

## IMPROVIZOVANÁ OCHRANA UKRYTÍM. IV. SHRNU VÝSLEDKŮ. ZÁVĚRY.

### IMPROVISED PROTECTION BY CONCEALMENT. IV. SUMMARY OF RESULTS. CONCLUSIONS.

Vlastimil SÝKORA, Čestmír HYLÁK, Ján PIVOVARNÍK  
vlastimil.sykora@ioolb.izscr.cz

#### Abstract

*The last article discussed in details effects of various ways of sealing window frames with adhesive tapes, and summarized resulting conclusions.*

*For the seven selected toxic warfare agents (phosgene, chloroacetophenone, chloropicrin, lewisite, sarin, mustard and VX) based on the penetration of sulphur hexafluoride, SF<sub>6</sub> and medium incapacitating concentration LCt50 of the given substance at pressures of 5, 30 and 50 Pa were calculated time when were this concentration reached.*

*Various factors such as types of windows, sealing method, wind velocity, type of toxic substance and its concentration were also discussed in details.*

*Performed experiments indicated significance of sealing the openings of improvised shelters, for example windows, and pointed at suitable possibility to protect thus constructed shelters.*

#### Key words

*Air leakage, improvised protection by concealment, industrial pollutants, military toxic substances, penetration of chemicals.*

#### ÚVOD

V předchozích článcích<sup>1,2,3)</sup> vedle vlastního popisu experimentu a měřící zkušební komory bylo podrobně diskutováno pouze o naměřených hodnotách (ať již v případě starého dřevěného okna se značným počtem netěsností či nového plastového okna, kde se netěsnosti prakticky nevyskytovaly).

Byl zde vysloven předpoklad, že způsob zatěsnění okna významně ovlivňuje možný průnik toxické látky z vnějšího prostoru do vnitřního, tj. do prostoru, který by měl sloužit jako improvizovaný úkryt (IÚ). Vedle způsobu zatěsnění byly posuzovány a diskutovány i další vlivy, jako např. rychlost větru (zastoupená příslušným tlakem), kterým by byla toxická látka přiváděna k takto zřízenému IÚ, druh okna (dřevěné x plastové, staré x nové), zatěsňovaná strana, použitý materiál pro zatěsnění, koncentrace toxické látky apod.

V tomto článku je uveden nejen souhrnný přehled hodnot průvzdušnosti (pro dřevěné i plastové okno; průvzdušnost vztažená na délku spáry i na plochu okna), ale jsou zde především prezentovány vypočtené hodnoty doby, po kterou by daný systém zatěsnění chránil uživatele IÚ, než by bylo dosaženo hodnoty LCt50, tj. koncentrace, která by způsobila 50% usmrcení. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny pro všechny druhy zatěsnění včetně systému „A“, pro oba typy oken, pro měřený rozsah tlaků (rychlostí větru) 5-50 Pa, pro vybrané průmyslové škodliviny a bojové otravné látky a pro jejich různé vstupní koncentrace při vybraném tlaku a druhu zatěsnění.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

## 1 Průvzdušnost

Na základě množství dodávaného vzduchu pro udržení konstantního tlaku v komoře byly pro jednotlivé způsoby zatěsnění okna vypočteny hodnoty průvzdušnosti, a to v závislosti na měřeném tlaku (rychlosti větru) a tyto hodnoty byly vztaženy buď na celkovou plochu okna (tabulka č. 1 – dřevěné okno; tabulka č. 3 – plastové okno), nebo na celkovou délku spáry okna (tabulka č. 2 – dřevěné okno; tabulka č. 4 – plastové okno). Uvedené souhrnné výsledky (pro plastové i dřevěné okno) dávají ucelený pohled na případný průnik kontaminantu do vnitřního prostoru.

Průvzdušnost byla vypočtena podle následujících vztahů:

$$P_{pk} = \frac{Q_{vzduchu} * 0,06}{S} \qquad P_{dsk} = \frac{Q_{vzduchu} * 0,06}{l}$$

Kde:  $P_{pk}$  průvzdušnost vztažená na celkovou plochu okna [ $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ],  
 $P_{dsk}$  průvzdušnost vztažená na délku spáry okna [ $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ],  
 $Q_{vzduchu}$  průtok vzduchu<sup>2,3)</sup> [ $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ],  
 $S$  plocha PP desky [ $3,060 \text{ m}^2$ ], okna [ $1,785 \text{ m}^2$ ],  
 $l$  celková délka spáry PP desky [ $7,140 \text{ m}$ ], okna [ $5,380 \text{ m}$ ].

Tabulka 1

Vliv způsobu zatěsnění a tlaku na průvzdušnost okna vztaženou na celkovou plochu okna – dřevěné okno

Průvzdušnost vztažená na plochu okna [ $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ]									
p [Pa]	úprava "A"	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"	"G"	"H"	"I"
5	0,000000	2,66890	0,161345	0,010084	0,006050			0,003025	
10	0,000000		0,282353	0,023529	0,013445	0,026891	0,026891	0,012773	0,000034
20	0,000000		0,517647	0,040336	0,026891	0,070588	0,067227	0,023529	0,006723
30	0,000000		0,705882	0,052101	0,040336	0,097479	0,094118	0,036975	0,009412
40	0,000003		0,870588	0,063866	0,047059	0,121008	0,110924	0,043697	0,011765
50	0,000037		1,008403	0,073950	0,058824	0,147899	0,141176	0,058824	0,023529
75	0,001311		1,512605	0,097479	0,084034	0,198319	0,184874	0,090756	0,040336
100	0,004504		1,946218	0,122689	0,104202	0,238655	0,205042	0,097479	0,047059
150	0,007395		2,857143	0,157983	0,137815	0,305882	0,265546	0,141176	0,077311
200	0,009916			0,194958	0,174790	0,369748	0,315966	0,181513	0,100840
250	0,011765			0,231933	0,205042	0,420168	0,366387	0,218487	0,117647
300	0,013445			0,263866	0,231933	0,467227	0,406723	0,245378	0,157983

*Tabulka 2*  
*Vliv způsobu zatěsnění a tlaku na průvzdušnost okna vztáženou na délku*  
*spáry okna – dřevěné okno*

Průvzdušnost vztážená na délku spáry okna [ $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ]									
p [Pa]	úprava "A"	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"	"G"	"H"	"I"
5	0,000000	0,885502	0,053532	0,003346	0,002007			0,001004	
10	0,000000		0,093680	0,007807	0,004461	0,008922	0,008922	0,004238	0,000011
20	0,000000		0,171747	0,013383	0,008922	0,023420	0,022305	0,007807	0,002230
30	0,000000		0,234201	0,017286	0,013383	0,032342	0,031227	0,012268	0,003123
40	0,000001		0,288848	0,021190	0,015613	0,040149	0,036803	0,014498	0,003903
50	0,000012		0,334572	0,024533	0,019517	0,049071	0,046840	0,019517	0,007807
75	0,000435		0,501859	0,032342	0,027881	0,065799	0,061338	0,030112	0,013383
100	0,001494		0,694573	0,040706	0,034572	0,079182	0,068030	0,032342	0,015613
150	0,002454		0,947955	0,052416	0,045725	0,101487	0,088104	0,046840	0,025651
200	0,003290			0,064684	0,057993	0,122677	0,104833	0,060223	0,033457
250	0,003903			0,076952	0,068030	0,139405	0,121561	0,072491	0,039033
300	0,004461			0,087546	0,076952	0,155019	0,134944	0,081413	0,052416

*Tabulka 3*  
*Vliv způsobu zatěsnění a tlaku na průvzdušnost okna vztáženou na celkovou*  
*plochu okna – plastové okno*

Průvzdušnost vztážená na plochu okna [ $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ]									
p [Pa]	úprava "A"	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"	"G"	"H"	"I"
10	0,000000	0,033331	0,029410	0,005882	0,005294	0,000002	0,003921	0,003333	0,001667
20	0,000000	0,060780	0,050977	0,007843	0,008823	0,005882	0,005882	0,006862	0,003725
30	0,000000	0,080387	0,071564	0,013725	0,010784	0,007843	0,007843	0,008823	0,004902
40	0,000003	0,098033	0,086269	0,017646	0,015685	0,009803	0,011764	0,011764	0,006862
50	0,000037	0,117639	0,103915	0,019607	0,017646	0,013725	0,015685	0,015686	0,011764
75	0,001311	0,160774	0,137246	0,033331	0,029410	0,021567	0,017646	0,023528	0,017646
100	0,004504	0,196066	0,156852	0,039213	0,038233	0,025489	0,021567	0,031370	0,023528
150	0,007395	0,264689	0,233318	0,058820	0,055879	0,027449	0,027449	0,045095	0,037252
200	0,009916	0,335272	0,294098	0,078426	0,075845	0,029410	0,029410	0,060780	0,048036
250	0,011765	0,482321	0,392131	0,096072	0,092151	0,035292	0,035292	0,064702	0,054898
300	0,013445	0,588197	0,490164	0,113718	0,107836	0,037252	0,037252	0,070584	0,056859

*Tabulka 4*  
*Vliv způsobu zatěsnění a tlaku na průvzdušnost okna vztáženou na délku*  
*spáry okna – plastové okno*

<b>Průvzdušnost vztážená na délku spáry okna [m<sup>3</sup>.hod<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>]</b>									
<b>P</b> [Pa]	<b>úprava</b> <b>"A"</b>	<b>"B"</b>	<b>"C"</b>	<b>"D"</b>	<b>"E"</b>	<b>"F"</b>	<b>"G"</b>	<b>"H"</b>	<b>"I"</b>
10	0,000000	0,014286	0,012605	0,002521	0,002269	0,000001	0,001681	0,001429	0,000714
20	0,000000	0,026050	0,021849	0,003361	0,003782	0,002521	0,002521	0,002941	0,001597
30	0,000000	0,034454	0,030672	0,005882	0,004622	0,003361	0,003361	0,003782	0,002101
40	0,000001	0,042017	0,036975	0,007563	0,006723	0,004202	0,005042	0,005042	0,002941
50	0,000012	0,050420	0,044538	0,008403	0,007563	0,005882	0,006723	0,006723	0,005042
75	0,000435	0,068908	0,058824	0,014286	0,012605	0,009244	0,007563	0,010084	0,007563
100	0,001494	0,084034	0,067227	0,016807	0,016387	0,010924	0,009244	0,013445	0,010084
150	0,002454	0,113445	0,100000	0,025210	0,023950	0,011765	0,011765	0,019328	0,015966
200	0,003290	0,143697	0,126050	0,033613	0,032353	0,012605	0,012605	0,026050	0,020588
250	0,003903	0,206723	0,168067	0,041176	0,039496	0,015126	0,015126	0,027731	0,023529
300	0,004461	0,252101	0,210084	0,048739	0,046218	0,015966	0,015966	0,030252	0,024370

### **Výsledky průvzdušnosti – závěry:**

#### *a) porovnání těsnosti samotné zkušební komory s jednotlivými okny*

Při porovnávání vypočtených hodnot průvzdušnosti mezi zkušební komorou (ZK) zatěsněnou PP deskou jako srovnávacím systémem a nejlépe zatěsněnými systémy u jednotlivých typů oken (dřevěné okno – systém „I“, plastové okno – systém „G“) pro vybraný tlak 100 Pa (odpovídající rychlosti větru cca 45 km.hod<sup>-1</sup>) bylo zjištěno:

- v žádném případě (ať již u dřevěného, či plastového okna) uvedené hodnoty průvzdušnosti (vztážené buď na plochu, či na délku spáry okna) nebyly při daném tlaku 100 Pa menší než u samotné ZK osazené PP deskou,
- rozdíl mezi hodnotou průvzdušnosti dřevěného okna (DO) a zkušební komory (ZK) (jak u průvzdušnosti vztážené na plochu, tak i na délku spáry) se pohybuje okolo 90 %, obdobný rozdíl v případě plastového okna (PO) je u průvzdušnosti vztážené na plochu přibližně 79 % a v případě průvzdušnosti vztážené na délku spáry přibližně 84 %,
- z těchto výsledků je zřejmé, že v případě nejlepšího způsobu zatěsnění PO („G“) je dosaženo nižšího nárůstu průvzdušnosti než v případě nejlepšího způsobu zatěsnění DO („I“), a to u obou způsobů vyjádření průvzdušnosti, což znamená, že v případě PO bude toxická látka skrz okno pronikat pomaleji, tudíž toto okno s tímto zatěsněním („G“) bude poskytovat lepší ochranu než okno dřevěné se svým nejlepším zatěsněním („I“), rozdíl podle způsobu vyjádření se pohybuje v rozmezí 11 – 7 %,
- tento závěr potvrzuje i vzájemné porovnání hodnot průvzdušnosti jednotlivých typů oken, kdy rozdíl mezi DO a PO v případě průvzdušnosti vztážené na plochu činí přibližně 54 % a v případě průvzdušnosti vztážené na délku spáry přibližně 41 %,

- tyto výsledky tak jednoznačně poukazují na rozdíl mezi novým, plastovým oknem a starým, dřevěným oknem a nepřímo tak poukazují na budoucí problémy s jejich zatěsněním a ochrannými vlastnostmi. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 5.

*Tabulka 5*  
*Vypočtené rozdíly v průvzdušnosti mezi okny a ZK při 100 Pa*

<b>Průvzdušnost vztažená na:</b>					
Plochu [ $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ]			Délku spáry [ $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ]		
ZK	DO	PO	ZK	DO	PO
0,004504	0,047059	0,021567	0,001494	0,015613	0,009244
zatěsnění	„I“	„G“	zatěsnění	„I“	„G“
<b>Rozdíl mezi oknem a ZK (%); vztaženo na ZK</b>					
	90,4	79,1		90,4	83,8
<b>Rozdíl mezi jednotlivými okny (%); vztaženo na DO</b>					
	54,2			40,8	

*b) vliv oblepení*

- V případě dřevěného okna, ať se již jedná o průvzdušnost vztaženou na plochu nebo na délku spáry (i když u systému bez oblepení – „B“ – je pouze 1 vypočtená hodnota, lze i zde na základě dalších uvedených výsledků předpokládat, že při vyšších tlacích budou tyto hodnoty vzrůstat) je při daném tlaku hodnota průvzdušnosti u nezalepeného okna („B“) vždy vyšší v porovnání s oknem oblepeným, a to nejen v případě, kdy nebyla použita fólie („B“ x „C“, „D“, „E“), ale i s fólií („F“ x „G“, „H“, „I“) – viz tabulka č. 1 a č. 2,
- u plastového okna toto platí pouze pro případ, kdy nebyla použita fólie – viz tabulka č. 3 a č. 4, u systémů s fólií v případě nezalepeného okna („F“) a okna oblepeného z vnitřní strany („G“) jsou tyto hodnoty, zejména při vyšších tlacích nad 150 Pa, nižší než u dvou zbývajících systémů, přičemž bylo očekáváno, že tomu bude spíše naopak, tak jako v případě dřevěného okna. V případě okna oblepeného z vnější strany („H“) jsou tyto hodnoty pak poněkud vyšší, ale nepatrně klesají, je-li okno oboustranně oblepeno („I“).

*c) vliv oblepené strany*

- Porovnáme-li strany oblepení okna, ať již bez fólie, či s fólií, v převážné většině případů klesají vypočtené hodnoty v případě dřevěného okna v řadě od vnitřního oblepení („C“, „G“) přes vnější („D“, „H“) k oboustrannému oblepení („E“, „I“),
- tato závislost je v převážné většině stejná i v případě plastového okna bez dodatečného zatěsnění pomocí PE fólie, čili „C“ > „D“ > „E“,
- u plastového okna s fólií tyto závěry platí pouze pro nejnižší měřený tlak 10 Pa, tj. pro rychlost větru okolo 15  $\text{km} \cdot \text{hod}^{-1}$ . Při tlacích od 20 do 75 Pa (rychlosti větru 21-40  $\text{km} \cdot \text{hod}^{-1}$ ) jsou sice hodnoty u systému „I“, tj. u oboustranně oblepeného okna, nižší nebo stejné oproti systémům s vnitřním („G“) či vnějším („H“) oblepením. Při vyšších tlacích, tj. od 75 do 300 Pa (rychlosti větru 40-79  $\text{km} \cdot \text{hod}^{-1}$ ), jsou však vypočtené hodnoty průvzdušnosti u oboustranně oblepeného okna („I“) vyšší než u okna oblepeného z vnitřní strany („G“),
- nejvyšší hodnoty průvzdušnosti, kromě počátečního tlaku 10 Pa, jsou u okna oblepeného z vnější strany („H“).

*d) vliv fólie*

Jak v případě dřevěného, tak i plastového okna se projevil vliv použité fólie. U všech porovnávaných dvojic, u obou typů oken (bez fólie-s fólií; „B“-„F“, „C“-„G“, „D“-„H“ a „E“-„I“) se ukázalo, že hodnoty průvzdušnosti jsou v případě, kdy okno bylo dodatečně zatěsněno pomocí PE fólií, nižší, v některých případech však tyto rozdíly nejsou velké.

Vliv fólie se zejména projevil u okna zatěsněného z vnitřní strany („C“-„G“) a u okna zatěsněného z obou stran („E“-„I“). U vnějšího zatěsnění, kdy je vlivem proudícího vzduchu (tlaku) izolační páska vtlačována do spár a tedy dochází ke zlepšení těsnosti systému, není použití fólie až tak významné – viz předchozí. Použitá fólie do určité míry dále také zlepšuje těsnost daného systému.

*e) vliv tlaku – rychlosti větru*

S rostoucím tlakem (rychlostí větru) u obou typů oken, u všech měřených systémů i u obou způsobů vyjadřování průvzdušnosti (vztahené na plochu a délku spáry okna) docházelo k růstu hodnot průvzdušnosti. Výsledky tak potvrdily předpoklad, že rostoucí tlakový spád povede k snadnějšímu pronikání nebezpečné škodliviny skrz případné netěsnosti.

Vyšší tlaky (rychlosti větru) nemají na naměřenou průvzdušnost již tak dominantní vliv, spáry mezi PP deskou a testovací komorou jsou tak malé, že při těchto tlacích se spíše projevuje odpor vůči pronikání vzduchu skrz spáru, popř. dochází ke ztrátám na tlaku (rychlosti větru) uvnitř komory.

*f) porovnání vypočtených hodnot průvzdušnosti*

Vypočtené hodnoty průvzdušnosti (tabulky č. 1–4) byly porovnány s hodnotami průvzdušnosti dle ČSN EN 12207, podle které se provádí zatřídění oken do příslušných tříd.

- Opět ve všech případech, tj. u obou typů oken (dřevěné<sup>2,4,5,6)</sup>, plastové<sup>3,5,6,7)</sup>, u všech zatěsněných systémů („B“, „C“, „D“, „E“, „F“, „G“, „H“ a „I“), včetně samotné ZK s PP deskou („A“) i u obou způsobů vyjadřování průvzdušnosti (průvzdušnosti vztahené na plochu a délku spáry okna) při všech měřených tlacích byly uvedené vypočtené hodnoty průvzdušnosti nižší než hodnoty průvzdušnosti odpovídající třídě 4, tj. nejvyšší třídě dle příslušné normy,
- nalezený rozdíl (vyšší hodnoty) byl pouze v případě dřevěného okna u systému „B“, kdy u průvzdušnosti vztahené na plochu okna byla pro tlak 5 Pa naměřena hodnota  $2,67 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  (tabulka č. 1), přičemž třídě 4 dle příslušné normy tomuto tlaku odpovídá hodnota přibližně  $0,41 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ , třídě 3 hodnota  $1,22 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  a třídě 2 hodnota  $3,67 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ . Obdobně, v případě průvzdušnosti vztahné na délku spáry dřevěného okna pro tlak 5 Pa byla naměřena hodnota  $0,89 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$  (tabulka č. 2), třídě 4 dle příslušné normy pak tomuto tlaku odpovídá hodnota přibližně  $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ , třídě 3 hodnota  $0,30 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$  a třídě 2 hodnota  $0,91 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ,
- z těchto výsledků pro oba typy průvzdušnosti vyplynulo, že u systému „B“ (dřevěné okno) při daném tlaku 5 Pa naměřené hodnoty průvzdušnosti odpovídají spíše třídě 2–3 dle ČSN EN 12207, než tomu bylo u zbývajících měřených systémů „C“ – „I“,
- lze také předpokládat, že i při vyšších tlacích (opět pro dřevěné okno) budou hodnoty průvzdušnosti vyšší, než tomu je v případě třídy 4, resp. třídě 3 přesto, že se tyto hodnoty z důvodů, které byly vysvětleny již dříve, nepodařilo změřit a vypočítat<sup>4)</sup>,
- v případě dřevěného okna u systému s vnitřním oblepením a bez fólie („C“) jsou hodnoty průvzdušnosti vztahené na délku spáry sice jen nepatrně nižší než hodnoty průvzdušnosti třídě 4, přesto tuto třídu také splňují<sup>4)</sup>,
- z výsledků je také patrné, že jakékoli zatěsnění okna oblepením pomocí izolační pásky posouvá třídu průvzdušnosti minimálně o 2 třídy výš v porovnání s oknem neoblepeným

(viz zlepšení v případě nezalepeného okna „B“), tudíž je zde patrný významný, a to jakýmkoli způsobem, vliv zatěsnění na těsnost okna.

**Vyšší hodnoty průvzdušnosti indikují vyšší snadnost průniku nebezpečné škodliviny směrem do vnitřního prostoru improvizovaného úkrytu, a tím i zvyšování pravděpodobnosti poškození zdraví či následné smrti!!!**

## 2 Stanovení doby dosažení střední zneschopňující koncentrace

V tabulce č. 6 jsou uvedena toxikologická data vybraných bojových chemických látek, včetně jejich kódového označení.

*Tabulka 6  
Střední zneschopňující koncentrace vybraných bojových chemických látek*

Látka	Kódové označení	Molekulová hmotnost [g.mol <sup>-1</sup> ]	LCt50 [mg.min.m <sup>-3</sup> ]	LCt50 [ppm]
Fosgen	CG	98,90	3200	777,88
Chloracetofenon	CN	154,59	7000	1088,62
Chlorpikrin	PS	164,37	20000	2925,29
Sarin	GB	140,10	100	17,16
Lewisit	L	207,31	1200	139,17
Yperit	HD	159,07	1500	226,71
VX	VX	267,40	35	3,15

Pozn.: Hodnoty LCt50 byly převzaty z knihy „CBRN Chemické zbraně“ od autorů Matoušek a Linhart<sup>8)</sup>.

Na základě naměřených hodnot průniku pro jednotlivé typy oken, způsoby oblepení a vybrané tlaky (rychlosti větru; tabulky č. 7 a 8) byly pro jednotlivé toxické chemické látky vypočteny doby, kdy je dosaženo střední letální koncentrace LCt50.

Tyto vypočtené hodnoty jsou pouze orientační, neboť souvisí nejen s dobou pobytu ukryvaných osob v IÚ (tabulka č. 9), ale zejména s koncentrací bojové chemické látky (s její rostoucí hodnotou ve většině případů rostla i hodnota průniku, což se projevuje zkrácením doby pobytu v IÚ) a kvalitou zatěsnění okna, kdy při koncentracích do 1000 ppm (plastové okno) a do 2000 ppm (dřevěné okno) bylo dosaženo vyšších hodnot průniku v případě zatěsnění okna s fólií (zatěsnění „I“ v porovnání se zatěsněním „E“). Teprve nad těmito hranicemi koncentrací se projevilo lepší zatěsnění okna poklesem hodnot průniku, což v konečném důsledku opět vede k prodloužení doby pobytu ukryvaných osob v IÚ.

Hodnoty uvedené v tabulkách č. 10–15, resp. č. 16–17 byly vypočteny na základě průniku SF<sub>6</sub> v 60. minutě (viz tabulky č. 7–8, resp. č. 9). Výpočet byl založen na předpokladu lineárního průběhu nárůstu koncentrace toxické látky v měřeném prostoru až do hodnoty, kdy je dosaženo LCt50 dané látky (ve skutečnosti by byly vypočtené hodnoty vyšší, neboť nárůst koncentrace by se zpomaloval), a byl získán jako podíl LCt50 [ppm] dané látky a průnikové koncentrace.

$$\text{Dosažení } LCt50 = \frac{LCt50}{\text{průnik v 60. minutě}}$$

Kde: *Dosažení LCt50* doba, kdy bylo dosaženo střední letální koncentrace LCt50 dané toxické látky při daném tlaku [hod],  
*LCt50* střední letální koncentrace dané toxické látky [ppm],  
*průnik v 60. minutě* hodnota průniku v 60. minutě při daném tlaku a oblepení okna [ppm.hod<sup>-1</sup>].

Tabulka 7

Průnik SF<sub>6</sub> v 60. minutě, dřevěné okno, koncentrace 2000 ppm

p [Pa]	Způsob oblepení								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Průnik SF <sub>6</sub> [ppm]								
5	0,308	neměřeno	16,327	1,646	0,919	4,411	1,242	0,314	0,877
30	0,327	neměřeno	49,725	5,555	5,150	13,127	8,234	2,179	3,119
50	0,493	neměřeno	58,826	8,710	6,947	18,092	12,908	4,720	3,317

Pozn.: v případě oblepení „C“ jsou naměřené hodnoty pouze z 30. minuty, z technických důvodů 60. minuta nebyla proměřena.

Tabulka 8

Průnik SF<sub>6</sub> v 60. minutě, plastové okno, koncentrace 2000 ppm

p [Pa]	Způsob oblepení								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Průnik SF <sub>6</sub> [ppm]								
5	0,308	4,181	3,559	0,556	0,293	1,641	0,621	0,333	0,221
30	0,327	12,772	12,461	3,141	2,490	2,780	2,510	1,768	0,988
50	0,493	16,098	15,694	4,034	3,570	3,622	3,323	3,046	2,153

Tabulka 9

Průnik SF<sub>6</sub> v 60. minutě, 30 Pa, oblepení „E“ a „I“

Typ okna Způsob oblepení c [ppm]	Dřevěné		Plastové	
	„E“	„I“	„E“	„I“
Průnik SF <sub>6</sub> [ppm]				
100	0,336		0,092	0,409
150		1,005		
350		1,655		
500	0,838		0,383	0,797
550		1,960		
1000	1,176	2,836	1,044	1,008
1500	1,670	4,148		1,495
2000	5,150	3,199	2,490	0,988

V následujících šesti tabulkách jsou uvedeny doby, kdy je pro daný systém zatěsnění dosaženo hodnot LCt50, a to pro 3 vybrané tlaky (rychlosti větru). Tlak 5 Pa byl v našem



případě vybrán zcela záměrně jako nejmenší, reálně měřitelný tlak, který odpovídá rychlosti větru okolo 10 km.hod<sup>-1</sup>, což představuje podmínky, kdy k průniku toxické látky dochází prakticky samovolně, a to na základě změny koncentrace před a za oknem. Tlaky 30 a 50 Pa pak již představují běžné rychlosti větru vyskytující se na našem území.

Zařízením používaným při měření nebylo však možné v případě dřevěného okna bez zatěsnění („B“) dosáhnout měřitelných hodnot. Lze však na základě dosažených výsledků předpokládat, že hodnot LCt<sub>50</sub> bude v porovnání se zatěsněným oknem dosaženo za velmi krátkou dobu.

Tabulka 10

*Dosažení LCt50 při tlaku 5 Pa (rychlosti větru 10,3 km.hod<sup>-1</sup>) v případě plastového okna pro vybrané toxické látky a měřené systémy*

Toxická látka	Plastové okno								
	Dosažení LCt50 (hod) při 5 Pa ~ 10,3 km.hod <sup>-1</sup>								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>Fosgen</b> COCl <sub>2</sub> (LCt50 - 778 ppm)	2526,0	186,0	248,6	1780,0	3087,0	474,0	1253,0	2336,0	3520,0
<b>Chloracetofenon</b> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CO-CH <sub>2</sub> Cl (LCt50 - 1089 ppm)	3534,0	260,4	347,9	2491,0	4320,0	663,0	1753,0	3269,0	4926,0
<b>Chlorpikrin</b> Cl <sub>3</sub> C-NO <sub>2</sub> (LCt50 - 2925 ppm)	9498,0	699,7	934,9	6694,0	11608,0	1783,0	4711,0	8785,0	13237,0
<b>Sarin</b> [(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHO]CH <sub>2</sub> P(O)F (LCt50 - 17,2 ppm)	55,7	4,1	5,5	39,3	68,0	10,5	27,6	51,5	77,7
<b>Lewisit</b> ClCH=CH-AsCl <sub>2</sub> (LCt50 - 139 ppm)	452,0	33,3	44,5	318,5	552,3	84,8	224,0	418,0	630,0
<b>Yperit</b> S(CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> Cl) <sub>2</sub> (LCt50 - 227 ppm)	736,0	54,2	72,5	518,8	900,0	138,0	365,0	681,0	1026,0
<b>VX</b> i-Pr <sub>2</sub> N-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -S- PO(CH <sub>3</sub> )-O-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> (LCt50 - 3,15 ppm)	10,2	0,75	1,0	7,2	12,5	1,9	5,1	9,5	14,3

Tabulka 11

Dosažení LCt50 při tlaku 30 Pa (rychlosti větru 25,1 km.hod<sup>-1</sup>) v případě plastového okna pro vybrané toxické látky a měřené systémy

Toxická látka	Plastové okno								
	Dosažení LCt50 (hod) při 30 Pa ~ 25,1 km.hod <sup>-1</sup>								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>Fosgen COCl<sub>2</sub></b> (LCt50 - 778 ppm)	2379,0	60,9	69,7	314,0	394,0	280,0	310,0	440,0	787,0
<b>Chloracetofenon</b> <b>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CO-CH<sub>2</sub>Cl</b> (LCt50 - 1089 ppm)	3329,0	85,2	97,5	439,0	552,0	392,0	434,0	616,0	1102,0
<b>Chlorpikrin Cl<sub>3</sub>C-NO<sub>2</sub></b> (LCt50 - 2925 ppm)	8946,0	229,0	262,1	1180,0	1483,0	1054,0	1165,0	1655,0	2961,0
<b>Sarin</b> <b>[(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHO]CH<sub>3</sub>P(O)F</b> (LCt50 - 17,2 ppm)	52,5	1,3	1,5	6,9	8,7	6,2	6,8	9,7	17,4
<b>Lewisit</b> <b>ClCH=CH-AsCl<sub>2</sub></b> (LCt50 - 139 ppm)	426,0	10,9	12,5	56,1	70,5	50,1	55,5	78,7	140,9
<b>Yperit S(CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>Cl)<sub>2</sub></b> (LCt50 - 227 ppm)	693,0	17,8	20,3	91,5	114,9	81,7	90,3	128,0	229,0
<b>VX</b> <b>i-Pr<sub>2</sub>N-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-S- PO(CH<sub>3</sub>)-O-CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub></b> (LCt50 - 3,15 ppm)	9,6	0,3	0,3	1,3	1,6	1,1	1,3	1,8	3,2

Tabulka 12

Dosažení LCt50 při tlaku 50 Pa (rychlosti větru 32,4 km.hod<sup>-1</sup>) v případě plastového okna pro vybrané toxické látky a měřené systémy

Toxická látka	Plastové okno								
	Dosažení LCt50 (hod) při 50 Pa ~ 32,4 km.hod <sup>-1</sup>								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>Fosgen COCl<sub>2</sub></b> (LCt50 - 778 ppm)	1578,0	48,3	55,0	238,0	274,0	215,0	234,0	255,0	361,0
<b>Chloracetofenon</b> <b>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CO-CH<sub>2</sub>Cl</b> (LCt50 - 1089 ppm)	2208,0	67,6	77,1	332,0	383,0	301,0	328,0	357,0	506,0
<b>Chlorpikrin Cl<sub>3</sub>C-NO<sub>2</sub></b> (LCt50 - 2925 ppm)	5934,0	229,0	207,0	893,0	1030,0	808,0	880,0	960,0	1359,0

Pokračování tabulky 12

<b>Sarin</b> [(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHO]CH <sub>3</sub> P(O)F (LCt50 - 17,2 ppm)	34,8	1,1	1,2	5,2	6,0	4,7	5,2	5,6	8,0
<b>Lewisit</b> ClCH=CH-AsCl <sub>2</sub> (LCt50 - 139 ppm)	282,0	8,7	9,9	42,5	49,0	38,4	41,9	45,7	64,6
<b>Yperit S</b> (CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> Cl) <sub>2</sub> (LCt50 - 227 ppm)	460,0	14,1	16,1	69,2	79,9	62,6	68,2	74,4	105,0
<b>VX</b> i-Pr <sub>2</sub> N-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -S- PO(CH <sub>3</sub> )-O-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> (LCt50 - 3,15 ppm)	6,4	0,2	0,2	1,0	1,1	0,9	1,0	1,0	1,5

Tabulka 13

Dosažení LCt50 při tlaku 5 Pa (rychlosti větru 10,3 km.hod<sup>-1</sup>) v případě dřevěného okna pro vybrané toxické látky a měřené systémy

Toxická látka	Dřevěné okno								
	Dosažení LCt50 (hod) při 5 Pa ~ 10,3 km.hod <sup>-1</sup>								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>Fosgen</b> COCl <sub>2</sub> (LCt50 - 778 ppm)	2526,0	N	23,8	473,0	846,0	176,0	626,0	2477,0	887,0
<b>Chloracetofenon</b> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CO-CH <sub>2</sub> Cl (LCt50 - 1089 ppm)	3534,0	N	33,3	661,0	1185,0	247,0	877,0	3309,0	1241,0
<b>Chlorpikrin</b> Cl <sub>3</sub> C-NO <sub>2</sub> (LCt50 - 2925 ppm)	9498,0	N	89,6	1777,0	3183,0	663,0	2355,0	9316,0	3336,0
<b>Sarin</b> [(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHO]CH <sub>3</sub> P(O)F (LCt50 - 17,2 ppm)	55,7	N	0,53	10,4	18,7	3,9	13,8	54,7	19,6
<b>Lewisit</b> ClCH=CH-AsCl <sub>2</sub> (LCt50 - 139 ppm)	452,0	N	4,3	84,6	151,0	31,6	112,0	443,0	159,0
<b>Yperit S</b> (CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> Cl) <sub>2</sub> (LCt50 - 227 ppm)	736,0	N	6,9	138,0	247,0	51,4	183,0	722,0	259,0
<b>VX</b> i-Pr <sub>2</sub> N-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -S- PO(CH <sub>3</sub> )- O-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> (LCt50 - 3,15 ppm)	10,2	N	0,10	1,9	3,4	0,7	2,5	10,0	3,6

Tabulka 14

Dosažení LCt50 při tlaku 30 Pa (rychlosti větru 25,1 km.hod<sup>-1</sup>) v případě dřevěného okna pro vybrané toxické látky a měřené systémy

Toxická látka	Dřevěné okno								
	Dosažení LCt50 (hod) při 30 Pa ~ 25,1 km.hod <sup>-1</sup>								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>Fosgen COCl<sub>2</sub></b> (LCt50 - 778 ppm)	2379,0	N	7,8	140,0	151,0	59,3	94,5	357,0	249,0
<b>Chloracetofenon</b> <b>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CO-CH<sub>2</sub>Cl</b> (LCt50 - 1089 ppm)	3329,0	N	20,8	196,0	211,0	82,9	132,0	500,0	349,0
<b>Chlorpikrin Cl<sub>3</sub>C-NO<sub>2</sub></b> (LCt50 - 2925 ppm)	8946,0	N	29,4	527,0	568,0	223,0	355,0	1342,0	938,0
<b>Sarin</b> <b>[(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHO]CH<sub>3</sub>P(O)F</b> (LCt50 - 17,2 ppm)	52,5	N	0,17	5,0	3,3	1,3	2,1	7,9	5,5
<b>Lewisit</b> <b>ClCH=CH-AsCl<sub>2</sub></b> (LCt50 - 139 ppm)	426,0	N	2,7	25,1	27,0	10,6	16,9	63,9	44,6
<b>Yperit S(CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>Cl)<sub>2</sub></b> (LCt50 - 227 ppm)	693,0	N	2,3	40,8	44,0	17,3	27,5	104,0	72,7
<b>VX</b> <b>i-Pr<sub>2</sub>N-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-S- PO(CH<sub>3</sub>)-O-CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub></b> (LCt50 - 3,15 ppm)	9,6	N	0,03	0,6	0,61	0,2	0,4	1,5	1,0

Tabulka 15

Dosažení LCt50 při tlaku 50 Pa (rychlosti větru 32,4 km.hod<sup>-1</sup>) v případě dřevěného okna pro vybrané toxické látky a měřené systémy

Toxická látka	Dřevěné okno								
	Dosažení LCt50 (hod) při 50 Pa ~ 32,4 km.hod <sup>-1</sup>								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>Fosgen COCl<sub>2</sub></b> (LCt50 - 778 ppm)	1578,0	N	6,6	89,3	112,0	43,0	60,3	165,0	235,0
<b>Chloracetofenon</b> <b>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CO-CH<sub>2</sub>Cl</b> (LCt50 - 1089 ppm)	2208,0	N	9,3	125,0	157,0	60,2	84,3	231,0	328,0
<b>Chlorpikrin Cl<sub>3</sub>C-NO<sub>2</sub></b> (LCt50 - 2925 ppm)	5934,0	N	24,9	336,0	421,0	162,0	227,0	620,0	882,0

Pokračování tabulky 15

<b>Sarin</b> [(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHO]CH <sub>3</sub> P(O)F (LCt50 - 17,2 ppm)	34,8	N	0,15	2,0	2,5	1,0	1,3	3,6	5,2
<b>Lewisit</b> ClCH=CH-AsCl <sub>2</sub> (LCt50 - 139 ppm)	282,0	N	1,2	16,0	20,0	7,7	10,8	29,5	42,0
<b>Yperit S</b> (CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> Cl) <sub>2</sub> (LCt50 - 227 ppm)	460,0	N	1,9	26,0	32,6	12,5	17,6	48,0	68,4
<b>VX</b> i-Pr <sub>2</sub> N-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -S- PO(CH <sub>3</sub> )-O-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> (LCt50 - 3,15 ppm)	6,4	N	0,03	0,36	0,45	0,2	0,2	0,7	1,0

Tabulka 16

Dosažení LCt50 při tlaku 30 Pa (rychlosti větru 25,1 km.hod<sup>-1</sup>) v případě plastového okna pro vybrané toxické látky, koncentrace a měřené systémy

Toxická látka	Plastové okno										
	c [ppm]										
	100	500	1000	2000	100	500	1000	1500	2000		
	Oblepení bez fólie (E)					Oblepení s fólií (I)					
	Dosažení LCt50 (hod) při 30 Pa ~ 25,1 km.hod <sup>-1</sup>										
<b>Fosgen</b> COCl <sub>2</sub> (LCt50 - 778 ppm)	8455,0	2031,0	745,0	312,0	1902,0	976,0	772,0	520,0	787,0		
<b>Chloracetofenon</b> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CO-CH <sub>2</sub> Cl (LCt50 - 1089 ppm)	11833,0	2842,0	1043,0	437,0	2662,0	1366,0	1080,0	728,0	1102,0		
<b>Chlorpikrin</b> Cl <sub>3</sub> C-NO <sub>2</sub> (LCt50 - 2925 ppm)	31797,0	7638,0	2802,0	1175,0	7152,0	3670,0	2902,0	1957,0	2961,0		
<b>Sarin</b> [(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHO]CH <sub>3</sub> P(O)F (LCt50 - 17,2 ppm)	187,0	44,8	16,4	6,9	42,0	21,5	17,0	11,5	17,4		
<b>Lewisit</b> ClCH=CH-AsCl <sub>2</sub> (LCt50 - 139 ppm)	1513,0	363,0	133,0	55,9	340,0	175,0	138,0	93,1	141,0		
<b>Yperit S</b> (CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> Cl) <sub>2</sub> (LCt50 - 227 ppm)	2464,0	592,0	217,0	91,1	554,0	284,0	225,0	152,0	229,0		
<b>VX</b> i-Pr <sub>2</sub> N-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -S- PO(CH <sub>3</sub> )-O-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> (LCt50 - 3,15 ppm)	34,2	8,2	3,0	1,3	7,7	4,0	3,1	2,1	3,2		

Tabulka 17

Dosažení LCt50 při tlaku 30 Pa (rychlosti větru 25,1 km.hod<sup>-1</sup>) v případě dřevěného okna pro vybrané toxické látky, koncentrace a měřené systémy

Toxická látka	Dřevěné okno										
	c [ppm]										
	150	350	550	1000	1500	2000	100	500	1000	1500	2000
	Oblepení bez fólie (E)						Oblepení s fólií (I)				
	Dosažení LCt50 (hod) při 30 Pa ~ 25,1 km.hod <sup>-1</sup>										
<b>Fosgen COCl<sub>2</sub></b> (LCt50 - 776 ppm)	774,0	470,0	397,0	274,0	188,0	151,0	2315,0	928,0	661,0	466,0	319,0
<b>Chloracetofenon</b> <b>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CO--CH<sub>2</sub>Cl</b> (LCt50 - 1089 ppm)	1083,0	658,0	555,0	384,0	262,0	211,0	3240,0	1299,0	926,0	652,0	446,0
<b>Chlorpikrin</b> <b>Cl<sub>3</sub>C-NO<sub>2</sub></b> (LCt50 - 2925 ppm)	2911,0	1768,0	1492,0	1031,0	705,0	5698,0	8706,0	3491,0	2487,0	1752,0	1198,0
<b>Sarin</b> <b>[(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHO] CH<sub>3</sub>P(O)F</b> (LCt50 - 17,2 ppm)	17,1	10,4	8,8	6,1	4,1	3,3	51,1	20,5	14,6	10,3	7,0
<b>Lewisit</b> <b>ClCH=CH-AsCl<sub>2</sub></b> (LCt50 - 139 ppm)	138,0	84,1	71,0	49,1	33,6	27,0	414,0	166,0	118,0	83,3	57,0
<b>Yperit</b> <b>S(CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>Cl)<sub>2</sub></b> (LCt50 - 227 ppm)	226,0	137,0	116,0	79,9	54,7	44,0	675,0	271,0	193,0	136,0	93,0
<b>VX</b> <b>i-Pr<sub>2</sub>N-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-S- PO(CH<sub>3</sub>)-O-CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub></b> (LCt50 - 3,15 ppm)	3,1	1,9	1,6	1,1	0,8	0,6	9,4	3,8	2,7	1,9	1,3

Z pohledu ochrany obyvatelstva představují tyto výsledky a závěry z nich vyplývající největší význam, neboť reálně ukazují, jak rychle a jaké množství toxické látky by se při dané rychlosti větru mohlo dostávat do prostoru, kde se chráněné osoby nachází. Z výsledků pro oba typy oken vyplynulo následující:

#### 1) PP deska – okna

Porovnáním ideálně zatěsněného systému (v našem případě PP deska – „A“) s okny jako takovými jednoznačně vyplývá, že přítomné netěsnosti, zejména u okna starého a poškozeného, jakým je dřevěné okno, značně zvyšují snadnost průniku nebezpečné toxické látky. Pouze při velmi nízkých tlacích a při vysoce kvalitním zatěsnění bylo dosaženo buď

prakticky stejné (plastové okno, 5 Pa, fólie, „H“ – 9,5 hod, tabulka č. 10), nebo dokonce delší doby potřebné k dosažení hodnot LCt50 (plastové okno, 5 Pa, fólie, „I“ – 14,3 hod či plastové okno, 5 Pa, bez fólie, „E“ – 12,5 hod – tabulka č. 10), než tomu tak bylo v tzv. „ideálním případě (plastové okno, 5 Pa, „A“ – 10,2 hod).

Při nízkých tlacích (rychlostech větru) není pravděpodobně průnik již tak významně ovlivněn tlakem (rychlostí větru), ale spíše způsobem zatěsnění. Při vyšších tlacích, u méně dokonale zatěsněných oken a u oken s většími spárami pak již k tomuto jevu v takovéto míře nedochází a naopak dosažená doba je delší než u tzv. „ideálního systému“.

## 2) dřevěné x plastové okno

Z výsledků uvedených v tabulkách č. 10–17 jednoznačně vyplývá, že staré, dřevěné okno bude v porovnání s novým, nepoškozeným plastovým oknem poskytovat nižší ochranu, a to při všech uvedených tlacích i koncentracích.

## 3) způsoby zatěsnění

Jedním z nejdůležitějších prvků pro zvýšení účinné ochrany IÚ je volba vhodného způsobu zatěsnění nežádoucích spár. Z tohoto pohledu je velmi účinné zatěsnění pomocí lepicí pásky, zejména z vnější strany, tj. ze strany, odkud k nám proniká nežádoucí nebezpečná škodlivá látka (systémy „D“ a „E“, resp. „H“ a „I“). S výhodou, pokud je to možné, je dobré toto vnější oblepení doplnit o přelepení fólií, která účinnost zatěsněných systémů dále zvyšuje („F“, „G“, „H“, „I“ v porovnání s „B“, „C“, „D“, „E“).

## 4) rychlost větru (tlak)

Rychlost větru představuje jeden z nejméně zřizovatelem IÚ ovlivnitelných faktorů. Přesto, jak je uvedeno v tabulkách č. 10–15, je tento faktor jedním z nejdůležitějších, které ovlivňují průnik a tím i dobu pobytu v IÚ. V případě dřevěného okna pak rozdíl 45 Pa (rychlost větru 15 km.hod<sup>-1</sup>) představuje v mnoha případech pětinasobné snížení doby pobytu v IÚ do doby dosažení LCt50 (při nárůstu tlaku od 5 do 50 Pa), u plastového okna dokonce desetinásobné.

## 5) koncentrace nebezpečné toxické látky

Dalším faktorem, který není možné ovlivnit, je koncentrace nebezpečné toxické látky (viz tabulky č. 16 a 17). V případě plastového okna 10násobné zvýšení koncentrace ze 100 ppm na 1000 ppm u systému „E“ bez fólie se projevilo víc jak 10násobným zkrácením doby do dosažení LCt50, v případě systému s fólií „I“ při stejném nárůstu koncentrace pouze přibližně 2,5násobným zkrácením. Zatěsnění dřevěného okna se chovalo poněkud odlišně od plastového, 10násobné zvýšení koncentrace ze 150 ppm na 1500 ppm u systému „E“ bez fólie se projevilo pouze 4násobným zkrácením doby potřebné k dosažení LCt50, u systému „I“ s fólií, opět při nárůstu koncentrace ze 100 ppm na 1000 ppm, bylo toto zkrácení doby dosažení LCt50 podobné, a to přibližně 3,5násobné.

Z těchto výsledků vyplynulo, že při stejném nárůstu koncentrace nebezpečné toxické látky dochází ke zkrácení doby pobytu v IÚ v případě plastového okna a u systému zatěsnění bez použití fólie.

## 6) toxická látka

Co člověk používající IÚ nemůže také ovlivnit, je druh nebezpečné chemické látky a její toxické vlastnosti. V předchozích tabulkách jsou uvedeny výsledky pro 6 vysoce toxických, bojových chemických látek a pro 1 látku používanou jako lakrimátor – chloracetofenon.

Z výsledků je zřejmé, že IÚ bude poskytovat v případě vysoce toxických látek, jakými jsou VX či sarin, pouze omezenou ochranu, pohybující se v minutách až hodinách, naopak

v případě méně toxických látek, jakými jsou yperit a lewisit, se tato ochrana prodlouží na hodiny až stovky hodin.

U toxických látek, jejichž LC<sub>50</sub> se pohybuje okolo 1000 ppm a vyšší (fosgen, chloracetofenon a chlorpikrin), použití IÚ s takto zatěsněnými otvory bude představovat ochranu, která by dokázala člověka chránit prakticky po dobu několika dní až týdnů.

## ZÁVĚR

Provedená měření ukázala význam zatěsnění stavebních otvorů, např. oken, v prostorách zřízených jako improvizované úkryty.

Správně připravené a kvalitně zatěsněné otvory v závislosti na vnějších povětrnostních podmínkách (zejména rychlosti větru a teplotě) a na druhu a koncentraci škodliviny v ovzduší poskytují ochranu v takové míře, aby bylo možné co nejvíce eliminovat nežádoucí účinky nebezpečné látky, čili snížit pravděpodobnost ohrožení zdraví, popř. smrti ukrývané osoby. Zároveň tím ale poskytují i potřebný čas na případný odchod ze zasaženého prostoru.

Tato měření poukazují ale také na možnost zatěsnění jakéhokoli vhodného prostoru pro přípravu IÚ výše uvedeným způsobem a co lze od takto zatěsněného prostoru očekávat, čili jaká je předpokládaná úroveň ochrany.

### Résumé

*The performed measurements showed the importance of sealing building openings, e.g. window, in place designed as improvised shelters.*

*Properly prepared and well-sealed openings hinged upon the weather conditions (especially wind velocity and temperature) and the type and concentration of toxic substance in the atmosphere provide protection to such an extent, that it is possible to eliminate as far as possible adverse effects of hazardous substances, thus reduce the likelihood of health hazard, or death of a sheltering person. At the same time they provide the time needed for a potential evacuation or departure from the affected area.*

*These measurements also indicate a possibility of sealing any space using the aforementioned process and what can be expected from the stated type of sealed space, thus what is the level of protection.*

## Literatura

- [1] SÝKORA, Vlastimil, Čestmír HYLÁK a Ján PIVOVARNÍK. Improvizovaná ochrana ukrytím. I. Úvod do problematiky. *The Science for Population Protection*. 2012, roč. 4, č. 3, s. 67-76. ISSN 1803-568X. Dostupné na: <http://www.population-protection.eu/>
- [2] SÝKORA, Vlastimil a Čestmír HYLÁK. Improvizovaná ochrana ukrytím. II. Vlastnosti dřevěného okna. *The Science for Population Protection*. 2013, roč. 5, č. 1, s. 93-113. ISSN 1803-568X. Dostupné na: <http://www.population-protection.eu/>
- [3] SÝKORA, Vlastimil, Čestmír HYLÁK a Ján PIVOVARNÍK. Improvizovaná ochrana ukrytím. III. Vlastnosti plastového okna. *The Science for Population Protection*. 2013, roč. 5, č. 2, s. 65-87. ISSN 1803-568X. Dostupné na: <http://www.population-protection.eu/>
- [4] SÝKORA, Vlastimil, Čestmír HYLÁK a Ján PIVOVARNÍK. Měření těsnosti dřevěného okna bez úprav a po zatěsnění. [Technická průběžná zpráva.] Lázně Bohdaneč: MV GŘ HZS ČR IOO, 2008.



- [5] SÝKORA, Vlastimil, Čestmír HYLÁK a Ján PIVOVARNÍK. Zjišťování těsnosti stavebních otvorů v improvizovaných úkrytech a způsob jejich dotěsnění. [Závěrečná zpráva.] Lázně Bohdaneč: MV GR HZS ČR IOO, 2010.
- [6] SÝKORA, Vlastimil, Čestmír HYLÁK a Ján PIVOVARNÍK. Nové možnosti v improvizované ochraně ukrytím. In: *X. ročník mezinárodní konference Ochrana obyvatelstva – DEKONTAM 2011*. Ostrava: SPBI, FBI, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011, s. 124-128. ISBN 978-80-7385-096-8.
- [7] SÝKORA, Vlastimil, Čestmír HYLÁK a Ján PIVOVARNÍK. Měření těsnosti plastového okna bez úprav a po zatěsnění. [Technická průběžná zpráva.] Lázně Bohdaneč: MV GR HZS ČR IOO, 2009.
- [8] MATOUŠEK, J. a P. LINHART. *CBRN. Chemické zbraně*. 1.vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. 154 s. ISBN 80-86634-71-X.

### Informace o autorech

#### Ing. Čestmír Hylák (1958)

Výzkumný a vývojový pracovník MV – generálního ředitelství HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva na úseku expertiz pro požární ochranu a prostředky ochrany obyvatelstva. Zabývá se problematikou výzkumu, vývoje a testování prostředků individuální a kolektivní ochrany.

Absolvent Vysoké vojenské školy pozemního vojska ve Vyškově, obor vojenská chemie (1984).

Je spoluautorem 3 odborných publikací, 2 skript, 12 učebních textů, 15 článků v nerezovaných a 3 článků v recenzovaných časopisech. V oblasti výzkumné činnosti spoluautor 5 funkčních vzorků prostředků individuální ochrany a 2 funkčních vzorků testovacích zařízení v oblasti individuální a kolektivní ochrany, 5 metodických pomůcek v oblasti testování prostředků individuální ochrany a prostředků kolektivní ochrany.

#### Ing. Ján Pivovarník (1954)

Výzkumný a vývojový pracovník MV – generálního ředitelství HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva na úseku expertiz pro požární ochranu a prostředky ochrany obyvatelstva. Zabývá se problematikou výzkumu, vývoje a testování prostředků kolektivní ochrany.

Absolvent Vojenské vysoké velitelско-technické školy v Martine, obor ženijně technický (1978).

Je spoluautorem 1 odborné publikace, autorem a spoluautorem řady příspěvků v recenzovaných a nerezovaných časopisech a sbornících, 5 oponentských, lektorských a znaleckých posudků, 3 metodických pomůcek, 5 učebních textů a 4 výukových pomůcek, zpracovatel 2 technických norem.

#### Ing. Vlastimil Sýkora, CSc. (1961)

Príslušník MV – generálního ředitelství HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva na úseku expertiz pro požární ochranu a prostředky ochrany obyvatelstva. Zabývá se problematikou individuální ochrany obyvatelstva, přípravou koncepcí ochrany obyvatelstva v České republice, testováním prostředků individuální ochrany a jejich posuzováním s ohledem na jejich budoucí možné využití, vývojem nových typů ochranných prostředků pro obyvatelstvo České republiky, vývojem a testováním improvizovaných způsobů ochrany obyvatelstva, a to jak v oblasti individuální, tak i kolektivní ochrany a spolupracuje s řadou domácích a zahraničních firem působících v oblasti ochrany dýchacích cest a povrchu těla na vývoji a testování těchto prostředků.

Absolvent Vysoké školy chemicko-technologické v Pardubicích, obor makromolekulární chemie (1985). V roce 1993 obhájil dizertační práci na téma „Aromatické glycidylethery, jejich reaktivita a vlastnosti“.

Dosud publikoval 1 monografii a cca 60 článků a příspěvků v našich a zahraničních odborných i recenzovaných časopisech, je spoluřešitelem projektů zabývajících se problematikou individuální a kolektivní ochrany.