



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**

**Příčiny termických poranění hasičů v souvislosti s likvidací požáru  
ve vnitřním prostoru**

**The Causes of Thermal Injuries of Firefighter in Connection  
with the Liquidation of Fire in the Interior**

Bakalářská práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Plánování a řízení krizových situací

Vedoucí práce: Ing. Jan Žižka

**Petr Vejražka**

---

**Kladno, květen 2017**



## Z a d á n í   b a k a l á ř s k é   p r á c e

Student: **Petr Vejražka**  
Obor: Plánování a řízení krizových situací  
Téma: **Příčiny vzniku termických poranění hasičů v souvislosti s likvidací požáru ve vnitřním prostoru**  
Téma anglicky: The Causes of Thermal Injuries of Firefighters in Connection with the Liquidation of Fire in the Interior

### Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :

Cílem bakalářské práce bude analyzovat problematiku příčin vzniku termických poranění hasičů, při likvidaci požáru ve vnitřních prostorech.

V teoretické části budou objasněny základní pojmy taktiky zdolávání požáru ve vnitřním prostoru a vybrané okruhy týkající se tepelného komfortu zasahujících hasičů. Budou popsány předpisy týkající se dané problematiky a představen systém odborné přípravy.

V praktické části bude zpracována statistika termických poranění, při reálných událostech a současně statistika zranění z výcvikového zařízení Zbiroh. Část práce bude věnována analýze vybraných fyziologických hodnot z experimentů provedených v prostředí ohňového trenažéru. Na základě vyhodnocení příčin vzniku termických poranění zasahujících hasičů budou navržena opatření vedoucí ke zvýšení bezpečnosti při pohybu v podmínkách likvidace požáru v uzavřeném prostoru.

### Seznam odborné literatury:

- [1] KVARČÁK, Miloš, Základy požární ochrany, ed. 1., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, ISBN 80-86634-76-0
- [2] BLAHOŽ, Vladimír a KADLEC, Zdeněk, Základy sdílení tepla, ed. 1., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996, ISBN 80-902001-1-7
- [3] KUČERA, Petr, Požární inženýrství: dynamika požáru, ed. 1., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009, ISBN 978-80-7385-074-6
- [4] Kolektiv autorů, Bojový řád jednotek požární ochrany, ed. 1., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 561 s., ISBN 978-80-7385-026-5

Zadání platné do: 11.09.2018

Vedoucí: Ing. Jan Žižka

.....  
vedoucí katedry / pracoviště

.....  
děkan

V Kladně dne 23.02.2017



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Příčiny termických poranění hasičů v souvislosti s likvidací požáru ve vnitřním prostoru 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).

V Kladně dne 10. 05. 2017

.....  
podpis

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Janu Žižkovi, za trpělivost, odborné vedení, cenné připomínky a předané zkušenosti při zpracování bakalářské práce. Dále pak děkuji za poskytnuté informace Hasičskému záchrannému sboru Středočeského kraje a panu Janu Kyselému ze Záchrané roty Zbiroh.

## **Abstrakt**

Obsahem bakalářské práce je problematika vzniku termických poranění zasahujících hasičů ve vnitřním prostoru. Práce je zaměřena na analýzu příčin vzniku těchto poranění s ohledem na jejich rizikovost a závažnost.

V teoretické části práce jsou popsána termická poranění vznikající při likvidaci požárů v uzavřeném prostoru a jejich možný výskyt s ohledem na prostředí, ve kterém se zasahující hasiči pohybují. Dále jsou u vybraných typů požárů uvedena nebezpečí, kdy charakteristika události splňuje parametry požáru v uzavřeném prostoru. Charakterizovány jsou formy sdílení tepla působící na hasiče, dynamika požáru s ohledem na nelineární formy hoření a jevy s tím spojené. Je zde představen současný systém odborné přípravy příslušníků Hasičského záchranného sboru ČR, jako nástroj pro nácvik bezpečných postupů při likvidaci požáru v uzavřeném prostoru.

Součástí práce bylo vyhodnocení vybraných dat, získaných při experimentálním měření provedeném ve výcvikovém zařízení simulující reálné podmínky požáru ve Zbirohu. Bakalářská práce obsahuje popis výcvikové zařízení ve Zbirohu a průběh vlastního experimentu.

Praktická část práce se zabývá rozborem vzniklých termických poranění při likvidaci požárů v uzavřeném prostoru. Dále analyzuje poranění vzniklá při výcvicích v trenažeru reálných podmínek požáru ve Zbirohu a jejich vzájemnému porovnání. Na závěr jsou v práci diskutovány vybrané naměřené hodnoty získané při experimentálním měření z pohledu ohrožení hasičů termickými účinky.

## **Klíčová slova**

Termická poranění, příčiny, uzavřený prostor, požáry, hasiči

## **Abstract**

The Bachelor paper focuses on the issue of thermal injuries of intervening fire fighters in the interior. The paper contains an analysis of causes of occurrence of such injuries with regard to their risks and severity.

The theoretical part of the paper describes thermal injuries resulting from an elimination of fires in a confined space and their possible occurrence with regard to the environment in which the intervening fire fighters move. Furthermore, the work determines risks in selected types of fires when the nature of the event fulfils parameters of a fire in a confined space. The forms of heat sharing affecting the fire fighters, dynamics of a fire with regard to nonlinear forms of combustion and related phenomena are characterised here. The paper also introduces current system of professional training of members of the Fire Brigade of CR as a tool for practising safe procedures in elimination of a fire in a confined space.

A part of the work was an assessment of collected data, obtained during the experimental measurement carried out in the training centre Zbiroh, simulating real conditions of a fire. The Bachelor work contains description of the training centre Zbiroh and course of the experiment.

The practical part of the work deals with an analysis of thermal injuries aroused within an elimination of a fire in a confined space. It furthermore analyses injuries aroused within trainings in the simulator of real conditions of a fire and their mutual comparisons. The conclusion of the paper analyses selected measured values obtained within experimental measurement from the perspective of threat to the fire fighters by thermal effects.

## **Keywords**

Thermal injuries, causes, confined space, fires, fire fighters.

# Obsah

1	Úvod.....	9
2	Současný stav .....	10
2.1	Přehled současného stavu .....	10
2.2	Závažnost termických poranění a první pomoc.....	10
2.3	Dynamika požáru a sdílení tepla .....	13
2.3.1	Ovlivňující faktory pro požáry v uzavřeném prostoru.....	17
2.4	Odborná příprava zaměřená na problematiku .....	19
2.4.1	Nebezpečí termických zranění při požáru ve vnitřním prostoru podle bojového řádu jednotek PO.....	22
2.4.2	Technika hašení v uzavřeném prostoru .....	23
2.5	Ochranné prostředky .....	24
2.6	Tepelný komfort .....	27
2.7	Experiment prováděný ve výcvikovém zařízení pro simulaci reálných podmínek požáru ve Zbirohu 2016 .....	29
2.7.1	Dohledový systém FlexiGuard.....	30
3	Cíl práce a hypotézy.....	33
4	Metodika .....	35
5	Výsledky .....	36
5.1	Události v České republice za období 2007 – 2016.....	36
5.2	Statistika událostí HZS Středočeského kraje s příznaky termických poranění vzniklých v souvislosti s likvidací požáru ve vnitřním prostou.....	37
5.3	Poranění vzniklá při výcviku ve výcvikovém zařízení simulujícím reálné podmínky požáru ve Zbirohu.....	42
5.3.1	Stručný popis výcvikového zařízení .....	42
5.3.2	Statistika poranění ve výcvikovém zařízení.....	43

5.4	Vybrané výsledky z experimentu.....	48
6	Diskuze.....	50
6.1	Experimentální měření Zbiroh 2016.....	54
7	Závěr .....	56
8	Seznam použitých zkratk.....	57
9	Seznam použité literatury.....	58
10	Seznam použitých obrázků .....	62
11	Seznamu použitých tabulek.....	63
12	Seznam Příloh .....	64



# 1 ÚVOD

Termická poranění zasahujících hasičů při požárech v uzavřeném prostoru jsou rizikové úrazy, zpravidla s dlouhou délkou léčení. Závažnost těchto poranění je závislá na rozsahu a stupni zraněných zasahujících. Příčiny vzniku termických poranění zasahujících hasičů v uzavřeném prostoru nesou svá jistá specifika.

V souvislosti s geometrií vnitřního prostoru se může jednat o zakouřený prostor. Hasiči se pohybují v neznámém prostředí s neznámým místem ohniska požáru. Tento pro hasiče neznámý prostor má za příčinu ztíženou možnost úniku při počínajícím vnímání tepelné nepohody. Tyto příznaky nesou riziko vzniku termických poranění, která jsou v přímé souvislosti se sdílením tepla ve všech jeho formách. Dalším aspektem, který ovlivňuje příčinu vzniklých termických poranění je vystrojení osobními ochrannými prostředky, jejich stav a správnost použití. Samostatnou kapitolou pro vznik termických poranění je pak úroveň znalostí, nabytých při odborné přípravě absolvované od základní odborné přípravy hasičů přes pravidelná školení na stanicích hasičského záchranného sboru po speciálně zaměřené kurzy. Součástí těchto školení není příprava pouze teoretická, ale v současné době i praktická v podobě výcvikových trenažerů simulující reálné podmínky požáru ve vnitřních prostorech. Úroveň teoretických znalostí, praktických zkušeností získaných reálnými událostmi, včetně poznatků získaných ve výcvikových zařízeních simulující reálné podmínky požáru mají zlepšovat reakce zasahujících hasičů při skutečných požárech v uzavřeném prostoru. To by mělo vést i ke snížení počtu termických poranění.

Cílem práce je analyzovat příčiny termických zranění vzniklých při reálných událostech a stejně tak analyzovat termická poranění vzniklá při výcviku v zařízení simulující reálné podmínky požáru ve Zbirohu.

## **2 SOUČASNÝ STAV**

### **2.1 Přehled současného stavu**

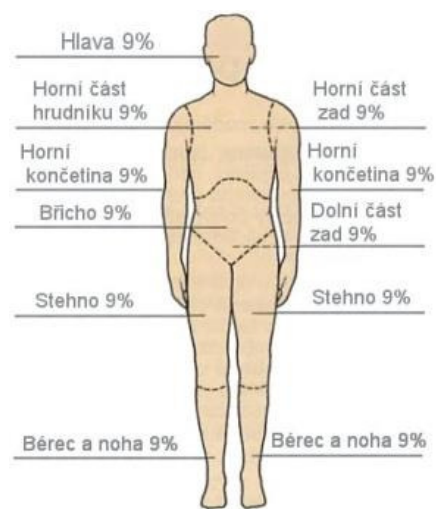
Termická poranění vznikající při likvidaci požárů v uzavřených prostorech jsou poranění velmi riziková. Pro zasahující hasiče je důležité znát příčiny vzniku těchto poranění a jejich závažnost. Tyto vědomosti je možné získat v rámci odborné přípravy Hasičského záchranného sboru ČR (dále jen „HZS“), nebo dalším individuálním studiem odborné literatury zaměřujícím se na tuto problematiku. Vlastním nastudováním dostupné odborné literatury zaměřující se na tuto problematiku, byla v rámci této práce použita literatura obecně dostupná všem příslušníkům HZS ČR ve formě Bojového řádu jednotek požární ochrany (dále jen „PO“) a Konspektů odborné přípravy. Dále byla použita literatura předních odborníků zabývajících se problematikou hašení požárů v uzavřeném prostoru se souvislostí s možným vznikem termických poranění.

### **2.2 Závažnost termických poranění a první pomoc**

Termická poranění jsou způsobena působením tepelných vlivů na organismus. Mohou být způsobena jak nadměrným horkem, tak i nadměrnou zimou. Příčinou termických poranění může být také například úraz elektrickým proudem. Tato poranění poškozují kůži, hlubší tkáně a v nejhorších případech mohou člověka usmrtit. Termická poranění hasičů vznikající při likvidaci požárů ve vnitřním prostoru, jsou způsobena pouze působením nadměrného tepla. Z tohoto důvodu budou dále popsány pouze zranění charakteristická s příčinou vzniku v podmínkách působení vysokých teplot [1].

Významným druhem termických poranění jsou popáleniny. Popáleniny jsou typem poranění způsobené vysokými teplotami. Popáleninové trauma, termický úraz vzniká v případě dostatečně dlouhého působení nadprahové hodnoty tepla přímým i nepřímým způsobem na organismus. Tímto působením dochází k povrchové nebo hluboké destrukci kůže a podkožních tkání [2]. Popáleniny můžeme dělit na popáleniny suché, které způsobují plameny, nebo horká tělesa a popáleniny mokré, které způsobuje pára nebo horké kapaliny. Poškození kůže při popáleninách a poškození sliznic, vyplaví

tkaninové mediátory, které poškozují kapiláry v celém organismu. Vlivem popáleniny nekontrolovatelně uniká plazma a vzniká generalizovaný otok a hypovolemie. Bezprostředním následkem popálenin bývá agresivní forma šoku. Při vdechnutí horkého dýmu vznikne otok sliznic dýchacích cest a obstrukce dýchacích cest. Lze počítat s rizikem vzniku hypovolemického šoku při popáleninách vyšších 20 % povrchu těla u dospělých osob. Pokud dojde k popálení o rozloze větší než dlaň, je vhodné ošetření zdravotnickým personálem. Za nebezpečné se považují popáleniny v oblasti obličeje, krku a hrudníku, vzhledem k možnosti popálení dýchacích cest [2]. Pro výpočet plochy popálenin se používá takzvané pravidlo devíti, které má význam pro následnou léčbu



Obr. 1 - Pravidlo devíti

Dostupné z: [<http://www.prvni-pomoc.com/pravidlo-deviti-popaleniny>]

Dalším dělením popálenin je dělení vzhledem ke stupni poškození. Popáleniny rozdělujeme do několika stupňů. Podle mezinárodní klasifikace jsou popáleniny děleny na povrchní poškození a popáleniny, což představují stupeň I a stupeň IIA a na stupně hlubokého poškození což představují stupně IIB, III a stupeň IV. Stupeň I je povrchové poškození kůže s typickým zarudnutím, zvýšenou teplotou a bolestivostí. Stupeň IIA je zasažení také povrchové, při kterém je kůže také zarudlá a dochází k tvorbě puchýřů. Po odloučení puchýřů je pod nimi kůže zrudovělá, která je standardně prokrvená a spontánně se hojí a zůstává pouze pigmentová změna. Stupeň IIB je již hlubší poškození, které různém rozsahu zasahuje i škáru, neboli dermis. Toto poškození je slině bolestivé, velmi dlouho hojivé a zůstávají po něm jizvy. Stupeň III je charakterizován nektrózou. Nektróza je zčernání kůže v celé tloušťce a vzhledem

k tomu, že dochází, ke zničení nervových zakončení není doprovázena silnou bolestí. Zmíněn byl i stupeň IV. který kromě nekrózy představuje zasažení hlubších tkání, jako například svalů, šlach nebo kostí [3]. První pomoc u popálenin je velmi důležitá, jelikož lze vhodným poskytnutím první pomoci ovlivnit šíření popáleniny a také hloubku popáleniny. Nevhodný způsob naopak situaci zhorčuje [3]. Cílem první pomoci je snížit účinek tepla, zabránit infekci, snížit bolest a oddálit nástup šoku. Je nezbytné chladit popáleniny studenou vodou a to až do rozsahu 50 % povrchu těla 10 až 20 minut, ovšem s ohledem na možné podchlazení postiženého. Nepostižené oblasti je nutné chránit proti podchlazení. Pokud je to možné, je důležité z postiženého místa svléknout oděv ovšem v žádném případě pokud je přiškvařený. Po ochlazení provést překrytí postižených oblastí nepřilnavým obvazem, mikrotenovým sáčkem, nebo potravinářskou fólií, provést protišokové opatření a zajistit lékařskou péči [2].

Přehřátí organismu je dalším možným termickým poškozením, které by mohlo být způsobeno zásahem hasičů v uzavřeném prostoru. Vzniká působením nadměrného tepla, což je ovlivněno právě pohybem zasahujících hasičů v blízkosti pásma hoření, vysokými teplotami uvnitř prostoru, zvýšenou námahou a samozřejmě používáním ochranných pomůcek a ochranných obleků určených pro zásah. Tento tepelný úraz je způsoben vlivem vysoké teploty. Jeho nejzávažnější formou je přehřátí a tepelný úpal. Tyto formy jsou způsobeny krom tepla také dehydratací, ztrátou elektrolytů a selháváním termoregulace [2]. Vyčerpání z tepla neboli přehřátí je ve své podstatě akutní hypertermie následkem dehydratace. Vzniká tím, že organismus se nestačí sám ochlazovat vzhledem k extrémním vnějším podmínkám, nebo pro zvýšenou produkci tepla se zvyšuje teplota jádra. Tepelný úpal je hypertermie se selháváním termoregulace, která se spojuje se selháváním důležitých orgánů a postižením centrálního nervového systému. Tepelný úpal se rozlišuje na námahový, který je způsobený nadměrně zvýšenou nebo dlouhodobou námahou a na tepelný úpal klasický, který může být způsobený vystavením organismu vysokým teplotám [2]. Bez funkční termoregulace v důsledku bazální rychlosti metabolismu stoupá teplota těla přibližně o 1,1 °C/hodinu. Tento vzestup může být vyšší, pokud je okolní teplota vyšší, nebo při zvýšené námaze. Tělo odevzdává teploty do okolí čtyřmi způsoby. Prvním způsobem je přímý kontakt s jiným povrchem. Při tomto kontaktu je tepelná ztráta přibližně 2 %. Druhým způsobem odevzdávání tepla je sálání do okolí. Tato tepelná ztráta o hodnotě přibližně

10 % je ovšem splněn pouze za podmínek, že okolní teplota nepřesahuje teplotu těla. Dalším tepelný přenos je organismus schopen předat vyzařováním pomocí elektromagnetického vlnění o výši přibližně 65 %, ovšem opět za podmínek že není okolní teplota vyšší než teplota těla. Posledním přenosem teploty z organismu je vypařování, kdy tělo schopno přibližně 30 % ztrát vlastní přeměnou tělních tekutin na plynnou fázi. Tato forma je jediná funkční při přesažení okolní teploty 35 °C, kdy se zastavuje vyzařování. Pokud ovšem dosáhne relativní vlhkost ovzduší 100 %, selhává i tento způsob a začíná přehřívání organismu [2].

První pomoc u tohoto typu poranění je dostat osobu do chladného prostoru, sledovat vědomí, dýchání a cirkulaci. Chladit postiženého jakýmkoliv způsobem a potírat povrch těla vlažnou, nikoliv studenou vodou. Postiženou osobu je důležité ovívat z důvodu urychlení odpařování, případně postiženého přikrýt vlhkým prostěradlem. Pokud nedojde ke zmírnění příznaků do třiceti minut, zajistit lékařskou pomoc [2].

### **2.3 Dynamika požáru a sdílení tepla**

Všechna tato výše uvedená termická poranění mohou vzniknout při činnostech hasičů směřujících k likvidaci požárů ve vnitřním prostoru. Pokud hovoříme o termických poranění zasahujících hasičů ve vnitřním prostoru, je velmi důležité znát základní pravidla dynamiky požáru, hašení a sdílení tepla v tomto prostředí ve vztahu na následnou reakci organismu.

Hoření vzniká působením tepla na hořlavé materiály a tím dochází k dalším fyzikálním a chemickým pochodům. Samotným základem pro proces hoření je splnění určitých podmínek, kdy je potřebná přítomnost hořlavé látky, paliva, oxidačního činidla což je například kyslík obsažený ve vzduchu, a samotné teplo tedy zdroj zapálení [4]. Produktem hoření je teplo závislé na velikosti plamenů, světlo vzniklé od plamenů, kouř obsahující velké množství chemických látek včetně nespálených hořlavých plynů a tuhý zbytek ve formě paliva. Hoření je možné rozdělit do dvou skupin z pohledu kontroly hoření. V jedné skupině je hoření definováno jako oheň, kdy je tento jev kontrolován lidmi v určitém ohraničeném prostoru. Druhým typem je požár, který je definován jako nekontrolovatelné hoření a prostor, který není předem určen. Požár ovšem může



vzniknout od ohně [5]. Pokud hovoříme o poraněních, která mohou vzniknout při požárech ve vnitřním prostoru, je důležité zmínit rozdělení druhu požárů ve smyslu, čím jsou tyto požáry řízeny. Při požáru ke kterému dochází na volném prostranství, je dostatek neustálého přístupu vzduchu. Pokud již iniciace proběhla, jedná se o požár a záleží pouze na množství hořlavé látky, mluvíme o požáru, který je řízen palivem. Pokud ovšem mluvíme o požárech ve vnitřním prostoru, mluvíme o požárech řízených ventilací, nebo odvětráním. Požár v uzavřeném prostoru má svůj specifický průběh závislý nejen na celkovém požárním zatížení, ale také na rozměrech prostoru, vlastní geometrii hořícího prostoru na jeho odizolování a právě na větracích parametrech prostoru [5]. Kouř, jako produkt hoření, který obsahuje toxické látky pro organismus, ztěžuje pohyb a orientaci v místě požáru mimo jiné obsahuje i nespálené zplodiny hoření a zasahující hasiči musejí počítat s možností, že může dojít ke vznícení těchto zplodin, nebo dokonce k jejich explozi [6]. Při vzniku malého ohně (požáru), dochází k rozhořování zatím izolovaného materiálu. V tomto časovém úseku požáru se především uvolňuje vodní pára a oxid uhličitý a v malém množství oxid uhelnatý a oxid siřičitý. V místnosti postupně narůstá teplota přibližně nad 40 °C a teplota plamene může dosahovat 500 °C. Pokud se ovšem shromáždí větší množství hořlavých plynů již v počáteční fázi požáru, dochází ke vzniku jevu rollover, tedy žíhavým plamenům. Tento jev je způsoben nahromaděním hořlavých plynů pod stropem v hořícím uzavřeném prostoru, které jsou vytlačovány zplodinami hoření z hořícího prostoru, kde dochází ke smíšení se vzduchem a následkem toho se vytváří taková koncentrace zahřátých hořlavých plynů a vzdušného kyslíku, že dochází k jejich vznícení a může docházet k rychlému rozšíření požáru [6].

V době, kdy dojde ke stabilizaci rychlosti rozhořování a k určitému stupni rozežhívání, se vytvoří podmínky pro prostorové vznícení, které se nazývá flashover [5]. Flashover je ve své podstatě jev, ke kterému dochází v tom případě, kdy vlivem požáru dosáhnou všechny hořlavé materiály v prostoru takové teploty, kdy všechny náhle vzplanou. Tento jev nastane pouze tehdy, pokud je v prostoru stále dostatečné množství vzdušného kyslíku. Vznikem vysokých plamenů se přemění laminární proudění v proudění turbulentní a tím dojde k vysokému prohřátí všech hořlavých materiálů v prostoru [6].

Dalším nebezpečným jevem vznikajícím při požárech v uzavřeném prostoru je explozivní hoření neboli backdraft. Při volném rozvoji požáru v uzavřeném prostoru dochází k postupnému snižování koncentrace kyslíku až na takovou úroveň, kdy není možné plamenné hoření. Hořící prostor se vyplňuje hustým kouřem a teplota může dosahovat až 500 °C. Tlak v tomto prostoru rychle narůstá a vlivem k vysoké intenzitě sálavého teplota dochází k uvolňování výbušných plynů z předmětů v prostoru [6]. Vlivem otevření stavebního otvoru například při vstupu hasičů do prostoru, nebo narušením soudržnosti některých křehkých stavebních prvků jako jsou skleněné výplně oken, dojde ke smísení vzdušného obsahu kyslíku s nahromaděným množstvím plynů a snížením koncentrace pod jejich horní mez výbušnosti dochází k backdraftu [6].

Sdílením tepla je nazýván transport tepla mezi objekty (tělesa) s rozdílnou teplotou. Tento přesun tepla nastane vždy, pokud jsou teploty objektů rozdílné. Teplo je ve své podstatě energie, vzniklá z přeměny energií jiných [7]. Tyto energie jsou:

- Chemická
- Jaderná
- Zářivá
- Mechanická
- Elektrická
- Magnetická

Základními pojmy, které se týkají přenosu tepla, jsou teplotní pole, teplotní gradient, tepelný tok, a hustota tepleného toku [7].

**Teplotní pole** určuje rozložení teplot, v určitém časovém okamžiku na všech bodech sledovaného prostoru. Teplotní pole se rozděluje na ustálené a neustálené. Pokud je teplota v jednotlivých bodech stálá jedná se o teplotní pole ustálené. Jestliže se teplota v jednotlivých bodech mění, jedná se o teplotní pole neustálené [7].

**Teplotní gradient** „ je vektor, který udává změnu teploty ve směru normály k izometrickému povrchu (maximální). Kladná hodnota tohoto vektoru se bere ve směru vzrůstající teploty“ [7, str. 4].

**Tepelný tok** neboli tepelný výkon vyjadřuje množství tepla přenášeného za určitý čas [7].

**Hustota tepelného toku** (výkonu) je tepelným tokem ve vztahu na jednotku povrchu [7].

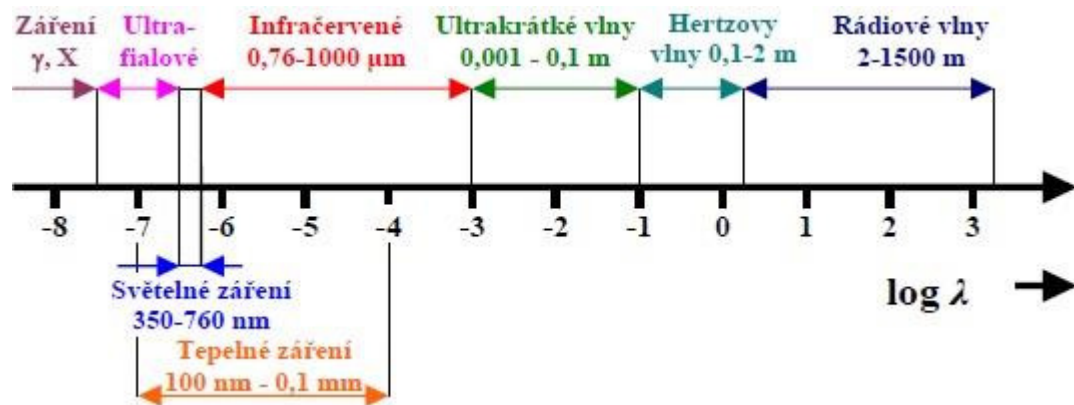
K šíření tepelné energie dochází obecně třemi způsoby sdílení tepla. Jedná se o sdílení tepla vedením, prouděním a sáláním [4].

**Sdílení tepla vedením** (kondukcí) je fyzikální děj, jehož podstata spočívá v pohybu strukturálních částic hmoty. Tento děj je uskutečněn v plynech difúzí molekul a atomů. V kapalinách a dielektrických pevných tělesech vzniká pružným vlněním. V kovech se uskutečňuje difúzí volných elektronů. V čisté formě dochází k vedení tepla u pevných těles. V tekutinách pouze za podmínek, při kterých je vliv pohybu zanedbatelný. Základním zákonem pro vedení tepla je Fourierův zákon, který vyjadřuje vztah mezi hustotou tepelného výkonu a teplotním gradientem [7]. Rychlost vedení tepla danou látkou je vyjadřována tepelnou vodivostí. Tato tepelná vodivost vyjadřuje schopnost a rychlost vést teplo ze zahřátých částí do částí s nižší teplotou stejného materiálu a je závislá na druhu materiálu [8]. Tepelnou vodivost charakterizuje součinitel tepelné vodivosti. Součinitel tepelné vodivosti je množstvím tepla, které projde tělesem za jednotku času. Nejvyšší hodnotu součinitele tepelné vodivosti mají kovy [7].

**Sdílení tepla prouděním** (konvekci) v čisté formě neexistuje, protože je provázeno vždy vedením tepla. Probíhá v kapalinách a plynech, nebo na rozhraní kapaliny a pevného tělesa. Přenos tepla mezi kapalinou a pevným materiálem při jejich styku se nazývá přestup tepla. Pro určení tepelného toku a jeho výpočtu je používán Newtonův ochlazovací zákon pro ochlazování tekutiny, nebo pro ohřev tekutiny [7]. Významnou veličinou pro přestup tepla je součinitel přestupu tepla [9]. Tato veličina

přestupu tepla závisí na fyzikálních charakteristikách tekutiny, na tvaru obtékaného tělesa a směru proudění vzhledem k povrchu tělesa. Nejnižší hodnoty má součinitel přestupu tepla při přirozené konvenci. Pokud je pohyb (proudění) ovlivněn, jedná se o vynucenou konvekci a součinitel přestupu tepla je vyšší. Vysokých hodnot pak dosahuje při změně skupenství (var kapalin, kondenzace par) [7].

**Sdílení tepla sáláním** (radiací) je v podstatě elektromagnetické vlnění vzniklé v důsledku tepelného stavu těles. Radiace nevyžaduje k přenosu tepelné energie hmotné prostředí. Dopadem záření na tělesa jiná, nebo průchodem jinými tělesy, se část zářivé energie mění na energii tepelnou [7].



Obr. 2 - Elektromagnetické vlnění

Dostupné z: [[http://ottp.fme.vutbr.cz/~pavelek/termo/19\\_Zareni.pdf](http://ottp.fme.vutbr.cz/~pavelek/termo/19_Zareni.pdf)]

Intenzita vyzařování těles s ohledem na skutečné vlastnosti těles je definována pomocí upraveného Stefanova - Boltzmannova zákona. Záření jako forma přenosu tepla je velmi složitý děj, který ovlivňuje více těles ve sledované soustavě. Tepelná bilance daného tělesa je určena jeho vlastním vyzařováním a také pohlcováním záření těles jiných a energií odraženého záření. Sálání (záření) je velmi často podílející se forma sdílení tepla při vzniku požárů, nebo vlastním rozvoji požáru. Při zásahu požárních jednotek stěžuje zásah [7].

### 2.3.1 Ovlivňující faktory pro požáry v uzavřeném prostoru

Při likvidaci požárů v uzavřeném prostoru je důležité zohlednit několik faktorů, které mají zásadní vliv na rozvoj požáru. Jedná se o teplotu při požáru a rychlost šíření

požáru. Tyto znalosti ovlivňují míru rizika vzniku termického poranění hasičů. Faktorů, které mají vliv na rozvoj požáru v uzavřeném prostoru, je několik. Je to především vlastní geometrie uzavřeného prostoru. Umístění iniciačního zdroje, typ a množství paliva. Dále velikost stavebních otvorů a jejich vlastní umístění v prostoru a vlastní materiálové vlastnosti stavebních konstrukcí ohraničující uzavřený prostor [10].

Iniciačním zdrojem může být pouhá jiskra s nízkou energií, nebo otevřený plamen. Zdroj iniciace může být chemický, elektrický, nebo mechanický. Čím silnější je zdroj, tím rychleji dochází k nárůstu požáru na palivu. Pokud dojde k zapálení například cigaretou, trvá velmi dlouho, než se objeví plamenné hoření. Při nižších teplotách hoření a absenci plamene je uvolňováno do prostoru velké množství toxických plynů. Naopak při zapálení plamenem dochází většinou k rychlejšímu rozvoji požáru ve formě plamenného hoření [10].

Druh a množství hořlavého materiálu, je jedním z hlavních faktorů, které zásadně ovlivňují rozvoj požáru. V uzavřených prostorech lze převážně za hořlavý materiál považovat vybavení těchto prostor. Především se jedná o nábytek. Materiál, ze kterého je nábytek vytvořen má také vliv na rozvoj a velikost požáru. Masivní dřevěný nábytek se pomaleji rozhořívá, ačkoliv následně způsobuje požár o větších rozměrech. Naopak nábytek vyrobený z plastu má vliv na velmi rychlý rozvoj požáru. Rychlý nárůst požáru je obecně nebezpečnějším jevem než velký požár. Rozvoj požáru je také ovlivněn rozmístěním paliva. S ohledem na přístup studeného vzduchu je rychlejší rozvoj požáru na palivu umístěném v prostoru, než je rozvoj požáru na palivu u stěn prostoru. Vliv má samozřejmě i rozestup mezi jednotlivými zdroji paliva v prostoru což má vliv na rychlost rozvoje. Požár se šíří mnohem rychleji vertikálně než horizontálně. V tomto ohledu působí na rozvoj požár skladba použitých materiálů na obkladech stropů nebo stěn [10].

Vlastní geometrie prostoru, ve kterém vzniká požár, ovlivňuje jeho vlastnosti následovně. Pro rozvoj požáru v takovém prostoru je určující jeho vlastní velikost, plocha podlahy, výška stropu. Velikost prostoru ovlivňuje teplotu. Pokud dojde k požáru v malé místnosti, teplota rychle narůstá. Při stejném množství paliva ve velkém uzavřeném prostoru jsou teploty nižší. Velikost prostoru také ovlivňuje míru zakouření



s ohledem na výšku stropu. V malém prostoru s nízkým stropem dochází mnohem rychlejšímu zakouření než v prostoru velkém se stropem vysokým. U nízkých stropů hrozí také šíření plamenů a tím se zvyšuje zpětná vazba na hořlavé předměty (palivo v prostoru). V prostorách s velkou rozlohou a vysokými stropy dochází k šíření požáru především ve formě radiace. V tomto případě ovlivňuje další rozvoj především rozmístění předmětů. Pokud má ovšem prostor o velké rozloze nízký strop dochází k intenzivní zpětné vazbě z horké vrstvy a stropních plamenů v blízkosti zdroje požáru. Do prostoru je nasáván studený vzduch a nezahřívá se strop. Tímto vlivem není zpočátku tepelné proudění směrem k dalším hořlavým materiálům tak intenzivní a intenzita tepla je především směřována ke zdroji požáru. Při požárech uzavřených prostor o střední velikosti s omezeným, nebo žádným přístupem vzduchu, může způsobit nedostatek kyslíku uhasnutí, nebo k velmi pomalému odhořívání požáru [10].

Při požárech v uzavřených prostorech hrají velkou roli stavební otvory. Tyto otvory mohou odvádět horké plyny z prostoru požáru, ale také mohou pro požár dodávat potřebné oxidovadlo ve formě kyslíku obsaženého ve vzduchu. Důležitým faktorem pro rozvoj požáru je vlastní velikost a počet těchto otvorů. Při požáru řízeném ventilací je síla hoření přímo ovlivněna možností přístupu vzduchu do prostoru požáru [10].

Teplotu horkých plynů, a tím tepelné proudění k hořícímu palivu a jiným hořlavým látkám, ovlivňuje do jisté míry i materiál, z něhož je postavena ohraničující konstrukce uzavřeného prostoru. Důležitá je vlastnost tohoto stavebního materiálu, která je souhrnně nazývána teplotní netečnost. Teplotní netečnost v sobě zahrnuje vlastnosti jako je tepelná vodivost, hustota a tepelná kapacita. Nízká hodnota tepelné netečnosti znamená méně přijímaného tepla [10].

## **2.4 Odborná příprava zaměřená na problematiku**

Pokud hovoříme o odborné přípravě ve formě teoretických znalostí a praktických dovedností je po přijetí nového příslušníka, nebo zaměstnance nezbytné k získání základních znalostí absolvování základní odborné přípravy. Cílem této přípravy je získání odborných znalostí, dovedností a návyků nových příslušníků HZS ČR v oblastech jejich působnosti. Z rozsahu znalostí nabytých tímto kurzem je vyjmuta

problematika vztahující se k tématu této práce, jako jsou podmínky pro vznik rozvoje požáru, druhy hasiv a vhodnost jejich použití, jednotlivá nebezpečí při zdolávání mimořádných událostí a znalost způsobu ochrany před nimi a postupy základních činností při nejběžnějších zásazích jednotek PO. Dalším důležitým aspektem je, že nováček je naučen používat osobní ochranné prostředky ve vybavení jednotek PO [11]. V průběhu kurzu je účastník průběžně zkoušen a hodnocen. Uzavřením klasifikace na základě průběžného hodnocení je účastník kurzu přezkoušen před komisí jmenovanou ředitelem vzdělávacího zařízení formou závěrečné ústní zkoušky. Pravidelnou odbornou přípravu, jako teoretickou i praktickou formu znalostí příslušníků Hasičského záchranného sboru České republiky upravuje sbírka interních aktů řízení generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky č. 57/2013. V tomto pokynu je uvedeno, že témata k odborné přípravě vyhláší náměstek generálního ředitele HZS pro Integrovaný záchranný systém. Témata vyhlášená pro daný výcvikový rok, mají být v určeném rozsahu proškolená a provedena. Ředitelé HZS krajů, velitel záchranného útvaru a velitelé HZS podniků řídí a organizují pravidelnou odbornou přípravu příslušníků a zaměstnanců jednotek požární ochrany a také zajišťují zpracování ročního plánu pravidelné odborné přípravy [12]. Pokyn dále upravuje mimo jiné, sestavení ročního plánu kde je nutné stanovit teoretickou přípravu, prověřovací a taktická cvičení, tělesnou přípravu, ověřování znalostí bezpečnosti práce a ověření znalostí dovednosti a teoretických znalostí u každého hasiče jednotky požární ochrany [11].

V teoretické rovině je problematika příčin termických poranění hasičů formulována především v Bojovém řádu jednotek PO (dále jen „BŘJOP“). BŘJOP, je pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR [13], kde jsou v souborech upřesněny taktické postupy pro zasahující hasiče při událostech různých typů. V tomto sborníku postupů jsou mimo jiné také kapitoly s metodickými listy, které zahrnují buď taktiku zásahu při konkrétních zásazích, nebo možné nebezpečí vzniklé zásahem samotným. V metodických listech BŘJOP označených písmenem „P“ (požární zásah), je řešena taktika zásahu. Termická poranění obecně mohou dle jednotlivých metodických listů BŘJOP vzniknout při každém požárním zásahu. Riziko vzniku poranění ve vnitřním prostoru v souvislosti s působením tepelné energie jsou pak řešena vybranými metodickými listy v kapitole „P“ (požár) BRJPO [14].

Nebezpečí, která jsou zdrojem ohrožení způsobená tepelnou expozicí, jsou rovněž řešena metodickými listy BŘJPO v kapitole označené písmenem „N“ (nebezpečí) [15].

Dalšími podklady pro odbornou přípravu k dané problematice jsou Konspekty odborné přípravy jednotek PO. V konspektech PO jsou uvedeny postupy pro zdolávání mimořádných událostí. Některé konspekty podrobně řeší problematiku vzniku požárů v uzavřeném prostoru, popisují jejich průběh a postup při vlastní likvidaci. Tyto postupy zahrnují určitou míru nebezpečí jako základního zdroje pro možná zranění resp. zdroje ohrožení a rizika. Ohrožení je aktivní vlastností těchto postupů včetně působení okolních podmínek prostředí způsobující úraz a riziko v tomto případě vyjadřuje pravděpodobnost vzniku zranění. Předmětem jednotlivých kapitol konspektů PO je např. taktika zdolávání požárů v uzavřeném prostoru, nebo použití vody jako hasební látky [16]. Nastudováním konspektů PO, znalost jednotlivých metodických listů BŘJPO, případně dalších učebních materiálů zasahujícími hasiči se zvyšuje jejich teoretická odbornost a zároveň se snižuje míra rizika vzniku ohrožení hasičů nebezpečími, vyplývající z dané problematiky.

Praktická odbornost je dosažena praktickými zkušenostmi z prožitých událostí, a v posledních letech i z praktického výcviku v zařízeních simulujících reálné podmínky požáru používaných u Hasičského záchranného sboru České republiky. Tato zařízení jsou obvykle sestavena z ISO kontejnerů a jsou určena pro simulaci podmínek při požáru v uzavřených prostorech. Cílem absolvování těchto specializačních výcviků, které jsou řízeny v několika úrovních je ověřit schopnost hasičů zasahovat v podmínkách požáru v uzavřených prostorech, získávat schopnost rozeznat, vyhodnotit a správně reagovat na dynamické jevy vzniklé průběhem požárů jako jsou žíhavé plameny (rollover), explozivní hoření (backdraft), celkové vzplanutí (flashover) a jiné [17]. Tyto trenážery simulují podmínky při požárech bytů, sklepů a ostatních požárů v uzavřeném prostoru. Praktickým výcvikem hasiči získávají také znalosti o správném a účinném používání technických a ochranných prostředků a ověřují jejich taktické parametry. Dalším přínosem je prohlubování znalosti základní techniky hašení s cílem zmírnit účinky působení požáru na hasiče a bezpečně zdat požár [17].

## 2.4.1 Nebezpečí termických zranění při požáru ve vnitřním prostoru podle bojového řádu jednotek PO

Jak již bylo uvedeno, jsou nebezpečí vedoucí ke vzniku termických poranění u zasahujících hasičů shrnuty v metodických listech BŘJPO, v kapitole označené písmenem „N“. Dále jsou zde uvedeny nebezpečí popálení, nebezpečí opaření a nebezpečí přehřátí. Jedná o zranění způsobená vlivem působení vysokých teplot s rozdílným mechanismem vzniku.

**Nebezpečí popálení** vzniká vlivem všech forem sdílení tepla. K poraněním může dojít především na nechráněných místech těla, na dýchacích cestách nebo takzvaným celkovým ožehnutím hasiče [18].

Poranění vznikající žíhavými plameny ohrožují hasiče hlavně při pohybu v blízkosti pásma hoření a především při otevírání otvorů do prostor, ve kterých probíhalo nedokonalé hoření. V tomto případě dochází ke špatné výměně plynů a důsledkem je vznik hořlavých zplodin hoření s teplotou nad bodem vznícení. Otevřením stavebních otvorů, nebo vytvořením otvoru dojde vlivem přetlaku k vypuzení těchto hořlavých plynů mimo uzavřený prostor. Následným smísením se vzduchem, ve vnějším prostoru dochází k zapálení těchto plynů a ke vzniku žíhavých plamenů ve směru proudění plynů [18]. Další možnost vzniku žíhavých plamenů je při náhlém porušení obvodových stěn. K tomuto porušení dochází především porušením výplně oken vlivem intenzivního hoření. Proud horkých nespálených hořlavých plynů uniká do vnějšího prostoru, kde v podobě žíhavých plamenů shoří [18].

V metodickém listu N 9, Bojového řádu jednotek PO, je Nebezpečí popálení popisováno ve formě působení sálavého tepla ovšem nikoliv v souvislosti s požáry ve vnitřním prostoru. Dále může dojít k popálení formou dotyku s rozpálenými předměty, nebo horkou látkou. Popáleniny vzniklé dotykem vznikají úchopem horkých předmětů, nebo pádem částí stavebních konstrukcí, kapajícími termoplasty a podobně. Popáleniny mohou vzniknout i výbojem elektrického proudu. K popáleninám dýchacích cest dochází vlivem vdechnutí horkých plynů [18].

**Nebezpečí opaření** při požárech ve vnitřním prostoru. Opařenina je ve své podstatě mokrou popáleninou vzniklou vlivem páry, nebo horké kapaliny. Toto nebezpečí, jak uvádí bojový řád jednotek PO, může vzniknout z několika důvodů. Příkladem jsou poruchy rozvodů horké páry, horké vody, olejů, ale i porušením rozvodů studené vody, která byla vystavena působení tepla vzniklého při požáru, nebo dopadala na rozpálené konstrukce [19]. Opaření také může vzniknout samotnou dodávkou hasební vody na požářiště, kdy dochází ke změně skupenství vlivem vysokých teplot a z jednoho litru vody vzniká při teplotě 100 °C, přibližně 1700 litrů páry. Při používání sprchových nebo mlhových proudnic vzniká velké množství páry, která je horká a pod tlakem. Tlak může horké plyny dostat přes všechny vrstvy ochranného zásahového oděvu, včetně funkčního spodního prádla a kukly. Změna skupenství vody v páru může mít vliv na přemístění horkých plynů od stropu k podlaze, kde se nacházejí hasiči. Mění se tak tepelné podmínky v uzavřených prostorech. Vzdušné proudění díky těmto vlivům před sebou tlačí plameny včetně horkých plynů [19].

**Nebezpečí přehřátí** spočívá především ve zvýšení vnitřní teploty neboli teploty jádra. Organismus, který je vystaven dlouhé expozici vysokých teplot, není schopen efektivního odvodu tepla z těla ochlazováním. Tímto dochází k rozšiřování cév a zadržení velkého množství krve z oběhu. Vzniká tak riziko kolapsu organismu [20]. Toto nebezpečí je způsobeno samotným pohybem hasičů v blízkosti pásma hoření. Používáním ochranných prostředků a obleků se riziko přehřátí zvyšuje. Ačkoliv ochranný oděv chrání zasahující hasiče. Přehřátí má za následek sníženou schopnost při jakékoliv činnosti, nárůst tepové frekvence až možnost stavu totálního vyčerpání. Přehřátí zasahujících hasičů nehrozí jen vlivem vysokých teplot produkovaných požárem, ale může ho způsobit i přímé sluneční záření [20].

#### **2.4.2 Technika hašení v uzavřeném prostoru**

Vzhledem k nebezpečím vznikajícím při aplikaci hasební vody při požárech v uzavřených prostorech je důležité zvládat techniku hašení při požárech tohoto typu.

Technika hašení pro požáry v uzavřených prostorech vyžaduje jistá specifika práce s proudnicí a schopnosti reagovat na vyvíjející se podmínky při požáru



těchto prostorech. Prvním požadavkem je speciální druh uchopení proudnice a následná manipulace. V souvislosti s tím je také zcela jinak definována dodávka hasební vody do prostoru požáru s ohledem na situaci a vývoj požáru v uzavřeném prostoru. Tato dodávka vody spočívá v maximálním využití hasebních účinků vody ochlazováním a k využití inertních účinků ve formě páry [21]. Zvládnutí techniky hašení od samotného úchopu proudnice po samotný cit pro dodávkou vody do prostoru hoření je nezbytný pro eliminaci možného termického poranění hasičů při zásazích v uzavřeném prostoru a efektivitu hašení. Typy těchto zásahů vyžadují úchop proudnice takovým způsobem, který umožňuje okamžitě reagovat na změnu situace. Hasič ovládající tuto techniku musí zvládat kontrolu všech funkcí, kterými proudnice disponuje, aniž by viděl na její ovládací prvky. Tento požadavek je dán skutečností, že při zásazích tohoto typu jsou prostory naplněné kouřem a viditelnost je mizivá nebo nulová. Držení proudnice vzešlo z porovnání různých technik používaných ve světě [21].

## 2.5 Ochranné prostředky

Kromě teoretických znalostí a praktických dovedností ochraňuje zasahující hasiče, před vznikem termických poranění především ochranný oděv, včetně rukavic, zásahových bot a zásahové přilby. Tyto prostředky musejí splňovat určitý stupeň ochrany pro zasahující hasiče.

**Zásahový oděv** je složen z několika vrstev textilního materiálu, z nichž každá vrstva má svoji specifickou funkci, která je nezbytná pro splnění celkového efektu ochrany. Všechny vrstvy musí splňovat podmínky pro opakované praní, ošetřování a nošení u zásahu aniž by se znehodnocovali jejich ochranné a komfortní vlastnosti. Dále oblek musí co nejlépe takzvaně sedět, aby byl zachován co nejvyšší efekt ochrany pro svého nositele [22]. Oblek nesmí zvyšovat nebezpečí, nesmí se zapálit a začít hořet v případě, kdy dojde k působení přímého plamene, nebo nesmí dojít k jeho zapálení při kontaktu s kapkami roztaveného kovu, dále oblek nesmí vytvářet otvory, pokud dojde k přímému zasažení plamenem [22].

Při používání ochranného obleku hraje velkou roli množství vzduchových mezer vzniklých mezi tělem a spodním prádlem zasahujícího, ale také počet vzduchových

mezer mezi spodním prádlem a spodní vrstvou ochranného oděvu. Tato vzduchová izolační vrstva je zachovávána i mezi jednotlivými vrstvami ochranného oděvu. Pro samotnou výrobu zášahových oděvů lze požit několik druhů materiálu, ovšem prioritou ve vlastnostech zůstává vždy snížená hořlavost těchto materiálů. Důležitá pro ideální funkčnost obleku je rovnováha mezi ochranou a prodyšností. Přestože by bylo maximálně ideální, aby oblek splňoval tyto dvě kritéria na maximální úrovni, ve své podstatě to není možné docílit. Lehčí oblek je mnohem lepší pro pohyb zatímco se snižují jeho ochranné vlastnosti a samozřejmě naopak [23]. Ochranný oblek je důležitým faktorem pro přenos teploty těla do vnějšího prostředí a přenos teploty z venku na lidské tělo. Při požáru se vnější povrch ochranného obleku naakumuluje teplem produkovaným tepelným zářením a toto teplo prostupuje do vnitřních vrstev obleku. Každá z vrstev ochranného obleku je jinak silná a má jiné fyzikální vlastnosti. Růst teploty vlastnosti těchto jednotlivých vrstev ovšem mění. Vznikem vzduchových mezer vznikají další komplikace při přenosu tepla. Velký vliv má voda obsáhlá v oděvu a pot zasahujícího [23].

Vrstva vnější musí splňovat podmínky odolnosti proti proříznutí, roztržení, propíchnutí a proti plamenům samozřejmě. Touto vnější vrstvou je nejčastěji tkanina, nehořlavá tkanina, která chrání další vrstvy. Nejčastěji používanými materiály jsou Nomex<sup>®</sup>, PBI<sup>®</sup>/Kevlar<sup>®</sup>. Tato vrstva je velmi tepelně namáhána, a proto jsou její ochranné vlastnosti časově omezeny [22].

Další vrstvou je vlhkostní bariéra. Tato vrstva, nebo membrána má především vytvářet ochranu proti vodě, vlhku, větru a chemikáliím. Tato membrána také zajišťuje odpařování potu a tělesné vlhkosti směrem ven. Nejpoužívanější a současně nejznámější používanou membránou je GORE-TEX<sup>®</sup> [22].

Tepelná bariéra je vrstvou třetí, která splňuje především izolační vlastnosti proti pronikání tepla k lidskému tělu. Tato vrstva je odolná vůči konvekčnímu, kondukčnímu i radiačnímu teplu. Nejčastěji bývá vyrobena z tkaniny NOMEX<sup>®</sup>, KEVLAR<sup>®</sup>, nebo kombinovaných materiálů [22].



Obr. 3 - Zásahový oděv Vochoc  
Dostupné z: [[www.goodpro.cz/detail-vyroby.php?idvyrobku=4961](http://www.goodpro.cz/detail-vyroby.php?idvyrobku=4961)]

**Zásahová přilba** je dalším ochranným prostředkem používaným pro zásahovou činnost. Přilby se skládají se převážně ze skořepiny přilby, vnitřní výplní přilby, výstrojí a podbradním řemínkem, adapterů pro masku a zátylníku [24]. Některé nově vyvinuté přilby dosahují odolnosti proti sálavému teplu o teplotě až 1300 °C. Zátylník je nehořlavý a žáruvzdorný stejně jako vystrojení přilby a podbradník [25]. Přilba je definována jako osobní ochranný prostředek chránící hlavu pro zasahující hasiče a je tepelně odolná především proti přímému zasažení plamenem. Skořepina při zasažení musí být samozhášivá a odolná vůči sálavému teplu [26].

**Zásahová obuv** je bezpečnostní obuv nevytvářející jiskry. Musí splňovat maximální možnou odolnost proti nepříznivým vlivům. Mezi tyto nepříznivé vlivy patří odolnost obuvi v těžkém terénu, odolnost pro silně promáčené prostředí, schopnost při překonávání strmých a hladkých ploch. Dále musí být obuv odolná při vstupu do chemických látek, musí být nejiskřivá a samozřejmě musí být odolná pro práci v extrémních teplotních podmínkách [26].

**Zásahové rukavice** jsou další osobní ochranným prostředkem pro hasiče. Stejně jako pro jiné ochranné prostředky určené pro hasiče musí i rukavice splňovat podmínky, které chrání zasahujícího především proti kontaktnímu teplu, účinkům otevřeného plamene, sálavému teplu, propustnosti vody a musí odolávat mechanickým poškozením. Rukavice nesmí nijak omezovat schopnost práce hasiče, nesmí snižovat schopnost manipulace, možnost úchopu. Zásahové rukavice se vyrábějí buď

ze speciálně upravené kůže, která tvoří horní vrchní vrstvu. Vnitřní vrstva je pak většinou odolná proti průsaku vody GORE-TEX® a podšívka odolává proříznutí a je například s KEVLARU® [20]. Dalším typem zásahových rukavic jsou rukavice vyráběné, jako celo textilní. Tyto rukavice mají ve svých nejlepších provedeních 4 vrstvy. Povrchový materiál je nejčastěji tvořen aramidem jako KEVLAR® nebo NOMEX®. Vnitřní vrstvy pak opět tvoří vrstva proti průsaku vody a podšívka proti proříznutí [26].

**Spodní prádlo a kukla** je nehořlavé funkční prádlo složené z úpletu Lenzing FR® viskóza / Merino vlna. Tyto materiály jsou přírodního původu, inherentní a trvale nehořlavé. Chrání proti tepelným vlivům při požáru a odvádí tělesnou vlhkost [27].

## 2.6 Tepelný komfort

Tepelný komfort nebo tepelná pohoda těla jsou naplněné podmínky tepelných poměrů v organismu. Člověku není ani chladno ani teplo a cítí se příjemně. Hasiči při zásahu ovšem provádějí fyzicky náročné práce v prostředí se zvýšenou teplotou, nebo jsou přímo vystaveni tepelnému záření. Lze konstatovat, že při plnění úkolů při likvidaci požárů nelze mluvit o tepelné pohodě zasahujícího hasiče, ale spíše o nepohodě. Vlivem výše zmíněných faktorů může dojít k porušení tepelné pohody a hasičům hrozí popálení nebo přehřátí. Míra a stupeň je v přímé souvislosti s délkou působení tepla na zasahující hasiče a na vlastní intenzitě působení tepla. Pokud jsou ochranné prostředky poškozeny, zvyšuje se míra rizika [23].

Pro tepelný komfort je důležité vědomí, že samotné lidské tělo je neustálým zdrojem tepla a jeho nepřetržitá tepelná produkce může být rozdělena do dvou skupin. Bazální metabolismus, kdy je teplo vydáváno v důsledku biologických procesů. Svalový metabolismus, který je způsoben pohybem, prací a činností člověka. V tabulce č. 1., jsou uvedeny hodnoty ve sloupci W vyjadřující tepelný výkon průměrného člověka. Dále ve sloupci  $W \cdot m^{-2}$  je uveden měrný tepelný výkon na jednotku plochy lidského těla a ve sloupci met jako jednotka vytvořena pro studium tepelné pohody [23].

Tabulka 1 – Hodnoty metabolismu

<b>Činnost</b>	<b>W</b>	<b>W.m<sup>-2</sup></b>	<b>met</b>
Spánek	70	40	0,7
Odpočinek, ležení na posteli	80	46	0,8
Sezení, odpočívání	100	58	1,0
Stání, práce v sedu	120	70	1,2
Velmi lehká práce (učitel, nakupování apod.)	160	93	1,6
Lehká práce (domácí práce, práce s přístroji)	200	116	2,0
Středně těžká práce (tanec)	300	175	3,0
Těžká práce (tenis)	600	350	6,0
Velmi těžká práce (squash, práce v hutích)	700	410	7,0

Dostupné z: [<http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>]

Teplu vyprodukované organismem je nutné odvést do okolí. Pokud tomu tak není, dochází ke změně teploty. Teplota uvnitř lidského organismu je okolo 37 °C, zatímco teplota na povrchu, tedy teplota kůže se pohybuje mezi 31 až 34 °C ve vztahu k okolnímu prostředí. Rozdíly jsou závislé na denní době a na konkrétní části těla. Další rozdíly v teplotě souvisí na oblečení použitým na těle a na množství proudící krve v kapilárách periférií v podkoží. V těle dochází k neustálému přenosu tepla z vnitřních tkání na povrch kůže, kde je následně odváděno sáláním, prouděním, vedením a vypařováním do okolního prostředí [23].

V reakci na zvyšující se teplo nebo zvyšující se produkci metabolického tepla odpovídá tělo člověka tím, že se rozšiřují podkožní cévy a zvyšuje se zásobování kůže krví. Pokožka těla zvyšuje odvod tepla z těla samotného, pokud ovšem tento proces



nemůže nastolit rovnováhu tepla, aktivují se potní žlázy a nastane chlazení těla ve formě odpařování potu, kdy je tělo schopné odvést až 4 litry potu za hodinu. Pokud ovšem tyto mechanismy nedostačují k nastolení tepelné rovnováhy, dojde k hypertermii, neboli k přehřívání organismu. Prvotními příznaky jsou pak slabost, bolesti hlavy, nevolnost, zrychluje se tep, člověk je apatický nebo naopak výbušný. Pokud dojde k tepelnému šoku, teplota rychle stoupne přes 41 °C. Požár, který je charakterizovaný intenzivním hořením způsobuje vysokou úroveň teplot, v řádu několika set stupňů, ve které se zasahující hasiči pohybují. Vliv má také vysoká hodnota tepelného toku, kdy při delším pobytu v těchto podmínkách dochází k prostupu tepla skrz zásahový oděv a teplota uvnitř ochranného oděvu může být vyšší o několik desítek stupňů než je teplota těla. Zasahujícím v tomto případě hrozí popálení nebo opaření v případě silného pocení. Výška působící teploty má přímo úměrný vztah na rozsah a hloubku postižení [23].

Hasičům díky výše popsaným vlivům hrozí popálení, nebo opaření. Ovlivňujícími aspekty na tepelnou rovnováhu těla má bezprostředně samotná činnost prováděná u zásahu, teploty dosažené při požáru, struktura a materiálové vlastnosti ochranných oděvů a samozřejmě osobní dispozice konkrétního zasahujícího hasiče. Osobními faktory hasiče je například váha a výška postavy, množství podkožního tuku, strava, pitný režim a schopnost adaptace na zvýšenou teplotu. Teplota, která dosáhne na povrchu těla pouhých 43 °C, může způsobit po více než jedné hodině působení ztrátu kůže v celé tloušťce [23].

## **2.7 Experiment prováděný ve výcvikovém zařízení pro simulaci reálných podmínek požáru ve Zbirohu 2016**

V roce 2016 byl proveden experiment s názvem Parametry prostředí komory č. 1, 2 a 3 v prostorách výcvikového zařízení pro hasiče na plynná paliva při zkoušce normového požáru ve vztahu k bezpečnému pobytu v podmínkách simulace požáru v uzavřeném prostoru. Tento projekt byl zaměřen na výzkum ochrany hasiče před tepelnou zátěží [28].

Hlavním cílem projektu bylo stanovit limitní hodnoty parametrů charakterizující sledované prostředí v průběhu výcviku ve vybraných prostorech výcvikového zařízení ve Zbirohu, konkrétně v komoře č. 1, 2 a 3. Dále byla sledována účinnost vodních pulzů při likvidaci požárů ve sledovaných prostorách. Zjištěné hodnoty poslouží především jako podklad pro návrh, či případnou inovaci výcvikových metod ve výcvikovém zařízení, respektujících bezpečnost zasahujících hasičů a provozování zařízení s přijatelnými náklady. Překročení těchto hodnot může ohrozit bezpečnost a efektivnost výcviku [28].

Při experimentu bylo také prováděno ve spolupráci se společným pracovištěm FBMI a 1. LF měření vybraných fyziologických hodnot zasahujících hasičů při simulaci požáru ve vnitřním prostoru. Toto měření probíhalo s vybranými probandy i při standartních výcvicích v trenažeru. K měření byl použit dohledový systém, který byl původně určen pro vojáky [29].

### **2.7.1 Dohledový systém FlexiGuard**

Pro měření fyziologických hodnot byl použit osobní dohledový systém FlexiGuard. Tento systém, který přenáší bezdrátově fyziologické a technické parametry je mobilní. Umožňuje sledovat naměřené hodnoty od několika uživatelů současně, kdy jsou data odesílány do sběrného bodu, kde jsou naměřené hodnoty možné analyzovat. Tento systém je experimentální ve vývoji dohledových systémů. Základním prvkem zásahového monitoru je takzvaná Multifunkční jednotka, která plní jak centrální jednotky, tak funkci vybraných senzorů. Multifunkční jednotka je osazena na hrudním pásu, který je osazen dvěma krabičkami. Jedna z krabiček slouží jako pouzdro vlastní elektroniky a druhá slouží jako pouzdro akumulátoru. Dosedací plocha obou krabiček slouží jako elektrody snímající EKG, snímají dechovou frekvenci a také slouží jako kontaktní plocha pro měření tělesné teploty. Obě krabičky jsou spojeny kabelem a obvod hrudníku je plně nastavitelný. Multifunkční jednotka plní tyto funkce [30]:

- EKG (EKG křivka, tepová frekvence, HRV analýza)
- Elektrická impedance hrudníku (Dechová křivka)
- Teplotní čidlo (Teplota na povrchu těla)

- Vlhkostní čidlo (Relativní vlhkost a teplota pod oděvem)
- Akcelerometr (Pohybová aktivita, poloha těla)
- Gyroskop (Pohybová aktivita, poloha těla)
- Magnetometr (Pohybová aktivita, poloha těla)



Obr. 4 – Zásahový monitor FlexiGuard [30].

Možností měřit uvedené parametry je multifunkční jednotka naprosto soběstačná vzhledem k tomu ji lze použít jako samostatnou část zásahového monitoru pro vybraného probanda. Tato výhoda je aplikována především v situacích, kdy je kladen význam především na jednoduchou a rychlou obsluhu a použití [30].

Bezdrátové rozhraní jednotky je řešeno ve třech formách a slouží jako komunikační rozhraní se zobrazovací jednotkou. Díky nižší datové propustnosti jsou vysílány kumulovaná data s frekvencí přibližně 1 Hz, což umožňuje použít až 20 jednotek současně. Další výhodou tohoto rozhraní je dosah. V otevřeném prostoru lze hovořit o dosahu v jednotkách kilometrů v zastavěné oblasti pak ve stovkách metrů. Doplnkové rozhraní jednotky Wi – Fi na frekvenci 2,4 GHz slouží k vizualizaci plného EKG. Limitující je ovšem dosah tohoto rozhraní. Posledním rozhraní je ANT s frekvencí opět 2,4 GHz. Toto rozhraní umožňuje připojení volitelných senzorových nodů [30].

Jednotka je dále vybavená micro SD kartou, která umožňuje záznam dat přímo v multifunkční jednotce. Tento záznam je vhodný pro uchování takzvaných surových

dat. Přístup k těmto datům je zajištěn pomocí mini USB konektoru, který je určen k propojení s počítačem [30].

Zobrazovací a vyhodnocovací jednotka je v podobě odolného notebooku s přijímačem XBee signálu ze snímacích jednotek. V notebooku je nainstalována vývojová verze programu, která umožňuje [30]:

- Komunikaci se snímacími jednotkami
- Zobrazuje signál v reálném čase u monitorovaných osob
- Zobrazuje v různých režimech náhledu
- Zálohuje získaná data na pevný disk k následné analýze

### 3 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

Hlavním cílem této bakalářské práce je zjistit hlavní příčiny vzniku termických poranění při požárech ve vnitřním prostoru. V teoretické části byla uvedena závažnost termických poranění s ohledem na skutečnost, že riziko, které hasiči při zásazích u požáru podstupují, je vysoké a možnost, kdy dojde k popálení, opaření nebo přehřátí organismu je třeba eliminovat na nejnižší možnou úroveň. Teoretická úroveň znalostí hasičů je v současné době (na základě dostupných informací a systému školení Hasičského záchranného sboru ČR) dostatečná, stejně tak, jako vybavenost osobními ochrannými oděvy a prostředky pro vykonávanou činnost při zásazích v uzavřeném prostoru.

V praktické části byla analyzována vzniklá termická poranění při zdolávání požárů v uzavřeném prostoru při řešení mimořádných událostí tohoto typu na základě zpráv o zásahu příslušných velitelů zásahu. Dále byla vypracována analýza vzniklých termických poranění při výcviku v ohňovém trenažeru pro simulaci reálných podmínek požáru Zbiroh. Výsledky byly porovnány s naměřenými hodnotami z experimentálního měření, prováděném ve výcvikovém zařízení ohňového trenažeru ve spolupráci se společným pracovištěm biomedicínského inženýrství FBMI a 1. LF.

#### **Cíle práce:**

- Analýza termických poranění při řešení mimořádných událostí HZS Středočeského kraje s příznaky požáru ve vnitřním prostoru.
- Analýza termických poranění vzniklých při výcviku v ohňovém trenažeru reálných podmínek hoření ve Zbirohu.
- Porovnání s experimentálním měření zaměřeným na subjektivní pocity zasahujících hasičů při požárech ve vnitřním prostoru.
- Vyhodnocení příčin vzniku termických poranění při zdolávání požárů ve vnitřním prostoru.

**Pracovní hypotéza 1** – Termická poranění při zdolávání reálných požárů za účelem likvidace nejsou častou formou zranění.

**Pracovní hypotéza 2** – Poranění mohou vznikat i přes získané předchozí zkušenosti z prožitých reálných zásahů i výcviků zaměřených na problematiku zdolávání požárů v uzavřeném prostoru.

## 4 METODIKA

Pro naplnění určených cílů této bakalářské práce bylo nutné použít dostupné zdroje, které obsahovaly informace o dané problematice. Analýzou z výstupu získaných informací zhodnotit a identifikovat příčiny termických poranění hasičů.

Data a informace získaná ze statistického sledování událostí – zprávy o zásahu (dále jen „SSU – ZOZ“) byla analyzována a vyselektována pro vyčlenění specifických příznaků události. Za příznaky byly pomocí programu SSU – ZOZ nastaveny požáry, které nesou charakteristiky požáru ve vnitřním, nebo uzavřeném prostoru. Analýza příčin termických poranění byla provedena na základě informací uvedených ve zprávě o zásahu.

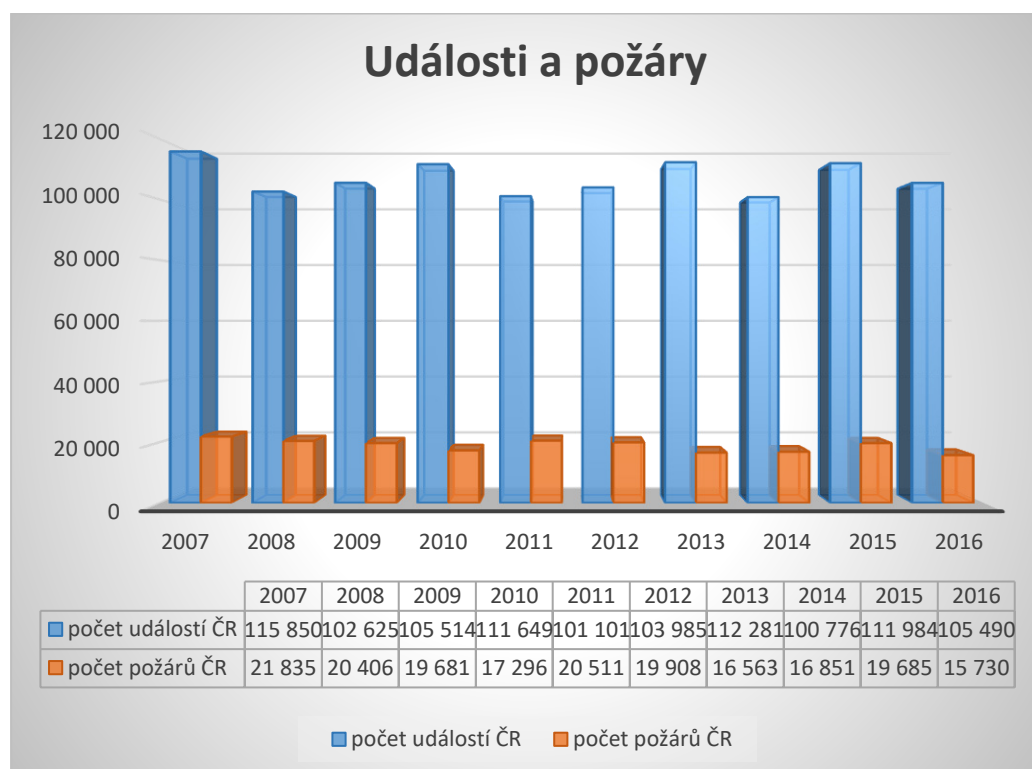
Další analýza se vztahovala k termickým poraněním vzniklým při výcviku v ohňovém trenažeru reálných podmínek hoření ve Zbirohu. Na základě získaných informací byly vyhodnoceny příčiny vzniku těchto poranění a tyto souhrnné výsledky byly následně porovnány s poraněními, která vznikají při zásazích se skutečným požárem ve vnitřním prostoru. Tato analýza byla provedena pomocí dat získaných ze zápisu o úrazu při výcviku v ohňovém trenažeru Zbiroh.

Ve výcvikovém zařízení bylo prováděno experimentální měření s účelem analýzy subjektivních pocitů zasahujících hasičů. Z tohoto měření byly vybrány některé naměřené hodnoty, vztahující se k možnému vzniku termických poranění. Hodnoty byly naměřeny při výcviku ve vnitřních prostorech a byly použity pro srovnání. Porovnání dat mělo prokázat, že hasiči zasahující při požárech ve vnitřním prostoru jsou vystaveni vysokému riziku vzniku termických poranění.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Události v České republice za období 2007 – 2016

Souhrnem statistik vydávaných Generálním ředitelstvím Hasičského záchranného sboru České republiky v období let 2007 až 2016 je zřejmé, že počet požárů z celkového počtu událostí klesá. Odlišné údaje pak vykazuje pouze rok 2015, kdy v době sklizně obilovin platila výstraha Českého hydrometeorologického ústavu na zvýšené nebezpečí požáru [31]. Tento typ požárů ovšem nesouvisí s problematikou řešenou v této práci.

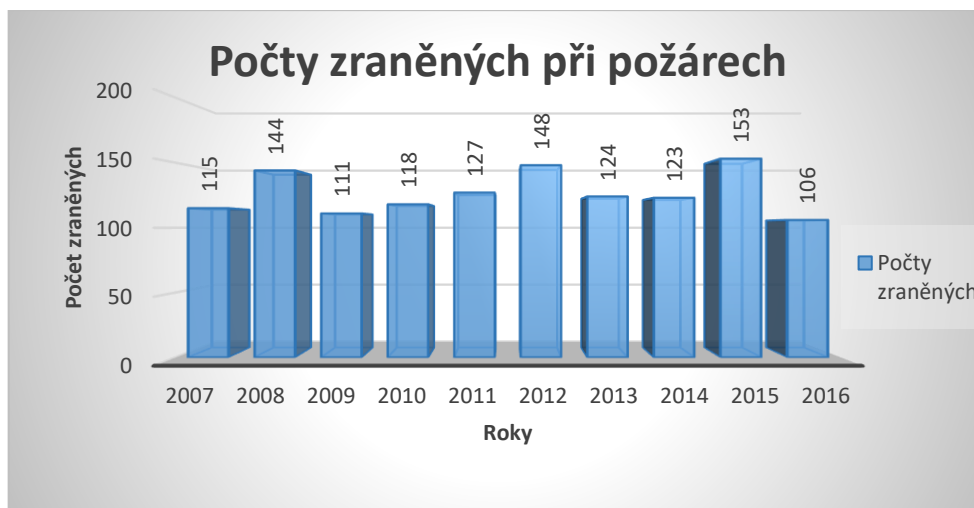


Obr. 5 - Události a požáry v ČR 2007-2016

Dostupné z: [<http://www.hzscr.cz/clanek/statisticke-rocenky-hasicskeho-zachranneho-sboru-cr.aspx>]

Ze zobrazeného grafu je čitelné, že počet požárů klesá. Oproti tomu zranění vzniklá v souvislosti s likvidací požáru, tedy zranění příslušníků HZS ČR jsou ve vztahu ke klesajícímu počtu požárů vyšší. Tuto skutečnost ukazuje graf v obrázku č. 4, který vyčísluje počet zraněných příslušníků HZS ČR v období let 2007 až 2016. Tyto data byla získána ze statistických ročenek GŘ HZS ČR [31].

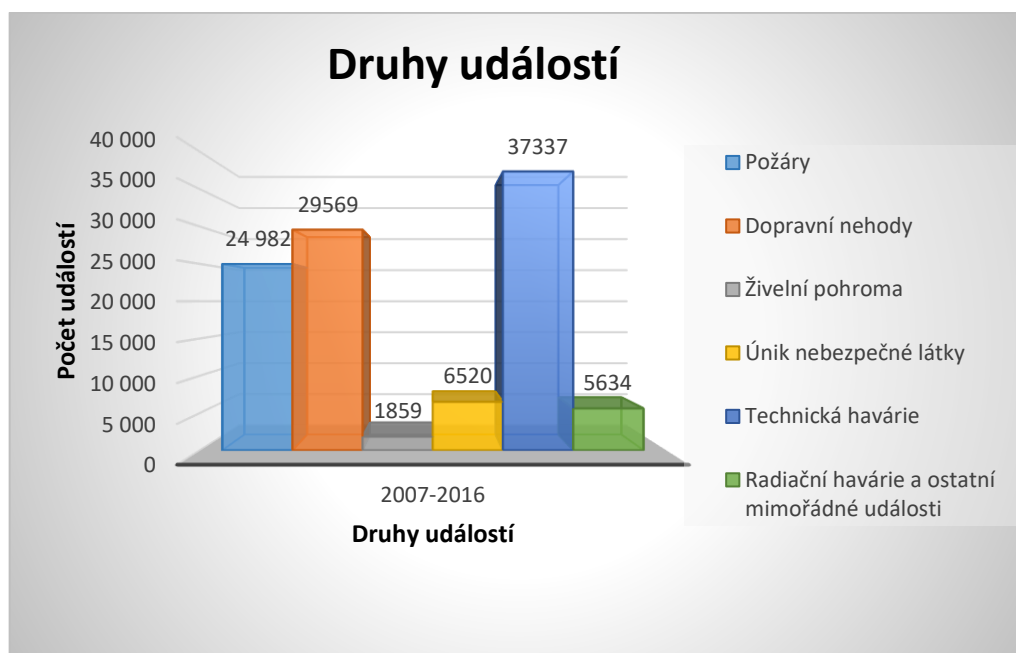




Obr. 6.-Počet zraněných příslušníků HZS ČR při požárech  
 Dostupné z: [<http://www.hzscr.cz/clanek/statisticke-rocenky-hasicskeho-zachranneho-sboru-cr.aspx>]

## 5.2 Statistika událostí HZS Středočeského kraje s příznaky termických poranění vzniklých v souvislosti s likvidací požáru ve vnitřním prostou

Pro podrobnější analýzu problematiky termických poranění vzniklých v souvislosti s likvidací požárů ve vnitřních prostorách byla vybrána oblast středočeského kraje. Ve středočeském kraji se v období let 2007 až 2016 stalo celkem 105 901 událostí. Z celkového počtu událostí bylo 24 982 požárů, které bylo nutno blíže analyzovat [32].



Obr. 7 - Události HZS Středočeského kraje [32].

Jako nástroj pro získání potřebných dat byl využit softwarový nástroj SSU – ZOZ. V tomto programu byly pomocí volitelných specifik nastaveny charakteristické hodnoty pro vyčlenění určitých typů událostí s předpokládanými rysy. Těmito rysy byly požáry, které bylo dále nutno blíže specifikovat, aby nastavení odpovídalo požárům ve vnitřním prostoru [32].

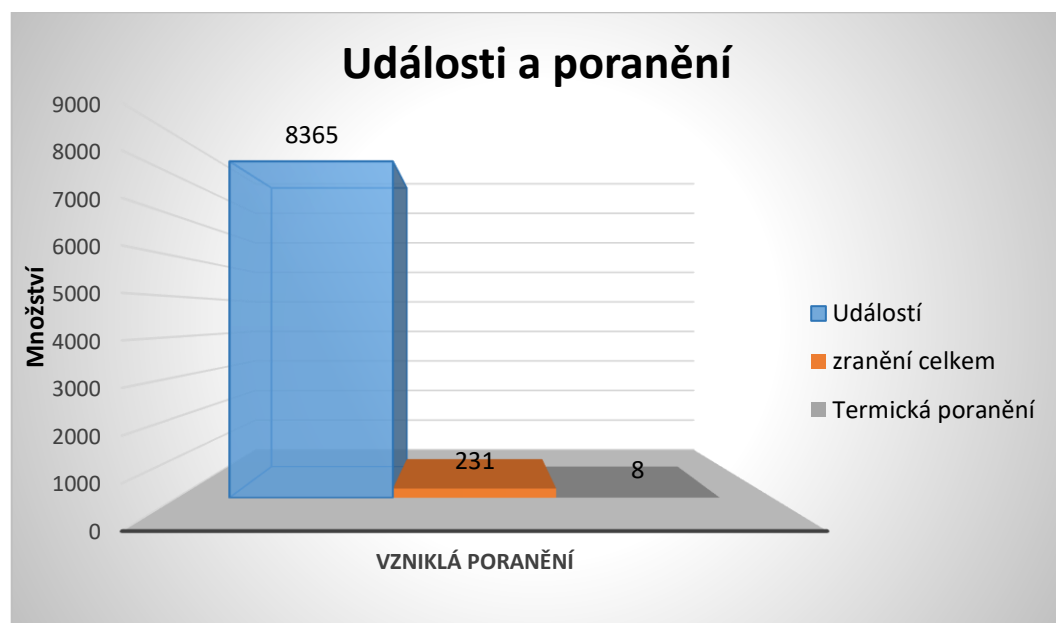
Nastavení SSU – ZOZ:

- Požár:
  - Nízké budovy
  - Výškové budovy
  - Průmyslové a zemědělské objekty, sklady
  - Podzemní prostory, tunely
  - Sklep
  - Průmyslové objekty, sklady
  - Zemědělské objekty
  - Podzemní prostor
  - Tunel

Z těchto nastavení v SSU – ZOZ bylo zjištěno, že celkový počet událostí, ve kterých se vyskytuje charakteristika požárů v uzavřeném prostoru, bylo celkem 8 365. Z tohoto počtu událostí bylo dalším nastavením programu vyselektováno, že z celkového počtu 8 365 se v důsledku s činnostmi vedenými k likvidaci těchto požárů zranilo 231 příslušníků HZS. Z tohoto počtu zraněných příslušníků HZS bylo nutné dále vyselektovat termická poranění příslušníků HZS. Za tímto účelem byly postupně přečteny všechny zprávy o zásahu velitelů zásahu a na základě toho bylo zjištěno, že za období 2007 až 2016 se stalo ve středočeském kraji 22 termických poranění vzniklých v souvislosti s likvidací požáru ve vnitřním prostoru [32]. Tato poranění dle zpráv o zásahu vykazovala vznik v přímé souvislosti s vlastním pohybem zasahujících v blízkosti pásma hoření a v souvislosti se sdílením tepla ve formě kondukce, konvekce nebo radiace. Pro upřesnění informací získaných ze SUS – ZOZ, byl dále proveden se zraněnými hasiči za období 2007 až 2016 upřesňující rozhovor. Tento rozhovor byl uskutečněn z důvodu některých nejasně

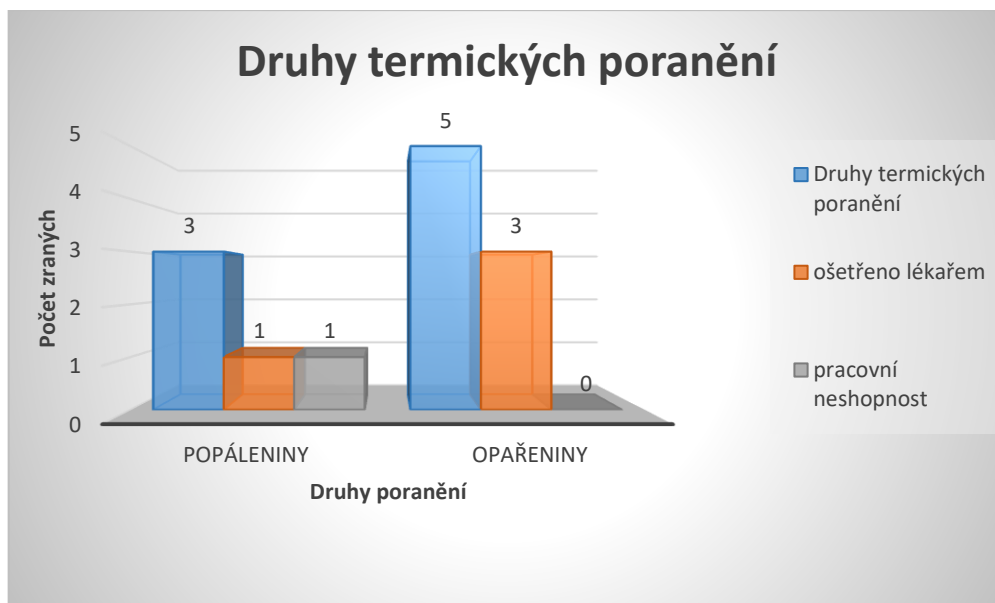
vypovídajících informací ze zprávy o zásahu zapsané velitelem zásahu. Ze softwarového nástroje IKIS II byly získány telefonické kontakty na dotčené příslušníky HZS [33]. Tento rozhovor byl následně proveden pomocí telefonického hovoru na základě předem vypracovaných otázek.

Prvně byla identifikována fakta, zda se jedná o správnou osobu se vzniklým úrazem. Jako další byla pokládána otázka, jestli se jednalo o termické poranění v souvislosti s likvidací požáru ve vnitřním prostoru. Po doplnění informací byl počet termických zranění upřesněn na 8.



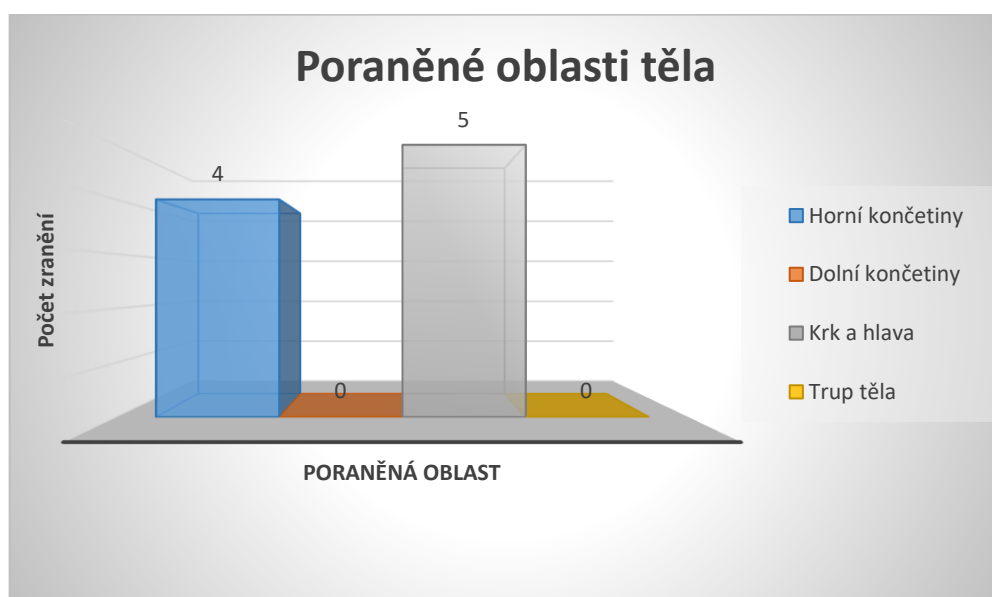
Obr. 8 - Vzniklá zranění při událostech HZS Středočeského kraje 2007 – 2016 [32].

Následné otázky byly strukturovány za účelem upřesnění vzniklého zranění. Zda došlo k ošetření lékařem a případně následné pracovní neschopnosti. Identifikovány byly tyto výsledky.



Obr. 9 - Druhy termických poranění u HZS Středočeského kraje [zdroj autor].

Získanými informacemi byly upřesněny nejčastěji poraněné oblasti těla, což zobrazuje následující graf v obrázku 10.



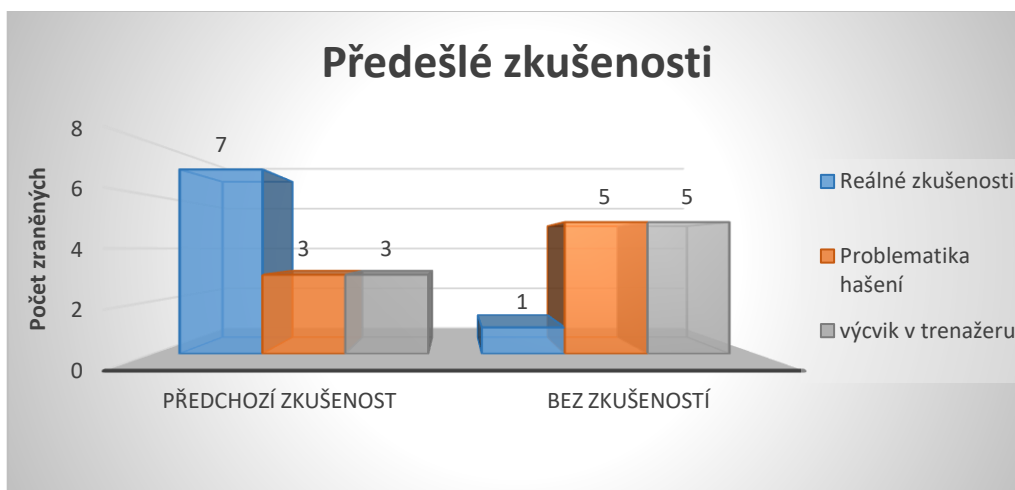
Obr. 10 - Poraněné oblasti těla u HZS Středočeského kraje [zdroj autor].

Upřesněn byl počet let vykonávané služby u HZS Středočeského kraje s ohledem na možné zkušenosti s likvidací podobných požárů.



Obr. 11 - Počet odpracovaných let příslušníků HZS Středočeského kraje v době úrazu [zdroj autor].

Forma předešlých zkušeností byla upřesněna sérií dalších otázek. Tyto otázky měly za cíl zjistit zkušenost s problematikou hašení požárů v uzavřených prostorech s prožitých reálných událostí, zkušenosti získané na základě prodělaného výcviku a znalosti problematiky 3D hašení.



Obr. 12 - Typ předchozí zkušenosti [zdroj autor].

### **5.3 Poranění vzniklá při výcviku ve výcvikovém zařízení simulujícím reálné podmínky požáru ve Zbirohu**

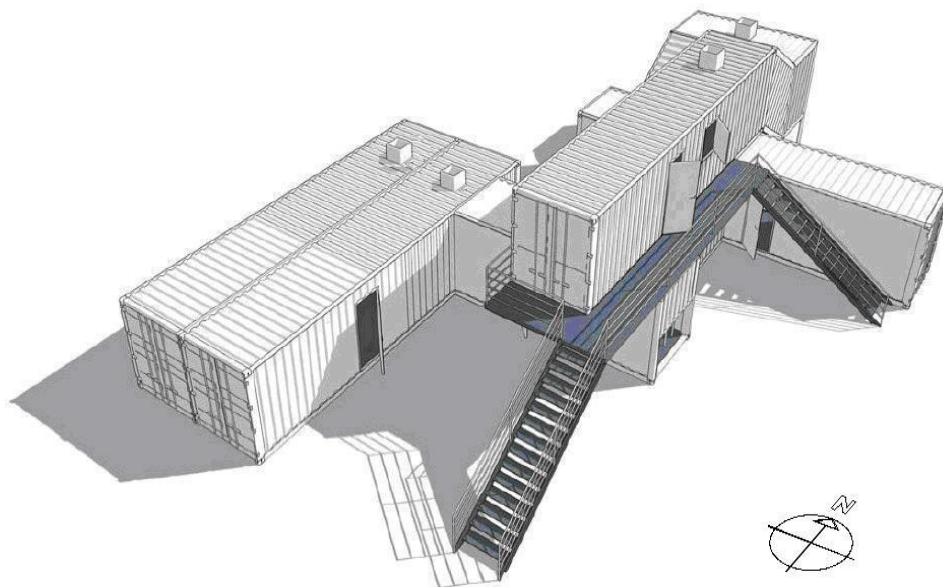
Tento trenažer byl realizován s cílem zdokonalení odborné přípravy hasičů pro vedení zásahu při požárech ve vnitřním i vnějším prostoru. V samotném areálu je několik typů pracovišť, která jsou zaměřena na simulaci požárů právě ve vnitřním prostoru, ale jsou přítomna pracoviště i simulující požáry v prostoru venkovním. Pro téma této práce jsou vhodná ovšem pouze vybraná pracoviště, která jsou určena pro výcvik hasičů pro vedení zásahu ve vnitřním prostoru. Pracoviště určená pro výcvik ve vnitřním prostoru jsou pozorovací kontejner, výcvikový trenažer a podzemní garáž [29].

#### **5.3.1 Stručný popis výcvikového zařízení**

Konstrukce výcvikového zařízení je tvořena z upravených ISO kontejnerů běžně používaných pro dopravu. Tyto kontejnery jsou systematicky uspořádány tak, aby tvořily prostor různě velkých vzájemně na sebe navazujících místností vzájemně propojených stavebními otvory. Těmito otvory jsou simulovány dveře, okna a různé větrací komínky, které vznikly vyřezáním některých stěn kontejnerů. V prvním nadzemním podlaží vznikly seskupením kontejnerů a vzájemným propojením tři výcvikové komory o různých velikostech. Druhé nadzemní podlaží je opět tvořeno ISO kontejnerem, přístupné po schodišti s nástupním ochozem. Horní podlaží je propojeno uzavřeným lomeným schodištěm v severní části s jedním ze spodních kontejnerů. Podlahu v kontejnerech tvoří betonová dlažba, která je uložena do pískového lože [29].

V komorách zařízení jsou rozmístěny 3 hořáky, které tvoří plameny pro simulaci požáru ve vnitřním prostoru. Těmito hořáky je spalován propan, který je skladován v ležatém zásobníku o objemu 17 000 l. Ze zásobníku pro provoz zařízení, je odebírána plynná i kapalná fáze propanu. Plynná fáze je odebírána z horní části zásobníku, kapalná fáze pak ze spodní části. Plynná fáze je určena pro funkci stabilizačních a iniciačních hořáků. Iniciační hořák je zapalován ručně a od tohoto hořáku je následně zapálen stabilizační hořák. Stabilizační hořák je určen pro neustálé zapalování hořáku hlavního. Hlavní hořáky jsou ve výcvikovém zařízení s charakteristikou vnitřního

prostoru tři a spalují kapalnou fází propanu. Hlavní hořáky jsou z důvodu vývinu rovnoměrného plamene do prostoru zařízení osazeny třemi různými druhy trysek, které mají různý vstupní odpor, což zajišťuje zmíněné rovnoměrné rozprostření plamene po celé délce hořáku [29].



Obr. 13 - Modul výcvikového trenažeru [29].

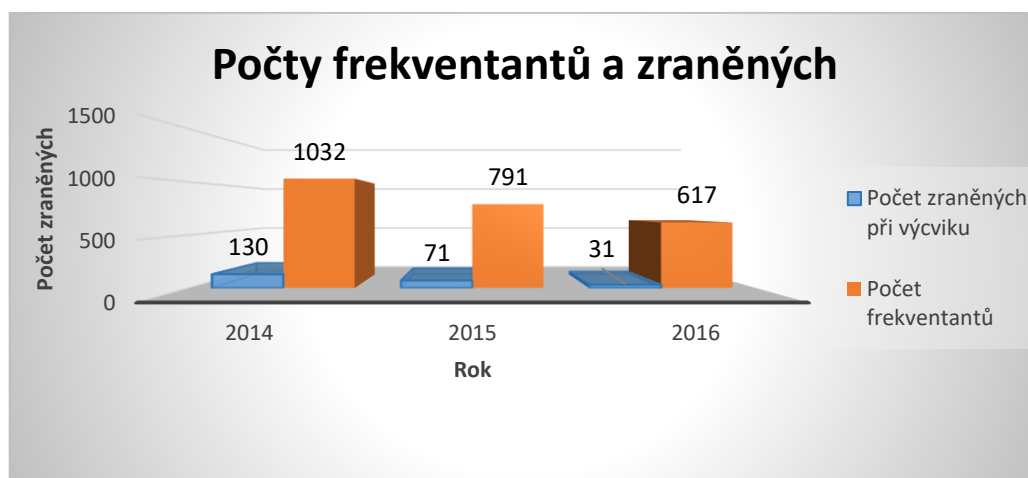
Sjednocením podmínek výcviku v zařízení simulujících reálné podmínky požáru formou pokynu generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky byly stanoveny požadavky na vedení odborné přípravy v těchto zařízeních [17].

Na základě výcviků vedených v zařízení pro simulaci reálných podmínek požáru byla dále vypracována statistika termických poranění vzniklých, při těchto výcvicích v letech 2014 až 2016.

### **5.3.2 Statistika poranění ve výcvikovém zařízení**

Statistika z tohoto zařízení byla vytvořena na základě záznamů o úrazech způsobených při výcviku. Tato poranění vzniklá ve výcvikovém zařízení byla následně roztržena podle druhu poranění a z nich byla vybrána termická poranění. Pro analýzu byly zpracovány roky 2014 až 2016, kdy probíhaly ve výcvikovém zařízení výcviky

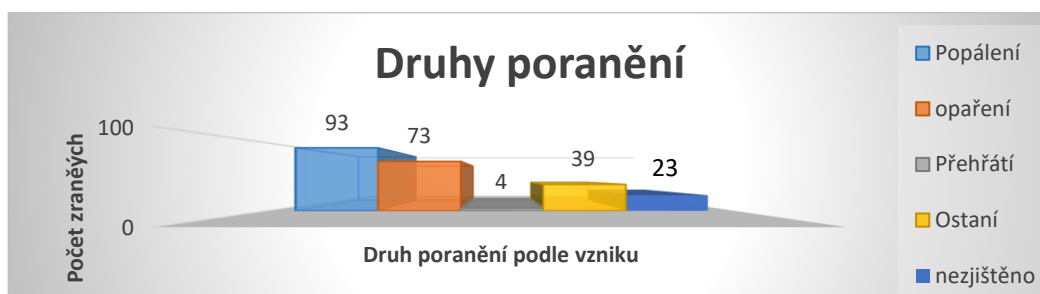
HZS krajů z celé České republiky. Nutné je zmínit, že v roce 2016 došlo k dočasnému přerušení výcviku z důvodu vzniklého těžkého úrazu v prostoru výcvikového zařízení.



Obr. 14 - Počty frekventantů a zraněných při výcviku v simulátoru  
[Kniha úrazů výcvikového zařízení simulující reálné podmínky požáru Zbiroh]

Při výcviku v simulátoru reálných podmínek požáru došlo v letech 2014 až 2016 celkem ke 232 zranění. To je z celkového množství frekventantů přibližně 10 % zraněných.

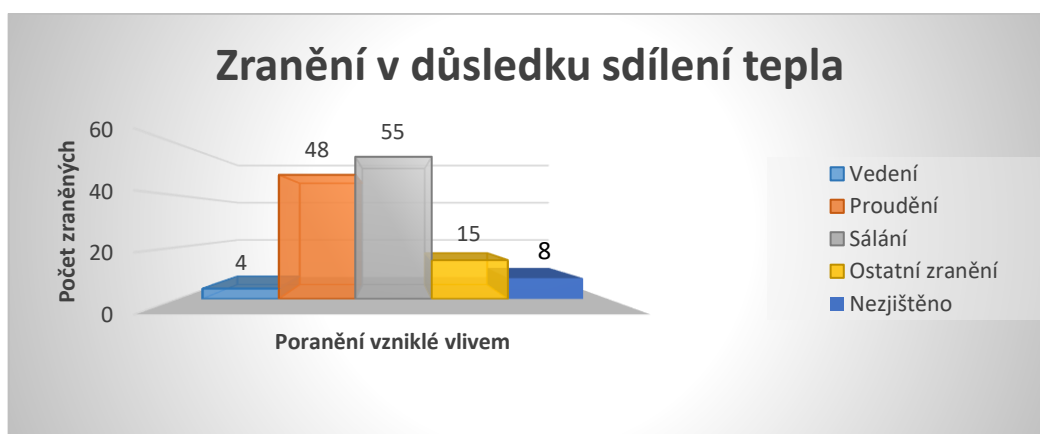
Pro zjištění příčin termických poranění byla dále vybrána poranění, která nesla specifika termického poranění při požárech ve vnitřním prostoru. V období vybraném pro analýzu příčin termických poranění byla vybrána poranění ve formě popálenin, opaření a přehřátí. Ostatní zranění vzniklá při výcviku byla zařazena do skupiny ostatní z důvodu, že se jedná o poranění vzniklá vlivem pohybu s následným pohmožděním nebo potlučením různých částí těla.



Obr. 15 - Druhy poranění vzniklé při výcviku 2014 – 2016  
[Statistika úrazů výcvikového zařízení simulující reálné podmínky požáru 2014, autor Ing. Jan Žižka]



Rok 2014 byl dle zápisů podrobněji analyzován na základě poskytnutých informací ze zápisů o úrazu z výcvikového zařízení simulující reálné podmínky požáru ve Zbirohu. Dále z tohoto roku byla poskytnuta pro analýzu zpracovaná statistika vzniklých úrazů. Z těchto informací byly vyselektovány následné informace o příčině vzniku termického poranění, včetně poranění ostatních. Prvním analyzovaným aspektem bylo zhodnotit, jaká forma sdílení tepla způsobila vznik zranění. Zranění vzniklá pohybem byla zařazena jako ostatní. Tyto hodnoty ukazuje graf v obrázku 16.



Obr. 16 - Vzniklá zranění v důsledku sdílení tepla 2014

[Statistika úrazů výcvikového zařízení simulující reálné podmínky požáru 2014, autor Ing. Jan Žižka]

Další hodnocenou příčinou vzniku termických poranění byly vybrány faktory, které ovlivnily příčinu vzniku termického poranění. Položenými otázkami při vytváření statistiky byla tak definována primární příčina poranění vzniklá v souvislosti s výcvikem. Nejčastější příčinou byl špatně provedený zásah v podobě špatné aplikace hasební vody v uzavřeném prostoru a to ukazuje graf v obrázku 17.



Obr. 17 - Faktory ovlivňující vznik zranění 2014

[Statistika úrazů výcvikového zařízení simulující reálné podmínky požáru 2014, autor Ing. Jan Žižka]

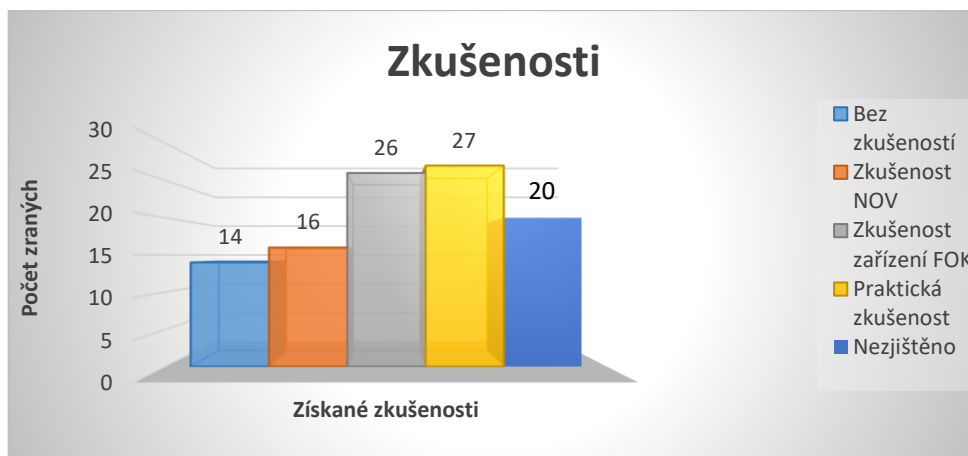
Nejčastěji poraněná část těla byla rozdělena podle oblastí lidského těla, na kterých k poranění došlo. Příčina tohoto poranění byla sledována s ohledem na postoj zasahujícího hasiče. Hasič při likvidaci požáru se pohybuje nebo setrvává ve snížené pozici nejčastěji v pokleku, kdy má v této pozici nejvýše hlavu, při držení proudnice vystaveny ruce a dochází k silné tepelné expozici v oblasti kolen a stehen vlivem těsného přilnutí vnitřní strany ochranného oděvu na kůži zasahujícího hasiče. Zobrazená data v obrázku 18 vyčíslují množství pouze u termických zranění.



Obr. 18 - Nejčastěji poraněné oblasti těla 2014

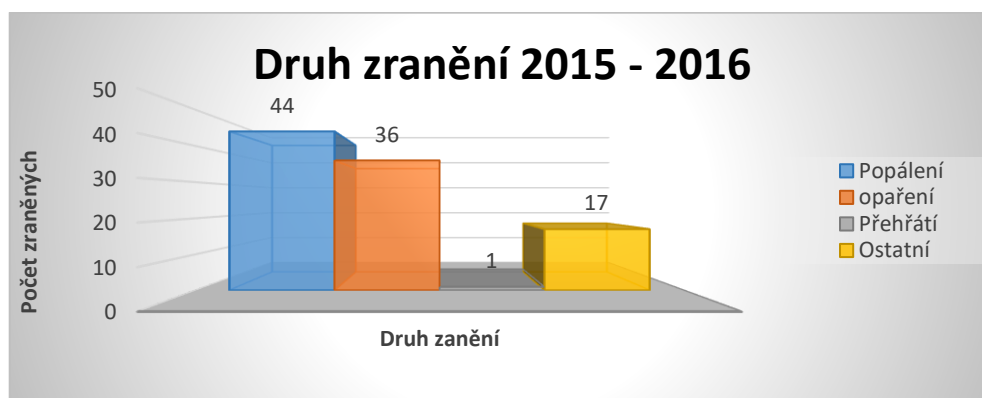
[Statistika úrazů výcvikového zařízení simulující reálné podmínky požáru 2014, autor Ing. Jan Žižka]

Následně byla hodnocena příčina vzniku termického zranění formou předchozích zkušeností na základě poskytnutých informací o zkušenostech z prožitých reálných zásahů tohoto typu. Absolvováním výcviku v zařízeních simulujících reálné podmínky hoření. Otázky na tuto problematiku byly položeny všem hasičům, kteří byli při výcviku zraněni. Vyhodnocení bylo uvedeno pouze u zranění termických grafem v obrázku 19.



Obr. 19 - Formy předchozích zkušeností 2014  
 [Statistika úrazů výcvikového zařízení simulující reálné podmínky požáru 2014, autor Ing. Jan Žižka]

V roce 2015 a 2016 byly analyzovány příčiny termických poranění na základě informací dostupných z knihy úrazů z výcvikového zařízení simulující reálné podmínky požáru ve Zbirohu. Zranění vzniklá při výcviku byla opět rozdělena podle druhu termického poranění, to je zobrazeno obrázkem 20. Následně byly vyhodnoceny nejčastěji zraněné oblasti a vyhodnocena jejich četnost. V roce 2015 bylo opakovaně přerušeno provádění výcviků v trenažeru z důvodu nezbytné rekonstrukce a dále z důvodu těžkého poranění vzniklého při výcviku.



Obr. 20 - Druhy poranění v letech 2015 – 2016  
 [Kniha úrazů výcvikového zařízení simulující reálné podmínky požáru Zbiroh]

Graf v obrázku 21 je znázorněn počet vzniklých zranění ve formě popálenin a opaření, vzniklých na různých oblastech těla ve výcvikových letech 2015 a 2016.



Obr. 21 - Zraněné oblasti těla v letech 2015 - 2016  
 [Kniha úrazů výcvikového zařízení simulující reálné podmínky požáru Zbiroh]

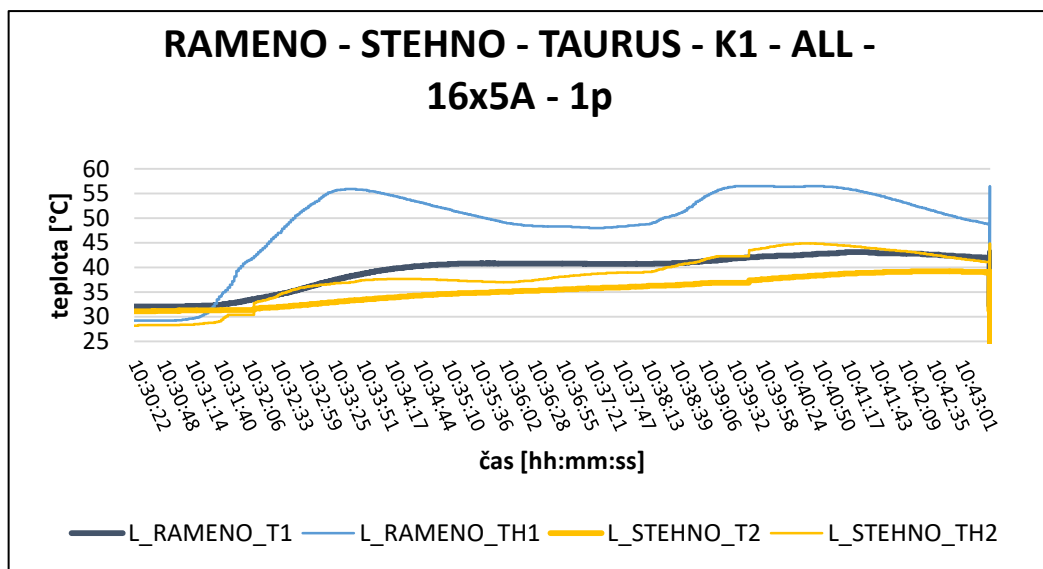
## 5.4 Vybrané výsledky z experimentu

Termická poranění vznikají působením vysokých teplot. S ohledem na to byly vybrány naměřené teplotní hodnoty na vybraných exponovaných částech těla a uvnitř zásahového ochranného oděvu. Uvedené hodnoty byly naměřeny na těchto exponovaných oblastech těla s označením [34]:

- Rameno levé (T1 – teplota kůže)
- Rameno levé (TH1 – teplota na vnitřní straně oděvu)
- Stehno levé (T2 – teplota kůže)
- Stehno levé (TH2 – teplota na vnitřní straně oděvu)
- Levé lýtko (T3 – teplota kůže)
- Levé lýtko (TH3 – teplota uvnitř obleku)
- Levá horní končetina hřbet ruky (T4 – teplota kůže)
- Levá horní končetina hřbet ruky (TH4 – teplota uvnitř obleku)

Tyto hodnoty byly průběžně zaznamenávány po celou dobu experimentu při třech různých modelových situacích. Tyto situace byly prováděny v komorách č. 1, č. 2, č. 3 s rozdílnou velikostí exponovaného prostoru. Požár byl simulován pomocí dřevěných suchých hranolů sestavených do hranice základního normovaného zkušebního objektu 5A, dle ČSN 3-7, přenosné hasicí přístroje. Vlastnosti, požadavky na hasicí schopnost

a zkušební metody. V každém ze sledovaných prostorů byly postaveny různé počty zkušebních objektů s odpovídajícím energetickým výkonem pro standardně používané výcvikové palivo, tedy pro propan [34]. V průběhu výcviku byli v prostorách přítomni probandi z řad příslušníků HZS, simulující v tomto prostoru zásahovou činnost. Probandi byli přítomni dle vlastního subjektivního pocitu po dobu, pro ně snesitelných podmínek, během volného rozvoje požáru. Další pokusy byly prováděny ve stejných prostorách, kdy byl požár simulován hořením propanu. Pro příklad je uveden zpracovaný graf teplot v časové ose. Další vyhodnocené grafy jsou v příloze č 2 [34].



Obr. 22 - Vybrané naměřené teplotní hodnoty [34].

## 6 DISKUZE

Cílem této práce bylo analyzovat příčiny termických poranění vzniklých v souvislostech s likvidací požáru v uzavřeném prostoru. Zpracováním statistik a jejich následnou analýzou se podařilo tyto příčiny identifikovat.

Uvedené výsledky zpracované ze statistiky GŘ HZS ČR je zřejmé, že celkový počet požárů za sledované období v letech 2007 až 2016 klesá, viz graf v obrázku 5. Zkušenosti hasičů z prožitých reálných událostí v tomto důsledku klesají také. Bližší analýza z celé ČR ovšem nemohla být zpracována, jelikož nebyly dostupné informace k podrobnějšímu zpracování.

Příčiny vzniklých poranění byly zpracovány v rámci událostí HZS Středočeského kraje. Z analyzovaných informací získaných ze zpracovaných zpráv o zásahu bylo postupně vysledováno, že ve sledovaném období se stalo 22 termických poranění. Informace získané z programu SSU – ZOZ, ovšem nebyly dostatečně přesné. Ze zprávy o zásahu a zápisu o úrazu nebylo zřejmé, zda k termickému poranění došlo při likvidaci požáru přímo ve vnitřním prostoru. Z důvodů získání přesných informací byl uskutečněn telefonický hovor s dotčenými hasiči. Tři hasiče nebylo možné kontaktovat a někteří vypověděli, že ačkoliv se jim termický úraz stal, nedošlo k němu v uzavřeném prostoru. Výsledkem tohoto rozhovoru byla identifikace 8 zraněných hasičů v souvislosti s likvidací požáru ve vnitřním prostoru. Lze říci, že vzhledem k celkovému počtu požáru 8365 v letech 2007 až 2016, se jedná o nízké procento zraněných hasičů, což potvrzuje hypotézu 1 a tyto hodnoty jsou ukázány grafem v obrázku 8. Vzhledem nízkému počtu takto zraněných hasičů (v rámci této práce bylo analyzováno 8 zranění) lze diskutovat každé vzniklé poranění samostatně.

Rozdělení bylo provedeno podle mechanismu vzniku na popálení, opaření a přehřátí jak uvádí graf v obrázku 9. Ze všech těchto poranění, ovšem nedošlo k žádnému poranění ve formě přehřátí. To je možné vysvětlit tak, že žádný z poraněných hasičů nebyl vystaven dlouhodobým tepelným účinkům při požáru, nebo byl dostatečně často střídán. Organismus tak byl schopen odvádět dostatečně teplo, a nedošlo ke zvýšení vnitřní teploty.

Poranění vznikla v pěti případech ve formě opaření a ve třech případech ve formě popálení. Byly identifikovány dvě oblasti, kde poranění v rámci reálných zásahů vznikaly. Těmito nejčastějšími oblastmi byly oblasti krku, hlavy a horních končetin což ukazuje graf v obrázku 10. Tato poranění vznikala i u příslušníků, kteří již předchozí zkušenost měli, ať z reálných zásahů, nebo z výcviků. Tento výsledek potvrzuje hypotézu 2 a je zobrazen obrázkem 12.

Opařenina byla vždy způsobena vlivem aplikace hasební vody a následné látkové přeměně na páru. Na krku a hlavě k těmto poraněním ovšem došlo z několika příčin. Jednou z příčin byla absence kukly, kdy vlivem horké syté páry došlo k opaření ucha. Přestože tento hasič vypovídal při telefonickém hovoru, že teplota v době požáru byla snesitelná, došlo při hašení ke vzniku páry a k následnému opaření. Tento fakt ukazuje na špatnou dodávku hasiva do prostoru a na důležitost úplného vystrojení ochrannými pomůckami. U dalšího případu opařeniny byla použita starší jednovrstvá kukla, kdy nebylo možné kuklou dobře utěsnit těsnící linii masky a zamezit tak prostupu páry, nebo snížit intenzitu jejího působení. Tímto nedostatkem došlo k opaření tváře zasahujícího hasiče. Poslední opařenina v oblasti krku a hlavy, vznikla na krku zasahujícího hasiče. Tento postižený hasič v rámci upřesňujícího rozhovoru vypověděl, že při likvidaci požáru se pohyboval ve vnitřním prostoru a prováděl hasební práce. Teplota v tomto prostoru byla dle výpovědi hasiče téměř nesnesitelná a došlo k náhlému opaření na krku, vlivem rychlé látkové přeměny, přestože měl hasič kuklu. Těmto hasičům v době zásahu nebyla známa problematika 3D hašení a neprodělali výcvik v žádném zařízení simulující reálné podmínky požáru.

Další zranění ve formě opaření vznikly v oblasti horních končetin. Jedno ze zranění vzniklo přímo při provádění hasebních prací a rychlou látkovou přeměnou vody na páru. Tento hasič prodělal výcvik v rámci NOV a byl seznámen s problematikou hašení v uzavřených prostorách. Zkušenosti z předešlých reálných událostí ovšem neměl. Druhé poranění v této oblasti těla vzniklo z důvodu kontaktu s konstrukcí a následným rychlým prostupem tepla. K opaření došlo vlivem silně promočeného ochranného oděvu, kdy poranění způsobila voda obsažená v oděvu. Tento hasič uvedl, že podobné zásahy v minulosti již absolvoval, prodělal výcvik a problematiku hašení zásahu ve vnitřním prostoru znal. Zde se opět potvrdila hypotéza 2.

Popáleniny vzniklé při likvidaci požárů v uzavřeném prostoru vznikly také z více příčin. Tato zranění vznikla opět ve stejných oblastech jako u opařenin. Dvě poranění vznikly vlivem působením intenzivního tepla. Jedno z těchto dvou zranění bylo způsobeno v oblasti krku, kdy hasič postižený zraněním nebyl vystrojen kuklou, což byla závažná chyba ve vystrojení hasiče OOP. Tento hasič měl předešlé zkušenosti z reálných zásahů, ale nebyl seznámen s problematikou hašení v uzavřeném prostoru a ani neprodělal výcvik. Zde je možné najít příčinu v nedostatečné znalosti problematiky spojené s hašením těchto požárů, přestože tento hasič měl již předešlé zkušenosti a především v absenci kukly při zásahu. Druhé popálení vzniklo vlivem silného sdílení tepla ve formě záření na horní končetině zasahujícího hasiče. Postižený hasič pohyboval v blízkosti pásma hoření, kdy samotná příčina zranění byla zcela jistě způsobena sdílením tepla ve formě radiace. K tomuto závěru jsem došel z výpovědi hasiče, který uvedl, že při požáru probíhalo intenzivní plamenné hoření. Posledním zraněním, ve formě popáleniny je zranění nejtěžší. Zranění tohoto hasiče vzniklo zapadnutím žhavých uhlíků z hořících konstrukcí za límec zásahového oděvu. V tomto důsledku byly způsobeny popáleniny druhého stupně v oblasti krku a ramen. Vzhledem k rozsahu zranění byl tento hasič jako jediný z uvedených v pracovní neschopnosti a byl léčen na popáleninovém centru v nemocnici ve Vinohradech. Tomuto způsobu zranění, ačkoliv je hasičům známo riziko, se dle mého vlastního úsudku nelze ubránit, pokud dojde k náhlému uvolnění stavebních konstrukcí, nebo obkladů.

Zranění vzniklá při výcviku v simulátoru reálných podmínek požáru, jsou v úzké souvislosti s výcvikem, který je pro hasiče nový. Množství zraněných při výcviku se pohybuje přibližně okolo 10 %. Někteří hasiči se setkali v době svého působení u HZS, s podobnými typy požárů v praxi, nebo v nástupním kurzu ve formě výcviku. Někteří tento výcvik podstupují i bez předešlé zkušenosti a na to poukazuje graf v obrázku 19. Téměř pro všechny hasiče bývá ovšem největším problémem samotná práce s proudnicí. Z toho vyplívá nedostatečná teoretická i praktická příprava v rámci vlastního územního odboru. Naučit se několik vzájemně souvisejících pohybů při specifickém úchopu proudnice, je často největší komplikací. S tím následně souvisí i správná dodávka takzvaných pulzů do prostoru simulovaného požáru. Správně provedené pulzy ovlivňují i množství dodávané vody. Pokud je do prostoru aplikováno vody málo, může dojít k popálení. Pokud naopak dojde k nepřiměřeně velké dodávce



vody, dochází k vývinu velkého množství páry a následkem toho může dojít k opaření. Špatně provedenou dodávkou vody do prostoru vzniká při výcviku zranění z důvodu špatně provedeného zásahu, což zobrazuje graf v obrázku 17.

Vliv na vznik poranění má vlastní geometrie prostoru a množství větracích otvorů. Některé prostory při výcviku jsou méně větratelné, a dochází v nich k silné tepelné expozici a při hašení k vývinu páry. Pokud hasič dobře v těchto prostorách nezvládá techniku hašení, a nemá jistý cit pro dodávku vody do prostoru požáru, dochází zde k častým poraněním. Dodávka vody do prostoru požáru ovlivňuje i míru nasycení OOP vodou. Což má vliv na následný prostup tepla. Vzhledem k fyzické zátěži a přirozeného odvodu tepla z těla při práci ve ztížených tepelných podmínkách, dochází vždy k pocení zasahujících hasičů. Tím nelze zamezit nasycení oděvu vodou z vlastního potu

Přestože jsou výcviky intenzivní, fyzicky náročné a hasiči jsou vystavováni časté tepelné expozici, k přehřátí organismu dochází pouze v ojedinělých případech, což je zobrazeno grafem v obrázku 15 a 20. To je ovlivněno častým střídáním hasičů při výcviku a nedochází tak k dlouhému pobytu hasičů ve vysokých teplotách.

Při výcvicích se hasiči pohybují nebo setrvávají ve statické poloze dle předem vysvětlených scénářů. Poloha je snižena a hasič se tak pohybuje, nebo setrvává na místě buď v kleče, nebo v dřepu. Dolní končetiny vystavuje zvýšenému riziku vzniku popálenin, protože dochází k těsnému přiléhání ochranného oděvu v oblasti stehen a kolen. Držením proudnice jsou silněji exponovaná místa na horních končetinách v oblasti lokte, předloktí a na ruce. Z tohoto důvodu je zapotřebí často měnit polohu zasahujících, pokud jsou vystaveni jedné z forem sílení tepla. Graf v obrázku 16 jsou zohledněny formy sdílení tepla ve vztahu k počtu zraněných hasičů. Při výcviku v zařízení ve Zbirohu, je nejvíce poraněných formou sálání.

K termickým poraněním při tomto typu výcviku dochází i kontaktem s konstrukcemi trenažeru. Jednou z příčin tohoto poranění může být orientace v prostoru, jak je uvedeno v grafu obrázku 16. Trenažer je převážně tvořen z kovových částí, které mají velkou tepelnou vodivost. Přestože jsou hasiči s konkrétními prostory seznámeni před samotným výcvikem, dochází v některých méně větraných prostorech při hašení

k velkému vývinu páry a tím snížené viditelnosti. Hasič je pak dezorientován, a opřením se o rozpálené konstrukce dojde k poranění vlivem vedení tepla.

Další faktor, který ovlivňuje termická poranění při výcvicích, je vlastní stav OOP a jejich správné použití. Příkladem je zásahová kukla. Stav kukly je v přímé souvislosti s jejím správným použitím. Pokud je tento ochranný prostředek vytahán, častým praním, nebo samotným nošením, v oblasti obličejového otvoru není možné správně překrýt těsnící linii ochranné masky. V případě, že k překrytí dojde i při špatném stavu kukly, může dojít při pohybu hasiče ke vzniku nechráněných míst. To způsobuje poranění vzniklá v oblasti obličeje opařením i popálením. V dobrém technickém stavu musí být samozřejmě všechny OOP, které jsou používány, jelikož s tím přímo souvisí zachování jejich maximálních ochranných vlastností. Je předpokladem, že hasič, který prochází pravidelnou odbornou přípravou v rámci stanice, nebo absolvoval nástupní odborný výcvik je se správným použitím OOP seznámen.

## **6.1 Experimentální měření Zbiroh 2016**

Možnost zúčastnit se experimentu v roce 2016, ve výcvikovém zařízení simulující reálné podmínky požáru, mi poskytlo příležitost prožít pocity měřeného probanda. V rámci několika měření, které byly při opakovaných pokusech prováděny, jsem získal jako proband mnoho subjektivních pocitových zkušeností. Teploty vnímané při pobytu v testovaném prostoru byly při použití pevného paliva (dřevěných hranolů) velmi intenzivní. Délka pobytu v různých testovaných prostorech byla dána experimentem. Intenzitu vnímaného tepla ovlivňovala velikost prostoru a množství samotného paliva.

Například v komoře č. 1 bylo použito takové množství paliva, že ačkoliv se jednalo o největší testovaný prostor, teplota byla nesnesitelná. Z počátku, se všichni zúčastnění byli nuceni neustále otáčet a střídát tak silně exponované části těla teplem. Následně byli všichni nuceni opustit prostor. Po určité době došlo k návratu do komory a pobytu uvnitř při volném rozvoji požáru. Teplota byla stále tak vysoká, že opět bylo nutné provádět neustálé střídání exponovaných částí. V době kdy došlo při pokusu k hašení, došlo při přesunu do pozice podřepu k okamžité popálenině v oblasti kolene hasiče,

který prováděl hašení. K popálení došlo vlivem vysoké teploty, která byla nejen v měřeném prostoru, ale i vně obleku a uvnitř obleku. Teploty naměřené při experimentu prokazují grafy v příloze č. 2. Tyto teploty dosahují uvnitř obleku v některých případech přes 55 °C a na kůži přes 44 °C (Příloha 2). Tyto hodnoty již znamenají, že pokud dojde k přenosu tepla z vnitřní strany obleku na tělo, může dojít k popálení hasiče.

Zkušenosti z experimentu lze přenést do reálných zásahů. V uzavřeném prostoru může být během krátkého časového úseku vysoká teplota. Teplota vzrůstá s rozvojem požáru a z množstvím hořícího paliva. Pro zasahující hasiče je důležité znát problematiku zdolávání požárů v uzavřeném prostoru, znát techniku hašení a mít zmapované ústupové cesty.

## 7 ZÁVĚR

Termická poranění při reálných událostech HZS Středočeského kraje, stejně tak při výcviku v simulátoru reálných podmínek požáru jsou způsobena společným působením několik různých příčin. Hasiči jsou při likvidaci požáru v uzavřeném prostoru vystaveni působení tepla, jehož vlivem může dojít k popálení, opaření, nebo přehřátí. Jednou ze základních příčin pro vznik termických poranění je tedy samotné vystavení hasičů jednotlivým formám sdílení tepla. Správné vybavení osobními ochrannými prostředky a jejich technický stav je další důležitou příčinou ovlivňující vznik termických poranění. Stejně jako jejich správné používání, pravidelná údržba, případně obnova, která by měla být ve vlastním zájmu všech hasičů. Předpokladem ovšem je, že na stanicích HZS probíhají pravidelné kontroly těchto prostředků, dochází k jejich obměnám a hasiči znají jejich ochranné vlastnosti v souvislostech s technickým stavem a správným použitím. Další příčinou je nedostatečná, nebo chybějící znalost problematiky zaměřené na hašení těchto požárů. Ovládání techniky hašení a úchopu proudnice, která jsou pro likvidaci tohoto druhu požárů nezbytná. Pokud není tato technika správně používána, dochází k nedostatečnému ochlazení prostoru a potlačení plamenného hoření. Pokud je naopak do prostoru dodáno nadbytečné množství vody, dochází k velkému vývinu horké páry. Správná technika hašení v těchto prostorách by měla omezit nasycení osobních ochranných prostředků vodou a tím opět snížit riziko termického úrazu. Znalost problematiky a techniky hašení umožňuje i adekvátně reagovat na vznikající jevy nelineárního hoření. Tyto jevy jsou při likvidaci požárů velmi nebezpečné.

Souhrnným závěrem této práce je doporučení zaměřit se v rámci odborné přípravy na problematiku hašení požárů v uzavřených prostorech včetně techniky hašení v rámci přípravy na stanicích. Výcviky v simulátorech jsou omezeny jejich průchodností, což limituje četnost výcviku. Pro udržení dosažených znalostí všemi hasiči a jejich pravidelnému procvičování, by bylo vhodné vybudovat na území ČR další podobná výcviková zařízení. Častější začlenění této problematiky do oblasti odborné přípravy hasičů v teoretické i praktické rovině na stanicích HZS, případně ve speciálních výcvikových zařízeních, by bylo z pohledu bezpečnosti a preventivních opatření, před vznikem termických poranění nesporným přínosem.

## **8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

GŘ – Generální ředitelství

HZS – Hasičský záchranný sbor

ČR – Česká republika

PO – Požární ochrana

BJŘPO – Bojový řád jednotek požární ochrany

FBMI – Fakulta biomedicínského inženýrství

LF – Lékařská fakulta

SSU – Statistické sledování událostí

ZOZ – Zpráva o zásahu

ČSN – České státní norma

NOV – Nástupní odborný výcvik

OOP – Osobní ochranné prostředky

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1) NOVOTNÁ, Martina. Termická poranění. *Slydeplayer.cz*. [online] © 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/5657674/>
- 2) DOBIÁŠ, Viliam. *Prednemocničná urgentná medicína*. Martin: Osveta, 2007. ISBN 978-80-8063-255-7
- 3) SCHNEIDEROVÁ, Michaela. *Perioperační péče*. Praha: Grada, 2014. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-4414-8.
- 4) KVARČÁK, Miloš. *Základy požární ochrany*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. ISBN 80-86634-76-0.
- 5) KUČERA, Petr. *Dynamika požáru*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. Spektrum. ISBN 978-80-7385-074-6.
- 6) MV - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. Konspekty odborné přípravy. Produkty hoření. *Hzscr.cz*. [online] © 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/konspekty-odborne-pripravy-i.aspx?q=Y2hudW09NA%3d%3d>
- 7) BLAHOŽ, Vladimír a Zdeněk, KADLEC. *Základy sdílení tepla*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-902001-1-7.
- 8) CIRHAN, Josef. Co je tepelná vodivost. *Tepelná izolace.cz* [online] © 2016-2017 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.tepelna-izolace.cz/co-je-tepelna-vodivost.html>
- 9) ŠNITA, Dalimil. *Chemické inženýrství I*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2005. ISBN 80-7080-589-7

10) KARLSSON, Björn, James, G QUINTIERE. *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. ISBN 0-8493-1300-7.

11) MV - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. Základní odborná příprava. *Hzscr.cz* [online]. © 2017 [cit. 2017-03-24]. Dostupné z: [www.hzscr.cz/soubor/03-zakladni-odborna-priprava-zop-pdf.aspx](http://www.hzscr.cz/soubor/03-zakladni-odborna-priprava-zop-pdf.aspx)

12) MV - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. SIAŘ GŘ HZS ČR 57/2013. *Hzscr.cz* [online] © 2013 [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: [www.hzscr.cz/soubor/siar-ca-57-2013-pokyn-57-z-20-12-pdf.aspx](http://www.hzscr.cz/soubor/siar-ca-57-2013-pokyn-57-z-20-12-pdf.aspx)

13) Hasičský záchranný sbor jihomoravského kraje. Bojový řád jednotek PO. *Firebrno.cz* [online]. © 2015 [cit. 2017-02-26]. Dostupné z: <http://www.firebrno.cz/bojovy-rad-jednotek-po>

14) MV - Generální ředitelství HZS ČR. *Bojový řád jednotek požární ochrany, seznam kapitol P*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2001. ISBN 80-86111-91-1.

15) MV - Generální ředitelství HZS ČR. *Bojový řád jednotek požární ochrany, seznam kapitol N*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2001. ISBN 80-86111-91-1.

16) SOŠ PO a VOŠ PO. Produkty hoření. *Hasiči-vzdelavani.cz* [online]. © 2013-2017 [cit 2017-03-25]. Dostupné z: <https://www.hasici-vzdelavani.cz/content/konspekty>

17) MV - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. SIAŘ GŘ HZS ČR 4/2013. *Hzscr.cz* [online] © 2013 [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: [https://hasici-vzdelavani.cz/siar\\_ca\\_4-2013-pokyn\\_4\\_z\\_18-1.pdf](https://hasici-vzdelavani.cz/siar_ca_4-2013-pokyn_4_z_18-1.pdf)

18) MV - Generální ředitelství HZS ČR. *Bojový řád jednotek požární ochrany, kapitola N 9*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2001. ISBN 80-86111-91-1.

- 19) MV - Generální ředitelství HZS ČR. *Bojový řád jednotek požární ochrany, kapitola N 5*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2001. ISBN 80-86111-91-1.
- 20) MV - Generální ředitelství HZS ČR. *Bojový řád jednotek požární ochrany, kapitola N II*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2001. ISBN 80-86111-91-1.
- 21) Flashover kontejner Hamry. Metodika práce s proudnicí. *Flashover.cz*. [online]. © 2007-2015 [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.flashover.cz/Dokumenty/prace-s-proudnicí-verze-I-2015.pdf>
- 22) STANĚK, David. *Hodnocení komfortu ochranných oděvů příslušníků jednotek PO za standardních a extrémních podmínek při zásahu*. Ostrava 2008. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany a ochrany obyvatelstva
- 23) KVARČÁK, Miloš. Tepelná nepohoda hasiče při zásahu. *Požární ochrana*, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009, s. 302-306, ISSN 1803-1803
- 24) SDH PLUS. Přilba MSA Gallet F1 SF fluorescenční. *Sdhplus.cz* [online]. © 1997-2016 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <https://www.sdhplus.cz/prilba-msa-gallet-flsf-fluorescenci>
- 25) D.I.K. Consulting. Heros Extreme. *Dikconsulting.cz*. [online]. © 2017 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.dikconsulting.cz/jsp/produkty/itemPrepareData.jsp?showID=15>
- 26) JÁNOŠÍK, Ladislav. *Osobní ochranné pracovní prostředky hasiče*. Vysoká škola báňská – technická universita Ostrava 2014. ISBN 978-80-248-3491-7



- 27) Požární bezpečnost. Nehořlavé funkční spodní prádlo Devold Total. *Výzbrojna.cz*. [online] © 2007-2017 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.vyzbrojna.cz/cz/3258/kukly-spodni-pradlo-ponozky.html>
- 28) VŠB – Technická univerzita Ostrava. Schválené projekty 2016. *Innet.vsb.cz*. [online] © 2016 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://innet.vsb.cz/cs/veda-a-vyzkum/specificky-vs-vyzkum/schvalene-projekty-2016/?projectDetailId=25465>
- 29) ŽIŽKA, Jan. *Soubor experimentálních zkoušek při simulovaném požáru v podmínkách uzavřeného prostoru provedených ve výcvikovém zařízení Zbiroh*. Ostrava 2012. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství Katedra požární ochrany
- 30) SMRČKA, Pavel, Tomáš, VESELÝ, Lukáš, KUČERA a Martin, VÍTĚZNÍK. *Závěrečná výzkumná zpráva: Osobní bezpečnostní dohledový systém pro podporu výcviku a zásahu jednotek IZS (FlexiGuard) - VG20102015002*. 2015.
- 31) MV - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. Statistická ročenka 2015 Česká republika. *Hzscr.cz* [online] © 2017 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/statisticke-rocenky-hasicskeho-zachranneho-sboru-cr.aspx>
- 32) STŮJ, Jiří. *Krajské statistické sledování událostí*. RCS Kladno [software] verze 6.0.67.2 [přístup 2017-02-20]
- 33) STŮJ, Jiří. *Integrovaný krajský informační systém*. RCS Kladno [software] verze 6.0.71.9 [přístup 2017-04-20]
- 34) ŽIŽKA, Jan a Jan, HORA. *Závěrečná zpráva projektu SGS SP2016/124*, Ostrava, VŠB – TU Ostrava, 2016, 61 s.

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Pravidlo devíti .....	11
Obr. 2 - Elektromagnetické vlnění .....	17
Obr. 3 - Zásahový oděv Vochoc .....	26
Obr. 4 – Zásahový monitor FlexiGuard. ....	31
Obr. 5 - Událostí a požárů v ČR 2007-2016 .....	36
Obr. 6.-.Počet zraněných příslušníků HZS ČR při požárech.....	37
Obr. 7 - Události HZS Středočeského kraje. ....	37
Obr. 8 - Vzniklá zranění při událostech HZS Středočeského kraje 2007 – 2016 .....	39
Obr. 9 - Druhy termických poranění u HZS Středočeského kraje .....	40
Obr. 10 - Poraněné oblasti těla u HZS Středočeského kraje.....	40
Obr. 11 - Počet odpracovaných let příslušníků HZS Středočeského kraje v době úrazu. .....	41
Obr. 12 - Typ předchozí zkušenosti .....	41
Obr. 13 - Modul výcvikového trenažeru .....	43
Obr. 14 - Počty frekventantů a zraněných při výcviku v simulátoru .....	44
Obr. 15 - Druhy poranění vzniklé při výcviku 2014 – 2016.....	44
Obr. 16 - Vzniklá zranění v důsledku sdílení tepla 2014 .....	45
Obr. 17 - Faktory ovlivňující vznik zranění 2014 .....	45
Obr. 18 - Nejčastěji poraněné oblasti těla 2014 .....	46
Obr. 19 - Formy předchozích zkušeností 2014 .....	47
Obr. 20 - Druhy poranění v letech 2015 – 2016.....	47
Obr. 21 - Zraněné oblasti těla v letech 2015 - 2016.....	48
Obr. 22 - Vybrané naměřené teplotní hodnoty. ....	49

## **11 SEZNAMU POUŽITÝCH TABULEK**

Tabulka 1 – Hodnoty metabolismu.....	28
--------------------------------------	----

## **12 SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1. - Souhrnné informace o událostech, HZS Středočeský kraj .....	1
Příloha 2. - Grafy dosažených teplot na vybraných exponovaných částech těla .....	2

**Souhrnné informace o událostech - součty**

(dle historicky platné kategorie jednotek)

**Legenda ke sloupcům**

12-19 : POŽÁR

21-25 : DOPRAVNÍ NEHODA

**Období od : 1.1.2007****do: 31.12.2016**

31-35 : ŽIVELNÍ POHROMA

41-45 : Únik nebezpečné chemické látky

51-54 : Technická havárie (mimo UNL)

61 : Radiací havárie a nehoda

71 : Ostatní mimořádné události

81 - Planý poplach

	SUM 12-19	SUM 21-25	SUM 31-35	SUM 41-45	SUM 51-54	SUM 61-81	SUM 1-81
Počet událostí	24982	29569	1859	6520	37337	5634	105901
- s vícenásobným zásahem	0	112	63	7	373	1	556
Počet usmrcených osob	153	983	1	3	1551	5	2696
Počet usmrcených hasičů - HZS	0	0	0	0	0	0	0
Počet usmrcených hasičů - SDH	0	0	0	0	0	0	0
Počet usmrcených jiných složek IZS	0	0	0	0	0	0	0
Počet zraněných osob	1256	23509	11	145	4435	4	29360
Počet zraněných hasičů - HZS	231	95	4	9	148	6	493
Počet zraněných hasičů - SDH	0	0	0	0	0	0	0
Počet zraněných hasičů - neurč. jpo	0	0	0	0	0	0	0
Počet zraněných jiných složek IZS	0	0	0	0	0	0	0
Počet evakuovaných osob	9744	7235	308	1592	17641	659	37179
Počet zachráněných osob	638	5997	44	36	8312	43	15070
Počet zásahů všech jednotek PO	28831	33455	2092	6967	39786	5820	116951
Počet vícenásobných zásahů	0	261	207	14	1184	2	1668
- zasahujících hasičů	135969	151920	7068	28804	149564	28165	501490
Počet zásahů jednotek HZS	28831	33455	2092	6967	39786	5820	116951
- s vícenásobným zásahem	0	261	207	14	1184	2	1668
zasahujících hasičů	135969	151920	7068	28804	149564	28165	501490
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0
- s vícenásobným zásahem	0	0	0	0	0	0	0
zasahujících hasičů	0	0	0	0	0	0	0

Tisk: 29. 3. 2017 8:06

Přihlášen: Havlířová Denisa DIS (HAVLINOVA)

Skupina sestav: 1

Strana 1 / 2

Příloha 2. – Grafy dosažených teplot na vybraných exponovaných částech těla [34]

