

Sírné emise-zdroje, vlastnosti, reakce v atmosféře

Tá a Neme ková

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí
akademický rok: 2005/2006

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Táňa NEMEČKOVÁ**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**

Téma práce: **Sírné emise – zdroje, vlastnosti, reakce v atmosféře**

Zásady pro vypracování:

1. Při vyhledávání literárních podkladů se zaměřte především na situaci v ČR a Evropě. Využijte doporučené literatury a ověřených zdrojů na internetu.
2. Popište nejvýznamnější typy sírných sloučenin v ovzduší a jejich cyklus (vznik, transformace, transport..).
3. Zpracujte doporučeným způsobem v bakalářské práci.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle pokynů vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jaromír Hoffmann, CSc.**
Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání bakalářské práce: **14. února 2006**

Termín odevzdání bakalářské práce: **13. června 2006**

Ve Zlíně dne 1. února 2006


prof. Ing. Josef Šimoník, CSc.
děkan




doc. Ing. Jaromír Hoffmann, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

V práci se zabývám hlavními sirnými emisemi. Jsou to oxid siřičitý, oxid sírový, aerosol kyseliny sírové, sulfan a další sloučeniny síry. Dále jsou zde popsány reakce sirných sloučenin v atmosféře, vlastnosti sirných emisí a jejich vliv na okolí. V práci jsou uvedeny zdroje sirných emisí. Posledním bodem je zhodnocení stavu ovzduší v České Republice, v Evropě a opatření pro zamezení úniku sirných emisí do ovzduší.

Klíčová slova: Znečištění ovzduší, oxid siřičitý, zdroj emisí, emise oxidu siřičitého, oxid sírový, kyselina sírová, sulfan

ABSTRACT

I engage in the main emissions of sulphur in the bachelor work. There are sulphur dioxide, sulphur trioxide, aerosol of sulphuric acid, sulphide and the others sulphur compounds. Then there are described the reactions of sulphur compounds in the atmosphere, the character of emissions of sulphur and their influence to their surroundings. There are enumerated the sources of emissions of sulphur in the work. The last point is the estimation of state atmosphere in the Czech Republic and in the Europe and the measure for the prevention the escape emissions of sulphur to the atmosphere.

Keywords: The air pollution, sulphur dioxide, the sources of emissions, sulphur dioxide emissions, sulphur trioxide, sulphuric acid, sulphide

Pod kování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Jaromíru Hoffmannovi, CSc. za odborný dohled a za poskytnutí potřebných informací k vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD.....	7
1 OXID SI I ITÝ	9
1.1 VLASTNOSTI.....	9
1.2 ZDROJE, MECHANISMY ODSTRA OVÁNÍ	11
2 OXID SÍROVÝ	13
2.1 VLASTNOSTI.....	13
2.2 ZDROJE, MECHANISMY ODSTRA OVÁNÍ	14
3 SULFAN V OVZDUŠÍ.....	15
3.1 VLASTNOSTI.....	15
3.2 ZDROJE, , MECHANISMY ODSTRA OVÁNÍ.....	15
4 DALŠÍ SLOU ENINY SÍRY.....	17
4.1 SIROUHLÍK.....	17
4.1.1 Vlastnosti.....	17
4.2 THIOLY.....	17
4.2.1 Vlastnosti.....	18
5 STAV V ĚSKÉ REPUBLICE.....	19
5.1 EMISNÍ SITUACE.....	19
5.2 ĪMISNÍ SITUACE.....	21
5.3 STAV OVZDUŠÍ VE VYBRANÝCH KRAJÍCH.....	23
6 STAV V EVROP	28
ZÁV R	30
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	31
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOL A ZKRATEK	32
SEZNAM OBRÁZK	33
SEZNAM TABULEK.....	34

ÚVOD

Vzdušný obal Země se nazývá atmosféra. Pokud hovoříme o ovzduší, jde v podstatě o spodní vrstvu atmosféry, kterou nazýváme troposféra. Troposféra sahá do výšky asi 10 km.

Istý suchý vzduch má následující složení:

- ❖ dusík 78,09%
- ❖ kyslík 20,94%
- ❖ argon 0,93%

Tyto složky jsou makrokomponenty a tvoří celkem 99,96%. Ostatní složky jsou mikrokomponenty a jejich obsah se zpravidla udává v ppm. Platí, že 1 ppm = 0,0001%:

- ❖ oxid uhličitý 315 ppm
- ❖ neon 18 ppm
- ❖ helium 5,2 ppm
- ❖ methan 1-2 ppm [1].

Dále je přítomna řada dalších složek v koncentracích menších než 1 ppm. Jde například o oxid uhelnatý, oxid dusičitý, sirovodík a další v koncentracích 0,001-0,1 ppm.

Ovzduší je pro všechny živé organismy na Zemi nejdůležitější složkou životního prostředí, protože vzduch potřebujeme trvale. Proto je význam jeho čistoty více jak zřejmý. Netýká se to jen ovzduší venkovního, ale také vnitřního, do kterého zahrnujeme ovzduší v našich obydlích. Lidé však využívá vzduchu i k jiným účelům, jako například ke vzdušné dopravě, jako chladicí látku ve výrobě, jako nezbytný předpoklad spalování a další.

Čistota ovzduší je rozdílná podle zeměpisného umístění, ale také v jednotlivých částech obcí a velkých měst. Horší podmínky pro život jsou tam, kde méně proudí vzduch například v údolích, dále také u dlouhých silničních tahů a dálnic, v okolí továren a průmyslových podniků. Naopak lepší podmínky jsou ve vyvýšených oblastech, na periferiích měst a na venkově.

Čistota ovzduší se stala velmi závažnou hrozbou lidstva a rizikovým faktorem ovlivňující zdraví veškeré populace. I když byl lidský organismus přírodou vybaven určitou schopností přizpůsobit se změnám životních podmínek, dnešní problémy prostředí předbíhají schopnost adaptability organismů. Vše se pak projevuje nárůstem takzvaných civilizačních onemocnění.

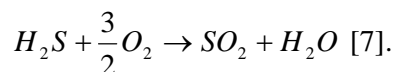
V práci se zaměřím na znečištění ovzduší sirnými emisemi, jejich reakcemi v ovzduší, vlastnostmi a zdroji těchto emisí. Dále budu v práci popisovat stav ovzduší v České Republice, ve vybraných krajích a v Evropě. Budu se rovněž zabývat postupy a opatřeními na ochranu ovzduší.

Mezi hlavní sirné složky ovzduší řadíme oxid siřičitý, oxid sírový, sirovodík, thioly a některé další sirné organické látky.

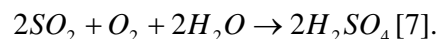
1 OXID SI I ITÝ

Oxid si i itý pat í mezi hlavní zne iš ující sou ásti ovzduší. P evážná v tšina p ichází do ovzduší ze spalovacích proces . P í spalování tuhých paliv asi 95% p ítomné síry p echází na oxid si i itý. U kapalných paliv je to prakticky 100%. Oxid si i itý je ve spalinách ás- te n oxidován na oxid sírový a tak v kou ových plynech z elektráren dosahuje pom r SO_3/SO_2 1:40 až 1:80 [1].

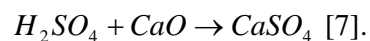
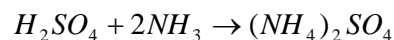
Oxid si i itý se do atmosféry dostává i z p írodních zdroj , hlavn ze sope né innosti. Z tohoto zdroje se do ovzduší dostává i sirovodík H_2S . H_2S , který se tak dostane do atmo- sféry, rychle p echází na SO_2 podle následujícího souhrnného procesu:



Oxidací atmosférického SO_2 vznikne aerosol kyseliny sírové, hygroskopické látky, která nahromadí atmosférickou vlhkost a vytvo í malé kapi ky:



Když b žné látky zne iš ující ovzduší, jako je amoniak nebo oxid vápenatý, reagují s kapalnou kyselinou sírovou, vznikají pak soli kyseliny (kapalné):



Chemické reakce SO_2 v atmosfé e ovliv uje mnoho faktor , nap íklad teplota, vlhkost, sv etelná intenzita a další.. Velká ást SO_2 je nakonec oxidována na kyselinu sírovou a soli, zejména síran amonný a hydrogensíran amonný. Vzniklá kyselina sírová a produkt její ás- te né atmosférické neutralizace, hydrogensíran amonný, p edstavuje tém celý siln kyselý podíl aerosolu v ovzduší. Vlastní produkt úplné neutralizace p edstavuje síran amonný, který je pouze slab kyselý.

1.1 Vlastnosti

Oxid si i itý je bezbarvý, jedovatý plyn s dusivým a štiplavým zápachem. Je neho lavý, ho ení ani nepodporuje. Snadno se rozpouští ve vod . Dále je rozpustný v alkoholu, etheru a chloroformu. D sledkem jeho rozpustnosti je absorpce oxidu si i itého na povrchu nos-

ních sliznic a sliznic horních cest dýchacích. Tato absorpce závisí na koncentraci (v nosní dutině dochází k 85 % absorpci při koncentraci 4-6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a k přibližně 99 % absorpci při koncentraci 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [9]. Jen minimální část oxidu siřičitého pronikne až do dolních cest dýchacích. Z dýchacích cest se dále oxid siřičitý dostává až do krve. Vylučování SO_2 se tedy je považováno za velmi důležité.

Nejzávažnější účinky oxidu siřičitého z hlediska krátkodobých expozic se týkají dýchacího traktu. Jednotlivci se mohou svou citlivostí k SO_2 extrémně lišit. Platí to pro zdravé osoby, zvláště pak pro astmatiky, kteří mají dýchací trakt velmi labilní.

Jeho vysoká koncentrace může vyvolat vážná poškození, například chemickou bronchitidu, tracheitidu a další. Chronická expozice SO_2 negativně ovlivňuje krevní oběh, způsobuje rozedlu plic, poškozuje srdeční sval a další.

Oxid siřičitý je také toxický pro velké množství různých rostlin, protože reaguje s chlorofyllem a narušuje tak fotosyntézu. Může vyvolat viditelné příznaky poškození nebo snížení výnosů některých plodin. Paradoxně příznivé účinky je možno pozorovat u některých druhů rostlin, u nichž může SO_2 snižovat výskyt některých houbových onemocnění.

Oxid siřičitý, který se rozpustí ve vodních kapkách v mracích, vytvoří dešťovou vyšší kyselost, než je obvyklé. Kyselý déšť ovlivňuje přirozenou rovnováhu jezer a proudů. Výsledkem je pak poškozování zdravých živočichů ve volné přírodě a okolní vegetace.

Některé molekulové a fyzikální vlastnosti oxidu siřičitého jsou uvedeny níže v tabulce 1.

Tabulka 1: Některé molekulové a fyzikální vlastnosti SO_2

Vlastnost	Hodnota
teplota tání/ $^{\circ}\text{C}$	-75,7
teplota varu/ $^{\circ}\text{C}$	-10,0
kritická teplota/ $^{\circ}\text{C}$	157,5
kritický tlak/MPa	10,36
hustota (-10°C)/ g cm^{-3}	1,46
viskozita η (0°C)/mPa s	0,403
elektrická vodivost κ /S m^{-1}	10^{-6}
relativní permitivita ϵ_r (0°C)	15,4
dipólový moment μ /C m	$5,39 \cdot 10^{-30}$ ^{a)}
vzdálenost r (S—O)/pm	143,1
úhel O—S—O	119 $^{\circ}$
$\Delta H_{\text{sl}}^{\circ}$ (g)/kJ mol^{-1}	-296,9

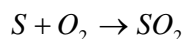
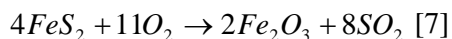
^{a)} $1\text{D} = 3,33 \cdot 10^{-30}\text{ C m}$

1.2 Zdroje, mechanismy odstra ování

Zne išť ní ovzduší kou em a exhaláty slou enin síry se stalo problémem již v minulých stoletích. V ovzduší se vyskytuje velké množství t kavých slou enin síry, které vznikají z p írodních proces . Prvním zdrojem je geotermální innost, zvlášt sope ná, p i které se uvol uje velké množství SO_2 . Dalším p írodním zdrojem oxidu si i ítého jsou nap íklad lesní požáry.

Mnohem závažn ější a v tší zne išť ní ovzduší oxidem si i ítým je však zp sobeno lidskou inností, hlavn spalováním fosilních paliv v pr myslu a domácnostech. Tyto emise jsou nejhojn ější práv v hust osídlených oblastech s rozsáhlým pr myslem. Zp sobují velké škody na dýchacích orgánech nejen lidí, ale také zví at. Poškozují budovy a stavby, zna n poškozují rostliny, vodstvo a vodní živo ichy tzv. kyselými dešti.

Primárním antropogenním zdrojem SO_2 je tedy uhlí, ze kterého musí být síra odstran na, aby se emise SO_2 udržovaly na p íjateelné úrovni. P íbližn polovina síry obsažené v uhlí je ve form pyritu FeS_2 , dále se m že síra v uhlí vyskytovat jako elementární. Produkce SO_2 spalováním pyritu a elementární síry je dána následujícími reakcemi:

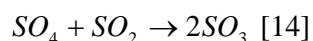
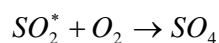
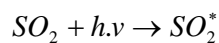


V Evrop a pravd podobn ě jinde jsou hlavním zdrojem zne išť ní oxidem si i ítým tepelné elektrárny spalující uhlí. Tyto elektrárny, spole n s dalšími zp soby tepelného zpracování uhlí a koksu zp sobují p íbližn 60 % emisí SO_2 . Dalších 25 % emisí pochází z rafinérií ropy, z elektráren spalující ropu a z dalšího zpracování ropy [2]. Mezi zdroje emisí SO_2 adíme i tavení nerostných surovin obsahujících síru a další pr myslové procesy. Zdroj p edstavuje i oxidace jiných slou enin síry, jako je sirovodík, uvoln ěných do ovzduší z p írodních nebo pr myslových proces . Také metalurgií p i výrob m di, se uvol uje ást emisí SO_2 .

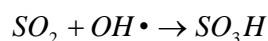
Základní mechanismus odstra ování oxidu si i ítého se d je p es jeho oxidaci na oxid sírový. V atmosfé e mohou probíhat t i typy t chto reakcí:

❖ Fotolýza SO₂

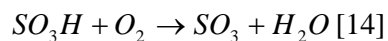
Tato fotochemická oxidace SO₂ vede v přítomnosti kyslíku k tvorbě SO₃. Mechanismus fotooxidace není přesně znám, předpokladem jsou následné reakce:

❖ Reakce s volnými radikály

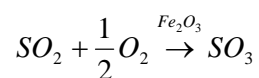
Důležitou cestou vedoucí k oxidaci SO₂ je i reakce s hydroxylovým radikálem. V neznámé atmosféře je hydroxylový radikál produkován fotolýzou ozonu O₃. Hydroxylový radikál reaguje rychle s SO₂:



Vytvořený volný radikál SO₃H rychle reaguje s kyslíkem a vytváří se oxid sírový SO₃.

❖ Oxidace SO₂ v kapalně fázi

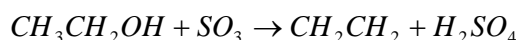
Rychlost oxidace se zvyšuje v přítomnosti iontů kovů, které mají funkci katalyzátorů:



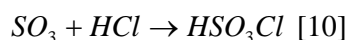
2 OXID SÍROVÝ

2.1 Vlastnosti

Oxid sírový je sloučenina šestimocné síry s kyslíkem. Vyskytuje se ve třech modifikacích. V plynném stavu existuje monomer, ochlazením kondenzuje na pevný cyklický trimer $(SO_3)_3$. Čistý, bezvodý SO_3 se obtížně uchovává, protože je vysoce agresivní vůči většině materiálů. Oxid sírový je velmi silné dehydratační činidlo: z organických látek odšťavňuje vodu, například jeho působením na ethanol vzniká ethen (ethylen)



Reakcí s halogenovodíky vznikají halogensírové kyseliny HSO_3X , například reakcí s chlorovodíkem



vzniká kyselina chlorsírová.

Oxid sírový je silně žíravý, ve styku s tkáněmi těla z nich odnímá vodu a mění se na kyselinu sírovou.

SO_3 velmi rychle reaguje se vzdušnou vlhkostí a tím vzniká aerosol kyseliny sírové. Kyselina sírová je silná kyselina a je silně hygroskopická. Vzhledem ke své hygroskopičnosti je kyselina sírová v ovzduší vždy přítomna ve formě kapek roztoku, jehož koncentrace vodíkových iontů se mění s vlhkostí vzduchu.

V určitém stavu je kyselina sírová prakticky bezbarvá kapalina s bodem varu 330°C . Je tvořena nejmenšími částicemi $< 1 \text{ nm}$. Tak malé částice mohou pronikat hluboko do plic, mají dráždivější účinek než SO_2 . Účinky na dýchací systém vyvolané expozicí aerosol kyseliny sírové zahrnují zvýšení rychlosti dýchání a snížení maximálního objemu při nádechu i výdechu a to především u citlivějších jedinců. Aerosol kyseliny sírové leptá dýchací cesty a zubní sklovinu. Při požití dochází k těžkému poleptání jícnu, žaludku a střev. Existují obavy, že kyselý aerosol je příčinou chronických bronchitid.

Aerosol kyseliny sírové nemá negativní účinky jen na lidské zdraví. Způsobuje rovněž odumírání lesů, což může vést až k jejich vyhynutí, vysokou kyselost povrchových vod, ve kterých hynou ryby a vysoký obsah toxických kovů, které se uvolňují z půdy a hornin. Na-

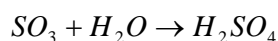
příklad v Norsku, Švédsku, Skotsku, Kanadě a ve východních státech USA uhynulo v krátké době mnoho ryb. V tšina byla otrávená hliníkem, který byl kyselými dešti vyplaven z půdy a dostal se do vody. Zasaženi byli i rybožraví ptáci, značně se zpomalil nárůst populace některých savců, jako je vydra severoamerická. Vysoký obsah hliníku se objevil i v tělech bezobratlých živočichů, což mělo za následek ovlivnění rovnováhy celého ekosystému [15].

2.2 Zdroje, mechanismy odstraňování

Hlavním zdrojem oxidu sírového je oxidace SO_2 . Oxidace probíhá rychlostí 0,5 až 10 % za hodinu [9]. Primární emise SO_3 do ovzduší jsou relativně malé, například v kouřových plynech z elektráren a tepláren jsou pouze asi 2 % síry v tomto oxidačním stupni [1]. Dále může být získáván tepelným rozkladem síranů při poměrně vysokých teplotách. Malé množství SO_3 se do ovzduší dostává při výrobě kyseliny sírové, při výrobě fosforených hnojiv, při galvanickém pokovování apod.

Ve vlhkém vzduchu se z oxidu sírového tvoří kyselina sírová ve formě aerosolu v kapkách i tuhých částicích s širokým spektrem velikostí. V tšina kyseliny sírové přítomné v ovzduší tedy vzniká z oxidu siřičitého emitovaného při spalování. Mezi další primární nebo primární bodové zdroje emisí H_2SO_4 patří závody na výrobu kyseliny sírové a například, v němž se H_2SO_4 užívá, jako jsou továrny na hnojiva i pigmenty [9].

Přeměna oxidu sírového přítomného v ovzduší se děje přes okamžitou reakci s vodou za vzniku aerosolu kyseliny sírové:



3 SULFAN V OVZDUŠÍ

3.1 Vlastnosti

Sulfan je bezbarvý plyn, rozpustný v různých kapalinách včetně vody a alkoholu. Sulfan je hořlavý, na vzduchu hoří namodralým plamenem za vzniku vody a oxidu siřičitého. První známkou úniku sulfanu při nízkých koncentracích je jeho nepříjemný zápach po shnilých vejcích. Jedovatost sulfanu je srovnatelná s jedovatostí kyanovodíku.

Při koncentracích 15 mg/m^3 a vyšších vyvolá sulfan zánný spouštěč. Sulfan otupuje smyslové nervy ve spojivce, takže pocívaná bolest rychle ustupuje a výsledné poškození tkání je mnohem vyšší. K vážnému poškození očí dochází při koncentracích 70 mg/m^3 . Při vyšších koncentracích (nad 225 mg/m^3) sulfan paralyzuje úchové vnímání, takže zápach přestává působit jako varovný signál. Při koncentracích okolo 400 mg/m^3 vzniká nebezpečný plicní edém. Při ještě vyšších koncentracích působí sulfan silně na centrální nervovou soustavu a vyvolává zrychlené dýchání končící zástavou dechu, křečmi, bezvědomím a smrtí. Při koncentracích nad 1400 mg/m^3 dochází ke kolapsu okamžitě. V případě smrtelných otrav sulfanem byla jeho koncentrace v krvi mezi $1,7$ až $3,75 \text{ mg/l}$. U lidí, u kterých došlo ke smrtelné otravě sulfanem, byl zjištěn edém mozku, degenerace a nekróza mozkové kůry [9].

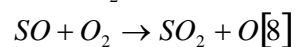
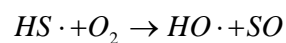
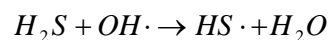
Úmrtnost na akutní otravy sulfanem je oproti dřívějším letům naštěstí nižší. Je to způsobeno úinnější první pomocí, zlepšením povědomí o nebezpečnosti sulfanu a tomu odpovídající úinnější prevencí.

3.2 Zdroje, mechanismy odstraňování

Vlhkost sulfanu v ovzduší je přirodního původu. Sulfan se vyskytuje v okolí sírných pramenů a jezer. Může se také tvořit v solných bažinách. Jeho zdrojem v ovzduší je především biologická redukce sloučenin síry, ke které dochází nejčastěji v přítomnosti organických sloučenin a za omezeného přístupu kyslíku. Dalším zdrojem je vulkanická činnost. Sulfan se uvolňuje při chovu dobytka, zejména z močůvky. K uvolnění přirozeně se vyskytujícího sulfanu do ovzduší může dojít i v důsledku lidské činnosti. Například některá ložiska zemního plynu mohou obsahovat až 42 % sulfanu [9]. K tvorbě sulfanu může dojít i při myslu, kdy je elementární síra nebo sloučeniny obsahující síru ve styku s organickým materiá-

lem za vyšších teplot. Sulfan se tvoří například během výroby koksu, v čistírnách odpadních vod, při výrobě celulózy sulfátovou metodou, při extrakcích síry, v ropných rafinériích a v průmyslu ropy. Antropogenní emise sulfanu však představují pouze asi 10 % globálních emisí [9].

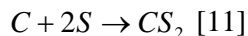
Mechanismus přeměny sulfanu v ovzduší nejprve probíhá přes oxid siřičitý. Dochází k odtržení vodíkového iontu hydroxylovým radikálem. To je následováno dalšími dvěma reakcemi za vzniku SO_2 :



4 DALŠÍ SLOU ENINY SÍRY

4.1 Sirouhlík

Sirouhlík je slou enina uhlíku a síry. Vzniká vedením par síry přes rozžhavený uhlík:



S vodou sirouhlík reaguje až za zvýšené teploty:



S oxidem sírovým reaguje za vzniku sulfidu karbonylu:



4.1.1 Vlastnosti

CS₂ je za normálních podmínek bezbarvá kapalina. Na sv tle žlutne. V istém stavu je téměř bez zápachu, technický sirouhlík nep íjemn páchne. Sirouhlík je siln ho lavá, jedovatá kapalina. Páry se vzduchem vytvá ejí výbušnou směs, jsou vysoce toxické. CS₂ se používá jako pr myslové rozpoušt ělo například p í výrob viskózního hedvábí. P í práci s CS₂ m že dojít k otrávám, p estože je íchov snadno rozpoznatelný a to i v malých množstvích. P sobí narkoticky a poškozuj e nervovou soustavu. Poškozuj e pam ě a vyvolává známky schizofrenie, melancholie a parkinsonismu. Oslabuj e sexuální potenci, vyvolává chudokrevnost a poruchy srde ního svalu [12].

4.2 Thioly

Thioly jsou organické chemické slou eniny obsahuj ící skupinu (-SH). N kdy se také nazývají merkaptany. Merkaptany mohou být primární, sekundární nebo terciární podle toho, jestli obsahuj í jednomocnou skupinu (-CH₂SH), dvojmocnou (>CHSH), nebo trojmocnou skupinu (≡CSH). Nejjednodušší merkaptan je metylmerkaptan (CH₃SH) s bodem varu 36,2°C. Vzniká rozkladem bílkovin [13].

4.2.1 Vlastnosti

Meraptany jsou v tšinou kapaliny se silným a pronikavým zápachem. Kv li svému charakteristickému zápachu se například ve stopovém množství p idávají do plynu používaného v domácnostech. Tím se v as prozradí únik plynu. Thioly jsou ve vod tém nerozpustné. Jeví velkou ochotu slu ovat se s t žkými kovy, zejména se rtutí. Tím vznikají organometalické slou eniny.

5 STAV V ESKÉ REPUBLICE

5.1 Emisní situace

Zdroje zneišování ovzduší se podle zákona č. 86/2002 Sb. dělí na stacionární a mobilní.

Mezi stacionární zdroje řadíme:

- ❖ Zvláště velké zdroje
- ❖ Velké zdroje
- ❖ Střední zdroje
- ❖ Malé zdroje

Zvláště velké, velké a střední zdroje jsou sledovány jednotlivě, jako bodové zdroje. Malé zdroje jsou sledovány plošně na úrovni obcí. Mobilní zdroje pak liniově a plošně na úrovni krajů České republiky. Údaje o emisích zneišujících látek i o zdrojích zneišování ovzduší jsou evidovány v databázích REZZO (Registr emisí a zdrojů zneišování ovzduší) [3]. Stacionární zdroje jsou zahrnuty v dílčích souborech REZZO 1-3, mobilní zdroje jsou zahrnuty v dílčím souboru REZZO 4. Stacionární zdroje jsou dále členěny podle tepelného výkonu, míry vlivu technologického procesu na zneišování ovzduší nebo rozsahu zneišování. Správou databáze REZZO za celou Českou republiku je pověřen Český hydrometeorologický ústav ČHMÚ [4].

Celkové emise vybraných základních zneišujících látek a podíly jednotlivých kategorií zdrojů na celkových emisích v roce 2004 uvádí tabulka 5.2

Tabulka 5.2

Kategorie zdrojů	TZL		SO ₂		NO _x		CO		VOC		NH ₃	
	tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%	tis.t	%
Zvláště velké a velké zdroje	13,3	17	183,8	80	145,1	42	170,1	29	20,2	10	16,1	20
Střední zdroje	4,7	6	6,3	3	6,1	2	6,4	1	4,3	2	12,0	15
Malé zdroje	29,0	38	33,7	14	13,2	4	102,1	18	106,7	54	51,3	63
Celkem stacionární zdroje	47,0	61	223,8	97	164,4	48	278,6	48	131,2	66	79,4	98
Mobilní**	29,5	39	6,0	3	175,9	52	299,4	52	66,5	34	2,0	2
Celkem	76,5	100	229,8	100	340,3	100	578,0	100	197,7	100	81,4	100

* údaje před validací (předběžné)

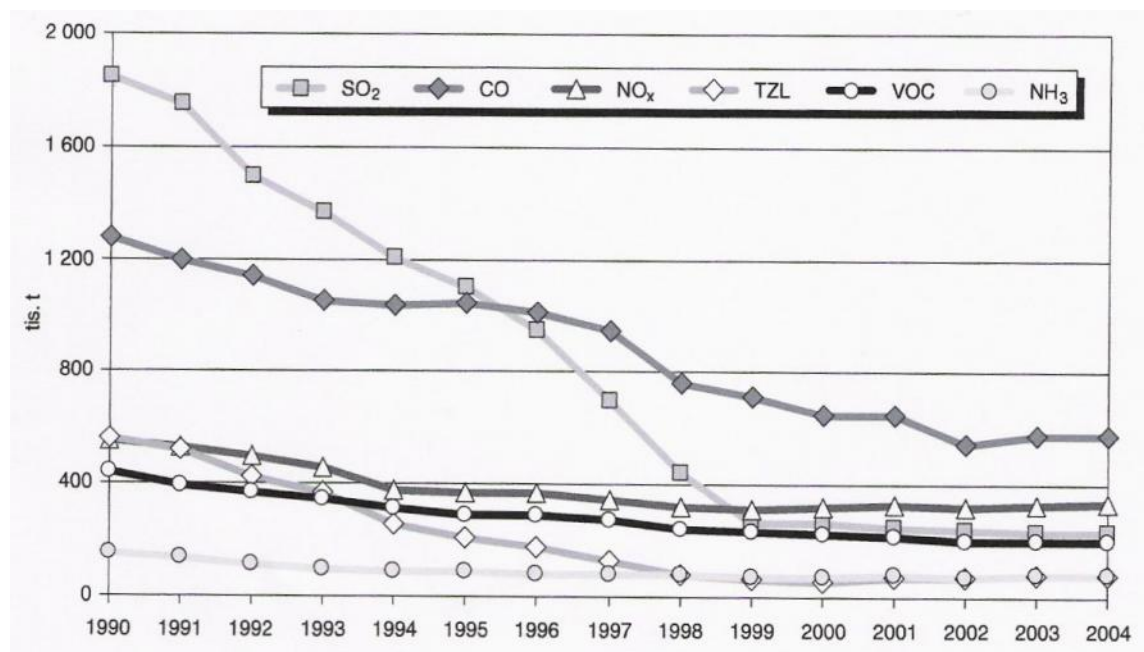
** uvedené údaje zahrnují emise z celkového prodeje pohonných hmot, tj. včetně těch, kterou jsou spotřebovány mimo území ČR (odhadem cca 170 tis. t motorové nafty).

Zdroj: ČHMÚ, ČIŽP, CDV, SVÚOM, VÚZT

Mobilní zdroje se staly problematickou skupinou. Je to způsobeno zaznamenaným nárůstem emisí v posledních letech. Tento nárůst souvisí především se zvyšujícími se spotřebami pohonných hmot, nárůstem přepravy, jak v individuální, tak i v nákladní dopravě.

Vývoj celkových emisí vybraných základních znečišťujících látek v letech 1990-2004 je uveden na obrázku 1.

Obrázek 1: Vývoj emisí hlavních znečišťujících látek 1990-2004 (tis. t)



Pozn.: Údaje za rok 2004 jsou předlimbované

Zdroj: HMÚ, IŽP, CDV, SVÚOM, VÚZT

Významný pokles emisí oxidu siřičitého v letech 1990-1995 byl způsoben zejména nákladními investicemi do odsířovacích programů v energetice. Také docházelo též v celém období k poklesu emisí z motorové skladby vozidel a to zejména v důsledku zavádění katalyzátorů. Bohužel současně docházelo ke zvyšování emisí vlivem dynamického nárůstu přepravy, zejména u silniční dopravy. Zmíněnými legislativními opatřeními, realizace opatření na ochranu ovzduší a další zmíněné vlivy zajistili snížení emisí SO₂ v období let 1990 – 2004 téměř o 90 % [3].

5.2 Imisní situace

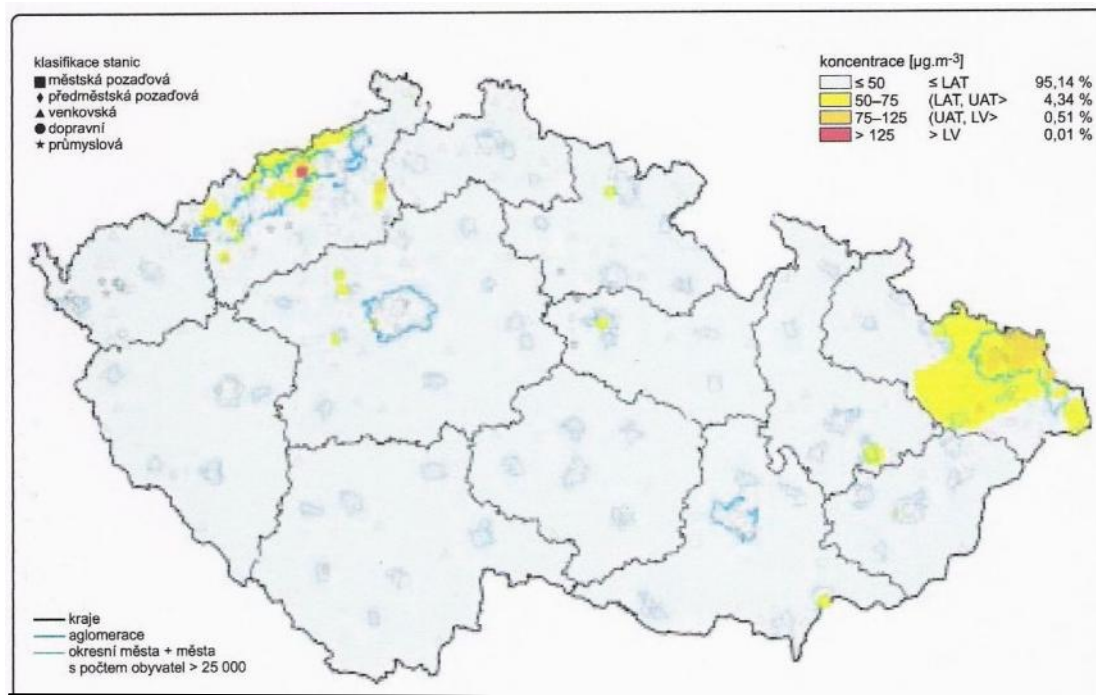
V oblasti ochrany čistoty ovzduší je vytvořena a dále rozvíjena celá soustava nástrojů pro objektivní sledování a hodnocení stavu a vývoje kvality ovzduší na území ČR:

- ❖ Evidence a sledování množství emisí ze zdrojů znečištění ovzduší
- ❖ Imisní monitorovací síť
- ❖ Síť pro sledování atmosférické depozice
- ❖ Prostředky pro shromažďování, archivaci a verifikaci imisních a emisních údajů a údajů o chemickém složení srážek – registry emisí a technických údajů o provozu zdrojů, imisní databáze a databáze chemického složení srážek integrované v Informačním systému kvality ovzduší (ISKO) [3].

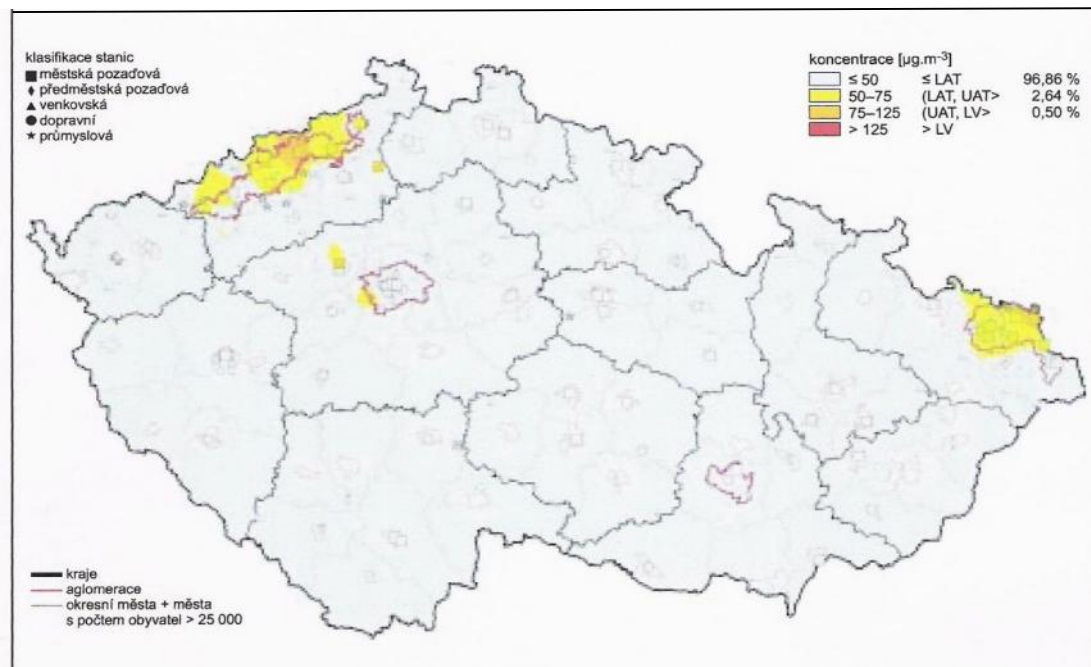
Míry znečištění ovzduší látkami vychází z monitorování koncentrací těchto znečišťujících látek v přízemní vrstvě atmosféry. Je především sledován vztah zjištěných imisních hodnot k příslušným imisním limitům. Tyto imisní limity se liší na imisní limity pro ochranu zdraví populace a limity pro ochranu vegetace a ekosystémů.

Situaci ve znečištění SO_2 v roce 2001 a 2004 ve vztahu k imisním limitům stanoveným novou legislativou znázorňuje obrázek 2.2 a obrázek 2.3. Z grafů vyplývá, že imisní limit pro 24 hodinovou koncentraci SO_2 ($125 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nebyl v roce 2004 překročen více než třikrát. Roční imisní limit SO_2 nebyl rovněž překročen a to v žádné lokalitě. V některých oblastech České Republiky došlo v roce 2004 ke snížení znečištění ovzduší oxidem siřičitým oproti předchozímu roku.

Obrázek .2: Pole 4. nejvyšší 24 hodinové koncentrace SO₂ v roce 2001



Obrázek .3: Pole 4. nejvyšší 24 hodinové koncentrace SO₂ v roce 2004



Zdroj: HMÚ

Vedle imisních limit pro ochranu zdraví legislativa zavádí i limity pro ochranu vegetace a ekosystém .

Území, na nichž musí být podle nařízení vlády . 350/2002 Sb. Dodržovány imisní limity pro ochranu vegetace a ekosystém (EKO zóna), jsou:

- ❖ Území národních parků a chráněných krajinných oblastí,
- ❖ území s nadmořskou výškou 800 m n.m. a vyšší,
- ❖ ostatní vybrané lesní oblasti podle zveřejněné ve Věstníku MŽP [3].

V roce 2004 docházelo k překročení limitních koncentrací u SO_2 v chráněných a zalesněných oblastech jen ve velmi omezeném rozsahu. K překročení došlo pouze na 0,77 % území pro ochranu ekosystémů a vegetace například na Karlovarském a Středočeském kraji [3].

Kromě emisní a imisní situace se v České Republice sleduje také kvalita srážek. Toto systematické sledování začalo již v sedmdesátých letech. Mění chemického složení srážek je celosvětově nově známa pozornost zejména ve spojitosti s okyselováním (acidifikací) suchozemských a vodních ekosystémů. Na území České republiky jsou poměrně rovnoměrně rozloženy monitorovací stanice, které reprezentují oblasti horské, zemědělské obdávající i městské a průmyslové aglomerace. Srážky se v tšinou odebírají jako tzv. měsíční kumulativní vzorky, kdy po dobu celého měsíce se shromažďuje vzorek v odbořném zařízení. Poté je jednorázově podroben chemické analýze. Za velmi důležitou charakteristiku je považována acidita srážek vyjádřená jako pH roztoku. Za přirozenou hodnotu pH je pokládána hodnota 5,6 a pokud má vzorek pH nižší, pokládá se za kyselý. I v tzv. čistých oblastech bývá pH srážek nižší vzhledem k přítomnosti SO_2 z přirozených zdrojů. V České Republice se nyní průměrné pH srážek pohybuje zpravidla v rozmezí 4,4-4,6 jednotek pH [16].

5.3 Stav ovzduší ve vybraných krajích

Na Zlínském, Moravskoslezském a Jihomoravském kraji je ukázán stav emisí SO_2 z let 2003 a 2004 produkovanými z jednotlivých zdrojů emisí. Ve Zlínském kraji došlo oproti minulým rokem ke snížení emisí SO_2 hlavně díky modernizaci nejvýznamnějších zdrojů znečištění, mezi něž se řadí velké teplárny ve Zlíně a Otrokovicích. Také v Moravskoslezském kraji docházelo během minulých let ke snižování emisí SO_2 . Přesto

však v tomto kraji nadále přetrvává problém se znečištěným ovzduším v důsledku vysoké koncentrace zdrojů emisí a také v důsledku spalování méně hodnotného a levného paliva. Z hlediska emisí oxidu siřičitého je na tom nejlépe kraj Jihomoravský, jak ukazuje tabulka 5.

Zlínský kraj

Ve Zlínském kraji patří mezi nejvýznamnější stacionární zdroje látek znečišťujících ovzduší velké teplárny ve Zlíně, Otrokovicích, Valašském Meziříčí a další. Na celkových emisích se také podílí technologické zdroje znečištění ovzduší. Mezi nimi máme zařazenou výrobu pneumatik v Otrokovicích a ve Zlíně, sklárnu ve Valašském Meziříčí, výrobu barev v Uheráckém Hradišti a jiné.

Celkové emise hlavních znečišťujících látek ze zdrojů ukazuje tabulka 3.

Tabulka 3: Celkové emise hlavních znečišťujících látek ze zdrojů, podíly podle kategorií zdrojů znečištění ovzduší (tis. t.rok⁻¹)

	Rok	REZZO	TZL	SO ₂	NO _x	CO	VOC	NH ₃
Emise celkem	2003	1-4	3,47	7,99	12,17	19,96	9,31	4,09
	2004	1-4	3,56	9,13	12,48	19,06	.	4,08
Velké zdroje	2003	1	0,23	6,47	2,75	1,48	.	0,59
	2004	1	0,24	7,49	2,85	0,82	.	0,57
Střední zdroje	2003	2	0,10	0,17	0,18	0,37	.	0,83
	2004	2	0,10	0,16	0,20	0,32	.	0,83
Malé zdroje	2003	3	1,76	1,08	0,76	3,40	.	2,58
	2004	3	1,69	1,21	0,75	3,43	.	2,58
Mobilní zdroje ^{*)}	2003	4	1,38	0,27	8,47	14,70	.	0,09
	2004	4	1,54	0,28	8,67	14,49	.	0,10

Data za rok 2003 jsou upravená, za rok 2004 předběžná.

^{*)} zahrnuté emise z otěrů pneumatik, brzd a vozovek

Zdroj: ČHMÚ

Imisní situace: Na území kraje bylo v roce 2004 provozováno celkem 17 monitorovacích stanic. Z toho 4 provozuje ČHMÚ, 2 státní zdravotní ústav, 5 organizace resortu zemědělství a 6 místních obcí. Imisní hodnoty SO₂ lze hodnotit oproti předcházejícím rokem jako klesající, a to v důsledku rekonstrukce stávajících zdrojů a přijatých opatření v kategoriích velkých a středních zdrojů znečištění [3].

❖ Moravskoslezský kraj

Mezi významné stacionární zdroje znečištění ovzduší v kraji patří Vysoké Pece Ostrava, a.s., Tinecké Železářny, a.s., Energetika Vítkovice a mnoho jiných. Dalším podstatným zdrojem emisí jsou lokální topeniště s nedokonalým spalováním nekvalitních paliv. Celkově došlo oproti roku 2003 k poklesu emisí u SO_2 o 0,57 tisíc tun, což ukazuje tabulka 4.

Tabulka 4: Celkové emise hlavních znečišťujících látek ze zdrojů, podíly podle kategorií zdrojů znečištění ovzduší (tis. t.rok⁻¹)

	Rok	REZZO	TZL	SO ₂	NO _x	CO	VOC	NH ₃
Emise celkem	2003	1–4	10,87	30,11	39,59	171,85	18,02	4,62
	2004	1–4	9,95	29,55	41,53	179,47	.	3,97
Velké zdroje	2003	1	5,80	27,44	22,79	134,96	.	1,91
	2004	1	4,78	26,68	24,36	143,55	.	1,26
Střední zdroje	2003	2	0,43	0,55	0,40	0,91	.	0,80
	2004	2	0,46	0,55	0,38	0,70	.	0,80
Malé zdroje	2003	3	2,35	1,63	1,07	7,04	.	1,72
	2004	3	2,15	1,81	0,99	6,54	.	1,72
Mobilní zdroje ^{*)}	2003	4	2,29	0,50	15,33	28,94	.	0,19
	2004	4	2,55	0,52	15,79	28,67	.	0,20

Data za rok 2003 jsou upravená, za rok 2004 předběžná.

^{*)} zahrnuty emise z otěrů pneumatik, brzd a vozovek

Zdroj: ČHMÚ

Imisní situace: V roce 2004 bylo prováděno měření kvality ovzduší v Moravskoslezském kraji na 30 stanicích, z nichž 22 stanic provozuje ČHMÚ, 3 stanice zdravotní ústav, 2 stanice energetické a průmyslové podniky, 2 stanice EKOTOXA a jedna stanice je komunální monitoring [3].

Přestože je situace u SO_2 stabilizována a nedošlo u ní k překročení limitních hodnot na žádné měřicí stanici, celkové hodnocení kvality ovzduší v Moravskoslezském kraji se jeví nepříznivé. Jako nejpostiženější lokality jsou označovány průmyslové oblasti Ostravska, Karvinska a Tinecka.

❖ **Jihomoravský kraj**

Jihomoravský kraj je z hlediska emisí látek znečišťujících ovzduší trvale pod celostátním průměrem. V roce 2004 došlo oproti roku předěšlém k poklesu emisí SO_2 o 23%. Tento

pokles byl způsobený nižšími emisemi ze stacionárních zdrojů. Emise SO₂ z dopravy zůstaly na stejné úrovni.

Tabulka 5: Celkové emise hlavních znečišťujících látek ze zdrojů, podíly podle kategorií zdrojů znečištění ovzduší (tis. t.rok⁻¹)

	Rok	REZZO	TZL	SO ₂	NO _x	CO	VOC	NH ₃
Emise celkem	2003	1-4	4,95	4,50	21,99	38,85	17,72	11,67
	2004	1-4	5,05	3,50	23,00	38,48	.	11,58
Velké zdroje	2003	1	0,43	2,40	3,12	1,93	.	2,44
	2004	1	0,37	1,61	3,62	2,21	.	2,35
Střední zdroje	2003	2	0,20	0,21	0,38	0,41	.	1,63
	2004	2	0,24	0,20	0,42	0,36	.	1,63
Malé zdroje	2003	3	1,59	1,30	1,12	3,68	.	7,37
	2004	3	1,51	1,08	1,03	3,38	.	7,37
Mobilní zdroje ^{*)}	2003	4	2,73	0,58	17,38	32,82	.	0,22
	2004	4	2,92	0,60	17,92	32,52	.	0,22

Data za rok 2003 jsou upravená, za rok 2004 předběžná.

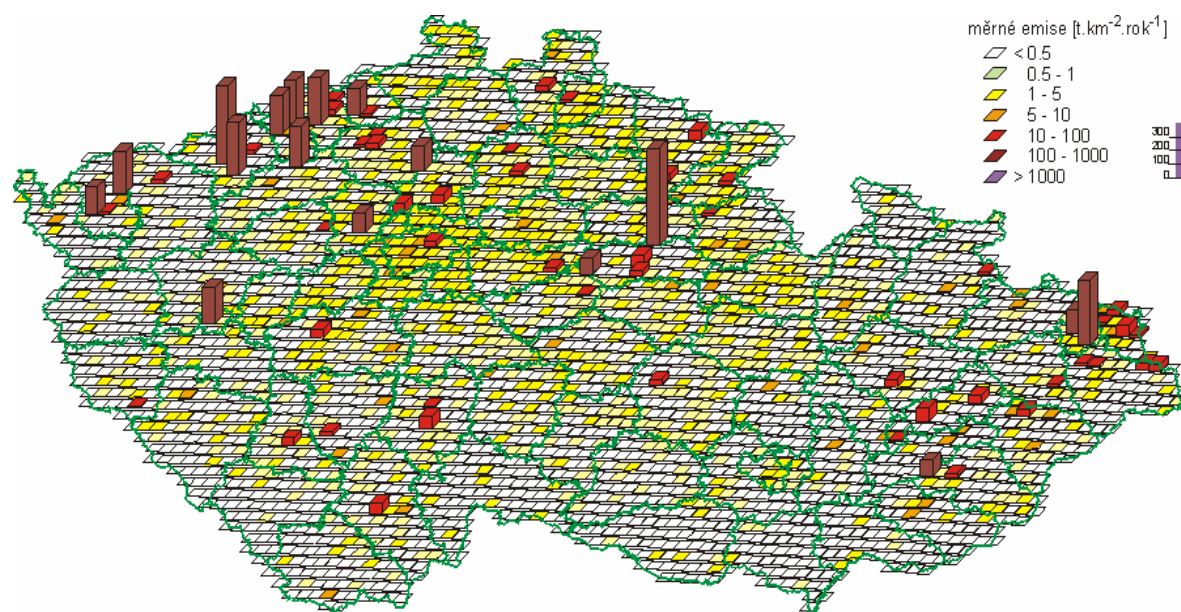
^{*)} zahrnuty emise z otěrů pneumatik, brzd a vozovek

Zdroj: ČHMÚ

Imisní situace:

V Jihomoravském kraji se v roce 2004 provádělo měření kvality ovzduší na 21 kontrolních stanicích. U SO₂ nedošlo v tomto kraji k překročení limitních hodnot na žádné měřicí stanici.

Obrázek . 4: Emisní hustoty oxidu siřičitého ze tverců 5x5 km, 2003



Emisní hustoty oxidu siřičitého ze čtverců 5x5 km, 2003

Zdroj: HMÚ

6 STAV V EVROP

Na území Evropy se p írodní zdroje podílejí na celkovém množství emisí SO₂ pouhými 2 %. Zbylou ást emisí SO₂ v Evrop produkují pr myslová innost lidí. Využívání energie zp sobuje v EU více než 90% emisí SO₂. EU úsp šn zavedla opat ení, která sp jí k omezení zne íšt ní ovzduší emisemi SO₂. Mezi tato opat ení pat í zavedení automobilových katalyzátor , uplatn ní reduk ních technologií ohledupln jších k ovzduší a také p echod z uhlí a ropy na zemní plyn.

K omezení hladiny emisí SO₂ z výroby elektrické energie z poloviny p isp lo zavedení reduk ních opat ení pro jednotlivé typy emisí, jedna tvrtina pozitivních zm n vyplývá z nové skladby fosilních paliv a zbývající ást vznikla v d sledku zlepšené ú innosti výroby elektrické energie, p í níž se využívá fosilních paliv, a zvýšeného podílu jaderné energie a energie z obnovitelných zdroj [5].

K t mto pozitivním zm nám p isp la v tšina lenských stát EU. ecko, Irsko, Portugalsko a Špan lsko však budou ke spln ní vlastních cíl pot ebovat i další opat ení.

Dalším opat ením byl návrh na zavedení bezsírového benzínu a nafty v zemích EU. Tento návrh p edložila Evropská komise 11. kv tna 2001. V n kterých zemích Evropy dosahuje podíl z celkového množství emisí SO₂ z dopravy až 10 %. Velkého zne íšt ní emisemi SO₂ se dosahuje hlavn na rušných k ížovatkách, na silnicích s hustou dopravou, v siln íních tunelech, na erpacích stanicích a v jiných lokalitách. Na takových místech zne íšt ní ovzduší m že dosahovat až ty icetinásobku m stského pr m ru.

Pojmem bezsírový benzín je ozna ován benzín s obsahem síry nižším než 10mg/kg. Hodnoty síry v dnes prodávaném benzínu jsou p ibližn 20krát vyšší. Požadavky na výrobu ístšího paliva v EU vycházejí za studie Auto Oil Programme I (AOP I), která sledovala dopady r zných množství síry v benzínu [6].

V roce 1990 obsahoval benzín p ibližn 3000 mg/kg. V roce 2001 byl p edložen návrh na povinné zavedení bezsírového benzínu v EU od roku 2011, tj.mén než 10 ppm [6].

Redukce obsahu síry v benzínu a naft je nutná vzhledem ke zne íšt ní ovzduší v evropských m stech.

N které evropské státy budou zavád t bezsírovou naftu rychleji než ostatní zem Evropské unie. Dobrým p íkladem je Švédsko, kde se na základ dobrovolné dohody s producenty

benzínu používá od 1. ledna 2000 benzín s obsahem 50 ppm, což je 3krát nižší obsah síry, než stanovuje směrnice [6].

Dalším příkladem je mimoevropský stát Japonsko, kde je benzín s průměrnou hodnotou obsahu síry od 5 do 10 ppm na trhu a jeho prodej tvoří 20% z celkového objemu prodeje benzinu. Stejně kvalitní benzín se prodává i v Kalifornii, v USA [6].

V důsledku změny emisních zdrojů SO_2 jsou nyní průměrné roční koncentrace oxidu siřičitého v hlavních evropských městech převážně pod $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, zatímco dříve se pohybovaly v rozsahu 100 až $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Podobně poklesly i hodnoty maximálních denních koncentrací, které jsou převážně v rozsahu 250 až $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Údaje o koncentracích SO_2 a dalších sloučenin síry v Evropě jsou založeny na datech z národních monitorovacích sítí, které jsou nejvíce soustředěny v městských oblastech [9].

Průměrné koncentrace SO_2 jsou obvykle nižší než $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Roční průměrné koncentrace oxidu siřičitého ve venkovských oblastech Evropy jsou 5 až $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V Evropě jsou však také velké venkovské oblasti, v nichž průměrné koncentrace přesahují $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [9].

Současné průměrné úrovně kyselého aerosolu v Evropě nejsou známy. Nejvyšší zaznamenaná úroveň H_2SO_4 ve Velké Británii v Londýně v roce 1962 byla $680 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (hodinový průměr) [10]. Téměř jistě v dřívějších letech v Londýně vyskytovaly ještě vyšší úrovně. V ovzduší se maximální koncentrace kyselého aerosolu pravděpodobně vyskytuje v mlhách ve městech a také po směru větru za elektrárnami spalujícími uhlí, topné oleje nebo za průmyslovými emisními zdroji.

Shrnutí: Emise SO_2 z využívání energie v letech 1990-1999 značně poklesly a to ve velké části evropského regionu v důsledku změny druhů a množství používaných paliv. Ještě důležitější je však to, že se změnilo složení zdrojů, nebo mnoho malých (domovních, komerčních i průmyslových) zdrojů nahradily velké jednotlivé zdroje, jako jsou například elektrárny, které rozptylují polutanty ve velkých výškách. Výsledkem bylo znatelné snížení koncentrací oxidu siřičitého v mnoha velkých městech, která byla předtím silně znečištěna [9]. Vzhledem k tomu je velice pravděpodobné, že se EU a v členských státech Evropské Unie podaří v rámci národní směrnice o emisních stropích splnit své cílové hodnoty stanovující do roku 2010 omezení celkových emisí SO_2 [5].

ZÁV R

Tato práce je zaměřena na sírné emise, hlavně na oxid siřičitý, oxid sírový, který spolu se vzdušnou vlhkostí vytvoří aerosol kyseliny sírové a v poslední řadě na sulfan a ostatní sírné sloučeniny.

V práci jsem popisovala vlastnosti a atmosférické reakce jednotlivých sírných sloučenin, jejich škodlivé účinky na lidské zdraví, účinky na živočichy, rostliny a okolní vegetaci.

Dále jsem se zabývala zdroji sírných emisí přírodními a antropogenními. Mezi přírodní zdroje patří především vulkanická činnost a biochemické procesy při rozkladu organických látek. Nejzávažnější zdroj sírných emisí představuje lidská činnost, především spalování fosilních paliv a průmyslové procesy.

Dále jsem se zaměřila na stav znečištění ovzduší emisemi síry v České Republice a ve vybraných krajích. Porovnávala jsem stav ovzduší ve Zlínském kraji, v kraji Moravskoslezském a v kraji Jihomoravském. V Jihomoravském i ve Zlínském kraji jsou emisní hodnoty SO_2 v letech 2003 a 2004 mnohem nižší než v kraji Moravskoslezském. Hlavní příčinou tohoto rozdílu je spalování nekvalitního uhlí v Moravskoslezském kraji.

Posledním bodem v práci je stav emisí síry v Evropě, kdy mají tyto emise v posledních 10-ti letech klesající charakter a to ve většině evropského regionu.

Produkce emisí síry neustále klesá a to v důsledku zavádění moderních technologií v energetice, nové skladby fosilních paliv, využívání jaderné energie a energie z obnovitelných zdrojů a další opatření.

Podle mého názoru se tato opatření budou nadále vyvíjet a zdokonalovat, budou se vytvářet další nové technologie, které zmírní únik těchto škodlivých látek do ovzduší. Takové postupy jistě pomohou naší planetě bojovat proti lidským zásahům.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] POPL, M., FÄHNRIICH, J. Analytická chemie životního prostředí. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1999. ISBN 80-7080-336-3, str.18
- [2] GREENWOOD, N., N., EARNSHAW, A. Chemie prvků. Praha: Informatorium, 1993. ISBN 8085427-38-9
- [3] Ministerstvo životního prostředí, dostupné na <http://www.env.cz>
- [4] Český hydrometeorologický ústav, dostupné na <http://www.chmi.cz>
- [5] Evropská agentura pro životní prostředí, dostupné na www.eea.eu.int
- [6] www.infojet.cz
- [7] MANAHAN, S.E. Fundamentals of environmental chemistry, ISBN 1-56670-491-X
- [8] AUSTIN, J., BRIMBLECOMBE, P., STURGES, W. Air pollution science for the 21st century, ISBN 0 08 044119 X
- [9] cd.ecmost.cz
- [10] encyklopedie.seznam.cz/heslo/142319-oxid-sirovy
- [11] encyklopedie.seznam.cz/heslo/194719-sirouhlik
- [12] www.biotox.cz/toxikon/anorgan/ja_4a.htm
- [13] encyklopedie.seznam.cz/heslo/299071-merkaptany
- [14] ftp server UTB Zlín
- [15] www.referaty.cz
- [16] www.trivis.info/index.php

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

REZZO	Registr emisí a zdroj znečištění ovzduší
HMÚ	Český hydrometeorologický ústav
IŽP	Česká inspekce životního prostředí
CDV	Centrum dopravního výzkumu
SVÚOM	Státní výzkumný ústav ochrany materiálů
VÚZT	Výzkumný ústav zemědělské techniky
ISKO	Informační systém kvality ovzduší
MŽP	Ministerstvo životního prostředí

SEZNAM OBRÁZK

Obrázek .1: Vývoj emisí hlavních znečišťujících látek 1990-2004 (tis. t)

Obrázek .2: Pole 4. nejvyšší 24 hodinové koncentrace SO₂ v roce 2001

Obrázek .3: Pole 4. nejvyšší 24 hodinové koncentrace SO₂ v roce 2004

Obrázek .4: Emisní hustoty oxidu siřičitého ze tverc 5x5 km, 2003

SEZNAM TABULEK

Tabulka . 1: N které molekulové a fyzikální vlastnosti SO₂

Tabulka . 2: Celkové emise vybraných základních zne iš ujících látek a podíly jednotlivých kategorií zdroj na celkových emisích v roce 2004

Tabulka .3: Celkové emise hlavních zne iš ujících látek ze zdroj , podíly podle kategorií zdroj zne iš ování ovzduší (tis. t.rok⁻¹)

Tabulka .4: Celkové emise hlavních zne iš ujících látek ze zdroj , podíly podle kategorií zdroj zne iš ování ovzduší (tis. t.rok⁻¹)

Tabulka .5: Celkové emise hlavních zne iš ujících látek ze zdroj , podíly podle kategorií zdroj zne iš ování ovzduší (tis. t.rok⁻¹)