

Monitoring oxidu uhličitého v městském prostředí

Jiří Černohous

Bakalářská práce
2013

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jiří ČERNOHOUS
Osobní číslo: T10589
Studijní program: B2808 Chemie a technologie materiálů
Studijní obor: Inženýrství ochrany životního prostředí
Forma studia: prezenční

Téma práce: Monitoring oxidu uhličitého v městském prostředí

Zásady pro vypracování:

1. Provést stručnou literární rešerši týkající se monitorování koncentrace oxidu uhličitého v městských aglomeracích.
2. Výběr vhodné lokality a časového harmonogramu pro diskontinuální měření koncentrace oxidu uhličitého ve Zlíně.
3. Provedení vlastního měření hodnot koncentrace oxidu uhličitého pomocí přístroje TESTO 535 v navržených termínech za období 2012–2013.
4. Zpracování a vyhodnocení získaných dat přehlednou formou do bakalářské práce.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

C. Helfter, D. Famulari, G. J. Phillips, J. F. Barlow, C. R. Wood, C. S. B. Grimmond, and E. Nemitz: Controls of carbon dioxide concentrations and fluxes above, central London Atmos. Chem. Phys., 11, 1913-1928, 2011, www.atmos-chem-phys.net/11/1913/2011/doi:10.5194/acp-11-1913-2011.

Jiří Kurfirst a kol : Kompedium ochrany kvality ovzduší. Chrudim Ekomonitor, 2008.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Marie Dvořáčková, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

8. února 2013

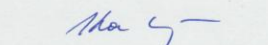
Termín odevzdání bakalářské práce:

24. května 2013

Ve Zlíně dne 8. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno:

Obor:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá monitorováním koncentrace oxidu uhličitého na území statutárního města Zlína se zaměřením na lokality s hustou dopravou. Měření bylo prováděno na dvou nejvíce zatížených městských křižovatkách a to u Městského divadla Zlín a u Pizzerie U Čápa. Měření probíhalo v letních měsících (od 2.7.2012 do 13.9.2012) a zimních měsících (od 20.11.2012 do 18.2.2013). Naměřené hodnoty koncentrace oxidu uhličitého dosahovaly hodnot v rozmezí od 300 ppm do do 680 ppm v závislosti na hustotě automobilové dopravy a meteorologických podmínkách. V zimních měsících byly koncentrace oxidu uhličitého vyšší, než v letních měsících a to o cca 110 ppm. Nižší koncentrace v letních měsících je zdůvodněna vegetačním obdobím, rostliny a městská zeleň spotřebovávaly více oxidu uhličitého na fotosyntézu.

Klíčová slova: monitoring, oxid uhličitý, koncentrace oxidu uhličitého, křižovatka, automobilová doprava.

ABSTRACT

This thesis deals with monitoring the concentration of carbon dioxide in the territory of the statutory city of Zlín , focusing on areas with dense dopravou. Measurement were performed on the two most contaminated urban intersections and at the Municipal Theatre in Zlín and Pizzeria U Capa. Measurement took place in the summer months (from 2 July 2012 to 13 September 2012) and winter (from November 20 2012 to February 18, 2013). The measured values of the carbon dioxide concentration reached values ranging from 300 ppm to 680 ppm in depending on the density of automobile traffic and weather conditions . In the winter months the con-centration of carbon dioxide higher than in the summer months and to about 110 ppm. Lower concentrations in the summer months is justified by the growing season , plants and urban greenery consumed Vaval more carbon dioxide to photosynthesis.

Keywords: monitoring, carbon dioxide, concentration of carbon dioxide, intersection, automobile traffic.

Poděkování, motto

Tímto bych chtěl poděkovat především paní vedoucí mé bakalářské práce ing. Marii Dvořáčkové, Ph.D. za podporu, pomoc a konzultace při vypracování této bakalářské práce i všem ostatním pedagogům a pracovníkům ústavu životního prostředí. Zároveň bych chtěl poděkovat mým rodičům a ostatním rodinným příslušníkům za psychickou a finanční podporu během celého mého bakalářského studia.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD.....	10
1 TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ZVYŠOVÁNÍ KONCENTRACE OXIDU UHLIČITÉHO V TROPOSFÉŘE	12
1.1 KONCENTRACE OXIDU UHLIČITÉHO V TROPOSFÉŘE.....	12
1.1.1 Základní charakteristika a vlastnosti	12
1.1.2 Vliv zvyšování koncentrace CO ₂ v troposféře na okolní prostředí	13
1.2 ZDROJE EMISÍ OXIDU UHLIČITÉHO.....	14
1.2.1 Emise oxidu uhličitého spalovacími procesy	14
1.2.2 Emise oxidu uhličitého dopravou.....	14
1.2.2.1 Katalyzátor a jeho funkce	15
1.2.3 Další příklady zdrojů emisí oxidu uhličitého	15
1.3 MOŽNÁ RIZIKA SPOJENÁ SE ZVYŠOVÁNÍM KONCENTRACE OXIDU UHLIČITÉHO.....	16
2 METODY STANOVENÍ OXIDU UHLIČITÉHO V OVZDUŠÍ.....	17
2.1 ANALÝZA CO ₂ METODOU ABSORPCE INFRAČERVENÉHO ZÁŘENÍ.....	17
2.1.1 Typy analyzátorů pro měření koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší.....	17
2.1.1.1 VOLTCRAFT CM-100	17
2.1.1.2 VOLTCRAFT – Měřič ovzduší oxidu uhličitého s USB dataloggerem CO-100	17
2.1.1.3 AQ 200 se záznamem	17
2.1.1.4 AIR CO2control 3000.....	18
2.1.1.5 Testo 535.....	18
3 MĚŘENÍ KONCENTRACE OXIDU UHLIČITÉHO V MĚSTSKÝCH LOKALITÁCH	19
3.1 KONTINUÁLNÍ MĚŘENÍ OXIDU UHLIČITÉHO A AGRESIVITY SRÁŽKOVÝCH VOD V BRNĚ.....	19
3.2 TOKY OXIDU UHLIČITÉHO PŘES MĚSTSKOU OBLAST (ESSEN V NĚMECKU).....	20
3.3 PĚTILETNÍ MĚŘENÍ TOKŮ OXIDU UHLIČITÉHO VE VELMI ZAROSTLÉ PŘEDMĚSTSKÉ OBLASTI.....	21
3.3.1 Měření toků oxidu uhličitého v USA za roky 2002 až 2006.....	21

3.4	DYNAMIKA KONCENTRACÍ OXIDU UHLIČITÉHO VE VOLNÉ KRAJINĚ MORAVSKÉHO KRASU A JEJICH VZTAH K METEOROLOGICKÝM PRVKŮM.....	22
3.5	CHARAKTERISTIKA OVLIVŇUJÍCÍ VARIABILITU MĚSTSKÝCH TOKŮ OXIDU UHLIČITÉHO V MELBOURNE, AUSTRÁLIE.....	23
3.6	TOKY OXIDU UHLIČITÉHO Z MĚSTSKÉ OBLASTI V PEKINGU.....	23
3.7	KONTROLY MĚŘENÍ KONCENTRACE OXIDU UHLIČITÉHO A JEHO TOKŮ NAD CENTREM LONDÝNA.....	24
3.8	MĚŘENÍ KONCENTRACE OXIDU UHLIČITÉHO NA MĚŘÍCÍ STANICI MAUNA LOA NA HAWAJI.....	25
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	26
4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	27
4.1	MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJ TESTO 535.....	27
4.2	OBEČNÁ CHARAKTERISTIKA MĚSTA ZLÍNA.....	29
4.3	MAPY VYBRANÝCH LOKALIT.....	30
5	ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT.....	32
5.1	TABULKA NAMĚŘENÝCH A ZJIŠTĚNÝCH HODNOT BĚHEM ZIMNÍHO MĚŘENÍ.....	34
5.2	GRAFY NAMĚŘENÝCH A ZPRACOVANÝCH HODNOT.....	36
6	DISKUZE NAMĚŘENÝCH VÝSLEDKŮ.....	39
	ZÁVĚR.....	40
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	41
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	44
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	45
	SEZNAM TABULEK.....	46

ÚVOD

Koncentraci oxidu uhličitého v městských aglomeracích nejvíce ovlivňují spalovací procesy v automobilových prostředcích, respektive spalování uhlíkatých pohonných hmot městská zeleň, která spotřebovává vznikající oxid uhličitý při fotosyntéze. Zvyšování koncentrace oxidu uhličitého v troposféře je v posledních letech velmi diskutovaným tématem. S neustálým narůstáním automobilové dopravy dochází ke zvyšování koncentrace tohoto oxidu v ovzduší. Cílem mé bakalářské práce je zhodnotit vývoj úrovně koncentrace oxidu uhličitého ve vybraných lokalitách statutárního města Zlín v období od roku 2012 do roku 2013 se zaměřením na lokality zatížené dopravou, tedy na křižovatky v dané oblasti města Zlína.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZVYŠOVÁNÍ KONCENTRACE OXIDU UHLIČITÉHO V TROPOSFÉŘE

1.1 Koncentrace oxidu uhličitého v troposféře

1.1.1 Základní charakteristika a vlastnosti

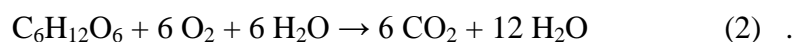
Oxid uhličitý je bezbarvý plyn bez zápachu. Při nadýchání většího množství člověkem působí štiplavě na sliznice a vytváří kyselou chuť. Rozpouští se na vlhkých sliznicích a ve slinách za vzniku slabého roztoku kyseliny uhličitě. V kapalném stavu může existovat jen při tlaku vyšším než je 500 000 Pa. Jeho hustota činí $1,98 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (v plynném stavu), což odpovídá hustotě cca 1,5 krát vyšší než je hustota vzduchu. Hustota vzduchu činí $1,29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, z čehož vyplývá, že CO_2 je cca 1,5 krát těžší než vzduch. Pokud nastane případ, že se oxid uhličitý ochladí až na teplotu -78°C , tak přechází do tuhého stavu (skupenství), které tuto látku navenek charakterizuje jako látku bílou a tuhou. Vzniká tzv. suchý led.

Vzniká dokonalým spalováním uhlíku (hoření za dostatečného přístupu kyslíku):



Dále též vzniká při buněčném dýchání (respiraci), tj. při oxidaci cukrů kyslíkem na oxid uhličitý a vodu, při kterém se chemická energie vazeb sacharidů (cukrů) uvolňuje za vzniku energetického zdroje pro buňky ATP. ATP = adenzin trifosfát, což je látka složená z nukleotidů, která je nezbytně nutná pro funkci všech buněk. Rozklad ATP na ADP a P (adenozindifosfát a fosfát) je doprovázeno uvolněním značného množství energie, která se využívá při téměř všech buněčných pochodech [1, 2].

Rovnice buněčného dýchání:



1.1.2 Vliv zvyšování koncentrace CO₂ v troposféře na okolní prostředí

Zvyšování koncentrace CO₂ v troposféře je především antropogenního původu, tedy důsledek činnosti člověka (spalování fosilních paliv, spalování pohonných hmot). Oxid uhličitý je skleníkový plyn, který zároveň s ostatními skleníkovými plyny (methan, vodní pára, ozon atd.) napomáhá ke globálnímu oteplování planety. Princip oteplování planety je ten, že tyto plyny, nejen oxid uhličitý pohlcují (absorbují) infračervené záření, což následně způsobuje oteplování spodní vrstvy atmosféry a samozřejmě také zemského povrchu. Bylo ovšem vědecky stanoveno, že oxid uhličitý má nižší elektronové absorpční spektrum než vodní pára, methan nebo ozon. To znamená, že tyto látky lépe absorbují (pohlcují) infračervené záření než oxid uhličitý. Tedy oteplují onu spodní vrstvu atmosféry a zemský povrch, což má za následek, že rostoucí oteplování planety způsobuje zvyšování koncentrace oxidu uhličitého v troposféře. Zkráceně řečeno – koncentrace oxidu uhličitého v troposféře roste až s rostoucím oteplováním planety. Příkladem může být třeba zvětrávání hornin nebo uvolňování oxidu uhličitého z hladin moří [3]. Chemické zvětrávání půd probíhá tak, že oxid uhličitý, který je v atmosféře reaguje se vzdušnou vlhkostí za vzniku kyseliny uhličité, která následně chemicky reaguje s daným materiálem. Je to postupný proces. U hladin moří to funguje tak, že díky oteplování planety způsobené výše zmíněnými látkami (methan, vodní pára, ozon) se zahřívá hladina vody v mořích, ze které se potom uvolňuje oxid uhličitý do ovzduší. Do moří se oxid uhličitý dostává absorpcí z ovzduší, tedy pohlcením tohoto plynu do objemu mořské vody. Antropogenní činností člověka se koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře neustále zvyšuje [4].

1.2 Zdroje emisí oxidu uhličitého

V této kapitole se budu zabývat především emisemi CO₂ způsobenými obecně spalovacími procesy (především výroba elektrické energie) a emisemi dopravou.

1.2.1 Emise oxidu uhličitého spalovacími procesy

Hlavním zdrojem emisí oxidu uhličitého jsou spalovací procesy (antropogenní činnost), při kterých se spalují paliva, která obsahují uhlík. Jedná se v podstatě o oxidaci na čtyřmocný uhlík (v organických látkách má uhlík mocenství +III nebo -III), který je součástí CO₂. Mohou se spalovat jak paliva fosilní, tak i biomasa. Mezi fosilní paliva řadíme například ropu, zemní plyn, nebo uhlí. Pohonné hmoty, jakou jsou například nafta nebo benzín (většinu tvoří oktan C₈H₁₈) se získávají následně z ropy určitými procesy v rafineriích). Benzín je v podstatě odpad při rafinaci (čištění) a úpravě ropy. Též i nafta mazut a asfalt. Typickým příkladem biomasy je třeba dřevo. Dále to může být například bionafta nebo bioplyn. Lze tedy říct, že v současné době se na produkování těchto emisí podílí zejména energetický průmysl (tepelné elektrárny), kde se spaluje uhlí za účelem pohonu turbíny pomocí plynu, který při spalování vzniká. Tato poháněná turbína plynem posléze generuje elektrický proud (probíhá v generátoru). Jedná se o přeměnu mechanické energie na elektrickou. Tento proces spalování uhlí za účelem výroby elektrické energie je samozřejmě doprovázen též vznikem tepelné energie. Uvolňuje se energie ve formě tepla. Je to exotermní reakce. Změna entalpie reakce je tedy záporná [1, 2].

1.2.2 Emise oxidu uhličitého dopravou

Jak jsem již zmínil oxid uhličitý je emitován především spalovacími procesy, ke kterým kromě výroby elektrické energie a tepelné energie v elektrárnách patří i spalování pohonných hmot v automobilech, vlacích, letadlech, lodích atd. Jedná se o spalování uhlikatých fosilních paliv (složky ropy jako je nafta nebo benzín). Při spalování pohonných hmot především v automobilech, ale i v jiných dopravních prostředcích vznikají kromě oxidu uhličitého i jiné látky jako například oxid uhelnatý (CO); oxidy dusíku (NO, NO₂); dříve i olo-

vo, které se emitovalo do ovzduší při spalování olovnatého benzínu. Ve výfukových plynech byly obsaženy páry PbCl_4 . Olovo se kumuluje v těle a způsobuje chronickou otravu. Výše zmíněný oxid uhelnatý je pomocí katalyzátoru v automobilech přeměňován na oxid uhličitý, viz níže. Dále to mohou být oxidy síry, především SO_2 , který je hlavním faktorem při vzniku tzv. „kyselých dešťů“, nebo polycyklické aromatické uhlovodíky. Tak například v roce 1995 vyprodukovala silniční doprava skoro 93% CO_2 . Doprava železniční vyprodukovala v tomto roce 4,4% CO_2 . S přibývajícím roky emise CO_2 rostou v důsledku neustále se zvyšujícího počtu automobilů. [5].

1.2.2.1 Katalyzátor a jeho funkce

Hlavním účelem katalyzátoru v automobilech je přeměna oxidu uhelnatého (toxický), který vzniká nedokonalým spalováním pohonných hmot na oxid uhličitý (netoxický).

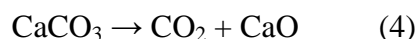


Tento vznikající oxid poté ovlivňuje (zvyšuje) celkovou koncentraci oxidu uhličitého v atmosféře. V automobilech bývá katalyzátorem vrstva kovů. Jedná se často o směs rhodia a platiny. Katalyzátory mohou být např. peletové (neboli sypané), které se používaly u automobilů starších, v dřívějších dobách. Dále to mohou být katalyzátory s keramickým substrátem, které se dodnes používají pro nenáročné aplikace a tam, kde není katalyzátor nějak výrazně namáhán. Ovšem nejúčinnější a nejvyspělejší jsou katalyzátory s ocelovým nosičem, tvaru dvojité „S“. Tyto katalyzátory vykazují nejmenší odpor toku výfukových plynů, a jelikož jsou vysoce tepelně a mechanicky odolné, jsou vhodné i pro složitější aplikace [6].

1.2.3 Další příklady zdrojů emisí oxidu uhličitého

Přírodním zdrojem oxidu uhličitého může být vliv sopečné činnosti. Tato činnost ovlivňuje atmosférické pochody a to ve všech měřítkách (lokálně, tak regionálně i globálně). Při sopečné činnosti reagují vulkanické plyny s dalšími látkami, které jsou obsaženy v atmosféře za vzniku toxických látek. Jako lokální vliv této činnosti bych zmínil mlžná mračna a vulkanický smog, jakožto faktory vázané na činnost lávových proudů. Regionálním vlivem je zde vznik tzv. „kyselých dešťů“, jak již bylo zmíněno výše. Jedná se o reakci sopečných

plynů a vodní páry v ovzduší. Celosvětovým, nebo též řečeno globálním problémem je zde poškozování ozonové vrstvy a následné globální oteplování planety způsobené emisemi těchto plynů [7]. Zdrojem emisí oxidu uhličitého v troposféře mohou být emise způsobené požáry. Zde vzniká při dokonalém spalování látek, které obsahují uhlík, např. dřevo. Mohou zde patřit též průmyslové emise oxidu uhličitého. Významným zdrojem CO₂ jsou cementárny a vápenky (žihání vápence – tepelný rozklad bez přítomnosti kyslíku).



Zpracování celulosy a dřeva, jako například výroba papíru z celulosy pro papírenský průmysl také přispívá ke zvyšování emisí oxidu uhličitého v troposféře.

1.3 Možná rizika spojená se zvyšováním koncentrace oxidu uhličitého

Globální oteplování planety, které vzniká vlivem skleníkových plynů. Dále to může být ovlivňování vzniků kyselých dešťů. Reakce CO₂ s vodní párou nebo vzdušnou vlhkostí za vzniku kyseliny uhličité H₂CO₃.



Důležitým faktorem je také zvyšování koncentrace oxidu uhličitého v uzavřených prostorech, jako například školní třídy, kanceláře, atd. V uzavřených prostorech, například učebny ve školách, působí CO₂ na lidský organismus formou únavy a možnými poruchami soustředění. Vyšší koncentrace CO₂ v uzavřeném prostoru způsobuje nedostatečné okysličování mozku, respektive mozkových buněk. Takle situace může nastat například při velké kapacitě lidí na malý uzavřený prostor. Nebo i při menší kapacitě lidí v uzavřeném prostoru, ale při horkých letních dnech. Koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře se od roku 1750 zvýšila o 31%. Největší vliv na toto procentuální navýšení má pravděpodobně spalování fosilních paliv, a to přibližně ze tří čtvrtin. Výše uvedené emise CO₂ spolu s dalšími skleníkovými plyny negativně přispěly ke zvýšení globální teploty planety 20. století. Zvýšení teploty činilo cca (0,6 ± 0,2 °C). Toto zvýšení teploty může být také spojeno se změnami v klimatických extrémech v letních dnech (Plummer v roce 1999).

2 METODY STANOVENÍ OXIDU UHLIČITÉHO V OVZDUŠÍ

2.1 Analýza CO₂ metodou absorpce infračerveného záření

Metoda je založena na tom principu, že vzorek CO₂ pohlcuje (absorbuje) světlo o dané vlnové délce, která odpovídá infračervenému záření [8, 9].

2.1.1 Typy analyzátorů pro měření koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší

2.1.1.1 VOLTCRAFT CM-100

Tento přístroj slouží k měření koncentrace a teploty CO₂ v ovzduší. Interval měření je v tomto přístroji stanoven na 2 minuty. Při měření se na přístroji ukazuje vždy aktuální hodnota koncentrace v ppm. Přístroj vybaven funkcí, která při změření hodnoty, která překračuje práh povolené hodnoty vyše okamžitě akustický (zvukový) signál, který nás takto varuje o překročení prahové hodnoty koncentrace) [10].

2.1.1.2 VOLTCRAFT – Měřič ovzduší oxidu uhličitého s USB dataloggerem CO-100

Na rozdíl od předešlého měřiče dokáže měřit i vlhkost vzduchu. Používá se především k měření koncentrace CO₂ v místnostech (školy, kanceláře, pokoje). Při překročení prahové hodnoty signalizuje, že je nutno místnost co nejdříve vyvětrat [11].

2.1.1.3 AQ 200 se záznamem

Přístroj funguje na stejném principu jako předešlé přístroje. Dokáže v paměti uchovat až 8000 naměřených hodnot. Obsahuje maximálně 6 úrovní měření [12].

2.1.1.4 AIR CO2control 3000

Obsahuje 24 hodin datového záznamu [13].

2.1.1.5 Testo 535

Měří v rozsahu 0 až 9 999 ppm oxidu uhličitého v ovzduší s rozlišením 1 ppm CO₂. Princip měření tímto přístrojem spočívá v detekci infračerveného záření čidlem detektoru přístroje. Výsledek se udává v jednotce ppm [14].

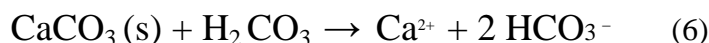
3 MĚŘENÍ KONCENTRACE OXIDU UHLIČITÉHO V MĚSTSKÝCH LOKALITÁCH

3.1 Kontinuální měření oxidu uhličitého a agresivity srážkových vod v Brně

V ČR se podle dostupných informací koncentrace oxidu uhličitého v městských oblastech nemonitoruje. Protože tento plyn neznečišťuje ovzduší v klasickém slova smyslu, tak ho ČHMÚ nemonitoruje. Měření emisí oxidu uhličitého v Brně se provádí v areálu VUT od dubna 1999, a to kontinuálním způsobem. Měření prováděli Helena Králová, Pavla Vybíralová a Jitka Malá. Používá se k tomu přístroj Multigas monitor typu 1302 firmy Brüel & Kjaer. Přístroj zaznamenává v hodinových intervalech koncentraci plynů (kromě CO₂ též N₂O a vodní páry). Měření probíhá ve výšce cca 2 metry nad úrovní ulice se středním dopravním zatížením. Princip detekce krajní meze znečištění je založen na fotoakustické metodě detekce infračerveného záření.

V městském prostředí působí agresivně na stavební konstrukce nejen oxid uhličitý atmosférický, ale i oxid uhličitý rozpuštěný ve srážkové vodě. Toto vnější agresivní prostředí má vliv na konstrukce a stavby a může způsobovat větší či menší poruchy. Všechny však snižují trvanlivost staveb a konstrukcí a můžou způsobit značné hospodářské škody.

Rovnice vápenato-uhličitanové rovnováhy:



Když je koncentrace volného CO₂ ve vodě vyšší než je hodnota rovnovážné koncentrace, znamená to, že je tam nadbytečný CO₂, který může rozpouštět CaCO₃ a voda bude poté agresivní pro beton [15].

3.2 Toky oxidu uhličitého přes městskou oblast (Essen v Německu)

Měření prováděli Klaus Kordowski a Wilhelm Kuttler od září 2006 do října 2007. V tomto období měřili turbulentní toky oxidu uhličitého na městské věžové stanici v Essen v Německu. Toto měření probíhalo ve výšce 26 metrů nad zemí. Prostor byl umístěn na okraji mezi veřejnou oblastí (plocha 70 ha) jihozápadní stanice a předměstským / městským obydlím. Závislosti na územním rozdílu dvou sektorů (parků / města) byly identifikovány předložením přesných rozdílů v časovém vývoji změn hladiny atmosféry CO₂. Toky oxidu uhličitého byly nejvíce ovlivněny lidskými emisemi z domácího vytápění a dopravy (průměrný tok $F_C = 9,3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), změna CO₂ byla řízena biologickými procesy, kdy park přispíval k tokové stopě. Denní průběh toků během vegetace dosahoval až po hladinu $10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Koncentrace $0,8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, která byla naměřena pro oblasti parků byla mírně pozitivní. Během roku zde nebyla žádná plošná absorpce čistého oxidu uhličitého.

Vztah pro výpočet koncentračního toku oxidu uhličitého F_C ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$):

$$F_C = \overline{w' \cdot \rho'_c} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=0}^{n-1} [(w_k - \overline{w_k}) (\rho_{ck} - \overline{\rho_{ck}})] \quad (8)$$

w = rychlost svislé složky větru ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),

ρ_c = molární hustota oxidu uhličitého ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$),

$$\rho_C = \frac{\rho}{M} \quad (9)$$

ρ = hustota ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$),

M = molární hmotnost ($\mu\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) [16].

3.3 Pětiletá měření toků oxidu uhličitého ve velmi zarostlé předměstské oblasti

3.3.1 Měření toků oxidu uhličitého v USA za roky 2002 až 2006

Měření prováděli Ben Crawford, C.S.B. Grimmond a Andreas Christen v letech 2002 až 2006 v předměstské části Baltimore v Maryland v Usa. Oblast se vyznačuje nízkou hustotou obyvatelstva (1500 obyvatel na km^2) a bohatou vegetací (67,4% vegetační půdy). Městské oblasti představují 30 až 40% antropogenních emisí skleníkových plynů, i když se týkají pouze přibližně 2% zemského povrchu. Lidská činnost a antropogenní emise oxidu uhličitého jsou obvykle největší v centrech měst a průmyslových oblastí. Ale nezbytnou součástí pro měření emisí CO_2 jsou i předměstské a příměstské plochy, pomocí kterých se také počítají emise CO_2 .

Zde je zapotřebí:

Měření probíhalo na věži vysoké 37,2 metrů nad zemí v předměstské Cub Hill v Baltimore. Souřadnice Cub Hill jsou: 39,4128° severně a 76,5215° západně. Tato lokalita je přibližně 15 km od centra Baltimore a Chesapeake Bay. Denní vzory představují čisté emise CO_2 do ovzduší během zimy a emise CO_2 do ovzduší během letních dnů. Letní denní úhrn je $1,25 \text{ g} \cdot \text{C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Přes velké množství vegetace příměstské oblasti je čistý CO_2 zdrojem v průměru $361 \text{ g} \cdot \text{C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{y}^{-1} \text{ CO}_2$ [17].

3.4 Dynamika koncentrací oxidu uhličitého ve volné krajině Moravského krasu a jejich vztah k meteorologickým prvkům

Vznik krasových jevů je do značné míry závislý na přítomnosti oxidu uhličitého v atmosféře. Následující příspěvek bude uvádět zpracované výsledky dvouletého měření koncentrací CO₂ na účelové stanici ve Sloupu v letech 2009 a 2010. Kromě koncentrace se zde měří i jiné veličiny, jako například směr a rychlost větru, globální záření, teplota a vlhkost vzduch, teploty půdy a například atmosferické srážky. Stanice byla vybudována koncem roku 2008 na poměrně rozsáhlém pozemku na okraji obce. Stanice je vybavena snímači na měření teploty a vlhkosti vzduchu, směru a rychlosti větru, srážek, globálního záření a snímači na teploty půdy. Je též vybavena snímačem CO₂ typu GMP343 od firmy VAISALA. Měření jsou prováděna každou čtvrt hodinu a pravidelně jsou přenášena prostřednictvím sítě GSM na webový server, kde jsou přístupná registrovaným zájemcům. Měření CO₂, teploty, globálního záření a vlhkosti vzduchu jsou prováděna ve výšce 2 m nad povrchem. Měření rychlosti a směru větru je prováděno na standardním stožáru ve výšce 10 m nad zemí. Tento stožár je používán v síti stanic ČHMÚ. Napájení stanice probíhá pomocí solárního panelu a akumulátoru. Z naměřených čtvrt hodinových hodnot jednotlivých prvků byly vypočítány čtvrt hodinové, hodinové, denní a měsíční průměry, které byly posléze vyhodnoceny vhodným programem. Zde byly použity programy SURFER a STATGRAFIC.

Uvedení charakteristik, které zde byly zpracovány:

Denní a roční chod průměrných hodinových koncentrací CO₂, průměrné měsíční hodnoty koncentrací CO₂, odchylky průměrných denních koncentrací CO₂, denní amplitudy koncentrací CO₂ a jejich vztah k meteorologickým prvkům, denní koncentrace CO₂ a jejich vztah k meteorologickým prvkům a noční koncentrace CO₂ a jejich vztah k meteorologickým prvkům. Měření bylo zjištěno, že měsíční průměry koncentrace CO₂ v ročním chodu mají maximum v lednu a minimum v červnu. Tato maxima a minima jsou modifikována lokálními extrémy v závislosti na povětrnostních podmínkách. V jarních měsících je koncentrace nižší (pokles koncentrací), což souvisí s rozvojem vegetace, která v tomto období nastává. Již koncem března 2009 byl zaznamenán veliký vzestup teplot, ale v dubnu tento vze-

stup koncentrací poklesl. V roce 2010 se s chladnějšími jarními měsíci tento pokles projevil až v květnových koncentracích [18].

3.5 Charakteristika ovlivňující variabilitu městských toků oxidu uhličitého v Melbourne, Austrálie

Měření prováděli Coutts, Berringer a Tapper od února 2004 do června 2005. Pozorovací studie byly provedeny ve větším měřítku. Zkoumaly se zde změny povrchové energie a rovnováha v rozmezí městských bytových hustot v oblasti Melbourne. K měření CO₂ toků byla použita dvě místa. Jako první místo byl vybrán Preston, což je severní předměstí Melbourne. Toto místo je docela hustě obydlené (nízká hustota oddělenosti bytů) ~ 1248 bytů na km². Jako druhé místo bylo vybráno Surrey Hills, což je východní předměstí Melbourne. Zde je nižší hustota bydlení (~ 1113 bytů na km²). Povrchově-prostupná plocha v Prestonu činila 38% (hustota vegetace byla 23%), v Surrey Hills byla 47% (hustota vegetace činila 29%). Preston byl měřen v nadmořské výšce 93 metrů a Surrey Hills ve výšce 97 metrů. Naměřené údaje byly zjištěny z denního provozu, ranní a večerní špičky a nočního provozu. Bylo měřeno jak ve všední dny, tak i o víkendech. Z denního průběhu toků CO₂ byla zjištěna dvě maxima koncentrace. První maximum bylo v období ranní špičky, což je 8 až 9 hodinou ranní. Průměrná hodnota koncentrace zde činila 10,9 μmol · m⁻² · s⁻¹. Měření probíhalo mezi 4.červnem a 4.srpnem, což u nich znamená, že je období zimy. V některých případech byly ranní maxima okolo 35 μmol · m⁻² · s⁻¹. Druhé maximum bylo v období večerním, a to mezi šestou a sedmou hodinou. Zde maximum dosahovalo průměrné hodnoty koncentrace 11,2 μmol · m⁻² · s⁻¹. V jednom případě byla naměřena koncentrace 18 μmol · m⁻² · s⁻¹ [19].

3.6 Toky oxidu uhličitého z městské oblasti v Pekingu

Měření prováděli Tao Song a Yuesi Wang. Měřicí studie probíhala na 39°58' severně, 116° 22' východně, v severní 3.Ring Road a severní 4.Rong Road ve vysoce-hustotně obydlené části Pekingu. Vzdálenost měřící věže a nejbližší budovy byla cca 200 metrů.

Měření probíhalo na 325 metrů vysoké věži ve výšce 47 metrů každou půlhodinu. Jako veličiny byly měřeny průměrné turbulentní toky CO₂, latentní teplo a hybnost. Vyhodnoce-

ní probíhalo pomocí softwaru Turbulence Knight 2 (TK2) z University of Bayreuth. TK2 posuzuje kvalitu toku dat pomocí dvou testů. První postup je určený k testování stacionárního stavu. Druhý je určený ke srovnávání, měření a modelování integrálních turbulentních vlastností. Průměrné denní toky CO₂ byly během roku pozitivní. Byla zde opět stanovena dvě maxima. První maximum (vrchol) nastal mezi 07:30 až 09:30, což lze odůvodnit rychlým nárůstem dopravy (ranní špička), kdy koncentrace CO₂ toků činila 0,62 mg · m⁻² · s⁻¹ v letních měsících (červen, červenec a srpen) a 1,34 mg · m⁻² · s⁻¹ v zimě (leden, listopad a prosinec). Druhé maximum nastalo ve večerních hodinách s průměrnou hodnotou maxima 0,73 mg · m⁻² · s⁻¹ v letních měsících a s průměrnou hodnotou maxima 1,19 mg · m⁻² · s⁻¹ v zimních měsících. Toto maximum lze odůvodnit především činnostmi v domácnostech (domácím vytápěním, vařením, atd.) [20].

3.7 Kontroly měření koncentrace oxidu uhličitého a jeho toků nad centrem Londýna

Měření prováděli C. Helfter, D. Famulary, G.J. Phillips a kolektiv nepřetržitě od října 2006 do května 2008. V centru Londýna žije cca 8 200 000 lidí, což odpovídá asi 5 000 lidí na km². Bylo zjištěno, že emise CO₂ byly převážně řízeny spalováním fosilních paliv (doprava, obchody a domácí vytápění). Měření se provádělo na telekomunikační věži (BT Tower) ve výšce 190 metrů. Vzorky vzduchu byly odebírány 0,3 metru pod hlavicí ultrazvukového anemometru, který byl namontován na třímetrový stožár. Tento stožár byl umístěn na vrcholu patnáctimetrové příhradové věže, která byla umístěna na střeše této telekomunikační věže (190 metrů nad úrovní ulice). Kromě toků CO₂ a H₂O zde meteorologové proměřili též i jiné veličiny, jako například teplotu, relativní vlhkost, tlak, srážky a také rychlost a směr větru. Bylo k tomu použito multisenzoru (Vysílač počasí WXT510, Vaisala). Na BT Tower byly od října 2006 do prosince 2007 naměřeny hodnoty koncentrací v rozmezí 370 až 397 ppm, kdy maximum koncentrací bylo naměřeno v únoru 2007 a minimum koncentrací bylo naměřeno v červenci 2007. V zimních měsících byla koncentrace vyšší z důvodů nízké vegetace rostlin, protože v letních měsících rostliny spotřebovávají více CO₂ na fotosyntézu, než-li v zimních měsících (vegetační období) [21].

3.8 Měření koncentrace oxidu uhličitého na měřící stanici Mauna Loa na Hawaji

Dne 9.května 2013 byly zaznamenány na měřící stanici Mauna Loa na Hawaji rekordní hodnoty koncentrace oxidu uhličitého, které dosáhly hodnoty 400 ppm. Tato hodnota přesahovala kritickou hranici. Měřící stanice na Mauna Loa započala svou činnost v roce 1959, kdy byla naměřena koncentrace 316 ppm. Od té doby koncentrace oxidu uhličitého neustále narůstá. Na začátku průmyslové revoluce dosahovala koncentrace oxidu uhličitého 200 ppm a od té doby tato koncentrace neustále roste. Hlavní příčinou nárůstu koncentrace oxidu uhličitého a skleníkových plynů je podle vědců spalování fosilních paliv. Takto vysoká koncentrace CO₂ byla pravděpodobně v třetihorách, kdy na Zemi bylo výrazně teplejší klima, než v současnosti. Průměrná teplota byla o dva stupně vyšší než v současnosti a hladina moří byla o 20 až 30 metrů vyšší. Podle české Klimatické koalice probíhá nárůst koncentrace CO₂ a skleníkových plynů velmi velkou rychlostí, a proto je nutno tyto emise co nejvíce redukovat. Podle aktivistů u nás v ČR by bylo nejlepším řešením zamezit spalování zemního plynu a uhlí za účelem domácího vytápění [22].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 Měřicí přístroj Testo 535

Přesným názvem – Analyzátor plynů testo 535.

Pomocí tohoto přístroje se provádí měření emisí CO₂.

Obvykle se tímto přístrojem provádí měření koncentrace CO₂ v místnostech.

Přístroj se vyznačuje vysokou přesností a nevyžaduje opakované vyrovnání.

Díky registraci max. a střední hodnoty je kdykoliv možno provézt dlouhodobou kontrolu.

Rozměry: (délka . šířka . výška) = (190 . 57 . 42) mm.

Rozlišení: 1 ppm CO₂.

Napájení: baterie 9 V.

Hmotnost: 0,3 kg.

Přesnost: Při +- 1 digit: +-50 ppm CO₂ / +- 2% při 0 až +5 000 ppm CO₂ , +-100 ppm CO₂ / +-3% při +5001 až +9 999 ppm CO₂.

Rozsah měření: 0 až +9 999 ppm CO₂.

Dlouhodobá kontrola.

Není třeba provádět opakované vyrovnání.

Registrace max. a střední hodnoty.

Dlouhodobě stabilní 2-kanálový infračervený senzor.

Velké zobrazení.

Pevně připojené čidlo.

Baterie 9 V.

Kalibrační protokol.



Obrázek 1 Analyzátor oxidu uhličitého v ovzduší TESTO 535 [15].

Tento přístroj měří koncentraci v ppm, tudíž pro přesnější orientaci se uvádí přepočítání na jednotku v mg/m^3 (nebo v $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Pro oxid uhličitý je faktor přepočtu z jednotky mg/m^3 na jednotku ppm 0,556. Jednotka ppm udává 1 cm^3 v 1 m^3 ($1 \text{ cm}^3/\text{m}^3$). Na jednotku mg/m^3 se přepočítá následující rovnicí:

$$c (\text{mg}/\text{m}^3) = c (\text{ppm}) * M / 24,45 , \text{ kde}$$

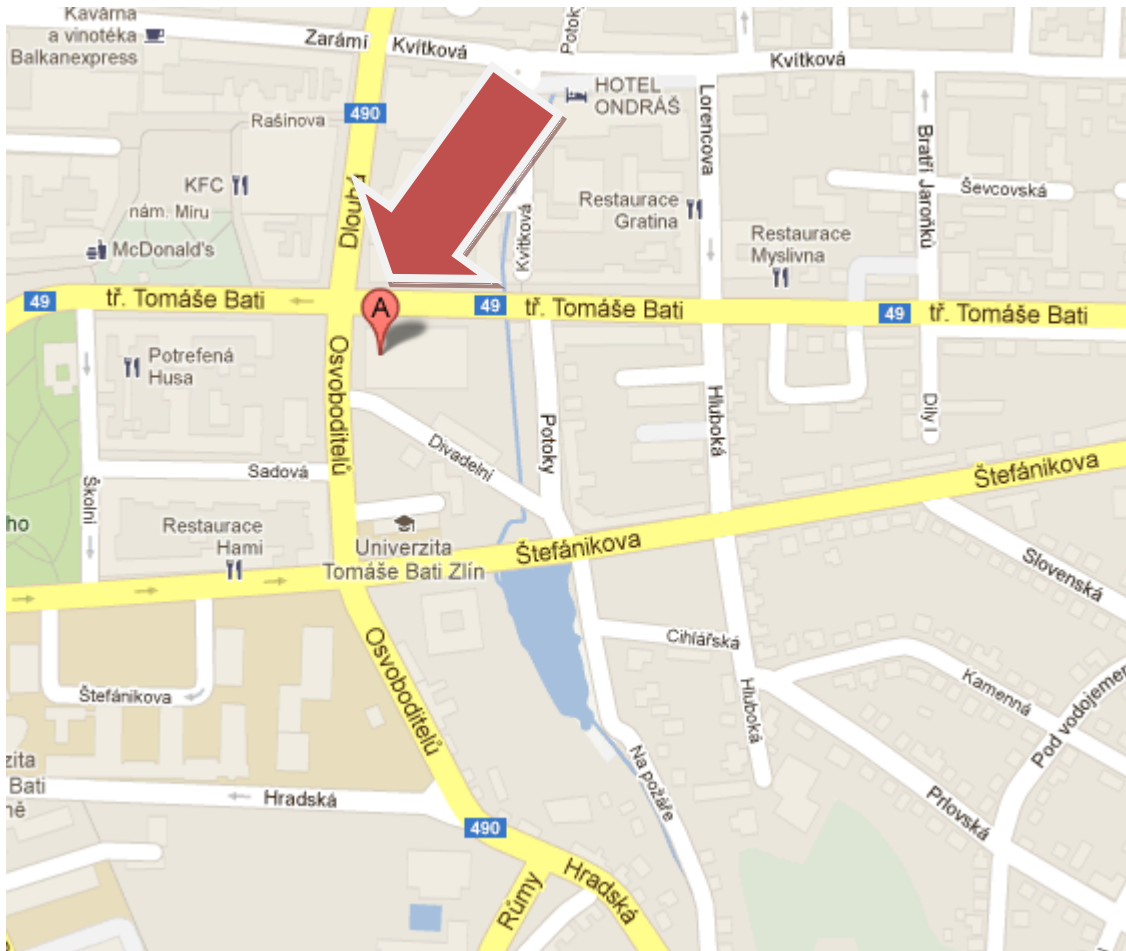
24,45 = objem 1 gramu molekuly ideálního plynu při 25°C,

M = molární hmotnost CO_2 (44 g/mol) [23].

4.2 Obecná charakteristika města Zlína

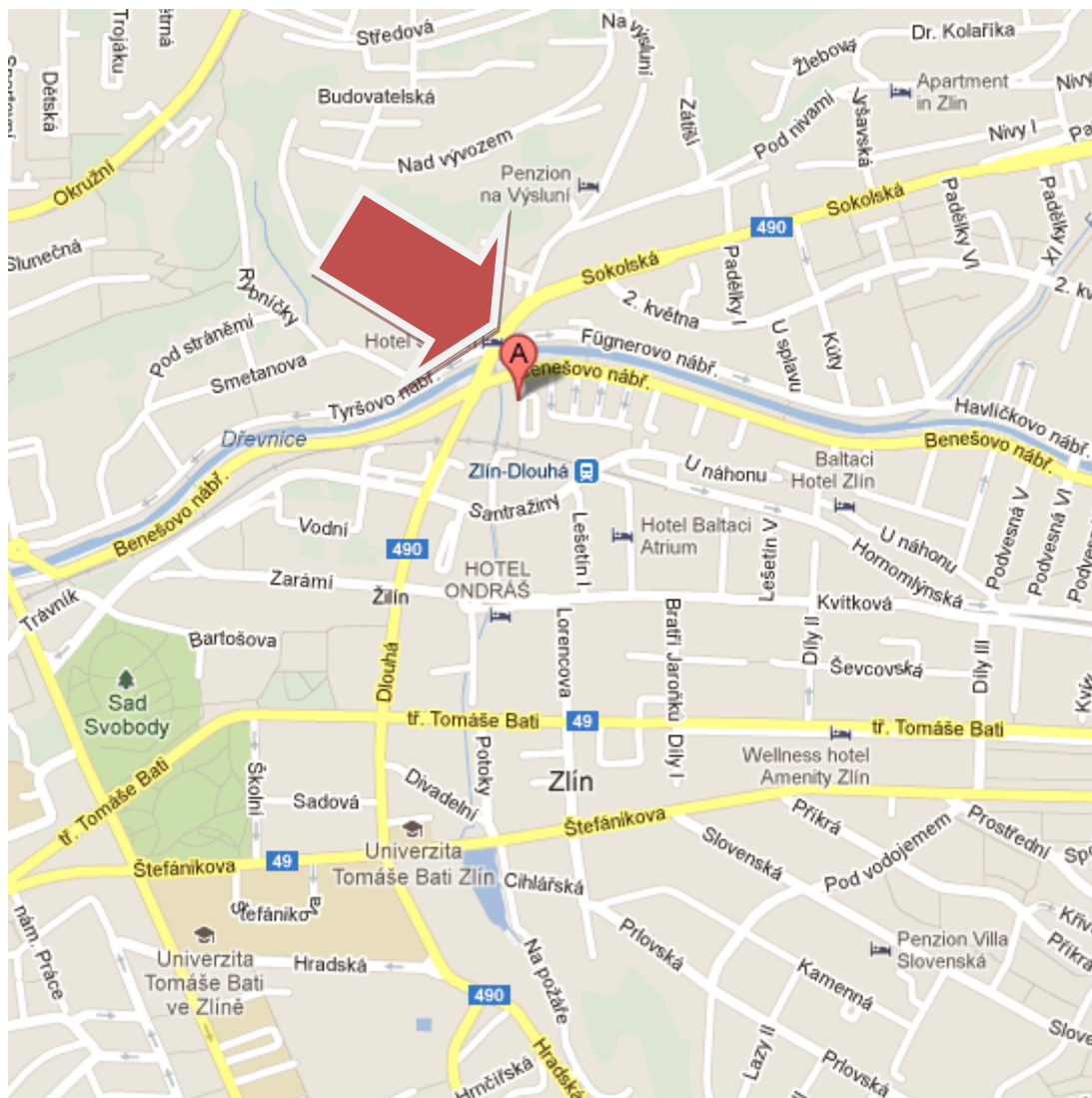
Okres Zlín je součástí zlínského kraje, který vznikl k 1. lednu roku 2000 na základě ustanovení zákona Parlamentu ČR č. 347/1997 Sb., o vytvoření vyšších územních správních celků jako jeden ze čtrnácti krajů české republiky. Nachází se v jeho centrální části. Na jihozápadě sousedí s uherskohradištským krajem, na severovýchodě se vsetínským a na severozápadě kroměřížským krajem. Okres Zlín sousedí se zbylými okresy zlínského kraje a má rozlohu 1 034 km². Je druhým největším okresem zlínského kraje a pokrývá 26% jeho území. Pro region jsou typické přírodní i klimatické rozmanitosti. Větší část povrchu je tvořena pahorkovitým a kopcovitým terénem, který místy přechází v hornatinu (na severu v Hostýnské vrchy a na východě v pohoří Bílé Karpaty). Nejnižše položené místo se nachází v nadmořské výšce 183 m, nejvyšší ve výšce 835 m nad mořem. Klimaticky nejpříznivější oblastí je úzký pruh nížiny Pomoraví v západní části okresu. Převažující východní část okresu náleží do oblasti mírně teplé s průměrnými ročními teplotami 6,7 – 7,6 °C a průměrnými vodními srážkami 746 – 925 mm. Okrajová část okresu s Hostýnskými vrchy a Bílými Karpatami patří do oblasti chladné, kde srážky přesahují 1 000 mm a průměrné roční teploty jsou nižší než 7,1 °C. Lesy zde pokrývají 42 % celkové plochy, na zemědělskou půdu připadá 46 %. Územím protéká jedna z největších českých řek – Morava, do které se v Otrokovicích vlévá řeka Dřevnice, která v regionu pramení. Území je hustě zalidněno. Na 1 km² průměrně žije 186,4 obyvatel, což je o 53 osob více, než činí republikový údaj. Zlín je sice chudý na nerostné bohatství, nicméně v Malenovicích se nacházejí těžená ložiska pro cihlářský průmysl. Tato ložiska se nacházejí ještě v Biskupicích u Luhačovic. Tento okres je též bohatý na minerální prameny (jako příklad uvedu minerální prameny v lázních Luhačovice). V Luhačovicích pramení minerální vody jako například Vincentka, která obsahuje zvýšené množství síry a využívá se pro léčebné účely [24].

4.3 Mapy vybraných lokalit



Obrázek 2 Mapa první měřené lokality - Křižovatka u Městského divadla ve Zlíně

Lokalita je charakteristická vysokou frekvencí dopravy a chodců. Jedná se o hlavní tepnu trasy Vizovice - Otrokovice v centru Zlína. Měření zde probíhalo v letních měsících, resp. v období letních prázdnin (od 2.7.2012 do 13.9. 2012) a to diskontinuálním způsobem. Měření probíhalo tak, že čidlo analyzátoru bylo nasměrováno do centra křižovatky. V mém případě směrem na severozápad.



Obrázek 3 Mapa druhé měřené lokality - Křižovatka u Pizzerie U Čápa

Jedná se o lokalitu s o něco nižší četností dopravy, než-li je křižovatka u Městského divadla ve Zlíně (mimo hlavní centrum Zlína). Nicméně, frekvence je zde též vysoká. Měření zde probíhalo v zimních měsících, a to od 20.11.2012 do 18.2.2013 též diskontinuálním způsobem. Měření probíhalo tak, že čidlo analyzátoru bylo nasměrováno do centra křižovatky. V mém případě též směrem na severozápad.

5 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT

V této kapitole se budu zabývat praktickým měřením a zpracováním získaných dat z naměřených hodnot koncentrací CO₂ (měřeno v *ppm*) v lokalitě zatížené dopravou.

Jako lokality pro měření emisí CO₂ jsem si zvolil jako první lokalitu křižovatku u městského divadla ve Zlíně a jako druhou lokalitu křižovatku u Pizzerie U čápa ve Zlíně z důvodů vysoké frekvence automobilové dopravy. Měření jsem prováděl na přístroji Testo 535, který udává naměřenou koncentraci CO₂ v jednotkách ppm. Pro dané naměřené hodnoty budou uvedeny též ostatní parametry, jako například teplota, index kvality ovzduší, rychlost proudění větru atd.

Teplota, index kvality ovzduší a rychlost proudění větru byly zaznamenány pomocí předpovědi stavu počasí z webových stránek ČHMÚ (Českého hydrometeorologického ústavu) z internetových stránek www.meteocentrum.cz.

V Tabulce 1 jsou uvedeny naměřené hodnoty oxidu uhličitého, teploty, rychlosti větru v lokalitě křižovatka u Městského divadla během letního období. Měření jsem prováděl v dopoledních a odpoledních hodinách.

Tabulka 1 Naměřené hodnoty během letního měření (od 2.7.2012 do 13.9.2012)

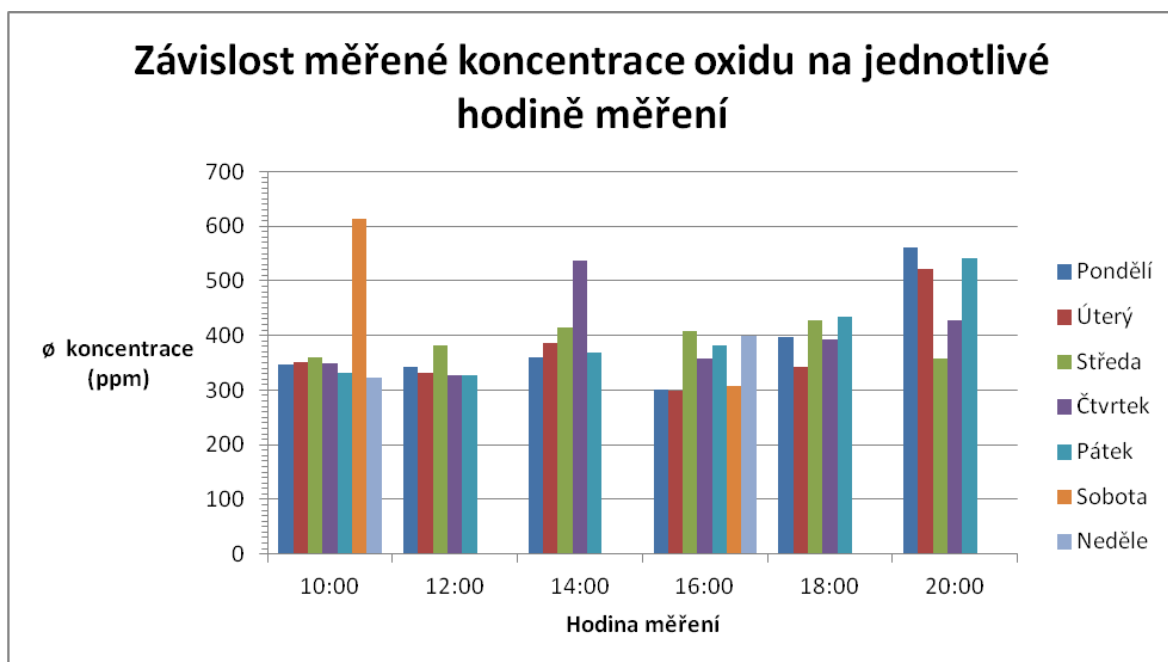
<u>Den měření</u>	<u>Datum</u>	<u>Hodina</u>	<u>Teplota (°C)</u>	<u>Rychlost proudění větru (m . s⁻¹)</u>	<u>Index kvality ovzduší</u>	<u>Střední hodnota konc. CO₂ v mg/m³</u>	<u>Střední hodnota konc. v ppm</u>	<u>Max. hodnota konc. v ppm</u>	<u>Min. hodnota konc. v ppm</u>
Pondělí	2.7.2012	10:00	32	4.1	uspokojivý	584,9	325	328	319
		16:00	32	4	uspokojivý	539,9	300	308	293
	9.7.2012	10:00	19	4	dobry	660,4	367	368	366
		16:00	29	4	dobry	543,5	302	305	300
	30.7.2012	12:00	20	3,5	neúplná data	586,9	304	305	300
		18:00	23	3,5	uspokojivý	509,3	283	283	283
	13.8.2012	12:00	19	2,5	uspokojivý	685,6	381	384	378
		18:00	20	2,5	uspokojivý	923,2	513	534	509
	3.9.2012	14:00	21	2,5	dobry	649,7	361	361	361
		20:00	20	2,5	uspokojivý	1007,8	560	560	560
Úterý	17.7.2012	10:00	13	7	velmi dobrý	579,5	322	323	322
		16:00	17	7	dobry	523,7	291	294	291
	24.7.2012	10:00	18	3,5	dobry	685,6	381	386	362
		16:00	29	3,5	uspokojivý	550,7	306	307	299
	7.8.2012	12:00	21	5	dobry	575,9	320	320	320
		18:00	24	5	uspokojivý	615,5	342	342	342
	21.8.2012	12:00	26	2,5	uspokojivý	620,9	345	345	345
		18:00	27	2,5	vyhovující	619,1	344	344	344
	11.9.2012	14:00	29	4	uspokojivý	694,6	386	386	386
		20:00	23	5	uspokojivý	937,6	521	521	521
Středa	4.7.2012	10:00	20	2,5	dobry	683,8	380	386	366
		16:00	30	2,5	uspokojivý	914,2	508	516	432
	11.7.2012	10:00	19	3,5	dobry	613,7	341	346	339
		16:00	27	3,5	uspokojivý	550,7	306	306	300
	1.8.2012	12:00	27	4	uspokojivý	727	404	416	374
		18:00	28	4	vyhovující	811,6	451	454	448
	15.8.2012	12:00	22	4	uspokojivý	647,9	360	370	357
		18:00	25	4	uspokojivý	725,2	403	403	403
	5.9.2012	14:00	24	8	uspokojivý	734,2	408	415	370
		20:00	24	8	uspokojivý	642,5	357	365	343
Čtvrtek	19.7.2012	10:00	20	6	dobry	538,1	299	299	299
		16:00	24	6	uspokojivý	651,5	362	362	362
	26.7.2012	10:00	19	2,5	dobry	718	399	402	392
		16:00	25	2,5	uspokojivý	635,3	353	355	345
	9.8.2012	12:00	23	3,5	uspokojivý	608,3	338	338	338
		18:00	24	3,5	uspokojivý	815,2	453	453	453
	23.8.2012	12:00	23	2,5	dobry	568,7	316	316	316
		18:00	29	2,5	vyhovující	601,7	334	334	334
	13.9.2012	14:00	10	5	vyhovující	966,4	537	540	524
		20:00	11	5	dobry	768,4	427	427	423
Pátek	6.7.2012	10:00	24	4	dobry	610,1	339	342	333
		16:00	29	5	vyhovující	739,6	411	415	395
	13.7.2012	10:00	15	4	velmi dobrý	579,5	322	325	322
		16:00	15	3,5	dobry	637,1	354	356	354
	3.8.2012	12:00	25	2,5	uspokojivý	592,1	329	330	329
		18:00	27	2,5	uspokojivý	561,5	312	312	311
	17.8.2012	12:00	22	3,5	uspokojivý	586,7	326	326	326
		18:00	24	3,5	uspokojivý	1000,6	556	556	550
	7.9.2012	14:00	19	4	uspokojivý	664,1	369	392	369
		20:00	20	2,5	uspokojivý	973,6	541	545	539
Sobota	7.7.2012	10:00	25	2,5	uspokojivý	1105	614	628	528
		16:00	29	2,5	vyhovující	554,3	308	308	304
Neděle	29.7.2012	10:00	21	3,5	uspokojivý	581,3	323	326	317
		16:00	24	3,5	uspokojivý	718	399	402	391

5.1 Tabulka naměřených a zjištěných hodnot během zimního měření

Tabulka 2 Naměřené hodnoty během zimního měření (od 20.11.2012 do 18.2.2013)

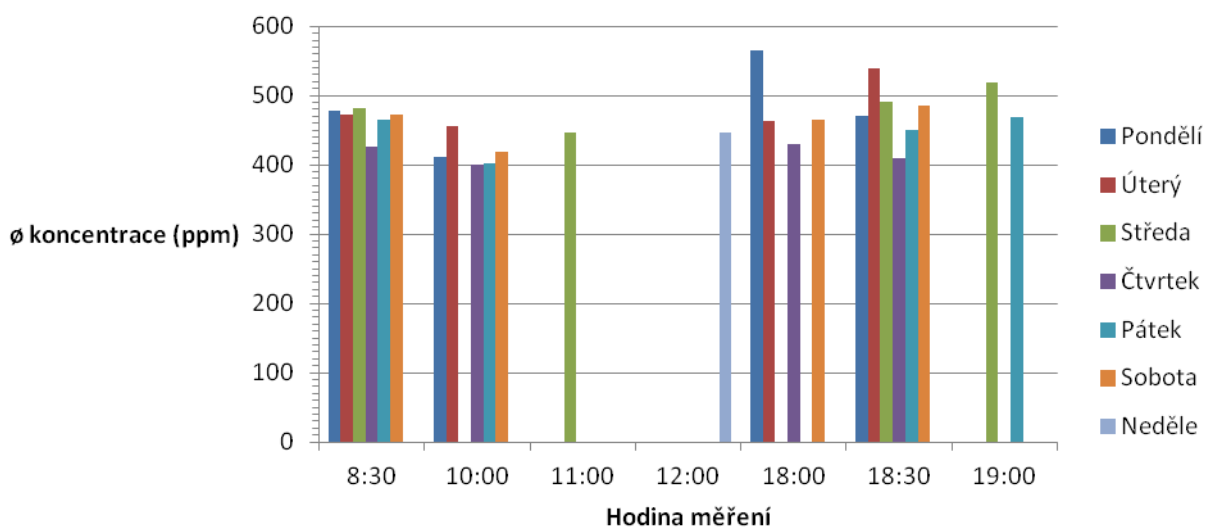
<u>Den měření</u>	<u>Datum</u>	<u>Hodina</u>	<u>Teplo- ta (°C)</u>	<u>Rychlost proudění větru (m . s⁻¹)</u>	<u>Index kvality ovzduší</u>	<u>Střední hodnota konc. CO2 v mg/m³</u>	<u>Střední hodnota konc. v ppm</u>	<u>Max. hodnota konc. v ppm</u>	<u>Min. hodnota konc. v ppm</u>
Pondělí	26.11.2012	8:30	6	1,4	dobry	707,2	393	393	393
		18:30	9	1,5	dobry	1027,6	571	571	571
	17.12.2012	8:30	4,3	0,75	neúplná data	1164,3	647	661	632
		18:30	3	1,35	velmi dobry	743,2	413	425	401
	7.1.2013	8:30	-1,1	1,2	dobry	674,8	375	377	372
		18:30	-4,1	2	dobry	696,6	386	392	382
	14.1.2013	10:00	-4,3	1,2	špatný	739,6	411	428	394
		18:00	-3,1	0,4	špatný	1018,6	566	617	529
	18.2.2013	8:30	-2,6	0,55	uspokojivý	892,6	496	534	455
		18:30	-0,2	0,75	dobry	921,4	512	553	470
Úterý	20.11.2012	8:30	5,4	1,4	uspokojivý	781	434	434	434
		18:30	5,9	1,2	vyhovující	1236,3	687	687	687
	27.11.2012	8:30	10,7	2,1	dobry	835	464	487	454
		18:30	11,5	0,8	dobry	754	419	483	436
	11.12.2012	10:00	-1,5	1,3	uspokojivý	799	444	446	439
		18:00	-4,3	0,6	uspokojivý	957,4	532	554	515
	15.1.2013	10:00	-1,9	0,9	špatný	838,6	466	504	431
		18:00	2,6	1,5	dobry	712,6	396	437	366
	12.2.2013	8:30	-1,8	1	velmi dobry	932,2	518	553	477
		18:30	-0,1	0,45	uspokojivý	925	514	553	472
Středa	5.12.2012	8:30	-1	0,6	dobry	953,8	530	558	506
		18:30	-6	0,3	dobry	1024	569	574	521
	12.12.2012	11:00	-4,7	1,5	dobry	705,4	392	405	384
		19:00	-10,4	0,6	dobry	1015	564	621	515
	19.12.2012	8:30	-0,5	0,6	dobry	781	434	439	429
		18:30	2,5	0,5	uspokojivý	743	413	425	402
	9.1.2013	11:00	0,1	0,3	uspokojivý	923,2	513	548	478
		19:00	0,7	1,5	vyhovující	845,8	470	511	425
	30.1.2013	11:00	4,8	1,5	dobry	784,6	436	442	429
		19:00	5	0,6	dobry	941,2	523	688	460
Čtvrtek	6.12.2012	10:00	-0,3	0,7	dobry	763	424	441	421
		18:00	-2,7	1,3	dobry	696,4	387	434	385
	13.12.2012	8:30	-7,2	1,6	uspokojivý	809,8	450	474	434
		18:30	-6,1	1,45	dobry	754	419	435	408
	20.12.2012	8:30	-1	1,2	uspokojivý	721,6	401	417	385
		18:30	-3,5	2	vyhovující	719,8	400	408	392
	3.1.2013	10:00	1,7	2	dobry	676,6	376	380	368
		18:00	2,1	1,3	dobry	912,4	507	579	426
	17.1.2013	18:00	-3,2	1,2	uspokojivý	710,8	395	417	374
	Pátek	23.11.2012	8:30	6,3	1	uspokojivý	822,4	457	457
18:30			6,7	0,7	dobry	1079,8	600	609	573
14.12.2012		8:30	-4,6	0,4	dobry	934	519	527	511
		18:30	1,3	3,25	dobry	656,9	365	372	359
21.12.2012		8:30	-6,3	1,4	vyhovující	755,8	420	425	414
11.1.2013		18:30	-2,4	1,4	velmi dobry	694,6	386	391	382
11.1.2013		11:00	-0,4	2,5	velmi dobry	687,4	382	387	377
		19:00	-2,6	1,5	velmi dobry	698,2	388	397	379
18.1.2013		11:00	-4,6	1,3	dobry	716,2	398	413	383
		19:00	-7	5	dobry	754	419	453	390
25.1.2013	11:00	-6,1	1,5	špatný	719,8	400	406	393	
	19:00	-6,4	0,8	uspokojivý	853	474	525	432	
8.2.2013	11:00	0,7	0,9	dobry	773,8	430	445	414	
	19:00	-0,3	0,7	dobry	1070,8	595	637	446	
Sobota	1.12.2012	8:30	-1	2	dobry	953,8	530	533	462
		18:30	-1,6	1,1	dobry	745	414	416	407
	15.12.2012	10:00	5,5	1,8	dobry	682	379	396	367
		18:00	2,8	0,8	dobry	844	469	498	436
	12.1.2013	10:00	-2,6	0,6	dobry	750,4	417	432	401
		18:00	-6,1	1	dobry	768,4	427	453	394
	26.1.2013	8:30	-10,1	0,6	uspokojivý	743,2	413	424	403
		18:30	-8,4	0,05	uspokojivý	1002,4	557	619	530
	16.2.2013	10:00	0,2	1	vyhovující	470	462	485	436
		18:00	0,9	0,8	špatný	899,8	500	539	
Neděle	9.12.2012	12:00	-5,5	2,2	špatný	788,2	438	458	428
	16.12.2012	12:00	3	3	dobry	698,2	388	394	383
	23.12.2012	12:00	0	2	dobry	829,6	461	523	416
	6.1.2013	12:00	1	0,5	dobry	892,6	496	571	430

5.2 Grafy naměřených a zpracovaných hodnot

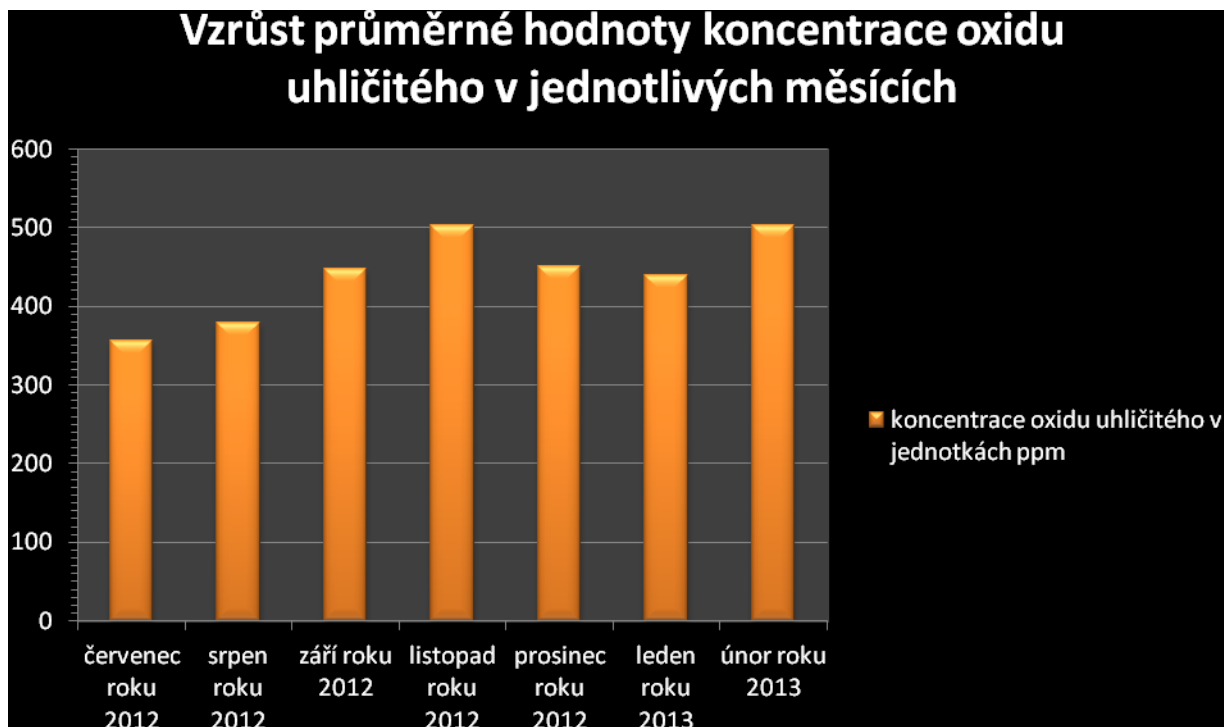


Obrázek 4 Graf závislosti měřené koncentrace oxidu uhličitého na jednotlivé hodině měření (letní měření)

Závislost měřené koncentrace oxidu na jednotlivé hodině měření



Obrázek 5 Graf závislosti měřené koncentrace oxidu uhličitého na jednotlivé hodině měření (zimní měření)



Obrázek 6 Graf vzrůstu průměrné hodnoty koncentrace oxidu uhličitého v jednotlivých měsících

6 DISKUZE NAMĚŘENÝCH VÝSLEDKŮ

Graficky zpracované hodnoty v letním měření nám ukazují závislost koncentrace oxidu uhličitého v závislosti na dané hodině měření a v daný den. Z grafu je patrné, že vyšší koncentrace byly naměřeny v pozdějších odpoledních hodinách a ve všední dny, kdy byl velký provoz. Například sobotní (7.7.2012) naměřená koncentrace činila 614 ppm, což je velmi vysoká hodnota způsobená velmi slabým prouděním větru, zhoršeným indexem kvality ovzduší (znečišťující částice v ovzduší) a teplotou 25°C, přestože se jednalo o měření v dopoledním čase. V důsledku velmi slabého proudění vzduchu nedošlo k dostatečnému promíchání oxidu uhličitého se vzduchem v místě měření a tudíž koncentrace vzrostla. Dne 13.9.2012 byla změřena koncentrace 537 ppm v důvodu odpolední dopravní špičky a zhoršeného indexu kvality ovzduší (během měření vydatně pršelo). Ve večerních hodinách byly měřeny vyšší koncentrace z důvodu nižší intenzity slunečního záření (méně světla, více šero), kdy městská zeleň spotřebovala méně oxidu uhličitého při fotosyntéze než během slunného dne.

Graficky zpracované hodnoty v zimním měření nám znázorňují též závislost koncentrace oxidu uhličitého na hodině měření, ovšem s jiným navrženým časovým harmonogramem. V zimním měření probíhalo měření především v ranní (mezi 8:00 a 9:00) a (pod)večerní špičku (mezi 18:00 a 19:00), kdy docházelo ke zvyšování koncentrace CO₂ vlivem velmi četné automobilové dopravy. Například v pondělí (14.1.2013 v 18:00) se vyšplhala koncentrace oxidu uhličitého na hodnotu 566 ppm, což měl za následek špatný index kvality ovzduší a hustá četnost dopravy a nízká rychlost proudění větru. Průměrné hodnoty koncentrace oxidu uhličitého v dopoledním měření (10:00 hodin) byly nižší než v ranní a večerní špičku vlivem snížené četnosti automobilové dopravy.

V období zimních měsíců (zimní měření) byly koncentrace v průměru o 110 ppm vyšší, než při letním měření (letní měsíce).

ZÁVĚR

Provedl jsem diskontinuální měření emisí oxidu uhličitého v lokalitách zatížených dopravou za rok 2012 a 2013. Měření probíhalo na dvou městských křižovatkách. V první lokalitě (křižovatka u Městského divadla Zlín) jsem měřil v letních měsících a ve druhé lokalitě (Pizzerie U Čápa) v zimních měsících. Vysoká frekvence dopravy na obou těchto lokalitách přispívala ke zvyšování koncentrace CO_2 v ovzduší (vlivem spalování pohonných hmot v automobilových prostředcích). Hodnoty koncentrací CO_2 (měřeno v jednotkách *ppm*) v zimních měsících byly cca 110 ppm vyšší, než v měsících letních. V letních měsících činila průměrná koncentrace oxidu uhličitého cca $350 \text{ ppm} = 629,9 \text{ mg/m}^3$ a v zimních měsících činila cca $460 \text{ ppm} = 827,8 \text{ mg/m}^3$. Vzhledem k tomu, že obě lokality jsou charakterizovány vysokou četností automobilové dopravy, tak v první lokalitě (letní měření) byly naměřeny nižší hodnoty koncentrací, které lze zdůvodnit vegetačním obdobím, kdy rostliny a městská zeleň spotřebovávaly více CO_2 na fotosyntézu, než v měsících zimních.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] POPL, Milan a FÄHNRICH, Jan: Analytická chemie životního prostředí, VŠCHT. Praha, 1999.
- [2] VÍDEN, Ivan: Chemie ovzduší, VŠCHT Praha, 2005.
- [3] Skleníkový efekt: Skleníkové plyny. Wikipedie: Otevřená encyklopedie [online]. 2004, 2012-08-20 [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Skleníkový_efekt.
- [4] : Atmosférické vlivy. Environmentální hrozby a rizika: sopečná činnost [online]. [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: https://sites.google.com/site/vulkanizmus/vulkanicke_hrozby/atmosfericke_vlivy.
- [5] MANDILOVÁ, Eva. Emise z dopravy: Výfukové plyny. [online]. 2008-01-08, s. 3 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.enviport.cz/emise-z-dopravy-znecistuji-7061.aspx>.
- [6] Výfukové plyny a funkce katalyzátoru: Funkce katalyzátoru. [online]. s. 1 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.katalyzatory.cz/funkce.htm>.
- [7] : Atmosférické vlivy. Environmentální hrozby a rizika: sopečná činnost [online]. [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: https://sites.google.com/site/vulkanizmus/vulkanicke_hrozby/atmosfericke_vlivy.
- [8] Jak se měří CO₂ - Studium časových změn obsahu oxidu uhličitého v atmosféře. 3Pól [online]. 2009, roč. 2009, s. 4, 2009_04_06 [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: <http://3pol.cz/776-jak-se-meri-co2-studium-casovych-zmen-obsahu-oxidu-uhliciteho-v-atmosfere>.
- [9] WAGNER, Vladimír. Jak se měří množství oxidu uhličitého v atmosféře a jaké jsou výsledky. Osel [online]. 2008-22-12 [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=4150&id_c=104572.

- [10] VOLTcraft CM-100 Přístroj k měření CO₂, Indikace CO₂- a indikace teploty - detail: popis produktu. In: DXT Computers [online]. [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: http://www.dxt.cz/voltcraft-cm-100-pristroj-k-mereni-co2-indikace-co2-a-indikace-teploty_d120632.aspx.
- [11] VOLTcraft CO-100 Přístroj k měření CO₂, Indikace CO₂- a indikace teploty - detail: popis produktu. In: DXT Computers [online]. [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: <http://www.e-voltcraft.cz/meric-kvality-vzduchu-co-100.k102541>.
- [12] AQ 200: Měření kvality ovzduší se záznamem. In: TR instruments: Měřicí přístroje a monitorovací systémy [online]. [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: <http://www.trinstruments.cz/mereni-kvality-ovzdusi-aq-200>.
- [13] Air CO₂control 3000: Přístroj k měření CO₂. In: Conrad [online]. [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: <http://www.conrad.cz/pristroj-k-mereni-co2-air-co2control-3000.k101365>.
- [14] Testo 535: indoor air quality carbon dioxide meter. In: J.M.W. [online]. [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: http://www.jmwlimited.co.uk/Testo_535_Carbon_Dioxide_Meter.html.
- [15] KRÁLOVÁ, Helena, Pavla VYBÍRALOVÁ a Jitka MALÁ. Atmosférický oxid uhličitý a agresivita srážkových vod v městském prostředí. [online]. s. 18 [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: http://www.sav.sk/journals/zivpros/pdf/2003_05_262-279.pdf.
- [16] KORDOWSKI, Klaus a Wilhelm KUTTLER. Carbon dioxide fluxes over an urban park area. Atmospheric Environment. 2010, roč. 44, č. 23, s. 2722-2730. Dostupné z: www.elsevier.com/locate/atmosenv.
- [17] CRAWFORD, Ben, C.S.B. GRIMMOND a Andreas CHRISTEN. Five years of carbon dioxide fluxes measurements in a highly vegetated suburban area. Atmospheric Environment. 2011, roč. 45, č. 22, 896e905. Dostupné z: www.elsevier.com/locate/atmosenv.

- [18] LITSCHMANN, T., J. ROŽNOVSKÝ a J. HEBELKA. DYNAMIKA KONCENTRACÍ OXIDU UHLIČITÉHO VE VOLNÉ KRAJINĚ MORAVSKÉHO KRASU A JEJICH VZTAH K METEOROLOGICKÝM PRVKŮM: Carbon dioxide variability in Moravian Karst landscape and their relationship to meteorological elements. *Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí*. 2011, č. 2, s. 15. ISSN 978-80-86690-87-2.
- [19] COUTTS, Andrew M., Jason BERINGER a Nigel J. TAPPER. Characteristics influencing the variability of urban CO₂ fluxes in Melbourne, Australia. [online]. 2006, s. 12 [cit. 2013-02-21].
- [20] SONG, Tao a Yuesi WANG. Carbon dioxide fluxes from an urban area in Beijing. *Atmospheric Research*. 2012, č. 106, 139–149. Dostupné z: www.elsevier.com/locate/atmos.
- [21] HELFTER, D. FAMULARY, G. J. PHILLIPS, J. F. BARLOW, C. R. WOOD, C. S. B. GRIMMOND a E. NEMITZ. Controls of carbon dioxide concentrations and fluxes above central London. [online]. 2011, s. 16 [cit. 2012-11-18]. Dostupné z: www.atmos-chem-phys.net/11/1913/2011/.
- [22] Klimatický milník?: Koncentrace oxidu uhličitého dosáhly rekordní hodnoty. [online]. 2013, s. 1 [cit. 2013-05-21].
Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/klimaticky-milnik-koncentrace-oxidu-uhliciteho-dosahly-rekordni-hodnoty>.
- [23] Analyzátor plynů testo 535: Analyzátor ke kontrole kvality ovzduší. [online]. 2012, s. 1 [cit. 2012-11-11]. Dostupné z: <http://www.conrad.cz/analyzator-plynu-testo-535.k122390>.
- [24] Charakteristika okresu Zlín. [online]. s. 1, 2012-06-13 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: http://www.czso.cz/xz/redakce.nsf/i/charakteristika_okresu_zlin.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ppm	Parts per milion (počet částic na milion částic dané látky)
c (ppm)	koncentrace v ppm
c (mg/m ³)	koncentrace v mg/m ³
F _C (μmol . m ⁻² . s ⁻¹)	koncentrační tok oxidu uhličitého
g . C . m ⁻² . d ⁻¹	hmotnost CO ₂ plošně absorbovaného na plochu 1 m ² za 1 den (denní úhrn)
g . C . m ⁻² . y ⁻¹	hmotnost CO ₂ plošně absorbovaného na plochu 1 m ² za 1 rok (roční úhrn)
M	molární hmotnost (v jednotkách g/mol)
°C	jednotka teploty (stupeň Celsia)
ATP	adenozintrifosfát (makroerní sloučenina)
ADP	adenozindifosfát (makroerní sloučenina)
P	fosfát
w	rychlost svislé složky větru (m . s ⁻¹)
ρ _c	molární hustota oxidu uhličitého (μmol . m ⁻³)
ρ	hustota (μmol . mol ⁻¹)
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
VUT	Vysoké učení technické
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Analyzátor oxidu uhličitého v ovzduší TESTO 535 [15].	28
Obrázek 2 Mapa první měřené lokality - Křižovatka u Městského divadla ve Zlíně	30
Obrázek 3 Mapa druhé měřené lokality - Křižovatka u Pizzerie U Čápa.....	31
Obrázek 4 Graf závislosti měřené koncentrace oxidu uhličitého na jednotlivé hodině měření (letní měření)	36
Obrázek 5 Graf závislosti měřené koncentrace oxidu uhličitého na jednotlivé hodině měření (zimní měření)	37
Obrázek 6 Graf vzrůstu průměrné hodnoty koncentrace oxidu uhličitého v jednotlivých měsících.....	38

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Naměřené hodnoty během letního měření (od 2.7.2012 do 13.9.2012).....	33
Tabulka 2 Naměřené hodnoty během zimního měření (od 20.11.2012 do 18.2.2013)	34