

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO
MODELOVÁNÍ



**Emise znečišťujících látek ze spalování
uhlí v Mongolsku**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE: Doc. Mgr. Marek VACH, PhD.

AUTOR PRÁCE: Enkhtuya ENKHTAIVAN

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Enkhtuya Enkhtaivan

Aplikovaná ekologie

Název práce

Emise znečišťujících látek ze spalování uhlí v Mongolsku

Název anglicky

Emissions of pollutants from coal combustion in Mongolia

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je vyhodnotit a porovnat chemické látky produkované při spalování různých druhů paliv. Vstupní data pro analýzu míry znečištění ovzduší ve formě měsíčních průměrů s koncentrací látek CO, NO₂, SO₂, PM_{2,5} a PM₁₀ budou převzata z Mongolského hydrometeorologického ústavu za období 2012-2015. a Vyhodnocení množství emitovaných znečišťujících látek – CO, NO₂, SO₂, PM_{2,5} a PM₁₀ a jejich vliv na životní prostředí a lidské zdraví. Posouzení možnosti pro snižování znečištění ovzduší.

Metodika

- 1.Vyhodnotit znečištění ovzduší včetně dopadů nebezpečných látek, které vznikají při spalování uhlí v Mongolsku za uplynulé 3 roky ze statistických údajů.
- 2.Prostudování dostupných literárních zdrojů
- 3.Sbírání statistických údajů z Mongolska
- 4.Analýza a vyhodnocení údajů.

Doporučený rozsah práce

35 stran textu

Klíčová slova

emise, spalování uhlí, znečišťující látky, znečištění ovzduší

Doporučené zdroje informací

Bartovský T.: Analyzátořy emisí. Praha: Vuste servis, 1994

Braniš M., Hůnová I.: Atmosféřa a klima. Aktuální otázky ochrany ovzduší. Praha Karolinum 2009

J.R.Mudakavi.: Principles and practices of air pollution control and analysis. New Delhi, Bangalore 2010

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 4. 12. 2016

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 12. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 13. 03. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Emise znečišťujících látek ze spalování uhlí v Mongolsku“ vypracovala samostatně pod vedením Doc. Mgr. Marka Vacha, PhD. Použila jsem jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze dne: 22. 04. 2017

Podpis autora

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Doc. Mgr. Marku Vachovi, PhD. za jeho cenné rady a připomínky při zpracování této práce. Dále bych rada poděkovala své rodině za podporu, trpělivost a vytvoření studijních podmínek.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je vyhodnocení množství emitovaných látek ze spalování uhlí v Mongolsku a porovnání stavu emisí znečišťujících látek v Ulánbátaru (MNG) a Praze (ČR). Teoretická část práce se zabývá emisí a emisním zdrojem, rozdělením paliv a jejich vlastností. Dále je stručně popsáno spalování uhlí, rozdělení emitovaných látek znečišťující ovzduší ze spalování uhlí a jejich vliv na lidské zdraví.

Metodická část projednává hlavně o analýze znečištění ovzduší v Mongolsku. Jsou zde vyhodnoceny jednotlivé látky, způsobující znečištění ovzduší a jejich průměrné měsíční koncentrace z údajů Mongolského a Českého hydrometeorologického ústavu. V této části práce se zohledňuje vliv sekundární prašnosti na lidské zdraví. Výsledkem práce ukazuje, že při spalování uhlí, jsou nejvíce vypouštěny do ovzduší emise s největší koncentrací SO₂, PM₁₀ a PM_{2.5}. Povolený limit znečištění ovzduší v Ulánbátaru byl překročen a kvalita ovzduší byla v kritickém stavu v zimním období v letech 2012 – 2015.

V závěru je popsán současný stav města Ulánbátaru a možnosti pro snižování emisí na základě zjištěných poznatků.

Klíčová slova: emise, spalování uhlí, znečišťující látky, znečištění ovzduší

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to evaluate the amount of emitted substances from coal combustion in Mongolia and to compare emission status of Ulaanbaatar (MNG) and Prague (CZE). Theoretical part deals with the emission and emission sources, fuel distribution and their properties. Then this part of thesis describes about coal combustion, distribution of emitted air pollutants from coal combustion and their impact on human health.

The methodological part deals mainly with the analysis of air pollution in Mongolia. The individual substances causing the air pollution and their average monthly concentrations are evaluated from the data of the Mongolian and Czech hydrometeorological institutes. In this part of the work also takes the effect of secondary dustiness on human health. Result shows that emissions with the highest concentration of SO₂, PM₁₀ and PM_{2.5} are exhaled during the combustion of coal. The limit of air pollution in Ulaanbaatar has been exceeded and the air quality was in critical condition in the winter of 2012 – 2015.

In the conclusion, according to the information obtained, the current status of the capital city Ulaanbaatar and opportunities for reducing air pollution are described.

Keywords: emissions, coal combustion, air pollutants, air pollution

Obsah

Seznam použitých zkratk.....	9
1. Úvod.....	10
2. Cíle práce	11
3. Literární rešerše	12
3.1 Emise a emisní zdroje.....	12
3.2 Palivo.....	15
3.2.1 Vznik fosilních paliv.....	16
3.2.2 Druhy paliv a jejich vlastnosti	16
3.3 Spalování uhlí.....	22
3.4 Rozdělení látek znečišťující ovzduší ze spalování uhlí.....	24
3.4.1 Oxid dusičitý (NO ₂):.....	25
3.4.2 Oxid uhelnatý (CO):	25
3.4.3 Oxid siřičitý (SO ₂):	26
3.4.4 Suspendované pevné částice PM:	26
3.5 Vliv znečišťujících látek na lidské zdraví a životní prostředí	26
4. Metodika	28
4.1 Základní charakteristika Mongolska	28
4.2 Znečištění ovzduší v Mongolsku.....	28
4.3 Vlivy emisí na lidské zdraví a životní prostředí v Mongolsku.....	33
4.4 Porovnání emisí Ulánbátaru (MNG) a Prahy (CZ)	34
4.5 Možnost pro snižování emisí v Mongolsku	39
5. Výsledky	40
6. Diskuze	41
7. Závěr	42
8. Seznam použité literatury	44
Seznam tabulek a obrázků.....	48
Přílohy.....	50

Seznam použitých zkratk

CO – oxid uhelnatý

CO₂ – oxid uhličitý

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

MHMÚ – Mongolský hydrometeorologický ústav

NO – oxid dusnatý

NO₂ – oxid dusičitý

PM_{2.5} – suspendovaná částice (velikostní frakce do 2.5 μm)

PM₁₀ – suspendovaná částice (velikostní frakce do 10 μm)

REZZO – Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší

SO₂ – oxid siřičitý

SZO – Světová zdravotní organizace

1. Úvod

Lidské aktivity nejrůznějšího typu ovlivňují kvalitativní i kvantitativní charakteristiky všech složek prostředí. Znečištění ovzduší je komplex jevů a procesů, které není možno od sebe oddělit, přestože se jednotlivé úrovně tohoto problému běžně studují i řeší jako zcela samostatné odborné okruhy (Braniš & Hůnová, 2009).

Podle světové zdravotní organizace hlavními příčinami smogové situace v Ulánbátaru jsou: kouř z domácích kamen a elektrárny, prach z pouště, sekundární prašnost, pevné a plynné částičky produkované z automobilů. Další hlavní příčinou smogu je cca 175 000 rodin, které spalují dřevo, uhlí a jiné materiály v zimním období.

Město Ulánbátar leží 1 580 metrů nad mořem omezeným prouděním větru, která způsobuje koncentraci smogu ve tomto městě.

Dle průzkumu je povolený limit znečištění ovzduší v Ulánbátaru překročen, přičemž znečišťující látky jako jsou CO, SO₂, H₂S, NO₂, PM_{2.5} a PM₁₀, z 90 % kvůli uhlí, které není zcela spálené v domácnostech (The World bank, 2011).

Bakalářská práce se zabývá množstvím škodlivých látek vzniklé ze spalování uhlí v Mongolsku a jejich vliv na lidské zdraví i na přírodu. Dále je porovnán stav emisí znečišťujících látek Mongolska a České republiky. V neposlední řadě předložím návrh na snížení množství těchto škodlivých látek.

2. Cíle práce

Cílem bakalářské práce je vyhodnotit a porovnávat chemické látky produkované při spalování různých druhů paliv. Vstupní data pro analýzu míry znečištění ovzduší ve formě měsíčních průměrů s koncentrací látek CO, NO₂, SO₂, PM_{2,5} a PM₁₀ budou převzata od Mongolského hydrometeorologického ústavu za období 2012 – 2015. Vyhodnocení množství emitovaných znečišťujících látek CO, NO₂, SO₂, PM_{2,5} a PM₁₀, jejich vliv na životní prostředí a lidské zdraví. Posouzení možností pro snižování znečištění ovzduší.

3. Literární rešerše

3.1 Emise a emisní zdroje

Čistý vzduch, neobsahující žádný prach ani plynné znečišťující látky, je ideálním pojmem a v přírodě se nevyskytuje, jelikož neustále dochází k dynamickým změnám mezi ovzduším, zemským povrchem, hydrosférou, biosférou apod. (Bretschneider & Kurfürst, 1978).

Primárním zájmem studia kvality ovzduší je proces vypouštění škodliviny ze zdroje – emise (Braniš & Hůnová, 2009). Emise je vnášení jedné nebo více znečišťujících látek do životního prostředí. Emisním limitem rozumíme nejvýše přípustné množství znečišťující látky nebo stanovené skupiny znečišťujících látek vypouštěné do ovzduší ze zdroje znečišťování ovzduší vyjádřené jako hmotnostní koncentrace znečišťující látky v odpadních plynech nebo hmotnostní tok znečišťující látky za jednotku času nebo hmotnost znečišťující látky vztažená na jednotku produkce nebo lidské činnosti nebo jako počet pachových jednotek na jednotku objemu nebo jako počet částic znečišťující látky na jednotku objemu.

Emisní zdroje lze rozdělit podle řady kritérií. Podle původu se dělí zdroje na přirozené a antropogenní. Mezi přirozené zdroje patří např. sopečná či bakteriální činnost, prашné bouře apod. Antropogenními zdroji rozumíme veškeré zdroje související s lidskou činností, tedy výrobu elektřiny a tepla, průmyslovou a zemědělskou výrobu, dopravu a likvidaci odpadu (Braniš & Hůnová, 2009).

Emisní zdroje lze dělit z hlediska doby trvání na zdroje kontinuální nepřetržitě a diskontinuální přetržitě. Podle uspořádání dělíme zdroje na bodové, liniové, plošné a objemové (Braniš & Hůnová, 2009).

- bodové – komíny, výduchy (energetika, průmysl, zemědělství),
- plošné – plochy s možností úletu znečišťujících látek, zapaření, hoření (zejména lomy, staveniště, cementárny atd.), sklady, skládky, paliv, surovin, produktů, odpadů, frekventovaná parkoviště, křižovatky, lokální topeniště v zástavbě,
- liniové – dálnice, silnice, pásové dopravníky prašných látek (v lomech ap.).

Podle umístění se dělí zdroje na přízemní, vyvýšené a výškové. Mezi příklady přízemních zdrojů emitujících látky v bezprostřední blízkosti zemského povrchu (leckdy přímo do tzv. dýchací zóny) lze uvést zemědělskou činnost, skládky, lomy, lokální topeniště či automobilovou dopravu. Zdroje vyvýšené emitující škodlivé látky v určité výšce nad zemským povrchem. Patří sem typicky vysoké komíny elektráren, tepláren a průmyslových závodů. Výškovým zdrojem je zejména letecká doprava (Braniš & Hůnová, 2009).

Emisní faktor popisuje množství polutantu uvolňovaného do atmosféry ze zdroje činnosti (např. spalování, skladování, manipulace, výrobní procesy, úniky ze zařízení apod.). Emisní faktory jsou zpravidla vyjádřeny v jednotkách hmotnosti polutantu emitovaného na jednotku hmotnosti, objemu, tepelného výstupu, vzdálenosti nebo trvání děje emise polutantu (např. g polutantu/ t produktu) (Braniš & Hůnová, 2009).

Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO), který slouží k archivaci a prezentaci údajů o stacionárních a mobilních zdrojů znečišťování ovzduší, je podle platné legislativy (zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší) součástí

Informačního systému kvality ovzduší (ISKO), provozovaného ČHMÚ:

- tuhé znečišťující látky – TZL,
- oxid siřičitého SO₂,
- oxid dusíku NO_x,
- oxid uhelnatého CO,
- těkavé organické látky VOC,
- amoniak NH₃ (ČHMÚ 2013).

Členění zdrojů pro účely sledování emisí podle REZZO budou v ČR jednotlivé sledovány tyto zdroje:

- a) Zdroje spalující tuhá, kapalná a plynná paliva pro výrobu tepla, páry, elektrické energie nebo zajištění tepelného technologického procesu ve výrobním zařízení se spotřebou tuhého nebo kapalného paliva od 50 tun za rok výše nebo od výkonu kotelny nebo technologického zařízení, spalující tuhá, kapalná i plynná paliva, 0,5 GJ h⁻¹

- b) Zdroje průmyslové, veřejné, komunální a družstevní sféry (průmyslové, hutní, chemické a jiné kombináty, jednotlivé komunální a družstevní podniky, spalovny, provozovny služeb obyvatelstvu apod.) (Bretschneider & Kurfürst, 1978).

Současný stav inventarizací emisí

REZZO 1: Inventarizace velkých zdrojů je prováděna za účelem shromáždění nejen emisních údajů, ale také řady technických údajů o spalovacích a technologických zařízeních (údaje o kategorizaci zdroj, palivu, odlučovačích, výrobních kapacitách a zpracovávaných surovinách), které slouží zejména k celkovému hodnocení zdroje, k provádění rozptylových studií, k hodnocení energetických generelů území, aj.

REZZO 2: Střední zdroje spadají podle zákona o ovzduší do kompetence okresních úřadů. Jejich inventarizace se provádí od roku 1985.

REZZO 3: Malé zdroje spadají podle zákona o ovzduší do kompetence samosprávních úřadů – obec magistrát.

REZZO 4: Údaje sloužící pro výpočet emisí z provozu mobilních zdrojů byly plošně sbírány na základě vyplňování statistických hlášení provozovateli mobilních zařízení pro ČÚ (Machálek, 1997).

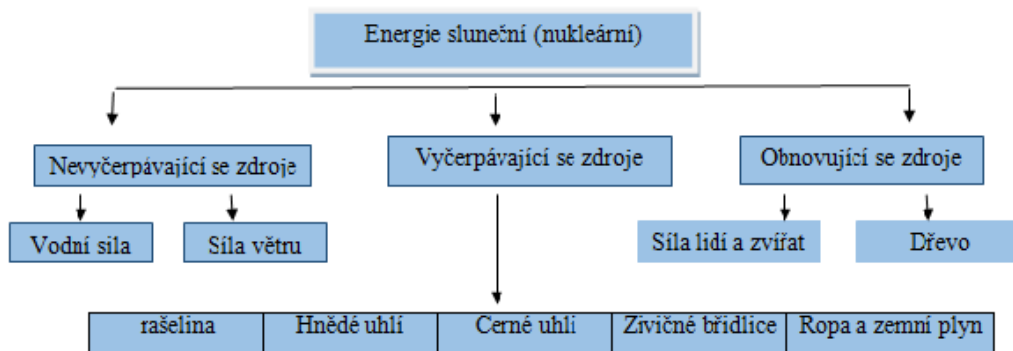
Emise hromadně sledovaných zdrojů znečišťování ovzduší v ČR evidované v REZZO 3 zahrnují emise z lokálního vytápění domácností, fugitivní emise prachu ze stavební a zemědělské činnosti, emise amoniaku z chovů hospodářských zvířat a aplikace minerálních dusíkatých hnojiv a emise VOC z plošného použití organických rozpouštědel (ČHMÚ 2013). Emise malých spalovacích zdrojů: emise ze spalování pevných paliv jsou předmětem výzkumu. Po provedených opatřeních na velkých a středních zdrojích stoupá význam zdrojů REZZO 3 (Hezina, Švec, & Postlová, 2013). Kontinuální měření emisí je předepsáno u elektráren tepláren a vytopen s výkonem větším než 150 MW, u spaloven odpadu s výkonem vyšším než 1 t/h, u vápenek, cementáren a magnezitek bez udání výkonu. U ostatních zdrojů znečišťování je kontinuální měření předepsáno, překračují-li emise 200t/rok prachu, 1000 t/rok SO₂, 1 t/rok chloru, 10 t/rok organických látek, 200 t/rok NO_x, 1 t/rok H₂S, 2 t/rok anorganických sloučenin fluoru nebo 10 t/rok CO (Bartovský, 1994).

Legislativa: Základním právním předpisem, ze kterého vycházejí další dokumenty, je zákon číslo 309/91 Sb. „O ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami“

(zákon o ovzduší) ze dne 9. července 1991 ve znění jeho novely zákonem č. 218/1992 Sb. ze dne 27. dubna 1992 (Bartovský, 1994).

3.2 Palivo

Energie je potřebná k jakékoliv formě života. Donedávna pocházela veškerá využívaná energie přímo nebo nepřímo ze slunečního záření. Člověk využíval zprvu v nejrůznější formě pouze obnovitelné zdroje energie (Noskievič, 1998).



Obrázek č. 1: Formy nahromaděné sluneční energie (Riedl & Veselý, 1962)

Při řešení problému zásobování energií se v současné době dostává stále více do popředí požadavek čistějšího a efektivnějšího využití paliv (Noskievič, 1998). Význam spalování paliv postupně narůstal z původního zajištění tepla pro ohřev osob a vaření pokrmů na dnešní potřeby zajištění elektrické energie, vytápění a ohřev teplé užitkové vody i páry pro různé průmyslové účely (Kurfürst, 2008).

Za paliva v nejširším smyslu lze pokládat každou látku, při jejíž chemické reakci (obvykle oxidaci) se uvolňuje teplo (Teyssler, 1988). Obecně jsou palivem látky obsahující vysoký podíl uhlíku nebo vodíku a jejich sloučenin a společných směsí (Škorpík, 2006).

Palivo je možno definovat jako látku, která splňuje souběžně tato tři hlediska:

1. energetické, tj. spalováním uvolňuje značné množství tepla, vztahuje se na jednotku hmotnosti či objemu ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ nebo $\text{kJ}\cdot\text{dm}^{-3}$),
2. ekonomické vyžaduje minimální cenu za produkovaný kJ ($\text{Kč}\cdot\text{kJ}^{-1}$) a zohledňuje maximální cenovou dostupnost pro odběratele vyjádřenou v Kč za kg paliva,
3. ochrany životního prostředí, zejména ovzduší proti znečištění sírou, oxidu dusíku a pod (Zehnálek, 1998).

Nejdříve se jako palivo využívala biomasa (dřevo, tráva, atd.), později člověk objevil rašelinu a uhlí, následoval objev využívání ropy ve velkém měřítku (19. století) a zemní plyn tj. fosilní paliva (Škorpík, 2006). Celosvětová spotřeba energie získaná z fosilních paliv byla v roce 1990 rozdělena takto: uhlí 31 %, ropa 44 %, zemní plyn 25 % (Noskievič, 1998).

3.2.1 Vznik fosilních paliv

Fosilní paliva jsou zbytky prehistorické organické hmoty. Tyto zbytky jsou tvořeny především uhlíkem popřípadě uhlovodíky. Obsahují velké množství uhlíku a vodíku, které nejsou chemicky vázány na jiné prvky, a proto mají poměrně velkou výhřevnost (Škorpík, 2011).

3.2.2 Druhy paliv a jejich vlastnosti

Fosilní paliva se v přírodě vyskytují v různých formách pevných, kapalných i plyných (Škorpík, 2011). Fosilními palivy jsou uhlí, rašelina, ropa a zemní plyn, recentními palivy dřevo a biomasa (Kurfürst, 2008).

Paliva je možno podle skupenství rozdělit do tří skupin:

- a. paliva tuhá (dřevo, uhlí, koks, rašelina),
- b. paliva kapalná (ropa, benzín, motorová nafta, topné oleje, mazut, syntetický benzín),
- c. paliva plyná (zemní plyn, bahenní plyn, svítíplyn, generátorový plyn apod.) (Zehnálek, 1998).

Podle stáří je možno paliva dělit na recentní (dřevo), fosilní (uhlí, ropa, zemní plyn) a přechodná (rašelina) (Zehnálek, 1998).

3.2.2.1 Tuhá paliva

Za tuhá paliva se podle vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 357/2002 Sb. považují:

- černé uhlí a paliva z něj vyráběna jako brikety, koks a další produkty
- hnědé uhlí a paliva z něj vyráběna jako brikety, polokoks a další produkty
- rašelinové brikety nebo palivová rašelina
- přírodní kusové dříví včetně přirostlé kůry, chrastí a šišek
- přírodní nekusové dřevo i ve formě briket, štěpek, pilin nebo dalších produktů

- biomasa
- alternativní palivo.

Každé tuhé palivo obsahuje vodu, která je nehořlavá a proto je nežádoucí složkou paliva, která snižuje jeho hodnotu. Podle svého prouhelnění obsahují tuhá paliva 1 až 60 % vody, nejmladší tuhé palivo – rašelina i nad 90 % (Roubíček & Buchtele, 2002). Důležitou charakteristikou tuhých paliv je prchavý podíl hořlaviny V^{daf} . Čím je palivo mladší (dřevo, hnědé uhlí, lignit), tím má vyšší obsah prchavého podílu a snadněji se vzněcuje a obráceně, čím je palivo starší (antracit, černé uhlí), tím má méně prchavého podílu a obtížněji se vzněcuje (Jirouš, 2013). V zásadě rozeznáváme tyto druhy tuhých paliv: rašelinu, hnědé uhlí, černé uhlí a živičné břidlice (Riedl & Veselý, 1962).

Rašelina

Rašelina se dá krájet nožem, obsahuje až 95 % vody, kterou lze z částí hnětením vymačkat. Působením zředěných studených alkálií se částečně rozpouští a nerozpustný zbytek obsahuje větší množství nerozložených rostlinných částic. Rašelina obsahuje pentozany, hodně celulózy a organické kyseliny rozpustné ve vodě (Riedl & Veselý, 1962).

Dřevo

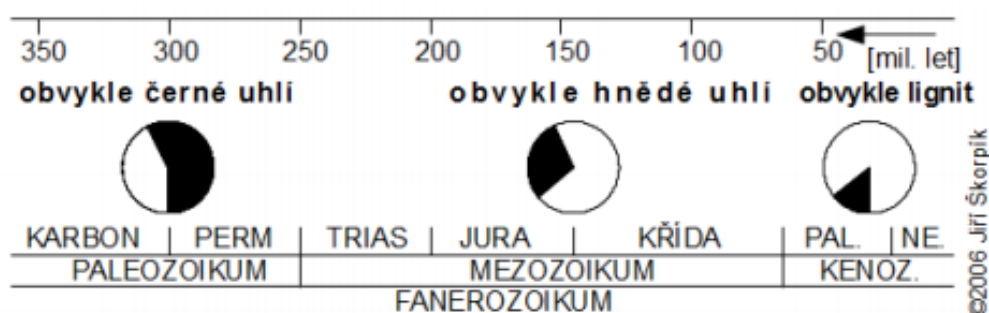
Dřevo je nejdéle známé palivo, jehož hlavní složkou je celulóza, která tvoří 50 – 60 % sušiny. Dalšími složkami jsou lignin (asi 15 %), tanin, škrob, tuky a oleje (Zehnálek, 1998). Dřevo je z energetického pohledu velmi složitý materiál. Protože obsahuje mnoho různých druhů hořlaviny, které mají jinou teplotu hoření, proto hoří při určité teplotě vždy jen určitá část dřeva (Škorpík, 2006). Jako palivo dnes ztrácí význam, mnohem větší cenu má v průmyslovém využití, ve stavebnictví, výrobě papíru, umělé stříže, plastických hmot a výbušnin (Zehnálek, 1998).

Uhlí

Všechna tuhá fosilní paliva rostlinného původu se obvykle shrnují pod jediný pojem – uhlí (Teyssler, 1988). Uhlí je daleko bohatší a bezpečnější zdroj energie než ostatní fosilní paliva. Ve srovnání se zásobami ropy a zemního plynu jsou zásoby uhlí mnohem větší a vystačí na krytí energetických potřeb lidstva po dobu delší než 200 let (Kameš, 2012).

Někteří historici věří, že uhlí bylo poprvé užíváno komerčně v Číně pro tavbu mědi a pro odlévání mincí kolem roku 1000 před Kr. Jeden z nejranějších známých odkazů na uhlí byl udělaný řeckým filosofem a přírodovědcem Aristotelem, který označil uhlí jako skálu (Kameš, 2012).

Uhlí je konečný produkt společného působení různých rozkladných procesů, jimiž původní rostliny procházely, a vnějších podmínek, zejména geomorfologických, jimž při tom byly podrobeny (Teysler, 1988). Vznik uhlí je i časově náročný a jednotlivé meziprodukty vzniku uhlí lze rozdělit obvykle na rašelinu → lignit → hnědé uhlí → černé uhlí → antracit (Škorpík, 2011):



2.id433 Výřez z časové osy Země zachycující období vzniku uhlí.
 PAL. Paleogén; NE. Neogén; KENOZ. Kenozoikum. Přibližně 56% uhlí pochází z období Karbonu a Permu. 30% z období Jury a Křídý. 14% uhlí pochází z období Paleogénu a Neogénu.

Obrázek č. 2: Vznik uhlí (Škorpík, 2006)

Uhlí: v zásadě dělíme do tří hlavních skupin:

1. uhlí hnědé, převážně terciární, nespékavé, obsahující méně než 75 % C v hořlavině,
2. uhlí černé, převážně karbonské, spékavé i nespékavé, obsahující 75 % až 90 % C v hořlavině;
3. antracit, převážně devonský mající černou barvu, velký lesk a obsahující mnoho uhlíku jen málo kyslíku a vodíku v hořlavině (Riedl & Veselý, 1962).

Dále můžeme dělit uhlí na jednotlivé druhy podle vnějších znaků, tj. podle barvy, lesku, tvrdosti a struktury. K dělení uhlí můžeme použít i jiných charakteristik, např. elementárního složení, spalného tepla hořlaviny, obsahu prchavé hořlaviny a vlastností koksového zbytku, chování při zahřívání, petrografického složení (Riedl & Veselý, 1962).

Nejmenší procento uhlíku obsahuje hořlavina mladého uhlí, a to asi 61 % (dřevo asi 50 %, největší podíl, až 96 % je ho v hořlavině antracitů. Největší procento kyslíku, asi 30 % je v hořlavině mladého a zvětralého hnědého uhlí (dřevo ho obsahuje asi 44 %). Nejméně kyslíku, asi 2 %, má antracit (Riedl & Veselý, 1962).

Zvláště nepříjemná je přítomnost síry, které je zvláště mnoho v hnědém uhlí, která je hlavní příčinou znečišťování ovzduší při jeho spalování (Kameš, 2012). Obsah celkové síry je různý. Uhlí v ČR jí obsahuje poměrně málo: severočeské hnědé uhlí asi 1 % (Riedl & Veselý, 1962).

Využívání uhlí je spojeno s řadou problémů, z nichž největší představuje obsah a složení popeloviny. Nekvalitní druhy uhlí jí obsahují až 40 %. Jsou v ní obsaženy toxické kovy a další škodliviny nekovového charakteru (Noskievič, 1998). Při použití uhlí jako paliva je významné nejen množství popela, ale i charakter popela. Zvláště je důležité, aby popel měl dostatečně vysoký bod tání (Kameš, 2012).

Uhlí může obsahovat i malé množství radioaktivních prvků a těžké kovy (jedná se materiál splavený při nahromadění biomasy během přírodních katastrof), které jsou vylučovány v tuhých částicích ve spalinách i v popelu (Škorpík, 2011).

Specifické teplo klesá s prouhelněním (resp. stoupá s obsahem prchavé hořlaviny) a s obsahem popelovin, roste s obsahem vody. U hnědého uhlí má hodnotu 0,40 – 0,53; u černého uhlí 0,29 – 0,34; u polokoku a antracitu asi 0,26; u koksu asi 0,22 kcal/kg, °C (Riedl & Veselý, 1962).

Hnědé uhlí

Hnědé uhlí v těžném stavu obsahuje 20 – 60 % vody. V hořlavině bývá 15 – 35 % kyslíku a 60 – 75 % uhlíku. Podíl prchavé hořlaviny je nad 50%, spalné teplo hořlaviny 6 000 – 7 800 kcal. Podle vnějších znaků dělíme hnědé uhlí na měkká uhlí, matná, někdy se znatelnou dřevitou strukturou a tvrdá uhlí, která jsou celistvá, matného až částečného lesku a bez dřevité struktury.

- a) K měkkým druhům patří především lignit, zemité uhlí a mělké uhlí.
- b) K tvrdým druhům patří celistvé hnědé uhlí, pololesklé, živičné, lesklé a smolné hnědé uhlí (Riedl & Veselý, 1962).

c) Černé uhlí

V těžném stavu obsahuje pouze 2 – 10 % vody. V hořlavině mívá jen 2 – 15 % kyslíku, avšak 80 – 95 % uhlíku. Podíl prchavé hořlaviny bývá pod 40 %, spalné teplo hořlaviny 7 800 – 8 700 kcal. Černé uhlí rozdělujeme zejména podle toho, jak se chová při koksování, tj. podle podílu prchavé hořlaviny a podle vzhladu koksového zbytku (Riedl & Veselý, 1962).

Černé uhlí, které se dělí na:

- pálavá, s obsahem prchavých složek nad 35 %,
- plynová, vhodná pro výrobu svítiplynu,
- žírná, k výrobě hutnického koksu,
- koksová, k výrobě slévárenského koksu,
- antracitová, jako energetická surovina,
- antracit (Zehnálek, 1998).

3.2.2.2 Plynná paliva

Za plynná paliva se podle vyhlášky MŽP č. 357/2002 Sb. považují:

- plynné produkty zpracování zemního plynu, uhlí, ropy a oleje,
- zemní plyn, propan či butan nebo jejich směs a jiné čisté plynné uhlovodíky,
- koksárenský plyn, degazační plyn, vysokopecní plyn, konvertorový plyn, bioplyn, plyn z rafinerií, syntézní plyn s obsahem síry do 0.1 % hmotnostních a jiné průmyslové plyny s obsahem síry do 0.1 % hmotnostních.

Zemní plyn

Zemní plyn je směsí plynů, jejich zastoupení v něm kolísá podle naleziště. Obvykle obsahuje kolem 75 % methanu a 15 % ethanu; zbytek tvoří další alkany a jiné látky jako oxid uhličitý, dusík a v některých případech i helium. Zemní plyn se užívá jednak jako palivo, a to jak průmyslové, tak v domácnostech, jednak slouží jako významná chemická surovina (Zehnálek, 1998). Je chemicky ještě čistší než ropa. Hlavním problémem při využití zemního plynu je skutečnost, že se dá velmi obtížně skladovat, jelikož se jedná o obrovské objemy (Noskievič, 1998). Podíl zemního plynu na celkové spotřebě paliv pro výrobu tepla, páry a elektrické energie tvoří v současnosti v ČR přibližně 23 % celkové spotřeby s výrazně rostoucím trendem (Kurfürst, 2008).

3.2.2.3 Kapalná paliva

Kapalná paliva je možno rozdělit do tří skupin:

- paliva uhlovodíková,
- paliva neuhlovodíková,
- paliva pro speciální účely (Zehnálek, 1998).

Za kapalná paliva se podle vyhlášky MŽP č. 357/2002 Sb. považují:

- kapalné produkty zpracování zemního plynu,
- plynový olej,
- střední olej,
- těžký topný olej,
- methanol nebo ethanol a jiné čisté kapalné uhlovodíky,
- kapalné produkty zpracování uhlí, ropy a oleje,
- alternativní palivo.

Ropa

Fosilním kapalným palivem je ropa. Ropa je směs kapalných, tuhých a plynných látek (Kurfürst, 2008). Je směsí alkanů, cykloalkanů a arenů, jejichž vzájemný poměr se různí podle místa výskytu (Zehnálek, 1998)

Ropa je hnědá až černá olejovitá kapalina s hustotou menší než voda (Zehnálek, 1998). V současné době je nejvýznamnějším energetickým zdrojem ropa. Ropné produkty představují ideální energetické suroviny s vysokou výhřevností, snadnou manipulací a dopravou (Noskiewič, 1998).

Ropa i výrobky z ní jsou základním palivem pro dopravu a surovinou pro výrobu plastů. Vyrábějí se z ní i některé léky, hnojiva a pesticidy (Kameš, 2012). Neupravená ropa se jako palivo téměř nepoužívá. Přibližné chemické složení ropy je 84 – 87 % uhlíku, 11 – 14 % vodíku, až 1 % kyslíku, až 4 % síry a až 1 % dusíku. Ve stopových množstvích jsou zastoupeny další prvky (vanad, sodík, vápník, nikl, křemík atd.) (Kurfürst, 2008).

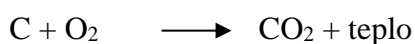
3.3 Spalování uhlí

Významnou aktivitou, při které dochází ke vnášení celé řady znečišťujících příměsí do ovzduší, jsou spalovací procesy. Významnými emitenty jsou tepelné elektrárny využívající k produkci energie uhlí, případně ropu či mazut (Braniš & Hůnová, 2009).

Emise z malých zdrojů závisí na mnoha faktorech, a to zejména na:

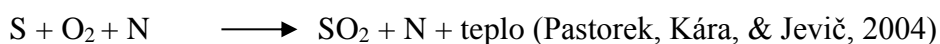
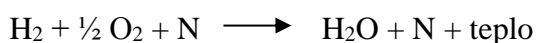
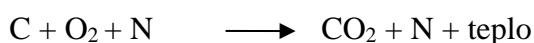
- a) použitím palivu (chemické složení paliva, homogenita, obsah vlhkosti, tvar),
- b) způsobu dávkování paliva (kontinuální, diskontinuální, automatický a poloautomatický či ruční),
- c) provedení spalovacího prostoru a způsobu přivádění spalovacího vzduchu,
- d) podmínkách spalování (teplota, doba zdržení, přebytek kyslíku) (Hezina, Švec, & Postlová, 2013).

Spalování uhlí je heterogenní reakcí, která probíhá na povrchu uhelných zrn v několika dílčích krocích. Reakce vždy přechází do difuzního režimu hoření. Kyslík jako složka spalovacího vzduchu je vnášen do ohniště různými postupy, které určují jeho proudění v ohništi (Roubíček & Buchtele, 2002b). Spalovací reakce, při kterých se slučují hořlavé prvky s kyslíkem, se označují za reakce exotermické. Probíhají podle chemických vztahů:



Tyto vztahy nevyjadřují přesně spalovací poměry, které existují ve skutečném ohništi. V ohništi se spalování neuskutečňuje s čistým kyslíkem, ale za přítomnosti vzduchu, jenž obsahuje kromě kyslíku také dusík.

Spalovací reakce hořlavých prvků se vzduchem lépe vystihují vztahy napsané v opraveném tvaru:



Při spalování jakéhokoli paliva v jakémkoli zařízení vždy část uvolněného tepla zůstává nevyužita a rozptýluje se v ovzduší nebo ve vodě, ve spalinách a tuhých zbytcích se vyskytují složky, projevující se nepříznivými vlivy fyzikálními, chemickými a biologickými. U tuhých fosilních paliv jsou nežádoucími složkami spalin některé plyny (zejména oxidy síry a oxidy dusíku) a tuhé částice (popílek) (Teyssler , 1988). Kouřové plyny jsou tedy směsí vzdušného dusíku a produktů spalování hořlaviny, tj. CO₂, H₂O, SO₂, SO₃, NO, NO₂, vodní páry vzniklé z vlhkostí paliva a z vlhkostí vzduchu, popř. dalších složek, většinou ve velmi malém nebo stopovém množství (Pastorek, Kára, & Jevič, 2004).

Minerální složky přítěže paliva jsou nazývány popelovinou. Popel jsou tuhé zbytky po dokonalém laboratorním spálení paliva, většinou ve formě oxidů s nejvyšším stupněm oxidace. Popelovinu lze podle původu rozdělit na vlastní a přimíšenou. Vlastní popelovina je syngenetická a epigenetická (Kurfürst, 2008).

Při spálení 1 kg paliva lze transformovat určité množství energie, toto množství se nazývá spalné teplo nebo výhřevnost paliva. Spalné teplo je množství transformované energie při dokonalém spálení paliva. To znamená oxidačním převedením ve finální produkty, kterými jsou nejčastěji podle druhu paliva oxid uhličitý, voda, oxid siřičitý a dusík, případně i vykonání práce spojené s nárůstem objemu finálních produktů spalin v plynném prostředí. Pokud obsahem paliva je i vodík (nebo okysličovadla), budou spaliny obsahovat vodní páru, proto se definuje ještě výhřevnost paliva (Škorpík, 2006).

V poslední době je věnována zvýšená pozornost vývoji uhelné technologie a účinného spalování minimálně znečišťující životní prostředí. Soubor těchto technologií je označován jako „Clean coal“ technologie. Vývoj se zaměřuje zásadně třemi směry.

- Vytvoří se technologie minimalizující znečištění ovzduší při spalování, úpravou topenišť se omezuje vznik oxidů dusíku, zavádí se odsiřování spalin, odstraňují se spalin, odstraňují se sloučeniny síry z uhlí před spalováním.
- Zvyšuje se účinnost spalování a spalovacích zařízení, vyvíjí se nové systémy, nově se řeší konstrukce rozhodujících částí ohniš.

- Hledají se cesty zásadní chemické úpravy uhlí před jeho využitím, transformace uhlí na kapalná nebo plynná paliva (Noskievič, 1998).

Tabulka č. 1: Podíly jednotlivých druhů paliv na celkové spotřebě při spalování paliv v ČR (Kurfürst, 2008)

Rok	Černé uhlí	Hnědé uhlí	Zemní plyn	Těžký topný olej	Ostatní kapalná paliva	Biomasa	Jiná tuhá paliva	Celkem
1990	12,61	64,13	11,95	4,01	2,67	1,32	3,31	100,00
1995	14,04	59,18	18,29	3,36	1,87	1,74	1,51	100,00
2000	13,79	56,01	22,99	2,50	1,75	2,47	0,48	100,00
2010	13,43	52,24	27,29	1,37	1,84	3,41	0,42	100,00
2020	14,69	46,92	30,76	0,77	0,99	5,80	0,07	100,00

3.4 Rozdělení látek znečišťující ovzduší ze spalování uhlí

Látky znečišťující ovzduší jsou hmotné látky tuhého, kapalného nebo plynného skupenství, které buď přímo, nebo po chemické změně v atmosféře, popř. v synergickém efektu (ve spolupůsobení) s jinou látkou nepříznivě ovlivňují životní prostředí. Z celkového množství znečišťujících látek je asi 90 % plynných látek, zbývajících asi 10 % tvoří partikulární látky, tj. tuhé, popř. kapalné látky (Bretschneider & Kurfürst, 1978).

Látky nepodléhající změnám považujeme za tzv. primární polutanty. Do této skupiny patří např. tzv. klasické škodliviny, jako jsou SO₂, CO, NO, primární aerosol (uhlíkaté částice a popílek ze spalovacích procesů) a hrubý aerosol (prach), řada uhlovodíků apod. (Braniš & Hůnová, 2009).

Naproti tomu tzv. sekundární polutanty nemají konkrétně definovaný přímý zdroj bodový ani plošný, mobilní či stacionární. Vznikají nebo vyvíjejí se v procesu transformace primárních polutantů během chemických (často fotochemických) reakcí. Patří sem zejména O₃, NO₂, některé nitrosloučeniny, např. PAN (peroxyacetyl nitrát), aldehydy apod. (Braniš & Hůnová, 2009).

Tabulka č.2: Vzájemné podíly emisí při spalování různých druhů paliv (Kurfürst, 2008)

Znečišťující látky	Zemní plyn	Kapalná paliva	Tuhá paliva
Tuhé emise	0,2	1 až 1,5	3,5 až 80
Oxidy síry	0,006	5 až 31,5	25 až 60
Oxidy dusíku	2,1	5 až 6,4	10 až 16
Oxid uhelnatý	0,006	0,003 až 0,03	1 až 2,2
Uhlovodíky	0,5	0,15 až 0,5	0,5 až 1,8
Celková emise	3	11 až 40	40 až 160

Oxid dusíku (NO_x): Vzniká při spalování směsi paliva a vzduchu oxidací vzdušného dusíku kyslíkem za vysokých teplot. Směs oxidů dusnatého a dusičitého, aktivně se podílejí na vzniku fotochemického smogu. Reakcí s vodou mohou tvořit kyselinu dusičnou, podílející se na vzniku kyselých dešťových srážek (Kurfürst, 2008).

3.4.1 Oxid dusičitý (NO₂): Oxid dusičitý je důležitou složkou emisí spalovacích procesů a je vysoce korelován s ostatními primárními i sekundárními zplodinami, proto při posuzování jeho působení nelze určit, zda se jedná o nezávislý vliv NO₂ nebo spíše působení celé směsi látek, tj. včetně prašného aerosolu, uhlovodíků, ozonu a dalších látek (Kazmarová, 2008).

Přírodní pozadí průměrných ročních koncentrací je od 0,4 do 9,4 μg/m³. NO₂ díky své malé rozpustnosti proniká do plicní periferie, kde je více než 60 % absorbováno (Kazmarová, 2008).

3.4.2 Oxid uhelnatý (CO): Oxid uhelnatý je bezbarvý plyn a považován (na rozdíl od průmyslových exhalací) za nejškodlivější složku výfukových plynů (Obroučka, 2001). Antropogenním zdrojem znečištění ovzduší oxidem uhelnatým jsou zejména stavy, kdy dochází k nedokonalému spalování fosilních paliv. Jedná se především o dopravu a stacionární zdroje, zejména nesprávně regulovaná domácí topeniště (Janota & Stach, 2014).

3.4.3 Oxid siřičitý (SO₂): Bezbarvý plyn štiplavého zápachu (Kurfürst, 2008). Hlavními jeho zdroji jsou však především elektrárny a teplárny, spalující palivo s vysokým obsahem síry (cca 80 % všech emisí SO₂), domácí topeniště a některé technologické procesy (Obroučka, 2001). V atmosféře je SO₂ oxidován na sírany a kyselinu sírovou vytvářející aerosol jak ve formě kapiček, tak i pevných částic širokého rozsahu velikostí (ČHMÚ, 2013).

3.4.4 Suspendované pevné částice PM:

- PM_{2.5-10} (hrubá frakce) – K jejich hlavním zdrojům patří prach z vozovek, oděry pneumatik a spalovací procesy s emisemi částec paliva a sazí. Setrvávají v ovzduší po kratší dobu a jejich výskyt je omezen na blízké okolí zdroje
- PM_{2.5} (jemná frakce, respirabilní frakce) vzniká v důsledku chemických reakcí, nukleací, kondenzací plyných emisí na povrch vzniklých částic či koagulací nejjemnějších částic při spalování pohonných hmot (Kurfürst, 2008).

3.5 Vliv znečišťujících látek na lidské zdraví a životní prostředí

Znečišťování ovzduší částicovými a plynými exhaláty z průmyslových zdrojů nepříznivě působí přímo i druhotně na zdraví a život člověka, na biosféru, přírodní zdroje (především půdu a vodu), stavby a stavební materiály, kovové konstrukce atd (Bretschneider & Kurfürst, 1978).

Abychom mohli správně interpretovat nejvýše přípustné koncentrace škodlivých látek, musíme si uvědomit, že živé organismy vykazují různou citlivost, takže táž koncentrace škodliviny může u různých jedinců vyvolat kvalitativně i kvantitativně nestejnou reakci. Záleží přitom na věku, pohlaví, zdravotním stavu, únavě apod. (Bretschneider & Kurfürst, 1978).

Oxid dusíku (NO_x): Dráždivé účinky, mírné až těžké záněty průdušek či plic, bronchitida, bronchopneumonie až akutní plicní edém (Kurfürst, 2008). Působení oxidu dusičitého je spojováno se zvýšením celkové, kardiovaskulární a respirační úmrtnosti. Hlavním účinkem krátkodobého působení vysokých koncentrací NO₂ je narůst reaktivity dýchacích cest. Pro děti znamená expozice NO₂ zvýšené riziko respiračních onemocnění v důsledku snížené obranyschopnosti vůči infekci, snížení plicních funkcí (MŽP, 2015).

Oxid uhelnatý (CO): Oxid uhelnatý je silně toxický, protože jeho molekuly se velmi silně vážou na hemoglobin v krvi. Vzniklý karboxyhemoglobin pak nemůže vázat kyslík, takže v podstatě dochází k zadušení člověka. Oxid uhelnatý je uváděn jako nejčastější příčina otrav při požárech (Nátr, 2006).

Oxid siřičitý SO₂: Toxický plyn s dráždivými účinky, způsobující dýchací potíže. Změny plicní kapacity a plicních funkcí (Kurfürst, 2008).

Suspendovaná částice: účinek částice závisí na její velikosti, tvaru a chemickém složení. Velikost částic je rozhodující pro průnik a ukládání v dýchacím traktu. Větší částice jsou zachyceny v horních partiích dýchacího ústrojí. Částice frakce PM₁₀ (se střední hodnotou aerodynamického průměru 10 μm) se dostávají do dolních cest dýchacích. Jemnější částice označené jako PM_{2.5} pronikají až do plicních sklípků (Kazmarová, 2008). Suspendované částice způsobují kardiovaskulární onemocnění, choroby dýchacích cest, snižují délku života a zvyšují kojeneckou úmrtnost. V důsledku navázaných těkavých látek může způsobovat rakovinu.

Částice obsažené ve vdechovaném vzduchu dráždí sliznici dýchacích cest, mohou způsobit změnu, strukturu i funkce řasinkového epitelu, zvýšit produkci hlenu a snížit samočisticí schopnosti dýchacího ústrojí (Kazmarová, 2008).

Mezi účinky krátkodobě zvýšených denních koncentrací suspendovaných částic PM₁₀ patří nárůst celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména na onemocnění srdce a cév, zvýšení počtu osob hospitalizovaných pro onemocnění dýchacího ústrojí, zvýšení kojenecké úmrtnosti, zvýšení výskytu kašle a ztíženého dýchání – zejména u astmatiků, z toho vyplývající zvýšená spotřeba léků na rozšíření dýchacích cest a změny plicních funkcí při spirometrickém vyšetření (Kazmarová, 2008). Dlouhodobé zvýšené koncentrace mohou mít za následek snížení plicních funkcí u dětí i dospělých, zvýšení nemocnosti u onemocnění dýchacího ústrojí, výskyt symptomů chronického zánětu průdušek a zkrácení délky života zejména z důvodu vyšší úmrtnosti na choroby srdce a cév (zvláště u starých a nemocných osob) a pravděpodobně i u rakoviny plic. Nejvýznamnějším zdravotním dopadem dlouhodobé expozice jemnými aerosolovými částicemi v ovzduší je předčasná úmrtnost a snižování naděje dožití.

4. Metodika

- Vyhodnotit znečištění ovzduší včetně dopadů nebezpečných látek, které vznikají při spalování uhlí v Mongolsku za uplynulé 3 roky ze statistických údajů.
- Prostudování dostupných literárních zdrojů.
- Sběr statistických údajů z Mongolska.
- Analýza a vyhodnocení údajů.

4.1 Základní charakteristika Mongolska

Originální název: Mongol Uls

Celková plocha: 1 564 116 km²

Využití plochy: 5,7% orná půda, 81% pastviny, 11,4% lesy, 1,9% ostatní

Biota: pouště a polopouště

Klima: mírný pás

Počet obyvatel: 3 136 400

Oficiální jazyk: Mongolština

Mongolsko se nachází ve střední Asii, hraničí s Ruskem a Čínskou lidovou republikou. Hlavním městem je Ulánbátar, jehož 1,2 milionů obyvatel reprezentují téměř polovinu obyvatelstva země. Nejsušší a nejhostinější část země je poušť Gobi, která se vyskytuje v celé jižní a jihovýchodní části Mongolska. Naopak v severní části je možno nalézt stálé vodní toky a husté říční síť (NSO, 2017).

4.2 Znečištění ovzduší v Mongolsku

Nejvíce znečištěné město Mongolska je hlavní město Ulánbátar. Toto město patří k nejchladnějším hlavním městům a je jedním z nejvíce znečištěným ovzduším na světě. Mezi faktory, které znečišťují ovzduší patří hlavně rodinné domy a jurty spalující uhlí. Spalování velkého množství uhlí v domácnostech je nalezeno v absenci distribuční soustavy pro zavedení elektrické energie pro centrální vytápění jako u bytových domů. Dle průzkumů z posledních let 75 % až 95 % škodlivého ovzduší tvoří právě znečišťující látky, emitující z komínů těchto domácností. Zbylou část tvoří plynné a pevné částičky z automobilů a elektráren v hlavním městě (The World bank, 2013). Mimo jiné lepšímu stavu ovzduší nepomáhá rozmístění

novostaveb z posledních let, které jsou postaveny takovým způsobem, kde mají negativní vliv na přirozený odliv znečištěného ovzduší. Spalováním paliv opatříme 80 % hrubé vnitrostátní spotřeby elektřiny a téměř 100 % vytápění. V roce 2013, 5.9 milionů tun uhlí bylo použito v tepelné elektrárně v Ulánbátaru (Agaar, 2016).

Hlavní škodlivé látky, které koncentrují se v znečištěném ovzduší jsou CO, SO₂, PM_{2.5} (jemná částice), PM₁₀ (hrubá částice) a NO₂. Tyto údaje jsou pod neustálým dohledem stanic z agentury kvality ovzduší Mongolského hydrometeorologického ústavu v hlavním městě.

V roce 2013 podle měření osmi stanic v Ulánbátaru byl překročen povolený limit PM₁₀ 10 krát za 24 hodinové koncentrace a 25 krát byl překročen povolený limit PM_{2.5}. Z těchto nejškodlivějších látek je PM_{2.5}, který se může dostat dýchací soustavou do těla a může působit poškození krevního oběhu. Téměř 60 % znečišťujících látek PM_{2.5} vzniká spalováním uhlí a jiných předmětů v domácnostech bez distribuční soustavy pro vytápění. Následkem PM_{2.5} mohou být různá plicní onemocnění a v horším případě dokonce i smrtelné onemocnění. Náklady na léčbu těchto nemocí mohou dosáhnout stovky až miliony amerických dolarů ročně (The World bank, 2013).

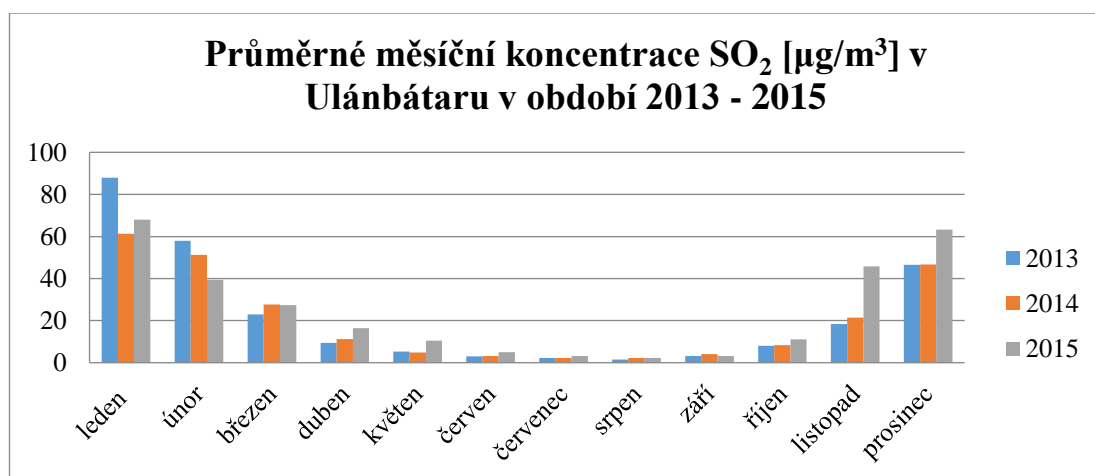
Obyvatelé, kteří spalují nejvíce uhlí a dřeva jsou sami tvůrci emisí znečišťujících látek a zároveň jsou skupinou s největším počtem nemocných lidí (The World bank, 2013).

PM vzniká, nejen ze spalování ve výše uvedených domácnostech, ale i ze sekundární prašnosti. V Ulánbátaru se spálí ročně až 524,9 tisíc tun uhlí. Přičemž cca 20.5 tisíc tun je spotřebováno rodiny s běžnými kamny a 160.0 tisíc tun je spáleno domy se zděnými kamny (Agaar, 2016). Průměrný rodinný dům bez zděných kamen má obytnou plochu 39 m². Domy se zděnými kamny jsou nepatrně větší s rozlohou 41 m² a největší prostor mají rodiny s nízkotlakovými kotli (73 m²) (The World bank, 2011).

Až 80 % dopravních prostředků je zastaralé a produkují plynné a pevné částičky. Samozřejmě to má špatný vliv na lidské zdraví i na čistotu ovzduší. Tyto plyny mohou mít při dlouhodobém setrvání pro lidské tělo katastrofální následky pro lidské tělo jako je rakovina, atd.

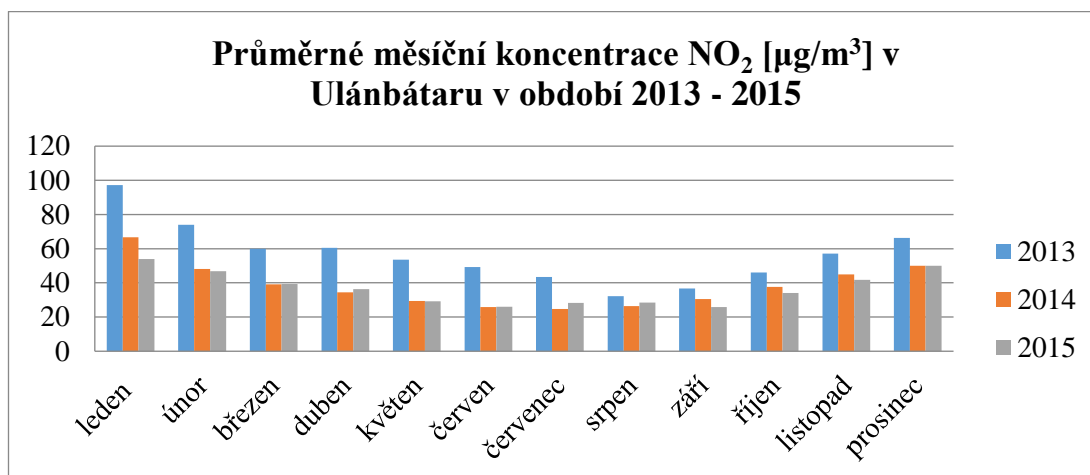
Tabulka č. 3: Imisní limity dle zákona vyhlášené pro ochranu zdraví lidí v Mongolsku a České republice (Ub – air; ČHMÚ)

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit dle standardu kvality ovzduší v Mongolsku [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Imisní limit dle přílohy 1 zákona č. 201/2012 Sb. v České republice [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
SO ₂ oxid siřičitý	24 hodin	20	125
	1 kalendářní rok	10	-
NO ₂ oxid dusičitý	24 hodin	40	-
	1 kalendářní rok	30	40
PM ₁₀ suspendované částice	24 hodin	100	50
	1 kalendářní rok	50	40
PM _{2,5} suspendované částice	24 hodin	50	-
	1 kalendářní rok	25	25
CO oxid uhelnatý	Maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	10000	10000



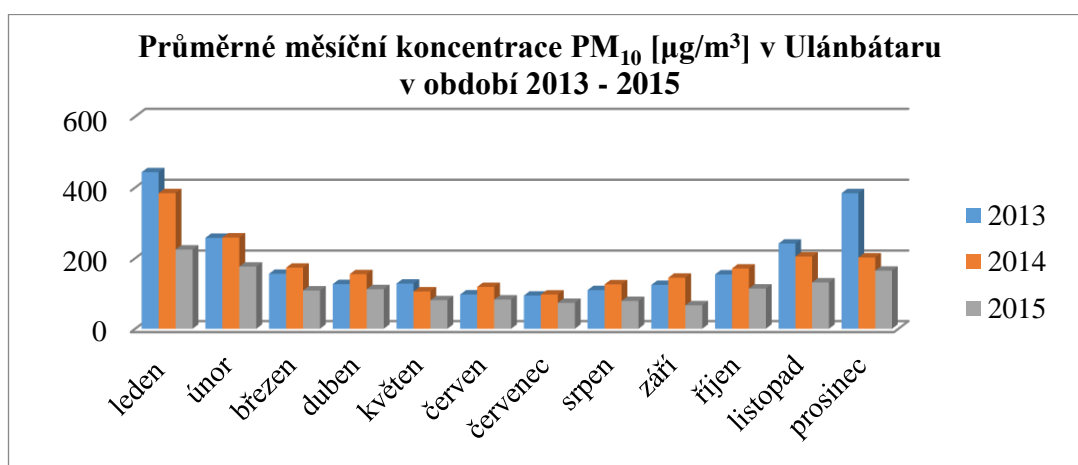
Obrázek č. 3: Průměrné měsíční koncentrace oxidu siřičitého v období 2013 – 2015 (MHMÚ 2016)

Z obrázku č. 3 vyplývá, že nejvyšší průměrná měsíční koncentrace dosahuje až cca $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v zimním období (listopad až únor). Hlavní příčinou je spalování tuhého hnědého uhlí v domácnostech s běžnými kamny (Agaar, 2016). V letním období (květen až září) není však překročen povolený standard kvality ovzduší. Je to proto, že se přestává spalovat uhlí v domácnostech.



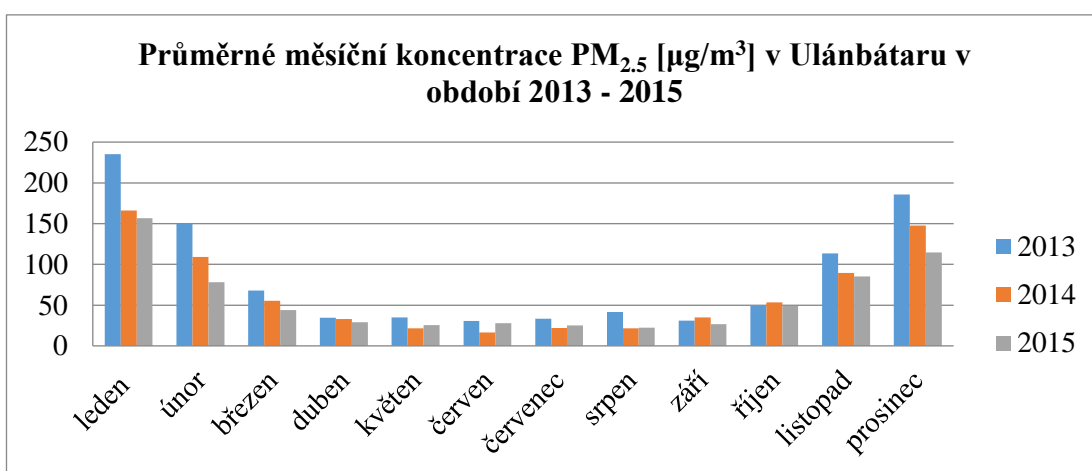
Obrázek č. 4: Průměrné měsíční koncentrace oxidu dusičitého v období 2013 – 2015 (MHMÚ 2016)

Emise oxidu dusičitého jsou způsobené spalováním všech paliv v tepelných elektrárnách (emisí se emituje nejvíce ze spalování při vyšší teplotě), v parním a teplovodním kotli i z automobilů (Agaar, 2016). Příčinou těchto zdrojů mají měsíční koncentrace SO₂ podobné hodnoty během všech měsíců.



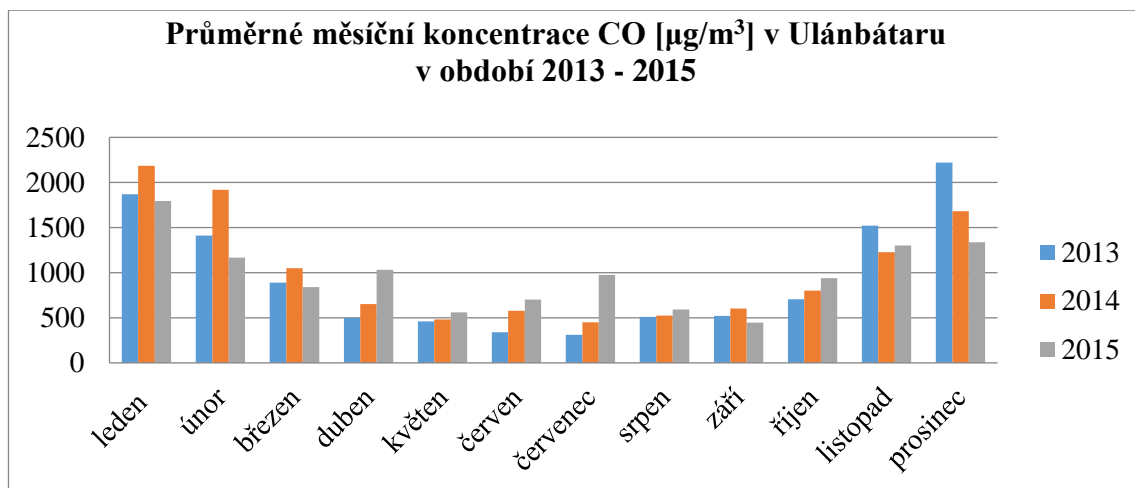
Obrázek č. 5: Průměrné měsíční koncentrace suspendovaných pevných částic PM₁₀ v období 2013 – 2015 (MHMÚ 2016)

Z obrázku č. 5 vyplývá, že v roce 2015 celkové emise primárních částic PM₁₀ poklesly ve všech měsících (tyto průměrné měsíční koncentrace v roce 2015 představují pokles o 32 % v říjnu, 43 % v listopadu, 27 % v prosinci a 13 % v lednu 2016 ve srovnání se stejným obdobím předchozího roku), přičemž pokles byl ovlivňován náhradou spalovacích kamen. I když k překročení 24hodinového imisního limitu PM₁₀ došlo v roce 2015 v říjnu o 59 %, v listopadu o 71 %, v prosinci o 63 % a v lednu o 82 % než je povolený standard kvality ovzduší (Agaar, 2016). V zimním období dosáhla koncentrace PM₁₀ na některých stanicích (na místech, která emitují nejvíce znečišťujících látek) až 940 µg/m³. V letních měsících se tvoří suspendované částice PM₁₀ hlavně ze sekundární prašnosti (Ub – air, 2017). Naopak v zimě emise PM₁₀ jsou způsobeny spalováním uhlí kromě sekundární prašnosti (The World bank, 2013).



Obrázek č. 6: Průměrné měsíční koncentrace suspendovaných jemných částic PM_{2.5} v období 2013 – 2015 (MHMÚ 2016)

Nejvíce škodlivou a znečišťující látkou pro zdraví těla je PM_{2.5}. Úroveň PM_{2.5} v roce 2015 poklesla o minimální hodnotu (v říjnu na 9 %, v listopadu na 6 % a v prosinci na 20 % činil pokles od tohoto období předchozího roku). Průměrná měsíční koncentrace byla 150 – 250 µg/m³ v zimním období a na některých stanicích dosáhla až na 350 µg/m³. K překročení imisního limitu došlo na všech stanicích v Ulánbátaru. Oproti roku 2014 klesla roční průměrná koncentrace PM_{2.5} na 5 % a oproti roku 2013 na 32 %.



Obrázek č. 7: Průměrné měsíční koncentrace oxidu uhelnatého v období 2013 – 2015 (MHMÚ 2016)

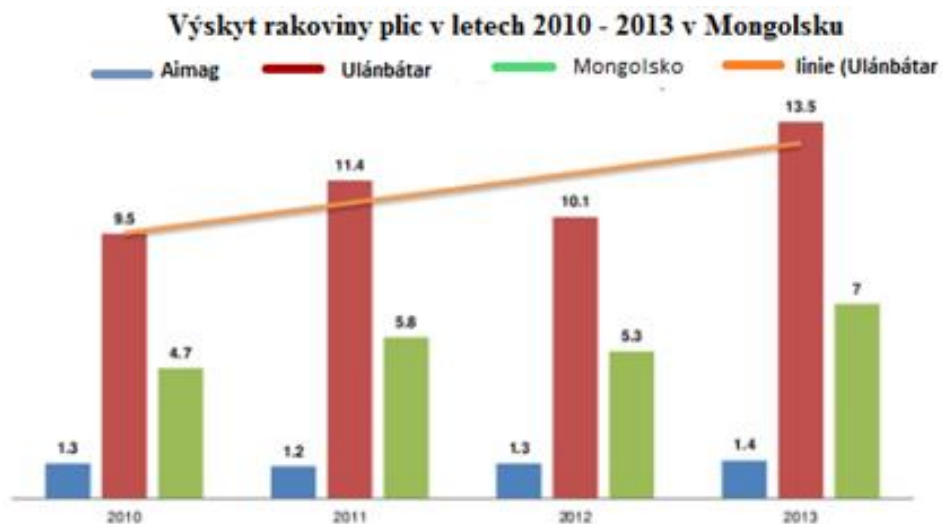
4.3 Vlivy emisí na lidské zdraví a životní prostředí v Mongolsku

Nejcennější – hodnota pro člověka je bezesporu jeho zdraví. Základem pro zdravý život je dýchání čistého ovzduší. Je zřejmé, že všichni bez ohledu na věk jsou zasaženi touto nelichotivou situací. Nejvíce postižené jsou děti, starší lidé a lidé s nízkou imunitou (The World bank, 2011). Škodlivé ovzduší, které má negativní vliv na zdraví jedince se dělí na agresivní a pokročilé stadium.

Předčasné úmrtí způsobené znečištěním ovzduší-rozdělení podle nemoci:

- 40 % – ischemická srdeční choroba;
- 40 % – mrtvice;
- 11 % – chronická obstrukční plicní nemoc (COPD);
- 6 % - rakovina plic;
- 3 % – akutní onemocnění dolních dýchacích cest u dětí (SZO).

Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) v roce 2013 zveřejnila posudek, že znečištění venkovního ovzduší je karcinogenní pro člověka, v důsledku znečištění ovzduší partikulárních částic se zvyšuje výskyt rakoviny (zejména rakoviny plic). Každé zvýšení o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve znečištění ovzduší jemnými suspendovanými částicemi bylo spojeno se zvýšeným rizikem o 4 – 8 % úmrtnosti kvůli rakovině plic či jiného důvodu (Pope III, a další, 2002). Kvůli vysoké koncentraci prachu a ostatních znečišťujících látek se každoročně zvyšuje výskyt rakoviny plic v Ulánbátaru (Obrázek č. 8) (Burmaajav & Enkhjargal, 2014).



Obrázek č. 8: Výskyt rakoviny plic v letech 2010 – 2013. Ulánbátar, Mongolsko (Burmaajav & Enkhjargal, 2014).

Každoročně v zimním období s vysokou koncentrací suspendovaných částic se zvyšuje počet celkové nemoci i předčasné úmrtnosti, zejména srdečně-cévních a dýchacích onemocnění. Zvyšuje se počet hospitalizovaných osob tímto onemocněním, kojenecká úmrtnost, výskyt respiračních symptomů jako je kašel a ztížené dýchání – zejména u astmatiků. Počet hospitalizovaných osob v zimním období je výrazně vyšší než počet v jiných ročních obdobích (Burmaajav & Enkhjargal, 2014). Pro děti znamená expozice vyšších hodnot NO_2 zvýšené riziko respiračních onemocnění v důsledku snížené obranyschopnosti vůči infekci a snížení plicních funkcí.

4.4 Porovnání emisí Ulánbátaru (MNG) a Prahy (CZ)

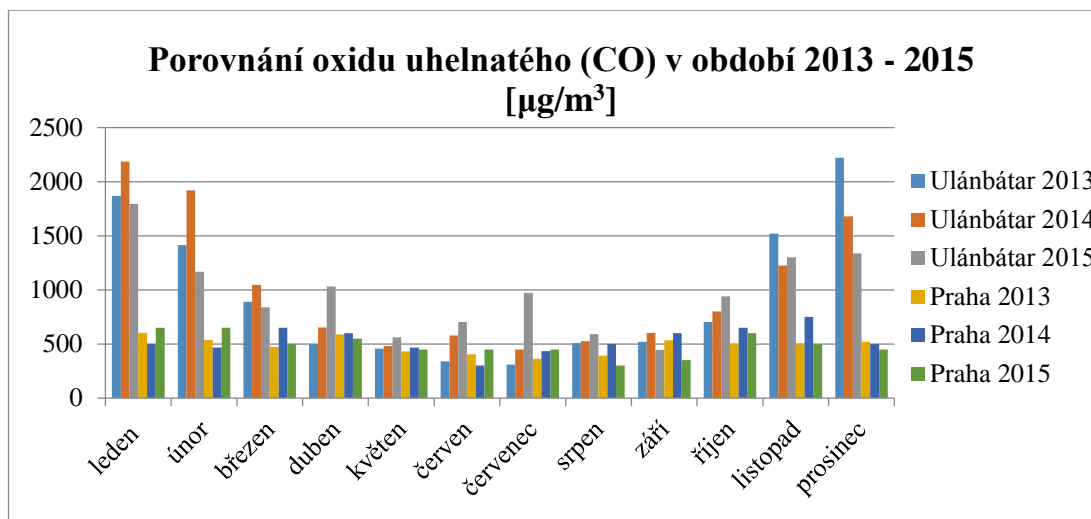
Hlavní město Praha je jednou z několika rozsáhlejších oblastí v rámci České republiky, které se vyznačují problematickou kvalitou ovzduší. V porovnání s většinou rozlohy ČR jsou příčiny tohoto stavu poněkud specifické. V důsledku vývoje jak v oblasti stacionárních, tak mobilních zdrojů v posledních dvaceti letech, je již dlouhou dobu hlavní příčinou problémů kvality ovzduší na tomto území především automobilová doprava (Janota & Stach, 2014).

Tabulka č.4: Podíly na celkovém znečišťování ovzduší způsobené lidskou činností (Kurfürst, 2008).

	Tuhé látky	SO₂	NO_x	CO	Uhlovodíky
Doprava	8.2%	1.3%	48.2%	82.2%	58.5%
Spalování paliv	41.1%	72.6%	45.2%	2.2%	3.0%
Technologické zdroje	50.7%	26.1%	6.6%	15.6%	38.6%
Celkem	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

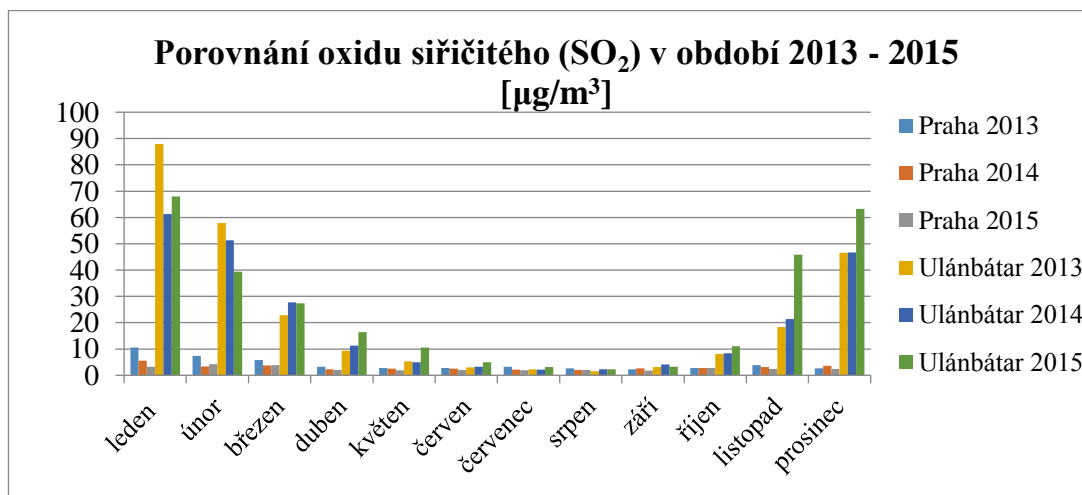
Z hlediska hodnocení kvality ovzduší se Praha řadí mezi aglomerace. V aglomeraci Praha jsou dlouhodobě překračovány imisní limity pro suspendované částice, oxid dusičitý, benzo(a)pyren a přízemní ozon. Většina překročení imisních limitů souvisí se značným dopravním zatížením hlavního města, ale i s vytápěním domácností zejména v oblastech se zástavbou rodinných domů (ČHMÚ, 2013).

V aglomeraci Praha se mobilní zdroje podílejí na celkových emisích tuhých znečišťujících látek (TZL) více než 85 %, na celkových emisích oxidů dusíku (NO_x) cca 75 %.



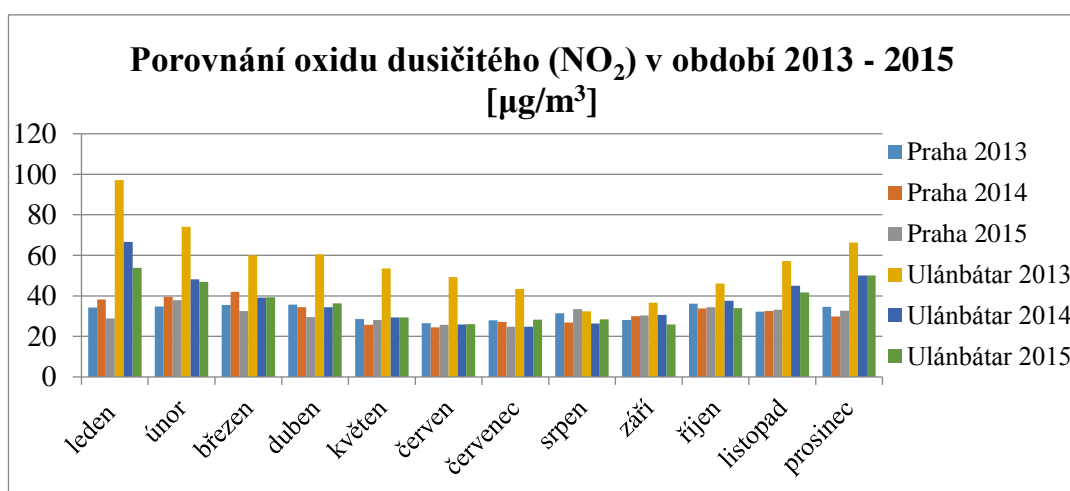
Obrázek č. 9: Porovnání měsíční koncentrace oxidu uhelnatého (CO) v Praze a Ulánbátaru v období 2013 – 2015 (ČHMÚ a MHMÚ, 2016)

CO – Emise CO jsou produktem spalování paliv obsahující uhlík za nízké teploty a nedostatku spalovacího vzduchu. Největší množství emisí této znečišťující látky vzniká v sektoru lokálního vytápění domácností (Ub – air, 2017). Kvůli tomu k překročení imisního limitu došlo v zimním období ve všech stanicích v Ulánbátaru (Agaar, 2016). Průměrné měsíční koncentrace v Ulánbátaru v zimě měly výrazně větší než v porovnání s Prahou.



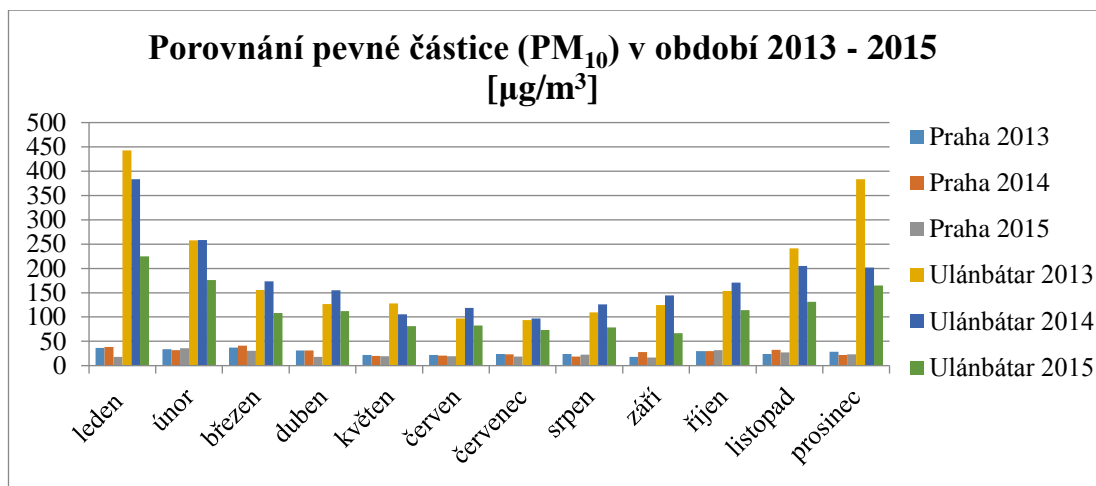
Obrázek č. 10: Porovnání měsíční koncentrace oxidu siřičitého (SO₂) v Praze a Ulánbátaru v období 2013 – 2015 (ČHMÚ a MHMÚ, 2016)

SO₂ – Průměrná měsíční koncentrace v Ulánbátaru dosáhla až na 90 µg/m³ v roce 2013 v lednu, která byla 8 – 9 krát vyšší než koncentrace v tomto období v Praze. V letech 2014 – 2015 v zimním období byly koncentrace oxidu siřičitého v Ulánbátaru minimálně 2 – 3 krát, maximálně 5 – 6 krát vyšší než koncentrace Prahy. Imisní koncentrace byly skoro stejné v letním období (květen až září) v obou městech. Je to proto, že hlavním zdrojem emisí SO₂ je nedokonalé spalování uhlí v domácnostech i v tepelné elektrárně. Imisní koncentrace v Evropě významně poklesly v důsledku snížení emisí zaváděním odsiřovacích technologií a přechodem na paliva s nízkým obsahem síry (ČHMÚ, 2014). V letech 2013 – 2015 nebyl v ČR překročen hodinový ani 24 hodinový imisní limit SO₂ na žádné měřicí stanici (ČHMÚ, 2016).



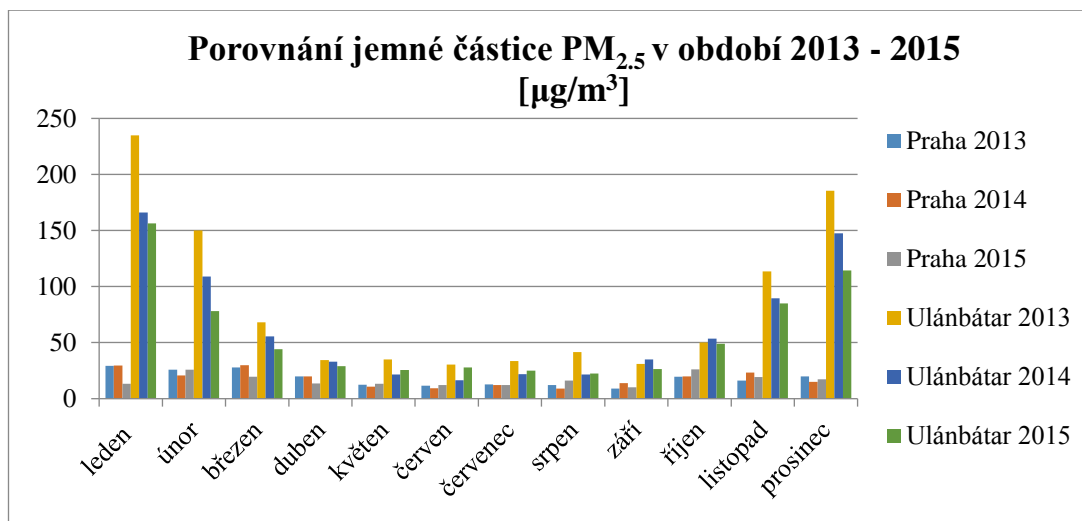
Obrázek č.11: Porovnání měsíční koncentrace oxidu dusičitého (NO₂) v Praze a Ulánbátaru v období 2013 – 2015 (ČHMÚ a MHMÚ, 2016)

NO₂ – K překročení ročního imisního limitu NO₂ docházelo pouze v roce 2013 v Ulánbátaru. Průměrné měsíční koncentrace byly 2 – 3 krát vyšší než emise Prahy v zimním období v roce 2013. V posledních letech 2014 – 2015 měly poměrně podobné koncentrace ve srovnání ostatních znečišťujících látek. Grafické znázornění měsíčních koncentrací ukazuje, že nejvíce jsou expozici NO₂ vystaveni obyvatelé městských lokalit významně ovlivněných dopravou, vytápěním a méně v průmyslových lokalitách v zimě.



Obrázek č.12: Porovnání měsíční koncentrace suspendované pevné částice (PM₁₀) v Praze a Ulaanbátaru v období 2013 – 2015 (ČHMÚ a MHMÚ, 2016)

PM₁₀ – Koncentrace suspendovaných částic PM₁₀, podobně jako dalších látek znečišťujících ovzduší, v ČR významně poklesly v 90. letech minulého století. Důvodem bylo výrazné snížení emisí TZL a prekurzorů suspendovaných částic (SO₂, NO_x, NH₃ a VOC) mezi lety 1990 – 2001 v důsledku legislativních změn, restrukturalizace hospodářství a modernizace nebo ukončení provozů zdrojů (ČHMÚ, 2013). Naopak v Ulaanbátaru koncentrace PM₁₀ výrazně stoupala v důsledku zvýšení počtu lidí a domácností. Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀ v Ulaanbátaru jsou několikanásobně vyšší než koncentrace v Praze zároveň se stanoveným limitem z Mongolska. Ulaanbaatar je jedním z nejméně znečištěných měst kvůli suspendovaným částicím na světě. Až 50 % z koncentrace PM₁₀ se tvoří ze sekundární prašnosti na stanicích s nejvyšší koncentrací škodlivých látek (The World bank, 2013).



Obrázek č.13: Porovnání měsíční koncentrace suspendované jemné částice (PM_{2.5}) Prahy a Ulánbátaru v období 2013 – 2015 (ČHMÚ a MHMÚ, 2016)

PM_{2.5} – Velké znečištění ovzduší PM_{2.5} se vyskytuje zejména v chladném období roku a jsou důsledkem emisí z topeniště a sekundární prašnosti v Ulánbátaru. Je vidět, že v roce 2015 Ulánbátar měl nejnižší roční průměrnou koncentraci, která byla 3 – 4 krát vyšší než průměrná roční koncentrace Prahy ve stejném roce.

4.5 Možnost pro snižování emisí v Mongolsku

Navrhují tyto možnosti pro snižování emisí:

- Záměna paliv na ekologičtější spalovací produkty (např. plyná paliva) a snížit obsahy síry v palivech
- Je nutné ošetřit půdu, aby se snížilo znečištění ovzduší. Dále by se musely zřídit zelené plochy (park, malá zahrada, skleníky atd.) a vysazovat stromy, aby se zřídil městský les, rekonstruovat silnice a zeminu. Obecně se však přijímá tvrzení, že hlavním zdrojem kyslíku v atmosféře byly a jsou fotoautotrofní organismy, tedy rostliny (Nátr L., 2006).
- Je nezbytné přesunout tepelné elektrárny z hlavního města na venkov a postavit nové tepelné elektrárny, které emitují méně emisí díky kvalitnějšímu palivu
- Je potřeba snížit koncentraci populace v Ulánbátaru. Pro snížení znečištění ovzduší je potřeba obnovit strategický plán rozvoje venkova, aby tam zůstali obyvatelé.
- Je nutné zlepšit databázi o kvalitě ovzduší, provádět výzkumy o znečištění ovzduší a zvýšit počet vědeckých pracovníků v tomto oboru

5. Výsledky

S cílem omezit znečištění ovzduší probíhá program na snížení spalování nevhodných látek, postupné nasazení ekologičtějších spalovacích produktů, s dlouhodobou vizí přemístit rodiny do bytových domů s centrálním vytápěním. Představa postupného omezení znečištěného ovzduší až k jeho úplnému zamezení v hlavním městě je reálná.

K dosažení cíle snížení PM emise musíme přistoupit ke každému faktoru ovlivňující vznik emisí, prozkoumat je a zjistit jednotlivé finanční, časové aspekty, proveditelnost, časovou náročnost k zavedení procesů a zavést postup provedení. Ke snížení emise PM₁₀ je nutné začít v domácnostech (kamna, topné systémy, komíny) následně snížení prachu na silničních a veřejných komunikacích. Toto vše se ale musí postupně a po jednotlivých dílčích krocích. Přímé přemístění těchto rodin do bytových domů by bylo velice nákladné jak ekonomicky tak časově. Proto je třeba nejdříve dosáhnout spalování jiných produktů, poté zapojit distribuční soustavy pro ústřední vytápění a teprve po zvládnutí těchto kroků začít s přemísťováním. Jednou z možností snížení emisí v ovzduší, které připadá v úvahu, je dodání obyvatelům jurt kvalitní a standardní kamna. Dle výzkumu bylo zjištěno, že by zavedení této metody v letech 2013 – 2023 mělo vést k snížení počtů některých druhů onemocnění a předčasných úmrtí; a to o 2 052 předčasných úmrtí, 2 666 pokročilé bronchitidy, 16 775 onemocnění dýchacích cest, 14 615 cévních a srdečních onemocnění (The World bank, 2013).

V posledních letech jsou k povšimnutí i jiná krajská města, která trpí znečištěním ovzduší (Darkhan, Erdenet, atd.). Samozřejmě situace v těchto městech je mnohem mírnější v porovnání s Ulánbátarem.

Trend, kdy se pastevcí stěhují do hlavního města a nemají finanční prostředky ke koupi bytu, si hledají obydlí právě v částech, které nejvíce produkují škodlivé látky.

Snížením emisí suspendovaných částic o 80 % u domácích kamen, topných systémů a prachu ze sekundární prašnosti, znečištění ovzduší se sníží o 69 %, ale přesto Ulánbátar nedodrží standard kvality ovzduší. Ale k dosažení tohoto standardu je třeba snížit emise o 94 % z těchto tří zdrojů (vytápění v domácnostech, tepelné kotle, sekundární prašnost).

6. Diskuze

Na základě vědeckých poznatků se ukazuje, že znečištění ovzduší je mnohem závažnějším problémem, než se předpokládalo v minulosti. Znečišťující látky negativně ovlivňují lidské zdraví, způsobují škody na majetku, a zvyšují ekonomické náklady společnosti (EEA, 2014).

Nejhorší smogová situace v Londýně (UK) byla v prosinci roku 1952. Intenzivní využívání nekvalitního zejména hnědého uhlí s vysokým obsahem síry v městech a na ně vázaných průmyslových aglomeracích mělo za následek silné znečištění ovzduší. Kombinací některých meteorologických jevů (mlha, teplotní inverze) s emisí aerosolu, CO (při nedokonalém spalování) a SO₂ (oxidací síry obsažené v uhlí) docházelo k vytváření smogu (Bartoňová, 2004). Stagující povětrnostní podmínky způsobily rychlý nárůst koncentrace znečišťujících látek v ovzduší, což během několika dní vedlo k odhadovanému počtu obětí a to více než 4 000. V Londýně trvalo 5 let dosažení standardu kvality ovzduší. Napomohlo tomu i ošetření půdy a vysazování zelené plochy v městě (Brunekreef, B. & Holgate, T. Stephen., 2002).

Obyvatelstvo Ulánbátaru čelí závažnému problému znečištění ovzduší po několik desetiletí prostřednictvím rozvoje s rostoucím průmyslem, se zvýšením počtu stavebních, dopravních a elektrárenských zařízení atd (The World bank, 2013). Z hlediska sektorů je vzhledem k podílu na celkovém množství znečišťujících látek v Ulánbátaru nejvýznamnějším sektorem „Lokální vytápění domácností“. Dalšími významnými sektory jsou sekundární prašnost, tepelná elektrárna a doprava. Z této práce vyplývá, že nejvyšší koncentraci znečišťujících látek v Ulánbátaru mají suspendované částice (PM₁₀ a PM_{2,5}) a oxid siřičitý (SO₂). Ze všech uvedených výzkumů je jasné, že velké procento lidí, kteří bydlí v hlavním městě, trpí v určité míře kardiovaskulárním onemocněním. Pevné frakce PM₁₀ jsou ve velké míře emitovány ze spalování v lokálních topeništích domácností. Z tohoto důvodu je nutné snížit spalování uhlí, zvýšit zejména používání ekologičtějších kamen, ošetřit a zpevnit půdu a vysazovat stromy. Dále by bylo nutné připojit domácnosti v Ulánbátaru k ústřednímu vytápění. Podle zkušenosti z Evropy, je u nás potřeba zavést technologie odsiřování uhlí, aby se snížila koncentrace oxidu siřičitého.

Z mého porovnání znečišťujících látek v obou městech je vidět, že největší rozdíly jsou v zimním období. Díky národnímu programu snižování emisí v České republice se výrazně snížilo znečištění ovzduší v letech 2005 – 2013. V posledních 10 letech nebylo zaznamenáno tak výrazné snížení emisí v Ulánbátaru, i když bylo zpracováno několik projektů zabývajících se tímto problémem. To znamená, že je nutné uplatnit zákon o ochraně ovzduší, navrhovat další projekty a programy ke snižování emisí a postupně je začít realizovat, aby nás chránily před tímto neviditelným zabijákem.

7. Závěr

Výsledky práce ukazují, že znečištění ovzduší v Ulánbátaru bylo v kritickém stavu v letech 2012 – 2015. Obyvatele hlavního města Ulánbátaru ohrožují nemoci jako bronchitida, onemocnění dýchacích cest, kardiovaskulární onemocnění a rakovina plic, jež způsobují velkou redukci obyvatelstva v porovnání s ostatními regiony v Mongolsku. Na základě standardu světové zdravotní organizace je nutné snížit znečištění o 94 % až 96 % v hlavním městě.

Ve větších částech České republiky je zavedeno ústřední či lokální vytápění, které emituje znečišťující látky ze spalování uhlí, které jsou mnohem menší a zároveň také podíl nemocných osob je nižší. Mongolská republika by měla co nejdříve stanovit cíle, vytvářet krátkodobé či dlouhodobé plány a zvolit co nejefektivnější způsob, jak snížit znečišťování ovzduší. V první řadě také realizovat uskutečnění těchto cílů.

Je nezbytné požádat o pomoc některé z Evropských států nebo rozvojové země, kterým se povedlo omezit znečištění ovzduší např. (Národní program snižování emisí a program zlepšení kvality ovzduší v ČR).

Mezi důležité opatření by mělo patřit odstranění škodlivých látek emitovaných ze spalování uhlí, případně nalézt jejich náhrady za tuhé palivo, které by neohrožovaly životní prostředí. Plynná paliva při spalování emitují nejméně znečišťujících látek ze všech paliv. Proto je doporučováno změnit hnědé uhlí za plynná paliva.

Dále je nutné obnovení krajiny, trvalých porostů a náprava neúměrného využívání přírodních zdrojů. Jeden z faktorů zlepšení čistoty ovzduší je regulace přistěhovalectví do hlavního města Ulánbátar tím, že se vybudují další větší města, kde budou obchody

s textilem, čerstvé suroviny za příznivé ceny apod. Jakmile Mongolská republika dosáhne ekonomické stability, měla by začít eliminovat domácnosti z jurty.

8. Seznam použité literatury

- Agaar (©2016): *Aktualizace kvality ovzduší v chladném období v letech 2013-2015*. Oddělení kvality ovzduší. Ulánbátar [online]. Dostupné z: <http://agaar.mn/files/article/458/UB%20hotiin%20hvitnii%20ulirliin%202015.%2010-%2012-r%20sariin%20tolov%20baidal.pdf> , cit. 23.3.2017
- Bartoňová, A. (2004). *Aktuální otázky znečištění ovzduší*. Praha: Univerzita Karlová. 103 - 105 s.
- Bartovský, T. (1994). *Analyzátory emisí*. Praha: Vuste Servis. 8-12 s.
- Braniš, M., & Hůnová, I. (2009). *Atmosféra a klima. Aktuální otázky ochrany ovzduší*. Praha: Karolinum. 180 - 184 s.
- Bretschneider, B., & Kurfürst, J. (1978). *Technika ochrany ovzduší*. Praha: SNTL Nakladelství technické literatury. 15-69 s.
- Brunekreef, B. & Holgate, T. Stephen. (2002): *Air pollution and health*. The Lancet, 1233 - 1242 p. Utrecht, Netherland.
- Burmaajav, B., & Enkhjargal, A. (2014). *Znečištění ovzduší - lidské zdraví*. Ulánbátar, Mongolsko.
- ČHMÚ (©2013): *Znečištění ovzduší na území České Republiky v roce 2012 (Air pollution in the Czech republic 2012)*. Český hydrometeorologický ústav – Úsek ochrany čistoty ovzduší, Praha. 15-110 s.
- ČHMÚ (©2014): *Znečištění ovzduší na území České Republiky v roce 2013*. Český hydrometeorologický ústav – Úsek ochrany čistoty ovzduší, Praha [online]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2013_enh/index_CZ.html , cit. 18.3.2017
- ČHMÚ (©2015): *Znečištění ovzduší na území České Republiky v roce 2014*. Český hydrometeorologický ústav – Úsek ochrany čistoty ovzduší, Praha [online]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2014_enh/index_CZ.html , cit. 18.3.2017

- ČHMÚ (©2016): *Znečištění ovzduší na území České Republiky v roce 2015*. Český hydrometeorologický ústav – Úsek ochrany čistoty ovzduší, Praha [online]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2015_enh/index_CZ.html, cit. 18.3.2017
- EEA (©2014): *Shrnutí roku 2013 – Roku ovzduší*. Evropská agentura pro životní prostředí, Copenhagen Dánsko [online]. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/cs/highlights/shrnuti-roku-2013-2013-roku-ovzdusi>, cit. 5.4.2017
- Hezina, F., Švec, H., & Postlová, H. (2013). *Emise malých spalovacích zdrojů - Ochrana ovzduší*. Havlíčkův Brod: Naturchem, s.r.o. 6-7 s.
- Janota, J., & Stach, J. (2014). *Ovzduší v hlavním městě Praze a vývoj jeho kvality - Ochrana ovzduší*. Praha. 4-10 s.
- Jirouš, F. (2013). *Efektivní spalování paliv*. Praha. 11 s.
- Kameš, J. (2012). *Fosilní paliva: uhlí, ropa a zemní plyn*. Praha. 25-28 s.
- Kazmarová, H., Kotlík, B., Vrbíková, V., & Veselská, H. (2008). *Hodnocení zdravotních rizik ze znečištění ovzduší v roce 2006 - Ochrana ovzduší*. Praha.
- Kurfürst, J. (2008). *Kompendium ochrany kvality ovzduší*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor spol. s.r.o. 5, 51 - 66 s.
- Machálek, P. (1997). *Současný stav inventurizace emisí znečišťujících látek, mezinárodní výkazy emisí*. Praha: ČHMÚ. 29-31s.
- MHMÚ (©2016): *Zpráva o kvalitě ovzduší v letech 2013-2015*. Mongolský hydrometeorologický ústav, Ulánbátar.
- MŽP (©2015): *Národní program snižování emisí České Republiky*. Ministerstvo životního prostředí, Praha [online]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_program_s nizovani_emisi/\\$FILE/000-NPSE_final-20151217.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_program_s nizovani_emisi/$FILE/000-NPSE_final-20151217.pdf), cit. 23.3.2017
- Nátr, L. (2006). *Země jako skleník: Proč se bát CO₂?* Praha: Vyd.1: Academia.

- Noskovič, P. (1998). *Spalování uhlí*. Ostrava: Vysoká škola Báňská v Ostravě. 3-18 s.
- NSO. (©2017): National statistics of Mongolia. Statistics of Mongolia. Ulaanbaatar. NSO. [online]. Dostupné z: <http://www.en.nso.mn/home>
- Obroučka, K. (2001). *Látky znečišťující ovzduší*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. 30 - 34 s.
- Pastorek, Z., Kára, J., & Jevič, P. (2004). *Biomasa - Obnovitelný zdroj energie*. Praha: Výzkumní ústav zemědělské techniky. 68 s.
- Pope III, A. C., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. F., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G. D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama*, 1132.
- Riedl, R., & Veselý, V. (1962). *Technologie paliv*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 14 - 23, 40 - 49 s.
- Roubíček, V., & Buchtele, J. (2002a). *Chemie uhlí a jeho využití*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. 31 s.
- Roubíček, V., & Buchtele, J. (2002b). *Uhlí: Zdroje, procesy, užití*. Ostrava: Montanex a.s. 47 s.
- Škorpík, J. (2011). *Fosilní paliva, jejich využití v energetice a ekologické dopady*. Transformační technologie. Brno [online]. Dostupné z: <http://www.transformacnitechnologie.cz/fosilnipalivajejihvyuzitivenergeticea-ekologickedopady.html>, cit. 16.2.2017
- Škorpík, J. (2006). *Historie transformačních technologií*. Brno [online]. Dostupné z: <http://www.transformacnitechnologie.cz/historietransformacnich-technologieii.html>, cit. 16.2.2017
- Teysler, J. (1988). *Spalování popelnatých hnědých uhlí*. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury. 17 - 24, 252 s.
- The World bank (©2011): *Air quality analysis of Ulaanbaatar – Improving air quality to reduce health impacts*, The World bank, Washington DC, USA.

The World bank (©2013): *Mongolia – Heating stove market trends in poor, peri – urban ger areas of Ulaanbaatar and selected markets outside*, World bank, Mongolia – ASTAE (Asia Sustainable and Alternative Energy Program).

Ub-air (©2017): *Měsíční archiv kvality ovzduší v Ulánbátaru v letech 2013-2015*. Oddělení kvality ovzduší, Ulánbátar [online]. Dostupné z: <http://www.ub-air.info/ub-air/en/archive/month.html>, cit. 23.3.2017

Zehnálek, J. (1998). *Chemie, paliva, maziva*. Brno: Mendelová zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

Seznam tabulek a obrázků:

Tabulka č. 1: Podíly jednotlivých druhů paliv na celkové spotřebě při spalování paliv v ČR (Kurfürst, 2008).....	24
Tabulka č. 2: Vzájemné podíly emisí při spalování různých druhů paliv (Kurfürst, 2008).....	25
Tabulka č. 3: Imisní limity dle zákona vyhlášené pro ochranu zdraví lidí v Mongolsku a České republice (Ub-air; ČHMÚ).....	30
Tabulka č. 4: Podíly na celkovém znečištění ovzduší způsobené lidskou činností (Kurfürst, 2008).....	35
Obrázek č. 1: Formy nahromaděné sluneční energie (Riedl & Veselý, 1962).....	15
Obrázek č. 2: Vznik uhlí (Škorpík, 2006).....	18
Obrázek č. 3: Znečištění ovzduší v Ulánbátaru, Mongolsko.....	30
Obrázek č. 4: Průměrné měsíční koncentrace oxidu siřičitého v období 2013 – 2015 (MHMÚ 2016).....	31
Obrázek č. 5: Průměrné měsíční koncentrace oxidu dusičitého v období 2013 – 2015 (MHMÚ 2016).....	31
Obrázek č. 6: Průměrné měsíční koncentrace suspendovaných pevných částic PM ₁₀ v období 2013 – 2015 (MHMÚ 2016).....	32
Obrázek č. 7: Průměrné měsíční koncentrace suspendovaných jemných částic PM _{2,5} v období 2013 – 2015 (MHMÚ 2016).....	33
Obrázek č. 8: Průměrné měsíční koncentrace oxidu uhelnatého v období 2013 – 2015 (MHMÚ, 2016).....	34
Obrázek č. 9: Porovnání měsíční koncentrace oxidu uhelnatého (CO) v Praze a Ulánbátaru v období 2013 – 2015 (ČHMÚ a MHMÚ, 2016).....	36
Obrázek č. 10: Porovnání měsíční koncentrace oxidu siřičitého (SO ₂) v Praze a Ulánbátaru v období 2013 – 2015 (ČHMÚ a MHMÚ, 2016).....	36

Obrázek č. 11: Porovnání měsíční koncentrace oxidu dusičitého (NO ₂) v Praze a Ulánbátaru v období 2013 – 2015 (ČHMÚ a MHMÚ, 2016).....	37
Obrázek č. 12: Porovnání měsíční koncentrace suspendované pevné částice (PM ₁₀) v Praze a Ulánbátaru v období 2013 – 2015 (ČHMÚ a MHMÚ, 2016).....	38
Obrázek č. 13: Porovnání měsíční koncentrace suspendované jemné částice (PM _{2.5}) Prahy a Ulánbátaru v období 2013 – 2015 (ČHMÚ a MHMÚ, 2016).....	39

Přílohy

Příloha č. 1: Znečištění ovzduší v Ulánbátaru



Autor: World Policy Institute, 2012

Dostupné z: <http://www.worldpolicy.org/journal/spring2012/clearing-air>

Příloha č. 2: Znečištění ovzduší tepelnou elektrárnou



Autor: Ganbayar, 2009

Dostupné z: <http://www.baabar.mn>