

PŘÍSPĚVEK K HODNOCENÍ RIZIKA SEKUNDÁRNÍ KONTAMINACE OVZDUŠÍ DESORPCÍ BOJOVÉ CHEMICKÉ LÁTKY Z ODĚVŮ

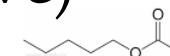
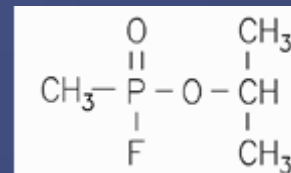
Tomáš Čapoun, Jana Krykorková
Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč
1. – 2. 11. 2021 Lázně Bohdaneč

Důvod studie

- I přes platnost úmluvy zakazující vývoj, výrobu, skladování a použití CHZ nelze přepokládat, že se členové různých teroristických či kriminalistických skupiny budou jejími pravidly řídit
- Zneužití bojových chemických zbraní za účely zastrašování, nátlaku či vydírání se jeví jako velice reálné z důvodu:
 - poměrně snadné výroby (internetová dostupnost receptur, nekontrolovaný nákup základních prekurzorů),
 - jednoduché aplikace včetně možnosti zasažení velkého počtu populace,
 - funkčnosti i ve značně znečištěném stavu,
 - obrovský psychologický účinek na zasažené osoby a i záchranné týmy.
- Historie potvrdila, že nejvhodnějším prostředím zneužití BChL jsou objekty s vysokou hustotou osob (prostory nádraží, letiště, metra, divadla, stadiony, nákupní centra apod.). Proto rozsáhlé studie zabývající se otázkou šíření imitantu sarinu v pražském metru, v prostorách zimního stadionu, v nákupním centru či posluchárně VŠ.
- Výstupem nejrozsáhlejší studie provedené v pražském metru je typová činnost složek IZS při společném zásahu. Reakce na chemický útok v metru.

Důvod studie

- ▣ Závěry výzkumu šíření kontaminantu v prostoru metra:
 - ucelený popis činnosti složek IZS při chemickém teroristickém útoku za účelem minimalizace následků,
 - nezbytnost zvážení příspěvku sekundární kontaminace bojovou chemickou látkou vnesenou cestujícími na oděvech.
- ▣ Za účelem zajištění bezpečnosti provedení experimentů bylo nutné nahradit BCHL (konkrétně sarin) vhodnou imitační látkou.
- ▣ Volba imitační látky na základě požadavků:
 - obdobné fyzikálně chemické vlastnosti,
 - snadná detekce (nezbytnost mít k dispozici vhodné detektory),
 - nízká toxicita,
 - dostupnost na trhu, poměrně nízká cena.
- ▣ Vítěz: **AMYLACETÁT** (n-amylester kyseliny octové)



Experiment – teoretická část

- Sekundární kontaminace – v kontaminovaném prostoru dojde k sorpci BCHL na oděv osoby, která bude přemístěna do nekontaminovaného prostoru, kde dojde k desorpci BCHL z oděvu s následnou sekundární kontaminací.
- Z literárních pramenů vyplývá, že jedna osoba vynese na svém oděvu 50 l kontaminovaného vzduchu
- Hodnoty pro výchozí koncentrace amylacetátu (40 ppm) a doby sorpce (10 minut) byly zvoleny na základě již dříve provedených studií.

□ Jak je to se sarinem?

- Prostor kontaminovaný 40 ppm GB doba pobytu 10 minut – projevy těžké intoxikace s následkem smrti ve většině případů, pokud nebude poskytnuta správná pomoc.

Časový scénář intoxikace včetně projevů:

- 5 minut - první příznaky intoxikace (předpokládaná doba zjištění přítomnosti GB), následuje opuštění kontaminovaného prostoru
- 15 – 20 minut - plný rozvoj intoxikace (charakteristické projevy – slinění, pocení, poruchy vidění, bolesti břicha, průjem, křeče kosterních svalů)
- 30 minut – generalizované tonicko-klonické křeče, bezvědomí, zástava dechové činnosti)
- 30 – 60 minutová expozice – by byla smrtelná

Proto amylacetát!!!

Experiment – laboratorní zkoušky

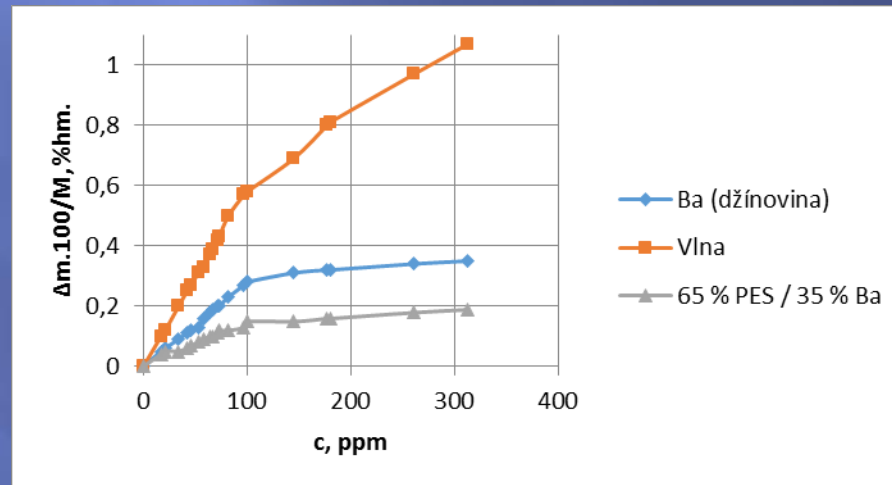
SORPCE

- ▣ Množství amylacetátu sorbovaného na textilní materiály bylo zjišťováno gravimetricky
- ▣ Podmínky sorpce:
 - Pokojová teplota 21 °C
 - Zkušební komora 100x60x80 cm (uvnitř komory analytické váhy, zvážený vzorek textilie, fotoionizační detektor, bateriový stolní větrák, Petriho miska s amylacetátem)
 - Druhy textilních materiálů: polyester, vlna, manšester, bavlna, plátno
 - Koncentrace amylacetátu 40 až 300 ppm
 - Detektor kalibrovaný na amylacetát
- ▣ Koncentrace sledována detektorem, vždy po ustálení hodnoty koncentrace amylacetátu byl vzorek zvážen. Byly sledovány přírůstky hmotnosti textilie v závislosti na čase, druhu textilu a koncentraci amylacetátu

Závěry sorpce

ZJIŠTĚNO

- Sorpce představuje velmi rychlý děj – při konkrétní koncentraci AAc byla sledována závislost hm. přírůstku textilie na čase => nárůst od 0,5 do 1 minut, pak konstantní
- S rostoucí konc. přítomné látky roste množství nasorbované látky. Strmě do konc. 100 ppm. S dalším zvyšováním konc. nárůst již není tak markantní.



- Porovnání sorpce na různé materiály. Nejlépe sorbuje vlna, dále pak bavlna a plátno, nejnižší hmotnostní přírůstky vykazovaly umělé materiály.
 - Koncentrace AAc 40 ppm – přírůstek u vlny 0,33 %hm., polyester pouhých 0,06 %hm

Experiment – laboratorní zkoušky DESORPCE

- ▣ Průběh desorpce byl sledován u vzorků, které byly kontaminovány v atmosféře AAc o koncentraci 150 ppm
- ▣ Vzorek textilie se sorbovaným AAc byl vložen na dno promývačky plynů na vývod byl připojen detektor

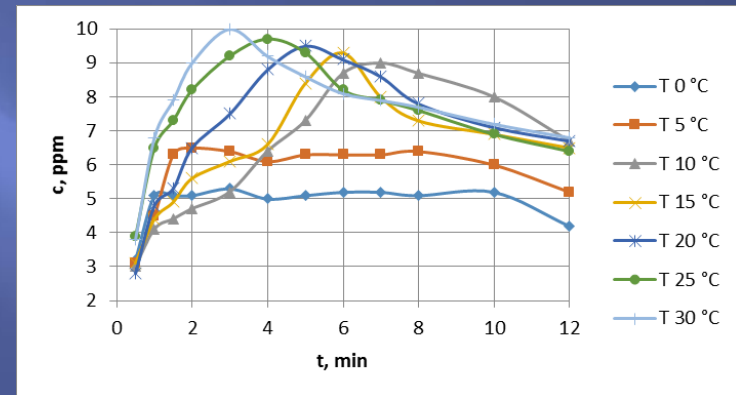
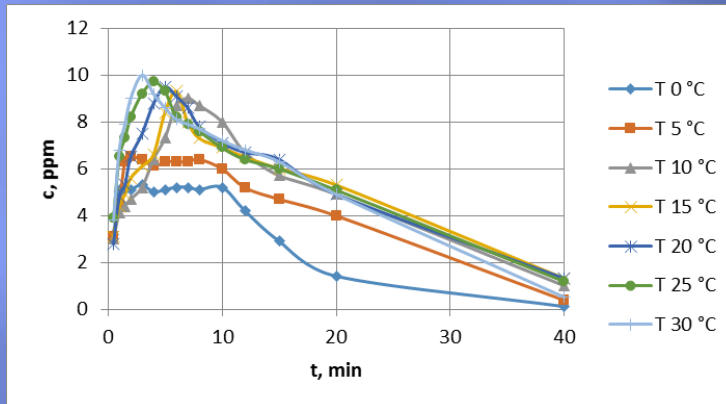


- ▣ Koncentrace desorbujícího AAc byla sledována v závislosti na čase a v závislosti na teplotě

Závěry desorpce

ZJIŠTĚNO

- Desorpce vs. sorpce – podstatně pomalejší děj probíhající řádově desítky minut. Ani po 40 min. nedošlo pro žádnou teplotu k poklesu AAc nad textilií na nulovou hodnotu.



- Průběh desorpce zcela zásadně ovlivňuje teplota, na ní závisí:
 - jak maximální dosažené konc. AAc nad textilií
 - tak čas, za který je max. konc. dosaženo
- S ↑ teplotou ↑ maximální konc. AAc a ↓ čas dosažení max. konc.

Experiment – reálné podmínky

SORPCE

- ▣ Použita figurína výšky 170 cm, oděv: spodní prádlo (polyester-lycra-elastan), džíny (bavlna), svetr (vlna-polyester), šátek (polyester)



- ▣ Sorpce – zkušební hermetická komora (5,1 m³), koncentrace AAc 40 ppm, expozice 10 minut

Experiment – reálné podmínky DESORPCE

Sledování desorpce pro tři situace:

- ▣ otevřený prostor (bezvětrí, $T=24\text{ °C}$)
- ▣ 2x uzavřený prostor (uzavřené místnosti, $T=19\text{ °C}$)
 - (simulován rozměr malého autobusu (objem místnosti $25,4\text{ m}^3$) a kabina většího osobního auta (objem místnosti $5,4\text{ m}^3$))
- ▣ Desorpce – doba přemístění figuríny do měřicího prostoru - 1 minuta. Měření desorbujícího AAc pomocí sítě 5 fotoionizačních detektorů umístěných do figuríny ve stejné vzdálenosti (cca 20 cm) a ve výšce 165 cm.

Závěr - desorpce v otevřeném prostoru

- Měření bylo prováděno v časovém intervalu od 1 do 30 minut od sorpce. V reálných vzdálenostech byla na všech detektorech nulová hodnota koncentrace A_{Ac} => sekundární kontaminace byla nižší než citlivost detektoru 0,1 ppm. Je však nutné konstatovat, že pro desorpci látky z oděvu panovaly ideální meteorologické podmínky.

Interpretace:

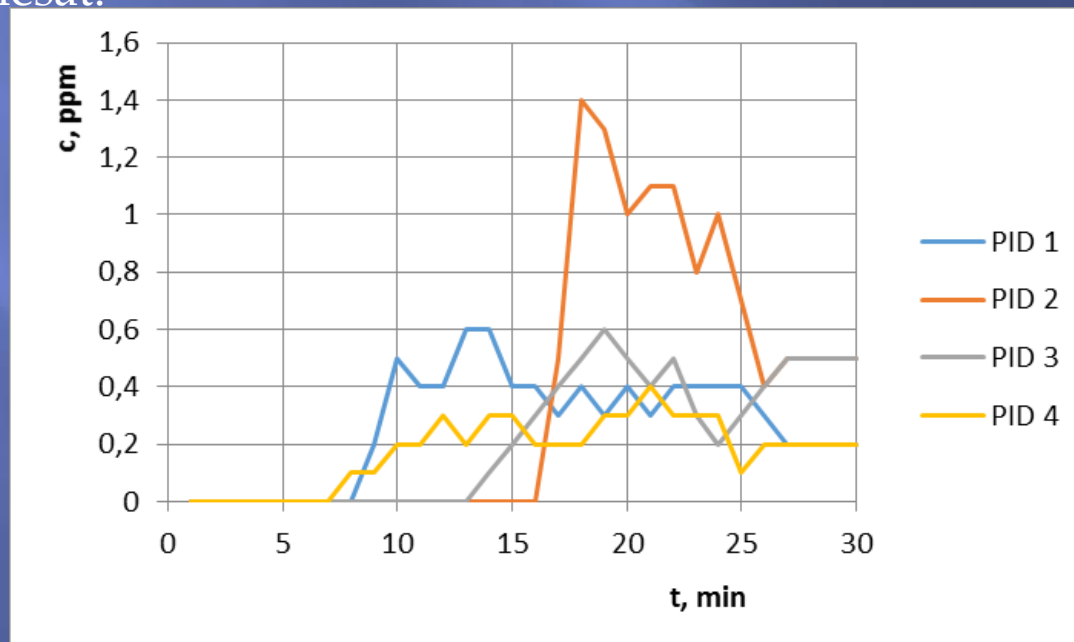
- Vzduch o koncentraci GB 0,1 ppm je možno za normálních podmínek (předpoklad průměrného vdechovaného objemu 8 l/min) vdechovat 8 hodin, aniž by došlo k jakýmkoliv projevům intoxikace.
- Možné nebezpečí hrozí:
 - jednak pro samu kontaminovanou osobu
 - nebo pro osobu, která by se dostala do těsné blízkosti postižené osoby
 - v obou případech se tato možná rizika jeví jako zanedbatelná

Závěr – desorpce v uzavřeném prostoru

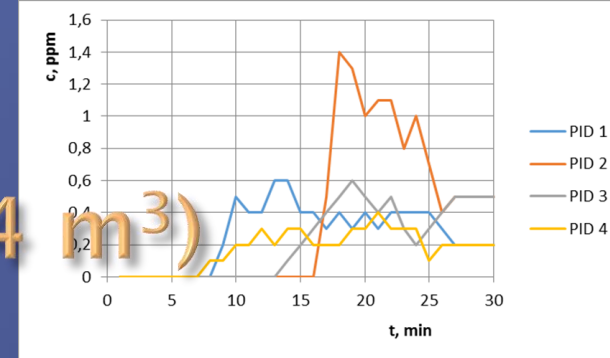
- ▣ Realizace pokusu (oba prostory) – figurína postavena doprostřed místnosti, detektory rozmístěny do všech rohů místnosti ve výšce 165 cm.
- ▣ Sledována závislost koncentrace AAc uvolněná desorpcí z oděvu na čase
- ▣ Zpočátku bylo šíření par nerovnoměrné.

Závěr – desorpce v uzavřeném prostoru (25,4 m³)

- ❑ Měřený prostor byl nevětraný na jedné stěně se nacházely dveře a protější dvoukřídlé okno.
- ❑ První odezva byla sledována cca po 7 minutách na detektorech v rozích u dveří. Detektory umístěné u okna reagovaly až po cca 15 minutách. Proč? Pouhá domněnka – vlivem netěsností proudil zpočátku vzduch od okna ke dveřím, ve druhé polovině pak obráceně. Asi po 27 minutách se koncentrace AAc ustálila na hodnotách 0,2 ppm (rohy u dveří) a 0,5 ppm (rohy u okna). Do cca 40. minuty byly hodnoty konstantní a pak začaly pomalu klesat.



Závěr – desorpce v uzavřeném prostoru (25,4 m³)

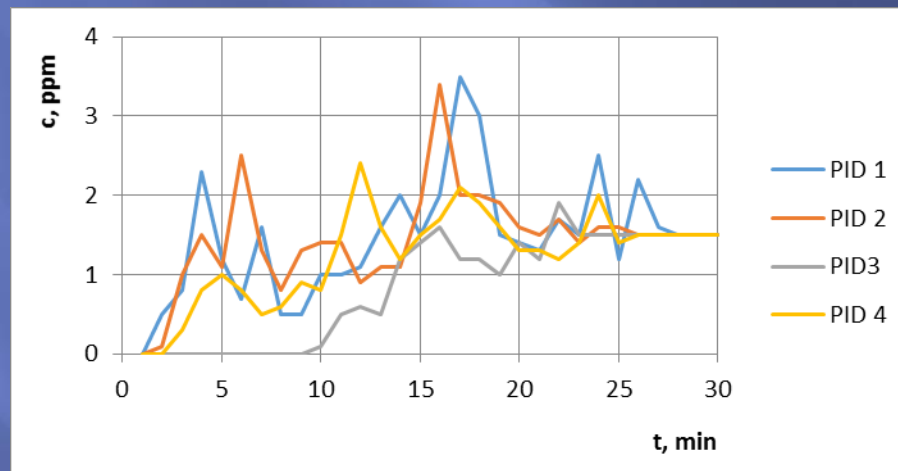


- Závěr shodný jako v případě laboratorních zkoušek – desorpce je velmi pomalý děj => neopodstatněnost a nesprávnost dřívějších úvah, které jsou založeny na předpokladu, že např. během průchodu vestibulem metra dojde k desorpci veškerého kontaminantu z oděvů.
- **Jak by to bylo s GB?** Kdy po dobu 10 minut činila průměrná konc. kontaminantu v jednom místě 1 ppm (odpovídá dávce 500 µg). Jedná se o **latentní intoxikaci**, prakticky bez příznaků. Osoby vystavené takovéto dávce nevyžadují léčení, pouze 24 hodinové sledování.
- Ale jak to bude vypadat, když bude v uzavřeném prostoru více kontaminovaných osob? (2 osoby – 10 minutová expozice – lehká intoxikace. 3 osoby – již střední intoxikace) – *tento závěr vyplývá z experimentu*
- Experiment vs. praxe:
 - Není pravděpodobné, že postižená osoba zaujme okamžitě místo v uzavřeném prostoru
 - Nelze očekávat, že by byl větší počet kontaminovaných osob umístěn v uzavřeném prostoru
 - Je vyloučené, aby byly osoby s kontaminovaným oděvem umístěny do nevětraného prostoru

Proto je zřejmé, že v reálné situaci bude kontaminace ovzduší toxickou látkou desorbující z oděvů nižší než naznačují experimenty.

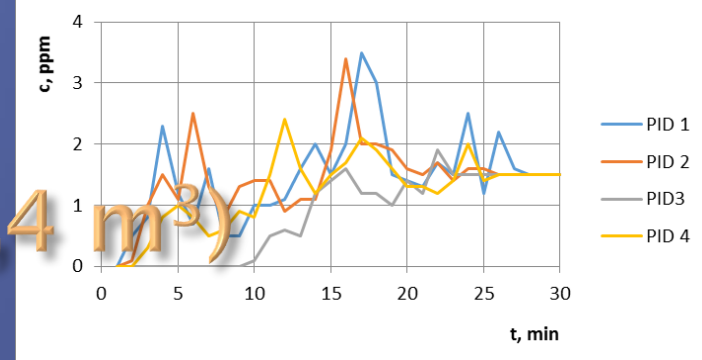
Závěr – desorpce v uzavřeném prostoru (5,4 m³)

- ❑ Měřený prostor byl nevětraný, bez oken, s dveřmi na protilehlých stěnách.
- ❑ Rozmístění detektorů v rozích místnosti ve výšce 165 cm, figurína uprostřed místnosti.
- ❑ Z časové závislosti je zřejmé, že se cca od 3. min. hodnoty konc. AAC pohybovaly okolo 1,5 ppm, kromě jednoho rohu, kde se páry AAC rozšířily až v 10. minutě. Ve dvou rozích pak byla krátkodobě (15. – 18. minuta) naměřena vyšší koncentrace, průměrná koncentrace činila 2,7 ppm.



- ❑ Asi po 28 minutách se koncentrace v celém prostoru ustálila na hodnotě 1,5 ppm a do 60. minuty se prakticky neměnila .

Závěr – desorpce v uzavřeném prostoru (5,4 m³)



Jak by to bylo s GB?

- ▣ 4 minutového vdechování vzduchu o koncentraci látky 2,7 ppm by představovalo dávku 540 µg, opět by se jednalo pouze o **latentní intoxikaci**, která je prakticky bezpříznaková.
- ▣ ÚVAHA – do měřeného prostoru by se **teoreticky** vešly 4 osoby, potom by mohla být krátkodobá koncentrace 10,7 ppm, celková dávka by činila 2160 µg. Oprostíme-li se od předchozích výhrad (pohyb osob do prostoru, předpoklad, že osoby nebudou umístěny do nevětraných prostor atd.) by se pak jednalo o **střední stupeň intoxikace** (první příznaky se projevují během 10-15 min., plný rozvoj intoxikace od 30-40 min. – slinění, pocení, zvracení, koliky břicha, narušení nervového systému).

Závěrečné shrnutí

- Za účelem zhodnocení rizika sekundární kontaminace ovzduší sarinem, který by se desorboval z oděvů zasažených osob, byly studovány procesy sorpce na různé textilie a jeho následné desorpce.
- Z pochopitelných důvodů (ochrana a bezpečnost zúčastněných osob) nebyly experimenty prováděny se samotným sarinem, nýbrž jeho imitátem - **amylacetátem**
- Experimenty byly ověřovány jak v laboratorních, tak i reálných podmínkách.
- Proces sorpce je velmi rychlý děj, rovnováha se dosáhne do 1 minuty. Sorbované množství roste s rostoucí koncentrací v ovzduší
- Proces desorpce je podstatně pomalejší řádově probíhá desítky minut. Desorpce je ovlivňována teplotou, na které závisí jak max. dosažená koncentrace látky nad textilním materiálem, tak čas, za který je max. konc. dosaženo
- V reálných podmínkách v otevřeném prostoru **nepředstavuje** sekundární kontaminace ovzduší látkou, která se z oděvu desorbuje, **žádné riziko** pro okolí.
- V uzavřeném prostoru při reálných podmínkách **je** rovněž **riziko** sekundární kontaminace **zanedbatelné**. Nebezpečná koncentrace by se desorpcí kontaminantu z oděvu mohla vytvořit jen v případě, kdy by bylo přítomno více kontaminovaných osob v malém a nevětraném prostoru (např. osobní auto s uzavřenými okny a vypnutým větráním).

Děkuji za pozornost