



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**Intoxikace jedovatými plyny v přednemocniční  
neodkladné péči**

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Studijní program:**

OCHRANA OBYVATELSTVA

**Autor:** Bc. Ondřej Říha

**Vedoucí práce:** prof. RNDr. Jiří Patočka, DrSc.

České Budějovice 2018

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci s názvem „*Intoxikace jedovatými plyny v přednemocniční neodkladné péči*” jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby diplomové práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé diplomové práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 14. 5. 2018

.....

Bc. Ondřej Říha

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl velmi poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu prof. RNDr. Jiřímu Patočkovi, DrSc. za odborné vedení mé práce a poskytnutí rad a tipů na její zkvalitnění. Rovněž bych chtěl na tomto místě sdělit poděkování panu kpt. Ing. Jiřímu Zelenkovi, vyšetřovateli požáru Hasičského záchranného sboru Kraje Vysočina, a panu MUDr. Petru Novotnému, náměstkovi ředitelky Zdravotnické záchranné služby Kraje Vysočina, za poskytnutí dat o intoxikacích jedovatými plyny v Kraji Vysočina. Současně děkuji Markétě Hejátkové, DiS., za poskytnutí údajů o jedné z kazuistik intoxikace oxidem uhelnatým, kterou v této diplomové práci analyzuji. V neposlední řadě bych chtěl vyslovit poděkování všem, kteří se na této diplomové práci podíleli a tím přispěli k jejím výsledkům.

# Intoxikace jedovatými plyny v přednemocniční neodkladné péči

## Abstrakt

Toxikologie je multioborová vědní disciplína zabývající se vlivy nebezpečných látek na živé organismy. Negativní účinky některých látek jsou známy již od pravěku a lidstvo se s nimi setkává dodnes. Působení těchto látek na lidské organismy může být vyvoláno buď záměrně (např. zneužití chemických látek při válečných konfliktech), nebo nechtěně (např. intoxikace jedovatými plyny z kouře při požáru). Současné poznatky z oblasti toxikologie umožňují nebezpečné látky blíže charakterizovat, určit jejich efektivní (účinné), toxické a letální (smrtné) dávky a koncentrace a poskytnout adekvátní první pomoc zasaženým lidem. Znalost postupů první pomoci v případě intoxikací jedovatými plyny je stěžejní pro záchranu lidského života a zmírnění následků toxického účinku. V návaznosti na univerzální postup první pomoci, tj. bezprostřední vyproštění pacienta ze zamořené oblasti a přivolání zdravotnické záchranné služby, musí být zasaženému člověku poskytnuta adekvátní přednemocniční neodkladná péče.

S ohledem na tyto poznatky jsou uvedeny postupy používané při intoxikacích v přednemocniční neodkladné péči a urgentní medicíně. Cílem diplomové práce je v teoretické části vypracovat komplexní přehled současných teoretických a odborných poznatků z oblasti chemie, toxikologie a urgentní medicíny, které jsou posléze aplikovány v celkovém managementu přednemocniční neodkladné péče o pacienta intoxikovaného toxickými plyny. Součástí výzkumné části je retrospektivní statistická analýza počtu případů intoxikací oxidem uhelnatým v Kraji Vysočina, aplikace teoretických poznatků ve formě rozborů kazuistik případů intoxikací a zpracování preventivního programu v rámci dotazníkového ověření informovanosti veřejnosti o rizicích a nebezpečnosti oxidu uhelnatého s vytvořením edukačního materiálu. V rámci práce byla hledána odpověď na výzkumnou otázku „Jak závažným problémem jsou intoxikace jedovatými plyny v přednemocniční neodkladné péči a urgentní medicíně?“

Z hlediska přednemocniční neodkladné péče dochází v Kraji Vysočina v programu sledování průměrně k úmrtí čtyř pacientů ročně na základě intoxikací jedovatými plyny. V porovnání tohoto čísla s celkovými počty úmrtí pacientů se tak jedná o méně závažný

problém. Ukázalo se, že nejčastějším zdrojem otrav oxidem uhelnatým byl plynový spotřebič a nejvíce aktivací detektoru oxidu uhelnatého u posádek ZZS zaznamenali záchranáři v roce 2015. V rámci informování veřejnosti formou dotazníkového šetření bylo jasně prokázáno, že přetrvává povědomí o zaměňování vlastností oxidu uhelnatého s oxidem uhličitým.

Diplomová práce je určena odborníkům z řad poskytovatelů přednemocniční neodkladné péče tj. zdravotnickým záchranným službám, dále hasičským záchranným sborům pro případná statistická srovnání s jinými poskytovateli a subjekty, eventuálně pro vzdělávací účely v rámci krizové připravenosti. Dále je práce doporučena laické veřejnosti pro zabezpečení vyšší informovanosti ohledně problematiky otrav jedovatými plyny. Sepsáním diplomové práce tak byl zpracován komplexní přehled okruhu problémů v této oblasti za účelem informovanosti, edukace a vytvoření podkladů pro další srovnání.

**Klíčová slova:** Toxikologie; jedovaté plyny; první pomoc; přednemocniční neodkladná péče; urgentní medicína.

# **Intoxication of poisonous gases in prehospital emergency care**

## **Abstract**

Toxicology is a scientific discipline dealing with the influences of dangerous substances on living organisms. The negative effects of some substances have been known since the prehistoric times and the human race has had to face them until today. The impact of these substances on human organisms may be caused either deliberately (e. g. misuse of chemical substances during war conflicts) or unintentionally (e. g. intoxication by poisonous gases released from fire). The current knowledge of the field of toxicology enable to characterise the dangerous substances, to define their effective, toxic and lethal doses and concentrations and to give first aid to the people affected. The knowledge of the first aid procedure in case of intoxication of poisonous gases is crucial for the rescue of human life and moderation of the toxic effects. In connection to the universal first aid procedure, i. e. the patient's rescue out of the contaminated area and calling of the rescue service, the person affected has to receive an adequate immediate pre-hospital care.

Based on these findings, procedures used in cases of intoxication in pre-hospital emergency care and emergency medicine are listed. The aim of the theoretical part of this diploma thesis is a comprehensive overview of current theoretical and professional knowledge in the field of chemistry, toxicology and emergency medicine. This knowledge is subsequently applied to the overall management of pre-hospital emergency care for patients intoxicated with toxic gases. The research part includes a retrospective statistical analysis of the number of cases of carbon monoxide intoxication in Vysocina Region, application of theoretical knowledge in the form of analyses of cases of intoxication and creation of a preventive programme with the help of a questionnaire survey which asked the public about their awareness of the risks and dangers of carbon monoxide. In addition, educational material was created. The thesis also tried to answer the research question "How serious is poisonous gas intoxication in pre-hospital emergency care and emergency medicine?"

From the point of view of pre-hospital emergency care, the average daily death rate caused by poisonous gas intoxications in the Vysocina Region is four patients per year. When this number is compared with the total number of patients' deaths, it shows a less

serious problem. The most common source of carbon monoxide poisoning turned out to be a gas appliance. The rescuers recorded the highest number of carbon monoxide detector activations in 2015. Informing the public in the form of a questionnaire survey has clearly shown that there is persisting confusion of carbon monoxide properties with carbon dioxide ones.

This diploma thesis is aimed at specialists providing pre-hospital emergency care i. e. health rescue services and also fire rescue services for the purpose of statistical comparisons with other providers and subjects, or for educational purposes in the context of crisis preparedness. In addition, the work is recommended to the general public to ensure greater awareness of poisonous gas intoxications. This thesis brought a comprehensive overview of this issue which can be used for the purpose of informing, educating and creating the basis for further comparison.

**Keywords:** Toxicology; poisonous gases; first aid; prehospital emergency care; emergency medicine.

## Obsah

Úvod .....	10
<b>1 Teoretická část .....</b>	<b>11</b>
1.1 Toxikologie .....	11
1.1.1 Toxikologické pojmy a veličiny .....	14
1.1.2 Toxikokinetika .....	19
1.2 Nebezpečné plyny .....	22
1.2.1 Oxid uhelnatý .....	22
1.2.2 Oxid uhličitý .....	28
1.2.3 Kyanovodík .....	28
1.2.4 Oxid siřičitý .....	29
1.2.5 Sulfan .....	30
1.2.6 Bojové plyny .....	30
1.3 Přednemocniční neodkladná péče .....	31
1.3.1 První pomoc .....	32
1.3.2 Odborná lékařská pomoc .....	32
1.3.3 Směrování a transport pacientů .....	40
<b>2 Cíl práce a výzkumná otázka .....</b>	<b>44</b>
2.1 Cíl práce .....	44
2.2 Výzkumná otázka .....	44
<b>3 Metodika .....</b>	<b>45</b>
3.1 Charakteristika výzkumného souboru .....	45
3.2 Popis a organizace výzkumného šetření .....	51
<b>4 Výsledky .....</b>	<b>52</b>
4.1 Retrospektivní statistická analýza .....	52
4.1.1 Počet aktivací detektoru CO v rámci ZZS Kraje Vysočina v letech 2015–2017 55	
4.1.2 Počty událostí s příznakem intoxikace zplodinami sledovaných HZS Kraje Vysočina za jednotlivé roky .....	56
4.2 Analýza případů intoxikací oxidem uhelnatým .....	57
4.2.1 První kazuistika .....	57
4.2.2 Druhá kazuistika .....	63
4.3 Preventivní program .....	64
4.3.1 Ověření informovanosti veřejnosti: rizikové chování oxidu uhelnatého ..	65
4.3.2 Edukační materiál .....	69



<b>5</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>70</b>
5.1	Shrnutí případů intoxikací – statistiky .....	70
5.2	Shrnutí případů intoxikací – kazuistiky .....	72
5.3	Shrnutí výsledků – preventivní program.....	72
5.4	Porovnání výsledků získaných výzkumem .....	74
5.4.1	Porovnání počtu případů intoxikací v souvislosti s oxidem uhelnatým s ostatními kraji v ČR.....	75
5.4.2	Porovnání výsledků s jinými kvalifikačními pracemi .....	77
5.5	Výzkumná otázka – diskuze.....	78
	<b>Závěr .....</b>	<b>80</b>
	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>81</b>
	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>86</b>
	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>87</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>88</b>
	<b>Seznam použitých zkratk .....</b>	<b>90</b>

## Úvod

Akutní intoxikace je příkladem urgentního stavu, který zásadně ohrožuje zdraví i život zasažených pacientů. Důležitými aspekty při posuzování závažnosti intoxikace jsou druh otravné látky (a s tím související její poločas rozpadu), její množství, doba jejího působení a způsob, jakým pronikla do organismu. Tyto faktory, které ovlivňují míru intoxikace organismu, hrají důležitou roli při volbě konkrétního postupu v rámci přednemocniční neodkladné péče a následné terapie (Ševela a Ševčík, 2011).

V přednemocniční a následné nemocniční péči o intoxikovaného pacienta se k výše zmíněným faktorům přidává včasné a správné určení diagnózy, kompetentnost a erudovanost zdravotnických pracovníků a včasné zahájení komplexní a účinné terapie. Mezi další významné ukazatele v rámci přednemocniční fáze patří správné směrování daného pacienta do cílového zdravotnického zařízení a z hlediska nemocniční fáze úroveň vybavenosti zdravotnických zařízení (Ševela a Ševčík, 2011; Šeblová a Knor, 2013).

Z širokého spektra možných intoxikací jedovatými plyny byly vybrány ty, které podle praxe zdravotnických pracovníků v urgentní medicíně představují v současné době nejvyšší riziko a vyznačují se značným klinickým problémem. V rámci zjišťování informovanosti veřejnosti o nebezpečnosti oxidu uhelnatého, který má nejvýznamnější zastoupení v problematice jedovatých plynů, bylo prokázáno, že laická veřejnost tento plyn zaměňuje s vlastnostmi oxidu uhličitého.

Cílem této diplomové práce je retrospektivní statistická analýza poskytovatele Zdravotnické záchranné služby Kraje Vysočina. V souvislosti se zvoleným cílem této práce je definována výzkumná otázka, jak závažným problémem jsou intoxikace jedovatými plyny v přednemocniční neodkladné péči a urgentní medicíně.

# 1 Teoretická část

Teoretická část diplomové práce je rozdělena do 3 oddílů. V nich jsou obsaženy veškeré poznatky, které jsou následně aplikovány ve výzkumné části práce a v jejich přílohách. První oddíl charakterizuje toxikologii jako vědní disciplínu z hlediska její historie, současnosti a především jejího významu pro společnost. Zavedeny jsou zde rovněž základní toxikologické pojmy (jed, toxicita, toxický účinek) a veličiny (efektivní, toxikologická a letální dávka a koncentrace). Toxické účinky jsou popsány z hlediska orgánů tělesné soustavy, na které daná jedovatá látka působí, a z hlediska časového působení těchto látek. Stručně je popsána rovněž toxikokinetika, tedy cesta toxické látky v živém organismu od vstupu do něj po vyloučení.

Ve druhém oddílu teoretické části diplomové práce jsou představeny vybrané nebezpečné plyny, se kterými lze běžně přijít do styku. Obsaženy jsou zde obecné informace o těchto látkách, jejich vlastnosti, reakce a jsou podrobněji popsány jejich toxické účinky.

Třetí oddíl tvoří popis intoxikací na základě otrav různými jedovatými plyny. Oddíl je rozdělen do dvou kompaktních částí. V té první je popsána první pomoc zvládnutelná nelékařskými a neodbornými pracovníky. Následuje charakterizace odborné lékařské pomoci při otravách jedovatými plyny v rámci urgentní medicíny a přednemocniční neodkladné péče.

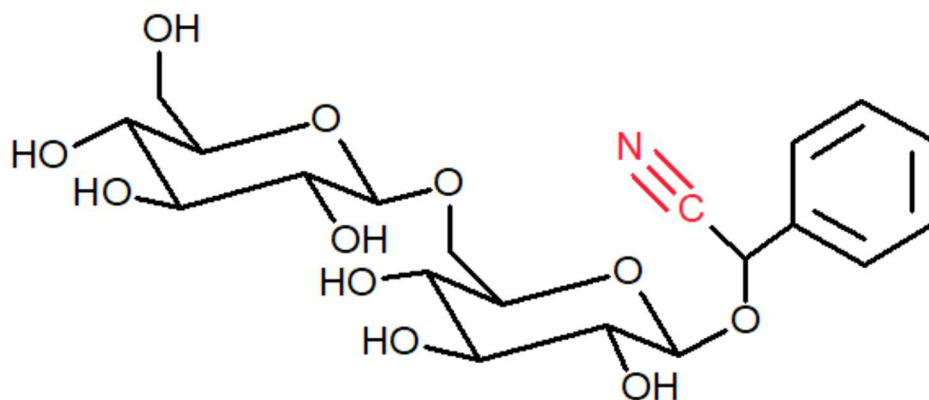
## 1.1 Toxikologie

Toxikologie je multioborová disciplína, která se zabývá vlivy různých chemických látek na živé organismy. Velmi úzce koreluje s jinými přírodními vědami, například biologií, chemií či fyzikou, dále medicínou nebo společenskými vědami (psychologií či statistikou) (Linhart, 2014).

Samotný název této disciplíny, toxikologie, pochází z řečtiny. Slovo „*το τοξικου*“ označovalo jed k napouštění šípů a termín „*λογος*“ znamená věda. Již v pravěku byly známy empirické poznatky o účincích některých látek, do kterých byly namáčeny bojové šípy používané při lovu zvěře jako hlavního tehdejšího pokrmu. Obdobně byly

postupně poznávány také léčivé účinky některých rostlin či jejich halucinogenní vlastnosti (Nesměrák, 2017).

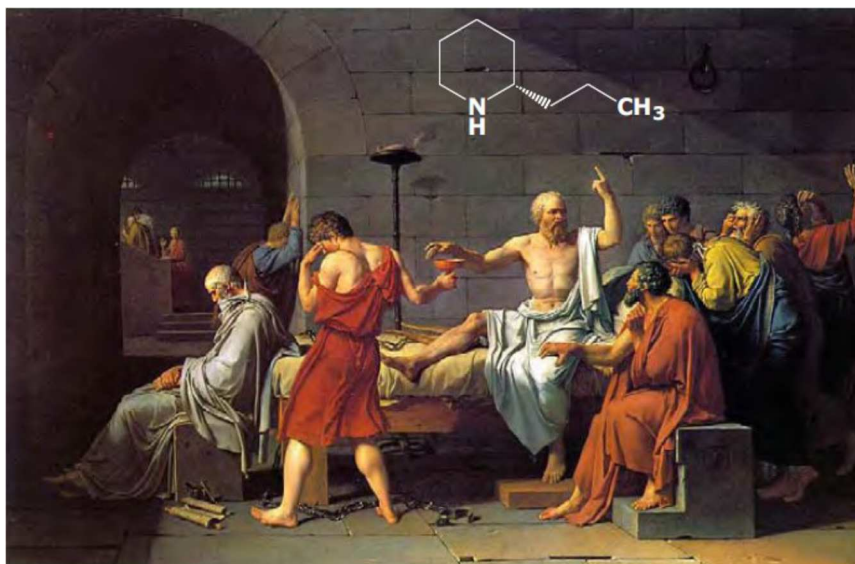
Ve starověkém Egyptě již byly známy mnohé anorganické a organické jedy. Těmi anorganickými byly například sloučeniny arsenu, rtuti či olova. Jako organické jedy je možné zmínit třeba opium, čemeřici či oměj. Zvláštní kapitolou bylo tzv. soudnictví ordálového typu. Obžalovanému člověku byl podán destilát z pecek broskví. Jestliže dotyčný přežil, bylo to „důkazem“ jeho nevin. Pokud zahynul, ostatní byli přesvědčeni o oprávněnosti jeho smrti. Podstata účinku tohoto destilátu tkví v tom, že pecky broskví obsahují glykosid amygdalin, jehož vzorec je uveden na obrázku 1. Tato sloučenina se rozkládá za vzniku vysoce jedovatého kyanovodíku HCN, který blokuje činnost enzymů tkáňového dýchání. To vede k tkáňové hypoxii (nedostatku kyslíku). Ve starověkém Egyptě měl obžalovaný šanci přežít pouze v případě, že připravený destilát obsahoval jen velmi malé množství vznikajícího kyanovodíku, případně žádný (Nesměrák, 2017).



**Obrázek 1** Strukturální vzorec glykosid amygdalinu s vyznačenou  $-C\equiv N$  skupinou

Zdroj: pro účely této diplomové práce vytvořil v programu ChemSketch Jan Břížďala

Otravy jsou hojně využívány pro usmrcování lidí od pravěku dodnes. Známy obraz Smrt Sokratova od francouzského klasicistního malíře Jacquese-Louise Davida (1748 – 1825) znázorňuje nucenou smrt řeckého myslitele Sókrata (469 – 399 př. n. l.). Ten byl odsouzen radou města Athén k trestu smrti a následně donucen vypít odvar z bolehlavu obsahující jedovatý alkaloid koniin. Na obrázku 2 je znázorněn onen obraz a strukturální vzorec zmíněného alkaloidu (Ibis Communications, 2003).



**Obrázek 2** Obraz Smrt Sokratova od francouzského malíře Jasquese-Louise Davida a strukturální vzorec koniinu

Zdroj: Nesměrák, 2017

Otravy a pokusy o otravy jsou úzce spjaty rovněž s českými zeměmi. V roce 1304 naházeli kutnohorští horníci do potoka protékajícího vojenským ležením obklopujícím město strusku vzniklou po zpracování stříbra, které se v té době ve městě těžilo. Tato struska obsahovala mimo jiné jedovaté sloučeniny olova a arsenu. Příznaky otravy se tak projevíly u vojáků Albrechta Habsburského, který se musel se svojí družinou stáhnout (Nesměřák, 2017).

Známé jsou také pokusy o otravu budoucího císaře Karla IV. v italské Pavii roku 1331 nebo pokus o vraždu Vladislava II. Jagellonského. V roce 1969 zemřel na otravu svítiplynem, jehož hlavní složkou je oxid uhelnatý CO, známý český herec a zpěvák Jiří Šlitr, jeden ze zakladatelů Divadla Semafor (Nesměřák, 2017; Ptáčková a Luptáková, 2016).

Oblíbenými způsoby otrav bylo přimíchávání jedů do potravin či nápojů. Dodnes se objevují spekulace o smrti Ludwiga van Beethovena (1770–1827) otravou olovem. K ní by však nejspíše došlo jeho nevědomostí, neboť konzumoval lacinější víno, které bylo ochucováno olovnatými sloučeninami. Dioxiny byly naopak použity k otravě ukrajinského prezidentského kandidáta Viktora Juščenka v roce 2004. Tento bývalý

prezident Ukrajiny má dodnes známky otravy patrné na svém obličejí, jak je viditelné na obrázku 3 (Prechl, 2007; Mašková, 2004).



**Obrázek 3 Bývalý prezident Ukrajiny Viktor Juščenko**

Zdroj: foto ČTK

Velké množství otrav a zneužívání bojových plynů ve válkách (chlor, yperit...) bohužel přispělo k negativnímu vnímání chemie, která byla dříve veřejně vnímána jako pro člověka pozitivní vědní disciplína. V současné době je chemie vnímána veřejností převážně negativně, což je možné označit jako chemofobii (Nesměrák, 2017).

### 1.1.1 *Toxikologické pojmy a veličiny*

#### **Jed, toxicita**

Základním toxikologickým pojmem je termín jed. Obecně je obtížné zavést jednu univerzální definici tohoto slova. Laicky je možné říct, že jedem je každá látka, která může způsobit nepříznivou reakci organismu. To však naráží na poznatky známé již od starověku, neboť každá látka může při určitých dávkách vyvolat tuto škodlivou reakci. Například smrtelná dávka kuchyňské soli pro dospělého člověka (80 kg) je přibližně 300 g. Rovněž je smrtelné vypítí více než 15 litrů nemineralizované vody. Požití většího množství vody totiž vede k narušení osmotické rovnováhy v organismu. Zvýšený příjem soli či vody může způsobit úmrtí i zvířat (Nesměrák, 2017; Linhart, 2014; Horák a kol., 2004; Lenntech, 2017; Thompson, 2017).

Z toxikologického hlediska je možné rozhodnout o každé látce, zda je či není jedem, v závislosti na její podávané dávce. Navzdory zdravotním rizikům zvýšené konzumace soli není možné obecně považovat 0,5 g chloridu sodného za jed. Naopak již zmiňované množství 300 g kuchyňské soli již pro dospělého člověka jedem je. O jedovatosti látek rozhoduje také typ organismu, který je jejich působení vystaven a způsob, jakým se daná látka do organismu dostává. Zatímco kofein je pro hmyz smrtící již ve velmi malých dávkách (vybrané rostliny ho syntetizují právě za účelem odpuzování hmyzu), člověk tento alkaloid běžně v omezené míře přijímá v kávě, čaji či kolových nápojích. Obdobně člověk běžně požívá bonbonky hroznového cukru (glukosu) ústy, avšak implementace takového množství tohoto sacharidu do žíly by mohla být pro daný organismus až smrtící (Linhart, 2014; Nesměrák, 2017; Horák et al., 2004).

Jedy je možné vymezit rovněž platnou legislativou. Současné zákony, vyhlášky, nařízení vlády a evropské směrnice uvádí povinnosti o evidenci a nakládání s nebezpečnými látkami. Tyto látky jsou pro právní účely vymezeny jejich výčtem. Mezi nejvýznamnější související právní předpisy patří:

- **Zákon č. 350/2011 Sb.**, o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon).
- **Zákon č. 258/2000 Sb.**, o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů.
- **Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006** ze dne 18. prosince 2006, o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky a o změně některých předpisů.

Z hlediska vlastní bezpečnosti je nezbytné považovat za jed každou pro člověka neznámou látku. Není vhodné například pít tekutinu z obalu, i kdyby se jednalo o láhev od minerální vody, aniž by byl dotýčný přesvědčen o jejím původu. Totéž platí o potravinách. Často je možné se setkat s místy, ve kterých je konzumace libovolných potravin a nápojů zakázána, například v chemických laboratořích (Nesměrák, 2017).

Pojem jed bývá mnohdy nahrazován i některým ze svých synonym. Těmi nejběžnějšími termíny jsou xenobiotikum, toxin, toxikant, exogenní látka či noxa. Schopnost jedů vyvolávat toxický účinek se nazývá toxicita (Nesměrák, 2017).

### **Toxické účinky**

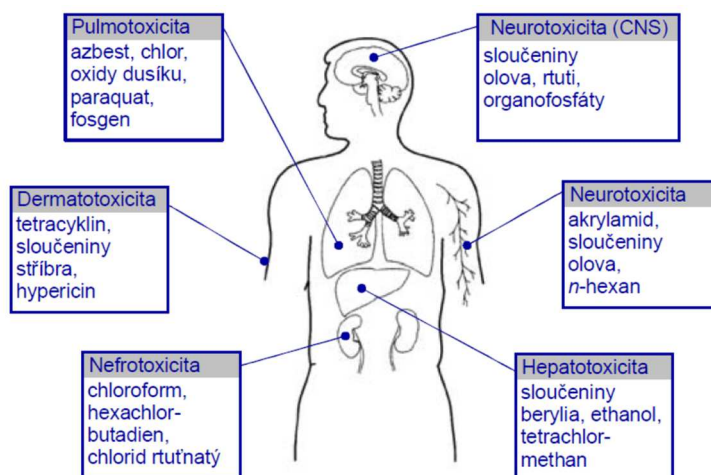
Podle druhu daného jedu se může u organismu projevit ireverzibilní (nevratný) či reverzibilní (vratný) toxický účinek. Příkladem reverzibilního toxického účinku jsou halucinace, křeče či opilost způsobená požitím alkoholu ethanolu. Po určité době se organismus vrátí do svého původního stavu, přičemž se pro tento účel zanedbávají dlouhodobé účinky alkoholu na činnost některých orgánů. Naopak mezi ireverzibilní toxické účinky patří mutagenita (tj. trvalé poškození organismu) či smrt (Linhart, 2014; Nesměrák, 2017; Horák et al., 2004).

Z hlediska místa působení daného jedu, tj. účinku na funkci konkrétního orgánu, je možné rozlišit následující toxické účinky:

- **Neurotoxicita** (zásah do činnosti centrální nervové soustavy).
- **Pulmotoxicita** (zásah do činnosti plic).
- **Dermatotoxicita** (poškození pokožky).
- **Hepatotoxicita** (zásah do činnosti jater).
- **Nefrotoxicita** (zásah do činnosti ledvin) (Nesměrák, 2017).

Ilustrativní vyobrazení jednotlivých orgánů lidského organismu s přehledem toxických účinků působení na ně je na obrázku 4.





**Obrázek 4 Toxické účinky různých látek v závislosti na zasaženém orgánu lidského organismu**

Zdroj: Nesměrák, 2017

Příkladem látky vykazující pulmotoxické účinky je azbest. Tato látka bývala dříve využívána jako nehořlavý materiál například pro obklad komínu. Z azbestu se však uvolňovaly drobné částice (vlasce), které byly člověkem vdechovány a ucpávaly plicní sklípky (Mačák et al., 2012; Office of Information and Public Affairs U.S., 2017).

S ohledem na časové kritérium působení daného xenobiotika na organismus může nastat akutní, chronický či pozdní toxický účinek. Akutní toxické účinky nastávají při jednorázovém podání vyšší dávky a projevují se ve velmi krátkém čase. Příkladem těchto účinků je otrava oxidem uhelnatým, kdy u člověka pobývajícího i po velmi krátkou chvíli v místnosti s vyšším objemovým procentem oxidu uhelnatého nastává okamžitě bezvědomí a následně smrt. Chronické účinky nastávají při dlouhodobém přísunu nižších dávek a projevují se po velmi dlouhé době. Před zahájením výstavby nové budovy se provádí radonový průzkum zastavovaného pozemku, aby se v rámci realizace stavby mohly vybudovat některá protiradonová opatření. Tento radioaktivní plyn unikající ze zemského podloží by dlouhodobě měl negativní vliv na lidský organismus. Pozdní účinek je možné sledovat až po velmi dlouhé době od doby, kdy byl organismus vystaven působení dané toxické látky. Příkladem je jednorázové ozáření nebezpečným radioaktivním materiálem (Balog, 1998; Patočka, 2004; Pelclová, 2014; Simont, 2015).

## Toxikologické veličiny

Účinky xenobiotik je vhodné umět kvantitativně stanovovat. Za tímto účelem je možné využívat některé dále zavedené toxikologické indexy, které byly odvozeny z experimentálně získaných závislostí. To znamená, že se například podával potkanům morfin a v závislosti na podaném množství morfinu se pozorovalo, kolika potkanům se zvedne ocas. Veškeré dále popsané veličiny jsou samy sobě navzájem svojí paralelou (Nesměrák, 2017).

Prvními toxikologickými veličinami jsou **efektivní (účinná) dávka  $ED$ /efektivní (účinná) koncentrace  $EC$** . Tyto veličiny udávají, při jaké dávce či koncentraci xenobiotika nastává u testovaného organismu sledovaný účinek (např. zvednutí ocasů u potkanů, rozšíření zornic u člověka) (Linhart, 2014; Balog, 1998).

Pro lepší popis účinku xenobiotik se používají veličiny  **$ED_{50}$  a  $EC_{50}$** . Zatímco ta první udává hodnotu dávky, při které nastal sledovaný jev u 50 % testovaných organismů, druhá koncentraci, při které se tak stalo. Analogicky je možné zavést veličiny  $ED_0$  ( $EC_0$ ), tj. nejvyšší hodnota dávky (koncentrace), při které sledovaný efekt nenastal u žádného testovaného organismu, či veličiny  $ED_{100}$  ( $EC_{100}$ ), tj. nejnižší hodnota dávky (koncentrace), při které sledovaný efekt by nastal u všech testovaných organismů. (Nesměrák, 2017; Balog, 1998).

Obdobami efektivní dávky a koncentrace jsou veličiny **toxická dávka  $TD$  a toxická koncentrace  $TC$** . Hodnota této veličiny udává, při jaké dávce či koncentraci toxické látky nastává u testovaného organismu sledovaný toxický účinek. Pro statistické potřeby se nejčastěji pracuje se specifikacemi těchto veličin na hodnoty  **$TD_{50}$  a  $TC_{50}$** , tj. dávka (koncentrace), při které vykazuje sledovaný toxický účinek právě polovina testovaných organismů. Obdobně jako v předchozím případě je možné i zavést veličiny  $TD_0$ ,  $TC_0$ ,  $TD_{100}$  a  $TC_{100}$  (Linhart, 2014; Nesměrák, 2017; Horák et al., 2004; Balog, 1998).

Smrtnou (letální) dávku a koncentraci vyjadřují veličiny  **$LD$  a  $LC$** . Odvozené veličiny  **$LD_{50}$  a  $LC_{50}$**  udávají dávku a koncentraci, při kterých zahynulo právě 50 % sledovaných organismů. Paralelně se opět zavádí i veličiny  $LD_0$ ,  $LC_0$ ,  $LD_{100}$  a  $LC_{100}$  (Linhart, 2014; Nesměrák, 2017; Horák et al., 2004; Balog, 1998).

Na tomto místě je nezbytné podotknout, že existují mezidruhové rozdíly v letálních dávkách různých xenobiotik, a tyto hodnoty jsou závislé i na způsobu jejich vpravení

do organismu. Letální dávka jedu arsenik (oxid arsenitý  $\text{As}_2\text{O}_3$ ) je pro potkana  $LD_{50} = 20,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , zatímco pro člověka má hodnotu nižší,  $LD_{50} = 1,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Linhart, 2014; Nesměrák, 2017; Horák et al., 2004; Balog, 1998).

Posledními toxikologickými indexy, které zde budou zmíněny, jsou **NOAEL** (No Observable Adverse Effect Level) a **LOAEL** (Lowest Observable Adverse Effect Level). První veličina udává nejvyšší podanou dávku, při které stále nebyl pozorován žádný nežádoucí účinek. To nevylučuje možnost, že mohl být pozorován jiný účinek, který však není vnímán nepříznivě. Veličina **LOAEL** vyjadřuje nejnižší podanou dávku, při které již byl prokázán nežádoucí účinek na testovanou skupinu (Linhart, 2014; Nesměrák, 2017; Horák et al., 2004; Balog, 1998).

### 1.1.2 *Toxikokinetika*

Samostatné postavení v rámci toxikologie má disciplína nazývaná se toxikokinetika. Ta se zabývá osudem xenobiotika v živém organismu, vzájemným působením mezi toxickou látkou a organismem. Samotný sledovaný děj je možné rozdělit do 4 fází, pro což se mnohdy používá zkratka ADME.

Význam zkratky ADME:

- A = **absorption** (absorpce; vstup xenobiotika do organismu).
- D = **distribution** (distribuce xenobiotika po organismu).
- M = **metabolism** (metabolismus xenobiotika v organismu).
- E = **excretion** (exkrece; vyloučení xenobiotika z organismu) (Sunalim, 2011).

Xenobiotikum může vstoupit do organismu různými způsoby. Podle toho, zda je nutná jeho absorpce, nebo nikoliv, se možné vstupy xenobiotika do organismu rozdělují na intravaskulární (absorpce není nutná) a extravaskulární (absorpce je nezbytná). V následujícím výčtu jsou pouze první 2 vstupy intravaskulární, ostatní jsou extravaskulární:

- **Intravenózně** (i.v.) – do žíly.
- **Intraarteriálně** (i.a.) – do tepny.
- **Inhalačně** (inh.) – dýchacími cestami.
- **Intramuskulárně** (i.m.) – do svalu.
- **Rektálně** (-) – do konečníku.
- **Subkutánně** (sc.) – do kůže.
- **Orálně** (or.) – zažívacím traktem.
- **Transdermálně** (derm.) – přes kůži (Nesměrák, 2017; Horák et al., 2004; Balog, 1998; Patočka, 2004).

Jednotlivé vstupy jsou seřazeny dle rychlosti nástupu účinku podávaného xenobiotika, přičemž nejrychlejší je intravenózní (i.v.) aplikace, tj. aplikace do žíly. Tato skutečnost je důvodem běžné praxe, při které zdravotníci záchranáři zajišťují pacientům periferní žilní katétr a jsou tak kdykoliv připraveni mu podat lék v závislosti na stavu daného jedince. Příkladem je podání adrenalinu u stavu alergické anafylaxe (Davis, 2013).

Nejčastějším vstupem otravné látky do organismu je perorální cesta (95 %). Méně častá je inhalační (2 %) či intravaskulární cesta (1 %) (Linhart, 2014; Nesměrák, 2017).

Některé jedovaté látky (například dichroman draselný  $K_2Cr_2O_7$ ) mají toxické účinky na lidskou pokožku, prostupují jí, ač pozvolna, do lidského organismu a mohou způsobit, mimo jiné, i rakovinu kůže (Patočka, 2006; Information, National Center for Biotechnology, 2017).

Otrava jedovatými plyny (oxidy uhlíku, síry či dusíku, chlorovodíkem, chlorem, čpavkem) nastává díky inhalačnímu vstupu xenobiotika do organismu a může způsobit inhalační trauma. Inhalačním traumatem se rozumí akutní postižení organismu

způsobené inhalací (vdechnutím) zplodin hoření vzniklé na chemické a fyzikální bázi. Dochází tak k místnímu poškození dýchacího epitelu a následné systémové intoxikaci z potenciálního působení tlaku a tepla (Ševela a Ševčík, 2011; Šeblová a Knor, 2013; Pokorný, 2010).

Klasifikace inhalačních traumat:

- **Trauma supraglotického prostoru** způsobené působením chemikálií a vysoké teploty, přičemž dochází k rozvoji edému s následným otokem dýchacích cest, při krátkodobé expozici zplodin hoření a vysoké teplotě. Chemické poškození způsobují látky dobře rozpustné ve vodě jako je např. chlorovodík a oxid siřičitý.
- **Tracheobronchiální trauma** je způsobeno zplodinami hoření při delší expozici za nižší teploty. Způsobují ho látky méně rozpustné ve vodě (oxidy dusíku, uhlovodíky, fosgen), kdy dochází k nekróze buněk a může to progredovat až k obrazu zánětlivé reakce plicního parenchymu. Klinickým obrazem je tedy dechová nedostatečnost a hypoxémie (Ševela a Ševčík, 2011; Šeblová a Knor, 2013; Pokorný, 2010).

Systémová reakce celého organismu je přítomna při intoxikaci zplodinami hoření. Složení chemikálií obsažených v kouřových plynech je většinou kyselé. To má za následek posun acidobazické rovnováhy v organismu. V rámci těchto intoxikací se jedná o působení širokého spektra jedů.

Při distribuční fázi cesty xenobiotika po organismu dochází k jeho transportu v neporušené podobě do místa účinného působení (například oxid uhelnatý se váže na červené krevní barvivo hemoglobin a blokuje zde možnost navázání molekul dýchatelného kyslíku) (Ševela a Ševčík, 2011; Patočka, 2005; Blumenthal, 2001).

Po proběhlé distribuci přichází na řadu stěžejní metabolická část. Při ní může docházet k chemickým změnám v rámci molekuly konkrétního xenobiotika (disociace, rozklad účinkem teploty či pH apod.), nebo přeměně některých sloučenin již dříve přítomných v těle (obvykle navázání jedu do molekuly enzymu vedoucí k blokaci jeho činnosti) (Ševela a Ševčík, 2011; Patočka, 2005).

Finální fází je vyloučení xenobiotika z organismu. To může proběhnout různými způsoby, a to buď přirozenými (močí, potem, výdechy...), či umělými (operačně, odsátím...). Snahou je absorbované xenobiotikum vyloučit z organismu tak, aby způsobilo co nejmenší zdravotní újmu danému jedinci (Ševela a Ševčík, 2011; Patočka, 2005).

## ***1.2 Nebezpečné plyny***

Tento oddíl obsahuje strukturovaný přehled základních charakteristik a nebezpečných toxických účinků vybraných plynů, které jsou buď toxické, nebo jen nebezpečné a mohou způsobit fatální následky. Vybranými příklady těchto plynů byly oba oxidy uhlíku (uhelnatý a uhličitý), kyanovodík, sloučeniny síry (oxid siřičitý a sulfan). V oddílu je začleněna i zmínka o bojových plynech (chlor, fosgen...) s přesahem do dění v současném světě.

### ***1.2.1 Oxid uhelnatý***

**Oxid uhelnatý CO** je za standardních podmínek bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, je lehčí než vzduch. Vzniká při nedokonalém spalování uhlíku, tj. za nedostatečného přístupu kyslíku O<sub>2</sub> či při nízkých teplotách nebo při rychlém hoření. Nebezpečnost oxidu uhelnatého tkví v tom, že je bezbarvý a bez zápachu, a proto je bez využití speciálních měřicích přístrojů obtížně detekovatelný. Naneštěstí i oxymetry, které používají zdravotnické záchranné služby pro zjištění saturace krve kyslíkem, poskytují v případě intoxikace oxidem uhelnatým nesprávně vysoké hodnoty, což znesnadňuje odhalení samotné otravy. Kvalitní detektory upozorňující na zvýšený obsah oxidu uhelnatého mají u sebe například profesionální hasiči, horníci. Tato zařízení bývají také umístěna v podzemních garážích či budovách. Příklady detektorů jsou prezentovány na obrázku 5 (Wichterlová, 2001; Gray, 2012; Housecroft a Sharpe, 2014; Kvarčák, 2005; Polák, 2016).



Obrázek 5 Detektory oxidu uhelnatého

Zdroj: hastex.cz

Otravy oxidem uhelnatým jsou nejčastějšími náhodnými otravami v Evropě a Severní Americe. Mezi nejčastější místa intoxikace oxidem uhelnatým patří malé místnosti (kuchyně, koupelny...), ve kterých dochází ke spalování zemního plynu či propan-butanové směsi za nedostatečného přístupu kyslíku. Nemálo časté jsou i sebevražedné otravy oxidem uhelnatým obsaženým ve výfukových plynech nastartovaného automobilu v garáži (Ševela a Ševčík, 2011).

Dalšími častými zdroji oxidu uhelnatého jsou také produkty hoření v nedostatečně odvětrávaných ohništích a krbech, požáry uvnitř budov (oxid uhelnatý je pouze jedním z toxických produktů), průmyslová či vulkanická činnost. Na riziko možné otravy oxidem uhelnatým je nezbytné dopředu myslet a snažit se mu předcházet (například výměna poruchového kotle, pravidelná revize komínu u krbu, nezdržování se v málo větrané uzavřené místnosti). Lidé, kteří se ocitnou v místnosti, ve které leží několik osob v bezvědomí bez známé příčiny jejich stavu, by měli mít na paměti, že možným činitelem může být právě „neviditelný“ oxid uhelnatý (Wichterlová, 2001; Polák, 2016).

Podle statistik se otrava oxidem uhelnatým projeví každoročně přibližně u 50 000 obyvatel USA, 25 000 občanů Velké Británie, 6 000 Francouzů a až 1 500 Čechů. Z toho smrtelný toxický účinek nastane až u 1 000 Američanů a až u 150 Čechů. V naší zemi dochází k otravám oxidem uhelnatým nejčastěji v chladných zimních měsících, tj. v říjnu až v březnu. To lze dát do souvislosti s topnou sezónou, tedy potřebou lidí vytápět svá obydlí, a jejich podceněním rizika nedokonalého spalování paliv vedoucího k produkci oxidu uhelnatého (Ševela a Ševčík, 2011; Wichterlová, 2001; Kvarčák, 2005).

Oxid uhelnatý vstupuje do organismu inhalačně (dýchacími cestami). Prvotními příznaky otravy jsou bolesti hlavy či bolesti na hrudi, nevolnost, dušnost nebo závratě. Po delší expozici nastává kolaps, ztráta vědomí (sommolence, sopor až kóma) až smrt. Zmiňované příznaky jsou graficky zpracovány na obrázku 6 (Ševela a Ševčík, 2011; Wichterlová, 2001; Kvarčák, 2005).



**Obrázek 6 Příznaky otravy oxidem uhelnatým**

Zdroj: regelair.cz, upraveno

Jednotlivé příznaky se odvíjí nejen od doby expozice v místnosti zamořené oxidem uhelnatým, ale také od jeho objemového zlomku v dané lokaci. Tabulka 1 zpřehledňuje příznaky otravy oxidem uhelnatým v závislosti na jeho objemovém zastoupení. To je vyjádřeno v jednotkách ppm, tj. parts per million. Hodnota 1 ppm tedy udává, že objemové zastoupení oxidu uhelnatého ve vzduchu je 0,0001 %.

**Tabulka 1 Příznaky otravy oxidem uhelnatým v závislosti na jeho procentuálním zastoupení**

<b>Objemové procento CO [ppm]</b>	<b>Příznaky otravy oxidem uhelnatým</b>
< 35	žádné
50	bolesti hlavy, dušnost, neklid
100	intenzivní bolest hlavy, dušnost, neklid
200	intenzivní bolest hlavy, poruchy vidění, spavost
300–500	tachykardie, zmatenost, letargie, kolaps
800–1 200	kóma, křeče
1 900	náhlá smrt

Zdroj: Polák, 2016



Klinické příznaky otravy oxidem uhelnatým v jednotlivých orgánových systémech hodnotí tzv. Ostravská klasifikace tvořící tabulku 2.

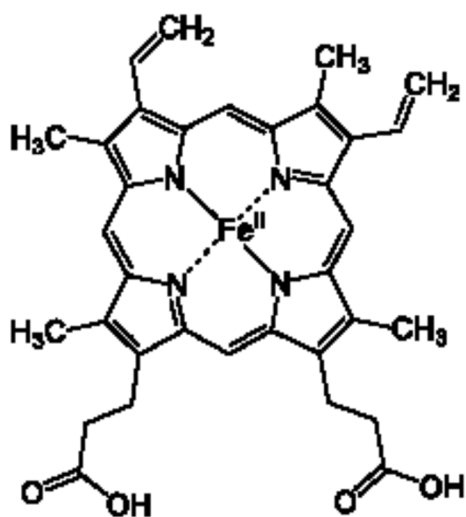
**Tabulka 2 Ostravská klasifikace**

Stadium	Vědomí	Neurologický nález	Vegetativní poruchy	Oběh	Dýchání
I	při vědomí	negativní	bolest hlavy, nauzea, zvracení	beze změn	beze změn
II	při vědomí	pozitivní extrapyramidové a pyramidové příznaky	bolest hlavy, nauzea, zvracení	beze změn	beze změn
III	somnolence, sopor	pozitivní extrapyramidové a pyramidové příznaky	Zvracení	hypertenze, tachykardie	hyperventilace
IV	kóma	pozitivní extrapyramidové a pyramidové příznaky	Nelze	hypertenze, tachykardie, hypotenze, bradykardie, asystolie	hypoventilace

Zdroj: Šeblová a Knor, 2013

Nebezpečnost oxidu uhelnatého spočívá v jeho navázání se do struktury červeného krevního barviva **hemoglobinu**, se kterým vytváří pevný komplex. Tím je zabráněno přenosu kyslíku, který je pro člověka nepostradatelným dýchacím plynem, v organismu. Celý proces transportu kyslíku O<sub>2</sub> v organismu je dále podrobněji rozveden.

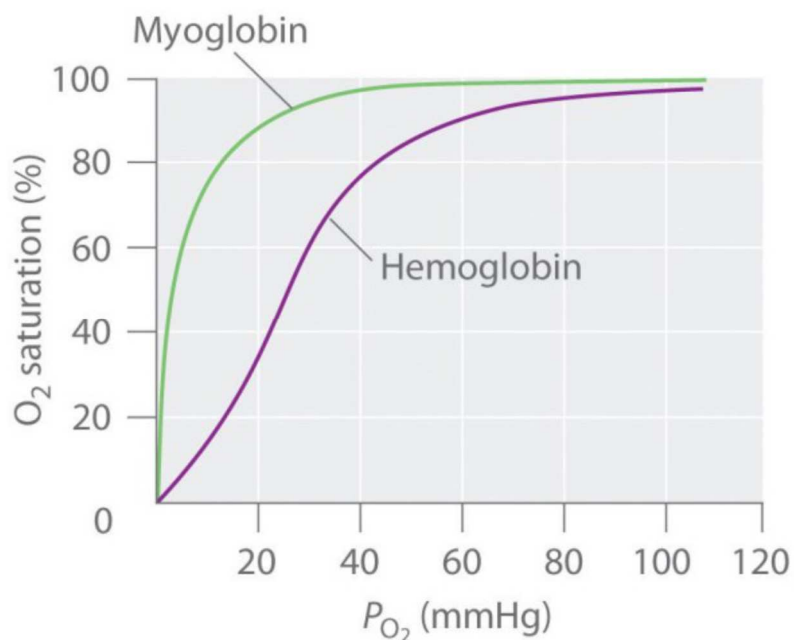
Kyslík je do těla savců přijímán při respiraci (dýchání). Jeho molekuly jsou po organismu rozváděny pomocí červeného krevního barviva hemoglobinu a v tkáních jsou ukládány do struktur svalového proteinu **myoglobinu**. Hemoglobin i myoglobin jsou hemové proteiny. Struktura hemoglobinu je znázorněna na obrázku 7 (Wichterlová, 2001; Housecroft a Sharpe, 2014).



Obrázek 7 Strukturní vzorec hemoglobinu

Zdroj: Wichterlová, 2001; Housecroft a Sharpe, 2014

Afinita kyslíku k molekulám hemoglobinu a myoglobinu je závislá na okolním prostředí. Závislost saturace myoglobinu a hemoglobinu kyslíkem na tlaku je popsána na obrázku 8. Při nízkých tlacích (v tkáních) se kyslík váže na hemoglobin velmi málo, zatímco při vyšších (v plicích) velmi ochotně (Wichterlová, 2001; Housecroft a Sharpe,

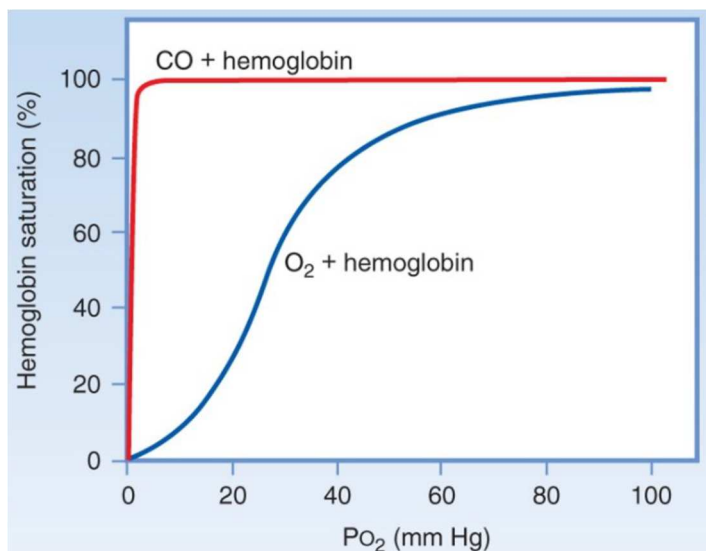


2014).

Obrázek 8 Graf závislosti saturace (nasyčení) myoglobinu a hemoglobinu kyslíkem při různých tlacích (vyjádřených v mm rtuťového sloupce)

Zdroj: chem.libretexts.org

Oxid uhelnatý se po vdechnutí rozpouští v krevní plazmě a váže se na hemoglobin až 240x pevněji než kyslík, což dokládá graf znázorněný na obrázku 9. Při standardním tlaku tak přednostně vzniká vazba mezi hemoglobinem a oxidem uhelnatým. Takto vzniklá sloučenina se nazývá **karbonylhemoglobin** (COHb). Tím je zabráněno transportu kyslíku v organismu (Wichterlová, 2001; Housecroft a Sharpe, 2014).



**Obrázek 9 Graf závislosti saturace hemoglobinu oxidem uhelnatým a kyslíkem v závislosti na různých hodnotách tlaku (vyjádřených v mm rtuťového sloupce)**

Zdroj: users.atw.hu

Pro karbonylhemoglobin (COHb) se příležitostně používá i méně správný název karboxyhemoglobin. Přítomnost karbonylhemoglobinu lze detekovat:

- **Cooxymetrií** (změří se absorbance, tj. propustnost záření, krve při 6 různých vlnových délkách; používá se na klinických pracovištích).
- **Neinvazivní pulzní cooxymetrií** (transportní přístroj pro přímé měření koncentrace karbonylhemoglobinu v krvi; používá se v nemocnicích či při přednemocničním vyšetřením).
- **Plynovou chromatografií** (zjišťuje se schopnost plynné mobilní fáze unášet částice vzorku krve; používá se na ústavech soudního lékařství).
- **Detekční trubičkou** (orientační stanovení z vydechovaného vzduchu).

### 1.2.2 *Oxid uhličitý*

**Oxid uhličitý** CO<sub>2</sub> je druhým stabilním oxidem uhlíku. Za standardních podmínek je to bezbarvý plyn bez chuti a zápachu obdobně jako oxid uhelnatý. Vzniká při dokonalém spalování organických látek (zemního plynu, pohonných hmot...). Hoření methanu CH<sub>4</sub>, který je hlavní složkou zemního plynu, za vzniku oxidu uhličitého CO<sub>2</sub> vyjadřuje následující chemická rovnice (McMurry, 2015):



Ačkoliv tento plyn nezpůsobuje masivní blokaci přenosu kyslíku červeným krevním barvivem hemoglobinem, je oxid uhličitý nedýchatelný. V tom spočívá jeho nebezpečnost, kdy přítomnost již 12 obj. % oxidu uhličitého v místnosti může způsobit smrt (v atmosféře se vyskytuje cca 0,03 obj. % tohoto plynu). Důsledkem nedostatku kyslíku je asfyxie organismu. Mezi příznaky otravy oxidem uhličitým patří nauzea, závrať, bolest hlavy, anestezie až bezvědomí (Šeblová a Knor, 2013).

Mezi nebezpečná místa s ohledem na výskyt oxidu uhličitého patří například vinné sklípky (v ČR jsou tato nebezpečná místa především v Jihomoravském a Zlínském kraji), ve kterých zraje víno, kvasí burčák. Dále jsou to zemědělská sila či jeskyně.

Známé jsou případy sebevražd úmyslným udušením oxidem uhličitým. Tento plyn má vyšší hustotu než vzduch, a tak v místnosti klesá k podlaze a udržuje se zde (plyn je tekutina). Zaznamenan byl případ, kdy si oběť lehla na podlahu a obložila se suchým ledem (pevná forma oxidu uhličitého, která sublimuje). Další den ráno byl dotyčný nalezen mrtev.

### 1.2.3 *Kyanovodík*

**Kyanovodík** HCN je za laboratorních podmínek kapalina, avšak jedná se o nízkovroucí látku (má nízký bod varu, 26 °C), a tak je běžně vnímám v souvislosti se svým plynným stavem. Tato sloučenina má charakteristický zápach po hořkých mandlích a je velmi jedovatá. Poloviční letální dávka kyanovodíku je LD<sub>50</sub>=1,5 mg/kg (Wichterlová, 2001; Housecroft a Sharpe, 2014).

Plynný kyanovodík vzniká chemickou cestou rozkladem kyanidů působením kyselin či vzdušné vlhkosti a oxidu uhličitého. Kyanidy jsou soli kyseliny kyanovodíkové a jsou také silnými jedy. Například známým jedem je **kyanid draselný KCN** přezdívaný jako cyankáli. V běžném životě může kyanovodík vznikat při hoření sloučenin obsahujících ve svých molekulách vázané atomy uhlíku a dusíku současně (např. vlna, bavlna, plasty). Naštěstí při požárech většina kyanovodíku vždy shoří, vzhledem k tomu, že snadno podléhá oxidaci kyslíkem O<sub>2</sub> za vzniku vodní páry H<sub>2</sub>O, oxidu uhličitého CO<sub>2</sub> a dusičitého NO<sub>2</sub>.

To popisuje následující chemická rovnice (Wichterlová, 2001; Housecroft a Sharpe, 2014; McMurry, 2015):



Kyanovodík může pronikat do organismu subkutánně (skrz kůži) či orálně (dýchacími cestami). Pro svoji jedovatost býval v dřívějších dobách zneužíván jako bojový plyn. Tvořil hlavní složku Cyklonu B používaného v koncentračních táborech během II. světové války (Wichterlová, 2001; Housecroft a Sharpe, 2014).

Nebezpečnost kyanovodíku spočívá v jeho schopnosti narušovat činnost enzymů (biokatalyzátorů) umožňujících tkáňové dýchání. V důsledku toho se do tkáně nemůže dostávat z krve kyslík a nastává tzv. tkáňová hypoxie (Wichterlová, 2001; Housecroft a Sharpe, 2014; Illinois Poison Center, 2012).

#### 1.2.4 *Oxid siřičitý*

**Oxid siřičitý SO<sub>2</sub>** je bezbarvý plyn štiplavého zápachu, který je silně jedovatý. Vzniká přímým hořením síry a organických látek obsahujících síru (např. uhlí, kaučuk) na vzduchu. Úniky tohoto plynu do ovzduší zvláště znečišťují životní prostředí a způsobují tzv. kyselé deště. Plynný oxid siřičitý se při dešti rozpouští v padající vodě, se kterou reaguje za vzniku slabé a nestálé kyseliny siřičité, která narušuje přirozené pH přírody. S oxidem siřičitým je možné se setkat také ve vinařství (používá se při síření sudů, neboť má antioxidační a antibakteriální účinky) či zahradnictví (zapálený sirný knot produkuje oxid siřičitý a ten hubí krtky) (Wichterlová, 2001; Housecroft a Sharpe, 2014; Queensland Government, 2017)

Koncentrace oxidu siřičitého 100 ppm je značně nebezpečná pro život. V menších dávkách způsobuje tento plyn paralýzu horních cest dýchacích (kašel), při dlouhodobějším působení může vzniknout až edém plic (Wichterlová, 2001).

### 1.2.5 *Sulfan*

**Sulfan H<sub>2</sub>S** (méně správně **sirovodík**) je bezbarvý plyn charakteristického zápachu připomínajícího zkažená vejce. Tento zápach je detekovatelný ve velmi malých koncentracích tohoto plynu (již od 0,001 ppm; výhoda oproti kyanovodíku HCN), avšak ve vyšších nikoliv díky „otupění čichových smyslů“ (Plumbing Today, 2016).

Objemové procento 0,1 % sulfanu může způsobit zrychlené dýchání (hyperventilaci), které je následně nahrazeno zástavou dechu až smrtí. Jedovatost sulfanu je srovnatelná s kyanovodíkem HCN (Wichterlová, 2001).

### 1.2.6 *Bojové plyny*

V dějinách lidstva bylo mnoho látek, včetně plynů, zneužito pro bojové účely. Bojovými plyny v době I. světové války byly především chlor (1915) a později jeho sloučenina yperit (1917). Chlor je žlutozelený toxický plyn. Prvními příznaky intoxikace tímto plynem je zvracení, vznik pěny u úst a dušení. Yperit je bezbarvá nepáchnoucí kapalina. Jeho možný zápach po hořčici je způsoben technickými nečistotami. Toxický účinek yperitu spočívá v jeho reakcích s dusíkatými bázemi ve struktuře DNA, kterou poškozují, a reakcemi s proteiny vedoucími k inhibici některých enzymů (biokatalyzátorů) (Matoušek a Linhart, 2005; Štín, 2017; Štětina, 2014).

Jak již bylo sděleno v pododdíle „1.2.3 Kyanovodík“, byl tento plyn použit jako hlavní složka Cyklonu B v koncentračních táborech během II. světové války (Remeš a Trnovská, 2013; Kozák, 2018).

I přes různé mírové úmluvy, podezření z používání chemických zbraní existují i v současnosti. Od počátku občanské války v roce 2011 proběhlo v Sýrii několik chemických útoků, při kterých byl do počátku dubna 2017 18x použit chlor, 6x sarin

a 4x yperit. Chemický útok na město Chán Šajchún v Sýrii si dne 4. dubna 2017 vyžádal minimálně 100 obětí, včetně dětí. Podle šetření tohoto útoku při něm zabíjely minimálně dva jedovaté plyny – chlor a sarin. Sarin je ve standardním stavu bezbarvá kapalina zapáchající po ovoci. Toxicita LD<sub>50</sub> pro dospělého člověka je do 10 mg při perorálním podání (Matoušek a Linhart, 2005; Šín, 2017; Štětina, 2014).

### **1.3 Přednemocniční neodkladná péče**

**Urgentní medicína** je interdisciplinární lékařská specializace, která v sobě zahrnuje dovednosti a znalosti pro zvládnutí a diagnostiku urgentních příznaků úrazů a nemocí. Její součástí je též přednemocniční a nemocniční diagnostika, kardiopulmonální resuscitace, stanovení priorit a případná stabilizace základních životních funkcí (Šeblová a Knor, 2013; Remeš a Trnovská, 2013).

Hlavním úkolem lékařů a zdravotnických záchranářů v rámci urgentní medicíny je správné vyhodnocení a stabilizace stavu pacienta na místě události a během jeho následného transportu do zdravotnického zařízení. V tomto místě je předán zdravotnickému personálu k definitivnímu ošetření. Pro předání pacienta bývá v některých zdravotnických zařízeních zřízen urgentní příjem (Šeblová a Knor, 2013; Remeš a Trnovská, 2013).

System urgentní péče má 3 základní úkoly:

- Připravenost na řešení mimořádných událostí.
- Přednemocniční péči v agendě zdravotnické záchranné služby.
- Urgentní nemocniční péči v rámci oddělení urgentního příjmu (Šeblová a Knor, 2013; Remeš a Trnovská, 2013).

**Přednemocniční neodkladná péče** je odborná zdravotnická péče o postižené na místě vzniku jejich úrazu nebo náhlého onemocnění, během jejich transportu k definitivnímu odbornému ošetření a jejich předání do zdravotnického zařízení (Remeš a Trnovská, 2013).

Odborná zdravotnická péče je poskytována zdravotnickou záchrannou službou. Ta může být považována za systém, který je aktivizován na základě tísňové výzvy

zdravotnického operačního střediska. Tato služba je zpravidla poskytována lidem se závažným traumatem, s postižením zdraví nebo v přímém ohrožení života (Šeblová a Knor, 2013).

Přednemocniční neodkladná péče je poskytována 4 typy výjezdových skupin:

- **LZS** – letecká záchranná služba.
- **RZP** – rychlá zdravotnická pomoc.
- **RLP** – rychlá lékařská pomoc.
- **RV** – Rendez Vous – setkávací systém s lékařem a záchranářem v osobním voze.

### 1.3.1 *První pomoc*

První pomoc při intoxikaci spočívá v okamžitém vyproštění a následném vynesení postiženého ze zamořeného místa působení toxického plynu a přivolání zdravotnické záchranné služby. Operátor zdravotnického operačního střediska poskytuje telefonicky asistovanou první pomoc, tj. uvádí volajícímu správný postup pro poskytnutí první pomoci (Pokorný, 2010).

### 1.3.2 *Odborná lékařská pomoc*

#### **Obecná diagnostika akutních intoxikací v přednemocniční neodkladné péči**

Mezi nejvýznamnější ukazatele při intoxikacích patří změna orgánových funkcí. Vzniká soubor klinických příznaků, který bývá zpravidla charakteristický pro danou otravnou látku (Ševela a Ševčík, 2011; Šeblová a Knor, 2013; Pokorný, 2010).

V rámci přednemocniční etapy je nejdůležitějším aspektem správného terapeutického postupu znalost časných klinických příznaků jednotlivých intoxikací. Právě znalost těchto příznaků rozhoduje o včasném stanovení konečné diagnózy, rychlém transportu pacienta do specializovaného zdravotnického zařízení a následném zahájení adekvátní terapie. Zdravotnický personál musí na místě události pečlivě sledovat klinické příznaky



u postižených osob. Žádoucí je také zajistit biologický materiál k toxikologickému vyšetření při identifikaci přítomnosti zbytku otravné látky. Důležité je včasné zahájení adekvátní terapie již na místě nálezu pacienta (Ševela a Ševčík, 2011; Šeblová a Knor, 2013; Pokorný, 2010; Dobiáš, 2013; Ševčík a Matějovič, 2014).

### **Plyny tlumící centrální nervový systém**

Díky plynům, které způsobují útlum centrálního nervového systému, dochází ke kvantitativní poruše vědomí. Právě kvantitativní porucha vědomí patří mezi nejvýznamnější příznaky akutních intoxikací. Mezi další příznaky v souvislosti s útlumem CNS patří hypotenze, bradykardie, hypotermie, mióza, eventuálně mělké a povrchové dýchání. Mezi nejdůležitější plyny tlumící CNS patří oxid uhličitý a oxid uhelnatý (Ševela a Ševčík, 2011).

Je nezbytné si uvědomit, že až u 50 % pacientů přijímaných do zdravotnického zařízení s kvantitativní poruchou vědomí bývá diagnostikována akutní intoxikace. V souvislosti s poruchou vědomí je důležité se mít na pozoru před potenciálním poraněním krční páteře a hlavy, které bývá nejčastěji spojeno s intoxikací ethanolem nebo jinými návykovými látkami. Po intoxikaci oxidem uhelnatým se s časovým odstupem dnů až měsíců může projevit pozdní neuropsychické postižení. Výskyt tohoto postižení je mezi 15 - 40 %. Mezi klinické příznaky patří kognitivní dysfunkce, rozvoj demence, snížení intelektu, poruchy zejména krátkodobé paměti apod. (Ševela a Ševčík, 2011).

### **Plyny stimující centrální nervový systém**

Vlivem těchto plynů dochází k excitaci a hyperaktivitě. V těžkých případech může dojít až k bezvědomí. Patří sem oxid uhelnatý (Ševela a Ševčík, 2011; Šeblová a Knor, 2013; Ševčík a Matějovič, 2014)

Mezi klinické příznaky při otravách plyny stimujícími centrální nervový systém patří hypertenze, tachykardie, dysrytmie, agitovanost, tachypnoe, křeče a mydriáza. Mohou se také vyskytnout psychiatrické příznaky jako toxická psychóza, halucinace, třes apod.

## Poruchy respirace a ventilace v souvislosti s intoxikacemi jedovatými plyny

Při akutních intoxikacích může být ovlivněna respirace a ventilace různým způsobem. Mezi nejčastější možnosti patří již zmiňovaný útlum centrálního nervového systému. Dalšími případy jsou například obstrukce dýchacích cest (cizí těleso, zvratky, bronchiální hypersekrece či bronchospasmus při inhalaci dráždivých plynů, dýmů a par). Nastat může rovněž ovlivnění plicního parenchymu, vytěsnění kyslíku ze vzduchu (oxidem uhličitým) či změna hemoglobinu (intoxikace oxidem uhelnatým, který se váže na červené krevní barvivo za vzniku karboxyhemoglobinu). Otrava sulfanem či kyanidy se projevují jako postižení vnitřní respirace. Tabulka 3 uvádí příčiny hypoxie při intoxikacích jedovatými plyny (Ševela a Ševčík, 2011; Šeblová a Knor, 2013).

**Tabulka 3 Vybrané příčiny hypoxie při intoxikacích jedovatými plyny (dle Corbridge)**

<b>Příčina</b>	<b>Plyn nebo látka</b>
aspirace	plyny a látky tlumící CNS
bronchopneumonie	inhalační intoxikace
nekardiogenní plicní edém	inhalační trauma
bronchospasmus	inhalační podráždění
vytěsnění O <sub>2</sub> jiným plynem	dusík, methan, propan, oxid uhličitý
buněčná hypoxie	oxid uhelnatý, kyanidy, sirovodík, látky způsobující methemoglobinemii nebo sulfhemoglobinemii

Zdroj: Ševela a Ševčík, 2011

V souvislosti s inhalačními intoxikacemi vyšších koncentrací par kyselin, čpavku, chloru, sirovodíku, oxidu uhelnatého, oxidu siřičitého nebo kyanidů může dojít k náhlé zástavě dechu (Ševela a Ševčík, 2011).

### **Snížení tělesné teploty – hypotermie**

Jedná se o pokles teploty tělesného jádra pod 35 °C. V rámci toxikologické problematiky literatura udává pokles tělesné teploty při intoxikacích oxidem uhelnatým (Ševela a Ševčík, 2011).

## **Specifické poruchy homeostázy – metabolická acidóza**

Široké spektrum intoxikací je spojeno s rozvojem významné metabolické acidózy v souvislosti s metabolismem dané látky (Ševela a Ševčík, 2011; Ševčík a Matějovič, 2014).

Metabolická acidóza je typická zejména při intoxikacích oxidem uhelnatým, kyanidy či sulfanem (Ševela a Ševčík, 2011; Polák, 2016; Ševčík a Matějovič, 2014).

### **Základní terapeutické postupy u akutních intoxikací způsobených jedovatými plyny:**

1. Včasné vyproštění pacienta z místa události a vynesení postiženého ze zamořeného prostředí.
2. Oxygenoterapie (aplikace 100% kyslíku přes polomasku s rezervoárem s vysokým průtokem (15 l/min), tzv. normobarická oxygenoterapie).
3. Neinvazivní ventilace.
4. Při poruše vědomí (GCS < 8) zajištění průchodnosti dýchacích cest endotracheální intubací s následnou umělou plicní ventilací s FiO<sub>2</sub> 1,0.
5. Tekutinová resuscitace krystaloidními roztoky, eventuálně forsírovaná diuréza a ionotropika (Polák, 2016).

Základním postupem pro zajištění průchodnosti dýchacích cest bez pomůcek je záklon hlavy s předsunutím dolní čelisti (pokud není podezření na poranění krční páteře). Jako pomůcku je možné využít ústní či nosní vzduchovody, event. supraglotické pomůcky. Celý průběh ventilace je hodnocen podle pulzní oxymetrie, auskultačních fenoménů a pohybů hrudníku. Na základě klinického stavu pacienta je dále rozhodováno o případné endotracheální intubaci (Polák, 2016).

## **Kardiovaskulární systém**

- Hodnotí se prokrvení periférie, kvalita periferního pulzu.
- Analyzuje se EKG křivka (EKG – nespecifické změny ST-T, obraz ischemie myokardu nebo akutní infarkt myokardu, arytmie).
- Pulzní oxymetrie SpO<sub>2</sub> – norma > 85 %, hodnoty saturace mohou být při intoxikaci oxidem uhelnatým falešně vyšší, jelikož pulzní oxymetrie neumí rozlišit oxyhemoglobin od karboxylhemoglobinu v důsledku užití světla pouze ve dvou vlnových délkách.
- Je-li to nutné, zahajuje se kardiopulmonální resuscitace.
- Zajištění žilního vstupu, eventuálně intraoseálního vstupu (Ševela a Ševčík, 2011).

## **Poruchy vědomí**

U postižených v bezvědomí s nejasnou anamnézou je nutno stabilizovat krční páteř fixačním límcem. V případě absence obranných reflexů je indikováno zajištění průchodnosti dýchacích cest endotracheální intubací a následné zahájení umělé plicní ventilace. Pokud přetrvává cyanóza, musí se brát v úvahu přítomnost methemoglobinemie nebo intoxikace kyanidy. V souvislosti s diferencíální diagnostikou poruch vědomí je nezbytné myslet na případnou hypoglykémii nebo hyperglykémii. Proto je nezbytné glykémii vždy vyšetřit (Ševela a Ševčík, 2011).

## **Křečové stavy**

Křečové stavy mohou být spojeny s hypoxií nebo s přímým působením toxické látky. Specifickou terapií je aplikace 100% kyslíku u intoxikace oxidem uhelnatým nebo antikonvulzivní terapie benzodiazepiny. U agitovaných, agresivních a psychotických pacientů se nejčastěji v přednemocniční etapě používají benzodiazepiny, Haloperidol nebo jejich kombinace (Ševela a Ševčík, 2011).

## **Dekontaminace otravné látky při inhalační expozici**

Dekontaminace a léčba spočívají ve vynesení pacienta ze zamořeného prostředí a zahájení oxygenoterapie, eventuálně v umělé plicní ventilaci a aplikaci bronchodilancií (Ševela a Ševčík, 2011).

## **Diagnostika intoxikací oxidem uhelnatým**

### Anamnéza

- užívaná farmaka a potenciální požití dalších farmak a látek,
- přibližný časový údaj od vzniku intoxikace,
- okolnosti v místě nálezů postiženého (zápach plynu, ucpaný výfuk, dopis na rozloučenou),
- náhodná intoxikace oxidem uhelnatým může být spojena i s klinickými příznaky utonutí při objevení pacienta ve vaně,
- pozor na hromadné intoxikace několika osob přítomných v jednom bytě apod. (Ševela a Ševčík, 2011; Bulíková, 2014).

## **Diferenciální diagnostika intoxikací oxidem uhelnatým**

- gastroenteritida,
- intoxikace salicyláty,
- migrenózní bolesti hlavy,
- intoxikace hypnotiky a sedativy,
- intrakraniální krvácení,
- virové onemocnění,
- intoxikace ethanolem (Ševela a Ševčík, 2011).

## **Intoxikace oxidem uhelnatým – klinické příznaky**

Klinický obraz intoxikace oxidem uhelnatým je velmi nespecifický. Souvisí s koncentrací oxidu uhelnatého ve vdechované směsi, alveolární ventilací a délkou expozice. Mírnější průběh intoxikace má krátká expozice s vyšší koncentrací oxidu uhelnatého než dlouhodobá expozice s nižší koncentrací oxidu uhelnatého:

- oční příznaky: snížená zraková ostrost, může se také objevit krvácení do sítnice,
- plicní příznaky: dyspnoe, která může přecházet až v asfyxii;
- GIT příznaky: nauzea, vomitus;
- CNS příznaky: cefalgie, vertigo, ataxie, amence, synkopa, křeče, slabost, somnolence, sopor až kóma;
- kardiovaskulární příznaky: arytmie, tachykardie, myokardiální ischemie, stenokardie, palpitace, dysrytmie;
- psychické příznaky,
- je-li postiženo více osob s podobnými příznaky nebo je-li přítomno více jak jedno mrtvé tělo,
- modifikace různými okolnostmi (hypotermie, popáleniny, tlakové nekrózy, aspirace, pobyt ve vaně naplněné vodou apod.;
- pozdní neuropsychické postižení, v některé literatuře se můžeme setkat i s termínem pozdní neurologické postižení nebo pozdní leukoencefalopatie (u 15–40 % vyléčených pacientů může s odstupem času v řádech dnů až měsíců dojít k rozvoji neurologických příznaků jako důsledku pozdní komplikace, a to zejména poruch krátkodobé paměti, kognitivní dysfunkce, amence, demence nebo parkinsonské symptomatologie) (Ševela a Ševčík, 2011; Šeblová a Knor, 2013; Pokorný, 2010; Urgentní medicína, n.d.).

### **Intoxikace oxidem uhličitým – klinické příznaky**

- anestezie vyvolaná CO<sub>2</sub>,
- nevolnost,
- závrať,
- kóma,
- hypoxie,
- hypoventilace (Ševela a Ševčík, 2011; Šeblová a Knor, 2013; Pokorný, 2010).

### **Inhalační trauma – klinické příznaky**

- přímé poškození sliznice dýchacích cest,
- respirační insuficience,
- syndrom akutní dechové tísně ARDS,
- obstrukce dýchacích cest,
- laryngospasmus,
- edém horních cest dýchacích,
- dráždivý kašel, hypersekrece, inspirační stridor;
- nekardiální plicní edém,
- lokální projevy (edém, poleptání, popálení, barotrauma),
- celkové projevy (poruchy vnitřního prostředí na podkladě kombinace metabolické a respirační acidózy,
- další projevy (složení kouře a koncentrace škodlivých a toxických látek),
- chrapot, jako varovný příznak (Ševela a Ševčík, 2011; Šeblová a Knor, 2013; Polák, 2016).

## **Inhalační trauma – diagnostika**

- přesná anamnéza s detailním popisem mechanismu úrazu, druh hořícího materiálu, rozvoj příznaků a expozici zplodinami;
- fyzikální vyšetření s důrazem na auskultační vyšetření,
- přímá laryngoskopie (Ševela a Ševčík, 2011).

## **Inhalační trauma – terapie**

- zajištění průchodnosti dýchacích cest endotracheální intubací a umělá plicní ventilace s pozitivním přetlakem na konci expira (PEEP),
- analgezie a sedace,
- neexistuje specifická léčba, většinou se jedná o podpůrnou terapii až intenzivní a resuscitační péči;
- zhodnocení průchodnosti dýchacích cest, eventuálně jejich zajištění endotracheální intubací a následnou umělou plicní ventilací;
- transport v polosedě s kyslíkovou polomaskou,
- vyšetření průchodnosti dýchacích cest a jejich zajištění endotracheální intubací s umělou plicní ventilací při podezření na postižení horních cest dýchacích s potenciálním rozvojem edému,
- s ohledem na mechanismus úrazu zvážit i případný blast syndrom s poraněním dalších orgánů (např. střevo, střední ucho) (Šeblová a Knor, 2013).

### **1.3.3 *Směřování a transport pacientů***

Na specializované pracoviště s možností hyperbaroxie by měli být transportováni pacienti s hladinou karboxylhemoglobinu (COHb) více než 10 % a se současným výskytem bezvědomí již na místě události nebo ve zdravotnickém zařízení. Dalšími kritérii jsou těhotné pacientky a pacienti s abnormálním neurologickým nálezem.



Pro výjezdové skupiny se doporučuje telefonická konzultace s daným specializovaným pracovištěm pro rozhodnutí o transportu pacienta. Terapie hyperbarickým kyslíkem urychluje rozklad karboxylhemoglobinu a zlepšuje dodávku kyslíku periferním tkáním (Remeš a Trnovská, 2013).

### **Hyperbarická oxygenoterapie**

Hyperbarickou oxygenoterapií se rozumí aplikace 100% kyslíku za vyššího tlaku než je atmosférický tlak (většinou 200–300 kPa). Díky této terapii dochází k urychlení rozkladu karboxylhemoglobinu (COHb), redukci mozkového edému apod. (Švela a Ševčík, 2011).

Transport pacienta k hyperbarické oxygenoterapii je indikován následujícími stavy:

- hladina karboxylhemoglobinu (COHb) > 25 % (u gravidních pacientek > 10 %),
- přetrvávající metabolická acidóza,
- přítomnost křečí,
- alterace vědomí nebo kóma,
- přítomnost fokálního neurologického nálezu,
- známky postižení myokardu (arytmie, myokardiální ischemie) (Remeš a Trnovská, 2013).

### **Normobarická oxygenoterapie**

Normobarická oxygenoterapie spočívá v aplikaci 100% kyslíku za normálního atmosférického tlaku vzduchu (100 kPa). Používá se v případech s mírnými klinickými příznaky, které odpovídají I. stupni Ostravské klasifikace. Oxygenoterapie je doporučena po dobu 12 hodin s  $FiO_2$  1,0, a to buď přes obličejovou masku s kyslíkovým rezervoárem a vysokým průtokem kyslíku 15 l/min, nebo přes masku CPAP tj. systémem bez zpětného vdechování (Švela a Ševčík, 2011).

Informace o intoxikacích farmaky, chemickými látkami, živočišnými a rostlinnými jedy a jedovatými houbami jsou pro telefonické konzultace odborné lékařské veřejnosti a pro posádky zdravotnických záchranných služeb k dispozici na (Ševela a Ševčík, 2011):

- **Toxikologické informační středisko VFN a 1. LF UK v Praze**

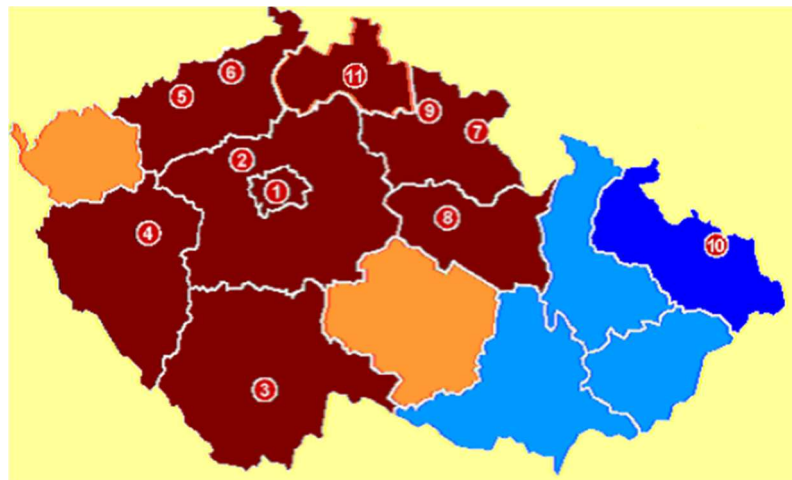
Tel: 224 919 293 nebo 224 915 402;

- **Toxikologické centrum VFN a 1. LF UK v Praze**

Tel: 224 963 355.

Česká republika disponuje celkem 13 léčebnými centry hyperbarické oxygenoterapie s celkovým počtem 15 hyperbarických komor a 64 místy v hyperbarických komorách (viz Příloha 3), přičemž není rozlišeno, zda se jedná o ležícího nebo sedícího pacienta.

Z toho 11 center poskytuje terapii při intoxikaci oxidem uhelnatým. Hyperbarické centrum v Rehabilitačním ústavu v Hostinném a soukromé sanatorium v Hronově jsou vybaveny pro terapii chronických indikací, a tudíž nejsou určeny pro hospitalizaci a léčbu pacienta intoxikovaného oxidem uhelnatým. Přehled léčebných center hyperbarické oxygenoterapie je demonstrován na obrázku 10.



**Obrázek 10** Přehled léčebných center hyperbarické oxygenoterapie na území ČR k 1. 8. 2016.

Zdroj: ČSHLM ČLS JEP

*Vysvětlivky k obrázku 10:* 1. Praha VFN, Praha Na Homolce, Praha Ústav leteckého zdravotnictví; 2. Kladno; 3. České Budějovice; 4. Plzeň – Bory; 5. Most; 6. Ústí nad Labem; 7. Hronov; 8. Pardubice; 9. Hostinné; 10. Ostrava; 11. Liberec.

**Tabulka 4 Přehled základen a provozovatelů LZS ČR k 1. 1. 2017**

<b>Volací znak</b>	<b>Základna</b>	<b>Provozovatel LZS</b>	<b>Provoz 24/7</b>
Kryštof 01	Praha	Letecká služba PČR	ANO
Kryštof 04	Brno	Letecká služba PČR	ANO
Kryštof 05	Ostrava	Helikopter Air Transport	ANO
Kryštof 06	Hradec Králové	DSA	NE
Kryštof 07	Plzeň	Armáda ČR	ANO
Kryštof 09	Olomouc	Air Transport Europe	NE
Kryštof 12	Jihlava	Helikopter Air Transport	NE
Kryštof 13	Bechyně	Armáda ČR	ANO
Kryštof 15	Ústí nad Labem	DSA	NE
Kryštof 18	Liberec	DSA	NE

Zdroj: Komora záchranářů ZZS ČR

## **2 Cíl práce a výzkumná otázka**

### ***2.1 Cíl práce***

Cílem diplomové práce je popis chemicko-toxikologické problematiky jedovatých plynů a obecná charakteristika intoxikací jedovatými plyny v urgentní medicíně se zaměřením na přednemocniční neodkladnou péči. Dalším cílem je pak srovnání počtu intoxikací oxidem uhelnatým v Kraji Vysočina i s jinými oblastmi působení zdravotnických záchranných služeb a vytvoření edukačního materiálu.

Stanovený cíl práce byl určen z důvodu stále se zvyšujícího počtu případů intoxikace oxidem uhelnatým, jejich stupněm závažnosti a z důvodu nedostatečné informovanosti laické veřejnosti o rizicích a nebezpečnosti těchto intoxikací v rámci preventivní činnosti.

### ***2.2 Výzkumná otázka***

Jak závažným problémem jsou intoxikace jedovatými plyny v přednemocniční neodkladné péči a urgentní medicíně?

Výše definovaná výzkumná otázka dává potenciální možnost získat potřebné validní informace o počtech a dopadech těchto intoxikací a zpracovat tak ucelený přehled o rizicích jak pro odborné pracovníky v přednemocniční neodkladné péči, tak pro laickou veřejnost.

### 3 Metodika

V teoretické části diplomové práce byl vypracován přehled současných teoretických a odborných poznatků z oblasti chemie, toxikologie a urgentní medicíny. Pro zpracování této části byla využita odborná literatura, články z odborných časopisů, ověřené internetové zdroje z oblasti toxikologie a akutní medicíny a vlastní zkušenosti z praxe. Všechny oddíly a témata byly logicky uspořádány od obecných chemických a toxikologických pojmů až po jejich aplikaci v urgentní medicíně a přednemocniční neodkladné péči.

K zodpovězení výzkumné otázky byla zpracována retrospektivní statistická analýza počtu intoxikací oxidem uhelnatým v Kraji Vysočina. Hlavní součástí retrospektivní analýzy byly rozbory kazuistik případů otrav oxidem uhelnatým, při kterých byly aplikovány současné poznatky popisované v teoretické části práce. Poslední část výzkumné části obsahuje preventivní program, v rámci kterého byla ověřena informovanost veřejnosti o rizicích a nebezpečnosti oxidu uhelnatého, přičemž byla zvolena metoda dotazníkového šetření. Důležitým aspektem dotazníkového formuláře je jeho samotná kompozice. S využitím aplikace Google Form byl vytvořen v podobě formuláře dotazník, který byl distribuován mezi laickou veřejnost prostřednictvím sociálních médií. V rámci preventivního programu si mohli respondenti po vyplnění dotazníku zobrazit vyhodnocení správných odpovědí s odkazem na danou otázku, což by mohlo vést k vyšší informovanosti laické veřejnosti o rizicích tohoto nebezpečného plynu. Výsledky byly prezentovány také graficky, a to ve formě grafů, tabulek a edukačního materiálu vytvořených v programech Microsoft Office Word 2013 a Excel 2013. Edukační materiál je zaměřen na informace o vlastnostech a nebezpečnosti oxidu uhelnatého a první pomoci při otravách tímto plynem. Materiál byl vytvořen tak, aby byl čitelný pro laickou i odbornou veřejnost a aby poskytoval ucelené informace o rizicích otravy tímto plynem.

#### 3.1 Charakteristika výzkumného souboru

Pro zpracování výzkumné části byl jako hlavní výzkumný subjekt určen poskytovatel zdravotnické záchranné služby, Zdravotnická záchranná služba Kraje Vysočina. Dalšími výzkumnými subjekty byly Hasičský záchranný sbor Kraje Vysočina

a Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. V rámci diplomové práce byla poptána statistická data o případech intoxikací v Kraji Vysočina za roky 2015–2017. Informace byly poskytnuty na základě podané žádosti. V případě Zdravotnické záchranné služby Kraje Vysočina náměstkovi léčebné péče MUDr. Petru Novotnému a v rámci Hasičského záchranného sboru Kraje Vysočina vyšetřovateli požárů kpt. Ing. Jiřímu Zelenkovi.

Předmětem výzkumu byly počty případů intoxikace jedovatými plyny (oxid uhelnatý, zplodiny hoření apod.) v období 2015–2017 s určením podílu zraněných a usmrcených osob a nejčastějších zdrojů a příčin otrav, dále počet aktivací detektoru oxidu uhelnatého u zdravotnických záchranářů, řidičů a lékařů v rámci Zdravotnické záchranné služby Kraje Vysočina v období 2015–2017 a počty událostí s příznakem intoxikace zplodinami sledovaných u Hasičského záchranného sboru Kraje Vysočina v letech 2012–2017. Dalším předmětem zkoumání byl rozbor 2 kazuistik případů intoxikace oxidem uhelnatým, kde je popsán kompletní management přednemocniční neodkladné péče v návaznosti na neodkladnou péči ve zdravotnickém zařízení s důrazem na stanovení stupně závažnosti obou těchto případů. Poslední částí výzkumu bylo ověření informovanosti veřejnosti o rizicích a nebezpečnosti oxidu uhelnatého ve formě dotazníkového výzkumu prostřednictvím dotazníkového formuláře v rámci preventivního programu.

Výzkumný soubor je tvořen statistickými daty získanými od Zdravotnické záchranné služby Kraje Vysočina, Hasičského záchranného sboru a generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. Dále je výzkumný soubor tvořen dvěma případy intoxikace oxidem uhelnatým, u kterých byl proveden rozbor ve formě kazuistik. Posledním výzkumným souborem byla informovanost laické veřejnosti v rámci obyvatelstva o rizicích oxidu uhelnatého. Dotazník byl zaměřen především na fyzikální vlastnosti a nebezpečnost oxidu uhelnatého, možnosti jeho vzniku a způsob poskytnutí první pomoci při otravě.

Součástí metodiky je charakteristika poskytovatele Zdravotnické záchranné služby Kraje Vysočina, příspěvkové organizace. Popsána je zde struktura Kraje Vysočina, jeho demografické a kartografické údaje a typy výjezdových skupin, které v tomto kraji působí. Uvedena je zde i graficky zpracovaná mapa zpřehledňující místní existující síť výjezdových skupin krajské zdravotnické záchranné služby.

## Zdravotnická záchranná služba Kraje Vysočina

V Kraji Vysočina žije 509 475 obyvatel (stav k 1. 1. 2016), má rozlohu 6 796 km<sup>2</sup> a skládá se z 5 okresů:

- Třebíčsko.
- Žďársko.
- Pelhřimovsko.
- Jihlavsko.
- Havlíčkobrodsko.

Rozlohy a počty obyvatel v jednotlivých okresech jsou uvedeny v tabulce 5.

**Tabulka 5 Rozlohy jednotlivých okresů a počty obyvatel v Kraji Vysočina**

<b>Město</b>	<b>Rozloha v km<sup>2</sup></b>	<b>Počet obyvatel k 1. 1. 2016</b>
<b>Žďár nad Sázavou</b>	1 579	118 273
<b>Třebíč</b>	1 463	113 330
<b>Jihlava</b>	1 199	111 873
<b>Havlíčkův Brod</b>	1 265	94 649
<b>Pelhřimov</b>	1 290	72 061
<b>Součet</b>	<b>6 796</b>	<b>509 475</b>

Zdroj: ČSÚ, 2018

Kraj Vysočina je zřizovatelem následujících nemocničních zařízení, která jsou zároveň příspěvkovou organizací (Kraj Vysočina, 2018):

- Nemocnice Jihlava.
- Nemocnice Havlíčkův Brod.
- Nemocnice Nové Město na Moravě.
- Nemocnice Pelhřimov.
- Nemocnice Třebíč.

Zdravotnické operační středisko (ZOS) Zdravotnické záchranné služby Kraje Vysočina je situováno v Jihlavě, která je zároveň krajským městem Kraje Vysočina. Přednemocniční neodkladná péče je nepřetržitě zajišťována 29 výjezdovými skupinami logisticky rozmístěnými do 21 výjezdových základen. Přehled výjezdových skupin je uveden v tabulce 6. Tabulka 7 zpřehledňuje členění výjezdových skupin do oblastí a tabulka 8 obsahuje přehled výjezdových skupin v jednotlivých oblastech (Zdravotnická záchranná služba Kraje Vysočina, 2018).

**Tabulka 6 Typy a počty výjezdových skupin**

<b>Zkratka</b>	<b>Výjezdová skupina</b>	<b>Počet</b>
<b>RZP</b>	Rychlá zdravotnická pomoc (záchranář + řidič)	18
<b>RLP</b>	Rychlá lékařská pomoc (lékař + záchranář + řidič)	8
<b>RV</b>	Rendez Vous (lékař + záchranář/řidič)	4
<b>LZS</b>	Letecká záchranná služba (lékař, záchranář, pilot)	1

Zdroj: Zdravotnická záchranná služba Kraje Vysočina, 2018



**Tabulka 7 Členění výjezdových skupin do oblastí**

Oblast	Výjezdové základny
Třebíč	Třebíč, Velká Bíteš, Náměšť nad Oslavou, Jemnice, Moravské Budějovice
Jihlava	Jihlava, Telč
Pelhřimov	Pelhřimov, Humpolec, Kamenice nad Lipou, Pacov, Počátky
Havlíčkův Brod	Havlíčkův Brod, Habry, Ledec nad Sázavou, Přibyslav, Chotěboř,
Nové Město na Moravě	Nové Město na Moravě, Velké Meziříčí, Žďár nad Sázavou, Bystřice nad Pernštejnem

Zdroj: Zdravotnická záchranná služba Kraje Vysočina, 2018

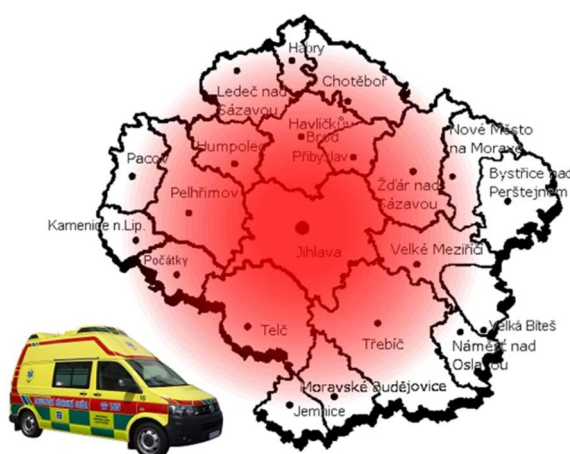
**Tabulka 8 Seznam výjezdových základen a výjezdových skupin**

Výjezdová základna	RZP	RLP	RV	LZS
Třebíč – den	2	0	1	0
Třebíč – noc	1	0	1	0
Velká Bíteš	1	0	0	0
Náměšť nad Oslavou – den	0	1	0	0
Náměšť nad Oslavou – noc	1	0	0	0
Jemnice	1	0	0	0
Moravské Budějovice	0	1	0	0
Jihlava – den	3	0	1	1
Jihlava – noc	2	0	2	0
Telč – den	0	1	0	0
Telč – noc	1	0	0	0
Pelhřimov	1	0	1	0
Humpolec	0	1	0	0
Kamenice nad Lipou	1	0	0	0
Pacov	1	0	0	0

Počátky	1	0	0	0
Havlíčkův Brod	0	1	1	0
Habry	1	0	0	0
Ledeč nad Sázavou	1	0	0	0
Přibyslav	1	0	0	0
Chotěboř	1	0	0	0
Nové Město na Moravě – den	1	0	0	0
Nové Město na Moravě – noc	1	0	1	0
Velké Meziříčí	0	1	0	0
Žďár nad Sázavou – den	0	1	0	0
Žďár nad Sázavou – noc	1	0	0	0
Bystřice nad Pernštejnem – den	0	1	0	0
Bystřice nad Pernštejnem – noc	1	0	0	0

Zdroj: Zdravotnická záchranná služba Kraje Vysočina, 2018

Geografické členění výjezdových skupin v Kraji Vysočina je graficky znázorněno na obrázku 11.



**Obrázek 11** Geografické znázornění výjezdových základů Zdravotnické záchranné služby Kraje Vysočina

Zdroj: Zdravotnická záchranná služba Kraje Vysočina, 2018

### **3.2 Popis a organizace výzkumného šetření**

Dne 19. 3. 2018 byly elektronicky prostřednictvím e-mailu rozeslány žádosti o poskytnutí statistických údajů pro účely tvorby diplomové práce Zdravotnické záchranné službě Kraje Vysočina, konkrétně kontaktním osobám MUDr. Petru Novotnému, náměstkovi pro léčebně preventivní péči, a panu MUDr. Michalu Křížovi, primáři oblastního střediska Třebíč. Dále byl na základě podané žádosti osloven Hasičský záchranný sbor Kraje Vysočina a generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. V rámci Hasičského záchranného sboru Kraje Vysočina byl kontaktován pan kpt. Ing. Jiří Zelenka, vyšetřovatel požárů, a na ústřední úrovni generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky paní kpt. Mgr. Nicole Zaoralová, tisková mluvčí. Potřebná data byla získána z databáze výjezdů Zdravotnické záchranné služby Kraje Vysočina a ze zdravotnické dokumentace. Nahlédnutí a následné statistické zpracování dat bylo možné na základě podané žádosti o sběru dat pro studijní účely. Díky umožnění nahlédnutí do zdravotnické dokumentace (záznamy o výjezdu) byly rozebrány a zanalyzovány 2 kazuistiky případů intoxikace oxidem uhelnatým. Dále byly poskytnuty informace o případech intoxikace od náměstka ředitelky ZZS Kraje Vysočina pro léčebnou péči, MUDr. Petra Novotného, a od vyšetřovatele požárů Hasičského záchranného sboru Kraje Vysočina, kpt. Ing. Jiřího Zelenky. Celorepublikové údaje o počtu intoxikací v jednotlivých krajích ochotně poskytlo generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky ve formě statistických ročenek.

Dotazníkového šetření provedeného mezi laickou veřejností o její informovanosti z hlediska problematiky nebezpečnosti oxidu uhelnatého, kdy dotazníky byly distribuovány mezi laickou veřejnost prostřednictvím sociálních médií, se zúčastnilo celkem 212 respondentů a probíhalo od 25. 3. 2018 do 30. 3. 2018. Edukační materiál vznikl po celkovém vyhodnocení analyzovaných dat.

## 4 Výsledky

Cílem této diplomové práce bylo zjistit, jak závažným problémem jsou intoxikace jedovatými plyny v přednemocniční neodkladné péči za aplikace retrospektivní statistické analýzy počtu intoxikací, rozborů případů intoxikace oxidem uhelnatým ve formě kazuistik dvou zásahů a na základě dotazníkového šetření informovanosti veřejnosti o rizicích oxidu uhelnatého v rámci preventivního programu s vytvořením edukačního materiálu.

Součástí této kapitoly je přehled statistických dat týkajících se případů intoxikací jedovatými plyny v Kraji Vysočina. Tato data byla získána od místního poskytovatele přednemocniční neodkladné péče, tj. Zdravotnické záchranné služby Kraje Vysočina, a od Hasičského záchranného sboru Kraje Vysočina. V dalším oddílu kapitoly jsou rozebrány kazuistiky 2 případů intoxikace oxidem uhelnatým a preventivní program ve formě informování veřejnosti o rizicích oxidu uhelnatého a edukačního materiálu.

### 4.1 Retrospektivní statistická analýza

Na následujících stránkách jsou uvedeny přehledové tabulky 9–11, které obsahují informace o přesných datech, místech, počtech zraněných a usmrcených osob, koncentracích oxidu uhelnatého a o jeho zdrojích v souvislosti s případy intoxikace tímto plynem v letech 2015–2017 v Kraji Vysočina řešených složkami integrovaného záchranného systému. Výsledný graf na obrázku 12 zpřehledňuje počty zraněných a usmrcených osob v Kraji Vysočina v uvedených letech. Tabulka 12 pak obsahuje souhrnné informace o zdrojích tohoto plynu.

**Tabulka 9 Statistika počtu intoxikací oxidem uhelnatým se zraněním a úmrtím osob řešených složkami IZS v Kraji Vysočina v roce 2015**

Datum	Místo	Usmrceno	Zraněno	ppm	Spotřebič
28. 1. 2015	Nové Město na Moravě	0	2	280	plynový kotel
2. 2. 2015	Žďár nad Sázavou	0	1	16	plynový ohřívač
9. 2. 2015	Havlíčkův Brod	0	2 (1)	0	plynový kotel

Datum	Místo	Usmrceno	Zraněno	ppm	Spotřebič
18. 3. 2015	Kamenice nad Lipou	0	2	40	plynový ohřívač
25. 4. 2015	Jihlava	0	1	40	plynový ohřívač
4. 5. 2015	Třešť	0	1	160	kotel na dřevo
9. 5. 2015	Jihlava	0	2 (1)	600	bazén – plynový ohřívač
28. 10. 2015	Havlíčkův Brod	0	1	55	plynový kotel
5. 11. 2015	Radňovice	0	1	43	topidlo na propan butan
7. 11. 2015	Jimramov	0	1	80	plynový ohřívač
17. 11. 2015	Havlíčkův Brod	0	1	300	plynový kotel
22. 12. 2015	Nové Město na Moravě	0	4	200	plynový kotel
24. 12. 2015	Třebíč	0	1	200	plynový kotel
28. 12. 2015	Bystřice nad Pernštejnem	0	2	100	plynový kotel
<b>Celkem 14</b>		<b>0</b>	<b>22</b>		

Zdroj: HZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

**Tabulka 10 Statistika počtu intoxikací oxidem uhelnatým se zraněním a úmrtím osob řešených složkami IZS v Kraji Vysočina v roce 2016**

Datum	Místo	Usmrceno	Zraněno	ppm	Spotřebič
5. 1. 2016	Třebíč - Okřešice	0	1	50	výfukové plyny – vysokozdvížený vozík
13. 1. 2016	Moravské Budějovice	1	0	0	výfukové plyny – osobní automobil
22. 1. 2016	Moravské Budějovice	0	1	90	plynový kotel
5. 3. 2016	Jihlava	0	2	137	plynový kotel
20. 3. 2016	Havlíčkův Brod	0	5	500	plynový kotel
21. 3. 2016	Moravské Budějovice	0	1	0	plynový kotel

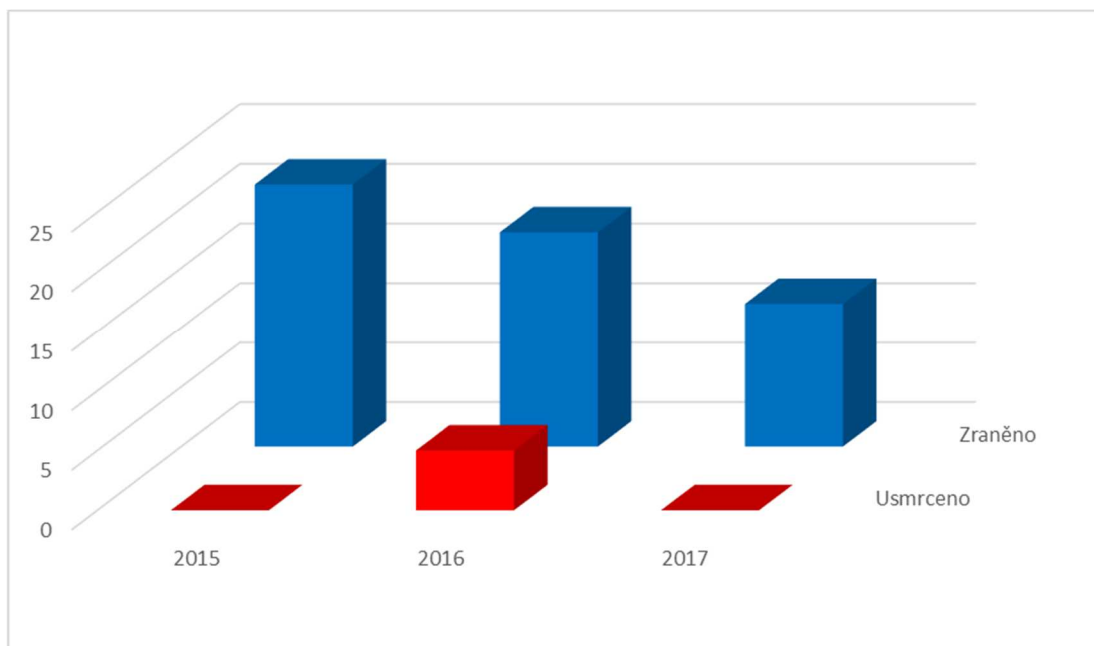
30. 3. 2016	Havlíčkův Brod	0	1	200	elektrocentrála
24. 9. 2016	Jihlava	0	1	750	plynový kotel
6. 10. 2016	Havlíčkův Brod	2	0	160	kotel na tuhá paliva
24. 11. 2016	Golčův Jeníkov	0	1	4	plynový kotel
19. 12. 2016	Třebíč - Sedlec	1	0	130	plynový sporák
23. 12. 2016	Havlíčkův Brod	0	1	100	plynový kotel
29. 12. 2016	Třebíč - Lhotice	1	3	0	topidlo na propan butan
29. 12. 2016	Jihlava	0	1	28	plynový kotel
<b>Celkem 14</b>		<b>5</b>	<b>18</b>		

Zdroj: HZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

**Tabulka 11 Statistika počtu intoxikací oxidem uhelnatým se zraněním a úmrtím osob řešených složkami IZS v Kraji Vysočina v roce 2017**

<b>Datum</b>	<b>Místo</b>	<b>Usmrceno</b>	<b>Zraněno</b>	<b>ppm</b>	<b>Spotřebič</b>
4. 1. 2017	Havlíčkův Brod	0	0	70	plynový spotřebič - VAF
7. 1. 2017	Jihlava	0	2	60	plynový kotel
15. 1. 2017	Havlíčkův Brod	0	1	70	plynový kotel
4. 2. 2017	Jihlava	0	2	200	plynový kotel
1. 3. 2017	Havlíčkův Brod	0	4	1280	elektrocentrála
9. 5. 2017	Telč	0	1	480	plynový kotel
29. 5. 2017	Havlíčkův Brod	0	0	960	plynový kotel
11. 6. 2017	Moravské Budějovice	0	0	0	plynový ohřívač vody
28. 6. 2017	Jihlava	0	0	35	plynový ohřívač vody
2. 12. 2017	Kostelec u Jihlavy	0	2	0	plynový ohřívač vody
9. 12. 2017	Strážek	0	0	77	kotel na tuhá paliva
<b>Celkem 11</b>		<b>0</b>	<b>12</b>		

Zdroj: HZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce



**Obrázek 12 Celkový počet usmrcených a zraněných osob v souvislosti s intoxikací oxidem uhelnatým v letech 2015–2017 řešených složkami IZS v Kraji Vysočina**

Zdroj: HZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

**Tabulka 12 Nejčastější zdroje vzniku oxidu uhelnatého**

Rok	Plynový spotřebič	Kotel na tuhá paliva	Výfukové plyny
2015	13	1	0
2016	10	1	2
2017	9	1	0

Zdroj: HZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

#### 4.1.1 *Počet aktivací detektoru CO v rámci ZZS Kraje Vysočina v letech 2015–2017*

Zdravotnická záchranná služba Kraje Vysočina je vybavena detektory oxidu uhelnatého od roku 2015, a to hlavně z důvodu ochrany členů výjezdové skupiny. Tato organizace eviduje počet aktivací detektoru oxidu uhelnatého při zásahu (viz tabulka 13). Evidence aktivací detektoru oxidu uhelnatého v roce 2016 nelze validovat z důvodu přechodu organizace na nový software.

**Tabulka 13 Počet aktivací detektoru oxidu uhelnatého v rámci ZZS Kraje Vysočina**

<b>Rok</b>	<b>Počet aktivací detektoru CO</b>
2015	44 případů
2016	24 případů
2017	31 případů

Zdroj: ZZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

#### **4.1.2 Počty událostí s příznakem intoxikace zplodinami sledovaných HZS Kraje Vysočina za jednotlivé roky**

Počty evidovaných událostí s příznakem intoxikace nebezpečnými zplodinami v Kraji Vysočina eviduje příslušný krajský hasičský záchranný sbor. Uvedená statistika je obsažena v tabulce 14.

**Tabulka 14 Počty událostí s příznakem intoxikace zplodinami sledovaných HZS Kraje Vysočina za jednotlivé roky**

<b>Rok</b>	<b>Počet událostí</b>	<b>Usmrceno osob</b>	<b>Zraněno osob (inhalace zplodin)</b>
<b>2012</b>	1	0	1
<b>2013</b>	7	2	11
<b>2014</b>	23	5	37
<b>2015</b>	22	2	30
<b>2016</b>	41	10	49
<b>2017</b>	22	3	24

Zdroj: HZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

Hasičský záchranný sbor Kraje Vysočina spolu se Zdravotnickou záchrannou službou Kraje Vysočina pod vedením pana kpt. Ing. Jiřího Zelenky, vyšetřovatele požáru, vede program Statistické sledování událostí s příznakem intoxikace zplodinami a oxidem uhelnatým v Kraji Vysočina. V rámci tohoto programu jsou od roku 2014 řádně



vidovány počty takovýchto událostí, jejich činitelů a lokace včetně statistiky zraněných a usmrcených osob. Výňatky z této statistiky za kalendářní roky 2015–2017 jsou uvedeny v tabulkách 9–11. Měření přítomnosti oxidu uhelnatého bylo prováděno až v okamžiku provádění úkonů příslušníky hasičského záchranného sboru. Zpravidla byly prostory do jejich příjezdu odvětrávány, takže u některých událostí bylo zjišťované objemové procento přítomného oxidu uhelnatého (v ppm) naměřeno jako nulové.

#### **4.2 Analýza případů intoxikací oxidem uhelnatým**

V rámci tohoto oddílu jsou uvedeny 2 kazuistiky, kterými jsou intoxikace oxidem uhelnatým. Je zde popsán kompletní management od přednemocniční neodkladné péče až po transport a směrování pacienta do zdravotnického zařízení.

##### **4.2.1 První kazuistika**

Dne 25. 11. 2012 byla od Zdravotnického operačního střediska (ZOS) obdržena výzva s indikací bezvědomí s přítomností křečí. Z výjezdové základny Třebíč se vyjíždělo do 2 minut od přijetí výzvy. Místo události se podařilo najít bez komplikací.

Po příjezdu na místo události byl vzat potřebný materiál a vybavení k zásahu – resuscitační a výjezdový batoh, transportní monitor LifePak 12, přenosná odsávačka, transportní ventilátor Oxylog 2000 a vakuová matrace.

NO: Pacientka nalezena mladším sourozencem v koupelně po sprchování s oblečenými kalhotami. Dle mladšího sourozence a rodičů, kteří přijeli z nákupu, byla po větší fyzické námaze z důvodu účasti v proběhlém závodě v aerobiku. Pacientka se nacházela v bezvědomí, spontánně ventilovala, měla křeče horních a dolních končetin. Ihned po objevení dcery rodiče zavolali tísňovou linku 155. Dle rodičů se nacházela v koupelně méně než 30 minut, ale přesný čas nebyli schopni určit.

Mladá pacientka ležela v koupelně před sprchovým koutem (GCS 1-1-4) v bezvědomí, dýchala spontánně a neměla křeče ani nebyla přítomna cyanóza. Přítomná posádka zdravotnické záchranné služby naměřila u pacientky následující hodnoty: krevní tlak (TK) 149/90, tepová frekvence (TF) 95/min, dechová frekvence (DF) 14/min, saturace

hemoglobinu kyslíkem (SpO<sub>2</sub>) stanovená pulzní oxymetrií 89 % a glykémie 7,4 mmol/l. Následně byla pacientka přenesena do ložnice, kde byla zahájena oxygenoterapie pomocí kyslíkové polomasky 10 l/min. a dále byla napojena na 3 svodové EKG pomocí monitoru LifePak. Na EKG byl přítomen sinusový rytmus s tepovou frekvencí 95/min. Bylo provedeno prvotní neurologické vyšetření reakcí na algický podnět s cílenou flexí horních končetin (HKK). Přítomné byly bloudivé pohyby očních bulbů (nystagmus), izokorické zornice (velikost vpravo i vlevo 7 mm) a fotoreakce. Pacientka byla dále bez jakýchkoliv dalších zjevných patologií a traumat, v uších ani nosu nebyla přítomna sekrece.

V rámci anamnézy ověřil lékař od rodičů pacientky, že se s ničím neléčí, neužívá trvale žádnou medikaci a ani netrpí žádnými alergiemi. Pouze v roce 2009 byla operována kvůli kýle. Vylučitelná nebyla intoxikace oxidem uhelnatým (CO), a proto byl povolán Hasičský záchranný sbor (HZS). Jednotka HZS v již odvětrané místnosti naměřila koncentraci oxidu uhelnatého 500 ppm = 0,05 %.

Lékař po zhodnocení stavu a prvotním vyšetření pacientky indikoval zajištění průchodnosti dýchacích cest orotracheální intubací, proto byl zajištěn 1 x periferní žilní vstup v pravé kubitě a dle rozhodnutí lékaře aplikována následující farmaka pro sedaci a svalovou relaxaci: Dormicum 10 mg, SCHJ-Suxamethonium 55 mg, Rocuronium 30 mg. Endotracheální intubace se provedla endotracheální kanylou (ETK) č. 7 – verifikace správná pomocí naměřených hodnot ETCO<sub>2</sub> a auskultačně pomocí fonendoskopu. Pacientka byla napojena na řízenou umělou plicní ventilaci (UPV). Poté byla z důvodu malých prostor v bytě přeložena na vakuovou matraci a transportována do sanitního vozu. Klinický stav byl konzultován s ARO FN Brno Černá Pole, kde pacientku následně přijímali a hospitalizovali.

Po chvíli se pacientka začala budit – dávivý reflex a interference s ETK a ventilátorem, zkoušávala ETK, proto se aplikovala další sedativa a myorelaxancia, a sice: Rocuronium 20 mg, Dormicum 10 mg, Fentanyl 2 ml. Kašlací a dávivý reflex stále přetrvával, proto bylo provedeno odsátí horních a dolních cest dýchacích a současně byla aplikována další farmaka: Propofol 150 mg, následně dalších 50 mg a Arduan 2 mg. Nyní byla pacientka dostatečně analgosedovaná a relaxovaná – SpO<sub>2</sub> 99 %, inspirační kyslíková frakce (FiO<sub>2</sub>) na 50 %, TK 100/45, TF 64 za minutu, kapnometrie (ETCO<sub>2</sub>) 26 mmHg.

Z místa události se odjíždělo v 19:44 hodin, řidič ZZS informoval ZOS o tom, kam pacientka bude transportována, s jakou diagnózou a zhruba za jakou dobu se přijede do zdravotnického zařízení. ZOS zařídil plynulé předání pacientky a připravenost oddělení. Během transportu probíhal kontinuální monitoring základních životních funkcí a observace pacientky. Lékař vyplňoval pomocí tabletu záznam o výjezdu. Transport proběhl bez komplikací, pacientka se pouze pomočila a vyprázdnila. Hodnoty naměřené při předání: SpO<sub>2</sub> 99 %, ETCO<sub>2</sub> 33 mmHg, TK 110/60, TF 62/min. DF 16/min, GCS 1-1-1.

Pacientka byla předána na ARO FN Brno – Černá Pole, lékař informoval přijímajícího lékaře o stavu pacientky a předal mu záznam o výjezdu. Doba dojezdu do cílového zdravotnického zařízení byla delší kvůli nepříznivým silničním podmínkám. Informovalo se ZOS o předání pacientky a návratu na základnu. Dle výsledků vyšetření na ARO se prokázala intoxikace CO. Během hospitalizace pacientka prodělala ještě dvakrát křečové stavy, avšak po dvou dnech se propustila do domácího léčení a byl doporučen klidový režim po dobu dvou týdnů. Návrat do normálního běžného života proběhl bez následků, neurologického deficitu a dále se věnuje sportovním aktivitám.

U pacientky byly zjištěny následující klinické příznaky a patologie:

- bezvědomí (GCS 1-1-4) při spontánní ventilaci,
- pronační křeče horních a dolních končetin,
- nystagmus (bloudivé pohyby očních bulbů).

V tabulkách 15-21 jsou zřehledněny informace týkající se první kazuistiky.

**Tabulka 15 Indikace k výjezdu posádky ZZS a diagnóza při předání pacientky ve zdravotnickém zařízení**

<b>Indikace k výjezdu posádky ZZS</b>	bezvědomí a křeče
<b>Diagnóza při předání pacientky ve zdravotnickém zařízení</b>	intoxikace oxidem uhelnatým
<b>Diagnóza stanovená ve zdravotnickém zařízení</b>	intoxikace oxidem uhelnatým

Zdroj: ZZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

**Tabulka 16 Výzva zdravotnického operačního střediska ZOS**

<b>Výzva</b>	dívka 14 let bezvědomí a křeče
<b>ID výjezdu</b>	neuvedeno
<b>Jméno a příjmení</b>	neuvedeno
<b>Ročník</b>	1998
<b>Pohlaví</b>	žena
<b>Charakter tísňové výzvy</b>	tísňová výzva v bytě
<b>Indikace</b>	bezvědomí
<b>Místo zásahu</b>	Třebíč, adresa neuvedena
<b>Poznámka</b>	křeče
<b>Posádka</b>	RLP, výjezdová základna ZZS Třebíč
<b>Vozidlo</b>	VW Transporter T5
<b>Čas tísňové výzvy</b>	25. 11. 2012, 18:52
<b>Dispečer</b>	neuvedeno

Zdroj: ZZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

**Tabulka 17 Vstupně naměřené hodnoty**

<b>Parametr</b>	<b>Naměřená hodnota</b>
<b>GCS</b>	1-1-4
<b>SpO<sub>2</sub></b>	89 %
<b>TK</b>	150/90
<b>TF</b>	95/min – sinusový rytmus
<b>DF</b>	14/min
<b>Glykémie</b>	7,4 mmol/l

Zdroj: ZZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

**Tabulka 18 Hodnoty naměřené během terapie a transportu do zdravotnického zařízení**

<b>Parametr</b>	<b>Naměřená hodnota</b>
<b>GCS</b>	1-1-1
<b>ETCO<sub>2</sub></b>	26 mm/Hg
<b>SpO<sub>2</sub></b>	99 %
<b>FiO<sub>2</sub></b>	50 %
<b>TK</b>	100/45
<b>TF</b>	64/min – sinusový rytmus
<b>DF</b>	15/min
<b>Glykémie</b>	nevyšetřeno

Zdroj: ZZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

**Tabulka 19 Hodnoty naměřené při předání pacientky ve zdravotnickém zařízení**

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
<b>GCS</b>	1-1-1
<b>ETCO<sub>2</sub></b>	33 mm/Hg
<b>SpO<sub>2</sub></b>	99 %
<b>FiO<sub>2</sub></b>	50 %
<b>TK</b>	110/60
<b>TF</b>	62/min – sinusový rytmus
<b>DF</b>	16/min
<b>Glykémie</b>	nevyšetřeno

Zdroj: ZZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

**Tabulka 20 Další důležité ukazatele a parametry**

Doba pobytu pacientky v koupelně (dle rodiny)	< 30 minut
Koncentrace CO naměřená HZS při příjezdu	nezjištěno
Koncentrace CO naměřená HZS (již v odvětrané místnosti)	500 ppm = 0,05 %

Zdroj: ZZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

**Seznam potřebného materiálu a vybavení k zásahu:**

- výjezdový batoh,
- resuscitační batoh,
- transportní monitor LIFEPAK 12,
- transportní odsávačka LSU,
- transportní ventilátor OXYLOG 2000,
- vakuová matrace.

**Terapie a výkony:**

- oxygenoterapie (kyslíková polomaska 10 l/min),
- periferní žilní kanylance včetně infúze,
- endotracheální intubace a umělá plicní ventilace,
- -farmakoterapie (Dormicum, SCHJ-Suxamethonium, Rocuronium, Fentanyl, Propofol, Arduan),
- EKG,
- neinvazivní monitorování krevního tlaku,
- pulsní oxymetrie,
- stanovení glykémie glukometrem.

**Tabulka 21 Časový průběh tísňové výzvy**

<b>Tísňová výzva ZOS</b>	18:50
<b>Tísňová výzva ZZS</b>	18:52
<b>Výjezd ZZS</b>	18:53
<b>ZZS na místě</b>	18:56
<b>Odjezd ZZS z místa události</b>	19:44
<b>Pacient předán ve zdravotnickém zařízení</b>	21:05
<b>Ukončení výjezdu</b>	22:37

Zdroj: ZZS Kraje Vysočina – upraveno autorem diplomové práce

Doba trvání od tísňové výzvy ZOS do předání pacientky ve zdravotnickém zařízení: **2 h 15 min.**

Doba trvání výjezdu: **3 h 44 min.**

Posádka RLP byla na místě události za: **3 min.**

Posádka ZZS byla na místě události celkem: **48 min.**

Posádce ZZS trvala cesta do zdravotnického zařízení celkem: **1 h 21 min** (nepříznivé silniční podmínky).

#### **4.2.2 Druhá kazuistika**

Pacientka, ročník 1951, nalezena v bezvědomí, bez známek reakce na zevní podněty (GCS 1-1-1), dle HZS přítomna vysoká koncentrace oxidu uhelnatého, manžel a syn bez známek života, lékař konstatuje smrt, pacientka pozvracená, zbytky oschlých zvratků na rtech, bradypnoická, přítomna sinusová tachykardie 100/min., hodnoty SpO<sub>2</sub> validní, jinak hemodynamicky stabilní, vstupní krevní tlak 140/80, přistoupeno k orotracheální intubaci endotracheální kanylou č. 8 s následnou řízenou umělou plicní ventilací. Dle primárního vyšetření: kůže teplá, zarudlá, bez známek ikteru a cyanózy, kožní turgor v normě, přítomna mírná hypotermie, bez známek traumatu a dalších

patologií. V rámci prvotního neurologického vyšetření bulby ve středním postavení, skléry anikterické, zornice isokorické – bilaterálně 2 mm, fotoreakce bilaterálně +, spojivky překrvené, uši a nos bez sekrece. Dýchání symetrické, sklípkové bez vedlejších fenoménů a oslabení. Zaveden periferní žilní katétr 2x na horních končetinách, periferní pulzace na horních končetinách hmatná na dolních končetinách hmatná obtížně. Pacientka transportována na ARO Nemocnice Třebíč s diagnózou T58 - akutní intoxikace oxidem uhelnatým, X470 - intoxikace oxidem uhelnatým doma, J 960 - akutní respirační insuficience. Dle laboratorních výsledků hladina COHb 13,7 %. Pacientka po několikadenní hospitalizaci na ARO přeložena na interní JIP, poté pro nepříznivý neurologický nález přeložena na DIOP, kde po několikadenní hospitalizaci umírá.

#### **Diagnózy:**

**T 58** – Akutní intoxikace oxidem uhelnatým;

**X 470** – Intoxikace CO – doma;

**J 960** – Akutní respirační insuficience.

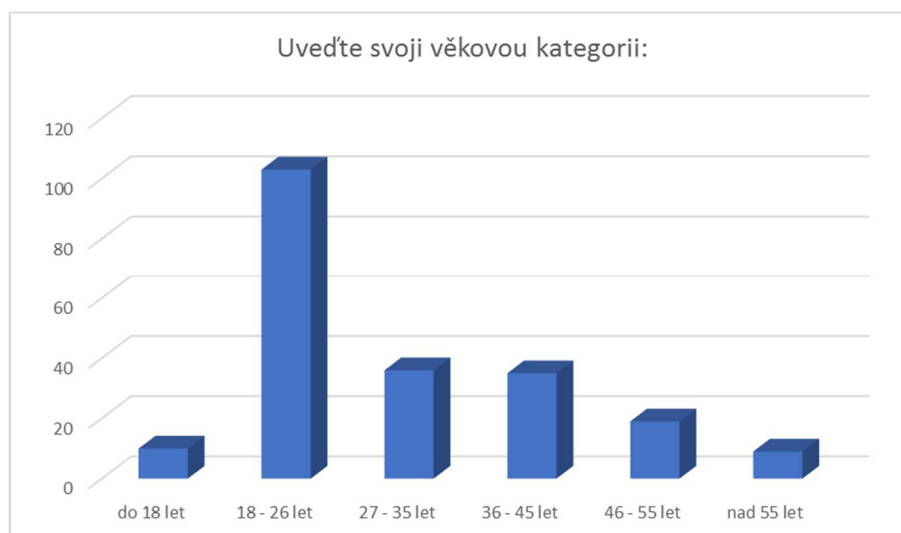
#### **4.3 Preventivní program**

Preventivní program diplomové práce je tvořen dotazníkovým šetřením provedeným mezi laickou veřejností o její informovanosti z hlediska problematiky nebezpečnosti oxidu uhelnatého a edukačním materiálem, který je uveden v příloze 1. S využitím aplikace Google Form byl vytvořen v podobě formuláře dotazník, který byl distribuován mezi laickou veřejnost prostřednictvím sociálních médií (a priori veřejné facebookové stránky). Tohoto dotazníkového šetření se zúčastnilo celkem 212 respondentů, převážně ve věku 18–26 let (nejčastější uživatelé sociálních sítí), a spíše ženy, jak znázorňují následující grafy (obrázky 13-24). V rámci preventivního programu si mohli respondenti po vyplnění dotazníku zobrazit vyhodnocení správných odpovědí s odkazem na danou otázku, což má vést k vyšší informovanosti veřejnosti o rizicích tohoto nebezpečného plynu.



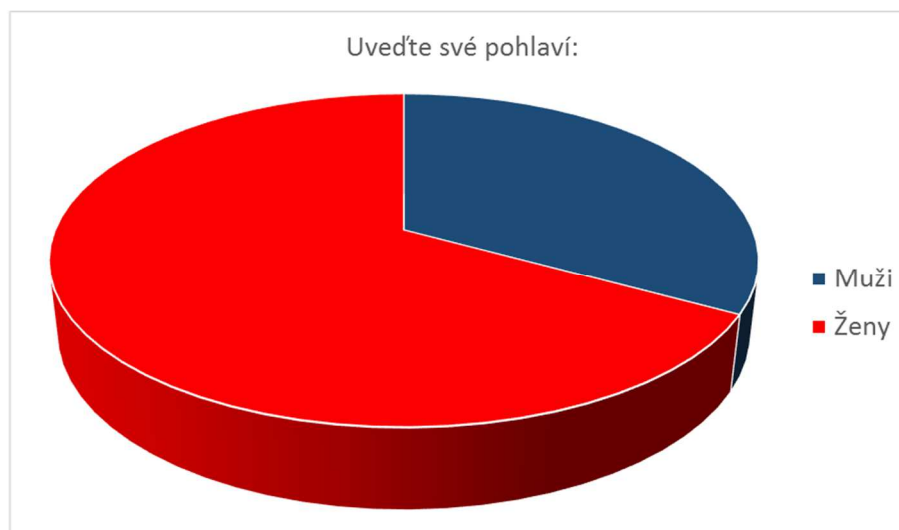
#### 4.3.1 *Ověření informovanosti veřejnosti: rizikové chování oxidu uhelnatého*

Dotazník byl zaměřen především na zjištění informovanosti laické veřejnosti o fyzikálních vlastnostech a nebezpečnosti oxidu uhelnatého, možnostech jeho vzniku a způsobu poskytnutí první pomoci při otravě. V následujících grafech (obrázky 14-24) jsou statisticky vyhodnoceny jednotlivé odpovědi respondentů, přičemž zeleně jsou označeny správné odpovědi a červeně nesprávné.



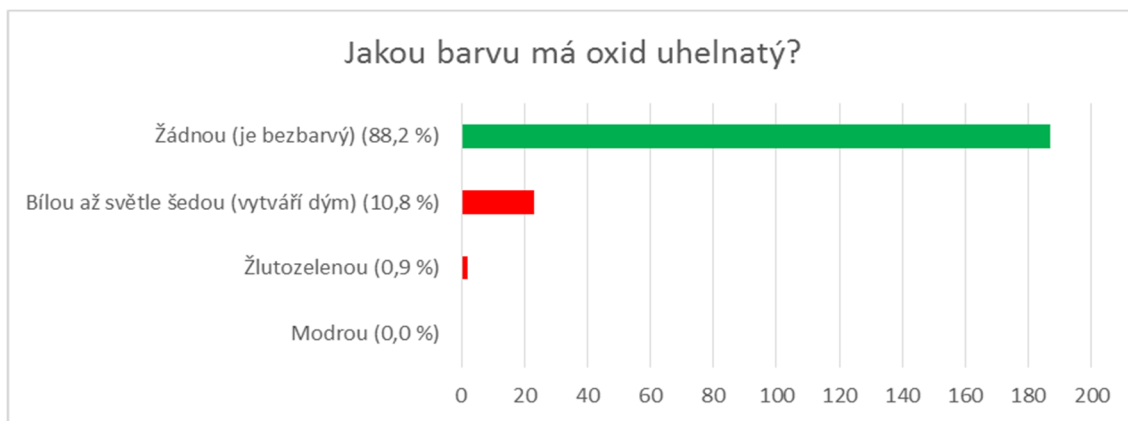
**Obrázek 13 Graf věkové struktury respondentů dotazníku**

Zdroj: vlastní výzkum



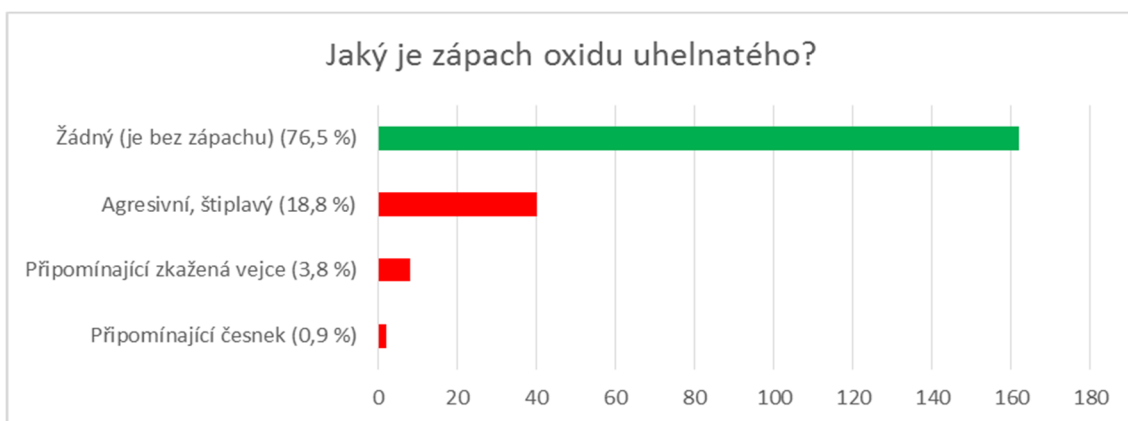
**Obrázek 14 Graf rozložení pohlaví respondentů**

Zdroj: vlastní výzkum



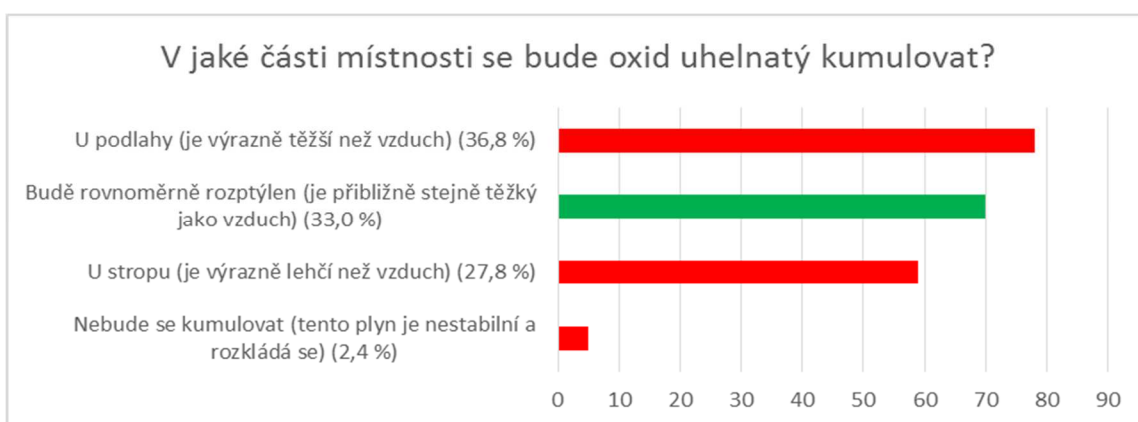
**Obrázek 15** Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně barvy oxidu uhelnatého

Zdroj: vlastní výzkum



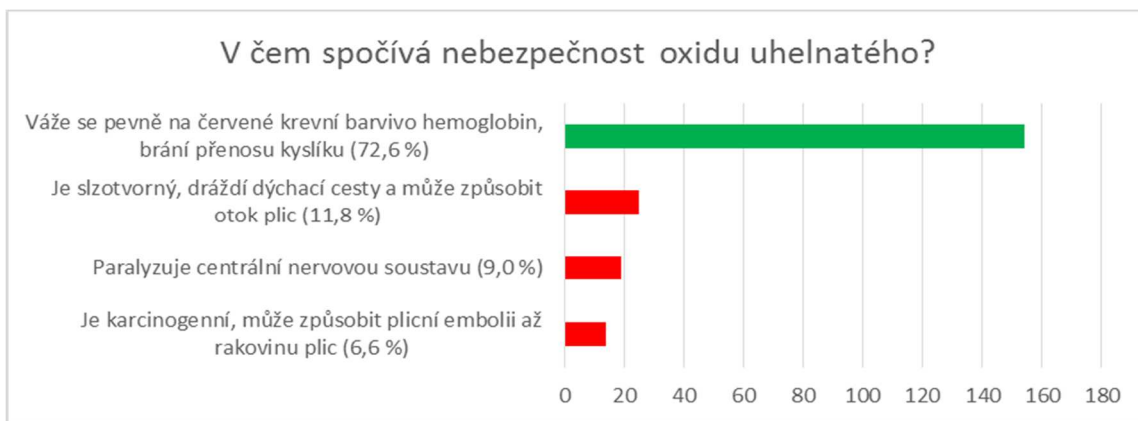
**Obrázek 16** Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně zápachu oxidu uhelnatého

Zdroj: vlastní výzkum



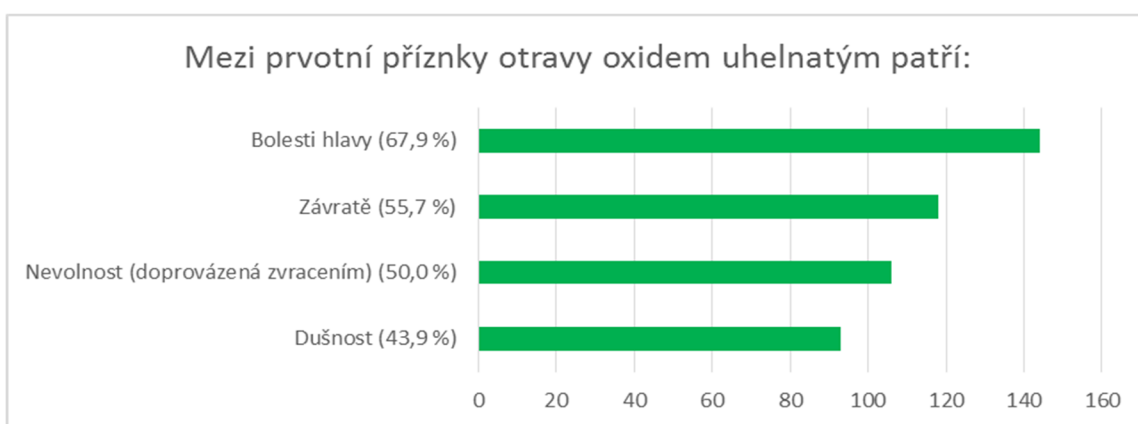
**Obrázek 17** Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně hustoty oxidu uhelnatého

Zdroj: vlastní výzkum



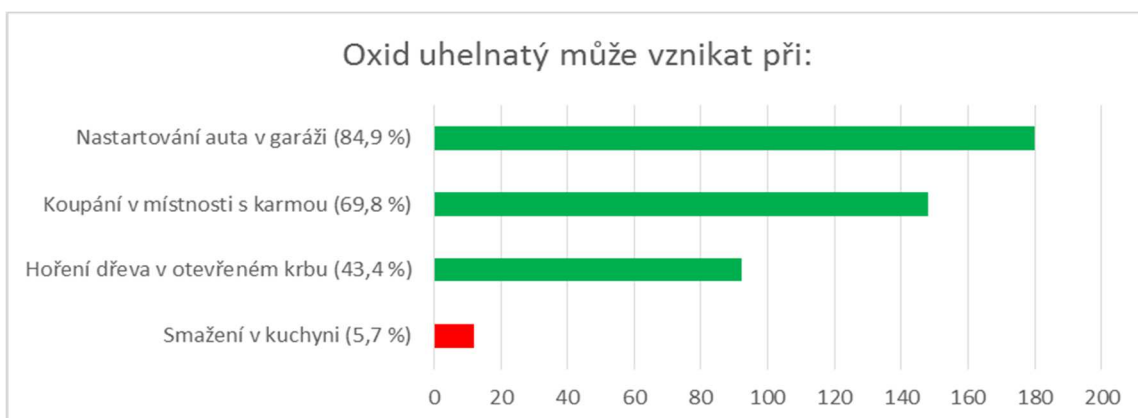
**Obrázek 18** Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně rizika oxidu uhelnatého

Zdroj: vlastní výzkum



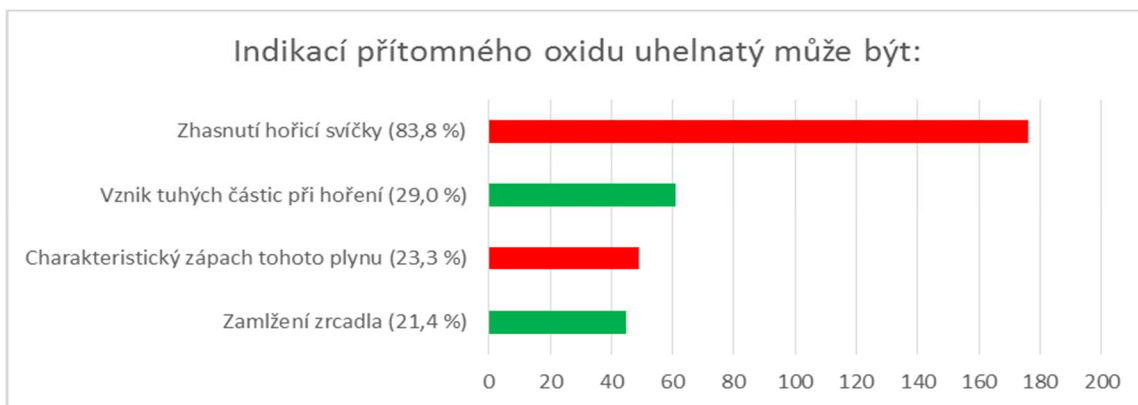
**Obrázek 19** Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně prvotních příznaků otravy oxidu uhelnatého

Zdroj: vlastní výzkum



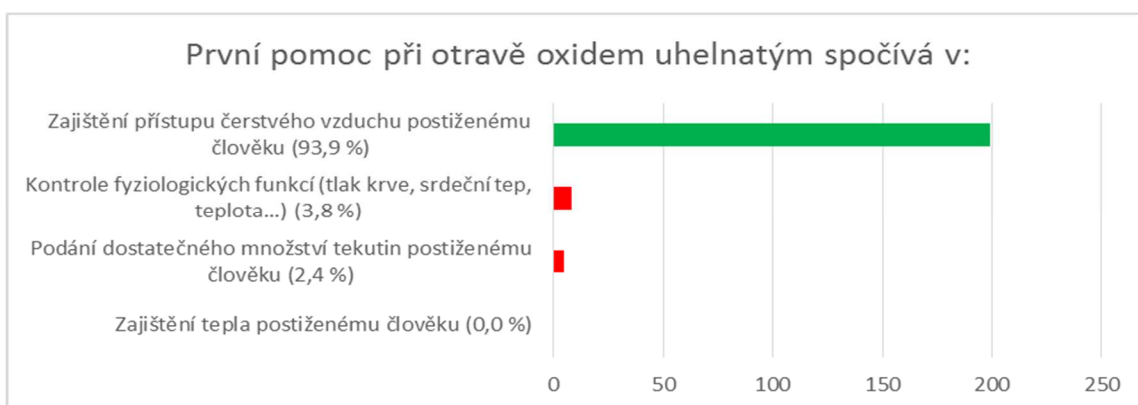
**Obrázek 20** Vyhodnocení odpovědí na otázku možného vzniku oxidu uhelnatého

Zdroj: vlastní výzkum



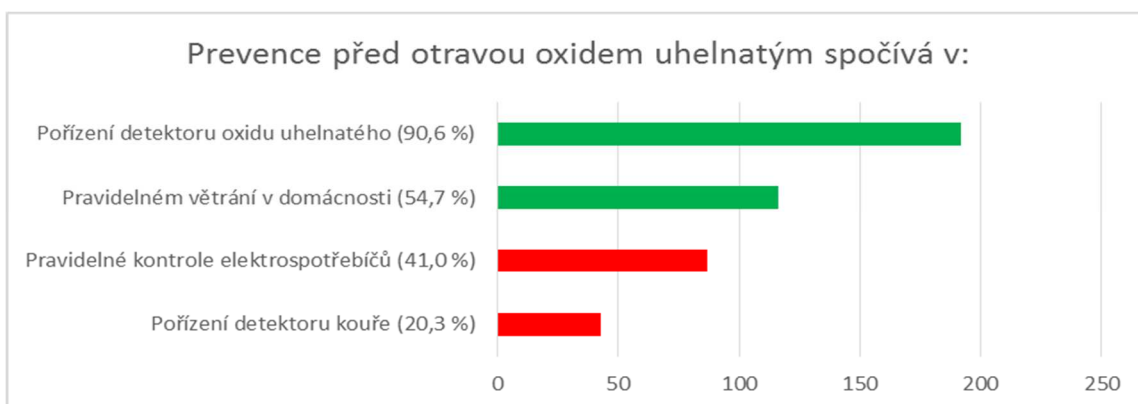
**Obrázek 21** Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně indikace přítomného oxidu uhelnatého

Zdroj: vlastní výzkum



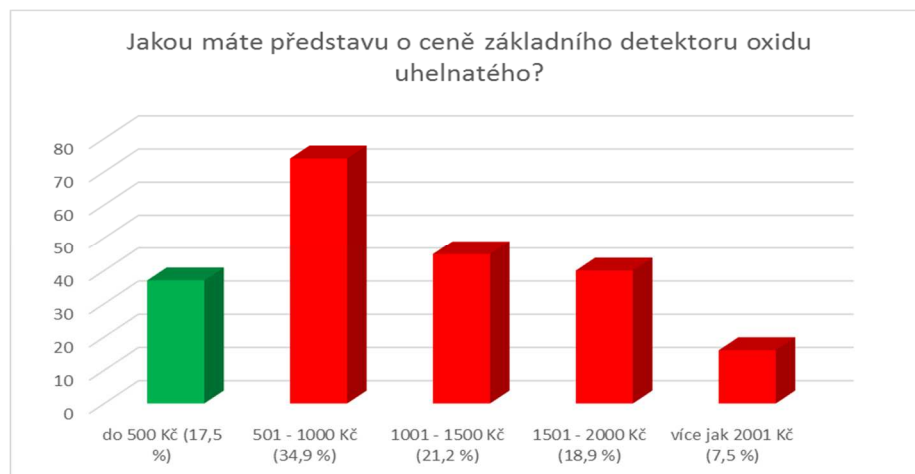
**Obrázek 22** Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně způsobu poskytnutí první pomoci při otravě oxidem uhelnatým

Zdroj: vlastní výzkum



**Obrázek 23** Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně prevence otravy oxidem uhelnatým

Zdroj: vlastní výzkum



**Obrázek 24** Graf vyhodnocení odhadu respondentů ohledně ceny detektorů oxidu uhelnatého

Zdroj: vlastní výzkum

#### 4.3.2 *Edukační materiál*

Jako součást diplomové práce byl vytvořen informační materiál o vlastnostech a nebezpečnosti oxidu uhelnatého a první pomoci při otravách tímto plynem. Tento materiál byl zaslán v elektronické podobě do e-mailových schránek výchovných poradců na základních školách v okrese Třebíč a nabídnut k otištění i místním médiím. Tiskovina je připravená ve formátech A4 či A5, byla vytvořena pomocí programu Microsoft PowerPoint a je uvedena v příloze 1 této práce.

## 5 Diskuze

Tato diplomová práce se zabývá komplexním managementem intoxikací jedovatými plyny v přednemocniční neodkladné péči. Tyto látky v současné době představují stále vyšší bezpečnostní riziko a jsou reálnou hrozbou.

Práce je rozdělena do několika odborných částí, ve kterých jsou obsaženy současné poznatky shrnující problematiku nebezpečných jedovatých plynů. Teoretická část charakterizuje toxikologii jako vědní disciplínu z hlediska její historie, současnosti a především jejího významu a postavení ve společnosti. Zavedeny jsou zde rovněž základní toxikologické pojmy (jed, toxicita, toxický účinek) a veličiny (efektivní, toxikologická a letální dávka a koncentrace). Toxické účinky jsou popsány z hlediska orgánů tělesné soustavy, na které daná jedovatá látka působí, a časového hlediska působení těchto látek. Stručně je popsána rovněž toxikokinetika. V této části práce jsou také představeny vybrané nebezpečné plyny, se kterými lze běžně přijít do styku. Obsaženy jsou zde obecné informace o těchto látkách, jejich vlastnosti, reakce a podrobněji popsány jejich toxické účinky. Poslední část je věnována první pomoci a přednemocniční neodkladné péči v souvislosti s intoxikacemi nebezpečnými plyny a je zde rozebrán celkový management neodkladné péče o intoxikovaného pacienta od přijetí tísňové výzvy až po směrování pacienta do zdravotnického zařízení.

Diskuze je postavena na vzájemném shrnutí a porovnání výsledků získaných výzkumem s jinými kraji v ČR a kvalifikačními pracemi v této problematice, které jsou zřehledněny v podkapitolách 5.1 – 5.5.

### **5.1 Shrnutí případů intoxikací – statistiky**

Z výzkumné části diplomové práce vyplývá, že nejčastějšími obdobími pro intoxikace oxidem uhelnatým v roce 2015 byla především mimoletní období. Tato skutečnost je vysvětlitelná nejčastější příčinou těchto otrav, kterou je plynový spotřebič. Z uvedeného je tedy zřejmé, že popsané otravy nastávaly v topných sezónách. Koncentrace oxidu uhelnatého se pohybovala u otrav v intervalu od 0 do 600 ppm. Nulová hodnota koncentrace je zdůvodnitelná pozdě provedeným měřením (až po vyvětrání místnosti). Naštěstí se veškeré případy obešly bez jediného úmrtí, došlo pouze ke zranění 22 osob.

Trendy z roku 2015 jsou v mnoha faktorech pozorovatelné také v roce 2016. V měsících duben až srpen nenastal žádný případ otravy oxidem uhelnatým. Ačkoliv je i v tomto roce nejčastějším spotřebičem, který zapříčinil intoxikaci, plynový kotel, nezanedbatelné zastoupení zde mají také výfukové plyny (vysokozdvížený vozík, osobní automobil). Ačkoliv bylo v tomto roce zasaženo méně osob (18 místo 22) než v předchozím roce, byla zde již nenulová letalita, neboť došlo k úmrtí 5 osob.

Rok 2017 se od těch předchozích liší výskytem intoxikací oxidem uhelnatým v letním období, neboť k otravám došlo například 11. a 28. června 2017, tedy ve dnech, které již nebývají klasifikovány jako součást topné sezóny. Ačkoliv zde nebyla evidována intoxikace výfukovými plyny, byly způsobeny otravy i jinými spotřebiči než plynovým kotlem (např. elektrocentrálou či kotlem na tuhá paliva). Z uvedených let byl v tomto roce nejnižší počet otrav (12) a opět nulová letalita. Za zmínku stojí zatím rekordně naměřená koncentrace oxidu uhelnatého ve vzduchu, kdy bylo v Havlíčkově Brodě naměřeno zastoupení 1280 ppm.

V uvedených letech byl nejčastějším spotřebičem, který způsoboval otravy oxidem uhelnatým, plynový spotřebič (32 incidencí z 37). Při řešených událostech v letech 2015-2017 docházelo také k aktivacím detektoru oxidu uhelnatého u posádek ZZS Kraje Vysočina. V uvedených letech došlo postupně k 44, 24 a 31 aktivacím. Jelikož počet zasažených osob byl 22, 18 a 12, je možné označit pořízené detektory CO za vhodný preventivní nástroj, kterými disponují posádky ZZS.

Ze statistik Hasičského záchranného sboru ČR lze zjistit počet intoxikací různými zplodinami a informace o počtu zasažených a zemřelých osob v důsledku těchto otrav. V Kraji Vysočina se v letech 2014-2017 vyskytlo přibližně 22 takovýchto událostí s výjimkou roku 2016, kdy byl tento počet téměř dvojnásobný. To se projevilo i na počtu usmrcených osob v tomto roce, neboť byl totožný, jako je součet zemřelých v letech 2014, 2015 a 2017.

## **5.2 Shrnutí případů intoxikací – kazuistiky**

V této diplomové práci jsou rozebrány 2 kazuistiky intoxikace oxidem uhelnatým.

První kazuistika obsahuje kompletní management přednemocniční neodkladné péče v případě intoxikace oxidem uhelnatým od přijetí tísňové výzvy na zdravotnické operační středisko poskytovatele zdravotnické záchranné služby tj. Zdravotnické záchranné služby Kraje Vysočina přes prvotní vyšetření pacienta na místě události, stanovení správné pracovní diagnózy, zahájení adekvátní, správné a účinné terapie až po směrování pacienta do cílového zdravotnického zařízení k definitivnímu ošetření s časovým průběhem celého výjezdu.

V rámci události došlo k nalezení 14tileté dívky v bezvědomí s křečemi v koupelně. Vyslaná posádka RLP zjistila hodnoty GCS 6 a saturaci krve kyslíkem 89 %. V ložnici byla zahájena oxygenoterapie pomocí kyslíkové polomasky 10 l/min. Kvůli podezření na intoxikaci oxidem uhelnatým byla povolána posádka HZS, která v odvětrané místnosti naměřila hodnotu 500 ppm oxidu uhelnatého. Pacientka byla předána na ARO FN Brno Černá Pole k léčbě a hospitalizaci. Po 2 dnech byla pacientka propuštěna do domácí péče s doporučením dvoutýdenního klidového režimu.

Druhá kazuistika popisuje krátký rozbor případu intoxikace oxidem uhelnatým, který poukazuje na nebezpečnost, závažnost a nenápadnost tohoto jedovatého plynu. Tento případ skončil fatálními následky s hromadným úmrtím osob. Oproti první kazuistice zde došlo k úmrtí 2 osob na místě události, třetí osoba (starší žena zemřela až v nemocnici). Přítomnost oxidu uhelnatého byla opět detekována příslušníky HZS.

Z uvedeného je zřejmé, že následky intoxikace oxidem uhelnatým mohou být různé a závisí na množství přítomného jedovatého plynu, době jeho působení, stáří a fyzické kondici pacienta a rychlosti případného poskytnutí první pomoci a následné léčby.

## **5.3 Shrnutí výsledků – preventivní program**

Preventivní program diplomové práce je tvořen dotazníkovým šetřením provedeným mezi laickou veřejností a mapujícím její informovanost z hlediska problematiky nebezpečnosti oxidu uhelnatého a edukačním materiálem, který je přílohou 1 této práce. Dotazník byl distribuován mezi laickou veřejnost prostřednictvím sociálních médií.



Tohoto dotazníkového šetření se zúčastnilo celkem 212 respondentů, převážně ve věku 18–26 let.

Dotazníkový formulář byl zaměřen hlavně na fyzikální vlastnosti (barva, zápach a hustota), nebezpečnost a rizika oxidu uhelnatého, možnosti jeho vzniku a způsob poskytnutí první pomoci při otravě.

Ze šetření vyplynulo, že drtivá většina respondentů si je vědoma toho, že oxid uhelnatý je bezbarvý plyn bez zápachu. V případě zápachu oxidu uhelnatého se však téměř pětina dotázaných domnívala, že má tento plyn štiplavý zápach. Z běžně známých plynů má štiplavý zápach například amoniak, chlor, chlorovodík či oxid siřičitý.

Pouze třetina dotázaných věděla, že má oxid uhelnatý přibližně stejnou hustotu jako vzduch, a tak bude rovnoměrně rozptýlen v místnosti. Větší část se domnívala, že je tento plyn výrazně těžší než vzduch, a proto se bude kumulovat u podlahy. V tomto směru zřejmě došlo k záměně oxidu uhelnatého za oxid uhličitý, který má skutečně vyšší hustotu než oxid uhelnatý. Nezanedbatelná část dotázaných se rovněž domnívala, že je oxid uhelnatý lehčí než vzduch a bude se kumulovat u stropu.

Téměř tři čtvrtiny dotázaných znají skutečné riziko oxidu uhelnatého a většina respondentů byla schopna správně určit i prvotní příznaky při otravě tímto plynem (především bolesti hlavy).

Většina dotázaných si vybaví jako způsob vzniku oxidu uhelnatého výfukové plyny v automobilu. Karbon v koupelnách je až na druhém místě. Menší polovina si uvědomuje riziko vzniku tohoto plynu i při hoření dřeva v běžném otevřeném krbu.

Jako zcela alarmující je utkvělá představa laické veřejnosti o možnosti indikace přítomnosti oxidu uhelnatého pomocí uhasnutí hořící svíčky. V tomto ohledu dochází zřejmě opět k záměně oxidu uhelnatého za oxid uhličitý, který skutečně nepodporuje hoření a svíčku by uhasil. Naopak oxid uhelnatý je sám o sobě hořlavý plyn. Pouze pětina respondentů uvedla zamlžení zrcadla jako jednu z možných laických indikací. Naopak za velmi pozitivní lze označit správně zafixovaný postup poskytnutí první pomoci při otravě oxidem uhelnatým. Téměř 94 % respondentů by zajistila postiženému přístup čerstvého vzduchu.

Téměř všichni respondenti správně uvedli jako prevenci otravy oxidem uhelnatým pořízení detektoru tohoto plynu a větší polovina i pravidelné větrání v domácnosti.

Jako zcela orientační byla začleněna i otázka ohledně ceny základního detektoru oxidu uhelnatého. Podle údajů od prodejců lze základní detektory pořídit přibližně již za 300 Kč, tedy méně než 500 Kč. Kvalita a funkčnost zařízení je pak samozřejmě spojena i s jeho cenou, která může být i podstatně vyšší.

Vzhledem k častým záměnám vlastností oxidu uhelnatého a uhličitého je dále uvedena tabulka 22 zpřehledňující některé charakteristiky těchto dvou plynů.

**Tabulka 22 Charakteristika vlastností oxidu uhelnatého a oxidu uhličitého**

	<b>Oxid uhelnatý</b>	<b>Oxid uhličitý</b>
<b>Vzorec</b>	CO	CO <sub>2</sub>
<b>Hustota [kg/m<sup>3</sup>]</b>	1,145 (srovnatelné se vzduchem)	1,977 (těžší než vzduch)
<b>Barva</b>	žádná	žádná
<b>Zápach</b>	žádný	žádný
<b>Chování v přítomnosti plamene</b>	hoří modrým plamenem	nepodporuje hoření
<b>Nebezpečnost</b>	váže se pevně na červené krevní barvivo hemoglobin, brání přenosu kyslíku v krvi	není dýchatelný, může způsobit udušení až smrt

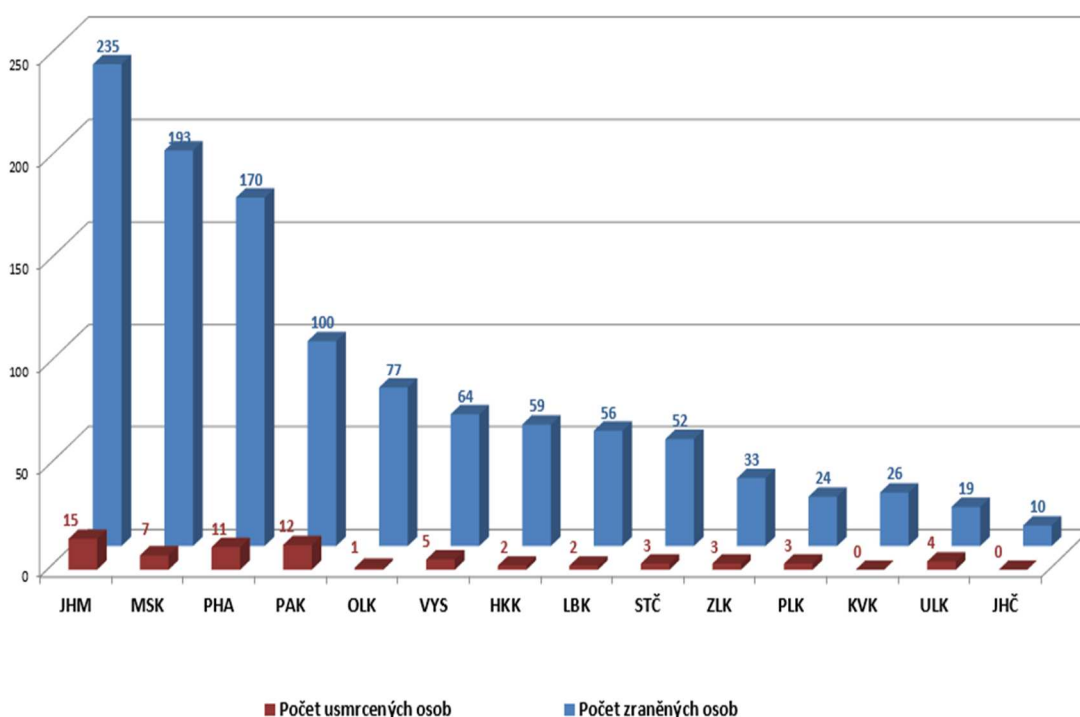
Zdroj: vlastní výzkum

#### **5.4 Porovnání výsledků získaných výzkumem**

V rámci této podkapitoly, která je součástí diskuze, jsou porovnány počty případů intoxikací v souvislosti s oxidem uhelnatým mezi vybranými kraji v ČR a jsou zde rovněž rozebrány a srovnány výsledky diplomové práce se čtyřmi kvalifikačními pracemi zpracovanými na podobné téma.

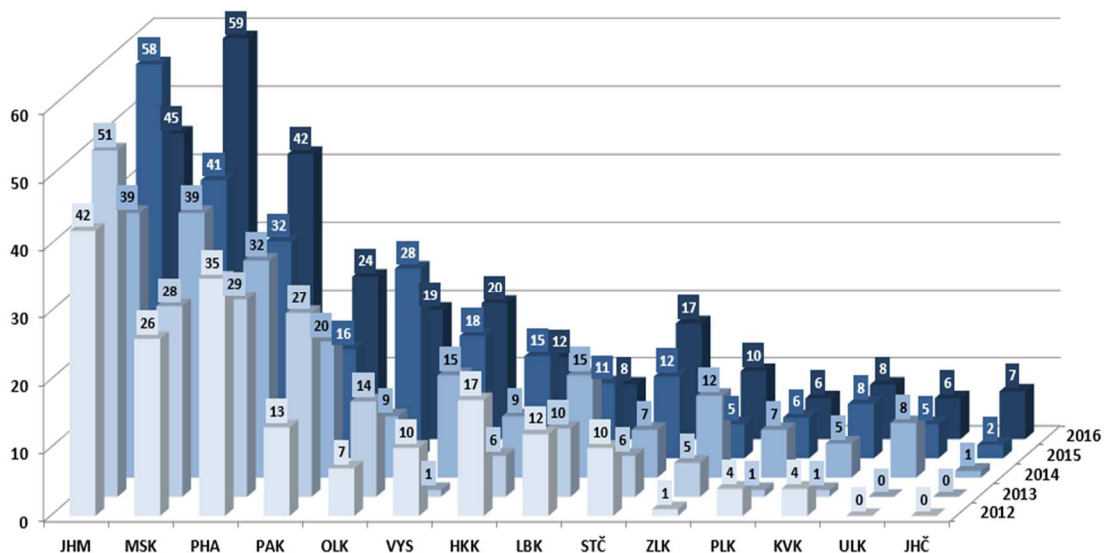
#### 5.4.1 *Porovnání počtu případů intoxikací v souvislosti s oxidem uhelnatým s ostatními kraji v ČR*

K nejvyššímu počtu intoxikací došlo v letech 2012-2016 v kraji Jihomoravském a Moravskoslezském. Tyto kraje jsou z hlediska počtu obyvatel 4. a 3. nejpočetnější. Ačkoliv nejvíce obyvatel žije ve Středočeském kraji, je zde výskyt intoxikací oxidem uhelnatým velmi nízký – tento kraj je až na 9. místě. Paradoxně je vyšší výskyt otrav v Libereckém kraji, který je druhým nejméně obydleným v ČR. Nejvyšší letalita pak byla evidována v Jihomoravském a Pardubickém kraji. Přitom z hlediska výskytu počtu intoxikací oxidem uhelnatým je Pardubický kraj až na 4. místě. Zatímco v Olomouckém kraji bylo evidováno pouze 1 úmrtí na 77 incidencí (1,3 %), v Ústeckém kraji došlo ke 4 úmrtím z 19 případů (21,1 %). Přehledné srovnání jednotlivých krajů je demonstrováno na obrázcích 25–27.



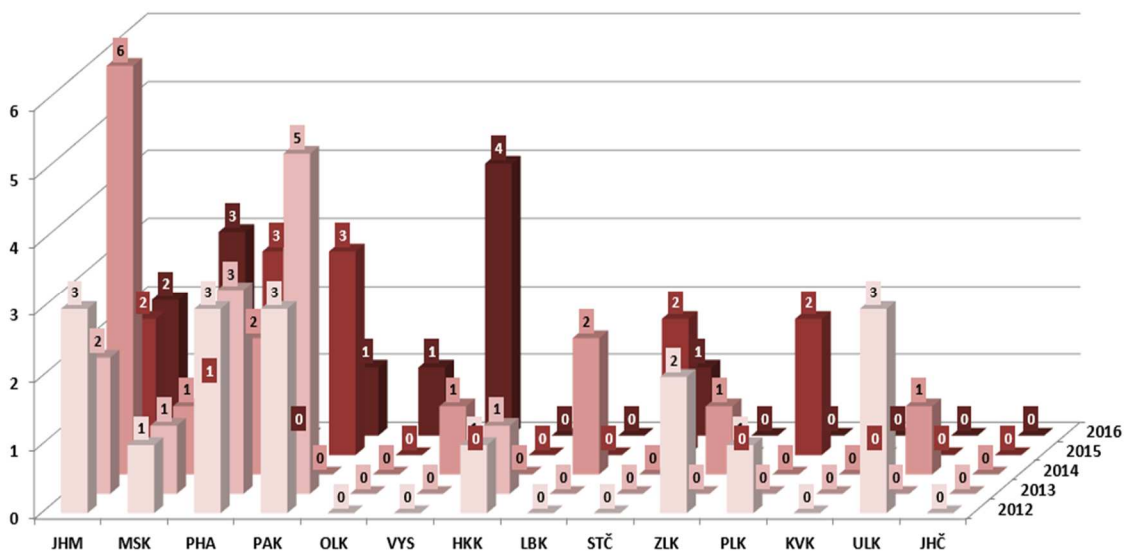
**Obrázek 25** Graf celkového počtu usmrcených a zraněných osob z důvodu intoxikace CO v ČR za období let 2012–2016 evidovaných u mimořádných událostí řešených HZS ČR v jednotlivých krajích

Zdroj: ČAHD



Obrázek 26 Graf počtu zraněných osob z důvodu intoxikace CO v ČR za období let 2012–2016 evidovaných u mimořádných událostí řešených HZS ČR

Zdroj: ČAHD



Obrázek 27 Graf počtu usmrcených osob z důvodu intoxikace CO v ČR za období let 2012–2016 evidovaných u mimořádných událostí řešených HZS ČR

Zdroj: ČAHD

#### 5.4.2 *Porovnání výsledků s jinými kvalifikačními pracemi*

Pro potřebu diskuze byly výsledky diplomové práce srovnány se 4 kvalifikačními pracemi. Bakalářská práce s názvem „*Přednemocniční neodkladná péče o pacienty s otravami oxidem uhelnatým*“ od Ivy Hajíčkové se zaměřuje na ověření znalostí a znalostí problematiky intoxikací oxidem uhelnatým u zdravotnických záchranářů a lékařů ze zdravotnických záchranných služeb. Formou polořízených rozhovorů zjistila, že výskyt intoxikací oxidem uhelnatým, bez ohledu na délku praxe zdravotnických pracovníků, není tak častý, jak se mohlo původně předpokládat. Dalším výsledkem jejího výzkumu bylo, že nejčastější příčinou intoxikace oxidem uhelnatým je důsledek nedokonalého spalování v karmě či při požárech, což potvrzuje i statistické zpracování výjezdů a zásahů zdravotnické záchranné služby a hasičského záchranného sboru v této diplomové práci. Z polořízených rozhovorů bakalářské práce kolegyně Hajíčkové bylo zjištěno, že výskyt případů intoxikace spíše klesá, což vyvrací tuto diplomovou práci, ve které bylo zjištěno, že počet intoxikací CO má spíše rostoucí tendenci.

Z hlediska odborných znalostí zdravotnických pracovníků jsou teoretické poznatky na dobré úrovni. Nejčastějším zdrojem odborných znalostí bylo získání teoretických a praktických dovedností na vyšších odborných a vysokých školách. Problémem ale může být informovanost laické veřejnosti, která nemusí disponovat základními znalostmi této problematiky, jako je tomu například v souvislosti s problematikou propagace laické kardiopulmonální resuscitace s využitím AED pro veřejnost (Hajíčková, 2013). Proto byl v rámci této práce zpracován preventivní program věnovaný právě laické veřejnosti k umožnění vyšší informovanosti o rizicích nebezpečných plynů.

Druhá bakalářská práce s názvem „*Otrava oxidem uhelnatým v přednemocniční neodkladné péči*“ autorky Aleny Grossmannové se v empirické části zabývá rozborem 4 pacientů s akutní intoxikací oxidem uhelnatým. Obdobně jako v této diplomové práci je zde popisován postup zdravotnické záchranné služby na místě události s důrazem na diagnostickou rozvahu, neboť právě správné určení diagnózy rozhoduje o stanovení adekvátní a účinné terapie a o dalším osudu pacienta. Dále se její bakalářská práce zabývá správným zahájením terapie již v přednemocniční fázi s následným transportem do zdravotnického zařízení, což popisuje i teoretická část této diplomové práce. Celá

její bakalářská práce si klade za cíl navrhnout preventivní opatření vůči intoxikacím tímto bezbarvým plynem. V praktické části této práce byl proto vytvořen preventivní program ve formě edukačního materiálu, který je určen jak pro odborné zdravotnické pracovníky, tak především pro laickou veřejnost (Grossmannová, 2015).

Třetí kvalifikační práce s názvem „*Nenápadný příznak jménem oxid uhelnatý, kompletní řešení intoxikace oxidem uhelnatým v přednemocniční neodkladné péči a na urgentních příjmech*“ studentky Lady Žampachové rozebírá rovněž kazuistiku případu intoxikace oxidem uhelnatým, s komplexním pohledem jednotlivých složek integrovaného záchranného systému. Další části její práce pak obsahují postřehy a opatření, které by měly vést k řešení potenciálních nedostatků (Žampachová, 2015). V tomto ohledu je část struktury zmíněné kvalifikační práce obdobná s touto diplomovou prací.

Čtvrtá závěrečná práce „*Akutní intoxikace oxidem uhelnatým se zaměřením na léčbu hyperbarickou oxygenoterapií*“ pana Tomáše Grzywače popisuje hyperbarickou oxygenoterapii a možnosti terapie hyperbarickou oxygenoterapií s následným rozбором případu ve formě kazuistiky u pacienta s intoxikací oxidem uhelnatým, který byl indikován k léčbě hyperbarickou oxygenoterapií v hyperbarické komoře (Grzywač, 2014). Tato metoda léčby je v této diplomové práci zmíněna bez podrobnějšího popisu, avšak s uvedením například jejich přesného umístění.

## **5.5 Výzkumná otázka – diskuze**

V podkladu pro zadání diplomové práce byla formulována výzkumná otázka Jak závažným problémem jsou intoxikace toxickými plyny v přednemocniční neodkladné péči a urgentní medicíně?

Intoxikace jedovatými plyny nepatří mezi příliš časté případy, které je zapotřebí v přednemocniční neodkladné péči a urgentní medicíně řešit. Incidence těchto případů je závislá na ročním období (nejvíce jich je v topné sezóně), regionu (neexistuje přímá úměra mezi obydleností krajů ČR a počtem výskytu otrav oxidem uhelnatým) a příčinou těchto otrav (nejvíce je to způsobeno plynovými spotřebiči, což souvisí s topnými sezónami). Jako závažný problém je možné chápat mylné představy veřejnosti o vlastnostech a rizicích oxidu uhelnatého. Většina laické veřejnosti se

domnívá, že je tento plyn těžší než vzduch a kumuluje se pouze ve spodních částech místností. Kromě toho se domnívají, že lze oxid uhelnatý indikovat pomocí zhasnutí hořící svíčky. Následky otrav oxidem uhelnatým jsou závislé na věku, pohlaví, fyzické kondici postiženého a na koncentraci oxidu uhelnatého, době jeho působení a na rychlosti poskytnutí první pomoci a účinné léčby v rámci urgentní medicíny. Průměrná letalita je přibližně 6 % a pohybuje se v závislosti na konkrétním kraji a roku orientačně od 1 do 20 %.

## Závěr

Z toxikologického hlediska je možné za jed považovat každou látku, pouze záleží na její dávce, způsobu podání a organismu, který danou látku přijímá. Častými případy otrav jsou intoxikace jedovatými plyny. Ty mohou být způsobeny záměrně například při chemických útocích, ke kterým dochází i v současné době, nebo neúmyslně, kdy člověk inhaluje kouř při požáru. Jako bojové plyny se používají obvykle chlor, yperit či sarin. Kouř vzniklý při požáru je směsí plynů, především oxidu uhelnatého a uhličitého, oxidů dusíku a síry a dalších. Nebezpečnost oxidu uhelnatého tkví v jeho schopnosti vytvářet velmi stabilní vazbu s červeným krevním barvivem hemoglobinem a bránit tak přenosu dýchatelného a životně potřebného kyslíku po organismu. V případě intoxikace oxidem uhelnatým je důležité správné poskytnutí první pomoci, tj. bezprostřední vyproštění pacienta ze zamořené oblasti a přivolání zdravotnické záchranné služby, následná přednemocniční neodkladná péče a správné směrování pacienta do cílového zdravotnického zařízení.

Projevy intoxikace oxidem uhelnatým jsou závislé na jeho koncentraci, době působení tohoto plynu na organismus postiženého a na celkovém fyzickém stavu tohoto jedince (pohlaví, věk...). Letalita případů otrav oxidem uhelnatým je naštěstí menší než 10 % a tyto případy nepatří z hlediska urgentní medicíny mezi příliš četné. Přesto lze spatřit problém v nedostatečné informovanosti laické veřejnosti o vlastnostech a rizicích tohoto plynu. Jako příklad lze uvést utkvělou představu, že lze tento plyn indikovat zhasnutím hořící svíčky (záměna za oxid uhličitý). Jelikož je zdrojem oxidu uhelnatého často plynový spotřebič, jsou jednotlivé případy často pouhým důsledkem podcenění prevence v podobě dostatečného větrání v místnostech s těmito zařízeními nebo pořízení alespoň základního detektoru na oxid uhelnatý.

Ze zjištěného lze formulovat odpověď na výzkumnou otázku „Jak závažným problémem jsou intoxikace toxickými plyny v přednemocniční neodkladné péči a urgentní medicíně?“ Riziko otrav jedovatými plyny není záhodno podceňovat, ačkoliv je jejich incidence zlomková a letalita nízká (cca 6 %). Přesto je však zapotřebí posílit informovanost veřejnosti o rizicích účinku oxidu uhelnatého, především upozornit na možnosti vhodné prevence, neboť valné části otrav bylo možné předcházet.



## Seznam použitých zdrojů

1. BALOG, K., 1998. *Základy toxikologie*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. 107 s. ISBN 80-86111-29-6.
2. BULÍKOVÁ, T. 2014. Otrava oxidem uhelnatým: Dve krátke kazuistiky zo záchranárskej praxe. *Urgentní medicína*. 20(4), 32-36. ISSN 1212-1924.
3. ČAHD, 2018. *Celkový počet usmrtených a zraněných osob z důvodu intoxikace oxidem uhelnatým v ČR za období let 2012-2016 evidovaných u mimořádných událostí řešených Hasičským záchranným sborem ČR* [online]. Ostrava: Česká asociace hasičských důstojníků: Ochrana proti únikům plynů a požárům [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.detektory.cahd.cz/statistiky/#1>
4. Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny, 2016. *Seznam pracovišť* [online]. Ostrava: Centrum hyperbarické medicíny, Městská nemocnice Ostrava [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: <http://www.cshlm.cz/seznam-pracovist>
5. Česká televize, 2017. *Lékaři bez hranic: Oběti útoku v Idlibu zasáhly nejméně dvě chemické látky* [online]. Praha: Česká televize [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/svet/2076999-lekari-bez-hranic-obeti-utoku-v-idlibu-zasahly-nejmene-dve-chemicke-latky>.
6. Český statistický úřad, 2018. [online]. Praha: ČSÚ [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/>
7. DAVIS, C. G., 2013. Why is Epinephrine used during an allergic reaction? *Scienceline*. [online] 9. únor 2013 [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <http://scienceline.org/2013/02/why-is-epinephrine-used-during-an-allergic-reaction/>
8. DOBIÁŠ, V., 2013. *Klinická propedeutika v urgentní medicíně*. Praha: Grada. 208 s. ISBN 978-80-247-4571-8.
9. GRAY, T. W., 2012. *Prvky: obrazový průvodce všemi známými atomy ve vesmíru*. Praha: Slovart. 240 s. ISBN 978-80-7391-544-5.
10. GROSSMANNOVÁ, A., 2015. *Otrava oxidem uhelnatým v přednemocniční péči*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta.
11. GRZYWAČ, T., 2014. *Akutní intoxikace oxidem uhelnatým se zaměřením na léčbu hyperbarickou oxygenoterapií*. Ostrava. Bakalářská práce. Ostravská univerzita v Ostravě.

12. HAJÍČKOVÁ, I., 2013. *Přednemocniční neodkladná péče o pacienty s otravami oxidem uhelnatým*. České Budějovice. Bakalářská práce. ZSF JU.
13. HORÁK, J., LINHART, I., KLUSOŇ, P., 2004. *Úvod do toxikologie a ekologie pro chemiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 188 s. ISBN 978-80-7080-548-0.
14. HOUSECROFT, C. E., SHARPE, A. G., 2014. *Anorganická chemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 1119 s. ISBN 978-80-7080-872-6.
15. Ibis Communications, Inc., 2003. The Suicide of Socrates, 399 BC. *Eye Witness to History* [online] © 2003 [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <http://www.eyewitnesstohistory.com/socrates.htm>
16. Illinois Poison Center, 2012. Hydrogen Cyanide [online]. Chicago: Illinois Poison Center, květen 2012 [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <https://illinoispoisoncenter.org/HydrogenCyanide>
17. National Center for Biotechnology, 2017. Potassium Dichromate. *PubChem Compound Database* [online]. © 2017 [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24502>
18. BLUMENTHAL, I., 2001. Carbon monoxide poisoning. *Journal of the Royal society of medicine* [online]. 94(6), 270–272 [cit. 2017-07-31]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1281520/>
19. KOZÁK, M., 2018. *Cyklon B - insekticid, který zabil víc lidí než hmyzu* [online]. Praha: CN Invest a.s. [cit. 2017-07-31] Dostupné z: <http://vtm.e15.cz/clanek/cyklon-b-insekticid-ktery-zabil-vic-lidi-nez-hmyzu>. ISSN 1213-8991.
20. Kraj Vysočina, 2018. *Zdravotnický portál Kraje Vysočina* [online]. Jihlava: Kraj Vysočina [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <http://www.kr-vysocina.cz/zdravotnicky-portal.asp?p1=32066>
21. KVARČÁK, M., 2005. *Základy požární ochrany*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. 134 s. ISBN 80-86634-76-0.
22. Lenntech BV, 2017. *Water intoxication* [online]. Delfgauw: Lenntech BV [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <http://www.lenntech.com/water-intoxication.htm>
23. LINHART, I., 2014. *Toxikologie: interakce škodlivých látek s živými organismy, jejich mechanismy, projevy a důsledky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 410 s. ISBN 978-80-7080-877-1.

24. MAČÁK, J., MAČÁKOVÁ, J., DVOŘÁČKOVÁ, J., 2012. *Patologie*. Praha: Grada. 376 s. ISBN 978-80-2473-530-6.
25. MAŠKOVÁ, M., 2004. Předák ukrajinské opozice přestál otravu dioxinem. *BBC Czech.com* [online]. Praha: BBC, 13. prosince 2004 [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: [http://www.bbc.co.uk/czech/worldnews/story/2004/12/041213\\_yuschenko\\_pckg.shtml](http://www.bbc.co.uk/czech/worldnews/story/2004/12/041213_yuschenko_pckg.shtml)
26. MATOUŠEK, J., LINHART, P., 2005. *CBRN: chemické zbraně*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. 151 s. ISBN 80-86634-71-X.
27. MCMURRY, J., 2015. *Organická chemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 1200 s. ISBN 978-80-7080-930-3.
28. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 [online]. [cit. 2017-07-31]. In: *Úřední věstník Evropské unie*. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:cs:PDF>
29. NESMĚRÁK, K., 2017. Jedy a traviči v dějinách. *Přírodovědci.cz: magazín Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy*. Sv. VI, 1.
30. NESMĚRÁK, K., 2018. Toxikologie. *UK PřF I Osobní stránky Karla Nesměráka* [online]. Praha: UK [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/~nesmerak/toxikologie2.html>
31. Office of Information and Public Affairs U.S., 2017. *Consumer Product Safety Commission. 2017. Asbestos Exposure and Cancer Risk Fact Sheet* [online]. Bethesda: National Cancer Institute [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/substances/asbestos/asbestos-fact-sheet>
32. PATOČKA, J., 2004. *Vojenská toxikologie*. Praha: Grada. 180 s. ISBN 80-247-0608-3.
33. PATOČKA, J., 2005. *Základy toxikologie (Kapitoly I až III)* [online]. Praha: Toxicology.cz [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=10>
34. PATOČKA, J. 2006. *Toxicita chrómu a jeho sloučenin* [online]. Praha: Toxicology.cz [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=29>
35. PELCLOVÁ, D., 2014. *Nemoci z povolání a intoxikace*. Praha: Karolinum. 316 s. ISBN 978-80-246-2597-3.

36. Plumbing Today, 2016. *Why Does My Water Smell Like Sulfur?* [online]. 27. července 2016 [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <https://plumbingtoday.biz/blog/why-does-my-water-smell-like-sulfur>
37. POKORNÝ, J., 2010. *Lékařská první pomoc*. Praha: Galén. 474 s. ISBN 978-80-726-2214-6.
38. POLÁK, M., 2016. *Urgentní příjem: nejčastější znaky, příznaky a nemoci na oddělení urgentního příjmu*. Praha: Mladá fronta. 118 s. ISBN 978-80-204-3939-0.
39. PRECHL, W., 2007. Cheap wine as the cause of death. Beethoven didn't need to die this way. *MMW Fortschr Med*.
40. PTÁČKOVÁ, Z., LUPTÁKOVÁ, V., 2016. *Dvě utajované děti a stovky múz. Příběhy slavných: Jiří Šlitr* [online]. Praha: Český rozhlas, 18. listopadu 2016 [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: [http://www.rozhlas.cz/dvojka/stream/\\_zprava/dve-utajovane-deti-astovky-muz-pribehy-slavnych-jiri-slitr--1667939](http://www.rozhlas.cz/dvojka/stream/_zprava/dve-utajovane-deti-astovky-muz-pribehy-slavnych-jiri-slitr--1667939)
41. Queensland Government, 2017. Sulfur dioxide. *Environment, land and water* [online]. Brisbane: The State of Queensland [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <https://www.qld.gov.au/environment/pollution/monitoring/air-pollution/sulfur-dioxide>
42. REMEŠ, R., TRNOVSKÁ, S., 2013. *Praktická příručka přednemocniční urgentní medicíny*. Praha: Grada. 240 s. ISBN 978-80-247-4530-5.
43. SILNÁ, B. 2016. *Provozovatelé letecké záchrany od ledna 2017 vybráni* [online]. Komora záchranářů: Zdravotnických záchranných služeb České republiky [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: <https://www.komorazachranaru.cz/aktualita/provozovatele-letecke-zachranky-od-ledna-2017-vybrani>
44. Simont, 2015. Health risks of radon in buildings [online]. London: GGS UK [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <http://www.ggs-uk.com/health-risks-radon-buildings/>
45. Sunalim, 2011. Pharmacokinetics Basics - Absorption, Distribution, Metabolism and Excretion. *PharmaXChange.org* [online]. 9. dubna 2011 [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <http://pharmaxchange.info/press/2011/04/pharmacokinetics-basics-absorption-distribution-metabolism-and-excretion/>
46. ŠEBLOVÁ, J., KNOR, J., 2013. *Urgentní medicína v klinické praxi lékaře*. Praha: Grada. 416 s. ISBN 978-80-247-4434-6.
47. ŠEVČÍK, P., MATĚJOVIČ, M., 2014. *Intenzivní medicína*. Praha: Galén. 1195 s. ISBN 978-80-749-0660-0.

48. ŠEVELA, K., ŠEVČÍK, P. 2011. *Akutní intoxikace a léková poškození v intenzivní medicíně*. Praha: Grada. 328 s. ISBN 978-80-247-3146-9.
49. ŠÍN, Robin. 2017. *Medicína katastrof*. Praha: Galén. 351 s. ISBN 978-80-7492-295-4.
50. ŠTĚTINA, J., 2014. *Zdravotnický a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. Praha: Grada. 557 s. ISBN 978-80-247-4578-7.
51. THOMPSON, L. J. *Overview of Salt Toxicity* [online]. Kenilworth: Merck & Co., Inc. [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <http://www.merckvetmanual.com/toxicology/salt-toxicity/overview-of-salt-toxicity>
52. Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů, 2018. [online]. ÚZIS. [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/cz/mkn/index.html>
53. WICHTERLOVÁ, J., 2001. *Chemie nebezpečných anorganických látek*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. 63 s. ISBN 80-86111-92-X.
54. Zákon 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 143, s. 7666-7688.
55. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 108, s. 3260-3303.
56. Zdravotnická záchranná služba Kraje Vysočina. [online]. Jihlava: ZZS KV [cit. 2017-07-31]. Dostupné z: <http://www.zzsvyšocina.cz/>
57. ŽAMPACHOVÁ, L., 2015. *Nenápadný příznak jménem oxid uhelnatý, komplexní řešení intoxikace oxidem uhelnatým v přednemocniční péči a na urgentních příjmech*. Ostrava. Bakalářská práce. Ostravská univerzita v Ostravě.

## Seznam příloh

Příloha 1 Edukační materiál.....	92
Příloha 2 Mezinárodní klasifikace nemocí – diagnózy.....	93
Příloha 3 Přehled poskytovatelů hyperbarické oxygenoterapie na území ČR k 1. 8. 2016 .....	94
Příloha 4 Ověření informovanosti veřejnosti: Rizikové chování oxidu uhelnatého.....	96

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Příznaky otravy oxidem uhelnatým v závislosti na jeho procentuálním zastoupení .....	24
Tabulka 2 Ostravská klasifikace .....	25
Tabulka 3 Vybrané příčiny hypoxie při intoxikacích jedovatými plyny (dle Corbridge) .....	34
Tabulka 4 Přehled základen a provozovatelů LZS ČR k 1. 1. 2017.....	43
Tabulka 5 Rozlohy jednotlivých okresů a počty obyvatel v Kraji Vysočina .....	47
Tabulka 6 Typy a počty výjezdových skupin .....	48
Tabulka 7 Členění výjezdových skupin do oblastí .....	49
Tabulka 8 Seznam výjezdových základen a výjezdových skupin .....	49
Tabulka 9 Statistika počtu intoxikací oxidem uhelnatým se zraněním a úmrtím osob řešených složkami IZS v Kraji Vysočina v roce 2015.....	52
Tabulka 10 Statistika počtu intoxikací oxidem uhelnatým se zraněním a úmrtím osob řešených složkami IZS v Kraji Vysočina v roce 2016.....	53
Tabulka 11 Statistika počtu intoxikací oxidem uhelnatým se zraněním a úmrtím osob řešených složkami IZS v Kraji Vysočina v roce 2017.....	54
Tabulka 12 Nejčastější zdroje vzniku oxidu uhelnatého .....	55
Tabulka 13 Počet aktivací detektoru oxidu uhelnatého v rámci ZZS Kraje Vysočina...	56
Tabulka 14 Počty událostí s příznakem intoxikace zplodinami sledovaných HZS Kraje Vysočina za jednotlivé roky .....	56
Tabulka 15 Indikace k výjezdu posádky ZZS a diagnóza při předání pacientky ve zdravotnickém zařízení .....	59
Tabulka 16 Výzva zdravotnického operačního střediska ZOS.....	60
Tabulka 17 Vstupně naměřené hodnoty .....	60
Tabulka 18 Hodnoty naměřené během terapie a transportu do zdravotnického zařízení	61
Tabulka 19 Hodnoty naměřené při předání pacientky ve zdravotnickém zařízení.....	61
Tabulka 20 Další důležité ukazatele a parametry .....	62
Tabulka 21 Časový průběh tísňové výzvy .....	63
Tabulka 22 Charakteristika vlastností oxidu uhelnatého a oxidu uhličitého .....	74

## Seznam obrázků

Obrázek 1	Strukturní vzorec glykosid amygdalinu s vyznačenou $-C\equiv N$ skupinou.....	12
Obrázek 2	Obraz Smrt Sokratova od francouzského malíře Jasquese-Louise Davida a strukturní vzorec koniinu .....	13
Obrázek 3	Bývalý prezident Ukrajiny Viktor Juščenko .....	14
Obrázek 4	Toxické účinky různých látek v závislosti na zasaženém orgánu lidského organismu.....	17
Obrázek 5	Detektory oxidu uhelnatého .....	23
Obrázek 6	Příznaky otravy oxidem uhelnatým.....	24
Obrázek 7	Strukturní vzorec hemoglobinu .....	26
Obrázek 8	Graf závislosti saturace (nasyčení) myoglobinu a hemoglobinu kyslíkem při různých tlacích (vyjádřených v mm rtuťového sloupce) .....	26
Obrázek 9	Graf závislosti saturace hemoglobinu oxidem uhelnatým a kyslíkem v závislosti na různých hodnotách tlaku (vyjádřených v mm rtuťového sloupce) .....	27
Obrázek 10	Přehled léčebných center hyperbarické oxygenoterapie na území ČR k 1. 8. 2016. ....	42
Obrázek 11	Geografické znázornění výjezdových základen Zdravotnické záchranné služby Kraje Vysočina .....	50
Obrázek 12	Celkový počet usmrcených a zraněných osob v souvislosti s intoxikací oxidem uhelnatým v letech 2015–2017 řešených složkami IZS v Kraji Vysočina .....	55
Obrázek 13	Graf věkové struktury respondentů dotazníku .....	65
Obrázek 14	Graf rozložení pohlaví respondentů .....	65
Obrázek 15	Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně barvy oxidu uhelnatého.....	66
Obrázek 16	Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně zápachu oxidu uhelnatého.....	66
Obrázek 17	Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně hustoty oxidu uhelnatého.....	66
Obrázek 18	Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně rizika oxidu uhelnatého.....	67
Obrázek 19	Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně prvotních příznaků otravy oxidu uhelnatého .....	67
Obrázek 20	Vyhodnocení odpovědí na otázku možného vzniku oxidu uhelnatého.....	67
Obrázek 21	Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně indikace přítomného oxidu uhelnatého .....	68
Obrázek 22	Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně způsobu poskytnutí první pomoci při otravě oxidem uhelnatým .....	68



Obrázek 23 Vyhodnocení odpovědí na otázku ohledně prevence otravy oxidem uhelnatým.....	68
Obrázek 24 Graf vyhodnocení odhadu respondentů ohledně ceny detektorů oxidu uhelnatého .....	69
Obrázek 25 Graf celkového počtu usmrcených a zraněných osob z důvodu intoxikace CO v ČR za období let 2012–2016 evidovaných u mimořádných událostí řešených HZS ČR v jednotlivých krajích .....	75
Obrázek 26 Graf počtu zraněných osob z důvodu intoxikace CO v ČR za období let 2012–2016 evidovaných u mimořádných událostí řešených HZS ČR.....	76
Obrázek 27 Graf počtu usmrcených osob z důvodu intoxikace CO v ČR za období let 2012–2016 evidovaných u mimořádných událostí řešených HZS ČR.....	76

## Seznam použitých zkratek

ADME – Absorption – Distribution – Metabolism – Excretion

ARDS – Acute Respiratory distress syndrome

ARO – Anesteziologicko-resuscitační oddělení

CNS – Centrální nervová soustava

COHb – Karbonylhemoglobin

CPAP – Continuous Positive Airway Pressure

ČSHLM ČLS JEP - Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně

derm. – dermální

DF – Dechová frekvence

DIOP – Dlouhodobá intenzivní ošetrovatelská péče

DNA – deoxyribonukleová kyselina

DSA – Delta System Air

EC – efektivní koncentrace

ED – efektivní dávka

EKG – Elektrokardiogram

ES – Evropské společenství

ETCO<sub>2</sub> – Kapnometrie

ETK – Endotracheální kanyla

FiO<sub>2</sub> – Inspirační kyslíková frakce

FN – Fakultní nemocnice

GCS – Glasgow Coma Scale

GIT – Gastrointestinální trakt

HBO – Hyperbarická oxygenoterapie

HKK – Horní končetiny

HZS – Hasičský záchranný sbor

i.a. – intraarteriální

i.m. – intramuskulární

i.v. – intravenózní

IBP – Invazivní měření krevního tlaku

inh. – inhalační

IZS – Integrovaný záchranný systém

JIP – Jednotka intenzivní péče  
LC – Letální koncentrace  
LD – Letální dávka  
LF UK – Lékařská fakulta Univerzity Karlovy  
LOAEL – Lowest Observable Adverse Effect Level  
LZS – Letecká záchranná služba  
MKN – Mezinárodní klasifikace nemocí  
NIBP – Neinvazivní měření krevního tlaku  
NO – Nynější onemocnění  
NOAEL – No Observable Adverse Effect Level  
obj. – objemový  
okr. – okres  
or. – orální  
PB – propan-butan  
PČR – Policie České republiky  
RLP – Rychlá lékařská pomoc  
RV – Rendez Vous  
RZP – Rychlá zdravotnická pomoc  
sc. – subkutánní  
SCHJ – Succinylcholinjodid  
SpO<sub>2</sub> – Saturace hemoglobinu kyslíkem (pulsní oxymetrie)  
TC – Toxická koncentrace  
TD – Toxická dávka  
TF – Tepová frekvence  
TK – Krevní tlak  
TT – Tělesná teplota  
UPV – Umělá plicní ventilace  
ÚZIS – Ústav zdravotnických informací a statistiky  
VFN – Všeobecná fakultní nemocnice  
ZOS – Zdravotnické operační středisko  
ZZ – Zdravotnické zařízení  
ZZS – Zdravotnická záchranná služba

## Příloha 1 Edukační materiál

Informační materiál vytvořený v rámci této diplomové práce pojednávající o vlastnostech, nebezpečnosti a první pomoci při otravách oxidem uhelnatým.

# NEBEZPEČNOST OXIDU UHELNATÉHO CO

## VLASTNOSTI

Oxid uhelnatý CO je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu. Tato skutečnost (není možné ho identifikovat pomocí barvy ani zápachu) je příčinou jeho nebezpečnosti. Oxid uhelnatý je mírně lehčí než vzduch a snadno se s ním mísí. Tento plyn se velmi pevně váže na červené krevní barvivo hemoglobin (přibližně 240x silněji než kyslík), čímž blokuje přenos kyslíku v organismu. Takto může oxid uhelnatý způsobit „vnitřní udušení“, což může vést až k úmrtí.



## VÝSKYT A PREVENCE

Nejčastějším způsobem vzniku oxidu uhelnatého je „nedokonalé hoření“. K němu dochází při spalování za nedostatečného přístupu kyslíku, nízkých teplot nebo rychlém hoření. Jelikož oxid uhelnatý patří mezi spalné zplodiny, je zastoupen v kouři při požárech, sopečné činnosti či ve výfukových plynech. Proto lze riziku výskytu oxidu uhelnatého předejít dobrým větráním místnosti, pravidelnou údržbou a servisem spotřebičů či pořízením kvalitních detektorů jako je třeba znázorněn na obrázku.



## SIGNÁLY A PROJEVY

Existuje několik možností „laické“ kontroly přítomnosti oxidu uhelnatého. Nedokonalé spalování se projevuje žlutým plamenem nebo vznikem tuhých zplodin hoření (pevné částice sazí). Přítomný oxid uhelnatý způsobuje orosení chladných ploch (např. zrcadel) a ve směsi s jinými plyny má slabě kyselý zápach a je znatelná vlhkost.

**Prvotními projevy otravy oxidem uhelnatým jsou bolesti hlavy, zvracení, závratě, dušnost a kolaps. V poslední fázi může nastat bezvědomí až smrt.**

## PRVNÍ POMOC

V případě rozpoznání otravy oxidem uhelnatým je nezbytné postiženému okamžitě poskytnout první pomoc. Ta spočívá v zajištění dostatečného přístupu čerstvého vzduchu a přivolání zdravotnické záchranné služby (155). Ideální je vyproštění postiženého ze zamořené místnosti. Pokud nastala srdeční zástava, musí se ihned zahájit resuscitace (stlačování hrudníku kombinované s umělým dýcháním v poměru 30:2). Přivolaná zdravotnická záchranná služba zajistí převoz postiženého do odborného zdravotnického zařízení pro doléčení otravy.

*Edukační materiál jako přílohu vlastní diplomové práce vytvořil Ondřej Říha (2017)*

Zdroj: vlastní zpracování

## Příloha 2 Mezinárodní klasifikace nemocí – diagnózy

MKN kód	Diagnóza
<b>T 57</b>	<b>Toxické účinky jiných anorganických látek</b>
T 57.3	Kyanovodík
<b>T 58</b>	<b>Toxický účinek oxidu uhelnatého</b>
<b>T 59</b>	<b>Toxický účinek jiných plynů, dýmů a par</b> Patří sem: aerosolové náplně Nepatří sem: chlorofluoruhlovodíky (T 53.5)
T 59.0	Oxidy dusíku
T 59.1	Oxid siřičitý
T 59.2	Formaldehyd
T 59.3	Slzotvorný plyn (slzný plyn)
T 59.4	Plynný chlor
T 59.5	Plynný fluor a fluorovodík
T 59.6	Sirovodík
T 59.7	Oxid uhličitý
T 59.8	Jiné určené plyny, dýmy a páry
T 59.9	Plyny, dýmy a páry NS
<b>X 47</b>	<b>Náhodná otrava jinými plyny a parami a expozice jejich působení</b> Patří sem: oxid uhelnatý, helium – nemedicínální, slzotvorný plyn – slzný plyn, výfukový motorový plyn z vozidla, oxidy dusíku, oxid siřičitý, svítíplyn Nepatří sem: dýmy a páry kovů (X 49)

Zdroj: ÚZIS

### Příloha 3 Přehled poskytovatelů hyperbarické oxygenoterapie na území ČR

k 1. 8. 2016

Poskytovatel HBO	Telefon	Počet míst	Vybavení	Provozní doba	Heliport v dosahu
Nemocnice České Budějovice – Oddělení úrazové a plastické chirurgie	387 874 736 387 874 112	2 1 ležící 1 sedící	3 svodové EKG pulzní oxymetrie – SpO <sub>2</sub>	7:00 – 15:00	ANO
RHB ústav Hostinné		3 1 ležící 2 sedící	není určeno pro léčbu intoxikací CO		
Prajzko Hronov a.s. – soukromé sanatorium	491 482 338 605 287 597	2 komory jednomístné ležící	není určeno pro léčbu intoxikací CO		
Kübeck s.r.o. – areál Oblastní nemocnice Kladno	312 606 146 605 828 151	12 sedících nebo 2 ležící + 8 sedících	2x EKG, 1x SpO <sub>2</sub> , 1x NIBP, 1x defibrilátor, 1x ventilátor pro UPV, 1x ETCO <sub>2</sub> , 2x odsávačka	24 hodin	ANO
ALMEDEA s.r.o. – Ústí nad Labem	775 366 036 608 712 245	16 sedících nebo 4 ležící	monitor – moduly EKG, NIBP, CO <sub>2</sub> , TT, 2x SpO <sub>2</sub> , COHb, UPV – Oxylog, defibrilátor, lineární dávkovač, 2x odsávačka	24 hodin	ANO
Krajská nemocnice Liberec - ARO	606025935 485312135 485312137	1 ležící	EKG, NIBP, IBP, SpO <sub>2</sub> , ETCO <sub>2</sub> , 1x UPV, 2x lineární dávkovač	24 hodin	ANO
Nestátní ZZ – ambulance HBO – Most	732119110 476172615	6 sedících nebo 3 sedící a 1 ležící	3 svodové EKG	7:00-15:00	ANO
Městská nemocnice Ostrava – Centrum hyperbarické medicíny	596192483	10 sedících nebo 2 ležící + 5 sedících	2x EKG, 1x NIBP, 1x ETCO <sub>2</sub> , 1x IBP, 1x TT, 1x SpO <sub>2</sub> , 1x UPV, 3x lineární dávkovač, 2x odsávačka	24 hodin	NE
Nemocnice Pardubice – Centrum hyperbarické	466019430	2 komory jednomístné ležící	NE	7:30-16:00	ANO

Poskytovatel HBO	Telefon	Počet míst	Vybavení	Provozní doba	Heliport v dosahu
medicíny					
Fakultní nemocnice Plzeň	377402645 377402309 377423275	2 1 ležící 1 sedící	NE	24 hodin	ANO
VFN v Praze	224962872 224962515	2 1 ležící 1 sedící	NE	7:00-15:30	NE
Nemocnice Na Homolce - ARO	257272327 257272247 257272218	1 ležící	1x EKG, 1x NIBP, 1x IBP, 1x TT, 1x SpO <sub>2</sub> , 1x UPV, 2x lineární dávkovač	24 hodin	NE
Ústav leteckého zdravotnictví Praha 6 – Dejvice	973208126 973208118 973208147	5 sedících nebo 1 ležící + 3 sedící	bez možnosti monitorace	7:00-15:30	ANO

Zdroj: ČSHLM ČLS JEP

## Příloha 4 Ověření informovanosti veřejnosti: Rizikové chování oxidu uhelnatého



### NEBEZPEČNÝ OXID UHELNATÝ

#### Ověření informovanosti veřejnosti: Rizikové chování oxidu uhelnatého

\*Povinné pole

Uvedte svůj věk: \*

Vyberte ▾

Uvedte své pohlaví: \*

Vyberte ▾

#### Ověření informovanosti veřejnosti: chování oxidu uhelnatého

Vyberte

- do 18 let
- 18 - 26 let
- 27 - 35 let
- 36 - 45 let
- 46 - 55 let
- nad 55 let

Uvedte svůj věk: \*

Uvedte své pohlaví: \*

Uvedte, zda máte oxid uhelnatý? \*

Uvedte svůj věk: \*

Vyberte ▾

Uvedte své pohlaví: \*

Vyberte

- Muž
- Žena

Uvedte, zda máte oxid uhelnatý? \*

(bezbarvý)



1. Jakou barvu má oxid uhelnatý? \* 1 bod

- Žádnou (je bezbarvý)
- Bílou až světle šedou (vytváří dým)
- Žlutozelenou
- Modrou

2. Jaký je zápach oxidu uhelnatého? \* 1 bod

- Žádný (je bez zápachu)
- Připomínající česnek
- Připomínající zkažená vejce
- Agresivní, štiplavý

3. V jaké části místnosti se bude oxid uhelnatý kumulovat? \* 1 bod

- U podlahy (je výrazně těžší než vzduch)
- U stropu (je výrazně lehčí než vzduchu)
- Bude rovnoměrně rozptýlen v místnosti (je přibližně stejně těžký jako vzduch)
- Nebude se kumulovat (tento plyn je nestabilní a rozkládá se)

4. V čem spočívá nebezpečnost oxidu uhelnatého? \* 1 bod

- Je slizotvorný, dráždí dýchací cesty a může způsobit otok plic
- Je karcinogenní, může způsobit plicní embolii až rakovinu plic
- Váže se pevně na červené krevní barvivo hemoglobin, brání přenosu kyslíku
- Paralyzuje centrální nervovou soustavu

5. Mezi prvotní příznaky otravy oxidem uhelnatým patří (více správných odpovědí): \* 1 bod

- Bolesti hlavy
- Nevolnost (doprovázená zvracením)
- Závratě
- Dušnost

6. Oxid uhelnatý může vznikat při (více správných odpovědí): 1 bod

\*

- Smažení v kuchyni
- Nastartování auta v garáži
- Koupání v místnosti s karmou
- Hoření dřeva v otevřeném krbu

7. Indikací přítomného oxidu uhelnatého může být (více správných odpovědí): 1 bod

- Zhasnutí hořící svíčky
- Zamížení zrcadla
- Charakteristický zápach tohoto plynu
- Vznik tuhých částic při hoření

8. První pomoc při otravě oxidem uhelnatým spočívá v: \* 1 bod

- Podání dostatečného množství tekutin postiženému člověku
- Zajištění tepla postiženému člověku
- Zajištění přístupu čerstvého vzduchu postiženému člověku
- Kontrole fyziologických funkcí (tlak krve, srdeční tep, teplota...)

9. Prevence před otravou oxidem uhelnatým spočívá v (více správných odpovědí): \* 1 bod

- Pravidelné kontrole elektrospotřebičů
- Pravidelném větrání v domácnosti
- Pořízení detektoru kouře
- Pořízení detektoru oxidu uhelnatého

10. Jakou máte představu o ceně základního detektoru oxidu uhelnatého? \* 1 bod

Vyberte ▼

ODESLAT

10. Jakou máte představu o ceně základního detektoru oxidu uhelnatého? \*

1 bod

Vyberte

- Do 500 Kč
- 501 - 1000 Kč
- 1001 - 1500 Kč
- 1501 - 2000 Kč
- Více jak 2001 Kč

Ob

Googlem. Nahlásit zneužití - Smluvní podmínky služby - Další smluvní podmínky

Google Formuláře