



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**VYUŽITÍ PROTICHEMICKÝCH OBLEKŮ
V OCHRANĚ PŘED NEBEZPEČNÝMI
LÁTKAMI**

**Utilization Chemical Protective Suit Against
Hazardous Substances**

Bakalářská práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Plánování a řízení krizových situací
Autor bakalářské práce: Tomáš Novák
Vedoucí bakalářské práce: doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.

Kladno 2020



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Novák** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **473916**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Ochrana obyvatelstva**
Studijní obor: **Plánování a řízení krizových situací**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Využití protichemických obleků v ochraně před nebezpečnými látkami

Název bakalářské práce anglicky:

Utilization of Chemical Protective Suits Against Hazardous Substances

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude srovnání protichemických obleků používaných u Hasičského záchranného sboru ČR na základě vybraných užitných vlastností. V teoretické části budou popsány nebezpečné látky a směsi, druhy protichemických obleků, fyziologická zátěž a komfort při používání těchto ochranných prostředků. Praktická část bakalářské práce se bude zabývat porovnáním konkrétních protichemických obleků na základě vybraných kritérií, včetně faktorů, které ovlivňují jejich výběr. V závěru práce bude provedena srovnávací analýza jednotlivých obleků. Výstupem práce bude vyhodnocení nejvhodnějších protichemických obleků v návaznosti na užitné vlastnosti, účel použití a pořizovací náklady.

Seznam doporučené literatury:

- [1] SÝKORA, Vlastimil, Prostředky pro ochranu dýchacích cest, Praha: Ministerstvo vnitra, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2008, 71 s., ISBN 978-80-86640-95-2
- [2] PITSCHMANN, Vladimír, Chemické zbraně a ochrana proti nim, Praha: Manus, 2011, 224 s., ISBN 978-80-86571-09-6
- [3] SLABOTINSKÝ, Jiří, LUNEROVÁ, Kamila, Fyziologická zátěž člověka při práci v osobních ochranných prostředcích v kontaminovaném prostředí, Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2017, 158 s., ISBN 978-80-7385-192-7

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **17.02.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**


prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr.h.c.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis děkana(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Využití protichemických obleků v ochraně před nebezpečnými látkami vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 30.06.2020

.....

PODĚKOVÁNÍ

Velké poděkování patří mému vedoucímu práce doc. Mgr. Zdeňku Honovi, Ph.D. za trpělivost, odborné vedení, za cenné připomínky a rady. Dále bych rád poděkoval svému konzultantovi nrap. Jiřímu Auředníkovi z ÚO Kladno - HZS Středočeského kraje, za poskytnuté materiály k vypracování práce a předání poznatků z praxe. Rád bych také poděkoval katedře netkaných textilií a nanovláknenných materiálů Fakulty textilní, Technické univerzity v Liberci, konkrétně panu prof. RNDr. Oldřichu Jirsákovi, CSc., doc. Ing. Pavlu Pokornému, Ph.D. a Mgr. Jakubu Vaňkovi, Ph.D.

Mé poslední poděkování patří rodině, především mé ženě za neutuchající podporu a trpělivost, kterou projevila v době mých studií a v období zpracovávání této práce.

ABSTRAKT

Práce příslušníků hasičského záchranného sboru přináší při výkonu jejich povolání vysoké riziko. Denně se setkávají s riziky, které je ohrožují na životě, ať již přímo a viditelně nebo skrytě jak je tomu např. u nebezpečných látek. Proto, aby mohli vykonávat svou profesi, je třeba je vybavit kvalitními ochrannými prostředky. Práce se zabývá porovnáním konkrétních protichemických obleků a jejich technickým řešením. Hodnocení je provedeno pomocí multikriteriální analýzy na základě dat poskytnutých výrobcí a dle požadavků HZS ČR. Výsledkem práce je vyhodnocení protichemických obleků v návaznosti na užité vlastnosti, účel použití a pořizovací náklady. V závěrečném hodnocení jsou dána doporučení pro výběr protichemických obleků a náhled týkající se vývoje v oblasti chlazení a použití nových materiálů.

Klíčová slova

Protichemické obleky; tepelný komfort; chlazení oděvů; srovnávací analýza; nebezpečné látky.

ABSTRACT

The work of members of the fire brigade brings a high risk in the performance of their profession. They encounter daily risks that threaten their lives, whether directly and visibly or in secret, such as in the case of the world for hazardous substances. Therefore, in order to be able to carry out their profession, they need to be equipped with high-quality protective equipment. The thesis deals with the comparison of specific chemical suits and their technical solutions. The evaluation is performed using multi-criteria analysis based on data provided by the manufacturers and according to the requirements of the Fire Department of Czech Republic. The result of the thesis is the evaluation of chemical suits in connection with the utility properties, purpose of use and acquisition costs. The final evaluation provides recommendations for the selection of chemical suits and a preview of developments in the field of cooling and the use of new materials.

Keywords

Chemical protective suit; Heat stress; Cooling of suit; Multi-criteria analysis; Hazardous substances.

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce	10
3	Přehled současného stavu.....	11
3.1	Nebezpečné chemické látky a směsi	11
3.1.1	Toxicita nebezpečných chemických látek a směsí	11
3.1.2	Legislativa	15
3.1.3	Nařízení REACH	15
3.1.4	Nařízení CLP.....	16
3.1.5	Přeprava nebezpečných látek (věcí).....	16
3.2	Protichemické obleky	17
3.2.1	Historie ochrany povrchu těla	17
3.2.2	Druhy protichemických obleků.....	17
3.2.3	Konstrukce obleků	19
3.2.4	Vlastnosti materiálů z hlediska pronikavosti látek.....	20
3.2.5	Zásady používání ochranných obleků	21
3.3	Fyziologická zátěž a komfort při používání ochranných obleků.....	22
3.3.1	Tepelný komfort	22
3.3.2	Způsoby chlazení obleků.....	26
3.4	Stav ochranných prostředků u HZS ČR	30
3.5	Průzkum trhu	31
3.6	Popis jednotlivých vybraných obleků	32
3.7	CPS 7900 DRÄGER	32
3.8	TESIMAX VS 5 SYKAN 4.....	34

3.9	VAUTEX ELITE ET	34
3.10	TRELLCHEM VPS	35
4	Metodika	37
4.1	Multikriteriální analýza	37
4.2	Stanovení kritérií a hodnotící škály	37
4.3	Tabulky mechanické a chemické odolnosti	40
5	Výsledky	45
5.1	Vyhodnocení analýzy obleků.....	45
6	Diskuze.....	46
7	Závěr	51
8	Seznam použitých zkratk	52
9	Seznam použité literatury.....	53
10	Seznam použitých tabulek	56
11	Seznam Příloh	57
11.1	Příloha č. 1 - Požadavky Hasičského záchranného sboru České republiky na vlastnosti protichemických oděvů	57

1 ÚVOD

V současné době s rychlým vývojem technologií a výzkumu materiálů vzniká mnoho nových látek a ve velké většině případů je můžeme označit za nebezpečné. Chemický průmysl se rozvíjí velmi dynamicky a i přes všechna stanovená legislativní nařízení, bezpečnostní opatření a zabezpečovací systémy dochází k haváriím, ať již při výrobě, skladování nebo přepravě.

Dojde-li již k takové havárii, první kdo se s touto situací musí vyrovnat mimo přímo zasažených obyvatel, jsou příslušníci Hasičského záchranného sboru České republiky (HZS ČR). Aby byli schopni provádět záchranné a likvidační práce, musí být pro výkon této činnosti vybaveni kvalitními ochrannými prostředky. Obecně můžeme konstatovat, že potřeba ochranných prostředků se netýká jen HZS ČR, ale i ostatních příslušníků integrovaného záchranného systému (IZS), jak jsme se mohli přesvědčit v nedávné době při havárii v Hamru na Jezeře (listopad 2019).

2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je porovnání protichemických oděvů (typu 1a) používaných u HZS ČR se zaměřením na jejich ochranné a užité vlastnosti. Dále pak vytvoření návrhu pro jejich posuzování na základě předem určených kritérií a navrhnutí univerzální analýzy pro snadné srovnávání vlastností oděvů a výběr vhodných ochranných oděvů pro HZS ČR.

Tato práce si klade za cíl posouzení kvality ochranných prostředků, komfortu jejich nošení a výběr nejvhodnějšího ochranného oděvu.

Výstupem práce je vyhodnocení nejvhodnějších protichemických oděvů v návaznosti na užité vlastnosti, účel použití a pořizovací náklady.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Nebezpečné chemické látky a směsi

Klasifikace látky nebo směsi vyjadřuje typ a závažnost nebezpečnosti této látky nebo směsi, tj. potenciál poškodovat člověka nebo životní prostředí. Nebezpečné látky a směsi jsou určeny třídou nebezpečnosti dle nařízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006 (nařízení CLP). Podle nařízení CLP se třídou nebezpečnosti rozumí povaha fyzikální nebezpečnosti, nebezpečnosti pro zdraví či nebezpečnosti pro životní prostředí; Jedná se zejména o průmyslové škodliviny, mohou být vstupní surovinou, meziproduktem, konečným výrobkem nebo vznikají při nežádoucí reakci látky s jinou látkou (např. při požáru, reakci s vodou) [7, 6].

3.1.1 Toxicita nebezpečných chemických látek a směsí

Hlavním důvodem potřeby kvalitních ochranných obleků je celotělová ochrana před rizikovými vlastnostmi nebezpečných chemických látek a směsí, které ohrožují především zdraví zasahujících složek IZS. Zasahující jsou ohroženi vlastnostmi jako je např. výbušnost, žíravost a především akutní toxicita nebezpečných látek a směsí. Riziko je u toxicity odvislé od typu látky a dalším rozhodujícím faktorem je koncentrace. Použitím vhodného obleku vytvoříme bariéru zamezující vstupu toxických látek do těla.

Vstupními branami jsou především dýchací cesty, kdy dochází k inhalaci par, plynů aerosolů a prachových částic, které se poté dostávají až do plicních sklípků a dále do krve, kde podle typu látky mohou dále způsobovat zdravotní obtíže až smrt. Dále gastrointestinální trakt, kdy se jedná o požití (ingesci) toxické látky, která se do krevního oběhu vstřebává v jednotlivých partiích gastrointestinálního traktu. V případě vstupu přes kůži (transdermální) je účinek látky závislý na schopnosti se vstřebávat a prostupovat do hlubších vrstev tkáně, kde může působit systémově, jinak mohou být následky působení noxy lokálního rozsahu. Poslední bránou vstupu je oční sliznice. V tomto případě se jedná o jednu z nejzranitelnějších bran. V případě oka je účinek přímý a dochází k poškození zraku či pouze dráždění a v případech dobré pronikavosti látky může tato látka působit i systémově [6].

Průnikem bránou vstupu působení látek teprve začíná. Důležitým faktorem z hlediska následků je způsob působení látky. První kritérium, na kterém závisí síla účinku látky, jsou její fyzikálně chemické vlastnosti (např. relativní molekulová hmotnost, relativní hustota par, hustota kapalin, tlak nasycených par, teplota varu, reaktivita, oxidace, hydrolýza, rozpustnost ve vodě a tucích). Dále záleží na tom, zda látky působí akutní toxicitou anebo toxicitou chronickou. Dle vlivu (působení) můžeme účinek toxických látek dělit na přímý toxický účinek, biochemický účinek, imunotoxický účinek, mutagenní účinek, karcinogenní účinek a teratogenní účinek.

Látky mohou působit jednak lokálně nebo systémově. Lokální působení zasáhne jen omezenou část a nejvyšší účinek nastává v místě styku s toxickou látkou. Systémová toxicita zasahuje všechny orgány nebo může zasahovat komplexně centrální nervovou soustavu (CNS). Nebezpečnost látek po vniknutí do organismu a proběhlé distribuci spočívá hlavně v následné přeměně (biotransformaci), kdy látka méně škodlivá po přeměně zvýší svůj škodlivý účinek. Některé látky s chronickým účinkem se naopak ukládají bez biotransformace. V tucích se ukládají např. lipofilní látky a dioxiny, těžké kovy a olovo se zase ukládají v kostech. Ve většině případů se ovšem setkáváme s látkami ve směsích, kde není možné předem odhadnout jejich účinek vzhledem k probíhajícím chemickým reakcím. Směsi mohou působit tak, že se látky mohou kombinovat a tím pádem je jejich účinek aditivní (sčítá se), nebo se navzájem vylučují, kdy jedna látka ze směsi má antagonistický účinek a působení druhé z nich v podstatě vyruší. Této vlastnosti se využívá u antidot. Poslední možností je synergismus, kdy látka v kombinaci s jinou způsobuje její zesílení. Mezi nejvýznamnější toxické látky používané v průmyslu patří např.: amoniak, chlór, kyanovodík, fosgen a formaldehyd [6].

Jak již bylo výše uvedeno, účinky toxických látek závisí na jejich vlastnostech, zvláště pak, na jejich koncentraci a době expozice po kterou je jim člověk vystaven. Pro potřeby teorie úniků nebezpečných látek jsou důležité přípustné koncentrace těchto látek v ovzduší.

Hodnoty přípustných koncentrací vymezuje nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů. Nařízení definuje následující hygienické limity:

Nejvyšší přípustná koncentrace (NPK-P) je taková koncentrace chemické látky, které mohou být zaměstnanci exponováni nepřetržitě po krátkou dobu, aniž by pociťovali dráždění očí nebo dýchacích cest nebo bylo ohroženo jejich zdraví a spolehlivost výkonu práce [21].

Přípustný expoziční limit (PEL) chemické látky nebo prachu je celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž může být podle současného stavu znalostí exponován zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší směně týdenní pracovní doby, aniž by u něho došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jeho pracovní schopnosti a výkonnosti [21].

Významnou stránkou systému protichemických opatření při haváriích s únikem nebezpečných látek a směsí je interpretace stanovených hodnot kontaminace vzorků životního prostředí těmito látkami. Rozhodnutí, zda je nutné např. provést evakuaci obyvatelstva nebo zda zasahující jednotky mohou bez ochrany ještě určitou dobu provádět činnost, vždy souvisí s rizikem poškození zdraví (v krajních případech i ohrožení života), přitom nejsou k dispozici potřebné metodické materiály ani hodnoty příslušných koncentrací. V praxi je pak pravděpodobná taková situace, kdy např. chemická jednotka při havárii stanoví s vysokou přesností koncentraci nebezpečné látky v ovzduší (až na desetiny ppm), tato hodnota však zůstane bezcenná, neboť nikdo nebude schopen navrhnout adekvátní opatření [5].

Při rozhodovacím procesu při haváriích jsou běžně využívány hodnoty nejvyšších přípustných koncentrací (hygienických limitů). Důvodem je skutečnost, že tyto hodnoty jsou reálně dostupné, velmi četně publikované a nezanedbatelnou roli hraje i to, že jsou „obsahem nařízení vlády“. Pro havarijní situace však chybí racionální jádro jejich používání, neboť tento údaj vyjadřuje koncentraci látky z hlediska dlouhodobého působení. Jedná se o určitý hygienický údaj, který často nijak nesouvisí s koncentrací látky při akutní expozici, která je u chemické havárie aktuální. Proto je nezbytné disponovat při řešení havarijních situací i plánování preventivních opatření takovými hodnotami koncentrací nebezpečných látek, které by přímo vypovídaly o možnosti určité činnosti po danou dobu a o riziku dané činnosti. V praxi se pro uvedené hodnoty vžil název havarijní koncentrace [5].

Termíny havarijní přípustná koncentrace a havarijní přípustná úroveň, jsou uvedeny pouze v Řádu chemické služby. Jedná se o informativní hodnoty vytvořené HZS ČR pro přímé použití u zásahů a ukazují dobu a velikost rizika při prováděných činnostech v těchto koncentracích [2].

Havarijní přípustná koncentrace HPK-10, resp. HPK-60 je limitní koncentrace plynu, páry nebo aerosolu látky v ovzduší, které se mohou vystavit záchranáři při záchraně osob bez prostředků individuální ochrany po dobu 10 min, resp. 60 min [2].

Havarijní přípustná úroveň HAU-20, resp. HAU-120 je limitní koncentrace plynu, páry nebo aerosolu látky v ovzduší, při které je nutné obyvatelstvo vyvést ze zamořeného prostoru do 20 min, resp. 120 min od zahájené inhalace [2].

Dalším hodnotným východiskem při využívání havarijních koncentrací nebezpečných látek může být:

Limity AEGL

Působení toxických látek rozptýlených ve vzduchu na populaci pro různě vztažené doby expozice (10 minut až 8 hodin) a pro různé stupně závažnosti toxických účinků (tři úrovně závažnosti toxických následků – AEGL 1, 2, 3) [2].

Limity ERPG

Hodnota jednodinové maximální koncentrace toxických látek v ovzduší, do které je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni a pro různé stupně závažnosti toxických účinků (tři úrovně závažnosti toxických následků – ERPG 1, 2, 3) [2].

Limity IDLH

Maximální koncentrace toxické látky ve vzduchu na pracovišti, z kterého může jedinec uniknout během 30 minut, bez jakýchkoliv příznaků [2].

3.1.2 Legislativa

Legislativně můžeme rozdělit právní předpisy zabývající se chemickými látkami a směsmi na české předpisy reprezentované zákonem č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon), ve znění pozdějších předpisů a zákonem č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií), ve znění pozdějších předpisů.

Státní správu v oblasti uvádění látek nebo látek obsažených ve směsích a předmětech na trh nebo jejich používání podle zákona č. 350/2011 Sb., vykonávají: Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zdravotnictví, Ministerstvo průmyslu a obchodu, Ministerstvo obrany, Česká inspekce životního prostředí, Krajské hygienické stanice, Celní úřad, Státní inspekce práce, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Co se konkrétně týká zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, výkon státní správy vykonávají Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo vnitra, Český báňský úřad a obvodní báňské úřady, Česká inspekce životního prostředí, krajské úřady, Státní inspekce práce a oblastní inspektorát práce, hasičské záchranné sbory a krajské hygienické stanice.

Chemická evropská legislativa je především zastoupena nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) 1907/2006 (REACH) a nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) 1272/2008 (CLP).

3.1.3 Nařízení REACH

Jedná se o nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 rozšířeného pod názvem REACH (Registration Evaluation Authorisation and Restriction of Chemicals). Tímto nařízením jsou řízena pravidla výroby, uvádění na trh a používání látek samotných a jejich směsí. Celá tato agenda si dává za úkol zajistit vysokou úroveň ochrany lidského zdraví a životního prostředí. Je založeno na zásadě, že výrobci dovozci a následní uživatelé zajistí a zaručí se za nakládání pouze s takovými látkami či

množstvími látek, které nepůsobí nepříznivě na lidské zdraví a životní prostředí. Nařízením byla zřízena Evropská agentura pro chemické látky se sídlem v Helsinkách. Kontroly a vymáhání dodržování dohody je ponecháno v gesci národních úřadů [5, 6].

3.1.4 Nařízení CLP

Jedná se o nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008, které stanoví systém klasifikace, označování a balení chemických látek a směsí. Označování obalů s nebezpečnými látkami a směsmi se provádí v rámci Evropského společenství. Systém je založen na užívání výstražných symbolů nebezpečnosti, standartních vět a pokynů pro bezpečné zacházení a tzv. signální slovo. Na obalech nebezpečných látek a směsí musí být uvedeny tyto informace: signální slovo, standartní věty o nebezpečnosti tzv. H – věty, pokyny pro bezpečné zacházení tzv. P – věty, označení výrobku, informace o dodavateli a další. Tento systém označování se využívá jak při označování obalů v průmyslu, tak i k označování balení v maloobchodu a prostředků využívaných v domácnosti.

3.1.5 Přeprava nebezpečných látek (věcí)

Přeprava nebezpečných látek neboli nebezpečných věcí se řídí mezinárodními úmluvami o přepravě těchto látek a to pro jednotlivé způsoby dopravy zvlášť. Pro silniční dopravu se používá Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí – ADR. V české legislativě je zakotvena v současné době platným sdělením Ministerstva zahraničních věcí č. 23/2019 Sb.m.s. které se týká změn příloh ADR:

„Přílohy A – Všeobecná ustanovení a ustanovení týkající se nebezpečných látek a předmětů“.

„Přílohy B – Ustanovení o dopravních prostředcích a o přepravě“.

Dalšími dohodami o přepravě nebezpečných látek jsou například RID – Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí, ADN – Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách, IATA-DGR – Bezpečná přeprava nebezpečného zboží vzduchem, IMDG Code – Mezinárodní předpis pro námořní přepravu nebezpečných věcí [6].

3.2 Protichemické obleky

3.2.1 Historie ochrany povrchu těla

Potřeba ochrany těla vznikla v průběhu 1. světové války po použití prvních chemických zbraní. Zpočátku pro ochranu sloužily kabáty a veškerý materiál, který bylo možné použít k překrytí těla a jeho nekrytých částí. Později se začaly používat impregnované zástěry proti yperitu chránící tělo především zepředu. K impregnaci se používala fermež z lněného oleje. Uvažovalo se i o ochranných oblecích. Tento plán však nebyl realizován z důvodu požadavků na vlastnosti obleků a technologické možnosti té doby. Prostředky se tedy skládaly z materiálů, kde základ tvořila tkanina s různou úpravou: opryžovaná přírodním kaučukem, napuštěná fermeží, tkaniny opatřené vrstvou klihu a tvrzené dvojchromanem draselným atd. Dále se používaly jednoduché obleky složené z blůzy s kapucí, která byla spojena s kalhotami. Oděvy byly opatřeny kanicemi sloužícími k upevnění k tělu a rukavicemi (palečnicové) a celkově se impregnovaly fermeží nebo nitrocelulózovým lakem. Součástí oděvů byly i naimpregnované boty, které se navlékaly přes obuv. Stav nevhodných ochranných prostředků trval až do konce 2. světové války. Zlom nastal až s rozvojem průmyslu a příchodem nových materiálů, ze kterých se prostředky individuální ochrany začaly vyrábět [3].

3.2.2 Druhy protichemických obleků

Hned na začátku je třeba si definovat co je ochranný prostředek a jaké jsou jeho funkce. „Ochranný prostředek je zařízení nebo prostředek sloužící pro ochranu jednotlivce před zdravotním nebo bezpečnostním rizikem.“

Protichemické ochranné oděvy (POO)

Jsou věcné prostředky poskytující celotělovou ochranu a společně s dýchacími prostředky poskytují hlavní ochranu před nebezpečnými látkami. Podle ČSN EN 943–1+A1 se protichemické ochranné oděvy dělí dle ochranné funkce na 6 typů.

Oděvy plynotěsné

Typ 1 – plynotěsný protichemický ochranný oděv (PPOO) je oděv, který splňuje požadavky na těsnost podle zkoušky vnitřním přetlakem uvedeném v ČSN EN 464. Dělí se na tři podskupiny:

– *typ 1a* – plynotěsný protichemický ochranný oděv s přívodem dýchatelného vzduchu nezávislým na okolním ovzduší (např. autonomní dýchací přístroj (DP) s tlakovým vzduchem s otevřeným okruhem nošený uvnitř POO). Tento typ obleku poskytuje nejvyšší ochranu a používá se vždy, kdy není možné přesně určit, o jakou nebezpečnou látku se jedná. V případě HZS ČR je využíván i pro případ biologické kontaminace nebo případě velmi nakažlivé nemoci (VNN).

– *typ 1b* – PPOO s přívodem dýchatelného vzduchu (např. autonomní DP s tlakovým vzduchem s otevřeným okruhem nošený na vnější straně POO),

– *typ 1c* – PPOO s dýchatelným vzduchem vytvářejícím přetlak (např. přívodem vzduchu potrubím nebo hadicí). Nejedná se o vhodné řešení pro zásah na nebezpečnou látku z důvodu omezení délky vedení přívodu vzduchu a dále není zajištěna ochrana hadic před působením nebezpečné látky.

ČSN 83 2700 definuje plynotěsný oblek jako jednodílnou oděvní součást s kapucí, rukavicemi a botami, které při nasazení izolačního dýchacího přístroje nebo dýchacího přístroje s dálkovým přívodem vzduchu zajišťuje vysoký stupeň ochrany před kontaminací, kapalnými látkami, pevnými částicemi, plyny a parami.

Technické řešení přetlakového obleku spočívá nejenom v provedení obleku (kvalita materiálu, nepropustnost spojů atd.), ale také v přetlaku, který vzniká vydechovaným vzduchem a zabraňuje vniknutí nebezpečné látky do obleku.

Oděvy neplynotěsné

Typy obleků 2 – 6 jsou neplynotěsné.

Typ 2 – neplynotěsný protichemický ochranný oděv je POO, který není plynotěsný s dýchatelným vzduchem vytvářejícím přetlak uvnitř oděvu.

Typ 3 – kapalíněsný oděv je ochranný oděv pro ochranu celého těla se spojením nepropustným proti postřiku mezi různými částmi – oděv nepropustný proti kapalinám.

Typ 4 – oděv těsný proti postřiku je ochranný oděv pro ochranu celého těla se spojením nepropustným proti postřiku ve formě spreje mezi různými částmi oděvu – oděv nepropustný proti postřiku ve formě spreje.

Typ 5 – prachotěsný oděv je ochranný oděv pro ochranu proti aerosolům suchých jemných prachů.

Typ 6 – oděv omezeně těsný proti postřiku je ochranný oděv proti chemikáliím pro omezené použití a omezené opakované použití – lehký postřík, kapalně aerosoly, nízký tlak.

Dále dělíme protichemické ochranné oděvy na typy s nucenou ventilací – součástí oděvu je filtroventilační systém a soustava několika filtrů, které následně uživateli poskytují čerstvý vzduch a oděvy bez nucené ventilace. Posledním dělením jsou oděvy jednorázové, které jsou po zásahu ihned zlikvidovány a oděvy na opakované použití, které se po dekontaminaci a technické prohlídce vrací zpět do oběhu.

Protichemické ochranné oděvy jsou také hodnoceny podle koeficientu průniku K_p , který ukazuje, kolikrát byla koncentrace látky ochranným oděvem snížena:

$$K_p = C_s / C_0$$

K_p koeficient průniku, který se též vyjadřuje v %,

C_s koncentrace nebezpečné látky uvnitř POO,

C_0 koncentrace nebezpečné látky vně POO (okolí systému).

U přetlakových obleků se tento koeficient nestanovuje z důvodu, že ani ČSN EN 943–1 o tomto díky přetlaku neuvažuje, kvůli nemožnosti průniku látky dovnitř obleku vzhledem ke konstrukci a technickému řešení [6].

3.2.3 Konstrukce obleků

Nejvyšší ochranu poskytuje plynotěsný protichemický oblek typu 1a v kombinaci se vzduchovým dýchacím přístrojem. Výhodou je vysoká ochranná schopnost, nevýhodou tohoto obleku je zhoršený výhled, velký objem obleku, váha, snížený volný pohyb, špatná manipulace s dýchacím přístrojem např. při kontrole spotřeby vzduchu. ČSN stanovuje minimální požadavky na vlastnosti materiálu jako je *odolnost proti oděru*, *odolnost proti vzniku trhlin*, *pevnost v tahu*, *odolnost proti propíchnutí*, *odolnost proti propustnosti kapalin (permeace)*, *odolnost proti plamenům*.

HZS ČR upravuje svým nařízením požadavky na protichemické ochranné oděvy typu 1a, vyjmenovává v něm přímo požadavky na obleky v oblastech českých státních norem a požadavky na počty vrstev ochranných oděvů, dále příslušenství a podmínky, které musí dodávka obleků splňovat.

Nosným materiálem obleku je **kostra**, jež je složená většinou z polyamidové tkaniny, na kterou jsou připevněny další vrstvy, jak směrem dovnitř obleku tak směrem ven. Spojování jednotlivých částí obleku se provádí lepením nebo svařováním. Místo spoje je poté ještě přelepeno pruhem materiálu pro zvýšení izolačních vlastností. Vrstvení zaručuje vyšší bezpečnost a ochranu, ale zároveň zvyšuje váhu obleku a ovlivňuje jeho pružnost, respektive možnost volného pohybu v obleku. Kvalitu obleku určuje použitý materiál. Jedná se ve většině případů o materiály na bázi polymeru kaučuku nebo plastových hmot. Každá z těchto látek nabízí různé vlastnosti v oblasti ochrany. Plastové polymery jsou odolnější proti agresivním chemickým látkám. Polymery na bázi kaučuku zase vykazují výborné vlastnosti týkající se pružnosti a jsou odolnější proti lámavosti, praskání, oděru a vzniku trhlin. Pro výrobu obleků se využívá několik základních materiálů:

Viton (FP) - fluorkaučuk, nejčastěji kopolymer fluorpropylenu,

Butyl (IIR) - butylkaučuk, kopolymer isobutylenu s dieny,

PVC (PVC) - polyvinylchlorid, polymer vinylchloridu,

Neopren (CR) - chloroprenový kaučuk, polymer 2-chlor-1,3-butadienu,

Teflon (PTFE) - polytetrafluorethylen, polymer tetrafluorethylenu,

Hypalon (CSM) - chlorsulfonový kaučuk, chlorsulfonací syntetického kaučuku [6].

3.2.4 Vlastnosti materiálů z hlediska pronikavosti látek

K průniku látek skrze ochranné vrstvy oděvů může dojít dvěma způsoby: 1) penetrací – mechanické poškození nebo v důsledku stárí materiálu, netěsností části oděvu; 2) permeací – propustnost na molekulární úrovni: a) sorpcí chemikálie do povrchu; b) difuzí v důsledku koncentračního spádu; c) desorpcí zevnitř do vnějšího prostředí.

Ochranné vlastnosti oděvů jsou charakterizovány odolností proti permeaci nebo dobou rezistence. V obou případech se jedná o stejný údaj. Tato hodnota udává dobu, po kterou je zaručeno neproniknutí par nebezpečné látky. Informace o rezistenci poskytuje

přímo výrobce a je základním ukazatelem ochranných vlastností obleku. Hlavním důvodem průniku je ve většině případů rozpouštění barierní polymerové vrstvy a difuzní procesy. Na rozpustnost polymerů mají vliv především faktory, jako jsou povaha kapaliny a polymeru, množství můstkových chemických vazeb, stupeň krystalické struktury polymeru a teplota. Rozpustnost látky v polymerním materiálu je dána veličinou bobtnání, *kteřá je číselně rovna množství kapaliny nebo par, které je možno rozpustit v jednotkovém objemu či jednotce hmotnosti polymeru v rovnovážných podmínkách* [3, 4].

Chemická struktura polymeru je ukazatel, který určuje, jaký vliv na něj bude mít rozpouštědlo a jaká může být jeho bobtnavost. Na rozpustnost má vliv také větší množství můstkových vazeb a vnitřní uspořádání polymerů. Obecně tedy platí, že vyšší míra vnitřního uspořádání rovná se nižší rozpustnost a bobtnavost a zároveň polymery s krystalickou strukturou vykazují větší stálost než polymery amorfni. Teplota je posledním a významným činitelem, který ovlivňuje rozpustnost a bobtnavost polymerů. Čím je vyšší teplota tím je vyšší pronikavost. Z toho vyplývá, že faktor teploty je určující pro dobu používání ochranného prostředku z důvodu zachování plných ochranných vlastností [3, 4].

3.2.5 Zásady používání ochranných obleků

Používání protichemických ochranných obleků se řídí řádem chemické služby HZS ČR. Jedním z hlavních pravidel je, že POO se musejí používat přesně podle návodu stanoveného výrobcem. Prostředky smějí využívat jen zdraví jedinci s pravidelnou lékařskou prohlídkou a výcvikem nebo zásahem v ohraných prostředcích, lhůta je jedenkrát za 6 měsíců. Při příjezdu k zásahu, kde není přesně znám druh nebezpečné látky, se používá nejvyšší stupeň ochrany oděvy typu Ia. Uvedené pravidlo platí i v případě, že se v místě vyskytuje více nebezpečných látek, poté se používá ochrana proti nejnebezpečnější z nich. Velmi důležitou zásadou je kontrola délky pobytu v ochranném oděvu vzhledem ke klimatickým podmínkám a to zejména teplotu, kdy hrozí těžké přehřátí organismu. Při používání POO je tedy nutné provádět práci v režimu „činnost – přestávka“. Dále dodržovat pitný režim k doplnění minerálů v těle. Stupeň ochrany při zásahu a použitý typ ochranného prostředku určuje velitel zásahu [2, 6].

3.3 Fyziologická zátěž a komfort při používání ochranných obleků

3.3.1 Tepelný komfort

K tepelné výměně s okolním prostředím může v případě lidského těla docházet čtyřmi způsoby. Prvním způsobem je vedením - kondukcí (*předání tepla předmětům při kontaktu, kapalinám, vzduchu s rozdílnou teplotou než je teplota kůže*). Dále prouděním - konvekcí (*předání tepla v důsledku pohybu plynů, kapalin na místa o jiné teplotě, např. proudění vzduchu*), sáláním - tepelnou radiací (*předání tepla sáláním je dáno rozdílem teploty těla a okolního prostředí*), a nakonec odpařováním - evaporací (*odvod tepla pocením z povrchu kůže nebo sliznic*) [4].

Při používání ochranného obleku je důležité odvést metabolické teplo (M) vzniklé prováděnou činností (pohybem). Dále je třeba, vypořádat se s akumulovaným teplem v organismu (S), které vzniká na základě tepelné nerovnováhy, způsobené izolačními vlastnostmi obleku. Teplo odváděné tělem si můžeme rozdělit na suché teplo odváděné kondukcí (K), konvekcí (C) a radiací (R). Dále na mokré teplo, které je odváděno odpařováním potu při dýchání C_{res} a E_{res} (respirací) a z pokožky – evaporací (E). Hodnota W_{ex} nám označuje mechanickou energii vydávanou při vykonávání užitečné práce. Z tohoto nám poté vyplývá rovnice energetické bilance: $M - W_{ex} = C_{res} + E_{res} + R + C + K + E + S$, kterou můžeme využít prakticky při odhadu doby pobytu v ochranném oděvu [4].

Komfort obleku tím pádem závisí na tepelné izolaci obleku (I) a poté jaký odpor klade oblek proti vypařování potu (R_e). Laicky řečeno se tělo při zvýšené námaze snaží ochladit pocením. K efektivnímu ochlazení může dojít pouze v případě, že se pot může odpařovat. V případě ochranných oděvů díky izolačnímu odporu materiálu obleku dochází ke kondenzaci, pot se sráží uvnitř obleku na jeho povrchu, případně je nasáván chladícím převlekm. Vysoká hodnota odporu proti prostupu par působí následné zvýšení vlhkosti uvnitř obleku i vzhledem k nižší teplotě okolí a to má za následek zvýšení teploty tělesného jádra z důvodu nemožnosti ochlazení těla pocením. Pokud je například zabráněno odvodu tepla dokonalou izolací použitého ochranného obleku (např. protichemického, pyrotechnického), pak dojde ke snížení teplotního rozdílu a tím i k výrazné akumulaci tepla, která se projeví překročením

limitní hodnoty 38,5 °C. Teplota 39,5 °C může mít za následek přehřátí organismu a vést ke snížení pracovní výkonnosti. Teploty nad 40 °C pak mohou vést k nevratnému poškození zdraví [4].

Tepelný stres

Je fyziologický proces reakce lidského těla na nadměrné zvýšení teploty tělesného jádra. K tepelnému stresu dochází hlavně v případech nadměrné fyzické námahy, kdy vzniká jako vedlejší produkt teplo, které poté díky klimatickým podmínkám nebo izolačním vlastnostem oděvu není možné snadno odvést a tělo ochladit. Ke vzniku tepelného stresu a následných zdravotních komplikací dochází ze 4 důvodů:

1. Špatný odhad pracovních podmínek ze strany zasahujícího nebo velitele.
2. Nevhodná nebo žádná aklimatizace, nízký přísun vhodných tekutin.
3. Podcenění vznikajících příznaků tepelného stresu.
4. Vstup vlivů ovlivňujících tepelný stres, se kterými nebylo možné předem počítat nebo je odhadnout [4].

Zdravotní komplikace způsobené tepelným stresem

Poruchy vědomí

Vznikají na základě rozšíření cév, což má za následek snížení krevního tlaku a srdeční aktivity. Na to následně reagují nervové buňky, které nejsou náležitě prokrveny. Následkem toho dochází ke mdlobě. Po potřebném znovu prokrvení mozku se postižený probere. Příznaky mdloby se projevují jako závrať, nevolnost, bledost, poruchy zraku (zatemnění) nebo sluchu (hučení, šumění v uších) [4].

Otoky horních a dolních končetin

Tyto příznaky patří mezi mírnější projevy tepelného stresu a k jejich odeznění dochází při pobytu v chladnějším prostředí během několika hodin [4].

Křeče z horka

Vznikají během nadměrné fyzické zátěže a pocení z důvodu ztráty tekutin a minerálů. Tento stav působí negativně na oběhovou soustavu, dochází ke ztrátě sodíku v krvi. Namáhané svaly poté reagují bolestivými křečemi, může docházet i ke křečím hladkého svalstva. V těchto případech je potřeba doplňovat tekutiny

s minerálními látkami. Tento stav může vzniknout velice náhle a to i v případech fyzicky zdatných mladých lidí [4].

Vyčerpanost z horka

Je často navazujícím projevem shora uvedených zdravotních poruch, které se projevují intenzivněji. Hlavním původcem tohoto stavu je silná dehydratace působící na oběhový systém. Projevem jsou závratě, pocit žízně, celková únava, pocit slabosti a dále zvýšení srdeční frekvence. Dochází k vysokému nárůstu teploty tělesného jádra a to až na teploty převyšující 39 °C. Snižuje se produkce moči, potu a klesá krevní tlak. Může docházet k poruchám vědomí, které mohou skončit až bezvědomím [4].

Úpal

Jedná se o nejzávažnější příčinu tepelného stresu, která může způsobit až smrt. Díky silnému přehřátí organismu dochází k poškození centrálního nervového systému a úplnému selhání termoregulačních procesů lidského těla. Projevem tohoto stavu je nárůst teploty tělesného jádra a to až na teploty 41 – 42 °C, zčervenání kůže a úplné zastavení pocení. Úpal může být způsoben delším pobytem v prostředí s vysokou teplotou nebo nastat náhle. K dalším důsledkům patří nevolnost, zvracení, zrychlený dech, zvýšená tepová frekvence a pokles tlaku. Ve velmi závažných případech může docházet i ke krvácení vnitřních orgánů a postižení mohou plivat krev. Krev může být přítomna i v moči. Dochází ke krvácení z nosu nebo vzniku podlitin na kůži, poruchám srážení krve až k celkovému selhání oběhového systému. Úpal vyžaduje vždy lékařský zákrok [4].

I přes popsané projevy tepelného stresu není snadné včas odhadnout jejich vznik nebo počínající příznaky, neboť tyto stavy mohou často přijít velmi náhle i u zcela zdravých a fyzicky zdatných jedinců. Je tedy hlavně na osobách pracujících v ochranných prostředcích a jejich velitelích, aby včas odhadli tepelnou zátěž a předešli případnému vysokému tepelnému stresu během zásahu. Zvláště u oděvů s nejvyšším stupněm ochrany z důvodu vysoké tepelné izolace a času, který vyžaduje dekontaminace a svlékání oděvu. Ve většině případů je možné zdravotním komplikacím způsobených tepelným stresem předejít nastavením vhodných

opatření, jako je například včasné střídání a odpočinek při zásahu (viz tab. 1). V krajních případech i včasnou lékařskou pomocí [4].

Tabulka 1 - Max. doporučené doby pobytu hasičů v ochranném oděvu [2]

Délka pobytu v protichemickém ochranném oděvu v závislosti na okolní teplotě				
Ochrana dýchacích cest (dýchací přístroj = DP)	Typ ochranného oděvu (dle ČSN)	Teplota okolí [°C]	Délka pobytu při nepřetržité práci	Délka pobytu při namáhavé práci
autonomní DP vzduchový s otevřeným okruhem	plynotěsný, rovnotlaký (1b, 2-6)	20	max. 50 min	po 20 min následuje 10 min přestávka
		30	max. 15 min	2x po 10 min s 5 min přestávkou
autonomní DP vzduchový s otevřeným okruhem	plynotěsný přetlakový (1a, 1c)	25	max. 35 min	2x po 20 min s 5 min přestávkou
		30	max. 15 min	2x po 10 min s 5 min přestávkou
autonomní kyslíkový DP s uzavřeným okruhem	plynotěsný, rovnotlaký (1b, 2-6)	35	max. 15 min	2x po 10 min s 10 min přestávkou; celková doba nesmí překročit 4 hodiny v rozmezí 24 hodin
Při jiných teplotách je nutno uvedené časové intervaly přiměřeně upravovat.				

Podmínky ovlivňující tepelný stres

K dobré snášenlivosti práce v ochranných oděvech je potřeba provádět aklimatizační aktivity. Především jsou to výcviky v ochranných oděvech. Dle Řádu chemické služby HZS ČR je tento výcvik nařízen minimálně 1x za 6 měsíců. Zároveň musí být výcvik prováděn v různých klimatických podmínkách. Návyk na vyšší tepelnou zátěž vzniká při výcviku v horkém prostředí minimálně 3x týdně. Při přerušení těchto aktivit se tepelná odolnost do 2 – 3 týdnů vrací na stejnou úroveň, jaká byla před výcvikem. Důležitým pravidlem při provádění tohoto výcviku je sledování tepelné zátěže zvláště u nováčků a provádění včasných opatření ke snížení

tepelné zátěže. Dále je třeba provádět pravidelné přestávky v trvání minimálně 20 minut případně dle potřeby i více.

Adaptaci na tepelnou zátěž ovlivňuje mnoho faktorů, jako jsou fyzická kondice, zdravotní stav, obezita, věk, stavba těla a pohlaví. Nejlépe identifikovatelným měřítkem zvládnání tepelné zátěže je fyzická kondice, kterou můžeme snadno změřit podle maximální spotřeby kyslíku (VO_{2max}). K udržování této hodnoty je třeba pravidelná fyzická aktivita. Celkový zdravotní stav jedinců používajících ochranné oděvy musí být dobrý, neboť užívání léků a virózy mohou výrazně snížit toleranci tepelné zátěže. Věk je omezující spíše s poklesem prováděné fyzické aktivity a pomalejších reakcí organismu na vlivy tepla. Dobrá fyzická kondice faktor věku v podstatě vymazává. Závažným hlediskem k používání OOP je obezita, kdy při vyšší fyzické námaze vzniká požadavek na větší energetickou potřebu a tím i vznik většího množství tepla. V odborné studii [12, 13] je dokonce obezita označena za kontraindikaci k nošení OOP. Dalším hlediskem je stavba těla, kdy menší lidé vzhledem k povrchu těla v poměru k váze vykazují nižší schopnost se ochlazovat. Posledním hodnotícím faktorem je pohlaví. V laboratorních testech ženy vykazují horší odolnost vnímání tepla než muži. Naopak ženy snáší lépe horké prostředí s vyšší vzdušnou vlhkostí a to díky faktu, že jsou schopné lépe regulovat tělesné pocení. Celkově tyto subjektivní pocity nemají žádný vliv. Důležitá je zde fyzická a zdravotní způsobilost. Z tohoto důvodu je pohlaví vlastně zanedbatelná veličina [4].

3.3.2 Způsoby chlazení obleků

Jak již bylo uvedeno v předchozích částech, ochranné oděvy a především ty s nejvyšším stupněm ochrany vykazují vysokou izolační schopnost a to nejen pro nebezpečné látky, ale hlavně pro teplo produkované lidským tělem uvnitř obleku. Tento problém je samozřejmě nutné řešit a to vedlo ke vzniku několika systémů chlazení s různou účinností. Častou nevýhodou chladicích systémů je jejich technické řešení, které v častých případech zvyšuje ještě více váhu obleku. Případně po odeznění účinků chladiwa působí jako další izolant. Důvodem je, že chladicí prostředky jsou řešeny jako vesty oblékané dovnitř obleku. Základní dělení chlazení je na pasivní a aktivní chlazení.

Pasivní chlazení – „je takový typ chlazení, který nevyžaduje přídavný zdroj energie. Jedná se o systém založený pouze na fázové změně chladiva, při níž dochází k odebrání tzv. latentního neboli skrytého tepla. Může jít o přeměnu vody na páru (odpařování vody), pevné fáze na kapalnou (tání ledu nebo vyšších parafinů), pevné fáze na plynou (odpařování suchého ledu)“ [4].

Aktivní chlazení – „je spojeno s dodávkou energie z vnějšího zdroje do chladicího oběhového systému, který jako chladivo využívá vzduch nebo chladicí kapalinu“ [4].

Chlazení vodou

Jedná se o princip odpařování vody. V praxi to funguje tak, že se namočí chladicí převlek a následným odpařováním je oděv chlazený. Tento systém se využíval například u oděvů OPCH 70 nebo SOO CO. V dnešní době se využívá novější technologie, kdy jsou používány vesty ze superhydrofilního materiálu, které do sebe dokážou pojmout až 400x větší množství vody než samy váží. Obsahují v sobě speciální polymery např. polyakrylamidové granule. Nevýhoda obou systémů je ve vzdušné vlhkosti, překročí-li 60 %, stávají se tyto systémy neúčinnými [4].

Chlazení ledem

Spočívá v přeměně pevného ledu na kapalinu. Teoreticky je možné k odběru tepla užit obou fází, jak ledu, tak vody. Účinnost odvodu tepla závisí na ploše, která je zakrytá. Technické řešení je zde provedeno vestou, ve které jsou v kapsičkách vloženy sáčky s ledem. I když se tento systém může zdát dobrým řešením, má opět několik nevýhod. Jednou z nich je, že v případě nepoužití spodního prádla by mohlo dojít k poškození kůže. V počátcích použití způsobuje chlad, který působí nepříjemně. Po vyčerpání chladicí kapacity společně se spodním prádlem působí jako další izolant [4].

Chlazení gel/led

Systém je v podstatě stejný jako u chlazení ledem. Jen jsou v kapsičkách zmrazené gelové polštářky. Gel tvoří „voda se škrobem a dalšími ingrediencemi např. přípravky proti plísním.“ Účinnost řešení je o něco nižší než u ledu. Je nutností, aby se vesta dotýkala co nejvíce těla, dochází však ke vzniku par a následkem toho k nepříjemnému smáčení pokožky. V laboratorních testech na lidských probandech bylo zjištěno, že systém je účinný a umožňuje prodloužit dobu pobytu v ochranných prostředcích [4].

Chlazení pomocí vest PCM (Phase core materials)

Technické řešení opět zahrnuje vestu s kapsičkami, ve kterých jsou vloženy polštářky obsahující PCM materiály na bázi „vyšších parafinů nebo hydratovaných solí v mikrokapslích.“ Jejich chladicí účinek spočívá v přeměně pevné fáze na kapalnou a to při teplotách okolo 28–32 °C. To přináší chladicí účinek až po zahřátí pokožky, proto není třeba ochrany spodním prádlem jako např. u ledu. Poskytují nižší chladivý účinek než led. Výhodou polštářků s PCM spočívá v možnosti je připravit k opětovnému použití ponořením na 20 minut do studené vody o teplotě 3-5 °C [4].

Chlazení okolním vzduchem

Chlazení probíhá pomocí vhánění vzduchu pod oblek. Systém je složený z ventilátoru a baterie. Vše je umístěno vně obleku, ve většině případů na zádech. Pro účinné chlazení je třeba minimálně 330 l vzduchu za minutu. Účinnost chlazení je odvislá od teploty a vlhkosti vzduch, který je do oděvu vháněn. Krajiní teplota vzduchu je 33 °C, kdy chlazení přestává být účinné. Subjektivní vnímání tepelného komfortu je poté ovlivněno proudícím vzduchem a odvodem potu působícím spíše psychologicky než účinností ochlazování. Tyto systémy mají výhodu v jejich váze, která je do 3 kg.

Další možností je využití provětrávání obleků z lahví nesených na zádech. Tento systém má, ale velkou nevýhodu ve spotřebě vzduchu a tím zkracuje dobu použitelnosti obleku pro samotný zásah. Technicky je možné využití dvojcestného ventilu a dvou lahví, jedna pro zabezpečení dýchání a druhá pro provzdušňování obleku [4]. Uvedeme-li příklad, že použijeme kompozitní vzduchovou láhev o obsahu 6,8 l (cca 2040 l vzduchu) a průtoku 330 l/min., spotřebujeme tuto lahev za 6 minut. Tím tento systém pro praxi naprosto nepřichází v úvahu.

Existují ještě další chladicí systémy s různou účinností. Vyjma hybridního chladicího systému jsou ostatní způsoby chlazení, z důvodu technického řešení nebo doby použitelnosti v praxi, nevyužitelné [4].

Chlazení přeměnou pevné fáze na plynou

Využívá suchého ledu (pevný oxid uhličitý), který se odpařuje ve výměníku s ventilačním vzduchem. Nevýhodou je váha a nutnost použití vnějšího zdroje. Z tohoto důvodu se zařízení nerozšířilo, jedná se ale o prototyp hybridního zařízení [4].

Hybridní chladič systém

Spojuje více systémů dohromady, například fázi kapalnou s provzdušněním proudícím vzduchem. Tyto systémy se využívají v kosmonautice a u hasičských oděvů s dýchací technikou. Tato varianta je však zmiňována pouze v zahraniční literatuře a pouze u oděvu typu 1b [14].

Vyhodnocení výzkumu chlazení ochranných oděvů

V roce 2016 prezentoval Ing. Slabotinský výsledky výzkumu projektu: „*Chladič vesty – prostředek na zlepšení tepelného komfortu uživatele OOP*“. Výzkum se uskutečnil ve Státním ústavu jaderné, chemické a biologické ochrany, v. v. i.

V testech byly použity a zkoumány čtyři systémy chlazení. Technickým provedením byla vždy vesta. V prvním případě chlazená proudícím vzduchem, v druhém prouděním vody. Ve třetím případě byl použit led. Poslední byly použity vesty s fázovou přeměnou (PCM). Všechny vesty byly použity společně s protichemickými oděvy: „*Testované protichemické oděvy zahrnovaly izolační oděvy OPCH 90, OPCH 90 PO nebo Dräger, protiradiační oděv Demron, lehký protichemický prostředek Tychem F a filtrační oděv M2000. Ochranný oděv byl doplněn uzavřeným dýchacím přístrojem nebo ochranou maskou CM6 s filtrem nebo M10 s přívodem z kompresoru/z filtroventilační jednotky, a dále ochrannými rukavicemi a přezůvkami. Pod oděvem pod vestou měli probandi oblečené celotělové spodní prádlo z 100% bambusového vlákna nebo Klimatex*“ [15].

Z výsledků výzkumu vyplynulo, že z hlediska tepelného komfortu ochranných oděvů je nejlépe vnímána ventilace prouděním vzduchu. U varianty chlazené vodou bylo dosaženo podobných výsledků jako u chlazení vzduchem, v této variantě není závislost na průtoku, ale na schopnosti ledu chladit proudící kapalinu. Při testu musela být nádoba s ledem vyměněna po 30 minutách. Vesty chlazené ledem poskytují v počátcích nepříjemný pocit způsobený intenzivním chlazením, což mělo za důsledek zvyšování teploty z důvodu, že se tělo snažilo zahřát. Test byl ukončen vyčerpáním vzduchu z tlakové lahve. Z výsledku tohoto pokusu vyplývá, že varianta chlazení ledem není

příliš výhodná ani komfortní. U testu s vestami PCM byly využity vesty Phase core 28 a 32. Vesta obsahuje 22 kapsiček, teoretický odvod tepla je 203,6 KJ, což při zátěži 250W činí přibližně 13,5 minuty chlazení. Při použití vesty na tepelném manekýnovi bylo zjištěno měřením pouze 44 KJ, to je účinek chlazení přibližně po dobu 3 minut. Probandi při použití těchto vest pociťovali chlazení pouze na začátku testu. Při přívodu vnějšího tepla, které působilo intenzivně, nebyly zaznamenány rozdíly mezi chlazenou a nechlazenou variantou.

Na základě těchto výsledků byly potvrzeny tyto skutečnosti. Propagační materiály výrobců ne vždy spolehlivě odpovídají parametrům skutečného chlazení oproti deklarovaným hodnotám. Zatím nejméně nákladným způsobem chlazení je provětrávání proudícím vzduchem, kdy je výhodné ochlazování těla i obličejové části, čímž se usnadní dýchání hlavně při vysoké námaze. Chlazení vodou sice dává řešení odstranění vzdušné vlhkosti, je však nákladnější a logisticky složitější. Chlazení ledem je výhodné pouze pro provozy s vysokými teplotami a je poměrně složité z důvodu dodávání chladících vložek. PCM vesty mají zajímavé technologické řešení, dle provedených testů jsou však při větší fyzické námaze a složitějších klimatických podmínkách neúčinné. Zajímavostí výzkumu je též porovnání vlastností ventilovaného obleku např. FOP - 96, kdy bylo zjištěno, že při stejných podmínkách jaké byly užity v testování obleků, je vnímání tepelného komfortu stejné jako u neventilovaných variant [15].

3.4 Stav ochranných prostředků u HZS ČR

Správa, údržba a kontrola prostředků individuální ochrany od masek, dýchací techniky po protichemické oděvy spadají u HZS ČR do kompetence chemické služby. Konkrétní požadavky na tyto prostředky počínaje jejich stavem a konče počty upravují v podstatě dva normativní akty. Jedním z nich je řád chemické služby a druhý je vyhláška č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany, ve znění pozdějších předpisů, a vyhláška č. 35/2007 Sb., o technických podmínkách požární techniky, ve znění pozdějších předpisů. Tato vyhláška určuje minimální počet těchto prostředků na vozidlech. Standardně jsou tzv. prvovýjezdová vozidla vybavena 4 ks plynotěsného ochranného oděvu typu 1a podle ČSN EN 943-1+1A a 4 – 6 ks protichemického ochranného oděvu typu 3 podle ČSN EN 14605 (vyhláška č. 247/2001 Sb., nařizuje 3 ks). Počty lehkých oděvů jsou co do počtu ve většině případů upraveny velitelem stanice dle četnosti využití. Lehké oděvy se využívají při méně složitém

zásahu, kdy je riziko z větší části eliminováno a jedná se o konkrétní nebezpečnou látku, která je známá. Dále je na vozidle umístěna dýchací technika souhlasně s počtem míst v kabině a detekční prostředky např. DC – 3 (zásahový radiometr), MultiRAE Lite (multifunkční přístroj pro detekci látek). Dále jsou jednotky HZS ČR vybaveny speciálními protiplynovými vozidly a chemickými kontejnery, které mají ve výbavě větší množství protichemických oděvů, dýchací techniky, dekontaminačních prostředků, sprchy pro dekontaminaci, sorbenty, sudy na sběr sorbentů, čerpadla pro čerpání nebezpečných látek, havarijní soupravy pro improvizované utěšňování děr a armatur atd. Vybavení touto technikou závisí na velikosti stanice. Pro zdolávání větších chemických havárií jsou zřizovány tzv. opěrné body, ve Středočeském kraji jsou dislokovány např. v Mělníku nebo Kolíně. Jejich lokace souvisí i s blízkostí velkých chemických provozů.

3.5 Průzkum trhu

Při průzkumu trhu bylo v České republice nalezeno několik výrobců ochranných oděvů, je zde i mnoho firem zahraničních, které mají v České republice své zastoupení např. firmy ANSELL, DRÄGER, MSA AUER GmbH, RESPIREX, DUPONT. V podstatě jedinou českou firmou zabývající se výrobou ochranných oděvů 1a je ECOPROTECT, spol. s r. o. ze Zlína, známá pro svůj dlouho užívaný produkt OPCH – 90. Další firmy se zabývají pouze zastupováním nebo distribucí ochranných oděvů, ve většině případů sloučených s prodejem pracovních ochranných pomůcek. Například firma MEVA a.s., Roudnice nad Labem, která má tři samostatné divize a nabízí oděvy TRELLECHEM v téměř kompletním sortimentu firmy ANSELL.

Jednou z největších firem zabývajících se distribucí ochranných oděvů a pomůcek zastupujících několik značek najednou (MSA SAFETY, ANSELL) je IS STRAR s.r.o. (středisko dýchací techniky) z Litvínova.

Firma REO AMOS spol. s.r.o. a SZDT SERVIS Lišov (servis záchranné dýchací techniky) nabízí obleky typu 1a britské firmy RESPIREX. K použití pro HZS ČR jsou však nevhodné neboť nesplňují podmínku životnosti 15 let. Obě tyto firmy, ale spolupracují s hasiči ještě v jiných oblastech, jako jsou revize (SZDT SERVIS) a

dodávky sorpčních prostředků a prostředků k likvidaci chemických havárií (REO AMOS spol. s.r.o.).

Největší zahraniční firmou je DRÄGER s pobočkami v Praze a Ostravě. V České republice se dělí na 2 společnosti DRÄGER SAFETY a DRÄGER MEDICAL (obě mají sídlo v Praze). Od roku 2014 je v Klášterci nad Ohří výrobní podnik. V Praze Čestlicích se nachází tréninkové centrum DRÄGER ACADEMY pro region jihovýchodní Evropy.

Výše jmenované firmy byly vybrány z toho důvodu, že se zabývají nabídkou oděvů typu 1a. Je třeba zmínit i firmu DUPONT vyrábějící lehké ochranné oděvy, které jsou také využívány u HZS ČR.

3.6 Popis jednotlivých vybraných obleků

Vzhledem k požadavkům technických norem a přáním koncových zákazníků vykazují všechny oděvy v podstatě podobné vlastnosti a konstrukci, například plynotěsné zipy překryvané klopou, výměnné rukavice s rukávovým o-kroužkem nebo s bajonetovým výměnným systémem, případně výměnnými holínkami. Všechny obleky jsou též uzpůsobeny k nošení ochranné přilby pod oděvem. Obličejové masky se užívají s tzv. kandahárem - upínací systém, kdy je maska pomocí háků připojena přímo k přilbě. Používá se různá dýchací technika například DrägerMan PSS 90D. Hlavním rozdílem obleků je materiál použitý na jejich výrobu. Je možné uvést, že v podstatě každá z firem má patentovaný vlastní materiál a kombinaci ochranných vrstev.

Pro účely této práce byly vybrány oděvy s nejvyšší ochranou tedy protichemické ochranné oděvy typu 1a dle ČSN EN 943-1+1A. K porovnání byly vybráni čtyři zástupci těchto oděvů od různých výrobců. Hodnocení obleků je provedeno na základě dat a informací poskytovaných výrobcem v materiálech přikládaných k obleku.

3.7 CPS 7900 DRÄGER

Obleky CPS Dräger jsou plynotěsné ochranné obleky chránící proti plyným, kapalným, aerosolovým a pevným škodlivým látkám a zárodkům způsobujících infekce. Dále chrání před vniknutím radioaktivních částic do těla. Oblek nenabízí žádnou ochranu proti radioaktivnímu záření. Jedná se o oděv pro opakované použití a je

vybaven vyměnitelnými rukavicemi. Zásobování vzduchem je pomocí izolačního dýchacího přístroje a ochranné masky. Je možné získat variantu obleku s návleky z materiálu obleku nebo ochrannými holíčkami. Zorník je opatřen vrstvou proti poškrábání. Oděv není vhodný pro hašení požáru, rozmezí teplot pro jeho použití je od -40° C až do +70 °C. Jsou provedeny testy až do teploty -80 °C, tato expozice musí být jen krátkodobá a vztahuje se pouze na materiál D-mex. Na oblek je využit materiál D-mex, jedná se o materiál, který má firma Dräger patentovaný. Systém je vlastně založený na pěti vrstvách materiálu, vnější dvě vrstvy (elostomerická a laminátová), nosná matrice ze tkané textilie a vnitřní dvě vrstvy (elostomerická a laminátová). V případě, že by došlo k porušení vrchních dvou vrstev obleku, například mechanickým protržením, zbylé vrstvy poskytují dále dostatečnou ochranu.

Výhodou tohoto obleku je možnost připojení na externí přívod vzduchu. Tato funkce je dobře využitelná hlavně v situacích přípravy před odchodem do místa zásahu a dále při provádění dekontaminace. Systém funguje na principu regulačního ventilu PT 120L (montovaný na přání zákazníka), který dodává vzduch z externího zdroje a po odpojení je teprve odebírán vzduch z tlakové lahve [17].

Cena obleku včetně DPH činí: 86 971 Kč [17].

Tabulka 2 – Základní charakteristika obleku CPS 7900 DRÄGER [17]

Hmotnost bez dýchacího přístroje se stlačeným vzduchem a plynové masky	asi 6,6 kg
Ochranný oblek pro výšku postavy 195 – 210 cm, velikost XXL	
Ochranný oblek pro výšku postavy 180 – 200 cm, velikost XL	
Ochranný oblek pro výšku postavy 170 – 185 cm, velikost L	
Ochranný oblek pro výšku postavy 160 – 175 cm, velikost M	
Provozní teplota -40 až +70 °C	
Skladovací teplota -30 °C až +60 °C	

3.8 TESIMAX VS 5 SYKAN 4

Oděv TESIMAX VS 5 SYKAN 4 nabízí nejvyšší ochranu z řady VS 5. Jedná se o plynotěsný protichemický oblek proti tekutým plynným chemikáliím, včetně aerosolů a pevných částic. Při používání obleku se používá dýchací vzduchový přístroj. Oblek má možnost výměny rukavic a holínek, dále je uzpůsobený k nošení ochranné přilby pod oděvem a vybavený plynotěsným zipem s překrytím. Oděv Tesimax jako jediný vykazuje vlastnosti vysoké tepelné odolnosti, krátkodobě až +850 °C. *Materiál obleku je 100% para-aramidová základní tkanina potažená vysoce výkonným materiálem z elastomeru. V další vrstvě je vysoce výkonná plastová fólie sloužící jako ochranná bariéra [18].*

Cena obleku včetně DPH činí: 81 276 Kč [18].

Tabulka 3 - Základní charakteristika obleku TESIMAX VS 5 SKYAN 4 [18]

Hmotnost bez dýchacího přístroje se stlačeným vzduchem a plynové masky	přibližně 6 kg
Výška od 160 cm do 175 cm	
Výška od 170 cm do 185 cm	
Výška od 180 cm do 190 cm	
Výška od 190 cm do 200 cm	
Ochranné rukavice velikost 8-10. Standardní velikost je 10.	
Ochranné holínky velikosti 43-47. Standardní velikost je 46	
Extrémní tepelná odolnost krátkodobě +850 °C (ošlehnutí), -196 °C (tekutý dusík)	
Po 10 letech nutno poslat na inspekci do výrobního závodu.	
Životnost maximálně 15 let	
Skladovací teplota -5 až +25 °C	

3.9 VAUTEX ELITE ET

Jedná se oblek německé firmy MSA AUER, který poskytuje ochranu proti plynným a kapalným nebezpečným látkám. Používá se s dýchacím přístrojem nošeným uvnitř obleku. Není vhodný pro požití v místech s vysokou teplotou ani v případech kdy jsou teploty naopak velmi nízké. Oděv je vyroben jako jednodílný z kompozitního materiálu s protiplynovým zipem překrytým klopou. Rukavice a holínky obleku je možné

vyměnit. Přetlak v obleku je vytvářen vydechovaným vzduchem unikajícím přes výdechový ventil masky. Zvláštností obleku je vybavení transponderovou technologií. V transpondéru (elektronický datový nosič) je uložen kód umožňující přesnou identifikaci obleku. Systém je funkční pouze s originálním čtecím zařízením firmy AUER. Životnost obleku je minimálně 8 let. Pracovní teploty jsou stanoveny od -30 °C do +60 °C [16].

Cena obleku včetně DPH činí: 110 000 Kč [16].

Tabulka 4 - Základní charakteristika obleku VAUTEX ELITE ET[16]

Hmotnost bez dýchacího přístroje se stlačeným vzduchem a plynové masky	přibližně 8,5 kg
Ochranný oblek pro výšku postavy 195 – 210 cm, velikost XL	
Ochranný oblek pro výšku postavy 180 – 195 cm, velikost L	
Ochranný oblek pro výšku postavy 165 – 180 cm, velikost M	
Rukavice - velikost 11	
Rukavice - velikost 10	
Rukavice - velikost 9	
Ochranné holínky - velikost 11½ (46/47)	
Ochranné holínky - velikost 10 (45)	
Ochranné holínky - velikost 9 (43/44)	
Provozní teplota -30 až +60 °C	
Skladovací teplota -5 až +25 °C, optimálně +15 až +25 °C	

3.10 TRELLECHEM VPS

Je přetlakový oblek typu Ia vyráběný německou firmou Ansell. Musí být používány s dýchacím přístrojem a obličejovou maskou, vše nesené uvnitř obleku. Obleky jsou vybaveny speciálním systémem HCR zipů, který se vyznačuje vysokou chemickou odolností. Pokud je oblek vybaven botami, jsou certifikovány pro hasiče dle normy EN 345-2. Materiál obleku Trellechem VPS je polyamidová tkanina potažená chloroprenkaučukem na vnější straně a bariérovým laminátem na vnitřní straně. Obleky jsou vyráběny s rukavicemi, které vykazují stejnou chemickou odolnost, k upevnění

používají bajonetového kroužkového systému. Zorníky jsou z 2 mm PVC s odolností proti chemickým látkám a proti nárazu. Oděv disponuje vnitřním ventilačním systémem, který je napojený na dýchací přístroj pomocí regulačního ventilu. Průtok vzduchu je možné regulovat nastavením na hodnoty 0, 2, 30, nebo 100 l/min. Pro vytváření požadovaného přetlaku je třeba mít nastavený systém minimálně na 2 l/min. Vzduch je rozváděn po obleku do rukávů a nohavic pomocí hadice z PVC. Při nastavení vyššího průtoku vzduchu (30 nebo 100 l/min.) dojde k brzkému vyčerpání obsahu tlakové lahve se vzduchem. Zde výrobce nabízí variantu doplnění regulačního ventilu pro přívod externího vzduchu stejně jako u oděvu Dräger CPS 7900. Toto řešení je výhodné pro případ dekontaminace a přípravy před odchodem do místa zásahu. Pro provádění přímého zásahu se nejedná o vhodné řešení. Oblek je použitelný v rozsahu teplot od -40° C až do +65 °C. Při zásahu na zkapalněné plyny, kdy jsou předpokládány nízké teploty, doporučuje výrobce použití převleku proti chladu TRELCOVER a zároveň izolační spodní prádlo TRELLECHEM, které chrání před mrazem a převlek ochraňuje oblek před ztuhnutím a následnou degradací materiálu. Oděv není vhodný pro použití při vysokých teplotách nebo k hašení požáru. Výrobce nejsou garantovány antistatické vlastnosti oděvu. Pouze je doporučeno postříkání vodou před a během používání oděvu ke snížení rizika hromadění statické elektřiny [19].

Cena obleku včetně DPH činí: 71 390 Kč [19].

Tabulka 5 - Základní charakteristika ochranného oděvu TRELLECHEM VPS [19]

Hmotnost bez dýchacího přístroje se stlačeným vzduchem a plynové masky	přibližně 7,5 kg
Výška od 170 cm do 182 cm, velikost S	
Výška od 176 cm do 188 cm, velikost M	
Výška od 182 cm do 194 cm, velikost L	
Výška od 188 cm do 200 cm, velikost XL	
Výška od 200 cm do 212 cm, velikost XXL	
Ochranné rukavice velikosti 8-11	
Ochranné holínky velikosti 40,5-48	
Životnost maximálně 15 let	
Provozní teplota -40 až +65 °C	
Skladovací teplota 5 až +30 °C	

4 METODIKA

Hodnocení jednotlivých obleků je provedeno za pomoci multikriteriální analýzy (srovnáním) a s využitím jednotlivých parametrů, které uvádí výrobci ve svých materiálech. Jedná se především o 15 základních chemických látek, jejichž pronikavost se testuje při vývoji obleků. Dále je provedeno hodnocení mechanické odolnosti obleků. Další kritéria jsou vybrána na základě požadavků, které stanovuje HZS ČR pro tyto oděvy (viz příloha č. 1).

4.1 Multikriteriální analýza

Multikriteriální analýza (MCA) se využívá v případech, kdy je třeba zhodnotit několik variant podle předem definovaných kritérií. Cílem je zjednodušení a utřídění informací ve variantních projektech. Kritéria můžeme zvolit kvantitativní, ty většinou vyjadřujeme pomocí čísel. Nebo kvalitativní, kdy stanovujeme hodnocení slovně. Postup při použití multikriteriální analýzy prochází postupně 5 kroky: **stanovení varianty** (alternativa, kterou chceme srovnávat), **volba hodnotících kritérií** (vlastností), **určení váhy kritérií** (určuje důležitost jednotlivých kritérií vzhledem k ostatním), **sestavení kritériální matice obsahující výsledky variant dle kritérií** (posouzení jak jednotlivé varianty odpovídají stanoveným kritériím), **porovnání variant a vybrání nejlepší** [22].

4.2 Stanovení kritérií a hodnotící škály

Na začátku hodnocení obleku bylo zvoleno 5 základních kritérií (viz tab. 6). Tato kritéria jsou chemická odolnost, mechanická odolnost, hmotnost obleku, cena a životnost obleku. Každému kritériu byl vypočten váhový koeficient a stanovena hodnotící škála. Pro výpočet váhového koeficientu byla využita Fullerova metoda párového srovnání, kdy je každému kritériu přidělena hodnota 1 nebo 0, případně 0,5. Hodnotu 1 získává kritérium s vyšší prioritou oproti druhému srovnávacímu kritériu, kterému se přidělí 0. Hodnotu 0,5 je možno přidělit v případech, kdy není možné rozhodnout, které kritérium je důležitější (viz tab. 7). Dále byly přiděleny hodnotové škály 1 – 3, případně 1 - 6 jednotlivým parametrům posuzovaných kritérií (viz tab. 8 až 10), kdy nejvyšší hodnota označuje nejžádanější výsledek. Jako podklad pro stanovení hodnotící škály jsou použity **třídy odolnosti**, používané při zkouškách oděvu dle

technických norem (viz tab. 9 a 10). Výsledné hodnoty jsou jako koeficienty použity ve výsledné tabulce (viz tab. 19).

Tabulka 6 - Definice kritérií

Chemická odolnost	Parametr stanovený časovou odolností proti průniku chemických látek částmi obleku např. přes materiál obleku, švy, nepřekrytý zip obleku, zorník.
Mechanická odolnost	Vlastnosti obleku a materiálová odolnost proti mechanickému poškození např. odolnost proti oděru, proříznutí, plamenu, vzniku trhlin, pevnost švů atd.
Hmotnost	Hmotností obleku se rozumí celková hmotnost obleku včetně holínek.
Cena	Pořizovací cena (včetně DPH) aktuální v době provádění výzkumu.
Životnost	Doba, po kterou je oblek možné bezpečně užívat bez ztráty ochranných vlastností. HZS ČR požaduje pro obleky typu Ia životnost 15 let.

Tabulka 7 - Tabulka stanovení váhy párovým porovnáním (Fullerova metoda)

Kritérium	Chemická odolnost	Mechanická odolnost	Hmotnost	Cena	Životnost	Celkem	Váha kritéria
Chemická odolnost	X	1	1	1	1	4	0,4
Mechanická odolnost	0	X	1	1	1	3	0,3
Hmotnost	0	0	X	0,5	0	0,5	0,05
Cena	0	0	0,5	X	0	0,5	0,05
Životnost	0	0	1	1	X	2	0,2

Tabulka 8 - Tabulka hodnot kritérií

Kritérium	Hodnotící škála	Hodnota	Parametr	Váhový koefic.
Hmotnost	1-3	3	do 6 kg	0,05
		2	od 6,1 do 8 kg	
		1	nad 8,1 kg	
Cena	1-3	3	do 80 000 Kč	0,05
		2	od 80 001 do 99 999 Kč	
		1	nad 100 000 Kč	
Životnost	1-3	3	do 15	0,2
		2	do 10 let s možností prodloužení	
		1	do 10 let	

Tabulka 9 - Tabulka pro určení mechanické odolnosti

Kritérium	Hodnotící škála	Hodnota	Třída odolnosti	Váhový koeficient
Mechanická odolnost	1-6	6	6	0,3
		5	5	
		4	4	
		3	3	
		2	2	
		1	1	

Tabulka 10 - Tabulka pro určení hodnoty chemické odolnosti

Kritérium	Hodnotící škála	Hodnota	Parametr		Váhový koeficient
			Třída odolnosti	čas/minut	
Chemická odolnost	1-6	6	6	> 480 min	0,4
		5	5	> 240 min	
		4	4	> 120 min	
		3	3	> 60 min	
		2	2	> 30 min	
		1	1	> 10 min	

4.3 Tabulky mechanické a chemické odolnosti

Pro srovnání obleků je třeba vyhodnotit mnoho parametrů a jejich posuzování bývá složité a většinou časově náročné. Z důvodu zjednodušení a přehlednosti je využito hodnocení pomocí hodnotící škály. Pro jednotlivé obleky byly převzaty a upraveny tabulky mechanické a chemické odolnosti (viz tab. 11 až 18) stanovené výrobcem a za pomoci součtu hodnot vlastností byl stanovený koeficient pro každou vlastnost a hodnocenou chemickou látku. Výsledný koeficient byl poté promítnut do výsledné tabulky (viz tab. 19).

CPS 7900 DRÄGER

Tabulka 11 - Mechanická odolnost oděvu DRÄGER CPS 7900 [17]

Vlastnosti	Hodnotící škála	Materiál obleku - třída účinnosti
Odolnost proti otěru	1-6	6
Odolnost proti vzniku trhlin	1-6	6
Vznik trhlin při -30 °C	1-6	6
Odolnost proti roztržení	1-6	3
Pevnost v tahu	1-6	6
Odolnost proti průrazu	1-6	3
Pevnost švu	1-6	6
Odolnost proti ohni	1-6	3
Celkem		39

Tabulka 12 - Chemická odolnost oděvu DRÄGER CPS 7900 [17]

Zkušební chemikálie	Hodnotící škála	Odolnost proti průniku chemikálií třída provedení				
		Materiál	Švy	Zorník	Zip	Celkem
Aceton	1-6	6	6	5	1	18
Acetonitril	1-6	6	6	6	2	20
Čpavek	1-6	6	6	6	6	24
Chlór	1-6	6	6	6	6	24
Chlorovodík	1-6	6	6	6	6	24
Dichlormetan	1-6	6	4	5	1	16
Dietylamin	1-6	6	6	6	6	24
Etylacetát	1-6	6	6	6	3	21
n-Heptan	1-6	6	6	6	6	22
Metanol	1-6	6	6	6	6	24
Sirouhlík	1-6	6	4	6	6	24
Hydroxid sodný 40%	1-6	6	6	6	6	24
Kyselina sírová 96%	1-6	5	5	6	6	22
Tetrahydrofuran	1-6	6	6	5	1	18
Toluol	1-6	6	6	6	4	22
Celkový součet odolnosti						327

TESIMAX VS 5 SYKAN 4

Tabulka 13 - Mechanická odolnost oděvu TESIMAX [18]

Vlastnosti	Hodnotící škála	Materiál obleku - třída účinnosti
Odolnost proti oděru	1-6	6
Odolnost proti plameni	1-6	3
Odolnost proti vzniku trhlin	1-6	4
Pevnost proti dalšímu trhání (lichoběžníkovou metodou)	1-6	3
Pevnost proti dalšímu trhání (lichoběžníkovou metodou)	1-6	6
Odolnost proti propíchnutí	1-6	3
Pevnost v tahu	1-6	6
Pevnost švů	1-6	6
Celkem		37

Tabulka 14 - Chemická odolnost oděvu TESIMAX [18]

Zkušební chemikálie	Hodnotící škála	Odolnost proti průniku chemikálií				
		Materiál	Švy	Průzor	Zip	Celkem
Aceton	1-6	3	5	6	1	15
Acetonitril	1-6	6	6	6	6	24
Amoniak	1-6	6	6	6	6	24
Chlór	1-6	6	6	6	6	24
Chlorovodík	1-6	6	4	6	6	22
Dichlormethan	1-6	1	1	6	1	9
Diethylamin	1-6	1	1	6	6	14
Ethylacetat	1-6	2	4	6	4	16
n-Heptan	1-6	6	3	6	1	16
Methanol	1-6	6	5	6	6	23
Sirouhlík	1-6	6	6	6	6	24
Louh (NaOH-Lsg 40%)	1-6	6	6	6	6	24
Kyselina sírová (96%)	1-6	6	6	6	6	24
Tetrahydrofuran	1-6	*	*	6	2	8
Toluen	1-6	5	5	6	3	19
Celkový součet odolnosti						286

VAUTEX ELITE ET

Tabulka 15 - Mechanická odolnost oděvu VAUTEX ELITE [16]

Vlastnosti	Hodnotící škála	Materiál obleku - třída účinnosti
Odolnost proti otěru	1-6	6
Odolnost proti praskání v ohybech	1-6	5
Odolnost proti praskání v ohybech při nízkých teplotách (-30 °C)	1-6	2
Odolnost proti roztržení	1-6	4
Pevnost v tahu	1-6	6
Odolnost proti propíchnutí	1-6	4
Odolnost proti vznícení	1-6	3
Pevnost švů	1-6	6
Celkem		36

Tabulka 16 - Chemická odolnost oděvu VAUTEX ELITE[16]

Zkušební chemikálie	Hodnotící škála	Odolnost proti průniku chemikálií				
		Materiál	Švy	Průzor	Zip	Celkem
Aceton	1-6	5	5	6	1	17
Acetonitril	1-6	6	6	6	3	21
Amoniak (plynný)	1-6	6	6	6	6	24
Chlór (plynný)	1-6	6	6	6	6	24
Chlorovodík (plynný)	1-6	6	6	6	6	24
1.2 methylenchlorid	1-6	3	3	6	2	14
Diethylamin	1-6	6	5	6	2	19
Etylacetát	1-6	6	4	6	1	17
n - Heptan	1-6	6	6	6	6	24
Methanol	1-6	6	6	6	6	24
Sirouhlík	1-6	6	3	6	4	19
Louh sodný 40%	1-6	6	6	6	6	24
Kyselina sírová 96%	1-6	6	6	6	6	24
Tetrahydrofuran	1-6	6	5	6	1	18
Toluen	1-6	6	3	6	1	16
Celkový součet odolnosti						309

TRELLCHEM VPS

Tabulka 17 - Mechanická odolnost oděvu TRELLCHEM VPS [19]

Vlastnosti	Hodnotící škála	Materiál obleku - třída účinnosti
Odolnost proti otěru	1-6	6
Odolnost proti vzniku trhlin	1-6	6
Vznik trhlin při -30 °C	1-6	2
Odolnost proti roztržení	1-6	5
Pevnost v tahu	1-6	6
Odolnost proti průrazu	1-6	3
Pevnost švu	1-6	6
Odolnost proti ohni	1-6	3
Celkem		37

Tabulka 18 - Chemická odolnost oděvu TRELLECHEM VPS [19]

Zkušební chemikálie	Hodnotící škála	Odolnost proti průniku chemikálií				
		Materiál	Šev	Zorník	Zip	Celkem
Aceton	1-6	6	6	6	6	24
Acetonitril	1-6	6	6	6	6	24
Čpavek (plynný)	1-6	6	6	6	6	24
Chlór (plyn)	1-6	6	6	6	6	24
Chlorovodík (plyn)	1-6	6	6	6	6	24
Diethylamin	1-6	6	6	6	1	19
Dichlormetan	1-6	6	6	5	0	17
Etylacetat	1-6	6	6	6	1	19
Heptan	1-6	6	6	6	6	24
Methanol	1-6	6	6	6	5	23
Sirouhlík	1-6	6	6	6	1	19
Hydroxid sodný, 40%	1-6	6	6	6	6	24
Kyselina sírová, 96%	1-6	6	5	6	5	22
Tetrahydrofuran	1-6	6	6	5	1	18
Toluen	1-6	6	6	6	3	21
Celkový součet odolnosti						326

Srovnáním mechanické a chemické odolnosti byly získány koeficienty odolnosti jednotlivých obleků:

CPS 7900 DRÄGER koeficient mechanické odolnosti (K_M) – 39 (viz tab. 11), koeficient chemické odolnosti (K_{CH}) – 327 (viz tab. 12).

TESIMAX VS 5 SYKAN 4 koeficient mechanické odolnosti (K_M) – 37 (viz tab. 13), koeficient chemické odolnosti (K_{CH}) – 286 (viz tab. 14).

VAUTEX ELITE ET koeficient mechanické odolnosti (K_M) – 36 (viz tab. 15), koeficient chemické odolnosti (K_{CH}) – 309 (viz tab. 16).

TRELLECHEM VPS koeficient mechanické odolnosti (K_M) – 37 (viz tab. 17), koeficient chemické odolnosti (K_{CH}) – 326 (viz tab. 18).

5 VÝSLEDKY

5.1 Vyhodnocení analýzy obleků

K vyhodnocení srovnávací analýzy využijeme pro určení nejlepšího hodnoceného obleku metodu pořadí. Dle dosažených celkových indexů stanovíme pořadí systémem nevyšší hodnoty, která bude znamenat nejkvalitnější oblek podle zadaných kritérií. Všechna hodnocená data jsou společně vložena do výsledné tabulky (viz tab. 19) a je proveden výpočet indexu obleku, kterému je následně přiděleno pořadí. Pořadí je stanoveno od 1 do 4, a to vzestupně. Klíč pro výpočet hodnot v tabulce ukazuje následující vzorec pro výpočet indexu:

Tabulka 19 - Vyhodnocení obleků

Hodnocený oblek	Chemická odolnost	V_{KCH}	Mechanická odolnost	V_{KM}	Hmotnost	V_{KH}	Cena	V_{KC}	Životnost	$V_{KŽ}$	Celkem
CPS 7900 DRÄGER	327	0,4	39	0,3	2	0,05	2	0,05	3	0,2	143,30
TESIMAX VS 5	286		37		3		2		3		126,35
VAUTEX ELITE ET	309		36		1		1		3		135,10
TRELLCHEM VPS	326		37		2		3		3		142,35

$$\text{Index} = (K_{CH} \times V_{KCH}) + (K_M \times V_{KM}) + (K_H \times V_{KH}) + (K_C \times V_{KC}) + (K_{\check{Z}} \times V_{K\check{Z}})$$

Z výsledků v tabulce vyplívá následující. Na prvním místě se umístil oblek CPS 7900 DRÄGER (index 143,4), druhé místo získal oblek TRELLCHEM VPS (index 142,4), třetí místo oblek VAUTEX ELITE ET (index 135,2). Poslední místo dle hodnocených kritérií obsadil oděv TESIMAX VS 5 (index 126,3).

Celkové pořadí jednotlivých hodnocených oděvů:

1. CPS 7900 DRÄGER
2. TRELLCHEM VPS
3. VAUTEX ELITE ET
4. TESIMAX VS 5

6 DISKUZE

Výsledky hodnocených oděvů ukazují jasné hodnoty a určují dle kritérií stanovených analýzou nejlepší oděv. K interpretaci a výběru obleku je toto posouzení výborným a rychlým řešením. Zároveň je třeba uvést, že obleky je nutné hodnotit také podle způsobu využití. I u vysoce hodnoceného obleku můžeme zjistit, že odolnost jiného hodnoceného obleku s horším celkovým skóre může být vyšší proti konkrétní látce než u nejlépe hodnoceného obleku. Dále uvádím několik příkladů, které vyplynuly z výzkumu. Obecně lze konstatovat nižší odolnost oděvů proti působení acetonu – např. u zorníků a celkově nižší odolnost pro kyselinu sírovou, srovnatelné hodnoty vykazují Dräger a Trelchem. Další látky působící silně na materiál oděvů jsou acetonitril a dichlormethan. Celkově nejvyšší hodnoty odolnosti na materiál a švy vykazovaly oděvy Dräger a Trelchem. Naproti tomu oděv Tesimax (skončil v hodnocení 4) vykazuje vysokou odolnost proti kyselině sírové, větší než Dräger a Trelchem, ale zároveň je méně odolný proti chlorovodíku.

Je možné též konstatovat, že i výrobci obleků ušli velký kus cesty, jak v používaných materiálech, tak v možnosti přizpůsobení oděvů při nošení. Oproti minulosti byly výrazně zvětšeny zorníky oděvů, provedeny úpravy proti jejich zamlžování, přehýbání nebo zmatnění v důsledku mechanického poškození. Dále jsou dnes lépe řešena místa v oblecích pro upevnění manometrů dýchacích prostředků a tím jejich snadnější kontrola, včetně míst pro upevnění spojovacích prostředků.

Při hodnocení vhodných ochranných oděvů je důležité prověřovat také aktuálnost ČSN a EN v materiálech použitých pro posouzení. Některé normy mají velmi krátkou životnost nebo bývají doplněny o nové dodatky a ani výrobci na tuto skutečnost občas nereagují dosti pružně.

Mám-li zhodnotit situaci týkající se ochranných oděvů ve Středočeském kraji, je nyní více než příznivá. Většina stanic byla v nedávné době vybavena novými ochrannými oděvy např. Trelchem nebo oděvy Dräger CPS 7900. Obměna těchto prostředků je včasná a jednotky jsou dobře vybaveny. Příjemným překvapením pro mne bylo i prohlášení, že cena v tomto případě není hlavním měřítkem a důležitější je samotná ochrana příslušníků sboru a to i vzhledem ke skutečnosti, že u běžných jednotek tyto oděvy nejsou až tak často využívány.

Porovnáním ochranných oděvů se zabývalo mnoho autorů, pro příklad Hambálek (2008) a Loučka (2008). V pracích těchto autorů byly použity různé postupy hodnocení, stanovení kritérií a využití multikriteriální analýzy. Ve své práci jsem se postup hodnocení snažil co nejvíce zjednodušit a využít co nejvíce dat poskytnutých přímo výrobcí. Ta je možné posuzovat bez dalších složitých mezi-výpočtů a vypracovávání velkého množství srovnávacích tabulek. I přes možnost využití postupů výše uvedených autorů, jsem se pokusil najít různé varianty řešení.

V průběhu výzkumu jsem vyzkoušel variantu hodnocení oděvu prostým porovnáním tabulek mezi sebou. Výsledkem byla rozsáhlá srovnávací tabulka. Vyhodnocovací systém byl příliš náročný na čas a díky velkému množství zpracovávaných dat i složitý pro udržení celkového přehledu. Porovnání nepřinášelo ani jednoznačný výsledek při rovnosti hodnot, zároveň nebylo možné určit pořadí a následně stanovit variantně nejlepší oblek.

Multikriteriální analýza použitá v této práci a postup při hodnocení mechanické a chemické odolnosti ukazuje jednoduchost tohoto řešení. Postupem, který jsem použil, není třeba data nijak složitě třídit a připravovat. Pro hodnocení stačí použít tabulky uváděné výrobcem. Provést jednoduchý mezisoučet tříd odolnosti pro jednotlivé látky a vlastnosti. Poté tyto hodnoty sečíst a výsledkem je číslo, které označuje celkovou odolnost a lze jej snadno využít pro hodnocení. Výhodou je také možnost rozložení analýzy na jednotlivé části pro případ, že zadavatel/uživatel preferuje odolnost proti některé vybrané látce a přidělí jí vyšší prioritu v celkovém hodnocení.

V práci jsem se nezabýval pouze prostým porovnáním obleků, zkoumal jsem také oblast týkající se komfortu nošení obleků. Všechny shora popisované obleky poskytují vysoký stupeň ochrany zasahujících osob, nevýhodou je však vysoká fyziologická zátěž při jejich používání, absolutní neprodyšnost směrem ven a maximální tepelný diskomfort, který může být v konečném důsledku i zdraví nebezpečný. K výrobě většiny těchto obleků se využívají Polymery v jakékoliv formě. Proto jsem začal pracovat s hypotézou využití nanovláken (tloušťka o průměrech pod 1 μm , typicky 200 - 600 nm), která jsou velice lehká. Vzhledem k struktuře, kterou tvoří, by mohla poskytovat prodyšnost oděvu směrem ven. Zároveň by tvořila síť, která by naopak nepropustila láky o určité velikosti dovnitř obleku. Oslovil jsem proto Libereckou

technickou univerzitu, konkrétně pana profesora Oldřicha Jirsáka (vynálezce metody zvláknování polymerů) a požádal ho o pomoc k potvrzení nebo vyvrácení této hypotézy. Panem profesorem jsem byl odkázán na pana doc. Ing. Pavla Pokorného, Ph.D. z katedry netkaných textilií a nanovláknenných materiálů Fakulty textilní, Technické univerzity v Liberci (KNT FT TUL).

Výzkumné pracoviště této fakulty se zabývá výrobou kompozitních vrstev různého složení spočívající ve směsování vznikající nanovláknenné vrstvy s pevnými částicemi - například s mletým aktivním uhlím. Vznikají tak velmi efektivní sorpční materiály pro filtrační ochranné oděvy. Dále se směšují částice s jinými typy vláken se stejným cílem. Toto pracoviště je spoluřešitelem projektu číslo VI20172020059 Inteligentní textilie proti CBRN látkám [20].

V zásadě se jedná o vrstvený kompozitní materiál, který by měl fungovat asi takto. Na povrchu odolná textilní kombinéza s oleofóbní úpravou. Zde by se měla díky oleofobitě zachytit většina škodlivin a zpomalit rychlost pronikání toho, co zbylo. Pod kombinézou by měla být další kombinéza, například z netkané textilie s nanovláknennou uhelnou sorpční vložkou, která by měla nasát prošlé škodliviny. Pod ní může být další tenká kombinéza s částicemi oxidů těžkých kovů, která má sloužit jako ochrana proti ionizujícímu záření. Pod tím vším by mělo být prádlo nasycené detekčními chemikáliemi, které by mělo detekovat, zda a v jaké míře škodliviny prošly skrz.

Výsledkem by měl být lehký, komfortní, "prodyšný" ochranný oděv, který bude univerzálně použitelný - "stavebnicová" konstrukce - v různých situacích a bude poskytovat vysokou odolnost proti průniku nebezpečných látek.

Realizace však naráží na obrovské množství technických problémů. S nanovláknny se velmi špatně pracuje. To proto, že jsou velmi jemná, je v nich velmi málo materiálu, snadno se nabíjejí, ulpívají tam, kde je mít nechcete a nedrží tam, kde byste je potřebovali mít. Takže se s nimi pracuje zásadně tak, že jsou umístěna na podkladové netkané textilii. Mechanická pevnost nanovláken je obzvláště špatná a sama o sobě jsou prakticky nepoužitelná. Co se týká chemického zatížení, je samozřejmě zásadní, z jakého polymeru je vlákno vyrobeno (chemicky odolnější budou např. polyamid, polyvinylidenfluorid PVDF či PTFE). Takže je výhodné obrovský specifický povrch

nanovláken využít tak, že se vloží mezi dvě ochranné textilie a mohou nejčastěji sloužit jako filtr s vysokou účinností. Kombinace nanovláknů s pevnými sorpčními částicemi vytváří velmi tenký materiál. Například využijeme-li aktivní uhlí v nanovlákněné vrstvě, můžeme využít velkou plochu této částice k zachytávání škodliviny. Částice jsou zde přichyceny v podstatě jako v pavučině, což právě přináší efekt velké sorpční plochy. Pro srovnání je dobrým příkladem systém uhlíkového filtru plynové masky, kde jsou částice natlačeny na sobě a tím pádem mohou využít pouze omezenou část své sorpční kapacity. Dalšími možnostmi je využití reaktivních sorbentů oxidů kovů, které jsou schopné nejen sorbovat, ale také rozkládat a tím v podstatě samo dekontaminovat. Nanovlákněné vrstvy také poskytují dobrou ochranu proti průniku biologických látek. Pokud bychom posuzovali nanovlákněné struktury z hlediska komfortu (jsou lehké) a tepelné zátěže, mají tu obrovskou výhodu, že mohou být polo až selektivně propustné. Mohly by tedy zachycovat škodliviny, ale přesto být prodyšné a paropropustné. I přes všechny tyto výhody, které zde byly vyjmenovány, nelze „vyvinout univerzální oblek na všechno.“ Nanovlákněná mají obrovský potenciál do budoucna. Zatím je myšlenka použití nanovláken na plynotěsné oděvy typu 1 (A) při zachování všech dosavadních ochranných vlastností nereálná. *Pokud by se takový oděv vyvinul, určitě by nespadal do kategorie 1 (A), ale spíše do úrovně C (dle US značení).* Jedná se o dělení úrovní ochrany OOP dle americké agentury OSHA/EPA. Úrovně jsou označeny písmeny A-D.

Úroveň C – OOP chráníci proti potřísnění kapalinami a proti částicím: stejná ochrana kůže jako úroveň B, ale s nižší úrovní ochrany dýchacích cest, např. ochranou maskou s filtrem. Používají se v prostředí s rizikem přítomnosti chemických látek, které nejsou rizikové při absorpci kůží a v daném prostředí je jejich koncentrace výrazně nižší než povolené expoziční limity [4].

Úroveň B – OOP chráníci proti potřísnění kapalinami: podobná míra ochrany jako úroveň A, ale s nižší ochranou kůže, tedy prostředky „neplynotěsné“, stále však v kombinaci s autonomním dýchacím přístrojem. Mohou se skládat i z více kusů, např. samostatných rukavic či obuvi, které by však měly být před vstupem do rizikového prostředí u spoje ochranného oděvu utěsněné např. vhodnou těsnicí páskou, aby se minimalizoval průnik látky do pododěvního prostoru. Lze je použít v prostředí, kde prokazatelně nehrozí kontakt s plynými chemickými látkami, které jsou toxické či karcinogenní v případě kontaktu s kůží. Tyto OOP jsou určeny k použití v prostředí o

známém riziku přítomnosti chemických látek a o koncentraci pod povolenými expozičními limity [4].

***Úroveň A** – OOP chránící proti parám a plynům: nejvyšší možná ochrana dýchacích cest i těla; izolační přetlakový oděv s autonomním dýchacím přístrojem umístěným pod oděvem. Používají se v prostředí s rizikem neznámých chemických látek, v případě neznámé koncentrace chemických látek či jejich kombinací, v případě zjištěné vysoké koncentrace nebezpečných chemických látek v ovzduší, při riziku potřísnění či smočení neznámou anebo nebezpečnou chemickou látkou [4].*

Komfort nošení obleků neovlivňuje jen použitý materiál, ale i způsob chlazení, který významně prodlužuje dobu použití obleku. V průběhu zpracovávání mé práce nebyly nalezeny jiné způsoby chlazení než ty, které jsou výše uvedeny. Chlazení je jedna z oblastí, kde je stále velký prostor pro výzkum.

7 ZÁVĚR

Účelem práce bylo zhodnocení používaných ochranných prostředků u HZS ČR. Z dosažených výsledků vyplynulo, že obleky momentálně zařazené do užívání vykazují v podstatě stejné vlastnosti a tím pádem i dostatečnou ochranu pro zasahující, kteří tyto obleky využívají. V práci byl navržen jeden z možných způsobů, jak tyto obleky snadněji hodnotit při jejich výběru a zavádění do služby. Výběr jako takový je důležitý nejen z hlediska ochranných vlastností, ale také z důvodu vynakládání nemalých finančních prostředků na pořízení oděvů a dále na zařízení a materiál pro jejich kontrolu a údržbu. Práce se také zabývala komfortem nošení těchto prostředků. V současné době zatím není známa technologie, která by dokázala poskytnout stejné ochranné vlastnosti a zlepšila tepelný komfort. Vývoj v této oblasti je stále v chodu a díky skutečnosti, že chemický průmysl a technologie jdou nyní rychle dopředu, je zlepšení těchto vlastností jen otázkou času.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

HZS ČR – Hasičský záchranný sbor České republiky

IZS – Integrovaný záchranný systém

ES – Evropské společenství

POO – Protichemické ochranné oděvy

PPOO – Plynotěsný protichemický ochranný oděv

DP – Dýchací přístroj

VNN – Velmi nakažlivá nemoc

ČSN – Česká technická norma

PCM – Phase core materials (materiál s fázovou přeměnou)

KNT FT TUL - Katedra netkaných textilií a nanovláčených materiálů Fakulty textilní, Technické univerzity v Liberci

CBRN – Chemické, biologické, radioaktivní a nukleární látky a materiály

OHSA – Správa bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (působící pod Ministerstvem práce Spojených států)

OOP – Osobní ochranné prostředky

EN – Evropská norma

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. SÝKORA, Vlastimil. *Prostředky pro ochranu dýchacích cest*. Praha: Ministerstvo vnitra, generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2008. 71 s., ISBN 978-80-86640-95-2.
2. *Řád chemické služby Hasičského záchranného sboru ČR*. Praha: Ministerstvo vnitra, 2017. 88 s., ISBN 978-80-87544-49-5.
3. PITSCHMANN, Vladimír. *Chemické zbraně a ochrana proti nim*. Praha: Manus, 2011. 224 s., ISBN 978-80-86571-09-6.
4. SLABOTINSKÝ, Jiří a Kamila LUNEROVÁ. *Fyziologická zátěž člověka při práci v osobních ochranných prostředcích v kontaminovaném prostředí*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2017. 158 s., ISBN 978-80-7385-192-7.
5. ČAPOUN, Tomáš. *Chemické havárie*. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8.
6. MATĚJKA, Jiří. *Chemická služba: učební skripta*. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2012. ISBN 978-80-87544-09-9.
7. *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skripta*. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-62-0.
8. KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše, Danuše KRATOCHVÍLOVÁ a Libor FOLWARCZNY. *Ochrana obyvatelstva*. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-134-7.
9. Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon), ve znění pozdějších předpisů.
10. Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů.
11. VPPO-CHS/13-2013. *TECHNICKÉ PODMÍNKY PRO POŘÍZENÍ VĚCNÉHO PROSTŘEDKU POŽÁRNÍ OCHRANY: Protichemický ochranný oděv typ Ia*. Ministerstvo vnitra-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2013.

12. JIRÁK, Z., CHALOUPKA, J. a LVONČÍK, S. Zátěž hasičů a režim práce a odpočinku při ostrých zásazích. *České Pr. Lékařství*. 2002, **3**, pp., 118-122, ISSN 0032-6291.
13. JIRÁK, Z. : Pracovní zátěž a zdravotní stav hasičů. *Rescue Rep*. 2010, **p. 18**, ISSN 1212-0456.
14. KIM, Jung-Hyun, Aitor COCA, W. Jon WILLIAMS a Raymond J. ROBERGE. Effects of Liquid Cooling Garments on Recovery and Performance Time in Individuals Performing Strenuous Work Wearing a Firefighter Ensemble. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* [online]. 2011, **8(7)**, 409-416 [cit. 2020-05-09]. DOI: 10.1080/15459624.2011.584840. ISSN 1545-9624. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15459624.2011.584840>
15. SLABOTINSKÝ, J, LUNEROVÁ, K, SMITKA, P, CHLADICÍ VESTY – PROSTŘEDEK NA ZLEPŠENÍ TEPELNÉHO KOMFORTU UŽIVATELE OOP. *Hazmat Protect...: sborník příspěvků*. Milín: Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, 2015, s. 192-201. ISBN 978-80-270-0474-4.
16. MSA THE SAFETY COMPANY. *Návod k použití Vautex Elite ET: Protichemický ochranný oblek typ 1a EN 943–2:2002 0736/06*. 29 s. Ověřený překlad z jazyka německého.
17. DRÄGER SAFETY. *Návod na použití Dräger CPS 7900*. 24 s.
18. *Návod použití pro TESIMAX® - ochranné oděvy VS 5 Typy I A: Protichemické plynotěsné ochranné oděvy řady VS 5 podle ČSN EN 943-1:2002/EN 943-2:2002*. 30 s. Version 28-9-2014.
19. IS STAR S.R.O. STŘEDISKO DÝCHACÍ TECHNIKY LITVÍNOV ZASTOUPENÍ FIRMY ANSELL PROTECTIVE SOLUTIONS AB. *Návod k použití TRELLECHEM: Ochranné protichemické oděvy - evo /VPS/Super/Light*. 90 s.
20. Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v. v. i.: *Výzkum a vývoj, Inteligentní textilie proti CBRN látkám* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.sujchbo.cz/zamereni-ustavu/vyzkum-a-vyvoj/#1553020528777-7139713f-219a>
21. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.: Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: . č. 111/2007 Sb. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>

22. VLÁDA ČESKÉ REPUBLIKY: Hodnocení dopadů regulace (RIA), Příloha ke Vzdělávacímu manuálu pro RIA - vyhodnocení variant [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.vlada.cz/cz/ppov/lrv/ria/hodnoceni-dopadu-regulace-160402/>
23. HAMBÁLEK, Jakub. *Užitné vlastnosti protichemických oděvů*. Ostrava, 2008. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany a ochrany obyvatelstva. Vedoucí práce Ing. Ladislav Jánošík.
24. LOUČKA, Jan. *Ochranné oděvy použitelné u HZS v případě ohrožení B-agens*. Ostrava, 2008. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany a ochrany obyvatelstva. Vedoucí práce Ing. Ladislav Jánošík.

10 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 - Max. doporučené doby pobytu hasičů v ochranném oděvu [2].....	25
Tabulka 2 – Základní charakteristika obleku CPS 7900 DRÄGER [17].....	33
Tabulka 3 - Základní charakteristika obleku TESIMAX VS 5 SKYAN 4 [18]	34
Tabulka 4 - Základní charakteristika obleku VAUTEX ELITE ET[16]	35
Tabulka 5 - Základní charakteristika ochranného oděvu TRELLECHEM VPS [19] ...	36
Tabulka 6 - Definice kritérií	38
Tabulka 7 - Tabulka stanovení váhy párovým porovnáním (Fullerova metoda).....	38
Tabulka 8 - Tabulka hodnot kritérií.....	39
Tabulka 9 - Tabulka pro určení mechanické odolnosti.....	39
Tabulka 10 - Tabulka pro určení hodnoty chemické odolnosti.....	39
Tabulka 11 - Mechanická odolnost oděvu DRÄGER CPS 7900 [17]	40
Tabulka 12 - Chemická odolnost oděvu DRÄGER CPS 7900 [17].....	41
Tabulka 13 - Mechanická odolnost oděvu TESIMAX [18]	41
Tabulka 14 - Chemická odolnost oděvu TESIMAX [18].....	42
Tabulka 15 - Mechanická odolnost oděvu VAUTEX ELITE [16]	42
Tabulka 16 - Chemická odolnost oděvu VAUTEX ELITE[16]	43
Tabulka 17 - Mechanická odolnost oděvu TRELLECHEM VPS [19]	43
Tabulka 18 - Chemická odolnost oděvu TRELLECHEM VPS [19]	44
Tabulka 19 - Vyhodnocení obleků	45

11 SEZNAM PŘÍLOH

11.1 Příloha č. 1 - Požadavky Hasičského záchranného sboru České republiky na vlastnosti protichemických oděvů

Protichemický ochranný oděv typ 1a

1 Předmět a určení technických podmínek

1.1 Předmětem technických podmínek je protichemický ochranný oděv typu 1aET (dále jen „POO“) pro příslušníky hasičských záchranných sborů krajů k zásahům na likvidaci úniků nebezpečných látek v nejnáročnějších prostředích anebo při úniku neznámé nebezpečné látky. Tento typ ochranného oděvu poskytuje zasahujícím hasičům maximální možnou ochranu před účinky působení nebezpečných látek.

2 Právní a technické předpisy (poslední platné znění)

a) ČSN EN 943-1 Ochranné oděvy proti kapalným a plynným chemikáliím včetně kapalných aerosolů a pevných částic – Část 1: Požadavky na účinnost protichemických oděvů ventilovaných a neventilovaných: „plynotěsných“ (typ 1) a které nejsou „plynotěsné“ (typ 2),

b) ČSN EN 943-2 Ochranné oděvy proti kapalným a plynným chemikáliím včetně kapalných aerosolů a pevných částic – Část 2: Požadavky na účinnost „plynotěsných“ (typ 1) protichemických ochranných oděvů pro záchranná družstva (ET),

3 Technické podmínky protichemického ochranného oděvu

3.1 Kromě technických požadavků stanovených právními a technickými předpisy v bodě 2 splňuje POO technickou specifikaci uvedenou v bodech 3.2 až 3.12.

3.2 POO je klasifikován jako typ 1a podle ČSN EN 943-1+A1, splňuje požadavky ČSN EN 943-2 a je určen pro opakované použití.

3.3 K zajištění maximálních ochranných vlastností je požadován materiál oděvu složený nejméně ze tří ochranných vrstev nanesených na nosné tkanině.

3.4 Integrované holínky a ochranné pětiprsté rukavice jsou připevněné k oděvu způsobem umožňujícím jednoduchou výměnu při poškození.

3.5 Způsob provedení uchycení rukavic umožňuje během použití oděvu vysunutí ruky do vnitřního prostoru oděvu a manipulaci s vysílačkou či otření zorníku.

3.6 POO musí umožňovat použití přilby pro hašení ve stavbách a dalších prostorech dle ČSN EN 443 uvnitř oděvu.

3.7 Zapínání POO musí být řešeno plynotěsným zipem krytým ochrannou légou se suchým zipem.

3.8 POO musí být vybaven velkoplošným zorníkem vlepeným do oděvu odolným vůči mechanickému poškození.

3.9 Minimální doba použitelnosti a životnosti POO je 10 let.

3.10 POO musí být dodáván v minimálním rozsahu velikostí pro postavy 170 cm až 210 cm vysoké s volitelnou velikostí holínek a rukavic.

3.11 Oděv je možné skladovat složený v přepravní brašně.

3.12 Materiál POO musí umožňovat provádění oprav drobných poškození.

4 Příslušenství

4.1 Součástí dodávky musí být:

- a) přepravní brašna na oděv,
- b) mazací tyčinka na zip,
- c) bavlněné vnitřní rukavice.

5 Další požadavky

- a) kopie certifikátu o ES přezkoušení k danému typu oděvu,
- b) prohlášení o shodě, vydané výrobcem oděvu k danému typu oděvu,
- c) originální návod na použití výrobce,
- d) český návod na použití musí obsahovat termíny, postup a parametry zkoušky oděvu,
- e) informace o odolnosti protichemického ochranného oděvu na výrobcem zkoušené chemikálie,
- f) dodavatel zajistí záruční a pozáruční servis oděvů v České republice, součástí nabídky bude seznam servisních míst v České republice včetně adresy a kopií originálních dokladů o odborné způsobilosti (nemusí být v českém jazyce),
- g) protichemický ochranný oděv není starší 1 rok od data výroby,
- h) velikosti protichemického ochranného oděvu, obuvi a rukavic stanoví koncový odběratel,
- i) protokol o výstupní kontrole POO, resp. tlakové zkoušce POO [11].