

## ODOLNOST PROSTŘEDKŮ PRO HYDRATACI ORGANISMU V PROSTŘEDÍ KONTAMINOVANÉM BOJOVÝMI CHEMICKÝMI LÁTKAMI

### RESISTANCE OF THE EQUIPMENT FOR ORGANISM HYDRATION USED IN THE ENVIRONMENT CONTAMINATED BY CHEMICAL WARFARE AGENTS

Jan KISZKA, Stanislav FLORUS  
jkiszka@seznam.cz, stanislav.florus@unob.cz

#### Abstract

*This work focuses on the possibilities of organism hydration when wearing individual protective equipment and working in an environment that is contaminated. In the first part, the study briefly discusses the current possibilities of organism hydration in the Armed Forces of the Czech Republic and mentions the main disadvantages and drawbacks of the present-day solution. A possible answer to this problem could be the use of hydration packs that are connected to the OM-90 protective mask. The experimental part presents results concerning protective properties of three selected hydration packs using the minimal breakthrough time by applying the MIKROTEST and the MINITEST method. The aim of the experimental part is to determine the possibilities of using CBRN resistant and non-resistant hydration packs in a contaminated environment.*

#### Key words

*Breakthrough time, hydration, hydration pack, individual protective equipment, the Armed Forces of the Czech Republic.*

#### ÚVOD

Při práci v prostředí, které je kontaminováno CBRN látkami, je uživatel povinen nosit prostředky individuální ochrany (PIO). Prostředky individuální ochrany lze rozdělit na filtrační a izolační, přičemž v obou případech dochází k izolaci uživatele od jeho okolí. S tímto je spojeno několik faktorů, jež nepříznivě působí na lidský organismus. V první řadě se jedná o zásadní ovlivnění psychiky uživatele způsobené zmenšením zorného pole, snížením srozumitelnosti, slyšitelnosti a citlivosti rukou, omezením pohyblivosti, zvýšením námahy a celkovým nepohodlím. Tyto faktory jsou úzce spojeny se zvýšenou fyzickou námahou projevující se postupným vyčerpáním a přehříváním organismu [1].

Při nasazených PIO je jedním z nejnebezpečnějších činitelů právě přehřátí organismu. K jeho minimalizaci má lidské tělo účinný mechanismus, a to pocení [2]. Ačkoliv ním dochází k ochlazení, nastává rovněž ztráta tekutin, přičemž pokud nejsou průběžně doplňovány, může dojít až k dehydrataci organismu, což má negativní vliv jak na lidský metabolismus, tak na samotnou termoregulaci [3, 4]. V rámci Armády České republiky (AČR) platí předpis Chem-2-2 [5], který udává doporučená množství vody za hodinu, jež by měl organismus při dané zátěži a daných podmínkách přijmout. Dodržovat tento předpis je ovšem v rámci AČR obtížné kvůli neodpovídajícímu vybavení, které mají vojáci pracující v kontaminovaném prostředí k dispozici. Možným řešením tohoto problému by mohlo být zavedení hydratačních vaků,

kteří by umožňovaly propojení s obličejovou maskou a zároveň by byly odolné proti průniku CBRN látek.

## **1 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ HYDRATACE V KONTAMINOVANÉM PROSTŘEDÍ V RÁMCI AČR**

K zabezpečení hydratace organismu při nasazených PIO je obličejová maska OM-90 vybavena zařízením pro příjem tekutin, které v kombinaci s polní lahví, na níž je umístěna speciální zátka, umožňuje uživateli PIO tekutiny přijímat [6,7]. Praxe ovšem ukázala, že toto řešení trpí několika nedostatky. Pokud má být totiž dodržen předpis Chem-2-2, je vykonávání dlouhodobé práce v kontaminovaném prostředí znemožněno, protože příjem dostatečného množství tekutin není možný.

Zásadním nedostatkem je objem polní lahve (0,8 l), jenž je příliš malý na to, aby mohla být zabezpečena dostatečná hydratace organismu při dlouhodobé práci. Dalším problémem je stanovení účelu vody v polní lahvi. Není pevně určeno, zda je voda v ní určena k pití, nebo k přípravě dekontaminační směsi k částečné dekontaminaci výstroje a výzbroje. Problém představuje rovněž metodika použití polní lahve v kontaminovaném prostředí. Před jejím použitím je totiž potřeba provést dekontaminaci minimálně speciální zátky samotné polní lahve a krytky sacího ventilu a sací hadičky zařízení pro příjem tekutin obličejové masky. K tomu je ale potřeba připravit dekontaminační směs z vody, která je obsažena v lahvi. Nabízí se možnost použití sorbentu z individuálního protichemického balíčku IPB-80, nicméně jeho aplikace na polní lahev a sací hadičku je v podstatě nemožná díky práškovité konzistenci, a navíc nelze účinnost provedené dekontaminace ověřit.

Rovněž je potřeba vzít v potaz psychologický faktor. Při práci v kontaminovaném prostředí je voják vystaven velkému stresu a nachází se pod velkou psychickou zátěží, kterou umocňuje dlouhodobý pobyt a přítomnost kontaminantu. K zabezpečení hydratace pak slouží výše zmíněné řešení, u kterého je potřeba přísně dodržovat postup, aby byla zajištěna co největší bezpečnost, jež je závislá na stupni účinnosti provedené dekontaminace. Vzhledem k vysoké psychické zátěži je potřeba zabezpečit efektivní a pravidelný výcvik, v rámci kterého se voják naučí bezpečně manipulovat s polní lahví a zároveň se v něm upevní důvěra v provedenou dekontaminaci.

### **1.1 Použití hydratačních vaků**

Problémy s nedostatečnou hydratací při nasazených PIO lze vyřešit zavedením hydratačních vaků, které se skládají z vaku na vodu a sací hadičky s příslušenstvím. Celý systém je možné vložit do batohu, případně do jiného nosiče. Při použití vhodných adapterů je možné jejich propojení s obličejovou maskou, čímž je zajištěna trvalá možnost hydratace i při práci v kontaminovaném prostředí [8]. Hydratační vaky jsou vyráběny i z materiálů, které zabezpečují jejich odolnost proti permeaci CBRN látek, díky čemuž je lze bezpečně používat i v kontaminovaném prostředí.

K zabezpečení nejvyšší přípustné doby práce při nasazených PIO za daných teplotních podmínek a spotřebě doporučených množství vody podle předpisu Chem-2-2 [5] lze vypočítat maximální potřebný objem hydratačního vaku. Tato hodnota byla po zaokrouhlení stanovena na 3 l, což zároveň odpovídá objemům, v jakých jsou hydratační vaky vyráběny. Jedním z takových hydratačních vaků je vak Source MAX CBRN 3L, který je zobrazen na Obr. 1.



*Obr. 1*  
*Hydratační vak Source MAX CBRN 3L s batohem*

## 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V rámci experimentálních prací bylo provedeno měření odolnosti konstrukčních materiálů vybraných hydratačních vaků proti průniku bojových chemických látek (BCHL). Byl použit sírový yperit, který je standardní látkou pro měření rezistenční doby, tedy odolnosti konstrukčních materiálů. Rezistenční doba je definována jako čas potřebný k průniku látky aplikované na povrch bariérové vrstvy na stranu druhou v požadované koncentraci či množství [9]. Všechna měření rezistenční doby byla provedena při teplotě 30 °C.

Pro vlastní měření byl k dispozici hydratační vak značky CamelBak, který je využíván v rámci AČR, a dva hydratační vaky značky Source Tactical Gear, přičemž jeden z nich je dle výrobce odolný proti průniku BCHL. Ke zjištění odolnosti konstrukčních materiálů vůči průniku škodliviny ve formě kapek byla zvolena metoda MIKROTEST a vůči průniku škodliviny ve formě par pak metoda MINITEST. K zjištění rezistenční doby sacích hadiček hydratačních systémů pro BCHL byla použita modifikovaná metoda MIKROTEST, která umožňuje měření odolnosti pro kapky BCHL.

### 2.1 Použité hydratační vaky

Hydratační vak značky CamelBak je zaveden v AČR pod názvem „Tlumok na vodu – souprava“ v pouštním provedení. Součástí soupravy je hydratační vak černé barvy se sací hadičkou, sacím ventilem s uzávěrem a příslušenstvím, který je vložen do batohu vyrobeného společností S.P.M. Liberec s.r.o. Batoh má hlavní kapsu, jež slouží k umístění hydratačního vaku a dvě menší kapsy pro uložení ostatního drobného příslušenství či materiálu. Obal hlavní kapsy je složen ze tří vrstev – vnější a vnitřní tkaniny a mezi nimi vložené izolační vrstvy z pěnové hmoty. Na zádové části jsou materiály křížově prošity. Ve dnu kapsy jsou umístěny

průduchy v podobě malých kruhových otvorů umožňující odtok vody a zabezpečující její provětrávání. Hydratační vak má objem 3 l. Jeho součástí je sací hadička o délce 106 cm, kterou lze v případě potřeby odpojit. Rovněž hadičku tvoří několik vrstev – vnitřní, hygienicky nezávadná vrstva a vnější vrstva zabezpečující mechanickou odolnost. Vrstvy jsou technologicky těsně spojeny. Hydratační vak je vyroben z termoplastického uretanu. Dle výrobce není žádná část vaku odolná proti průniku CBRN látek [10].

Hydratační vak značky Source Tactical Gear, model Tactical 3L, o objemu 3 l je součástí soupravy obsahující vak na vodu, sací hadičku se sacím ventilem, nosný batoh a příslušenství. Batoh má jednu hlavní kapsu, ve které je vložen hydratační vak, otvor na víko hydratačního vaku a menší otvory, kterými je možné vést sací hadičku. Batoh je složen ze tří vrstev – z vnitřní a vnější tkaniny a izolační vrstvy. Vak je vyroben z koextrudovaného polyethylenu. Výrobce není stanovena odolnost proti permeaci CBRN látek [11]. K měření odolnosti byl použit hydratační vak, který byl pravidelně v užívání po dobu pěti let, během kterých došlo k viditelnému opotřebení. Vybrán byl z důvodu zjištění odolnosti konstrukčních materiálů i po značném opotřebení.

Jako poslední byl zkoumán vak značky Source Tactical Gear, model MAX CBRN 3L. Souprava se skládá ze stejných hlavních částí jako v případě Source Tactical Gear, model Tactical 3L. Rozdíl mezi nimi však spočívá v použitém materiálu hydratačního vaku a sací hadičky – směs polyethylenu a polyamidu. Dle výrobce je vak odolný proti průniku BChL, a to i po třicetidenním používání [12].

## 2.2 Použité chemikálie

K měření rezistenčních dob jednotlivých materiálů byly použity následující chemikálie:

- tetrachlormethan, Merck, Darmstadt, SRN, 99%;
- chloramid CNITI-8 [*N*-chlor-*N*-(2-tolyl)benzamid], vlastní výroba; byl připraven benzoylací *o*-toluidinu s následnou chlorací vzniklého benzoyl-*o*-toluidinu chlornanem sodným. U připraveného benzoyl-*o*-toluidinu a chloraminu CNITI-8 byl změřen bod tání. V případě benzoyl-*o*-toluidinu se pohyboval v rozmezí 140–141 °C, u chloraminu CNITI-8 pak v rozmezí 71–72 °C. K měření použit 1,5% roztok chloramidu CNITI-8 v tetrachlormethanu;
- Kongo červeň, indikátor pro mikroskopii, Merck, Darmstadt, SRN k měření použit vodně-ethanolickeý roztok (1:1) o koncentraci 0,1 %;
- ethanol absolutní, pro HPLC, Scharlau Chemie, S.A. Barcelona, Španělsko;
- bis(2-chlorethyl)sulfid (sírový yperit) s obsahem účinné látky 89,9 %, VOZ 072, Zemianské Kostolany, Slovenská republika;
- chloramin T s obsahem aktivního chloru 26 %, Bochemie, Bohumín, ČR, 81%, k dekontaminaci použit 10% vodně-ethanolickeý roztok (1:1).

## 2.3 Použité přístroje a pomůcky

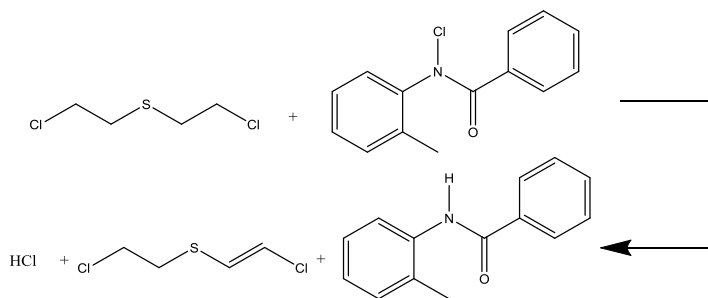
Při provádění experimentální práce byly použity tyto pomůcky:

- průhledná lepicí páska o šířce 50 mm (bez označení typu), Koh-i-noor, Hartmudth, České Budějovice, ČR;
- biologický inkubátor FRIOCEL 111, BMT Medical Technology s.r.o., Brno, ČR;
- bílé papírové ubrusky s neutrálním výluhem; rozprašovač DESAGA SG1B, Desaga GmbH, Wiesloch, Německo;
- tloušťkoměr Mitutuyo ABSOLUTE, Mitutuyo Corporation, Kawasaki, Japonsko;

- přípravky k metodě MIKROTEST obsahující dva kusy krycích skel o rozměrech 70 x 70 mm a tloušťce 2 mm, pryžovou masku vyrobenou z brombutylkaučuku o rozměrech 70 x 70 mm a tloušťce 2 mm se středovým otvorem o průměru 20 mm a dvěma svorkami MAULY 25 mm;
- přípravky k metodě MINITEST obsahující krycí sklo o rozměru 180 x 130 mm a tloušťce 2 mm, kovovou masku o rozměrech 180 x 130 mm a tloušťce 2 mm s dvaceti otvory o průměru 20 mm, polyvinylfluoridovou (PVDF) desku o rozměrech 180 x 130 mm a tloušťce 10 mm s dvaceti otvory o průměru 20 mm vyvrtnými do poloviny tloušťky desky, do kterých jsou vloženy skleněné frity, a čtyřmi svorkami MAULY 25 mm.

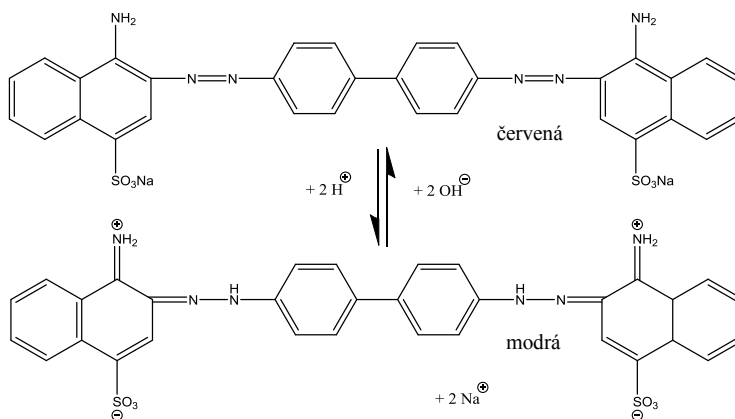
## 2.4 Pracovní postupy

Zjišťování rezistenční doby použitím metod MIKROTEST, MINITEST, případně modifikované verze metody MIKROTEST pro měření rezistenční doby hadiček, je ve všech případech založeno na dvoustupňové reakci sírového yperitu s chloramidem CNITI-8 [*N*-chlor-*N*-2-(tolyl)benzamid] s následným uvolněním chlorovodíku (Obr. 2), který reaguje s acidobazickým indikátorem Kongo červení za vzniku modrého zbarvení v místě průniku (Obr. 3).



Obr. 2

Reakce sírového yperitu s chloramidem CNITI-8 za vzniku HCl [13]



Obr. 3

Reakce vzniklého HCl s acidobazickým indikátorem Kongo červení [13]

Ke změně zbarvení z červené na modrou je zapotřebí pH v rozmezí 4 až 5. Dochází k němu při průniku sírového yperitu o koncentraci asi  $0,005 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ , přičemž vzniká skvrna o průměru přibližně 1 mm. Celá reakce musí být vyhodnocována subjektivně [14,15].

Ke zmíněné chemické reakci dochází na indikační vrstvě, což je papírový ubrousek (či podobný typ tenkého papíru) s neutrálním výluhem nastříhaný na pruhy o šířce 65 mm. Na ty je pomocí rozprašovače nanášena Kongo červeně tak, aby byl pokryt celý povrch papíru. Pro dostatečné pokrytí je Kongo červeně možno aplikovat dvakrát, a to po vysušení prvního nástřiku. Po vysušení indikační vrstvy je rozprašovačem nanášen roztok chloramidu CNITI-8 tak, aby byl rovnoměrně pokryt celý povrch papíru. Indikační vrstvu je možné použít po úplném zaschnutí impregnačního roztoku.

#### 2.4.1 Metoda MIKROTEST

Metoda MIKROTEST slouží ke zjištění odolnosti materiálů proti průniku škodliviny ve formě kapek. Chemická podstata této metody je uvedena na Obr. 2 a 3. K jejímu provedení se používá zařízení tvořené krycím sklem, na které je položena indikační vrstva, na ni je umístěna zkoumaná fólie (konstrukční materiál), na kterou je položena pryžová maska, v jejímž středu se nachází kruhový otvor o průměru 20 mm. Při provádění měření se do kruhového otvoru vkládá výsek filtračního papíru (5 x 5 mm), na který je dávkován sírový yperit. Filtrační papír je v zařízení umístěn proto, aby zabránil nadměrnému rozlití nadávkované zkušební chemikálie po povrchu zkoumaného materiálu. Po nadávkování sírového yperitu v množství 20  $\mu\text{l}$  je celá soustava pevně sepnutá svorkami, čímž je zajištěna dostatečná těsnost. Utěsněné zařízení je následně vloženo do biologického inkubátoru temperovaného na 30 °C a ze spodní strany přípravku je sledována změna zbarvení indikační vrstvy [14].

#### 2.4.2 Metoda MINITEST

Metoda MINITEST je určena ke zjištění odolnosti zkoumaných materiálů vůči permeaci zkušební chemikálie ve formě par. Zařízení k provedení měření je složeno z PVDF desky s vrtanými otvory do poloviny její tloušťky, zkoumané fólie, indikační vrstvy, kovové masky a krycího skla. Rozměr zkoumané fólie je volen tak, aby v ideálním případě pokryl všech 20 otvorů a bylo tak umožněno provést co největší počet měření. Do otvorů v PVDF desce byly vloženy frity a na každou z nich bylo nadávkováno 200  $\mu\text{l}$  sírového yperitu. Na desku byl pak položen vzorek testovaného materiálu, poté indikační papír, kovová deska s vrtanými otvory vymezující polohu otvorů na PVDF desce, a nakonec krycí sklo. Celá sestava byla poté sepnuta svorkami a vložena do biologického inkubátoru vyhřátého na 30 °C a je sledována změna zbarvení indikační vrstvy [16,17].

#### 2.4.3 Modifikovaná verze metody MIKROTEST

Vzhledem k nemožnosti získat standardní plošný vzorek pro měření rezistenční doby a tuhosti materiálů případně tvarové paměti sacích hadiček, byla pro účely zjištění chemické odolnosti vytvořena modifikovaná verze metody MIKROTEST. Byla tedy zjišťována odolnost vůči průniku sírového yperitu ve formě kapek. Systém je složen z podložního skla, sací hadičky, indikační vrstvy, skleněných zátek a průhledné lepicí pásky. Kolem sací hadičky byla omotána indikační vrstva tak, aby nedocházelo k jejímu překrytí a po celé ploše přelepena lepicí páskou tak, aby ji páska přesahovala a chránila ji tak před parami yperitu či látkami, s kterými by mohly reagovat jednotlivé složky impregnace. Takto připravená sací hadička byla z jedné strany uzavřena skleněnou zátkou a poté přilepena k podložnímu sklu, které zabezpečovalo polohovou stabilitu hadičky. Následně byl do hadičky nadávkován yperit v objemu 20  $\mu\text{l}$ .

Hadička byla poté uzavřena skleněnou zátkou a celý systém byl vložen do inkubátoru temperovaného na 30 °C. Změna zabarvení indikační vrstvy byla pozorována ze spodní strany hadičky.

#### 2.4.4 Příprava zkoumaných vzorků

Před provedením měření byly rozstříháním jednotlivých hydratačních vaků připraveny vzorky o takových rozměrech, aby splňovaly požadavky vyplývající z jednotlivých metod. Vzorky byly stříhány tak, aby nebyly vizuálně poškozeny a daly se tak považovat za homogenní. Podle toho byly připraveny následující vzorky:

- fólie hydratačního vaku (dále jen fólie);
- kombinace tvořená vnitřní tkaninou batohu, izolační vrstvou a vnější tkaninou batohu (dále jen kombinace);
- kombinace tvořená fólií, vnitřní tkaninou batohu, izolační vrstvou a vnější tkaninou batohu (dále jen komplet);
- sací hadička;
- prošíta kombinace CamelBak (zádová část batohu) tvořená vnitřní tkaninou, izolační vrstvou a vnější tkaninou batohu.

#### 2.4.5 Zpracování výsledků

Výsledky byly zpracovány pomocí softwaru MS Excel. K vyloučení odlehlých hodnot byly soubory testovány na odlehlé hodnoty pomocí Grubbsova a Dean-Dixonova testu [18]. K porovnání zjištěných výsledků byla použita tzv. minimální hodnota  $x_{min}$ , a to jak pro rezistenční doby konstrukčních materiálů, tak pro jejich tloušťky. Minimální hodnota je definována jako rozdíl střední hodnoty a hodnoty intervalu spolehlivosti (95 %):

$$x_{min} = \bar{x} - \frac{s \cdot t_{\alpha}}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

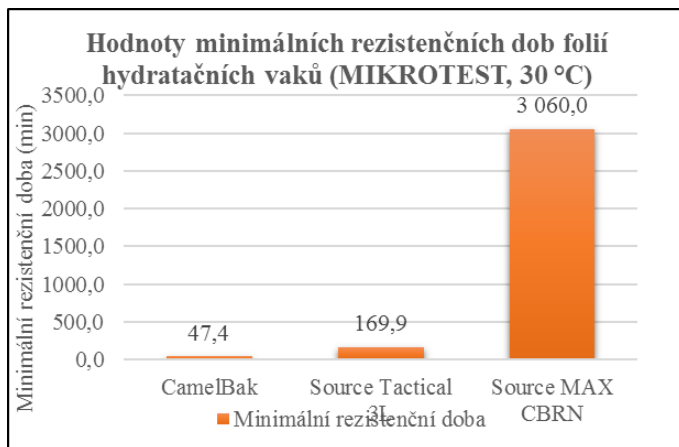
Kde  $\bar{x}$  je střední hodnota,  $s$  je směrodatná odchylka,  $t_{\alpha}$  je kritická hodnota Studentova rozdělení pro zvolenou hladinu významnosti a  $n$  je počet měření.

### 3 VÝSLEDKY A DISKUZE

Rezistenční doba byla zjišťována u konstrukčních materiálů všech vaků. Při použití metody MIKROTEST bylo vždy testováno 10 vzorků a u metody MINITEST byl pokaždé použit jeden vzorek, který byl proměřován na 20 místech současně. Při aplikaci modifikované metody MIKROTEST pro sací hadičky bylo testováno po 10 vzorcích od každého vaku. Vzorky typu fólie byly zkoumány metodou MIKROTEST i MINITEST. Sací hadičky byly zkoumány modifikovanou metodou MIKROTEST. Zbytek vzorků byl testován pomocí metody MINITEST.

Výsledky měření rezistenčních dob fólií hydratačních vaků metodou MIKROTEST jsou uvedeny na Obr. 4. Z grafu je patrná vysoká odolnost vaku Source MAX CBRN. Tento výsledek byl očekáván, protože jako jediný je výrobcem stanoven pro práci v prostředí kontaminovaném BCHL. Rovněž je nutno podotknout, že rezistenční doba 3 060 minut není konečná, protože po tomto čase bylo měření ukončeno bez průniku sírového yperitu. Takto dlouhá doba není pro reálné použití relevantní, protože v praxi by činnost v kontaminovaném prostředí po tak dlouhou dobu nemohla být uskutečněna. Při pohledu na zbývající dvě fólie jsou rezistenční doby značně nižší, přičemž výsledek ukazuje vyšší odolnost vaku Source Tactical

3L, a to i přes skutečnost, že byl dlouhodobě používán. To je dáno především použitým konstrukčním materiálem, který ukazuje, že polyuretan (CamelBak) je méně odolný vůči průniku než polyethylen (Source Tactical 3L). Ani u jedné ze zkoumaných fólií nedošlo k viditelnému botnání materiálu.



Obr. 4

*Minimální rezistenční doby fólií hydratačních vaků měřené metodou MIKROTEST*

Důvodem nižší odolnosti může být i rozdíl ve členitosti povrchů jednotlivých fólií (viditelné na Obr. 5). Zatímco u Source Tactical 3L je povrch hladký, u fólie CamelBak je výrazně patrná členitost, což může způsobovat nestejnou tloušťku konstrukčního materiálu a rychlejší průnik sírového pyritu ve ztenčených místech.

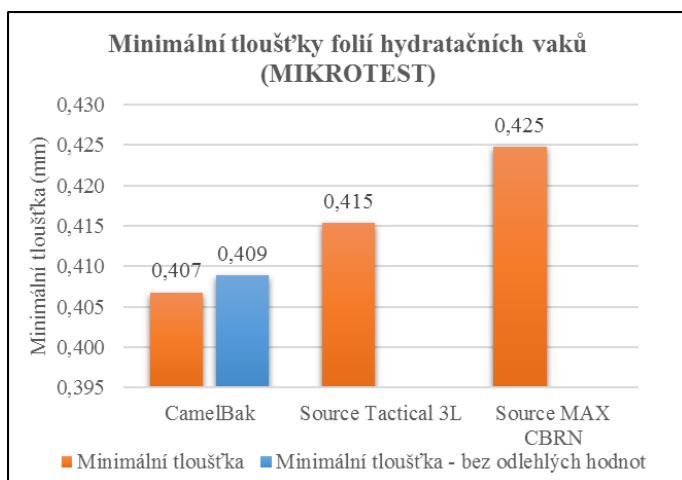


Obr. 5

*Rozdíl ve členitosti povrchů fólií CamelBak (vlevo) a Source Tactical 3L (vpravo)*

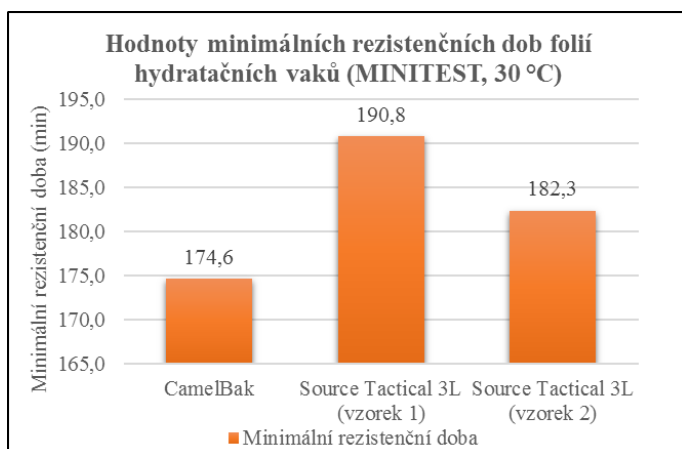
Graf na Obr. 6 ukazuje minimální tloušťky jednotlivých fólií. Při porovnání minimálních tlouštěk a minimálních rezistenčních dob lze vidět, že s větší tloušťkou roste i rezistenční doba. Toto pravidlo ovšem neplatí obecně, jelikož ochranné vlastnosti jsou závislé především na použitém materiálu. Při malém zvětšení tloušťky vysoce odolného materiálu se může výrazně zvýšit rezistenční doba, zatímco při značném zvětšení tloušťky málo odolného materiálu může dojít pouze k nepatrnému nárůstu rezistenční doby. Z toho důvodu jsou grafy zobrazující srovnání tlouštěk jednotlivých vzorků spíše informativního charakteru.



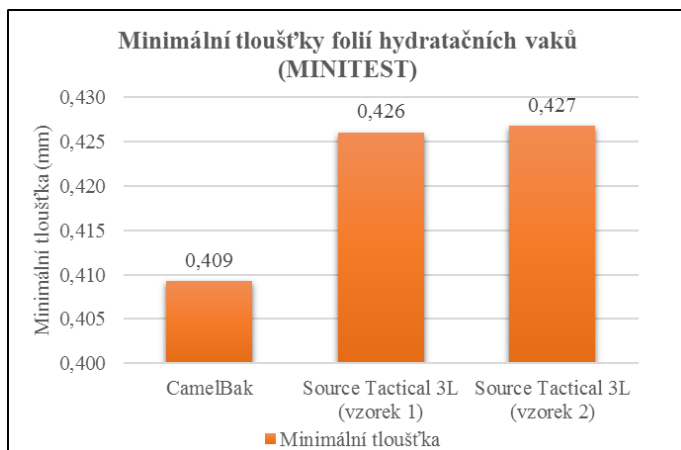


Obr. 6  
Minimální tloušťky vzorků fólií (metoda MIKROTEST)

Mezi rezistenčními dobami na sírový yperit v podobě kapek a par platí, že rezistenční doba na páry je přibližně 3–5krát vyšší než na kapky. Z této závislosti vyplývá očekávaná rezistenční doba fólie Source MAX CBRN na páry vyšší než 150 hodin, a z toho důvodu nebylo měření provedeno. Jak je patrné z grafu na Obr. 7, výše zmíněná závislost pro fólii CamelBak je platná (pro páry je rezistenční doba asi 3,7krát vyšší), nicméně u fólie vaku Source Tactical 3L tato závislost pozorována nebyla. Pro potvrzení bylo měření provedeno dvakrát se stejným výsledkem. Graf na Obr. 8 rovněž ukazuje, že tloušťky obou testovaných vzorků byly velmi podobné. Důvod této anomálie nelze přesně stanovit. Jako jedna z možností se nabízí mechanické opotřebení vaku, čímž došlo ke změně původních vlastností konstrukčního materiálu.

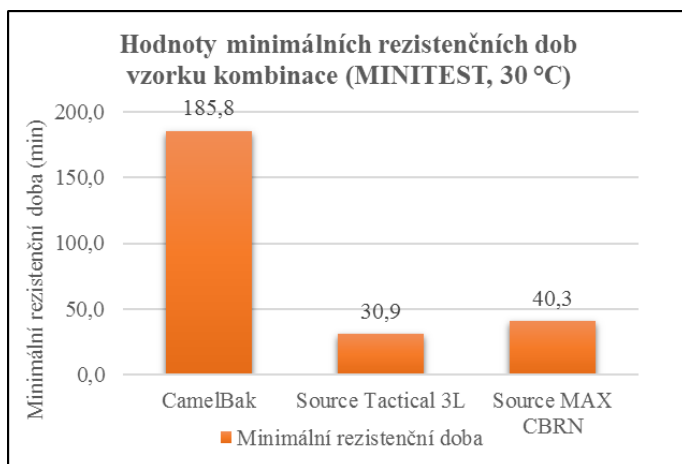


Obr. 7  
Minimální rezistenční doby fólií měřených metodou MINITEST



*Obr. 8*  
*Minimální tloušťky vzorků folií (metoda MINITEST)*

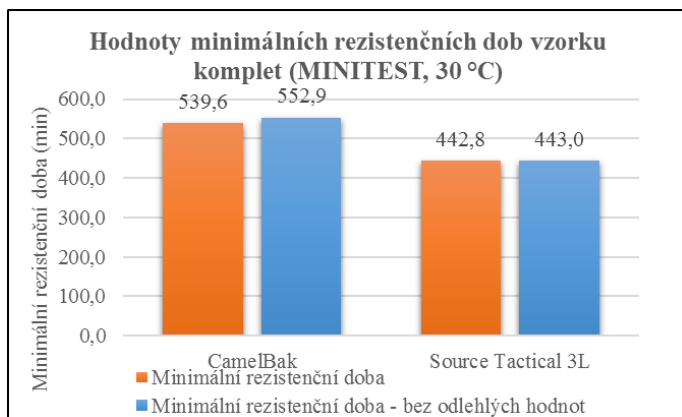
Vzhledem k tomu, že hydratační vaky jsou uloženy v nosném batohu, byly proměřeny rovněž materiály, jež tyto batohy tvoří. Výsledky měření vzorků lze vidět na Obr. 9, na kterých lze pozorovat relativně vysokou odolnost batohu CamelBak. Je však nutné zmínit, že nosné batohy nejsou v ani jednom případě hermeticky utěsněné, tudíž těchto ochranných vlastností by v praxi nebylo možné využít. Provedené experimenty však umožnily vyhodnotit ochranné vlastnosti skládaných porézních vrstev pro BCHL.



*Obr. 9*  
*Minimální rezistenční doby vzorků typu kombinace měřené metodou MINITEST*

Při pohledu na graf na Obr. 10 (měření neprovedeno pro Source MAX CBRN ze stejných důvodů jako v případě měření samotné fólie) lze vidět výsledky pro CamelBak (539,6 minut, resp. 552,9 minut) a pro Source Tactical 3L (442,8 minut, resp. 443,0 minut). Pokud by došlo k pouhému součtu minimálních rezistenčních dob pro fólie (Obr. 7) a pro vzorky typu kombinace (Obr. 9), výsledná minimální rezistenční doba by pro CamelBak byla

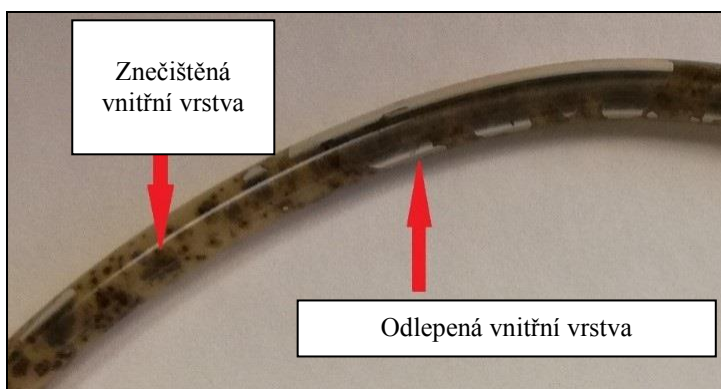
360,4 minut a pro Source Tactical 3L 221,7 minut (vzorek 1), resp. 213,2 minut (vzorek 2). To je pravděpodobně způsobeno tím, že při průniku škodliviny jednou vrstvou musí v mezeře mezi vrstvami vznikat dostatečně velká koncentrace par BCHL, která umožní překonat další konstrukční vrstvy. Zároveň to poukazuje na skutečnost, že teoretické stanovení rezistenční doby sestavy o více vrstvách není možné jen pouhým sečtením rezistenčních dob jednotlivých vrstev.



Obr. 10

*Minimální rezistenční doby vzorků typu komplet měřené metodou MINITEST*

Následně byla zjišťována odolnost sacích hadiček proti průniku škodliviny. V případě hadičky Source Tactical 3L bylo měření pouze informativního charakteru, protože hadička, zejména její vnitřek, byl značně poškozen (odchlípená vnitřní vrstva) a byla zjištěna přítomnost plísní v důsledku zanedbání údržby. U obou těchto faktorů lze očekávat ovlivnění výsledné rezistenční doby, přičemž rozsah jejich vlivu není znám. Poškození a znečištění sací hadičky je zobrazeno na Obr. 11.

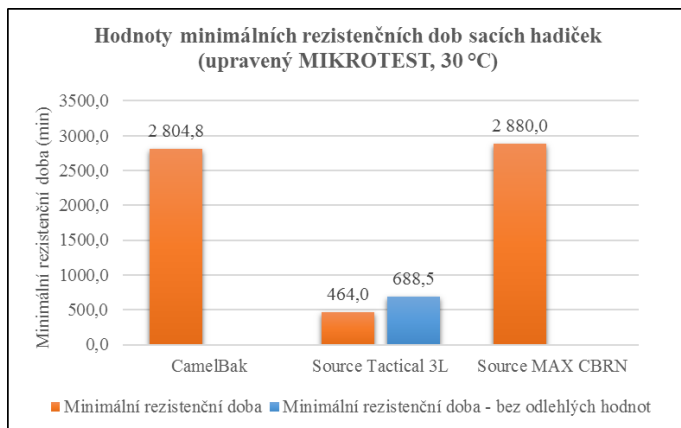


Obr. 11

*Poškození a znečištění sací hadičky vaku Source Tactical 3L*

Vzhledem k tomu, že sací hadičky byly vyrobeny z poměrně silné vrstvy materiálu, byly očekávány vyšší rezistenční doby. Tento předpoklad se potvrdil, jak je patrné z grafu na Obr. 12. Je nutno poznamenat, že v případě hadičky Source MAX CBRN se nejedná

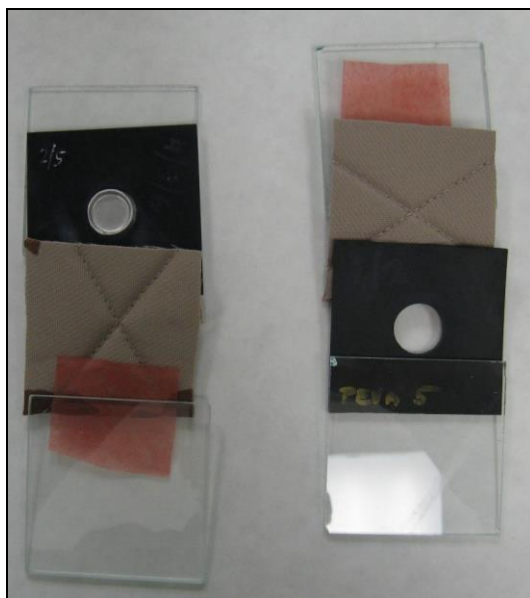
o konečnou rezistenční dobu, protože měření bylo po 2 880 minutách zastaveno bez pozorování průniku sírového yperitu. Z výsledků vyplývá, že hadičky jsou z velmi odolných materiálů, a to i v případech, kdy nejsou určeny pro práci v CBRN prostředí.



*Obr. 12*

*Minimální rezistenční doby sacích hadiček měřené modifikovanou metodou MIKROTEST*

Na závěr byl zkoumán vliv prošívané záložní strany batohu CamelBak na rezistenční dobu provedením orientačního měření (pro každou metodu byl proměřen jeden vzorek). Vzorky připravené k provedení měření, stejně jako upravená soustava pro změření jednoho vzorku metodou MINITEST, tedy pro páry sírového yperitu, jsou zobrazeny na Obr. 13.



*Obr. 13*

*Zařízení pro měření prošívané části batohu CamelBak metodou MINITEST (vlevo) a metodou MIKROTEST (vpravo)*

Výsledky měření jsou uvedeny v Tab. 1. Z výsledků je patrné, že v tomto případě neplatí výše zmíněná závislost mezi rezistenčními dobami na kapky a páry. Zároveň je ale patrné snížení odolnosti (minimální rezistenční doby) vůči permeaci par sírového yperitu o 79,8 minut (v porovnání s výsledky uvedenými na Obr. 8). Snížení rezistenční doby lze připsat skutečnosti, že vlivem prošití dochází ke snížení uniformity a škodlivina tak může lépe pronikat materiálem. Další příčinou může být knotový efekt, kdy jsou adhezní síly mezi kapalinou (sírovým yperitem) a povrchem (tkaninou) silnější než síly koheze mezi molekulami kapaliny a ve výsledku dochází k přenosu kapaliny podél vlákna vlivem kapilárních jevů [19].

*Tabulka 1*  
*Měření rezistenční doby prošité zádové strany batohu CamelBak*

Prošitá zádová část batohu CamelBak			
Množství HD	30 µl	Teplota	30 °C
Vzorek	Metoda	Rezistenční doba	
1	MIKROTEST	117,0 minut	
2	MINITEST	106,0 minut	

## ZÁVĚR

K zabezpečení dlouhodobé práce v prostředcích individuální ochrany je mimo jiné potřeba zajistit dostatečnou hydrataci uživatele. V prostředí AČR je současné řešení hydratace využívající propojení polní lahve s obličejovou maskou OM-90 nedostačující, a to zejména z důvodu malého objemu polní lahve (0,8 l). K tomu přispívá skutečnost, že voda v ní uložená je určena především k částečné dekontaminaci výstroje a výzbroje vojáka. Možným řešením je zavedení hydratačních vaků, jež jsou díky svému objemu (3 l) v kombinaci s adaptérem, zabezpečujícím jejich propojení s obličejovou maskou, schopny zajistit kontinuální hydrataci umožňující dlouhodobou činnost v kontaminovaném prostředí.

Výsledky experimentální části ukazují, že hydratační vaky, tedy především ty, které jsou určeny pro práci v kontaminovaném prostředí, jsou schopny zabezpečit ochranu proti permeaci bojových chemických látek po dostatečně dlouhou dobu. Zjištěné poznatky zároveň poukazují na skutečnost, že i vaky, které nejsou výrobcem stanoveny pro práci v kontaminovaném prostředí, mohou poskytnout ochranu proti průniku CBRN látek po relativně dlouhou dobu. Z důvodu bezpečnosti je však pro praxi vhodnější použití CBRN odolných vaků. Nicméně i použití hydratačních vaků naráží na dva problémy.

Tím prvním je, že výrobce uvádí, že dané hydratační vaky nejsou dekontaminovatelné, čímž se z hydratačních vaků stává jednorázový prostředek. Jejich použití by tudíž bylo vzhledem k jejich ceně finančně nákladné. Z toho důvodu by bylo k jejich konstrukci vhodnější použít materiály, které jsou dostatečně odolné a zároveň dekontaminovatelné. Druhým problémem je současné konstrukční řešení prostředků ochrany těla, které neumožňuje jejich nošení pod těmito prostředky tak, aby byla zabezpečena hermetičnost těchto ochranných obleků. Při provedení vhodných konstrukčních úprav obleků by bylo možné nosit hydratační vaky pod nimi, čímž by zároveň byla zabezpečena ochrana vaků a odpadla by tak i potřeba jejich dekontaminace. Při nalezení vhodné varianty by tak bylo možné hydrataci organismu v takové míře, která by umožňovala dlouhodobou činnost v kontaminovaném prostředí.

### Résumé

*In order to be able to conduct long-term tasks in a contaminated environment it is essential to ensure adequate organism hydration. The current solution, which is to use a field bottle that is connected to the OM-90 protective mask by a special bottle cap, is not effective enough, considering that the volume of the field bottle does not correspond with the standards given by NATO and the Czech military regulations. The introduction of hydration packs as a common equipment in the Armed Forces of the Czech Republic could be a solution. The CBRN resistant and non-resistant hydration packs are currently available; however, the use of the CBRN resistant hydration packs is more suitable as it guarantees higher safety level. Nevertheless, as the results of the study demonstrate, even the CBRN non-resistant hydration packs provide certain level of resistance against the permeation of chemical warfare agents. The problematic part of the introduction of the hydration packs in the Armed Forces of the Czech Republic is the compatibility with individual protective equipment that is currently in use. The achievement of such compatibility would be the subject of further research as it would ensure more effective and financially not so demanding solution.*

### Literatura

- [1] *The effect of wearing CBRN individual protective equipment on individual and unit performance during military operations: ATP-65(B)*. 2. vyd. NATO STANDARDIZATION AGENCY, 2013.
- [2] SLABOTINSKÝ, Jiří a Kamila LUNEROVÁ. *Fyziologická zátěž člověka při práci v osobních ochranných prostředcích v kontaminovaném prostředí*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, Edice SPBI Spektrum 95, 2017. ISBN 978-80-7385-192-7.
- [3] GOLJAN, Edward. *Rapid review pathology*. 4. vyd. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2014. ISBN 978-0-323-08787-2.
- [4] KLEINER, Susan. Water. *Journal of the American Dietetic Association*. 1999, **99**(2), 200–206. DOI: 10.1016/S0002-8223(99)00048-6. ISSN 00028223. Dostupné také z: <http://bit.ly/2KXijmj>
- [5] FLORUS, Stanislav, Pavel OSTRÍŠAL a Václav HANZLÍK. *Prostředky individuální a kolektivní ochrany a jejich používání*. Praha: Ministerstvo obrany, 2014.
- [6] ČOS 841503. *Prostředky individuální ochrany dýchacích orgánů. Vševojskové ochranné masky. Názvy, definice a všeobecné technické požadavky*. Praha: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti, 2017.
- [7] FLORUS, Stanislav a Pavel OTRÍŠAL. *Konstrukce obličejových masek*. 1. vyd. Brno: Tribun EU, 2014. ISBN 978-80-263-0790-7.
- [8] Source Tactical Gear: Catalog. *Source Tactical Gear* [online]. b.r. [cit. 2019-08-28]. Dostupné z: <http://bit.ly/2U95b2p>
- [9] ČSN 83 2700 (73 258). *Ochranné oděvy: Slovník*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [10] *Omega Water Beast Reservoir: Produktový list*. Petaluma: CamelBak, b.r.
- [11] *Tactical 3L Hydration pack: Produktový list*. Source Tactical Gear, b.r.
- [12] *MAX CBRN 3L Hydration System: Produktový list*. Source Tactical Gear, b.r.
- [13] HALÁMEK, Emil, Zbyněk KOBLIHA a Vladimír PITSCHMANN. *Analýza bojových chemických látek*. Vyškov: Univerzita obrany, 2007. ISBN 978-807-2312-580.
- [14] ORT, Hanuš a Stanislav FLORUS. Protective properties of laboratory gloves against chemical warfare agents. *Advances in Military Technology*. 2007, 85–102. ISSN 1802-2308.

- [15] FLORUS, Stanislav a Pavel OTŘÍŠAL. Vybrané metody studia chemické odolnosti izolačních ochranných fólií pro bojové chemické látky. *Chemické listy* [online]. 2014, **2014**(108), 838–842 [cit. 2019-08-28]. Dostupné z: <http://bit.ly/2IC1JKk>
- [16] OBŠEL, Valdimír, Pavel OTŘÍŠAL a Stanislav FLORUS. *METODIKA MINITEST pro zjišťování ochranných vlastností plošných porézních materiálů proti parám yperitu a vybraných průmyslových chemických látek s možností rychlého statistického vyhodnocení dosažených výsledků: Metodika pro stacionární a převozní polní laboratoře*. Vyškov, 2016.
- [17] FLORUS, Stanislav, Pavel OTŘÍŠAL a Vladimír OBŠEL. *Zařízení pro testování odolnosti plošných bariérových materiálů vůči permeaci par toxických chemikálií ve statických podmínkách: Užité vzor*. Praha: Ministerstvo obrany, 2017.
- [18] TAEGGER, Dirk a Sonja KUHNT. *Statistical hypothesis testing with SAS and R*. Chichester, West Sussex: Wiley, 2014. ISBN 978-1-119-95021-9.
- [19] ČSN EN ISO 13943 (73 0801). *Požární bezpečnost – Slovník*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.