

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Diplomová práce

**Porovnání viditelnosti zásahových oděvů používaných u
HZS**

Bc. Adam Bečka

© 2021 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Adam Bečka

Technika a technologie v dopravě a spojích
Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Porovnání viditelnosti zásahových oděvů používaných u HZS

Název anglicky

Comparison of visibility of the intervention clothing of users at the fire brigade

Cíle práce

Cílem diplomové práce je porovnání různých typů zásahových oděvů používaných u HZS ČR. Praktická část je zaměřena na vlastnosti zásahových oděvů, viditelnost za snížených podmínek při osvětlení světlo­metry automobilu a retroreflexi reflexních prvků.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Přehled řešené problematiky
5. Praktická část práce
6. Výsledky a diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

Doporučený rozsah práce

50 stran textu včetně tabulek a obrázků

Klíčová slova

hasič, viditelnost, reflexní vesta, retroreflexe

Doporučené zdroje informací

RUNE E., et al.: The handbook of road safety measures. 2nd ed. Bingley, UK: Emerald, 2009. ISBN 9781848552500.

SONG, Guowen a Faming WANG. Firefighters' clothing and equipment: performance, protection and comfort. Boca Raton: Taylor & Francis, a CRC title, part of the Taylor & Francis imprint, a member of the Taylor & Francis Group, the academic division of T&F Informa, 2019. ISBN 9781498742733.

SONG, Guowen. Thermal protective clothing for firefighters. Cambridge, MA: Woodhead Publishing, [2017]. Woodhead publishing in textiles, no. 189. ISBN 978-0-08-101285-7.

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 29. 10. 2020

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 06. 04. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Porovnání viditelnosti zásahových oděvů používaných u HZS" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30. 4. 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svojí vedoucí práce Ing. Veronice Hartové, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení mé diplomové práce a za skvělý a velmi vstřícný přístup během zpracování práce.

Dále mé poděkování patří Ing. Kamile Kameníkové a Ing. Zdeňkovi Marešovi ze společnosti Deva F-M. s.r.o. za umožnění odborné spolupráce, zapůjčení hasičských zásahových oděvů, darování vzorků reflexních pruhů a konzultací na diplomové práci

Porovnání viditelnosti zásahových oděvů používaných u HZS

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá viditelností vybraných hasičských zásahových oděvů. Práce se dělí na dvě hlavní části, a to na teoretickou část a praktickou část. V teoretické části je popsána metodika porovnání viditelnosti oděvů, problematika zabývající se fyzikálními principy viditelnosti reflexních materiálu, odrazivostí materiálů, rozlišovacími schopnostmi oka a dosvitem světlometů automobilu. Praktická část je zaměřena na porovnání retroreflexe reflexních pruhů používaných na hasičských zásahových oděvech, porovnání viditelnosti jednotlivých oděvů za různých světelných podmínek a použití různého typu světlometů. Na základě těchto poznatků byli vytvořeny tři upravené verze hasičského zásahového oděvu, které by zlepšily jejich viditelnost. Práce tak dává nové poznatky, díky kterým by se docílilo vyšší viditelnosti těchto oděvů nad rámec normy ČSN EN 469:2015 s použitím většího množství reflexních prvků.

Klíčová slova: hasiči, oděv, retroreflexe, viditelnost

Comparison of visibility of the intervention clothing of users at the fire brigade

Abstract

The diploma thesis deals with the visibility of a selected group of firefighter protective clothing. The thesis is divided into two parts, theoretical part and practical part. In the theoretical part is describes the methodology of comparing visibility of clothing, issues dealing with the physical principles of visibility of reflective materials, reflectivity of materials, resolution well and the afterglow of car headlights. The practical part is focused on the comparison of retroreflection of reflective stripes used for firefighting clothing, comparing the visibility of individual clothing under different lighting conditions and the use of different types of headlights. Based on these findings, three modifications version of firefighting protective clothing were created, which would improve their visibility. The work also strives to outline, which gives a higher visibility of these garments would be achieved beyond the scope of the ČSN EN 469: 2015 standard with the use of a larger number of reflective elements.

Keywords: firefighters, clothing, retroreflection, visibility

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Metodika práce	3
4	Přehled řešené problematiky	5
4.1	Normy popisující požadavky pro hasičské zásahové oděvy	5
4.1.1	ČSN EN 469 - Ochranné oděvy pro hasiče - Technické požadavky na ochranné oděvy pro hasiče	5
4.1.2	ČSN EN ISO 20471 - Oděvy s vysokou viditelností - Zkušební metody a požadavky	6
4.2	Viditelnost	7
4.3	Fyzikální principy viditelnosti u materiálů s vysokou viditelností	8
4.3.1	Geometrická (paprsková) optika	8
4.3.2	Vlnová optika	9
4.3.3	Odrazivost materiálů	10
4.3.4	Rozlišovací schopnost oka - velikost reflexních prvků	12
4.4	Dosvit světlometů automobilu	14
4.4.1	Podle sklonu tlumených světlometů	14
4.4.2	Luxmetrem	15
4.4.3	Subjektivní posouzení vzdálenosti	15
4.4.4	Dálková světla	15
4.5	Materiály s vysokou viditelností	15
4.5.1	Aktivní bezpečnostní prvky	16
4.5.2	Pasivní bezpečnostní prvky	16
4.5.3	Fotoluminiscenční materiály	19
4.6	Ochranné oděvy složek Integrovaného záchranného systému	20
4.7	Hasiči	20
4.7.1	Hasičský záchranný sbor ČR	20
4.7.2	Hasičský záchranný sbor podniku	22
4.7.3	Jednotky sborů dobrovolných hasičů obce	23
4.8	Policie ČR	24
4.9	Zdravotnická záchranná služba	25
5	Praktická část	27
5.1	Měření retroreflexe vzorků reflexních pruhů	27
5.2	Vzorky reflexních pruhů	28
5.2.1	3M™ Scotchlite™ Woven Fabric - perforovaný	28
5.2.2	3M™ Scotchlite™ Woven Fabric	29
5.2.3	Coats C412300	29

5.2.4	3M™ Scotchlite™ Woven Fabric - oranžovo-stříbrno-oranžová	30
5.2.5	ORALITE® FTP 1200 Advanced	31
5.2.6	3M™ Scotchlite™ Woven Fabric citronově žlutá	32
5.2.7	3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 75 mm	32
5.2.8	3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 50 mm	33
5.2.9	3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná stříbrná - 50,8 mm	34
5.3	Porovnání výsledků měření	35
5.4	Měření retroreflexe na poškozených a opotřebovaných místech	36
5.5	Oděvy použité pro zkoušku viditelnosti	38
5.5.1	TIGER PLUS	38
5.5.2	GEPARD	38
5.5.3	TAURUS	39
5.5.4	BUSHFIRE	40
5.6	Porovnání v různých polohách z blízka	41
5.6.1	Zepředu	41
5.6.2	Ze zadu	41
5.6.3	Zboku	42
5.7	Porovnání viditelnosti oděvů v reálné situaci	43
5.8	Návrh zásahového oděvu včetně umístění reflexních pruhů	46
5.8.1	Návrh s reflexním pruhem v provedení žlutá - stříbrná - žlutá	47
5.8.2	Návrh s reflexním pruhem ve stříbrné barvě	48
5.8.3	Návrh se segmentovým reflexním pruhem ve stříbrné barvě	48
5.8.4	Porovnání autorem navržených úprav oděvu TAURUS	50
6	Výsledky a diskuze	51
7	Závěr	53
8	Seznam použitých zdrojů	54
	Seznam použité literatury a zdrojů	54
9	Seznam příloh	60

1 Úvod

V posledních letech se bezpečnost na silnicích stala velmi diskutovaným tématem. To je způsobeno především velmi rychle postupujícím vývojem automobilů, zrychlením provozu a s tím související zvýšení bezpečnosti osob, které se na komunikacích pohybují. Do této skupiny můžeme zařadit i hasiče, kteří se na komunikacích nepohybují jen při řešení dopravních nehod, ale i velmi často při řešení jiných mimořádných událostí. Dále se často pohybují na místech, která jsou nepřehledná. Řidiči, kteří spatří zasahující hasiče jsou povinni přizpůsobit svou jízdu situaci, snížit rychlost, případně úplně zastavit, pokud je to nutné. Bohužel z praxe je známo, že se tak často neděje, zejména při nočních zásazích na dálnicích, kde řidiči nákladních automobilů často vůbec nezpomalí.

Problém viditelnosti oděvů zasahujících hasičů se sice v České republice řeší, avšak oproti vyspělejšími zemím viditelnost oděvů stále zaostává. Je to zejména normami, které tuto problematiku upravují. Změna těchto norem svou rychlostí často zaostává za rychlostí, kterou se mění situace na pozemních komunikacích.

V diplomové práci je popsána problematika viditelnosti, fyzikální principy optiky, kterými se řeší jednotlivé problémy, jako je barva fluorescenčních prvků, případně vzdálenost, na kterou budou jednotlivé prvky viditelné.

Aby došlo ke zlepšení viditelnosti zasahujících hasičů a snížilo se riziko jejich zranění, či dokonce úmrtí, je v této práci provedeno porovnání u nás používaných hasičských zásahových oděvů s jedním zahraničním. Dále jsou v práci vytvořeny tři úpravy zásahového oděvu, který je používán u Hasičského záchranného sboru Středočeského kraje. Díky těmto úpravám je dosaženo lepší viditelnosti a tím i možné včasné reakce řidiče vozidla.

Porovnávání, v současné době používané hasičské oděvy, byly nafoceni a formou dotazníku bylo provedeno zjištění, který z reflexních pruhů a oděvů je nejlepší. Dále bylo formou dotazníku provedeno porovnání nově navržených úprav hasičského zásahového oděvu. Výsledky těchto dotazníků jsou uvedeny v kapitole vyhodnocení a diskuze.

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je popis a porovnání některých typů hasičských zásahových oděvů používaných nejen Hasičským záchranným sborem České republiky a různými Hasičskými záchrannými sbory podniku, jednotkami sborů dobrovolných hasičů, ale také oděvy používanými v zahraničí. Dále popis viditelnosti a fyzikálních principů, které se v tomto případě uplatňují.

Praktická část této diplomové práce je zaměřena zejména na retroreflexi jednotlivých reflexních prvků zásahových oděvů pro hasiče, které mají zvýšit viditelnost těchto oděvů. Dále je zaměřena na viditelnost těchto oděvů za snížených podmínek a při osvětlení oděvů pomocí světlometů automobilu.

1. Teoretická část

- Seznámení se s normami zabývajícími se zásahovými oděvy pro hasiče
- Popsat viditelnost a fyzikální principy u materiálů s vysokou viditelností
- Popsat dosvit světlometů automobilu
- Popsat oděvy jednotlivých složek integrovaného záchranného systému
-

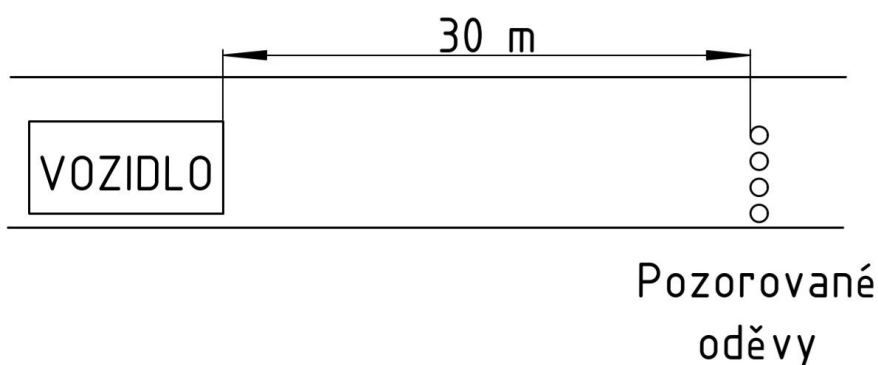
2. Praktická část

- Popsat princip měření retroreflexe a jednotlivé vzorky
- Porovnat výsledky měření
- Popsat oděvy použité pro porovnání viditelnosti
- Porovnat viditelnost oděvů při různých světelných situacích a různém typu osvětlení
- Navrhnout vylepšení zásahového oděvu pro hasiče

3 Metodika práce

Hasičské zásahové oděvy jsou různorodé a to nejen vzhledem, ale i použitými materiály a reflexními prvky. Pokud chceme zjistit, jaká z použitých barev a jaký reflexní prvek jsou nejlepší, musíme je mezi sebou porovnat.

Pro porovnání viditelnosti hasičských zásahových oděvů bude použito několik modelových situací, při kterých lze pozorovat rozdíly ve viditelnosti jednotlivých modelů hasičských zásahových oděvů. Oděvy budou pozorovány při dvou světelných podmínkách, aby se dosáhlo co nejlepšího rozdílu ve viditelnosti. Bude se jednat o dobu denního světla při zatažené obloze a dobu v nočních hodinách. Pozorování proběhne na rovné komunikaci při zimních podmínkách, kdy bude povrch komunikace kompletně pokryt sněhem, díky čemuž nedochází k tak velkému kontrastu mezi oděvem a komunikací v noci a viditelnost se pro lidské oko snižuje. V takové situaci je hasič při pohybu po komunikaci zranitelnější. Vzdálenost pozorovaných oděvů od přední části vozidla bude činit 30 metrů. Schéma pozorování je znázorněno na obrázku 1. Oděvy budou pozorovány z přední strany a zadní strany, a to pro pozorování při obou světelných podmínkách. Oděvy budou umístěny na stojanech tak, aby výsledná výška odpovídala oděvu oblečenému na postavě s výškou 180 cm.



Obr. 1: Schéma prováděného pozorování

Měřit se bude za denního světla při zatažené obloze. Budou porovnávány všechny čtyři oděvy najednou postavené na jednotlivých stojanech vedle sebe tak, aby situace odpovídala oblečení oděvů na skutečných postavách. Bude použito jedno vozidlo, Škoda Fabia I, z kterého bude pozorování provedeno a bude pořízena fotodokumentace. Ta bude provedena z pozice řidiče vozidla, aby pozorování co nejvíce odpovídalo možné situaci, která by mohla nastat na komunikaci. Tato dokumentace bude následně použita pro porovnání pomocí dotazníku. Použitý materiál a další aspekty jsou vypsány v tabulce 1.

Druhé pozorování proběhne na totožném místě ve stejném období, avšak za nočních podmínek. Budou použita dvě vozidla s rozdílným typem světlometů, aby bylo možné pozorovat rozdíl mezi viditelností oděvů při rozdílném osvětlení oděvů. Jako v případě

Tab. 1: Záznam podmínek a použitého vybavení při pozorování ve dne

Vozidlo	Škoda Fabia 1
Fotoaparát Objektiv	Nikon KCC-REI-NKR-D5100 Nikon DX SWM VR Aspherical 0.28 m / 0.92 ft
Výška měřeného stojanu oděvu	1,8 m
Vzdálenost	30 m
Viditelnostní podmínky	Zatažená obloha
Specifické podmínky	kompletně zasněžená silnice

prvního pozorování, budou pozorovány všechny čtyři oděvy najednou postavené na jednotlivých stojanech vedle sebe tak, aby situace odpovídala oblečení oděvů na skutečných postavách. Následně za pomoci jednotlivých vozidel budou oděvy osvětleny jednotlivými světly, nejprve z přední a následně ze zadní strany a bude provedena fotodokumentace z pozice řidiče vozidla. Pořízené fotografie budou opět použity pro dotazník. Všechny aspekty měření jsou vypsány v tabulce 2.

Tab. 2: Záznam podmínek a použitého vybavení při pozorování v noci

První vozidlo Typ světlometů Výška ohniska světlometů	Škoda Fabia 1 Halogenové, potkávací 0,6 m
Druhé vozidlo Typ světlometů Výška ohniska světlometů	Jeep Grand Cherokee WK Xenonové, potkávací 0,8 m
Fotoaparát Objektiv	Nikon KCC-REI-NKR-D5100 Nikon DX SWM VR Aspherical 0.28 m / 0.92 ft
Výška měřeného stojanu oděvu	1,8 m
Vzdálenost	30 m
Viditelnostní podmínky	Zatažená obloha
Specifické podmínky	Kompletně zasněžená silnice

Pro vyhodnocení dotazníku bude oslovena skupina 25 lidí. Podmínkou bude věk minimálně 18 let a řidičský průkaz skupiny B. Vyhodnocována bude viditelnost mezi pozorovanými oděvy za pomoci fotografií. U každé z fotografií bude provedeno seřazení od nejvíce viditelného oděvu k nejhůře viditelnému oděvu. Osoby budou vybrány napříč všemi obory, ve kterých pracují, aby byl eliminován odborný pohled na tuto problematiku. Fotografie, které skupina vyhodnocovala, jsou uvedeny v příloze.

4 Přehled řešené problematiky

V této kapitole je popsána problematika hasičských zásahových oděvů. Jedná se jak o problematiku spojenou s normami, dle kterých musí být oděvy vyráběny, aby bylo možné jejich použití, tak o problematiku viditelnosti z pohledu fyzikálního. Dále je v této kapitole řešen dosvit světlometů vozidel, který výraznou měrou ovlivňuje viditelnost hasičských zásahových oděvů. Následně jsou zde popsány oděvy, které používají jednotlivé složky Integrovaného záchranného systému.

4.1 Normy popisující požadavky pro hasičské zásahové oděvy

Aby bylo docíleno toho, že zásahové oděvy pro hasiče, které jsou určeny pro stejné použití, si budou co nejvíce podobné, ačkoliv nebudou od stejného výrobce, a budou splňovat potřebné požadavky například na viditelnost, odolnost proti teplu, prodyšnost apod., byly vytvořeny normy, které určují všechny nutné požadavky na tyto oděvy.

4.1.1 ČSN EN 469 - Ochranné oděvy pro hasiče - Technické požadavky na ochranné oděvy pro hasiče

Tato norma nabyla platnosti v říjnu 2015. Jejím účelem je stanovení minimálních funkčních požadavků, které jsou kladeny na ochranný oděv pro hasiče při hašení požáru. Dle požadavků jsou v této normě uvedeny dvě třídy ochranných oděvů. První třída je tou s nižšími nároky, druhá třída s vyššími. Zvolení správné třídy ochranného oděvu by měla vycházet z posouzení rizik. V příloze k této normě je přiložen i seznam mnoha nebezpečí, se kterými se můžou hasiči během zásahu setkat. Dle toho se stanoví pokyny pro provedení analýzy posouzení rizik.

Hasiči se však během své výjezdové činnosti nesetkávají jen s požáry, ale jsou vystaveny i dalším možným nebezpečím, proti kterým je nutné se bránit, ale ani jedna z tříd ochranných oděvů to nespĺňuje. Jedná se například o nebezpečí chemické, biologické, radiologické a elektrické. V tomto případě se posoudí, že je vystavení se takovýmto nebezpečím pravděpodobné a může být následně vyžadovaná ochrana osobními ochrannými prostředky, které jsou vhodnější. Buď se nahradí kompletní ochranný oděv vhodnějším, nebo jsou přidány prvky, díky kterým již bude splněna požadovaná ochrana. Pokud je oděv složen z více částí, je nutné, aby to bylo označeno na štítku, neboť v případě použití jen jedné části by oděv nespĺnil požadované vlastnosti. Toto je u třívrstevných ochranných oděvů běžné, skládají se totiž z kabátu a kalhot. Normou požadovaných vlastností však dosahují pouze jako celek. Dále je v normě uvedeno, že v případě výše zmíněného ochranného oděvu skládajícího se z dvou částí je nutné, aby kabát zůstal vždy překryt přes kalhoty bez ohledu na polohu částí těla nebo při jakémkoliv pohybu, který hasič vykonává.

Norma dále uvádí, že k zabezpečení ochrany hasiče je nutné oděv kombinovat s dalšími součástmi, jako je například přilba, rukavice, obuv, kukla, nebo přístroj na ochranu dýchacích cest. Dále je také v normě uvedeno, že se jedná o minimální požadavky na ochranný oděv a nic v této normě nemá omezovat překročení těchto minimálních požadavků.

Co se týče viditelnosti, je v normě uvedena plocha fluorescenčního nebo kombinovaného materiálu, minimálně $0,2m^2$. Tato hodnota je opravdu minimální a z důvodu viditelnosti je lepší, pokud je plocha větší. Dále je zde uveden i požadavek pro retroreflexní materiál. Je požadováno, aby byl připevněn k vnějšímu povrchu ochranného oděvu a to tak, aby minimální plocha viditelnosti tohoto materiálu byla $0,13m^2$ a byl upevněn po obvodu paží, nohou a trupu.

Použitý retroreflexní, fluorescenční nebo kombinovaný materiál musí splňovat požadavky, které jsou dané normou EN 471.

Jelikož přichází ochranný oděv hasiče do styku se zvýšenou teplotou při hašení požáru, upravuje norma také požadavky na retroreflexní, fluorescenční a kombinované materiály i co se vystavení teplu týče. Tyto materiály musí po vystavení se teplotě $(180 \pm 5) ^\circ C$ po dobu 5 minut splnit požadavky normy EN 471:2003 pro koeficient retroreflexe po zkušební expozici, ale také tyto materiály nesmí skapávat, vznítit se, roztavit, případně se smrštít více než o 5%. Všechny tyto materiály musí být zkoušeny společně s vnější vrstvou oděvu na které jsou připevněny. [1]

4.1.2 ČSN EN ISO 20471 - Oděvy s vysokou viditelností - Zkušební metody a požadavky

Tato evropská norma vyšla v platnost v říjnu roku 2013. Norma popisuje provedení zvýšeně nápadných materiálů používaných pro oděv s vysokým rizikem souvisejícím s viditelností. Toto provedení je určeno fotometricky spolu s požadavky na minimální oblast a na umístění daných prvků.

Předmětem normy je určení požadavků na oděvy s vysokou viditelností. Tento oděv je schopen vizuálně signalizovat přítomnost uživatele. Tento oděv má díky své vysoké viditelnosti poskytnout pro uživatele lepší viditelnost, díky které je lépe spatřitelný pro obsluhy vozidel nebo jiných dopravních a mechanizovaných prostředků, a to za jakýchkoliv světelných podmínek, jak při denním světle, tak při osvětlení světlomety za tmy. V příloze k normě jsou další informace týkající se rizikových situací.

Normu nelze použít pro situace, při kterých je riziko střední nebo nízké.

Jsou zde uvedeny také kvalitativní požadavky, a to jak na barvu a retroreflexi daných materiálů, tak i na umístění materiálu na ochranném oděvu a minimální plochy použitého materiálu.

Jedna z částí normy se zabývá rozdělením ochranných oděvů dle typů a tříd. Jsou rozděleny do tří tříd. Toto rozdělení souvisí s posouzením rizika dle místa, kde bude ochranný oděv využíván. V každé třídě je určena minimální plocha retroreflexního a fluorescenčního materiálu. Tyto materiály musí být zabudovány v daných minimálních plochách dle tabulky 3 do oděvní součásti. Pokud tak není učiněno, nesplní ochranný oděv tuto normu a nesmí být tedy použit v konkrétních případech, kde je vyžadován oděv s vysokou viditelností. [2]

Tab. 3: Minimální požadované plochy viditelného materiálu v m^3 [2]

Materiál	Oděvní součásti třídy 3	Oděvní součásti třídy 2	Oděvní součásti třídy 1
Podkladový materiál	0,80	0,50	0,14
Retroreflexní materiál	0,20	0,13	0,10
Materiál s kombinovanými vlastnostmi	-	-	0,20
POZNÁMKA Zatřídění oděvu je stanoveno podle nejmenší plochy viditelného materiálu.			

4.2 Viditelnost

V meteorologii je viditelnost vyjádřena jako vodorovná vzdálenost, na kterou je možné spatřit objekty nebo zdroj světla. Jedná se o velmi klíčový parametr, který je používán v silniční, letecké a námořní dopravě. V meteorologii se tento pojem spojuje s vlastnostmi atmosféry v konkrétním místě. V meteorologii je při stejném složení atmosféry i stejná viditelnost. Na rozdíl od toho se mimo meteorologii za omezení viditelnosti někdy považuje i nedostatek světla. Ten může nastat například v noci.

Pokud se zaměříme na silniční dopravu, je v českých pravidlech silničního provozu pojem snížená viditelnost popsán jako případ, kdy „účast účastníci provozu na pozemních komunikacích dostatečně zřetelně nerozeznají jiná vozidla, osoby, zvířata nebo předměty na pozemní komunikaci, například od soumraku do svítání, za mlhy, sněžení, hustého deště nebo v tunelu“ (§ 2 zák. 361/2000 Sb.). [3]

Důležitostí viditelnosti můžeme demonstrovat mnoha případy. Jedním z nejlepších je ukázka viditelnosti různých druhů oblečení při rozdílných světelných podmínkách. Toto porovnání provedla společnost 3M a je znázorněno na obrázku 2. Na tomto obrázku jsou vedle sebe tři postavy, první zleva je oblečená v fluorescenčním oděvu s retroreflexními prvky, druhá pouze ve fluorescenčním oděvu bez přidání retroreflexních prvků a třetí v černém oděvu, jenž není vybaven žádným prvkem, který by zlepšil jeho viditelnost. Je patrné, že i za denního světla je postava v černém oděvu hůře viditelná. Za snížené viditelnosti je již téměř nedetekovatelná a za tmy se slabým osvětlením úplně splývá s pozadím. Z toho můžeme usoudit, že takto oblečený člověk je pro pozorovatele, kterým může být řidič projíždějícího vozidla, za snížené viditelnosti téměř nerozeznatelný a snadno může dojít ke střetu. Pouze fluorescenční oděv je dobře viditelný za denního světla a poměrně detekovatelný i za snížené

viditelnosti, což zlepšuje možnost rozeznání takto oblečené osoby pozorovatelem, avšak za tmy se slabým osvětlením je na tom fluorescenční oděv stejně jako černý oděv. Jediný dobře viditelný oděv při všech světelných podmínkách je fluorescenční oděv s retroreflexními prvky. Díky kombinaci fluorescenčního a retroreflexního materiálu je dobře viditelný jak za denního světla, tak i za snížené viditelnosti a i za tmy se slabým osvětlením. Je tedy patrné, že pro zlepšení viditelnosti oděvu je nutné správně zvolit materiály a barvy jednotlivých prvků oděvu. [4]



Obr. 2: Důležitost viditelnosti při různých světelných podmínkách [4]

4.3 Fyzikální principy viditelnosti u materiálů s vysokou viditelností

Všechny vyráběné materiály s vysokou viditelností, které se používají v praxi ve formě pásek a upevňují se na ochranné oděvy zasahujících, a to nejen členů jednotlivých složek Integrovaného záchranného systému (dále jen IZS), ale i dalších účastníků mimořádných událostí ve formě například reflexní vesty, nebo i u profesí, kde je vysoká viditelnost potřebná, pracují na principech, které popisuje jedna z částí fyziky, konkrétně optika. U těchto materiálů je důležité, zda mají zvyšovat viditelnost za denního světla, případně za tmy či za velmi snížené viditelnosti. Pokud máme na mysli první část, tedy materiály používané za denního světla, je jejich hlavním předpokladem vysoká jasnost. Jedná se o materiály fluorescenční. U materiálů reflexních, které se používají za tmy nebo velmi snížené viditelnosti je důležitá jejich schopnost odrazit světelný paprsek co nejblíže ke směru, ze kterého přišel. Tyto vlastnosti mohou být popisovány buď to pomocí geometrické (paprskové) optiky, vlnové optiky, nebo kvantové optiky.

4.3.1 Geometrická (paprsková) optika

Nejen dalekohled, mikroskop, videokamera či fotoaparát, ale také lidské oko vytváří obrazy pozorovaného předmětu dle zákonů optiky. Funkce všech těchto přístrojů, ale i lidského oka, je založena ne velmi jednoduchých a snadno pochopitelných principech, které popisuje geometrická (paprsková) optika.

Tato kapitola fyziky popisuje čtyři hlavní principy geometrické optiky:

- Přímočaré šíření světla
- Zákon odrazu
- Zákon lomu
- Nezávislost chodu světelných paprsků

Je tedy patrné, že pokud použijeme pro popis poznatků o vytvoření obrazu optickými soustavami, neuvažujeme vlnovou podstatu světla (světlo se pro nás šíří jako paprsek a neuvažujeme například interferenční jevy a mnoho dalších jevů). Tato část optiky si tedy zakládá na tom, že vlnová délka světla je výrazně menší než rozměry řešené optické soustavy. Ve chvíli, kdy by se tyto rozměry zmenšili a již by se řádově přiblížili vlnové délce světla, paprsková optika by již nefungovala spolehlivě. [5]

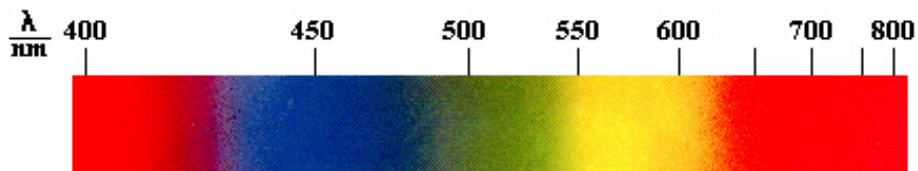
4.3.2 Vlnová optika

Jak už je z názvu patrné, tato část optiky pozoruje světlo jako postupné příčné elektromagnetické vlnění, které se šíří prostorem. Zabývá se tedy jevy, které nelze popsat pomocí geometrické optiky. Například se jedná o polarizaci, ohyb, interferenci, ale také interakci s objekty, které odpovídají řádově svými rozměry vlnové délce světla, tedy řádově stovky nanometrů. Mezi tyto objekty řadíme například štěrbinu optické mřížky, štěrbinu polarizačního filtru atd. [6]

Jak již je výše zmíněno, světlo je příčné elektromagnetické záření. Aby se šířilo, nepotřebuje žádné látkové prostředí, tím je myšleno, že se může šířit i ve vakuu. Velikost rychlosti, kterou se světlo šíří ve vakuu je $c = 299792458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \doteq 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Tato rychlost je maximální rychlost, jakou je možné, aby se jakýkoliv fyzikální objekt pohyboval. Pokud se světlo šíří v látkovém prostředí, bude jeho rychlost vždy nižší a to nejen díky tomuto prostředí, ale také díky frekvenci světla.

Jako každý druh vlnění, tak i světlo je charakterizováno svou vlnovou délkou $\lambda = \frac{c}{f}$, kde f je frekvence světla. Názvem světlo je označované takové elektromagnetické vlnění, na které je citlivé oko, tedy lidský zrakový orgán. Vidění, což je fyziologický vjem, je vyvolán elektromagnetickým vlněním, jehož vlnová délka se pohybuje v rozmezí od $\lambda = 390 \text{ nm}$ až do $\lambda = 790 \text{ nm}$.

Rozdílná frekvence u člověka evokuje různé vjemy, což znamená, že vidíme světlo v různých barvách. Lidské oko tedy vidí v rozmezí od fialové barvy ($\lambda = 390 \text{ nm}$) až do červené barvy ($\lambda = 790 \text{ nm}$). Toto rozmezí je znázorněno na obrázku 3. Je však nutné brát v potaz, že toto vymezení je jen orientační a můžou se objevit lidé, kteří dokáží vnímat i světlo mimo tento interval. [7]



Obr. 3: Spektrum viditelného světla [7]

Nejcitlivější je oko člověka na žlutozelené spektrum světla, tedy když má vlnovou délku okolo $\lambda = 550 \text{ nm}$. V praxi se však většinou neseťkáváme s jednoduchým světlem charakterizovaným konkrétní frekvencí, ale spíše se světlem složeným, které obsahuje více frekvencí dohromady. Pokud máme takto složené světlo, účinek jednotlivých složek na zrak pak určí konečný barevný vjem. Tomu odpovídá určitý odstín barvy. Pokud složíme jednotlivé frekvence ve správném poměru, získáme světlo bílé. Tímto skládáním se zabývá obor zvaný kolorimetrie.

Protože vlnová délka světla v okolí $\lambda = 550 \text{ nm}$ je v bílém světle obsazena z velké části, můžeme říct, že citlivost na bílé světlo bude jen nepatrně nižší než na světlo žlutozelené.

Z výše napsaného je tedy zřejmé, že lidské oko je nejvíce citlivé v rozmezí žlutozelené, žluté až oranžové, což můžeme vidět i v praxi. Pokud se podíváme na barvy například reflexních vest a podobných výstražných oděvů, vždy mají jako hlavní fluorescenční barvu jednu z těchto barev.

4.3.3 Odrazivost materiálů

Pokud uvažujeme intenzitu světla dopadajícího I , dále intenzitu světla lomeného I_1 a intenzitu světla odráženého I_2 . Pro propustnost rozhraní platí vzorec 1 a pro odrazivost rozhraní vzorec 2.

$$T = \frac{I_1}{I} \quad (1)$$

$$R = \frac{I_2}{I} \quad (2)$$

Jelikož musí platit zákon zachování energie, můžeme psát rovnici 3.

$$I = I_1 + I_2 \quad (3)$$

Dosadíme-li rovnice 1, 2 do rovnice 3 a upravíme ji, dostaneme rovnici 4.

$$R + T = 1 \quad (4)$$

Pro řešení problému viditelnosti oděvů se budeme dále zabývat pouze složkou odrazivosti R .

Pro úhel dopadu v rozmezí $0^\circ \leq \epsilon_1 \leq 30^\circ$ můžeme psát rovnici pro odrazivost ve tvaru 5.

$$R = \left(\frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2} \right)^2 \quad (5)$$

kde ϵ_1 je úhel dopadu a ϵ_2 je úhel lomu.

Vezmeme-li v potaz zákon lomu $n_1 \epsilon_1 = n_2 \epsilon_2$, kde n_1 je index lomu světla prvního prostředí, v našem případě vzduchu, a n_2 je index lomu druhého prostředí, v našem případě materiálu, z kterého je vyrobena odrazová vrstva, a dosadíme do rovnice 5, získáme rovnici 6.

$$R = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad (6)$$

Pokud bereme v úvahu průhledné látky, jejich index lomu dosahuje běžně maximálně hodnoty 2. Dosadíme-li tedy do rovnice 6 za $n_1 = 1$ a za $n_2 = 2$, dostaneme pro odrazivost

$$R = \left(\frac{2 - 1}{2 + 1} \right)^2 = \frac{1}{9} \doteq 0,11 \quad (7)$$

Pokud tuto hodnotu převedeme na procenta, dostáváme tedy, že odrazivost průhledných materiálů je maximálně 11%. Tato hodnota je však pro reflexní materiály velmi malá, je nutné, aby odrazivost se zvýšila. Jak už je výše řečeno, průhledné materiály dosahují indexu lomu maximálně $n = 2$, nelze použít materiál s vyšším indexem lomu. Díky tomu lze vyšší viditelnosti dosáhnout dvěma způsoby. [8]

Prvním způsobem je možnost, kdy vytvoříme materiál s velmi vysokou hustotou odrazivým elementů, které sice jednotně nedosáhnou velké odrazivosti, ale díky jejich velkému množství se viditelnost zvýší. Tento princip se však nevyužívá, neboť i tak se nedosahuje dostatečných hodnot a plocha reflexního materiálu by na oděvu musela být velká.

Druhou možností je použití správného podkladního materiálu, který se zvolí. Díky tomu, že velká část paprsku je v skleněných elementech, které jsou použity jako vrchní vrstva, lámána, prochází tyto paprsky k podkladnímu materiálu. Podkladním materiálem je volem materiál s vysokou odrazivostí, aby docházelo k odrazu, tedy jako u zrcadla, ale také k tomu, aby byl podpořen násobný odraz. Jako podkladní materiály se volí kovové folie, například z hliníky, kde odrazivost dosahuje kolem 75%, u stříbra kolem 90%.

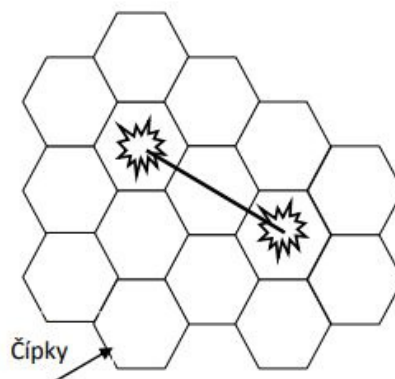
4.3.4 Rozlišovací schopnost oka - velikost reflexních prvků

Abychom mohli určit minimální velikost reflexních prvků, v našem případě šířku reflexního pruhu, musíme porozumět problému rozlišovací schopnosti lidského oka. Jedná se o velmi důležitý faktor viditelnosti.

Rozlišovací mez obecně značíme ψ_0 a k jejímu vypočítání musíme znát některé vlastnosti lidského oka. Jednou ze základních vlastností je průměr čípku, který je fotoreceptorickou buňkou v oční sítnici a umožňuje nám barevné vidění. Ten činí přibližně $d = 5\mu m = 0,005mm$. Dále musíme znát vzdálenost sítnice od obrazového uzlového bodu oka, která je $f = 17mm$. Rozlišovací mez tedy spočítáme podle rovnice 8. [8]

$$\psi_0 = \frac{d}{f} = \frac{0,005}{17} \doteq 0,0003rad = 1' \quad (8)$$

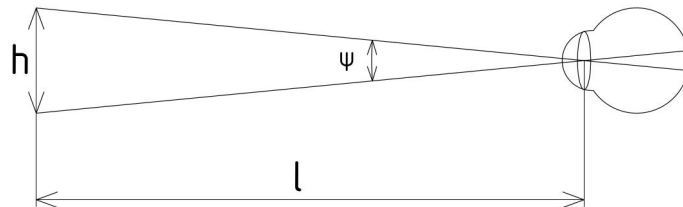
Na sítnici je zobrazen bod jako rozptylový kroužek, který je velmi malý. Abychom dva takové body od sebe rozeznali, musí mezi rozptylovými kroužky každého z nich být alespoň jeden čípek, který je neosvětlený. To je patrné na obrázku 4. Z tohoto vyplývá již výše spočítaná hodnota úhlové vzdálenosti těchto dvou bodů, neboli rozlišovací mez. Ta může být tedy rovna $1'$, nebo může nabývat vyšších hodnot, avšak nemůže být nižší.



Obr. 4: Rozlišovací mez [28]

Rozlišovací mez však u oka není stálá a může se měnit. To nastává řadou faktorů, například se velmi mění se změnou pozorovacích podmínek. Hodnota vypočítaná v rovnici 8 je hodnotou dohodnutou a vychází ze statisticky zjištěných hodnot velikosti čípku a vzdálenosti sítnice od obrazového uzlového bodu. Individuálně se však může lišit, avšak ve většině případů se bude velmi těsně blížit k této hodnotě.

Pokud nás zajímá, na jakou vzdálenost daný objekt budeme schopni rozlišit, podíváme se na oko jako na optickou soustavu. Víme, že rozlišovací mez $\psi_0 = 1'$, a tedy můžeme zakreslit náčrt, z kterého budeme vycházet. Ten je zobrazen na obrázku 5. K tomu, abychom vypočítali vzdálenost objektu od oka l dále potřebujeme znát výšku objektu h . Nejčastěji se v běžné praxi využívají reflexní pruhy o šířce $h = 50\text{mm}$ a $h = 75\text{mm}$.



Obr. 5: Zobrazení sledovaného objektu okem jako optickou soustavou

Pro výpočet vzdálenosti l použijeme vztah z goniometrie, která je znázorněn v rovnici 9.

$$l = \frac{h}{\text{tg}\psi_0} \quad (9)$$

Vzdálenosti, na kterou je možné rozlišit šířku daného reflexního pruhu, jsou znázorněny v tabulce 4.

Tab. 4: Vzdálenost, na kterou je daný objekt možné zpozorovat

Šířka reflexního pruhu - h [mm]	Vzdálenost od objektu - l [m]
10	34
20	69
25	86
50	172
75	258
100	344

Policie ČR zveřejnila tabulku, ve které jsou vypsány dráhy zastavení při různých situacích a rychlostech. Výčet těch nejzajímavějších je znázorněn v tabulce 5. Pokud porovnáme tuto tabulku s tabulkou 4, můžeme vidět, že při rychlosti $130\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ na mokré silnici je dráha zastavení 166m , což je stále méně, než vzdálenost, na kterou je možné lidským okem rozeznat pruh o šířce 50mm , která činí 172m . Užší pruh, než 50mm , se na oděvech pro hasiče nepoužívá.

Tab. 5: Dráha zastavení jedoucího vozidla [9]

Rychlost vozu [km/h]	Reakční dráha [m]	Brzdná dráha [m]	Dráha zastavení [m]
50	14	14 (suchá silnice) 19 (mokrý silnice)	28 (suchá silnice) 33 (mokrý silnice)
90	25	45 (suchá silnice) 63 (mokrý silnice)	70 (suchá silnice) 22 (mokrý silnice)
130	36	93 (suchá silnice) 130 (mokrý silnice)	129 (suchá silnice) 166 (mokrý silnice)

4.4 Dosvit světlometů automobilu

Vzdálenost, na kterou je řidič schopný spatřit hasiče za tmy je však jiná. Odvíjí se to zejména od dosvitu světel, které na vozidle jsou a zda řidič používá dálková či potkávací světla. Pro zjištění dosvitu světlometů se používá několik metod měření.

4.4.1 Podle sklonu tlumených světlometů

Vzdálenost, na kterou dosvítí potkávací světlometry, je dána výškou vztažené osy světlometu (někdy také nazývána jako referenční osa) od vozovky, která je určena výrobcem světlometů a svislým sklonem potkávacích světel, který je pro tato světla předepsaný. Vztažná osa světlometu je vedena světelným zdrojem, který se ve světlometu nachází (vlákno žárovky). Je také rovnoběžná s podélnou střední rovinou vozidla, a také je rovnoběžná s rovinou, na které vozidlo stojí. Vztažná osa světlometu vyúsťuje na krycí sklo světlometu a tento bod se nazývá vztažný střed. Nachází se ve výšce vlákna žárovky a zpravidla je označován malým kroužkem, někdy také nazývaným jako sluníčko. Svislý sklon světlometů je podrobně určen a vyznačen buď přímo na světlometu, nebo v jeho blízkosti. Pro výpočet dosvitu světlometu platí vztah 10. [10]

$$S_r = \frac{L_s}{S_s \cdot 10^{-2}} \quad (10)$$

kde:

S_r je dosvit světlometů na vozovku [m]

L_s je výška vztaženého bodu světlometu [m]

S_s je předepsaný svislý sklon světlometů dán výrobcem [%]

4.4.2 Luxmetrem

Pomocí tohoto přístroje lze měřit velikost osvitu na úrovni vozovky. Z měření je dále zpracována graficky závislost osvětlení (lx) na vzdálenosti [m] přístroje od zdroje světla. Z této závislosti lze následně snadno vyčíst vzdálenost, na kterou světlo dosvítí. Největší výhodou, která vyplývá z tohoto měření, je velká objektivnost a také poměrně vysoká rychlost provedení, což může výrazně zrychlit porovnání dosvitu světlometů. [10]

4.4.3 Subjektivní posouzení vzdálenosti

Metoda tohoto měření spočívá v tom, že od vozidla se zapnutými potkávacími světly se vzdaluje osoba. Obuv této osoby vrhá stín a pozoruje se, dokud je tento stín vrhán. Ve chvíli, kdy se již stín za obuví netvoří, se změří vzdálenost od vozidla, která odpovídá dosvitu světlometů. [10]

4.4.4 Dálková světla

U dálkových světel je však situace jiná. Jelikož svítí přímo před vozidlo, nelze použít žádnou z výše uvedených metod. Lze však zjistit vzdálenost dohledu na daný objekt. Pro zjištění této vzdálenosti je jedinou možnou metodou vyšetřovací pokus.

4.5 Materiály s vysokou viditelností

Jak již je z názvu této práce patrné, je nutné, aby materiály, které se na oděvy pro HZS používají, byly výstražné a zvýšila se tím viditelnost zasahujících hasičů. Reflexní prvky, které tuto vlastnost mají, můžeme rozdělit do tří základních skupin.

Jednou ze skupin jsou aktivní bezpečnostní prvky. Jedná se o skupinu, která v posledních letech je na velkém vzestupu, čehož se dosáhlo také díky pokroku technologií. Tato skupina využívá, jak už je z názvu patrné, aktivní člen, tedy zdroj světla. Nevýhodou však je, že ke zdroji světla je potřeba i vlastní napájení, které díky tomu komplikuje použití na oděvech pro hasiče.

Další skupinou jsou pasivní bezpečnostní prvky. Jedná se o prvky, které nemají žádný aktivní prvek a nepotřebují tedy napájení. Jejich povrchy jsou vytvořeny tak, aby odrazili světelné paprsky zpět ke zdroji záření, tedy nejčastěji směrem zpět k světlometům vozidla. Tato skupina prvků je nejpoužívanější, neboť výroba těchto prvků je poměrně levná a použití nenáročné.

Třetí skupinou jsou tzv. luminiscenční prvky. Tyto prvky jsou vytvořeny z materiálu, který je schopen po osvětlení a následném zhasnutí dále vyzařovat světlo.

4.5.1 Aktivní bezpečnostní prvky

Tyto prvky ke svému fungování potřebují zdroj světla a vlastní napájení. Díky rychlému vývoji se v dnešní době těší velkému zájmu, především díky LED diodám. Tyto diody mají poměrně malý příkon oproti klasickým žárovkám, proto jim stačí poměrně malý zdroj energie. Další výhodou je jejich životnost, která je velmi dlouhá, také odolnost vůči vibracím, nárazům, změnám teplot především proti chladu. Největší nevýhodou je již výše zmíněný zdroj energie, který je potřeba měnit při jeho vybití, případně při praní oděvů snímat, aby nedošlo k jeho znehodnocení. Naopak hlavní výhodou je to, že i při doporučené svítivosti, která se udává jako $4cd$ (kandela) na jednu diodu je lze spatřit v noci již na vzdálenost 400 metrů, v některých případech i více, což je i dvakrát více než u pasivních bezpečnostních prvků. [11]

4.5.2 Pasivní bezpečnostní prvky

Tyto prvky zaručují, že po dopadu světelného paprsku na povrch se paprsek odrazí zpět ke zdroji světla, nebo využijí difuze světla na tomto povrchu. Řadí se sem fluorescenční materiály, které zvyšují viditelnost za dne a za soumraku, avšak za snížené viditelnosti již svojí funkci ztrácí. V tu chvíli na řadu přichází materiály retroreflexní, které světelné paprsky odráží zpět ke zdroji světla. Nejlepší viditelnosti se dosahuje kombinací těchto materiálů.

- **Fluorescenční materiály** - Jedná se o materiály, které mají jasnou barvu, jako je například oranžová, sytě žlutá či zelená. Tyto barvy vytváří světelný kontrast v porovnání s okolím, ve kterém se tyto barvy běžně nevyskytují. Fluorescenční barvy jsou dobře vidět za světla, které obsahuje velké množství krátkovlnné složky světla, což je například denní světlo. Pokud takové materiály pozorujeme za snížené viditelnosti, případně v noci, jsou pro pozorovatele téměř neviditelné a v takových podmínkách nepoužitelné. Jedná se o difuzní materiály. To znamená, že odráží dopadající světlo všemi směry, aniž by to záviselo na úhlu dopadu světelných paprsků. Nápadnost těchto barev je zásadní vlastností, díky které řidič vozidla touto barvou označený objekt včas spatří. Avšak nápadnost, i když se jedná o nejlepší měřítko viditelnosti, je na rozdíl od jasu a kontrastu, se téměř nedá kvantifikovat.

Tyto barvy pracují na principu fluorescence, což je děj, kdy se krátkovlnné záření po dopadu převádí do oblasti s delšími vlnovými délkami. Zde se sčítají k odraženému světlu, díky čemuž vzniká dojem, kterým působí daná barva výraznější a také sytější. [12]

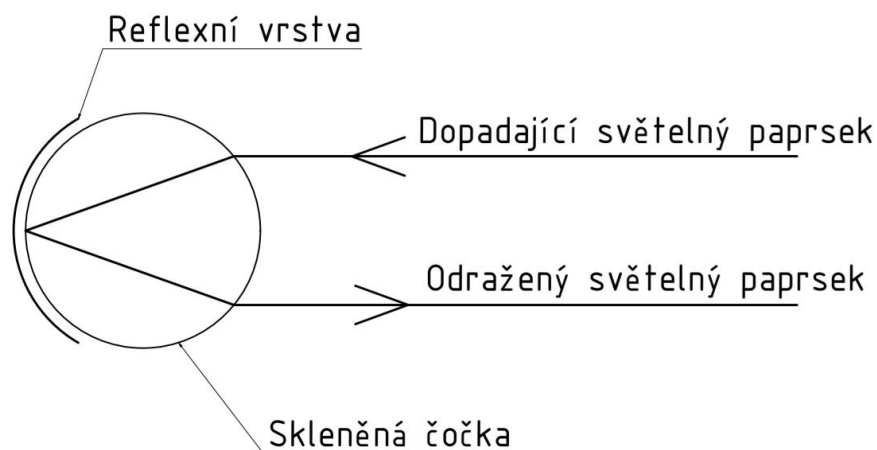
Použití fluorescenčních materiálů můžeme popsat i na reálném případě. Pokud se chodec obleče do tmavého oblečení, rozpozná ho řidič na vzdálenost 18 metrů. Pokud si chodec oblékne oděv v červené barvě, zvýší se tato vzdálenost na 24 metrů, ve žluté na vzdálenost 37 metrů. [12]

- **Retroreflexní materiály** - Tyto materiály fungují na principu retroreflexe. Nejdříve bych zmínil, že toto slovo je latinského původu, kde reflecto znamená ohýbat a re, nebo retro znamená zpět. Z toho je patrné, že v překladu retroreflexe znamená ohýbat zpět. Tyto materiály tedy fungují na principu odrazu světla zpět k jeho zdroji. Jedná se o fyzikální, konkrétně optický jev, kdy ze zdroje světla, v našem případě případě světlomety vozidla, dopadají paprsky na reflexní materiál, který je odráží zpět ve směrech blízkým ke zdroj světla, tedy v tomto případě k očím řidiče. Řidič tedy vidí kontrast mezi reflexním materiálem a okolním tmavým pozadím, díky čemuž může včas zareagovat a vyhnout se případné srážce s takto označenou osobou nebo objektem. Dochází tedy k výraznému snížení rizika možné dopravné nehody. U těchto materiálů je také nutné, aby se jejich vlastnosti neztráceli při mrazu, za deště, ale také například při ohybu, což se u oděvů může stávat velmi často. [13]

V současné době se používají dva principy schopnosti odrazu světla u reflexních materiálů. Jedná se o technologii skleněných čoček a technologii mikroskopických prizmat.

- **Technologie skleněných čoček** - Jedná se o nejrozšířenější technologii používanou pro tvorbu reflexních materiálů. Tyto materiály jsou nejčastěji užívány ve formě reflexních pásek, které jsou našívány na oděvy, nebo fólií, které jsou lepeny například na vozidla či dopravní značení. Jelikož se tato práce zabývá oděvy pro HZS, budu se dále zabývat pouze reflexními páskami, které jsou používány právě na tyto oděvy. Tato technologie je založena na mikroskopických skleněných kuličkách. Ty jsou částečně zapuštěny do podkladového materiálu, což je u reflexních pásek textil. Těchto kuliček může být až 30 000 na jeden cm². Světelný paprsek, vycházející ze zdroje světla, dopadá na skleněnou kuličku. Na přechodu mezi dvěma rozhraními, kterými je vzduch a sklo, dochází k lomu paprsku, který dále prochází skleněnou kuličkou, kde dopadne na její zadní stranu. Tato strana je zrcadlová a dochází zde k odrazu paprsku, který se šíří opět materiálem kuličky, až dojde znovu na rozhraní mezi sklem a vzduchem. Zde opět dochází k lomu a paprsek se vrací zpět do blízkého okolí zdroje světla. Tento princip je zobrazen na obrázku 6. [14]

Pro běžné použití není nutné řešit podkladový materiál, neboť se nepředpokládá vystavení reflexní pásky náročným podmínkám. Takové pásky se používají například na reflexní vesty a reflexní bundy. Pro použití u HZS je však nutné, aby reflexní pásky splňovali i dle normy E469 také nehořlavost, neboť mohou být obleky, na kterých jsou tyto reflexní pásky našity, vystaveny působení požáru. Nehořlavosti se docílí použitím podkladového materiálu aramid nebo polyamid, který splňuje požadavky normy. Na tento podklad jsou nanášeny skleněné kuličky.

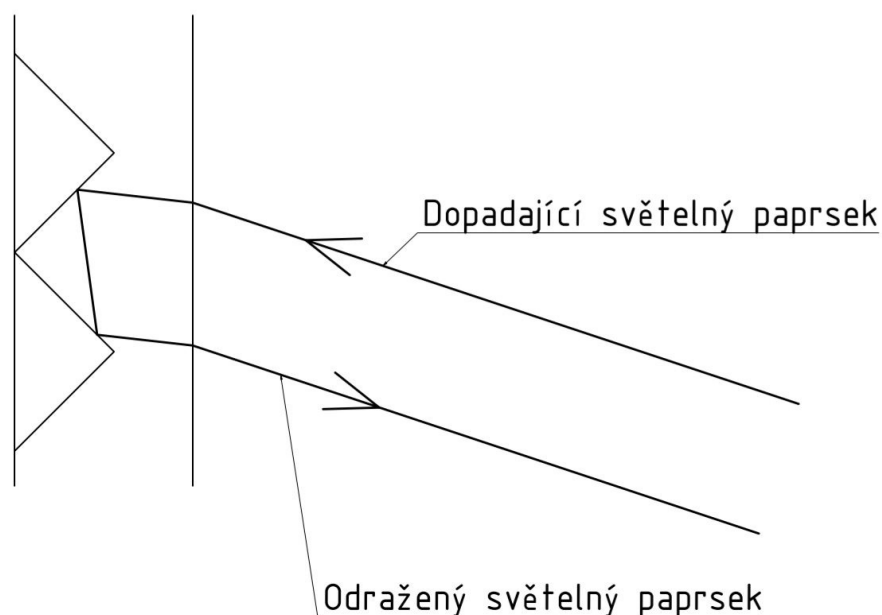


Obr. 6: Princip metody skleněných čoček [vlastní]

- **Technologie prizmatické optiky** - V roce 1963 bratři Rowlandové z Ameriky, zahájili ve společnosti Rowland Products Inc. ve spojení se společností Luce Reflexite vývoj první tenké prizmatické retroreflexní folie. Následně začali spolupracovat se společností Fresnel Optics. V této spolupráci vyvinuli první mikroprizmatické fólie, které si v roce 1970 nechala společnost Rowlands patentovat. Ve stejném roce začala společnost výrobu a v roce 1973 došlo k prvnímu komerčnímu prodeji těchto fólií. [15]

To byl největší pokrok v retroreflexních foliích od 3M Engineering Grade. Malá výška, přesnost a ostrost hran krychlí s vysokým rozlišením jen 0,15 mm až 0,25 mm velkých znamenalo, že bylo možné tuto technologii poprvé použít na velmi tenké folie z pružného materiálu, kterým je například vinyl nebo polyester. První použití těchto fólií bylo pro dopravní značení, ukazatele, vysoce viditelné pracovní oblečení a také pro takzvané „hot dots“, což jsou malé tečky, které se používají pro dětské oblečení a školní tašky. Tyto „hot dots“ dosáhli velmi vysokého úspěchu. Tyto folie však stále měly nedostatky. Jedním z nich byla vysoká cena, na denním světle vypadala metalizovaná prizmatika šedá, a také byly méně efektivní než folie fungující na principu skleněných kuliček při pohledu z velkých úhlů. Vývojem však byli tyto nedostatky odstraněny a dnes jsou již reflexní pásy fungující na tomto principu velmi používané. [15]

Princip, na kterém fungují tyto pásy, jsou mikroprizma. Jedná se o malé hranoly, které jsou naneseny na odrazové vrstvě. Paprsek, dopadající na plochu hranolu, se odráží a dopadá na protilehlou plochu hranolu, od které je odražen paprsek zpět ke zdroji světla. Tento princip je znázorněn na obrázku 7.



Obr. 7: Princip metody prizmatické optiky [vlastní]

4.5.3 Fotoluminiscenční materiály

Luminiscence je samovolné neboli spontánní záření, většinou pevných a kapalných látek. Jedná se o přebytek nad tepelným rovnovážným zářením tělesa, kde má toto záření konečnou dobu trvání, která velmi převyšuje periodu světelných kmitů ($10^{-15} s$). Z luminiscence jsou vylučovány rovnovážní tepelné záření, rozptyl světla, stimulovaná emise, Čerenkovovo a přechodové záření. Hlavní charakteristikou je tedy dlouhá, ale konečná doba trvání a také to, že jsou procesy excitace a emise odděleny přechodovými ději a stavy. Potřebná energie nutná k excitaci atomu na vyšší energetické hladiny je v tomto případě dodávána pomocí ultrafialového záření, ale existují i další druhy luminiscence, kde je energie dodávána i jinou formou, jako je například elektrický proud, ultrazvuk apod. [16]

Využití fotoluminiscenčních materiálů najdeme například v požární prevenci, kde jsou využívány na tabulkách označující například únikové východy. Dalším použitím těchto materiálů je na hasičské zásahové přilby. Ty musí dle vyhlášky mít na povrchu fotoluminiscenční materiál, díky čemuž dochází po ozáření přilby k její luminiscenci i po několika minutách a hasič je díky tomu dobře vidět.

4.6 Ochranné oděvy složek Integrovaného záchranného systému

V této části jsou popsány oděvy, které jednotlivé složky IZS používají při své zásahové činnosti, tedy ve chvíli kdy potřebují, aby jejich oděv splňoval požadavky na viditelnost dané pro konkrétní složku IZS. I přes to, že jsou jejich oděvy lépe viditelné, je však nutné se nespoléhat jen na tuto vlastnost oděvu a situaci kolem sebe stále sledovat.

4.7 Hasiči

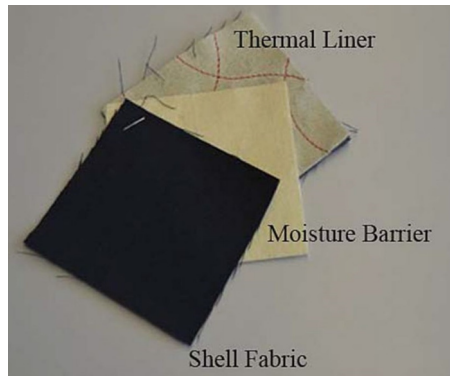
Hasičské zásahové oděvy, které používají jednotky hasičů nejen v České republice, ale i v okolních zemích, jsou si často na první pohled velmi podobné, avšak najdeme mezi nimi mnoho rozdílů. Společným znakem je využití dvoudílného oděvu skládajícího se z kabátu a kalhot. Dalším společným znakem je využití reflexních pruhů, nejčastěji ve formě pruhů. Dříve byla barva oděvu nejčastěji tmavě modrá až černá, případně písková, avšak v posledních letech se díky technologiím často setkáme i s jinými barvami. Na vrchní materiál se nejčastěji používají látky, které jsou z aramidových (Nomex®), polybenzimidazolových (PBI®) a polybenzoxazilových (PBO®) vláken. Další vrstvy oděvu slouží jako vlhkostní bariéra a tepelná bariéra. [17]

4.7.1 Hasičský záchranný sbor ČR

Oděvy, které využívají pro svou činnost příslušníci Hasičského záchranného sboru ČR (dále HZS ČR) musí splňovat normu ČSN EN 469. Tato norma se zabývá ochrannými oděvy pro hasiče, konkrétně technickými požadavky na tyto oděvy. Splnění normy lze dosáhnout použitím oděvu jednovrstvého nebo vícevrstvého, záleží na požadavcích, pro které typy zásahů bude oděv užíván.

V České republice se nejčastěji využívá třívrstvý zásahový oděv, a to buď s vyjímatelnou vložkou, nebo pevně všitou vložkou. Oděv má tedy tři vrstvy, které jsou pro představu znázorněny na obrázku 8, kde můžeme vidět vrchní vrstvu, membránu proti vlhkosti a vnitřní vrstvu, která chrání před účinky tepla. Je nutné, aby ochranný oděv poskytl hasičům při hašení požáru ochranu trupu, krku, paží až na zápěstí, ale také nohou až ke kotníkům. Aby bylo zajištěno, že bude oděv i při provádění zásahové činnosti schopný ochraňovat celé paže, je do konce rukávu všit tzv. "palečník", kterým se prostrčí palec a rukáv tedy nejde stáhnout a je zaručena ochrana. Součástí ochrany oděvu není hlava, ruce ani nohy, k tomu jsou určeny další části výstroje hasiče, tedy nehořlavá kukla a přilba, rukavice, které jsou rozděleny na typ určený k hašení požárů a typ, který je určen pro technické zásahy. Pro zlepšení viditelnosti někteří výrobci rukavic našívají na hřbet reflexní prvky podobné těm, které se používají na oděvech. Je možné použít typ k hašení požárů i na technické zásahy, neboť musí splňovat stejné vlastnosti jako typ na technické zásahy, avšak manipulovatelnost

v tomto typu je omezená. Nelze avšak naopak použít typ na technické zásahy při hašení požáru, neboť nespĺňuje tento typ potřebnou ochranu ruky před teplem. Další součástí je obuv, která musí splňovat několik parametrů, jako je odolnost proti prořezu, propíchnutí, teple atd. I na obuv někteří výrobci umístí reflexní prvky, avšak není to moc časté, neboť nohavice kalhot se při používání přetahují přes obuv a tím jsou tyto prvky často zakryty.



Obr. 8: Ukázka složení materiálu [17]

U HZS Středočeského kraje, kde je autor práce příslušníkem, je nyní používán oděv od společnosti DEVA F-M. s. r. o. Jedná se o model TAURUS, který se skládá z vrchní ochranné vrstvy a vnitřní odjímatelné vložky. Tento oděv je vidět na obrázku 9.



Obr. 9: Oděv DEVA TAURUS [18]

4.7.2 Hasičský záchranný sbor podniku

Pokud některý z podniků svojí rozlohou nebo technologií přesahuje meze dané zákonem, pro které stačí protipožární zajištění například požární hlídkou nebo samozhášecím zařízením, musí zřídit svůj hasičský záchranný sbor podniku (dále jen HZSP), který bude vykonávat protipožární zabezpečení. V České republice se jedná o mnoho HZSP, z nich můžeme vyjmenovat několik největších, které mají svoje oděvy něčím specifické.

Jedním z největších je HZS Správy železnic (dále jen HZS SŽ), která se do nedávna nazývala HZS Správy železniční dopravní cesty, díky čemuž se stále můžeme setkat se zkratkou HZS SŽDC na oděvech těchto hasičů. Používá dva druhy ochranných oděvů. Jedním je klasický třívrstvý zásahový oděv, který však není celý proveden v barvě námořní modři, ale jeho vrchní část je v červené barvě, což je patrné na obrázku 10. Tuto variantu hodnotím jako velmi dobrou, neboť při součinnosti jednotek HZS ČR a HZS SŽ je velmi dobře rozpoznatelné ke které jednotce daný hasič připadá, díky čemuž má velitel zásahu dobrý přehled o práci jednotlivých jednotek. HZS SŽ dále používá oděv na technické zásahy, který je celý v oranžové barvě a nespĺňuje vlastnosti odolnosti proti ohni, avšak jeho viditelnost je lepší. Tento oděv je používán například při technických zásazích typu nakolejování vlaků, nebo prořezávání nebezpečně rostoucích stromů. Oděv je možné vidět na obrázku 11.



Obr. 10: Oděv HZS SŽ třívrstvý zásahový DEVA PATRIOT [18]



Obr. 11: Oděv HZS SŽ zásahový pro technické zásahy [19]

Dalším velkým hasičským sborem, který se řadí mezi podnikové, je HZS Letiště Praha (dále jen HZS LP), které používá oděvy pro Českou republiku v poměrně netradiční barvě. Jedná se o barvu pískovou, která je však v zahraničí běžná. Tato barva se začala používat, protože materiál, který je zde využit pro vnější ochranu vrstvu, se nedá barvit. Jedná se o materiál PBI, neboli polybenzimidazol. Materiál má velmi dobrou odolnost, v mnoha směrech vyšší než nejčastěji používaný nomex, avšak jeho cena je značně vyšší. Oděv HZS LP z materiálu PBI je vidět na obrázku 12.



Obr. 12: Oděv HZS LP v pískové barvě [20]

4.7.3 Jednotky sborů dobrovolných hasičů obce

V případě Jednotek sboru dobrovolných hasičů obce (dále JSDHO) platí stejné požadavky jako jsou pro ochranné oděvy používané HZS ČR. Realita je avšak jiná a z mnoha příčin se v běžné praxi můžeme setkat při zásazích, kde se nachází i JSDHO s oděvy, které buď jsou zastaralé a nesplňují potřebnou normu, případně jsou v barvách, které neodpovídají požadavkům na tyto oděvy. Jelikož je však velmi mnoho JSDHO a není možné hlídat dodržování těchto požadavků, budeme se pravděpodobně i nadále setkávat u JSDHO s oděvy, které by již neměli být používány.

Jedním z často používaných ochranných oděvů u JSDHO, které jsou zařazeny dle kategorie jednotek požární ochrany (dále JPO) do kategorie JPO V, je oděv DEVA BUSHFIRE. Jedná se o jednovrstvý zásahový oděv, který nemůže být použit při hašení požárů v uzavřených prostorech, avšak jeho cena je výrazně nižší a pokud JSDHO nedisponuje dýchací technikou, nemůže zasahovat na požáry v uzavřených prostorech a tím pádem je tento oděv pro tuto jednotku dostačující. Tento oděv je znázorněn na obrázku 13.



Obr. 13: Oděv DEVA BUSHFIRE [18]

4.8 Policie ČR

Policie ČR je další složkou IZS. Podle svého zaměření se dělí na základní policejní služby. Těmi jsou služba pořádkové policie, služba dopravní policie, služba cizinecké policie a služba kriminální policie a vyšetřování. Každá z těchto služeb má vlastní pracovní stejnokroj, jejichž podrobné obrazové zobrazení je k nalezení ve vyhlášce č. 122/2015 Sb.. Co se viditelnosti týče, je největší požadavek kladen na dopravní policii, která se pohybuje na pozemních komunikacích a je nejčastěji vystavena možnému nebezpečí souvisejícímu s možnou srážkou z důvodu špatné viditelnosti. Dopravní policie tedy má svůj stejnokroj upraven tak, aby byla jeho viditelnost vyšší, než je u ostatních služeb. Na obrázku 14 je patrné, že je dbáno na viditelnost u vrchní části oděvu, avšak kalhoty již reflexní prvky postrádají a jejich barevné provedení není také výrazné. Dle zkušeností autora práce, kdy u dopravních nehod často dochází ke spolupráci hasičů s dopravní policií, by bylo vhodné kalhoty opatřit v dolní části reflexním prvkem, případně i přidat reflexní pruh svisle na nohavici z vnější strany, neboť za snížené viditelnosti je pro zasahující dopravní policisty jedinou viditelnou částí právě vrchní část oděvu.



Obr. 14: Letní stejnokroj Policie ČR [21]

4.9 Zdravotnická záchranná služba

Zdravotnická záchranná služba (dále jen ZZS) je v České republice zajišťována příspěvkovými organizacemi, které jsou zřizovány krajskými úřady. Díky tomu není v České republice žádná vyhláška ani norma, která by sjednocovala pracovní stejnokroje ZZS. Na obrázku 15 je bunda, kterou používají zdravotníci ZZS Hlavního města Praha. Z důvodu, že si každá příspěvková organizace, která zajišťuje ZZS, může zvolit vlastní vzor oděvu, se v různých krajích můžeme setkat s výrazně odlišnými oděvy, ale také i vozidly. Je však ve všech případech snaha o to, aby zdravotníci byli dobře viditelní, neboť často zasahují i na pozemních komunikacích u dopravních nehod, kde je dobrá viditelnost oděvu velmi důležitá.



Obr. 15: Bunda ZZS Hlavního města Praha [22]

Česká společnost DEVA-FM, s. r. o. vyvinula nový oděv, který splňuje nejvyšší skupinu reflexních oděvů podle normy (norma na reflexní oděvy). Tento oděv je velmi dobře viditelný za snížených podmínek a díky němu se výrazně zvyšuje bezpečnost záchranářů, je však

na každém zřizovateli ZZS, tedy krajském úřadu, zda se pro tento typ oděvu rozhodne a vybaví s ním své záchranáře. Dle mého názoru by bylo dobré, pokud by se v České republice používal vzhledově stejný oděv u všech ZZS napříč republikou, díky čemuž by se zlepšila přehlednost při likvidaci mimořádné události, u které se sejdou složky ZZS z různých krajů.

Společnost DEVA F-M. s. r. o. vytvořila nový oděv pro záchranáře, který splňuje nejvyšší třídu minimální požadované plochy viditelného materiálu v m^2 . Tento oděv je zobrazen na obrázku 16.



Obr. 16: Oděv pro záchranáře DEVA RESCUER III [18]

5 Praktická část práce

5.1 Měření retroreflexe vzorků reflexních pruhů

Vlastnosti materiálů lze měřit pomocí laboratorních metod testování s pomocí zařízení, která se primárně zaměřují na jednotlivé fyzikální vlastnosti, které materiál má. Tyto metody jsou velmi přesné a objektivní, díky čemuž se jednotlivé výsledky zdají velmi snadno mezi sebou porovnávat. Díky těmto měřením můžeme zjistit závislost reflektivity daného materiálu na přesně určených úhlech pozorování a dopadu paprsků světla. Díky tomu zjistíme citlivost materiálu a jeho orientaci. Tento způsob laboratorní metody měření můžeme využít například v případě, kdy na pohled totožné výrobky, avšak od různých výrobců nebo s různou technologií výroby, změříme a jejich výsledné hodnoty porovnáme. Výrobky od různých výrobců se mezi sebou mohou mnohonásobně lišit. Dále těmito metodami můžeme porovnávat změny jednoho výrobku při použití v různých extrémních podmínkách, jako je například vysoká teplota, mráz, velmi vysoká vlhkost, nebo různé mechanické a chemické opotřebení a poškození.

K měření se používá spektrofotometr nebo retroreflektometr. Tyto přístroje jsou vybaveny senzory a integrovaným dokumentačním vybavením, díky čemuž můžeme měřit složky retroreflexního a fluorescenčního materiálu, mezi které patří difuzní a odrazivá, a to jak při denním světle, tak i za použití xenonové výbojky.

V našem případě jsem použil pro měření retroreflexe jednotlivých vzorků metodu kontaktního měření pomocí retroreflektometru, které se nejčastěji v praxi používá k měření odrazivosti dopravních značek. Jedná se o měřicí přístroj od společnosti ZEHNTNER, model ZRS 6060. Je zobrazen na obrázku 17. Tento přístroj měří retroreflexi pro tři úhly pozorování a pro každý z nich provede tři měření, kde výsledkem je průměr z těchto měření.



Obr. 17: Měřicí přístroj ZEHNTNER, model ZRS 6060 [23]

5.2 Vzorky reflexních pruhů

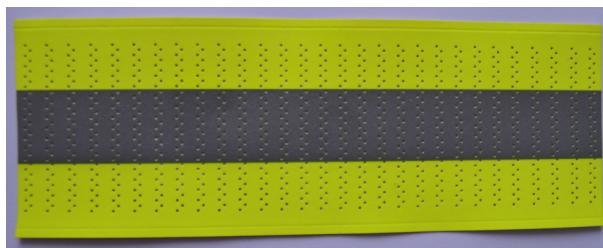
K měření retroreflexe bylo použito devět vzorků reflexních pruhů. Některé z těchto pruhů jsou v České republice běžně používané na ochranné oděvy pro hasiče, jedná se o pruhy buď celé žluté, nebo kombinace žluté se stříbrnou. Pruhy obsahující oranžovou barvu, nebo pouze stříbrné, se zatím u nás nepoužívají. Z těchto devíti vzorků používají tři vzorky k uchycení na podkladovém materiálu nažehlovací způsob a ne klasické našítí pomocí nehořlavé nitě. K této metodě uchycení se pomalu přechází, neboť má velké výhody jak při snadnosti výroby, tak také při opravě poničených pruhů, neboť se nemusí odpárat celý pruh a znovu našít, ale lze vyměnit jen poškozené segmenty, což zlevňuje a zrychluje tento proces.

5.2.1 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric - perforovaný

Jedná se o reflexní pruh, který má barvu za denního světla žluto-stříbrno-žlutou, jeho celková šířka činí 76,2mm. Jako princip uchycení na oděvu je zde zvoleno našítí. Tento reflexní pruh splňuje normu EN 469, díky které může být použit na ohnivzdorné oděvy pro hasiče, dále hodnoty odráživosti stříbrné části splňují normu ISO 20471 a žluté části splňují normu ISO 20471 pro denní viditelnost. Tento pruh je na obrázku 18. Výsledky z měření jsou znázorněny v tabulce 6.

Reflexní materiál využívá ke svému odrazu technologii skleněných čoček. Z pozorování v praxi lze říci, že viditelnost těchto pruhů, pokud jsou nepoškozené, je velmi dobrá, avšak nevýhodou je, že reflexní materiál není chráněn před otěrem a na místech exponovaných právě tímto namáháním dochází k postupnému otření reflexní vrstvy. To je pozorovatelné na obrázku 29.

Tento typ reflexního pruhu je používán na oděvech DEVA TAURUS, které využívá HZS Středočeského kraje. Jelikož i autor práce používá ve své praxi tento oděv, mohl změřit i další místa, která jsou lehce či více opotřebovaná.



Obr. 18: 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric perforovaná [vlastní]

Tab. 6: Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric perforovaná

Číslo měření	Úhel pozorování 0.2° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 0.33° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 2.0° [cd/lx/m ²]
1	462,4	341,6	9,9
2	463,2	342,1	9,9
3	467,5	344,3	9,8
Průměr z měření	464,4	342,7	9,9

5.2.2 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric

Tento reflexní pruh je téměř stejný jako výše uvedený 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric performovaný. Jediným rozdílem je to, že tento pruh není performovaný, což znamená, že se v něm nenachází malé dírky. Tento rozdíl je vidět, pokud porovnáme obrázek 18 a obrázek 19.

**Obr. 19:** 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric [vlastní]

Rozdíl je možné pozorovat i mezi naměřenými hodnotami, které jsou znázorněné v tabulce 6 a tabulce 7. Je patrné, že perforování snižuje schopnost retroreflexe daného pruhu.

Tab. 7: Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric

Číslo měření	Úhel pozorování 0.2° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 0.33° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 2.0° [cd/lx/m ²]
1	534,3	364,9	10,4
2	525,7	355,0	10,4
3	532,2	357,7	10,6
Průměr z měření	530,7	359,2	10,5

5.2.3 Coats C412300

Tento reflexní pruh je velmi podobný výše zmíněnému 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric, jen je rozdíl ve výrobci, což se však odráží i na jeho vlastnostech. Reflexní pruh je znázorněn na obrázku 20. Při porovnání s pruhem 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric, který je na obrázku 19 na první pohled není patrný rozdíl, avšak patrný je například v tloušťce materiálu. Dále je patrný při porovnání hodnot v tabulce 8 a tabulce 7. Tento reflexní pruh splňuje normu EN 469, díky které může být použit na ohnivzdorné oděvy pro hasiče, dále hodnoty odráživosti



Obr. 20: Coats C412300 [vlastní]

Tab. 8: Výsledky měření - Coats C412300

Číslo měření	Úhel pozorování 0.2° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 0.33° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 2.0° [cd/lx/m ²]
1	392,0	320,7	16,6
2	393,5	321,9	16,6
3	390,4	318,8	16,3
Průměr z měření	392,0	320,5	16,5

stříbrné části splňují normu ISO 20471 a žluté části splňují normu ISO 20471 pro denní viditelnost.

5.2.4 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric - oranžovo-stříbrno-oranžová

Tento reflexní pruh je téměř totožný s pruhem 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric. Jediným rozdílem je použitá barva fluorescenčního materiálu, která je zde oranžová. Tento pruh se na ochranné oděvy pro hasiče v České republice nepoužívá, avšak v zahraničí s s touto barevnou kombinací můžeme setkat. Reflexní pruh je znázorněn na obrázku 21.



Obr. 21: 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric - oranžová [vlastní]

Při porovnání výsledky měření vzorku 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric ve žlutém provedení, které jsou v tabulce 7, s výsledky měření vzorku 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric v oranžovém provedení, které jsou v tabulce 9, můžeme pozorovat, že i rozdílná barva podkladového materiálu může způsobit rozdíl i ve výsledné retroreflexi retroreflexního materiálu.

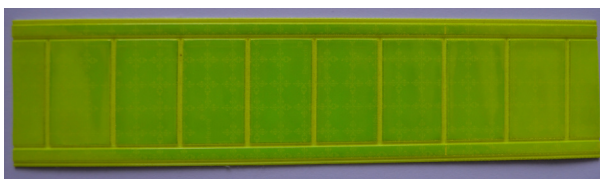
Tab. 9: Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric - oranžová

Číslo měření	Úhel pozorování 0.2° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 0.33° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 2.0° [cd/lx/m ²]
1	474,7	333,1	10,1
2	492,3	348,0	10,2
3	491,3	346,1	10,3
Průměr z měření	486,1	342,4	10,2

5.2.5 ORALITE® FTP 1200 Advanced

Jedná se o reflexní pruh, který má barvu za denního světla žlutou, jeho celková šířka činí 50mm. Kombinuje retroreflexní a fluorescenční materiál v jednobarevném pruhu. Jako princip uchycení na oděvu je zde zvoleno našítí. Tento reflexní pruh splňuje normu EN 469, díky které může být použit na ohnivzdorné oděvy pro hasiče, dále splňuje hodnoty odrazivosti za tmy a hodnoty pro denní viditelnost dané normou ISO 20471. Tento pruh je znázorněn na obrázku 22 a výsledky měření jsou viditelné v tabulce 10.

Reflexní materiál u tohoto pruhu využívá k odrazu technologii prizmatické optiky. Dále je jeho povrch pokryt vrstvou polymeru, která je průhledná, počasí a UV záření odolná a i díky tomu je reflexní vrstva chráněna před otěrem, díky čemuž je zajištěna i delší životnost těchto pruhů, což je jedna z velkých výhod. Další výhodou je i to, že díky kombinaci retroreflexního a fluorescenčního materiálu v jednom pruhu je jeho šířka menší než u pruhu 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric perforovaná a díky tomu je na oděvu možné těchto pruhů využít více, díky čemuž se zvýší i viditelnost oděvu jak za denního světla, tak za tmy. Další výhodou je i použitá technologie prizmatické optiky, jejíž výhody jsou popsány v této práci. Tento typ reflexního pruhu je používán na oděvech DEVA TIGER používaných u HZS Moravskoslezského kraje.

**Obr. 22:** ORALITE® FTP 1200 Advanced [vlastní]**Tab. 10:** Výsledky měření - ORALITE® FTP 1200 Advanced

Číslo měření	Úhel pozorování 0.2° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 0.33° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 2.0° [cd/lx/m ²]
1	675,6	330,0	16,0
2	688,6	343,9	15,0
3	617,3	313,2	14,7
Průměr z měření	660,5	329,0	15,3

5.2.6 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric citrónově žlutá

Tento pruh je zařazen mezi kombinované reflexní pruhy. Jedná se tedy o celožlutý pruh v barvě citrónově žlutá. Jeho šířka je 50,8 mm. Hlavní výhodou je jeho cena, která je výrazně nižší než o reflexních pruhů typu 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric žluto-stříbrno-žlutá nebo u pruhu ORALITE® FTP 1200 Advanced. Avšak nižší cena odpovídá i nižším hodnotám retroreflexe. Tento pruh je používán například u jednovrstvého ochranného oděvu DEVA BUSHFIRE, který je zobrazen na obrázku 13, který se řadí mezi levnější typ ochranného oděvu. Tento pruh je znázorněn na obrázku 23.



Obr. 23: 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric citrónově žlutá [vlastní]

Výsledky retroreflexe tohoto pruhu jsou patrné v tabulce 11.

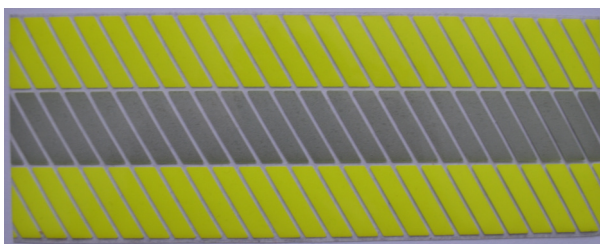
Tab. 11: Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric citrónově žlutá

Číslo měření	Úhel pozorování 0.2° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 0.33° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 2.0° [cd/lx/m ²]
1	177,5	109,8	3,6
2	177,5	109,5	3,5
3	176,3	108,1	3,6
Průměr z měření	177,1	109,1	3,6

5.2.7 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 75 mm

Jedná se o reflexní pásku, která se v poslední době začíná využívat na ochranné oděvy pro hasiče. Tento pruh je na obrázku 24. Šířka této pásky je 76,2 mm. Největším rozdílem oproti předchozím páskám je způsob upevnění na podkladový materiál. V tomto případě není použito našití, avšak je zde použit princip nažehlení. Tento způsob upevnění je velmi výhodný při opravě určité části reflexního pruhu. Stačí tuto část za pomoci tepla odstranit a nažehlít zde část nového pruhu. Jak je z obrázku 24 patrné, je reflexní pruh složen ze segmentů, mezi kterými je vynechána malá mezera která činí 1 mm. Tento reflexní pruh splňuje normu EN 469, díky které může být použit na ohnivzdorné oděvy pro hasiče, dále hodnoty odráživosti stříbrné části splňují normu ISO 20471 a žluté části splňují normu ISO 20471 pro denní viditelnost.

Výsledky retroreflexe tohoto pruhu jsou patrné v tabulce 12.



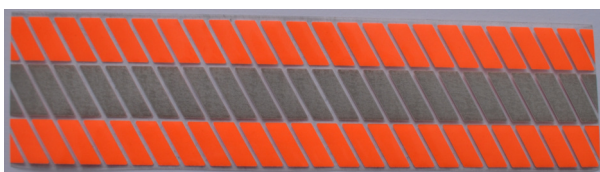
Obr. 24: 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 75 mm [vlastní]

Tab. 12: Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 75 mm

Číslo měření	Úhel pozorování 0.2° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 0.33° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 2.0° [cd/lx/m ²]
1	461,1	341,3	9,6
2	461,8	341,8	9,6
3	462,2	341,7	9,6
Průměr z měření	461,7	341,6	9,6

5.2.8 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 50 mm

Tento reflexní pruh je téměř stejný jako výše zmíněný 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 75 mm. Prvním rozdílem je jeho šířka, která je zde 50,8 mm, avšak dodává se tento pruh i v šířce 76,2 mm. Dalším a posledním rozdílem je použití barev. U tohoto pruhu je použita kombinace oranžová-stříbrná-oranžová na rozdíl od kombinace žlutá-stříbrná-žlutá, která se používá v České republice na ochranné oděvy pro hasiče.



Obr. 25: 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 50 mm [vlastní]

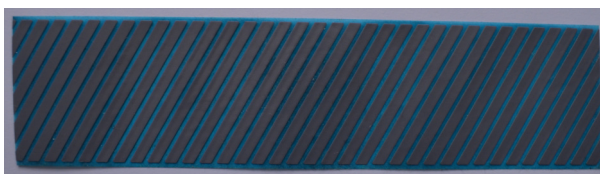
Výsledky retroreflexe tohoto pruhu jsou patrné v tabulce 13.

Tab. 13: Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 50 mm

Číslo měření	Úhel pozorování 0.2° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 0.33° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 2.0° [cd/lx/m ²]
1	461,8	342,3	9,7
2	462,1	342,3	9,7
3	462,7	342,1	9,7
Průměr z měření	462,2	342,2	9,7

5.2.9 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná stříbrná - 50,8 mm

Jedná se o reflexní pruh, který je podobný jako 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná oranžová-stříbrná-oranžová - 50 mm s jedním rozdílem. Tím je absence fluorescenčního materiálu. To znamená, že viditelnost tohoto pruhu nesplňuje požadavky normy ISO 20471 pro denní viditelnost, ale splňuje tuto normu v noci nebo za špatných světelných podmínek, čímž zvyšuje viditelnost ochranného oděvu a je tedy použit jako doplňkový pruh. Tento pruh je znázorněn na obrázku 26.

**Obr. 26:** 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná stříbrná - 50,8 mm [vlastní]

Výsledky retroreflexe tohoto pruhu jsou patrné v tabulce 14.

Tab. 14: Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná stříbrná - 50,8 mm

Číslo měření	Úhel pozorování 0.2° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 0.33° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 2.0° [cd/lx/m ²]
1	564,5	340,7	9,1
2	565,4	341,1	9,1
3	564,6	340,7	9,1
Průměr z měření	564,8	340,8	9,1

5.3 Porovnání výsledků měření

Shrnutím a porovnáním měření můžeme zhodnotit, jaký z daných vzorků dosahuje nejlepších hodnot retroreflexe. Díky tomu můžeme určit, který z měřených vzorků by bylo nejlepší využívat v praxi.

Po porovnání naměřených hodnot retroreflexe jednotlivých pruhů, které jsou zobrazeny v tabulce 15, je patrné, že nejlepších vlastností dosahuje kombinovaný reflexní pruh ORALITE® FTP 1200 Advanced, který dosáhl nejvyšších hodnot při úhlu pozorování 0,2°, a zároveň patřil k nejlepším i při ostatních úhlech pozorování. Toto je pravděpodobně způsobeno použitou technologií pro nanešení retroreflexního materiálu. Je patrné, že technologie prizmatické optiky dosahuje lepších výsledků než technologie skleněných čoček.

V tabulce 15 jsou nejvyšší hodnoty zvýrazněny pomocí červeného rámečku a nejnižší pomocí modrého rámečku.

Tab. 15: Výsledky měření retroreflexe různých typů reflexních pruhů

Název vzorku	Úhel pozorování 0.2° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 0.33° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 2.0° [cd/lx/m ²]
3M™ Scotchlite™ Woven Fabric perforovaná	464,4	342,7	9,9
3M™ Scotchlite™ Woven Fabric	530,7	359,2	10,5
Coats C412300	392,0	320,5	16,5
3M™ Scotchlite™ Woven Fabric oranžovo-stříbrno-oranžová	486,1	342,4	10,2
ORALITE® FTP 1200 Advanced	660,5	329,0	15,3
3M™ Scotchlite™ Woven Fabric citrónově žlutá	177,1	109,1	3,6
3M™ Scotchlite™ Reflexní páska segmentovaná - 75 mm	461,7	341,6	9,6
3M™ Scotchlite™ Reflexní páska segmentovaná - 50 mm	462,2	342,2	9,7
3M™ Scotchlite™ Reflexní páska segmentovaná stříbrná - 50,8 mm	564,8	340,8	9,1

5.4 Měření retroreflexe na poškozených a opotřebených místech

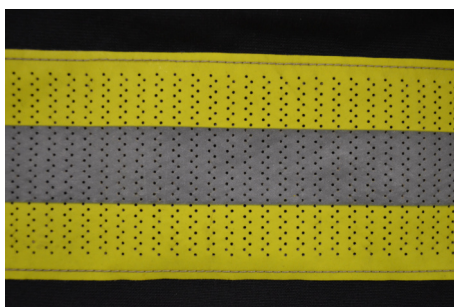
Oděv používaný hasiči je velmi často mechanicky namáhán, například otěrem o jiné povrchy, ohýbáním, a vystavován různým vnějším vlivům, jako jsou některé chemické látky, sálavé teplo apod. Z toho můžeme usoudit, že i reflexní prvky, které jsou na oděvu upevněny právě na vnější vrstvu, která je těmto vlivům vystavována nejvíce, budou také namáhány výše zmíněnými zatíženími.

Proti některým typům namáhání, jako je namáhání sálavým teplem a chemickými látkami, se lze bránit pouze použitým materiálem těchto reflexních prvků, neboť jejich umístění na kryté místo nepřipadá v úvahu, protože je nutná dobrá viditelnost jednotlivých prvků. K tomu se nejčastěji používají aramidová vlákna, která dosahují dostatečné odolnosti proti výše zmíněným typům namáhání.

Jedním z nejčastějších problémů je mechanické namáhání reflexních prvků. Jak již je výše zmíněno, jedná se hlavně o otěr, kdy retroreflexní část je postupně otírána a ztrácí svojí původní schopnost retroreflexe.

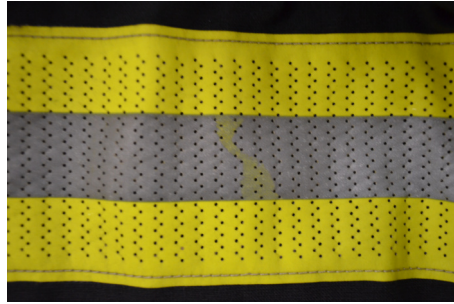
Jako důkaz, že se tento problém opravdu děje a může nastat, byla změřena retroreflexi na několika poničených či používaných místech u oděvu TAURUS, na kterém je použit pruh 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric - perforovaný.

Prvním místem na oděvu DEVA Taurus, který autor práce používá ve své praxi, byla část spodního pruhu v oblasti zad, kde je pruh minimálně namáhán a nedochází zde k velkému opotřebení. Výsledky měření by tedy v tomto místě měli odpovídat novému pruhu. Výsledek měření pro nový pruh je v tabulce 6. Místo měření je znázorněno na obrázku 27.



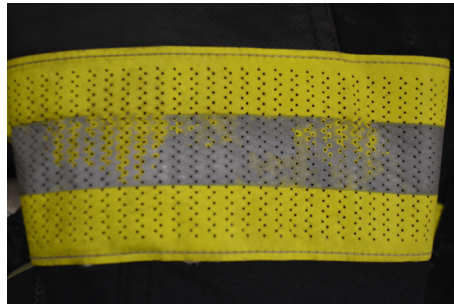
Obr. 27: Nepoškozená část reflexního pruhu na oděvu DEVA Taurus [vlastní]

Dalším místem, na kterém bylo provedeno měření, byla část pruhu na levém boku, kde je retroreflexní pruh poničen, avšak stále plní částečně svojí funkci. Tato část pruhu je znázorněna na obrázku 28.



Obr. 28: Středně poškozená část reflexního pruhu na oděvu DEVA Taurus [vlastní]

Poslední měřenou částí je pruh na pravém rukávu, který je výrazně poškozen a retroreflexní část je zde výrazně poškozená. Takto poničený pruh ztrácí výrazně svou funkci a stává se tedy téměř nefunkční, pokud je osvětlen světlometem. V tomto případě je jedinou možnou variantou opravy výměna takto poškozeného reflexního pruhu. Tento pruh je ukázán na obrázku 29.



Obr. 29: Velmi poškozená část reflexního pruhu na oděvu DEVA Taurus [vlastní]

Výsledky z měření jednotlivých částí reflexních pruhů, které jsou poškozeny, společně v porovnání s výsledky měření nového pruhu, jsou znázorněny v tabulce 16. Z této tabulky je patrné, že rozdíl je patrný i mezi neponičeným a novým pruhem. Retroreflexe u velmi poškozené části je více než 3 krát menší, než u nového pruhu. Z toho je patrné, že je nutné poničené části pruhů vyměnit.

Tab. 16: Výsledky měření poškozených a používaných pruhů

Název vzorku	Úhel pozorování 0.2° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 0.33° [cd/lx/m ²]	Úhel pozorování 2.0° [cd/lx/m ²]
Nový	464,4	342,7	9,9
Používaný, nepoškozený	282,5	198,7	8,4
Lehce poškozený	156,5	102,0	7,8
Výrazně poškozený	133,9	92,6	6,8

5.5 Oděvy použité pro zkoušku viditelnosti

Pro porovnání viditelnosti autor obstaral čtyři hasičské zásahové oděvy. Jedná se o tři oděvy používané v České republice a jeden používaný v Německu.

5.5.1 TIGER PLUS

Jedná se o třívrstvý zásahový oděv, znázorněn na obrázku 30, který vyrábí česká společnost DEVA F-M s.r.o. Tento oděv má barvu námořní modř, která je v České republice povinná při použití pro HZS ČR. Jako reflexní prvek je na tomto zásahovém oděvu použit pruh ORALITE® FTP 1200 Advanced. Tento konkrétní oděv je ušit ve vzoru pro HZS Moravskoslezského kraje, který je inspirován oděvy používanými v USA, což je vidět na kovových přeskách, které jsou využity na sepnutí kabátu. Na vrchní vrstvu je zde použit materiál NOMEX® DIAMOND Ultra.



Obr. 30: Oděv TIGER PLUS DEVA F-M s.r.o. [vlastní]

5.5.2 GEPARD

Jedná se o třívrstvý zásahový oděv, znázorněn na obrázku 31, který vyrábí česká společnost DEVA F-M s.r.o. Tento oděv je ušit ve vzoru pro Německo, tedy nemusí splňovat normy, které jsou nastaveny pro Českou republiku. To je vidět zejména na barvě svrchní vrstvy, která je v odstínu mokřý písek. Jedná se o materiál Gladiator VFL. Dalším velikým rozdílem je použití více reflexních prvků, například svislých pruhů na zadní i přední části kabátu, na rukávech a na bocích kalhot. Jako reflexní prvky je zde použito více rozdílných pruhů.

Pro vodorovné pruhy je zde použit 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 75 mm, jako doplňkové pruhy je zde použita 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná stříbrná - 50,8 mm a 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná oranžová-stříbrná-oranžová - 50 mm.



Obr. 31: Oděv GEPARD DEVA F-M s.r.o. [vlastní]

5.5.3 TAURUS

Jedná se o třívrstvý zásahový oděv, znázorněn na obrázku 32, který vyrábí česká společnost DEVA F-M s.r.o. Tento oděv používá HZS Středočeského kraje. Vrchním materiálem je NOMEX® DIAMOND Ultra v barvě modré. Oděv na sobě má našité tři vodorovné reflexní pruhy. Jedná se o pruh 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric - perforovaný v šířce 75 mm. Výhodou obleku je odnímatelná vnitřní vložka, díky čemuž je jednodušší impregnace vnější vrstvy, aniž by byla zasažena vnitřní vrstva.



Obr. 32: Oděv TAURUS DEVA F-M s.r.o. [vlastní]

5.5.4 BUSHFIRE

Jedná se o jednovrstvý zásahový oděv, znázorněn na obrázku 33, který vyrábí společnost DEVA F-M s.r.o. Tento oděv se používá převážně u JSDHO (jednotka sboru dobrovolných hasičů obce), ale byl vybrán z důvodu porovnání s ostatními oděvy, neboť využívá méně výrazné reflexní pruhy. Jedná se o pruhy 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric citrónově žlutá. Oděv se může použít jen při hašení venkovních požárů a na technické zásahy.



Obr. 33: Oděv BUSHFIRE DEVA F-M s.r.o. [vlastní]

5.6 Porovnání v různých polohách z blízka

Tato zkouška je velmi závislá na subjektivním porovnání jednotlivých obleků. Z důvodu, aby byl tento aspekt co nejvíce snížen, bylo dle metodiky osloveno 25 nezávislých osob, které vlastní řidičský průkaz minimálně na vozidlo třídy B.

5.6.1 Zepředu

Jedná se o polohu, kdy je hasič otočen přímo proti pozorovateli. V této poloze se avšak hasič při práci často nenachází, neboť většinou musí řešit mimořádnou situaci a je tedy otočen čelem k řešenému problému. Pro porovnání jsou oděvy v této poloze znázorněny na obrázku 34.



Obr. 34: Pozice zepředu, z leva oděv GEPARD, BUSHFIRE, TIGER PLUS a TAURUS [vlastní]

Po provedení porovnání viditelnosti oslovenou skupinou se jako nejlépe viditelný se jevil oděv GEPARD, následován oděvem TAURUS, TIGER PLUS a na posledním místě skončil oděv BUSHFIRE.

Tento výsledek nejspíše poukazuje na to, že větší množství reflexních pruhů, které má oděv GEPARD, zlepšují jeho viditelnost.

5.6.2 Zezadu

Jedná se o polohu, kdy je hasič velmi zranitelný, neboť je otočen k pozorovateli zády a tedy nemůže sledovat provoz na komunikaci a je více závislý na dobré viditelnosti svého oděvu. Jedná se o velmi nebezpečnou pozici zejména na frekventovaných úsecích silničních komunikací. Je tedy nutné, aby z této strany oděvu bylo umístěno dostatečné množství reflexních prvků. Oděvy v této pozici jsou znázorněny na obrázku 35.



Obr. 35: Pozice zezadu, z leva oděv GEPARD, BUSHFIRE, TIGER PLUS a TAURUS [vlastní]

Po vyhodnocení výsledků získaných od oslovené skupiny pozorovatelů bylo zjištěno, že i v tomto případě nejlepší viditelnosti dosahuje oděv GEPARD, následovaný oděvy TAURUS, TIGER PLUS a BUSHFIRE. Je tedy patrné, že pořadí zůstalo stejné jako při pozorování zepředu. Opět je tedy nejpravděpodobnější, že je to díky množství reflexních pruhů, které jsou na oděvu GEPARD umístěny.

5.6.3 Zboku

Tato poloha je pro hasiče při jeho činnosti velmi nebezpečná, neboť není otočen hlavou k pozorovateli, tedy nemůže sám sledovat tento směr, ale zároveň vystavuje tímto směrem nejmenší možnou plochu. Je tedy v tomto případě pro pozorovatele, kterým je například řidič přijíždějícího vozidla, nejtěžší zpozorovat hasiče, který o přijíždějícím vozidle nemusí vůbec vědět, a je tedy odkázán z velké části na dobrou viditelnost svého oděvu. Tento problém je vidět na obrázku 36.

Opět bylo provedeno porovnání za pomoci oslovené skupiny. I v tomto případě dopadl nejlépe oděv GEPARD, opět následován oděvy TAURUS, TIGER PLUS a BUSHFIRE. V tomto případě je výsledek porovnání nejspíše nejvíce ovlivněn přidaným svislým reflexním pruhem na rukávu a nohavici u oděvu GEPARD. Díky tomu je plocha reflexních pruhů u oděvu při tomto pohledu výrazně větší, čímž se zvyšuje i viditelnost tohoto oděvu.



Obr. 36: Pozice z boku, zleva oděv GEPARD, BUSHFIRE, TIGER PLUS a TAURUS [vlastní]

5.7 Porovnání viditelnosti oděvů v reálné situaci

Abychom mohli řešit problém osvětlení oděvů světly automobilu, musíme zjistit jejich dosvit. K vyřešení tohoto problému se musíme vrátit do kapitoly 4.4.1, kde je popsán problém zjištění dosvitu podle sklonu tlumených světlometů, a také je zde vzorec 10, kterým lze spočítat vzdálenost dosvitu světlometů na vozovku.

V tomto případě byla při zjišťování dosvitu světlometů použita dvě vozidla. Vozidlo Škoda Fabia I a JEEP GRAND CHEROKEE WK. Následně byly zjištěny hodnoty výšky vztažného bodu světlometu a předepsaný svislý sklon světlometů, který je dán výrobcem, abych mohl být použit vzorec 10 pro další výpočet. Tyto hodnoty a výsledky výpočtu jsou znázorněny v tabulce 17.

Tab. 17: Výsledné hodnoty dosvitu potkávacích světlometů použitých vozidel

Vozidlo	Výška vztažného bodu světlometů [m]	Předepsaný svislý sklon světlometů [%]	Vzdálenost dosvitu dle vztahu 10 [m]
Škoda Fabia I	0,67	1,2	56
JEEP GRAND CHEROKEE WK	1	1,5	67

Výsledná vzdálenost dosvitu však říká, kam až dosvítí světlomet na vozovku, tedy v případě zjišťování viditelnosti oděvů to můžeme přirovnat k situaci, kdy se světlo vyzářené světlometem dotkne podrážky obuvi zasahujícího hasiče. Avšak v této výšce se nenachází žádný reflexní prvek, tedy nemůžeme zde říci, že je již zasahující hasič viditelný. K tomu potřebujeme mít výšku nejnižšího reflexního prvku od vozovky. Tím je vodorovný reflexní

pruh, který se nachází kolem nohavice. V normě ČSN EN ISO 20471 je řečeno, že vzdálenost retroreflexní pruhu musí být nejméně 50mm nad dolním okrajem nohavice. U hasičských oděvů je většinou tato vzdálenost 130mm. Pokud použijeme vzorec 10, můžeme zjistit, na jakou vzdálenost bude vidět tento pruh. Vše je znázorněno v tabulce 18 pro námi použitá vozidla.

Tab. 18: Vzdálenost, na kterou je vidět nejnižší retroreflexní pruh oděvu

Vozidlo	Vzdálenost dosvitu dle tabulky 17 [m]	Vzdálenost, na kterou je vidět nejnižší retroreflexní pruh ve výšce 130 mm [m]	Vzdálenost, na kterou je vidět retroreflexní pruh ve výšce 50 mm [m]
Škoda Fabia I	56	45	52
JEEP GRAND CHEROKEE WK	67	58	63

Z tabulky 18 je patrné, že pokud by se retroreflexní pruh posunul níže do výšky 50mm, která je dána jako minimální normou, oproti používané výšce 130mm, vzdálenost by se zlepšila v případě mnou použitých vozidel o 13, 5%, neboli o 8 metrů v případě vozu Škoda a o 8%, neboli o 5 metrů v případě vozu JEEP.

Dle metodiky práce, která je popsána v kapitole 3, bylo provedeno pozorování a pořízení fotodokumentace z přední a zadní strany. Nejdříve bylo provedeno pozorování za denního světla. To je vidět na obrázku 37. Následně byla tato situace opět dána oslovené skupině, která byla oslovena i v případě porovnání oděvů v kapitole 5.6.

Po provedení porovnání oslovenou skupinou při pozorování oděvu za denního světla v pozici zepředu nejlépe dopadl oděv GEPARD, následován oděvem TAURUS, TIGER PLUS a BUSHFIRE. Totožné pořadí vyšlo i v případě pozici zezadu.



Obr. 37: Pozorování oděvů za denního světla (vlevo zepředu, vpravo zezadu) [vlastní]

Po provedení tohoto pozorování bylo provedeno dle metodiky práce pozorování v nočních hodinách při osvětlení různými typy světlometů. Opět bylo provedeno pozorování a pořízení

fotodokumentace z přední a zadní strany. Na obrázku 38 je možné pozorovat rozdíl mezi osvětlením oděvů z přední strany pomocí světlometu halogenových na levé straně a xenonových na straně pravé. Osvětlení ze zadní strany je na obrázku 39.



Obr. 38: Pozorování oděvů v nočních hodinách z přední strany (vlevo halogenové světlomety, vpravo xenonové světlomety) [vlastní]



Obr. 39: Pozorování oděvů v nočních hodinách ze zadní strany (vlevo halogenové světlomety, vpravo xenonové světlomety) [vlastní]

Při pozorování zepředu a zezadu v nočních hodinách bylo opět provedeno porovnání viditelnosti, které provedli osoby z oslovené skupiny lidí.

V případě pozorování zepředu v nočních hodinách při osvětlení pomocí halogenových světel nejlépe dopadl oděv TIGER PLUS, následován oděvem GEPARD, TAURUS a BISHFIRE. Na oděvu TIGER PLUS jsou totiž použity reflexní pruhy ORALITE® FTP 1200 Advanced, které lépe oráží díky své technologii světlo zpět k pozorovateli. V případě osvětlení pomocí xenonových světlometů oděv GEPARD a TIGER PLUS získali totožný počet hlasů. Následovány oděvem TAURUS a nejhůře dopadl oděv BUSHFIRE.

V případě pozorování zezadu v nočních hodinách při osvětlení pomocí halogenových světel nejlépe dopadl oděv GEPARD následován oděvem TIGER PLUS, TAURUS a BUSHFIRE. Při osvětlení pomocí xenonových světlometů dopadl nejlépe oděv bylo pořadí stejné jako u osvětlení pomocí halogenových světel.

Z obrázku 38 a obrázku 39 je patrné, že pokud porovnáme osvětlení oděvů pomocí halogenových světel a xenonových světel, v případě xenonových světel může vznikat ostré rozhraní mezi světlem a tmou, což může zhoršit rozlišení překážky. Je tedy patrné, že novější technologie konstrukce světlometů nemusí nutně zlepšit vzdálenost dohledu a rozlišení předmětů.

5.8 Návrh zásahového oděvu včetně umístění reflexních pruhů

Při porovnání výše zmíněných oděvů a jednotlivých reflexních pruhů je možné pozorovat poměrně velké rozdíly, které se zde nachází. I v praxi je tento jev možné snadno detekovat. To lze vidět například při nočním zásahu více jednotek hasičů a JSDHO, kdy každý používá jiný oděv a při osvětlení světlometry automobilu je to velmi patrné. Ale rozdíl není jen v použitých retroreflexních prvcích, ale také v jejich umístění na oděvu. Tento problém autora dovedl k nápadu, jak by bylo možné zlepšit již využívané oděvy, aby byli lépe viditelné, ale zároveň taková oprava nebyla náročná jak finančně, tak na provedení. Autor se rozhodl pro vytvoření návrhů, které by tento problém mohli řešit.

K návrhu autor použil kromě vlastního pozorování, také svojí několikaletou praxi u HZS Středočeského kraje a také u JSDHO. Dále využil poznatky, které získal při tvorbě této diplomové práce.

Při své činnosti u HZS Středočeského kraje autor používá oděv TAURUS od společnosti DEVA F-M s.r.o. Autor z vlastní zkušenosti a pozorování usuzuje, že viditelnost oděvu díky použití tří vodorovných pruhů 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric - perforovaný po celém obvodu oděvu v úrovni hrudi, pasu a pod koleny sice splňuje minimální plochu retroreflexního a fluorescenčního materiálu danou normou, avšak tato plocha není při používání dostatečná.

V praxi se autor setkal s mnoha situacemi, kdy se jako hasič společně s se svými kolegy pohyboval za snížené viditelnosti na silniční komunikaci a bylo tedy důležité, aby viditelnost oděvů byla co nejvyšší. V tomto případě je viditelnost zajištěna reflexními pruhy na oděvu, což je důležité za snížené viditelnosti. Probíhá-li však zásah za dobrých světelných podmínek, tedy během dne, nebo za mlhy, je zde dána povinnost interním nařízením při pohybu na silniční komunikaci využít reflexní vestu, která se obléká přes kabát oděvu. Výhodou této vesty je velikost plochy fluorescenčního materiálu, která je výrazně větší, než velikost tohoto materiálu v rámci reflexních pruhů umístěných na těle kabátu, které tato vesta zakryje. Dále jsou na vestě umístěny u dolního okraje dva vodorovné žluté reflexní pruhy.

Jednou z nevýhod je situace, kdy je hasič otočen bokem a k pozorovateli je otočen nejmenší možnou plochou, při čemž nemá hlavu otočenou směrem k pozorovateli a tedy nemůže sledovat, co se v tomto směru děje. Dle autorova uvážení by bylo dobré doplnit oděv o svislý pruh na nohavicích z boční strany, kde by zároveň nedocházelo k velkému mechanickému

namáhání těchto pruhů. Dalším místem, na které by bylo dobré umístit reflexní pruh je vnější strana rukávu, kde opět nebude docházet k velkému mechanickému namáhání reflexního pruhu. Toto jsou dvě největší slabiny, které oděv, který se používá u HZS Středočeského kraje, momentálně má.

Dalším místem, kde by bylo dobré umístit další reflexní pruhy je zadní strana, kde po vzoru oděvu GEPARD, který je na obrázku 31, by bylo možné umístit svislé pruhy v oblasti mezi vodorovnými pruhy na zádech kabátu.

Také by bylo vhodné umístit reflexní pruh na kapsy na bocích kalhot. Díky tomu, že jsou kapsy našité na vrchní materiál, nedocházelo by ani ke zhoršení prodyšnosti oděvu.

Jedním z míst by také byl překryt hlavního zipu kabátu, kde by bylo možné umístit jeden svislý reflexní pruh od vrchní části kabátu u krku, až k jeho spodní části. Tím by se výrazně zvětšila reflexních prvků.

Následujícím místem, kde by bylo dobré umístit reflexní pruh, jsou ramena. V návrhu autora je zvolen reflexní pruh, který je umístěn od horního zadního vodorovného reflexního pruhu přes rameno na hrudník k hornímu vodorovnému pruhu.

Pro vylepšení viditelnosti byly navrženy tři možné varianty úpravy zášlahového oděvu, které by bylo možné provést a zvýšit tím viditelnost oděvu. Tyto tři varianty jsou popsány v následujících kapitolách. Reflexní pruhy, které byly použity na návrh, byly zvolené z finančního hlediska takové, které svojí barvou a rozměry odpovídají používaným reflexním pruhům pro zášlahové oděvy, avšak nesplňují podmínku odolnosti proti teple. Pro tvorbu návrhu jsou však dostačující a v případě, kdy by se úprava oděvu prováděla, již by se použili reflexní pruhy, které splňují požadavky dané normou ČSN EN 469.

Všechny tři varianty mají stejné umístění přidaných pruhů, liší se pouze typem. To je z důvodu, aby bylo možné tyto varianty mezi sebou porovnat.

5.8.1 Návrh s reflexním pruhem v provedení žlutá - stříbrná - žlutá

Na první návrh byl použit reflexní pruh, který je v barevném provedení žlutá - stříbrná - žlutá. Tento pruh má šířku 50mm a šířka retroreflexní vrstvy je 20mm. Byla zvolena varianta, která je upevněna na oděv pomocí našítí. Toto upevnění je náročnější oproti nažehlení, avšak je ověřeno již dlouhodobým používáním. Kabát je znázorněn na obrázku 40 a kalhoty na obrázku 41.

Výhodou tohoto reflexního pruhu je kombinace fluorescenčního a retroreflexního materiálu. Fluorescenční materiál zvyšuje viditelnost za dobrých světelných podmínek, naopak retroreflexní materiál za snížené viditelnosti, především v noci.

Na kabát bylo použito 270cm reflexního pruhu, na kalhoty 90cm. Tato délka reflexního pruhu byla použita i v ostatních návrzích, aby bylo možné mezi sebou tyto návrhy porovnat.



Obr. 40: Návrh kabátu s reflexním pruhem v provedení žlutá - stříbrná - žlutá [vlastní]



Obr. 41: Návrh kalhot s reflexním pruhem v provedení žlutá - stříbrná - žlutá [vlastní]

Plocha fluorescenčního materiálu se zvětšila o $0,081m^2$ a plocha retroreflexního materiálu o $0,054m^2$.

5.8.2 Návrh s reflexním pruhem ve stříbrné barvě

Na druhý návrh byl použit reflexní pruh, který je celý tvořen odrazivou vrstvou ve stříbrné barvě. Šířka tohoto pruhu je $50mm$. Je možné použít reflexní pruh jak našívací, tak nažehlovací. Pro tento návrh byla zvolena varianta nažehlovací. Metoda nažehlení je jednoduchá a lze touto metodou bez většího zásahu přidat na již používaný oděv další reflexní pruhy. Kabát je zobrazen na obrázku 42 a kalhoty na obrázku 43.

Jak již bylo zmíněno, délka přidaného reflexního pruhu je stejná, jako v předchozím návrhu. Avšak na rozdíl od prvního návrhu tento pruh nemá žádnou fluorescenční plochu a celá jeho plocha je z retroreflexního materiálu. Tato plocha činí $0,135m^2$.

5.8.3 Návrh se segmentovým reflexním pruhem ve stříbrné barvě

Na poslední návrh byl použit jako v předchozí variantě reflexní pruh, který je tvořen pouze retroreflexní plochou. Rozdíl oproti předchozímu návrhu je v tom, že je zde použit



Obr. 42: Návrh kabátu s reflexním pruhem ve stříbrné barvě [vlastní]



Obr. 43: Návrh kalhot s reflexním pruhem ve stříbrné barvě [vlastní]

segmentový reflexní pruh. Jeho výhodou je to, že díky rozdělení na segmenty méně snižuje prodyšnost oděvu. Kabát je zobrazen na obrázku 44 a kalhoty na obrázku 45.



Obr. 44: Návrh kabátu s reflexním pruhem ve stříbrné barvě [vlastní]

Délka použitého reflexního pruhu zůstala stejná jako u předchozích variant, avšak díky volbě segmentového pruhu, kde je mezi jednotlivými segmenty ponechána mezera, je plocha přidaného retroreflexního materiálu $0,111m^2$.



Obr. 45: Návrh kalhot se segmentovým reflexním pruhem ve stříbrné barvě [vlastní]

5.8.4 Porovnání autorem navržených úprav oděvu TAURUS

Pro porovnání navržených úprav byla oslovena nezávislá skupina pozorovatelů. Ta porovнала autorem vytvořené jednotlivé úpravy oděvu TAURUS. Při pohledu zepředu nejlépe dopadl oděv, na který byl přidán reflexní pruh v barvě žlutá-stříbrná-žlutá. Při pohledu zezadu byla viditelnost u oděvu s přidáním pruhu v barvě žlutá-stříbrná-žlutá a s přidáním pruhu ve stříbrné barvě dle nezávislé skupiny pozorovatelů totožná. Při pohledu z boku dopadl nejlépe opět oděv s pruhy v barvě žlutá-stříbrná-žlutá. Z těchto dílčích výsledků můžeme říci, že nejlépe dopadl oděv s přidáním reflexními pruhy v barvě žlutá-stříbrná-žlutá.

6 Výsledky a diskuze

Z důvodu porovnání dobré viditelnosti hasičských zásahových oděvů bylo provedeno jedno objektivní měření retroreflexe reflexních pruhů a dvě porovnání viditelnosti, kdy byla oslovena skupina dvaceti pěti nezávislých pozorovatelů, aby byl co nejvíce snížen subjektivní pohled na tuto problematiku. V tomto případě byli porovnávány oděvy nejdříve v poloze zepředu, zezadu a z boku z blízkosti. Dále bylo provedeno porovnání v reálné situaci dle metodiky práce, popsané v kapitole 3.

Měření jednotlivých vzorků reflexních pruhů nám ukázalo, jak velké rozdíly v retroreflexi se mohou objevit mezi jednotlivými pruhy, které se pouhým pohledem zdají totožné nebo velmi podobné. To poukazuje na fakt, že je nutné při výrobě hasičského zásahového oděvu se řídit hodnotami retroreflexe jednotlivých pruhů. Tyto výsledky jsou zobrazeny v tabulce 15 na straně 36. Z této tabulky je patrné, že při úhlu pozorování 0,2 dosáhl nejlepšího výsledku reflexní pruh ORALITE® FTP 1200 Advanced. Z toho plyne, že pokud na reflexní pruh dopadá světlo pod tímto úhlem, velká část paprsků se odrazí zpět ke zdroji světla, tedy v případě automobilu zpět k řidiči, což je hlavní funkcí, kterou by reflexní pruh měl mít. Tento výsledek je nejspíše ovlivněn použitou technologií reflexní části. Jako jediný totiž používá technologii prizmatické optiky. Nejhorším byl naopak reflexní pruh 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric citrónově žlutá, a to ve všech měřených veličinách. Zde jsou tyto hodnoty nejspíše ovlivněny tím, že se jedná o nejlevnější reflexní pruh, který se používá na levnější modely hasičských zásahových oděvů.

Při měření retroreflexe na poškozených a opotřebovaných místech u reflexního pruhu 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric - perforovaný, který je našit na oděvu používaném autorem práce, bylo zjištěno, že je nutné udržovat reflexní pruhy v dobrém stavu, neboť při jejich poškození výrazně klesá schopnost retroreflexe odrazivé části. Tyto výsledky jsou znázorněny v tabulce 16.

Při porovnání viditelnosti oděvů v různých polohách z blízka a vyhodnocení této problematiky pomocí oslovené skupiny nezávislých pozorovatelů ve všech polohách nejlépe dopadl oděv GEPARD. To je nejspíše díky velkému množství reflexních pruhů upevněných na tomto oděvu. Je tedy patrné, že je důležité dostatečné množství reflexních pruhů umístěných na oděvu. Oděv GEPARD je totiž používán hasiči v Německu a můžou na něm být tedy umístěny i svislé reflexní pruhy, které viditelnost zvyšují. Svislé pruhy však nejsou povoleny normou ČSN EN 469, tedy u všech ostatních oděvů, které jsou používány v České republice.

Pozorování viditelnosti oděvů v reálných situacích proběhlo za denního světla a v nočních hodinách při osvětlení halogenovými a xenonovými světly. Opět bylo porovnání provedeno nezávislou skupinou pozorovatelů. Za denního světla nejlépe dopadl oděv GEPARD, a to jak při pohledu zepředu, tak i při pohledu zezadu. To je nejspíše způsobeno

větší plochou reflexních prvků. V případě pozorování v nočních hodinách zepředu byl výsledek vyrovnanější. Při osvětlení pomocí halogenových světel dopadl nejlépe oděv TIGER PLUS, při osvětlení xenonovými dopadli stejně oděvy GEPARD a TIGER PLUS. Tento výsledek je nejspíše způsoben faktem, že oděv GEPARD má větší plochu reflexních pruhů a oděv TIGER PLUS používá reflexní pruhy s technologií prizmatické optiky. Při pohledu zezadu dopadl nejlépe oděv GEPARD, a to jak v případě osvětlení halogenovými, tak i xenonovými světly.

Díky těmto poznatkům a zkušenostem autora z praxe byli provedeny návrhy tří úprav autorem používaného oděvu DEVA TAURUS. Všechny tyto úpravy by bylo možné na oděv dodělat i dodatečně, což byl jeden z cílů autora, neboť nákup nových oděvů by byl velmi nákladný. Všechny tři varianty byly pro porovnání předloženy oslovené skupině nezávislých pozorovatelů, kteří porovnali jednotlivé navržené varianty, z nichž nejlépe dopadl oděv s pruhou v barvě žlutá-stříbrná-žlutá. Pokud by se na úpravu použil reflexní pruh 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 50 mm, který je zobrazen na obrázku 25, byla by úprava použitých oděvů jednodušší, a to díky tomu, že tento pruh se upevňuje na podkladový materiál pomocí nažehlení. Nebyla by tedy potřeba složitějšího našití reflexních pruhů, což by snížilo cenu úpravy takového oděvu.

7 Závěr

Cílem práce bylo porovnání viditelnosti hasičských zásahových oděvů a možné zvýšení viditelnosti těchto oděvů, a to především za snížené viditelnosti při pohybu na komunikaci. Dále porovnání těchto oděvů v různých pozicích a za rozdílných světelných podmínek. V rešeršní části práce jsou popsány normy, kterými se musí řídit výrobci hasičských zásahových oděvů šitých pro použití v České republice. Také jsou zde popsány fyzikální principy, kterými se řídí optika při řešení problematiky odrazivosti materiálů a rozlišovací schopnosti oka v závislosti na minimální velikosti reflexních prvků. Další důležitou součástí této problematiky, která je v rešeršní části řešena, je dosvit světlometů automobilů, neboť je to jeden z nejdůležitějších aspektů, který ovlivňuje viditelnost hasičských zásahových oděvů. Poslední částí rešerše je popis a zobrazení ochranných oděvů složek integrovaného záchranného systému, tedy hasičů, policie a zdravotnické záchranné služby.

V praktické části jsou popsány jednotlivé vzorky reflexních pruhů, které se používají na hasičských zásahových oděvech. Je provedeno měření retroreflexe jednotlivých vzorků, ze kterých nejlépe dopadl vzorek ORALITE® FTP 1200 Advanced, který je viditelný na obrázku 22. Dále se praktická část práce věnuje porovnání viditelnosti čtyř vzorových oděvů a to jak z blízka, tak v reálné situaci, která byla provedena dle metodiky popsané v této práci. Při pozorování bylo zjištěno, že osvětlení pomocí novější technologie xenonových světlometů nemusí vždy znamenat zlepšení identifikace případné překážky, což je způsobeno ostrým rozhraním světlo-tma, které u této technologie oproti halogenovým světlometům může vznikat. Je tedy nutné se touto problematikou dále zabývat při vývoji nových technologií a úpravě stávajících technologií světlometů. Z porovnání a vyhodnocení pomocí skupiny osob je také patrné, že je velmi důležitá plocha použitých reflexních prvků na obleku a také jejich typ. Díky těmto poznatkům a praxi autora jsou v práci zobrazeny tři návrhy úpravy oděvu TAURUS, které jsou porovnány a je vybrán nejlepší z nich za pomoci skupiny nezávislých pozorovatelů. Nejlépe dopadl oděv s přidanými reflexními pruhy žlutá-stříbrná-žlutá. Tento oděv kombinuje zvětšenou plochu reflexních prvků, které jsou přidány jako svislé na boky nohavic kalhot, přes ramena kabátu a svisle na přední a zadní část kabátu. Díky tomu je zajištěna větší viditelnost hasiče oblečeného v tomto oděvu. Je však důležité se touto problematikou dále zabývat a podrobit takto upravený oděv dalšímu pozorování.

8 Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 469, *Ochranné oděvy pro hasiče - Technické požadavky na ochranné oděvy pro hasiče*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015, strany, Třídící znak.
- [2] ČSN EN ISO 20471, *Oděvy s vysokou viditelností - Zkušební metody a požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015, strany, Třídící znak.
- [3] WIKIPEDIA, *the free encyclopedia [online]*, San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, [cit. 09.02.2018]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Viditelnost>.
- [4] 3M, *Medium Risk Standard: EN 17353*, 2019
- [5] Základní principy optického zobrazování :: *MEF. Fyzika :: MEF [online]*. Copyright © 2006 [cit. 10.02.2021]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/532-zakladni-principy-optickeho-zobrazovani>.
- [6] Optika a její dělení :: *MEF. Fyzika :: MEF [online]*. Copyright © 2006 [cit. 10.02.2021]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/433-optika-a-jeji-deleni>.
- [7] Záření absolutně černého tělesa :: *MEF. Fyzika :: MEF [online]*. Copyright © 2006 [cit. 10.02.2021]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/719-zareni-absolutne-cerneho-telesa>.
- [8] FUKA, Josef, HAVELKA, Bedřich *Optika a atomová fyzika - I. Optika, Fyzikální Kompendium pro vysoké školy, díl IV.*. Praha 1961, Státní pedagogické nakladatelství.
- [9] Rychlost - Policie České republiky. *Úvodní strana - Policie České republiky [online]*. Copyright © 2021 Policie ČR, všechna práva vyhrazena [cit. 12.02.2021]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/uzemni-odbor-trutnov-dopravni-inspektorat-rychlost.aspx>.
- [10] MARTÍNEK, Michal. *Osvětlovací technika moderních vozidel a měření dohlednosti na dosvit hlavních světlometů*. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Expertní inženýrství v dopravě. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš VÉMOLA, Ph. D.
- [11] WIKIPEDIA, *the free encyclopedia [online]*, San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, [cit. 20.2.2021]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/LED>.

- [12] Domovská stránka repozitáře *Digitální knihovna VUT v Brně [online]*. Copyright © [cit. 27.02.2021]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/52599/210221_schejbal.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [13] KUZMOVÁ, Mária. *Viditelnost chodců za snížené viditelnosti*. Liberec, 2018. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Textilní inženýrství. Vedoucí práce Ing. Katarína ZELOVÁ, Ph. D.
- [14] RICHARD, L., AUSTIN, R., SCHULTZ, J. *Guide To Retroreflection Safety Principles and Retroreflective Measurements*. 2009. ISBN 0-9710215-0-3.
- [15] Lloyd, John, *A brief history of retroreflective sign face sheet materials [online]*. Manufacturers Association, Lancashire, UK, 2008. [cit. 01.03.2021]. Dostupné z: <https://www.rema.org.uk/pub/pdf/history-retroreflective-materials.pdf>.
- [16] Optické spektroskopie, *Luminiscence [online]*, Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra biofyziky. [cit. 01.03.2021]. Dostupné z: <http://biofyzika.upol.cz/userfiles/file/OSP1-5Web.pdf>.
- [17] SONG, G., WANG, F. *Firefighters' Clothing and Equipment: Performance, Protection, and Comfort (první vydání)*. CRC Press, 2008. ISBN 9780429444876.
- [18] DEVA F-M. s.r.o., *Katalog výrobků*. ©2018 GEPARTS s.r.o.
- [19] Zdravotnická záchranná služba Ústeckého kraje [online]. Copyright © [cit. 12.03.2021]. Dostupné z: <http://www.zzsuk.cz/wp-content/uploads/2018/05/132-1.jpg>.
- [20] HZS Letiště Praha - ARFF Prague Airport, *Facebook [online]*. [cit. 12.03.2021]. Dostupné z: https://scontent.fprg3-1.fna.fbcdn.net/v/t1.6435-9/31936639_175502739820808_4101724412271656960_n.jpg?_nc_cat=109&ccb=1-3&_nc_sid=730e14&_nc_ohc=h_0uoc4GDQAAX_y5MwY&_nc_ht=scontent.fprg3-1.fna&oh=d0f5627abc8ea0b60b70ac0d2b771ad4&oe=60A08ED2.
- [21] Vyhláška č. 122/2015 Sb., *Vyhláška o způsobu vnějšího označení, služebních stejnokrojích a zvláštním barevném provedení a označení služebních vozidel, plavidel a letadel Policie České republiky a o prokazování příslušnosti k Policii České republiky (o policejním označení)*. 26. 5. 2015.
- [22] Modrá Hvězda Života [online]. Copyright © [cit. 18.04.2021]. Dostupné z: <http://modrahvezdazivota.cz/wp-content/uploads/2017/12/rrrrr.jpg>.

[23] PROCEQ, *ZRS 6060 Retroreflectometer Firmware as from v.1.0 Instruction manual [online]*. [cit. 12.03.2021]. Dostupné z: https://www.screeningeagle.com/Downloads/Zehntner%20ZRS%206060_manual_EN_0817_v2.1.pdf.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1	Schéma prováděného pozorování	3
Obrázek 2	Důležitost viditelnosti při různých světelných podmínkách [4]	8
Obrázek 3	Spektrum viditelného světla [7]	10
Obrázek 4	Rozlišovací mez [28]	12
Obrázek 5	Zobrazení sledovaného objektu okem jako optickou soustavou	13
Obrázek 6	Princip metody skleněných čoček [vlastní]	18
Obrázek 7	Princip metody prizmatické optiky [vlastní]	19
Obrázek 8	Ukázka složení materiálu [17]	21
Obrázek 9	Oděv DEVA TAURUS [18]	21
Obrázek 10	Oděv HZS SŽ třívrstvý zásahový DEVA PATRIOT [18]	22
Obrázek 11	Oděv HZS SŽ zásahový pro technické zásahy [19]	23
Obrázek 12	Oděv HZS LP v pískové barvě [20]	23
Obrázek 13	Oděv DEVA BUSHFIRE [18]	24
Obrázek 14	Letní stejnokroj Policie ČR [21]	25
Obrázek 15	Bunda ZZS Hlavního města Praha [22]	25
Obrázek 16	Oděv pro záchranáře DEVA RESCUER III [18]	26
Obrázek 17	Měřicí přístroj ZEHNTNER, model ZRS 6060 [23]	27
Obrázek 18	3M™ Scotchlite™ Woven Fabric perforovaná [vlastní]	28
Obrázek 19	3M™ Scotchlite™ Woven Fabric [vlastní]	29
Obrázek 20	Coats C412300 [vlastní]	30
Obrázek 21	3M™ Scotchlite™ Woven Fabric - oranžová [vlastní]	30
Obrázek 22	ORALITE® FTP 1200 Advanced [vlastní]	31
Obrázek 23	3M™ Scotchlite™ Woven Fabric citrónově žlutá [vlastní]	32
Obrázek 24	3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 75 mm [vlastní]	33
Obrázek 25	3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 50 mm [vlastní]	33
Obrázek 26	3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná stříbrná - 50,8 mm [vlastní]	34
Obrázek 27	Nepoškozená část reflexního pruhu na oděvu DEVA Taurus [vlastní]	36
Obrázek 28	Středně poškozená část reflexního pruhu na oděvu DEVA Taurus [vlastní]	37
Obrázek 29	Velmi poškozená část reflexního pruhu na oděvu DEVA Taurus [vlastní]	37
Obrázek 30	Oděv TIGER PLUS DEVA F-M s.r.o. [vlastní]	38
Obrázek 31	Oděv GEPARD DEVA F-M s.r.o. [vlastní]	39
Obrázek 32	Oděv TAURUS DEVA F-M s.r.o. [vlastní]	40
Obrázek 33	Oděv BUSHFIRE DEVA F-M s.r.o. [vlastní]	40

Obrázek 34	Pozice zepředu, zleva oděv GEPARD, BUSHFIRE, TIGER PLUS a TAURUS [vlastní]	41
Obrázek 35	Pozice zezadu, zleva oděv GEPARD, BUSHFIRE, TIGER PLUS a TAURUS [vlastní]	42
Obrázek 36	Pozice z boku, zleva oděv GEPARD, BUSHFIRE, TIGER PLUS a TAURUS [vlastní]	43
Obrázek 37	Pozorování oděvů za denního světla (vlevo zepředu, vpravo zezadu) [vlastní]	44
Obrázek 38	Pozorování oděvů v nočních hodinách z přední strany (vlevo halogenové světlomety, vpravo xenonové světlomety) [vlastní]	45
Obrázek 39	Pozorování oděvů v nočních hodinách ze zadní strany (vlevo halogenové světlomety, vpravo xenonové světlomety) [vlastní]	45
Obrázek 40	Návrh kabátu s reflexním pruhem v provedení žlutá - stříbrná - žlutá [vlastní]	48
Obrázek 41	Návrh kalhot s reflexním pruhem v provedení žlutá - stříbrná - žlutá [vlastní]	48
Obrázek 42	Návrh kabátu s reflexním pruhem ve stříbrné barvě [vlastní]	49
Obrázek 43	Návrh kalhot s reflexním pruhem ve stříbrné barvě [vlastní]	49
Obrázek 44	Návrh kabátu s reflexním pruhem ve stříbrné barvě [vlastní]	49
Obrázek 45	Návrh kalhot se segmentovým reflexním pruhem ve stříbrné barvě [vlastní]	50

Seznam tabulek

Tabulka 1	Záznam podmínek a použitého vybavení při pozorování ve dne	4
Tabulka 2	Záznam podmínek a použitého vybavení při pozorování v noci	4
Tabulka 3	Minimální požadované plochy viditelného materiálu v m^3 [2]	7
Tabulka 4	Vzdálenost, na kterou je daný objekt možné zpozorovat	13
Tabulka 5	Dráha zastavení jedoucího vozidla [9]	14
Tabulka 6	Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric perforovaná	29
Tabulka 7	Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric	29
Tabulka 8	Výsledky měření - Coats C412300	30
Tabulka 9	Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric - oranžová	31
Tabulka 10	Výsledky měření - ORALITE® FTP 1200 Advanced	31
Tabulka 11	Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Woven Fabric citronově žlutá	32
Tabulka 12	Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 75 mm	33
Tabulka 13	Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná - 50 mm	34
Tabulka 14	Výsledky měření - 3M™ Scotchlite™ Reflexní páska - segmentovaná stříbrná - 50,8 mm	34
Tabulka 15	Výsledky měření retroreflexe různých typů reflexních pruhů	35
Tabulka 16	Výsledky měření poškozených a používaných pruhů	37
Tabulka 17	Výsledné hodnoty dosvitu potkávacích světlometů použitých vozidel	43
Tabulka 18	Vzdálenost, na kterou je vidět nejnižší retroreflexní pruh oděvu	44

9 Přílohy

Příloha 1: Dotazník

Jméno a příjmení:	
Věk:	
Povolání:	

Hodnocení používaných oděvů

Uspořádejte oděvy dle viditelnosti od nejlepší po nejhorší.
(1 - nejlepší, 4 - nejhorší)

Pohled zepředu

--	--	--	--

Pohled zezadu

--	--	--	--

Pohled z boku

--	--	--	--

Hodnocení používaných oděvů za dne

Uspořádejte oděvy dle viditelnosti od nejlepší po nejhorší.
(1 - nejlepší, 4 - nejhorší)

Pohled zepředu

--	--	--	--

Pohled zezadu

--	--	--	--

Hodnocení používaných oděvů osvětlených halogenovými a xenonovými světly

Uspořádejte oděvy dle viditelnosti od nejlepší po nejhorší.
(1 - nejlepší, 4 - nejhorší)

Pohled zepředu - halogenové světly

--	--	--	--

Pohled zezadu - halogenové světly

--	--	--	--

Pohled zepředu - xenonové světly

--	--	--	--

Pohled zezadu - xenonové světly

--	--	--	--

Hodnocení viditelnosti vlastních návrhů oděvů

Uspořádejte oděvy dle viditelnosti od nejlepší po nejhorší.
(1 - nejlepší, 3 - nejhorší)

Pohled zepředu

--	--	--

Pohled zezadu

--	--	--

Pohled z boku

--	--	--

Příloha 2: Fotografie k dotazníku



Pozice zepředu



Pozice zezadu



Pozice z boku



Pozorování oděvu za denního světla zepředu



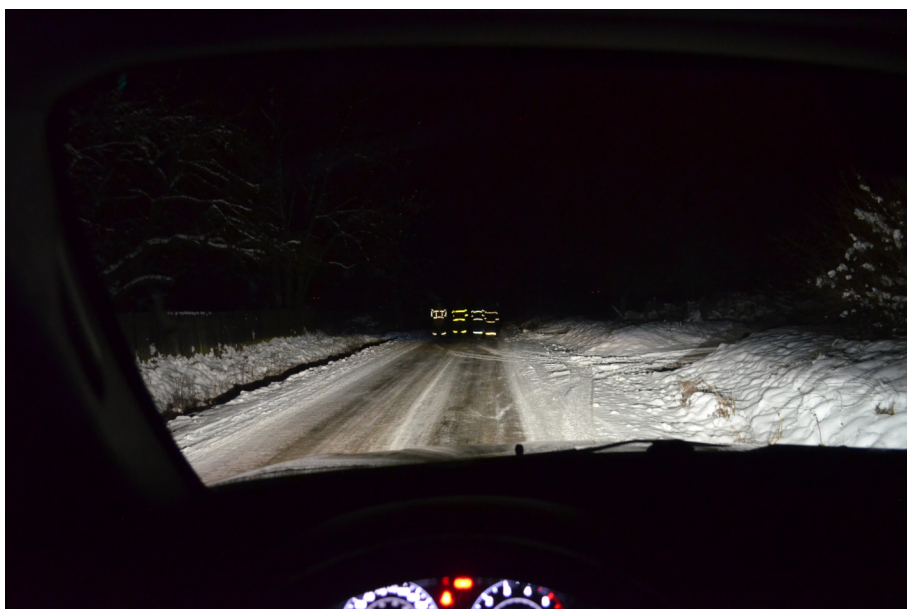
Pozorování oděvu za denního světla zezadu



Pozorování oděvu v nočních hodinách zepředu - halogenové světlomety



Pozorování oděvu v nočních hodinách zezadu - halogenové světlomety



Pozorování oděvu v nočních hodinách zepředu - xenonové světlomety



Pozorování oděvu v nočních hodinách zezadu - xenonové světlomety



Návrh vlastní úpravy oděvu DEVA Taurus - zepředu



Návrh vlastní úpravy oděvu DEVA Taurus - zezadu



Návrh vlastní úpravy oděvu DEVA Taurus - z boku