

Ing. Daniel Maršálek, doc. Mgr. Ing. Radomír Ščurek, Ph.D.

Hrozba CBRN látek se zaměřením na třídu biologických agens

(Modelový příklad pro letiště)

**VOJENSKÝ
PROFESIONÁL**

Práce popisuje problematiku existence CBRN látek a jejich možné zneužití v civilním letectví. Obsahuje bezpečnostní analýzu, pomocí které je identifikována pro civilní letectví nejzávažnější třída z této skupiny – biologické látky (b-agens). Této skupině je v následujícím textu věnována zvláštní pozornost. V druhé části práce je uvedena modelová situace rozšíření viru varioly (pravých neštovic) v letištní hale středně velkého mezinárodního letiště. V závislosti na popsanych vlastnostech viru, transportního uzlu a možnosti rozšíření (útoky) je ve dvou modifikacích – letní a zimní letový řád – uveden předpokládaný vývoj šíření viru spolu s následnými opatřeními.

Už od pradávna člověk vyráběl zbraně. V první řadě šlo především o jeho ochranu a prostředek lovu k získání kořisti. Postupem času měl však potřebu ovládat území, skupiny lidí či prosazovat své zájmy a víru. K tomuto účelu nevyužíval pouze klasické „ruční“ zbraně, ale snažil se o stále důmyslnější prostředky k dosažení svých cílů. Často se jednalo o prostředky primárně užívané a vyvíjené k jiným účelům, než ke kterým je člověk následně použil. Jistou obávanou skupinou jsou tzv. CBRN látky, které nesou vážné riziko vzhledem k ohrožení osob a moderní společnosti.

Zkratka CBRN je spojením prvních písmen anglických názvů představitelů této skupiny. Do této skupiny tedy patří látky chemické (C), biologické (B), radioaktivní (R) a nukleární (N).

Je potřeba uvést, že fenomén používání CBRN látek, především skupin C – chemické látky a B – biologické látky, není problémem poslední doby. Látky se používaly, byť ve značně omezeném měřítku, už odpradávná. Příkladem může být využití biologických agens, b-agens (B-a) nebo chemických látek k oslabení protivníka během válek. V minulosti však lidstvo nemělo takové znalosti a vědomosti v oblasti působení a získávání biologických a chemických látek, takže jejich použití často přinášelo lidské ztráty i na straně útočníka. Postupem času, ruku v ruce s rozvojem lidského poznání, se naučil člověk tyto látky vytvářet, modifikovat a záměrně je „učit“ takovému chování, jaké on sám chtěl. Po objevu radioaktivity a rozvoji nukleární fyziky k CB látkám přibýly ještě další skupiny látek – radioaktivní a nukleární – RN. V praxi se do této skupiny látek někdy řadí i látky výbušné – explosivní (E).

Fenoménem CBRN je vyjádřena existence bezpečnostní hrozby nebo použití jaderných, biologických nebo chemických prostředků (původně byly vyvíjeny pro potřeby zbraní hromadného ničení) na kritickou infrastrukturu a civilní populaci. Kritickou infrastrukturou rozumíme výrobní i nevýrobní systémy, jejichž nefunkčnost by měla vážné dopady na bezpečnost, ekonomiku a zachování nezbytného rozsahu dalších základních funkcí státu při krizových situacích.

Riziko fenoménu CBRN určuje **míra závažnosti**, vyjádřená trvale se rozšiřujícím okruhem subjektů, které těmito prostředky disponují nebo usilují o jejich získání. Dále

tyto látky představují vysoké nebezpečí reprezentované možností ovládnutí malého počtu prostředků jednotlivci nebo nestátními skupinami. V neposlední řadě přinášejí také mimořádné nebezpečí představované terorismem v řadě regionů světa nebo reálnou hrozbu použití prostředků CBRN k vydírání.

S mírou závažností jde ruku v ruce riziko zneužití těchto látek. Abychom mohli vytvářet efektivní způsoby ochrany a zmíněné riziko minimalizovat, musíme vědět, proti čemu „bojujeme“. Proto je důležité vědět, čím se jednotlivé typy látek z této skupiny vyznačují, jakým způsobem představují vážné nebezpečí, a především, jak se proti těmto látkám bránit. Velice přínosné také je provést bezpečnostní analýzu zaměřenou na míru zneužitelnosti těchto látek ve vztahu k našemu chráněnému zájmu, např. podniku, subjektu kritické infrastruktury apod.

Tato práce se nezaměřuje na podrobnější popis a představení jednotlivých typů těchto látek. Informace přináší celá řada jiných publikací dostupných u nás i v zahraničí. Předmětem této práce je především analýza rizikovosti daných látek a modelová situace rozšíření jednoho z typů těchto látek – b-agens na vybraném zástupci – viru pravých neštovic.

Abychom byli schopni účinně nastavit ochranné mechanismy v oblasti zneužití CBRN látek, musíme nejdříve identifikovat jejich skupiny, možné cesty ohrožení a zhodnotit pravděpodobnost jejich zneužití, míru závažnosti výskytu těchto látek a stupeň odhalitelnosti. Pomocí vytvořené škály rizikovosti kvalifikujeme výsledné riziko R. To je závislé na všech třech faktorech. Výsledným rizikům je potřeba věnovat zvýšenou pozornost. Následující analýza je aplikována na jeden ze subjektu kritické infrastruktury – mezinárodní civilní letiště.

Na základě výsledků zpracované analýzy jasně vyplývá, že mezi nejrizikovější skupinu látek vzhledem k zneužití v prostředí letištní infrastruktury patří především látky biologické, a poté látky chemické. Zneužití jedné z biologických látek je věnována zbylá část práce.

Za biologické látky lze považovat jakékoliv substance obsahující biologická agens. Na základě nich lze pak určitou úpravou vyvinout biologickou zbraň. Jako biologická zbraň je označována každá zbraň, jejíž účinnou náplň tvoří tzv. bojová b-agens neboli původci infekčních onemocnění. Pod pojmem agens se tedy rozumí veškeré živé organismy (či výsledky jejich činnosti) z nichž je možné vytvořit infekční materiál, který je bakteriologické nebo toxické povahy. Biologické zbraně mohou být tvořeny celkem šesti základními skupinami biologických agens. Jedná se o bakterie, viry, rickettsie, plísňe (houby), toxiny a geneticky modifikované organismy.

V prostředí letiště by se případný útočník pravděpodobně přikláněl ke speciálně upravenému zásobníku. Tento zásobník by pak nenápadně umístil na předem vybrané místo, kde se vyskytuje větší množství lidí a je zde velmi malá pravděpodobnost odhalení předmětu. Pro zvýšení účinku šíření biologických agens se jeví asi nejvýhodnější umístění v blízkosti nasávače vzduchu klimatizačního zařízení. Klimatizační systém je v objektech, jakým je například letištní terminál, velmi propracovaný a rozvětvený, a tímto krokem je riziko rychlého rozšíření nákazy mnohem vyšší. A nejedná se pouze o rozšíření v rámci jednoho objektu, nýbrž jednotlivých zemí – celosvětově. K tomu útočníkovi „pomohou“ cestující, kteří mikroskopické spory je nesou s sebou na palubu letadla. Jiným typem „útoků“ je jednoduše ponechání spor těchto látek v daném prostoru. Z jednoho či více míst se spory díky svým mikroskopickým rozměrům rozvíří vlivem

Objekt	Působící vlivy	Možné riziko	P	N	H	R	Riziko
LETIŠTĚ A LETIŠTNÍ TERMINÁL	Chemické látky	Rozptýlení chemické látky pomocí vzduchotechniky	2	3	2	12	malé
		Výbuch trhaviny s chemikálií uvnitř objektu letiště	4	4	1	16	střední
		Ponechání zásobníku s chemickou látkou uvnitř objektu letiště	4	2	4	32	střední
		Pokus o průnik do SRA prostoru za použitím chemických látek	2	3	2	12	malé
		Kontaminace pitné vody chemickými látkami	2	2	2	8	malé
		Rozptýlení chemické látky uložené uvnitř zavazadla	4	2	4	32	střední
	Biologické látky	Infikování pitné vody pro potřeby letiště B-a	3	3	2	18	střední
		Manuální rozptýlení biologické látky uvnitř letiště	4	4	4	64	velké
		Vysypání prášku obsahující B-a do vstupů klimatizačních jednotek	4	4	4	64	velké
		Rozptýl B-a pomocí vhodného nosiče (vektoru)	2	2	4	16	střední
		Rozptýl biologických látek pomocí trhaviny uvnitř objektu	4	4	2	32	střední
		Rozptýlení B-a uložené uvnitř zavazadla	4	4	4	64	velké
	Radionuklidy	Rozptýl radionuklidů ve vzduchotechnice	1	4	3	12	malé
		Ozáření cestujících a personálu radioaktivním zářičem	2	4	3	24	střední
		Kontaminace předmětů v objektu letiště radioaktivními látkami	2	3	3	18	střední
		Letecký rozptýl radionuklidů nad prostorem letiště	1	4	4	16	střední
		Užití špinavé bomby před letištní halou	2	4	2	16	střední
		Kontaminace pitné vody radioaktivními látkami	1	4	3	12	malé
		Pronesení špinavé bomby do letištního terminálu	2	5	2	20	střední

R = P x N x H

P - Pravděpodobnost vzniku a existence rizika

N - Závažnost následků

H - Odhalitelnost rizika

R - Míra rizika

N - Závažnost následků

1 - malý delikt, malý úraz, malá škoda

2 - větší delikt, úraz s pracovní neschopností, větší škoda

3 - střední delikt, úraz vyžadující převoz do nemocnice, vyšší škoda

4 - těžký delikt, těžký úraz s trvalými následky, vysoká škoda

5 - smrt osob, velmi vysoká škoda na majetku

R - Míra rizika

Zanedbatelné 0 - 5

Malé, akceptovatelné 6 - 15

Střední 16 - 50

Velké, nežádoucí 51 - 100

Vysoké, nepřijatelné 101 - 125

P - pravděpodobnost vzniku a existence rizika

1 - nahodilá

2 - nepravděpodobná

3 - pravděpodobná

4 - velmi pravděpodobná

5 - trvalá

H - Odhalitelnost rizika

1 - předvidatelné riziko

2 - snadno odhalitelné riziko, např. pomocí signalizace

3 - odhalitelné riziko v malém časovém intervalu

4 - nesnadno odhalitelné riziko

5 - neodhalitelné riziko

Zdroj: Vlastní výpočty

přirozeného proudění vzduchu. Efekt umocní klimatizace. Stejná forma „útoku“ byla zvolena pro modelovou situaci uvedenou dále.

Dá se říci, že proti většině známých ve světě se vyskytujících biologických činitelů je znám způsob léčby. Výjimkou je například Ebola. Je možné posilovat náš imunitní systém natolik, že se stane vysoce odolným vůči virům a bakteriím. Stačí, aby byl rozšířen takový biologický činitel, proti kterému není v těle dostatečná imunita, jehož přítomnost nikdo dopředu nepředpokládal a jehož způsob šíření je velice rychlý, nejlépe respirační cestou a s vysokou infekčností. Takováto nákaza by dokázala zdecimovat obrovský počet živých organismů dříve, než by byla společnost schopna vhodně zareagovat. A nemusíme chodit daleko, vhodným příkladem je mexická (prasečí) chřipka – chřipkový virus kmene A/H1N1 – která se poprvé objevila na jaře roku 2009. Díky letecké dopravě je člověk schopen dostat se do jakékoliv části světa za čas kratší, než je jeden den. Čas, který je kratší než inkubační doba většiny infekčních agens (pozn. s výjimkou botulotoxinu a jiných látek produkujících toxiny).

Je zde i jiný rozměr, charakteristický pro několik posledních desítek let, který by mohl vznik této pandemie uspišit – terorismus a extremismus. A nejde jen o teoretické předpovědi. Pokud by byla sekta Óm Šinrikjó úspěšná, mohla vyhladit miliony lidí. Naštěstí pro lidstvo tito fanatici vypěstovali neškodný kmen bakterií Antraxu a jejich rozprašování z šestipatrového věžáku na předměstí Tokia v r. 1993 bylo neúčinné. (V r. 1996 sekta podnikla další útok, v tokijském metru, „pouze“ sarinem, výsledek 12 mrtvých.)

Jestliže by se však jednoho dne pro tuto variantu teroristé či fanatici rozhodli, není „efektivnější“ zbraně, než právě biologické bojové látky. Biologické bojové látky jsou při rozptýlení stejného množství schopny zamořit desetkrát až stokrát větší oblast, než bojové látky chemické, a náklady na látky rozptýlené na plochu jednoho km² jsou až 600krát menší. Infrastruktura zasaženého území zůstane bez úhony a je připravena k použití. Nevýhodou (samozřejmě co se bojového využití týče) je jejich doba působení řádově v hodinách. Na rozdíl od chemických bojových látek, kde je doba působení řádově v minutách. Pokud by se dostaly extremistům či fanaticům do rukou vysoce infekční biologické agens a tito by věděli, jak je správně použít, pak bychom měli jen nepatrné šance takovému činu zabránit.

Je tedy zřejmé, že jednou z nejjednodušších cest by bylo rozšířit infekční agens v prostoru letiště, kde denně odlétá mnoho mezinárodních linek, nebo jiným způsobem transportovat infekční materiál do letadel a pak už jen čekat, až na různých částech světa propuknou první onemocnění. Dřív, než by Světová zdravotnická organizace (WHO) stačila vůbec zareagovat na tak masivní rozšíření nákazy, zahynuly by na její následky spousty lidí.

Není možné přinést komplexní soubor opatření, který by zabránil průniku infikovaného materiálu na palubu letadel, a to jak v podobě nakažených osob, zvířat, nebo předmětů, neboť není znám způsob detekce, který by byl schopen odhalit přítomnost nebezpečných biologických látek. Biologičtí činitelé mají společné jenom to, že napadají živou tkáň a v ní poté započnou svou zhoubnou činnost. Ovšem vše ostatní je u různých činitelů více méně specifické. Přesto je možné nalézt a vytvořit soubor technických a organizačních bezpečnostních opatření, který by mohl riziko nakažení osob v prostoru letiště snížit co nejvíce.

Abychom mohli provést účinnou a efektivní ochranu letištní infrastruktury vůči b-agens, je potřeba nejprve provést analýzu rizikovosti těchto látek. Ne všechny by se daly „efektivně“ využít pro útok. Existují b-agens, které nejsou běžně dostupné, šíří se velice pomalu, mají velice dlouhou inkubační dobu nebo snadno podléhají okolním vlivům. Tyto látky jsou pro útok ve větší míře nevhodné a případní útočníci by je zcela jistě pro svůj atak nevolili. Pokud vhodně vybereme nejrizikovější látky, jsme lépe schopni nastavit detekční mechanismy a navrhnout účinnou ochranu.

Existuje řada aspektů, které jsou přímo závislé na konkrétních záměrech dané organizace, ale s nejvyšší pravděpodobností lze k útoku využít B-a, které mají následující vlastnosti:

- agens spolehlivě působí daný efekt – smrt, nemoc,
- množství látky nutné k přenosu infekce,
- vysoký index infekčnosti,
- krátká a předpověditelná inkubační doba,
- dostupnost,

- rychlost a způsob šíření,
- nízká imunita exponovaných osob vůči b-agens.

Mezi nejvíce zneužitelné b-agens, které splňují výše uvedená kritéria, patří následující látky (jsou uvedeny v pořadí své rizikivosti): antrax (*bacillus anthracis*), mor (*yersinia pestis*), variola (poxvirus variolae), hemoragické horečky, tularémie (*francisella tularensis*), brucelóza (*brucella abortus*), břišní tyfus (*salmonella typhi*), cholera.

Modelová situace rozšíření viru varioly

Abychom si lépe představili závažnost hrozby bioterorismu a zavlečení infekční látky (b-agens) přes transportní uzel do celého světa, uvádím následující modelovou situaci. Předpokladem výpočtu je rozšíření viru pravých neštovic (lat. variola) v prostoru letištního terminálu.

Poznámka: Hodnoty, které jsou při výpočtu použity, jsou reálné. Vycházejí ze statistiky pohybů letadel na mezinárodním letišti Praha-Ruzyně pro uvažované období.

Charakteristika b-agens:

Uvažujeme jednu z vyskytujících se klinických forem viru – variola major. Velikost viru je asi 200-300 nm a je značně odolný na zevní vlivy. Vstupní branou viru je sliznice dýchacích cest. Inkubační doba se pohybuje v průměru okolo 12-14 dnů (obecně 5 – 21). Vnímavost je všeobecná a velice vysoká. Jeden člověk je schopen nakazit až 10 dalších osob. Vzhledem k vysoké virulenci viru stačí k vyvolání onemocnění u člověka pouze 10-100 virionů. Mortalita viru dosahuje 10-50 % (v průměru 30 %). Virus je velice odolný, vydrží desetiminutový var a tři hodiny na přímém slunci.

V inkubační době je nakažená osoba bez příznaků a ve většině případů není infekční, tzn. nevylučuje virus do svého okolí. K rozšíření viru dochází až po uplynutí této inkubační doby. Po ní se u osoby objevují příznaky podobné chřipce – horečka, malátnost, bolesti zad a hlavy, případné zvracení. Po dvou až čtyřech dnech horečka odeznívá a začnou se objevovat typické znaky pro tento virus – neštovičné vyrážky na kůži (krusty) a sliznici nosu a úst. Pro pravé neštovice je typické, že vyrážka je mnohem výraznější na obličeji a končetinách než na zbytku těla. Po celou dobu výskytu vyrážky je pacient infekční. Po čtyřech až sedmi dnech trvání vyrážky a při opětovném nástupu horečky postižený umírá.

Relativně účinnou formou obrany proti tomuto viru je očkování. To bylo v roce 1958 na konferenci pořádané WHO v Moskvě navrženo a následně zrealizováno – s úspěchem. V roce 1980 WHO nemoc pravých neštovic prohlásila za vymýcenou. Od této doby se očkování proti tomuto viru neprovádí, Česká republika není výjimkou. A právě tato skutečnost, spolu s vysokou agresivitou a silou viru, z něj dělá obávanou biologickou zbraň. Pokud by byl tento virus nebo jeho uměle vytvořená mutace použit jako biologická zbraň, mělo by to fatální následky. Některé státy (USA, Rusko aj.) disponují určitými zásobami očkovacích látek proti viru varioly, ty jsou však vyčleněny pouze pro potřeby armády, případně pro další složky zajišťující fungování státního aparátu. Množství očkovacích dávek je však omezené a výroba trvá delší dobu.

Je nutno zdůraznit, že nejmasivnější rozšíření viru lze předpokládat ve městech a v rozsáhlých zalidněných aglomeracích, protože by velice rychle došlo k naplnění dostupných kapacit všech nemocničních zařízení a infekčních klinik a další nemocní by nebyli včas izolováni. Předpokládá se exponenciální průběh nárůstu nakažených, což dokazuje i provedený výpočet (viz dále).

Poznámka: Kromě zmíněné formy viru varioly existuje ještě méně závažná klinická forma viru – variola minor. Úmrtnost je však menší než 1 % a je předpoklad, že pokud by případný útočník chtěl použít tento vir, zvolil by právě jeho nebezpečnější variantu.

Charakteristika transportního uzlu:

Ve výpočtu jsou využity hodnoty představující mezinárodní letiště s 12 miliony odbavených cestujících ročně s průměrným denním počtem 490 pohybů letadel (vzletů a přistání) a 34 tis. odbavených (přilétajících a odlétajících) cestujících denně. Skladba letů je složena z obchodních letů, transferových (přestupních) letů i charterových letů, které odpovídají zvoleným letovým řádům. Pro přesnější výpočet jsou zvoleny oba letové řády (zimní letový řád a letní letový řád). Lety jsou operovány do 125 destinací celkem 48 leteckými společnostmi. Řada destinací slouží jako tranzitní uzel pro přestupní lety do dalších světových destinací. Cargo doprava není z důvodu nízkého počtu pohybů ve výpočtech zohledněna.

Vztahy využití v modelové situaci:

$$[1] \quad P_D = \sum_{f=1}^{f=f'} P_1 \cdot u$$

$$[2] \quad P_A = \sum_{f=1}^{f=f'} P_2 \cdot u =$$

$$[3] \quad P_W = (P_D + P_A) \cdot w = \left(\sum_{f=1}^{f=f'} P_1 \cdot u + \sum_{f=1}^{f=f'} P_2 \cdot u \right) \cdot w$$

$$[4] \quad P = P_A + P_D + P_W + P_S = \sum_{f=1}^{f=f'} P_1 \cdot u + \sum_{f=1}^{f=f'} P_2 \cdot u + \left(\sum_{f=1}^{f=f'} P_1 \cdot u + \sum_{f=1}^{f=f'} P_2 \cdot u \right) \cdot w + P_S$$

$$[5] \quad I_0 = P \cdot p$$

Legenda k výpočtům

Neznámá	Vysvětlení
P_D	Počet odlétajících osob (cestujících a posádka letadla) za daný časový úsek.
P_A	Počet přilétajících osob (cestujících a posádka letadla) v daném časovém úseku.
P_W	Počet čekajících osob, které se vyskytují v daném časovém úseku v letištním terminálu (osoby, které doprovázejí nebo čekají na své blízké).
P_S	Počet zaměstnanců přítomných v letištním terminálu v daném časovém úseku (orientační číslo vyjadřující počet personálu ve směně, který by mohl přijít do styku s danou B-agens).
P	Celkový počet osob vyskytujících se v letištním terminálu za daný časový úsek.
f, f'	Počet letů (přilety / odlety) za daný časový úsek.
u	Využití daných letů – obsazenost letadla v %.

Neznámá	Vysvětlení
w	Koeficient odrážející průměrný počet osob, které se vyskytují v letištním terminálu a čekají na přilet cestujících nebo je doprovázejí).
I_0	Počet infikovaných osob v čase t_0 přímo u zdroje nákazy (tzn. v letištním terminálu).
p	Pravděpodobnost nákazy – pravděpodobnost, že daný B-agens nakazí transponovanou osobu a u té se projeví příznaky nákazy. Tato osoba je navíc schopna B-agens šířit dál na osoby ve svém okolí.
$I(t)$	Počet infikovaných osob v čase t.
$M(t)$	Počet zemřelých osob v čase t.
t	Uvažovaná doba v jednotkách dní.

Pozn. 1: Za daný časový úsek bude při výpočtech uvažována doba 12 hod. (viz níže).

Pozn. 2: Výsledné hodnoty jsou zaokrouhlovány směrem nahoru.

Modelová situace:

Den D (čas $t = 0$):

V 11.00 hod. je v prostoru letištního terminálu na několika místech vypuštěno několik gramů viru varioly major v kontaminovaných drcených krustách. Počet míst pro rozšíření viru není přesně definován, protože tento faktor závisí na členitosti prostoru letištního terminálu. Předpokládáme, že doba nutná k relativně rovnoměrnému rozšíření viru je jedna hodina. Proto bude výpočet spuštěn v čase 12.00 hod. Virus je ve volném prostředí odolný a vydrží se zde pohybovat i několik dní (poté se jeho virulentnost snižuje), k našemu výpočtu však budeme používat časový úsek pouze dobu prvních 12 hodin, tzn. rozmezí mezi 12.00 – 24.00 hod. Virus se v prostoru letištního terminálu smíchá se vzduchem z klimatizace a vytvoří se kontaminovaný aerosol. Klimatizace zajistí rychlé rozšíření aerosolu do celého prostoru letištního terminálu. Ovšem z důvodu rychlé výměny vzduchu skrz klimatizační jednotku se kontaminovaný aerosol po uvedených dvanácti hodinách dostává z drtivé části ven, mimo letištní terminál.

Poznámka: Časový interval 12.00 hod. – 24.00 hod. je vybrán záměrně z důvodu rovnoměrně zastoupených tzv. vytížených a nevytížených hodin. V průběhu dne existuje několik leteckých špiček a pokud by byla modelová situace vztažena pouze na denní dobu, příp. na noční dobu, výpočty by byly značně zkrácené.

Varianta A (zimní letový řád):

Zimní letový řád je charakteristický sníženým počtem letů, kdy větší část letů tvoří pravidelné linky, obchodní a tranzitní lety. Charterové lety jsou operovány méně. Období platnosti zimního letového řádu je od konce desátého měsíce až do konce třetího měsíce následujícího kalendářního roku. Je tedy o dva měsíce kratší než letní letový řád. Pro výpočet varianty A budeme uvažovat následující hodnoty:

Neznámá (popis)	Hodnota
$P_1 = P_2$ (průměrná kapacita letadla na odletu / přeletu)	126
f' (odlety)	104
f (přelety)	110
u (odlety / přelety)	60 % = 0,6

Neznámá (popis)	Hodnota
w	30 % = 0,3
P _s	1000
P	50 % = 0,5

Uvažované letiště odbavuje několik typů letadel s různou kapacitou cestujících. Převažují však letadla s kapacitou okolo 120 cestujících + 6 členů posádky. Pro zjednodušení výpočtu bude uvažovat tento počet.

Obsazenost letadel cestujícími je v zimním období menší. Pro letadla na odletu i příletu budeme počítat s hodnotou 60 % využití kapacity letadla. Koeficient, který vyjadřuje poměrnou část osob, které v letištním terminálu čekají na přilétající cestující nebo odlétající cestující doprovázejí, stanovíme na 0,3, tzn. 30 % cestujících je doprovázeno jednou osobou. Počet osob z řad personálu, který je přítomen v daném časovém úseku v letištním terminálu, je stanoven na hodnotě 1000. Vycházíme z poměrného počtu zaměstnanců, kteří v letištním terminále působí, sníženého o čtvrtinu vzhledem k počtu směn (4) dvojnásobený kvůli půleným směnám. Tato hodnota je však pouze orientační a je velice složité dosáhnout přesnější hodnoty.

Po doplnění do vztahu uvedených výše [1] – [3] nám vycházejí tyto hodnoty:

$$P_D = \sum_{f=1}^{f=f'} P_1 \cdot u = \sum_{f=1}^{104} 126.0,6 = 7863$$

$$P_A = \sum_{f=1}^{f=f'} P_2 \cdot u = \sum_{f=1}^{110} 126.0,6 = 8316$$

$$P_W = (P_D + P_A) \cdot w = \left(\sum_{f=1}^{f=f'} P_1 \cdot u + \sum_{f=1}^{f=f'} P_2 \cdot u \right) \cdot w = \left(\sum_{f=1}^{104} 126.0,6 + \sum_{f=1}^{110} 126.0,6 \right) \cdot 0,3 = 4854$$

Pro výpočet celkového počtu osob, které projdou letištním terminálem za uvedený časový úsek 12 hodin využijeme vztahu [4]:

$$P = P_A + P_D + P_W + P_S = \sum_{f=1}^{f=f'} P_1 \cdot u + \sum_{f=1}^{f=f'} P_2 \cdot u + \left(\sum_{f=1}^{f=f'} P_1 \cdot u + \sum_{f=1}^{f=f'} P_2 \cdot u \right) \cdot w + P_S = 22033$$

Ze vztahu [4] nám vyplývá celkový počet osob, které se v daný časový úsek vyskytují v letištním terminálu a přišly do styku s virem. Přestože jsou všechny osoby obecně vysoce vnímavé vůči uvedenému viru, je zde řada faktorů, které mohou zabránit nakažení uvedených osob (nižší vnímavost osoby, cirkulace vzduchu, průchod místem s nižší koncentrací kontaminovaného aerosolu apod. Proto je výsledná hodnota ponížena na 50 %. Při dosazení do vztahu [5] nám vychází počet osob, které byly v uvedený časový úsek napadeny virem, a u nichž se později objeví příznaky onemocnění, následně budou šířit onemocnění dále:

$$I_0 = P \cdot p = 22033 \cdot 0,5 = 11017$$

Varianta B (letní letový řád):

Letní letový řád je charakteristický zvýšeným počtem pohybů, které jsou zastoupeny navíc charterovými lety. Letní letový řád má platnost od konce třetího měsíce do konce desátého měsíce kalendářního roku.

Pro výpočet varianty B budeme uvažovat následující hodnoty:

Neznámá (popis)	Hodnota
$P_1 = P_2$ (průměrná kapacita letadla na odletu / přeletu)	126
f' (odlety)	145
f (přelety)	138
u (odlety / přelety)	70 % = 0,7
w	30 % = 0,3
P_s	1150
P	50 % = 0,5

Proti variantě A se změnilы následující hodnoty: počet odletů a přeletů je navýšen z důvodů vyššího počtu pohybů letadel, který souvisí s větší migrací osob v letních měsících. Zvýšila se i obsazenost letadel na 70 %. V souvislosti s vyšším počtem letů se zvýšil i počet personálu, který působí v letištním terminálu. Ostatní hodnoty zůstaly zachovány.

Opět po doplnění do vztahu uvedených výše [1] – [3] nám vycházejí tyto hodnoty:

$$P_D = \sum_{f=1}^{f=f'} P_1 \cdot u = \sum_{f=1}^{145} 126 \cdot 0,7 = 12789$$

$$P_A = \sum_{f=1}^{f=f'} P_2 \cdot u = \sum_{f=1}^{138} 126 \cdot 0,7 = 12172$$

$$P_W = (P_D + P_A) \cdot w = \left(\sum_{f=1}^{f=f'} P_1 \cdot u + \sum_{f=1}^{f=f'} P_2 \cdot u \right) \cdot w = \left(\sum_{f=1}^{145} 126 \cdot 0,7 + \sum_{f=1}^{138} 126 \cdot 0,7 \right) \cdot 0,3 = 7489$$

Vypočítané hodnoty dosadíme do vztahu [4]:

$$P = P_A + P_D + P_W + P_s = \sum_{f=1}^{f=f'} P_1 \cdot u + \sum_{f=1}^{f=f'} P_2 \cdot u + \left(\sum_{f=1}^{f=f'} P_1 \cdot u + \sum_{f=1}^{f=f'} P_2 \cdot u \right) \cdot w + P_s = 33600$$

Následně, analogicky jako v předchozí variantě, dosadíme výslednou hodnotu do vztahu [5] a vychází nám počet infikovaných osob v letištním terminálu:

$$I_0 = P \cdot p = 33600 \cdot 0,5 = 16800$$

Následný vývoj události:

Podle lékařské studie vyplývá, že lidstvo je dnes z důvodu chybějící vakcinace proti variole vnímavější na tento virus a někteří odborníci odhadují, že by k přenosu

docházelo v poměru 10 nových infekcí na každého nemocného. Vycházíme tedy z tvrzení, že každý nemocný nakazí během následujících 12 dní dalších 10 osob kolem sebe. Tento předpoklad je však modelový. Počet nakažených sice bude růst ovšem s klesající tendencí. V každém dalším 12denním období přibližně platí, že počet nakažených klesá na jednoho nemocného klesá o číslo jedna. Důvodem je karanténa, masivní epidemiologická opatření, vakcinace apod.

Počet úmrtí lze uvažovat až v čase $t = 12$ dní. V této době je však ještě nízký, protože nemoci podlehnou zprvu jedinci s oslabeným imunitním systémem, starší lidé, nemocní apod. Následně lze tento počet vyjádřit koeficientem 0,3, tzn. 30 % mortalita na virus. Uvažujeme optimističtější variantu, protože dle některých lékařských studií se hodnota pohybuje i okolo 50 %.

V ideálním případě lze nárůst nakažených vyjádřit následující tabulkou:

t	0	12	24	36	48	60	72	84	96
I (t)	I_0	$10 \cdot I_0$	$100 \cdot I_0$	...	...	...	...	...	...
	$I_0 \cdot 10^0$	$I_0 \cdot 10^1$	$I_0 \cdot 10^2$	$I_0 \cdot 10^3$	$I_0 \cdot 10^4$	$I_0 \cdot 10^5$	$I_0 \cdot 10^6$	$I_0 \cdot 10^7$	$I_0 \cdot 10^8$
M	0	...	$0,3 \cdot I(t)$	$0,3 \cdot I(t)$	$0,3 \cdot I(t)$	$0,3 \cdot I(t)$	$0,3 \cdot I(t)$	$0,3 \cdot I(t)$	$0,3 \cdot I(t)$

Nárůst počtu nemocných lze obecně vyjádřit vztahem $I(t) = I_0 \cdot 10^x$, kde x je 12denní cyklus.

Počet obětí na uvažovaný virus lze vyjádřit vztahem $M(t) = 0,3 \cdot I_0 = 0,3 \cdot (I_0 \cdot 10^x)$, kde x je 12denní cyklus.

D+12:

Průměrná inkubační doba viru varioly major je 12 dní. Po této době se u nakažených osob objevují první příznaky podobné onemocnění chřipkou, proto může dojít k mylné diagnóze ze strany lékařů, popřípadě zanedbání lékařské prohlídky. Většina osob je ošetřena pouze ambulantně, a proto se může virus šířit dál. S jistotou lze virus diagnostikovat až v druhé fázi onemocnění, kdy se na těle nemocného objeví puchýře. To už je však vysoce infekční. Je potřeba připomenout, že nemocní budou v důsledku migrace leteckou dopravou roztroušeni po celém světě. Po uplynutí inkubační doby a prvotní fáze nemoci již bude jasné, že se jedná o velice nebezpečný a zákeřný virus varioly a WHO odstartuje masivní epidemiologická a karanténní opatření. Přesto však budou počty nakažených narůstat, objevují se i první oběti.

D+24:

Přenos nemoci na další osoby je z části zpomalen. Důvodem jsou přijatá přísná protiinfekční opatření, v jednotlivých státech se vyhláší krizové a mimořádné stavy, do vedení státu zasahuje armáda. Jsou hromadně očkovány osoby a složky zajišťující fungování státu a armáda (zákony č. 240/2000 Sb., č. 110/1998 Sb.). Počet nových nakažených se pohybuje řádově 8 nově nakažených osob na jednoho nemocného. Míra mortality je v průměru rovna cca 30 %. Je také zřejmé ohnisko nákazy, ve kterém jsou přijata přísná karanténní opatření. Počet obětí narůstá, především tam, kde není samozřejmá běžná lékařská péče. Zde také dochází k výraznějšímu šíření viru.

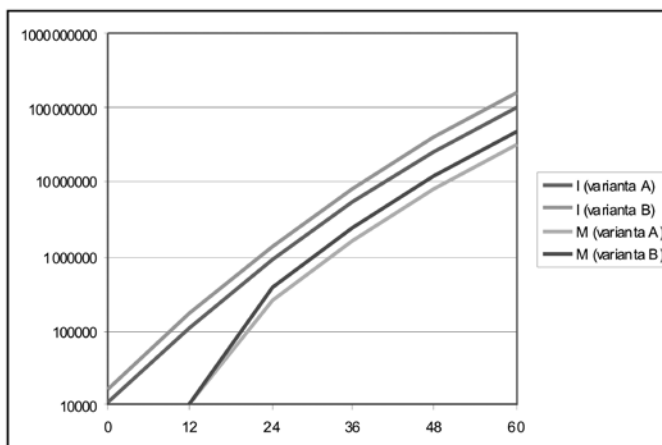
D+36:

Víc než měsíc po rozšíření nákazy se daří lépe zvládat stále vzrůstající počet nových nakažených (cca 6 nových nakažených na jednoho nemocného). Hranice úmrtnosti však již

přesáhla jeden a půl milionů (až dva a půl milionu pro variantu B) obětí po celém světě. Hrozně, a téměř celoplošně se aplikují vakcinační látky. Ty účinně zpomalují šíření viru.

Další předpokládaný vývoj události:

Počet nově nakažených i dva měsíce po rozšíření nákazy stále vzrůstá, ovšem ne tak razantně jako v prvních dnech nákazy. V každém dalším 12denním období přibližně platí, že počet nakažených klesá na jednoho nemocného klesá o číslo jedna. Důvodem jsou dříve zmiňovaná epidemiologická opatření. Je však předpoklad, že počet nakažených i obětí bude stále růst. Nákaza se již vyskytuje na všech kontinentech a pandemie nabírá na síle. Může dojít k chvilkovému oslabení viru, ovšem vlivem neustálého přenosu z člověka na člověka bude docházet k modifikaci původního viru a pandemie bude přicházet v dalších vlnách. Následuje grafické vyjádření. To odráží nikoliv ideální stav, ale reálnou situaci, kdy je počet nakažených v každém dalším období snížen o 1 – 2 z důvodu přijímání epidemiologických opatření (viz výše).



Data pro grafické vyjádření:

T	0	12	24	36	48	60	72	84	96
I (varianta A)	1,10E+04	1,10E+05	8,81E+05	5,29E+06	2,64E+07	1,06E+08	3,17E+08	6,35E+08	1,27E+09
I (varianta B)	1,68E+04	1,68E+05	1,34E+06	8,06E+06	4,03E+07	1,61E+08	4,84E+08	9,68E+08	1,94E+09
M (varianta A)	0,00	10 000,00	2,64E+05	1,59E+06	7,93E+06	3,17E+07	9,52E+07	1,90E+08	3,81E+08
M (varianta B)	0,00	10 000,00	4,03E+05	2,42E+06	1,21E+07	4,84E+07	1,45E+08	2,90E+08	5,81E+08

Pozn.: Hodnoty v tabulce jsou z důvodu velikosti vyjádřeny matematickou notací $a \cdot 10^b$.

Dílčí závěr:

Je nutno uvést, že přestože výpočty odrážejí reálný vývoj událostí, stále se jedná pouze o modelovou situaci. Nikdy nelze docílit úplně přesného výpočtu.

V první fázi model počítá s průměrnou velikostí letadel. Do vzdálenějších destinací létají i letadla s vyšší kapacitou cestujících. Počítá se s obsazeností okolo 60-70 %. Především v letních měsících může být toto číslo opět vyšší. Z toho vyplývá, že hodnota P může být v reálné situaci vyšší. V závislosti na P poroste i hodnota I_0 . Také vnímavost osob na uvedený virus může být mnohem vyšší než uvažovaná hodnota 50 % (některé

lékařské studie hovoří o hodnotách blížících se 100 %). Tímto nám do následných výpočtů vstupují daleko vyšší hodnoty.

Následující vývoj událostí závisí na mnoha faktorech, např. na mortalitě viru (ve výpočtu uvažována 30% úmrtnost), na skutečnosti zda se jedná o nějakou vyspělejší, vyšlechtěnou formu viru apod. Celou situaci také ovlivňuje akceschopnost WHO a jednotlivých států v globálním měřítku.

Závěr

Úřady, obchodní centra, letiště a další subjekty kritické infrastruktury, potažmo celá naše současná společnost není v podstatě připravena na stav biologického ohrožení. Ochrana proti biologickým choroboplodným organismům je nejkomplikovanější ochranou vůbec. Mj. vyžaduje vysoké investiční náklady na jejich realizaci. Spolehlivé detektory neexistují a ty, které jsou na trhu, jsou teprve ve fázi vývoje a jsou finančně náročné.

Bohužel neexistuje způsob jak zaručeně detekovat přítomnost infekčních biologických látek v prostoru. Jejich detekce je možná až během 15-30 minut. První klinické příznaky nemoci, která je vyvolána použitými biologickými činiteli, jsou prvním spolehlivým alarmem. Tyto klinické příznaky jsou však patrné až po uplynutí inkubační doby, tj. několik hodin až týdnů po styku biologického činitele s vnímavým jedincem. Pro tuto velice dlouhou dobu nemůžeme diagnózu nemoci nazývat detekcí v pravém slova smyslu. Jedinou snahou, jak zamezit nebo omezit jejich šíření je sledování průvodních jevů, které jsou s tímto jevem spojeny, ty však mnohdy nejsou nijak průkazné. Přesto je lepší vyvolat několik planých poplachů, než nechat proniknout nebezpečné biologické činitele mezi cestující, a tím ohrozit jejich životy, ale také národní, a dokonce i celosvětovou bezpečnost.

Hrozba biologických látek je sice skrytá, ale je skutečná a nestačí jen doufat, že se tato zbraň nedostane do nesprávných rukou. Přípravenost na toto riziko by měla být cílem managementu každého centra, kde dochází ke kumulaci většího počtu lidí. Taková místa jsou totiž pomyslným magnetem osob, jež pro své cíle užívají zastrašovacích metod.

Zdroje a literatura:

- BENEDÍK, J., LINHART, P., MATOUŠEK, J. *CBRN – biologické zbraně*. Ostrava: SPBI, 2007, 186 s., ISBN 978-80-7385-003-6.
- BRZOBHATÝ, M., MIKA, O. *Ochrana před chemickým a biologickým terorismem*. Praha: Policejní akademie, 2007. 106 s.
- GÁFRIK, A., DURDIK, J., PULÍŠ, P., SUŠKO, M. *Zbrane hromadného ničenia – aktuálna bezpečnostná hrozba*. Bratislava: Ministerstvo obrany SR, 2005, 262 s., ISBN 80-88842-76-X.
- LINHART, P., MATOUŠEK, J., ÖSTERREICHER, J. *CBRN – jaderné zbraně a radiologické materiály*. Ostrava: SPBI, 2007, 216 s., ISBN 978-80-7385-029-6.
- LINHART, P., MATOUŠEK, J., URBAN, I. *CBRN – detekce a monitorování, fyzická ochrana a dekontaminace*. Ostrava: SPBI, 2008, 232 s., ISBN 978-80-7385-048-7.
- PĚTVALDSKÝ, T. *Ochrana před biologickými činiteli na letišti Leoše Janáčka Ostrava*. Diplomová práce, Fakulta bezpečnostního inženýrství VŠB-TUO, 2008, 75 s.
- PLESNÍK, V. *Variola (Smallpox)*, prosinec 2001. Dostupné na <<http://www.zuova.cz/informace/smd/smd106.pdf>>.
- L 14, *Letištní předpis 14* [online]. Dostupné na <www.petrmatula.com/_staticfiles/predpisy/dokumenty/L/L-14/data/effective/P1.pdf>; <ais.ans.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14/data/effective/h11.pdf>.
- Základy medicíny katastrof* [online]. Dostupné <<http://zsf.sirdik.org/obsah>>.
- Zákon č. 281/2002 Sb.*, o některých opatřeních souvisejících se zákazem bakteriologických (biologických) a toxických zbraní a o změně živnostenského zákona, ve znění pozdějších změn a předpisů.