

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

TECHNICKÁ FAKULTA

KATEDRA VOZIDEL A POZEMNÍ DOPRAVY



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Retroreflexní vlastnosti prvků chránících osoby na pozemních
komunikacích

Bc. Petr Převrátíl

Vedoucí: Ing. František Lachnit, Ph.D.

Praha 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Petr Převrátil

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Retroreflexní vlastnosti prvků chránících osoby na pozemních komunikacích

Název anglicky

The retroreflective properties of elements protecting people on the road

Cíle práce

Charakterizovat retroreflexní prvky, které lze používat k ochraně osob při pohybu na pozemních komunikacích. Porovnat jejich retroreflexní vlastnosti a vliv degradace na jejich funkčnost.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce – návrh postupů získávání dat
4. Rešeršní část: statistika nehod chodců, legislativa pro pohyb chodců na pozemních komunikacích, odrazivost světla, retroreflexe, retroreflexní materiály a prvky, měření retroreflexe
5. Výsledky a diskuse – měření a vyhodnocení retroreflexních vlastností nových bezpečnostních prvků a vliv používání a degradace na retroreflexi
6. Závěr
7. Seznam použitých zdrojů
8. Přílohy

Doporučený rozsah práce

50 stran

Klíčová slova

nehodovost chodců, legislativa, odrazivost světla, retroreflexe, retroreflexní materiály, degradace retroreflexe

Doporučené zdroje informací

Malý, P. Optika. Praha: Karolinum, 2013, ISBN 9788024622460.

Roadway Departure Safety. 2017 [online]. [Dostupně 2018-01-22 z:

https://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/]

Šmolíková, J., E., Hoskovec, J., Štikar, J.. Psychologická prevence nehod. Praha: Karolinum 2006, ISBN 8024610965.

Zákon č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích v platném znění

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. František Lachnit, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 26. 1. 2018

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 28. 02. 2019

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: **Retroreflexní vlastnosti prvků chránících osoby na pozemních komunikacích** vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze, dne 31. 3. 2019

Bc. Petr Převrátíl

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Technické fakultě ČZU za poskytnuté technické vybavení, Ing. Františku Lachnitovi, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení, Ing. Marii Khrapové za spolupráci při měření, společností Altima LZ s.r.o. a 3M za poskytnuté vzorky a rodině za podporu během celé doby studia.

Abstrakt: Diplomová práce se zabývá zmapováním retroreflexních prvků, jakožto bezpečnostních prvků pro chodce, jejich vlastnostmi, zejména pak schopnosti retroreflexe. Práce se dělí na dvě hlavní části. V části teoretické je analyzována dopravní nehodovost chodců, legislativa týkající se povinnosti retroreflexních prvků, je vysvětlen princip odrazivosti a retroreflexe, rozlišeny jednotlivé materiály a vysvětlen postup a zásady měření retroreflexe. V části praktické jsou prezentována data z provedeného měření retroreflexe jednotlivých materiálů a prvků a jejich vyhodnocení.

Klíčová slova: nehodovost chodců, legislativa, odrazivost světla, retroreflexe, retroreflexní materiály, degradace retroreflexe

The retroreflective properties of elements protecting people on the road

Abstract: The diploma thesis deals with mapping of retroreflective elements as safety elements for pedestrians, their properties, especially retroreflection ability. The work is divided into two main parts. In the research part is analyzed pedestrian traffic accidents, legislation on the obligation of retroreflective elements, the principle of reflectivity and retroreflection, different materials and the procedure and principles of retroreflection measurement are explained. In the practical part, data from the measurement of retroreflection of individual materials and elements and their evaluation are presented.

Key words: pedestrian accidents, legislation, light reflectance, retroreflection, retroreflective materials, retroreflection degradation

OBSAH

| | |
|--|----------|
| 1 Úvod | 1 |
| 2 Cíl práce..... | 2 |
| 3 Metodika práce | 3 |
| TEORETICKÁ ČÁST | 4 |
| 4 Význam retroreflexních prvků..... | 4 |
| 5 Statistika nehod chodců | 5 |
| 5.1 Usmrcení chodci | 7 |
| 5.2 Nehody chodců mimo obec | 7 |
| 5.3 Nehody chodců za snížené viditelnosti | 8 |
| 5.4 Nehody chodců mimo obec za snížené viditelnosti..... | 9 |
| 6 Legislativa | 10 |
| 6.1 Povinnost užití retroreflexních prvků pro chodce | 10 |
| 6.1.1 Vymezení základních pojmů..... | 11 |
| 6.1.2 Definice prvků z retroreflexního materiálu | 11 |
| 6.1.3 Sankce..... | 12 |
| 6.1.4 Anketa o používání retroreflexních prvků | 13 |
| 6.2 Povinnost užití retroreflexní vesty pro řidiče | 13 |
| 6.2.1 Vymezení základních pojmů..... | 15 |
| 6.3 Povinnost retroreflexe v zahraničí..... | 15 |
| 6.3.1 Chodci..... | 15 |
| 6.3.2 Řidiči a spolujezdcí | 16 |
| 6.4 Normy..... | 16 |

| | |
|--|-----------|
| 6.4.1 ČSN EN 13356 | 17 |
| 6.4.2 ČSN EN ISO 20471:2013 | 19 |
| 7 Princip retroreflexe | 21 |
| 7.1 Světlo | 21 |
| 7.2 Odrazivost světla | 22 |
| 7.3 Odraz a lom světla | 22 |
| 7.4 Koeficient svítivosti..... | 23 |
| 7.5 Koeficient retroreflexe..... | 23 |
| 7.6 Měření retroreflexe | 24 |
| 7.7 Úhel pozorování a úhel dopadu | 24 |
| 8 Retroreflexní materiály..... | 24 |
| 8.1 Balotinový materiál | 25 |
| 8.2 Mikroprizmatický materiál | 27 |
| PRAKTICKÁ ČÁST | 29 |
| 9 Metodika měření retroreflexe | 29 |
| 10 Měřicí přístroj retroreflektometr Zehntner ZRS 6060 | 30 |
| 11 Výsledky měření | 31 |
| 11.1 Nové prvky | 32 |
| 11.1.1 Retroreflexní pásky..... | 32 |
| 11.1.2 Retroreflexní přívěšky | 33 |
| 11.1.3 Retroreflexní terčik..... | 34 |
| 11.1.4 Retroreflexní samolepky..... | 35 |
| 11.1.5 Retroreflexní doplňky oděvů či obuvi | 35 |

| | |
|---|----|
| 11.1.6 Retroreflexní vesty..... | 36 |
| 11.2 Použité prvky | 37 |
| 12 Vyhodnocení měření | 39 |
| 13 Závěr..... | 41 |
| | |
| Seznam použité literatury a ostatních zdrojů..... | 43 |
| Seznam obrázků..... | 46 |
| Seznam tabulek..... | 47 |
| Seznam grafů | 48 |
| Příloha: Protokol měření retroreflexe s obrázky prvků | 49 |

1 Úvod

Retroreflexní prvek je pojem, který se do české legislativy dostal v roce 2016 v souvislosti se stále sílícím tlakem na zajištění bezpečnosti na pozemních komunikacích. Protože doprava je spjata takřka se všemi oblastmi lidských činností, vzrůstající počet obyvatel a zvyšující se životní úroveň mají za následek, že po silnicích jezdí čím dál tím více aut a pohybuje se po nich stále více chodců, které je potřeba chránit.

Zatímco u pasažérů vozidel je toto řešeno aktivními a pasivními bezpečnostními prvky na dnes již velmi vysoké úrovni, chodci byli dlouho opomíjeni, a to přesto, že jsou považováni za vůbec nejzranitelnějšího účastníka dopravního provozu. Teprve až pozitivní zkušenosti s retroreflexními prvky v zahraničí přinutily české zákonodárce věnovat pozornost i jim.

Tato diplomová práce se proto zabývá samotnou legislativou, a to jak povinností chodců, být označen retroreflexním prvkem, tak povinností řidičů, mít na sobě retroreflexní vestu v případě nouzového zastavení. Analýza statistik nehod chodců před a po zavedení povinnosti dokládá, jak se toto nařízení osvědčilo.

V práci je též vysvětleno na jakém principu retroreflexe funguje a jak se liší materiály, z nichž jsou tyto bezpečnostní prvky vyrobeny. Zároveň jsou prezentovány výsledky měření retroreflexe 41 vzorků, které autor za tímto účelem nashromáždil, a také vyhodnoceno, jaký vliv má degradace na jejich funkčnost.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je charakterizovat retroreflexní prvky, které lze používat k ochraně osob při pohybu na pozemních komunikacích, tedy jak chodců, na které se vztahuje novela zákona o provozu na pozemních komunikacích, a to povinnost nosit retroreflexní prvky mimo obec za snížené viditelnosti, tak řidičů, kteří v nouzové situaci vystoupí z vozidla, přičemž jsou povinni mít na sobě retroreflexní vestu.

Cílem praktické části je porovnat retroreflexní vlastnosti materiálů a prvků a zhodnotit vliv degradace na jejich funkčnost.

3 Metodika práce

V teoretické části bude provedena analýza dopravní nehodovosti chodců na českých komunikacích z veškerých veřejně dostupných zdrojů. Pozornost bude věnována především období před a po zavedení povinnosti chodců nosit retroreflexní prvky, aby bylo možné posoudit účelnost tohoto nařízení.

Budou představena legislativní nařízení týkající se problematiky retroreflexních materiálů a prvků implementované v zákoně č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a vymezí se veškeré nezbytné pojmy a jejich souvislosti.

Za pomoci odborné literatury bude vysvětlen princip retroreflexe a rozlišeny jednotlivé materiály a prvky. Součástí teoretické části bude rovněž postup a zásady měření retroreflexe.

V praktické části diplomové práce budou prezentována a vyhodnocena data z provedeného měření retroreflexe jednotlivých materiálů a prvků.

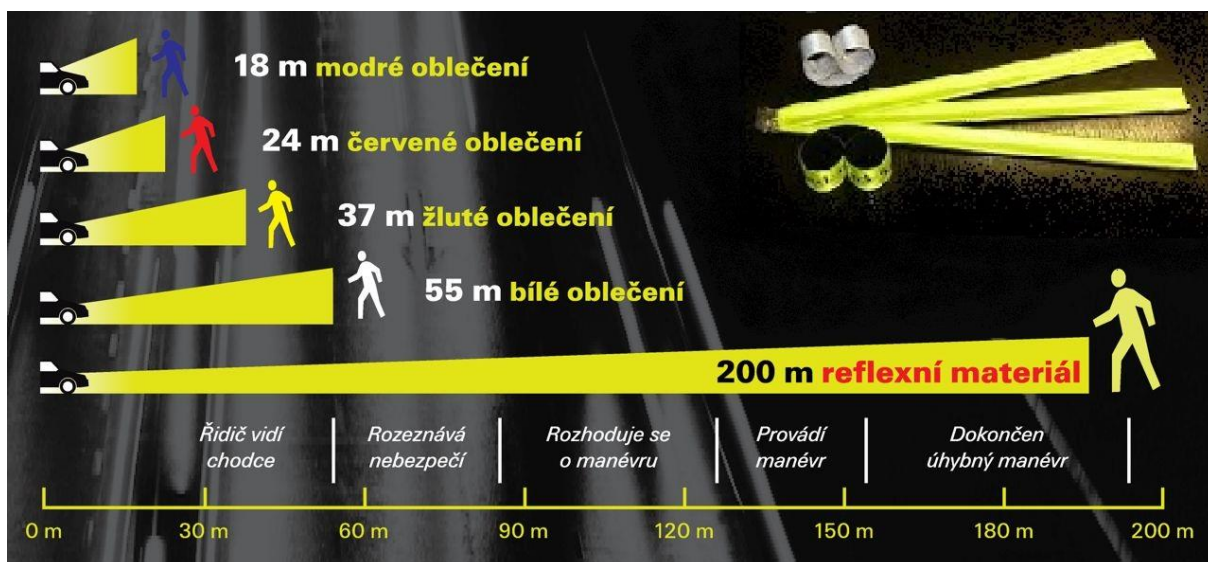
TEORETICKÁ ČÁST

4 Význam retroreflexních prvků

Při každém pohybu po komunikaci se vystavujeme jistému riziku, že může dojít ke škodě na zdraví či majetku. Abychom toto riziko snížili na minimum, je nutné dbát na prevenci, která je v silničním provozu myšlena jako soubor opatření, které působí přímo či nepřímo na jeho účastníky za účelem předejít jejich konfliktnímu chování. [1]

Chodec vzhledem k faktu, že není chráněn karoserií vozu a nemá ani možnost rychlého úhybného manévru a není označen, jako např. motocyklista nebo cyklista, je považován za nejzranitelnějšího účastníka dopravního provozu. Za předpokladu, že bude dodržovat zásady bezpečného pohybu po komunikaci, je jedinou jeho možností, jak zvýšit své šance na zamezení případnému střetu, být dostatečně viděn. A platí to zejména za snížené viditelnosti či v noci. Na obr. 1 je patrné, na jakou vzdálenost je chodec vidět v noci při osvětlení předními světly, v závislosti na barvě oblečení. Při použití retroreflexního oděvu či prvků je tato vzdálenost mnohonásobně vyšší.

Obr. 1 - Viditelnost chodců podle barvy oblečení [2]



V zákoně 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích je uvedeno, že řidič smí jet jen takovou rychlostí, aby stihl zastavit na vzdálenost, na kterou má rozhled, což v případě tmy či snížené viditelnosti je vzdálenost dosvitu světlometů. Pokud řidič pojedou na

tlumená světla, jejichž dosvit je zhruba 60 metrů, při maximální povolené rychlosti mimo obec, což je 90 km/h, dle tab. 1 nestihne včas zareagovat na chodce i v případě, že bude vybaven retroreflexními prvky. [3] [4]

Tab. 1 - Dráha zastavení vozidla při různých rychlostech na různých površích [4]

| Rychlost vozu | Reakční dráha | Brzdná dráha | Dráha zastavení |
|----------------------|---------------|--------------|-----------------|
| Suchá silnice | | | |
| 50 km/h | 14 m | 14 m | 28 m |
| 90 km/h | 25 m | 45 m | 70 m |
| 130 km/h | 36 m | 93 m | 129 m |
| Mokrá silnice | | | |
| 50 km/h | 14 m | 19 m | 33 m |
| 90 km/h | 25 m | 63 m | 88 m |
| 130 km/h | 36 m | 130 m | 166 m |
| Náledí | | | |
| 50 km/h | 14 m | 64 m | 78 m |
| 90 km/h | 25 m | 208 m | 233 m |
| 130 km/h | 36 m | 435 m | 471 m |

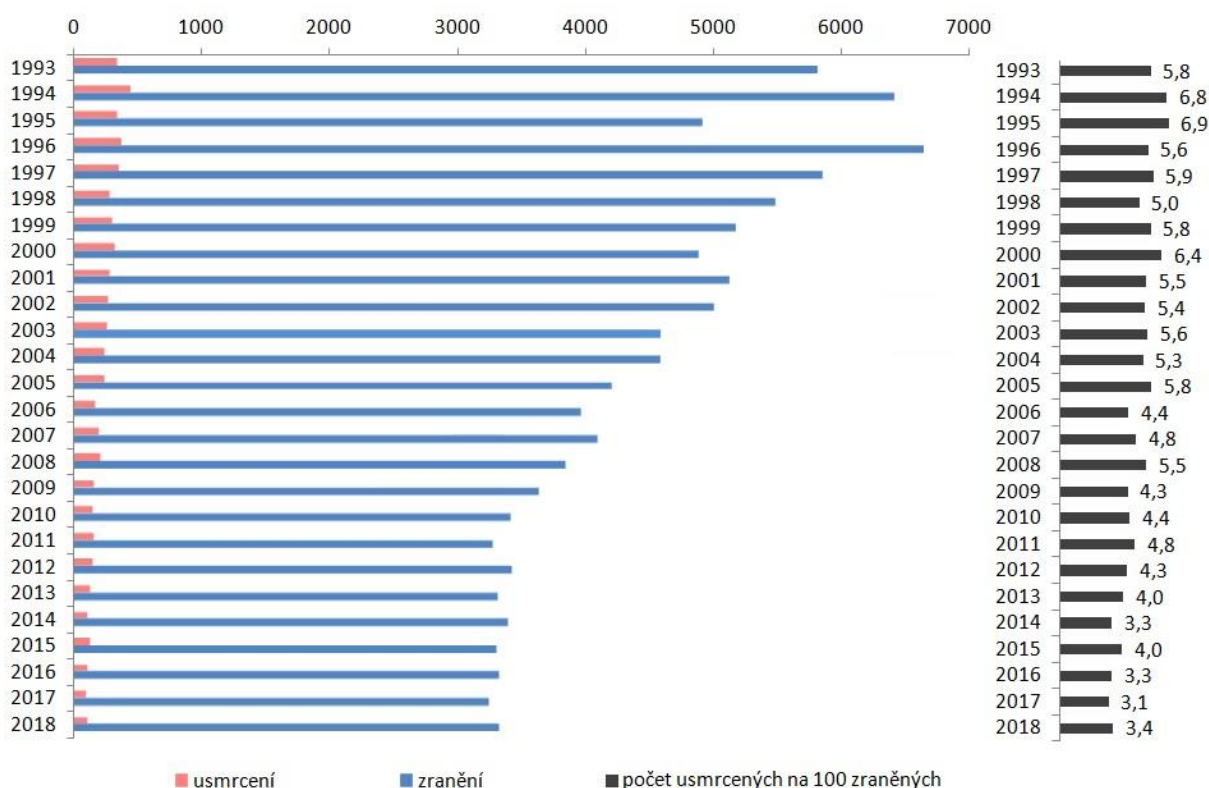
5 Statistika nehod chodců

Chodci jsou v silničním provozu jedněmi z nejzranitelnějších účastníků. Policie ČR se proto snaží ve spolupráci s oddělením ministerstva dopravy BESIP pomocí mnoha kampaní (Vidíme se, Zebra se za tebe nerozhledne, Bezpečně do školy) tuto nepříznivou statistiku zvrátit. A jak lze pozorovat na grafu 1, částečně se to daří. Od vzniku samostatné České republiky se snížil počet zraněných chodců téměř o polovinu a usmrcených dokonce o zhruba dvě třetiny, což pak detailněji zobrazuje graf 2.

Poměrně zajímavý je také údaj o počtu usmrcených chodců na 100 zraněných na grafu 1. Klesající tendence tohoto srovnání značí, že stále více střetů s chodci končí pouze

zraněním. I to je signál, že se daří eliminovat ty nejrizikovější situace.

Graf 1 - Zranění a usmrcení chodci [5] [6] [7]



Údaje o nehodovosti nejen chodců shromažďuje Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia ČR a zveřejňuje je na svých webových stránkách v měsíčním intervalu. Každý rok také vydává Ročenku nehodovosti, ve které jsou detailní přehledy o dopravních nehodách a měsíční a meziroční srovnání.

Od nové povinnosti, mít na sobě retroreflexní prvek, která vstoupila v platnost v roce 2016, si policie, dopravní experti a také zákonodárci slibovali snížení počtu smrtelných nehod s účastí chodců na našich komunikacích.

Ředitel služby dopravní policie brig. gen. Ing. Tomáš Lerch se například v úvodu Ročenky dopravní nehodovosti z roku 2017 vyjádřil v tom smyslu, že zavedení této povinnosti přináší výsledky:

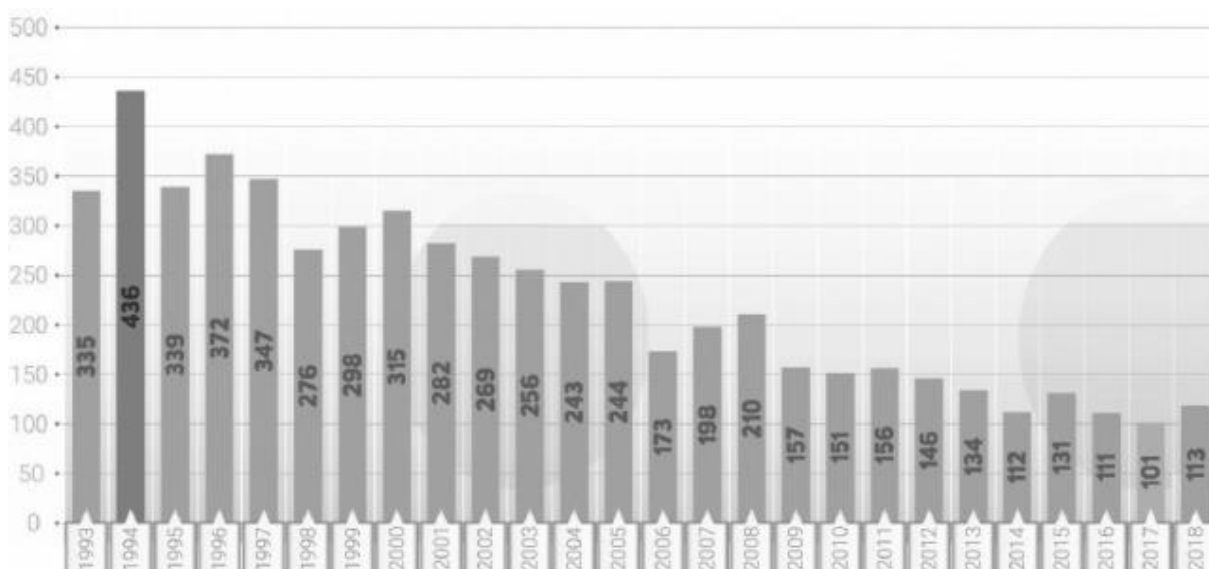
"Kladně můžeme hodnotit opětovný pokles usmrcených osob u nejrizikovější kategorie účastníků dopravních nehod – chodců. Těch zemřelo na silnicích v roce 2017 celkem 101, tedy o 10 méně než v roce 2016. K tomuto výsledku přispívá i řada preventivních aktivit ke zviditelňování chodců reflexními prvky, což je dlouhodobá priorita Policie ČR, ve které

budeme i v následujícím období pokračovat, abychom přispěli i do budoucna ke snížení stále vysokého čísla těchto obětí. " [8]

5.1 Usmrcení chodců

Jak ukazuje graf 2, usmrcených chodců bylo v roce 2017 skutečně o 10 méně než v roce 2016. Mohlo by se tedy zdát, že povinnost nošení retroreflexních prvků zafungovala. Ovšem v roce 2018 počet usmrcených chodců opět vzrostl, a to na 113.

Graf 2 - Usmrcení chodci v ČR v letech 1993 až 2018 [5] [8]

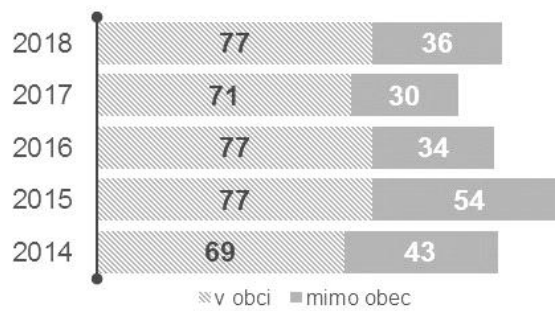


Avšak hodnotit nehodovost chodců a přínos retroreflexních prvků pouhým porovnáním počtů usmrcených osob by bylo velmi krátkozraké. Je nutné zohlednit hned několik dalších faktorů a z nich vycházející statistiky.

5.2 Nehody chodců mimo obec

Povinnost nošení retroreflexních prvků se dle zákona vztahuje na chodce, kteří se pohybují mimo obec. Graf 3 ukazuje, jaký byl poměr mezi usmrcenými chodci v obci a mimo obec v letech 2014 až 2018. Z něj je zřejmé, že právě mimo obec dochází ke zhruba třetině smrtelných nehod chodců.

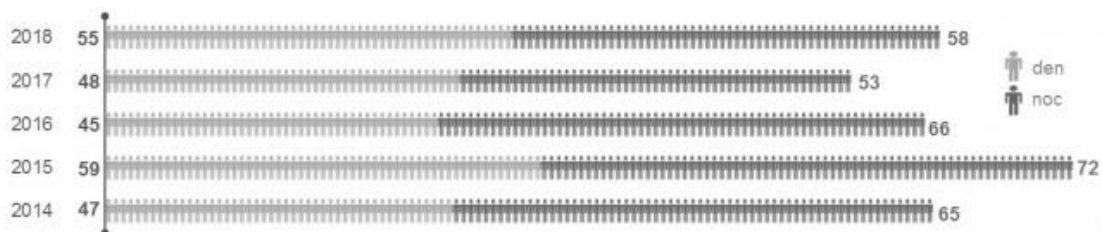
Graf 3 - Smrtelné nehody chodců v obci a mimo obec [5]



5.3 Nehody chodců za snížené viditelnosti

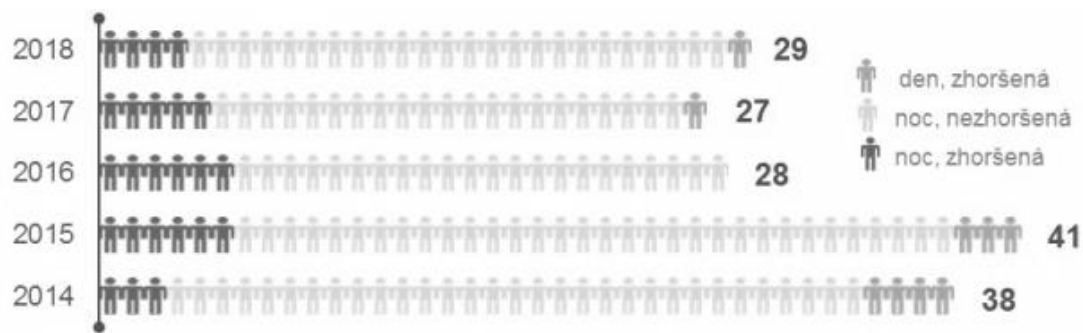
Zákon hovoří o tom, že chodec musí mít retroreflexní prvek tehdy, pohybuje-li se za snížené viditelnosti po krajnici nebo po okraji vozovky v místě, které není osvětleno veřejným osvětlením. To alespoň částečně zohledňuje graf 4, na kterém lze pozorovat poměr usmrcených chodců ve dne a v noci v letech 2014 až 2018.

Graf 4 - Usmrcení chodci podle denní doby [5]



Z grafu 4 lze konstatovat, že ke smrtelným nehodám chodců dochází mírně častěji v noci než ve dne. Avšak snížená viditelnost, tak jak ji definuje zákon, může nastat i ve dne a to za mlhy, sněžení nebo hustého deště. I tehdy je chodec povinen mít na sobě retroreflexní prvek. Tento faktor zohledňuje graf 5, v němž je zobrazen poměr usmrcených chodců mimo obec ve dne při zhoršené viditelnosti, v noci při nezhoršené viditelnosti a v noci při zhoršené viditelnosti. Právě tyto usmrcení chodci měli povinnost mít na sobě retroreflexní prvek, který by zvýšil jejich šanci na přežití.

Graf 5 - Usmrcení chodci mimo obec za snížené viditelnosti [5]



5.4 Nehody chodců mimo obec za snížené viditelnosti

Zda měli chodci zmínění v grafu 5 retroreflexní prvek nelze zjistit. Policie ČR totiž statistiku o tom, zda na sobě sražený chodec měl či neměl retroreflexní prvek, neeviduje. Z téhož grafu 5 je však patrné, že od roku 2016, kdy byla povinnost retroreflexních prvků zavedena, se počet usmrcených chodců oproti předchozím rokům snížil zhruba o třetinu.

Aby byl přínos retroreflexních prvků posouzen co možná nejobektivněji, byly proto autorem práce detailně vyhodnoceny veškeré smrtelné nehody chodců v období 2014 až 2018 pomocí aplikace "Statistické vyhodnocení nehod v mapě", kde je možné vyhledávat a třídit nehody podle mnoha kritérií a taktéž jsou zde podrobné informace o konkrétních nehodách.

Smyslem tohoto bádání bylo zjistit, v kolika případech byl jako viník nehody označen chodec, jestliže se jednalo o nehodu mimo obec a za snížené viditelnosti. Šlo o to nalézt ty případy, ve kterých použití retroreflexního prvku mohlo teoreticky zabránit smrtelné nehodě. Výsledky jsou prezentovány v tab. 2.

Na první pohled zaujme, že jde o poměrně nízká čísla v řádu jednotek a že se nijak dramaticky neliší období před a po zavedení povinnosti retroreflexních prvků, tedy před a po roce 2016. Lze také pozorovat, že jako nejrizikovější se jeví období v noci - bez veřejného osvětlení, při nezhoršené viditelnosti vlivem povětrnostních podmínek.

Tab. 2 - Smrtelné nehody chodců mimo obec za snížené viditelnosti zaviněné chodci [7]

| Viditelnost \ Rok | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|---|------|------|------|------|------|
| Ve dne - zhoršená viditelnost (svítání, soumrak) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Ve dne - zhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek (mlha, sněžení, déšť apod.) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V noci - bez veřejného osvětlení, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek | 6 | 4 | 2 | 0 | 5 |
| V noci - bez veřejného osvětlení, viditelnost zhoršená vlivem povětrnostních podmínek (mlha, sněžení, déšť apod.) | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

Ovšem i výsledky prezentované v tab. 2 trpí jistou nedokonalostí. Lze předpokládat, že pokud byl jako viník nehody označen chodec, mohlo to být z důvodu, že na sobě neměl retroreflexní prvek. V úvahu však připadá i varianta, že chodec retroreflexní prvek měl a i přesto zavinil nehodu on například náhlým vstoupením do vozovky z krajnice. A nakonec nelze opomenout ani možnost, kdy chodec neměl retroreflexní prvek, ale za viníka nehody byl označen řidič, protože nepřizpůsobil rychlost jízdy rozhledové vzdálenosti. Mnohdy je určení zavinění natolik komplikované, že o něm musí rozhodnout soud.

6 Legislativa

6.1 Povinnost užití retroreflexních prvků pro chodce

(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. [3]

Toto je odstavec 9, § 53, zákona č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích, který ukládá chodci povinnost nosit retroreflexní prvky. Do zákona byl vložen 20. února 2016 novelizačním zákonem 48/2016 Sb, na základě vládního návrhu z 21. dubna 2015. Přestože schválení předcházela dlouhá diskuze na půdě poslanecké sněmovny, nakonec se do zákona dostal ve stejném znění, v jakém byl předložen.

Níže jsou vymezeny základní pojmy týkající se této povinnosti, jak je popisuje zákon č. 361/2000 Sb. i s jejich písmenným označením odstavce.

6.1.1 Vymezení základních pojmů

j) chodec je i osoba, která tlačí nebo táhne sáňky, dětský kočárek, vozík pro invalidy nebo ruční vozík o celkové šířce nepřevyšující 600 mm, pohybuje se na lyžích, kolečkových bruslích nebo obdobném sportovním vybavení anebo pomocí ručního nebo motorového vozíku pro invalidy, vede jízdní kolo, motocykl o objemu válců do 50 cm³, psa a podobně, [3]

cc) obec je zastavěné území, jehož začátek a konec je na pozemní komunikaci označen příslušnými dopravními značkami; na účelových komunikacích se značky neosazují, [3]

ff) snížená viditelnost je situace, kdy účastníci provozu na pozemních komunikacích dostatečně zřetelně nerozeznají jiná vozidla, osoby, zvířata nebo předměty na pozemní komunikaci, například od soumraku do svítání, za mlhy, sněžení, hustého deště nebo v tunelu, [3]

v) krajnice je část povrchu pozemní komunikace ležící mezi okrajem přilehlého jízdního pruhu a hranou koruny pozemní komunikace,¹⁾ skládá se zpevněné a nezpevněné části, [3]

6.1.2 Definice prvků z retroreflexního materiálu

Konkrétní požadavky na prvky z retroreflexního materiálu a jejich umístění zákon nestanovuje. Ministerstvo dopravy k tomu ve své tiskové zprávě z 30. 3. 2016 říká:

„Reflexní prvky musí splňovat příslušné normy, které jsou v souladu s těmi evropskými a stanovují požadavky na optické vlastnosti těchto materiálů.“ [9]

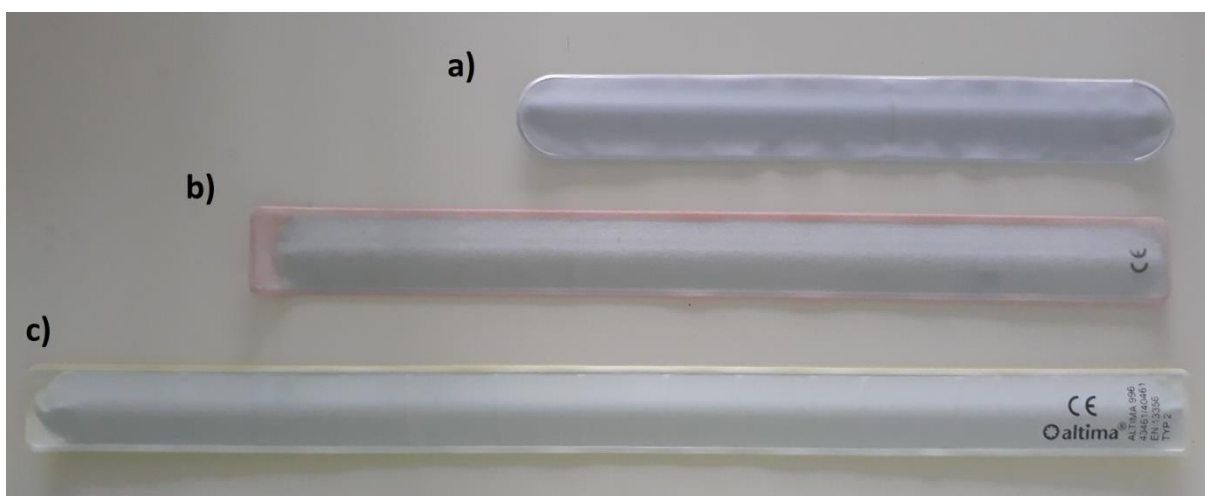
Tato povinnost však není určena chodcům, ale prodejcům a distributorům. Jimi prodávané prvky, respektive uváděné na trh, musí být v souladu s technickými požadavky na osobní ochranné prostředky, které jsou konkretizovány v nařízení vlády č. 21/2003 Sb.

Na plnění těchto požadavků dohlíží Česká obchodní inspekce. Například v roce 2018 provedla kontrolní akci zaměřenou na retroreflexní pásy a zjistila nedostatky v 90 procentech případů. Nejčastějším prohřeškem bylo nedostatečné označení retroreflexních

pásek, včetně značení CE (ověřený a certifikovaný výrobek) a nesplnění fotometrických požadavků podle normy ČSN EN 13356 viz kapitola 6.4.1.[10]

Ministerstvo dopravy i BESIP proto chodcům doporučují pořízení pouze takových retroreflexních prvků, které nesou označení CE a splňují normu ČSN EN 13356, jak je znázorněno na obr. 2.

Obr. 2 - Označení retroreflexních pásek: a) bez označení, b) s označením CE, c) s označením CE a normy EN 13356 [Zdroj: vlastní zpracování]



6.1.3 Sankce

V případě nesplnění povinnosti může být chodci uložena pokuta v rozmezí od 0 do 2000 Kč blokově, nebo 1500 Kč až 2500 Kč ve správním řízení. Policejní prezidium avizovalo, že bude lidem spíše domlouvat a rozdávat retroreflexní pásy v rámci prevence.

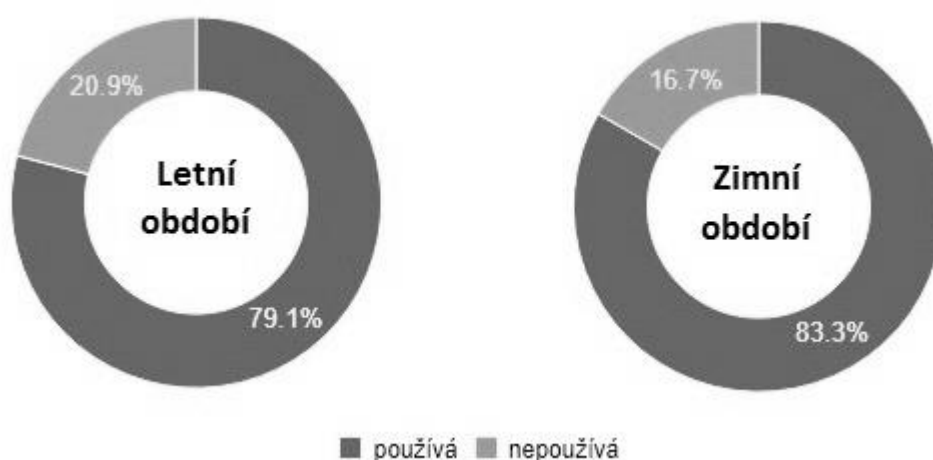
Jak ale dokládá tisková zpráva Krajského ředitelství policie ČR Středočeského kraje z 12. 12. 2016, policie již po necelém roce od zavedení povinnosti přistoupila i k udělování pokut. Podle tiskové zprávy zkontrolovali policisté na Kutnohorsku 148 chodců a z toho 9 jich nemělo retroreflexní prvky, za což policisté uložili osm blokových pokut v celkové výši 3400 Kč a jeden přestupek oznámili správnímu orgánu. [11]

Celkovou částku vybranou na pokutách za absenci retroreflexních prvků u chodců policejní prezidium neeviduje.

6.1.4 Anketa o používání retroreflexních prvků

Jak ukazují výsledky ankety Centra dopravního výzkumu, stále je hodně těch, kteří povinné retroreflexní prvky nenosí. Na grafu 6 je vidět, že v letním období nenosí retroreflexní prvky více než 20 procent respondentů, v zimním období pak více než 16 procent respondentů. Internetové ankety se ke dni 25. 2. 2019 zúčastnilo 258 lidí. [6]

Graf 6 - Výsledky ankety Centra dopravního výzkumu o používání retroreflexních prvků chodci [6]



6.2 Povinnost užití retroreflexní vesty pro řidiče

Povinnost být označen retroreflexním prvkem, respektive oděvem platí také pro řidiče a je definována v zákoně č. 361/2000 Sb. § 5 takto:

(1) Řidič je kromě povinností uvedených v § 4 dále povinen

l) mít na sobě oděvní doplňky s označením z retroreflexního materiálu stanovené prováděcím právním předpisem podle § 56 odst. 8, nachází-li se mimo vozidlo na pozemní komunikaci mimo obec v souvislosti s nouzovým stáním; to neplatí pro řidiče motocyklu, mopedu a nemotorového vozidla. [3]

Zmíněný § 56 odst. 8 zní takto:

(8) *Vzor a způsob užití oděvních doplňků s označením z retroreflexního materiálu stanoví prováděcí právní předpis.*

Tento prováděcí právní předpis je dán vyhláškou č. 294/2015 Sb.:

§ 19 Vzor a způsob užití oděvních doplňků s označením z retroreflexního materiálu

(1) *Oděvními doplňky jsou blůza, kabát, tričko, vesta nebo kalhoty fluorescenční žluté nebo fluorescenční oranžovo-červené barvy doplněné retroreflexními pásy (dále jen „výstražný oděv“). Retroreflexní pásy a fluorescenční plochy musí být na výstražném oděvu vhodně umístěny a provedeny v dostatečné ploše. Tyto podmínky jsou splněny, odpovídá-li výstražný oděv požadavkům příslušné harmonizované evropské normy¹⁾. [12]*

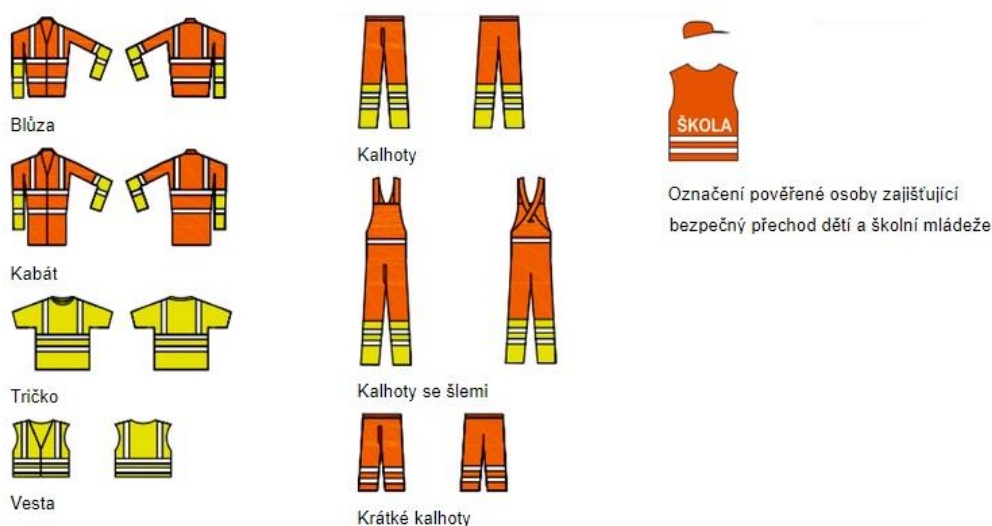
(2) *Vzory výstražných oděvů jsou vyobrazeny v příloze č. 12 k této vyhlášce. [12]*

Příslušná harmonizovaná norma je následující a je blíže popsána v kapitole Normy.....:

1) ČSN EN ISO 20471:2013. *Oděvy s vysokou viditelností - Zkušební metody a požadavky. [12]*

Zde je pak příloha č. 12 k vyhlášce č. 294/2015 Sb.:

Obr. 3 - Příloha č. 12 k vyhlášce č. 294/2015 Sb. Příklady vyobrazení výstražných oděvů [12]



6.2.1 Vymezení základních pojmů

Řidič

d) řidič je účastník provozu na pozemních komunikacích, který řídí motorové nebo nemotorové vozidlo anebo tramvaj; řidičem je i jezdec na zvířeti, [3]

Nouzové stání

§ 26 (3) Řidič motorového vozidla, které je povinně vybaveno přenosným výstražným trojúhelníkem, 2) musí tohoto trojúhelníku užít po dobu nouzového stání, například při přerušení jízdy pro závadu na vozidle nebo nákladu, v důsledku dopravní nehody nebo pro náhlou nevolnost, jestliže takové vozidlo tvoří překážku provozu na pozemních komunikacích. Trojúhelník musí umístit na okraj vozovky tak, aby byl pro přijíždějící řidiče včas a zřetelně viditelný, a to ve vzdálenosti nejméně 50 m, na dálnici nejméně 100 m za vozidlem. V obci může být tato vzdálenost, vyžadují-li to okolnosti, kratší. Je-li motorové vozidlo vybaveno výstražným světelným zařízením, 2) musí ho řidič užít nejméně po dobu, než výstražný trojúhelník umístí na vozovce. [3]

6.3 Povinnost retroreflexe v zahraničí

6.3.1 Chodci

V některých cizích státech platí povinnost retroreflexních prvků pro chodce již řadu let. Vládní návrh zákona z 21. dubna 2015, který byl podnětem k zavedení této povinnosti i u nás, vycházel právě z pozitivních zkušeností ze zahraničí. Níže jsou vyjmenovány evropské státy, ve kterých platí povinnost užití retroreflexních prvků či oděvů pro chodce. [13]

Slovensko - Za snížené viditelnosti musí na sobě chodec mít viditelně umístěné reflexní prvky nebo reflexní bezpečnostní oděv. Tato povinnost platí v obci i mimo obec.

Polsko – Chodec na neosvětlené komunikaci nebo komunikaci mimo zastavěná území musí mít na sobě oblečenu reflexní vestu.

Maďarsko - Pohybují-li se chodci po vozovce nebo po krajnici mimo zastavěné území musí nosit reflexní oděv v noci nebo za špatné viditelnosti.

Finsko - Chodci musejí použít reflexní prvky v hodinách snížené viditelnosti. Akceptován je jakýkoliv druh reflexního oděvu. [14] [15]

6.3.2 Řidiči a spolujezdcí

Zatímco u nás platí povinnost použití reflexní vesty po vystoupení z vozu při nouzovém zastavení pouze pro řidiče, v ostatních státech je tomu většinou jinak.

Reflexní vesty jsou povinné pro všechny pasažéry ve voze a to ve dne i v noci na Slovensku, v Polsku, Německu, Rakousku, Maďarsku, Estonsku, Finsku, Itálii či Švédsku. A protože řidič i spolujezdec musí mít na sobě vestu už při vystoupení z vozu, je nutné mít vesty uložené ve vozidle a ne např. v kufru.

Vesty jsou dále povinné ve státech Andorra, Belgie, Bosna a Hercegovina, Bulharsko, Černá Hora, Francie, Itálie, Litva, Lotyšsko, Lucembursko, Makedonie, Norsko, Portugalsko, Slovinsko, Srbsko a Ukrajina.

V Chorvatsku je vesta, stejně jako u nás, povinná pouze pro řidiče a v Dánsku je její užití pouze doporučeno.

Stále je ale také hodně zemí, kde vesty nejsou povinné vůbec: Albánie, Irsko, Nizozemsko, Rumunsko, Rusko, Řecko, Švédsko, Švýcarsko, Turecko a Velká Británie. [14] [15] [16]

6.4 Normy

Na trhu jsou k dostání retroreflexní prvky či oděvy v různých provedeních a jakosti. Česká obchodní inspekce, která kontroluje kvalitu prodávaných výrobků, se nezdá setkávat s jejich nedostatky. Etalonem pro posouzení kvality jsou pak české technické normy respektive české verze evropských norem.

Retroreflexní prvky, které je povinné mít na sobě chodec při pohybu mimo obec za snížené viditelnosti, nejsou v zákoně předepsány žádnou normou. Záleží pouze na samotném chodci, jaký význam přikládá výběru retroreflexních prvků. Jak je však popsáno v praktické části této diplomové práce, kvalitativní rozdíly mezi jednotlivými prvky jsou propastné.

Vodítkem při výběru spolehlivého retroreflexního prvku je podle ministerstva dopravy i České obchodní inspekce skutečnost, že daný výrobek nese označení CE (ověřený a certifikovaný výrobek), případně označení, že splňuje některou technickou normu. Při kontrolách retroreflexních prvků, coby osobní ochranné prostředky, je Českou obchodní inspekcí vyžadována norma ČSN EN 13356. V případě nesouladu s touto normou, je prodejce povinen stáhnout takovýto výrobek z trhu.

Co se týče reflexních vest pro řidiče, tam je zákon důslednější. Je vyžadován oděvní doplněk s označením z retroreflexního materiálu, který splňuje normu ČSN EN ISO 20471:2013.

6.4.1 ČSN EN 13356

Výstražné doplňky pro neprofesionální použití – Metody zkoušení a požadavky. Tak zní přesný název normy ČSN EN 13356, která stanovuje požadavky na optické vlastnosti prvků pro neprofesionální použití. Prvky vyhovující této normě, jak je uvedeno v předmětu samotné normy, jsou určeny k signalizaci vizuální přítomnosti osob při osvětlení předními světly vozidel na tmavých cestách. Navíc je zdůrazněno, že tato norma není vhodná pro oděvy. [17]

Norma ČSN EN 13356 rozlišuje 3 typy retroreflexních doplňků:

Typ 1 - volně zavěšený doplněk - jedná se o doplňky, které mohou být zavěšeny na oděvu nebo na částech těla a které lze kdykoliv z vlastní vůle odstranit. Mohou to být různé retroreflexní přívěsky či klipy.

Typ 2 - snímatelný doplněk - vyznačují se tím, že jsou přechodně připojené na oděv či část těla a jsou snímatelné bez pomoci náradí. Mezi tento typ patří nejčastěji používaný retroreflexní prvek a totiž reflexní pásek.

Typ 3 - trvale připevněný doplněk - jde o doplňky, které jsou vyrobeny pro trvalé připojení, tedy např. retroreflexní samolepky či lepicí pásy.

Norma definuje pojmy jako flexibilní doplněk, neohebný (tuhý) doplněk či materiál citlivý na orientaci. Klade také požadavky na plošné rozměry, přičemž doplněk typu 1 musí být mezi 15 cm² a 50 cm², doplňky typu 2 a typu 3 pak musí mít plochu větší než 15 cm².

Mezi další požadavky na retroreflexní prvky patří:

Odolnost proti oděru

Požadavky po praní a chemickém čištění

Odolnost proti teple

Požadavky při nízkých teplotách (při ohýbání)

Expozice vodou

Vliv deště

Značení

Informace pro používání poskytované výrobcem

Podstatné pro tuto práci jsou zejména požadavky fotometrické, které stanovují jakých minimálních hodnot svítivosti respektive retroreflexe musí doplňky dosáhnout (viz tab. 3 a tab. 4).

Tab. 3 - Minimální koeficient svítivosti R pro volně zavěšené doplňky typu 1, hodnoty svítivosti R v mcd/lx [17]

| Úhel pozorování α | Úhel dopadu β | | |
|--------------------------|--|---|---|
| | $\beta_1 = 0^\circ$ $\beta_2 = \pm 5^\circ$ | $\beta_1 = \pm 10^\circ$ $\beta_2 = 0^\circ$ | $\beta_1 = 0^\circ$ $\beta_2 = \pm 20^\circ$ |
| 0,2° (12') | 560 | 350 | 280 |
| 0,33° (20') | 400 | 250 | 200 |
| 1,5° (1° 30') | 20 | 10 | 10 |

Tab. 4 - Minimální koeficient retroreflexe R' pro doplňky typu 2 a typu 3, hodnoty retroreflexe R' v $cd/(lx \cdot m^2)$ [17]

| Úhel pozorování α | Úhel dopadu β (jen měření + úhel dopadu β_1) | |
|--------------------------|--|--|
| | $\beta_1 = +5^\circ$ $\beta_2 = 0^\circ$ | $\beta_1 = +20^\circ$ $\beta_2 = 0^\circ$ |
| 0,2° (12') | 110 | 80 |
| 0,33° (20') | 80 | 60 |
| 1,5° (1° 30') | 4 | 3 |

6.4.2 ČSN EN ISO 20471:2013

Oděvy s vysokou viditelností – Zkušební metody a požadavky. To je úplný název této normy, která stanovuje požadavky na oděv s vysokou viditelností (většinou reflexní vesta), který je schopen vizuálně signalizovat přítomnost uživatele, a to jak při denním světle tak i při osvětlení světlometry vozidel za tmy. [18]

Norma hovoří o tom, že tyto oděvy s vysokou viditelností mohou být v různém provedení:

vesty (oděvní součásti pokrývající pouze trup)

trika (oděvní součásti pokrývající trup a paže)

kalhoty (oděvní součásti pokrývající nohy)

kombinézy bez rukávů (oděvní součásti pokrývající trup a nohy)

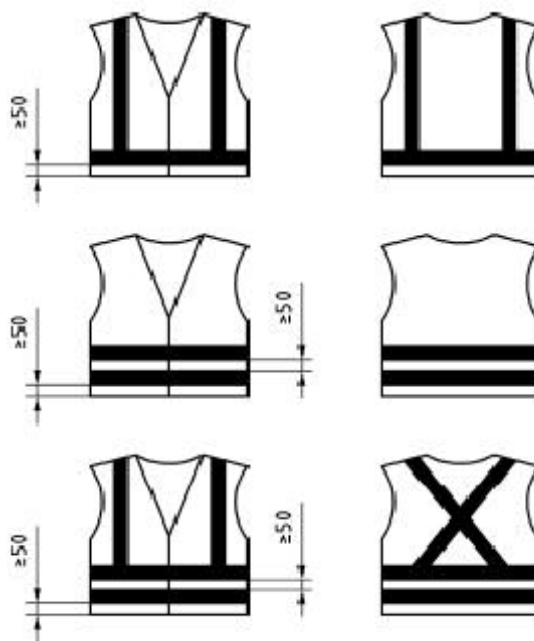
kombinézy s rukávy (oděvní součásti pokrývající trup, paže a nohy). [18]

Norma dále stanovuje požadavky na fluorescenční materiál (viditelnost za světla) a retroreflexní materiál (viditelnost za tmy). S ohledem na téma této práce zde budou dále popsány pouze požadavky na retroreflexní materiál.

Oděvní součásti všech výše zmíněných typů musí být opatřeny horizontálními pásy z retroreflexního materiálu o minimální šířce 50 mm. Dále platí, že těchto horizontálních pásů může být na oděvu i více s tou podmínkou, že vzdálenost od spodního okraje oděvu i mezi nimi je také minimálně 50 mm. Tyto pásy musí být po celém obvodu oděvu, aby byla zajištěna viditelnost jejich uživatele ze všech úhlů. Vesty mohou být opatřeny, mimo

povinných horizontálních, také vertikálními či diagonálními retroreflexními pásy, jak je vidět na obr. 4. [18]

Obr. 4 - Příklady retroreflexních vest (oděvní součásti pokrývající pouze trup), rozměry jsou v milimetrech [18]



Požadavky na minimální koeficient retroreflexe zmíněných retroreflexních pásů nových oděvních součástí stanovuje tab. 5. Nutno zmínit, že pokud se jedná o materiál citlivý na natočení, což znamená, že se hodnoty koeficientu retroreflexe při dvojitým měření, při úhlech natočení $\epsilon_1=0^\circ$ a $\epsilon_2=90^\circ$, liší o více než 15%, musí jedna z naměřených hodnot plně vyhovovat minimálním požadavkům uvedených v tab. 5 a druhá musí tu samou povinnost splňovat alespoň z 75%. [18]

Tab. 5 - Minimální koeficient retroreflexe R' pro retroreflexní materiál v $cd/(lx \cdot m^2)$ [18]

| Úhel pozorování α | Úhel dopadu β_1 ($\beta_2 = 0^\circ$) | | | |
|--------------------------|--|-----|-----|-----|
| | 5° | 20° | 30° | 40° |
| 0,2° (12') | 330 | 290 | 180 | 65 |
| 0,33° (20') | 250 | 200 | 170 | 60 |
| 1° | 25 | 15 | 12 | 10 |
| 1,5° (1° 30') | 10 | 7 | 5 | 4 |

Norma dále stanovuje požadavky na retroreflexi po expoziční zkoušce, tedy po vystavení některým vlivům, které retroreflexní materiál degradují. Jsou to tyto vlivy:

Oděr

Ohýbání

Skládání při nízkých teplotách

Střídání teplot

Vystavení dešti

Praní

Chemické čištění

Koeficient retroreflexe musí být po vystavení těmto vlivům vyšší než $100 \text{ cd}/(\text{lx}\cdot\text{m}^2)$, měřeno při úhlu pozorování $0,2^\circ(12')$ a úhlu dopadu 5° . I zde platí, že pokud se jedná o materiál citlivý na natočení, musí jedna naměřená hodnota splňovat tyto požadavky zcela, druhá pak alespoň z 75%, což znamená, že menší naměřená hodnota musí být vyšší než $75 \text{ cd}/(\text{lx}\cdot\text{m}^2)$.

Norma také popisuje, respektive odkazuje na přesné postupy provedení expozičních zkoušek. V této práci je zde blíže popsána expoziční zkouška praní a to v kapitole 11.2. [18]

7 Princip retroreflexe

Retroreflexe je optický jev, který využívá zpětného odrazu světla neboli odrazu světelných paprsků zpět ke svému zdroji. Některé materiály využívají zákon odrazu, kde platí: „úhel dopadu rovná se úhel odrazu“, jiné k tomu potřebují ještě lom světla při průchodu různými prostředími.

7.1 Světlo

Světlo je v podstatě šíření elektromagnetických vln, které jsou pozorovatelné v různých spektrálních intervalech. Pro tuto práci jsou stěžejní elektromagnetické vlny,

respektive spektrální interval, jež je viditelný lidským okem. Tento interval se nachází mezi 400-700 nm. [19]

7.2 Odrazivost světla

Odrazivost světla je optická vlastnost, která definuje, kolik dopadajícího světla se od materiálu odrazilo. Závisí jak na samotném materiálu, jeho chemickém složení a struktuře, tak i na směru dopadu, vlnové délce a polarizaci světla. [19]

7.3 Odraz a lom světla

Odrazu světla využívá především mikroprizmatický materiál, ale částečně i balotinový retroreflexní materiál, jak bude popsáno dále. Platí přitom zákon odrazu: „Velikost úhlu odraženého světla rovná se velikosti úhlu dopadající světla.“

$$\alpha' = \alpha$$

V případě lomu světla jsou určující prostředí, jakými světelný paprsek prochází. Na jejich rozhraní dochází k lomu, viz obr. 5, přičemž úhel odrazu je dán indexem lomu. V případě balotinového materiálu, který je tvořen malými skleněnými kuličkami má tento index hodnotu 1,5 – 1,9 podle druhu zvoleného skla. Lom světla definuje Snellův zákon: [20]

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

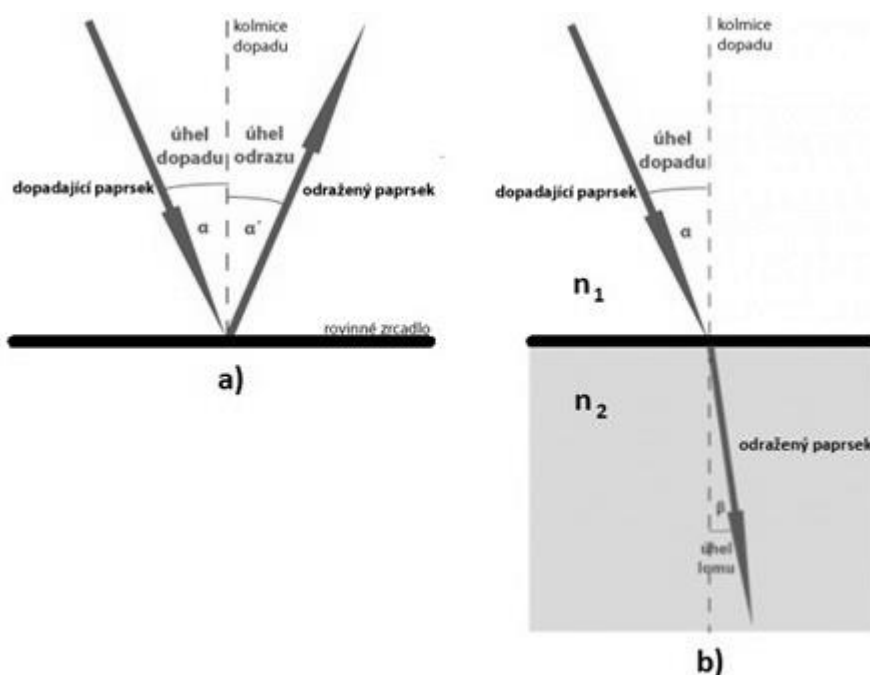
v_1 ...rychlost světla v prvním prostředí

v_2 ...rychlost světla ve druhém prostředí

n_1 ...index lomu prvního prostředí

n_2 ...index lomu druhého prostředí

Obr. 5 - a) odraz světla, b) lom světla [20]



7.4 Koeficient svítivosti

Koeficient svítivosti R je dán poměrem svítivosti retroreflektoru I ve směru pozorování k intenzitě osvětlení E na retroreflektoru v rovině kolmé ke směru dopadajícího světla. [21]

$$R = \frac{I}{E} \quad \left[\frac{\text{cd}}{\text{lx}} \right]$$

7.5 Koeficient retroreflexe

Určuje viditelnost retroreflexních materiálů tak, jak jsou viděny řidiči při osvětlení světlomety jejich vozidel. Koeficient retroreflexe R' (někdy označován R_A nebo R_A) se získá jako poměr koeficientu svítivosti R a plochy retroreflexního materiálu A . [21]

$$R' = \frac{R}{A} = \frac{I/E}{A} \quad \left[\frac{\text{cd/lx}}{\text{m}^2} \right]$$

7.6 Měření retroreflexe

Retroreflexi lze měřit pomocí zařízení, které se skládá ze světelného projektoru, dvourozměrného goniometru, referenční a pozorovací hlavy s transimpedančními zesilovači a analogové digitální převodníkové karty s vyvinutým softwarem. Takový systém umí vyjádřit hodnoty koeficientu svítivosti i retroreflexe při pozorovacím úhlu od $0,1^\circ$ do 5° . [22]

7.7 Úhel pozorování a úhel dopadu

Úhel pozorování je tvořen paprskem světla od světlometů automobilu, který dopadá na retroreflexní materiál a paprskem odraženého světla od retroreflexního materiálu k očím řidiče.

Dopadající paprsek od světlometu a pomyslná rovnoběžka s automobilem protínající místo dopadu světelného paprsku na retroreflexní materiál pak svírá úhel dopadu, jak je vidět na obr. 6.

Čím dále je retroreflexní prvek od pozorovatele (vozidla), tím menší je pozorovací úhel i úhel dopadu. [23]

Obr. 6 - a) úhel pozorování, b) úhel dopadu [23]



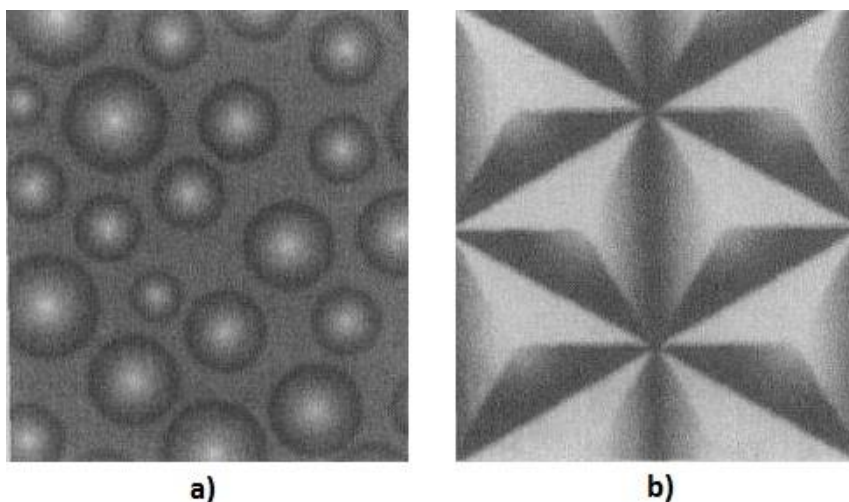
8 Retroreflexní materiály

Historie retroreflexních materiálů sahá do první poloviny dvacátého století. V roce 1937 firma 3M vyvinula reflexní pásku, která se používala na zvýraznění vozovky. Problém však byl s její trvanlivostí. Většího rozmachu se reflexní materiál dočkal o deset let později, kdy začal být instalován na svislé dopravní značky. V těchto prvopočátcích se jednalo

o materiál, jenž byl tvořen skleněnými kuličkami o velikosti poloviny průměru lidského vlasu, které byly z jedné strany opatřeny hliníkem a přilepeny k podkladu. V roce 1971 vyráběla firma 3M materiál, který byl schopen odrazit zpět 16 procent světla. Dnešní nejkvalitnější retroreflexní materiály se blíží k 90 procentům.

Retroreflexní materiály se dělí na dva základní typy: balotinové (kuličkové) a mikroprizmatické. Základní rozdíl je ve struktuře těchto materiálů. Jak ukazuje obr. 7, balotinové materiály jsou tvořeny malými kuličkami, které mají různou velikost a uspořádání, zatímco mikroprizmatické mají strukturu pravidelnou tvořenou malými jehlany.

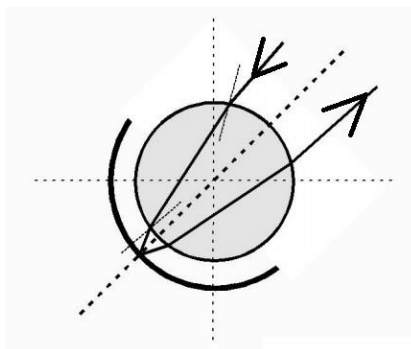
Obr. 7 - Retroreflexní materiály pod mikroskopem: a) balotinový, b) mikroprizmatický [24]



8.1 Balotinový materiál

Je tvořen malými skleněnými kuličkami, které jsou náhodně uspořádané, a jejich velikost se pohybuje od 1 mikrometru výše. Balotinový materiál funguje na principu lomu světla při přechodu mezi různými prostředími, jak je vidět na obr. 8. Nejčastěji se s ním lze setkat na reflexních vestách ve formě šedých či šedostříbrných pásů, které jsou na podkladový materiál nažehlovány či našívány. Využití má ale i na dopravních značkách, které nevyžadují vyšší míru retroreflexe (silnice nižších tříd, účelové komunikace), oblečení, případně na nejrůznějších přívěscích či jiných retroreflexních prvcích viz obr. 9.

Obr. 8 - Lom světelného paprsku při průchodu balotinou (skleněnou kuličkou) [25]

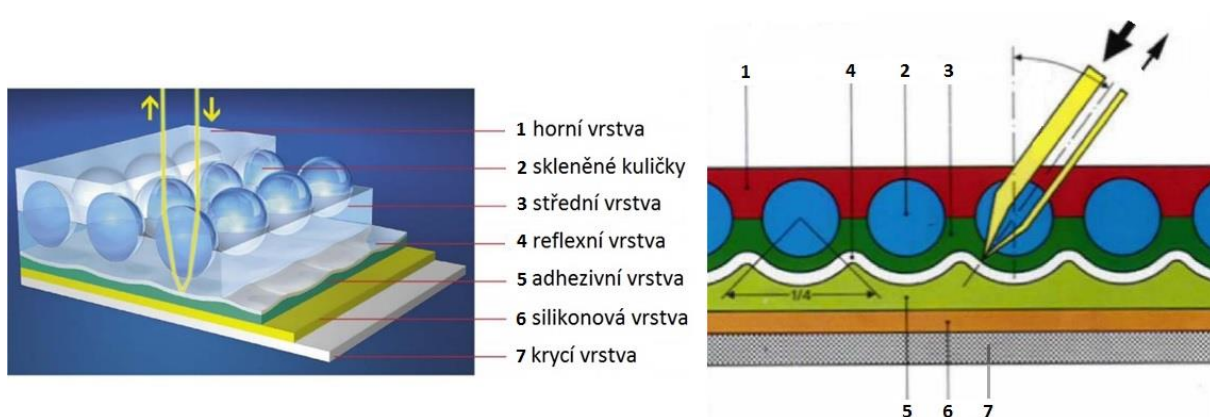


Obr. 9 - Příklady výrobků s retroreflexním balotinovým materiálem [26]

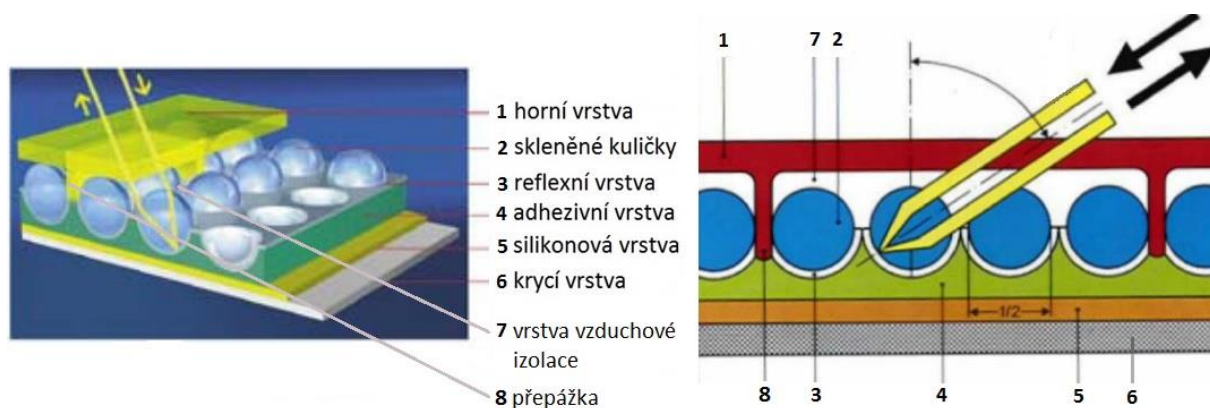


Zatímco první generace balotinového materiálu měla mikrokuličky zapuštěné, viz obr. 10, novější typ je má již zapouzdřené, viz obr. 11, což znamená, že dolní polovina kuličky je uložena přímo v reflexní vrstvě, střední vrstva zmizela a naopak přibyla vrstva vzduchové izolace, díky čemuž dochází k menšímu pohlcení světla a materiál tak vykazuje vyšší hodnoty retroreflexe.

Obr. 10 - Retroreflexní materiál se zapuštěnými kuličkami [25]



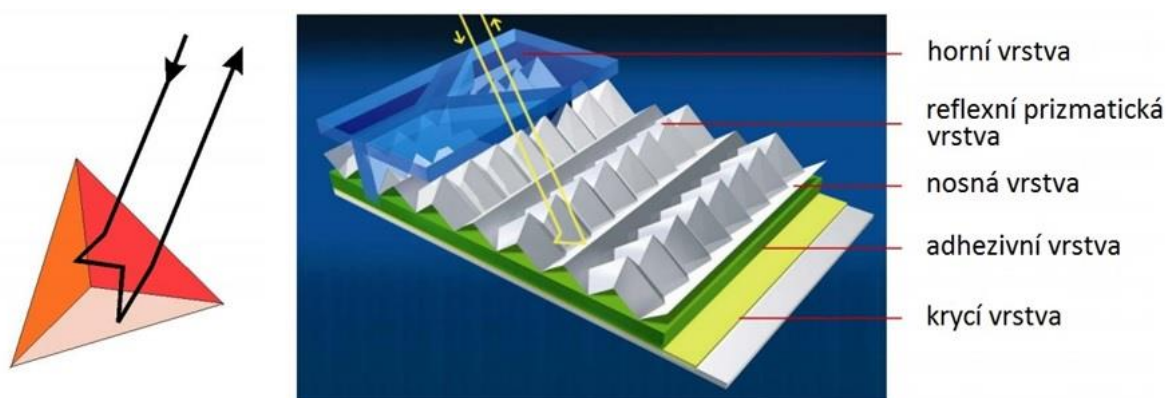
Obr. 11 - Retroreflexní materiál se zapouzdřenými kuličkami [25]



8.2 Mikroprizmatický materiál

Tento materiál je tvořen tzv. mikroprizmaty neboli pravidelnými geometrickými útvary, jež tvoří roh krychle a od kterých se odráží světlo. Těchto mikroprizmat může být až 3500 na cm^2 . Na rozdíl od balotínového materiálu zde nedochází k lomu světla při přechodu mezi různými prostředími, ale návrat paprsku světla je zajištěn několika odrazy od stěn jehlanu, jak je vidět na obr. 12. Tato technologie vrací světlo efektivněji než skleněné kuličky. [25]

Obr. 12 - Odraz světelného paprsku od mikroprizmatického materiálu [25][27]



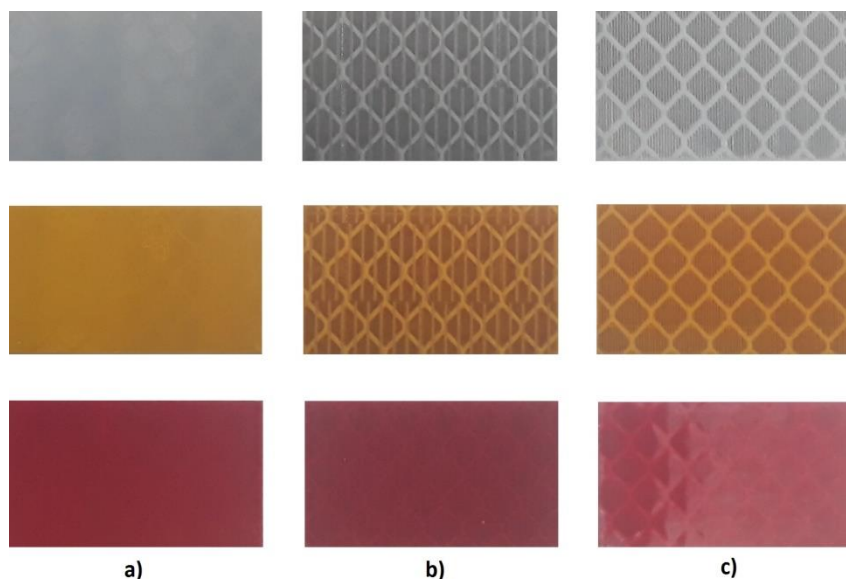
Mikroprizmatický materiál se dělí na tři základní typy: Engineer Grade, High Intensity Prismatic a Diamond Grade Reflective viz obr. 13. [28]

Engineer Grade – tato varianta prizmatického materiálu vykazuje nejnižší hodnoty retroreflexe. Protože je tisknutelná jak digitálním, tak sítotiskem, používá se často na nejrůznější samolepky, obtisky, retroreflexní prvky nebo dopravní značky na silnicích nižších tříd a účelových komunikacích. Jejich trvanlivost se udává minimálně 7 let. [28] [29]

High Intensity Prismatic – jedná se o nekovový prizmatický materiál, který se používá zejména pro dopravní značky na silnicích I. a II. třídy. Mají také vynikající fluorescenční vlastnosti, takže jsou dobře viditelné i ve dne. Výroba tohoto materiálu je oproti prvnímu typu – Engineer Grade šetrnější k přírodě a méně energeticky náročná. Životnost tohoto materiálu je minimálně 10 let. [28] [29]

Diamond Grade Reflective – tento typ prizmatického materiálu má až dvakrát vyšší hodnoty retroreflexe. Používá se na dopravních značkách na dálnicích a silnicích I. třídy, ale i tam, kde je potřeba zdůraznit značku, např. „Stop“ nebo „Dej přednost v jízdě“. Životnost tohoto materiálu je minimálně 12 let. [29]

Obr. 13 - Prizmatický retroreflexní materiál: a) Engineer Grade, b) High Intensity Prismatic, c) Diamond Grade Reflective [30]



PRAKTICKÁ ČÁST

9 Metodika měření retroreflexe

Cílem praktické části bylo porovnat retroreflexní vlastnosti materiálů a prvků a zhodnotit vliv degradace na jejich funkčnost. Autor práce za tímto účelem nashromáždil celkem 41 vzorků:

10x páska

8x vesta + 3x vesta vystavená expoziční zkoušce praní

7x samolepicí čtvereček, páska či odznak

7x přívěšek

5x doplněk oděvu či obuvi

1x reflexní terčík

U každého z těchto vzorků byla pomocí retroreflektometru Zehntner ZRS 6060 změřena hodnota retroreflexe.

Co se týče vlivu degradace, vzorek č. 33, respektive 34, 35 a 36 – reflexní vesta, byl podroben expoziční zkoušce praní, jak je blíže popsáno v kapitole 11.2. Také u těchto vzorků bylo poté provedeno měření retroreflexe.

Měření retroreflexe probíhalo dne 6. 2. 2019 ve školní laboratoři při 23°C a 50% vlhkosti, jak požadují normy ČSN EN 13356 a ČSN EN ISO 20471:2013.

10 Měřicí přístroj retroreflektometr Zehntner ZRS 6060

Jedná se o přenosný přístroj určený k měření noční viditelnosti čili součinitele retroreflexe svislých dopravních značek nebo jiných retroreflexních materiálů.

Obr. 14 - Retroreflektometr Zehntner ZRS 6060 [31]



Disponuje těmito vlastnostmi:

Měří hodnotu retroreflexe pro tři pozorovací úhly současně

Každé jednotlivé měření ukládá do interní paměti

Průběžně aktualizuje průměrnou hodnotu

3,5“ barevný displej s vysokým rozlišením a nastavitelným sklonem

Snadná kalibrace s pouze jedním pracovním standardem

Integrované měření teploty a relativní vlhkosti

Přístroj je při prvním používání potřeba nakalibrovat. To platí i pro případ, že přístroj ukáže, že je prošlá kalibrace nebo pokud to vyžadují platné předpisy.

Při měření je nutné přiložit přední panel přístroje přímo na měřený materiál, jak je vidět na obr. 15, a stisknout spoušť. Proces měření trvá 2-3 vteřiny a poté se hodnoty ihned zobrazují na displeji. Samozřejmostí je možnost naměřené hodnoty mazat, archivovat, jinak editovat či tisknout po připojení k externí tiskárně pomocí USB. [31]

Obr. 15 - Měření retroreflexe retroreflektometrem Zehntner ZRS 6060 [Zdroj: vlastní zpracování]



11 Výsledky měření

Jak již bylo zmíněno, měření retroreflexe bylo provedeno retroreflektorem Zehntner ZRS 6060, který dokáže jediným stisknutím spouště změřit tři hodnoty retroreflexe pro tři pozorovací úhly současně, a to pro úhly $0,2^\circ$; $0,33^\circ$ a $2,0^\circ$. Zároveň byl použit nástavec, který zajistil úhel dopadu 5° .

Norma ČSN EN 13356, viz kapitola 6.4.1, stanovuje minimální hodnoty retroreflexe pro pozorovací úhly $0,2^\circ$; $0,33^\circ$ a $1,5^\circ$ při úhlech dopadu 5° a 20° .

Norma ČSN EN ISO 20471:2013, viz kapitola 6.4.2, stanovuje minimální hodnoty retroreflexe pro pozorovací úhly $0,2^\circ$; $0,33^\circ$; 1° a $1,5^\circ$ při úhlech dopadu 5° , 20° , 30° a 40° .

Vzhledem k tomuto nesouladu, budou v následujících tabulkách a grafech vyhodnoceny pouze ty parametry, které jsou společné pro měření i normy, tedy při

pozorovacím úhlu $0,2^\circ$ a $0,33^\circ$ a úhlu dopadu 5° .

Pro každý prvek bylo provedeno trojí měření plus další trojí měření otočené o 90° pro případ, že by se jednalo o materiál citlivý na natočení, viz kapitola.... U přívěšků, z důvodu malé plochy, bylo provedeno trojí měření z jedné strany a trojí měření z druhé strany. U 3D přívěšků bylo provedeno šestero měření na různých místech. U obuvi a oděvů bylo provedeno pouze trojí měření z důvodu malé retroreflexní plochy.

V následujících tabulkách a grafech jsou uvedeny pouze průměry těchto měření. Veškeré naměřené údaje jsou pak uvedeny v příloze: Protokol měření retroreflexe s obrázky prvků.

V následujících tabulkách jsou vzorky číslovány tak, jak jim byla přidělena čísla během měření. Nejprve jsou uvedeny prvky, jež podléhají normě ČSN EN 13356, poté oděvy s vysokou viditelností podle ČSN EN ISO 20471:2013. Nakonec jsou vyhodnoceny vzorky vystavené expoziční zkoušce praní, které taktéž podléhají normě ČSN EN ISO 20471:2013.

11.1 Nové prvky

11.1.1 Retroreflexní pásy

Jedná se o výstražný doplněk, který slouží ke zvýšení viditelnosti za tmy či zhoršených světelných podmínek. Má zajistit vizuální přítomnost chodců, cyklistů nebo např. kočárků při osvětlení předními světly vozidel. Retroreflexní páska bývá většinou typu samonavíjecí, jež je tvořena reflexní PVC fólií, kovovým pojistným pérkem a vinylem. Může se jednat ale také o pásku na suchý zip, jako např. vzorek č. 10 v této práci.

Tab. 6 - Naměřené hodnoty retroreflexe pásek [Zdroj: vlastní zpracování]

| Vzorek | Požadavek normy ČSN EN 13356 na retroreflexi v cd/(lx*m²) při úhlu dopadu 5° a pozorovacích úhlech 0,2° respektive 0,33° | | Materiál citlivý na natočení | Splnění normy |
|--------|---|-------|------------------------------------|---------------|
| | 110 | 80 | | |
| 1 | 27,1 | 37 | ano | NE |
| | 18,6 | 16,2 | | |
| 2 | 47,4 | 37,2 | ne | NE |
| | 53 | 36,1 | | |
| 3 | 462,8 | 247,1 | ano | ANO |
| | 597,4 | 348,9 | | |
| 4 | 560,5 | 434,1 | ne | ANO |
| | 563,1 | 402,6 | | |
| 5 | 27 | 23,5 | ano | NE |
| | 20,2 | 16,1 | | |
| 6 | 427,5 | 364 | ano | ANO |
| | 510,2 | 375,5 | | |
| 7 | 305,3 | 237,7 | ne | ANO |
| | 358,1 | 235,4 | | |
| 8 | 119,2 | 156,1 | ano | ANO |
| | 113,4 | 99,9 | | |
| 9 | 505,7 | 436,7 | ano | ANO |
| | 685,3 | 469,9 | | |
| 10 | 332,7 | 226,5 | ne | ANO |
| | 347,6 | 236,9 | | |

11.1.2 Retroreflexní přívěšky

Jedná se o výstražný retroreflexní doplněk vyrobený většinou z plastu, který je potažený retroreflexní fólií, s možností přichycení k oděvu či tašce pomocí nejrůznějších spon, klipů či magnetů.

U těchto doplňků nebylo zjišťováno, zda se jedná o materiál citlivý na natočení. Jeden průměr uvedený v tab. 7 je vypočítán ze třech měření, které byly provedeny na jedné straně doplňku, druhý průměr vyšel z měření na druhé straně doplňku. Vzorek 16 a 17 - 3D přívěšky byly měřeny šestkrát na různých místech, z čehož vzešly též dva průměry.

Tab. 7 - Naměřené hodnoty retroreflexe přívěšků [Zdroj: vlastní zpracování]

| Vzorek | Požadavek normy ČSN EN 13356 na retroreflexi v cd/(lx*m ²) při úhlu dopadu 5° a pozorovacích úhlech 0,2° respektive 0,33° | | Splnění normy |
|--------|--|-------|---------------|
| | 110 | 80 | |
| 11 | 427,4 | 313,9 | ANO |
| | 334,1 | 251,1 | |
| 12 | 443,7 | 345,9 | ANO |
| | 337,7 | 239,1 | |
| 13 | 462,9 | 347,7 | ANO |
| | 345,8 | 240,6 | |
| 14 | 49,9 | 52,6 | NE |
| | 84,8 | 129,4 | |
| 15 | 316,1 | 230,8 | ANO |
| | 233,4 | 181,4 | |
| 16 | 393,5 | 292,9 | ANO |
| | 400,3 | 305 | |
| 17 | 423,5 | 303,7 | ANO |
| | 411,5 | 306,9 | |

11.1.3 Retroreflexní terčik

Nejedná se o klasický bezpečnostní prvek, tak jak je popisuje norma ČSN EN 13356. Tento terčik je pomůckou pro školy a školky při přecházení silnice, nelze proto očekávat, že bude používán v noci. Za snížené viditelnosti by však měl zajistit vizuální přítomnost dětské skupiny na komunikaci.

Tab. 8 - Naměřené hodnoty retroreflexe terčíku [Zdroj: vlastní zpracování]

| Vzorek | Požadavek normy ČSN EN 13356 na retroreflexi v cd/(lx*m ²) při úhlu dopadu 5° a pozorovacích úhlech 0,2° respektive 0,33° | | Splnění normy |
|--------|--|-----|---------------|
| | 110 | 80 | |
| 18 | 0,7 | 0,8 | NE |
| | 0,7 | 0,8 | |

11.1.4 Retroreflexní samolepky

Patří do kategorie trvale připevněných doplňků, které lze nalepit na různé povrchy a materiály s ohledem na pokyny výrobce. Většinou se jedná o samolepky, které jsou na rubové straně opatřené permanentním tlakem aktivovaným lepidlem. Mohou být různých tvarů, např. kolečka, čtverečky či dlouhé pásy, které lze libovolně stříhat.

Tab. 9 - Naměřené hodnoty retroreflexe samolepek [Zdroj: vlastní zpracování]

| Vzorek | Požadavek normy ČSN EN 13356 na retroreflexi v cd/(lx*m ²) při úhlu dopadu 5° a pozorovacích úhlech 0,2° respektive 0,33° | | Materiál citlivý na natočení | Splnění normy |
|--------|--|-------|------------------------------------|---------------|
| | 110 | 80 | | |
| 19 | 745 | 514,7 | ano | ANO |
| | 767,6 | 504,3 | | |
| 20 | 165,2 | 154,3 | ne | ANO |
| | 174,6 | 157,2 | | |
| 21 | 774,2 | 604,1 | ano | ANO |
| | 686,9 | 620,5 | | |
| 22 | 853,8 | 853,1 | ne | ANO |
| | 1117,9 | 777,5 | | |
| 23 | 829,8 | 833,2 | ano | ANO |
| | 1204,1 | 821,7 | | |
| 24 | 581,7 | 573,5 | ano | ANO |
| | 802,8 | 574,2 | | |
| 25 | 57,9 | 47,1 | ne | NE |
| | 25,9 | 23,6 | | |

11.1.5 Retroreflexní doplňky oděvů či obuvi

Jedná se o retroreflexní doplňky různých tvarů a velikostí, které jsou na oděv či obuv nažehleny nebo přišity již výrobcem. Vzhledem k jejich malým rozměrům u nich nebylo zjišťováno, zda se jedná o materiál citlivý na natočení a bylo proto provedeno pouze měření při úhlu natočení $\varepsilon_1=0^\circ$. Z toho důvodu je v tab. 10 vyhodnocen také požadavek na minimální plochu, která musí být větší než 15 cm², jak požaduje norma ČSN EN 13356.

Tab. 10 - Naměřené hodnoty retroreflexe doplňků oděvů či obuvi [Zdroj: vlastní zpracování]

| Vzorek | Požadavek normy ČSN EN 13356 na retroreflexi v cd/(lx*m ²) při úhlu dopadu 5° a pozorovacích úhlech 0,2° respektive 0,33° | | Plocha větší než 15 cm ² | Splnění normy |
|--------|--|-------|--|---------------|
| | 110 | 80 | | |
| 37 | 79,8 | 57,9 | ne | NE |
| 38 | 71 | 52,7 | ne | NE |
| 39 | 110,1 | 78,9 | ne | NE |
| 40 | 17,1 | 16,6 | ano | NE |
| 41 | 240,9 | 190,9 | ano | ANO |

11.1.6 Retroreflexní vesty

Jedná se o oděv s vysokou viditelností, který je součástí povinné výbavy řidiče. Požadavky na něj stanovuje norma ČSN EN ISO 20471:2013, jak je blíže popsáno v kapitole 6.4.2. V tab. 11 jsou uvedeny naměřené hodnoty retroreflexe jednotlivých vest.

Tab. 11 - Naměřené hodnoty retroreflexe nových vest [Zdroj: vlastní zpracování]

| Vzorek | Požadavek normy ČSN EN ISO 20471:2013 na retroreflexi v $\text{cd}/(\text{lx}\cdot\text{m}^2)$ při úhlu dopadu 5° a pozorovacích úhlech $0,2^\circ$ respektive $0,33^\circ$ | | Materiál citlivý na natočení | Splnění normy |
|--------|--|-------|---------------------------------|---------------|
| | 330 | 250 | | |
| 26 | 266,9 | 211,7 | ne | NE |
| | 251,7 | 198,4 | | |
| 27 | 9,9 | 9,7 | ne | NE |
| | 9,8 | 9,6 | | |
| 28 | 285,9 | 211,5 | ne | NE |
| | 300,4 | 219,9 | | |
| 29 | 406,6 | 309,6 | ne | ANO |
| | 382,7 | 291,1 | | |
| 30 | 455,3 | 318,2 | ne | ANO |
| | 453 | 325 | | |
| 31 | 451 | 320,4 | ne | ANO |
| | 464,5 | 326,5 | | |
| 32 | 420,3 | 306,9 | ne | ANO |
| | 427,8 | 311,3 | | |
| 33 | 386,7 | 311,2 | ne | ANO |
| | 410,5 | 322,9 | | |

11.2 Použité prvky

K ověření, zda retroreflexní materiály degradují, tedy ztrácí či se snižuje schopnost retroreflexe, byl vzorek 33 – retroreflexní vesta vystaven expoziční zkoušce praní.

Norma ČSN EN ISO 20471:2013 říká, že hodnota retroreflexe musí být po vystavení této zkoušce vyšší než $100 \text{ cd}/(\text{lx}\cdot\text{m}^2)$, měřeno při úhlu pozorování $0,2^\circ (12')$ a úhlu dopadu 5° . I zde platí, že pokud se jedná o materiál citlivý na natočení, musí jedna naměřená hodnota splňovat tyto požadavky zcela, druhá pak alespoň z 75%, což znamená, že menší naměřená hodnota musí být vyšší než $75 \text{ cd}/(\text{lx}\cdot\text{m}^2)$.

Pokud výrobce uvádí maximální počet cyklů praní, musí být požadavky na retroreflexi splněny i po posledním cyklu. Pokud výrobce neuvádí maximální počet cyklů praní, musí materiál splňovat požadavky na retroreflexi po pěti cyklech praní. Prací cyklus zahrnuje praní a sušení a musí probíhat v souladu s pokyny výrobce.

Vzorek 33 – retroreflexní vesta byl nastříhán na čtyři kusy, přičemž první nebyl vyprán ani jednou, druhý 5x, třetí 15x a čtvrtý 25x. Právě 25 cyklů praní uvádí výrobce této vesty jako maximální, viz obr. 16.

Obr. 16 - Retroreflexní vesta vystavená praní [Zdroj: vlastní zpracování]



Samotné měření retroreflexe těchto ústřížků probíhalo obdobně jako u nových vest, tedy třikrát při úhlu natočení $\epsilon_1=0^\circ$ a třikrát při $\epsilon_2=90^\circ$. V tab. 12 jsou uvedeny už jen průměry z těchto měření. Pro porovnání, jak se liší hodnoty retroreflexe ústřížků po vyprání od nevypraného, je v tab. 12 uveden také vzorek 33, který je současně v tab. 11 mezi novými vestami.

Tab. 12 - Naměřené hodnoty retroreflexe prvků po vyprání [Zdroj: vlastní zpracování]

| Vzorek | Počet cyklů praní | Požadavek normy ČSN EN ISO 20471:2013 na retroreflexi v $\text{cd}/(\text{lx}\cdot\text{m}^2)$ po praní při úhlu dopadu 5° a pozorovacím úhlu $0,2^\circ$ | Materiál citlivý na natočení | Splnění normy |
|--------|-------------------|--|------------------------------|---------------|
| | | 100 | | |
| 33 | 0 | 386,7 | ne | ANO |
| | | 410,5 | | |
| 34 | 5 | 371,9 | ne | ANO |
| | | 385,5 | | |
| 35 | 15 | 357,5 | ne | ANO |
| | | 381,7 | | |
| 36 | 25 | 342,2 | ne | ANO |
| | | 341,5 | | |

12 Vyhodnocení měření

Po změření retroreflexe 41 vzorků lze konstatovat, že příslušné normy nesplnilo 13 z nich. Z deseti retroreflexních pásek neobstály tři, které se ani z poloviny nepřiblížily požadovaným hodnotám. Naopak ty nejlepší je převýšily až šestinásobně.

Ze sedmi přívěšků neobstál jeden, který splnil požadované hodnoty retroreflexe pouze v jednom případě ze čtyř. Zarážející je, že tento přívěšek nese na obale označení CE i normy ČSN EN 13356, které by mělo garantovat požadované hodnoty.

Retroflexní terčík měl ze všech naměřených vzorků suverénně nejnižší hodnoty retroreflexe a tudíž také nesplnil normu. Nutno však podotknout, že se nejedná o klasický bezpečnostní prvek, tak jak je popisuje norma ČSN EN 13356, a ani toto označení nenes.

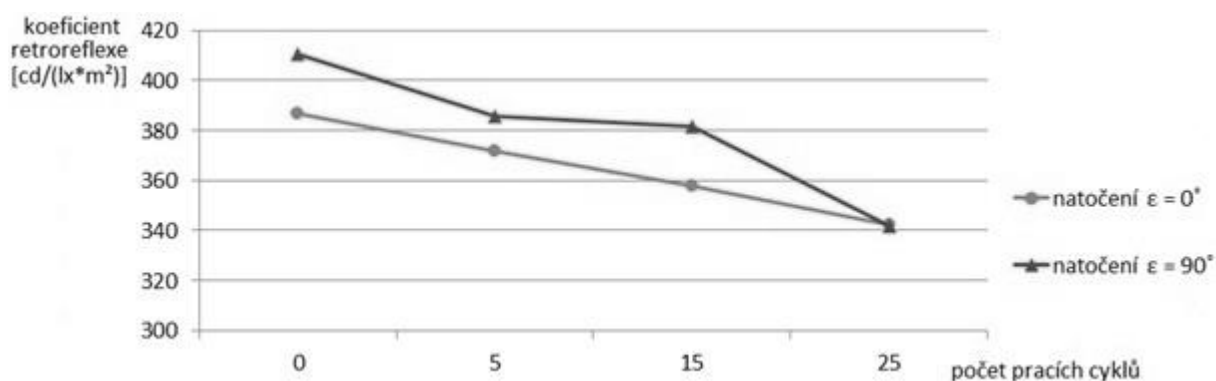
Samolepky dopadly ze všech měřených prvků nejlépe. Ze sedmi vzorků nesplnil normu pouze jeden. Ostatní však dosahovaly několikanásobně vyšších hodnot, než požaduje norma, a byly u nich naměřeny vůbec nejvyšší hodnoty ze všech zkoumaných prvků.

Retroreflexní doplňky oděvů či obuvi neuspěly ve čtyřech případech z pěti. Navíc mnohdy nesplňovaly ani požadavky na plošné rozměry.

Z osmi retroreflexních vest nesplnily požadovanou normu tři. Z toho jedna vykazovala opravdu extrémně nízké hodnoty retroreflexe.

U použité vesty, respektive vzorků, které byly vystaveny praní, je z grafu 7 patrné, že praní skutečně degraduje retroreflexní materiál, čili zhoršuje schopnost retroreflexe. Naměřené hodnoty při úhlu natočení $\varepsilon_1=0^\circ$ i při $\varepsilon_2=90^\circ$ mají klesající tendenci, avšak ve všech případech splňují požadovanou minimální hodnotu retroreflexe danou normou. Stěžejní jsou pak naměřené hodnoty vzorku 36, který byl vystaven 25 cyklům praní, což je maximální počet cyklů, po kterých by materiál ještě měl splňovat normu, jak garantuje výrobce.

Graf 7 - Trend naměřených hodnot retroreflexe prvků po vyprání [Zdroj: vlastní zpracování]



Co se týče vyhodnocení, kolik z měřených vzorků je z materiálu citlivého na natočení, pak lze konstatovat, že ze 41 vzorků, respektive z 25, protože u vzorků 11 až 17, 18 a 37 až 41 nebylo toto zjišťováno a vzorky 33 až 36 pocházejí ze stejné vesty, jich je vyrobeno z materiálu citlivého na natočení 10. Ani v jednom případě se však nestalo, že by o nesplnění normy rozhodla skutečnost, že je materiál citlivý na natočení. Tedy, že by materiál při úhlu natočení $\epsilon_1=0^\circ$ splnil požadavky na retroreflexi, ale při úhlu natočení $\epsilon_2=90^\circ$ už nikoliv, a to ani na požadovaných 75%.

13 Závěr

Podstatou této diplomové práce bylo charakterizovat vlastnosti retroreflexních prvků chránících osoby na pozemních komunikacích a zjistit, jaký vliv má degradace na jejich funkčnost. Protože na trhu je k dostání nepřehledné množství těchto prvků, bylo také zkoumáno, zda vyhovují požadovaným normám, které musí jakožto bezpečnostní prvky splňovat. Autor za tímto účelem nashromáždil 41 vzorků, přičemž měření retroreflexe každého z nich ukázalo, že jsou mezi nimi propastné rozdíly.

V teoretické části byla nejprve provedena analýza dopravní nehodovosti chodců na českých komunikacích z veškerých veřejně dostupných zdrojů. Pozornost byla věnována především období před a po zavedení povinnosti chodců nosit retroreflexní prvky, aby tak mohla být posouzena potřeba tohoto nařízení. Za účelem získání relevantních dat o nehodách chodců autor oslovil Policejní prezidium Policie ČR. Vzhledem k faktu, že Policie ČR nevede statistiku, zda sražený chodec byl označen prvkem z retroreflexního materiálu, byla autorem práce provedena analýza veškerých smrtelných nehod chodců za posledních pět let pomocí aplikace „Statistické vyhodnocení nehod v mapě“. Z ní vyplynulo, že počet usmrčených chodců mimo obec, v noci či ve dne za snížené viditelnosti, tedy těch, kteří by dle zavedené povinnosti měli být označeni prvkem z retroreflexního materiálu, jsou v řádu jednotek a není zřejmý rozdíl před a po zavedení této povinnosti. Z toho lze usuzovat, že přínos povinnosti retroreflexních prvků, zatím zůstává za očekáváním. Situaci by mohlo zlepšit důslednější kontrolování dodržování této povinnosti ve spojení s udělováním pokut, což by na druhou stranu bylo v rozporu s původní myšlenkou preventivního a nikoliv represivního opatření.

Autor se dále detailně seznámil s legislativními nařízeními týkající se problematiky retroreflexních materiálů a prvků implementované v zákoně č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích, vymezil veškeré nezbytné pojmy a jejich souvislosti. Byl též vysvětlen princip retroreflexe a rozlišeny jednotlivé materiály a prvky.

V praktické části diplomové práce autor provedl měření 41 vzorků retroreflexních materiálů a prvků a porovnal získaná data. 13 vzorků danou normu vůbec nesplnilo, naopak hodnoty některých vzorků byly několikanásobně vyšší, než požaduje norma. Za prvky s nejlepší retroreflexí lze označit samolepící pásky, které lze stříhat do libovolných tvarů a lepit na nejrůznější povrchy. Těmito páskami bývají také označovány obrysy nákladních automobilů. Co se týče retroreflexních pásek, které jsou mezi chodci nejpoužívanějším

bezpečnostním prvkem, také u nich lze konstatovat, že jsou mezi nimi velké kvalitativní rozdíly. Rozhodně lze souhlasit s doporučením ministerstva dopravy a České obchodní inspekce, aby si lidé pořizovali pouze ty prvky, jež nesou označení CE, případně mají vyznačenou příslušnou technickou normu. Z měřených vzorků nesplnil požadované minimální hodnoty retroreflexe pouze jeden, který nesl toto označení.

Do budoucna by stálo za zvážení, zda nezavést povinnost retroreflexních prvků i v obcích, protože i tam je mnoho míst, která nejsou dostatečně osvětlena. Co se týče retroreflexních vest, které jsou dosud povinné pouze pro řidiče, tato povinnost by se mohla rozšířit pro celou posádku vozu, jako je tomu i v jiných zemích. Pokud by totiž došlo k nouzové situaci, při níž by byli pasažéři nuceni opustit vozidlo a pohybovali by se po komunikaci, jsou v takovém případě povinni mít na sobě prvek z retroreflexního materiálu.

Seznam použité literatury a ostatních zdrojů

- [1] ŠMOLÍKOVÁ, J. E., HOSKOVEC, J., ŠTIKAR, J.. *Psychologická prevence nehod*. Praha. Karolinum 2006, ISBN 8024610965.
- [2] BESIP. *Materiály pro lepší viditelnost*. [online]. [cit. 25. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.ibesip.cz/Tematicke-stranky/Aktivni-pohyb-v-silnicnim-provozu/Budte-videt,-prezijete/Budte-videt>
- [3] Zákon č. 361/2000 Sb., *o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů*.
- [4] Policie České republiky – KŘP Královéhradeckého kraje. *Rychlost v provozu na pozemních komunikacích*. [online]. [cit. 25. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/akce-chrudim-rychlost-v-provozu-na-pozemnich-komunikacich.aspx>
- [5] Ředitelství služby dopravní policie. *Vývoj dopravní nehodovosti v roce 2018*. [online]. Publikováno: 8. 1. 2019. [cit. 25. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/soubor/nehodovost-za-rok-2018-pptx.aspx>
- [6] Centrum dopravního výzkumu. *Sběr dat o chování chodců a cyklistů - souhrn*. [online]. Publikováno: 25. 6. 2018. [cit. 25. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.czrso.cz/reflexe-vysledky/>
- [7] Centrum dopravního výzkumu. *Statistické vyhodnocení nehod v mapě*. [online]. [cit. 26. 2. 2019]. Dostupné z: <http://maps.jdvm.cz/cdv2/Apps/NehodyVMape/Search.aspx>
- [8] Ředitelství služby dopravní policie. *Ročenka nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2017*. [online]. Publikováno: červen 2018. [cit. 21. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/soubor/rocenka-nehodovosti-2017-rar.aspx>
- [9] Ministerstvo dopravy. *První měsíc s reflexními prvky. Mnoho viditelných chodců, ale i nedostačující použití baterky*. [online]. Publikováno: 30. 3. 2016. [cit. 21. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Prvni-mesic-s-reflexnimi-prvky-Mnoho-viditelných>
- [10] Česká obchodní inspekce. *90 % kontrolovaných reflexních pásek nebylo v pořádku*.

- [online]. Publikováno: 9. 11. 2018. [cit. 21. 2. 2019]. Dostupné z:
<https://www.coi.cz/wp-content/uploads/2018/11/2018-11-09-reflexni-pasky.doc>
- [11] Policie České republiky – KŘP Středočeského kraje. *Viditelnost a povinné reflexní prvky*. [online]. Publikováno: 12. 12. 2016. [cit. 21. 2. 2019]. Dostupné z:
<https://www.policie.cz/clanek/viditelnost-a-povinne-reflexni-prvky.aspx>
- [12] Vyhláška č. 294/2015 Sb., ze dne 27. října 2015, *kteřou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích*.
- [13] Vládní návrh zákona, označen jako sněmovní tisk 471/0, ze dne 21. 4. 2015, kterým se mění zákon č. 361/2000 Sb., *o provozu na pozemních komunikacích*.
- [14] Auto.cz. *Povinné reflexní prvky chodců: Lepší něco než nic. Ale s rozumem*. [online]. Publikováno: 14. 2. 2016. [cit. 12. 3. 2019]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/povinne-reflexni-prvky-chodcu-lepsi-neco-nez-nic-ale-s-rozumem-92887>
- [15] Bezpečné cesty.cz. *Cestujeme do zahraničí autem*. [online]. [cit. 12. 3. 2019]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecna-jizda-v-aute/cestujeme-do-zahranici>
- [16] BESIP. *Autem do zahraničí*. [online]. [cit. 12. 3. 2019]. <https://www.ibesip.cz/Tematicke-stranky/Cestujeme-autem/Autem-do-zahranici>
- [17] ČSN EN 13356. *Výstražné doplňky pro neprofesionální použití – Metody zkoušení a požadavky*. Český normalizační institut.
- [18] ČSN EN ISO 20471. *Oděvy s vysokou viditelností – Zkušební metody a požadavky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [19] MALÝ, P.. *Optika*. Praha. Karolinum 2013, ISBN 9788024622460.
- [20] KRÁLOVÁ, M.. *Odraz a lom světla*. Techmania Science Center, o.p.s. [online]. [cit. 12. 3. 2019]. Dostupné z:
<https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/svetlo/odraz-lom-svetla>
- [21] ECKERLE, K.L.. *Photometry and colorimetry of retroreflection: State of Measurement - Accuracy Report*. National Bureau of Standards. Červenec 1980. NBS TN 1125.

- [22] SAMETOGLU, F., CELIKEL, O.. *Establishment of a computer-controlled retroreflection measurement facility to characterize photometric properties of retroreflectors*. [online]. Publikováno: červen 2009. [cit. 21. 3. 2019]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0263224109000025?via%3Dihub>
- [23] 3M. *Retroreflection*. [online]. [cit. 21. 3. 2019]. Dostupné z: <http://multimedia.3m.com/mws/media/364819O/angularity.pdf?fn=Angularity%20Brochure.pdf>
- [24] Weallight. *How does retroreflective material work*. [online]. [cit. 21. 3. 2019]. Dostupné z: <https://weallight.com/how-does-retro-reflective-material-work/>
- [25] MANZ, K.. *Optische Technologien im Automobil*. Forschungs Universität Karlsruhe. [online]. [cit. 21. 3. 2019]. Dostupné z: <https://www.lti.kit.edu/img/content/Retroreflexion-Version-08-09.pdf>
- [26] ALTIMA LZ s.r.o.. *Reflexní prvky*. [online]. [cit. 15. 3. 2019]. Dostupné z: <https://www.altima.cz/6-reflexni-prvky/>
- [27] MORAVČÍKOVÁ, L., KAIS, M.. *Stanovenie fotometrických charakteristik retroreflexných materiálov v goniofotometrickom laboratóriu*. Výskumný ústav dopravný, a.s. [online]. [cit. 15. 3. 2019]. Dostupné z: https://www.sczl.cz/download/download/2017-taloch/05_-_zdruz_lab_2017.pdf
- [28] Shannon-Baum Signs. *The Difference Between Engineer Grade, High Intensity Prismatic, and Diamond Grade Reflective Sheeting*. [online]. [cit. 21. 3. 2019]. Dostupné z: <http://shannonbaum.com/the-difference-between-engineer-grade-high-intensity-prismatic-and-diamond-grade-reflective-sheeting/>
- [29] Ministerstvo dopravy odbor pozemních komunikací. *Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích*. [online]. Publikováno: 31. 7. 2013. [cit. 15. 3. 2019]. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_65.pdf
- [30] Podklady společnosti 3M
- [31] POLZ Instruments. *Návod k použití. Retroreflektometr ZRS 6060*.

Seznam obrázků

Obr. 1 - Viditelnost chodců podle barvy oblečení

Obr. 2 - Označení retroreflexních pásek: a) bez označení, b) s označením CE, c) s označením CE a normy EN 13356

Obr. 3 - Příloha č. 12 k vyhlášce č. 294/2015 Sb. Příklady vyobrazení výstražných oděvů

Obr. 4 - Příklady retroreflexních vest (oděvní součásti pokrývající pouze trup), rozměry jsou v milimetrech

Obr. 5 - a) odraz světla, b) lom světla

Obr. 6 - a) úhel pozorování, b) úhel dopadu

Obr. 7 - Retroreflexní materiály pod mikroskopem: a) balotinový, b) mikroprizmatický

Obr. 8 - Lom světelného paprsku při průchodu balotinou (skleněnou kuličkou)

Obr. 9 - Příklady výrobků s retroreflexním balotinovým materiálem

Obr. 10 - Retroreflexní materiál se zapuštěnými kuličkami

Obr. 11 - Retroreflexní materiál se zapouzdřenými kuličkami

Obr. 12 - Odraz světelného paprsku od mikroprizmatického materiálu

Obr. 13 - Prizmatický retroreflexní materiál: a) Engineer Grade, b) High Intensity Prismatic, c) Diamond Grade Reflective

Obr. 14 - Retroreflektometr Zehntner ZRS 6060

Obr. 15 - Měření retroreflexe retroreflektometrem Zehntner ZRS 6060

Obr. 16 - Retroreflexní vesta vystavená praní

Seznam tabulek

Tab. 1 - Dráha zastavení vozidla při různých rychlostech na různých površích

Tab. 2 - Smrtelné nehody chodců mimo obec za snížené viditelnosti zaviněné chodci

Tab. 3 - Minimální koeficient svítivosti R pro volně zavěšené doplňky typu 1, hodnoty svítivosti R v mcd/lx

Tab. 4 - Minimální koeficient retroreflexe R' pro doplňky typu 2 a typu 3, hodnoty retroreflexe R' v cd/(lx*m²)

Tab. 5 - Minimální koeficient retroreflexe R' pro retroreflexní materiál v cd/(lx*m²)

Tab. 6 - Naměřené hodnoty retroreflexe pásek

Tab. 7 - Naměřené hodnoty retroreflexe přívěšků

Tab. 8 - Naměřené hodnoty retroreflexe terčíku

Tab. 9 - Naměřené hodnoty retroreflexe samolepek

Tab. 10 - Naměřené hodnoty retroreflexe doplňků oděvů či obuvi

Tab. 11 - Naměřené hodnoty retroreflexe nových vest

Tab. 12 - Naměřené hodnoty retroreflexe prvků po vyprání

Seznam grafů

Graf 1 - Zranění a usmrcení chodci

Graf 2 - Usmrcení chodci v ČR v letech 1993 až 2018

Graf 3 - Smrtelné nehody chodců v obci a mimo obec

Graf 4 - Usmrcení chodci podle denní doby

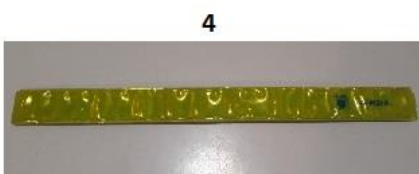
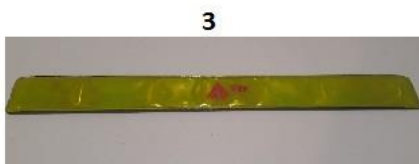
Graf 5 - Usmrcení chodci mimo obec za snížené viditelnosti

Graf 6 - Výsledky ankety Centra dopravního výzkumu o používání retroreflexních prvků chodci

Graf 7 - Trend naměřených hodnot retroreflexe prvků po vyprání

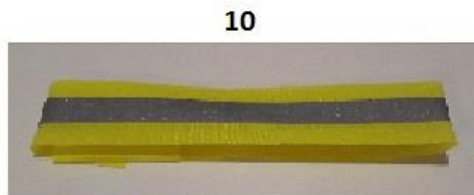
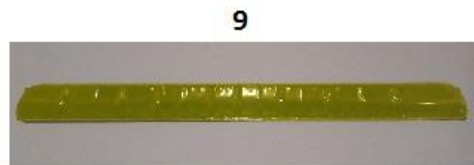
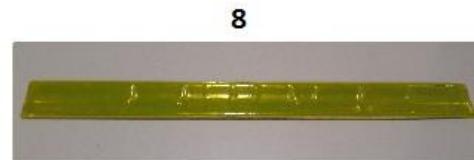
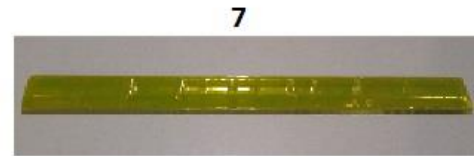
Příloha: Protokol měření retroreflexe s obrázky prvků

| Device Name: | ZRS 6060 | Zehntner | $\beta = 5^\circ$ | | |
|-------------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------|----------|
| | α | | | | |
| Date | 0.2° (cd/lx/m²) | 0.33° (cd/lx/m²) | 2.0° (cd/lx/m²) | Color | Job |
| 6.2.2019 9:51:05 | 10,6 | 16,9 | 14,4 | white | |
| 6.2.2019 9:51:15 | 29 | 42,3 | 18 | white | |
| 6.2.2019 9:51:28 | 41,7 | 51,8 | 20,2 | white | |
| 6.2.2019 9:51:05 | 27,1 | 37 | 17,5 | | 1 |
| 6.2.2019 9:52:29 | 10,7 | 8,5 | 23,2 | white | |
| 6.2.2019 9:52:38 | 30 | 27,7 | 34,7 | white | |
| 6.2.2019 9:52:47 | 15 | 12,3 | 18 | white | |
| 6.2.2019 9:52:29 | 18,6 | 16,2 | 25,3 | | 1 |
| 6.2.2019 9:52:58 | 67,8 | 51,7 | 30,4 | white | |
| 6.2.2019 9:53:05 | 32,7 | 27 | 23,8 | white | |
| 6.2.2019 9:53:14 | 41,6 | 33 | 23,8 | white | |
| 6.2.2019 9:52:58 | 47,4 | 37,2 | 26 | | 2 |
| 6.2.2019 9:53:31 | 88 | 60,7 | 35 | white | |
| 6.2.2019 9:53:40 | 42,2 | 27,9 | 27,3 | white | |
| 6.2.2019 9:53:47 | 28,8 | 19,8 | 16,1 | white | |
| 6.2.2019 9:53:31 | 53 | 36,1 | 26,1 | | 2 |
| 6.2.2019 9:54:31 | 470,4 | 248,8 | 12 | yellow | |
| 6.2.2019 9:54:39 | 471,4 | 262,7 | 10,6 | yellow | |
| 6.2.2019 9:54:45 | 446,6 | 229,9 | 12,2 | yellow | |
| 6.2.2019 9:54:31 | 462,8 | 247,1 | 11,6 | | 3 |
| 6.2.2019 9:54:52 | 622,4 | 363,5 | 17,5 | yellow | |
| 6.2.2019 9:54:59 | 549,3 | 330,2 | 17,5 | yellow | |
| 6.2.2019 9:55:06 | 620,5 | 353 | 19,9 | yellow | |
| 6.2.2019 9:54:52 | 597,4 | 348,9 | 18,3 | | 3 |
| 6.2.2019 9:55:16 | 587,7 | 449,5 | 13,1 | yellow | |
| 6.2.2019 9:55:24 | 629,5 | 474,5 | 12,6 | yellow | |
| 6.2.2019 9:55:34 | 464,3 | 378,3 | 12,9 | yellow | |
| 6.2.2019 9:55:16 | 560,5 | 434,1 | 12,9 | | 4 |
| 6.2.2019 9:55:52 | 548 | 383,1 | 11,8 | yellow | |
| 6.2.2019 9:56:01 | 578,9 | 412,6 | 12,2 | yellow | |
| 6.2.2019 9:56:09 | 562,5 | 412 | 14,2 | yellow | |
| 6.2.2019 9:55:52 | 563,1 | 402,6 | 12,7 | | 4 |
| 6.2.2019 9:56:20 | 27,4 | 23,3 | 22 | red | |
| 6.2.2019 9:56:27 | 20,7 | 17,9 | 22,4 | red | |
| 6.2.2019 9:56:33 | 32,9 | 29,5 | 22,5 | red | |
| 6.2.2019 9:56:20 | 27 | 23,5 | 22,3 | | 5 |
| 6.2.2019 9:56:41 | 22,2 | 21,9 | 12,6 | red | |
| 6.2.2019 9:56:47 | 23,8 | 17,5 | 13,6 | red | |
| 6.2.2019 9:56:52 | 14,4 | 8,7 | 7,1 | red | |
| 6.2.2019 9:56:41 | 20,2 | 16,1 | 11,1 | | 5 |
| 6.2.2019 9:57:06 | 416,7 | 362,8 | 9 | white | |
| 6.2.2019 9:57:14 | 399,2 | 327,1 | 12,7 | white | |
| 6.2.2019 9:57:24 | 466,6 | 402,2 | 11 | white | |
| 6.2.2019 9:57:06 | 427,5 | 364 | 10,9 | | 6 |
| 6.2.2019 9:57:31 | 491,8 | 374,7 | 8,2 | white | |
| 6.2.2019 9:57:38 | 507,7 | 369,5 | 11,3 | white | |
| 6.2.2019 9:57:45 | 531,1 | 382,4 | 10,4 | white | |
| 6.2.2019 9:57:31 | 510,2 | 375,5 | 10 | | 6 |



Device Name: ZRS 6060 Zehntner $\beta = 5^\circ$

| Date | α | | | Color | Job |
|--------------------------|-----------------|------------------|-----------------|--------|-----------|
| | 0.2° (cd/lx/m²) | 0.33° (cd/lx/m²) | 2.0° (cd/lx/m²) | | |
| 6.2.2019 9:57:57 | 341,4 | 256,6 | 8,3 | yellow | |
| 6.2.2019 9:58:03 | 312,2 | 234,8 | 10,2 | yellow | |
| 6.2.2019 9:58:10 | 262,2 | 221,7 | 11,1 | yellow | |
| 6.2.2019 9:57:57 | 305,3 | 237,7 | 9,9 | | 7 |
| 6.2.2019 9:58:18 | 334,8 | 224,2 | 11,2 | yellow | |
| 6.2.2019 9:58:25 | 385,1 | 251,1 | 11 | yellow | |
| 6.2.2019 9:58:32 | 354,3 | 230,8 | 10,9 | yellow | |
| 6.2.2019 9:58:18 | 358,1 | 235,4 | 11 | | 7 |
| 6.2.2019 9:58:43 | 138,5 | 165,8 | 12,9 | yellow | |
| 6.2.2019 9:58:48 | 124,3 | 150,2 | 12,9 | yellow | |
| 6.2.2019 9:58:54 | 94,6 | 152,4 | 15,7 | yellow | |
| 6.2.2019 9:58:43 | 119,2 | 156,1 | 13,8 | | 8 |
| 6.2.2019 9:59:01 | 85,6 | 83,5 | 17,6 | yellow | |
| 6.2.2019 9:59:07 | 132,7 | 111,5 | 17,3 | yellow | |
| 6.2.2019 9:59:12 | 121,8 | 104,7 | 16 | yellow | |
| 6.2.2019 9:59:01 | 113,4 | 99,9 | 17 | | 8 |
| 6.2.2019 9:59:22 | 490,9 | 365 | 8,8 | yellow | |
| 6.2.2019 9:59:27 | 520,7 | 461 | 7,3 | yellow | |
| 6.2.2019 9:59:33 | 505,4 | 484,2 | 9,1 | yellow | |
| 6.2.2019 9:59:22 | 505,7 | 436,7 | 8,4 | | 9 |
| 6.2.2019 9:59:41 | 689 | 471,3 | 7,8 | yellow | |
| 6.2.2019 9:59:47 | 657,4 | 454,3 | 8,7 | yellow | |
| 6.2.2019 9:59:53 | 709,5 | 484 | 8 | yellow | |
| 6.2.2019 9:59:41 | 685,3 | 469,9 | 8,2 | | 9 |
| 6.2.2019 10:00:19 | 308,9 | 211,2 | 6 | white | |
| 6.2.2019 10:00:31 | 332,7 | 225,1 | 6,9 | white | |
| 6.2.2019 10:00:39 | 356,6 | 243,2 | 6,9 | white | |
| 6.2.2019 10:00:19 | 332,7 | 226,5 | 6,6 | | 10 |
| 6.2.2019 10:00:50 | 366,4 | 248,5 | 6,8 | white | |
| 6.2.2019 10:00:59 | 330,7 | 225,9 | 6,6 | white | |
| 6.2.2019 10:01:08 | 345,8 | 236,3 | 6,8 | white | |
| 6.2.2019 10:00:50 | 347,6 | 236,9 | 6,7 | | 10 |
| 6.2.2019 10:02:04 | 495,5 | 352,8 | 9 | yellow | |
| 6.2.2019 10:02:11 | 351,1 | 260,9 | 18,1 | yellow | |
| 6.2.2019 10:02:18 | 435,6 | 328 | 7,1 | yellow | |
| 6.2.2019 10:02:04 | 427,4 | 313,9 | 11,4 | | 11 |
| 6.2.2019 10:02:42 | 322,1 | 243,3 | 6,2 | yellow | |
| 6.2.2019 10:02:48 | 391,1 | 295,1 | 16,2 | yellow | |
| 6.2.2019 10:02:53 | 289,2 | 214,9 | 6,8 | yellow | |
| 6.2.2019 10:02:42 | 334,1 | 251,1 | 9,8 | | 11 |
| 6.2.2019 10:03:10 | 430,1 | 360,3 | 16,6 | white | |
| 6.2.2019 10:03:14 | 467,1 | 350,8 | 10,4 | white | |
| 6.2.2019 10:03:19 | 433,9 | 326,6 | 16,5 | white | |
| 6.2.2019 10:03:10 | 443,7 | 345,9 | 14,5 | | 12 |
| 6.2.2019 10:03:41 | 325 | 257,3 | 15,8 | white | |
| 6.2.2019 10:03:45 | 335,2 | 224,1 | 9,8 | white | |
| 6.2.2019 10:03:49 | 352,8 | 235,9 | 14,6 | white | |
| 6.2.2019 10:03:41 | 337,7 | 239,1 | 13,4 | | 12 |



Device Name: ZRS 6060 Zehntner $\beta = 5^\circ$

| Date | α | | | Color | Job |
|--------------------------|-----------------|------------------|-----------------|--------|-----------|
| | 0.2° (cd/lx/m²) | 0.33° (cd/lx/m²) | 2.0° (cd/lx/m²) | | |
| 6.2.2019 10:04:08 | 454 | 353 | 9,4 | white | |
| 6.2.2019 10:04:15 | 452,6 | 361,4 | 9,9 | white | |
| 6.2.2019 10:04:22 | 482 | 328,7 | 13,7 | white | |
| 6.2.2019 10:04:08 | 462,9 | 347,7 | 11 | | 13 |
| 6.2.2019 10:04:39 | 311,6 | 209,9 | 18,2 | white | |
| 6.2.2019 10:04:44 | 315,3 | 231,1 | 11,3 | white | |
| 6.2.2019 10:04:48 | 410,5 | 280,8 | 12,2 | white | |
| 6.2.2019 10:04:39 | 345,8 | 240,6 | 13,9 | | 13 |
| 6.2.2019 10:05:05 | 59,1 | 53,8 | 27,6 | white | |
| 6.2.2019 10:05:09 | 45,8 | 51,4 | 23,1 | white | |
| 6.2.2019 10:05:14 | 44,8 | 52,7 | 21,9 | white | |
| 6.2.2019 10:05:05 | 49,9 | 52,6 | 24,2 | | 14 |
| 6.2.2019 10:05:19 | 72,8 | 121,9 | 23,1 | white | |
| 6.2.2019 10:05:24 | 121,2 | 170,8 | 16,9 | white | |
| 6.2.2019 10:05:31 | 60,5 | 95,5 | 22,5 | white | |
| 6.2.2019 10:05:19 | 84,8 | 129,4 | 20,8 | | 14 |
| 6.2.2019 10:05:53 | 380,8 | 268,4 | 18,5 | yellow | |
| 6.2.2019 10:06:00 | 281,3 | 207,6 | 19,9 | yellow | |
| 6.2.2019 10:06:05 | 286,2 | 216,4 | 19,1 | yellow | |
| 6.2.2019 10:05:53 | 316,1 | 230,8 | 19,2 | | 15 |
| 6.2.2019 10:06:14 | 171,3 | 146,7 | 11,9 | yellow | |
| 6.2.2019 10:06:19 | 280,5 | 211,5 | 10,8 | yellow | |
| 6.2.2019 10:06:31 | 248,5 | 186,1 | 11 | yellow | |
| 6.2.2019 10:06:14 | 233,4 | 181,4 | 11,2 | | 15 |
| 6.2.2019 10:06:54 | 343,1 | 255,5 | 7,7 | white | |
| 6.2.2019 10:07:01 | 388,7 | 290,6 | 9,8 | white | |
| 6.2.2019 10:07:09 | 448,6 | 332,5 | 10,9 | white | |
| 6.2.2019 10:06:54 | 393,5 | 292,9 | 9,5 | | 16 |
| 6.2.2019 10:07:20 | 413,1 | 317 | 10,9 | white | |
| 6.2.2019 10:07:26 | 419,3 | 324,4 | 10,9 | white | |
| 6.2.2019 10:07:37 | 368,6 | 273,6 | 9,4 | white | |
| 6.2.2019 10:07:20 | 400,3 | 305 | 10,4 | | 16 |
| 6.2.2019 10:08:02 | 431,3 | 307,2 | 9 | white | |
| 6.2.2019 10:08:09 | 422,7 | 298,4 | 8,4 | white | |
| 6.2.2019 10:08:19 | 416,4 | 305,5 | 9,7 | white | |
| 6.2.2019 10:08:02 | 423,5 | 303,7 | 9 | | 17 |
| 6.2.2019 10:08:26 | 409,1 | 305,8 | 9,4 | white | |
| 6.2.2019 10:08:33 | 430,5 | 320,2 | 9,5 | white | |
| 6.2.2019 10:08:40 | 394,9 | 294,8 | 9,4 | white | |
| 6.2.2019 10:08:26 | 411,5 | 306,9 | 9,4 | | 17 |
| 6.2.2019 10:09:04 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | red | |
| 6.2.2019 10:09:09 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | red | |
| 6.2.2019 10:09:14 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | red | |
| 6.2.2019 10:09:04 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | | 18 |
| 6.2.2019 10:09:24 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | red | |
| 6.2.2019 10:09:29 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | red | |
| 6.2.2019 10:09:35 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | red | |
| 6.2.2019 10:09:24 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | | 18 |

13



14



15



16



17



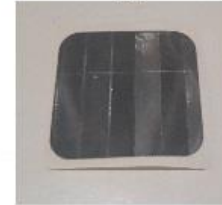
18



Device Name: ZRS 6060 Zehntner $\beta = 5^\circ$

| Date | α | | | Color | Job |
|--------------------------|-----------------|------------------|-----------------|--------|-----|
| | 0.2° (cd/lx/m²) | 0.33° (cd/lx/m²) | 2.0° (cd/lx/m²) | | |
| 6.2.2019 10:11:13 | 797,6 | 549,1 | 14,1 | white | 19 |
| 6.2.2019 10:11:19 | 641,2 | 446,8 | 12,3 | white | |
| 6.2.2019 10:11:25 | 796,2 | 548,2 | 12,3 | white | |
| 6.2.2019 10:11:13 | 745 | 514,7 | 12,9 | | |
| 6.2.2019 10:11:32 | 738 | 489,5 | 10 | white | 19 |
| 6.2.2019 10:11:37 | 798,1 | 521,1 | 11,2 | white | |
| 6.2.2019 10:11:42 | 766,8 | 502,4 | 9,5 | white | |
| 6.2.2019 10:11:32 | 767,6 | 504,3 | 10,2 | | |
| 6.2.2019 10:12:31 | 174,5 | 158,9 | 5,2 | red | 20 |
| 6.2.2019 10:12:36 | 166,5 | 153,5 | 4,6 | red | |
| 6.2.2019 10:12:43 | 154,6 | 150,4 | 5 | red | |
| 6.2.2019 10:12:31 | 165,2 | 154,3 | 4,9 | | |
| 6.2.2019 10:12:50 | 174,7 | 155,9 | 4,8 | red | 20 |
| 6.2.2019 10:12:57 | 174,4 | 157,8 | 4,8 | red | |
| 6.2.2019 10:13:03 | 174,8 | 157,7 | 4,7 | red | |
| 6.2.2019 10:12:50 | 174,6 | 157,2 | 4,8 | | |
| 6.2.2019 10:13:30 | 802,8 | 619,4 | 13,3 | white | 21 |
| 6.2.2019 10:13:35 | 761,6 | 595,6 | 14 | white | |
| 6.2.2019 10:13:40 | 758,3 | 597,3 | 13,8 | white | |
| 6.2.2019 10:13:30 | 774,2 | 604,1 | 13,7 | | |
| 6.2.2019 10:13:47 | 671,7 | 605,7 | 13,7 | white | 21 |
| 6.2.2019 10:13:51 | 714,8 | 652,4 | 13,4 | white | |
| 6.2.2019 10:13:56 | 674,3 | 603,5 | 13,7 | white | |
| 6.2.2019 10:13:47 | 686,9 | 620,5 | 13,6 | | |
| 6.2.2019 10:14:13 | 874,3 | 847,9 | 12,9 | yellow | 22 |
| 6.2.2019 10:14:20 | 830,4 | 852,7 | 12,4 | yellow | |
| 6.2.2019 10:14:26 | 856,7 | 858,7 | 13,7 | yellow | |
| 6.2.2019 10:14:13 | 853,8 | 853,1 | 13 | | |
| 6.2.2019 10:14:35 | 1109,4 | 769 | 10,7 | yellow | 22 |
| 6.2.2019 10:14:41 | 1123,3 | 777,4 | 12,6 | yellow | |
| 6.2.2019 10:14:50 | 1121,1 | 786,2 | 12,2 | yellow | |
| 6.2.2019 10:14:35 | 1117,9 | 777,5 | 11,8 | | |
| 6.2.2019 10:15:08 | 831,8 | 824,5 | 15,6 | white | 23 |
| 6.2.2019 10:15:15 | 812,3 | 823,5 | 12,8 | white | |
| 6.2.2019 10:15:21 | 845,4 | 851,6 | 16,4 | white | |
| 6.2.2019 10:15:08 | 829,8 | 833,2 | 14,9 | | |
| 6.2.2019 10:15:28 | 1178 | 795,5 | 11,2 | white | 23 |
| 6.2.2019 10:15:34 | 1202 | 833,5 | 12,4 | white | |
| 6.2.2019 10:15:40 | 1232,3 | 836 | 12,8 | white | |
| 6.2.2019 10:15:28 | 1204,1 | 821,7 | 12,1 | | |
| 6.2.2019 10:16:02 | 594,9 | 586,9 | 9,9 | yellow | 24 |
| 6.2.2019 10:16:08 | 569,6 | 562,1 | 10,8 | yellow | |
| 6.2.2019 10:16:15 | 580,8 | 571,5 | 9,4 | yellow | |
| 6.2.2019 10:16:02 | 581,7 | 573,5 | 10 | | |
| 6.2.2019 10:16:22 | 808,9 | 573,2 | 9,8 | yellow | 24 |
| 6.2.2019 10:16:29 | 808,8 | 585,6 | 9 | yellow | |
| 6.2.2019 10:16:35 | 790,5 | 563,8 | 9,6 | yellow | |
| 6.2.2019 10:16:22 | 802,8 | 574,2 | 9,4 | | |

19



20



21



22



23



24



Device Name: ZRS 6060 Zehntner $\beta = 5^\circ$

| Date | α | | | Color | Job |
|--------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------|-----------|
| | 0.2° (cd/lx/m²) | 0.33° (cd/lx/m²) | 2.0° (cd/lx/m²) | | |
| 6.2.2019 10:16:55 | 52,9 | 47,9 | 14,3 | white | |
| 6.2.2019 10:17:01 | 66 | 53,9 | 16,5 | white | |
| 6.2.2019 10:17:08 | 54,8 | 39,6 | 14,5 | white | |
| 6.2.2019 10:16:55 | 57,9 | 47,1 | 15,1 | | 25 |
| 6.2.2019 10:17:13 | 34,8 | 27,6 | 13,3 | white | |
| 6.2.2019 10:17:19 | 27,2 | 23,7 | 15,3 | white | |
| 6.2.2019 10:17:24 | 15,7 | 19,5 | 10,8 | white | |
| 6.2.2019 10:17:13 | 25,9 | 23,6 | 13,1 | | 25 |
| 6.2.2019 10:18:08 | 283,6 | 225,5 | 8,4 | white | |
| 6.2.2019 10:18:14 | 265,4 | 210,1 | 8,2 | white | |
| 6.2.2019 10:18:19 | 251,8 | 199,4 | 7,7 | white | |
| 6.2.2019 10:18:08 | 266,9 | 211,7 | 8,1 | | 26 |
| 6.2.2019 10:18:25 | 254,4 | 200,5 | 8,2 | white | |
| 6.2.2019 10:18:30 | 247,5 | 194,8 | 8,2 | white | |
| 6.2.2019 10:18:37 | 253,1 | 200 | 7,6 | white | |
| 6.2.2019 10:18:25 | 251,7 | 198,4 | 8 | | 26 |
| 6.2.2019 10:19:12 | 11 | 10,7 | 3,2 | white | |
| 6.2.2019 10:19:17 | 9,2 | 9 | 2,7 | white | |
| 6.2.2019 10:19:22 | 9,6 | 9,4 | 2,7 | white | |
| 6.2.2019 10:19:12 | 9,9 | 9,7 | 2,9 | | 27 |
| 6.2.2019 10:19:29 | 9,3 | 9 | 2,7 | white | |
| 6.2.2019 10:19:34 | 10,4 | 10,1 | 3 | white | |
| 6.2.2019 10:19:42 | 9,8 | 9,6 | 3 | white | |
| 6.2.2019 10:19:29 | 9,8 | 9,6 | 2,9 | | 27 |
| 6.2.2019 10:20:06 | 298,9 | 216,7 | 11,9 | white | |
| 6.2.2019 10:20:12 | 275,6 | 203,5 | 11 | white | |
| 6.2.2019 10:20:16 | 283,3 | 214,4 | 12,2 | white | |
| 6.2.2019 10:20:06 | 285,9 | 211,5 | 11,7 | | 28 |
| 6.2.2019 10:20:22 | 310,2 | 228,9 | 10,9 | white | |
| 6.2.2019 10:20:28 | 298,4 | 223,2 | 10,2 | white | |
| 6.2.2019 10:20:33 | 292,7 | 207,6 | 10,2 | white | |
| 6.2.2019 10:20:22 | 300,4 | 219,9 | 10,4 | | 28 |
| 6.2.2019 10:20:53 | 407 | 309,8 | 10,3 | white | |
| 6.2.2019 10:20:58 | 406,3 | 309,1 | 10,3 | white | |
| 6.2.2019 10:21:02 | 406,4 | 310 | 10,4 | white | |
| 6.2.2019 10:20:53 | 406,6 | 309,6 | 10,3 | | 29 |
| 6.2.2019 10:21:07 | 395 | 301,2 | 10,1 | white | |
| 6.2.2019 10:21:12 | 394,3 | 299,8 | 10,1 | white | |
| 6.2.2019 10:21:17 | 358,7 | 272,2 | 9,2 | white | |
| 6.2.2019 10:21:07 | 382,7 | 291,1 | 9,8 | | 29 |
| 6.2.2019 10:21:47 | 461,5 | 318,5 | 9,3 | white | |
| 6.2.2019 10:21:51 | 460,8 | 315,6 | 9,4 | white | |
| 6.2.2019 10:21:58 | 443,5 | 320,6 | 9,6 | white | |
| 6.2.2019 10:21:47 | 455,3 | 318,2 | 9,4 | | 30 |
| 6.2.2019 10:22:04 | 456,7 | 324,5 | 9,2 | white | |
| 6.2.2019 10:22:08 | 460,3 | 323,2 | 9,1 | white | |
| 6.2.2019 10:22:13 | 442,1 | 327,4 | 10,1 | white | |
| 6.2.2019 10:22:04 | 453 | 325 | 9,5 | | 30 |

25



26



27



28



29



30



Device Name: ZRS 6060 Zehntner $\beta = 5^\circ$

| Date | α | | | Color | Job |
|--------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------|-----------|
| | 0.2° (cd/lx/m²) | 0.33° (cd/lx/m²) | 2.0° (cd/lx/m²) | | |
| 6.2.2019 10:22:33 | 465 | 343,7 | 10 | white | |
| 6.2.2019 10:22:38 | 456,9 | 316,8 | 9,2 | white | |
| 6.2.2019 10:22:43 | 431 | 300,8 | 8,7 | white | |
| 6.2.2019 10:22:33 | 451 | 320,4 | 9,3 | | 31 |
| 6.2.2019 10:22:49 | 461,1 | 314,4 | 9,2 | white | |
| 6.2.2019 10:22:53 | 462,4 | 342,3 | 10 | white | |
| 6.2.2019 10:23:00 | 470,1 | 322,9 | 9 | white | |
| 6.2.2019 10:22:49 | 464,5 | 326,5 | 9,4 | | 31 |
| 6.2.2019 10:23:26 | 426,1 | 313,2 | 9,6 | white | |
| 6.2.2019 10:23:31 | 422,4 | 314,6 | 10,3 | white | |
| 6.2.2019 10:23:36 | 412,4 | 292,8 | 8,8 | white | |
| 6.2.2019 10:23:26 | 420,3 | 306,9 | 9,6 | | 32 |
| 6.2.2019 10:23:41 | 441,2 | 327,6 | 10,4 | white | |
| 6.2.2019 10:23:46 | 448,8 | 321,2 | 9,6 | white | |
| 6.2.2019 10:23:54 | 393,3 | 285,1 | 8,5 | white | |
| 6.2.2019 10:23:41 | 427,8 | 311,3 | 9,5 | | 32 |
| 6.2.2019 10:24:25 | 397,8 | 318,7 | 10,5 | white | |
| 6.2.2019 10:24:30 | 390,8 | 314,6 | 10,4 | white | |
| 6.2.2019 10:24:34 | 371,5 | 300,4 | 10,4 | white | |
| 6.2.2019 10:24:25 | 386,7 | 311,2 | 10,4 | | 33 |
| 6.2.2019 10:24:40 | 399 | 313,7 | 10 | white | |
| 6.2.2019 10:24:45 | 410,5 | 322,2 | 10 | white | |
| 6.2.2019 10:24:49 | 422 | 332,7 | 10,2 | white | |
| 6.2.2019 10:24:40 | 410,5 | 322,9 | 10,1 | | 33 |
| 6.2.2019 10:25:08 | 398,9 | 313,8 | 9,6 | white | |
| 6.2.2019 10:25:12 | 359,9 | 283,8 | 8,9 | white | |
| 6.2.2019 10:25:17 | 356,9 | 281,8 | 9 | white | |
| 6.2.2019 10:25:08 | 371,9 | 293,1 | 9,2 | | 34 |
| 6.2.2019 10:25:22 | 375,8 | 303,7 | 10,3 | white | |
| 6.2.2019 10:25:27 | 389,6 | 313,8 | 10,4 | white | |
| 6.2.2019 10:25:31 | 391,2 | 314,1 | 10,3 | white | |
| 6.2.2019 10:25:22 | 385,5 | 310,5 | 10,3 | | 34 |
| 6.2.2019 10:25:55 | 386,5 | 304,3 | 9,9 | white | |
| 6.2.2019 10:25:59 | 331,7 | 260,5 | 8,6 | white | |
| 6.2.2019 10:26:04 | 354,3 | 278,8 | 9,6 | white | |
| 6.2.2019 10:25:55 | 357,5 | 281,2 | 9,4 | | 35 |
| 6.2.2019 10:26:09 | 382,6 | 301,9 | 10,5 | white | |
| 6.2.2019 10:26:13 | 389,1 | 305,5 | 10,4 | white | |
| 6.2.2019 10:26:18 | 373,4 | 294,7 | 9,9 | white | |
| 6.2.2019 10:26:09 | 381,7 | 300,7 | 10,3 | | 35 |
| 6.2.2019 10:26:39 | 342,3 | 269,3 | 10 | white | |
| 6.2.2019 10:26:43 | 336,9 | 264,7 | 9,6 | white | |
| 6.2.2019 10:26:47 | 347,5 | 272 | 9,4 | white | |
| 6.2.2019 10:26:39 | 342,2 | 268,7 | 9,7 | | 36 |
| 6.2.2019 10:26:53 | 339,3 | 267,2 | 9,2 | white | |
| 6.2.2019 10:26:58 | 349,3 | 273,9 | 9,5 | white | |
| 6.2.2019 10:27:02 | 336 | 264 | 10,2 | white | |
| 6.2.2019 10:26:53 | 341,5 | 268,4 | 9,6 | | 36 |

31



32



33



34



35



36



Device Name: ZRS 6060 Zehntner $\beta = 5^\circ$

α

| Date | 0.2° (cd/lx/m²) | 0.33° (cd/lx/m²) | 2.0° (cd/lx/m²) | Color | Job |
|------|-----------------|------------------|-----------------|-------|-----|
|------|-----------------|------------------|-----------------|-------|-----|

| | | | | | |
|--------------------------|-------------|-------------|----------|-------|-----------|
| 6.2.2019 10:27:44 | 78,8 | 57,1 | 2 | white | |
| 6.2.2019 10:27:53 | 80,9 | 58,7 | 2 | white | |
| 6.2.2019 10:27:58 | 79,7 | 57,9 | 2 | white | |
| 6.2.2019 10:27:44 | 79,8 | 57,9 | 2 | | 37 |

37



| | | | | | |
|--------------------------|-----------|-------------|------------|-------|-----------|
| 6.2.2019 10:28:20 | 70,9 | 53 | 2,5 | white | |
| 6.2.2019 10:28:24 | 66,5 | 48,9 | 2,3 | white | |
| 6.2.2019 10:28:40 | 75,6 | 56,2 | 2,7 | white | |
| 6.2.2019 10:28:20 | 71 | 52,7 | 2,5 | | 38 |

38



| | | | | | |
|--------------------------|--------------|-------------|------------|-------|-----------|
| 6.2.2019 10:28:50 | 161,4 | 116,2 | 4,6 | white | |
| 6.2.2019 10:28:56 | 87,2 | 62,8 | 2,2 | white | |
| 6.2.2019 10:29:01 | 81,6 | 57,8 | 2,4 | white | |
| 6.2.2019 10:28:50 | 110,1 | 78,9 | 3,1 | | 39 |

39



| | | | | | |
|--------------------------|-------------|-------------|------------|-------|-----------|
| 6.2.2019 10:29:23 | 16,1 | 15,6 | 4,2 | white | |
| 6.2.2019 10:29:29 | 16,9 | 16,3 | 4,5 | white | |
| 6.2.2019 10:29:34 | 18,4 | 17,8 | 4,5 | white | |
| 6.2.2019 10:29:23 | 17,1 | 16,6 | 4,4 | | 40 |

40



| | | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------|------------|-------|-----------|
| 6.2.2019 10:29:47 | 259,6 | 205,1 | 8 | white | |
| 6.2.2019 10:29:53 | 168,9 | 133,3 | 5,1 | white | |
| 6.2.2019 10:30:00 | 294,2 | 234,4 | 9 | white | |
| 6.2.2019 10:29:47 | 240,9 | 190,9 | 7,4 | | 41 |

41

