

NĚKTERÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ BUDOVÁNÍ IMPROVIZOVANÝCH ÚKRYTŮ

SOME FACTORS INFLUENCING CONSTRUCTION OF IMPROVISED SHELTERS

Ján PIVOVARNÍK

jan.pivovarnik@ioolb.izscr.cz

Došlo 3. 10. 2011, upraveno 9. 12. 2011, přijato 12. 12. 2011.

Dostupné na http://www.population-protection.eu/attachments/039_vol3n2_pivovarnik.pdf.

Abstract

The article deals with improvised collective protection shelters designed to protect inhabitants in times of crisis and disasters. It provides information about some factors influencing construction of such shelters. The article pays attention to harmful effects, which might affect population, and their impact on the location of improvised shelters. It furthermore deals with weather conditions and how they affect the construction. The article also pays attention to structure of facilities in which improvised shelters are built.

Key words

Improvised shelter, harmful effects, weather conditions, airtightness of buildings, interior microclimate.

ÚVOD

Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ukládá mj. orgánům obcí povinnost zajišťovat ukrytí osob před hrozcím nebezpečím (viz § 15 odst. 1 a § 15 odst. 2 písmeno c). Jednou z možností jak tento úkol zabezpečit je budovat improvizované úkryty.

Improvizovaný úkryt (IÚ) je předem vybraný nebo předem stavebně a technicky připravený, optimálně vyhovující prostor ve vhodných částech bytů, obytných domů, provozních a výrobních objektů, který bude upravován (před vznikem mimořádných situací nebo bezprostředně po jejich vzniku) fyzickými a právníckými osobami pro jejich ochranu a pro ochranu jejich zaměstnanců před účinky mimořádných událostí s využitím vlastních materiálních a finančních zdrojů.

Budování improvizovaných úkrytů patří mezi nejjednodušší, nejrychlejší způsob a poměrně efektivní zabezpečení ukrytí obyvatelstva.

Na budování improvizovaných úkrytů má vliv celá řada faktorů. K nejvýznamnějším patří:

- jaké škodlivé účinky působí na obyvatelstvo při vzniku mimořádné události

- (druh škodlivin, jejich chemické a fyzikální vlastnosti, jejich koncentrace a doba působení),
- povětrnostní podmínky, které jsou v prostoru vzniku mimořádné události (MÚ) a v prostoru budování IÚ, především rychlost větru, slovně vyjádřená síla větru, směr větru a rozptylové podmínky,
 - rozdíl teplot mezi vnitřním prostorem improvizovaného úkrytu a venkovním prostorem (prostorem vzniku MÚ),
 - počet oken a dveří, které se nachází v prostoru IÚ, jejich velikost, jejich tvar a členění, použité materiály a technologie výroby těchto oken a dveří a jejich průvzdušnost,
 - těsnost stavby, ve které budujeme improvizovaný úkryt,
 - vnitřní objem místnosti, která slouží jako improvizovaný úkryt, počet osob ukryvaných v této místnosti a s tím související požadavky na vnitřní mikroklima v improvizovaném úkrytu,
 - umístění místnosti improvizovaného úkrytu ve stavebním objektu, a to jak půdorysné (horizontální) umístění vzhledem k obvodovým zdem objektu, tak i výškové (vertikální) umístění (suterén, nebo vyšší patra objektu).

1 MOŽNÉ ŠKODLIVÉ ÚČINKY

Při řešení problematiky improvizovaného ukrytí je nutno vycházet ze skutečnosti, že na území ČR se vyrábí, skladuje, přepravuje a technologicky zpracovává velké množství různých škodlivin a že za určitých předpokladů může dojít k jejich úniku. Škála těchto škodlivin se může zvětšit v případě teroristických útoků či za stavu ohrožení státu a za válečného stavu, kdy může dojít k použití otravných látek.

Další skutečnost, kterou je nutno brát v úvahu při budování IÚ, je možnost ohrožení obyvatelstva radioaktivním zářením. Na území ČR se nachází několik jaderně energetických či jiných zařízení, kde se pracuje s radioaktivním materiálem. Bezpečnost těchto zařízení je na velmi vysoké úrovni, ale naší povinností je připravovat se i na velmi málo pravděpodobné mimořádné situace v těchto zařízeních. K ohrožení obyvatelstva může dojít i při přepravě radioaktivního materiálu. Další možností ohrožení radioaktivním zářením je teroristický útok s použitím tzv. špinavých bomb či použití zbraní hromadného ničení za stavu ohrožení státu a za válečného stavu.

1.1 Druh nebezpečných chemických škodlivin, jejich vlastnosti, doba působení a koncentrace

V případě úniku nebezpečných chemických škodlivin (dále jen škodliviny) je nutné brát v úvahu, že k úniku škodliviny může dojít nenadále a kdykoliv, že rozsah úniku škodliviny zpravidla nelze předem stanovit, že škodliviny budou působit ve formě par a plynů a v blízkém okolí úniku i ve formě

kapalin a že zamoření území v blízkém okolí úniku škodliviny může nastat v krátkém čase.

Při havárii zařízení, v němž se nacházejí nebezpečné škodliviny (zásobníky, cisterny, výrobní aparatury, propojovací potrubí), může dojít k úniku nebezpečné škodliviny rychlostí, která závisí na celé řadě faktorů. Při úniku škodliviny zpravidla dochází k silnému víření prachových částic, které na sebe váží toxické látky. Vzniklý toxický oblak prachu, plynů a par se šíří ve směru větru. Velikost zamořeného území je závislá na množství a rychlosti výronu, na fyzikálně-chemických a toxických vlastnostech látky, na meteorologických podmínkách a na charakteru terénu.

1.1.1 Vlastnosti chemických škodlivin a jejich koncentrace

Potenciálně největší nebezpečí pro obyvatelstvo představují **chlór, amoniak, formaldehyd a kyanovodík**. Mezi další nebezpečné škodliviny je možno zařadit **fosgen, oxid siřičitý, sirovodík, sirouhlík, chlorid fosforitý, nitrosní plyny atd.**

Jedním ze základních parametrů pro řešení problematiky improvizovaného ukrytí obyvatelstva je koncentrace těchto škodlivin a doba jejich působení, a to jak ve venkovním, tak především ve vnitřním prostředí. V následující tabulce č. 1 jsou uvedeny přípustné expoziční limity (PEL) a nejvyšší přípustné koncentrace (NPK-P) některých nebezpečných škodlivin dle platných hygienických předpisů (např. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci).

Expoziční limity jsou celosměnové, časově vážené průměry koncentrací plynů, par nebo aerosolů, jimž mohou být podle současného stavu znalostí vystaveni zaměstnanci při osmihodinové pracovní době.

Nejvyšší přípustné koncentrace chemických látek v pracovním ovzduší jsou koncentrace látek, kterým nesmí být zaměstnanec v žádném pracovním úseku pracovní doby vystaven.

Při výběru vhodného prostoru pro improvizované ukrytí musíme brát v úvahu i některé fyzikální a chemické vlastnosti škodlivin, proti kterým mají chránit, zejména zda jsou tyto škodliviny lehčí nebo těžší vzduchu. Z tohoto hlediska můžeme škodliviny rozdělit do tří skupin:

- amoniak a fluorovodík jsou lehčí než vzduch a budou mít tendenci stoupat do vyšších vrstev atmosféry;
- kyanovodík a formaldehyd jsou přibližně stejně těžké jako vzduch;
- chlór, fosgen, sirovodík, sirouhlík, oxid siřičitý a chlorovodík jsou těžší než vzduch a budou mít tendenci se držet u terénu.

V této souvislosti je potřeba připomenout, že těžší než vzduch jsou i všechny známé otravné látky a bakteriologické (biologické) prostředky.

Tabulka 1
Přípustné expoziční limity (PEL) a nejvyšší přípustné koncentrace (NPK-P)

Látka	Číslo CAS	PEL [mg.m ⁻³]	NPK-P [mg.m ⁻³]
Amoniak	7664-41-7	14	36
Fosgen	75-44-5	0,08	0,4
Formaldehyd	50-00-0	0,5	1
Chlor	7782-50-5	0,5	1,5
Chlorid fosforitý	7719-12-2	1	3
Kyanovodík	74-90-8	3	10
Nitrósní plyny		10	20
Oxid siřičitý	7446-09-5	5	10
Sírouhlík	75-15-0	10	20
Sirovodík	7783-06-4	10	20

1.1.2 Doba působení chemických škodlivin

Doba působení nebezpečných škodlivin bude záviset na době trvání havárie a na době její likvidace. V okolí centra se předpokládá doba trvání vysokých koncentrací škodlivin 24 i více hodin. Ve vzdálenějších místech, která jsou ohrožena toxickým oblakem mžikového odparu, budou časy podstatně kratší – od 1 hodiny až do několika hodin.

Působení škodliviny při inverzních stavech ovzduší má dobu trvání několik dnů, dokud nedojde ke změně meteorologických podmínek. Koncentrace škodlivin je však řádově nižší.

1.2 Radioaktivní záření

Problematika radioaktivního záření je velmi rozsáhlá a složitá. Velmi zjednodušeně je nutno k této problematice uvést, že radioaktivní záření se šíří ze zdroje přímočaře všemi směry a má schopnost procházet i silnými vrstvami materiálu (toto tvrzení platí pro záření gama). Při průchodu hmotou (materiálem) se záření zeslabuje. Záření alfa může být odstíněno i listem papírů, k odstínění záření beta stačí vrstva vzduchu silná 1 m nebo kovu o tloušťce 1 mm. Na pohlcení záření gama je třeba velké množství materiálu. Vhodnější jsou materiály s vyšším atomovým číslem a s vysokou hustotou. Například 1 cm olova sníží intenzitu záření gama o 50 %, poloviční intenzitu bude mít také po průchodu vrstvou betonu o tloušťce 6 cm.

Souhrnná hodnota všech činitelů ovlivňujících ochranné vlastnosti stavby proti radioaktivnímu záření se nazývá ochranný součinitel stavby nebo koeficient ochrany stavby a označuje se „ K_o “.

Ochranný součinitel stavby K_o udává, kolikrát je dávka radioaktivního záření v úkrytu D_u (úroveň radiace P_u) menší než je dávka radioaktivního záření ve výšce **1 m** nad odkrytým terénem D_o (úroveň radiace P_o) za předpokladu, že radioaktivní spad je rovnoměrně rozložen na horizontálních plochách a s radioaktivním spadem na vertikálních plochách se neuvažuje.

$$K_o = \frac{D_o}{D_u}, \quad K_o = \frac{P_o}{P_u}$$

Ochranný součinitel stavby K_o je závislý především na plošné hmotnosti vnějších a vnitřních stěn, na plošné hmotnosti stropních konstrukcí, na plošné hmotnosti násypů, na ploše a výšce umístění okenních a jiných stavebních otvorů v obvodových zdech, na rozměrech místnosti a na hloubce zapuštění podlahy pod úroveň terénu. Výpočet K_o se provádí podle vzorců uvedených ve směrnici MO CO-6-1. U stálých úkrytů CO se požaduje, aby ochranný součinitel stavby byl minimálně 50. Reálně, ve většině stálých úkrytů, je $K_o = 200$ a více, tj. dávka radioaktivního záření se sníží 200 a více krát.

Plošná hmotnost vnějších a vnitřních stěn, plošná hmotnost stropních konstrukcí a plošná hmotnost násypů jsou hlavním činitelem ovlivňujícím velikost součinitele ochrany stavby, vyjadřuje se v kg/m^2 .

Člověk se musí chránit jak proti pronikavé radiaci po výbuchu jaderné zbraně nebo po havárii jaderného zařízení či jiného silného zdroje záření, tak i proti radioaktivnímu zamoření ze spadu, kde je nositelem radioaktivní prach z různého materiálu, který postupně vypadává z radioaktivního mraku. V budově je člověk vystaven různým druhům záření:

- přímé záření – proniká z úrovně terénu okny do budovy;
- záření rozptýlené vzduchem – proniká ze vzduchu okny do budovy;
- záření rozptýlené a zeslabené stěnami, střešní a stropní konstrukcí;
- záření pohlcené zeminou.

Proti největšímu ozáření je proto vhodný prostor ve středním traktu objektu (ve vnitřní části budovy, uprostřed dispozice stavby) co nejvíce zapuštěný v okolním terénu. Nejlépe vyhovují prostory v objektech se silnými obvodovými zdmi a co nejmenší plochou okenních a jiných stavebních otvorů.

2 POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY

Povětrnostní podmínky, které jsou v prostoru vzniku MÚ a v prostoru umístění improvizovaného úkrytu, představují důležitý faktor, který může významně ovlivňovat oblast improvizovaného úkrytí obyvatelstva. Velmi významnou úlohu v této oblasti bude sehrávat především vítr, rozptylové podmínky a rozdíl teplot mezi vnitřním a venkovním prostorem.

2.1 Vítř – jeho rychlost, síla a směr

Vítř je horizontální proudění vzduchu v atmosféře a má tři hlavní charakteristiky, a to směr, rychlost a slovně vyjádřenou sílu.

Směr větru udává převládající směr, odkud vane vítr – buď přesněji pomocí azimutu (0 až 360°) nebo v meteorologii pomocí světových stran (zpravidla s přesností na 22,5°, tj. s rozlišením např. na S, SSV, SV, VSV a V směr).

Rychlost větru vyjadřuje rychlost pohybu vzdušné masy v terénu (je měřena vůči zemi), klasifikuje se buďto přesným určením jeho rychlosti (kilometry za hodinu, metry za sekundu, míle za hodinu), nebo ve stupních, které se určují odhadem podle Beaufortovy stupnice. Slovní vyjádření síly větru odpovídá rychlosti podle tabulky č. 2. Laicky lze rychlost větru odhadnout podle následujících příznaků:

- BEZVĚTRÍ - kouř stoupá svisle vzhůru,
- VÁNEK - směr větru je poznatelný podle pohybu kouře, vítr však nepohybuje větrnou směrovkou (korouhví),
- SLABÝ VÍTR - vítr je cítit ve tváři, listy stromů šelestí, větrná směrovka se začíná pohybovat,
- MÍRNÝ VÍTR - listy stromů a větvičky jsou v trvalém pohybu, vítr napíná praporky a slabě čeří hladinu stojaté vody,
- DOSTI ČERSTVÝ VÍTR - vítr zdvíhá prach a kousky papíru, pohybuje slabšími větvemi,
- ČERSTVÝ VÍTR - listnaté keře se začínají hýbat, na stojatých vodách se tvoří menší vlny se zpěněnými hřebeny,
- SILNÝ VÍTR - vítr pohybuje silnějšími větvemi, telegrafní dráty sviští, používání deštníků se stává neseadné,
- PRUDKÝ VÍTR - vítr pohybuje celými stromy, chůze proti větru je obtížná,
- BOUŘLIVÝ VÍTR - vítr ulamuje větve, chůze proti větru je téměř nemožná,
- VICHŘICE - vítr působí menší škody na stavbách (strhává komíny, tašky ze střech),
- SILNÁ VICHŘICE - vyskytuje se na pevnině zřídka, vyvrací stromy, působí větší škody,
- MOHUTNÁ VICHŘICE - vyskytuje se velmi zřídka, působí velké škody na domech, lesích,
- ORKÁN – vítr má velmi ničivé účinky (odnáší domy, pohybuje těžkými hmotami).

Změnu směru nebo rychlosti větru lze charakterizovat slovy: měnit, stáčet, zesílit, zeslábnout apod.

Vítř může krátkodobě (v nárazech) výrazně zvyšovat svou rychlost. V tomto případě hovoříme o nárazech větru. Náraz větru se udává v metrech za sekundu [m/s] či v kilometrech za hodinu [km/h]. Za kritérium pro náraz větru se uznává převýšení průměru o 5 m/s po dobu alespoň 1 s, avšak nejvýše 20 s. Nejnížší stanovená hranice nárazu větru je 12 m/s, avšak pro širokou veřejnost se udává až od hranice 15 m/s.

Tabulka 2
Rychlost a síla větru

Slovní vyjádření	Beaufortova stupnice	Rychlost [km/h]	Rychlost [m/s]
Bezvětří (klidno)	stupeň 0 a 1	0 - 5	0 - 1,4
Slabý vítr	stupeň 2	5 - 10	1,4 - 2,8
Mírný vítr	stupeň 3	10 - 20	2,8 - 5,6
Čerstvý vítr	stupeň 4 a 5	20 - 35	5,66 - 10
Silný vítr	stupeň 6	35 - 55	10 - 15
Velmi silný vítr	stupeň 7 a 8	55 - 75	15 - 21
Vichřice	stupeň 9 a 10	75 - 110	21 - 30
Orkán	stupeň 11 a 12	nad 110	nad 30

Rychlost větru má rozhodující vliv na tlakové poměry vně budov. Obvykle se uvažuje s rychlostí větru 1 až 8 m/s. Působí-li na budovu vítr (vodorovné proudění vzduchu), vzniká na návětrné straně jistý přetlak a na závětrné straně jistý podtlak. Tato skutečnost se projeví tak, že v místnosti na návětrné straně dochází ke zvýšenému tlaku na okna a dveře a tím i ke zvýšené výměně vzduchu, především přes spáry oken a dveří. Tzv. hodnoty faktoru výměny vzduchu [$l \text{ hod}^{-1}$] jsou v tomto případě vysoké. Nižší hodnoty faktoru výměny vzduchu budou u místnosti ve středním traktu budovy a nejnižší v místnosti na závětrné straně budovy.

Pro ilustraci lze uvést, že např. za předpokladu, že velikost faktoru výměny vzduchu v místnosti na návětrné straně je 0,25 l/hod, lze předpokládat, že v místnosti ve středním traktu budovy bude velikost faktoru výměny vzduchu 0,15 l/hod a v místnosti na závětrné straně bude velikost faktoru výměny vzduchu 0,10 l/hod. Hodnoty faktoru výměny vzduchu lze vypočítat nebo se stanovují experimentálně. Z uvedeného je patrné, že rozdíly ve výměně vzduchu v místnostech na návětrné a na závětrné straně jsou dost velké. Tato skutečnost bude mít podstatný vliv při rozhodování o půdorysném umístění improvizovaného úkrytu ve stavebním objektu.

Dlouhodobým sledováním směru větru, především na meteorologických pracovištích, se získává další údaj, který je důležitý i pro oblast improvizovaného úkrytí. Tímto údajem je údaj o převládajícím směru větru. Obecně platí zásada, že místnost pro improvizované úkrytí obyvatelstva se má vybírat na straně budovy, která je odvrácená k převládajícímu směru větru v daném místě.

Z hlediska improvizovaného úkrytí lze ještě ve vztahu k rychlosti větru konstatovat, že vítr s větší rychlostí má dva efekty.

První efekt je pro improvizované úkrytí nepříznivý – čím větší rychlost větru, tím větší tlak na celou plochu oken a dveří a tím větší pravděpodobnost

vniknutí škodliviny přes spáry oken a dveří do vnitřního prostoru improvizovaného úkrytu.

Druhý efekt je z hlediska improvizovaného ukrytí příznivý – čím větší rychlost větru, tím rychleji dochází k rozptýlení škodliviny ve venkovním prostředí a tím dochází k rychlejšímu poklesu koncentrace škodliviny v daném prostoru.

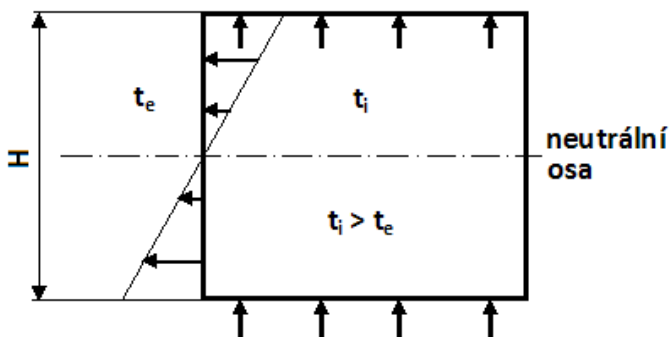
2.2 Rozptylové podmínky

Rozptylové podmínky jsou meteorologické podmínky pro rozptyl znečišťujících látek v ovzduší. Závisí zejména na proudění vzduchu, a to v horizontálním i vertikálním směru. Jsou definovány 3 druhy:

- Dobré rozptylové podmínky – ve výšce do 1000 až 1500 m nad terénem se nevyskytuje zádržná vrstva, která by omezovala rozptyl škodlivin. V případě výškové zádržné vrstvy závisí i na rychlosti větru pod spodní hranicí zádržné vrstvy.
- Mírně nepříznivé rozptylové podmínky – vyskytuje se zádržná vrstva, která v závislosti na rychlosti větru omezuje možnost rozptylu škodlivin, ale nespĺňuje parametry nepříznivých ani dobrých rozptylových podmínek.
- Nepříznivé rozptylové podmínky – stav, kdy rozptyl příměsí v atmosféře je téměř znemožněn a který v oblasti se zdroji znečištění dává předpoklad k děletrvajícimu významnému překročení imisních limitů. Tento stav rozptylových podmínek nastává, když je mohutná zádržná vrstva ve výšce do 1000 m nad terénem v kombinaci se slabým nebo žádným prouděním.

2.3 Rozdíl teplot mezi vnitřním a venkovním prostorem

Budování IÚ ovlivňuje i rozdíl teplot mezi vnitřním a venkovním prostorem. Vlivem **rozdílu teplot** mezi vnitřním a venkovním prostorem dochází k přirozenému pohybu vzduchu účinkem rozdílných měrných hmotností vzduchu. Rozdělení tlaku vyvozeného účinkem rozdílu teplot ve vytápěné místnosti ukazuje obrázek č. 2.



Obr. 2
Rozdělení tlaku v místnosti účinkem rozdílu teplot

Rozdíl tlaku se lineárně zvětšuje se vzrůstající vzdáleností od neutrální roviny. V horní části místnosti působí na dělicí stěnu vnitřní přetlak a u podlahy vnější přetlak (kde t_e je venkovní teplota, t_i je vnitřní teplota, H je výška místnosti).

3 OKNA, DVEŘE A DALŠÍ STAVEBNÍ OTVORY V IÚ

Při výběru prostoru vhodného pro improvizované ukrytí je velmi důležité mít na zřeteli budoucí nutné úpravy, které budeme muset provádět při budování IÚ. Ty spočívají především v zajištění dostatečné plošné hmotnosti u okenních a všech dalších stavebních otvorů a v zajištění potřebné plynůstnosti těchto stavebních otvorů. Proto se pro budování IÚ nejlépe hodí prostory s malou plochou stavebních otvorů nebo nejlépe bez nich, tj. čím je ve vybraném prostoru méně dveřních, okenních a jiných stavebních otvorů, tím bude méně práce při budování IÚ.

3.1 Použité materiály a technologie výroby oken a dveří

Významným faktorem, který je důležitý i pro oblast improvizovaného ukrytí, je skutečnost, že v současné době se skoro až masivně provádí zateplování budov. Tato iniciativa vlastníků budov přináší mj. zlepšení tepelně izolačních vlastností takto upravovaných budov. Přináší ale i zlepšení vlastností budov využitelných při ochraně obyvatelstva. Opravou fasád a jejich zateplením dochází k velmi významnému zvýšení plynůstnosti obvodových zdí a ostění. Dochází k výraznému zlepšení hodnot faktoru výměny vzduchu u těchto budov.

V rámci zateplování budov zpravidla dochází i k výměně starých, převážně dřevěných, z hlediska plynůstnosti velmi nekalitních oken a dveří.

Obecně platí, že u starších dřevěných oken (jako příklad lze uvést dřevěné okno zdvojené, okované kováním TOKOZ, které se nejčastěji používalo ve staré panelákové bytové zástavbě) se referenční průvzdušnost, vztažena na celkovou plochu okna, pohybuje v hodnotách kolem $50 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$. Referenční průvzdušnost, vztažena na celkovou délku spáry okna, se u těchto oken pohybuje kolem hodnoty $12 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}$. Uvedené referenční průvzdušnosti jsou velmi vysoké, z tohoto důvodu jsou tato okna zařazena do nejnižších klasifikačních tříd vztažených jak na celkovou plochu, tak i na délku spáry (zpravidla třída 0, nebo u zachovalejších oken třída 1).

Stávající okna a dveře se zpravidla nahrazují plastovými či dřevěnými tzv. eurookny. Jak plastová okna a dveře, tak i eurookna se vyznačují velmi dobrou těsností od venkovního prostředí. Jejich průvzdušnost je velmi malá, tzn. že i v případě úniku PŠ se z venkovního (zamořeného) prostředí dostane do vnitřního prostředí místnosti, přes funkční spáry oken a dveří, jen velmi malé (nebo téměř žádné) množství škodliviny. To platí i v případě, že vlivem větru je škodlivina přes okno a dveře tlačena určitým tlakem. Velikost tohoto tlaku v závislosti na rychlosti větru ukazuje orientačně tabulka č. 4., např. při rychlosti větru 45 km/h ($2,5 \text{ m/s}$) působí na plochu okna tlak 100 Pa (10 mm CE).

Referenční průvzdušnost těchto oken vztažena na celkovou plochu okna se pohybuje v hodnotách kolem $3 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ a na celkovou délku spáry okna kolem hodnoty $0,75 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$, tj. je mnohonásobně nižší než u starších oken. Tato okna jsou zařazena do nejvyšších klasifikačních tříd vztažených jak na celkovou plochu, tak i na délku spáry (zpravidla třída 4).

Tabulka 4
Velikost zkušebních tlaků na plochu okna v přepočtu na rychlost větru

Tlak [Pa]	Tlak [mm CE]	Rychlost větru [km/h]	Rychlost větru [m/s]
40	4	29	8,1
100	10	45	2,5
150	15	56	15,6
200	20	66	18,3
300	30	79	21,9
400	40	91	25,3
500	50	102	28,3
600	60	112	31,1
750	75	125	34,7
1000	100	144	40,0
1250	125	160	44,4
1500	150	175	48,6
2000	200	205	56,9
3000	300	250	69,4

Přehled o klasifikačních třídách oken a dveří v závislosti na referenční průvzdušnosti vztažené na celkovou plochu oken a dveří a na délku spáry oken a dveří ukazuje tabulka č. 5.

Jedním ze závěrů měření a experimentů prováděných u IOO Lázně Bohdaneč je, že vhodně zvoleným a kvalitně provedeným dotěšňováním starších dřevěných oken lze docílit zlepšení klasifikačních tříd vztažených jak na celkovou plochu, tak i na délku spáry z třídy 0 až na třídu 4, tj. z té nejnižší třídy až na tu nejvyšší. **I u staršího dřevěného okna lze dotěšňováním tohoto okna docílit stejné těsnosti, jaké dosahují modernější typy oken.**

Tabulka 5
Rozsah klasifikačních tříd oken a dveří v závislosti na referenční průvzdušnosti

Třída	Referenční průvzdušnost při 100 Pa vztahena na celkovou plochu [m³/h.m²]	Referenční průvzdušnost při 100 Pa vztahena na délku spáry [m³/h.m]
0	Nezkouší se	
1	50	12,50
2	27	6,75
3	9	2,25
4	3	0,75

4 TĚSNOST STAVEB

Těsnost staveb, ve kterých budujeme improvizované úkryty, je určujícím prvkem pro pronikání nebezpečných škodlivin z venkovního ovzduší do vnitřních částí těchto staveb.

Proto zajištění těsnosti chráněného prostoru (IÚ) vůči venkovnímu prostředí, tj. maximální snížení přirozené výměny vzduchu, která se v odborné terminologii nazývá infiltrace, patří při budování improvizovaných úkrytů k nejdůležitějším úkolům.

Infiltrace vzduchu (I) je přirozená výměna vzduchu, jenž se obvykle děje netěsností stavebních konstrukcí a netěsností stavebních otvorů.

Největší podíl na infiltraci budov mají spáry ve vlastní stavební konstrukci a u výplní stavebních otvorů, především u oken a dveří. Celková délka spár je daná především velikostí a počtem oken a dveří a těsností, která je vyjádřena tzv. součinitelem průvzdušnosti. Součinitel průvzdušnosti spár závisí např. na kvalitě osazení dveří a oken do stavby. Jeho hodnoty jsou pro jednotlivé typy oken a dveří velmi rozdílné. Nejhorší jsou jednoduchá dřevěná okna a dřevěné rámy, nejlepší těsnost vykazují tzv. eurookna a plastová okna. Součinitel průvzdušnosti se zhoršuje se stářím budov.

S ohledem na snížení infiltrace se doporučuje situovat úkryty do místností s menšími okny a malým počtem dveří.

Na základě praktických měření a výpočtů se výměna vzduchu v budovách pohybuje v rozmezí $I = 0,1$ až 2 (1/hod). Pro improvizované úkryty lze uvažovat s infiltrací v rozsahu $I = 0,1$ až $0,8$.

V souvislosti s infiltrací vzduchu lze prostory v budovách charakterizovat takto:

- prostory, kde $I = 0,8$ – jedná se o prostory běžného provedení, s dřevěnými dveřmi a okny, u nichž je provedeno dotěsnění běžným těsněním. Ve stavební konstrukci nejsou žádné neutěsněné stavební průduchy, např. komíny, instalační šachty apod.;

- prostory, kde $I = 0,3$ – jedná se o prostory s plastovými nebo kovovými okny a dveřmi s kovovými rámy a gumovým těsněním. Těsní se celý obvodový plášť budovy. Jedná se o tzv. zateplené domy, nebo rodinné domky, byty v novostavbách, v bytových domech a rodinných domech, nové kancelářské budovy apod., kde stavební plášť je těsnější a větrání je zajišťováno vytvářením různých regulovaných štěrbin v plastových oknech, nebo nuceným podtlakovým větráním. Kromě utěsnění ventilačních otvorů a průduchů je nutno utěsnit i prostupy instalací (voda, kabely apod.);
- prostory, kde $I = 0,1$ – jde již o výjimečnou těsnost, která odpovídá plynotěsnosti stálých tlakově odolných úkrytů. Improvizovaný úkryt musí být vybaven speciálními stavebními prvky, především dokonale těsněnými plastovými okny s větracími ventilačními otvory pro běžný provoz a dokonale utěsněnými dveřmi. Pro běžný provoz v kancelářských objektech, nebo objektech občanské vybavenosti musí být instalováno nucené větrání;
- prostory, kde $I = 1$ až 2 – jedná se o objekty ve špatném technickém stavu, nebo objekty špatně provedené (odbyté) panelové výstavby.

V případě úniku nebezpečné škodliviny lze, na základě výše uvedených skutečností a na základě určení vstupních parametrů, určit časový průběh koncentrace škodliviny, která pronikne do vnitřního prostoru IÚ.

Nárůst koncentrace škodliviny ve vnitřním prostoru IÚ je dán vztahem:

$$C_i = C_e \cdot (1 - e^{-tI}) \quad [\text{mg/m}^3] ,$$

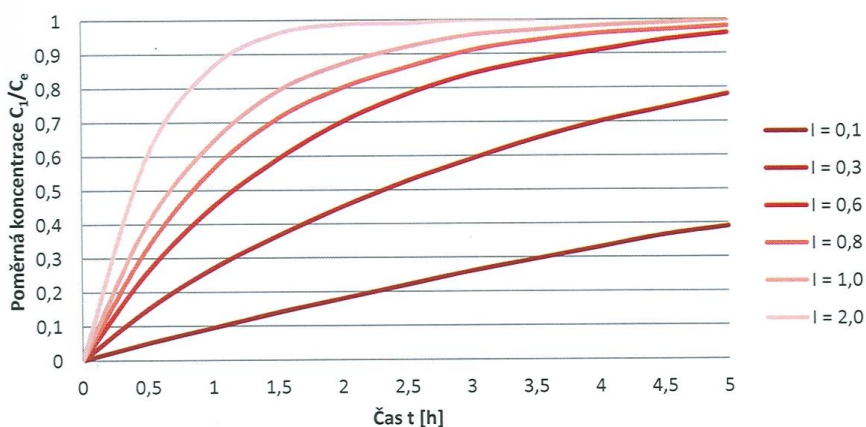
kde: C_i – je koncentrace škodliviny ve vnitřním prostoru IÚ [mg/m^3];

C_e – je koncentrace škodliviny ve vnějším prostoru [mg/m^3];

t – je čas od okamžiku sledování děje [h];

I – je intenzita výměny vzduchu [1/h];

e – konstanta ($e = 2,71828$).



Graf 1

Časový průběh koncentrace nebezpečné škodliviny ve vnitřním prostoru IÚ

Časový nárůst koncentrace nebezpečné škodliviny vyjádřený poměrem C_i/C_e je znázorněn v grafu č. 1.

5 VNITŘNÍ MIKROKLIMA

Velmi důležitým faktorem, který musíme brát v úvahu při budování IÚ, je mikroklima ve vnitřním prostoru IÚ.

Pobytem lidí v uzavřeném prostoru IÚ, ve kterém je omezený přívod venkovního vzduchu, dochází ke zhoršování vnitřního mikroklimatu. Určujícími veličinami pro hodnocení kvality vnitřního prostředí jsou hodnoty objemové koncentrace oxidu uhličitého a efektivní teplota vzduchu.

Nejvýše přípustné parametry vnitřního mikroklimatu

- nejvyšší teplota (vlhkého teploměru) $t_{\text{efmax}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$;
- nejvyšší koncentrace oxidu uhličitého $\text{CO}_2 = 2,5\%$;
- nejmenší koncentrace kyslíku = 18%.

Při určování vnitřního mikroklimatu lze využít i následující základní údaje:

- množství vydýchaného oxidu uhličitého = $20 \text{ l.os}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$;
- spotřeba kyslíku = $25 \text{ l.os}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

Výpočet časového průběhu koncentrace oxidu uhličitého lze provádět stejným způsobem jako u pronikání škodliviny do vnitřního prostoru úkrytu. Výpočet vychází ze známé produkce oxidu uhličitého osobami a z infiltrace.

Délku pobytu ukryvaných osob v uzavřeném prostoru lze stanovit i pomoci následujícího vztahu:

$$t = \frac{C_{\text{CO}_2} \cdot V}{100 \cdot m_{\text{CO}_2} \cdot n}$$

- kde: t - je možná délka pobytu ukryvaných osob v uzavřeném prostoru [h];
 V - je objem uzavřeného prostoru v m^3 ;
 n - je počet ukryvaných osob;
 m_{CO_2} - je množství oxidu uhličitého (CO_2) v m^3 vydýchaného jednou osobou za hodinu
 (pohybuje se v rozmezí $0,02 - 0,025 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$);
 C_{CO_2} - dovolené zvýšení obsahu CO_2 v ovzduší v %.

Při výpočtu délky pobytu ukryvaných osob v uzavřeném prostoru dle tohoto vztahu vycházíme z předpokladu, že v uzavřeném prostoru je maximálně snížená přirozená výměna vzduchu (infiltrace) a že do tohoto prostoru není dodáván čistý vzduch např. pomoci filtroventilačního zařízení.

6 UMÍSTĚNÍ IÚ VE STAVEBNÍM OBJEKTU

Umístění vhodných prostorů pro improvizované úkryty volíme vzhledem ke škodlivým účinkům, které vznikají po výbuchu jaderných zbraní nebo při haváriích jaderných zařízení a na základě fyzikálních a chemických vlastností nebezpečných škodlivin, proti kterým mají chránit, zejména zda jsou tyto škodliviny lehčí nebo těžší vzduchu.

Prostory pro improvizované úkryty můžeme rozdělit, podle jejich umístění a podle jejich ochranných vlastností proti jednotlivým rizikovým situacím, na tři základní typy.

1. typ prostoru

Tento typ prostoru IÚ je umístěn v suterénních nebo sklepních částech budov a je vhodný k ochraně ukryvaných osob proti nebezpečí z vnějšího a případně i vnitřního ozáření (vdechnutím radioaktivního prachu) po radioaktivním spadu.

Proti vnějšímu ozáření je vhodný prostor ve středním traktu (vnitřní části budovy) co nejvíce zapuštěný v okolním terénu. Nejlépe vyhovují prostory v objektech se silnými obvodovými zdmi a co nejmenší plochou okenních a jiných stavebních otvorů.

Rozhodujícím ochranným faktorem proti vnějšímu ozáření ukryvaných osob je plošná hmotnost zdiva obvodového pláště a dalších zdí, příček a stropů oddělujících prostor improvizovaného úkrytu od vnějšího zamořeného prostoru. Nezapuštěné obvodní zdi prostoru umístěného v suterénu musí mít minimální tloušťku zděné konstrukce cihelné 45 cm, kamenné 35 cm nebo betonové 30 cm.

Vstup do prostoru improvizovaného úkrytu je vždy výhodnější z budovy než přímo z vnějšího prostoru.

Při výběru prostoru 1. typu je rovněž velmi důležité mít na zřeteli i budoucí nutné úpravy pro improvizovaný úkryt. Ty spočívají i v zajištění dostatečné plošné hmotnosti u okenních a všech dalších stavebních otvorů alespoň na úroveň obvodového zdiva. Proto se nejlépe hodí prostory s malou plochou stavebních otvorů nebo nejlépe bez nich. To vyhovuje i dalšímu požadavku na dodatečné zajištění potřebné plynutělosti prostoru improvizovaného úkrytu. Čím je méně okenních a jiných otvorů, tím bude méně práce při úpravách pro improvizovaný úkryt.

2. typ prostoru

Tento typ prostoru IÚ je umístěn v suterénních nebo sklepních částech budov a je určen pro ochranu obyvatelstva před účinky průmyslových škodlivin lehčích vzduchu.

Tento typ prostoru je podobný prostoru 1. typu tím, že se rovněž jedná o suterénní nebo sklepní prostor. Liší se tím, že není vůbec důležitá plošná hmotnost obvodového pláště prostoru a objektu, ale pouze jeho dostatečná plynutělost. Celkovou plynutělost prostoru lze ještě zvýšit dodatečnými plynutěnými úpravami stavebních otvorů a zdí. Stejně jako u 1. typu zde platí zásada, že čím je méně stavebních otvorů, tím bude méně práce s jejich pozdějším utěšňováním při dalších úpravách pro improvizovaný úkryt.

3. typ prostoru

Tento typ prostoru IÚ je umístěn ve vyšších patrech budov a je vhodný k ochraně ukryvaných osob proti účinkům úniku průmyslových škodlivin těžších vzduchu a k ochraně před otravnými látkami, bakteriologickými (biologickými) prostředky.

Průmyslové škodliviny těžší vzduchu představují většinu běžně skladovaných a v průmyslové výrobě používaných nebezpečných látek.

Pro případ nenadálého útoku teroristů na chemické provozy je možné tento prostor okamžitě využít pro ochranu obyvatel i bez dodatečných úprav alespoň na určitou dobu, než poklesne intenzita nebezpečí (pokles koncentrace na přípustnou mez) nebo než bude organizována evakuace obyvatelstva ze zasaženého území.

ZÁVĚR

V koncepci ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem do roku 2020 se v částech 3.3, která se věnuje oblasti ukrytí, mj. uvádí:

„K ukrytí při mimořádných událostech s rizikem kontaminace nebezpečnými látkami a účinky pronikavé radiace je občanům doporučováno využívat přirozené ochranné vlastnosti staveb s doporučením úprav zamezujících jejich proniknutí.

Orgány obcí budou dále sehrávat rozhodující úlohu při organizování ukrytí obyvatelstva a budou tedy již v období mimo krizové stavy, ve spolupráci s HZS krajů, provádět vytipování objektů a prostorů (např. podzemní garáže, sklepy) vhodných pro improvizované ukrytí obyvatelstva.“

Při provádění vytipování objektů a prostorů vhodných pro improvizované ukrytí obyvatelstva je nutné brát v úvahu výše uvedené faktory.

Obecně platí zásada, že jakékoliv ukrytí v budově je lepší, než setrvání na otevřeném prostranství zejména na ulici mezi budovami.

Příspěvek vznikl v rámci projektu "Bezpečnost občanů – krizové řízení" (VF20112015018).

Literatura

- [1] Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů.
- [2] ČSN 73 9010 Navrhování a výstavba staveb civilní ochrany, ÚNMZ, Praha 2010.
- [3] PIVOVARNÍK, J. *Metodika výběru a úprav vhodných prostorů k vybudování improvizovaných úkrytů k ochraně obyvatelstva před průmyslovými škodlivinami a látkami CBRN*. Lázně Bohdaneč: MV – GR HZS ČR – IOO, 2006.
- [4] *Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem do roku 2020*. Praha: MV – GR HZS ČR, 2008.