

Schopnost vyhasínání luminiscence fotoluminiscenčních šicích nití

Bakalářská práce

Studijní program:

B3107 Textil

Studijní obor:

Výroba oděvů a management obchodu s oděvy

Autor práce:

Kateřina Mejsnarová

Vedoucí práce:

Ing. Katarína Zelová, Ph.D.

Katedra oděvnictví

Konzultant práce:

prof. Ing. Michal Vik, Ph.D.

Katedra materiálového inženýrství





Zadání bakalářské práce

Schopnost vyhasínání luminiscence fotoluminiscenčních šicích nití

Jméno a příjmení: **Kateřina Mejsnarová**
Osobní číslo: T17000205
Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Výroba oděvů a management obchodu s oděvy
Zadávací katedra: Katedra oděvnictví
Akademický rok: **2019/2020**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte rešerši zaměřenou na prvky zvyšující viditelnost osob v silničním provozu. Porovnejte metody a metodiky používané k hodnocení viditelnosti oděvů.
2. Zpracujte přehled retroreflexních a fotoluminiscenčních materiálů, prvků používaných na oděvech či oděvních doplňcích.
3. Navrhněte experiment pro hodnocení vyhasínání luminiscence luminiscenčních šicích nití. Ověřte možnosti použití fotoluminiscenčních nití jako výšivky a krycí steh. Vyhasínání luminiscence výšivky a krycího stehu zhodnoťte použitím digitální fotografie.
4. Zhodnoťte fotoluminiscenční vlastnosti výšivky, krycího stehu v reálných podmínkách silničního provozu. Navrhněte použití fotoluminiscenčních nití v oděvním výrobku pro vybranou skupinu.
5. Na základě provedeného experimentu zhodnoťte fotoluminiscenční vlastnosti šicích nití a jejich použití na vybraném druhu oděvního výrobku.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

dle rozsahu dokumentace
cca 40 stran
tištěná
Čeština



Seznam odborné literatury:

- VIKOVÁ, M., ZELOVÁ, K., KUZMOVÁ, M., VIK, M., HAVELKA, A. Design of alternative warning sign and pedestrian conspicuity. Conference: PROCEEDINGS of the 29th Quadrennial Session of the CIE, June 2019. DOI:10.25039/x46.2019.PO051.
- VIK, M., ZELOVÁ, K., KUZMOVÁ, M., VIKOVÁ, M., HAVELKA, A. Vliv tvaru retroreflexních prvků na viditelnost chodce. Kurz osvětlovací techniky XXXIV, sborník část 2, 8.-10. října 2018 Hotel Dlouhé Stráně, Loučná nad Desnou. 82-85.
- TYRRELL R.A., WOOD J.M., OWENS A., BORZENDOWSKI S.B., SEWALL A.S. The conspicuity of pedestrians at night: a review. Clinical and Experimental Optometry. 2016, 99, 425-434. DOI:10.1111/cxo.12447.
- VIJAYAN A., ISLAM S., JONES M., PADHYE R., ARNOLD L. Degradation of fluorescent high-visibility colors used in safety garments for the Australian railway industry. Journal of Safety Research. 2016, 56, 1-7.
- WOOD J. M., MARSZALEK R., CARBERRY T. COLLINS M. J. Effects of Different Levels of Refractive Blur on Nighttime Pedestrian Visibility. Investigative ophthalmology a visual science. 2016, 56(8), 4480-4485.

Vedoucí práce:

Ing. Katarína Zelová, Ph.D.
Katedra oděvnictví

Konzultant práce:

prof. Ing. Michal Vik, Ph.D.
Katedra materiálového inženýrství

Datum zadání práce:

5. listopadu 2019

Předpokládaný termín odevzdání:

14. května 2021

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

L.S.

prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

22. května 2021

Kateřina Mejsnarová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat zejména své vedoucí bakalářské práce Ing. Kataríně Zelové, Ph.D. za odborné konzultace, skvělé rady a nápady a hlavně za trpělivost. Dále děkuji Haně Rulcové za pomoc při zhotovování fotoluminiscenčních vzorků a oděvů pro experimentální část. Děkuji i Technické univerzitě v Liberci za umožnění studování oboru, který mě po celou dobu studia naplňoval a stále nepřestává bavit.

Mé vřelé díky patří i mým nejbližším a rodině, kteří mi byli po celou dobu studia velkou podporou. Dále děkuji rodině Hájkových, kteří mi pomáhali při měření retroreflexních a fluorescenčních vlastností oděvů v reálných podmínkách za pořádné zimy.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou spojenou s viditelností chodců či jiných účastníků silničního provozu. Rešeršní část seznamuje s nejrůznějšími druhy zviditelňovacích prvků, které může chodec pro svou viditelnost použít. Teoretická část se dále zabývá aktuálními fotoluminiscenčními prvky, zejména fotoluminiscenčními nitěmi.

Experimentální část pojednává o vyšívacích fosforeskujících nitích, které slouží jako materiál pro vytvoření měřených vzorků. Pomocí dvou metod dojde k vyhodnocení fotoluminiscenčních vzorků a následně k zhotovení oděvů, u kterých se v reálných podmínkách změří a zhodnotí celková viditelnost. Testované budou retroreflexní vlastnosti a fotoluminiscenční vlastnosti. V závěru práce dojde k vyhodnocení a doporučení nejvhodnějších zviditelňovacích prvků, které chodec či jiný účastník provozu může snadno použít.

Klíčová slova:

viditelnost, fotoluminiscence, fotoluminiscenční/fosforeskující nitě, samovolné záření, retroreflexe

Annotation

This bachelor thesis topic is Ability to extinguish the luminescence of photoluminescent sewing threads deals with issues related to the visibility of pedestrians or other road users. The search area familiarises itself with all kinds of visibility features that a pedestrian can use for his visibility. The theoretical section further deals with current photoluminescent elements, in particular photoluminescent threads.

The experimental part deals with embroidering phosphorescent threads, which serve as the material for producing measured samples. Using two methods, the photoluminescent samples are evaluated and then the garments made, which are measured and evaluated in real-world conditions for overall visibility. Retroreflective properties and photoluminescent properties will be tested. At the end of the work, the most appropriate visibility features will be selected and recommended for easy use by the pedestrian or other traffic user.

Keywords:

visibility, photoluminescence, photoluminescent/phosphorescent thread, spontaneous radiation, retroreflection

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	10
Úvod.....	11
1 Viditelnost chodců či cyklistů v silničním provozu.....	12
2 Prvky zvyšující viditelnost účastníků v silničním provozu	14
2.1 Aktivní bezpečnostní prvky	14
2.1.1 Led diody	15
2.1.2 Elektroluminiscenční příze	18
2.2 Pasivní bezpečnostní prvky	19
2.2.1 Retroreflexní materiály	19
2.2.2 Fluorescenční materiály	21
3 Fotoluminiscence	22
Světlo	23
3.1 Fotoluminiscenční materiály.....	23
Hodnocení fotoluminiscenčních materiálů	24
3.2 Přehled nejnovějších fotoluminiscenčních materiálů	27
3.2.1 Fotoluminiscenční textilie.....	28
3.2.2 Fotoluminiscenční reflexní páska	29
3.2.3 Fotoluminiscenční nažehlovací folie	31
3.2.4 Fotoluminiscenční nitě.....	31
Shrnutí rešeršní části	36
4 Experimentální část.....	37
Charakteristika použitých materiálů	37
Charakteristika fotoluminiscenčních nití	38
Charakteristika fotoluminiscenční nažehlovací folie.....	39
Praktické ověření použití fotoluminiscenčních nití pro šití	39
5 Metody testování zhotovených vzorků	41
5.1 Metoda 1 – měření vyhasínání luminiscence v temné komoře.....	41
Zařízení použité při testování	43

Odolnost luminiscenčních vlastností vzorků vůči praní	44
Vyhodnocení vzorků v programu FIJI	45
Vyhodnocení intenzity luminiscence 1. metody	48
5.2 Metoda 2 – postupné zakrývání luminiscenčního vzorku	53
Vyhodnocení intenzity luminiscence 2. metody	54
6 Oděvy pro měření v reálných podmínkách	58
6.1 Polotriko A – krycí stehy	59
6.2 Polotriko B – fotoluminiscenční nažehlovací folie	60
6.3 Polotriko C – kombinace fotoluminiscenčních materiálů	62
6.4 Bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1	65
6.5 Bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2	65
7 Metoda 3 - testování v reálných podmínkách	67
7.1 Testování za denního světla	68
7.2 Testování za tmy	70
7.2.1 Testování retroreflexe	70
Zhodnocení retroreflexe	79
7.2.2 Testování fotoluminiscence	79
Zhodnocení fotoluminiscence	89
8 Diskuze	90
Závěr	98
Použitá literatura	100
Zdroje obrázků	105
Seznam obrázků	108
Seznam tabulek	111
Přílohy	112

Seznam použitých zkratek a symbolů

mm	milimetr
cm	centimetr
m	metr
m ²	metr čtverečný
mcd/m ²	milicandela na metr čtverečný
s	sekunda, vteřina
nm	nanometr
Nm	Newton metr
min	minuta
λ	vlnová délka [nm]
Hz	Hertz
g/l	gram na litr
$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	mikrowatt na centimetr čtverečný
g/m ²	gram na metr čtverečný
Kč/m	korun za metr
Kč/ m ²	korun za metr čtverečný
%	procento
dtex	decitex
N	Newton
TN	technický nákres
PD	přední díl
ZD	zadní díl
N1, N102	typ fotoluminiscenční nitě
tzv.	takzvaný
obr.	obrázek
tab.	tabulka
např.	například

Úvod

V posledních letech na pozemních komunikacích často docházelo mimo osvětlené úseky silnic k dopravním nehodám chodců či jiných účastníků provozu, kteří se dostatečně nezviditelnili a použili málo prvků zvyšujících jejich viditelnost. Aktuálně se na trhu nachází nespočet zviditelňovacích prvků, které chodec může pro svou viditelnost použít. Jedná se o aktivní bezpečnostní prvky spojené s tzv. LED diodami, pasivní bezpečnostní prvky jako jsou retroreflexní prvky a fluorescenční barvy, a novinkou jsou fotoluminiscenční zviditelňovací prvky, na které se práce zaměřuje nejrozsáhleji. Rešeršní část se proto zabývá právě těmito prvky, mezi kterými si účastníci provozu mohou bohatě vybírat. Velkým hitem jsou fotoluminiscenční materiály, které se během dne nasvítí slunečním světlem a za tmy samovolně svítí. Tohoto jevu se dá docílit i nasvícením pomocí světla vyzařující elektromagnetické záření. Fotoluminiscenční prvky jsou tak vhodné k použití v úplné tmě, kdy není k dispozici osvětlení pouličních lamp ani osvětlení pomocí reflektorů automobilu.

Experimentální část se zabývá získanými fotoluminiscenčními materiály, které jsou vhodné pro použití za úplné tmy mimo osvětlení pouličních lamp. Jedná se zejména o materiály, které jsou dostupné na českém trhu, tudíž není obtížné materiály zvyšující viditelnost sehnat. Fotoluminiscenční materiál v této práci zastupuje fotoluminiscenční vyšivací nit, ze které je možné vytvořit fotoluminiscenční výšivku či fotoluminiscenční nažehlovací folie. Dalším zviditelňovacím prvkem v této práci jsou retroreflexní nažehlovací pružné pásky vhodné pro použití zejména na pleteniny. Ty budou navrženy na oděvy tak, aby splňovaly normu ČSN EN ISO 20471 (83 2820) - Oděvy s vysokou viditelností. Vytvořené oděvy budou hodnoceny v reálných podmínkách, pomocí kterých zjistíme, které fotoluminiscenční prvky jsou pro zviditelnění nejlepší.

1 Viditelnost chodců či cyklistů v silničním provozu

Současný trend mít soukromí při přepravě do práce či za jiným cílem, a tím pádem nevyužití hromadné dopravy vede k tomu, že každý jezdí sám ve vlastním automobilu, čímž se mnohonásobně zvyšuje silniční provoz. S rostoucím počtem vozidel a účastníků na dopravních komunikacích vzniká také větší nehodovost.

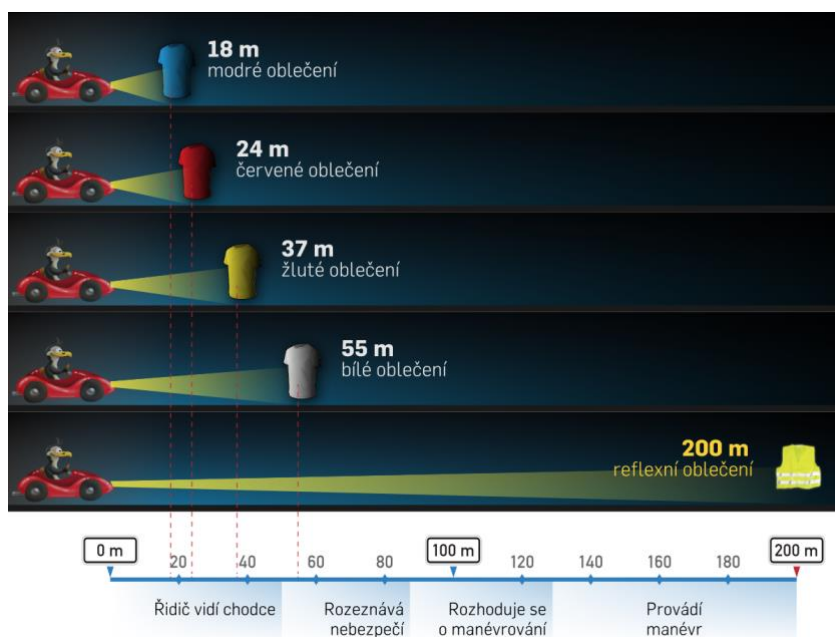
V roce 2020 dle statistik dopravních nehod bylo zjištěno, že došlo k 2 728 dopravním nehodám s účastí cyklistů a 2 397 dopravním nehodám s účastí chodců. Z těchto údajů bohužel nevyplývá, v kolika případech byl cyklista či chodec nedostatečně viditelný. Většina dopravních nehod s cyklisty se dokonce stala za denního světla. Kdežto v případě kolizí s chodci došlo k nejvíce dopravním nehodám v noci. Jednalo se zejména o dospělé jedince, kteří podcenili svou bezpečnost a nepoužili bezpečnostní prvky pro zvýšení viditelnosti. [3]

Viditelnost civilistů v silničním provozu můžeme definovat jako délkový úsek, v němž řidič zahlédne překážku na vozovce a uvědomí si, zda vidí chodce, cyklistu či jiného účastníka provozu. Tento úhybný manévr trvá v řádech sekund, a proto je důležité být co nejvíce vidět. Čím více bezpečnostních prvků na sobě máme, tím je větší pravděpodobnost, že nás řidič uvidí. [1]

Viditelné prvky užíváme každý den, aniž bychom si uvědomovali, že nějaký prvek zvyšující viditelnost nosíme. Jedná se o použitou barvu na tričku či kalhotách, která může ovlivnit lepší viditelnost na pozemních komunikacích, ovšem jen za denního světla. Díky použité barvě můžeme pomoci řidiči, aby nás na dálku lépe viděl, a tak zvýšit svou bezpečnost. Každá použitá barva má jiné viditelné vlnové délky, díky kterým řidič vidí chodce lépe či naopak hůře. Velký význam má také poměr mezi pohlceným světlem a odraženým světlem. [1]

Pokud si za šera oblékneme barvu modrou, řidič nás nerozezná moc dobře a je schopen nás zahlédnout až na pouhých 18 metrů. Proto se odborníky tato barva za šera či soumraku nedoporučuje. Mnohem vhodnější je barva červená, která je viditelná na 24 metrů, a barva žlutá, kterou řidič spatří již 37 metrů před sebou. Nejlépe viditelnou barvou je ale barva bílá, která je viditelná na 55 metrů. Porovnání viditelnosti barev můžeme posoudit v obrázku č. 1. Dle studií však vzdálenost 55 metrů na bezpečný úhybový manévr nestačí, proto je zapotřebí takového viditelného prvku, aby měl řidič dostatek času vše vyhodnotit, a v klidu a s rozvahou se překážce vyhnout. Pro tyto účely je mnohem bezpečnější využití retroreflexního materiálu, který je viditelný až na 200 metrů.

Ještě lepší variantou je použití aktivních bezpečnostních prvků, které jsou blíže popsané v kapitole 1. Aktivní bezpečnostní prvky.



Obr. 1. Rozdíly vzdáleností ve viditelnosti použitých barev [1]

Kombinací retroreflexních prvků a fluorescenčních barev, které se používají zejména za denního světla, můžeme dosáhnout nejlepších výsledků, pokud víme, jak správně veškeré materiály nakombinovat, a hlavně za jakých podmínek je použit. Každý bezpečnostní prvek má svou maximální účinnost jen v takových podmínkách, pro které je určen.

Již od 20. února 2016 se bezpečnost na silnicích řídí dle zákona č. 48/2016 Sb. § 53 odst. 9 zákona č. 361/2000 Sb., o silničním provozu, který spadá do gesce Ministerstva dopravy, který zní takto: „(9) Pohybuje-li se chodec mimo obec za snížené viditelnosti po krajnici nebo po okraji vozovky v místě, které není osvětleno veřejným osvětlením, je povinen mít na sobě prvky z retroreflexního materiálu umístěné tak, aby byly viditelné pro ostatní účastníky provozu na pozemních komunikacích.“ [8]

Bohužel tento zákon nijak nspecifikuje, jaké množství či rozměr reflexního materiálu by měl být použit, aby byl chodec či cyklista dostatečně viditelný. Zákon pouze doporučuje nosit retroreflexní pásku alespoň 3 cm širokou na pohyblivých částech těla a doporučuje reflexní vestu. [8] Jak ale mnoho průzkumů vyhodnotilo, reflexní vesta není vhodná při určitých podmínkách nošení, a to z důvodu překrytí např. batohem.

Wood a spol. [46] ve svém výzkumu porovnávali různé prvky zvyšující viditelnost účastníků v provozu pomocí subjektivního hodnocení mladých a starších řidičů. Pro svůj výzkum se dotázali 12 mladých řidičů ve věku 18–30 let (pět žen, sedm mužů), a dále se dotázali dvanácti starších řidičů ve věku 69–80 let (deset mužů, dvě ženy). Někteří z 24 tázaných účastníků měli jistou zrakovou vadu, buď + 0.50 dioptrie (D), + 1.00 D, nebo + 2.00 D.

Výzkum spočíval ve vyhodnocení, na jakou dálku [m] jsou tázaní lidé schopni vidět dva typy prvků zvyšující viditelnost ve srovnání s každodenním oblečením. Prvním byla reflexní vesta, ve druhém případě se jednalo o reflexní pásek ukotvený na místě, které se hýbe a vytváří tzv. bio-motion – neboli biologický pohyb.

Výzkum dospěl k závěru, že mladí tázaní dokázali vidět každodenní oděv na 20 m, reflexní vestu na 70 m a bio-motion až na 150 m. Staří řidiči samozřejmě viděli hůře, jejich výsledek byl v nejlepším poloviční. Zajímavé ale je, že když Wood a spol. [46] dali všechna data dohromady, nehledě na stáří a pohlaví, zjistili, že u bio-motion nehraje roli počet dioptrií tázaného řidiče. Znamená to tedy, že lidské oko na hýbající se prvek zareaguje i když je v dálce 140 m a více, a proto je důležité umístit prvky zvyšující viditelnost tak, aby byly na pohybových částech těla.

2 Prvky zvyšující viditelnost účastníků v silničním provozu

Prvků a materiálů zvyšujících viditelnost je v dnešní době nespočet, proto máme tu výhodu, že si můžeme vybírat, který použijeme. Velmi důležité ale je se správně rozhodnout, který použít. Bezpečnostní prvky, které napomáhají zlepšit viditelnost v silničním provozu, můžeme rozdělit do dvou základních skupin – aktivní a pasivní bezpečnostní prvky. Další skupinou bezpečnostních prvků jsou fotoluminiscenční materiály, kterým se budu věnovat i v experimentální části, proto je tato skupina samostatně oddělena a rozebrána podrobněji.

2.1 Aktivní bezpečnostní prvky

Aktivní bezpečnostní prvky nazýváme aktivními kvůli jejich vyzářujícímu/emituujícímu světlu, které vydávají díky svému vlastnímu zdroji. Jsou vidět velmi dobře i za snížené viditelnosti a v noci, což je pro bezpečnost chodců velmi důležité. V noci jsou tyto prvky spatřeny dříve než např. reflexní páska, což je žádoucí. Mají však i svou nevýhodu, a tím je zdroj, ze kterého čerpají energii, která se mění na

světlo. To mohou být baterie, které mají sice svou omezenou kapacitu, ale jejich spotřeba elektrické energie je tak nízká, že nedojde k rychlému vybití zdroje energie. [9] [10]

2.1.1 Led diody

LED diody (Light-Emitting diodes), neboli světlo-vyzařující/emituující diody nebo elektroluminiscenční diody jsou stále více žádanými prvky právě v odvětví prvků zvyšujících bezpečnost oděvů. Žádané jsou nejen díky nízkému napájení, ale také kvůli zvýšené spolehlivosti a praktičnosti díky rychlosti rozsvícení světla, a to o 0,5 vteřiny než klasická žárovka. [10] Mezi jejich výhodu patří vysoká svítivost, tím pádem zvýšená viditelnost. LED diody jsou už běžně užívané všude kolem nás. Používají se např. jako světlo blikající na železničním přejezdu, jako označení nouzových východů, nebo dopravní světla a značení. Najdeme je zároveň i na motocyklech, cyklistických kolech a samozřejmě i v automobilu jako potkávací světla či na koncovém panelu světla. [10] Najdeme je však i na pracovním oděvu např. letušek společnosti easyJet, viz obrázek 2.



Obr. 2. Ukázka LED diod zabudovaných v praktickém oděvu od společnosti easyJet [40]

Havelka [45] společně se svým týmem vyvinuli na Technické univerzitě v Liberci cyklistickou bundu, viz obrázek č. 3, která má v sobě zašité LED diody, a dokonce může ukazovat směrovky. Viditelnost cyklisty je díky bundě až 500 m. To je více jak dvojnásobek oproti běžné reflexní vestě, viz obrázek č. 1.

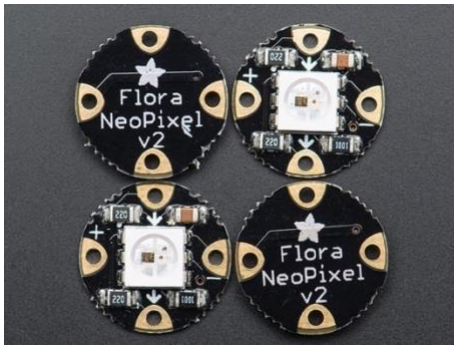


Obr. 3. Cyklistická bunda vyvinutá na TU v Liberci [24]

Chaloupecká [42] ve své práci zaměřené mj. na LED diody s použitím diod jako estetickým doplňkem oděvu, pracovala právě s LED diodami Neopixel firmy Flora [43], viz obrázek č. 4. Za použití vodivé nitě a vyšívacího stroje Tajima spojila mezi sebou 10x15 LED diod firmy Flora. Jelikož se nejednalo o oděv, nýbrž o módní doplněk, použila pro jistotu propojení zinkových šroubků s matickou. Tím docílila nejkvalitnější vodivosti mezi diodami. Samozřejmě v případě, že by byly diody používány na oděvu, daly by se prošít vodivou nití a zajistit vodivým lepidlem, protože řešení s matickou a šroubkem není pro oděvní svět vhodné.

Mezi aktuálními trendy LED diod pro zvýšení viditelnosti cyklistů v silničním provozu patří cyklistická helma Lumos [39], která ukazuje nejen směrovky, ale také brzdu. Podobně jako cyklistická bunda od Titové [20] ukazuje směrovky, tedy blinkr a také brzdu. Navíc má ještě v přední části helmy zabudovaný LED pásek pro zvýšení zorného pole cyklisty.

Diody jako každý druh elektroniky musí být mezi sebou propojeny a dohromady spojeny s akumulátorem neboli baterií. Mezi jedny z nejpoužívanějších LED diod pro textil jsou diody Neopixel Flora firmy Adafruit [43]. Jedná se o malé plíšky o průměru 12,5 mm s diodou uprostřed o celkové tloušťce 2,5mm, které pokud jsou mezi sebou propojeny, mohou vytvořit svítivost oděvu. Veškeré komponenty potřebné pro zapojení a všití Neopixelů do oděvu jsou znázorněny na obrázku č. 5.



Obr. 4. Neopixely vhodné pro všití do oděvu [43]



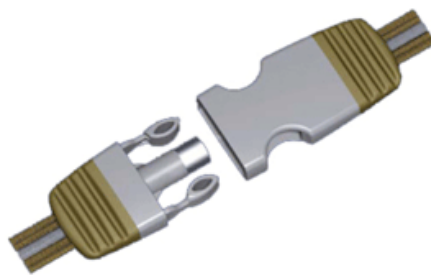
Obr. 5. Potřebné komponenty pro správné všití a zapojení LED diod do oděvu[44]

Propojení těchto LED diod mezi sebou je právě teprve to, co je zajímavé. Možností je v dnešní době celkem dost. Mezi nejzajímavější možností propojení LED diod mezi sebou s například baterií je vodivá příze, pomocí které se propojí diody a stanou se tak funkčními. Mezi další možnosti patří např. přilepení diod vodivým lepidlem nebo propojení LED diod vodivou pastou ve formě sítotisku. Mezi poslední možnosti propojení LED diod patří jednoduchá dvojmo skaná příze z nerezové oceli, viz obrázek č. 6. Tato příze má jeden problém, a to, že není vůbec pružná a pocitově je tuhá. Znamená to tedy, že se nedoporučuje do míst s častým a velkým ohybem. [44] Všechny tyto možnosti propojení diod se dají kombinovat a tím se dá vytvořit opravdu zajímavý, i z estetického hlediska hezký kus oděvu.



Obr. 6. Vodivá nerezová příze [44]

Stále ale platí, že jednotlivé led diody musí být propojeny s baterií, která musí mít možnost být dobíjena. To znamená, že musí být jednoduše vyjmutelná např. z důvodu praní nebo nabíjení. Vytvořit takovou baterii, která bude jednoduše vyjmutelná, vyžaduje trochu kreativity. Minyoung [41] ve své práci ukázal, jak může takový spoj baterie a zbylých led diod vypadat za použití jednoduché plastové přezky, viz obrázek 7.



Obr. 7. Kreativní řešení spojení LED diod s baterií [41]

Velkým tématem v oděvním průmyslu je nositelná fotonická textilie. Založeno je to na optických vláknech s bočním vyzařováním nebo s celoplošným. Jedná se o tzv. organické OLED, které se od klasických LED liší tím, že je jako elektroluminiscenční látku využívají organické materiály. Designéři tvrdí, že fotonické systémy, umožněné díky OLED, jsou esteticky příjemnějšími než vylepšené textilie o LED. Tyto nositelné displeje OLED budou ještě velkým přínosem jak v módním průmyslu, tak i automobilovém a zdravotnickém průmyslu. [17] Ukázka OLED našité v oděvu viz obrázek č. 8.

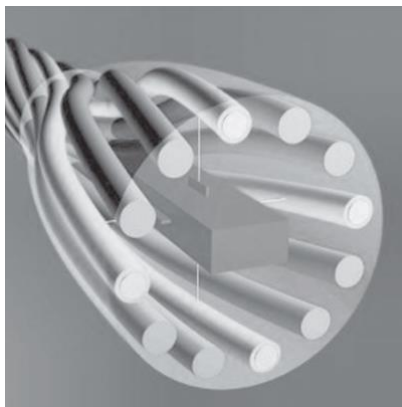


Obr. 8. Všití OLED do oděvu zpěvačky Fergie [26]

2.1.2 Elektroluminiscenční příze

S velkou novinkou v oblasti aktivních prvků a fotoluminiscenčních materiálů přišli vědci z University v Manchesteru, kteří vyvinuli novou textilní přízi, u které, jak její název „elektro“ napovídá, je k luminiscenci třeba bateriový pohon. Jedná se o vodivou jádrovou přízi potaženou elektroluminiscenčním inkoustem viz obrázek č. 9, který vyzařuje světlo, jakmile jádrem příze prochází elektrický proud. [29]

Tato příze může být jednoduše zapracována jak do pletené, tak i tkané textilie. Luminiscence bude aktivní, jakmile bude k dispozici zdroj elektrické energie. Více o fotoluminiscenci v kapitole 3 Fotoluminiscenční materiály. [29]



Obr. 9. Řez elektroluminiscenční přízí [3]

2.2 Pasivní bezpečnostní prvky

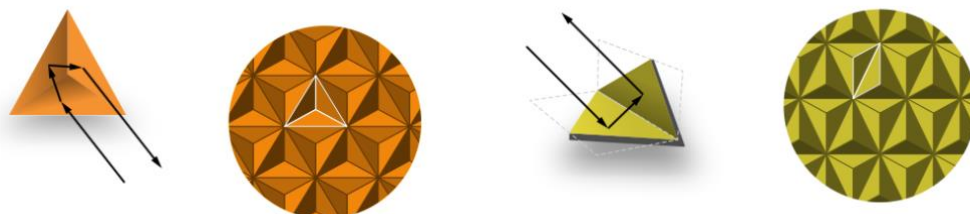
Pasivními bezpečnostními prvky můžeme nazvat ty materiály, které nepotřebují vlastní zdroj, ani světlo neemitují. Jejich funkcí je zvýšit viditelnost chodce či cyklisty na pozemní komunikaci, avšak každá skupina má své specifické podmínky použití. Dohromady ale tvoří dokonalý celek, proto se tyto dvě skupiny pasivních prvků spolu často kombinují, a vytvářejí tak oděv vhodný k použití jak během dne, tak i v noci a za snížených podmínek viditelnosti.

2.2.1 Retroreflexní materiály

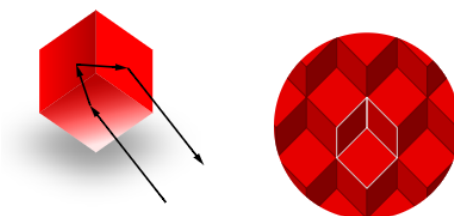
Retroreflexe – latinského původu z „Reflecto“ – znamená otáčím či ohýbám, a z „re“ – zpět. [4] Tedy řečeno, retroreflexní materiály jsou ty, které pokud se správně nasvítí, odrazí svou viditelnost zpět ke světelnému zdroji. Proto se tyto materiály používají v noci, protože při světelném zdroji jsou dobře viditelné až na 200 metrů, viz obrázek č. 1. Fungují na principu klasických odrazek, jen v mnohem zmenšené formě. Kolik světla se z reflexního materiálu odrazí zpět, záleží na kvalitě reflexního materiálu a způsobu výroby. Tyto reflexní materiály můžeme rozdělit do dvou následujících skupin.

2.2.1.1 Vzájemně kolmé odrazné plochy

Reflexní materiály jsou tvořeny několika možnými strukturami, z nichž každá má jiné použití. První skupinou struktur jsou rovné odrazné plochy, které jsou pod určitým úhlem a jako celek vytvářejí souvislou vrstvu. Rovné plochy mohou být ve tvaru trojúhelníků, nebo čtverců a dohromady vytvářejí 3D tvar. Tyto souvislé vrstvy odrazných ploch se používají k výrobě pevných odrazných prvků, viz obrázek č. 10 a 11. Využívají se zejména pro zadní světla automobilů a také na dopravním značení. Je mnoho materiálů, ze kterých lze vytvořit tyto odrazné plochy. Do koutových reflektorů automobilu se vyrábějí z plastu, bohužel svou odrazovou účinnost mají v tomto případě pouze 60 %. Proto se volí lepší varianta, která vytvoří odrazovou účinnost na 80 %, a to z optického skla, na kterém se postříbí vnější odrazné plochy.



Obr. 10. Trojúhelníkový tvar odrazných ploch [4][5]

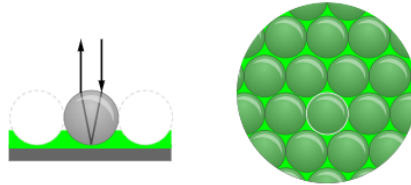


Obr. 11. Čtvercový tvar odrazných ploch [6]

2.2.1.2 Skleněné kuličky

Skleněné kuličky představují další strukturu vhodnou pro výrobu reflexních pásků, které se vsívají např. do švů. Skleněné kuličky jako celek jsou složeny ze třech částí, viz obrázek č. 12. Nejprve z odrazného materiálu, který je umístěn na spodní straně kuliček, který plní funkci odraznou. Tento odraz je inspirován z nasvícení zvířecích očí. Když na ně posvítíme, máme pocit, že září, proto jsou skleněné kuličky vytvořeny tak, aby měly stejný efekt. Další složku představují skleněné kuličky ve tvaru dokonalých kuliček, které mají za funkci odrazit světlo zpět ke světelnému zdroji. Hlavní je tedy skleněná výplň, která je pro tuto skupinu zásadní. Jako finální úpravu skleněných kuliček

použijeme fixační materiál, který je průhledný, dostatečně pružný, a hlavně má za úkol udržet skleněné kuličky na správném místě. Pro snadnější manipulaci při výrobě následných produktů s užitím tohoto materiálu je použit ohebný nebo pružný materiál, který se může aplikovat například na podélné pruhy na bundu či batoh. [1]



Obr. 12. Kuličkový tvar odrazných ploch [7]

2.2.2 Fluorescenční materiály

Fluorescenční materiály jsou používány zejména přes den a za snížené viditelnosti, např. za deště, sněhu, či soumraku. V noci svou účinnost však ztrácí. Fluorescenční materiály někdy nazýváme jako luminiscenční, protože pohlcené světlo v sobě udrží v řádu nanosekund. [15] Tím, že fluorescenční materiály dokáží za dne absorbovat sluneční světlo během krátké doby, tak nám připadá, že září. Po ukončení osvětlování zářivost skončí. [19]

Odstíny fluorescenčních barev nazýváme Day-Glo. Viditelnost zvyšují především průmyslovým dělníkům nebo pracovníkům na silnicích a železničních komunikacích, používají se také na dopravních značkách. Vynalezeny byly již roku 1933 bratry Switzerovými, kteří tuto fluorescenční barvu nazvali jako Day-Glo. Původní účel této fluorescenční barvy bylo vytvořit iluze při kouzlení, posléze se začala používat pro lepší viditelnost pracovníků v pracovním prostředí. [2]

Jak již bylo řečeno, tento materiál je dobře viditelný za denního světla a za soumraku, v noci však svou funkci ztrácí. Proto se obvykle vyskytuje v kombinaci s retroreflexním materiálem. Nejčastější kombinaci těchto materiálů lze vidět na reflexní vestě, která zajišťuje velmi dobrou viditelnost. Nevícé používané fluorescenční barvy jsou zářivě žlutá, oranžovo-červená a zelená viz obrázek č. 13. [2]



Obr. 13. Fluorescenční barvy použité na reflexní vestě [8]

3 Fotoluminiscence

Fotoluminiscence je samovolné záření, které vzniká vybuzením atomu luminoforu, tedy látky, u které nastává luminiscence, do stavu s vyšší energií, tedy excitovaného stavu, a následným vyzářením fotonů, které luminofor během elektromagnetického záření či viditelného světla zachytil a uchoval pro následné vyzáření. [16][19]

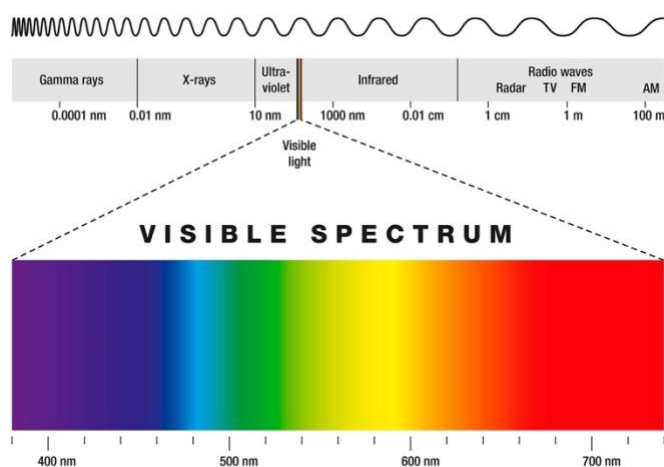
Fotoluminiscence je jednou z podskupin luminiscence. Dělí se dle způsobu excitace, tedy čím je luminiscence vyvolána, a dále se dělí dle doby trvání luminiscence po skončení excitace, tedy jak dlouhý je dosvit buzeného materiálu. Luminiscence může být např. vyvolána elektrickým polem, které se používá při nouzovém osvětlení, dále chemickou reakcí vytvořenou živými organismy, kterou můžeme zpozorovat např. u světlušek, anebo elektromagnetickým zářením, které vydává žárovka či UV lampa, při kterém vzniká právě fotoluminiscence. Dále se luminiscence rozděluje podle délky dosvitu po excitaci na fluorescenci a fosforescenci. Jakmile dochází k excitaci, tedy buzení luminoforu, můžeme zpozorovat fosforescenci, tedy fosforescenční materiál, který nám za denního světla připadá zářivější. Pokud skončí excitace, luminiscence při fosforescenci zmizí okamžitě. Pokud luminiscence přetrvává i po skončení excitace, nazýváme ji fosforescence. Luminiscence při fosforescenci může přetrvávat několik minut, ale i hodin. [16][19]

Světlo

Světlo ve fotoluminiscenci hraje značnou roli. Je ho zapotřebí právě k excitaci luminoforu buď ve formě denního světla či UV záření. Luminofor pohlcuje fotony elektromagnetického záření, které je při následné luminiscenci přeměněno na světlo o vyšších vlnových délkách, než byly absorbované. To znamená, že luminiscence luminoforu bude delší než doba osvětlení luminoforu. [29]

Světlo je elektromagnetické záření, které je pro lidské oko viditelné. Vlnové délky elektromagnetického záření se pohybují v rozmezí 390 nm – 760 nm. Tyto viditelné vlnové délky leží mezi vlnovými délkami ultrafialového a infračerveného záření, jejichž spektrum je zobrazeno na obrázku č. 14. [30]

Jak již bylo zmíněno, délka luminiscence se dá ovlivnit mnoha způsoby – velikostí pigmentových krystalů, množstvím pigmentového prášku ve směsi, nebo čím je luminofor osvětlován. Víme ale, že když bude luminofor excitován slunečním světlem, jeho délka luminiscence bude o mnoho delší než excitování luminoforu UV zářením. Aby byly veškeré vzorky excitovány za stejných podmínek, v laboratoři se při měření používá pro osvětlení UV záření či žárovka. [26]



Obr. 14. Spektrum viditelného světla při luminiscenci luminoforu [11]

3.1 Fotoluminiscenční materiály

Fotoluminiscenční materiály nalezneme v podobě pevných nebo kapalných látek. Délku dosvitu samozřejmě ovlivňuje poměr látek ve fotoluminiscenčním materiálu, anebo čím je luminofor osvětlován. Můžeme ale říci, že čím kvalitněji je směs namíchána, tím delší bude luminiscenční délka. Luminiscenční délka se dá také ovlivnit velikostí částic práškového pigmentu. Ukázkou fotoluminiscenčního pigmentu naleznete na obrázku č. 15, kde je zobrazen fotoluminiscenční pigment surový a neozářený, a i po

excitaci. Luminiscence přetrvá déle, pokud budou krystalky fosforeskujícího materiálu větší. [25]



Obr. 15. Fotoluminiscenční pigment před a po excitaci [9][10]

Hodnocení fotoluminiscenčních materiálů

Viditelnost na pozemních komunikacích je pro cyklisty či chodce nejzásadnější v situaci, jestliže má řidič zahájit úhybový manévr. Časový úsek je přesně ta veličina, která může zachránit život, a proto je podstatné se patřičně chránit buď vhodně zvolenou barvou, materiálem či prvkem zvyšující viditelnost. Viditelnost chodce či cyklisty je zejména důležitá za šera, při snížené viditelnosti – v noci a za nepříznivých podmínek jako je déšť, sníh či mlha. [1]

Řidič jedoucí za nepříznivých podmínek si musí být zcela jist, že vidí chodce, aby mohl bezpečně a plynule zahájit úhybový manévr. Čím dříve si řidič uvědomí, že vidí chodce či cyklistu, tím lépe. Proto se používají prvky zvyšující viditelnost, které jsou vidět na co nejdelší vzdálenost. Fotoluminiscenční materiály, jak již bylo v předchozích kapitolách zmíněno, jsou po nasvícení samostatně viditelné. Zatímco retroreflexní materiály potřebují světelný zdroj – reflektory automobilu, aby byly plně využity jeho odrazové vlastnosti. To znamená, že i když bude mít řidič vozidla zapnutá potkávací světla a nebudou paprsky reflektorů dopadat na retroreflexní materiál, bude uživatel komunikace díky předem nasvíceným fotoluminiscenčním materiálům na pozemní komunikaci vidět. [16][19]

Přesné změření intenzity luminiscence je velice složité a rozhodně vyžaduje spoustu trpělivosti. Délka luminiscence se může nejlépe změřit objektivně pomocí přístrojů, které vyhodnocují míru jasů. Délka vyhasínání může být měřena i subjektivně pouhým okem, pokud jsou umístěny všechny nasvícené vzorky vedle sebe a hodnotí se, který hodnocený vzorek vyhasíná rychleji a jak dlouhý je dosvit. [19][26]

Richterová [28] a Salačová [26] ve svých pracích použily pro hodnocení vyhasínání luminiscence přístroj **CCD Spektrometr firmy Avantes USB2000**. Své vzorky nasvěcovaly pomocí přístroje Lumos 2004 od firmy Arsenal s.r.o., který má rozsah $\lambda = 350\text{--}1100$ nm. Uvnitř něho se nachází halogenová zářivka, která vyzařuje i UV záření. Po uplynulé době nasvěcování byly jejich vzorky snímány pomocí integrátoru pro přímou a difúzní emisi ve tvaru koule o průměru 30 mm, který byl propojen se Spektrometrem. Následně své výsledky emisních spekter pořizovaly a vyhodnocovaly v měřicím softwaru od firmy Options OOI Base.

Salačová [26] svou práci zaměřila na „Vliv barvy podkladu na luminiscenční efekt“. Vzorky naměřené pomocí přístroje CCD Spektrometr firmy Avantes USB2000 nejprve nechala na dvě minuty nasvítit pomocí přístroje Lumos 2004. Poté vzorky po dobu deseti minut nechala vyzařovat a sledovala je pomocí integrátoru pro přímou a difúzní emisi, ke kterému byl připojený právě CCD Spektrometr. Výsledky měření ukázaly, že sice barva podkladu má v čase vliv na relativní intenzitu vyzařování, není tento vliv ale bohužel tak zásadní. Z desetiminutového měření Salačová [26] do grafu vložila pouze prvních 50 s, jelikož zbytek dat byl už konstantní.

V prvních jednotkách vteřin byla nejlépe vidět nit na zeleném podkladu s cca 210 jednotkami, poté nit na bílém podkladu s cca 180 jednotkami. Nejméně byla vidět nit na červeném podkladu se zhruba 115 jednotkami. Zajímavé ale je, že i když měla nit na zeleném podkladu v prvních vteřinách nejvyšší jednotky, po čtyřiceti vteřinách byla na úrovni červeného podkladu, tedy cca 110 jednotek. Nit na černém podkladu, zato sice nebyla hned nejlepší, v prvních vteřinách byla na cca 180 jednotkách, na úrovni čtyřiceti vteřin si ale stále držela svou hodnotu cca 115 jednotek, a tím se stala dlouhodobě nejjasnější nití.

Richterová [28] ve své diplomové práci zkoumala vliv barvy nitě na čas a relativní intenzitu záření. V dnešní době se totiž dají koupit fotoluminiscenční pigmenty v barvách jako je oranžová, zelená a vysoce svítivě žlutá. Cílem práce bylo zjistit, jaký pigment nejlépe září, jaká je nejvhodnější koncentrace pigmentu v lázni při barvení, jaký vliv má přítlak ždímácích válců a kolikanásobný může být průtah fulárem. Všechny nitě Richterová při barvení vložila do koncentrace 75 g/l, všem nitím nastavila přítlak na 1,1 baru a všechny nitě poté protáhla fulárem jedenkrát a také pětkrát.

Je jasné, že nejvyšší relativní intenzitu vyzařování měla po celou dobu nit s nejvyšší koncentrací, tedy 100 g/l na rozdíl od ostatních, které byly jen v 75 g/l. Zajímavé ale je, že u barevných nití, tedy oranžové a zelené, byl rozdíl mezi jednoduchým

průtahem nebo pětinasobným průtahem fuláru vcelku zanedbatelný. Když se ale porovná vysoce svítivá žlutá s oranžovou, nebo zelenou, rozdíl v hodnotách je až pětinasobný. Znamená to tedy, že vysoce svítivá žlutá je vždy o mnoho svítivější než oranžová nebo zelená.

Jako další způsob měření dohasínání luminiscence ve své práci Denisa Salačová [26] použila přístroj **PR-740 SpectraScan® Spektroradiometr**, který má spektrální rozsah 380–780 nm. Tento přístroj připojila k PC pomocí režimu pro vzdálené příkazy. Přístroj PR-740 SpectraScan® Spektroradiometr obsahuje velikosti bajtů 2,4 a 8 Nm, díky kterým je možné vzorky změřit s větší přesností. Svě vzorky nechala excitovat po dobu 5 minut v kolorimetrické skříni GretaMacbeth SpectraLight® III, kterou po excitování vzorků vypnula a spustilo se měření pomocí SpectraScan po dobu 10 minut. Přístroj snímal veškeré potřebné hodnoty, které byly následně zpracovány v programu Microsoft Excel.

Salačové [26] se tímto experimentem potvrdilo, že stejně jako při použití stroje CCD Spektrometru, zelený podklad je pro intenzitu vyzařování nejlepší, nicméně přístroj PR-740 SpectraScan® Spektroradiometr detailněji ukázal rozdíl mezi bílým, zeleným, a mezi ostatními podklady. Dalo by se říct, že bílý a zelený podklad je pro intenzitu vyzařování v čase 0–1000 s stejně účinný, nicméně přístroj CCD Spektrometr jasně ukázal, že např. černá, nebo i modrá barva mají po 40 s vyšší intenzitu vyzařování než zelená barva.

Firma Swicofil vyrábějící fotoluminiscenční nitě a příze si v roce 2001 nechala testovat svou 100% polyesterovou luminiscenční přízi na přístroji **Topcon BM-8 Illuminometer**. Po dvou hodinách v perfektních podmínkách pro testování byl vzorek vystaven 27 W fluorescenční žárovce o vzdálenosti 60 cm na 30 minut. Vzorky byly měřeny a vyhodnocovány nejen pomocí přístroje Topcon BM-8 Illuminometer, ale zároveň byly stejné vzorky vyhodnoceny **subjektivně pomocí lidského oka** a převedeny do mcd/m^2 .

Výsledky přístroje Topcon BM-8 Illuminometer vyhodnotily intenzitu po 5 s na 3480 mcd/m^2 , po 5 min na 255 mcd/m^2 , po 10 minutách na 110 mcd/m^2 a po 1 hodině byl výsledek 15 mcd/m^2 . Přístroj svítivost měřil ale o hodně déle a zaznamenal hodnoty až po 7 hodinách – 3 mcd/m^2 a hodnotu po 15 hodinách, která vyšla $0,3 \text{ mcd/m}^2$.

Tyto výsledky byly podloženy subjektivním hodnocením pomocí lidského oka:

200 mcd/m² = je vidět, jdou přečíst písmena

5 mcd/m² = jsou vidět objekty

3 mcd/m² = jsou vidět obrysy objektů

2 mcd/m² = je vidět celkový obrys

1 mcd/m² = je vidět nejasně

0,3 mcd/m² = lidským okem nerozeznatelné

Z výsledků subjektivního hodnocení je zajímavé, že ač při 200 mcd/m² jdou přečíst písmena, při 3 mcd/m² jsou vidět obrysy, a to je podle měření na přístroji Topcon BM-8 Illuminometer možné i po 7 hodinách. Znamená to tedy, že nositel bude i po 7 hodinách rozeznatelný pro okolí. Otázkou ale je, v jakém prostředí se subjektivní hodnocení odehrávalo, jak daleko byl pozorovaný objekt a jaký rozměr a vzor měl fotoluminiscenční materiál.

3.2 Přehled nejnovějších fotoluminiscenčních materiálů

Nejrůznější bezpečnostní prvky zvyšující viditelnost na pozemní komunikaci všichni dobře znají a jsou běžně v obchodech dostupné, jako např. reflexní vesta, reflexní náramek, reflexní přívěšek a nalepovací či nažehlovací prvky zvyšující viditelnost. Nyní se však používají i další materiály, nejen reflexní, které napomáhají zvýšit viditelnost zejména ve tmě, tedy za nepříznivého počasí. V této práci se zaměříme na luminiscenční materiály někdy používané v kombinaci s reflexními materiály.

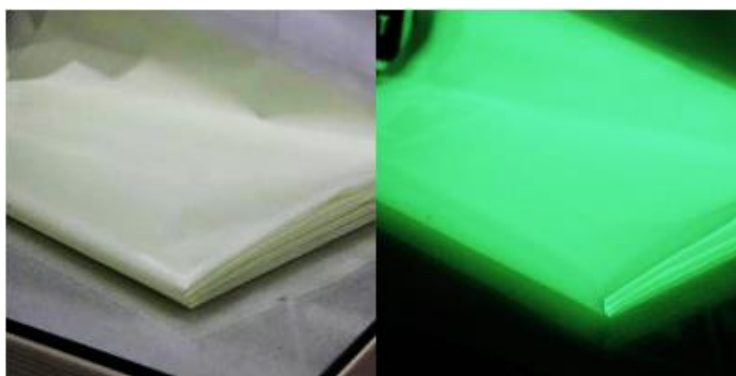
U luminiscenčních materiálů v textilním odvětví došlo k značnému rozvoji a nabízí se tak velké spektrum materiálů a prvků, které mohou hojně napomoci chodcům v silničním provozu zvýšit svou viditelnost. Záleží však, jak bude luminiscenční materiál či prvek použit a kde bude umístěn na oděvu. V následujících bodech je přehled luminiscenčních materiálů, které se dají použít na oděvy pro civilisty pro zvýšení jejich viditelnosti za šera a za tmy.

3.2.1 Fotoluminiscenční textilie

Fotoluminiscenční materiál/textilie je plošný materiál, který je celoplošně fotoluminiscenční, viz obrázek č. 16. Jedná se o materiál, který se skládá ze tří vrstev. Jako základní fotoluminiscenční pigmenty se používají fosforeskující sulfidy kovů – sulfid zinečnatý (ZnS) a sulfid vápenatý (CaS). K tomu je zapotřebí další látka, která absorbuje energii krátké vlnové délky a emituje ji při vlnových délkách fosforeskujícího materiálu. [22][30]

Jeho základní vrstvu (výsledný podklad) tvoří jakýkoliv plošný materiál, buď z bavlny, polyesteru, směsi bavlna-polyester, polyamidu či jiného syntetického vlákna. Může být použit tkaný, pletený či netkaný materiál. Dokonce lze jako podkladový materiál použít list syntetického materiálu či papíru. Jako další vrstvu tvoří spojovací vrstva mezi podkladovým materiálem a horní vrstvou. Jedná se o syntetickou pryskyřici, která obsahuje další látky potřebné pro tvorbu pojícího materiálu, do kterého se někdy vmíchává i barevný pigment, který umožňuje změnit denní zbarvení oděvu. Třetí vrstvu tvoří směs, ve které je nejen fotoluminiscenční pigment, ale také látky, které napomáhají absorbovat světlo. Fotoluminiscenční pigment je však i ve spojovací vrstvě, aby došlo ke zlepšení fotoluminiscenčních vlastností. Při zpracování fotoluminiscenčního materiálu se však nejdříve vytvoří vrchní „třetí vrstva“ směsi, na kterou se po usušení aplikuje pojivá směs, a až na ni se nanese a přitlačí podkladový materiál (tkanina, pletenina či netkaná textilie). [22][30]

Povrchová úprava podkladového materiálu je vždy ovlivněna konkrétním použitím výsledného oděvu. Při použití oděvu v extrémních povětrnostních podmínkách, např. při odolnosti vůči mořské vodě, bude potřeba jiná koncentrace vrchní směsi i pojivé vrstvy než při použití běžných ochranných oděvů pro dělníky pracujících na silnicích či oděvy pro děti a policii. Rozdílná bude i pryskyřice vrchní vrstvy, protože se dají použít různé polymery s různými vlastnostmi. Pro běžné nošení se jako vrchní vrstva používá polyuretanová pryskyřice, která zajistí pružnost a propustnost vodních par výsledného materiálu, což je žádoucí pro komfort nositele. Rozdíl bude také v plošné hmotnosti nanášených směsí na materiál. Můžeme ale říci, že čím je oděv určen pro extrémnější podmínky použití, tím je plošná hmotnost nanášených vrstev větší. To znamená, že fotoluminiscenční efekt bude podstatně delší. [22][30]



Obr. 16. Fotoluminiscenční textilie před a po excitaci [12][13]

Mezi fotoluminiscenční materiály patří i samolepicí materiály, viz 3.1.3. Fotoluminiscenční nažehlovací folie se vyrábí stejným způsobem jako „klasické“ fotoluminiscenční materiály, místo podkladového materiálu se ale použije další směs s pryskyřicí. Na ni se nanese ochranný papír, který má na sobě lepidlo. Tento ochranný papír zůstává na směsích pryskyřic po celou dobu a sundává se až těsně před aplikací na oděv. [22]

Firma Swicofil, sídlící ve Švýcarsku, nabízí fotoluminiscenční Luminous GLOW PET filament přízi, která je vhodná ke tkaní či pletení, tudíž by bylo možné vytvořit fotoluminiscenční plošný materiál klasickým způsobem, tak jak se běžně plošné materiály vyrábí. Více informací pod skupinou Fotoluminiscenční nitě. [32]

3.2.2 Fotoluminiscenční reflexní páska

Fotoluminiscenční reflexní páska je skvělá kombinace fotoluminiscenčního materiálu s reflexním. Jedná se o nepružnou, ale flexibilní pásku, která je vhodná na našití na oděv, který bude následně sloužit jako bezpečnostní. Bezpečnostní v tomto případě rozumíme oděv, který není pro běžného uživatele vhodný a své uplatnění najde pro ochranné jednotky hasičů či strážníků.

Tato fotoluminiscenční reflexní textilní páska se skládá z fotoluminiscenčního materiálu, který po nasvícení samovolně svítí a z reflexního materiálu, který odráží světlo zpět ke zdroji světla. Ukázka fotoluminiscenční reflexní pásky za denního světla, při luminiscenci a při odrazu světla viz obrázek č. 17. Použitím této pásky se tak účastník silničního provozu dobře zviditelní nejen pro řidiče automobilu. Použití pásky na konkrétním oděvu viz obrázek č. 18. [33]

Pásku lze zakoupit na českém e-shopu PhotoluminescentEurope v délce 25 metrů nebo 50 metrů.



Obr. 17. Fotoluminiscenční reflexní páska během denního světla, při luminiscenci a retroreflexi [14]



Obr. 18. Fotoluminiscenční reflexní páska použitá na bezpečnostním oděvu [15]

Další variantou je páska s názvem Nomex od firmy Allureglow[®], která je dostupná ve dvou rozměrech šíře pásky 2,5 cm a 5 cm, ve standartní délce 10 m. Použití těchto pásek má širokou škálu nejen pro bezpečnostní oděvy a bezpečnostní značky. [25] Ukázka fotoluminiscenční reflexní pásky od firmy Allureglow[®] viz obrázek č. 19.

Fotoluminiscenční reflexní pásky jsou k dostání i v různých variantách, lišící se geometrickými tvary, různými poměry použití fotoluminiscenčního a reflexního materiálu, délkou dosvitu fotoluminiscenčního materiálu či šířkou. Pásky jsou k dostání ve standartním rozměru 2,5 cm – 5 cm. [25]



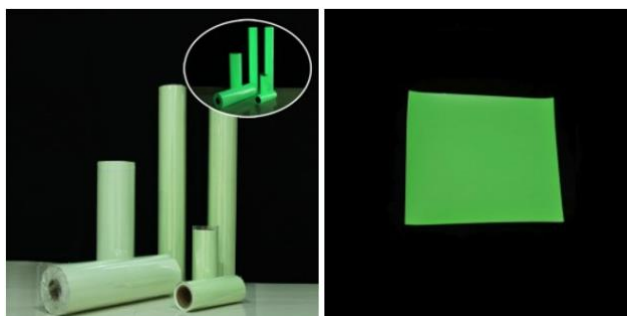
Obr. 19. Fotoluminiscenční reflexní páska od firmy Allureglow[®] [16]

3.2.3 Fotoluminiscenční nažehlovací folie

Fotoluminiscenční pásku lze získat od české společnosti Photoluminescent Europe, s.r.o., která se specializuje na fotoluminiscenční materiály a výrobky. Zabývají se výrobou svítících pigmentů a mnoha dalšími materiály pro použití v řadě průmyslových odvětví. [38]

Tato vinylová fotoluminiscenční nažehlovací folie má světle zelenou barvu před excitací a při luminiscenci září výraznou světlezelenou barvou, viz obrázek č. 20. Fotoluminiscenci ve folii zajišťuje hlinitan stroncia. Společnost uvádí, že intenzita záření po deseti minutách dosahuje více jak 150 mcd/m² a po 60 minutách více jak 20 mcd/m². Folie je také odolná vůči tření, ručnímu praní, praní v pračce a je odolná i vůči vysokým teplotám.

Folii lze jednoduše pomocí tepla zafixovat např. na sportovní dresy. Uplatnění je ale mnohem rozmanitější, lze ji pomocí nůžek/cutteru vyřezat a nažehlit na jakýkoliv textilní materiál. Vhodná je i na batohy, bundy, čepice atd. Použit se také dá na lehce pružné materiály, které nejsou moc náročné na pružnost. Jakmile by se nažehlila na materiál, který bude velmi namáhán na pružnost, dojde k přetrhu.



Obr. 20. Fotoluminiscenční nažehlovací folie od společnosti Photoluminescent Europe [27]

3.2.4 Fotoluminiscenční nitě

Fotoluminiscenční nitě jsou zejména ty vyšívací, slouží k vyšití firemních log, proužků na oděvu či jednoduchých obrázků na dětském oděvu. Jedná se buď o syntetické nitě, do kterých se během výroby vmíchá fotoluminiscenční pigment, nebo o příze živočišného či rostlinného původu, kde musí dojít k povrchové úpravě nanesením filmu s fotoluminiscenčním pigmentem na přízi. [29][32]

Výroba fotoluminiscenčních nití

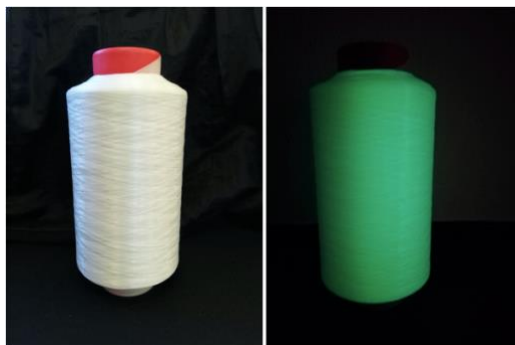
Fotoluminiscenční, nebo také fosforeskující nit můžeme získat mnoha způsoby. Mohou se vyrobit těmito čtyřmi způsoby:

- 1) Hlavní surovinou je syntetická pryskyřice, která se vyrábí buď z polyamidu, polyesteru, polyethylenu, polyvinylalkoholu, akrylového polymeru, polyvinylacetátu nebo polyvinylchloridu. Poté se pryskyřice smíchá s fluorescenčními látkami, které mají velikosti 1–5 mm. Fotoluminiscenčních látek je ve směsi 0,2 – 3 % pro výrobu sloučenin ve formě čipu. Tyto tzv. čipy se poté roztaví a dochází k následnému vytlačování tak, aby vznikla příze požadovaného průměru. [29]
- 2) Dalším způsobem výroby je vytváření fotoluminiscenční nitě, která se skládá z dvouvrstvé laminové příze. Fosforeskující prášek se nanáší doprostřed mezi dva polymerní filmy. [29]
- 3) Dalším způsobem je barvení. V tomto případě lze jako základ příze použít jakoukoliv živočišnou, rostlinnou či syntetickou spředenou přízi, která se „obalí“ do přírodních či syntetických pojidel, ve kterých je rozmíchán fotoluminiscenční pigment. Následně dochází k trvalému spojení základní příze a pojidla s pigmentem, které dohromady poskytují skvělou ochranu před oděrem a dobrou stálost při praní. [28][29]
- 4) Čtvrtý způsob výroby fotoluminiscenční nitě spočívá v ponořování příze do směsi, která má v sobě pigmentové krystalky aktivovaných kovových solí. Výrobní proces je ovlivněn použitou přízí, podle které se rozhoduje, zda budou při výrobním procesu použity krystaly soli ZnS, sulfidy Ca, Sr, Cd, Ba nebo Mg. Záleží, s čím je použitá příze kompatibilní. Dále je zapotřebí pryskyřice, do které jsou pigmentové krystaly soli či sulfidu rozmíchány. Po ponoření příze v pryskyřicové směsi jsou krystalky na přízi rovnoměrně rozmístěny. Pro tento druh výrobního procesu lze použít pryskyřice z polystyrenu, polyvinylu, polyethylenu, acetátu celulózy, akrylové pryskyřice a kopolymerů. [29]

Výrobci fotoluminiscenčních nití, přízí a vláken

Jedním z mnoha výrobců fotoluminiscenčních přízí je firma Swicofil sídlící ve Švýcarsku. Firma vyrábí **Luminous GLOW PET** vyšívací nit, která je vhodná k vyšití log či jakéhokoliv motivu. Dále nabízí **Luminous GLOW PET filament** přízi, která je

vhodná i pro tkaní, přišívání knoflíků či šití obuvi, oděvů a stanů. Byla však už použita i na ponožky, spodní prádlo, rukavice, hračky, lana, šňůry a popruhy. Firma Swicofil dodává příze i nitě v základní barvě surově bílé, které při luminiscenci září žlutozeleně, viz obrázek č. 21. Na přání zákazníka je možné u surově bílé vyrobit efekt, který při luminiscenci bude zářit modře, také je možné vyrobit barevnou přízi v modré, růžové, žluté a fialové barvě, viz obrázek č. 22. V těchto barevných variantách bude luminiscenční efekt pouze žlutozelený. [32]



Obr. 21. Fotoluminiscenční příze od firmy Swicofil v základním stavu a při luminiscenci [17][18]



Obr. 22. Barevné varianty fotoluminiscenčních přízí a nití od firmy Swicofil [19]

Fotoluminiscenční nitě/příze od firmy Swicofil se vyznačují svým dlouhotrvajícím fotoluminiscenčním účinkem. Firma tvrdí, že už po 3 až 10 minutách osvětlení slunečním světlem bude příze zářit 3 hodiny. Ve tkanině bude fotoluminiscenční dosvit záviset na jemnosti použitých přízí. Pokud by ve tkanině byla použita jemnost přízí 133 nebo 200 dtex, tak by doba dosvitu byla 1,5 hodiny při době osvětlení 10 minut. Při použití přízí s 220 anebo 440 dtex by doba dosvitu trvala 3 hodiny již po 10 minutách osvětlování. Firma také uvádí, že kapacitu pohlcování světla lze opakovat donekonečna. Také je příze trvanlivá po praní, čištění a odolná při použití vařící vody. [32]

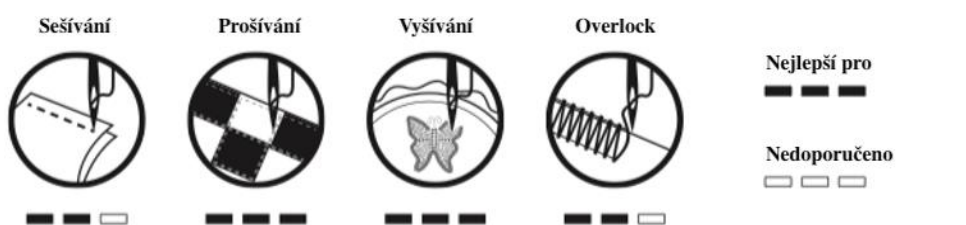
Dalším výrobcem fotoluminiscenčních nití je mezinárodní společnost AMANN, sídlící v Bönnigheimu v Německu. Jedná se o jednoho z největších výrobců kvalitních

šicích nití, přízí k vyšívání a Smart Yarns. Výrobních závodů má po celé Evropě téměř čtyřicet, jeden z nich je v České republice v Chřibské. [35]

Fotoluminiscenční vyšívací nit s názvem **Isa Texlight** od společnosti Amann je k dostání v barvě šampaň před excitací a při luminiscenci září zeleně, viz obrázek č. 23. Tato nit se skládá z 50 % polybutylen tereftalátu (PBT) a 50 % polypropylen (PP) multifilamentu o jemnosti 30 tex. Výrobce uvádí, že tato nit je vhodná zejména pro vyšívání výšivky, ale lze ji také použít pro šití, prošívání a overlock, viz obrázek č. 24. [21] Její použití je tak možné na dětská pyžama, sportovní oblečení, reklamní materiály, obuv a další. Isa Texlight je certifikována podle STANDARDU 100 by OEKO-TEX®, tudíž neobsahuje žádné škodlivé látky. [35]



Obr. 23. Fotoluminiscenční vyšívací nit od společnosti Amann [20]



Obr. 24. Možnosti použití fotoluminiscenční nitě Isa Texlight a Poly Glow [21]

Fotoluminiscenční nit Isa Texlight je možné zakoupit na e-shopu společnosti Amann či českém e-shopu VTC a.s. [36] V obou případech se jedná o stejnou nit od společnosti Amann.

Tuto fotoluminiscenční vyšívací nit lze také zakoupit u firmy Amann-Mettler, která spadá pod společnost Amann, avšak pod názvem **Poly Glow**. K dostání je ve stejné barvě šampaň jako u společnosti Amann a při luminiscenci také září zeleně, viz obrázek č. 25.



Obr. 25. Fotoluminiscenční nit Poly Glow od firmy Amann-Mettler [20]

Dalším výrobcem fotoluminiscenčních nití je český výrobce LANEX sídlící v Bolaticích. Jejich uplatnění sahá do mnoha odvětví, díky kterým jsou nepostradatelní na trhu. Vyrábí zejména průmyslová lana, do kterých přidávají právě fotoluminiscenční vlákno MULTITEX. [37]

Fotoluminiscenční vlákno s názvem **Luminiscenční MULTITEX** je čiré polypropylenové vysokopevnostní multifilamentní vlákno, které po absorpci denního či umělého světla, jak výrobce uvádí, dokáže svítit až 5 hodin zelenou barvou, viz obrázek č. 26. Vyrábí se o jemnosti v rozmezí 466 dtex – 3000 dtex. Vlákno disponuje vysokou odolností vůči povětrnostním vlivům, kyselinám, alkáliím a rozpouštědlům. Výrobce také uvádí, že je zdravotně nezávadné podle STANDARDU 100 by OEKO-TEX®, 100% recyklovatelné a stabilní vůči UV záření. Je však možné navíc vlákno opatřit termofixací, úpravou snižující hořlavost, úpravou zákrutů a seskáním příze. [37]

Firma LANEX používá fotoluminiscenční vlákno při výrobě nití a šňůr, pletených i stáčených lan, tkaných popruhů, pletených sítí a filtračních tkanin. [37]



Obr. 26. Fotoluminiscenční příze MULTITEX od firmy LANEX před excitací a při luminiscenci [22]

Shrnutí rešeršní části

Rešeršní část seznamuje s nejrůznějšími bezpečnostními prvky, které zajišťují zvýšení viditelnosti účastníků v silničním provozu, zejména chodců a cyklistů. V části o aktivních bezpečnostních prvcích se pojednává o užití LED diod v oděvu, o nositelné fotonice a elektroluminiscenční přízi. Pasivní bezpečnostní prvky seznamují s retroreflexí, retroreflexními prvky a fluorescenčními materiály. Vysvětlují, na jakém principu retroreflexe funguje, popisují tvorbu reflexních ploch a vysvětlují, proč se nám jeví fluorescenční materiály zářivé.

V další části je vysvětlena fotoluminiscence, stručně vysvětleno světlo a spektrum viditelného světla, které úzce souvisí s hlavní myšlenkou této bakalářské práce – fotoluminiscencí. Rešeršní část také seznamuje s hodnocením luminiscence, které bude námětem na experimentální část, a podrobným přehledem nejnovějších fotoluminiscenčních materiálů používaných pro zvýšení viditelnosti chodců a cyklistů. Jedná se zejména o fotoluminiscenční textilie, kombinaci fotoluminiscence s retroreflexí v podobě bezpečnostní pásky a fotoluminiscenční nažehlovací folii. Seznamuje také s fotoluminiscenčními/fosforeskujícími nitěmi a jejich způsoby výroby. Dále je uveden přehled výrobců nebo dodavatelů fotoluminiscenčních materiálů – nití, přízí, vláken.

4 Experimentální část

Cílem experimentální části je porovnat fotoluminiscenční prvky, které se na současném trhu nacházejí, a vyhodnotit, který z nich je nejlepší a nejvhodnější pro použití na oděvech zvyšující tak viditelnost chodce či jiného účastníka provozu. Zároveň je cílem práce navrhnout vhodnou kombinaci těchto prvků na oděv, který by byl pro běžného uživatele nejpraktičtější a zároveň, aby prvky fotoluminiscence dostatečně zvýšily jeho viditelnost v případě úplné tmy mimo osvětlení pouličních lamp.

Experimentální část se proto zabývala těmito stěžejními oblastmi:

- Praktické ověření použitelnosti fotoluminiscenčních vyšívacích nití pro klasické šití
- Návrh dvou metodik pro měření a hodnocení vyhasínání intenzity luminiscence luminiscenčních vzorků
- Návrh a realizace oděvů pro měření v reálných podmínkách
- Měření v reálných podmínkách za denního světla a za tmy

Fotografie pro charakteristiku použitých materiálů a fotografie pro hodnocení 1. a 2. metody byly získány od vedoucí práce Ing. Kataríny Zelové, Ph.D.





Charakteristika použitých materiálů

V rámci experimentu bylo pracováno se vzorky s krycím stehem a fotoluminiscenční nažehlovací páskou. V rámci charakteristiky použitých fotoluminiscenčních nití bylo v laboratoři na katedře Oděvnictví provedeno testování základních mechanických vlastností, pevnosti a tažnosti, dle normy ČSN EN ISO 2062 (80 0700). Testování probíhalo na trhacím přístroji Testometric, kde bylo z důvodu nedostatku testovaných nití provedeno 15 měření každé nitě vždy ze stejné testované cívky nitě.

Charakteristika fotoluminiscenčních nití

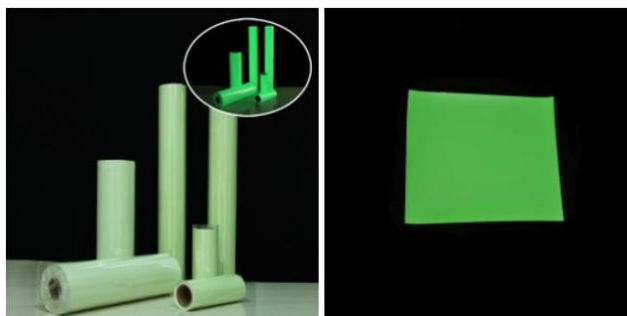
Pro experimentální část bylo získáno celkem šest fotoluminiscenčních nití od různých výrobců. Některé nitě byly od stejného výrobce, které při zkoumání pouhým okem vykazovaly jisté nedostatky, jako např. chybné seskání u nitě N103. Daly se tak očekávat špatné výsledky vlastností některých nití v praktickém testování. Po vybrání dvou fotoluminiscenčních nití N1 a N102 pro testování, uvedeme charakteristiku použitých nití pouze těchto dvou. V následující tabulce jsou uvedeny základní specifikace o niti N1 a N102.

Tab. 1. Charakteristika použitých nití

Název	N1	N102
Výrobce	Angelking Emelight	VÚB a.s. / Clevertex®
Konstrukce nitě		2 x 220 dtex
Materiálové složení	100% Polyester	100% Polyester
Jemnost [tex]	30	51
Barva	bílá	bílá
Průměrná pevnost [N]	6,861	8,963
Průměrná tažnost [mm]	206,431	215,218
Fotografie před nasvícením		
Fotografie po nasvícení		

Charakteristika fotoluminiscenční nažehlovací folie

Fotoluminiscenčních vinylová folie byla získána od české společnosti Photoluminescent Europe, s.r.o., která bude použita pouze v druhé metodě testování – Postupné zakrývání luminiscenčního vzorku. Jedná se o stejnou luminiscenční nažehlovací pásku, jako je uvedena v rešeršní části viz 3.1.3. Fotoluminiscenční nažehlovací folie. Páska je mírně pružná a je tak vhodná k nažehlení na lehce pružný materiál. Ukázka fotoluminiscenční nažehlovací folie viz obrázek č. 27.



Obr. 27. Fotoluminiscenční nažehlovací folie od společnosti Photoluminescent Europe [27]

Praktické ověření použití fotoluminiscenčních nití pro šití

V rámci experimentu bylo třeba ověřit, zda se dají vyšívací nitě N1 a N102 použít i pro šití krycích stehů. Testování probíhalo na dvoujehlovém čtyřnitném šicím stroji SIRUBA F007J-W122-356/ FHA viz obrázek č. 28 se spodem i vrchem krycím stehem třídy stehu 602 viz obrázek č. 29. Jako horní krycí nit byla použita fotoluminiscenční nit N1 nebo N102. Spodní krycí nit a zbývající nitě byly použity 100% polyesterové skané nitě s jemností 120 (14x2) tex od českého výrobce Hagal s.r.o. viz obrázek č. 30. Jedná se o průmyslové šicí nitě s názvem UNIPOLY.



Obr. 28. Dvoujehlový šicí stroj Siruba



Obr. 29. Krycí steh třídy 602

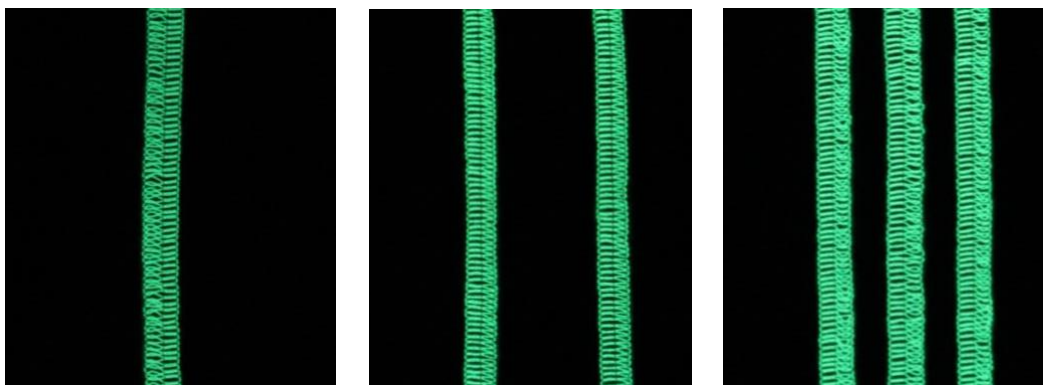


Obr. 30. Šicí nit od českého výrobce Hagal s.r.o.

Při ověřování šití krycího stehu docházelo k praktickému ověření i estetické úpravě hustoty krycího stehu. Zkoušela se nejen různá hustota krycího stehu, ale i napětí nití. Po vyzkoušení různých hustot stehu a napětí bylo zjištěno, že fotoluminiscenční nit N1 i N102 **jsou vhodné** pro použití šití krycích stehů a lze je tak použít pro další testování.

Jak již bylo zmíněno, při ověřování šití krycích stehů docházelo nejen k praktickému ověření použitelnosti fotoluminiscenčních nití pro šití krycího stehu, ale také k estetické a optimální úpravě hustoty stehu pro krycí steh. V úvahu bylo i bráno, že čím vyšší hustota fotoluminiscenční nitě, tím vyšší je následná svítivost. Zkoušely se různé hustoty stehu, méně husté i hustší, avšak jako neoptimálnější se jevila hustota stehu 9 stehů/ 1 cm. Při vyšší hustotě stehu bylo na podkladovém materiálu krycí fotoluminiscenční nitě mnoho, proto nebyla vyšší hustota stehu ideální. Hustota 9 stehů/1 cm byla optimální i z toho hlediska, že steh vypadal jako klasický krycí steh používaný na běžných funkčních oděvech, kde se hustota stehu standartně pohybuje okolo 7 stehů/1 cm.

Pro zajímavost byly zhotoveny vzorky s fotoluminiscenční nití s krycím stehem viz obrázek č. 31, které by se daly v rámci realizace zhotovení výsledného oděvu aplikovat na oděv. Tyto vzorky slouží jen pro ukázkou a nejsou tak použity pro testování v experimentální části.



Obr. 31. Ukázka krycího stehu ve třech variantách

5 Metody testování zhotovených vzorků

V rámci experimentu došlo k měření fotoluminiscenčních vzorků, které byly měřeny dvěma způsoby – měření vyhasínání luminiscence v temné komoře a postupné zakrývání luminiscenčního vzorku.

5.1 Metoda 1 – měření vyhasínání luminiscence v temné komoře

Testování luminiscenčních vlastností luminiscenčních vzorků probíhalo v temné komoře viz obrázek č. 32. Pro měření Metody 1 byly zhotoveny vzorky s krycím stehem s fotoluminiscenční nití N1 i N102 a vzorky s výšivkou s fotoluminiscenční nití N1 i N102.



Obr. 32. Černá komora

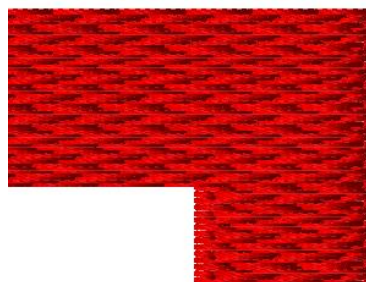
Šití vzorků s luminiscenčními nitěmi N1 a N102 s krycím stehem probíhalo na čtyřnitném šicím stroji Siruba F007J-W122-356/ FHA se spodem i vrchem krycím stehem třídy 602.

Rozměr šedého podkladového materiálu činil 20 x 25 cm a délka krycího stehu činila 8 cm. Hustota stehu pro tento vzorek byla použita 9 stehů/1 cm.

Před zhotovením výšivky došlo k návrhu výšivky v systému Tajima, kde také došlo k výběru vhodného vyšívacího vzoru a výplně. Po vyzkoušení různých vzorů výšivky a různé výplně byl vybrán typ 3 vyšívacího vzoru viz obrázek č. 33, a jako výplň byla zvolena výplň komplexní, viz obrázek č. 34. Po navržení došlo k realizaci vyšítí výšivky. Podkladový materiál byl zvolen 100% polyesterový tkaný materiál s keprovou vazbou. Pod podkladový materiál byl ještě vložen papír, který je u vyšívání výšivky nezbytný. Jako spodní nit byla zvolena standartní bavlněná vyšívací nit bez barvy. Vyšítí výšivky bylo provedeno na patnáctinítném vyšívacím stroji Tajima TEJT – C1501 viz obrázek č. 35, kde rozměr výšivky činil 8 x 1 cm. Ukázka výšivky s měřítkem viz obrázek č. 36.



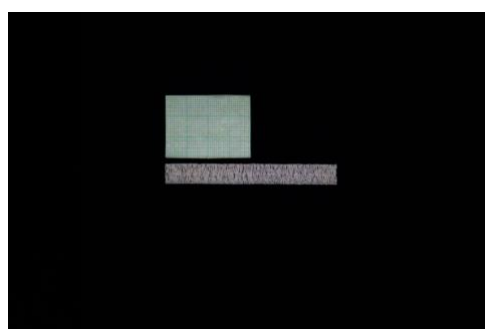
Obr. 33. Navržené tvarové vyšívání luminiscenčního vzoru 3 a jeho praktická realizace



Obr. 34. Detail komplexní výplně vyšívacího vzoru



Obr. 35. Vyšívání vzorků na vyšívacím stroji Tajima



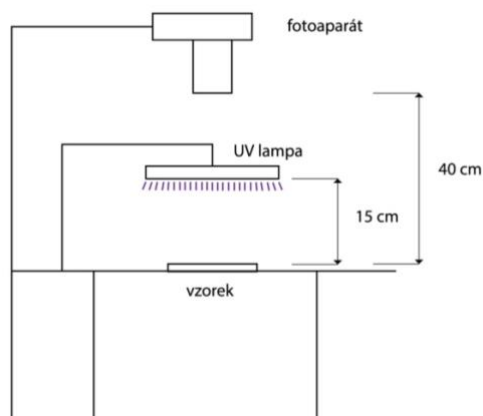
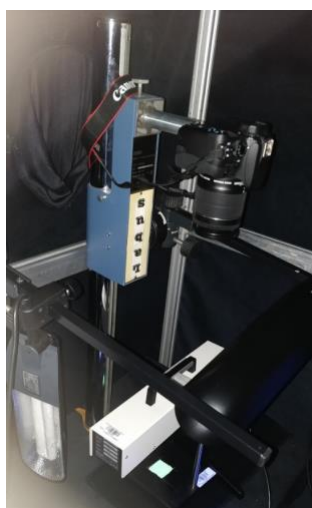
Obr. 36. Ukázka výšivky s měřítkem

Zařízení použité při testování

Při testování metody 1 byl použit fotoaparát a UV lampa. Každý přístroj má své specifikace, které jsou pro přehlednost uvedeny v tabulkách. V následující tabulce č. 2 je zobrazeno nastavení fotoaparátu, které bylo použito při měření. Ukázka a schéma fotoaparátu při měření viz obrázek č. 37. V tabulce č. 3 jsou zobrazeny informace ohledně UV lampy a jak UV vypadá, viz obrázek č. 38.

Tab. 2. Nastavení fotoaparátu Canon EOS 100D

Název	Typ	Objektiv	Nastavení				
			Mód	Clona	Čas	ISO	Ostření
Canon	EOS 100D	18-55	Manual	F5.0	3"2	3200	Manual



Obr. 37. Ukázka fotoaparátu Canon EOS 100D při měření a jeho schéma

Tab. 3. Specifikace UV lampy

Název	Druh UV záření	Vlnová délka [nm]	Odběr	Velikost filtru [mm]	Napětí	Vzdálenost od vzorku [cm]	Intenzita záření [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$]
Širokopásmová UV lampa	Dlouhé vlny	365	2x 8W	195x45	230 V/ 50-60 Hz	15	950



Obr. 38. Širokopásmová UV lampa nad měřeným vzorkem

Během měření luminiscenčních vlastností luminiscenčních vzorků došlo k vyfotografování testovaných vzorků vždy po jedné minutě po dobu 30 minut. To znamená, že pro vzorek s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1 bylo vyfotografováno 30 fotografií, které se následně vyhodnocovaly v programu Fiji. To stejné platilo i pro vzorek s krycím stehem s fotoluminiscenční nití N102, vzorek s výšivkou fotoluminiscenční nitě N1 i vzorek s výšivkou fotoluminiscenční nití N102. Pomocí níže uvedeného návodu došlo v programu Fiji k získání dat, které byly převedeny do programu Microsoft Excel, ve kterém byly hodnoty zprůměrovány a následně použity k dalšímu vyhodnocení.

Odolnost luminiscenčních vlastností vzorků vůči praní

V rámci měření metody 1 - vyhasínání luminiscence v černé komoře došlo k změření (vyfotografování) fotoluminiscenčních vzorků po praní – krycího stehu fotoluminiscenční nitě N1 i N102, i fotoluminiscenční výšivky obou nití. Vzorky byly vyprány v automatické pračce s předním plněním dle normy ČSN EN ISO 6330 (80 0821) - Odolnost luminiscenční výšivky vůči praní, stálost v praní.

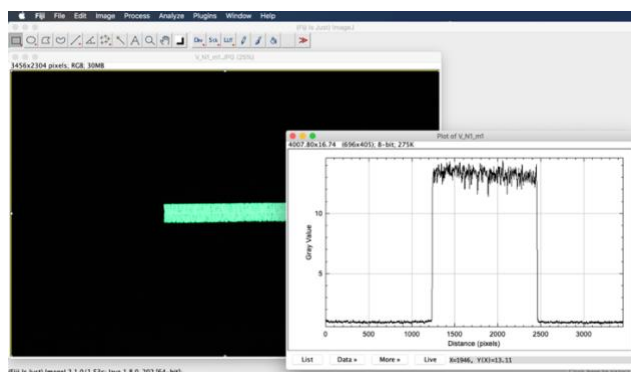
Podmínky, během kterých bylo praní uskutečněno:

- program: normální praní
- teplota: 40°
- počet otáček při ždímání: 800 ot/min
- pracích cyklů: 5
- způsob sušení vzorků: v závěsu

Vyfotografované vzorky byly vyhodnoceny v programu Fiji a porovnány i s ostatními vyhodnocenými výsledky.

Vyhodnocení vzorků v programu FIJI

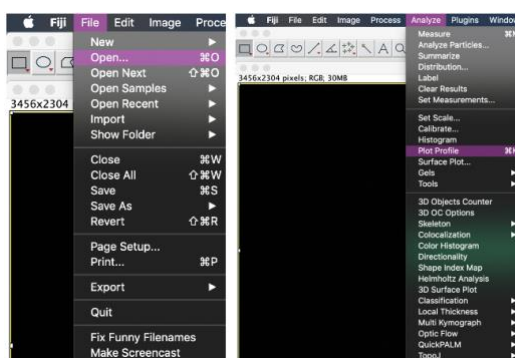
Pro vyhodnocení fotografií byl použit program Fiji firmy ImageJ viz obrázek 39, který je volně ke stažení na webu: <https://imagej.net/Fiji>.



Obr. 39. Ukázka vyhodnocování fotografií v programu Fiji

Tento program funguje na principu šedé škály, která je vedena od 0 do 255, kde nula je naprosto černá, a 255 je naprosto bílá. Vše mezi tím jsou pouze odstíny šedé. Výsledkem hodnocení fotografie je graf, který ke každému vodorovnému pixelu dané fotografie přiřadí průměrnou hodnotu škály intenzity. Čím vyšší číslo, tím svítivější prvek v té řadě je.

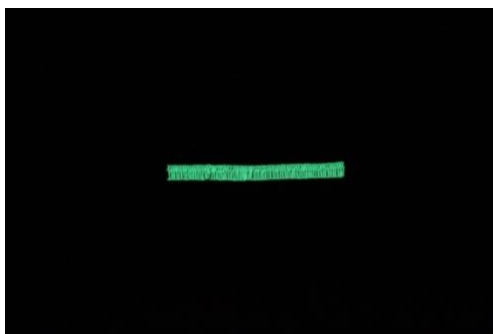
Vyhodnocení fotografií probíhalo v programu po otevření fotografie pomocí Ctrl + O. Po otevření fotografie stačilo fotografii vybrat pomocí Ctrl + A a vyhodnotit stisknutím kláves Ctrl + K, neboli „Plot Profile“, viz obrázek 40.



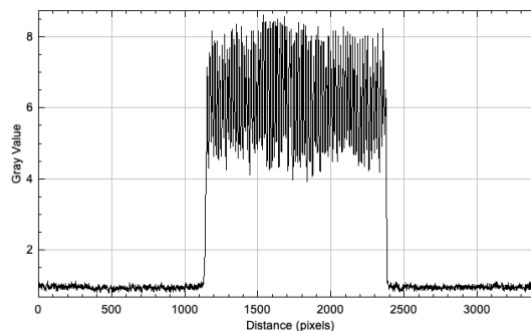
Obr. 40. Návod na otevření a vyhodnocení fotografie v programu Fiji

Po stisknutí kláves Ctrl + K se objevil graf, který znázorňuje na ose Y výšku intenzity, a na ose X počet pixelů. Všechny fotky, které byly použity, měly stejný počet pixelů, a to 3456 pixelů. Díky tomu bylo možné správně vyhodnotit rozdíly mezi výslednými fotkami. Pro přesné měření a vyhodnocování intenzity fotoluminiscenčních nití bylo nutné všechny fotografie vyfotit naprosto stejně.

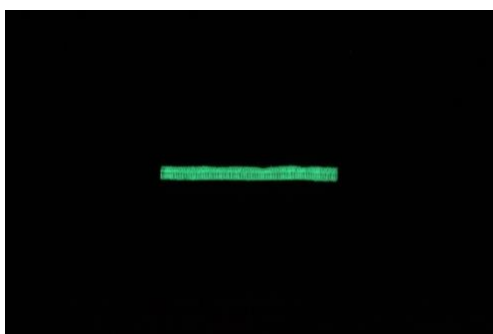
Z fotografií zobrazených na obrázku č. 41 a 43, které byly vloženy do programu Fiji, vznikly grafy znázorňující intenzitu luminiscence. Pro ukázkou jsou zde zobrazeny fotografie z metody 1 pro každý měřený vzorek. Tyto vzorky byly vyfotografovány po jedné minutě od excitace a v našem experimentu jsou to tak vzorky s nejvyšší intenzitou luminiscence.



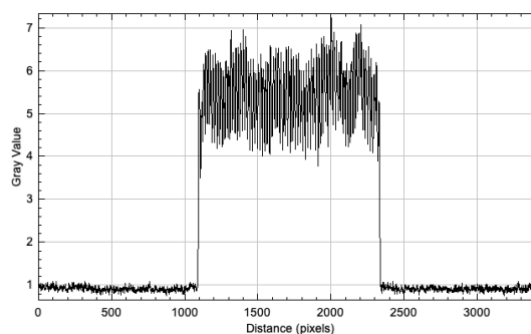
Obr. 41. Fotografie vzorku s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1 při luminiscenci po jedné minutě



Obr. 42. Obrázek grafu znázorňující intenzitu luminiscence vzorku s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1 při luminiscenci po jedné minutě



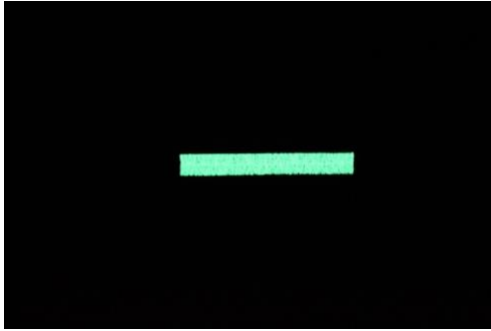
Obr. 43. Fotografie vzorku s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N102 při luminiscenci po jedné minutě



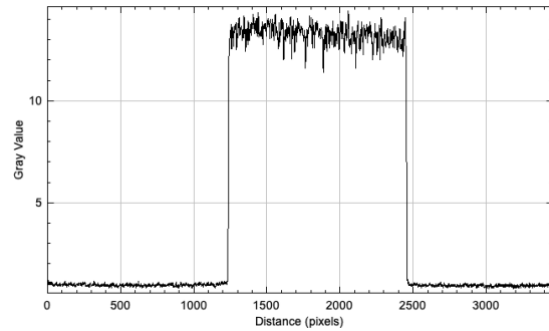
Obr. 44. Obrázek grafu znázorňující intenzitu luminiscence vzorku s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N102 při luminiscenci po jedné minutě

Na obrázcích č. 42 a 44 znázorňujících grafy krycích stehů nitě N1 a nitě N102 lze snadno zpozorovat, že hodnoty fotoluminiscenční nitě N1 dosahují do vyšších hodnot než hodnoty fotoluminiscenční nitě N102. To znamená, že fotoluminiscenční nit N1 má vyšší hodnotu intenzity luminiscence a je zářivější.

Na obrázku č. 45 a 47 jsou fotografie vzorků s výšivkou a z nich vytvořené grafy. Při pozorování vyhodnocených grafů, viz obrázek č. 46 a 48, může být matoucí, která výšivka září více. Podíváme-li se na vyfotografované vzorky, zářivější nám přijde fotoluminiscenční nit N1. Pro přesnější vyhodnocení jsou hodnoty uvedeny v tabulce č. 4.



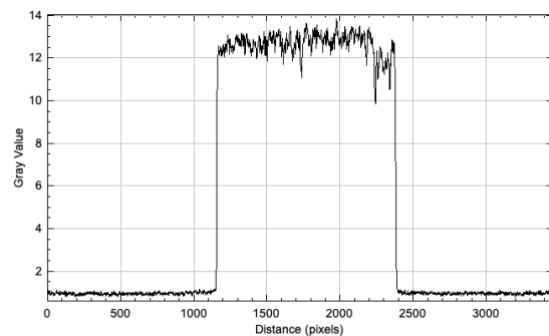
Obr. 45. Fotografie vzorku výšivky s fotoluminiscenční nití N1 při luminiscenci po jedné minutě



Obr. 46. Obrázek grafu znázorňující intenzitu luminiscence vzorku s výšivkou fotoluminiscenční nitě N1 při luminiscenci po jedné minutě

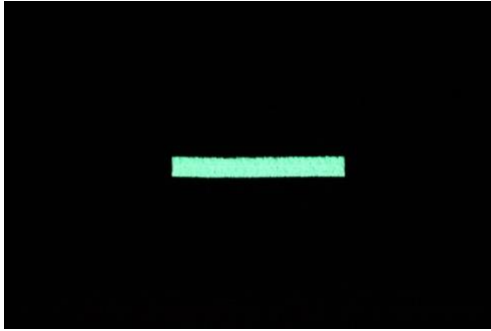


Obr. 47. Fotografie vzorku výšivky s fotoluminiscenční nití N102 při luminiscenci po jedné minutě

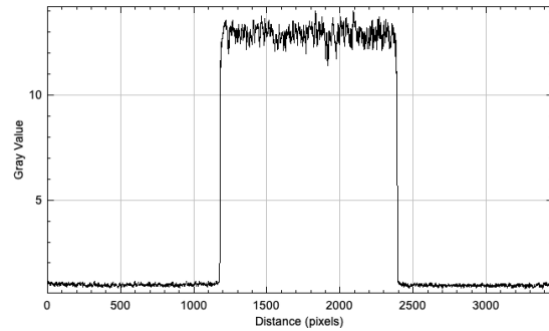


Obr. 48. Obrázek grafu znázorňující intenzitu luminiscence vzorku s výšivkou fotoluminiscenční nitě N102 při luminiscenci po jedné minutě

Z fotografií i grafů vzorků s výšivkou po praní zobrazené na obrázcích 49 – 52 je patrné, že vyšší intenzity luminiscence dosahuje výšivka po praní s fotoluminiscenční nití N1. Již na obrázku nám přijde nit N1 zářivější a na grafu dosahují hodnoty výše než na grafu s fotoluminiscenční nití N102. Při porovnání vzorků s výšivkou před a po praní se zdá, že výšivka po praní s fotoluminiscenční nití N102 září v jejím středu více než výšivka před praním s fotoluminiscenční nití N102. Během praní došlo k mírnému žmolkování, a tak se na jednom místě vytvořilo větší množství materiálu. Víme, že větší množství materiálu září více, proto místo se žmolkováním svítí intenzivněji než jiná část vypraného vzorku. Pro experiment je žádoucí, aby vzorek svítil intenzivněji, avšak v běžných podmínkách je žmolkování nežádoucí.



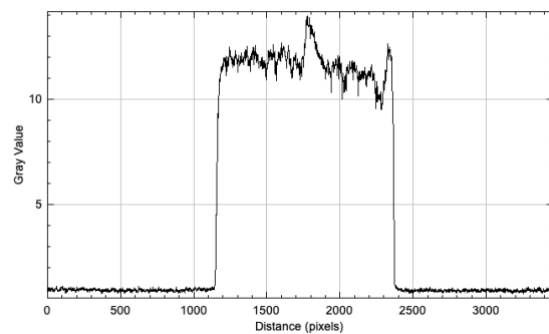
Obr. 49. Fotografie vzorku výšivky po prání s fotoluminiscenční nití N1 při luminiscenci po jedné minutě



Obr. 50. Obrázek grafu znázorňující intenzitu luminiscence vzorku výšivky po prání fotoluminiscenční nitě N1 při luminiscenci po jedné minutě



Obr. 51. Fotografie vzorku výšivky po prání s fotoluminiscenční nití N102 při luminiscenci po jedné minutě



Obr. 52. Obrázek grafu znázorňující intenzitu luminiscence vzorku výšivky po prání fotoluminiscenční nitě N102 při luminiscenci po jedné minutě

Výsledná data z každého grafu z programu Fiji byla převedena do programu Microsoft Excel, kde s nimi bylo dále pracováno, vytvořily se tabulky a potřebné grafy.

Vyhodnocení intenzity luminiscence 1. metody

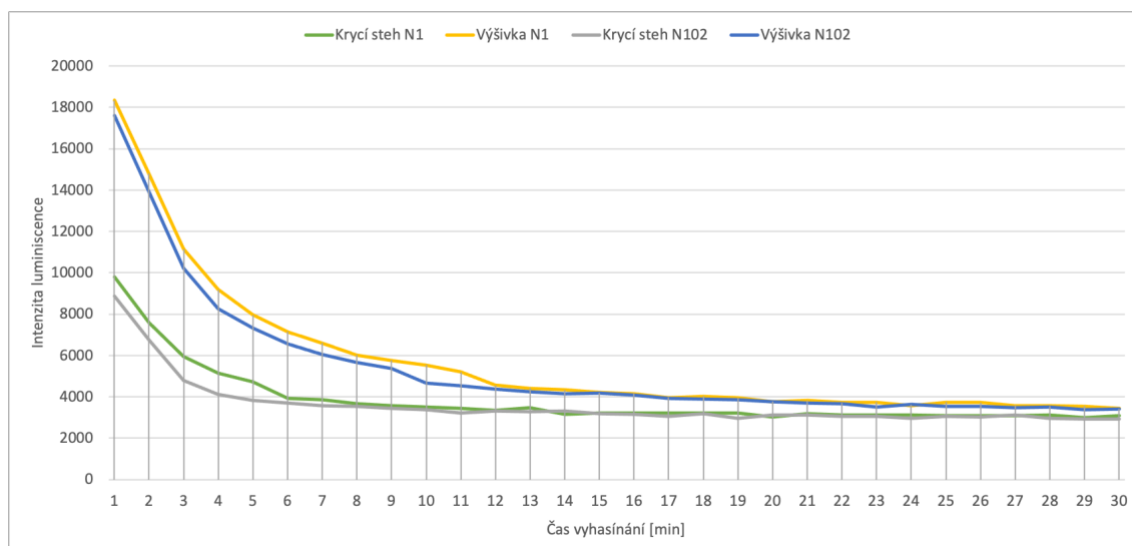
V následující tabulce č. 4 jsou uvedeny hodnoty, které byly získány z dat vyhodnocených pomocí grafů v programu Fiji, které byly převedeny do programu Microsoft Excel a následně sečteny. Suma každé minuty luminiscence pro každý vzorek byla zanesena do následující tabulky. V tabulce jsou hodnoty potřebné k vyhodnocení intenzity luminiscence luminiscenčního vzorku.

Tab. 4. Součty každé minuty pro každý vyfotografovaný vzorek

Čas vyhasínání [min]	Krycí steh N1	Krycí steh N102	Výšivka N1	Výšivka N102	Výšivka N1 po praní	Výšivka 102 po praní
1	9789,70	8857,33	18340,84	17629,01	17804,71	16138,76
2	7585,48	6749,90	14801,19	13924,09	14356,08	13021,92
3	5958,04	4783,06	11151,31	10231,24	10841,94	9912,06
4	5137,45	4111,22	9184,11	8277,25	8764,99	8344,51
5	4734,94	3813,83	7962,34	7318,74	7846,97	7394,85
6	3927,74	3701,22	7152,60	6558,90	7005,39	6559,82
7	3850,77	3577,88	6599,23	6048,99	6421,25	6040,86
8	3653,66	3543,57	6013,73	5661,28	6007,74	5695,41
9	3584,64	3457,61	5762,72	5380,57	5670,45	5536,88
10	3506,51	3390,28	5544,89	4672,96	5399,01	5149,08
11	3428,08	3225,91	5197,97	4520,44	5084,09	5030,39
12	3341,75	3316,00	4555,61	4374,23	4473,65	4538,74
13	3467,71	3288,32	4411,04	4240,20	4330,13	4460,47
14	3159,99	3305,13	4329,06	4158,51	4258,45	4164,28
15	3231,20	3190,43	4212,88	4185,68	4179,94	4110,17
16	3216,82	3160,95	4159,50	4073,31	4110,55	4000,26
17	3205,31	3071,94	3965,61	3927,42	3904,46	3966,47
18	3216,40	3189,43	4033,66	3885,68	3950,67	3938,19
19	3206,55	2972,41	3941,41	3858,00	3836,24	3885,64
20	3038,47	3108,39	3772,57	3778,92	3670,49	3793,39
21	3198,67	3111,13	3825,74	3705,01	3807,30	3772,80
22	3128,48	3059,44	3726,25	3677,40	3773,36	3753,24
23	3131,95	3049,90	3747,55	3513,44	3700,51	3550,14
24	3119,36	2973,63	3558,27	3619,68	3643,97	3648,89
25	3073,77	3063,17	3740,98	3545,40	3646,68	3545,20
26	3089,44	3034,11	3722,54	3542,53	3550,78	3660,10
27	3096,17	3112,15	3576,79	3480,43	3621,51	3617,60
28	3106,18	2973,85	3566,71	3513,12	3512,81	3508,14
29	2993,33	2916,73	3540,53	3385,57	3478,33	3505,26
30	3073,62	2916,73	3429,05	3422,07	3304,18	3404,44

Z tabulky č. 4 lze jednoduše určit nejvyšší hodnotu luminiscence, kterou dosahuje výšivka nitě N1 s hodnotou intenzity luminiscence přes 18 000 po jedné minutě od přestání ozařování vzorku. Z tabulky je také patrné, že ve všech případech má nejvyšší hodnotu luminiscence fotoluminiscenční nit N1, tudíž můžeme říci, že je zářivější než

fotoluminiscenční nit N102. Všechny hodnoty byly vloženy i do grafu, který lze vidět na obrázku č. 53.



Obr. 53. Křivky vyhasínající luminiscence u krycích stehů a výšivek u nití N1 a N102

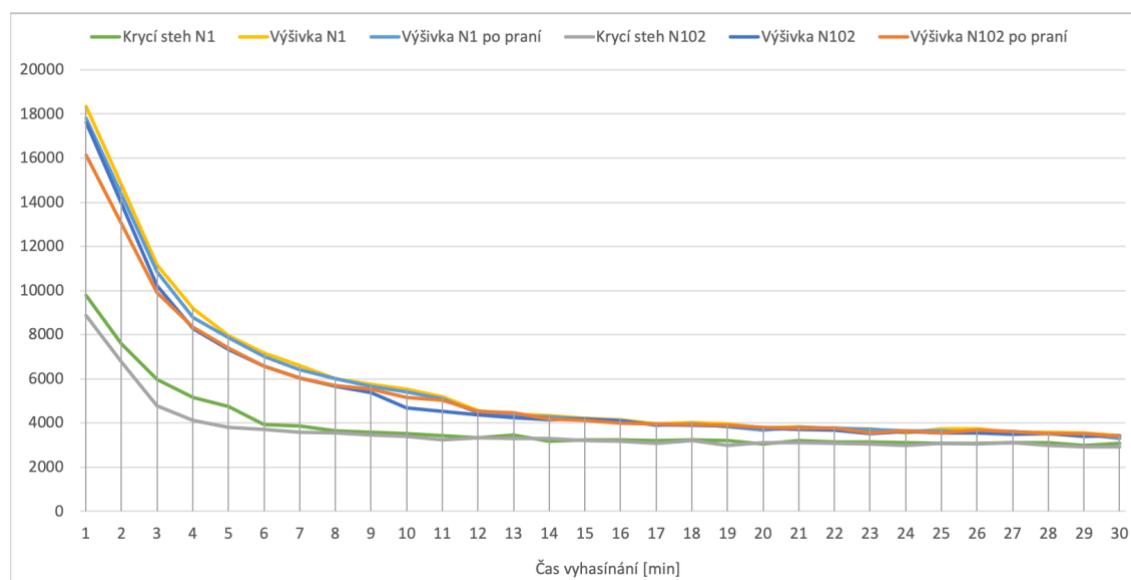
Z obrázku č. 53 je patrné, že jak již bylo výše uvedeno, nejvyšší intenzitu luminiscence má výšivka fotoluminiscenční nitě N1 s hodnotou intenzity luminiscence přes 18 000. Výšivka fotoluminiscenční nitě N102 má o trochu nižší intenzitu luminiscence, téměř 18 000, avšak v porovnání s krycím stehem výšivka září téměř dvojnásob. U obou výšivek klesá intenzita luminiscence nejrychleji během prvních 12 minut, poté se intenzita luminiscence vytrácí pomaleji. U fotoluminiscenční výšivky nitě N102 dochází k rovnoměrnému vytrácení fotoluminiscence jako u výšivky nitě N1, avšak mezi devátou až desátou minutou dojde k rapidnímu úbytku. I tak ale stále platí, že intenzita nejvíce klesá během dvanácti minut od ozařování. Po dvaceti minutách luminiscence obou výšivek dokonce dojde k „protnutí“ jejich intenzity vyzařování a do konce měření experimentu vyzařují stejnou intenzitou luminiscence. Po 30 minutách luminiscence září obě výšivky stejnou intenzitou luminiscence a to okolo 3 430.

Z grafu znázorňujícího křivky vyhasínající luminiscence je také patrné, že i u krycích stehů více září fotoluminiscenční nit N1. Liší se od sebe stejnou hodnotou jako výšivky po jedné minutě vyzařování, avšak v porovnání s výšivkami září téměř o polovinu méně. Krycí steh s fotoluminiscenční nití N1 ztrácí intenzitu luminiscence během osmi minut luminiscence, poté se jeho luminiscence vytrácí pomaleji. Krycí steh s fotoluminiscenční nití N102 ztrácí svou luminiscenci mnohem rychleji, nejvíce luminiscence ztrácí během sedmi minut luminiscence, poté vyhasíná pomaleji. K propojení intenzit luminiscence mezi krycím stehem nitě N1 a krycím stehem nitě

N102 dojde po 14 minutách vyzařování. Po 30 minutách vyzařování má vyšší luminiscenci nit N1 a to 3073, krycí steh s luminiscenční nití N102 má 2916.

Zajímavostí je, že při vyhasínání luminiscence u všech vzorků po nejrychlejší ztrátě luminiscence, dochází nepravidelně k nerovnoměrnému vyhasínání intenzity luminiscence. To znamená, že i když vzorky vyzařují intenzitou luminiscence v předchozí intenzitě nižší, v následující minutě vyzařují intenzitou vyšší. Jedná se ale o nepravidelný jev.

Jak již bylo v metodě č. 1 zmíněno, v rámci experimentu bylo provedeno praní vzorků s luminiscenční výšivkou nitě N1 i N102. Vzorky byly následně vyfotografovány, zhodnoceny v programu Fiji a jejich hodnoty převedeny do Microsoft Excel k dalšímu zpracování.



Obr. 54. Křivky vyhasínání luminiscence u krycích stehů, výšivek i výšivek po praní

Na obrázku č. 54 lze zpozorovat, že praní má očividně negativní vliv na luminiscenční vlastnosti výšivky. Výšivka po praní s fotoluminiscenční nití N1 má intenzitu luminiscence po jedné minutě o 536 nižší než před praním. Během vyhasínání luminiscence, výšivky po praní i výšivky před praním, dochází k rovnoběžnému vyhasínání, dokonce po 22 minutách dojde ke změně luminiscence mezi porovnávanými vzorky a vzorek výšivky po praní s fotoluminiscenční nití N1 vyzařuje vyšší intenzitou než vzorek před praním. V následující minutě se hodnoty luminiscence opět prohodí a do konce měření má výšivka po praní vždy nižší intenzitu luminiscence než výšivka před praním.

Výšivka po praní s fotoluminiscenční nití N102 má z počátku luminiscence nižší intenzitu záření, o 1490 méně než výšivka s fotoluminiscenční nití N102 před praním. Během prvních minut luminiscence dochází k rychlému úbytku intenzity luminiscence, avšak po čtvrté minutě má vzorek po praní vyšší intenzitu luminiscence než před praním. Vyšší hodnotu intenzity luminiscence má vzorek po praní ještě dalších 10 minut. V porovnání vzorků před a po praní můžeme říci, že vzorek výšivky po praní nitě N102 vyhasíná rovnoměrněji než vzorek výšivky nitě N102 před praním.

Dle výsledků experimentu můžeme tedy říci, že praní má vliv na počáteční luminiscenci. Avšak po 14 minutách u všech výšivek před i po praní dochází k téměř stejné intenzitě luminiscence. I přesto, že z experimentu vyplývá, že fotoluminiscenční nit N1 má vyšší intenzitu luminiscence než fotoluminiscenční nit N102, z tabulky č. X je zřejmé, že po 30 minutách luminiscence má výšivka po praní s fotoluminiscenční nití N1 nižší intenzitu luminiscence než fotoluminiscenční výšivka s nití N102 před praním i po praní.

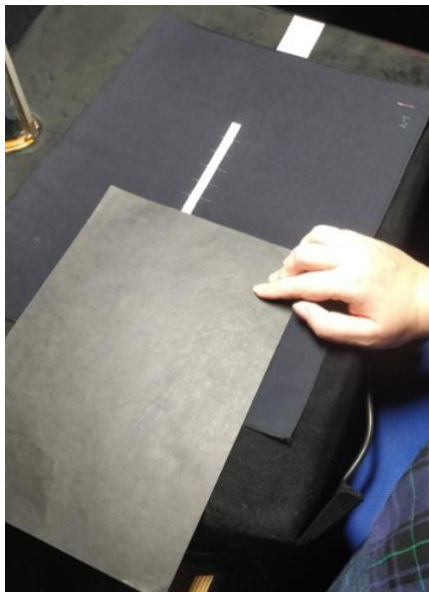
Stručné zhodnocení 1. metody:

- Vzorek s krycím stehem nitě N1 svítí intenzivněji než vzorek s krycím stehem nitě N102
- Vzorek s výšivkou nitě N1 svítí intenzivněji než vzorek s výšivkou nitě N102
- Vzorky s krycím stehem září o polovinu méně než vzorky s výšivkou
- Vzorek s výšivkou po praní nitě N1 svítí intenzivněji než vzorek s výšivkou po praní nitě N102
- Vzorek s výšivkou po praní nitě N1 vyzařuje nižší intenzitou luminiscence než vzorek s výšivkou nitě N1 před praním
- Vzorek s výšivkou před praním nitě N102 vyzařuje nižší intenzitou luminiscence než vzorek s výšivkou nitě N102 před praním
- Vzorky s výšivkou nitě N1 i N102 ztrácí svou intenzitu luminiscence nejvíce během dvanácti minut luminiscence
- Vzorky s krycím stehem nitě N1 i N102 ztrácí svou intenzitu luminiscence nejvíce během osmi minut luminiscence
- Žmolkování má vliv na počáteční luminiscenci

5.2 Metoda 2 – postupné zakrývání luminiscenčního vzorku

Metoda postupného zakrývání luminiscenčních vzorků zobrazuje intenzitu vyzařování luminiscence v jedné fotografii, u které bude vidět, jak luminiscenční vzorek září po dvou až dvanácti minutách luminiscence. Takto vyzařující vzorek s různou intenzitou luminiscence byl vyfotografován a zhodnocen v programu **FIJI**.

Pro tento experiment byl použit vzorek s fotoluminiscenční nažehlovací folií, vzorek s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1 a vzorek s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N102, vše o velikosti 20 x 1 cm. Nasvícen byl, pro sjednocení plochy měřeného vzorku, po dobu pěti minut pomocí širokopásmové UV lampy. Každou minutu byl vzorek testovaného materiálu postupně zakrýván černým papírem o 2 cm. To znamená, že za 10 minut byl vzorek celý zakrytý. Poté byl vzorek nechán pod černým papírem 2 minuty zcela zakrytý a poté došlo k vyfotografování vzorků fotoaparátem Canon EOS 100D. Jak probíhalo focení vzorků je zobrazeno na obrázku č. 55.



Obr. 55. Zakrývání měřeného vzorku černým papírem

Podmínky a shrnutí experimentu:

- doba expozice (nasvícení): 5 minut pro sjednocení plochy měřeného vzorku
- doba postupného zakrývání vzorku: vždy po 1 minutě zakrýt 2 cm vzorku, dohromady celkem 10 minut
- doba vyhasínání ve tmě (černý papír zakrývá vzorek): 2 minuty
- po dvou minutách došlo k vyfotografování vzorku

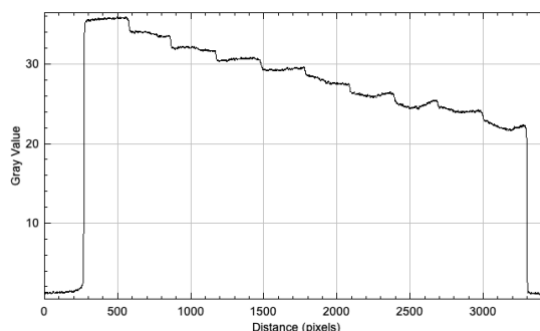
Fotografie byly vyhodnoceny v programu Fiji, ve kterém ke každé fotografii vznikl graf. Graf zobrazuje intenzitu luminiscence po dvou až dvanácti minutách vyhasínání luminiscence.

Vyhodnocení intenzity luminiscence 2. metody

Na obrázku č. 56 lze vidět vzorek s fotoluminiscenční nažehlovací folií. Na fotografii je viditelné, že část nažehlovací folie září po dvou minutách od nasvícení téměř bíle. To znamená, že na šedé škále v programu Fiji se tato intenzivní část fotoluminiscenční folie pohybovala ve velmi vysokých hodnotách. Můžeme říci, že v hodnotách nejvyšších, tedy téměř 255. Z tohoto obrázku byl zpracován graf, který je zobrazen na obrázku č. 57. Obrázek znázorňující graf vzorku s fotoluminiscenční nažehlovací folií, který zobrazuje zprůměrované hodnoty z každého sloupce fotografie, proto v grafu není zobrazen nejsvětlejší bod v nejvyšší hodnotě stupnice na šedé škále. Na obrázku, znázorňující graf vzorku s fotoluminiscenční folií, lze dobře vidět rozdílné intenzity luminiscence postupně zakrývaných částí vzorku.



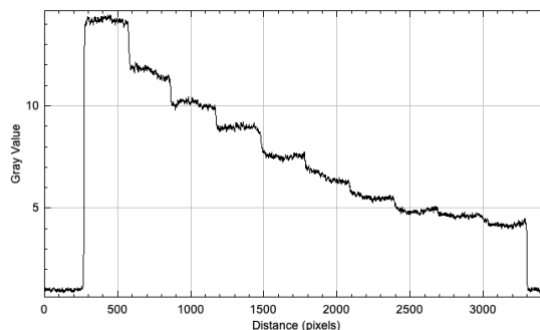
Obr. 56. Fotografie vzorku fotoluminiscenční folie po dvou minutách od nasvícení



Obr. 57. Obrázek znázorňující graf vzorku s fotoluminiscenční nažehlovací folií po dvou minutách od nasvícení



Obr. 58. Fotografie vzorku fotoluminiscenční folie po třech minutách od nasvícení

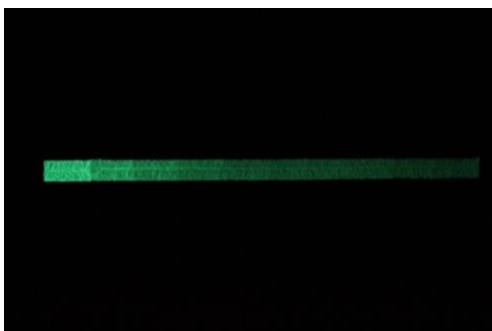


Obr. 59. Obrázek znázorňující graf vzorku s fotoluminiscenční nažehlovací folií po třech minutách od nasvícení

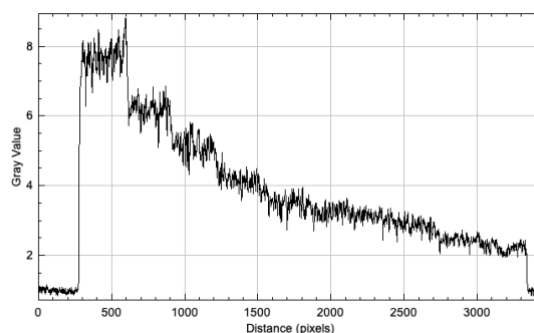
Na obrázku č. 58 lze vidět stejný vzorek s fotoluminiscenční folií, avšak po třech minutách od ozáření. To znamená, že rozdíl mezi obrázkem č. 56 a obrázkem č. 58 je jedna minuta. Již z rešeršní části víme, že k nejrychlejší ztrátě intenzity luminiscence dochází během prvních pár minut luminiscence. Z obrázků č. 57 a 59, znázorňující grafy intenzity vyzařování luminiscence je zřejmé, že intenzita luminiscence od druhé minuty po třetí minutu od osvětlení vzorku klesla o více jak 50 %. V dalších minutách dochází k mnohem rychlejší ztrátě luminiscence než mezi druhou a třetí minutou. Podíváme-li se na část vzorků, které byly osvětlené jako první (na vzorku napravo), uvidíme velký pokles intenzity luminiscence. Grafy tohoto vzorku s fotoluminiscenční folií nám říkají, že v části vzorku (úplně vpravo) došlo k úbytku intenzity vyzařování o více jak 75 %. Jedná se tedy o úbytek 75 % intenzity luminiscence mezi dvanáctou a třináctou minutou.

Zajímavostí je, že by měla být intenzita luminiscence na obrázku č. 58 po třech minutách (vzdálenost části vzorku mezi 2-4 cm fotoluminiscenční folie zleva) stejně zářivá, jako první část vzorku s fotoluminiscenční folií vyfotografovaná po třech minutách od osvětlení vzorku. Tuto neshodu může mít na svědomí délka nasvicování, protože pro sjednocení vzorku byl vzorek vystaven 5 minutám nasvicování a než došlo k vyfocení vzorku, část vzorku (úplně vlevo) byla nasvicována neuvěřitelných 15 minut. To může mít za následek i neshody při porovnávání s jinými vzorky, nejen z metody 2. Fotografie i graf vzorku s fotoluminiscenční nažehlovací folií vyfotografovaný po třech minutách od nasvícení je zde zobrazen pouze jako zajímavost.

Na obrázku č. 60 je zobrazena fotografie vzorku s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1. Fotografie zachycuje vzorek s luminiscencí krycího stehu od dvou minut luminiscence po dvanáct minut luminiscence od nasvicování. Na první pohled je zřejmé, že krycí steh vyzařuje nižší intenzitou luminiscence než vzorek s fotoluminiscenční nažehlovací folií. Z obrázku č. 61, zobrazující graf vzorku s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1 je patrné, že krycí steh po dvou minutách od nasvicování vyzařuje o 77 % nižší intenzitou luminiscence v porovnání s hodnotami v grafu vzorku s fotoluminiscenční nažehlovací folií vyfotografovanou také po dvou minutách od nasvícení. Po dvanácti minutách od nasvícení vzorků září část vzorku s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1 o téměř 90 % méně než část vzorku s nažehlovací folií, počítáme-li s průměrnou hodnotou intenzity luminiscence krycího stehu 2,5 a folie 22.



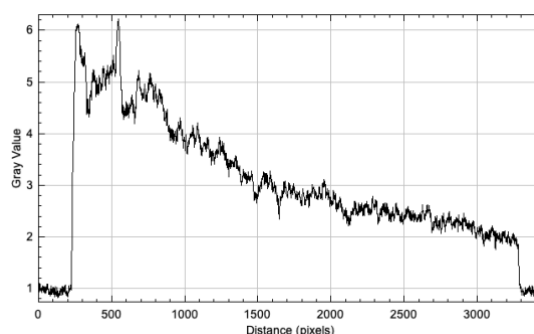
Obr. 60. Vzorek krycího stehu s fotoluminiscenční nití N1



Obr. 61. Obrázek grafu krycího stehu s fotoluminiscenční nití N1



Obr. 62. Vzorek krycího stehu s fotoluminiscenční nití N102



Obr. 63. Obrázek grafu krycího stehu s fotoluminiscenční nití N102

Porovnáme-li obrázky č. 60 a 62 a obrázky grafů č. 61 a 63 vzorků s krycím stehem fotoluminiscenčních nití N1 a N102, zjistíme, že vzorek s fotoluminiscenční nití N102 svítí po dvou minutách od nasvícení o 33 % méně. Po dvanácti minutách od nasvícení vzorků vzorek s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N102 září o 20 % méně než vzorek s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1. Při pohledu na fotografie vzorků s krycím stehem vidíme, že intenzita luminiscence je nejvýraznější během prvních pěti minut, počítáme-li dvě minuty od nasvícení a další 3 minuty vyzařování luminiscence luminiscenčních vzorků. Po uplynutí doby pěti minut od nasvícení u obou vzorků klesá intenzita rovnoměrně, na rozdíl od vzorku s fotoluminiscenční nažehlovací folií.

Stručné zhodnocení 2. metody:

- Vzorek s fotoluminiscenční nažehlovací folií svítí po dvou minutách od nasvícení téměř bíle, tedy nad očekávání
- Mezi druhou a třetí minutou luminiscence od nasvícení vzorku s fotoluminiscenční nažehlovací folií došlo k poklesu intenzity luminiscence o 50 %
- Mezi dvanáctou a třináctou minutou luminiscence od nasvícení vzorku s fotoluminiscenční nažehlovací folií došlo k poklesu intenzity luminiscence o 75 %
- Vzorek s fotoluminiscenční nažehlovací folií, podle vyhodnocení fotografií v programu Fiji, září o 77 % více než vzorek s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1
- Vzorek s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1 září po dvou minutách od nasvícení o 33 % více než vzorek s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N102
- Vzorky s krycím stehem pro obě testované fotoluminiscenční nitě svítí nejlépe během prvních pěti minut od nasvícení

6 Oděvy pro měření v reálných podmínkách

V experimentální části metody 1 a 2 proběhla měření a vyhodnocování vzorků, které by byly vhodné pro použití na oděv, který by byl zrealizován a otestován v reálných podmínkách za snížené viditelnosti, tedy za tmy. Z experimentálních měření byla získána data, která vedla k návrhu vhodného oděvu a následně k jeho realizaci.

Výběr realizovaného oděvu byl ovlivněn několika faktory. Jednalo se zejména o to, pro koho je oděv určený. Věděli jsme, že fotoluminiscenční materiál je vhodný do naprosté tmy, kde není k dispozici veřejné pouliční osvětlení ani reflektor automobilu. Proto se výběr zúžil na řidiče z povolání, kteří končí nebo přerušují svou cestu např. na depu, odpočívadle či nečekaně vystupují z vozu do tmy. Dalším hlediskem byl komfort při nošení oděvu, to znamená co nejméně aplikací na zadním dílu oděvu. Řidiči motorového vozidla z povolání tráví veškerý čas v sedačce a aplikace na zadním dílu by mohly mít vliv nejen na fyziologické vlastnosti, ale mohlo by dojít i k mechanickému opotřebení aplikací. Také bylo důležité zamyslet se nad používáním oděvů řidiči v současné době. Řidiči velkonákladových vozidel většinou nosí klasická trika, zatímco řidiči autobusu nosí spíše formálnější druh oděvu. Vzhledem k těmto hlediskům bylo pro realizaci vybráno polotriko. Dalším kritériem při navrhování oděvu bylo umístění reflexních i fotoluminiscenčních aplikací na pohyblivé části těla zvané „biomotion“. Tím, že mají polotrika krátký rukáv, bylo o mnoho méně možných variant umístění prvků zvyšující viditelnost.

Jako základní oděv, na který byly aplikace umístěny, byl použit oděv od české firmy Malfini, a.s. Jedná se o pánskou polokošili s názvem Single Jersey 202 v citronové barvě ve velikosti M. Polokošile je složena ze 100% bavlny s gramáží materiálu 180 g/m², má sešité boční švy, límeček z žebrového úpletu 1:1 a s légou se 2 knoflíčky v barvě materiálu. Citronová barva byla vybrána pro zviditelnění za dne. Ukázka polokošile viz obrázek č. 64.









Obr. 64. Polotriko s názvem Single J. 202 od české firmy Malfini, a.s. [25]

Pro testování v reálných podmínkách vznikly 3 různé varianty polotrika s různými aplikacemi na oděvu. Výsledné oděvy na sobě nesou krycí steh pouze s fotoluminiscenční nití N1, která vyšla jako nejsvitivější z dvou testovaných fotoluminiscenčních nití, fotoluminiscenční nažehlovací pásku a retroreflexní nažehlovací pružné pásky, které jsou vhodné pro použití na pleteniny. Výšivka na oděvech použita nebyla, protože se s ní v experimentální části jednalo pouze z informativních účelů. Návrh oděvu pro reálné testování byl navržen v programu Ilustrátor, kde vznikly tři návrhy polotrik.

6.1 Polotriko A – krycí stehy

Polotriko s označením A na sobě nese reflexní pásky dle normy ČSN EN ISO 20471 (83 2820) - Oděvy s vysokou viditelností, a krycí steh třídy 602 s fotoluminiscenční nití N1. Ukázku testovacího polotrika za denního světla, při retroreflexi a při fotoluminiscenci viz tabulka č. 5.

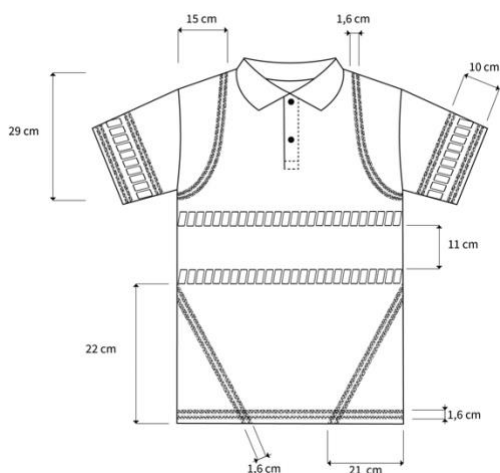
Tab. 5. Testovací polotriko A za denního světla, při retroreflexi a při fotoluminiscenci

	Zepředu	Zezadu
Za denního světla		
Při retroreflexi		
Při fotoluminiscenci		

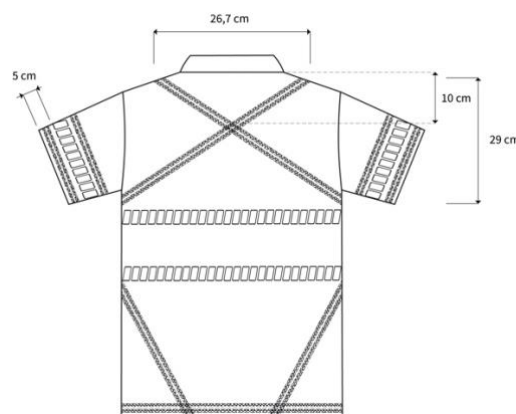
Dvě reflexní pásky široké 5 cm jsou na polotriku A umístěny v pase od sebe vzdálené 11 cm, dále na rukávech 5 cm od kraje rukávu.

Krycí steh je na polotriku použit vždy ve dvojitém prošití s mezerou 0,5 cm. Na PD jsou krycí stehy s fotoluminiscenční nití N1 umístěny od bočních švů pod průramky do ZD, kde dochází k protnutí, a krycí stehy vytvoří překřížení prošití. Dále je prošití krycími stehy umístěno na dolní části PD od bočních švů šikmo směrem k dolnímu kraji, kde tyto stehy vytvářejí obrys siluety těla. Krycí stehy jsou umístěny také na rukávech oděvu, vždy z každé strany retroreflexní nažehlovací pružné pásky.

Po sečtení reflexního a fotoluminiscenčního zaplnění na oděvu činí retroreflexní materiál 0,14 m² a krycí stehy s fotoluminiscenční nití N1 0,06 m². Technický náčrt oděvu s kótami viz obrázky č. 65 a 66.



Obr. 65. Technický náčrt PD testovacího polotrika A









Obr. 66. TN ZD testovacího polotrika A

Domníváme se, že množství krycích stehů nebude pro bezpečné zviditelnění dostačující. Můžeme tak brát tuto variantu jako odrazný můstek pro následující návrhy umístění a použití množství aplikací.

6.2 Polotriko B – fotoluminiscenční nažehlovací folie

Tato varianta polotrika, pod označením B, na sobě nese retroreflexní nažehlovací pružnou pásku splňující normu ČSN EN ISO 20471 (83 2820) - Oděvy s vysokou viditelností, a dále pouze fotoluminiscenční nažehlovací folii od společnosti Photoluminescent Europe. Přehled testovací polotrika B za testovaných vlastností viz tabulka č. 6.

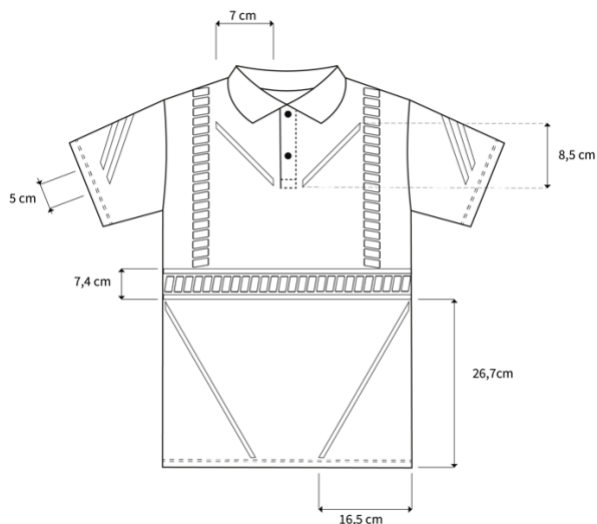
Tab. 6. Testovací polotriko B za denního světla, při retroreflexi a při fotoluminiscenci

	Zepředu	Zezadu
Za denního světla		
Při retroreflexi		
Při fotoluminiscenci		

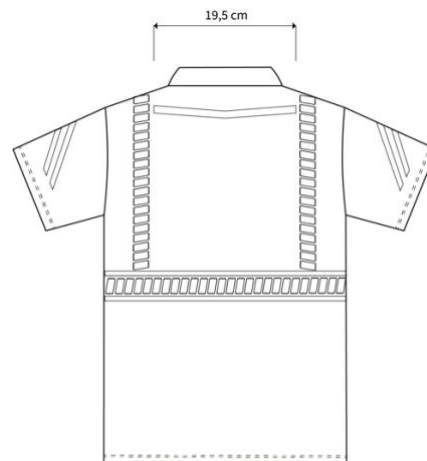
Retroreflexní materiál o šířce 5 cm je na oděvu umístěn v jedné řadě v pase, poté od pasu vedený přes ramena opět k reflexní pásce k pasu. Jedná se o bezpečnostní umístění dle výše zmíněné normy.

Fotoluminiscenční nažehlovací folie je na polotriku umístěna vždy v šíři 1 cm. Umístěna je z každé strany retroreflexní pásky v pase, designově řešená do šipky na rukávech a na předním dílu oděvu vedena z bočního švu šikmo dolů směrem ke středu oděvu. Na předním dílu je folie umístěna i u légy ve tvaru přerušného V. Na zadním dílu v horní polovině polotrika je umístěna folie ve tvaru V.

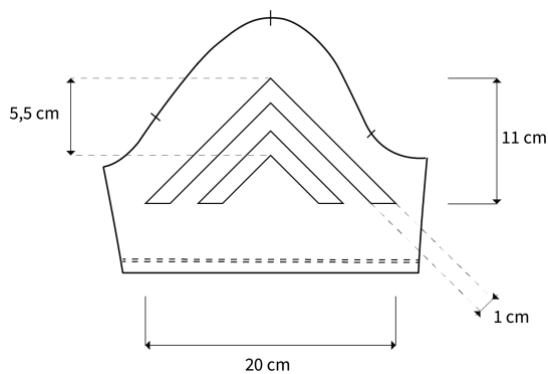
Po sečtení reflexního a fotoluminiscenčního zaplnění na oděvu činí retroreflexní materiál 0,13 m² a fotoluminiscenční nažehlovací folie 0,03 m². Technický nákres PD a ZD oděvu s kótami viz obrázek č. 67 a 68. Technický nákres rukávu viz obrázek č. 69.



Obr. 67. Technický náčrt PD testovacího polotrika B



Obr. 68. Technický náčrt ZD testovacího polotrika B









Obr. 69. TN rukávu testovacího polotrika B

6.3 Polotriko C – kombinace fotoluminiscenčních materiálů

Varianta polotrika s označením C je kombinací fotoluminiscenčních prvků – krycí steh s fotoluminiscenční nití N1 a fotoluminiscenční nažehlovací folie, a retroreflexní nažehlovací pásy v šíři 2,5 cm a 5 cm splňující normu ČSN EN ISO 20471 (83 2820) - Oděvy s vysokou viditelností. Ukázka testovací polotrika za všech testovacích podmínek viz tabulka č. 7.

Tab. 7. Testovací polotriko C za denního světla, při retroreflexi a při fotoluminiscenci

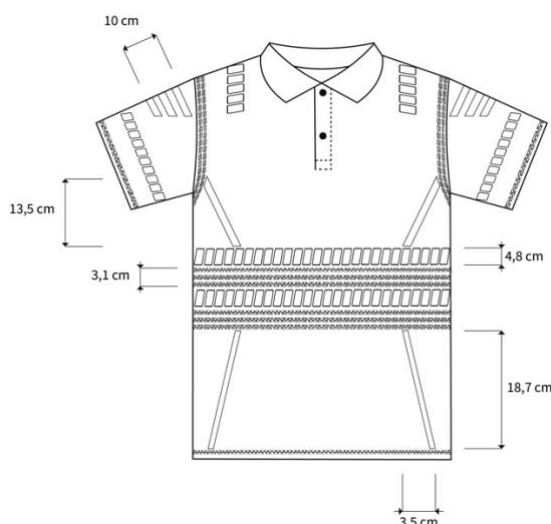
	Zepředu	Zezadu
Za denního světla		
Při retroreflexi		
Při fotoluminiscenci		

Na PD i ZD polotriko C je retroreflexní materiál umístěn v šíři 5 cm dvojnásobně v pasové výši, od sebe vzdálené 5 cm dle normy. Podle vzoru nejnovější aktualizace normy je reflexní páska široká 5 cm vedena od pasu na ZD přes ramena a končí 16 cm na PD. Dále je reflexní páska široká 2,5 cm umístěna na rukávu 5 cm od kraje rukávu.

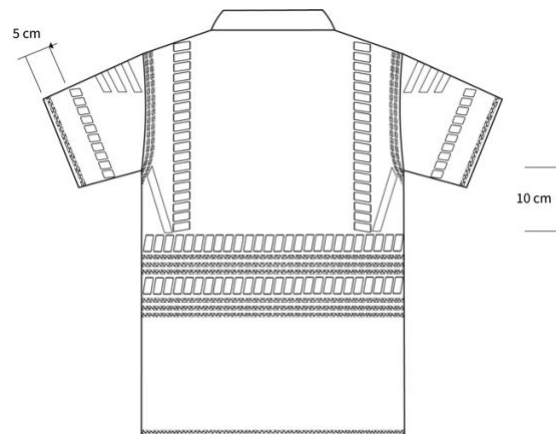
Krycí steh s fotoluminiscenční nití N1 byl použit na zapravení dolního kraje polotriko i rukávů. Dále je prošití krycím stehem umístěno po obvodu průramků ve dvojitém prošití, od průramku první krycí steh vzdálen 0,5 cm a mezi krycími stehy je mezera 0,5 cm. Krycí steh byl použit i v pasové linii na PD i ZD mezi reflexními páskami v trojitém prošití od sebe vzdálené 0,8 cm. Trojitě prošití krycím stehem je umístěno i pod dolní reflexní páskou v pasové linii, tam jsou však krycí stehy od sebe vzdálené 0,5 cm.

Fotoluminiscenční folie je na oděvu umístěna tak, aby vykreslovala siluetu těla a zároveň aby byla zajímavě umístěna. Folie se použila jako spojnice mezi horní reflexní páskou na PD a dvojitým prošitím po obvodu průramků na každé straně v šíři 1,5 cm. Folie je umístěna na PD v dolní části směřující od pasové linie šikmo dolů směrem k bočnímu švu, avšak k dolnímu okraji polotrika také v šíři 1,5 cm. Na rukávech je folie řešená zajímavě ve tvaru pravidelného lichoběžníku, avšak jsou z něho vytvořeny tři proužky v šíři 1,5 cm od sebe vzdálené 2,8 cm. Na ZD je folie opět spojnicí mezi retroreflexní nažehlovací páskou a dvojitým prošitím po obvodu průramků, avšak v šíři 1 cm.

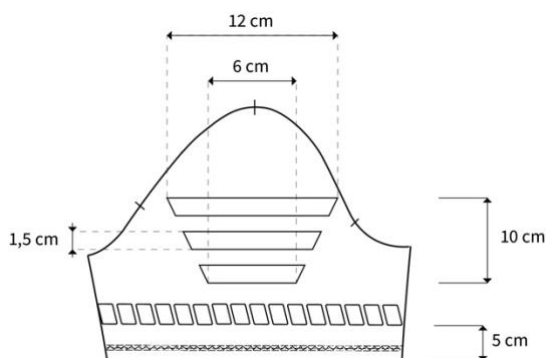
Po sečtení reflexního a fotoluminiscenčního zaplnění na oděvu činí retroreflexní materiál 0,17 m², fotoluminiscenční nažehlovací folie 0,02 m² a krycí steh 0,06 m². Technický náčrt PD i ZD oděvu s kótami a viz obrázek č. 70 a 71. Technický náčrt rukávu viz obrázek č. 72.



Obr. 70. TN PD testovací polotrika C



Obr. 71. TN ZD testovacího polotrika C



Obr. 72. TN rukávu testovacího polotrika C

6.4 Bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1

Pro experimentální měření bude použito i bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1, které je v experimentální části uvedeno jako doplňující oděv pro zhodnocení rozdílů mezi bezpečnostním oděvem a navrženými testovacími polotriky. Jedná se o oděv podléhající normě ČSN EN ISO 20471 (83 2820) - Oděvy s vysokou viditelností, kde je díky množství reflexního materiálu řazen do bezpečnostní třídy 1. V testování bude použit pouze pro měření za denního světla a pro měření retroreflexe za tmy.

Triko má barvu svítivě zelenou. Na bezpečnostním triku jsou umístěny reflexní nažehlovací pružné pásy široké 5 cm v pase ve dvou řadách a jedné řadě na rukávech. Jak triko vypadá za denního světla a při retroreflexi je uvedeno v následující tabulce č. 8.

Tab. 8. Bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1 za denního světla a při retroreflexi

	Zepředu	Zezadu
Za denního světla		
Při retroreflexi		







6.5 Bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2

Dalším oděvem pro měření v reálných podmínkách je bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2, která je v experimentální části uvedena pouze jako doplňující oděv pro porovnání navržených polotrik s oděvem, který se běžně používá při práci na komunikacích. Jedná se o oděv splňující normu ČSN EN ISO 20471 (83 2820) - Oděvy s vysokou viditelností, kde je díky množství použitého reflexního materiálu zařazen do

druhé bezpečnostní třídy, tedy třídy, do které spadá použití na práci na pozemních komunikacích či pro záchrannou službu.

Oděv má fluorescenční barvu v odstínu žluto zelené. Reflexní nepružné našívací pásy jsou na oděvu široké 5 cm, umístěné jsou na rukávech v předloktí a nad loktem, v pase v jedné řadě a dále jsou od pasového reflexního pruhu vedeny přes ramena na druhou část oděvu. Fotoluminiscenční materiál je na oděvu umístěn na PD i ZD. Umístěn je nad pasovou reflexní páskou mezi reflexními páskami, které jsou vedeny přes ramena do zadního dílu oděvu. NA PD jsou i v úrovni klíčních kostí přerušené výstřihem. NA ZD jsou fotoluminiscenční pásy také dvě, umístěné stejně jako na PD. Bezpečnostní bunda za denního světla, při retroreflexi a fotoluminiscenci zobrazena v následující tabulce č. 9.

Tab. 9. Bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2 za denního světla, při retroreflexi a při luminiscenci

	Zepředu	Zezadu
Za denního světla		
Při retroreflexi		
Při fotoluminiscenci		

7 Metoda 3 - testování v reálných podmínkách

Testování metody 3 probíhalo na silnici 3. třídy s názvem Polní viz obrázek č. 73 u Drahelčic u Prahy za denního světla a v úplné tmě bez osvětlení pouličních lamp. Testováno bylo celkem 5 oděvů – bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1, bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2, polotriko A s použitím fotoluminiscenčních krycích stehů a retroreflexních nažehlovacích pásek, polotriko B s použitím fotoluminiscenční nažehlovací folie a retroreflexních nažehlovacích pásek a polotriko C s kombinací fotoluminiscenčních materiálů a retroreflexních nažehlovacích pásek. Testována byla retroreflexe materiálů za použití potkávacích a dálkových světel automobilu, a také fotoluminiscence. Testování probíhalo na vzdálenost 25, 50, 100 a 200 metrů. Doba osvitů činila 3 minuty. Bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1 a bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2 jsou v metodě 3 zobrazeny pouze informativně a jako zajímavost.

Pro vyfotografování fotografií byl použit fotoaparát Canon EOS 80D, který byl umístěn na stativu. Tělo fotoaparátu bylo ve výšce 1,3 metrů při měření za denního světla i za tmy. Při každé vyfotografované fotografii byl objektiv nastaven na nejvyšší možné přiblížení, tedy na 200. Ukázka fotoaparátu při měření viz obrázek č. 74. V tabulce č. 10 jsou specifikace ohledně nastavení fotoaparátu při měření za denního světla i za tmy pro vyfotografování retroreflexe i fotoluminiscence.



Obr. 73. Úsek cesty, na které probíhalo měření



Obr. 74. Fotoaparát na stativu při měření

Tab. 10. Nastavení fotoaparátu při měření v reálných podmínkách

		Za denního světla	Za tmy	
Druh měření			Retroreflexe	Fotoluminiscence
Název		Canon		
Typ		EOS 80D		
Objektiv		70–200		
Nastavení	Mód	Manual		
	Clona	F4.0		
	Čas	1/1000	1/15	0“3
	ISO	100	100	400
	Ostření	Manual		

7.1 Testování za denního světla

Při měření za denního světla bylo použito bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1, bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2 a testovací polotriko B. Testovací triko B bylo vybráno náhodně, mohly se použít i zbývající testovací polotrika, jednalo se pouze o použitou barvu na testovacích polotričkách. Cílem testování za denního světla bylo pouze zhodnotit rozdíl mezi fluorescenčními oděvy, které jsou určeny pro použití při práci na komunikacích, a mezi testovanými polotriky A, B i C, které mají citronově žlutou barvu.

Testování probíhalo na vzdálenost 25, 50, 100 a 200 metrů, kde na každé vzdálenosti došlo k vyfotografování oděvu vždy zepředu. Pro vyfotografování oděvů byl použit fotoaparát Canon EOS 80D, který byl nastaven na fotografování ve dne. Nastavení fotoaparátu je zobrazeno v tabulce č. 9 Nastavení fotoaparátu při měření v reálných podmínkách. Při měření svítilo slunce, které mohlo mít vliv na výsledné hodnocení.

V následující tabulce č. 11 na prvním obrázku na vzdálenost 25 metrů lze vidět bezpečnostní triko, které podléhá bezpečnostní třídě 1. Již na první pohled, v porovnání s bezpečnostní bundou a polotrikem B, je výrazně zelenější. Jak již víme, lidské oko je citlivější na svítivou zelenou, a proto nám vždy přijde ze všech barev nejvýraznější a nejsvítivější. V porovnání s ostatními zde zvolenými oděvy je nejvýraznější. Bezpečnostní bunda je svítivě žlutá a je také stále velmi dobře viditelná. Díky slunečnímu záření se žlutá barva zdála o to více intenzivněji zářivá. Testovací triko B v porovnání s bezpečnostním trikem a bundou vypadá nevýrazně. Slunce nijak nenapomáhalo rozzářit citronovou barvu, a tak se nám zdá mdlá. Pouhým okem bylo žluté polotriko viditelné stejně dobře jako fluorescenční.

Tab. 11. Testování viditelnosti oděvů za denního světla

	Bezpečnostní triko	Bezpečnostní bunda	Polotriko B
25 metrů			
50 metrů			
100 metrů			
200 metrů			

Ze vzdálenosti 25 metrů na 50 metrů se téměř nic nezměnilo. Veškeré oděvy jsou stejně viditelné jako na 25 metrů. Na vzdálenost 100 metrů jsou všechny tři oděvy stále dobře viditelné. Nejenže byla viditelná jejich použitá barva, ale i figurant byl vidět dobře.

I když se na fotografiích znázorňujících vzdálenost 200 metrů může zdát, že jsou oděvy opravdu málo vidět, pouhým okem i okem řidiče jsou všechny tři oděvy dobře viditelné. Podíváme-li se na fotografii s testovacím polotrikem B ve vzdálenosti 200 metrů, na fotografii není téměř vidět. Pouhým okem se oděv jevil stejně viditelný jako bezpečnostní, které se běžně používají pro práci na komunikacích. Můžeme tedy říci, že testovací triko B je dobře viditelné za denního světla i pro řidiče automobilu. U ostatních testovaných oděvů je jejich intenzita vyzařování fluorescenční barvy ohromující.

7.2 Testování za tmy

Při měření za tmy proběhlo testování dvou odlišných vlastností oděvů. Jedná se o retroreflexi a fotoluminiscenci. Testování probíhalo v průběhu několika večerů, vždy po setmění. Během testování svítil úplňkový měsíc, tudíž mohlo dojít k narušení dokonalé tmy.

7.2.1 Testování retroreflexe





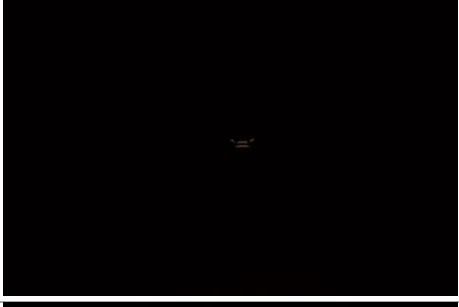

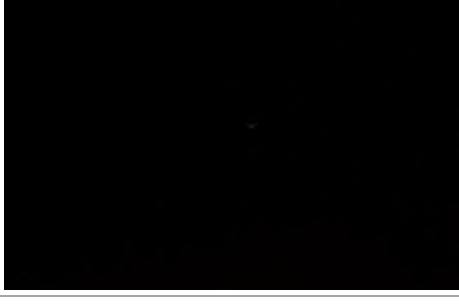

Pro testování retroreflexe byl použit osobní automobil značky Citroën Xsara Picasso s halogenovými světlomety. Při testování retroreflexe bylo celkem testováno 5 oděvů – bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1, bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2, polotriko A s použitím fotoluminiscenčních krycích stehů a retroreflexních nažehlovacích pásek, polotriko B s použitím fotoluminiscenční nažehlovací folie a retroreflexních nažehlovacích pásek a polotriko C s kombinací fotoluminiscenčních materiálů a retroreflexních nažehlovacích pásek. Stejně jako během měření ve dne, i v noci byly použité vzdálenosti 25, 50, 100 a 200 metrů. V každé této vzdálenosti byly oděvy vyfotografovány při potkávacích i dálkových světlometech. Takto nasvícené oděvy byly vyfotografovány fotoaparátem – podrobné informace o nastavení fotoaparátu viz tabulka č. 5 Nastavení fotoaparátu při měření v reálných podmínkách.

7.2.1.1 Bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1

V následující tabulce jsou fotografie bezpečnostního trika, které má na sobě bezpečnostní reflexní nažehlovací pružné pásky široké 5 cm, které díky svému počtu použití na oděvu splňují normu ČSN EN ISO 20471 (83 2820) - Oděvy s vysokou viditelností a spadají tak do bezpečnostní třídy 1. Tyto retroreflexní pásky jsou stejné jako retroreflexní pásky použité na testovacích polotričkách.

Na obrázcích v tabulce č. 12 lze dobře vidět umístění reflexních pásek na rukávech a v pase. Při svícení dálkovými světly bylo triko opravdu dobře viditelné, zatímco při potkávacích světlech se intenzita viditelnosti odrazných ploch snížila. Na fotografii při potkávacích světlech při vzdálenosti 100 a 200 metrů není téměř nic vidět, avšak pro řidiče jsou reflexní pásky i na 100 a 200 metrů stále dobře viditelné. Přidanou hodnotou byly i reflexní pásky na rukávech, díky kterým docházelo k vytvoření tzv. biomotion pohybu, který je doporučován jako nejlepší způsob zviditelnění chodce. Můžeme tedy říci, že toto bezpečnostní triko je vhodné pro nošení za snížených podmínek.

Tab. 12. Bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1 při měření retroreflexe

PD	Potkávací světla	Dálková světla
25 metrů		
50 metrů		
100 metrů		
200 metrů		

7.2.1.2 Bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2

V následující tabulce č. 13 jsou umístěny fotografie vyfotografované bezpečnostní bundy bezpečnostní třídy 2 za tmy při retroreflexi. Tato bunda, určená pro pracovníky na pozemních komunikacích, díky množství retroreflexního materiálu spadá do druhé bezpečnostní třídy, a splňuje tak normu ČSN EN ISO 20471 (83 2820) - Oděvy s vysokou viditelností.

Množství retroreflexního materiálu je velmi dobře viditelné díky dlouhým rukávům, na kterém jsou v předloktí a nad loktem umístěny reflexní pásy. Reflexní pásy jsou na bundě nepružné a našívací, tudíž se jedná o klasický bezpečnostní oděv, který je určen jako vrchní oděv. Dalším prvkem, zvyšující viditelnost bundy, jsou reflexní pásy vedené přes ramena. Tímto pokrytím vzniká zobrazení celé horní poloviny těla, které je pro řidiče žádoucí.

Tab. 13. Bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2 při měření retroreflexe

PD	Potkávací světla	Dálková světla
25 metrů		
50 metrů		
100 metrů		
200 metrů		







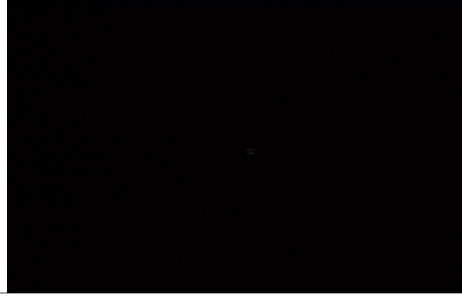

Na obrázcích s použitím dálkových světel je bezpečnostní bunda opravdu velmi dobře viditelná. Na fotografii na 200 metrů při dálkových světlech je vidět umístění retroreflexních aplikací stále zřetelně. Při použití potkávacích světel se však obrys ztrácí a připadá nám, že oděv není téměř vidět. Ze subjektivního hodnocení však vyplývá, že při 200 metrech při potkávacích světlech je oděv velmi dobře viditelný a v pořádku lze rozeznat obrys oděvu a rozpoznání chodce. Při dálkových světlech na 200 metrů byla viditelná pouze bílá tečka odrážející velké množství zpětného světla a nešlo rozeznat, co se na komunikaci nachází. Z toho vyplývá, že řidič jedoucí při zapnutých dálkových světlech, velmi rychle zpozoruje předmět pohybující se po komunikaci, ale není schopen určit, o jaký předmět se jedná. Jakmile zhasne dálková světla, snadno rozezná, že se na komunikaci nachází chodec či pracovník pracující na pozemních komunikacích.

7.2.1.3 Polotriko A – reflexní materiál s krycím stehem

Testovací polotriko A má na oděvu stejně rozmístěny retroreflexní pásy jako na bezpečnostním triku bezpečnostní třídy 1. Jedná se o umístění reflexního materiálu podle normy ČSN EN ISO 20471 (83 2820) - Oděvy s vysokou viditelností.

V tabulce č. 14 lze vidět fotografie testovacího polotrika A při retroreflexi. Na všechny měřené vzdálenosti bylo polotriko velmi dobře viditelné. K vysoké viditelnosti také pomohlo umístění retroreflexní nažehlovací pásy na rukávy, které vytvářejí tzv. biomotion pohyb. Ze subjektivního hodnocení vyplývá, že při potkávacích světlech pro řidiče automobilu i s oční refrakční vadou je polotriko stále velmi dobře viditelné a lze rozeznat, že se na komunikaci pohybuje chodec. Na základě testování můžeme tedy říci, že pro zviditelnění chodce je tato varianta umístění retroreflexních aplikací dostačující a můžeme ji jen doporučit.









Tab. 14. Testovací triko A při retroreflexi

PD	Potkávací světla	Dálková světla
25 metrů		
50 metrů		
100 metrů		
200 metrů		

7.2.1.4 Polotriko B – reflexní prvky s aplikací fotoluminiscenční folie

V následující tabulce č. 15 lze vidět umístění retroreflexních nažehlovacích proužků, které jsou totožné na PD i na ZD. Jedná o umístění retroreflexních pásků širokých 5 cm, které podléhají normě ČSN EN ISO 20471 (83 2820) - Oděvy s vysokou viditelností, pro oděvy s rukávy i bez rukávů. Náš oděv sice rukávy má, zajímalo nás však, zda je umístění reflexních aplikací pro zviditelnění dostačující.

Tab. 15. Testovací polotriko B při retroreflexi

PD	Potkávací světla	Dálková světla
25 metrů		
50 metrů		
100 metrů		
200 metrů		

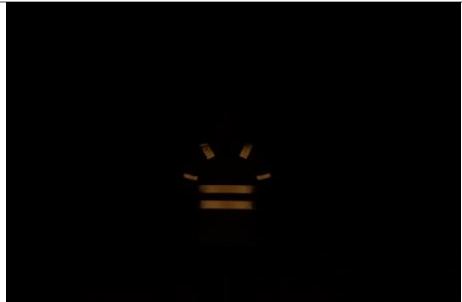







Při subjektivním zhodnocení došlo ke zjištění, že pro všechny měřené vzdálenosti jsou reflexní aplikace dostačující, avšak i na krátké vzdálenosti není téměř možné určit, co se na komunikaci nachází. Reflexní aplikace ve tvaru „U“ vykazují dostačující viditelnost, avšak pro řidiče by nemusela být vhodným zviditelňovacím prostředkem. Řidiči určitě ocení, když budou schopni vyhodnotit, zda se na pozemní komunikaci pohybuje člověk.

Po zhodnocení testovacího trika B bychom doporučili umístit retroreflexní pásy na rukávy, díky kterým by bylo jednodušší identifikovat chodce na pozemní komunikaci.

7.2.1.5 Polotriko C – kombinace fotoluminiscenčních materiálů s retroreflexními páskami

Testovací triko C má na sobě umístěné retroreflexní pásy podle nejnovější aktualizace normy ČSN EN ISO 20471 (83 2820) - Oděvy s vysokou viditelností. Reflexní páska vedena od pasu na ZD přes ramena na PD, která nepokračuje až k pasové reflexní pásce, ale končí v úrovni klíčních kostí. Celkově tak vytváří příjemný obrys těla, které je velmi dobře vidět, viz tabulka č. 16. Norma stanovila množství reflexního materiálu na oděvu dostačujícím bez použití retroreflexního materiálu na rukávech. Retroreflexní pásy na rukávech široké 2,5 cm jsou tak na oděvu pouze jako přidaná hodnota.





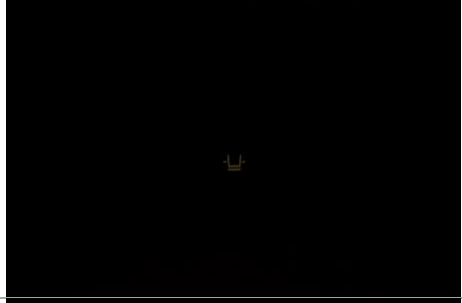



Tab. 16. Testovací polotriko C zepředu při retroreflexi

PD	Potkávací světla	Dálková světla
25 metrů		
50 metrů		
100 metrů		
200 metrů		

V tabulce zobrazující testované polotriko C lze dobře vidět rozdíl mezi potkávacími a dálkovými světly automobilu. Na obrázku zobrazujícím PD polotrika při potkávacích světlech na 100 i 200 metrů lze vidět, že retroreflexe není téměř vidět, ne-li vůbec. Ze subjektivního hodnocení však ale vyplývá, že je oděv velmi dobře viditelný a fotografie pouze zkrslují pravdivost retroreflexní viditelnosti.

V tabulce č. 17 zobrazující zadní díl testovacího polotrika C lze vidět, že umístění retroreflexních pásek vede ke zvýšení viditelnosti a rozpoznání chodce řidičem automobilu. Na fotografiích si lze všimnout, že na rukávech jsou použity užší retroreflexní nažehlovací pásy, avšak pro zviditelnění jsou dostačující.

Tab. 17. Testovací polotriko C zezadu při retroreflexi

ZD	Potkávací světla	Dálková světla
25 metrů		
50 metrů		
100 metrů		
200 metrů		

Ze subjektivního hodnocení vyplývá, že na vzdálenost 200 metrů při použití potkávacích světel lze rozpoznat obrys chodce a snadno určit, že se na komunikaci pohybuje chodec. Při použití dálkových světel na vzdálenost 100 i 200 metrů lze zpozorovat pouze celistvý neurčitý tvar tečky, který září vysokou intenzitou retroreflexe. Pro řidiče při použití dálkových světel i z delšího úseku bude snazší zjistit, že se na silnici někdo pohybuje, avšak při přepnutí na potkávací světla zjistí, že se na komunikaci pohybuje chodec. Při subjektivním zhodnocení byl také hodnocen vzhled oděvu, který díky reflexním páskům na ramenou a rukávech vytvářel zajímavý a lichotivý obrys lidského těla.

Zhodnocení retroreflexe

Porovnáme-li všech pět testovaných oděvů při retroreflexi, zjistíme, že nejlépe viditelná je zejména bezpečnostní bunda. Vynecháme-li při hodnocení bezpečnostní bundu a zhodnotíme pouze bezpečnostní triko a zbylá testovací polotrika, zjistíme, že testovací triko A a bezpečnostní triko jsou viditelné stejně. Pro tento experiment to znamená, že použité retroreflexní pásy jsou stejné jako na bezpečnostním triku, a mohou být použity na oděv, který bude brán jako bezpečnostní. Při porovnání testovacích polotrik bylo zjištěno, že testovací triko B bylo nejméně viditelné z důvodu nepoužití retroreflexních pásek na rukávech. Použití retroreflexních pásek na rukávech by přispělo k identifikaci chodce na silnici, což je pro řidiče žádoucí. Pro zviditelnění na 200 metrů a více je však testovací polotriko B dostačující. Nejlépe hodnocené je tedy testovací polotriko C, které má při osvětlení oděvu světlomety automobilu zajímavé rozmístění retroreflexních pásek a zároveň na sobě mělo použito nejvíce retroreflexních aplikací.

7.2.2 Testování fotoluminiscence

Testování fotoluminiscence probíhalo v úplné tmě, avšak při měření mohl mít vliv na měření měsíc v úplňku. Při testování docházelo k vyfotografování oděvů – bezpečnostní bundy bezpečnostní třídy 2 a testovacích trik A, B i C, vždy po jedné, třech a pěti minutách od nasvícení. Vzdálenost polotrika od fotoaparátu byla 25, 50, 100 a 200 metrů. K testování fotoluminiscence bylo zapotřebí světelného zdroje, který bude přenosný a nezávislý na pevné elektrické energii. Pro nasvícení oděvu byly proto použity dvě nabíjecí svítilny EMOS LED P4526, které disponují světelným výkonem 300 lumenů. Při samotném nasvícování bylo zapotřebí dvou osob – figuranta a nasvěcovače. Figurant by nebyl schopen si veškeré aplikace nasvítit sám, proto se tomuto tématu budu věnovat v diskuzi. Doba osvěcování oděvu činila 3 minuty.

7.2.2.1 Polotriko A s krycími stehy

Při měření fotoluminiscence došlo k otestování testovacího polotrika s retroreflexními páskami a krycími stehy fotoluminiscenční nitě N1. Fotoluminiscenční nit N1 byla vybrána na základě experimentálního měření v metodě 1 a 2, kde vyšla jako svítivější než fotoluminiscenční nit N102. Již při hodnocení v programu Fiji bylo zřejmé, že fotoluminiscenční nitě budou o 50 % méně vyzařovat luminiscenci než výšivka či fotoluminiscenční nažehlovací folie. I přesto jsme chtěli použít krycí stehy

s fosforeskující nití na testovacích oděvech a zjistit, jak se bude nit chovat v reálných podmínkách na oděvu.

V následující tabulce č. 18 jsou zobrazeny fotografie testovacího trika ve vzdálenosti 25 metrů. Na fotografiích zepředu a zezadu po jedné minutě lze lehce vidět obrys trika s fotoluminiscenčními krycími stehy. Nejvíce viditelná jsou na předním dílu oděvu překrytí krycích stehů na dolním okraji polotrika, protože tak dochází ke zvýšení fotoluminiscenčního materiálu, který září intenzivněji. Na zadním dílu testovacího trika lze vidět překřížení na zádech, avšak vše ostatní je již po jedné minutě téměř neviditelné. Takto téměř neviditelné zviditelnění není určeno na pozemní komunikaci.

Tab. 18. Postupné vyhasínání fotoluminiscence u polotrika A na vzdálenost 25 metrů

25 metrů	Zepředu	Zezadu
po 1 min		
po 3 min		
po 5 min		


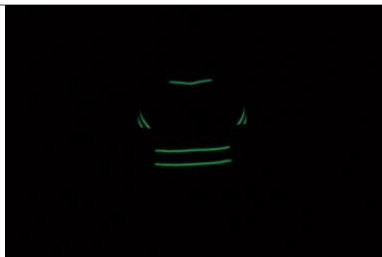
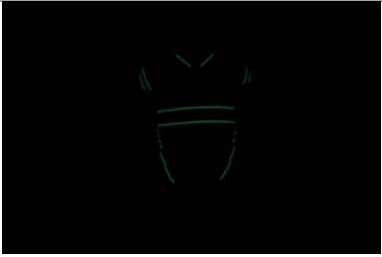



Stejných výsledků pomocí subjektivního hodnocení bylo dosaženo i na vzdálenost 50 metrů. Během první minuty od osvětlení byly obrysy vytvořené krycími stehy viditelné, avšak po vyfotografování po jedné minutě se luminiscence velmi rychle vytratila. Na 50 metrů bylo dokonce viditelnější žluté triko než fosforeskující nit. Při vzdálenosti 100 metrů bylo triko viditelné pouze po dobu první minuty od osvětlení, pouze však pro hodnotitele, který věděl kam koukat. Pro náhodného sledujícího by byl oděv na vzdálenost 100 metrů neviditelný.

7.2.2.2 Polotriko B s fotoluminiscenční nažehlovací folií

Testovací triko má na sobě umístěny aplikace pouze v podobě fotoluminiscenční nažehlovací folie. Již v experimentální metodě 2 byla folie velmi dobře viditelná i po několika minutách a vyzařovala silnou intenzitou luminiscence.

V následující tabulce č. 19 jsou zobrazeny fotografie testovacího trika na vzdálenost 25 metrů. Již z prvních fotografií po jedné minutě zepředu i zezadu lze usoudit, že fotoluminiscenční folie svítí v reálných podmínkách velmi dobře. Po uplynutí třech minut od nasvícení fotoluminiscenční folie svítí folie podstatně méně, avšak ze subjektivního hodnocení vyplývá, že i po třech minutách od nasvícení svítí folie pro lidské oko velmi dobře, jako po první minutě. Pro zajímavost byly fotografie předního dílu testovacího trika B po jedné a třetí minutě vloženy do programu Fiji, který nám řekl, že se intenzita luminiscence na oděvu snížila o více jak 50 %. Po pěti minutách od nasvícení se intenzita luminiscence na obrázcích snížila, avšak při subjektivním hodnocení byly prvky fotoluminiscenční folie stále dobře viditelné z přední části i zadní části oděvu. Pro použití z takto krátké vzdálenosti je fotoluminiscenční folie vhodná.



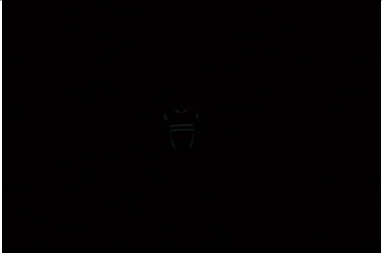
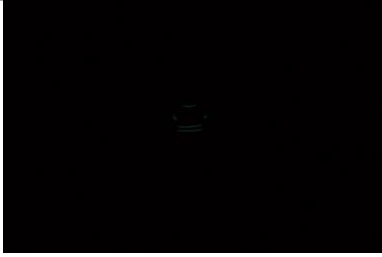

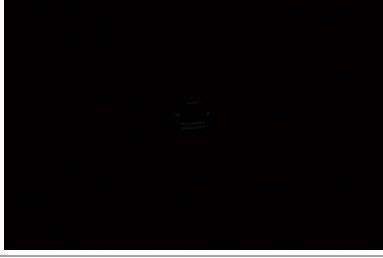
Tab. 19. Postupné vyhasínání fotoluminiscence u polotrika B na vzdálenost 25 metrů

25 metrů	Zepředu	Zezadu
po 1 min		
po 3 min		
po 5 min		

V následující tabulce č. 20 lze vidět fotografie pořízené na vzdálenost 50 metrů od fotoaparátu. Na fotografiích po jedné minutě lze dobře vidět silueta těla vytvořená pomocí fotoluminiscenčních aplikací. Přední část polotrika B je mnohem viditelnější než zadní část polotrika díky většímu množství fotoluminiscenční pásky i rozmístění folie použité na předním dílu oděvu. Pásky folie dobře zviditelňují obrys figuranta i když jsou široké pouze 1,5 cm. Nejvíce viditelné se zdály pásky v pase.


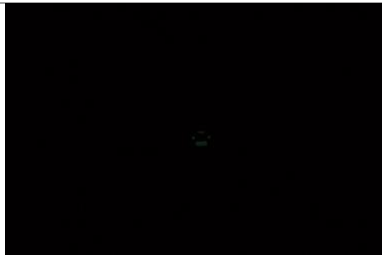
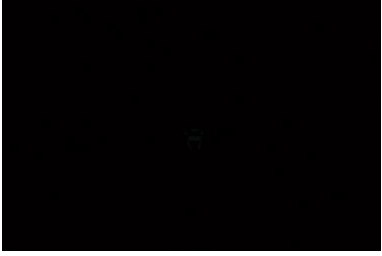
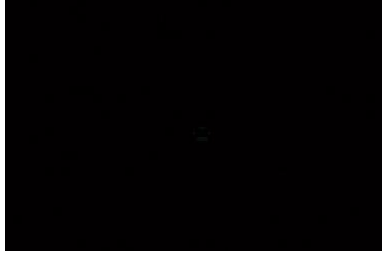
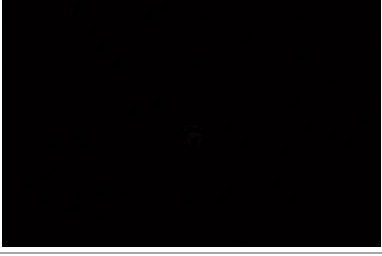
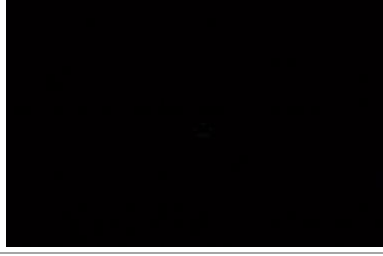
Po třech minutách od nasvícení je dle subjektivního hodnocení oděv stále dobře viditelný, zepředu i zezadu. Na fotografiích se však může zdát, že oděv není viditelný vůbec. Po pěti minutách od nasvícení je oděv viditelný zejména pro neřidiče, řidiči jedoucí v osobním automobilu by fotoluminiscenční aplikace nemuseli zahlédnout. V tom případě by byl figurant viditelný díky retroreflexním aplikacím. Zhodnotíme-li luminiscenci po pěti minutách na 100 metrů, oděv je stále viditelný i po pěti minutách a byl by vhodný pro zviditelnění chodce či řidiče z povolání, pro který je tento oděv navržen.

Tab. 20. Postupné vyhasínání fotoluminiscence u polotrika B na vzdálenost 50 metrů

50 metrů	Zepředu	Zezadu
po 1 min		
po 3 min		
po 5 min		

V následující tabulce č. 21 jsou zobrazeny fotografie testovacího polotrika B na vzdálenost 100 metrů. Na fotografiích lze vidět intenzitu luminiscence a velikost zobrazovaného oděvu. Již na 100 metrů je figurant od fotoaparátu a subjektivního hodnotitele opravdu daleko, avšak pro řidiče jedoucím v automobilu je 100 metrů otázkou několika vteřin. I na 100 metrů je fotoluminiscence dobře viditelná, pouze však po jedné minutě od nasvícení. Po třetí minutě lze pouze odhadovat, co se ve vzdálenosti 100 metrů nachází, protože není obrys oděvu zřetelně viditelný. Subjektivní hodnotitel nazval viditelnost oděvu po třetí a páté minutě jako „světlou tečku něčeho“, bohužel není poznat co se na komunikaci nachází. Při vzdálenosti 100 metrů by se oděv dal použít pro zviditelnění, avšak při delším času vyhasínání ztrácí své použití jako zviditelňovací oděv. Rozhodně má vzdálenost vliv na viditelnost oděvu, i když má na sobě použité dobré zviditelňovací aplikace.

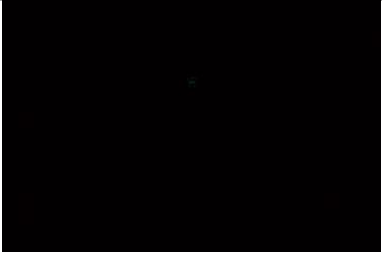
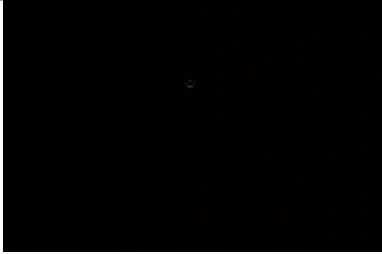


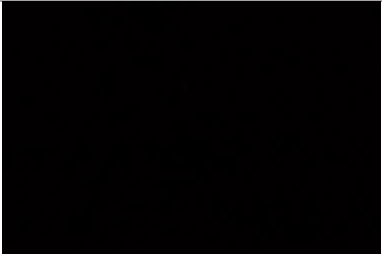
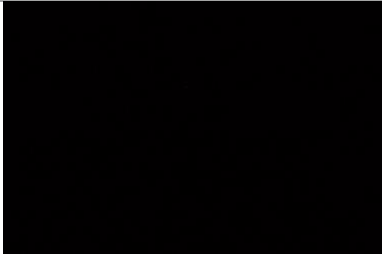
Tab. 21. Postupné vyhasínání fotoluminiscence u polotrika B na vzdálenosti 100 metrů

100 metrů	Zepředu	Zezadu
po 1 min		
po 3 min		
po 5 min		

Při měření na vzdálenost 200 metrů bylo zjištěno, že díky dobře umístěné fotoluminiscenční folii je oděv po jedné minutě zepředu i zezadu stále dobře viditelný. Po uplynutí dalších dvou minut se intenzita luminiscence snížila natolik, že nebylo možné identifikovat, co se ve vzdálenosti 200 metrů nachází. Stejně hodnocení zůstává i po

uplynutí pěti minut od nasvícení oděvu. Fotografie ze vzdálenosti 200 metrů viz tabulka č. 22.

Tab. 22. Postupné vyhasínání fotoluminiscence u polotrika B na vzdálenost 200 metrů

200 metrů	Zepředu	Zezadu
po 1 min		
po 3 min		
po 5 min		

Po zhodnocení různých vzdáleností můžeme říci, že nejen díky dobře umístěné folii je oděv viditelný i na 200 metrů. Viditelnost oděvu zajišťuje folie, která se osvědčila jako velmi dobrý zviditelňovací prvek a doporučujeme ho tak pro další použití.







7.2.2.3 Polotriko C s kombinací fotoluminiscenčních materiálů

Na polotriko C je kombinace fotoluminiscenčních materiálů – fotoluminiscenční nažehlovací folie a fotoluminiscenční krycí steh fotoluminiscenční nitě N1. Na polotriko C jsou fotoluminiscenční pásy z folie v šíři 1,5 cm. V pasové linii je umístěno trojitě prošití a to dvakrát, tudíž by mělo být viditelnější než u polotrika A. Další krycí stehy jsou použity po obvodu průramků, které vykreslují obrys těla, takže se očekává lepší rozpoznání předmětu na pozemní komunikaci, tedy chodce.

V následující tabulce č. 23 lze vidět vyfotografovaný oděv na vzdálenost 25 metrů po uplynutí jedné, tří a pěti minut od nasvícení. Na první pohled je oděv zepředu velmi dobře viditelný díky fotoluminiscenční folii a umístění folie na rukávech. Ukazuje tak

celý obrys polotrika a pomocí folie na rukávech se vytváří tzv. biomotion pohyb. Zezadu je na oděvu použito o mnoho méně folie, která jak je patrné, není zřejmě dobře umístěna. Na zadní části rukávu by bylo vhodné použít delší fosforeskující pásky, pásky umístěné na zadním dílu směrem do podpaží jsou téměř zakryté. Po třech minutách se na předním i zadním díle výrazně ztrácí intenzita luminiscence, i tak je však oděv dle subjektivního hodnocení viditelný skvěle.

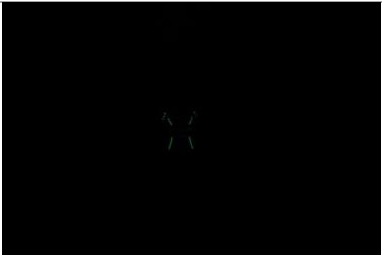



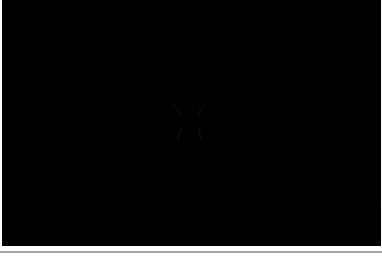

Tab. 23. Polotriko C ve vzdálenosti 25 metrů při fotoluminiscenci

25 metrů	Zepředu	Zezadu
po 1 min		
po 3 min		
po 5 min		

Na vzdálenost 50 metrů byla po jedné minutě viditelná pouze folie viz tabulka č. 24, intenzita luminiscence u krycích stehů klesla příliš rychle a na tuto vzdálenost tak není v porovnání s folií vidět vůbec. Po zhodnocení polotrika A však víme, že krycí steh byl viditelný po jedné minutě i na 100 metrů, a to v prošívané dvojitém. Na této variantě jsou prošívané trojitě v pasové linii dvakrát a po obvodu průramků dvojité. Jak již bylo zmíněno, při použití intenzivnější aplikace jsou krycí stehy nevýrazné a připadá nám, že vidět nejsou. V pase bylo prošívané viditelné velmi málo, v průramcích nebylo prošívané vůbec. Ze zadního pohledu chodce vidíme především folii umístěnou na rukávech a folii umístěnou téměř v podpaží, která není skoro vidět. Již v tomto momentě můžeme říci, že zasahování fotoluminiscenční folie na rukávech do předního a zadního dílu je

nedostačující, proto by pro další použití bylo vhodné použít delší pásky fotoluminiscenčních folií. Po třech a pěti minutách od nasvícení fotoluminiscenčních aplikací byl přední díl oděvu viditelný pouze pro druhého chodce, pro řidiče by vidět nejspíše nebyl. Na zadní části oděvu bylo použito velmi málo samosvítivého materiálu, proto při hodnocení nevykazuje dobré výsledky. Pro zviditelnění chodce by chtělo na zadní díl oděvu použít více fotoluminiscenčního materiálu.





Tab. 24. Polotriko C ve vzdálenosti 50 metrů při fotoluminiscenci

50 metrů	Zepředu	Zezadu
po 1 min		
po 3 min		
po 5 min		

Viditelnost na vzdálenost 100 metrů se velmi snížila. Po první minutě od nasvícení je přední díl oděvu C velmi dobře viditelný díky vhodně umístěným aplikacím fotoluminiscenčního materiálu. Mluvíme zde výhradně o fotoluminiscenční folii, která velmi dobře vyzařuje pohlcené světlo. Krycí steh nebyl bohužel vůbec viditelný. V následující tabulce jsou zobrazeny pouze fotografie po první a třetí minutě od nasvícení, po pěti minutách již fotoluminiscence na fotografiích nebyla vidět, proto zde není zobrazena. Zadní díl polotrika C již po první minutě na vzdálenost 100 metrů byl téměř neviditelný a fotoluminiscence zářila opravdu slabě. Po třetí minutě září stále velmi slabě. Kdo by nevěděl, že ve vzdálenosti 100 metrů stojí figurant, neviděl by ho. Po páté


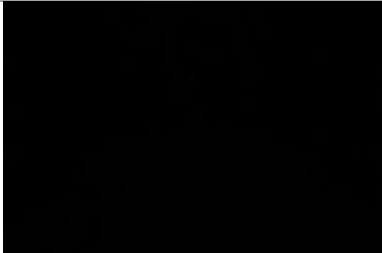
minutě zadní díl oděvu ani rukávy nejsou vidět vůbec, proto v tabulce č. 25 nejsou zobrazeny.

Tab. 25. Polotriko C ve vzdálenosti 100 metrů při fotoluminiscenci

100 metrů	Zepředu	Zezadu
po 1 min		
po 3 min		

Testované polotriko C bylo na vzdálenost 200 metrů zepředu vidět velmi dobře, opět díky fotoluminiscenční folii. Krycí stehy nejsou vidět vůbec. Zadní díl s rukávy byly viditelné opravdu velmi slabě, téměř nebyly vidět vůbec. Po dalších minutách nebyl oděv viditelný vůbec, proto v tabulce č. 26 nejsou fotografie zobrazeny.

Tab. 26. Polotriko C ve vzdálenosti 200 metrů při fotoluminiscenci

200 metrů	Zepředu	Zezadu
po 1 min		

7.2.2.4 Bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2

Bezpečnostní bunda byla vyfotografována a subjektivně zhodnocena pouze zepředu, protože je v experimentální části pouze jako doplňující oděv pro porovnání.

Po nasvícení oděvu na figurantovi došlo k vyfotografování bezpečnostní bundy po jedné minutě, třech a pěti minutách viz tabulka č. 27. Po první minutě na vzdálenost 25, 50, 100 i 200 metrů svítí bunda opravdu velmi dobře, vzdálenost měla vliv pouze na

velikost viditelné plochy fotoluminiscence, avšak i na 200 metrů oděv zářil neuvěřitelně dobře. Při vzdálenosti 25 metrů po pěti minutách byl oděv viditelný stále velmi dobře jako po první minutě od nasvícení. Stejně hodnocení zůstává i u vzdálenosti 50 metrů. Na vzdálenosti 100 metrů po pěti minutách došlo k poklesu intenzity s mírou vzdálenosti k snížení viditelnosti, avšak podle subjektivního hodnocení byl oděv i tak stále dobře viditelný. Na vzdálenost 200 metrů byla viditelnost po první minutě od nasvícení velmi dobrá, avšak po třetí a páté minutě byla fotoluminiscenční páska viditelná slaběji, ale stále dobře. Bohužel na jakoukoliv vzdálenost nebylo možné určit, co se na komunikaci nachází, protože prvky fotoluminiscenční pásky nejsou na oděvu umístěny tak, aby při luminiscenci vykreslily obrys účastníka provozu, tak jako u retroreflexe. Velkou výhodou je použitá šíře fotoluminiscenční pásky, která má velký vliv na viditelnost. Pokud by byly fotoluminiscenční pásky na navržených polotričkách B a C stejně široké, můžeme říci, že by byly oděvy stejně viditelné.

Tab. 27. Fotoluminiscence bezpečnostní bundy v reálných podmínkách

	po 1 min	po 3 min	po 5 min
25 metrů			
50 metrů			
100 metrů			
200 metrů			

Zhodnocení fotoluminiscence

Z hodnocení pomocí fotografií a subjektivního hodnocení můžeme říci, že nejlépe viditelný oděv byla bezpečnostní bunda. Porovnáme-li pouze testovací zhotovená polotrika, nejméně viditelný oděv bylo polotriko A s užitím pouze fotoluminiscenčního krycího stehu nitě N1. I když byl obrys oděvu dobře navržen a na figurantovi byl viditelný na krátkou vzdálenost dobře, intenzita luminiscence se ztrácela opravdu rychle. Vhodnou variantou se jevily krycí stehy, které se překrývaly a vznikla tak místa, která si udržela dobu vyhasínání luminiscence o něco delší. Samostatné jednoduché prošíání krycím stehem nebylo na oděvech viditelné vůbec. Naopak nejlépe viditelný oděv při fotoluminiscenci zepředu i zezadu byl oděv B s použitím pouze fotoluminiscenční nažehlovací folie. Díky správně aplikovaným fotoluminiscenčním páskám na rukávech, v pase i na předním a zadním dílu v horní části oděvu se vykreslil obrys figuranta a byl tak viditelný na všechny testované vzdálenosti. Dalo by se spekulovat o šíři použité fotoluminiscenční pásky, protože porovnáme-li testovací polotriko B a bezpečnostní bundu, tak bunda byla viditelná zejména díky šíři fotoluminiscenční pásky, zatímco polotriko B mělo pásky o 4 centimetry tenčí, ale oděv byl díky umístění fotoluminiscenčních aplikací viditelný také velmi dobře. Dalo se i rozeznat, že se na komunikaci nachází člověk. Zhodnotíme-li testovací polotriko C, po získání subjektivního hodnocení a fotografií jako celek, můžeme říci, že byla očekávána lepší viditelnost. K lepší viditelnosti měl pomoci větší počet krycích stehů vedle sebe, avšak k tomu nedošlo. Viditelnější byla folie, a tak se zdálo, že krycí steh nesvítí vůbec. Pokud bychom chtěli použít oděv pouze s použitím krycího stehu, lepší variantou by určitě bylo zvolit trojitě prošíání.

U nasvícování oděvů docházelo k tomu, že kvůli velkému počtu fotoluminiscenčního materiálu, rozprostřeném po celém oděvu, nebylo možné plně či stejnoměrně osvítit celý oděv. Vhodnější variantou by bylo použití méně fotoluminiscenčního materiálu, který by byl pro chodce či řidiče z povolání snadno dostupný a tím pádem snadněji nasvícen. Zvolením fotoluminiscenčního materiálu spíše na předním díle a blíže u sebe by bylo efektivnější z důvodu snadnějšího nasvícení, protože se počítá s tím, že řidič či chodec bude nasvécovat sám sebe.

8 Diskuze

Experimentální část se nejprve zabývala získanými fotoluminiscenčními nitěmi, u kterých byla v rámci charakteristiky použitých nití změřena a zhodnocena pevnost a tažnost fotoluminiscenčních nití. Díky měření došlo k vybrání dvou nejvhodnějších fotoluminiscenčních nití, které byly dále používány v experimentální části pro dílčí měření. Jedná se o fotoluminiscenční nit N1 a fotoluminiscenční nit N102. Pro testování mohla být vybrána i nit N2, která vykazovala téměř stejné mechanické vlastnosti jako fotoluminiscenční nit N1. Podobné mechanické vlastnosti se daly očekávat i z důvodu stejného výrobce nití N1 i N2. Hodnoty z měření pevnosti a tažnosti pro každou měřenou nit jsou k náhledu viz příloha 2. Ukázka použitých materiálů viz příloha 1a. Testovací polotrika jsou k náhledu viz příloha 1a a fotografie získané při měření viz CD.

V rámci praktického ověření použití fotoluminiscenčních nití pro šití byla hodnocena i hustota krycího stehu/1 cm. S tím bylo spojeno i zafixování krycí niti, aby nedošlo k jejímu pohybu. Vhodnou variantou se jevílo použití krycího stehu třídy 604, který má oproti použitému krycímu stehu třídy 602 středovou nit, která spolehlivě zabrání pohybu horní krycí niti. Tato varianta použití by byla nejvhodnější, avšak při odzkoušení luminiscenčních vlastností v úplné tmě bylo zjištěno, že středová fixační nit má vliv na fotoluminiscenční vlastnosti a intenzita luminiscence se kvůli ní snížila. Z důvodu nenarušení intenzity luminiscence byl zvolen krycí steh třídy 602, i když není zcela vhodný pro použití v této práci. Vhodný by byl za použití materiálu o vyšší gramáži či dvojité vrstvě materiálu, který při zhotovování testovacích trik nebyl použit.

Metoda 1 – měření vyhasínání luminiscence v temné komoře

Navržená metoda 1 se zabývala vyhasínáním luminiscence a její intenzitou v průběhu 30 minut. První fotografie byla vyfocena po uplynutí první minuty od nasvícení UV lampou. Každou další minutu došlo opět k vyfotografování měřeného fotoluminiscenčního vzorku. Pro každý měřený vzorek tak vzniklo 30 fotografií, které se následně vložily do programu Fiji, který se zabývá obrazovou analýzou. V programu došlo k vyhodnocení fotografií, ze kterých vznikly grafy, zobrazující intenzitu luminiscence dané fotografie fotoluminiscenčního vzorku. Každý tento graf pro každou fotografii v sobě obsahoval 3456 hodnot, které se sečetly a následně vložily do obrázku zobrazující graf postupného vyhasínání intenzity luminiscence, pro ukázkou viz obrázek č. 54.

V této metodě mohou být výsledky nejednoznačné, protože výšivka má rozměr 8x1 cm, a krycí steh 8x0,6 cm. To znamená, že porovnané hodnoty intenzity luminiscence nemohou být spolu porovnatelné, protože nedošlo k zachování stejných podmínek k porovnání. Pokud by výšivka byla vytvořena o velikosti 8x0,6 cm, jak může být maximálně široký krycí steh, intenzita luminiscence by byla po přepočítání o 40 % nižší než jaké hodnoty obrázků intenzit luminiscence luminiscenčních vzorků vykazuje. Na intenzitu luminiscence má také vliv hustota vytkané výšivky, stejně tak hustota krycího stehu v jednom centimetru. Protože jak již víme, čím více fotoluminiscenčního materiálu je použito, tím vyšší intenzitou emituje.

Zvýšený počet fotoluminiscenčního materiálu nastal po vyprání fotoluminiscenčních vzorků v místech, kde se díky žmolkování materiál naakumuloval, a září tak intenzivněji oproti místům, kde fotoluminiscenčního materiálu v průběhu praní ubylo. V celkovém součtu intenzity luminiscence vzorku s fotoluminiscenčním materiálem po praní se intenzita luminiscence vlivem praní snížila. Můžeme tedy říci, že při běžném používání a následném praní materiálu s fotoluminiscenční nití použitou ve výšivce či krycím stehu se intenzita fotoluminiscence bude snižovat. V hodnocení bylo zjištěno, že po vyprání vzorků s výšivkou se intenzita luminiscence po pátém cyklu praní po jedné minutě od nasvícení u fotoluminiscenční nitě N1 snížila o 3 %, u fotoluminiscenční nitě N102 se snížila o 8,5 %. To znamená, že praní má špatný vliv na počáteční intenzitu luminiscence. Pro intenzivnější používání fotoluminiscenčních materiálů bychom doporučili použít jiný prvek s fotoluminiscenčním materiálem, který by více odolával náchylnosti na oděr při praní a neztrácel by vlivem praní své luminiscenční vlastnosti.

Metoda 2 - postupné zakrývání luminiscenčního vzorku

Metoda 2 se zabývala ukázkou intenzity luminiscence v jedné fotografii, ve které je zobrazena intenzita luminiscence po dvou minutách od nasvícení až po dvanáct minut od nasvícení. Jak již bylo ve vyhodnocení intenzity luminiscence 2. metody zmíněno, pro ukázkou vyfotografovaný vzorek s fotoluminiscenční nažehlovací folií po třech minutách od nasvícení je velmi rozdílný než při vyfotografování vzorku s folií po dvou minutách od nasvícení. Můžeme se pouze domnívat, čím byl takový rozdíl způsoben. Pro přesnější výsledky by bylo řešením zopakovat měření postupného zakrývání vzorku s fotoluminiscenční nažehlovací folií. Z důvodu okolností nebylo opětovné měření možné.

Porovnáme-li vzorek s fotoluminiscenční nažehlovací folií a vzorek s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1, zjistíme, že vzorek s nažehlovací folií září o 77 % více než vzorek s krycím stehem. To může být způsobeno koncentrací fotoluminiscenčního pigmentu v nažehlovací folii či celistvostí materiálu. Krycí steh může zářit méně kvůli hustotě horní krycí nitě, kde by pro větší intenzitu bylo možné použít ještě hustší zaplnění hustoty krycího stehu na jeden centimetr. Nejvyšší intenzitou luminiscence fotoluminiscenční nitě N1 by zářil vzorek s výšivkou, který by simuloval nejhustší zaplnění plochy fotoluminiscenční nití. Poté by se dala porovnat intenzita luminiscence luminiscenčních vzorků, tak jako v 1. metodě.

Zhotovení oděvů

Při navrhování a zhotovení oděvů byla nejdůležitější viditelnost. Proto byly retroreflexní prvky navrženy tak, aby podléhaly normě ČSN EN ISO 20471 (83 2820) - Oděvy s vysokou viditelností, která určuje potřebnou plochu reflexního zaplnění na oděvu. Na tomto základě byly navrženy oděvy, které splňují tuto normu, a nás zajímalo, jak jednotlivá umístění, splňující tuto normu na pozemní komunikaci, vypadají. I když retroreflexe není stěžejním tématem této práce, na pozemní komunikaci za tmy hraje značnou roli. Tím, že se tato práce zaměřuje na viditelnost za úplné tmy a oděvy jsou určeny také pro řidiče z povolání, dle normy musejí být retroreflexní prvky na oděvu v takovém měřítku, aby splňovaly bezpečnostní třídu 1. Zajímavostí je, že došlo k umístění retroreflexního materiálu podle vzoru v normě, který zobrazuje vzdálenosti a přesné umístění retroreflexního materiálu, a po sečtení zaplnění retroreflexního materiálu všechna navržená a zhotovená polotrika by mohla spadat do bezpečnostní třídy 2, tedy s minimálním zaplnění reflexního materiálu $0,13 \text{ m}^2$. Musíme brát ale ohled na velikost a druh oděvu, na kterou se minimální plocha zaplnění retroreflexního materiálu počítá. Minimální plocha zaplnění se totiž počítá na velikost S, zatímco my umísťujeme retroreflexní materiál na velikost polotrika M. Aby mohl oděv splňovat bezpečnostní třídu 2, musel by mít dlouhý rukáv, což polotriko nemá. To znamená, že i když má polotriko B na sobě plochu zaplnění retroreflexního materiálu rovných $0,13 \text{ m}^2$, polotriko A $0,14 \text{ m}^2$ a polotriko C dokonce $0,17 \text{ m}^2$ retroreflexního materiálu, kvůli chybějícím rukávům a zvolené velikosti M se nemůže řadit do bezpečnostní třídy 2. Přehledné zobrazení ploch zaplnění viz tabulka č. 28.

Tab. 28. Přehled plochy zaplnění zviditelňovacích prvků

	Zepředu	Ze zadu	Velikost oděvu	Plocha reflexních prvků [m ²]	Plocha luminis. prvků [m ²]
Polotriko A			M	0,14	0,06
Polotriko B			M	0,13	0,03
Polotriko C			M	0,17	0,08
Bezpečnostní triko			L	0,16	0
Bezpečnostní bunda			XL	0,25	0,06

Dalším prvkem ve zvyšování viditelnosti účastníka provozu byly fotoluminiscenční prvky. Na oděv bylo možné použít jak krycí steh, tak i výšivku a fotoluminiscenční nažehlovací folii. Výšivka se nepoužila z důvodu velikosti, kterou by bylo třeba vyšít, jednalo by se zejména o jednu aplikaci na předním dílu polotrika, a jinam

by nebylo možné výšivku použít. Proto se pro zviditelnění chodce použil krycí steh a nažehlovací folie, které se dají použít po celém oděvu. Na fotoluminiscenční materiál se dosud normy nevztahují, proto bylo těžší vymyslet, kam a jak velké množství fotoluminiscenčního materiálu umístit. Fotoluminiscenční folie se umísťovala na oděv podle toho, aby byl především zachován komfort uživatele. Na tomto základě se úmyslně folie umístila horizontálně do pasové linie, kde víme, že je potřeba zachovat pružnost materiálu. Zpětná vazba o komfortu polotrika byla zjištěna od figuranta, který zhodnotil, zda mu jsou prvky v pasové linii příjemné. Jak bylo očekávané, pružnost materiálu v oblasti pasu byla téměř nulová a bylo obtížné se do oděvu jednoduše obléct. To znamená, že i když v měření fotoluminiscence v úplné tmě bylo polotriko B díky umístění fotoluminiscenční nažehlovací folie v pasové linii lépe viditelné, pro běžné nošení by toto umístění nebylo vhodné.

Měření v reálných podmínkách

Při měření retroreflexe v terénu za tmy bylo pomocí fotografií a subjektivního hodnocení zjišťováno, jak jsou oděvy pro řidiče či jiného účastníka dopravního provozu viditelné. Jak již bylo v hodnocení retroreflexe zmíněno, nejméně viditelné ze zhotovených polotrik bylo polotriko B, které nemá retroreflexní materiál umístěn na rukávech. Na hodnocení viditelnosti oděvu jako takového může mít vliv nejen umístění retroreflexního materiálu, ale také množství materiálu odrážejícího světlo zpět ke světelnému zdroji. Množství materiálu i rozmístění materiálu v této práci jednoznačně hraje roli, neboť polotriko B, které má nejmenší zaplnění retroreflexním materiálem, se zdá jako nejméně viditelné, i když dostatečně. Nejvíce viditelné se dle subjektivního hodnocení jeví polotriko C, které má ještě navíc umístěné 2,5 cm široké retroreflexní pásky na rukávech. Pokud odečteme umístění pásků na rukávech, celkové zaplnění retroreflexního materiálu na polotriku C by bylo $0,15 \text{ m}^2$, což je stále více než na zbylých oděvech. Polotriko B bylo navrženo jako další způsob umístění retroreflexního materiálu na oděvu. Navrženo bylo tak, aniž bychom věděli, že budeme testovat i bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1, které má stejné umístění retroreflexního materiálu. Po změření polotrik v reálných podmínkách bylo zjištěno, že se jedná o efektivní umístění retroreflexního materiálu, neboť je dobře zvýrazněna horní část trupu a rukávy, které při chůzi vytvářejí tzv. biomotion pohyb. Pro řidiče se takto umístěné bezpečnostní prvky budou jevit dobře viditelné, i když celkové zaplnění reflexního materiálu je $0,14 \text{ m}^2$.

Pokud bychom chtěli na oděv použít nejméně reflexního materiálu, a zároveň chtěli, aby umístění bylo nejefektivnější, a i při hotovení jednodušší, jednalo by se právě o obdobné umístění reflexního materiálu jako je na polotriku B či bezpečnostním triku.

Z hlediska viditelnosti byla celkově z měření fotoluminiscence v reálných podmínkách viditelnější aplikace folie. Folie byla umístěna pouze na polotriku B a C. Na polotriku B bylo celkem umístěno 0,03 m² nažehlovací folie, která vykazovala nejlepší fotoluminiscenční výsledky v porovnání s ostatními navrženými oděvy. Nejlépe viditelné bylo zejména díky dobrému umístění fotoluminiscenční folie, která vykreslovala obrys lidského těla. Velmi efektivní se jevily veškeré aplikace fotoluminiscenční folie na polotriku B. Šíře aplikací 1 cm byla dostačující. Zatímco polotriko C mělo celkově fotoluminiscenční folie 0,02 m², což je téměř stejná plocha jako u polotriko B, jeho viditelnostní vlastnosti byly v porovnání s polotrikem B nižší. Dobře viditelné bylo umístění fotoluminiscenční folie na předním dílu v horní a dolní části oděvu, které bylo pro účastníka provozu dobře viditelné. Aplikace na rukávech byla špatně viditelná, vhodnější by bylo použít delší pásy, které by zasahovaly více do přední i zadní části oděvu. V porovnání s polotrikem B byla aplikace na rukávech lépe viditelná na polotriku B. Fotoluminiscenční folie na polotriku C, umístěná na zadním dílu od pasové linie do průramků, není vidět téměř vůbec. To znamenalo, že zadní díl polotrika C kvůli nevhodně zvoleným aplikacím na rukávech a zadním dílu byl viditelný velmi málo až nedostatečně.

Krycí steh byl na polotriku A celkově umístěn v ploše zakrytí 0,06 m², což je stejné jako na polotriku C. Na polotriku A se však nachází o 30 cm² krycího stehu více než na polotriku C. Z pohledu viditelnosti krycích stehů při luminiscenci bylo očekáváno intenzivnější vyzařování, než jaké bylo změřeno v reálných podmínkách. Pro reálné podmínky bylo zviditelnění chodce pro řidiče automobilu nedostačující, pro neřidiče velmi slabě viditelné. Také docházelo k nerovnoměrnému ozáření krycího stehu z důvodu rozmístění krycího stehu po celém oděvu. Krycí steh v této práci obecně disponuje rychlou ztrátou a nízkou intenzitou luminiscence, což rychlá ztráta intenzity v této práci není tak zásadní. Neočekáváme od luminiscence délku vyzařování několik desítek minut, ale aby luminiscence vydržela alespoň 5 minut, než se řidič na cílovém depu přemístí do místa, kde nebude třeba luminiscence. V porovnání s fotoluminiscenčními foliemi je krycí steh na oděvu C aplikován 3x více než folie a folie září mnohem více než krycí steh. Jednoznačně z toho vyplývá, že pro vyšší intenzitu luminiscence je vhodné použít nažehlovací folii. Porovnáme-li počet krycích stehů vedle sebe s viditelností, nejlépe viditelné je trojitě prošití, které se nachází na oděvu C. I když při hodnocení nebyl krycí






steh na polotriku C viditelný, zaměříme-li se pouze na krycí steh a vynecháme folii, trojitě prošití je vidět velmi dobře. Dvojitě prošití lze vidět na polotriku A, kde nejvíce viditelné bylo překrytí krycích stehů a krycí stehy byly viditelné velmi málo. Dvojitě prošití bylo viditelné na vzdálenost 25 a 50 metrů pouze jednu minutu od nasvícení. Dvojitě prošití krycích stehů je umístěno i na polotriku C po obvodu průramků, kde je viditelnost v měření v reálných podmínkách nízká. Jednoduché prošití krycím stehem lze vidět pouze na polotriku C, na dolním kraji oděvu a na rukávech. Viditelnost jednoduchého prošití byla téměř nulová.

Pro zajímavost byla vypočítána celková cena polotrik s fotoluminiscenčními a retroreflexními aplikacemi. Samotné polotriko bylo zakoupeno za 190 Kč. Cívka fotoluminiscenční nitě N1 s návinem 1000 m stojí 508 Kč. Krycí steh má v 10 cm 110,5 cm fotoluminiscenční krycí nitě. To znamená, že v jednom metru krycího stehu je 11,05 metrů fotoluminiscenční nitě. Fotoluminiscenční folie stojí 1258 Kč/m². Retroreflexní pružná páska v šíři 5 cm stojí 35 Kč/m. Za 2,5 cm širokou retroreflexní pružnou pásku zaplatíme 25 Kč.

Po vypočítání retroreflexního materiálu na polotriku A a fotoluminiscenčního krycího stehu by celé polotriko vyšlo na 348 Kč, samotné zviditelňovací prvky vyjdou na 158 Kč. Po vypočítání retroreflexního materiálu a fotoluminiscenční nažehlovací folie by celé polotriko vyšlo na 318 Kč, bez ceny polotrika vyjdou zviditelňovací prvky na 128 Kč. Celková cena polotrika C s retroreflexními prvky, fotoluminiscenčním krycím stehem a fotoluminiscenční nažehlovací folií je 397 Kč. Samotné zviditelňovací prvky by stály 207 Kč. Tyto ceny jsou uvedeny jako čistá cena bez započítání odpadového materiálu, či materiálu potřebného např. k navlíknutí šicího stroje.

Celková tabulka obsahující plochu zaplnění zviditelňovacích prvků, cenu výrobků a viditelnost, na kterou lze fotoluminiscenci vidět viz následující tabulka č. 29.

Tab. 29. Přehled oděvů s celkovou cenou a viditelností

	Polotriko A	Polotriko B	Polotriko C	Bezpečnostní triko	Bezpečnostní bunda
Druh oděvu					
Velikost oděvu	M	M	M	L	XL
Plocha retroreflexního materiálu [m ²]	0,14	0,13	0,17	0,16	0,25
Plocha fotoluminiscenční folie [m ²]	-	0,03	0,02	-	0,06
Plocha fotoluminiscenčního krycího stehu [m ²]	0,06	-	0,06	-	-
Cena oděvu [Kč]	348	318	397	549	914
Viditelnost fotoluminiscence [m]	50	200	200	-	200

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout 3 metody měření schopnosti vyhasínání luminiscence luminiscenčních vzorků, díky kterým došlo k následnému vyhodnocení luminiscenčních vzorků v programu Fiji a subjektivnímu hodnocení. Z hodnocení poté vyplynulo, který materiál je pro následné použití v běžných podmínkách nejvhodnější.

V úvodu experimentální části byly hodnoceny fotoluminiscenční vyšívací nitě, ze kterých byly vybrány dvě nejlépe vykazující mechanické vlastnosti. Tyto dvě nitě N1 a N102 byly následně použité k zhotovení a zhodnocení vzorků luminiscenčních vlastností. Z hodnocení vyplývá, že více zářivou je fotoluminiscenční nit N1. Z toho důvodu byla nit N1 použita pro zhotovení oděvů, které byly následně použity k měření v reálných podmínkách.

Během měření v reálných podmínkách bylo zjištěno, že nejefektivnějším materiálem, zvyšující viditelnost po nasvícení, je fotoluminiscenční folie. Fotoluminiscenční aplikace byly z hlediska viditelnosti nejlépe umístěny na polotriku B, kde šířka 1 cm fotoluminiscenční nažehlovací folie byla dostačující. Pro zviditelnění na 200 metrů lze z porovnávaných materiálů vybrat pouze fotoluminiscenční folii, která zaručí dostatečnou viditelnost na jednu až dvě minuty od nasvícení. Viditelné oděvy na 200 metrů jsou tak polotriko B, které je viditelné zepředu i zezadu a polotriko C, které je viditelné pouze zepředu. V rámci měření vyhasínání luminiscence v reálných podmínkách byla hodnocena i pružnost folie v nejnamáhavějším místě polotrika, v pasu, kde je zapotřebí pružnost materiálu pro snadné obléknutí oděvu. Na tomto základě bylo zjištěno, že folii není vhodné umístit do pasové linie a bylo by nutné umístit folii jinam.

Krycí steh je vhodný pro použití ke zviditelnění na krátké vzdálenosti, tedy do vzdálenosti maximálně 50 metrů s použitím více krycích stehů vedle sebe. Použití krycích stehů je vhodné také pouze na krátký časový úsek od nasvícení, tedy na jednu až dvě minuty od nasvícení. Velkou výhodou krycích stehů je pružnost, která je na oděvu pro denní nošení zásadní. Proto jsou krycí stehy vzhledem k nutnému pohodlí během dne řidičů z povolání vhodné. Na cílovém depu či na místech, kde není osvětlení pouličních lamp či jiné osvětlení, by krycí stehy zůstali viditelné za předpokladu, že dojde k rychlému přemístění řidiče z povolání z neosvětleného místa. Jak již bylo zmíněno, jedná se zejména o první dvě minuty od nasvícení. Při delším zdržení by se intenzita luminiscence snížila na tolik, že by nebyl řidič vidět. /Zde by se nabízela další studie

fotoluminiscenčních materiálů, které by byly osvětčovány slunečním světlem. Fotoluminiscenční materiál excitován pomocí slunečního záření emituje vyšší intenzitou luminescence než excitován elektromagnetickým zářením vytvořeným pomocí svítilny. /

Retroreflexní materiály byly nejlépe umístěny a následně viditelné na polotriku A a polotriku C. Takto umístěné reflexní prvky jsou nejvhodnější pro zviditelnění a rozpoznání člověka.

Pro jednodušší a praktičtější použití by bylo vhodné fotoluminiscenční materiál použít zejména na předním dílu oděvu a na rukávech v menším rozložení po oděvu, kde by došlo k bezproblémovému nasvícení fotoluminiscenčního materiálu. Je však důležité umístit prvky tak, aby vykreslily siluetu těla, minimálně na rukávech, které zaručí vytvoření tzv. biomotion pohybu, který má velký vliv na viditelnost chodce. Očekává se, že se chodec či jiný účastník provozu bude osvětčovat sám, nebo se fotoluminiscenční materiál nasvítí během denního světla. K plnému využití umístění fotoluminiscenčních materiálů na zadní díl by došlo díky slunečnímu záření, které osvítí zadní díl během dne. To neplatí pro řidiče z povolání, protože většinu dne sedí v autosedačce, a nedošlo by k excitování slunečním zářením. Vhodnou, avšak nedostačující ukázkou rozmístění fotoluminiscenčního materiálu, je např. na bezpečnostní bundě, která má široké fotoluminiscenční proužky blízko sebe, které se daly během měření jednoduše nasvítit. Nemá však umístěný fotoluminiscenční materiál na rukávech, proto při hodnocení v reálných podmínkách byla bezpečnostní bunda velmi dobře vidět, avšak nebylo zřejmé, co je vidět. Vhodným prvkem je např. výšivka, která by splňovala umístění na předním dílu a praktičnost při nasvícování. K tomu by se přidal fotoluminiscenční materiál na rukávy, který by zaručil zvýraznění obrysu lidského těla a vytvoření tzv. biomotion pohybu. Avšak použití výšivky a luminescenčního materiálu na rukávech by pro zviditelnění za úplné tmy nebylo dostačující, proto je vhodné použít větší počet fotoluminiscenčního materiálu pro zviditelnění.

Použitá literatura

- [1] Reflexní a fluorescenční materiály zvyšují bezpečnost na silnicích. Bezpečné cesty.cz [online]. Copyright © 2014 [cit. 18.02.2020]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/dopravni-vychova/dopravni-vychova-ve-skolach/chodec/reflexni-a-fluorescencni-materialy-zvysuji-bezpecnost-na-silnicich>
- [2] Viditelnost chodců. Bezpečné cesty.cz [online]. Copyright © 2014 [cit. 18.02.2020]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/dopravni-vychova/dopravni-vychova-ve-skolach/chodec/viditelnost-chodcu>
- [3] Statistika nehodovosti - Policie České republiky. Úvodní strana - Policie České republiky [online]. Copyright © 2020 Policie ČR, všechna práva vyhrazena [cit. 18.02.2021]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [4] Personal Protective Equipment - High Vis Jackets | HealthSafety.com. HealthSafety.com - The Ultimate Safety Site | Join our Safety Community![online]. Copyright © 2011 [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: <http://www.healthsafety.com/articles/personal-protective-equipment-high-vis-jackets>
- [5] Povinné reflexní prvky chodců: Lepší něco než nic. Ale s rozumem... | Auto.cz. Auto.cz - nejlepší jízda na webu: recenze, videa, testy [online]. Copyright © 2001 [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/povinne-reflexni-prvky-chodcu-lepsi-neco-nez-nic-ale-s-rozumem-92887>
- [6] Kuzmová Maria, Viditelnost chodců za snížené viditelnosti, Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci, 2018 [online]. Copyright © [cit. 15.07.2020]. Dostupné z: https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/26249/Kuzmova_Maria_DP_FINA_L.pdf?sequence=-1&isAllowed=y
- [7] Spektrofotometrie – Wikipedie. [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Spektrofotometrie>
- [8] Spektrofotometrie [online]. Dostupné z: <http://www.yumpu.com/xx/document/read/50041236/229-technicka-univerzita-v-liberci>
- [9] Informace k povinnosti chodců mít na sobě za snížené viditelnosti prvky z retroreflexního materiálu - Ministerstvo vnitra České republiky. Úvodní strana -

- Ministerstvo vnitra České republiky [online]. Copyright © 2020 Ministerstvo vnitra České republiky, všechna práva vyhrazena [cit. 20.07.2020]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/informace-k-povinnosti-chodcu-mit-na-sobe-za-snizene-viditelnosti-prvky-z-retroreflexniho-materialu.aspx>
- [10] Jak se recyklují alkalické baterie a jak snížit jejich spotřebu – Nazeleno.cz. Nazeleno.cz – Chytrá řešení pro každého [online]. Copyright © 2018 [cit. 08.08.2020]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/technologie-1/jak-se-recykluji-alkalicke-baterie-a-jak-snizit-jejich-spotrebu.aspx>
- [11] LED – Wikipedie. [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/LED>
- [12] Philips Luminous [online]. Dostupné z: <http://www.thefutureofthings.com/5651-philips-lights-your-clothes/>
- [13] Luminous Textile family | Color Kinetics. 302 Found [online]. Copyright ©2019 [cit. 13.08.2020]. Dostupné z: <https://www.colorkinetics.com/global/luminous-textiles>
- [14] Lumalive [cit.20.8.2020]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Lumalive>
- [15] Lumalive Fabrics - Core77. Core77 / Industrial Design Magazine + Resource [online]. Copyright © 2020 Core77, Inc. All rights reserved. [cit. 21.08.2020]. Dostupné z: <https://www.core77.com/posts/4391/Lumalive-Fabrics>
- [16] Luminiscence [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Luminiscence>
- [17] Cyklisté nemusí umírat, Volvo má neviditelný reflexní sprej LifePaint | cdr.cz. cdr.cz - Vybráno z IT [online]. Copyright © 1998 [cit. 22.08.2020]. Dostupné z: <https://cdr.cz/clanek/cykliste-nemusi-umirat-volvo-ma-neviditelny-reflexni-sprej-lifepaint>
- [18] OLED displeje [online]. Dostupné z: https://www.photonics.com/Articles/OLED-on-Fabric_Could_Be_the_Next_Wearable_Wonder/a63466
- [19] Co je to luminiscence [online]. Dostupné z: https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/pdf/13-14-Konecny_M.pdf
- [20] Signalizační a sportovní bunda [online]. Copyright ©f [cit. 09.02.2021]. Dostupné z: https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/26575/DP_Titova.pdf?sequence=1
- [21] China Photoluminescent Fabric factory and suppliers | Minhui Luminous. Photoluminescent Pigment, Photoluminescent Self-Adhesive Film - Minhui Luminous [online]. Copyright © Copyright [cit. 04.02.2021]. Dostupné z: <https://www.mphotoluminescent.com/photoluminescent-fabric-day.html>

- [22] Google Patents [online]. Copyright ©1974, p. 324. [cit. 04.02.2021]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US4211813A/en>
- [23] Fotoluminiscenční fólie, Photoluminescent Europe - distributor a výrobce fosforeskujících pigmentů, které svítí v noci. [online]. Dostupné z: <https://eshop.photoluminescenteurope.cz/fotoluminiscenncni-produkty/115-347-vinyl-pvc-modry-1m2.html#/14-barva-modra>
- [24] China Thermal Transfer Film factory and suppliers | Minhui Luminous. Photoluminescent Pigment, Photoluminescent Self-Adhesive Film - Minhui Luminous [online]. Copyright © Copyright [cit. 04.02.2021]. Dostupné z: <https://www.mphotoluminescent.com/thermal-transfer-film.html>
- [25] Allure Glow - Glow in the Dark Luminous Photo Luminescent Products - Photoluminescent Fabric & Material. Allure Glow - Glow in the Dark Luminous Photo Luminescent Products [online]. Dostupné z: <https://www.allureglow.com.au/fabric.php>
- [26] Denisa Salačová, Vliv barvy podkladu na luminiscenční efekt navrženého vzorku [online]. Copyright © [cit. 05.02.2021]. Dostupné z: https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/112538/Denisa_Salacova%2C_Vliv_barvy_podkladu_na_luminiscenncni_efekt_navrzeneho_vzoru%2C_Bakalarska_prace_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [27] Rozdělení podle délky luminiscence [online]. Dostupné z: <https://innovasolutions.co.uk/technical-support/how-does-a-photoluminescent-product-work/>
- [28] Richterová J., Diplomová práce, 2012. Technická univerzita v Liberci DSpace [online]. Copyright © [cit. 5.02.2021]. Dostupné z: https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/12716/mgr_24530.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [29] Novel technical textile yarns - ScienceDirect. ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books. [online]. Copyright © 2010 Woodhead Publishing Limited. All rights reserved. [cit. 10.02.2021]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845695491500096>
- [30] Rowbottom N. J., A method of manufacturing a combined photoluminescent and retroreflective sheet material, US 20170205545A1 [online]. Dostupné z: <https://www.patents.google.com/patent/US20170205545A1/en>
- [31] Světlo [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btlo>

- [32] Glow Yarn for luminescent effects in textiles from Swicofil. [online]. Dostupné z: https://www.swicofil.com/commerce/brands/various/glow_yarn
- [33] Fotoluminiscenční reflexní látková páska. [online]. Copyright © 2018 [cit. 10.02.2021]. Dostupné z: <https://eshop.photoluminescenteuropa.cz/bezpecnostni-znaceni/130-372-fotoluminiscenci-reflexni-latkova-paska.html>
- [34] Yanah Zhu, Preparation and luminescence properties of a new material SrAl₂O₄:Eu²⁺, Dy³⁺/red organic fluorescent pigment, 2013 [online]. Dostupné z: https://www.email.cz/download/k/SPSWHE-KOvRGsNgAtkGpQ_1f-F4uM5RzHt44LLK109ffpBPQje28S3nMg5YF2A-ioOSbriw/2013_luminiscetni%CC%81%20vlastnosti.pdf
- [35] Luminiscenční vyšívací nit: Isa Texlight. AMANN Group: Premium sewing threads & smart yarns [online]. Copyright © xxxx AMANN Group [cit. 03.04.2021]. Dostupné z: <https://www.amann.com/cz/vyrobky/product/isa-texlight/>
- [36] Nitě ISA TEXTLIGHT 40 800 m | VTC a.s.. Velkoobchod textilní galanterie VTC a.s. [online]. Copyright ©2021 Velkoobchod textilní galanterie VTC a.s., Uničov [cit. 03.04.2021]. Dostupné z: <https://www.vtc.cz/vyrobek/75091/nite-isa-texlight-40-800-m>
- [37] Luminiscenční multitex od firmy Lanex. [online]. Dostupné z: <https://www.lanex.cz/cs/luminiscencni-multitex/p-242/>
- [38] Photoluminescent Europe, s.r.o. [online]. Copyright © Shoptet, a.s. [cit. 05.04.2021]. Dostupné z: <https://www.obchodiste.cz/velkoobchod/photoluminescent-europe-s-r-o/>
- [39] Cyklistická helma s LED diodami [online]. Dostupné z: <https://lumoshelmet.co/products/lumos-kickstart>
- [40] LED diody v pracovním oděvu letušek [online]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/easyjet-meni-uniformy.A151110_103227_eko-doprava_fih
- [41] E-Textiles For Wearability: Review Of Integration Technologies | Textile World. Textile World [online]. Copyright © Copyright 2017 Textile Industries Media Group, LLC. [cit. 05.04.2021]. Dostupné z: <https://www.textileworld.com/textile-world/features/2010/04/e-textiles-for-wearability-review-of-integration-technologies/>
- [42] Chaloupecká, A., bakalářská práce [online]. Copyright © [cit. 05.04.2021]. Dostupné

- z: https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/154010/Bakalarska_prace_Andrea_Chaloupecka.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [43] Neopixel Flora - Adafruit Industries, Unique & fun DIY electronics and kits. Adafruit Industries, Unique & fun DIY electronics and kits [online]. Dostupné z: <https://www.adafruit.com/product/1260#000015>
- [44] Stainless Thin Conductive Thread - 2 ply - 23 meter/76 ft : ID 640 : \$6.95 : Adafruit Industries, Unique & fun DIY electronics and kits. Adafruit Industries, Unique & fun DIY electronics and kits [online]. Dostupné z: <https://www.adafruit.com/product/640>
- [45] Cyklistická bunda - Články | Novinky | Zajímavosti z dopravy. Bezpečné cesty.cz [online]. Copyright © 2014 [cit. 05.04.2021]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/clanky/19-aktivni-cyklo-bunda-z-liberecke-univerzity>
- [46] TYRRELL R.A., WOOD J.M., OWENS A., BORZENDOWSKI S.B., SEWALL A.S. The conspicuity of pedestrians at night: a review. *Clinical and Experimental Optometry*. 2016, 99, 425–434. DOI:10.1111/cxo.12447

Zdroje obrázků

- [1] Rozdíly vzdálenosti ve viditelnosti použitých barev [online]. Dostupné z: <https://static.bezpecne-cesty.cz/data/web/clanky/reflexni-a-fluorescencni-materialy/rozdily-ve-viditelnosti.svg>
- [2] Bunda Lumalive, TFOT [online]. Dostupné z: https://thefutureofthings.com/upload/items_icons/Philips-Lumalive_medium.jpg
- [3] Řez elektroluminiscenční přízi [online]. Dostupné z: <https://ars.els-cdn.com/content/image/3-s2.0-B9781845695491500096-f09-06-9781845695491.sml>
- [4] Trojúhelníkový tvar odrazných ploch [online]. Dostupné z: <https://static.bezpecne-cesty.cz/data/web/clanky/reflexni-a-fluorescencni-materialy/odrazni-plochy-2.svg>
- [5] Trojúhelníkový tvar odrazných ploch [online]. Dostupné z: <https://static.bezpecne-cesty.cz/data/web/clanky/reflexni-a-fluorescencni-materialy/odrazni-plochy-3.svg>
- [6] Čtvercový tvar odrazných ploch [online]. Dostupné z: <https://static.bezpecne-cesty.cz/data/web/clanky/reflexni-a-fluorescencni-materialy/odrazni-plochy-1.svg>
- [7] Kuličkový tvar odrazných ploch [online]. Dostupné z: <https://static.bezpecne-cesty.cz/data/web/clanky/reflexni-a-fluorescencni-materialy/odrazni-plochy-4.svg>
- [8] Bezpečnostní vesta [online]. Dostupné z: <http://mtbs.cz/media/2010/09/15/cyklistika-reflexni-vesty-odrazky.jpg>
- [9] Fotoluminiscenční pigment [online]. Dostupné z: <https://cdn.goodao.net/mphotoluminescent/ad2127e1-300x300.jpg>
- [10] Fotoluminiscenční pigment při luminiscenci [online]. Dostupné z: <https://cdn.goodao.net/mphotoluminescent/cf5cabe1-300x300.jpg>
- [11] Spektrum viditelného světla, Sucuri WebSite Firewall - Access Denied [online]. Copyright © [cit. 15.02.2021]. Dostupné z: <https://mk0uvheroipkyow1ghq.kinstacdn.com/wp-content/uploads/2019/05/the-electromagnetic-spectrum.jpg>
- [12] Fotoluminiscenční textilie [online]. Dostupné z: <https://cdn.goodao.net/mphotoluminescent/773485a3-300x300.jpg>
- [13] Fotoluminiscenční textilie při luminiscenci [online]. Dostupné z: <https://cdn.goodao.net/mphotoluminescent/394fed751-300x300.jpg>
- [14] Fotoluminiscenční reflexní páska, Photoluminescent Europe - distributor a výrobce fosforeskujících pigmentů, které svítí v noci. [online]. Dostupné

- z: https://eshop.photoluminescenteuropa.cz/421-large_default/fotoluminiscenci-reflexni-latkova-paska.jpg
- [15] Fotoluminiscenční reflexní páska použitá na oděvu [online]. Dostupné z: https://eshop.photoluminescenteuropa.cz/441-home_default/fotoluminiscenci-reflexni-latkova-paska.jpg
- [16] Fotoluminiscenční reflexní páska, Allure Glow – Glow in the Dark Luminous Photo Luminescent Products [online]. Copyright © [cit. 15.02.2021]. Dostupné z: <https://www.allureglow.com.au/images/fabric7.jpg>
- [17] Fotoluminiscenční příze, Swicofil – your global yarn & fiber speciality competence [online]. Copyright ©SR [cit. 04.02.2021]. Dostupné z: https://www.swicofil.com/commerce/exclusivities-brands/glow_yarn_filament/1glow_filament_normal
- [18] Fotoluminiscenční příze při luminiscenci, Swicofil – your global yarn & fiber speciality competence [online]. Copyright ©9 [cit. 17.02.2021]. Dostupné z: https://www.swicofil.com/commerce/exclusivities-brands/glow_yarn_filament/2glow_filament_activated
- [19] Swicofil - your global yarn & fiber speciality competence [online]. Dostupné z: https://www.swicofil.com/website/var/tmp/image-thumbnails/0/265/thumb_blockGallery/3filament_colour.png
- [20] AMANN Group: Premium sewing threads & smart yarns [online]. Dostupné z: https://www.amann.com/fileadmin/user_upload/Sewing_thread_Isa_Texlight_AMANN_Spool.png
- [21] Možnosti použití fotoluminiscenční nitě Isa Texlight a Poly Glow [online]. Copyright © [cit. 03.04.2021]. Dostupné z: https://www.amann-mettler.com/fileadmin/downloads/product_data_sheets/german/181025_RZ_Mettler_POLY-GLOW_Produktdatenblatt_DE_A4_SCREEN.pdf
- [22] LUMINISCENČNÍ MULTITEX. [online]. Dostupné z: <https://www.lanex.cz/cs/luminiscencni-multitex/p-242/>
- [23] Cyklistická helma s LED diodami [online]. Copyright © [cit. 05.04.2021]. Dostupné z: https://cdn.shopify.com/s/files/1/1974/9247/products/Kickstart_JetBlack_2.png?v=1613568489
- [24] Cyklistická bunda z TU v Liberci. Dostupné z: <https://vikend.ihned.cz/c1-62668650-bunda-z-liberecke-univerzity>

- [25] Polotriko Single J. 202 [online]. Copyright © [cit. 29.04.2021]. Dostupné z: https://www.malfini.com/image/product/202/202_96_c~w400;wm5,5,60,60,malfini.jpg?t=0
- [26] Zpěvačka Fergie v oděvu posetém OLED | TV Freak. TV Freak | homepage [online]. Copyright © 1998 [cit. 22.04.2021]. Dostupné z: <https://www.tvfreak.cz/zpevacka-fergie-v-odevu-posetem-oledkami/4368>
- [27] Fotoluminiscenční nažehlovací folie [online]. Dostupné z: https://eshop.photoluminescenteuropa.cz/452-home_default/vinyl-pvc-modry-1m2.jpg

Seznam obrázků

Obr. 1. Rozdíly vzdálenosti ve viditelnosti použitých barev [1]	13
Obr. 2. Ukázka LED diod zabudovaných v praktickém oděvu od společnosti easyJet [40].....	15
Obr. 3. Cyklistická bunda vyvinutá na TU v Liberci [24].....	16
Obr. 4. Neopixely vhodné pro všíť do oděvu [43]	17
Obr. 5. Potřebné komponenty pro správné všíť a zapojení LED diod do oděvu[44].....	17
Obr. 6. Vodivá nerezová příze [44]	17
Obr. 7. Kreativní řešení spojení LED diod s baterií [41].....	18
Obr. 8. Všíť OLED do oděvu zpěvačky Fergie [26]	18
Obr. 9. Řez elektroluminiscenční přízí [3]	19
Obr. 10. Trojúhelníkový tvar odrazných ploch [4][5]	20
Obr. 11. Čtvercový tvar odrazných ploch [6]	20
Obr. 12. Kuličkový tvar odrazných ploch [7].....	21
Obr. 13. Fluorescenční barvy použité na reflexní vestě [8].....	22
Obr. 14. Spektrum viditelného světla při luminiscenci luminoforu [11].....	23
Obr. 15. Fotoluminiscenční pigment před a po excitaci [9][10].....	24
Obr. 16. Fotoluminiscenční textilie před a po excitaci [12][13].....	29
Obr. 17. Fotoluminiscenční reflexní páska během denního světla, při luminiscenci a retroreflexi [14].....	30
Obr. 18. Fotoluminiscenční reflexní páska použitá na bezpečnostním oděvu [15].....	30
Obr. 19. Fotoluminiscenční reflexní páska od firmy Allureglow® [16].....	30
Obr. 20. Fotoluminiscenční nažehlovací folie od společnosti Photoluminescent Europe [27].....	31
Obr. 21. Fotoluminiscenční příze od firmy Swicofil v základním stavu a při luminiscenci [17][18].....	33
Obr. 22. Barevné varianty fotoluminiscenčních přízí a nití od firmy Swicofil [19].....	33
Obr. 23. Fotoluminiscenční vyšívací nit od společnosti Amann [20]	34
Obr. 24. Možnosti použití fotoluminiscenční nitě Isa Texlight a Poly Glow [21]	34
Obr. 25. Fotoluminiscenční nit Poly Glow od firmy Amann-Mettler [20].....	35
Obr. 26. Fotoluminiscenční příze MULTITEX od firmy LANEX před excitací a při luminiscenci [22]	35

Obr. 27. Fotoluminiscenční nažehlovací folie od společnosti Photoluminescent Europe [27].....	39
Obr. 28. Dvoujehlový šicí stroj Siruba	39
Obr. 29. Krycí steh třídy 602	40
Obr. 30. Šicí nit od českého výrobce Hagal s.r.o.....	40
Obr. 31. Ukázka krycího stehu ve třech variantách	41
Obr. 32. Černá komora	41
Obr. 33. Navržené tvarové vyšívání luminiscenčního vzoru 3 a jeho praktická realizace	42
Obr. 34. Detail komplexní výplně vyšívacího vzoru	42
Obr. 35. Vyšívání vzorků na vyšívacím stroji Tajima	42
Obr. 36. Ukázka vyšívky s měřítkem	42
Obr. 37. Ukázka fotoaparátu Canon EOS 100D při měření a jeho schéma.....	43
Obr. 38. Širokopásmová UV lampa nad měřeným vzorkem	44
Obr. 39. Ukázka vyhodnocování fotografií v programu Fiji	45
Obr. 40. Návod na otevření a vyhodnocení fotografie v programu Fiji	45
Obr. 41. Fotografie vzorku s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1 při luminiscenci po jedné minutě.....	46
Obr. 42. Obrázek grafu znázorňující intenzitu luminiscence vzorku s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N1 při luminiscenci po jedné minutě	46
Obr. 43. Fotografie vzorku s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N102 při luminiscenci po jedné minutě	46
Obr. 44. Obrázek grafu znázorňující intenzitu luminiscence vzorku s krycím stehem fotoluminiscenční nitě N102 při luminiscenci po jedné minutě	46
Obr. 45. Fotografie vzorku vyšívky s fotoluminiscenční nití N1 při luminiscenci po jedné minutě.....	47
Obr. 46. Obrázek grafu znázorňující intenzitu luminiscence vzorku s vyšívkou fotoluminiscenční nitě N1 při luminiscenci po jedné minutě	47
Obr. 47. Fotografie vzorku vyšívky s fotoluminiscenční nití N102 při luminiscenci po jedné minutě.....	47
Obr. 48. Obrázek grafu znázorňující intenzitu luminiscence vzorku s vyšívkou fotoluminiscenční nitě N102 při luminiscenci po jedné minutě	47
Obr. 49. Fotografie vzorku vyšívky po praní s fotoluminiscenční nití N1 při luminiscenci po jedné minutě	48

Obr. 50. Obrázek grafu znázorňující intenzitu luminiscence vzorku výšivky po praní fotoluminiscenční nitě N1 při luminiscenci po jedné minutě	48
Obr. 51. Fotografie vzorku výšivky po praní s fotoluminiscenční nití N102 při luminiscenci po jedné minutě	48
Obr. 52. Obrázek grafu znázorňující intenzitu luminiscence vzorku výšivky po praní fotoluminiscenční nitě N102 při luminiscenci po jedné minutě	48
Obr. 53. Křivky vyhasínající luminiscence u krycích stehů a výšivek u nití N1 a N10250	
Obr. 54. Křivky vyhasínání luminiscence u krycích stehů, výšivek i výšivek po praní.	51
Obr. 55. Zakrývání měřeného vzorku černým papírem	53
Obr. 56. Fotografie vzorku fotoluminiscenční folie po dvou minutách od nasvícení	54
Obr. 57. Obrázek znázorňující graf vzorku s fotoluminiscenční nažehlovací folií po dvou minutách od nasvícení	54
Obr. 58. Fotografie vzorku fotoluminiscenční folie po třech minutách od nasvícení	54
Obr. 59. Obrázek znázorňující graf vzorku s fotoluminiscenční nažehlovací folií po třech minutách od nasvícení	54
Obr. 60. Vzorek krycího stehu s fotoluminiscenční nití N1	56
Obr. 61. Obrázek grafu krycího stehu s fotoluminiscenční nití N1	56
Obr. 62. Vzorek krycího stehu s fotoluminiscenční nití N102	56
Obr. 63. Obrázek grafu krycího stehu s fotoluminiscenční nití N102	56
Obr. 64. Polotriko s názvem Single J. 202 od české firmy Malfini, a.s. [25].....	58
Obr. 65. Technický náčrt PD testovacího polotrika A	60
Obr. 66. TN ZD testovacího polotrika A	60
Obr. 67. Technický náčrt PD testovacího polotrika B	62
Obr. 68. Technický náčrt ZD testovacího polotrika B	62
Obr. 69. TN rukávu testovacího polotrika B	62
Obr. 70. TN PD testovací polotrika C	64
Obr. 71. TN ZD testovacího polotrika C	64
Obr. 72. TN rukávu testovacího polotrika C	64
Obr. 73. Úsek cesty, na které probíhalo měření.....	67
Obr. 74. Fotoaparát na stativu při měření	67

Seznam tabulek

Tab. 1. Charakteristika použitých nití	38
Tab. 2. Nastavení fotoaparátu Canon EOS 100D	43
Tab. 3. Specifikace UV lampy	43
Tab. 4. Součty každé minuty pro každý vyfotografovaný vzorek	49
Tab. 5. Testovací polotriko A za denního světla, při retroreflexi a při fotoluminiscenci	59
Tab. 6. Testovací polotriko B za denního světla, při retroreflexi a při fotoluminiscenci	61
Tab. 7. Testovací polotriko C za denního světla, při retroreflexi a při fotoluminiscenci	63
Tab. 8. Bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1 za denního světla a při retroreflexi	65
Tab. 9. Bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2 za denního světla, při retroreflexi a při luminiscenci	66
Tab. 10. Nastavení fotoaparátu při měření v reálných podmínkách	68
Tab. 11. Testování viditelnosti oděvů za denního světla	69
Tab. 12. Bezpečnostní triko bezpečnostní třídy 1 při měření retroreflexe	71
Tab. 13. Bezpečnostní bunda bezpečnostní třídy 2 při měření retroreflexe	72
Tab. 14. Testovací triko A při retroreflexi	74
Tab. 15. Testovací polotriko B při retroreflexi	75
Tab. 16. Testovací polotriko C zepředu při retroreflexi	77
Tab. 17. Testovací polotriko C zezadu při retroreflexi	78
Tab. 18. Postupné vyhasínání fotoluminiscence u polotrika A na vzdálenost 25 metrů	80
Tab. 19. Postupné vyhasínání fotoluminiscence u polotrika B na vzdálenost 25 metrů	81
Tab. 20. Postupné vyhasínání fotoluminiscence u polotrika B na vzdálenost 50 metrů	82
Tab. 21. Postupné vyhasínání fotoluminiscence u polotrika B na vzdálenost 100 metrů	83
Tab. 22. Postupné vyhasínání fotoluminiscence u polotrika B na vzdálenost 200 metrů	84
Tab. 23. Polotriko C ve vzdálenosti 25 metrů při fotoluminiscenci	85
Tab. 24. Polotriko C ve vzdálenosti 50 metrů při fotoluminiscenci	86
Tab. 25. Polotriko C ve vzdálenosti 100 metrů při fotoluminiscenci	87
Tab. 26. Polotriko C ve vzdálenosti 200 metrů při fotoluminiscenci	87
Tab. 27. Fotoluminiscence bezpečnostní bundy v reálných podmínkách	88
Tab. 28. Přehled plochy zaplnění zviditelňovacích prvků	93
Tab. 29. Přehled oděvů s celkovou cenou a viditelností	97

Přílohy

Příloha 1a: Ukázka použitých materiálů pro testování v experimentální části

Příloha 1b: Testovací polotrika

Příloha 2: Hodnoty z měření pevnosti a tažnosti fotoluminiscenčních nití

Na CD:

Příloha 3: Fotografie z měření první metody – postupné vyhasínání fotoluminiscenčního vzorku v černé komoře

Příloha 4: Obrázky zobrazující grafy intenzity luminiscence vyhodnocené v programu FIJI vytvořené z fotografií získaných z měření metody 1

Příloha 5: Fotografie z měření v reálných podmínkách za světla a za tmy

Příloha 2: Hodnoty z měření pevnosti a tažnosti fotoluminiscenčních nití

N1	Počet měření	Maximální protažení [mm]	Maximální síla [N]
	1	224,2	7
	2	210,59	7,02
	3	216,48	6,99
	4	186,42	6,62
	5	206,07	6,83
	6	209,02	6,85
	7	191,49	6,82
	8	207,3	6,79
	9	221,92	7,02
	10	201,04	6,9
	11	211,47	6,88
	12	202,73	6,89
	13	202,33	6,74
	14	206,47	6,81
	15	198,93	6,75
Průměr	206,4306667	6,860666667	

N2	Počet měření	Maximální protažení [mm]	Maximální síla [N]
	1	213,15	6,82
	2	208,13	6,85
	3	218,12	6,93
	4	210,62	6,88
	5	220,85	6,97
	6	199,75	6,83
	7	216,47	6,87
	8	208,42	6,85
	9	201,07	6,95
	10	189,82	6,79
	11	198,52	6,77
	12	205,27	6,86
	13	203,55	6,83
	14	207,28	6,66
	15	197,72	6,74
Průměr	206,5826667	6,84	

N102	Počet měření	Maximální protažení [mm]	Maximální síla [N]
	1	218,55	9,4
	2	226,87	9,24
	3	226,43	9,31
	4	211,08	9,24
	5	218,52	9,08
	6	222,7	8,85
	7	216,08	9,13
	8	215,65	8,83
	9	201,1	8,56
	10	215,6	8,94
	11	215,64	9,11
	12	205,24	8,59
	13	216,87	8,93
	14	208,57	8,82
	15	209,37	8,41
Průměr	215,218	8,962666667	

N103	Počet měření	Maximální protažení [mm]	Maximální síla [N]
	1	63,53	6,92
	2	62,28	6,94
	3	60,23	6,85
	4	58,13	6,93
	5	58,6	6,85
	6	58,96	6,88
	7	54,38	6,64
	8	55,66	6,86
	9	52,71	6,7
	10	57,31	6,79
	11	53,56	6,64
	12	61,46	6,75
	13	57,73	6,93
	14	52,3	6,53
	15	56,06	6,83
Průměr	57,52666667	6,802666667	

N104	Počet měření	Maximální protažení [mm]	Maximální síla [N]
	1	64,78	10,48
	2	65,61	10,68
	3	59	10,35
	4	67,26	10,64
	5	71,45	10,82
	6	60,21	10,17
	7	71,46	10,81
	8	63,13	10,43
	9	59,8	10,34
	10	64,81	10,65
	11	59,8	10,27
	12	56,46	10,07
	13	63,55	10,62
	14	65,25	10,64
	15	70,23	10,65
Průměr	64,18666667	10,508	

N105	Počet měření	Maximální protažení [mm]	Maximální síla [N]
	1	56,46	13,67
	2	62,33	14,37
	3	66,88	14,89
	4	70,1	15,14
	5	70,63	15,22
	6	69,41	15,08
	7	71,06	15,11
	8	69,38	15,11
	9	67,76	14,76
	10	66,86	14,94
	11	73,54	15,27
	12	69,38	15,21
	13	68,13	14,89
	14	66,86	14,9
	15	67,95	15,14
Průměr	67,782	14,91333333	