

VPLYV PODMIENOK PROSTREDIA A ATMOSFÉRICKÝCH PODMIENOK NA ROZSAH ÚZEMIA OHROZENÉHO ÚNIKOM AMONIAKU ZO STACIONÁRNEHO ZDROJA

ANDREA MAJLINGOVÁ¹

Abstract — *In the paper are presented the results of environment and atmospheric conditions selected parameters evaluation to determine the total extent of the area threaten by the ammonium release from the brewery plant. To calculate the extent of the area threaten, the ALOHA software was applied. The results showed that the extent of the area threaten by ammonium release depends on more completely cloud cover, higher wind velocity, higher temperature and higher volume of low vegetation in the surroundings of the hazardous substance release source.*

Keywords — ALOHA; ammonium; threat; terrain roughness; stability class

Abstrakt — *V príspevku sú prezentované výsledky posúdenia vplyvu vybraných parametrov prostredia atmosférických podmienok na stanovenie celkového rozsahu územia ohrozeného v tomto prípade únikom amoniaku z prevádzky pivovaru. Pre určenie rozsahu ohrozeného územia bolo aplikované prostredie ALOHA. Výsledky preukázali, že na rozsah územia postihnutého únikom amoniaku má vplyv vyššia miera oblačnosti, rýchlejšie prúdenie vzduchu, resp. vyššia rýchlosť vetra, vyššia teplota prostredia a nízka vegetácia v okolí zdroja úniku nebezpečnej látky.*

Kľúčové slová — ALOHA; amoniak; ohrozenie; drsnosť terénu; trieda atmosférickej stability

ÚVOD

Rozvoj priemyselnej výroby, zavádzanie nových technológií, používanie stále väčšieho množstva a nových látok prináša so sebou značné riziká s možnosťou vzniku priemyselných havárií. Za posledných 30 rokov nám história priniesla množstvo priemyselných havárií s následkami na život, zdravie a majetok ľudí alebo na životné prostredie. Príčinami havárií bola predovšetkým nevhodná manipulácia s nebezpečnými látkami, zanedbanie technologických postupov alebo zlyhanie ľudského faktora.

Príspevok je zameraný na predstavenie výsledkov analýzy vplyvu vybraných podmienok prostredia a atmosférických podmienok na šírenie unikajúcej nebezpečnej látky, ktorou je amoniak, zo stacionárneho zdroja v dôsledku vzniku havárie na príslušnom zariadení.

K havarijným situáciám spojeným s únikom nebezpečných látok môže viesť nespočetné množstvo príčin. Medzi najčastejšie príčiny úniku látok patria zlyhanie celistvosti zariadení. Súčasne je ale dôležité zväžiť aj udalosti zahŕňajúce napr. úniky z ventilov, ktoré boli neúmyselne alebo zámerne otvorené, netesných prírub alebo čerpadiel, porušením záklopky či neštandardné, havarijné úniky pri stavoch núdze a pod.

Na začiatku udalosti sa objavuje únik nebezpečnej látky zo zariadenia do prostredia. Tento únik môže byť len únikom plynu alebo len únikom kvapaliny alebo nastáva únik oboch týchto fáz súčasne (dvojfázový výtok), čo nastáva napr. pri úniku kvapalného amoniaku.

Únik kvapaliny z menšieho otvoru v plášti zariadení alebo z potrubia je zvyčajne sprevádzaný sprejovým efektom, pri ktorom dochádza k rozstreknutiu drobných kvapôčok látky pozdĺž hrany lemujúci únikový otvor, čo má za následok zvýšenie prestupu kvapalnej fázy do ovzdušia. Okrem malých únikov je samozrejme možné tiež celkovému rozvaleniu zásobníka a únik všetkého množstva látky vo veľmi krátkom čase (zvyčajne do 1 minúty). Tento scenár je síce veľmi málo pravdepodobný, avšak v hodnotení rizík je nutné s ním tiež uvažovať. V prípade amoniaku dochádza v tomto prípade k rýchlostnému odparu asi 20% uniknutého množstva s následným vznikom hustého hmlistého oblaku.

Ak nedôjde k výparu všetkého množstva unikajúcej kvapaliny ešte pred jej dopadom na zem, vytvára sa kaluž, z ktorej sa látka postupne odparuje do atmosféry. Ak je látka horľavá, existuje možnosť jej okamžitej alebo oneskorenej iniciácie. V takýchto prípadoch môže nastať požiar ešte kvapalnej fázy (angl. Pool Fire), rýchlostný požiar oblaku pár (angl. Flash Fire), alebo

¹ Andrea Majlingová, Ing., PhD., Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: majlingova@tuzvo.sk

explózie oblaku pár (angl. VCE - Vapour Cloud Explosion). Najväčšie riziko predstavujú plynné toxické látky, ktoré sa po úniku rozptýľujú v atmosfére. Veľmi často sa jedná o látky bezfarebné alebo čuchom nezistené, čo znižuje možnosť včasnej reakcie ľudí. Ak takáto látka zamorí obývanú oblasť, každý človek v závislosti na koncentrácii látky a dĺžke expozície dostane príslušnú dávku, ktorá v prípade prekročenia určitej prahovej hodnoty, môže vyvolať príslušné následky - poškodenie zdravia alebo dokonca smrť.

Medzi meteorologické podmienky, ktoré výrazným spôsobom ovplyvňujú rozptyl látok v atmosfére, patrí najmä rýchlosť a smer vanutiu vetra, charakter prúdenia vzduchu, trieda stability atmosféry, teplota a vlhkosť vzduchu, atmosférický tlak, zrážky a výška, v ktorej sa nachádza vrstva inverzie. Dominantný vplyv na rozptyl látok v atmosfére má charakter prúdenie vzduchu a rýchlosť vetra. Ich vplyv sa uplatňuje vo všetkých fázach rozptylu, najviac potom vo fáze pasívneho rozptylu [1].

Z pohľadu stability atmosféry rozlišujeme tri základné triedy: nestabilná, neutrálna (indiferentná) a stabilná.

Počas nestabilných poveternostných podmienok sa vyskytujú najväčšie turbulencie. Nestabilné poveternostné podmienky sa vyskytujú vtedy, keď slnko prehrieva pôdu a vaky či vrečka teplého vzduchu stúpajú nahor a miešajú sa v nižšej vrstve atmosféry - v hraničnej vrstve. Za nestabilných podmienok sa oblaky plynov rýchlo premiešavajú a pomerne rýchlo sa znižuje prízemná koncentrácia. Za týchto podmienok môžu byť aj plyny, ktorých zdroj je vo výške, strhávané k zemi. Stabilné poveternostné podmienky turbulenciu potláčajú. Vyskytujú sa vtedy, keď je pôda chladnejšie ako vzduch, typicky pri pokojných chladných nociach a včas ráno. Stabilné poveternostné podmienky spôsobujú úzke, tenké oblaky a vlečky s vysokými koncentráciami a nízkym stupňom premiešavania. Vysoko plávajúce oblaky môžu cestovať okolo, bez toho aby pod oblakom vznikali vysoké koncentrácie daných látok [1].

Dôležitým parametrom, ktorý sa uplatňuje pri rozptyle látok v atmosfére, je aj charakter terénu (miestna topografia). Topografia každého bodu je reprezentovaná jeho súradnicami vzťahujúcimi sa k určitej sústave. Pre modelovanie rozptylu je najdôležitejšia vertikálna súradnica - výška. Drsnosť povrchu má rovnako veľký význam. Pri modelovaní rozptylov je zvyčajne uvažovaných päť kategórií drsnosti. Ide o tieto kategórie: rovný voľný terén; obrábané pozemky, poľnohospodárska pôda, lúky, pasienky; terén s riedko rozptýlenými menšími stavbami; obývané oblasti; urbanizované, husto obývané oblasti s výškovými budovami.

Koeficient drsnosti povrchu sa používa na opis vplyvu terénu na rozptyl oblaku plynu, ktorý sa uplatňuje v prízemnej vrstve, kde vznikajú vplyvom trenia prúdenia o povrch drobné turbulencie či indiferentné vrstvy. Použitie tejto veličiny predpokladá, že nie sú prítomné žiadne výrazné terénne prekážky. Vo všeobecnosti sa používa jednoduchá stredná hodnota pre najbližšie okolie zdroja úniku plynu, ktorá zodpovedá približne 3% až 10% výšky prekážok [1].

Veľké terénne prekážky mení rozptyl oblaku veľmi výrazne. Ak sa vyskytujú v záujmovej oblasti, pre ktoré rozptyl počítame, vo väčšom množstve, zohľadnenie koeficientu drsnosti povrchu z0 stráca zmysel. Bežné jednoduchšie modely prítomnosť veľkých objektov pri výpočte rozptylu zohľadňovať nedokážu. Tento vplyv možno riešiť len s pomocou počítačových programov, ktoré obsahujú algoritmy overené experimentmi v aerodynamickom tuneli. To potvrdil už v roku 1975 Egan, ktorý na základe svojich rozsiahlych experimentov vykonávaných v aerodynamickom tuneli dokázal, že nielen menšie prekážky, ako sú napríklad domy, ale tiež výraznejšie terénne nerovnosti, prúdnice nikdy plne nekopírujú [1].

1. AMONIAK

Amoniak (Koniar, 2016) je jedovatá bezfarebná látka v plynnom alebo kvapalnom skupenstve. Je toxický, horľavý a pri určitých koncentráciách aj výbušný, s charakteristickým štiplavým až dráždivým a dusivým zápachom zásaditej príchuti, ktorý sa ľahko rozpozná čuchom. Má dobrú rozpustnosť vo vode a parami dráždi horné dýchacie cesty človeka, čo je typickým prejavom a upozornením.

Amoniak je v chemickom priemysle veľmi významný a používa sa ako surovina na výrobu amónnych solí, sódy, močoviny, plastických hmôt a dusíkatých hnojív, nitrocelulózy, syntetického hodvábu, farmaceutických prípravkov, látok na ochranu rastlín, farbív, v hutníctve k nitrídovaniu ocelí a tiež v chladiarenskom priemysle, ale aj ako aróma solí, v domácych čistiacich prostriedkoch a pri výrobe prostriedkov na čistenie okien, pri výrobe výbušnín a je aj súčasťou niektorých mrazuvzdorných prísad do betónu, ktoré sa používajú v stavebníctve.

Amoniak je základnou látkou na výrobu mnohých zlúčenín dusíka. Hlavným konzumentom amoniaku je poľnohospodárstvo. Je východiskovou surovinou pri výrobe kyseliny dusičnej, ako aj početných anorganických a organických zlúčenín.

V rámci analýzy predstavenej v tomto príspevku sa uvažuje s únikom amoniaku z technológie chladiaceho zariadenia v prevádzke pivovaru.

2. METODIKA PRÁCE

V tejto časti príspevku je predstavené programové prostredie, ktoré bolo využité pre výpočet rozsahu územia ohrozeného únikom amoniaku. Týmto programovým prostredím je ALOHA. Ďalej je tu popísaná prevádzka pivovaru a posudzované modelové scenáre.

2.1 Aloha

Nástroj ALOHA (angl. Areal Locations of Hazardous Atmospheres) je nástroj pre modelovanie únikov nebezpečných (toxických, horľavých, výbušných) látok do atmosféry. Na základe série vstupných údajov a externých vplyvov modeluje nebezpečnú zónu (angl. Threat zone), kde nastáva ohrozenie vlastnosťami uniknutej nebezpečnej látky, v tomto prípade amoniaku.

2.2 Charakteristika prevádzky a modelový scenár

Posudzovaná prevádzka pivovaru sa zaoberá výrobou a distribúciou piva, sladu a výrobkov zo sladovníckeho jačmeňa, ako aj výrobou nealkoholických nápojov.

Chladiace zariadenie v tejto prevádzke obsahuje na nízkotlakovej strane chladiva (amoniaku) dve tlakové nádoby – nízkotlakové odlučovače o objeme 2550 dm³. Vysokotlaková časť primárneho chladiaceho okruhu zostáva stávajúca s tlakovou nádobou – zberačom o objeme 3500 dm³.

Chladienie priestorov spíliek a pivníc je uskutočňované nepriamym ohrevom za účelom minimalizácie amoniaku v chladiacom okruhu, dosiahnutia požadovaných teplotných parametrov chladených priestorov a za účelom minimalizácie požiadaviek na špičkový odber elektrickej energie. Celkové množstvo amoniaku v chladiacom systéme je 6 000 kg. Sekundárnym chladiacim médiom je mono-propylénglycol v objeme 30%.

V analýzach bolo uvažované s modelovým scenárom, v ktorom unikol amoniak cez ventil.

Scenár: V ranných hodinách medzi 8:00 h - 8:30 h prijala operačne stredisko Okresného riaditeľstva HaZZ hlásenie od zamestnanca pivovaru, že pri údržbe zásobníka v priestore strojovni chladienia unikol amoniak. Poškodený bol ventil na zásobníku o objeme asi 6 000 kg kvapalného amoniaku. Príčinou poškodenia bolo nedodržanie bezpečnostných pokynov počas údržby. Obsluhu sa únik nepodarilo zastaviť, a dokonca jeden z technikov sa nadýchal výparov a omrzli mu ruky. Druhý kolega ho z budovy vyviedol von. Únik amoniaku z poškodeného zásobníka sa hasičom podarilo zastaviť asi hodinu po oznámení.

3. VÝSLEDKY SKÚMANIA VPLYVU ZMENY RÔZNYCH PODMIENOK NA ROZSAH ZÓNY OHROZENIA

3.1 Vplyv miery pokrytia oblohy oblakmi

Predstavu o vplyve miery pokrytia oblohy oblakmi (oblačnosti) na dosah ohrozenia podáva tab. 1.

Tab. 1.: Vplyv oblačnosti - amoniak: dosah ohrozenia

Teplota prostredia		7 °C		Rýchlosť vetra vo výške 3 m nad povrchom		3 m.s ⁻¹					
Celkové uniknuté množstvo látky		6000 kg		Oblačnosť		premenlivá					
Drsnosť povrchu		mesto/les		Vlhkosť		50%					
Inverzné podmienky		nie		Trieda atmosférickej stability		(B/C/D)					
Pokrytie oblohy oblakmi (%)	Trieda stability	Dosah 150 tis. ppm (m)	Dosah 95 tis. ppm (m)	Dosah 15 tis. ppm (m)	Dosah 5 tis. ppm (m)	Dosah 2 550 ppm (m)	Dosah 1 530 ppm (m)	Dosah 1 200 ppm (m)	Dosah 1 tis. ppm (m)	Dosah 850 ppm (m)	Dosah 400 ppm (m)
0	B	68	88	212	267	374	437	535	555	624	967
10	B	68	88	212	267	374	437	535	555	624	967
20	B	68	88	212	267	374	437	535	555	624	967
30	B	68	88	212	267	374	437	535	555	624	967
40	C	91	118	294	374	527	615	737	765	855	1200
50	C	91	118	294	374	527	615	737	765	855	1200
60	C	91	118	294	374	527	615	737	765	855	1200

Pokrytie oblohy oblakmi (%)	Trieda stability	Dosah 150 tis. ppm (m)	Dosah 95 tis. ppm (m)	Dosah 15 tis. ppm (m)	Dosah 5 tis. ppm (m)	Dosah 2 550 ppm (m)	Dosah 1 530 ppm (m)	Dosah 1 200 ppm (m)	Dosah 1 tis. ppm (m)	Dosah 850 ppm (m)	Dosah 400 ppm (m)
70	C	91	118	294	374	527	615	737	765	855	1200
80	C	91	118	294	374	527	615	737	765	855	1200
90	D	132	168	418	525	704	808	958	992	1100	1500
100	D	132	168	418	525	704	808	958	992	1100	1500

3.2 Vplyv drsnosti terénu

Vplyv typu drsnosti terénu na dosah ohrozenia za daných podmienok ponúka tab. 2.

Tab. 2.: Vplyv drsnosti terénu - amoniak: dosah ohrozenia

	Teplota prostredia		7 °C	Rýchlosť vetra vo výške 3 m nad povrchom		3 m.s ⁻¹				
	Celkové uniknuté množstvo látky		6000 kg	Oblačnosť		5/10 (50 %)				
	Drsnosť povrchu		premenlivé	Vlhkosť		50%				
	Inverzné podmienky		nie	Trieda atmosférickej stability		C				
Typ povrchu	Dosah 150 tis. ppm	Dosah 95 tis. ppm (m)	Dosah 15 tis. ppm (m)	Dosah 5 tis. ppm (m)	Dosah 2 550 ppm (m)	Dosah 1 530 ppm (m)	Dosah 1 200 ppm (m)	Dosah 1 tis. ppm (m)	Dosah 850 ppm (m)	Dosah 400 ppm (m)
Otvorená krajina	103	134	334	592	794	907	1100	1100	1200	1700
Mesto alebo les	66	85	208	373	526	614	738	766	854	1200
Otvorená vodná plocha	104	135	335	592	794	907	1110	1100	1200	1700
Riedky trávnatý porast do 50 cm	104	135	335	591	794	906	1100	1100	1200	1700
Stromy	66	85	208	373	526	614	737	765	854	1200

3.3 Vplyv triedy atmosférickej stability

Vplyv triedy atmosférickej stability za daných podmienok na dosah ohrozenia prezentuje tab. 3.

Tab. 3.: Vplyv triedy atmosférickej stability - amoniak: dosahy ohrozenia

	Teplota prostredia	7 °C	Rýchlosť vetra vo výške 3 m nad povrchom	3 m.s ⁻¹						
	Celkové uniknuté množstvo látky	6000 kg	Oblačnosť	5/10 (50 %)						
	Drsnosť povrchu	premenlivé	Vlhkosť	50%						
	Inverzné podmienky	nie	Trieda atmosférickej stability	premenlivá						
Trieda atmosfér. stability	Dosah 150 tis. ppm (m)	Dosah 95 tis. ppm (m)	Dosah 15 tis. ppm (m)	Dosah 5 tis. ppm (m)	Dosah 2 550 ppm (m)	Dosah 1 530 ppm (m)	Dosah 1 200 ppm (m)	Dosah 1 tis. ppm (m)	Dosah 850 ppm (m)	Dosah 400 ppm (m)
B	48	62	153	267	374	439	535	557	624	869
C	67	86	209	374	527	615	739	764	855	1200

Trieda atmosfé. stability	Dosah 150 tis. ppm (m)	Dosah 95 tis. ppm (m)	Dosah 15 tis. ppm (m)	Dosah 5 tis. ppm (m)	Dosah 2 550 ppm (m)	Dosah 1 530 ppm (m)	Dosah 1 200 ppm (m)	Dosah 1 tis. ppm (m)	Dosah 850 ppm (m)	Dosah 400 ppm (m)
D	93	121	299	525	706	807	956	992	1100	1500
E	149	194	464	759	1000	1200	1400	1400	1600	2400

3.4 Vplyv teploty prostredia

Vplyv teploty prostredia na dosah ohrozenia dokumentuje tab. 4.

Tab. 4.: Závislosť na teplote prostredia - amoniak: dosah ohrozenia

		Teplota prostredia		premenlivé		Rýchlosť vetra vo výške 3 m nad povrchom		3 m.s ⁻¹		
		Celkové uniknuté množstvo látky		6000 kg		Oblačnosť		5/10 (50 %)		
		Drsnosť povrchu		mesto/les		Vlhkosť		50%		
		Inverzné podmienky		nie		Trieda atmosférickej stability		C		
Teplota prostredia (°C)	Dosah 150 tis. ppm (m)	Dosah 95 tis. ppm (m)	Dosah 15 tis. ppm (m)	Dosah 5 tis. ppm (m)	Dosah 2 550 ppm (m)	Dosah 1 530 ppm (m)	Dosah 1 200 ppm (m)	Dosah 1 tis. ppm (m)	Dosah 850 ppm (m)	Dosah 400 ppm (m)
-10	86	114	278	354	502	584	704	734	817	1100
0	90	115	283	358	504	594	718	745	831	1200
+1	90	88	212	267	374	437	535	555	624	867
+5	68	88	212	267	374	437	535	555	624	867
+10	91	118	294	374	527	615	737	765	855	1200
+15	91	118	294	374	527	615	737	765	855	1200
+20	92	118	294	374	527	615	737	765	855	1200
+25	92	120	294	376	530	617	742	770	858	1200
+30	94	121	297	379	534	622	747	775	863	1200
+40	95	123	302	385	542	630	757	785	874	1200
+50	97	125	307	391	550	639	766	794	883	1200

DISKUSIA A ZÁVER

K nežiaducim únikom chemických látok dochádza neustále a aj preto sa zavádzajú stále novšie opatrenia a účinnejšie bezpečnostné zariadenia aj organizačné opatrenia.

V praxi sa ukazuje, že ako pri prvotných odhadoch dosahu negatívnych účinkov havárie, tak aj k preventívnej príprave na takéto mimoriadne udalosti je nutné mať aspoň orientačnú predstavu o dosahoch ohrozenia uniknutou nebezpečnou látkou.

Jedným zo spôsobov odhadu dosahu ohrozenia je použitie v súčasnej dobe populárnych počítačových programov pre modelovanie. Pre spracovanie analýz popísaných v tomto príspevku bolo aplikované programové prostredie ALOHA a to pre niekoľko rôznych scenárov úniku nebezpečnej látky, t.j. amoniaku do prostredia.

Zámerom bolo porovnať výsledky, ktoré vyššie zmienený programový nástroj poskytol pri rozličných vstupných podmienkach.

Ako je možné pozorovať z údajov uvedených v tab. 1, so zvyšujúcou oblačnosťou sa lineárne zväčšuje aj vzdialenosť dosahov jednotlivých koncentrácií amoniaku a tým pádom sa zväčšuje aj samotná oblasť ohrozenia. Pri 100% oblačnosti a pri triede stability D boli dosahy koncentrácií najväčšie.

V prípade tab. 2, dosahy jednotlivých koncentrácií lineárne klesajú pri trávnom poraste, pričom však pri pokrytí terénu stromami sú koncentrácie amoniaku najnižšie.

Najvyššie koncentrácie amoniaku v prostredí boli zistené pri triede stability atmosféry triedy E (tab. 3), ktorá sa priamo spája s veterným počasím, t.j. vyššími

rýchlosťami výmeny vzduchu (prúdením vetra) v prostredí.

Rozsah unikajúcou nebezpečnou látkou (amoniak) ohrozeného územia narastá aj so stúpajúcou teplotou prostredia (tab. 4).

V programe ALOHA je možné veľmi kladne hodnotiť okrem priateľského užívateľského rozhrania a dobre spracovanej užívateľskej príručky, tiež kvalitu získaných výstupov. Tím sa rozumie jednak spôsob, akým sú výsledky užívateľovi predložené a tiež kvalitu vypočítaných dát. Toto tvrdenie potvrdzujú aj výpočty vykonané v programe ALOHA pre prevádzku pivovaru. Aj z tohto dôvodu sú často pre hodnotenie výsledkov z modelovania rozptylu toxických plynov (napríklad amoniaku) použité výstupy z programu ALOHA ako referenčné hodnoty.

Pri používaní výstupov z programov určených namodelovanie javov, metodík či obyčajných nomogramov je potrebné mať stále na zreteli upozornenie, ktoré sa opakovane objavuje v odbornej literatúre. Používatelia softvéru majú tendenciu preceňovať poskytované výsledky. Sklon očakávať od pomôcok k modelovaniu havarijných vplyvov viac, než sú programy schopné ponúknuť, pramení zrejme z niekoľkých dôvodov. Tými sú:

- 1) model zostáva modelom, to je, poskytuje iba možnú predpoveď vývoja chemickej situácie,
- 2) čím presnejší výstup užívateľ od predikcie požaduje, tým presnejšie a podrobnejšie vstupné informácie musia byť do modelu zadané,
- 3) v niektorých organizáciách sú programy obsluhované užívateľmi, ktorí neprešli aspoň základnou odbornou prípravou alebo kvalifikovaným školením,
- 4) zo samotnej podstaty konštrukcie výpočtových modelov, ktoré majú svoje zjednodušenie alebo obmedzenia,
- 5) autor práce dopĺňa, že v programoch používané hodnoty záujmových veličín (zraňujúca koncentrácia, odporúčaný dosah evakuácia osôb, a pod.) sú opäť teoretickej povahy, odvodené z pokusov na zvieratách alebo vychádza z literatúry, v ktorej sa referenčné údaje pre daný parameter a pre rovnakú látku často aj výrazne líšia.

V neposlednom rade je tiež potrebné upozorniť, že akokoľvek dobre stanovená a relevantná hodnota pre zraňujúce, smrteľné či inak ohodnotené koncentrácie nemá v kontexte s dobou vystavenie účinkom toxikkej látky (expozíciu) veľkú vypovedaciu schopnosť, pretože až obdržaná dávka určuje mieru a rozsah poškodenia ľudského organizmu. Aj keď presne

povedané, dávka tiež plne nevystihuje to, s akým účinkom sa prejaví pôsobenie chemickej látky na organizmus. Všeobecne možno len povedať, že po väčšej dávke býva účinok väčší. A tiež je potrebné zvážiť ochrannú funkciu budov, v ktorých sa nachádzajú ľudia. Zotrvanie v budove (so zatvorenými a tesniacimi oknami a vypnutou klimatizáciou), okolo ktorej sa bude po dobu 10 minút pohybovať oblak chemickej látky s koncentráciou rovnou alebo prevyšujúcou smrteľnú koncentráciu nemusí osadenstvu spôsobiť žiadnu zdravotnú ujmu, zatiaľ čo zdravej dospeléj osobe chodza po otvorenom priestranstve (napr. parku, námestí, ulici), cez ktorú sa pohybuje oblak látky s koncentráciou narastajúcou k hodnote zraňujúcej koncentrácie, aby koncentrácia látky po niekoľkých minútach vplyvom nariadenia vzduchom klesla pod túto hodnotu, môže spôsobiť dočasné zdravotné komplikácie. Číselná hodnota smrteľnej koncentrácie alebo zraňujúcej koncentrácie môže zvädzať k ich kedykoľvek nesprávnemu použitiu. Po jednorazovom úniku toxikkej látky nie sú jej účinkom vystavené osoby hneď od začiatku určitou nemennou koncentráciou. S tým, ako sa oblak jedovateho plynu formuje a pôsobením vetra a ďalších faktorov pohybuje "cez" miesto, kde sa skúmaný jedinec nachádza, koncentrácia látky postupne narastá, dosahuje svojho maxima a potom zase klesá (tak, ako sa oblak plynu presúva a zároveň rozriedzuje). Na odhad účinku expozície priechodom oblaku jedovateho plynu na vyšetrovaného jedinca, je potrebné použiť integrálnu dávku (dávku, ktorá sa získa integráciou postupne narastajúcich a následne klesajúcich hodnôt koncentrácie v jednotlivých čiastkových časových úsekoch).

POĎAKOVANIE

Autor ďakuje agentúre VEGA za finančnú podporu pri riešení projektu VEGA 1/0953/13, na základe výsledkov ktorého vznikol prezentovaný príspevok.

ZOZNAM LITERATÚRY

- [1] MACDONALD, R. *Tudory and Objectives of Air Dispersion Modelling, Modelling Air Emissions for Compliance*. MME 474A Wind Engineering. University of Waterloo, 2003.
- [2] KONIAR, P. *Fyzikálne účinky a následky havárie spojenej s únikom amoniaku v Pivovare Steiger a.s.* Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, 2016. 75.