

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ  
PRÁCE**

**2023**

**BÁRA  
JEŽKOVÁ**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra přírodovědných oborů**

## **Funkčnost brýlových čoček pro řidiče**

### **Functionality of driver's lenses**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

**Autor bakalářské práce: Bára Ježková**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Písařík, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Jan Remsa, Ph.D.

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Ježková** Jméno: **Bára** Osobní číslo: **500002**  
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**  
Garantující katedra: **Katedra přírodovědných oborů**  
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**  
Studijní obor: **Optika a optometrie**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Funkčnost brýlových čoček pro řidiče**

Název bakalářské práce anglicky:

**Functionality of driver's spectacle lenses**

Pokyny pro vypracování:

Provedte rešerši dnes používaných materiálů pro výrobu brýlových čoček a jejich povrchových úprav. Zaměřte se převážně na typy brýlových čoček používaných pro řidiče. Zjistěte, co vše může ovlivňovat kvalitu vidění řidiče a jak ji popřípadě můžeme zlepšit pomocí brýlových čoček. Provedte měření transmisivity dostupných brýlových čoček pro řidiče a zároveň zjistěte spektrální charakteristiky světelných zdrojů, které mohou řidiče oslňovat. V závislosti na naměřených datech zhodnoťte výsledky a určete optimální brýlovou čočku pro řidiče.

Seznam doporučené literatury:

- [1] MOHAMMED, J., Modern spectacle lens design, Clinical and Experimental Optometry, ročník 103, číslo 1, 2020, pp. 3-10 s., DOI: 10.1111/cxo.12930
- [2] HARTWING, A., Special spectacle lenses for driving and their spectral effects, Investigative Ophthalmology & Visual Science, ročník 763, číslo 7, 2022, 2252 – F0460
- [3] PILLAY, R., HANSRAJ, R., RAMPERSAD, N., Historical Development, Applications and Advances in Materials Used in Spectacle Lenses and Contact Lenses, Clinical optometry, ročník 12, 2020, pp. 157-167. DOI: 10.2147/OPTO.S257081

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Petr Písařík, Ph.D.**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

**Ing. Jan Remsa, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2024**

doc. Ing. Petr Kudrna, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA  
děkan

## **Název bakalářské práce:** Funkčnost brýlových čoček pro řidiče

### **Abstrakt:**

V dnešní době se často řeší téma brýlových čoček pro řidiče. Jaké mají řidiči problémy při řízení, jako je např. oslnění, odlesky, a jak těmto problémům předejít. I na takové otázky tato bakalářská práce odpovídá. Především se zaměřuje na spektrální propustnost brýlových čoček pro řidiče, kterou jsme měřili pomocí spektrofotometru.

Pro tento experiment jsme měli k dispozici vzorky DriveSafe (Zeiss), EnRoute a EnRoute Pro (Hoya), Crizal a EyeDrive (Essilor), Road (Rodenstock) a Drivewear (Čivice). Zároveň jsme přidali k porovnání kontrolní čočku plast Organic o indexu lomu 1,5. Pro určení spektrální charakteristiky světelných zdrojů jsme využili přenosný vláknový spektrometr. Díky tomu bylo možné měřit spektrum nejčastěji zastoupených světlometů (halogenové žárovky H7 a H4, LED-světla a xenonové výbojky), které byly zasazeny ve vnějších plastových krytech, pro navýšení realistických podmínek.

Z tohoto výzkumu vyplývá, že brýlové čočky pro řidiče, z hlediska spektrální propustnosti, nejsou až tak účinné. Většinou dochází k minimálnímu rozdílu po předsazení brýlové čočky. Nejlépe z vybraných výrobců brýlových skel vyšla jednoznačně společnost Hoya, kdy její spektrální propustnost začíná až na 430 nm.

### **Klíčová slova:**

Čočky pro řidiče, materiály brýlových čoček, povrchové úpravy brýlových čoček, DriveSave, EnRout, EyeDrive, CrizalDrive, Drivewear, Road, spektrometr, spektrální propustnost, transmisivita

## **Bachelor's Thesis title: Functionality of driver's lenses**

### **Abstract:**

Nowadays, the topic of lenses for drivers is often discussed. What problems drivers have when driving, such as glare, reflections, and how to prevent these problems. This bachelor thesis also answers such questions. In particular, it focuses on the spectral transmittance of driver's lenses, which was measured using a spectrophotometer.

For this experiment we had samples of DriveSafe (Zeiss), EnRoute and EnRoute Pro (Hoya), Crizal and EyeDrive (Essilor), Road (Rodenstock) and Drivewear (Chivice). At the same time, we have added a control lens, Plastic Organic, with a refractive index of 1.5 for comparison. We used a portable fiber spectrometer to determine the spectral characteristics of the light sources. This made it possible to measure the spectrum of the most commonly represented headlights (H7 and H4 halogen bulbs, LED-lights and xenon lamps), which were embedded in external plastic housings, to increase the realistic conditions.

This research shows that driver lenses, in terms of spectral transmittance, are not that effective. In most cases, there is minimal difference after the spectacle lens is pre-fitted. Hoya clearly came out best of the selected lens manufacturers, with spectral transmittance starting at 430 nm.

### **Key words:**

Spectacles, lens, lenses for drivers, DriveSave, EnRout, EyeDrive, CrizalDrive, Drivewear, Road, spectrometer, spectral transmittance

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu Ing. Petru Písaříkovi, Ph.D. za ochotu, pomoc a trpělivost při vedení této práce. Panu Ing. Janu Remsovi, Ph.D. za půjčení přenosného UV-VIS vláknového spektrometru USB2000+. Dále bych ráda podělovala své rodině, že mi vždy nechávali prostor pro psaní této práce, že mi poskytli většinu spektrálních charakteristik světlometů a snažili se mi pomoci, jak jen to šlo. A v neposlední řadě Jiřímu Hanušovi za velkou podporu a cenné rady.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem Bakalářská práce s názvem „Funkčnost brýlových čoček pro řidiče“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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

V *Kladně* dne .....

.....

podpis

## Obsah

1. Úvod.....	1
1.1 Cíle práce .....	3
2. Základní vlastnosti .....	4
2.1 Index lomu .....	4
2.2 Disperze.....	4
2.2.1 Abbeovo číslo .....	5
2.3 Interference .....	5
2.4 Polarizace.....	6
2.5 Reflektance .....	7
2.6 Transmittance .....	7
2.7 Absorbance .....	8
3. Rešerše .....	9
3.1 Materiály .....	9
3.1.1 Minerální materiál (sklo) .....	9
3.1.2 Organické materiály.....	10
3.2 Ohniska.....	14
3.2.1 Jednoohniskové .....	14
3.2.2 Bifokální.....	14
3.2.3 Multifokální .....	15
3.3 Povrchové úpravy .....	17
3.3.1 Tvrzení.....	17
3.3.2 Antireflexní vrstva (AR).....	18
3.3.3 Samočistící vrstvy .....	19
3.3.4 Absorpční vrstvy.....	20
3.3.5 Polarizační vrstvy.....	21
3.3.6 Zrcadlové vrstva.....	21
3.4 Brýle pro řidiče.....	23
3.4.1 ZEISS Drivesafe.....	23
3.4.2 HOYA.....	24
3.4.3 Essilor .....	24
3.4.4 Transitions XTRActive.....	25
3.4.5 Rodenstock Road .....	26



---

3.4.6	Čivice Drivewear .....	27
4.	Měření spektrální propustnosti a spektrálních charakteristik.....	28
4.1	Měření transmisivity brýlových čoček .....	29
4.2	Měření transmisivity čelního skla.....	33
4.3	Měření spektrálních charakteristik světlometů .....	34
5.	Diskuse.....	36
6.	Závěr.....	37
	Seznam použité literatury .....	38
	Seznam symbolů .....	43
	Seznam zkratk .....	44
	Seznam obrázků .....	45

# 1. Úvod

Bez brýlí by si dnes někteří z nás nedovedli představit život. Jejich podoba se od 10. století razantně změnila a dovedla téměř k dokonalosti. Dnes dokážeme přesně naměřit korekci pro jakéhokoli člověka. Ve většině případů jsme schopni zhotovit brýle, které mu pomohou v každodenním životě. Brýle dnes ale mají více než jen jedno zaměření. Každý z nás se v současné době specializuje na něco jiného. Proto se i brýlové čočky musí více orientovat na různé činnosti.

Jako nejjednodušší rozdělení můžeme brát brýle na blízko a na dálku. Díky materiálům, zábrusu nebo povrchovým úpravám brýlových čoček však máme mnoho jiných zaměření. Můžeme je rozdělit na monofokální, bifokální a multifokální brýlové čočky. Stejně tak se ale mohou brýlové čočky orientovat i profesně. Dnes se vyrábí brýle speciálně do kanceláří – office brýle, které pomáhají často začínajícím presbyopům a zároveň mají speciální povrchovou vrstvu, která blokuje modré světlo.

Stejně jako se office brýle zaměřují na práci u počítače, máme úzce specializované brýle pro řidiče. Tyto brýle samozřejmě člověk využije i mimo vozovku v každodenním životě. Mají však vlastnosti, které velmi ulevují očím, když se musíte soustředit na více věcí, jako např. snížení oslnění z protijedoucích aut. Brýlové čočky pro řidiče v dnešní době využívá mnoho lidí, z nichž někteří nejsou ani profesionální řidiči a brýle mají na každodenní nošení.

Na brýlové čočky pro řidiče se specializuje více firem. Pro tuto práci byly vybrány společnosti Zeiss, Hoya, Essilor, Rodenstock a Čivice. Všechny se zabývají řešením, jak nejlépe snížit nežádoucí odlesky a oslnění (ve dne od slunce, v noci od protijedoucích aut) a zároveň zlepšit vidění při řízení v noci. Každá z nich se ale ve zpracování těchto brýlových čoček liší, protože sází na jiný aspekt pomoci při řízení [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7].

Nejčasněji se ale jedná o problematiku snížení oslnění z protijedoucích aut. Některé společnosti se tento problém snaží řešit tak, že posilují transmitanci modrého světla [1; 8; 6]. Jiné ho naopak potlačují, čímž získávají lepší podmínky a prostor pro mezopické a skotopické vidění [7; 4]. Vyvíjí se i nové filtry, které vytahují kontrasty mezopických a skotopických podmínek [1]. Potlačuje tak oslnění tím, že snižuje

intenzitu jasného viditeľného svetla. [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7]. V této práci se zaměříme především na to, zda samotná spektrální propustnost brýlových čoček opravdu ovlivní spektrum světla, které následně dopadá do oka na sítnici řidiče.

## 1.1 Cíle práce

V teoretické části se budeme věnovat především přehledu současného stavu. Podíváme se, jaké se v dnešní době používají materiály pro výrobu brýlových čoček, nebo jaké máme v dnešní době povrchové úpravy. Zároveň se podíváme na brýlové čočky pro řidiče, konkrétněji na ty, které budeme následně porovnávat v experimentální části.

V experimentální části nejprve provedeme měření transmisivity brýlových čoček zaměřených pro řidiče vybraných firem od 200 nm do 800 nm pomocí UV-VIS spektrofotometru UV-2600. Pro získání těchto informací jsme vybrali brýlové čočky DriveSafe (Zeiss), EnRoute a EnRoute Pro (Hoya), Crizal a EyeDrive (Essilor), Road (Rodenstock) a Drivewear (Čivice).

Zároveň zjistíme, spektrální charakteristiky světelných zdrojů, které mohou oslňovat řidiče. Pro tento experiment byly vybrány nejčastěji zastoupené druhy světlometů: halogenové žárovky H7 a H4, LED-světla a xenonové výbojky. K měření využijeme UV-VIS vláknový spektrometr USB2000+, který je přenosný a díky kterému nebudeme muset zdroje světla nijak nahrazovat v laboratorním prostředí.

Po naměření spektrální propustnosti čoček a spektrální charakteristiky světlometů automobilů, srovnáme výsledky a určíme efektivnost brýlových čoček.

## 2. Základní vlastnosti

Zde se seznámíme ze základními vlastnostmi a objasníme si, proč a jak se brýlová čočka chová. Podíváme se na index lomu, Abbeovo číslo, interferenci, polarizaci, reflektanci, absorbanci a transmitanci. Všechny tyto vlastnosti jsou na sobě závislé. To znamená, že pokud se změní jedna, přímo úměrně se změní i ostatní.

### 2.1 Index lomu

Index lomu je definován jako poměr rychlosti šíření světla ve vakuu ku jinému optickému prostředí. Zjednodušeně se jedná o bezrozměrnou veličinu, která udává, kolikrát pomaleji se světlo pohybuje v daném materiálu pro brýlové čočky oproti vakuu (nebo vzduchu). Je tedy vždy větší než 1. Index lomu tedy vypočítáme pomocí vzorce (1),

$$n = \frac{c}{v_\lambda} \quad (1)$$

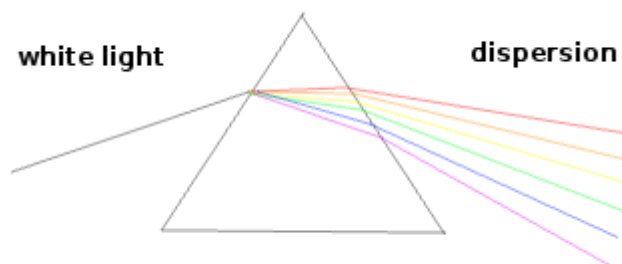
kde  $n$  je index lomu,  $c$  je rychlost světla pohybující se ve vakuu a  $v_\lambda$  je rychlost světla v daném prostředí. [9]

Čím bude mít materiál vyšší index lomu, tím podobnější budou zakřivení přední a zadní plochy čočky. Pomocí toho docílíme, že čočka bude tenčí, a u silnějších dioptrií můžeme tvrdit, že i znatelně lehčí a estetičtější. Neměli bychom však zapomínat, že s rostoucím indexem lomu se budou zhoršovat zobrazovací schopnosti [10; 11]. Dostupný rozsah indexu lomů se pohybuje od 1,45 (hodnotu 1,5 má základní plast) do 1,90 (můžeme najít u minerálního skla) [12].

### 2.2 Disperze

V optice a analogicky i v dalších odvětvích fyziky zabývajících se šířením vln je disperze jev, kdy se rychlost světla při průchodu prostředím mění v závislosti na jeho vlnové délce nebo frekvenci. Výsledkem je ohyb nebo lom různých barev světla pod různými úhly. Stupeň disperze je určen indexem lomu prostředí, který udává, jak moc prostředí zpomaluje rychlost světla. [13; 14; 15].

Důsledek disperze můžeme ilustrovat přes optický hranol. Paprsek bílého světla je záření složené z různých vlnových délek. Jednotlivé vlnové délky odpovídají konkrétním barvám viditelného spektra. Tento svazek se při vstupu do hranolu láme směrem k bázi, jak je vidět na obrázku č. 2.1. Každá vlnová délka se ale lomí jinak, čímž dochází k rozložení na jednotlivé barvy. Kratší vlnové délky (kolem ultrafialového



**Obrázek 2.1:** Disperze, lom [50]

spektra) se lámou pod větším úhlem, než se lámou vlnové délky delší (kolem infračerveného spektra). [14]

### 2.2.1 Abbeovo číslo

Při konstrukci brýlových čoček se používá i kvantifikace disperze skla, která je dána jeho Abbeovým číslem  $V$ , kde nižší Abbeovo číslo odpovídá vyšší disperzi ve viditelném spektru [9; 10]. Přesnou hodnotu se dozvíme ze vzorce (2),

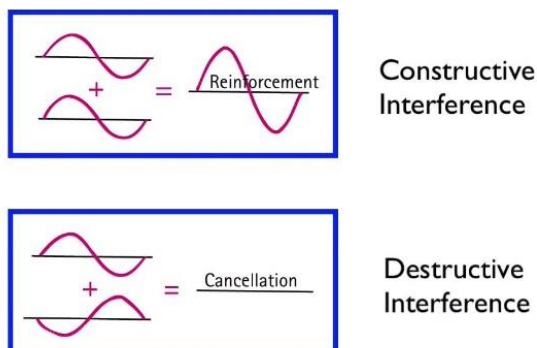
$$V = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} \quad (2)$$

kde  $n_D$ ,  $n_F$  a  $n_C$  jsou indexy lomu daných materiálů na vlnových délkách odpovídajících Fraunhoferovým čarám  $D$  ( $\lambda_D=589 \text{ nm}$ ),  $F$  ( $\lambda_F=486,1 \text{ nm}$ ) a  $C$  ( $\lambda_C=656,3 \text{ nm}$ ). [10]

## 2.3 Interference

Světlo se šíří ve formě vln (Huygensův princip) fázovou rychlostí  $c$  ve vakuu. V homogenním, izotropním prostředí o indexu lomu  $n$  se šíří rychlostí podle vzorce 1. Skládáním (interferencí) dvou a více koherentních vln, vln se stejnou frekvencí, fází a vlnovou délkou, docílíme superpozice vln, čímž získáme interferenční obrazec,

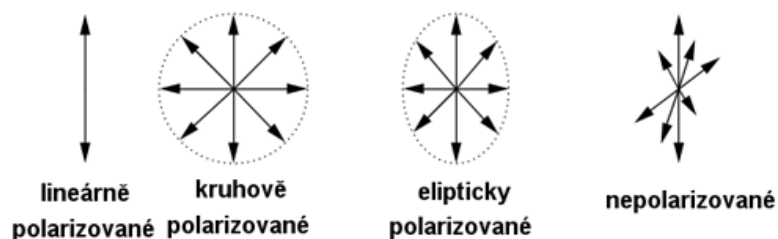
jak můžeme vidět na obrázku 2.2. Princip (destruktivní) interference na tenké vrstvě se využívá při redukci reflexe na povrchu čoček a jiných optických elementů. [16]



Obrázek 2.2: Interference [49]

## 2.4 Polarizace

Elektromagnetické vlnění, jako je světlo, se skládá ze spřaženého kmitajícího elektrického a magnetického pole, která jsou na sebe vždy kolmá; podle konvence se "polarizace" elektromagnetických vln vztahuje ke směru elektrického pole. Jak můžeme vidět na obrázku 2.3, při lineární polarizaci kmitají pole v jednom směru. Při kruhové nebo eliptické polarizaci se pole při šíření vlny otáčejí konstantní rychlostí v jedné rovině. Rotace může mít dva možné směry; pokud se pole otáčejí v pravotočivém smyslu vzhledem ke směru šíření vlny, nazývá se pravotočivá kruhová polarizace, zatímco pokud se pole otáčejí v levotočivém smyslu, nazývá se levotočivá kruhová polarizace. [17; 18; 19]



Obrázek 2.3: Polarizace světla [19]

Světlo nebo jiné elektromagnetické záření z mnoha zdrojů, jako je Slunce, plameny a žárovky, se skládá z krátkých vlnových drah se stejnou směsí polarizací; to se nazývá nepolarizované světlo. Polarizované světlo lze získat průchodem nepolarizovaného světla polarizátorem, který propouští vlny pouze jedné polarizace.

Většina běžných optických materiálů polarizaci světla neovlivňuje, avšak některé materiály, které vykazují dvojlom, dichroismus nebo optickou aktivitu, působí na světlo odlišně v závislosti na jeho polarizaci. Některé z nich se používají k výrobě polarizačních filtrů. Světlo se také částečně polarizuje, když se odráží od povrchu. [17; 16; 19]

## 2.5 Reflektance

Odrazivost (reflektance) udává účinnost materiálu odrážet dopadající optické záření. Reflektance  $R$  je podíl dopadajícího světla  $P_t$  a odraženého světla  $P_0$ . [12]

$$R = \frac{P_t}{P_0} \quad (3)$$

Vyjadřujeme ji v hodnotách 0–1 nebo v procentech od 0 % do 100 % [10; 18]. Jejím důsledkem dochází ke ztrátě transparentnosti. S rostoucí hodnotou indexu lomu  $n$  se úměrně navyšuje i procento odraženého světla od materiálu [20; 18; 14]. Tuto skutečnost se zároveň snažíme podpořit antireflexní úpravou brýlové čočky. [12; 21]

$$R = \frac{(n - 1)^2}{(n + 1)^2} \quad (4)$$

## 2.6 Transmittance

Transmittance (propustnost) určuje procento optického záření, které daný materiál je schopný propustit. Toto nám popisuje vztah poměru intenzity záření po průchodu materiálem  $I$  a intenzity dopadajícího záření na povrch materiálu  $I_0$  [12; 21]:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (6)$$

Stejně jako reflektance se transmittance  $T$  určuje v procentech, ta ale závisí zároveň na tloušťce materiálu. V reálných podmínkách se opět k okrajovým hodnotám



jen blíží. [10; 18] Transmittance je přesným opakem reflektance. Pokud nedochází k pohlcení nebo rozptylu světla, pak platí vztah [10; 12; 21]:

$$T = 1 - R \quad (5)$$

## 2.7 Absorbance

Pokud však materiál brýlové čočky část optického záření odrazí, část se propustí a část záření bude materiálem pohlcena, je potřeba stále dodržovat energetickou rovnováhu. V tomto případě tedy platí vztah [12; 21]:

$$T + R + A = 1 \quad (6)$$

Zjednodušeně udává, kolik světla bylo pohlceno měřeným vzorkem. K absorpenci (pohlcení) optického záření dochází tehdy, když je frekvence dopadajícího světla totožná s excitační frekvencí atomu nebo molekuly. [22] Je tedy zodpovědná za zbarvení mnoha optických materiálů. Například rubíny jsou červené, protože absorbují modré a zelené světlo, ale ne červené. [22]

Množství pohlceného optického záření, stejně jako transmittance, úzce souvisí s tloušťkou materiálu. S rostoucí tloušťkou tedy dochází k nárůstu absorbance. Ta se dá popsat podle Lambertova zákona [12; 21], kdy  $I$  je intenzita,  $I_0$  je intenzita záření vnikající do materiálu čočky,  $\alpha$  je absorpční konstanta a  $l$  je tloušťka materiálu brýlové čočky. [12]

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha \cdot l} \quad (7)$$

## 3. Rešerše

### 3.1 Materiály

Materiálů, ze kterých se začaly brýlové čočky vyrábět je dnes už poměrně velké množství. Pokud bychom to však chtěli velmi zjednodušit, dá se říct, že dnes vyrábíme brýlové čočky ze dvou materiálů, které se následně dělí do mnoha jiných skupin. Jedná se tedy o minerální a organické materiály.

#### 3.1.1 Minerální materiál (sklo)

První brýlové čočky se vyráběly ze skla, a to hned z několika důvodů. Správně vybroušené a vyleštěné skleněné čočky mají perfektní vlastnosti pro korekci očních vad, [23; 24] jako je myopie, hypermetropie a astigmatismus, nebo pro srovnání strabismu. Toto je možné hlavně díky tomu, že sklo je izotropní materiál. [9] Tyto vlastnosti se však později objevily i u organických polymerních materiálů. [11]

Jedná se o homogenní, izotropní, vysoce průhledný materiál, který odolává většině chemikálií, při stárnutí nemění barvu a je poměrně odolný proti poškrábání. Sklo můžeme rozdělit do dvou základních podskupin. Korunové sklo, které je nízko indexové, a flintové, které je naopak vysoko indexové. [9]

Tradičně se brýlové čočky vyráběly z korunového skla, což je poměrně nestrukturovaný materiál tvořený náhodně uspořádanými ionty, vyrobený ze směsi písku, sody a vápna [23; 24] s indexem lomu 1,523 a s nízkou chromatickou aberací. [23; 25]

V roce 1880 byl vytvořen nový materiál, flintové sklo, s vyšším indexem lomu. Toho vědci docílili tím, že přidali oxid barnatý ( $\text{BaO}$ ) do směsi skla. Nyní se pro tyto účely používá i oxid olovnatý ( $\text{PbO}$ ). [23; 9; 24] Od roku 1973 se začaly používat oxidy alkalických kovů, jako je oxid zinečnatý ( $\text{ZnO}$ ) a oxid titaničitý ( $\text{TiO}_2$ ), k vytvoření tenčích čoček s vysokým indexem lomu a dobrou chemickou odolností, které byly kosmeticky atraktivní pro korekci vysokých refrakčních vad. [26] Jejich velká výhoda je ale zároveň i nevýhodou. Vysoké indexy zhoršují zobrazovací schopnosti materiálu a vznikají tak nechtěné chromatické aberace. [23; 9; 24]

Sklo však není vhodné pro všechny nositele. Mezi jeho nevýhody se řadí tíha materiálu spolu s tříštivostí a následným nebezpečím poranění od střepů. Proto se doporučuje spíše pro klienty, kteří potřebují precizně vidět při činnosti, u které nehrozí vyštípnání skla např. malování, doktoři (zubař, chirurg), muzikant (hraní z not). [9] Pro řidiče tedy není tolik vhodný.

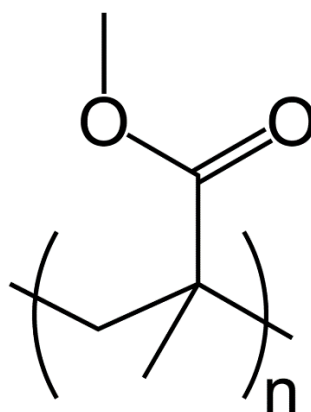
### 3.1.2 Organické materiály

Plastové brýlové čočky se skládají z polymerů neboli molekul s dlouhým řetězcem, které mají mnoho vzájemně propojených větví neboli příčných vazeb, jež poskytují větší pružnost než sklo a lepší odolnost proti nárazu. [24] Ačkoli se při výrobě brýlových čoček často používá materiál CR-39®, novější materiály, jako je polykarbonát a Trivex®, mají méně příčných vazeb a poskytují jedinečnou odolnost proti nárazu. [23; 25]

#### PMMA

Jako první transparentní polymer byl polymethylmethakrylát, známý jako plexisklo. Materiál byl vynalezen v Německu ve 20. letech. Používal se jak pro výrobu brýlových skel a levných brýlových obrub, tak jako materiál pro první pevné kontaktní čočky [27].

Jedná se o termoplastickou hmotu, která vzniká polymerací metylesteru kyseliny metakrylové. Dobře tvarovatelný je už při teplotě kolem 140 °C. Je to poměrně křehký materiál, proto na něj nesmíme působit příliš velkou silou bez jeho zahřátí, např. zahýbat stranice, vysazovat nebo vsazovat čočky. Má menší odolnost vůči nárazu. Dnes už se s tímto materiálem v podstatě nesetkáme [27; 28]. Hodnota indexu lomu je  $n=1,492$  a Abbeovo číslo 57,8. [29].



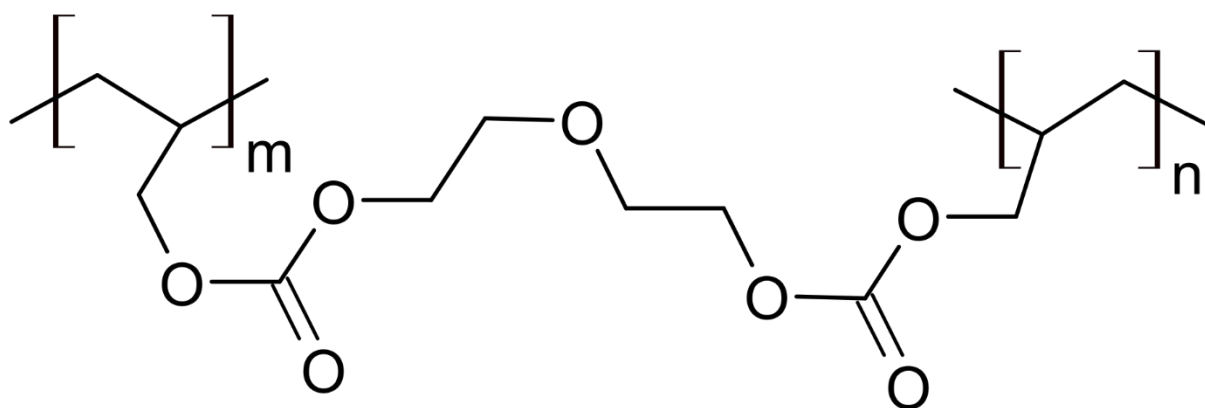
Obrázek 3.1: Polymethylmethakrylát [51]

### CR-39

Jedná se o tvrdou pryskyřici, která spadá do allylových esterů. Nejprve má podobu čiré sirupovité kapaliny, která po přidání malého množství katalyzátoru (iniciátoru polymerace), např. peroxidu, začne polymerovat (molekuly monomeru se na sebe navazují do prostorové sítě, látka rosolovává a tuhne). Vzniká tuhý, čirý, termosetový polymer (polyallyldiglykolkarbonát). [20; 27]

CR-39 byl poprvé použit v letadlech pro zastřešení kokpitu, aby chránil piloty před větrným prouděním. [30] V současné době spadá mezi nejpoužívanější materiály pro brýlové čočky. Původně byl vynalezen ve 40. letech 20. století pro vojenské účely jako pojivo. Přestože se nejprve neujal, se stal v 70. letech 20. století populárním jako materiál pro brýlové čočky. V současné době považován za "standard", podle kterého se dnes porovnávají ostatní materiály. [20; 28]

index lomu se pohybuje mezi hodnotami 1,5 až 1,74. Abbeovo číslo pro index lomu 1,5 je 58, pro index lomu 1,74 33.

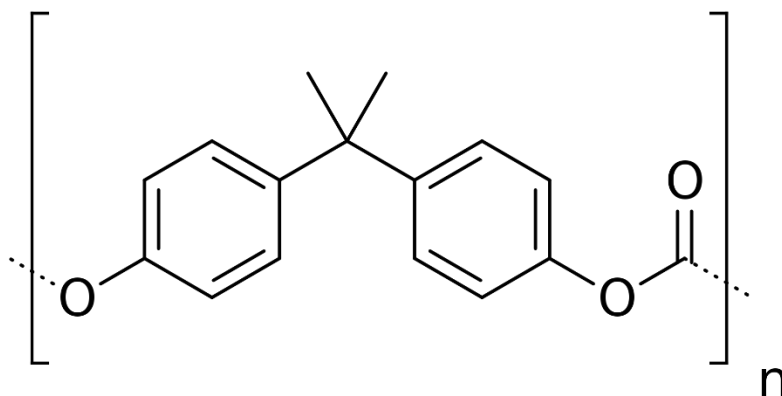


Obrázek 3.2: CR-39 [52]

### Polykarbonát

Nejběžnějším termoplastickým materiálem čoček je polykarbonát, který byl původně vynalezen společností General Electric v 50. letech 20. století pod obchodním názvem Lexan. [27] Polykarbonát je známý svými výjimečnými vlastnostmi odolností proti nárazu. Blokuje veškeré UV záření. Index lomu polykarbonátu je  $n=1,586$  a Abbeovo číslo má hodnotu 32 [29]. Je také poměrně tenký,

pružný a lehký materiál, ve srovnání s mnoha jinými materiály. Zároveň je ale poměrně měkký, čímž je velmi náchylný na poškrábání. [20; 27; 28] Dnes se používá především pro některé tuhé kontaktní čočky. [27]



**Obrázek 3.3:** Polykarbonát [53]

### Trivex

Trivex je materiál z polyuretanu, který byl představen v roce 2001. Díky průhlednosti a špičkové optické kvalitě zajišťují čočky ostré vidění a nepřekonatelné pohodlí. Index lomu má hodnotu  $n=1,53$ , Abbeovo číslo má hodnotu 45 a středová tloušťka jen 1,0 mm [29]. Odolnost proti poškrábání je na úrovni plastových čoček o vyšším indexu lomu. Chemická struktura trivexu je polyuretan a molekuly jsou zpevněny dusíkem [27].

Oproti polykarbonátu má nižší index lomu, vnitřní pnutí a chromatickou disperzi, s výslednými ostřejšími obrazy, vyššími rozlišovacími schopnostmi, sníženým „duhovým efektem“ a lepším vizuálním pohodlím. [27]

Jeho optické vlastnosti se tedy přibližují vlastnostem minerálních čoček, ale zároveň jsou mnohem lehčí a bezpečnější, protože při rozbití (které je takřka nemožné) nevznikají ostré střepy. [28] Tento materiál byl cíleně vyvinut do vázaných a vrtaných obrub.

## Vysokoindexové materiály

Vysokoindexové materiály mohou být minerální i organické. U organických materiálů se většinou jedná o polyuretanové pryskyřice. [31] Pokud má materiál čočky index větší než index lomu standardního materiálu (1,53), označuje se tento materiál obecně jako materiál s vysokým indexem lomu. [20]

Z materiálů s vysokým indexem lomu se tedy vyrábí lehčí čočky, [31] protože přední a zadní plochy čočky mají podobnější zakřivení než nízkoindexové materiály. [28] Stejně jako u většiny vlastností materiálů existuje několik kompromisů. Sklo poskytuje lepší odolnost proti poškrábání než polymery, je ale těžší. A přestože lze sklo vyrobit s vyšším indexem lomu než polymery, jeho odolnost klesá s rostoucím indexem lomu. Výsledná čočka je tedy křehčí. [31]

## 3.2 Ohniska

Ohnisko označuje bod na optické ose, v němž se světelné paprsky po průchodu optickou soustavou sbíhají nebo rozbíhají. Tento bod je určen geometrickými vlastnostmi optické soustavy, jako je zakřivení čoček nebo zrcadel a jejich vzájemná vzdálenost [10]. Nachází se na polovině vzdálenosti mezi optickým středem čočky a vrcholem čočky [32].

V optice a optometrii je hlavním způsobem využití ohniska správná korekce zrakových vad, jako je myopie nebo hypermetropie, pomocí různých typů brýlových čoček. Jednoohniskové brýlové čočky jsou výhodné především pro lidi s jednoduchou refrakční vadou, jako je například myopie, hypermetropie nebo astigmatismus. Jakmile se člověk dostane do presbyopického věku, monofokální brýlové čočky přestávají stačit. Bifokální čočky mají dvě odlišné optické zóny pro, což umožňuje ostré vidění na dvě různé vzdálenosti. Také existuje varianta trifokálních brýlí, ale s těmi se v dnešní době už téměř nesetkáme. Nahradila je varianta multifokální čočky, která má více optických zón a umožňuje ostré vidění na různé vzdálenosti s postupným přechodem mezi zónami [10; 11].

### 3.2.1 Jednoohniskové

Jednoohniskové čočky mají jen jeden vztažný bod, podle kterého centrujeme brýle. Zákazník musí být v základním postavení. Když centrujeme do dálky, zákazník se nám dívá do očí (pravým do levého a levým do pravého). Při centraci na blízko jsou dvě varianty. Buď můžeme centrovat jako na dálku, nebo se nám zákazník může dívat na kořen nosu. Záleží na preferencích optika. [10; 11]

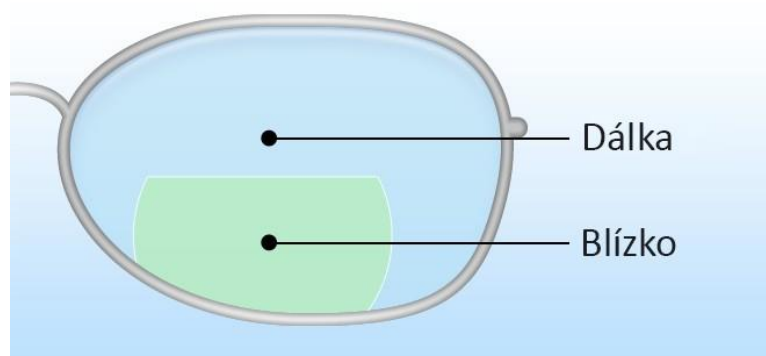
Obě varianty jsou správné. Monofokální čočky jsou často pohodlnější a poskytují nejširší zorné pole ze všech tří variant. Člověk si na ně snadno zvykne a jsou nejjednodušší na výrobu. [10]

### 3.2.2 Bifokální

Bifokální čočky mají dva segmenty, které jsou viditelně rozdělené. To znamená, že nemají plynulý přechod. V horní polovině najdeme oblast korekčně vyváženou pro pohled do dálky a ve spodní polovině menší oblast ve tvaru „D“ vykorigovanou

na blízko. Tento typ brýlových čoček nemá střední vzdálenost. Proto není vhodný pro práci s počítačem. [33]

Bifokální čočky centrujeme tak, jako u jednoohniskových na dálku. Poté si uděláme značku, kde končí spodní okraj iris nebo začíná spodní okraj víčka. Tam následně bude předěl segmentu na blízko a na dálku. [10; 11]



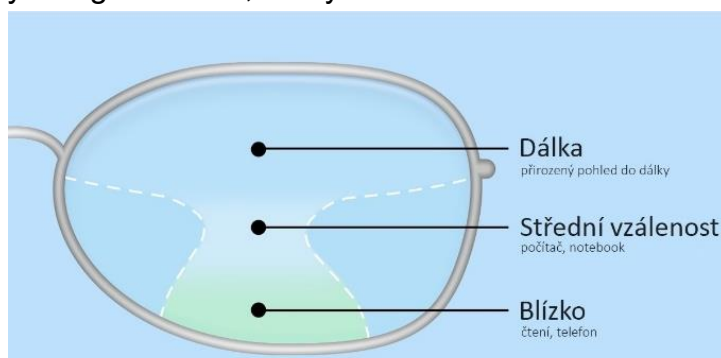
**Obrázek 3.4:** Rozdělení segmentů bifokál [33]

### Eyeline

Eyeline jsou zvláštní druh bifokálních čoček, kdy segment na blízko je mnohem výš. Jsou viditelně rozdělené po celé délce. Jsou nejčastěji určeny pro děti se strabismem. Centrují se tak, že dítě nejdříve nacentrujeme jako u monofokálních na blízko. Následně si naznačíme, kde je spodní okraj zornice. Tudy bude procházet předěl blízka a dálky. Eyeline se takto centrují proto, aby děti nepodváděly a aby se podpořila ortoptická terapie. [34; 10]

### 3.2.3 Multifokální

Multifokální, nebo přesněji progresivní čočky, jsou zvláštní druh čoček, které mohou zákazníkovi poskytnout ostré vidění na Dálku, blízko, ale i střední vzdálenost. Multifokální čočka funguje tak, že se mění její zakřivení. Tím ale bohužel vzniká parazitický astigmatismus, který zaviní mírně rozmazané vidění v periférii.

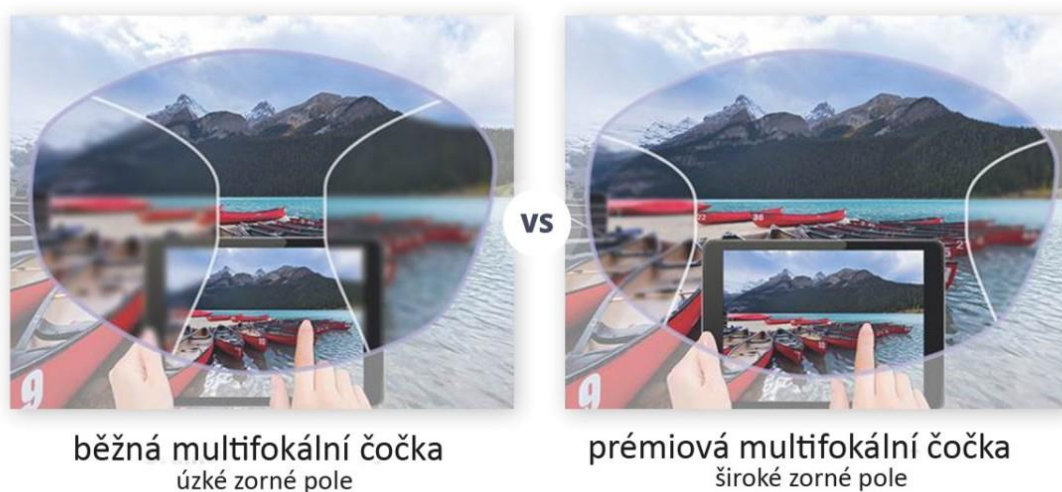


**Obrázek 3.5:** Rozdělení segmentů multifokál [33]



Tato vada se nedá odstranit. Jediný způsob, jak by to šlo, by bylo vynalézt materiál, který by byl jednolitý ale měl různý index lomu. [11; 10]

Dá se to ale snížit typem koridoru. Koridor je místo, kudy zákazník uvidí ostře a kudy prochází všechna ohniska. Ten se dá různě tvarovat a posouvat. Díky těmto operacím můžeme mít progresivní brýlové čočky vyhovující spíše na práci k počítači, kde je posílena střední vzdálenost, nebo brýlové čočky vyhovující do auta. S Cenou roste kvalita, se kterou ale rostou i možnosti využití. Vezmeme-li v úvahu fakt, že multifokální brýle nám většinou nahradí 2-3 páry běžných brýlí, dospějeme k závěru, že tady není šetření na místě. [10]



**Obrázek 3.6:** Rozdíl koridorů [33]

Progresivní brýlové čočky pro pohodlnější řízení mají podpořenou oblast do dálky. Řidič má tak větší zorné pole a stále má ostrou i střední a blízkou vzdálenost, díky čemuž vidí ostře na palubní desku. [5]

### 3.3 Povrchové úpravy

Kromě odstínů a úprav čoček je k dispozici celá řada různých druhů povrchových úprav, které se na brýlové čočky často aplikují pro zlepšení jejich optických nebo mechanických vlastností. Antireflexní vrstvy lze nanášet na skla a plastové čočky, aby se minimalizovaly povrchové odrazy. Pro zlepšení odolnosti plastových brýlových čoček mohou být aplikovány povlaky proti oděru a poškrábání. [20]

Tvrzení se nanáší řízeným procesem lakování nebo tvrdící lázní, ostatní vrstvy se nanáší napařováním (naprašováním). [28]

#### 3.3.1 Tvrzení

Tvrzení má za následek větší odolnost vůči poškrábání. Pokud je na tvrdící vrstvu nanášena antireflexní úprava, tvrzení přejímá vlastnost adhezní vrstvy. Pokud nanášíme tvrzení na plastovou brýlovou čočku, zajišťujeme tím zpevnění čočky a vyšší odolnost proti poškrábání. Sklo je sice proti poškrábání velmi odolné, ale při nanesení tvrdící vrstvy zajišťujeme, že se čočka při poškození nebude štípat a při rozbití nebude tvořit ostré střepe. [28; 29]

V roce 1972 byla ustanovena norma pro tvrzené sklo. Podle FDA (Food and Drug Administration) by tvrzené sklo mělo vydržet náraz ocelové kuličky o velikosti 5/8 palce z výšky 50 palců. Podle Evropské normy (BS EN ISO 14889) z roku 1997 musí tvrzené sklo vydržet účinek 22 mm velké kovové kuličky, která na čočku působí silou 100 N (10 kg) po dobu 10 sekund. Tvrzení minerálních čoček lze provádět chemicky, nebo tepelně. [35] Dnes máme spoustu tvrdících laků, protože je nutné, aby se index lomu tvrzení shodoval s indexem lomu materiálu, ze kterého se čočka skládá. Pokud by se tak nestalo a byla nanášena tvrdící vrstva o jiném indexu lomu, než je materiál čočky, začaly by se tvořit interferenční obrazce, tzv. Newtonovi kroužky. Na čočku o indexu 1,5 tedy nanášíme tvrzení o stejném indexu. To samé platí i pro vyšší indexy (1,6; 1,67; 1,74). [28]

#### Tepelné tvrzení

Tepelné tvrzení probíhá tak, že se brýlová čočka zahřívá na určitou teplotu v rozmezí 620 °C až 650 °C. Doba zahřívání je přímo úměrná tloušťce brýlové čočky a pohybuje se mezi 50 s až 200 s. Čočka se poté prudce ochladí studeným proudem

vzduchu nebo (méně často) v lázni studené kapaliny. Po tomto druhu vytvrzení se na povrchu čočky vytvoří tenká slupka materiálu, který má odlišný index lomu v porovnání se zbytkem hmoty. Musíme dávat pozor na tloušťku čočky (s vyšším indexem, astigmatické), neboť hrozí destrukce čočky. [35; 29]

Tento způsob tvrzení je velmi levný a vhodný pro malovýrobu. Nedoporučuje se pro čočky s dioptrickou hodnotou  $\pm 10$  D, bifokální čočky a čočky samozabarvovací, u těch může tento způsob tvrzení zbarvení samotné čočky a dobu. Jestli je čočka vytvrzena právě tímto způsobem, si můžeme ověřit pomocí tzv. testu Maltézkého kříže a dvou polarizačních folií. [29]

### **Chemické tvrzení**

Chemického tvrzení docílíme tak, že brýlovou čočku ponoříme do solné lázně s kyselinou křemičitou a dusičnanem draselným, kde ji budeme ohřívat po dobu 16 hodin. Lázeň musí být vyhřátá na teplotu 400 °C. Často se setkáme s tím, že se do lázně ještě přidává i 40 % dusičnanu sodného ( $\text{NaNO}_3$ ). Po vyjmutí z lázně je potřeba čočku nechat vychladnout a poté opláchnout proudem teplé vody. [10; 29]

Principem celého chemického tvrzení je náhrada některých sodných iontů ionty dusičitými. Nižší teplota zajišťuje menší vzniklé povrchové napětí v materiálu. Větší draslíkové ionty, které na povrchu čočky nahradily sodné ionty, vyvolají smrštění. [29]

Tento proces tvrzení se může využívat při velkovýrobě běžných dioptrických čoček. Je ekonomicky náročnější. Zároveň je doba tvrzení mnohem delší než u tepelného tvrzení. Tyto důvody snižují efektivitu tohoto způsobu tvrzení. [10; 29]

### **3.3.2 Antireflexní vrstva (AR)**

Antireflexní vrstva je optická vrstva, která se aplikuje na povrch brýlových čoček pro minimalizaci odrazů světla. Tento povlak má v průměru pouze jednu čtvrtinu vlnové délky světla, což mu umožňuje eliminovat nežádoucí odrazy z předního a zadního povrchu čočky. Tím snižuje oslnění způsobené odrazem světla od povrchů samotné čočky, čímž následně zvyšuje propustnost světla. Díky eliminaci odrazů poskytují čočky s antireflexní povrchovou úpravou lepší vidění při nočním řízení a pohodlnější vidění při čtení a práci s počítačem. Člověk se pak může lépe soustředit na ostré vidění bez rušivých odlesků z brýlových čoček. [36] Zejména u slunečních

brýlových čoček je důležité, aby byla antireflexní vrstva nanесena na zadní ploše čočky. [29]

Světlo odražené od povrchu čočky vytváří parazitní paprsky. V principu na sítnici našeho oka dochází k tomu, že paprsky netvoří bod, ale skvrnu. Dva body v prostoru tak mohou být snadno vnímány jako jeden bod. Tento jev se dá kvantifikovat určením kontrastu obou bodů v prostoru. [29]

Povrchová úprava AR se důrazně doporučuje pro všechny brýlové čočky, ale zejména pro polykarbonátové čočky a čočky s vysokým indexem, které bez antireflexní vrstvy odrážejí více světla než běžné skleněné nebo plastové čočky. [36]

Antireflexní vrstva, kterou nanášíme na brýlovou čočku, by měla splňovat fázovou (sinovou) a amplitudovou podmínku. Vlna odraženého paprsku se spojí s odraženým paprskem z další vrstvy v proti fázi. Vlivem interference se paprsky vyruší (destruktivní interference). Toto udává tloušťku antireflexní vrstvy. Zároveň musí mít obě vlny stejnou amplitudu (velikost), což určuje index lomu. [28]

Pro co nejlepší pohodlí za všech světelných podmínek oční specialisté obvykle doporučují aplikovat antireflexní povrchovou úpravu na fotochromatické čočky. Povrchová antireflexní úprava zlepšuje propustnost světla skrz čočky pro noční jízdu a pomáhá fotochromatickým čočkám snižovat oslnění při jasném slunečním světle. [36]

### **3.3.3 Samočisticí vrstvy**

Takzvané samočisticí sklo je založeno na dvou principech – hydrofobity a hydrofilitu. Oba principy snižují usazování nečistot na povrchu minerální čočky [29] pomocí snížení povrchového napětí. Tím se zajistí, že se kapky vody neulpívají na čočce a zároveň se na povrchu neusazují nečistoty a mastnota. [28]

#### **Hydrofobní vrstva**

Hydrofobní vrstva zabraňuje snadnému znečištění a kapkám vody, které se při deštivém počasí nebo při mytí skla šíří a ulpívají na jeho povrchu. Hydrofobní povrch na minerální čočce se zajišťuje nanесením polymeru a vosku metodou iontového leptání nebo kapání nebo plasmatickým chemickým rozrušením

povrchu skla. Povrch pak získává hydrofobní vlastnosti, ale materiál je zároveň snadno poškoditelný a křehký. Tato metoda je také finančně velice náročná. [29]

Vzhledem k tomu, že u skel s antireflexní vrstvou jsou odrazy eliminovány, je na povrchu skla viditelný i ten nejmenší prach nebo znečištění. Díky hydrofobní úpravě, která se nanáší na povrch antireflexní vrstvy, se zabrání znečištění skla, a tím se sníží potřeba jeho čištění. U minerálních skel se nejprve nanese antireflexní vrstva a na ní se nanese hydrofobní povlak. U organických skel je na povrchu skla nejprve tvrzení, poté antireflexní vrstva a na něm hydrofobní povlak. [36]

Hydrofobní úprava funguje na principu snížení povrchového napětí. Tím se zajistí, že se kapky vody neulpívají na povrchu čočky, ale naopak se stáhnou a snadněji stečou z povrchu pryč. [28]

### **Hydrofilní vrstva**

Nanesením tenké vrstvy oxidu titanu zajistíme již tak dost hydrofilnímu povrchu minerální čočky superhydrofilitu. Tekutina na povrchu čočky tak vytváří místo kapek tenký film. Dále díky tzv. fotokatalýze (destrukce látek díky účinku UV záření) dochází ještě k lepšímu odbourávání organických nečistot z povrchu čočky. [29]

### **Antistatická vrstva**

Plast je obecně známým izolantem, ale při čištění se na povrchu čočky vytváří záporný elektrický potenciál, který přitahuje kladné prachové částice. Spojením vlastností hydrofilní a olejofilní složky získáme antistatický účinek. Jakmile je čočka leštěna či otřena o hadřík, negativní náboje na čočce jsou okamžitě odstraněny touto antistatickou vrstvou a prachové částice proto nejsou přitahovány. [10; 37]

Během nanášení je vrstva stále kontrolovaná, z hlediska vodivosti a transparentnosti. Ionty v procesu napařování zvyšují hustotu antistatické vrstvy a vytvářejí uniformní vrstvu. Navíc se bombardování pomocí iontů užívá i k očištění a zvýšení adheze antistatické vrstvy. [37]

### **3.3.4 Absorpční vrstvy**

Funguje na principu snížení transmitance. Kumulativní vystavení UV záření škodí buňkám a receptorům sítnice a je spojeno s očními problémy souvisejícími s věkem, jako je šedý zákal a makulární degenerace. [36]

Naštěstí mají téměř všechny plastové čočky s vysokým indexem a většina slunečních brýlí zabudovanou 100 % ochranu proti UV záření. Brýlové čočky z materiálu CR-39, tuto ochranu nemají, proto je potřeba aplikovat další vrstvu, aby tuto ochranu také poskytovaly. [38]

Kvalitní sluneční brýle blokují téměř veškeré UV záření. Velmi dobrou ochranu před UV zářením poskytují také fotochromatické čočky. [36] Jsou aktivovány ultrafialovým zářením a krátkovlnným zářením. Proto se čočky nezatmavují tolik, když je část ultrafialového záření blokováno (např. čelním sklem v automobilech) [29]

Na povrch minerální čočky se nanáší tenká vrstva kovu, která absorbuje světlo. Čočky jsou zahřívány na teplotu kolem 200–300 °C a vrstva se aplikuje pomocí vakua napařováním. Používá se chromové, molybdenové nebo titanové oxidy smíchané s křemíkem, křemíkovým monooxidem nebo magnesiiovým fluoridem. Celková tloušťka vrstev je na úrovni mikronů. Absorpce závisí na tloušťce absorpční vrstvy a barva na použitém materiálu. Oxid většinou tvoří hnědou barvu a šedá barva je obvykle tvořena smícháním kovových částíček s křemíkem. Podobným způsobem se nanáší antireflexní vrstva. [29]

### 3.3.5 Polarizační vrstvy

Přirozené světlo se pohybuje neuspořádaně do všech směrů. Z toho důvodu se nazývá nepolarizované. Jakmile sluneční paprsky přijdou do styku s povrchem odražejícím světlo, např. když sluneční paprsky osvítlí vodu, sníh, mokrou silnici nebo brýlovou čočku, odrazí se zpět a odkloní se v určitém směru. Jinými slovy se stanou polarizovanými. [29; 39]

Většina tohoto světla je polarizovaná vertikálně, tj. uspořádána svisle. Polarizační filtr brýlových čoček je ve vertikálním směru zarovnan, a proto světlo odražející se od vody, mokré silnice či sněhu blokuje a odrazy světla téměř zcela eliminuje. [39] Polarizované čočky se vyrábí ve třech barvách: šedá, zelená nebo hnědá. [29]

### 3.3.6 Zrcadlové vrstva

Reflexní vrstvy se aplikují za účelem zvýšit odrazivost brýlové čočky vakuovým nanesením kovové vrstvy různé barvy. Jsou tedy přesným opakem antireflexní povrchové úpravy. [28] Vrstva se aplikuje na konvexní stranu čočky. Propustnost světla čoček s reflexní vrstvou může být např. 75, 50, 25 %. První čočky s reflexní

vrstvou byly hnědé. Důležité je, aby vrstva měla dobré i mechanické vlastnosti, aby nedocházelo k jejímu rychlému opotřebení. [29; 40]

Dosahují odrazivosti přibližně od 25 až do 35 %. Reflexní vrstvy se obvykle vyrábí z materiálu o vyšším indexu lomu, než je index lomu základního materiálu (např. CR39). Světlo, které dopadne do této vrstvy je částečně pohlceno a přeměněno v tepelnou energii. Reflektance je závislá na indexu lomu, absorpci nanášeného kovu a intenzitě zbarvení čočky (čím je vyšší zbarvení, tím je efekt reflexní vrstvy větší). [29]

### 3.4 Brýle pro řidiče

Brýlové čočky určené hlavně pro řidiče nám nabízí mnoha firem, která se zabývá výrobou brýlových čoček. V této práci se zaměříme především na značky Zeiss, Hoya, Essilor, Rodenstck a Čivice. Jejich výrobky si ještě přiblížíme a podíváme se, co nám nabízí.

Všechny tyto firmy vyrábí jak jednoohniskové, tak multifokální čočky. U multifokálních čoček zpravidla podporují oblast pro dálku, čímž získají širší zorné pole a pohodlnější pohled do dálky. [33]

Hlavním účelem bylo snížit odlesky a zlepšit vidění při řízení v noci. V současné době známe tři způsoby, jakými dosáhneme snížením již zmíněného oslnění. Prvním způsobem je spektrální manipulace transmitance zejména u kratších vlnových délek. Druhým jsou účelově přizpůsobené antireflexní povrchové vrstvy a třetím způsobem je kombinace prvních dvou. [1]

Pokud se podíváme na variantu progresivních čoček, firmy udělali kompromis v poměrech dálka-střed-blízko a zvětšily prostor pro pohled do dálky. Řidič má tak širší zorné pole, čímž se řízení stává mnohem pohodlnější. [5]

#### 3.4.1 ZEISS Drivesafe

Brýlové čočky ZEISS DriveSafe jsou opatřeny speciální antireflexní úpravou. Brýlové čočky se primárně zaměřují na večerní řízení. Snažily se snížit oslnění protijedoucích aut s vysoce intenzivními výbojovými (HID/Xenon) a LED světlomety. Jsou jasnější a poskytují lepší osvětlení vozovky. Řidiči oceňují lepší viditelnost okolí, kterou tyto světlomety poskytují. Rostoucí rozšíření vozidel s těmito novými světlomety však vedlo ke stížnostem na oslňování protijedoucích vozidel. [41; 2]

Tento problém s oslněním z protijedoucích aut se snažil vyřešit pomocí technologie Luminance Design. Tato technologie ignoruje tradiční výpočty, které nezohledňují přirozenou velikost zornice. Optimalizuje dioptrické síly pomocí celého světelného paprsku procházejícího zornicí. Výsledkem je vyhlazení dioptrických mikrostruktur pro pohybující se oko, které vede ke zlepšení celkové ostrosti ve srovnání s tradičními metodami. [41; 2] Na základě průměrného podílu času stráveného prováděním jednotlivých typů činností byla stanovena velikost zornice na 5 mm pro jednoohniskovou čočku a 4,3 mm pro progresivní čočku. Díky tomu čočky



ZEISS DriveSafe zohledňují potřeby vidění v různých světelných podmínkách, jsou optimalizovány pro nepřetržité nošení a zajišťují čistý obraz v jakékoli situaci. [2] ZEISS DriveSafe zároveň pro snížení oslnění snaží podpořit reflektanci a absorpenci viditelného spektra o vlnové délce kolem 500 nm.

### 3.4.2 HOYA EnRoute

Hoya rozlišuje brýlové čočky pro běžné a profesionální řidiče.

#### EnRoute Daily

Brýlové čočky EnRoute využívají vrstvu Glare Filter, která kombinuje vlastnosti úpravy pro vyšší ostrost a antireflexní vrstvy. Potlačuje tak oslnění tím, že snižuje intenzitu jasného viditelného světla z LED a xenonových světlometů protijedoucích vozidel, pouličních světel a palubního vybavení. Také minimalizuje rozptylující odrazy a zlepšuje vnímání kontrastu a jasů za nízkého osvětlení. [6]

Podle studie [42], která porovnávala vizuální výkon a optické vlastnosti tří filtrů (čiré, EnRoute, Enroute Pro), bylo zjištěno, že čočky EnRoute zachovávají nebo zlepšují některé zrakové funkce ve srovnání s čirými čočkami. Zlepšení mezopické zrakové ostrosti, zrakové ostrosti při oslnění a kontrastní citlivosti se připisuje především snížení nitroočního rozptylu světla v důsledku celkového útlumu světla ve spektrálním rozsahu pod mezní hranicí. [6]

#### EnRoute Pro

Běžné brýlové čočky pro řidiče EnRoute mají filtr proto oslnění (Vrstva Glare Filter). Zároveň se dá aplikovat i na ohniskové i na progresivní brýlové čočky. Hoya EnRoute Pro však nabízí filtr, který zlepšuje kontrast a o něco lépe eliminuje oslnění prudkým světlem. Tím je posíleno lepší vidění při nočním řízení. [6]

Jsou zbarvené mírně do žluta. To mírně zvýší kontrast vzdálenějších míst a zatmaví oblohu. Zároveň díky žlutému nádechu pohlcují více UV než čiré brýlové čočky. [43]

### 3.4.3 Essilor

#### Crizal Drive

Brýlové čočky pro řidiče od společnosti Essilor nabízejí povrchovou úpravu zvanou Crizal Drive. Tato povrchová vrstva obsahuje antireflexní vrstvu, která snižuje

reflektanci, tvrzení, díky kterému je čočka odolná proti poškrábání, samočisticí vrstvu, která zabraňuje tvorbě šmouh a otisků, usazování prachu a odpuzuje kapky vody. K tomu je zde přítomna i absorpční vrstva, která chrání oko a sítnici před UV zářením. [3]

Crizal Drive nabízí v noci až o 90 % nižší odrazivost při vlnové délce 507 nm, kde je citlivost očí nejvyšší. [3] To znamená, že Essilor se snaží posílit trasmítanci viditelného spektra modré barvy, čímž zlepšuje vidění při mezopických a skotopických podmínkách. [10]

### **Eyedrives**

Eyedrives poskytuje speciální povrchovou úpravu vyvinutou především pro řidiče. Antireflexní úprava má mírný nádech do červena. Součástí povrchové vrstvy je technologie Eye Protect System, která poskytuje ochranu na předním i zadním povrchu brýlové čočky. [44]

Chrání zrak před škodlivým UV zářením a modrým světlem. Snižuje tedy transmitanci UV a část viditelného spektra o vlnové délce odpovídající modré barvě. [44]

Eyedrives umožňuje fotochromatickou kombinaci s Transitions XTRActive nebo Transitions Drivewear, které jsou v noci nebo v interiéru téměř čiré (s nádechem odstínu) a na slunci velmi tmavé (tmavší než jiné samozabarvovací čočky). [4]

### **3.4.4 Transitions XTRActive**

Transition XTRActive byly uvedeny na trh v roce 2011 a jsou uzpůsobené tak, aby vyhovovaly právě řidičům. Fotochromatické varianty se dříve nedokázali zabarvit za čelním sklem automobilu. To už UV záření, které aktivuje zabarvování, velmi účinně blokuje. U Transition XTRActive se tedy zvýšila citlivost na UV záření. Díky tomu se zabarvují při řízení, ale také mírně v interiéru, na rozdíl od jiných samozabarvovacích čoček. Jejich základní probarvení v neaktivním stavu asi 11 %. [45; 4]

Technologie Transitions XTRActive je k dispozici ve třech odstínech: šedá, hnědá a grafitové zelená. [46] Poskytuje ochranu před modrým světlem v interiéru i venku. [47]

## Transitions Drivewear

Polarizační brýlové čočky, které tlumí světlo a pomáhají eliminovat oslnění při řízení automobilu. Jsou k dispozici v jedné variantě, Olive Brown. Venku, za jasného počasí, je čočka zabarvená do tmavě hnědé barvy. Během dne za čelním sklem automobilu, má čočka barvu mědi. A když je oblačno, čočka se zbarví do olivově zelené. [47]

### 3.4.5 Rodenstock Road

Německá společnost Rodenstock nám nabízí kombinaci designu a povrchové úpravy Road navržené speciálně pro řidiče, která si dala za úkol vyřešit čtyři problémy. Mezi hlavní problémy samozřejmě spadá oslnění a zvýšení kontrastní citlivosti. Toho lze dosáhnout žlutohnědým filtrem. [5; 8]

Druhým problémem jsou nežádoucí rušivé odlesky, které na čočkách vznikají od pouličního osvětlení nebo od palubní desky. Ty jsou potlačeny pomocí antireflexní vrstvy, která snižuje propustnost světla, ale neovlivňuje kontrast, jako právě žlutohnědý filtr. Tato povrchová úprava zahrnuje zároveň i antistatickou a adhezní vrstvu, která odpuzuje prachové částice a jiné nečistoty. Tím je opatřena snazší údržba pro nositele. [8; 5]

Rodenstock pro mnohem přesnější výpočet a výrobu čoček používá optimalizaci na základě dat z přístroje DNEye Scanneru. DNEye scanner je přístroj, který dokáže zjistit podrobnou biometrii oka. Společnost Rodenstock toho plně využila a tyto parametry zákazníka využila při výrobě těchto čoček. To znamená, že při výrobě se nepropočítává dioptrická hodnota jen ve vztažném bodě, ale od vztažného bodu až do periferie. Díky tomu se docílí lepšího vidění za snížených světelných podmínek, zvýšené ostrosti vidění (lepšího binokulárního vidění), lepší stereopse a sytějšího podání barev. [5; 8]

Zároveň si zjistili, jak moc se mění oční vada při rozdílném roztažení pupily, a přizpůsobili tomu výrobu brýlové čočky. Tímto krokem se jim povedlo snížit aberace nižších řádů. Čímž získali pro nositele větší a ostřejší zorné pole a lepší odhad vzdáleností např. při parkování nebo předjíždění na silnici. [5; 8]

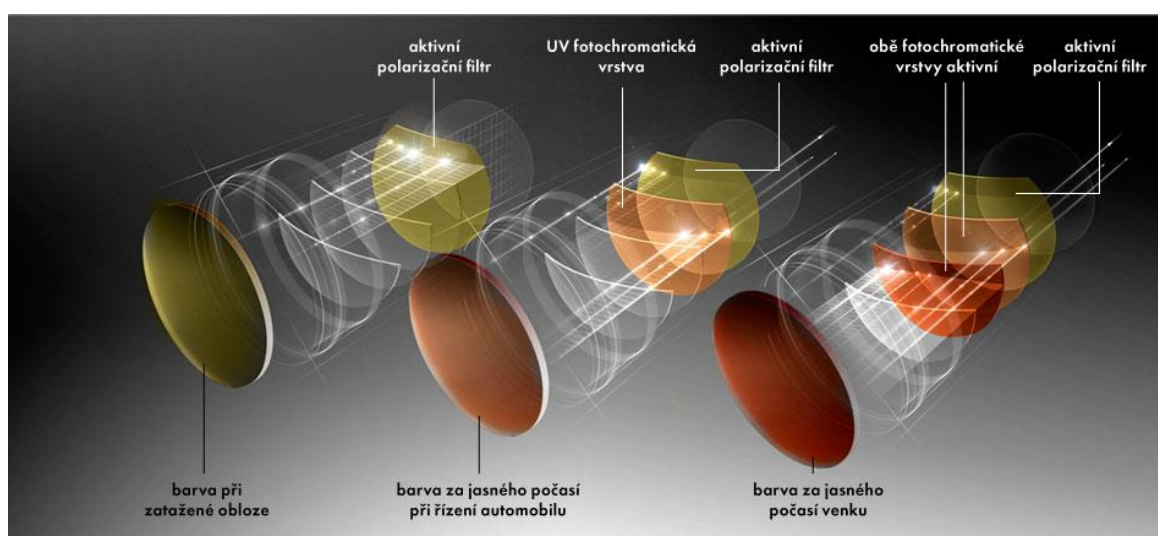
### 3.4.6 Čivice Drivewear

Brýlové čočky Drivewear od české firmy Čivice mohou být i fotochromatické. Reagují na UV i viditelné záření. Díky tomu jsou uzpůsobené k tomu, aby se zabarvovaly za snížených světelných podmínek (oblačno) i za palubním sklem automobilu, které velmi účinně blokuje UV záření a zabraňuje tak běžným fotochromatickým čočkám se zabarvit.

Za oblačného počasí se brýlové čočky Drivewear s fotochromatickou úpravou zabarví do zelenožluté barvy. Pokud je nízká intenzita světla je jediným aktivním prvkem těchto čoček polarizační filtr s vysoce kontrastní zelenožlutou barvou. Tento polarizační filtr blokuje oslňující odlesky a zvyšuje kontrast barev. Tím se zlepší rozlišení. Absorpce světla v neaktivním stavu je 63 %.

Během denního světla se barva čoček mění na měděnou. Absorpce světla vystoupá až 75% zabarvení. Čočky nadále blokují oslňující odlesky díky antireflexní úpravě.

Pokud se nositel pohybuje venku za jasného počasí, intenzivní světlo aktivuje fotochromatickou vrstvu Transitions. Protože jsou aktivní všechny tři technologické vrstvy čoček, změní se jejich barva na tmavě hnědou a absorpce světla v této fázi je až 85 %, přičemž je blokováno 100 % UV záření. [7]



Obrázek 3.7: Barva a aktivní vrstvy [7]

## 4. Měření spektrální propustnosti a spektrálních charakteristik

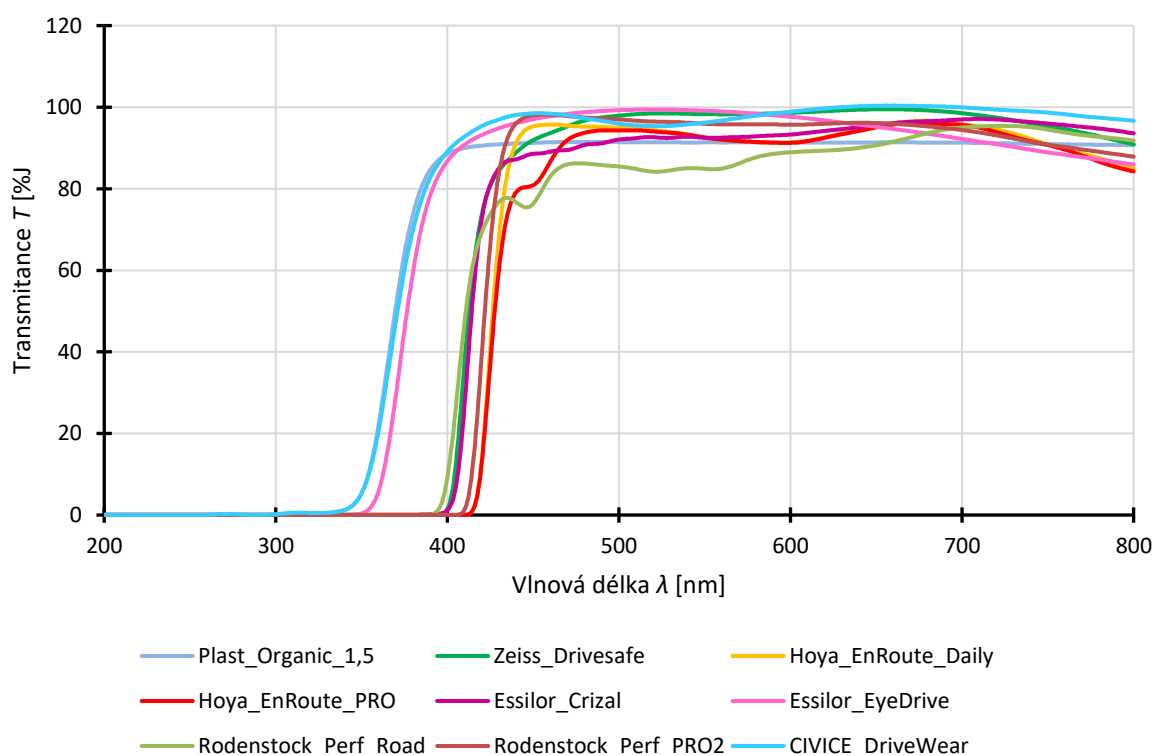
Celá experimentální část byla shrnuta do dvou částí. Celé měření probíhalo na půdě nebo v blízkosti Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze. První část měření probíhala v laboratoři KL:B-s104. Abychom mohli určit, která společnost se úkolu transmisivity brýlových čoček pro řidiče zhostila nejlépe, bylo potřeba jednotlivě naměřit spektrální propustnosti vybraných brýlových čoček pro řidiče. Pro lepší znázornění jsme určovali i spektrální propustnost čelního skla u automobilu.

V druhé části jsme se přesunuli před fakultu na Sítenské náměstí, abychom získali co nejuvěrohodnější spektrální charakteristiku světlometů protijedoucích aut, se kterými se v běžném provozu potkáme. V dnešní době je více rozdílných druhů světlometů. Proto jsme se rozhodli vybrat čtyři nejčastěji používané světlometry v dnešní době (halogenové žárovky H7 a H4, LED-světla a xenonové výbojky)

## 4.1 Měření transmisivity brýlových čoček

Pro měření spektrální propustnosti jsme vybrali brýlové čočky DriveSafe (Zeiss), EnRoute a EnRoute Pro (Hoya), Crizal a EyeDrive (Essilor), Road (Rodenstock) a Drivewear (Čivice). Všechny vzorky, kromě čočky Drivewear, měli dioptrickou hodnotu plan. Od společnosti Čivice jsme měli k dispozici vzorek s dioptrickou hodnotou -4,00 dpt. Abychom zjistili, jaké vlnové spektrum zvolené čočky propustí, použili jsme spektrometr UV-VIS spektrofotomet UV-2600 a určili si rozmezí vlnových délek od 200 nm do 800 nm. Následně jsme změřili každou čočku zvlášť a zaznamenali si pro nás důležitá data ohledně spektra, které propustila. Poté jsme jednotlivá data zanesli do grafu č. 4.1.

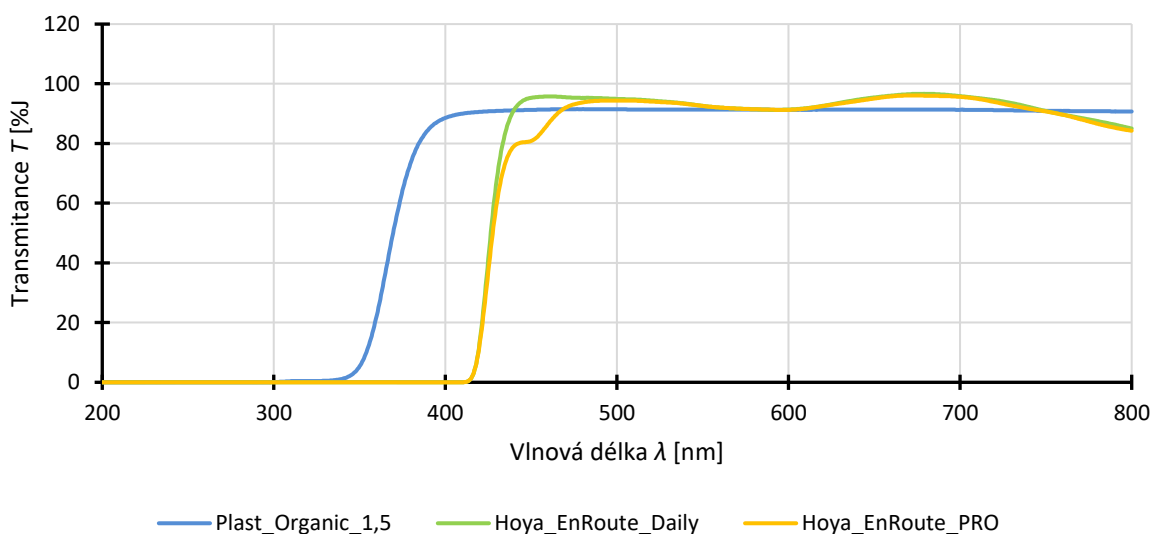
Pro lepší porovnání jsme zahrnuli do měření spektrální propustnosti kontrolní čočku, která nebyla určena pro řidiče. Jednalo se o čočku Plast Organic o indexu lomu 1,5.



**Obrázek 4.1:** Spektrální propustnost všech získaných vzorků brýlových čoček

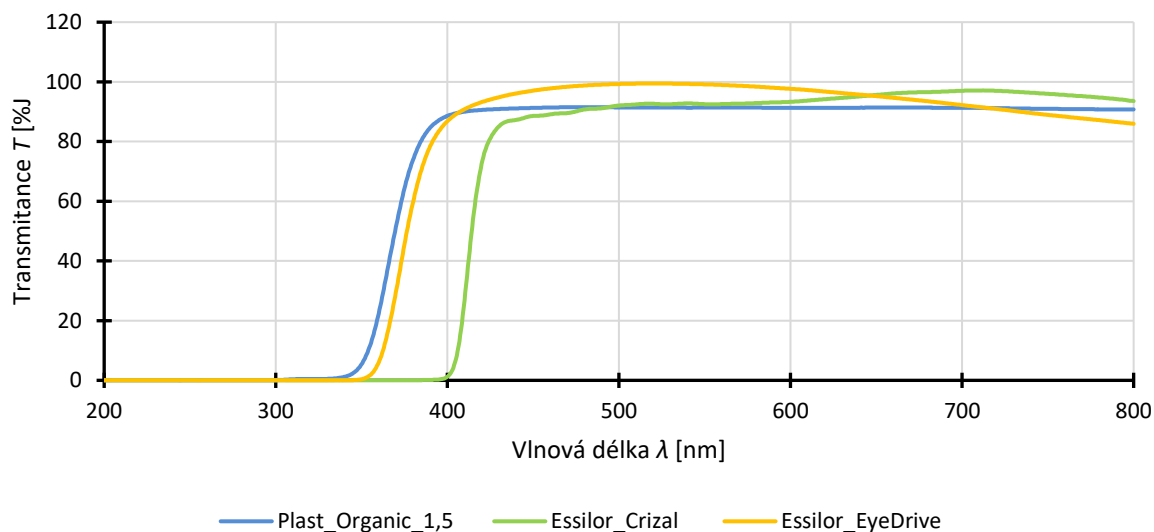
Abychom mohli lépe pozorovat rozdíly, rozdělili jsme kontrolní vzorky čoček do čtyř skupin podle společností, kde v první skupině jsou vzorky od firmy Hoya. Ve druhé skupině můžeme najít vzorky od společnosti Essilor. Do třetí skupiny jsme zahrnuli vzorky čoček Rodenstock, kde nám poskytli i jednu zabarvenou čočku, kterou jsme pro zajímavost zařadili do grafu také. V poslední, čtvrté skupině potom najdeme společnosti, od kterých jsme získali pouze jeden vzorek. V každé ze skupin je zařazena čočka Plast Organic 1,5, která slouží pouze k porovnání.

V grafu první skupiny (obrázek č. 4.2) se můžeme podívat na spektrální propustnost vzorků od společnosti Hoya. EnRoute Daily a EnRoute Pro jsou čočky přímo určené pro řidiče. To zapříčiní, že čočky začínají propouštět světlo až kolem 430 nm, na rozdíl od čočky, která nemá úpravu pro řidiče (propouští přibližně od 330 nm). Zároveň mají povrchovou úpravu uzpůsobenou tak, že je čočka ještě propustnější, než klasická čočka Plast Organic o indexu 1,5 se základní povrchovou úpravou. Čočky EnRoute Pro ještě mají mírný žlutý podtón, proto propouští spektrum jinak než EnRoute Daily.



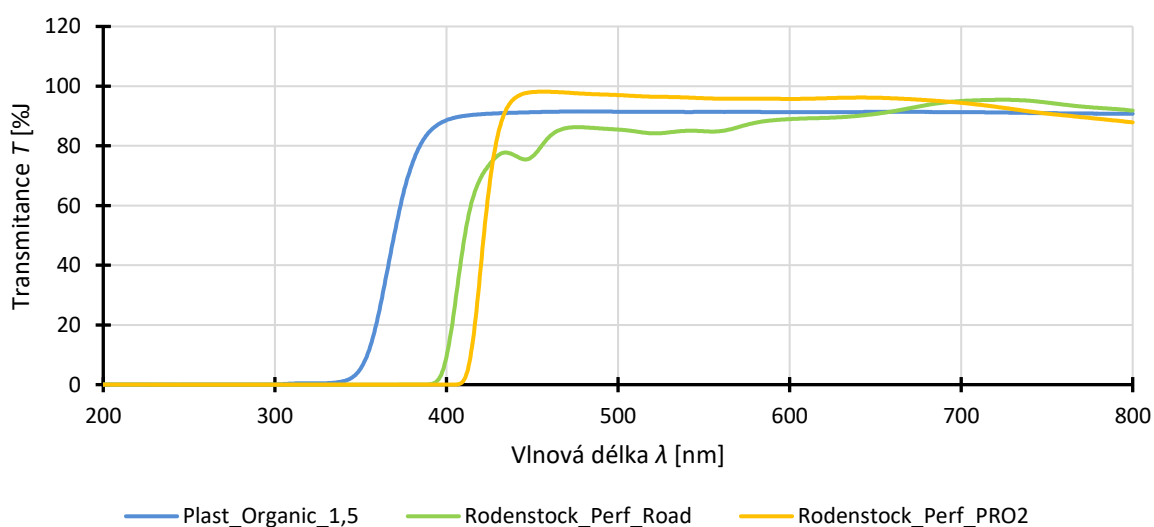
**Obrázek 4.2:** Spektrální propustnost vzorků společnosti Hoya

Do druhé skupiny jsme zařadili čočky od společnosti Essilor, konkrétně povrchovou úpravu Crizal a Eyedrive. Kdy EyeDrive začal propouštět světlo už u 353 nm. Oproti tomu čočka Crizal začala propouštět kolem 400 nm. Zároveň čočka s úpravou Crizal Drive má i nižší pík ve spektru modré barvy, v porovnání s čočkou EyeDrive. Tento průběh můžeme vidět na obrázku č. 4.3.



**Obrázek 4.3:** Spektrální Propustnost vzorků od společnosti Essilor

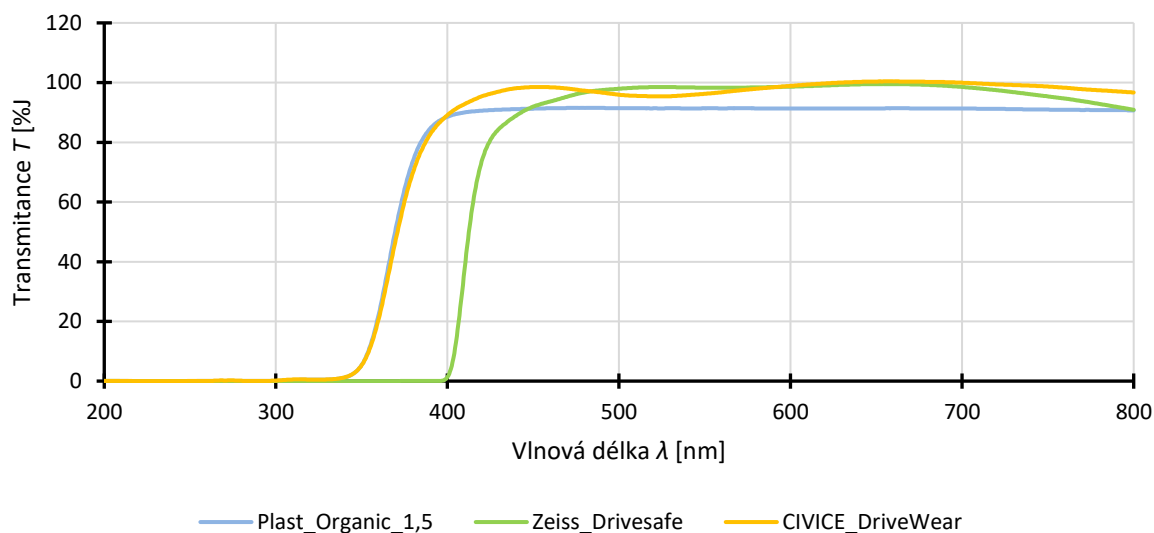
Hned v následujícím grafu (obrázek č. 4.4) se můžeme podívat na vzorky od společnosti Rodenstock. Zde nám poskytli tři vzorky. Prvním je čočka s povrchovou úpravou Road Perfalit Protect, která se bere jako základní brýlová čočka pro řidiče. Má žluté tónování, proto má podobný průběh jako EnRoute PRO, brýlová čočka pro řidiče od firmy Hoya. Propouští přibližně od 394 nm. U druhého vzorku můžeme vidět spektrální propustnost čočky Perfalit Protect PRO2, která se využívá i k dennímu nošení a propouští světlo s vlnovou délkou kolem 410 nm.



**Obrázek 4.4:** Spektrální Propustnost vzorků od společnosti Rodenstock



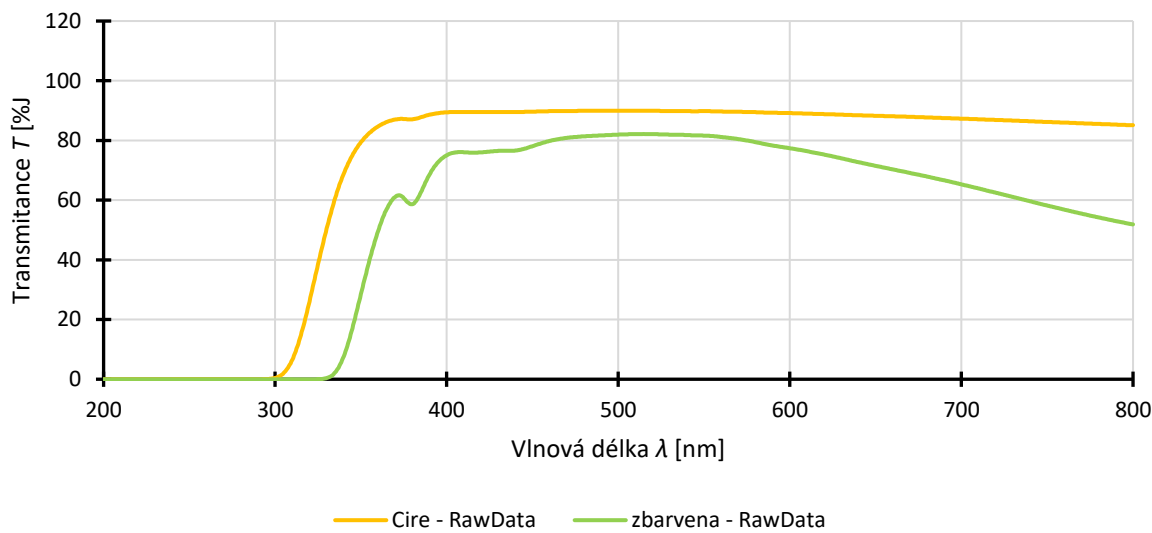
Ve čtvrté skupině jsou zařazeny společnosti Zeiss a Čivice. DriveSafe. Čočka od firmy Zeiss začíná propouštět světlo až kolem 400 nm. V dalším průběhu křivky se hodnoty blíží téměř ke 100 %. Zatím co čočka DriveWear od společnosti Čivice začíná propouštět již kolem 340 nm, podobně jako čočka EyEdrive. U čočky DriveWear jsme bohužel nesehnali vzorek s dioptrickou hodnotou plan. Proto se může jednat o nepřesný výsledek.



**Obrázek 4.5:** Spektrální Propustnost vzorků od společností Zeiss a Čivice

## 4.2 Měření transmisivity čelního skla

Abychom se to nejvíce přiblížili skutečnosti, zkusili jsme si přeměřit spektrální transmisivitu dvou vzorků čelního skla automobilů. Jeden vzorek byl s mírným podtónem do zelena a druhý byl čirý. Na grafu č. 4.6. můžeme vidět, že čiré čelní sklo začíná propouštět už vlnové délky o 300 nm. Zatím co zabarvené čelní sklo se zeleným podtónem propouští vlnové délky od 330 nm.



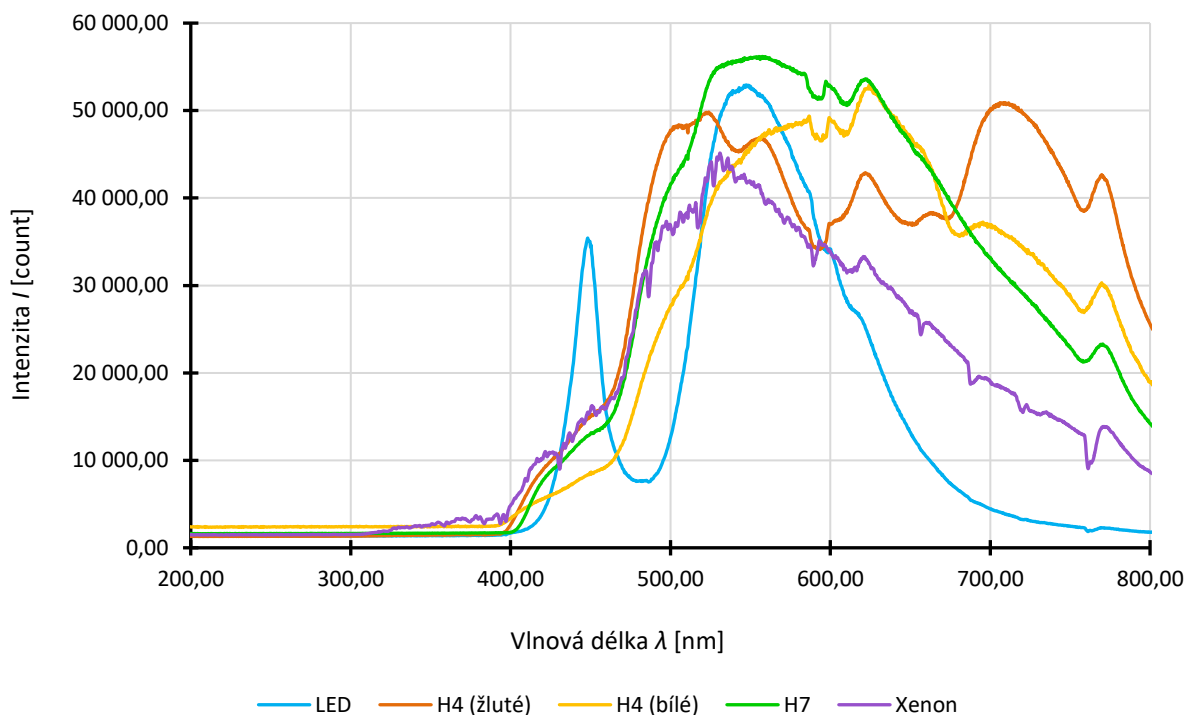
**Obrázek 4.6:** Spektrální propustnost čelních skel

### 4.3 Měření spektrálních charakteristik světlometů

Pro zjištění spektrálních charakteristik světelných zdrojů, které mohou řidiče oslňovat, jsme vybrali nejčastěji zastoupené druhy světlometů: halogenové žárovky H7 a H4, LED-světla a xenonové výbojky. Abychom měli co nejbližší hodnoty reálným situacím, uskutečnili jsme měření venku přímo na světlometech. Světlometry mají vnější kryt tvořený plastem (např. polykarbonátem) [48], který také ovlivňuje spektrum oslňujícího světla protijedoucích aut. Tím jsme se vyvarovali zanedbání blokace spektra od jednotlivých vnějších krytů světlometů.

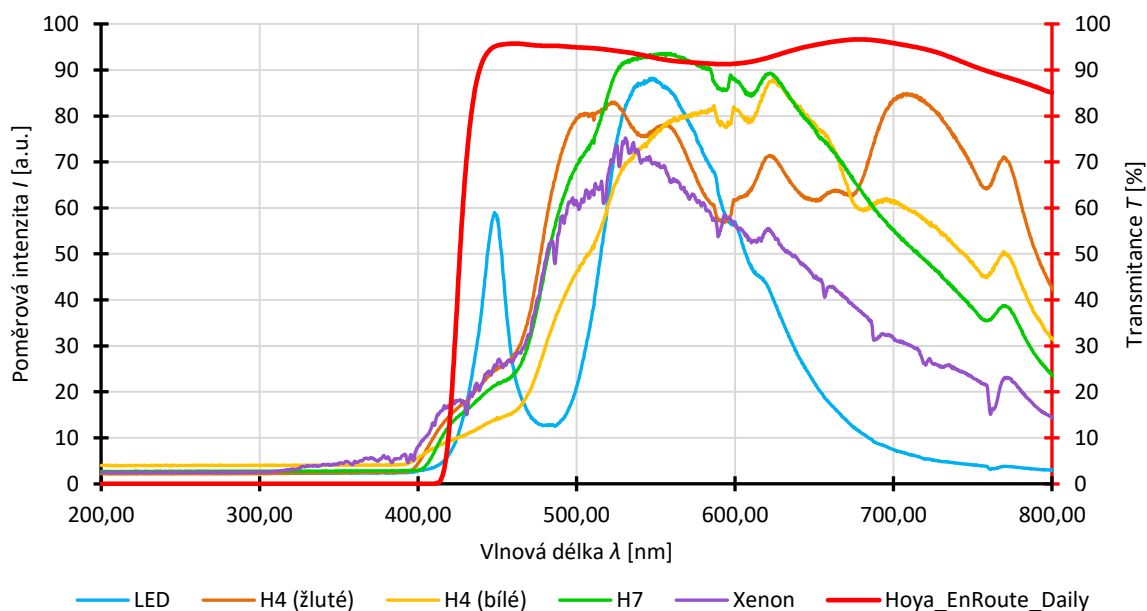
Měření jsme prováděli pomocí UV-VIS vláknového spektrometru USB2000+, který je přenosný. Díky této skutečnosti jsme nebyli nuceni zdroje světla nijak nahrazovat v laboratorním prostředí a získali jsme tak bližší výsledky reality.

Při každém měření jsme si opět zaznamenali data, která jsme následně zanesli do grafu č. 4.7.



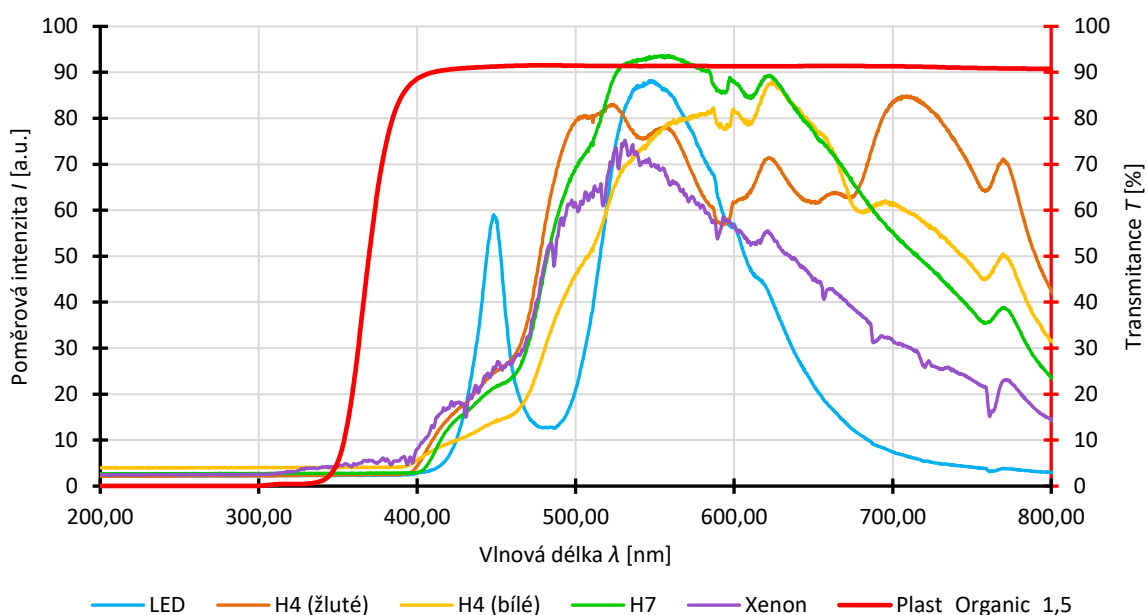
**Obrázek 4.7:** Spektrální charakteristika světlometů

Pro představu jsme vytvořili grafy č. 4.8 a 4.9, na kterých můžeme vidět, jak moc nám brýlové čočky pro řidiče ovlivní spektrum protijedoucích aut. Na grafu č. 4.8 se můžeme podívat, jak to zvládá brýlová čočka pro řidiče EnRoute Daily od společnosti Hoya.



**Obrázek 4.8:** Hoya EnRoute Daily a charakteristiky světlometů

Zatím co na grafu č. 4.9 se můžeme podívat, jak to zvládla brýlová čočka, která pro řidiče nebyla určena a nemá tedy predispozice v tomto ohledu ovlivnit propuštěné spektrum vlnových délek.



**Obrázek 4.9:** Plast Organic 1,5 a charakteristiky světlometů

## 5. Diskuse

V experimentální části této bakalářské práce byly testovány povrchové úpravy brýlových čoček pro řidiče od vybraných společností. Důraz byl kladen především, jak moc účinné, s ohledem na transmitanci, brýlové čočky s úpravou pro řidiče jsou.

Problém spektrální propustnosti a snížení oslnění již řešili v červnu roku 2022 v článku *Special spectacle lenses for driving and their spectral effects* [1]. V této studii porovnávali čtyři brýlové čočky (refrakční síla 0,00 D, index lomu 1,6) (DriveSave – Zeiss; EnRoute PRO – Hoya; Formula Drive – Optovision a Streetlife – Essilor). Při tomto experimentu však neuvažovali možnost odfiltrování světla ještě jinými prvky ve světelné dráze paprsku směrem k sítnici.

Porovnání tedy bylo na první pohled zřetelné. Oproti obyčejné brýlové čočce o indexu  $n=1,6$  byly brýlové čočky pro řidiče viditelně efektivnější. Přesto došli k výsledku, že každému člověku vyhovuje něco jiného.

Při výzkumu této práce jsme tedy nepoužívali jen zářivky. Jako zdroje oslňujících světél jsme použili přímo světlometry aut. Žárovky tedy byly zasazeny do vnějších polykarbonátových krytů světlometů, které odfiltrovali hladiny vlnových délek pod 400nm. U dvou měřených čoček (EyeDrive – Essilor, DriveWear – Čivice) bychom dokonce našli nižší propustnost spektra, na kterou se můžeme podívat na grafu č. 4.3 a 4.5.

Od společnosti Čivice jsme ale získali vzorek s dioptrickou hodnotou -4,00 D. To nám mohlo způsobit trochu jiný průběh propustnosti a mohlo způsobit chyby. Díky tomu nám vyšla vyšší transmitance, než 100%.

U zbylých čoček (bez kontrolní čočky o indexu 1,5) je ovšem propustnost vyšší než u vnějších plastových krytů světlometů. Čočka s úpravou Road Perfalit Protect od společnosti Rodenstock, kterou můžeme vidět na grafu č. 4.4, začíná propouštět vlnové délky nad 394 nm. Vlnové délky nad 400nm začínají potom propouštět čočky Crizal drive od firmy Essilor (graf č. 4,3) a Drivesafe od společnosti Zeiss (graf č. 4,5). Od 410 nm pak začíná propouštět světlo čočka Perfalit Protect PRO2 (graf č. 4,4). Nejlépe blokují modré světlo čočky EnRoute a EnRoute PRO od společnosti Hoya. Jejich spektrální propustnost začíná až na 430 nm.

## 6. Závěr

V prvních kapitolách jsme se podívali na přehled dnes používaných materiálů pro výrobu brýlových čoček a jejich povrchových úprav. Zaměřili jsme se převážně na typy brýlových čoček používaných pro řidiče. Zjistili, co vše může ovlivňovat kvalitu vidění řidiče a jak jí popřípadě můžeme zlepšit pomocí brýlových čoček.

Nejprve jsme provedli měření transmisivity brýlových čoček zaměřených pro řidiče od 200 nm do 800 nm pomocí UV-VIS spektrofotometru UV-2600. Pro získání těchto informací jsme vybrali brýlové čočky DriveSafe (Zeiss), EnRoute a EnRoute Pro (Hoya), Crizal a EyeDrive (Essilor), Road (Rodenstock) a Drivewear (Čivice). Výsledky jsme si znázornili v grafu č. 4.1 a pro větší přehlednost jsme průběh porovnávali s čočkou Plast organic o indexu 1,5. Tyto výsledky jsou v grafech 4.2, 4.3, 4.4 a 4.5.

Dále jsme použili UV-VIS vláknový spektrometr USB2000+ pro zjištění vyzařovacích charakteristik nejčastěji zastoupených druhů světlometů (halogenové žárovky H7 a H4, LED-světla a xenonové výbojky). Výsledky jsme následně zanesli do grafu č. 4.7 a porovnali jednotlivé účinky vybraných čoček.

Po naměření spektrální propustnosti čoček a spektrální charakteristiky světlometů automobilů, jsme ještě zjišťovali spektrální propustnost čelního skla (dvou vzorků – jednoho zabarveného a druhého čirého), kterou máme znázorněnou na grafu č. 4.6. Můžeme tedy tvrdit, že čelní sklo snižuje intenzitu oslňujícího záření, neovlivní však propuštěné spektrum.

Po srovnání naměřených dat jsme vyzorovali, že brýlové čočky pro řidiče nejsou moc efektivní z hlediska spektrální propustnosti a blokace modrého světla. Spektrum kolem vlnové délky 400 nm často odfiltrují vnější plastové kryty automobilových světlometů (vyrobené např. z polykarbonátu) [48]. Nejlépe se tohoto úkolu zhostila společnost Hoya, která docílila transmisivity až u 430 nm (jak můžeme vidět na grafu č. 4.2).

Abychom si utvořili lepší představu, vytvořili jsme nakonec grafy č. 4.8 a 4.9, na kterých máme znázorněné maximum a minimum ovlivnění spektra oslňujících zdrojů (protijedoucích aut).

## Seznam použité literatury

- [1] HARTWING, Andreas. Special spectacle lenses for driving and their spectral effects. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* [online]. 2252 – F0460. 2022, 763(7) [cit. 2023-01-03].
- [2] KUSS, Joachim. *ZEISS Makes Car Driving Safer* [online]. In: . s. 5 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.zeiss.com/content/dam/Vision/Vision/International/Pdf/en/newsroom/2015-10-05-press-release-drivesafe-long-version.pdf>
- [3] ESSILOR. *Crizal drive: Essilor* [online]. In: . [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://ecp.essilor-pro.com/gb/lenses/lens-coatings/crizal-drive>
- [4] ESSILOR. *EyeDrive: Rozjed' to s EyeDrive* [online]. In: . [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.essilor.cz/vase-videni/blog/rozjedte-to-s-eyedrive>
- [5] *Rodenstock Road: Úspěšné brýle pro řidiče nyní ve sluneční variantě. See better. Look perfect.* [online]. In: RODENSTOCK ČR S.R.O. Dr. Sedláka 841 339 01 Klatovy, 2017, s. 9 [cit. 2023-01-11]. 70010415 01/2017.
- [6] EnRoute: Čočky, které vás dovezou až do cíle. In: *Hoya Vision Care* [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.hoyavision.com/cz/opticke-vyroby/specialni-ococky/enroute/>
- [7] Drivewear: inteligentní brýle pro řidiče. In: *Optika Čivice* [online]. [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <http://www.drivewear.cz/techno.html>
- [8] *Rodenstock Road: Brýle pro řidiče - jistota za volantem, která si rychle získá Vaše zákazníky. See better. Look perfect* [online]. In: RODENSTOCK ČR S.R.O. Dr.Sedláka 841 339 01 Klatovy, 2016, s. 11 [cit. 2023-01-11]. 70010122 09/2016.
- [9] KRÁL, Jakub. *Sklo: prezentace* [online]. In: . FBMI, ČVUT v Praze [cit. 2023-01-03].
- [10] BAŠTECKÝ, Richard. *Praktická brýlová optika*. Praha: R H Optik, 1997.
- [11] NAJMAN, Ladislav. *Dílenská praxe očního optika*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-7013-328-7.
- [12] FUKA, Josef a Bedřich HAVELKA. *Optika a atomová fyzika*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1961.
- [13] BORN, Max a Emil WOLF. *Principles of optics: electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light*. 7th expanded ed. New York: Cambridge University Press, 1999. ISBN isbn0-521-64222-1.

- [14] Lens Materials. In: *Laramy-K Optical Lab: Lens Options and Materials* [online]. 2010 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.laramyk.com/resources/education/lens-options-and-materials/lens-materials/>
- [15] SANJIV, Nayan a Isdin OKE, Shruti AGGARWAL, MD, ed. EYEWIKI. *Lens Material Properties* [online]. November 17, 2022 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: [https://eyewiki.aao.org/Lens\\_Material\\_Properties](https://eyewiki.aao.org/Lens_Material_Properties)
- [16] POSPÍŠOOLOVÁ, Marie. *INTERFERENCE: prezentace* [online]. In: . [cit. 2023-01-03].
- [17] WALDMAN, Gary. *Introduction to light: the physics of light, vision, and color*. Dover ed. Mineola, N.Y.: Dover Publications, 2002. ISBN 978-0-486-42118-6.
- [18] JELÍNEK, Miroslav, Leopold CUDZIK, Jan REMSA, Veronika VYMĚTALOVÁ, Helena JELÍNKOVÁ a Tomáš KOCOUREK. *Biofotonika*. 1. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05709-4.
- [19] KRÁLOVÁ, Magda. Polarizace Světla. *EDU portál: Techmania Science Center* [online]. [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/svetlo/polarizace-svetla>
- [20] CARL ZEISS VISION. *Handbook of Ophthalmic Optics* [online]. Německo, 1991 [cit. 2023-01-03].
- [21] BHOOTRA, Ayay Kumar. *Ophthalmic lenses*. Jaypee Brothers. Medical Publishers Pvt: Limited, 2009.
- [22] FOX, Mark. *Optical properties of solids*. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2010. ISBN 9780199573370.
- [23] PILLAY, Rayishnee, Rekha HANSRAJ a Nishanee RAMPERSAD. PHistorical Development, Applications and Advances in Materials Used in Spectacle Lenses and Contact Lenses/p. *Clinical Optometry* [online]. 2020, **12**, 157-167 [cit. 2022-11-27]. ISSN 1179-2752. Dostupné z: doi:10.2147/OPTO.S257081
- [24] BENJAMIN, W. J. *Borish's Clinical Refraction*. 2nd ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006.
- [25] BROOKS, C. a I. BORISH. *System for Ophthalmic Dispensing*. 3rd ed. St Louis: Butterworth-Heinemann, 2007.
- [26] FAULSTICH, M., V. GEILER a G. GLIEMEROTH, Jenaer GLASWERK, Schott GEN. *High refractive index glasses of limited specific gravity for distance and near vision spectacle lenses*. United States: patent US 4213787A, 1978.



- [27] JANČÍK, Petr. *Optické materiály pro výrobu brýlových čoček* [online]. Brno, 2006 [cit. 2023-01-03]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce MUDr. Zdeňka Mašková.
- [28] KRÁL, Jakub. *Prezentace Plastové čočky a Tenké vrstvy* [online]. In: . FBMI, ČVUT v Praze [cit. 2023-01-03].
- [29] VESELÝ, Petr, Peter ŠIMOVIČ a Sylvie PETROVÁ. *Konvenční a free-form technologie výroby brýlových čoček*. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2014. ISBN 978-80-7013-566-.
- [30] RUBIN, Melvin L. Spectacles: Past, present, and future. *Survey of Ophthalmology* [online]. 1986, **30**(5), 321-327 [cit. 2022-11-27]. ISSN 00396257. Dostupné z: doi:10.1016/0039-6257(86)90064-0
- [31] *Manufacturing: Materials selection: Open Learn* [online]. 1999 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/designinnovation/manufacturing/content-section-7.9>
- [32] Geometrická optika: Učební text k přednášce UFY102. In: *Univerzita Karlova: Oddělení fyziky biomolekul Fyzikální ústav UK* [online]. Fyzikální ústav UK: UK, 2020 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: [http://fu.mff.cuni.cz/biomolecules/media/files/courses/Geometricka\\_optika.pdf](http://fu.mff.cuni.cz/biomolecules/media/files/courses/Geometricka_optika.pdf)
- [33] Multifokální brýle. In: *Moderní optika: Vše se točí kolem očí* [online]. 2019 [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.modernioptika.cz/dioptricke-bryle/brylove-cocky/multifokalni-bryle/>
- [34] LEHKÁ, Věra. *Přednášky Strabologie: 17PBOSRBA*. Kladno, nám. Sítná: FBMI, ČVUT v Praze.
- [35] *Polarized sunglasses* [online]. In: . [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <http://destylo.blogspot.com/2010/11/polarized-sunglasses.html>
- [36] HEITING, Gary. *Lens coatings: Anti-reflective, scratch resistant, anti fog, UV.: All about vision* [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.allaboutvision.com/lenses/coatings.htm>
- [37] *Povrchové úpravy brýlových čoček, fyzikální princip* [online]. Brno, 2015 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/avrs7/Povrchove\\_upravy\\_brylovych\\_cocek.pdf](https://is.muni.cz/th/avrs7/Povrchove_upravy_brylovych_cocek.pdf). Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Mgr. Jitka Krasňanská Ph.D.
- [38] A Simple Guide to Eyeglass Lens Coatings: What are eyeglass lens coatings, and do you need them?. *Vision Source: Signature Eye Care* [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://visionsource.com/blog/eyeglass-lens-coatings/>

- [39] CARL ZEISS VISION. *Polarizované sluneční brýlové čočky: Pohodlné vidění bez nepříjemných odrazů* [online]. In: . [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/vision-care/zeiss-vyrobky/slunecni-brylove-cocky/polarizovane-slunecni-brylove-cocky.html#wha>
- [40] JALIE, M. *Ophthalmic lenses and dispensing*. Elsevier, 2003.
- [41] Brýlové čočky ZEISS DriveSafe. In: *ZEISS* [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/vision-care/pro-lekare-ci-optometristy/produkty/brylove-cocky/brylove-cocky-drivesafe.html>
- [42] COZZA, Federica, Matteo COMPAGNONI, Chiara AIROLDI et al. The effects of two longpass filters on visual performance. *Journal of Optometry* [online]. 2020, **13**(2), 102-112 [cit. 2023-01-03]. ISSN 18884296. Dostupné z: doi:10.1016/j.optom.2019.07.001
- [43] BURDOVÁ, Pavla. *Filtrování v optice a optometrii* [online]. Brno, 2012 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/levto/BP\\_final\\_tisk.pdf](https://is.muni.cz/th/levto/BP_final_tisk.pdf). Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Mgr. Pavel Beneš.
- [44] ESSILOR. *EYE PROTECT SYSTEM: Chraňte svůj zrak* [online]. In: . [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.essilor.cz/brylove-cocky-essilor/eye-protect-system>
- [45] SKRIBKOVÁ. Samozabarvovací brýlové čočky: Kdo lépe vidí, více vidí. In: *Optik Skrbková* [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.optikskrbkova.cz/uzitecne-informace/slovnicek-odbornych-vyrazu/samozabarvovaci-brylove-cocky>
- [46] *TRANSITIONS XTRACTIVE: Chraňte svůj zrak* [online]. In: . [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.essilor.cz/brylove-cocky-essilor/transitions/transitions-xtractive>
- [47] *Transitions: Světlo pod kontrolou* [online]. In: . [cit. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://www.transitions.com/cs-cz/products/#style-colors>
- [48] KRÁL, Dominik. *Materiál pro výrobu částí světloometu osobního automobilu*. Brno, 2020. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Eva Mollíková, Ph.D., Paed IGIP.
- [49] Wave Interference: Arbor Scientific. In: *YouTube* [online]. 2019 [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=JBUW385IT38>
- [50] Dispersion: Geosciences. In: *LibreTexts: Geosciences* [online]. 2022 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: [https://geo.libretexts.org/Bookshelves/Geology/Book%3A\\_Gemology/07%3A\\_Optical\\_Properties\\_of\\_Gemstones/7.16%3A\\_Dispersion](https://geo.libretexts.org/Bookshelves/Geology/Book%3A_Gemology/07%3A_Optical_Properties_of_Gemstones/7.16%3A_Dispersion)

- [51] Polymethylmethakrylát. In: *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. online: Wikipedie, 2022 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Polymethylmethakrylát#/media/Soubor:PMMA-repeat.png>
- [52] CR-39. In: *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. Online: Wikipedie, 2022 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/CR-39#/media/File:PADC\\_neu.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/CR-39#/media/File:PADC_neu.svg)
- [53] Polykarbonát. In: *Wikypedie: Otevřená Encyklopedie* [online]. online: Wikipedie, 2023 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Polykarbonát#/media/Soubor:Lexan.svg>

# Seznam symbolů

## Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
$s$	s	Sekunda, jednotka času
$n$		Index lomu
$c$	m/s	Konstanta rychlosti času
$v_\lambda$	m/s	Rychlost světla v daném prostředí
$v_0$	m/s	Rychlost světla ve vzduchu
$\lambda$	nm	Vlnová délka
$V$		Abbeovo číslo
$n_D$		Index lomu pro zelené světlo
$n_F$		Index lomu pro modré světlo
$n_C$		Index lomu pro červené světlo
$R$	%	Reflektance
$A$	%	Absorbance
$T$	%	transmitance
$I$	lx	Intenzita světla po průchodu vzorkem
$I_0$	lx	Intenzita světla dopadající na povrch vzorku
$\alpha$	%	Absorpční konstanta

# Seznam zkratek

## Seznam zkratek

Zkratka	Význam
PMMA	polymethylmethakrylát
CR-39	Columbia Resin 39 = kolumbijská pryskyřice 39
AR	Antireflexní vrstva

## Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Disperze, lom [50] .....	5
Obrázek 2.2: Interference [49].....	6
Obrázek 2.3: Polarizace světla [19].....	6
Obrázek 3.1: Polymethylmethakrylát [51].....	10
Obrázek 3.2: CR-39 [52] .....	11
Obrázek 3.3: Polykarbonát [53].....	12
Obrázek 3.4: Rozdělení segmentů bifokál [33].....	15
Obrázek 3.5: Rozdělení segmentů multifokál [33].....	15
Obrázek 3.6: Rozdíl koridorů [33].....	16
Obrázek 3.7: Barva a aktivní vrstvy [7].....	27
Obrázek 4.1: Spektrální propustnost všech získaných vzorků brýlových čoček .....	29
Obrázek 4.2: Spektrální propustnost vzorků společnosti Hoya .....	30
Obrázek 4.3: Spektrální Propustnost vzorků od společnosti Essilor.....	31
Obrázek 4.4: Spektrální Propustnost vzorků od společnosti Rodenstock .....	31
Obrázek 4.5: Spektrální Propustnost vzorků od společností Zeiss a Čivice .....	32
Obrázek 4.6: Spektrální propustnost čelních skel .....	33
Obrázek 4.7: Spektrální charakteristika světlometů .....	34
Obrázek 4.8: Hoya EnRoute Daily a charakteristiky světlometů.....	35
Obrázek 4.9: Plast Organic 1,5 a charakteristiky světlometů .....	35