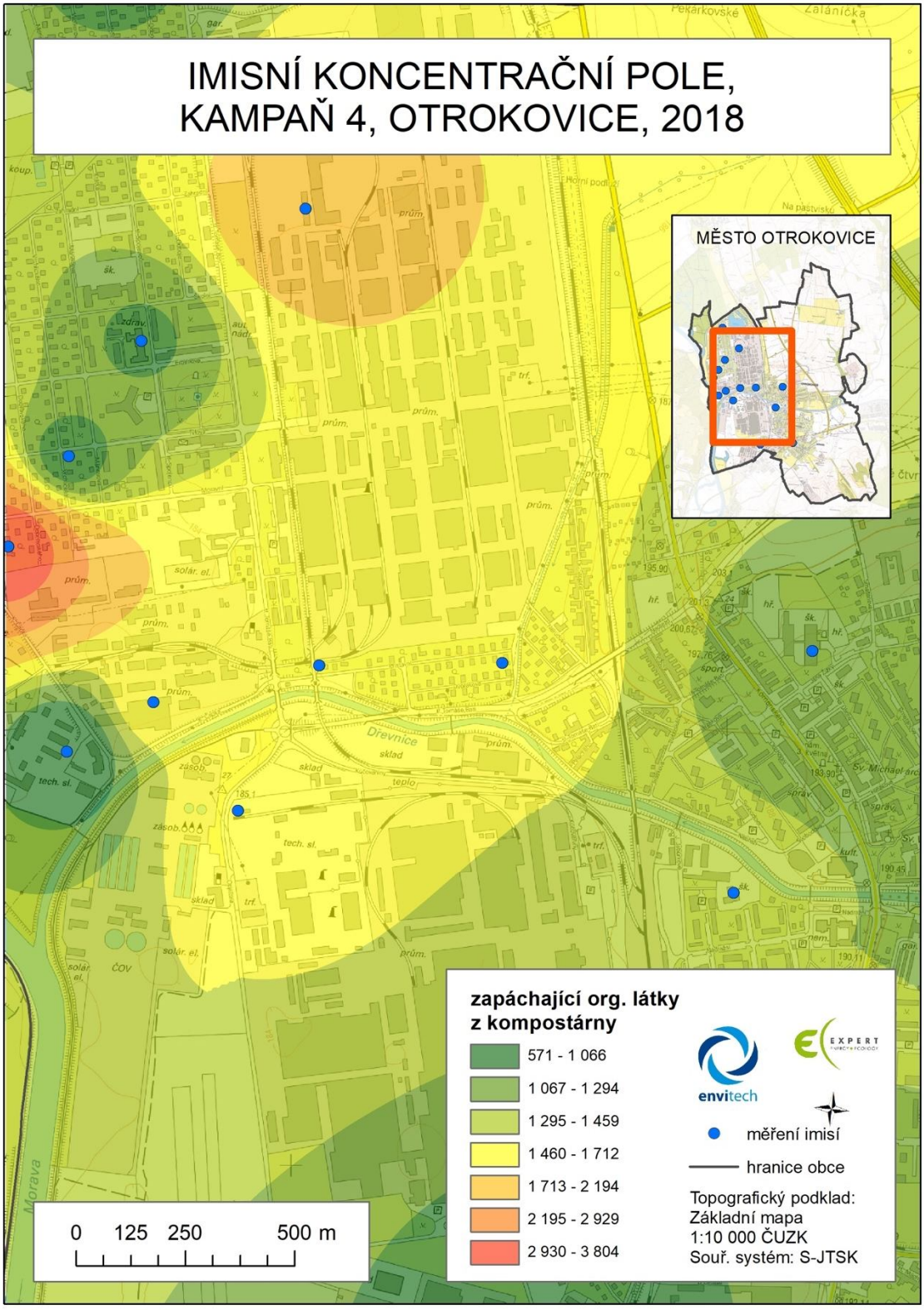
ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu



ENVItech Bohemia s.r.o., Ovocná 34, 161 00 Praha 6, Czech Republic
T +420 257 312 750, **F** +420 257 311 780, **E** eb@envitech.eu
IČ 47119209, **DIČ** CZ47119209, OR Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 12701
Bankovní spojení: KB Praha, č. ú.: 50905051/0100
www.envitech.eu

11. Závěry analytické části

- Ve vzorcích PM_{10} byly prokázány především SVOC
- VOC byly zjištěny v minoritních koncentracích. Některé z typických VOC pro dané průmyslové procesy (čištění odpadních vod, zpracování tuku, kompostování) nebyly vůbec detekovány (sulfan apod.). VOC nejsou selektivní z hlediska identifikace zdroje znečištění, neboť mohou být emitovány ze všech sledovaných technologií: provozu MAT, spol. s r.o., ČOV a nakládání s kaly, kompostování.
- VOC, které nebyly v odebraných vzorcích PM_{10} identifikovány, patří mezi tzv. neselektivní markery. Jedná se o organické sloučeniny, které jsou produkovány různými procesy a nelze je tak použít pro vzájemné rozlišení zdrojů. Z těchto sloučenin se jedná např. o sulfan, který je produkován současně kompostárnou, provozem MAT, spol. s r.o. i ČOV. K dalším zástupcům patří např. organické sloučeniny síry DMS, DMDS, akrylonitril.
- Pro identifikaci zdrojů znečištění byly použity selektivní markery (organické sloučeniny) a jejich fragmenty.
- Množství identifikovaných SVOC a VOC ve vzorcích PM_{10} se mění v závislosti na období odběru vzorků a změně klimatických podmínek.
- Metodika výpočtu znečištění, je založena na výpočtu sumy selektivních markerů identifikujících daný zdroj znečištění. Tato sumární koncentrace je poté vztažena k celkovému množství organické hmoty v PM_{10} a vyjádřena v %.
- **Provoz MAT, spol. s r.o. se podílí nejvyšší mírou na znečištění zápachovými sloučeninami** SVOC a VOC na většině vzorkovaných míst. Následuje kompostárna a ČOV.
- Průměrná procentuální míra znečištění zápachovými látkami z provozu MAT, spol. s r.o. je v průměru pro všechny kampaně 11,83 %.
- Průměrná procentuální míra znečištění zápachovými látkami je v průměru pro všechny kampaně ze zpracování odpadních vod 7,22 % a z kompostování 11,14 %.
- Částice frakce PM_{10} obsahují dále organické sloučeniny ze spalování biomasy, zpracování syntetických polymerů a pryže, biogenní hmotu, neznámou organickou hmotu a organické sloučeniny jako jsou pesticidy a musk sloučeniny. Ve sledovaném období nebyl detekovány významné koncentrace látek ze zpracování syntetických polymerů a pryže, jejich podíl byl v celkové hmotě částic frakce PM_{10} minoritní.

- Významné hodnoty koeficientu korelace mezi sírany a amonnými ionty, sírany a elementárním uhlíkem ve 4. vzorkovací kampani prokázaly, že tyto ionty pochází ze spalovacích procesů.

12. Seznam použitých zkratek

ČSN	Česká technická norma
OU_E	Evropská pachová jednotka
WHO	Světová zdravotnická organizace
VOC	Těkavé organické sloučeniny
PM_{10}	Prašné částice menší než 10 µm
$PM_{2.5}$	Prašné částice menší než 2,5 µm
ČOV	Čistírna odpadních vod
TSO	Technické služby Otrokovice
SIA	Sekundární organický aerosol
Py-GC/MS	Pyrolýzní plynová chromatografie s hmotnostně spektrometrickou detekcí
OC	Organický uhlík
EC	Elementární uhlík

TOA	Termicko-optická analýza
CC	Uhličitanový uhlík
TOT	Termicko-optická transmitance
MS	Hmotnostní spektrometrie
MS-GC	Hmotnostní spektrometrie – plynová chromatografie
NIST	National Institute of Standards and Technology (Národní institut norem a technologie)
BC	Black carbon (černý uhlík)
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky
PCDD/F	Polychlorované dibenzo-pdioxiny a dibenzofurany
OM	Organická hmota
TC	Celkový uhlík
SVOC	Semivolatilní organické sloučeniny
CPI	Carbon preference index (index preference uhlíku)
WNA	n-alkany odvozeny z vosků zelených rostlin
C	Uhlík
DMS	Dimethyl sulfid
DMDS	Dimethyl disulfid
DMDS	Dimethyl disulfid

12. Literatura

Alhabri B., Shareef M.M., Husain T., 2015. Study of chemical characteristics of particulate matter concentrations in Riyadh, Saudi Arabia. Atmospheric Pollution Research 6, 88-98.

Anet B., Lemasle M., Couriol C., Lendormi T., Amrane A., Le Cloirec P., Cogny G., Fillières R., 2013. Characterization of gaseous odorous emissions from a rendering plant by GC/MS and treatment by biofiltration. Journal of Environmental Management 128, 981-987.

Arlton A.G., Wiedinmyer C., Kross J.H., 2009. A review of Secondary Organic Aerosol (SOA) formation from isoprene. Atmospheric Chemistry and Physics 9, 4987-5005.

Bourotte CH.L.M., Sanchéz-CCoyllo D.R., Forti M.C., Melfi A.J., 2011. Chemical composition of atmospheric particulate matter soluble fraction and meteorological variables in São Paulo state Brazil. Revista Brasileira de Meteorologia, v.26, n.3, 419 – 432.

Cai L., Koziel J.A., Lo Y.-Ch., Hoff S.J., 2006. Characterization of volatile organic compounds and odorants associated with swine barn particulate matter using solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry–olfactometry. Journal of Chromatography A, 1102 (2006) 60–72.

Cavalli F., Viana M., Yttri K. E., Genberg J., Putaud J.-P., 2010. Toward a standardized thermal-optical protocol for measuring atmospheric organic and elemental carbon: The EUSAAR protocol. Atmospheric Measurement Techniques. 3, 79-89.

Dall'Osto, M., Booth, M. J., Smith, W., Fisher, R. and Harrison, R.M., A Study of the size distributions and the chemical characterization of airborne particles in the vicinity of a large integrated steelworks, *Aerosol Sci. Tech.*, Vol. 42, No. 12, 981-991, 2008.

Defoer N., De Bo I., Van Langenhove H., Dewulf J., Van Elst T., 2002. Gas chromatography–mass spectrometry as a tool for estimating odour concentrations of biofilter effluents at aerobic composting and rendering plants. Journal of Chromatography A, 970, 259–273.

Deng W.-Y., Yan J.-H., Li X.-D., Wang F., Zhu X.-W., Lu S.-Y., Cen K.-F., 2009. Emission characteristics of volatile compounds during sludges drying process. Journal of Hazardous Materials 162 (2009) 186–192.

Dincer F, Muezzinoglu A., 2006. Chemical characterization of odors due to some industrial and urban facilities in Izmir, Turkey, Atmospheric Environment 40 (2006) 4210–4219.

Feng Y., Chen Y., Guo H., Zhi G., Xiong S.L., Sheng J.G., Fu, J., 2009. Characteristics of organic and elemental carbon in $PM_{2.5}$ samples in Shanghai, China. Atmospheric Research 92, 434-442

Gatari M.J., Boman, J., 2003. Black carbon and total carbon measurements at urban and rural sites in Kenya, East Africa. Atmospheric Environment 37, 1149-1154.

Grivas G., Cheristanidis S., Chaloulakou, A., 2012. Elemental and organic carbon in the urban environment of Athens. Seasonal and diurnal variations and estimates of secondary organic carbon. Science of The Total Environment 414, 535-545.

Han Z., Qi F., Wang H., Liu B., Shen X., Song Ch., Bao Z., Zhao X., Xu Y., Sun D., 2018. Emission characteristics of volatile sulfur compounds (VSCs) from a municipal sewage sludge aerobic composting plant. Waste Management Waste Management 77, 593–602

Higgins, M.J., Chen, Y.-C., Yarosz, D.P., Murthy, S.N., Maas, N.A., Glindemann, D., Novak, J.T., 2006. Cycling of volatile organic sulfur compounds in anaerobically digested biosolids and its implications for odors. Water Environ. Res. 78, 243– 252.

Chen, L., Xin-Wu, W., 2010. Reduction of ammonia, hydrogen sulfide, and short chain fatty acids emission during the sewage sludge composting. CLEAN - Soil, Air, Water 38, 998–1005.

Cheng W.-H., Hsu S.-K., Chou M.-S., 2008. Volatile organic compound emissions from wastewater treatment plants in Taiwan: Legal regulations and costs of control. Journal of Environmental Management 88, 1485–1494.

Chow, J.C, Watson, J.G., Lowenthal, D.H., Chen, L.A., Motallebi, N., 2010. Black and organic carbon emission inventories: review and application to California. Journal of the Air & Waste Management Association 60, 497-507.

Johansson K.O., Dillstrom T., Monti M., El Gabaly F., Campbell M.F., Schrader P.E., Popolan-Vaida D.M., Richards-Henderson N.K., Wilson K.R., Violi A. , Michelsen H.A. Formation and emission of large furans and oxygenated hydrocarbons from flames. PNAS, July 26, 2016, vol. 113, no. 30. 8374–8379

Lammel G., Cape J.N., 1996. Nitrous Acid and Nitrite in the Atmosphere. Chemical society reviews. 361-369.

Li, X. H., S. X. Wang, L. Duan, J. M. Hao, C. Li, Y. S. Chen, and L. Yang (2007), Particulate and trace gas emissions from open burning of wheat straw and corn stover in China, Environ. Sci. Technol., 41, 6052–6058, doi:10.1021/es0705137.

Lomans, B.P., Drift, C.V.D., Pol, A., Camp, H.J.M.O.D., 2002. Microbial cycling of volatile organic sulfur compounds. Cell. Mol. Life Sci. 45, 55–60.

Luo, J., Van Oostrom, A.J., 1997. Biofilters for controlling animal rendering odour a pilot scale study. Pure and Applied Chemistry 69, 2403-2410.

Luo, J., Lindsey, S., 2006. The use of pine bark and natural zeolite as biofilter media to remove animal rendering process odours. Bioresource Technology 97,1461-1469.

Malm W.C., Schichtel B. A., Pitchford M.L., Ashbaugh L.L., Eldred R.A., 2004. Spatial and monthly trends in speciated fine particle concentration in the United States. Journal of Geophysical Research 109, D03306.

Mustafa M.F., Liu Y., Duan Z., Guo H., Xu S., Wang H., Lu W., 2017. Volatile compounds emission and health risk assessment during composting of organic fraction of municipal solid waste. Journal of Hazardous Materials 327, 35–43.

Pagans E., Font X., S´anchez A., 2006. Emission of volatile organic compounds from composting of different solid wastes: Abatement by biofiltration. Journal of Hazardous Materials B131 (2006) 179–186.

Ruth, JH. Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances a review. Am Ind Hyg Assoc J 1986;47:142-51.

Saarikoski S., Timonen H., Saarnio K., Aurela M., Järvi L., Keronen P., Kerminen V.-M., Hillamo R., 2008. Sources of organic carbon in fine particulate matter in northern European urban air. Atmospheric Chemistry and Physics 8, 6281-6295.

Sánchez-Monedero M.A., Fernández-Hernández A., Higashikawa F.S., Cayuela M.L., 2018. Relationships between emitted volatile organic compounds and their concentration in the pile during municipal solid waste composting. Waste Management 79, 179–187.

Schwarz J., Chi X., Maenhaut W. Civiš M., Hovorka J., Smolík J., 2008. Elemental and organic carbon in atmospheric aerosols at downtown and suburban sites in Prague. Atmospheric Research 90, 287-302.

Schwarz, J., Cusack, M., Karban, J., Chalupníčková, E., Havránek, V., Smolík, J., Ždímal, V., 2016. $PM_{2.5}$ chemical composition at a rural background site in Central Europe, including correlation and air mass back trajectory analysis. *Atmos. Res.* Vol. 176-177, 108-120.

Sillanpää M., Frey A., Hillamo R., Pennanen A.S., Salonen, R.O. 2005. Organic, elemental and inorganic carbon in particulate matter of six urban environments in Europe. Atmospheric Chemistry and Physics 5, 2869-2879.

Sironi, S., Capelli, L., Céntola, P., Del Rosso, R., Grande, M.I., 2007. Odour emission factors for assessment and prediction of Italian rendering plants odour impact. Chemical Engineering Journal 131, 225-231.

Shareefdeen, Z.,Herner, B.,Webb, D.,Verhaeghe, L.,Wilson, S., 2005a.Anodor predictive model for rendering applications. Chemical Engineering Journal 113, 215-220.

Shareefdeen, Z., Singh, A., Popov, V., Zhukov, V., 2005b. Odor Removal in Industrial Facilities Biotechnology for Odor and Air Pollution Control. Springer, Berlin, Heidelberg, 305-326.
Higgins et al., 2006, Lomans et al., 2002).

Schaap M., van Loon M. , ten Brink H.M. , Dentener F.J., Builtjes P.J.H., 2004. Atmospheric Chemistry and Physics Secondary inorganic aerosol simulations for Europe with special attention to nitrate. Atmos. Chem. Phys., 4, 857–874.

Sunset laboratory Inc., 2005. Semi-continuous OCEC carbon aerosol analyzer. 96 s.
Szramowiat K., Styszko K., Kistler M., et al., 2016. Carbonaceous species in atmospheric aerosols from the Krakow area (Malopolska District): carbonaceous species dry deposition analysis. E3S Web of Conferences 10, 00092.

Talaiekhozani A., Bagheri M., Goli A., Reza M., Khoozani T.,, 2016. An overview of principles of odor production, emission, and control methods in wastewater collection and treatment systems. Journal of Environmental Management 170 , 186-206.

Turpin B. J., Lim H.-J., 2001. Species contributions to $PM_{2.5}$ mass concentrations: Revisiting common assumptions for estimating organic mass. Aerosol Science and Technology 35, 602- 610.

Vodička P., Schwarz J., Ždímal V., 2013. Analysis of one year's OC/EC data at a Prague suburban site with 2-h time resolution. Atmospheric Environment 77, 865-872.

Yttri K.E., Aas W., Bjerke A., et al., 2007. Elemental and organic carbon in PM_{10}: a one year measurement campaign within the European Monitoring and Evaluation Programme EMEP. Atmospheric Chemistry and Physics 7, 5711-5725.

Plaza, J., Artñano, B., Salvador, P., Gómez-Moreno, F.J., Pujadas, M. and Pio, C.A., 2011. Short-term secondary organic carbon estimations with a modified OC/EC primary ratio methods at suburban site in Madrid (Spain). Atmospheric Environment 45, 2496-2506.

Xiu, G., Zhang, D., Chen, J., Huang, X., Chen, Z., Guo, H. and Pan, J., Characterization of major water-soluble inorganic ions in size-fractionated particulate matters in Shanghai campus ambient air, *Atmos. Environ*., Vol. 38, No. 2, 227-236, 2004.

Vesilind, P.A., 1982. Environmental Pollution and Control. ANN Arbor Science .

Wang S., Nan J., Shi CH., Fu Q., Gao S., Wang D., Cui J., Saiz-Lopez A., Zhou B., 2015. Atmospheric ammonia and its impacts on regional air quality over the megacity of Shanghai, China, Sci Rep. 2015; 5: 15842.

Weng H., Dai Z., Ji Z., Gao C., Liu Ch., 2015. Release and control of hydrogen sulfide during sludge thermal drying. Journal of Hazardous Materials 296, 61–67.

Zhang, H., Li, G., Gu, J., Wang, G., Li, Y., Zhang, D., 2016. Influence of aeration on volatile sulfur compounds (VSCs) and NH_3 emissions during aerobic composting of kitchen waste. Waste Manage. 58, 369–375.

Zhang, H., Schuchardt, F., Li, G., Yang, J., Yang, Q., 2013. Emission of volatile sulfur compounds during composting of municipal solid waste (MSW). Waste Manage. 33, 957–963.

Zhao, J., Zhang, F., Xu, Y. and Chen, J., Characterization of water-soluble inorganic ions in size-segregated aerosols in coastal city, Xiamen, *Atmos. Res.*, Vol. 99, No. 3-4, pp. 546-562, 2011.

Příloha č. 1: Popis organických látek v PM_{10}

Příloha č. 1: Popis organických látek v PM_{10}

Alkany, alkeny a alkiny

Alkany jsou nasycené uhlovodíky s molekulou bez násobných vazeb (dvojných a/nebo trojných) mezi atomy uhlíku (v uhlíkovém řetězci). V přírodě se nejčastěji vyskytují alkany s nerozvětveným řetězcem (n-alkany) nebo alkany s methylovými skupinami poblíž konce řetězce (isoalkany a anteisoalkany). V přírodě se vyskytující alkany obvykle obsahují více než 30 uhlíků ve svém řetězci. Zastoupení n-alkanů v imisích se mění v závislosti na teplotě spalování. N-alkany jsou poměrně málo stabilní při vysokých teplotách (Eckmeier, 2009). Během uhelnatění biomasy v rámci nedokonalého spalování jsou dlouhé n-alkany silně redukovány. Původ n-alkanů, ale také n-alkanalů a n-alkanonů, lze rozlišit pomocí CPI indexu (carbon preference index). Hodnota CPI indexu pro n-alkany pocházející z vegetace je CPI>6, n-alkany odvozené z ropy mají hodnotu CPI okolo 1.

$$CPI=(C_{15}+C_{17}+C_{19}+C_{21}+C_{23}+C_{27}+C_{29}+C_{31}+C_{33}+C_{35})/(C_{14}+C_{16}+C_{18}+C_{20}+C_{22}+C_{24}+C_{26}+C_{28}+C_{30}+C_{32}+C_{34})$$

Rostlinný původ n-alkanů lze zjistit i na základě následujícího výpočtu:

$$WNA = C_n-(C_{n-1}+C_{n+1})/2$$

Kde: WNA – n-alkany odvozeny z vosků zelených rostlin, ΣNA – celková koncentrace n-alkanů

Alkany odvozené z rostlinných vosků převážně obsahují více než 27 uhlíků ($>C_{27}$), obvyklé rozmezí je C_{27}-C_{33}, přičemž dominantní zastoupení má C_{29} a C_{31}. Alkany z rostlinných vosků vykazují vysoký CPI index (Li et al., 2006).

Alkeny obsahují ve své struktuře jednu nebo více dvojných vazeb. Tyto sloučeniny se mohou vyskytovat u mikroorganismů, rostlin, hub i savců. Alkany a alkeny vznikají dekarboxylací odpovídajících nasycených nebo nenasycených mastných kyselin. Alkany a alkeny mohou být následně hydroxylovány za vzniku alkoholů, které mohou být ještě dehydrogenovány za vzniku

ketonů. Alkany a alkeny jsou důležitou součástí kutikuly, což je voskovitý povlak nadzemních rostlinných orgánů, který slouží k ochraně rostliny před vnějšími vlivy.

Aldehydy a ketony

Alkanaly = alifatické aldehydy, které na konci řetězce obsahují aldehydickou skupinu nebo hydroxyskupinu. Vznikají postupnou redukcí mastných kyselin. Např. 1-triakontanol je růstový stimulant některých rostlin. Alifatické alkoholy s delším řetězcem jsou součástí vosků. Alkanaly s počtem uhlíku menším než 20 jsou obvykle biogenního původu. Typické n-alkanoly vyšších terestrických rostlin vykazují počet uhlíku C_{16} až C_{34}.

Ketony (alkanony) jsou organické sloučeniny obsahující karbonylovou skupinu (C=O), se strukturním vzorce $R_1R_2C=O$. Ve spalinách z listnatých stromů i konifer se vyskytují alkanony (n-alkan-2-on) s počtem uhlíků od C_{16} do C_{33} s velkou převahou lichých uhlíků nad sudými uhlíky. Nejčastěji se vyskytují ve sloučeninách s počtem uhlíků v rozmezí od 21 do 27. Ketony jsou ve spalinách z konifer zastoupeny nordehydroabietalem, dehydroabietalem, 7-oxoabiet-13-en, 3-oxoabieta-6,8,11,13-tetraenem, kampesteronem, sitosterolem a 24-ethylcholesta-4,6-dien-3-on.

Karboxylové kyseliny

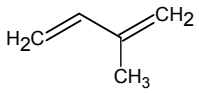
Jako ***mastné kyseliny*** se označují vyšší monokarboxylové kyseliny. Karboxylové kyseliny jsou základními jednotkami rostlinných tuků, olejů a fosfolipidů. Nejvíce se objevují zástupci vyšších mastných kyselin - kyselina lignocerová (tetrakosanová - $CH_3(CH_2)_{22}COOH$.) a kyselina kapronová [hexadekanová - $CH_3(CH_2)_{14}COOH$] (Fine et al., 2004).

Ve spalinách vznikajících při spalování listnatého dřeva se vyskytují kyseliny s počtem uhlíků v rozmezí C_8-C_{32} se silnou převahou sudých uhlíků nad lichými uhlíky. Ve spalinách ze spalování černého uhlí jsou přítomny n-alkanové kyseliny (CPI=4,5-34,8) s rozsahem C_9 až C_{26} a n-alkenové kyseliny (C_9-C_{16}). Alkanové kyseliny vznikají degradací jejich methylesterů nebo pocházejí z rozkladu n-alkanolů. Ve spalinách vznikajících při spalování konifer se vyskytují kyseliny s počtem uhlíků od C_7 do C_{34} se silnou převahou sudých uhlíků nad lichými. Největší zastoupení mají alkanové kyseliny od C_{12} do C_{18} (n-dodekanová kyselina, n-tetradekanová kyselina, n-pentadekanová kyselina, n-hexadekanová kyselina, n-oktadekanová kyselina). Předpokládá se,

že kyseliny <C_{20}, které se vyskytují v ovzduší, jsou mikrobiálního původu (Radzi et al., 2004). Z dikarboxylových kyselin se ve spalinách ze spalování dřeva objevují kyseliny 9,1-oktadekadienová, heptandiová, ketokarboxylová a z hydroxykyselin kyselina glykolová.

Izoprenoidy

Jedná se o organické sloučeniny rostlinného (i živočišného) původu. Jsou odvozeny od izoprenu (2-methylbuta-1,3-dien). Obsahují 2 a více izoprenových jednotek (vždy 5 atomů C). Izopren je syntetizován mnoha rostlinami.

Izopren 

Dělí se na

- terpenoidy (terpeny)
- steroidy (deriváty triterpenu)

Triterpenoidy jsou deriváty triterpenů. Terpeny jsou podstatnou součástí silic (éterických olejů). Jsou to těkavé vonné látky obsažené v listech, plodech, květech, oddencích i kořenech rostlin. Také rostlinné pryskyřice obsahují látky terpenické povahy. Jsou velmi důležitými biomarkery pro mnoho vyšších rostlin, zvlášť pro listnaté stromy. Nejvíce zastoupené triterpenoidní biomarkery zahrnují termické alterační (oxidační) produkty se skelety lupanu, oleanu a ursanu. Z triterpenoidů se ve spalinách při spalování dřeva z konifer vyskytuje taraxeron, β-amyrin, α-amyron, α-amyrin, lupeol, friedelan, ursolová kyselina. Zastoupení jednotlivých di- a triterpenoidů se liší i v rámci druhu dřeviny.

Diterpenoidy jsou hlavními biomarkery, které jsou přítomné ve spalinách z jehličnatých dřevin. Diterpenoidy – pimarany, isopimarany a abietany jsou významnými biomarkery vyšších rostlin, zvláště konifer. Ve spalinách se vyskytuje iso-pimarová kyselina, pimarová kyselina, isopimara-8,15-dien-18-ová kyselina, methylisopimát, sandarakopimarová kyselina, abieta-6,8,11,13-tetraen-18-ová kyselina, abieta-8,11,13,15-tetraen-18-ová kyselina, 15,16,17-trisnordehydroabietová kyselina, 16,17-bisnordehydroabietová kyselina, 18-/19-norbaieta-

6,8,11,13-tetraen, 1-norabieta-8,11,13-trien, 18-/19-norabieta-4-(19),8,11,13-tetraen, 18-norabieta-8,11,13-trien, dehydroabietan, simonelit, 1,2,3-tetrahydroreten, isomer simonelitu, 18-norbieta-8,11,13-trien-7-on, 10α-9,10-sekodehydroabietová kyselina, reten, 19-borabieta-8,11,13-trien-7-on, palustrol (abieta-8,13-dienol), 10β-9,10-sekodehydroabietová kyselina, abietol (abieta-7,13-dienol), dehydroabietinal, dehydroabietol, abieta-8,11,13-trien-7-on, methyldehydroabietan, methylabietan, abieta-6,8,11,13-tetraenová kyselina, abietová kyselina, abieta-8,11,13,15-tetraenová kyselina, 15-hydroxydehydroabietová kyselina, methyl-7-oxodehydroabietan, a abietová kyselina (pryskyřičné kyseliny). Hlavní termické alterační produkty jsou kyselina 8,15-pimaradien-18-ová, dehydroabietová kyselina, 1-methyl-7-isopropyl-1,2,3,4-tetrahydrophenanthren-1-karboxylová kyselina, reten, 7-oxo-dehydroabietová kyselina. Dehydroabietová kyselina je významnou součástí spalin ze spalování konifer (Standley et al., 1994). Za markery ve spalinách ze spalování konifer je považován reten a dehydroabietová kyselina, abietan a pimaran. Původ retenu v ovzduší může být ze spalování dřeva konifer, ale i z uhlí (lignit). Předpokládá se, že kyselina dehydroabietová, může být v ovzduší vytvářena oxidací pikrové, isopimarové, sandarakopimarové, abietové kyseliny (Simoneit et al., 2001).

Polyaromatické uhlovodíky

Polyaromatické uhlovodíky (PAU) jsou skupinou aromatických uhlovodíků s nejméně dvěma benzenovými jádry, které vznikají převážně během nedokonalého spalování fosilních paliv i biomasy. PAU mohou být produkovány dvěma způsoby (Simoneit, 1998):

- Termickou alterací přirozených prekurzorů v organické hmotě za vysokých teplot
- Rekombinací molekulárních fragmentů v kouři

K nejvíce zastoupeným PAU ve spalinách ze spalování listnatého dřeva patří: fenantren, antracen, C1-fenantreny, fluoranten a pyren, následují C2- a C3-fenantreny, C1-pyreny, 11(H)-benzo(a)fluoren a chrysen. Spaliny ze spalování konifer mohou obsahovat až 30 PAU (Oros et al., 2001). Mezi nejvýznamnější analyty PAU patří: fenantren, fluoranthen, pyren, antracen, C1- a C2-fenantreny/antraceny, benzo(a)pyren, 11(H)-benzo(a)fluoren, chrysen, cyklopenta-

(c,d)pyren, benzo(g,h,i)perylen. PAU jsou produkovány i spalováním fosilních paliv. Rozlišit původ PAU ze spalování dřevin a fosilních paliv je možné na základě poměru methylfenantren/fenantren (MP/P). Hodnota poměru pro spaliny z opadavých stromů se vyskytuje v rozmezí 0,5-1,5 s průměrnou hodnotou okolo 1. Hodnota poměru methylfenantren/fenantren (MP/P) pro spaliny ze spalování konifer se pohybuje v rozmezí 0,5-2,6, s průměrnou hodnotou okolo 1,6 (Oros et al., 2001). Hodnota poměru methylfenantren/fenantren (MP/P) pro fosilní paliva se pohybuje v rozmezí 2-6.

Furany a benzofurany

Furan (C_4H_4O) je heterocyklická organická látka, která je tvořena pětičetným kruhem se čtyřmi uhlíky a jedním kyslíkem. Je to bezbarvá, vysoce těkavá kapalina s teplotou varu blízkou pokojové teplotě. Jedná se o toxickou látku a může být karcinogenní. Tetrahydrofuran se nejčastější používá v plastech. Furany vznikají při spalovacích procesech (biomasa, spalovny, uhlí, recyklace elektronického šrotu), ale mohou se uvolňovat i při přípravě masa (Johansson et al. 2016). Nejvýznamnějším zdrojem furanů je spalování biomasy. V imisích se velmi často vážou na částice „black carbonu“ a ovlivňují tak hygroskopické chování těchto částic. Podle Johansson et al. (2016) mohou vznikat i sekundárními procesy oxidací PAU reakcí s OH a O_2.

Sloučeniny s obsahem heterocyklického a alifatického dusíku

Sloučeniny s obsahem heterocyklického dusíku, jsou cyklické organické látky, které kromě atomů uhlíku obsahují v cyklu i atomy dusíku. Podle počtu heteroatomů se dělí na jednosytné, dvojsytné a vícesytné. Mezi významné zástupce patří chinolin, priny, aziridiny, aziriny, oxirany, pyrol, pyrolidin, pyrazol, imidazol, pyridimid.

Sloučeniny s obsahem alifatického dusíku jsou necyklické, lineární sloučeniny, zahrnující nitrily, nearomatické aminy, amidy, imidy. K zástupcům patří benzonitril, akrylonitril, acetonitril, acetamid, formamid.

Sloučeniny s obsahem organické síry mohou být heterocyklické nebo alifatické. Heterocyklické sloučeniny síry, jsou cyklické organické látky, které kromě atomů uhlíku obsahují i atomy síry. Pětičlenné heterocykly s jedním heteroatomem síry zahrnují thiofen a thiolan. Pětičlenné heterocykly se dvěma atomy síry zahrnují např. thiazol.