

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2020

**FILIP
KAMINSKÝ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů

Zmírnění oslnění antireflexní vrstvou

Mitigation glare by anti-reflective layer

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Filip Kaminský

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



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kaminský** Jméno: **Filip** Osobní číslo: **441127**
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:

Zmírnění oslnění antireflexní vrstvou

Název bakalářské práce anglicky:

Mitigation glare by anti-reflective layer

Pokyny pro vypracování:

Předmětem práce je zmírnění vlivu oslnění na zrakový systém pomocí antireflexní vrstvy. Student provede literární rešerši na téma oslnění a možnosti jeho zmírnění. Dále v práci vysvětlí pojmy oslnění, světlo, rozptýl světla a antireflexní vrstvy. V praktické části bude provádět a porovnávat měření zrakové ostrosti za normálních podmínek, s oslněním a oslněním s předsaženou čočkou se speciální antireflexní vrstvou. Naměřené hodnoty zpracuje, vyvodí závěry a provede porovnání s dostupnou literaturou.

Seznam doporučené literatury:

- [1] RANDULOVÁ, J., Sklo a plasty jako materiály brýlových čoček, povrchové úpravy brýlových čoček, 2010, Brno, Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně
- [2] KRATA, František, Aplikovaná optika, ed. 2, Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005, ISBN 80-01-03335-X
- [3] HABEL, Jiří, Základy světelné techniky (2) : Zrak a vidění (1. část), Světlo, ročník 2008, číslo 05, 2008, Dostupný z http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37974, ISSN 1212-0812


Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Petr Písařík, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **10.02.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**


doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis ožka(na)ky

Název bakalářské práce: Zmírnění oslnění antireflexní vrstvou

Abstrakt:

Hlavním cílem této práce je rozebrat problematiku oslnění zrakového systému a možnosti jeho zmírnění. V práci jsou stručně popsány světelné veličiny související se zrakovým vjemem, jako je světelný tok, svítivost, jas a osvětlení, zrakové vnímání a adaptační mechanismy oka. Dále se zabývá rozdělením oslnění, faktory, které ho ovlivňují, vlivem na zrakovou ostrost, způsoby měření oslnění a jeho zmírnění. V dalších kapitolách je rozebrána problematika intraokulárního rozptylu, dělení, možnosti kvantifikování a souvislosti s oslněním. V poslední části je stručná charakteristika antireflexní vrstvy a popis povrchové úpravy EyeDrive. Motivací k vypracování práce je zjištění, zda speciální antireflexní vrstvy jsou účinné proti oslnění, nebo je to pouze reklamní taktika. Pokud se potvrdí jejich účinnost, mohou být tyto speciální antireflexní vrstvy řešením pro určité profese (řidiči, piloti) a také pro tu část populace se zvýšenou citlivostí na oslnění. V praktické části je měřena zraková ostrost probandů pro tři různé případy – bez oslnění, s oslněním a s oslněním s předsazenou čočkou se speciální antireflexní vrstvou EyeDrive. Výsledky ukázaly, že průměrný vizus bez oslnění je 1,31, s oslněním je 1,14 a s oslněním s čočkou EyeDrive je 1,22. Dále byla hodnocena zraková pohoda probandů. Dvě třetiny probandů byli spokojeni s čočkou s povrchovou úpravou EyeDrive. Světlo ze zdroje oslnění už nebylo „rozlité všude“, ale bylo jasně ohraničené a přestali je pálit oči. Naopak jedné třetině probandů přišla nepohodlná. Převážně jim vadila zbytková jantarová barva a někdy odlesky a halo efekt.

Klíčová slova:

Oslnění, rozptyl světla, antireflexní vrstvy

Bachelor's Thesis title: Mitigation glare by anti-reflective layer

Abstract:

The main objective of this work is to discuss the issue of glare of the visual system and the possibility of mitigating it. The work briefly describes the luminous quantities related to the visual perception, such as luminous flux, luminous intensity, brightness and lighting, visual perception and the adaptation mechanisms of the eye. It also deals with the distribution of glare, the factors that affect it, the effect on visual acuity, the ways in which glare is measured and its mitigation. In the next chapters, the issue of intraocular dispersion, division, the possibility of quantification and the connection with glare is discussed. In the last part is a brief characteristic of the anti-glare layer and a description of EyeDrive finish. The motivation for working out the work is to determine whether the special anti-glare layers are effective against glare or it is merely an advertising tactic. If their effectiveness is confirmed, these special anti-glare layers can be the solution for certain professions (drivers, pilots) and for that part of the population with increased sensitivity to glare. In the practical part, the visual acuity of the probands is measured for three different cases – without glare, with glare and glare with a pre-set lens with a special EyeDrive anti-glare layer. The results showed that the average vision without glare is 1.31, with glare is 1.14 and with glare with EyeDrive lens is 1.22. In addition, the visual well-being of probands was evaluated. Two-thirds of the probands were satisfied with the EyeDrive lens. The light from the source of the glare was no longer "spilled everywhere", but it was clearly bounded, and they stopped burning their eyes. On the contrary, one-third of the probands found it uncomfortable. They were mostly bothered by the residual amber paint and sometimes the glare and halo effect.

Key words:

Glare, light scattering, anti-reflective layers

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu této práce Ing. Petr Písařík, Ph.D. za cenné rady a za čas, který mi věnoval. Taky bych rád poděkoval celé rodině a přátelům za podporu a trpělivost, kterou semnou měli. A poděkování za pevné nervy patří i mé partnerce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Zmírnění oslnění antireflexní vrstvou*“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k projektu.

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	7
2	Světlo	8
2.1	Světelné veličiny	8
2.1.1	Světelný tok	8
2.1.2	Svítivost	10
2.1.3	Jas	11
2.1.4	Osvětlení	11
3	Zrakové vnímání	12
3.1	Průchod světla zrakovým systémem	12
3.2	Odezva fotoreceptorů	13
3.3	Spektrální citlivost	13
4	Adaptace zrakového systému	15
4.1	Adaptace zrakového systému na světlo	15
4.2	Adaptace zrakového systému na tmu	15
4.3	Adaptace zrakového systému mezi fotopickým a skotopickým viděním	16
5	Oslnění	17
5.1	Druhy oslnění	18
5.2	Faktory ovlivňující oslnění zrakového systému	19
5.3	Vliv oslnění na zrakovou ostrost	20
5.4	Vliv oslnění na binokulární vidění	22
5.5	Měření oslnění	22
5.5.1	Měření citlivosti na oslnění pomocí zrakové ostrosti	23
5.5.2	Měření citlivosti na oslnění pomocí kontrastní citlivosti	23
5.5.3	Měření citlivosti na oslnění pomocí rozptylu světla	23
5.6	Zmírnění oslnění	24
6	Intraokulární rozptyl	25
6.1	Dělení rozptylu	26
6.2	Faktory ovlivňující intraokulární rozptyl	26
6.3	Kvantifikace intraokulárního rozptylu	27
6.4	Vliv intraokulárního rozptylu na vidění	31

6.5	Spojení oslnění a intraokulárního rozptylu	31
7	Antireflexní vrstvy	32
7.1	EyeDrive	34
8	Experimentální část	37
8.1	Metodika výzkumu	37
8.1.1	Postup měření	38
8.1.2	Hypotézy.....	39
8.2	Výsledky	40
8.2.1	Analýza měřené skupiny	40
8.2.2	Srovnání zrakové ostrosti bez a s oslněním.....	41
8.2.3	Porovnání zrakové ostrosti s oslněním a s oslněním s předsádkami EyeDrive..	42
8.2.4	Vyhodnocení spokojenosti	43
8.2.5	Analýza naměřených hodnot vizu vůči věku probandů.....	44
8.2.6	Vyhodnocení hypotéz	47
9	Diskuze	48
10	Závěr.....	49
	Seznam použité literatury	50
	Seznam symbolů a zkratek	54
	Seznam obrázků.....	55
	Seznam tabulek.....	57
	Příloho A: Protokol.....	58
	Příloho B: Naměřená data.....	59

1 Úvod

V dnešní době je v našem okolí spousta zdrojů umělého světla, mobily, monitory počítačů, zářivky, pouliční osvětlení nebo světlomety automobilů. Tyto a spousty dalších zdrojů světla se mohou i za normálních podmínek stát zdrojem oslnění. Oslnění je nepříjemný stav, který negativně ovlivňuje náš zrak, prostorové vnímání, schopnost se soustředit, psychické rozpoložení a při některých činnostech může být i nebezpečný pro život náš či okolí, když nás „oslepí“ i na pár minut.

Nebezpečný se stává především u určitých profesí, řidiči, strojvedoucí, piloti, lékaři nebo příslušníci ozbrojených složek. I přes správně provedené měření zrakové ostrosti, správně zhotovené brýle si někteří jedinci stěžují na neostré vidění, únavu očí a někdy až dvojité vidění, aniž by věděli, že možnou příčinou může být oslnění. Příčinou by mohlo být oslnění způsobené intraokulárním rozptylem. Intraokulární rozptyl je způsoben nehomogenitami v prostředí oka v interakci s dopadajícím světlem. Hodnota intraokulárního rozptylu v oku narůstá s věkem, zraněními oka nebo patologiemi oka.

Základní vyšetření zrakové ostrosti tento problém neodhalí, proto bylo vyvinuto několik metod, jak změřit intraokulární rozptyl v oku.

Jaká je spojitost mezi oslněním a intraokulárním rozptylem? Jak měřit vliv oslnění ve vyšetřovacích optometristů? Jde ovlivnit míra oslnění pomocí brýlových čoček se speciální antireflexní vrstvou, nebo je to jen marketingový tah výrobců? Na základě rešerše z dostupných zdrojů a výzkumů se pokusím na tyto otázky odpovědět.

Toto téma jsem si vybral, abych zjistil, zda speciální antireflexní vrstvy dokáží zmírnit vliv oslnění na zrakovou ostrost a zvýšit pohodlí jedinci při vystavení oslnění.

2 Světlo

Světlo, nebo světelné záření je složeno z nekonečného množství monochromatických paprsků. Rychlost těchto paprsků, rychlost světla, ve vakuu je zhruba 300 000 km/s a je konečná pro celé elektromagnetické spektrum záření. [1, 2]

Světlo je viditelné záření, na které reaguje zrakový systém člověka. Je to elektromagnetické záření o vlnové délce od 380 nm do 780 nm a slouží jako zdroj informací o okolním prostředí. Na dopad světla reagují fotoreceptory (tyčinky a čípky) na sítnici lidského oka a tím světlo vyvolává zrakový vjem. Lidské oko je nejcitlivější pro vlnovou délku 555 nm za fotopických podmínek. [3, 4, 5]

Světlo přenáší informace o prostředí kolem nás, ale taky ovlivňuje lidský organizmus. Člověk je řízen biologickými pochody v těle, které kolísají v cirkadiánním cyklu. Cirkadiánní cyklus se vyvinul na základě střídání světla a tmy. Aktivní fázi za dne a klidovou v noci. Ve zrakovém orgánu je cirkadiánní čidlo, je to třetí druh fotoreceptoru („C“ fotoreceptor), který je citlivý na střídání světla a tmy. Spektrální citlivost čidla je maximální v rozmezí hodnot vlnových délek od 460 nm do 465 nm. [3, 5]

Obor zkoumající viditelné světlo a jeho účinek na náš zrak je fotometrie. [5]

2.1 Světelné veličiny

Světelné (fotometrické) veličiny se používají pro popis fotometrie a mají své fotometrické jednotky. Veličiny respektují citlivost oka na optické záření o různých vlnových délkách. Tyto veličiny slouží pro popis vlastností zdrojů světla, přenos světla volným prostorem a dějů spojených s dopadem světla na objekty. V následujících odstavcích si tyto veličiny popíšeme. [2, 5]

2.1.1 Světelný tok

Světelný tok je světelně technická veličina, která odpovídá zářivému toku a udává schopnost zářivého toku vyvolat zrakový vjem. Jednotkou světelného toku je lumen (lm). Světelný tok Φ monochromatického záření o vlnové délce λ , který přenáší zářivý výkon neboli zářivý tok Φ_e , je určen vztahem [2, 4, 5]:

$$\Phi(\lambda) = K(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda) = K_m \cdot V(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda). \quad (1)$$

Veličina $K(\lambda)$ ($\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$) je světelná účinnost monochromatického záření rovná poměru světelného toku Φ a odpovídajícího zářivého toku Φ_e [2, 4, 5]:

$$K(\lambda) = \frac{\Phi(\lambda)}{\Phi_e(\lambda)}, \quad (2)$$

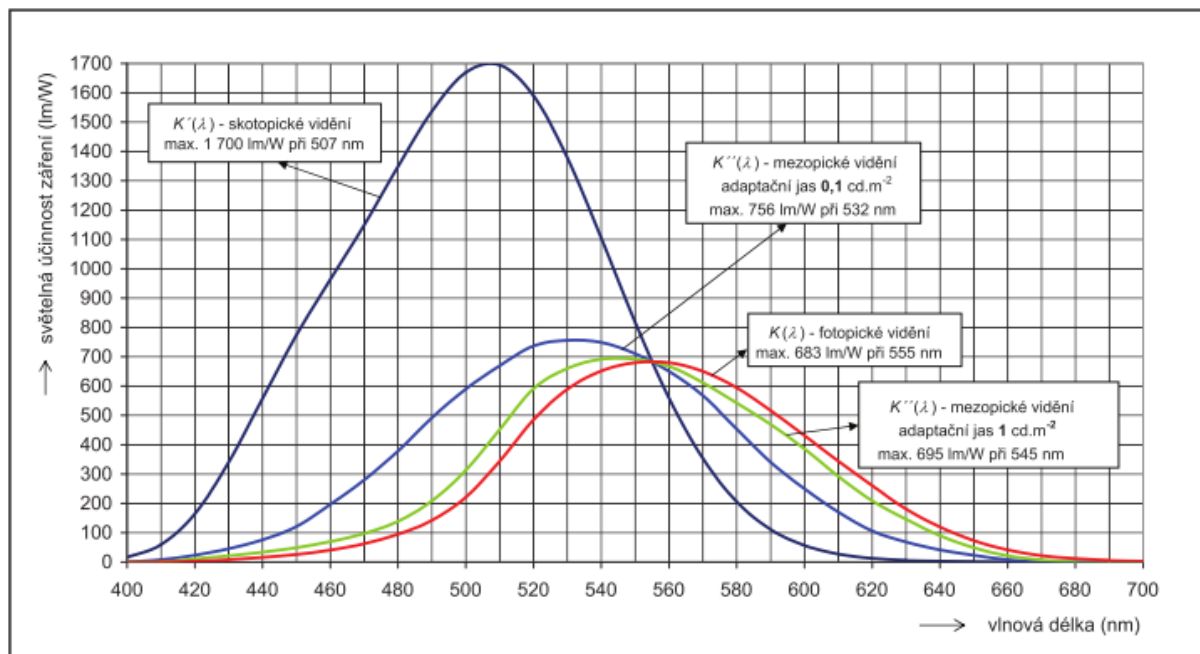
a veličina $V(\lambda)$ je poměrná světelná účinnost monochromatického záření je rovna poměru světelné účinnosti monochromatického záření $K(\lambda)$ a maximální hodnoty $K(m)$ světelné účinnosti $K(\lambda)$ [5, 6]:

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m}. \quad (3)$$

Z hlediska pozorovatele je poměrná světelná účinnost monochromatického záření $V(\lambda)$ totožná se spektrální citlivostí. Spektrální citlivost udává spektrální odezvu oka na světlo o dané vlnové délce. Spektrální citlivost lidského oka je dána citlivostí fotoreceptorů na sítnici. Za fotopických podmínek je určena citlivostí čípků a za skotopických podmínek citlivostí tyčinek. Čípky jsou nejcitlivější na vlnovou délku $\lambda = 555$ nm. Tyčinky jsou citlivější na kratší vlnovou délku a to $\lambda = 507$ nm. Z toho plyne, že citlivost oka je závislá na vlnové délce světla. Proto byla určena maximální hodnota K_m světelné účinnosti $K(\lambda)$, $K_m = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$, pro světlo o vlnové délce $\lambda = 555$ nm. Tím se vztah pro výpočet poměrné světelné účinnosti monochromatického záření $V(\lambda)$ upraví [2, 4, 5, 6]:

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{683}. \quad (4)$$

Při vlnové délce $\lambda = 555$ nm je absolutní hodnota spektrální citlivosti lidského oka rovna hodnotě $K_m = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$, při vlnové délce $\lambda = 507$ nm je maximální hodnota spektrální citlivosti lidského oka $K'_m = 1700 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. Na obrázku 1.1 jsou znázorněny spektrální závislosti světelné účinnosti záření na vlnové délce. [2, 4, 5, 6]

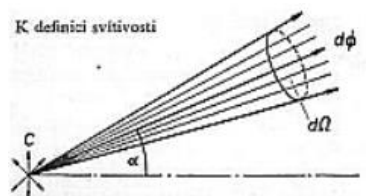


Obrázek 2.1: Průběh absolutních hodnot světelných účinků záření [2]

2.1.2 Svítivost

Svítivost (obrázek 1.2) I je základní světelnou veličinou a udává prostorovou hustotu světelného toku v různých směrech. Svítivost je definována pouze pro bodové zdroje záření. Jednotkou je kandela (cd) – 1 cd je svítivost 1 cm² černého tělesa při teplotě tuhnutí platiny a je to základní jednotka soustavy SI. Vztah pro výpočet svítivosti je dán podílem části světelného toku $d\Phi$, vysílaného bodovým zdrojem záření ve směru osy malého prostorového úhlu $d\Omega$, a tohoto úhlu [2, 6]:

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}. \quad (5)$$



Obrázek 2.2: Svítivost bodového zdroje C [6]

2.1.3 Jas

Jas L svazku paprsků přímo ovlivňuje zrakové vnímání a je vnímán subjektivně. Jas je vyvolán nebodovým zdrojem záření o určité svítivosti. Jednotkou jasu je kandela na metr čtvereční ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$). Jas je určen podílem svítivosti dI plošky a obsahu zdroje dS ve zvoleném úhlu α [2, 6]:

$$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos\alpha}. \quad (6)$$

Pro změření hodnot jasu se využívá jasoměr. Jasoměry se dělí do čtyř skupin (L, A, B, C) podle přesnosti. [2, 6]

2.1.4 Osvětlení

Osvětlení E určuje účinek světla při dopadu na povrch tělesa. Jednotkou je lux (lx), 1 lx je osvětlení, při kterém na plochu 1 m^2 dopadne rovnoměrně světelný tok 1 lm. Osvětlení je definováno jako podíl světelného toku $d\Phi$ a obsahu osvětlené plochy dS , platí [2, 6]:

$$E = \frac{d\Phi}{dS}. \quad (7)$$

V praxi se osvětlení měří luxmetrem a taky se dělí do čtyř kategorií (L, A, B, C) podle přesnosti. [2, 6]

3 Zrakové vnímání

Oko je smyslový orgán, který umožňuje přijímat 80 až 90 % informací okolo nás. Zrakový systém zajišťuje příjem, přenos a zpracování informace světelných podnětů v nervové vzruchy, které dále pokračují zrakovým nervem do mozkových center vidění, kde vzniká zrakový vjem. Zrak nám umožňuje orientaci v prostoru, vnímání světla, barvy a tvarů. [7, 8]

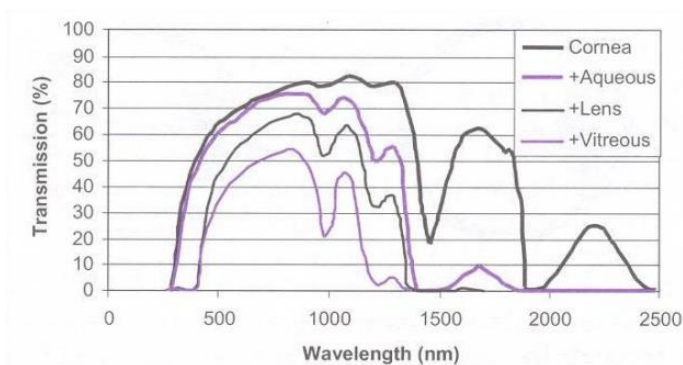
3.1 Průchod světla zrakovým systémem

Při průchodu světla okem dochází k částečné ztrátě informací vlivem absorpce tkání, rozptylu a odrazu. To způsobí snížení osvětlení sítnice. [3, 9, 10]

Část světla je rozptýlena na mikro nehomogenitách v tkáních oka a část světla je jednotlivými tkáněmi absorbována. Absorpce vede ke zpětnému vyzařování na vyšších vlnových délkách (fluorescence). Tyto jevy zapříčiňují snížení množství světla dopadajícího na sítnici, které tvoří sítnicový obraz, a zvyšují množství parazitního světla. Parazitní světlo snižuje kvalitu vytvořeného obrazu, především kontrast a rozlišení. [3, 9, 10]

Dopadající světlo na rohovku prochází dále komorovou vodou, zornicí ohraničenou duhovkou, která řídí množství procházejícího světla jako clona, oční čočkou, sklivcem až na sítnici. Sítnice se skládá z deseti vrstev. Důležitou součástí struktury sítnice jsou fotoreceptorové buňky (tyčinky, čípky). Podrážděním těchto buněk se spustí proces vidění. Poté je vzruch veden zrakovým nervem a zrakovou dráhou do zrakového centra mozkové kůry, kde vzniká zrakový vjem. [3, 9, 10]

Celková propustnost očních tkání je cca 54 %. Na obrázku 3.1 jsou znázorněny hodnoty vlnových délek (nm) v závislosti na spektrální propustnosti (%) danou tkání. [11, 12]



Obrázek 3.1: Kumulativní spektrální propustnost jednotlivých optických vrstev oka [12]

Na obrázku 3.1 můžeme vidět, že jednotlivé optické části oka nejvíce absorbují záření kratších vlnových délek, tedy záření s kratší vlnovou délkou než 400 nm. [11, 12]

3.2 Odezva fotoreceptorů

Dopadající světlo na sítnici způsobuje podráždění fotoreceptorů na sítnici (tyčinek a čípků). Část záření je absorbována zrakovým pigmentem ve fotoreceptorech. [7]

Čípky umožňují denní (fotopické, barevné) vidění, protože existují 3 typy z nich každý je citlivý na jinou vlnovou délku. Typy čípků (L, M, S) s odlišnou spektrální propustností, z nichž každý obsahuje jiný pigment (chlorolab, erytrolab, cyanolab). Maximální absorpce vlnové délky pro L čípky (červená) jsou cca 564 nm, pro M čípky (zelená) jsou cca 534 nm a pro S čípky (modrá) jsou cca 420 nm. Citlivost čípků je v rozmezí celého viditelného spektra. Nachází se převážně v centrální části sítnice v makule a jejich množství je cca 6,5 milionu. Průměr čípků je cca 1,5 až 6,0 μm . [3, 7]

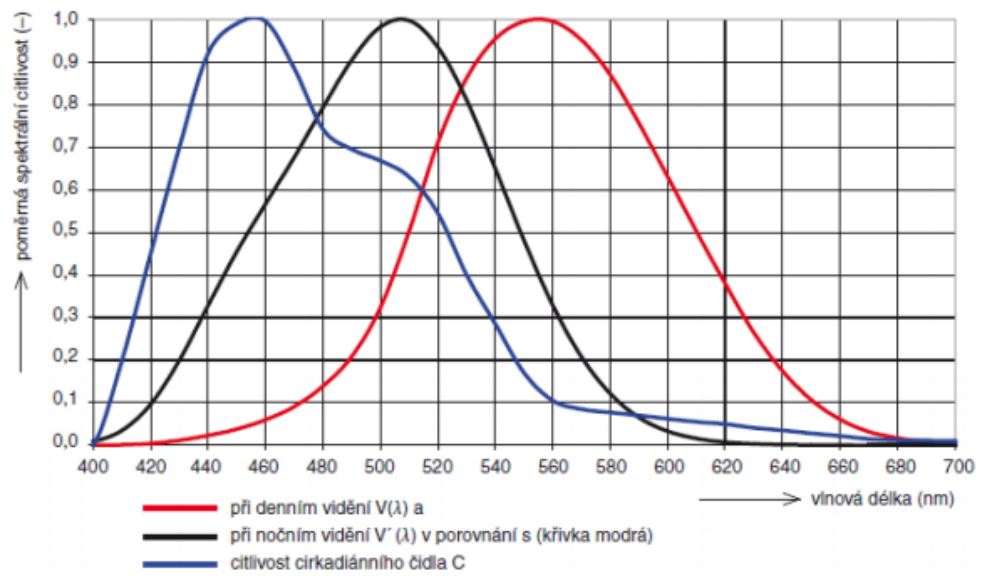
Tyčinky umožňují noční (skotopické) vidění a jsou citlivější na intenzitu dopadajícího světla. Nachází se v periférii sítnice. Jejich počet je cca 125 milionu a rozměr přibližně 2,0 μm . Obsahují zrakový pigment rodopsin. [3, 7]

Další část dopadajícího světla na sítnici je absorbován zrakovým pigmentem, a to přispívá ke vzniku zrakového vjemu. Poměr absorbovaného světla se mění se stavem adaptace, polohou dopadajícího světla na sítnici a spektrálním složením světla. Po absorpci světla makulárním pigmentem dosáhne čípků 92 % dopadajícího světla, z tohoto pouze 53 % světla dosáhne vnějšího segmentu čípků. Čípky dále absorbují 38 % prošlého světla. Následuje fotochemická reakce, která proběhne v 67 %. Z toho vychází retinální účinnost 12 %. Pouze 7 % světla dopadajícího na rohovku je zodpovědné za vyvolání nervové odpovědi na sítnici. [3, 7, 11]

3.3 Spektrální citlivost

Lidský zrak je různě citlivý na záření jednotlivých vlnových délek. Spektrální citlivost zraku je udávána v poměrných hodnotách vztažených k maximální absolutní hodnotě citlivosti. Z obrázku 3.3 je patrné, že spektrální citlivost je závislá na adaptačním jasu. Adaptační jas pro denní vidění je podle CIE 100 $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ a pro noční vidění je podle CIE 10–5 $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$. Maximum křivky pro noční vidění je v oblasti vlnové délky 507 nm, pro denní vidění je v oblasti 555 nm. Křivka spektrální citlivosti receptorů „C“ se nachází v oblasti kratších vlnových délek (maximum 460 až 465 nm), protože tyto receptory neslouží k vidění,

ale k řízení biorytmů v těle. Na obrázku 3.2 červená křivka znázorňuje denní vidění, černá noční vidění a modrá citlivost cirkadiánního čidla „C“. [2,3,7]



Obrázek 3.2: Poměrná spektrální citlivost na záření různých vlnových délek pro různé adaptační jasy [3]

4 Adaptace zrakového systému

Adaptace zraku je proces přizpůsobování se různým intenzitám světla (hodnotám jasu). Adaptační mechanismus závisí na změně velikosti šíře zornice, změně velikosti vjemových polí sítnice, a především na změně citlivosti fotoreceptorů sítnice. [1,7,13,14]

Průměrná velikost zornice se pohybuje od 1,8 mm do 7,5 mm v závislosti na hladině osvětlenosti, přičemž se s rostoucím věkem průměrná velikost zornice zmenšuje. Potřebný čas pro změnu šíře zornice je od 360 do 380 ms, pokud dojde k prudkým změnám světelných podmínek, doba se zkracuje až na 100 ms. [1,7,13,14]

Dle výzkumů o zpracování a přenosu zrakové informace není základní funkční jednotkou sítnice jeden fotoreceptor, ale vjemové pole, které se dá považovat za část plochy sítnice, kde dojde k podráždění vlákna zrakového nervu, tj. gangliové buňky sítnice. Vjemové pole závisí na jasu světelného podnětu a na stavu adaptace sítnice, podle čehož se i mění velikost vjemových polí, které se můžou částečně překrývat. Z toho vyplývá, že na sítnici existuje mnoho typů a druhů vjemových polí. Při nízkých hladinách osvětlenosti dochází k zvětšování vjemových polí sítnice a naopak. [1,7,13,14]

Při adaptaci zraku je nejpodstatnější změna citlivosti fotoreceptorů (tyčinek a čípků). Vlivem působení světla dochází k rozkladu zrakových pigmentů ve vnějších segmentech fotoreceptorů, tedy nastává fotochemický děj. [1,7,13,14]

4.1 Adaptace zrakového systému na světlo

Oko se mnohem rychleji adaptuje na světlo než na tmu. Adaptace na světlo je asi 1,5 min, po 10 min je už plně dokončena. Proces denního (fotopického) vidění probíhá při hladinách jasu od $3 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$, což je spodní hodnota adaptačního jasu, kde funkci přebírají čípky, které umožňují barevné vidění. Čípky jsou umístěny převážně v centrální části sítnice, tj. žluté skvrně. [2,11,13]

4.2 Adaptace zrakového systému na tmu

Při přechodu ze světla do tmy přebírají funkci výrazně citlivější fotoreceptory, tj. tyčinky. Adaptace na tmu trvá okolo 5 min, poté už se příliš nemění, ale může doznívat až jednu hodinu. Tyčinky se uplatňují při nočním (skotopickém) vidění a jsou rozmístěny v periférii žluté skvrny a v dalších krajních oblastech sítnice. Při nočním vidění jsou hodnoty adaptačního jasu velmi nízké, uvádí se hodnota nižší než $0,03 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. [2,11,13]

4.3 Adaptace zrakového systému mezi fotopickým a skotopickým viděním

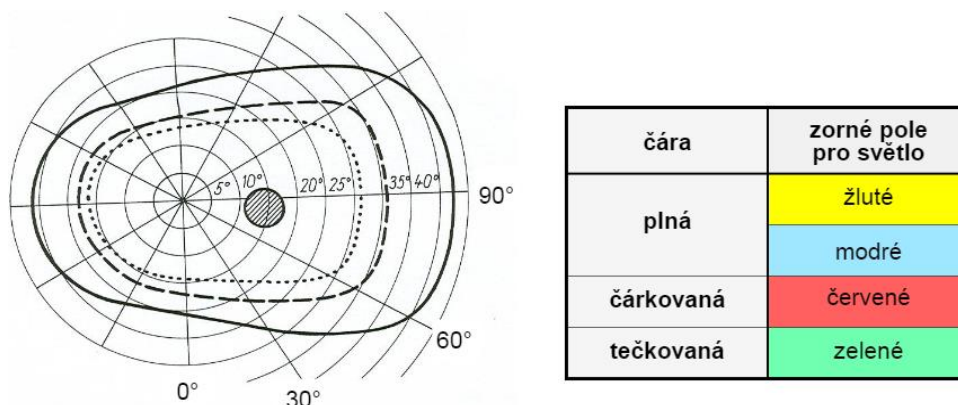
Zrak se také přizpůsobuje hodnotám jasů, které se nacházejí mezi denním a nočním viděním, kde se uplatňují oba typy fotoreceptorů. V menším množství se uplatňují čípky a funkci postupně přebírají tyčinky. V tomto případě mluvíme o mezopickém vidění, které se zaměřuje na oblast jasů v rozmezí od $0,03$ až do $3 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. [2,11,13]

5 Oslnění

Jedná se o nepříjemný stav zraku způsoben jasem, který naruší zrakovou pohodu. Zraková pohoda je příjemný psychologický stav, při kterém zrakový systém plní optimálně své funkce.

Nachází-li se v pohledovém směru oka příliš velké jasy nebo velké rozdíly jasů, které převyšují meze adaptability zraku, vzniká oslnění. Oslnění negativně narušuje funkci zrakového systému, což se projeví znesnadněním, až zhoršením vidění. Oslnění je ohrožující pro řidiče při řízení za šera, mlhy, nebo v noci, kdy světlomety protijedoucích aut způsobí oslnění. Oslnění může být způsobeno přímo světelným zdrojem nebo odrazem světla od povrchů s vysokým koeficientem odrazivosti. [1, 2, 3, 8]

Negativní vliv oslnění na zrak je nejvýraznější ve směru pohledové osy a jejím okolí do úhlu 14° , do úhlu 27° je oslnění citelné a až od větších úhlů je malé. Velikost zorného pole záleží na chromatičnosti světla dopadajícího na sítnici, znázorněno na obrázku 5.1. [1, 2, 3, 8]



Obrázek 5.1: Monokulární zorné pole pravého oka při různobarevných světelných podnětech [2]

Na obrázku 5.1 jsou znázorněny zorná pole pro zelené, červené, žluté a modré světlo. Žluté a modré světlo je detekováno lidským okem v největším zorném poli, poté následuje zorné pole pro červené světlo a nejmenší zorné pole je pro zelené světlo. Vyšrafovaný kroužek označuje oblast, do níž se promítá slepá skvrna. Odchyly zorného pole ve zdravé populaci se vyskytují zřídka. [1, 3]

S přibývajícím věkem je oslnění nepříjemnější, může vést k zhoršení zrakového vjemu, snížení kontrastní citlivosti, halo efektu a astenopickým potížím (bolest hlavy, pálení očí). [16]

Oslnění přímo souvisí s intraokulárním rozptylem světla, kterým se budu zabývat v kapitole 6. Lidé s vyšším intraokulárním rozptylem jsou častěji citlivější na oslnění. [8]

Pomocí zrakové ostrosti a kontrastní citlivosti můžeme změřit citlivost na oslnění. Vyšetření provedeme s oslněním i bez oslnění a z rozdílu hodnot je dána citlivost na oslnění. Citlivost lze změřit i množstvím rozptýleného světla v oku. [2]

5.1 Druhy oslnění

Dělení podle příčiny:

- **Přímé oslnění** vznikne, pokud je v zorném poli nadměrný jas světla nad adaptabilní mez oka.
- **Přechodové oslnění** vznikne, při rychlé změně jasů při přechodu z tmy na světlo. Zrakový systém není schopný tak rychlé adaptace.
- **Oslnění odrazem** vznikne odrazem světla od lesklých povrchů v zorném poli.
- **Závojevé oslnění** vzniká za zvláštních podmínek a to, je-li mezi okem a pozorovaným pozadím prostředí s vyšším jasnem nebo jemnou strukturou. Může se projevit při pohledu přes osvětlenou záclonu nebo pohledu do mlhy před světly automobilu. [2, 17]

Dělení podle světelné techniky:

- **Oslnění kontrastem** (relativní oslnění) vzniká, nachází-li se v zorném poli jasy příliš velké než jas, na který je adaptován zrakový systém. Podle psychofyziologických následků se dále dělí na [2, 17]:

1. Psychologické oslnění

Psychologické oslnění nezpůsobí měřitelné změny zrakových funkcí. Oslňující zdroj v ose pohledu naruší pozornost pozorovatele, následkem psychologického oslnění je subjektivní pocit narušení zrakové pohody a nárůst únavy.

- Pozorovatelné
- Rušivé

2. Fyziologické oslnění

- Omezující oslnění zhoršuje činnost zraku, prokazatelně se snižuje zraková ostrost a kontrastní citlivost. To se projeví poklesem pracovního tempa a dřívější únavou. Lze měřit na základě změn zrakových funkcí.

- Oslepující (absolutní) oslnění znemožní funkci zraku a tento stav může přetrvávat i několik minut po odstranění příčiny. [2, 17]

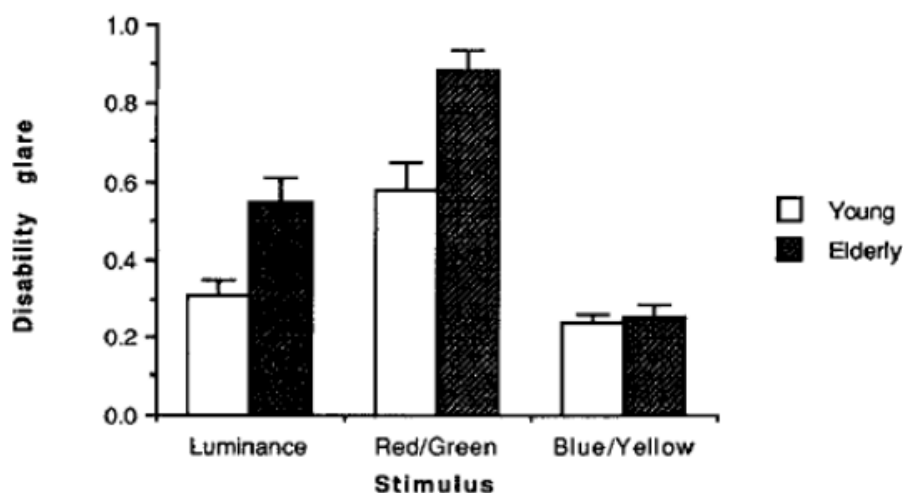
5.2 Faktory ovlivňující oslnění zrakového systému

Jedním z faktorů ovlivňující oslnění zrakového systému je intraokulární rozptyl. Míra intraokulárního rozptylu je rozdílná, stejně tak i citlivost vnímání. Tento faktor může mít za následek i pooperační komplikace refrakčních zákroků. U metod PRK a LASIK mohou nastat problémy s oslněním zapříčiněné intraokulárním rozptylem. To má za následek pokles citlivosti oka, halo efekt, únavu a astenopické potíže. Tyto komplikace spojené s oslněním mohou zapříčinit nekvalitní vidění nebo i subjektivně horší než před operací. Proto by bylo vhodné, aby se testování na oslnění stalo součástí standardního vyšetření při refrakční chirurgii. [16, 18]

Dalším faktorem ovlivňující oslnění zrakového systému jsou oční onemocnění či oční patologie. Velký vliv má například katarakta, glaukom, věkem podmíněná makulární degenerace, rohovkové záněty a další. [19]

Nejvýraznějším faktorem ovlivňující oslnění zrakového systému je věk. S přibývajícím věkem se postupně zužuje zornice a to má za následek méně dopadajících paprsků na sítnici. Také zvýšená absorpce oční čočky v oblasti viditelného záření může za oslnění. S věkem klesá propustnost oční čočky, obzvláště pro část viditelného záření s kratší vlnovou délkou, a zvyšuje intraokulární rozptyl. To může mít za následek pokles kontrastní citlivosti a vyšší citlivost na oslnění. [2, 8, 20]

Výzkum [20] zkoumající závislost věku na vlivu oslnění, se zabýval změnou kontrastní citlivosti s oslněním a bez oslnění. 20 probandů bylo rozděleno do dvou skupin. Jednu skupinu tvořilo 10 mladších probandů jejich věkový průměr byl 25,4 let. V druhé desetičlenné skupině činil věkový průměr 73,8 let. Jako zdroj oslnění byl použit přístroj BAT (Brightness acuity tester). Výsledky dokázaly závislost věku na kontrastní citlivosti. Na následujícím obrázku jsou zaznamenané výsledky pokusu. Bílou barvou je označena první skupina, ta mladší, a černou barvou je označena druhá skupina, ta starší. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána pro červeno-zelený stimul u obou skupin. [20]



Obrázek 5.2: Závislost sledovaných parametrů na oslnění u probandů [20]

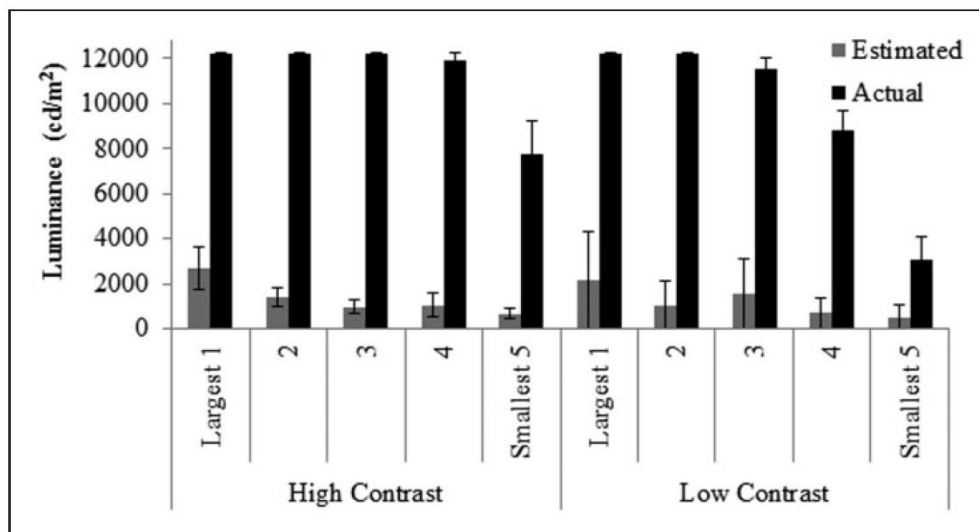
Vliv mají i drogy a alkohol. Požití alkoholu, kokainu nebo marihuany výrazně prodlouží dobu adaptace zrakového systému po oslnění. [8, 20]

5.3 Vliv oslnění na zrakovou ostrost

Oslnění negativně narušuje funkci zrakového systému. Oslnění snižuje funkci oka rozpoznat předmět, který se nachází v blízkosti jiného předmětu s vyšším jasnem. [2, 8]

Tomu to jsou nejvíce vystavení řidiči, kteří jsou oslňováni například slunečními paprsky, který se odráží od mokré silnice nebo světlometry automobilů za šera či mlhy. Otázkou zůstává, jestli je řidič schopen správně reagovat na situaci na silnici, pokud má vlivem oslnění sníženou zrakovou ostrost. [2,8, 21, 22]

V experimentu [21] se snažili kvantifikovat přesnost, s kterou mohou pozorovatelé posoudit, kdy zdroj oslnění snižuje jejich zrakovou ostrost. Experimentu se účastnilo sedmnáct dobrovolníků. Jas zdroje oslnění byl navržený tak, aby stačil k narušení jejich schopnosti rozeznat orientaci Landoltových kruhů „C“ na optotypu. Probandi určovali intenzitu oslnění, která jim narušila vidění. Probandi důsledně podceňovali intenzitu oslnění, které bylo potřebné, aby narušilo jejich zrakovou ostrost. V průměru byly odhady prahu oslnění o 88 % nižší než skutečná intenzita oslnění. Posudky účastníků byly ovlivněny velikostí podnětů, ale nikoli stimulačním kontrastem. Maximální použitá intenzita zdroje oslnění byla $12\,000\text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. Na obrázku 5.3 jsou zobrazeny výsledky experimentu. [21]



Obrázek 5.3: Skutečná a odhadovaná intenzita oslnění v závislosti na velikosti podmětu a kontrastu podmětu [21]

Na obrázku 5.3 je rozdělen do dvou částí, vlevo jsou hodnoty oslnění za vysokého kontrastu stimulu a vpravo za nízkého kontrastu. Každá část je rozdělena na pět sloupců podle velikosti, kdy 1 označuje největší velikost stimulu a 5 nejmenší velikost stimulu. Šedý sloupec označuje odhadovanou intenzitu oslnění a černý skutečnou intenzitu oslnění. Tyto výsledky naznačují, že pozorovatelé mohou přehánět vysilující účinky oslnění a že nedokážou ocenit, že podněty s vysokým kontrastem jsou odolnější vůči oslnění. [21]

Studie [23] zkoumala snížení zrakové ostrosti v závislosti na přibývajícím věku, snižujícím se jasem pozadí optotypu a zvyšujícím oslněním. Experiment byl na třech věkových skupinách, a to ve věku 20–25let, 40–45 let a 60–65 let. Nízký jas prostředí měl za následek snížení zrakové ostrosti. Při vyšetření zrakové ostrosti s oslněním s nízkým jasem pozadí se prokazatelně snížila zraková ostrost u všech věkových skupin, přičemž největší pokles se projevil ve skupině probandů ve věku 60–65 let. [23]

Výzkum [24] zkoumal závislost zrakové ostrosti s oslněním a bez oslnění na věku. Zkoumaná skupina byla ve věku od 5-60 let bez očních patologií. Vyšetření probíhalo na Snellenově optotypu. Výsledky ukázaly, že zraková ostrost s oslněním a bez oslnění se výrazně nemění. [24]

5.4 Vliv oslnění na binokulární vidění

Práce [25] zkoumá vliv oslnění na binokulární koordinaci. Testy byly provedeny na 16 probandech ve věku 25-30 let. Testování bylo provedeno pomocí LCD monitorů ve vzdálenost 60 cm od vyšetřovaného. [25]

První část výzkumu zjišťovala účinky odlišných intenzit oslnění na vergenční pohyby. Proband seděl v určené vzdálenosti před monitorem a hlavu měl stabilizovanou pomocí opěry na bradu a čelo jako je třeba u šterbinové lampy. Proband měl předsazené červeno-zelené filtry a v monitoru sledoval dvě linie (červenou a zelenou). Na tyto linie koukal proband skrz filtry binokulárně. Vyšetřovaný četl text v monitoru a zároveň byl oslňován. Test se skládal ze tří částí, kdy se postupně střídaly tři míry oslnění: $6100 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$, $1850 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ a $450 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. Výsledné hodnoty měření fixační disparity prokázaly vyšší esoforii s vyšší mírou oslnění. [25]

Druhá část výzkumu se zabývala určením hraničních hodnot jasu přímého oslnění zhodnocením vergenčních pohybů při práci na počítači. Byla měřena horizontální fixační disparita a zároveň byly posuzovány subjektivní oční příznaky. Testovaly se 4 intenzity přímého oslnění: bez oslnění (pouze jas v místnosti $600 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$), $2000 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$, $4000 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ a $6000 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. Zdroj oslnění byl ve vzdálenosti 1 m od probanda. I v druhé části výzkumu se prokázala esoforie. [25]

Rozdíl naměřených odchylek fixační disparity s oslněním a bez oslnění byl význačný. Probandi si stěžovali na únavu očí, dvojité vidění, bolest hlavy, rozmazané vidění a nesoustředěnost při čtení. Z výzkumu plyne, že při oslnění dochází k zatížení akomodačních a vergenčních mechanismů. [25]

5.5 Měření oslnění

K měření oslnění nebo citlivosti na oslnění se používají tři principy. První princip spočívá v měření zrakové ostrosti bez oslnění a s oslněním, druhý princip měří citlivost na kontrast bez oslnění a s oslněním a třetí princip měří množství intraokulárního rozptylu. [8, 16]

Oslnění lze také měřit podle de Boerovy klasifikační stupnice, kde jedinec subjektivně vyhodnocuje míru oslnění. Stupnice obsahuje škálu hodnot od 1 do 9 a hodnotí se vizuální odezva (nesnesitelné, znepokojivé, přípustné, vyhovující, nepozorovatelné). [26]

5.5.1 Měření citlivosti na oslnění pomocí zrakové ostrosti

Pro měření zrakové ostrosti s oslněním se používá Berkleyho test a Reganova tabule s BAT. BAT je ruční velkoplošný externí zdroj oslnění, je založen na odrazivosti s uprostřed umístěným otvorem pro oko. Intenzita oslnění je nastavitelná. [8, 16, 19]

Berkleyho test využívá k vyšetření Baileyho-Lovieho nízko kontrastní tabule a velkoplošného zdroje oslnění. Zdroj oslnění umožňuje tři nastavení intenzity oslnění (300, 800 a 3000 $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$). [8, 16, 19]

Reganova tabule s BAT obsahuje tabule s písmeny. Tyto tabule se pro určení citlivosti vyrábějí ve více kontrastních provedení (96 %, 50 %, 25 %, 11 % a 4 % kontrastu). Reganovy tabule se používají pro prevenci a odhalení ztráty vidění u pacientů s diabetes mellitus a s glaukomem. [8, 16]

5.5.2 Měření citlivosti na oslnění pomocí kontrastní citlivosti

K měření citlivosti na oslnění pomocí kontrastu se používají Millerův-Nadlerův test oslnění, Vistech MCT8000, Pelliho-Robsonova tabule s BAT, CSV – 1000HGT a CGT-2000. [8, 16, 27]

Souhrnný přístroj pro měření zrakové ostrosti, citlivosti na kontrast a citlivosti na oslnění za různých světelných podmínek je Frankfurtsko-freiburský systém testování. Používá se posouzení optické kvalit zrakového vnímání v kataraktové a refrakční chirurgii. [8, 16]

Pro testování zrakové ostrosti a citlivosti za oslnění řidičů při mezopických podmínkách existují přístroje Nyktotest, Nyktometr a Mesotest. [8]

Žádný z testů zde vyjmenovaný není v současnosti celosvětově uznávaný, proto testování na citlivost na oslnění není standardní součástí vyšetření při měření zrakové ostrosti. [8]

5.5.3 Měření citlivosti na oslnění pomocí rozptylu světla

Na oslnění zraku má vliv míra vzniklého intraokulárního rozptylu a ta je individuální. Další metodou měření citlivosti na oslnění je měřením intraokulárního rozptylu. Přístroj C-Quant vyroben firmou Oculus a přístroj HD Analyzer od firmy Visiometrics jsou využívány k tomuto měření, více se touto problematikou budu zabývat v kapitole 6. [28]

5.6 Zmírnění oslnění

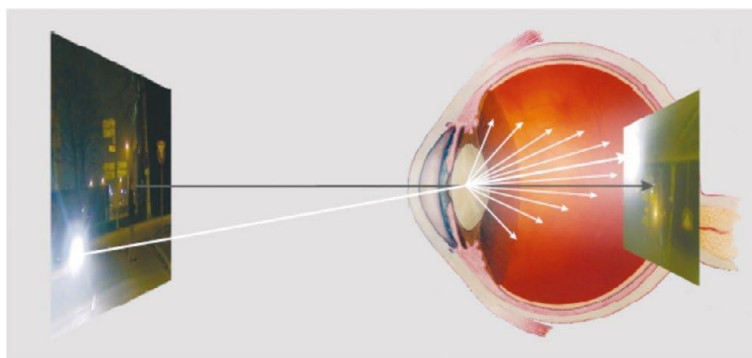
Zmírnění oslnění se může dosáhnout několika možnostmi, jednou z nich je úprava prostorů. Rozdíly jasů mezi pracovní plochou a plochami okolo by neměly být větší než 1:10, nebo menší než 10:1. Měl by být zajištěn vysoký adaptační jas, na němž závisí zraková ostrost. Důležitá je i barva zdí a stropu. Lepší je světlá barva stěn, světlý nábytek s matnou plochou, aby nedocházelo k odleskům a světlá podlaha. V ideálním případě by měl být rozdíl jasů minimální. Jestliže je při práci používán počítač, je vhodné nastavit negativní kontrast obrazovky, buď bílé písmo na černém pozadí nebo žlutá barva písma na modrém pozadí. [2, 22]

Další je úprava svítidel v okolí. Pro snížení oslnění by všechny zdroje světla v místnosti měli zářit stejným barevným tónem a dosahovat stejné svítivosti. Chladně bílou zářivku je vhodné použít, když se denní světlo kombinuje s umělým světlem. [2, 22]

Další možností jsou povrchové úpravy čoček a filtry. Účinnost barevných filtrů je individuální a proto není jasné, jestli jsou funkční, nebo se jedná o placebo efekt. Nejdůležitější povrchovou úpravou je antireflexní vrstva (popsána v kapitole 7). Antireflexní vrstva eliminuje rušivé odlesky a zvyšuje propustnost pro viditelnou část světla. Dále se k zmírnění oslnění může použít tónování čoček, plné zbarvení čoček, nebo polarizační filtr, ale tyto úpravy mohou za určitých světelných podmínek (šero, mlha, tma) být spíše rušivé. [2, 22]

6 Intraokulární rozptyl

Intraokulární rozptyl je považován za zrakovou funkci, která je nezávislá na zrakové ostrosti a kontrastní citlivosti. Je známo, že čím větší je rozptyl světla v tkáních oka, tím horší je zobrazení vnímaného obrazu na sítnici. Rozptýlené světlo na sítnici se projeví snížením kontrastu, rozmlžením obrazu, oslněním a haló jevem. Vliv rozptylu může navýšit vícenásobný rozptyl světla při průchodu světla okem na jednotlivých tkáních oka, než se dostane na sítnici. Na obrázku 6.1 je znázorněn rozptyl světla v oku a vliv na kvalitu vidění. [1, 2, 11, 28, 29]



Obrázek 6.1: Rozptyl světla v oku a vliv na kvalitu vidění [19]

Intraokulární rozptyl se vyskytuje i u zdravých jedinců. Množství intraokulárního rozptylu u zdravých a mladých jedinců je individuální, může být rozdílný i pro obě oči jedince. Průměrný poměr v oku zdravého jedince je 1/3 zapříčiněna rohovkou, 1/3 zapříčiněna oční čočkou a 1/3 bělimou, duhovkou, sklivcem a očním pozadím. Tento poměr závisí na pigmentaci, patologiích oka a věku jedince. Zvýšení intraokulárního rozptylu v oku může zhoršit kvalitu zobrazení víc než pokles zrakové ostrosti. [1, 2, 11, 28, 29]

6.1 Dělení rozptylu

Z hlediska kvality vidění nás zajímá především dopředně rozptýlené světlo. [11]

- **Zpětný rozptyl**

Zpětný rozptyl je rozptýlené světlo na tkáních oka odražené zpět z oka ven a sníží množství světla dopadající na sítnici. Zpětného rozptylu světla se v optometrii využívá při zobrazování štěrbinovou lampou, oftalmoskopie, tomografie rohovky a při dalších využití Scheimplugovy kamery. Hodnocení zpětně rozptýleného světla dává informace o průhlednosti a kvalitě očních tkání. [11, 28, 30]

- **Dopředný rozptyl**

Dopředně rozptýlené světlo zapříčiní zvýšený jas dopadající na sítnici a způsobí degradaci vytvářeného obrazu (rozmlžení obrazu, oslnění, haló jev, snížení kontrastu) jak za fotopických, tak i skotopických podmínek. Vzniká při pozorování jasného zdroje světla v zorném poli. Je známo, že čím větší je rozptyl, tím horší je kvalita sítnicového obrazu. [11, 28, 30]

6.2 Faktory ovlivňující intraokulární rozptyl

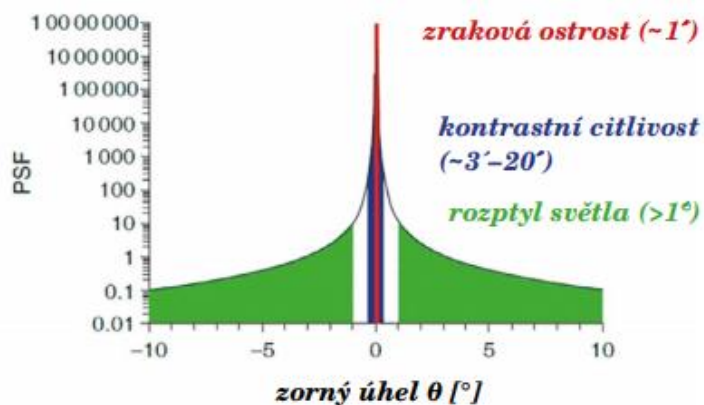
Rozptyl světla je fyzikální jev. Je způsoben šířením optického záření prostředím s nehomogenitami s rozdílným indexem lomu. Světlo procházející prostředím se kvůli difrakci, lomu a odrazu světla na těchto nehomogenitách odchyluje od původního směru šíření do náhodných směrů s různou intenzitou. Tyto nehomogenity se mohou vyskytovat v rohovce, sklěře, duhovce, oční čočce, sklivci a sítnici. Poměr rozptýleného světla je závislý na velikosti nehomogenit a vlnové délce světla. [28, 29, 30]

Při zvýšeném intraokulárním rozptylu v oční tkáni se dostane méně světla na sítnici vlivem snížené transparentnosti tkáně při průchodu světla, to znamená, méně světla, které tvoří obraz. [8, 28, 29, 30]

Největší podíl na rozptylu světla v oku má rohovka a oční čočka. U rohovky může nárůst rozptylu zapříčinit trauma, nebo onemocnění rohovky, keratoplastika, refrakční chirurgický zákrok na rohovce, nebo porucha slzného filmu. Rozptyl světla na povrchu rohovky není závislý na věku. Na věku závisí především rozptyl v oční čočce, nejčastěji spojený

s kataraktou. I po chirurgickém řešení katarakty mohou nastat komplikace s intraokulárním rozptylem, protože i implantovaná intraokulární čočka i aplikovaná kontaktní čočka může rozptyl ovlivnit. Rozptyl světla na duhovce a sklěře je závislý na pigmentaci (např. člověk s hnědou duhovkou bude pocíťovat nižší vliv rozptylu světla než člověk s duhovkou modré barvy). I rozptyl světla na sítnici je závislá na pigmentaci, část rozptýleného světla vzniká i na vnitřní struktuře sítnice. Před sítnicí se nachází sklivec a také nehomogenity ve sklivci mohou významně zvýšit rozptyl světla na sítnici skoro bez vlivu na zrakovou ostrost. [8, 28, 29, 30]

Množství rozptýleného světla je závislé na úhlu odchýlení od původního směru šíření. Jestliže je úhel odchýlení větší než cca. 1° , rozptýlené světlo ovlivňuje rozptylovou funkci bodu (PSF – popisuje obraz bodového zdroje) mimo centrální část. Z toho plyne, že zvýšení míry rozptýleného světla na sítnici bude mít za následek zvýšení hodnoty PSF mimo centrální část. To způsobí rozmlžení obrazu, snížení kontrastu a oslnění. Pro měření se využívají speciální metody určení intenzity rozptýleného světla. Pokud je úhel odchýlení menší než cca. 1° (několika desítek úhlových minut), je ovlivněna centrální část PSF primárními aberacemi oka a difrakcí. Centrální část PSF se může charakterizovat testy zrakové ostrosti a kontrastní citlivosti. Na obrázku 6.2 je znázorněna závislost PSF na zorném úhlu. [28, 29, 30]



Obrázek 6.2: Závislost PSF na zorném úhlu [28]

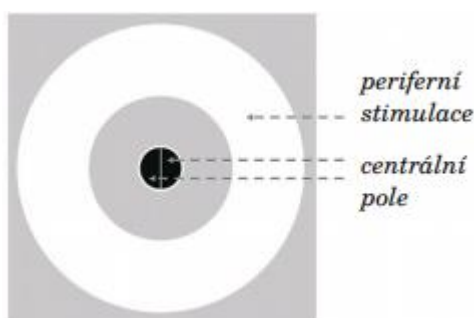
6.3 Kvantifikace intraokulárního rozptylu

Existují speciální metody, které určují míru intenzity rozptýleného světla. Ke kvantifikaci míry intraokulárního rozptylu se v současné době využívají dvě skupiny metod, psychofyzikální nebo optické. [11, 28, 30]



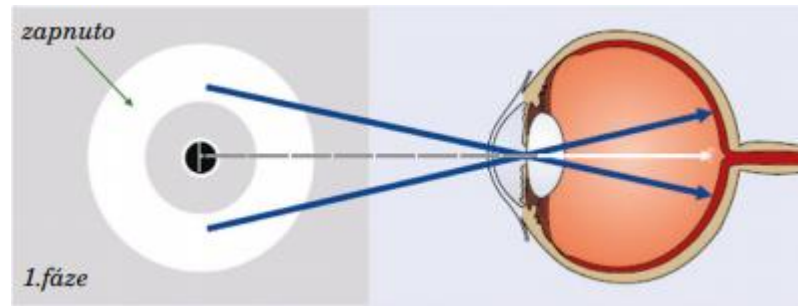
Obrázek 6.3: Přístroj C-Quant od firmy Oculus [28]

C-Quant přístroj firmy Oculus (obrázek 6.3) je zástupce skupiny využívající psychfyzikální metody na měření intraokulární rozptyl. Přístroj je řízen počítačem. C-Quant promítá testovací pole, které obsahuje periferní a centrální stimul (obrázek 6.4) a je pozorováno vyšetřovaným jedincem. Vyšetření se provádí monokulárně. Měření probíhá ve 2 fázích (obrázek 6.5 a 6.6). [11, 28, 30]

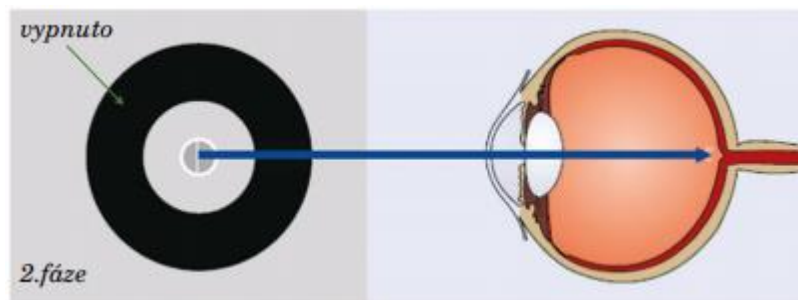


Obrázek 6.4: Testové pole Přístroje C-Quant [28]

Centrální stimul černé barvy je vertikálně rozdělen na dvě poloviny. Periferní stimul, který má tvar mezikruží, se střídavě vypíná a zapíná, a to způsobuje záblesky. Tyto záblesky jsou rozptýleny oční čočkou a dalšími očními tkáněmi. Rozptýlené světlo dopadá na sítnici, kde je zobrazen obraz odpovídajícího předmětu. Vyšetřovaný subjekt porovnává záblesky pravé a levé části centrálního pole. Vyšetřovaný subjekt porovnává, která polovina je jasnější. [11, 28, 30]



Obrázek 6.5: Průběh vyšetření při zapnutém periferním stimulu [28]



Obrázek 6.6: Průběh vyšetření při vypnutém periferním stimulu [28]

Jelikož se jedná o psychofyzikální techniku, musí se zkontrolovat spolehlivost individuálního měření. Proto byl navržen parametr spolehlivosti (ESD). ESD určuje přesnost individuálního měření a využívá se mezní hodnoty $ESD \leq 0,08$. [11, 28, 30]

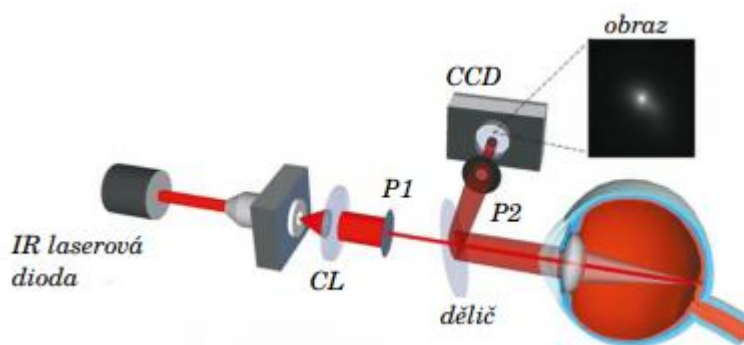
Množství intraokulárního rozptylu je vyjádřeno tzv. parametrem intraokulárního rozptylu s . Parametr s definuje poměr mezi nechtěným rozptylem světla a nerozptýleným světlem. Nechtěný rozptyl zapříčiňuje snížení kontrastu na sítnici. Nerozptýlené světlo vytváří obraz na sítnici. Míra intraokulárního rozptylu se vyjadřuje pomocí logaritmu parametru (s). Výše hodnoty $\log(s)$ znamená větší míru intraokulárního rozptylu. Průměrná hodnota $\log(s)$ oka bez patologií u mladého jedince je přibližně 0,85. [16, 28, 30, 31]



Obrázek 6.7: HD Analyzer od firmy Visiometrics [28]

HD Analyzer od firmy Visiometrics [32] (obrázek 6.7) je zástupce druhé skupiny využívající optickou objektivní metodu určení rozptylové funkce bodu PSF pro určení míry intraokulárního rozptylu. Tento přístroj pracuje na principu tzv. dvojitého průchodu. [1,8,16]

Schéma tohoto principu je na obrázku 6.8. Bodový zdroj je vytvořen infračervenými laserovými diodami o vlnové délce 780 nm a následně je kolimován čočkou CL. Prochází vstupní aperturní clonou P1, děličem záření a okem na sítnici. Odražené světlo od sítnice prochází zpět okem, je odkloněno děličem na výstupní aperturu a dopadá na CCD detektor. Refrakční stav vyšetřovaného subjektu je při měření korigován a centraci přístroje zprostředkovává kamera snímající pupilu. [11, 28, 30]



Obrázek 6.8: Schéma dvojitého průchodu [28]

Přístroj analyzuje velikost a tvar odražené světelné skvrnky (bodu). Následně vyhodnotí obraz bodu PSF, vypočte MTF a to vede k získání tzv. OSI parametr. Parametr OSI udává poměr mezi hodnotou intenzity světla v periférii a intenzitou světla v centru. Čím vyšší hodnota parametru OSI, tím je vyšší stupeň intraokulárního rozptylu. Hodnota OSI parametru u očí bez patologie mladého jedince je nižší než 0,5. HD Analyzer poskytuje souhrnné informace o optické kvalitě zraku, včetně aberací vyššího řádu a rozptylu světla. [28, 32]

6.4 Vliv intraokulárního rozptylu na vidění

Vyšší intraokulární rozptyl u jedince často způsobuje pocit zvýšené citlivost na oslnění jasným zdrojem světla v zorném poli, sníženou schopnost vnímat kontrast, barvy, zamlženost vidění, haló efekt a zvýšit vnímání přítomnosti očních patologií. [8, 16, 28]

6.5 Spojení oslnění a intraokulárního rozptylu

Oslnění zhoršuje zrakové vnímání vytvořením zářivého jasu na sítnici. Zvýšení intraokulárního rozptylu je důsledkem fyzikálního procesu, který způsobuje oslnění. Oslnění se může kvantifikovat pomocí měření intraokulárního rozptylu. [8, 16, 25, 28]

7 Antireflexní vrstvy

Antireflexní vrstvy jsou tenké vrstvy napařené ve vakuu na povrch materiálu čočky za účelem odstranění rušivých odrazů od přední a zadní plochy čočky. Nanáší se na minerální i plastové čočky. Při dopadu světla na rozhraní, pokud světlo nedopadá kolmo na rozhraní, projde pouze část světla a část světla se odrazí. Odražené světlo se nezapojí do zobrazování a je to světelná ztráta neboli ztráta informací. Na každém rozhraní, sklo(plast)-vzduch, tato ztráta tvoří 4–5 %. Na obrázku 7.1 je znázorněno kolik světla projde čočkou vlevo bez antireflexní vrstvy a vpravo s antireflexní vrstvou. Rozdíl činí 9-10 % v propustnosti čočky. [6, 33]



Obrázek 7.1: Grafické znázornění propustnosti a odrazivosti čočky bez antireflexní vrstvy a s antireflexní vrstvou [33]

Tento odraz světla je nepříjemný pro nositele brýlí, zároveň narušuje estetický dojem. Od přední plochy čočky se mohou odrážet zdroje světla z okolí, pouliční lampy, zářivky, monitor počítače a odraz na čočce pak může zakrýt oči nositele brýlí. [33]

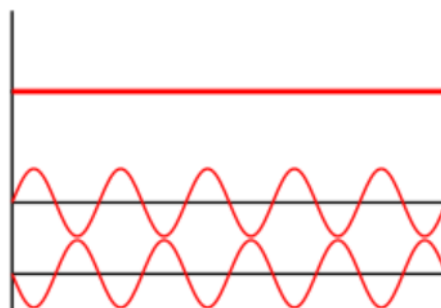
Zadní plocha čočky se chová jako duté zrcadlo, zdroje světla za uživatelem se na zadní ploše zobrazí a tím naruší zrakové vnímání, sníží kontrast a může zapříčinit oslnění. Tento stav je nepříjemný, omezující a může vést k bolestem hlavy, narušení zrakové pohody, zmenšení zorného pole, snížení zrakové ostrosti a dalším astenopickým potížím. Zvláště závažný je tento problém u řidičů za šera, v mlze, nebo v noci. Intenzita tohoto jevu závisí na indexu lomu materiálu brýlové čočky. S rostoucím indexem lomu jsou odrazy výraznější. [33]

Na obrázku 7.2 je zachycen rozdíl ve vidění řidiče jedoucího za šera po mokré vozovce a zároveň je mjén protijedoucím vozem. V levé části obrázku 7.2 je znázorněné vidění s čočkou bez antireflexní úpravy a v pravé části s antireflexní vrstvou. [22, 33]



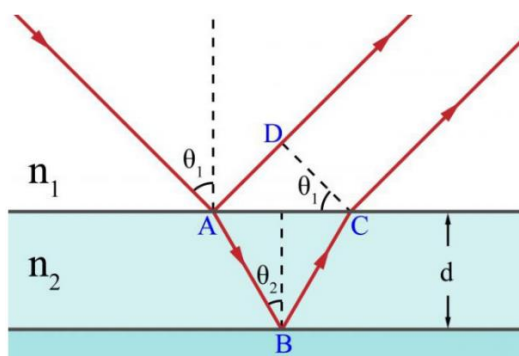
Obrázek 7.2: Ukázka vidění s čočkou bez antireflexní vrstvy a s antireflexní vrstvou [34]

K omezení, nebo úplnému odstranění těchto odrazů, se na povrch čočky nanáší antireflexní vrstvy založené na principu destruktivní interference, který je znázorněn na obrázku 7.3. [6, 33]



Obrázek 7.3: Destruktivní interference [35]

Na obrázku 7.4 je zobrazen princip destruktivní interference na tenké vrstvě, kterou je i antireflexní vrstva. [6]



Obrázek 7.4: Destruktivní interference na tenké vrstvě [36]

Podmínky:

1) Fázová:

$$e = \frac{\lambda}{4 \cdot n_1} \quad (8)$$

e – síla vrstvy, λ – vlnová délka procházejícího světla, n_1 – index lomu vrstvy pro tuto vlnovou délku

2) Amplitudová:

$$n_1 = \sqrt{n} \quad (9)$$

n – index lomu příslušného materiálu. [6]

Z první podmínky plyne, že síla antireflexní vrstvy určuje, která vlnová délka z viditelného světla bude destruktivní interferencí odraženého světla na rozhraní vzduch/vrstva eliminována. Jednoduché vrstvy mají přibližnou tloušťku 0,0001 mm. Fotoreceptory v lidském oku (čípky) jsou nejcitlivější na vlnovou délku $\lambda = 555$ nm, proto se volí tloušťka vrstvy tak, aby došlo k utlumení odrazů v této vlnové délce. Ostatní odražené vlnové délky vytvoří barevný odstín, v tomto případě na fialový, tento jev nazýváme zbytkový odraz. Aby byl zbytkový odraz co nejméně rušivý, nanáší se na povrch čočky více antireflexních vrstev. Vícenásobné vrstvy jsou ve srovnání s jednoduchou dražší, náročnější na údržbu a méně mechanicky odolné. Při nanášení vícenásobných vrstev na minerální čočku se střídají vrstvy s nižším a vyšším indexem lomu a vrchní vrstvu tvoří fluorid hořečnatý. I tloušťka jednotlivých vrstev je různá. [6, 33]

Na antireflexní vrstvy na plastové i minerální čočky se používají tyto materiály: fluorid lithný, fluorid vápenatý, fluorid hořečnatý, chiolit, kryolit, fluorid hlinitosodný, oxid zirkonia, oxid hafnia a oxid křemíku. Antireflexní vrstvy jsou na povrch čočky nanášeny vakuovým napařováním, nebo metodou vakuového napařování s podporou iontového plazmatického zdroje. [6, 33]

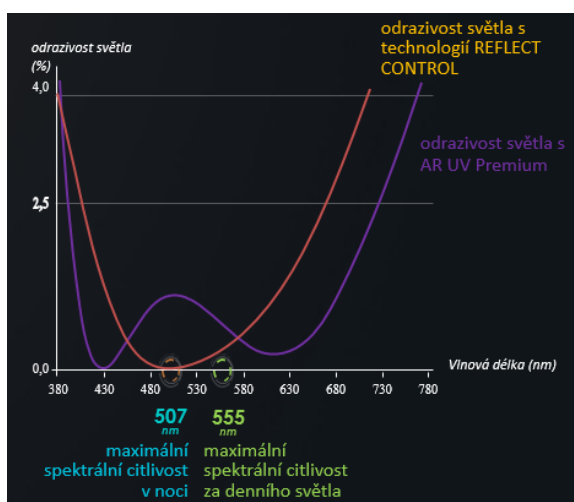
7.1 EyeDrive

Brylové čočky s jedinečnou povrchovou úpravou EyeDrive® a technologií Reflect Control od firmy Essilor jsou ideálním řešením pro lidi s vyšší citlivostí vnímání oslnění. Tento typ čočky byl vyvinut speciálně pro řidiče a jejich vysoké nároky na vidění, protože významně snižuje oslnění a to až o 90 % (obrázek 7.5). Téměř 48 % lidí vnímá odlesky světla a oslnění při řízení za zhoršených světelných podmínek. EyeDrive byl speciálně navržen pro vidění bez námahy během dne i v noci bez ohledu na počasí. Technologie Reflect Control redukuje odrazy světla na brýlových čočkách (obrázek 7.6), minimalizuje obtěžující odlesky z různých světelných zdrojů a výrazně zvyšuje kontrast i za špatných světelných podmínek. [33, 37]



Obrázek 7.5: Ukázka oslnění bez Eyedrive a s Eyedrive [37]

Noční odrazivost technologie EyeDrive® je až o 90 % nižší než u konvenčních plastových čoček bez AR vrstvy (index 1,6) a o 57 % nižší než u několikavrstvých antireflexních brýlových čoček, které jsou v současnosti k dispozici na trhu. [6, 33, 37]

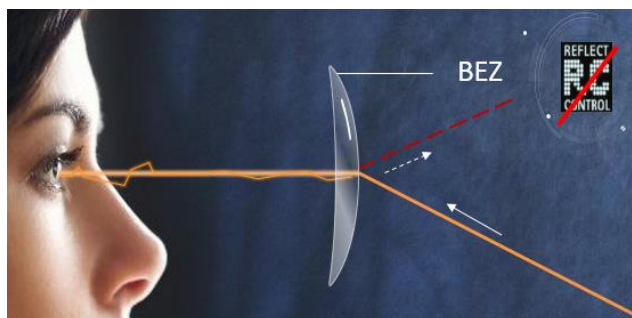


Obrázek 7.6: Porovnání odrazivosti světla technologie Reflect Control (červená) a prémiové antireflexní vrstvy s UV filtrem (fialová) v závislosti na vlnové délce světla [37]

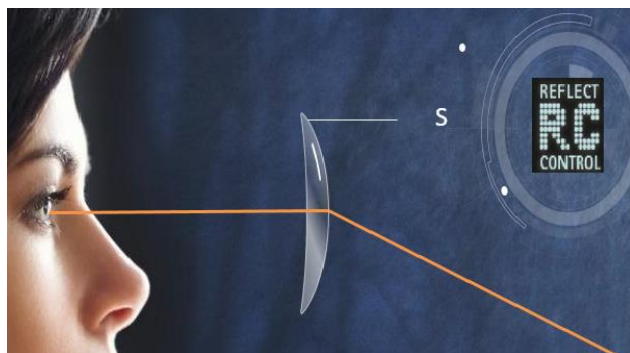
Obrázek 7.6 obsahuje graf na kterém jsou vyneseny hodnoty odrazivosti (%) v závislosti na vlnové délce světla (nm). Červená křivka vykresluje hodnoty pro technologii Reflect Control (dále jen RC) a fialová křivka představuje hodnoty odrazivosti dosažené prémiovou antireflexní úpravou s UV filtrem (dále jen AR UV Premium). Křivka odrazivosti světla AR UV Premium dosahuje nuly okolo 430 nm, v 507 nm má odrazivost okolo 1 %, poté opět padá a v 630 nm opět stoupá až nad 4 %. Křivka graf opustí v 780 nm. Proti tomu křivka odrazivosti RC je plynulá. Od 380 nm křivka postupně klesá až k 507 nm kde dosáhne nulové hodnoty a poté zase hodnota odrazivosti narůstá. Křivka graf opustí v hodnotě 700 nm. Maximální spektrální citlivost v noci je okolo 507 nm vlnové délky, kde má technologie RC

nulovou odrazivost oproti AR UV Premium, která má skoro 1 % i okolo vlnové délky 555 nm, místo maximální spektrální citlivosti ve dne, má technologie RC nižší odrazivost než AR UV Premium. Hodnoty dokazují, že čočky s technologií Reflect Control jsou vynikající za všech světelných podmínek. [6, 33, 37]

Na obrázku 7.7 je znázorněn průchod paprsku čočkou bez povrchové úpravy EyeDrive® a technologie Reflect Control. Odrazy světla na plochách a rozptyl světla v materiálu brýlové čočky negativně ovlivňuje vnímání nositele. Obrysy se jeví rozmazaně a lesklé předměty vytvářejí mnoho rušivých odlesků. Na obrázku 7.8 je znázorněn průchod paprsku čočkou s povrchovou úpravou EyeDrive® a technologií Reflect Control. Redukují se odrazy světla na plochách a tím i rozptyl v materiálu brýlové čočky. To umožňuje, že zdroje světla a předměty, které je odrážejí, si zachovávají ostré obrysy a míra oslnění se snižuje. [6, 33, 37]



Obrázek 7.7: Průchod paprsku čočkou bez povrchové úpravy EyeDrive® a technologie Reflect Control [37]



Obrázek 7.8: Průchod paprsku čočkou s povrchovou úpravou EyeDrive® a technologií Reflect Control [37]

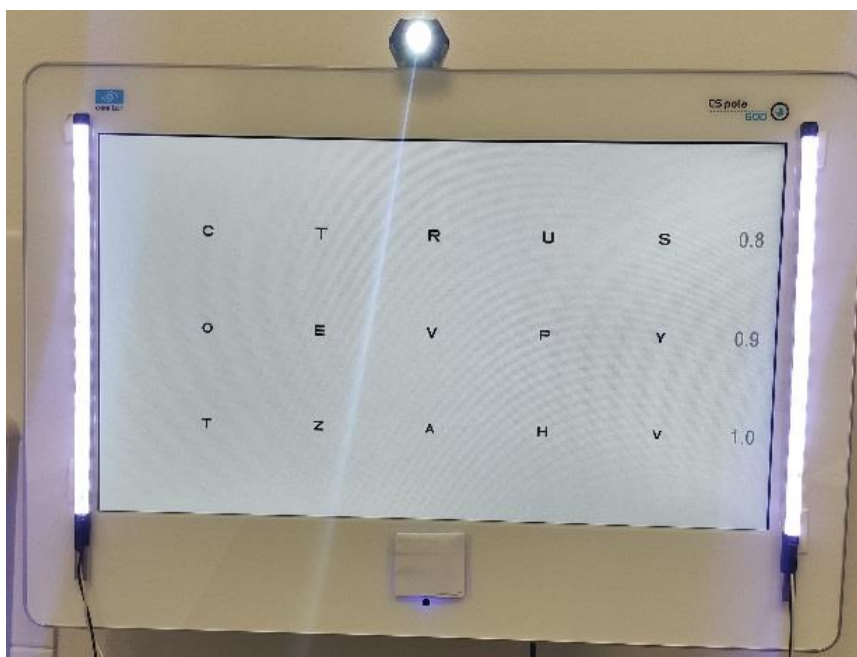
8 Experimentální část

V experimentální části bakalářské práce se zabývám vlivem oslnění na zrakovou ostrost, vlivem antireflexní povrchové úpravy EyeDrive na zmírnění oslnění a vylepšení zrakové ostrosti. Část experimentu byla měřena v Kladně na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT a další část byla měřena v Nymburce v Chrtek Optik. Hlavním cílem experimentu bylo dokázat vliv antireflexní vrstvy EyeDrive na zmírnění oslnění.

8.1 Metodika výzkumu

Věková kategorie probandů, kteří se zúčastnili pokusu, byla od 21 do 70 let. Změřené hodnoty byly zaznamenány do protokolu vytvořeného k tomuto pokusu. Protokol je v příloze A.

Měření v laboratoři B16 na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT a v optice v Nymburce probíhalo na polarizovaném LCD optotypu CS Pola600 od Firmy Essilor [38]. Na strany optotypu byly vertikálně nalepeny LED pásy a na vrchní část do středu byl přidán bodový zdroj světla. Tato soustava sloužila jako zdroj oslnění. Na obrázku 8.1 je tato soustava zobrazena. Hodnoty jasu LED pásků ve vzdálenosti jeden metr byly $\sim 18500 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ a hodnoty bodového zdroje byly $\sim 150\,000 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. Pokus byl měřen na vzdálenost 6 m. V této vzdálenosti měla oslnující soustava jas $\sim 4250 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$, to odpovídá osvětlení 120 lx.



Obrázek 8.1: LCD optotyp CS Pola600 se zapnutou soustavou

K měření byly zapotřebí i speciální předsádky (obrázek 8.2) s plastovými čočkami EyeDrive, indexem lomu $n = 1,6$ a nulovou dioptrickou hodnotou, vložené do objímek z vyšetřovací sady. Tento index lomu byl zvolen, protože firma Essilor má všechny své propagační materiály pro tento index [37]. Čočky mají jantarovou zbytkovou barvu.



Obrázek 8.2: Zkušební čočky s povrchovou úpravou EyeDrive

Měření probíhalo za Fotopických podmínek, ale za sníženého osvětlení. V místnosti bylo osvětlení cca 30 lx. Po rozsvícení oslňující soustavy stoupl osvětlení o 120 lx. Hodnoty osvětlení byly určeny pomocí luxmetru LT40 od firmy Extech Instruments [39] a hodnoty jasu byly vypočteny z hodnot osvětlení [40].

Pokus sloužil ke kvantifikaci zrakové ostrosti bez oslnění, s oslněním a s oslněním s předsádkami s EyeDrivem. Podmínky pro vyšetření byly nastaveny pro každé měření stejně. Měření postupovalo po určitých krocích: anamnéza, objektivní refrakce, naturální vizus, sférocylindrická refrakce, binokulární vyvážení, test na pravé nekonečno, určení vizu s oslněním a s oslněním a předsazenými předsádkami s EyeDrivem.

8.1.1 Postup měření

Na úvod každého měření byla provedena podrobná anamnéza, kde jsem se mimo jiné dotazoval, jestli probandi neutrpěli zranění rohovky, krvácení do sklivce a zda jsou aktivní řidiči. Poté se proband přemístil ke stolku s autorefraktometrem a ten provedl objektivní měření refrakčního deficitu. Následovalo subjektivní měření na optotypu CS Pola600. Před subjektivním měřením refrakce jsem musel seřadit zkušební obrubu na obličej vyšetřovaného. Na začátku je vypnutý zdroj oslnění. První jsem změřil naturální vizus a monokulární sférocylindrickou refrakci. Poznamenal jsem si korekci a monokulární vizus. Akomodační vyvážení jsem provedl na třířádkovém testu s polarizačními předsádkami. Třířádkový test do jisté míry potvrzuje fúzi, ale pro jisté ověření fúze jsem použil Worthova světla[41].

Shoberovým testem jsem vyšetřil binokulární funkce a nakonec jsem provedl test na pravé nekonečno.

Po těchto testech následovalo ověření zrakové ostrosti binokulárně s nejlepší korekcí a bez zdroje oslnění. Hodnotu vizu jsem si poznamenal do protokolu. Následovalo zapnutí oslnovací soustavy. Zaznamenal jsem si hodnotu binokulárního vizu s oslněním. Poté jsem vložil do vnitřních drážek zkušební obruby objímky s čočkami EyeDrive a poznamenal jsem si hodnotu binokulárního vizu. Naměřené hodnoty jsem zaznamenal do tabulky (Příloha B) a byla využita k porovnání vlivu oslnění na zrakovou ostrost a porovnání vlivu povrchové úpravy EyeDrive na zmírnění oslnění.

Na konci měření jsem se každého probanda zeptal na subjektivní pocit spokojenosti s čočkami EyeDrive. Měli na výběr dvě možno, Ano a Ne.

8.1.2 Hypotézy

Byly vytvořeny hypotézy H01 a H02 pro porovnání naměřených hodnot zrakové ostrosti bez oslnění, s oslněním a s oslněním s předsádkami EyeDrive.

Nulová hypotéza H01 a alternativní hypotéza H1 zkoumají vztah mezi zrakovou ostrostí bez oslnění a zrakovou ostrostí s oslněním na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ a $\alpha = 0,01$.

H01: Mezi střední hodnotou naměřené zrakové ostrosti bez oslnění a s oslněním není žádný signifikantní rozdíl.

H1: Mezi střední hodnotou naměřené zrakové ostrosti bez oslnění a s oslněním je signifikantní rozdíl.

Nulová hypotéza H02 a alternativní hypotéza H2 zkoumají vztah mezi zrakovou ostrostí s oslněním a zrakovou ostrostí s oslněním s předsádkami obsahující čočky s povrchovou úpravou EyeDrive na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ a $\alpha = 0,01$.

H02: Mezi střední hodnotou naměřené zrakové ostrosti s oslněním a s oslněním s předsádkami obsahující čočky s povrchovou úpravou EyeDrive není žádný signifikantní rozdíl.

H2: Mezi střední hodnotou naměřené zrakové ostrosti s oslněním a s oslněním s předsádkami obsahující čočky s povrchovou úpravou EyeDrive je signifikantní rozdíl.

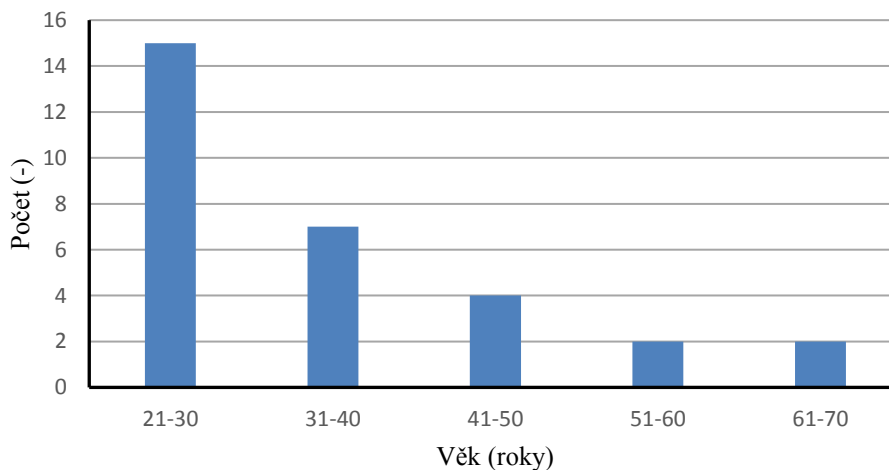
V další části budeme porovnávat zrakovou ostrost bez oslnění, s oslněním a s oslněním s předsádkami EyeDrive v závislosti na věku. Pro toto hodnocení je 30 osob rozděleno do skupin dle věku. Z naměřených dat v každé skupině je vypočítaná průměrná hodnota a ta je hodnocena

8.2 Výsledky

8.2.1 Analýza měřené skupiny

V této práci mělo být původně naměřeno 50 lidí, ale z důvodů zvláštních vládních opatření proti šíření onemocnění Covid 19 je studie založená na 30 lidech.

Vzorek tvoří 16 žen a 14 mužů ve věku od 21 do 70 let (průměr 33,8 roku \pm 14,2 roku). Pro přehlednost a další analýzy jsou probandi rozděleni do 5 skupin podle věku. Na obrázku 8.3 je sloupcový graf, který znázorňuje těchto pět skupin. Na obrázku 8.3 je vidět převaha skupiny od 21 do 30 let, která tvoří polovinu testované skupiny. Toto velké zastoupení této skupiny, bylo způsobeno tím, že část pokusu byla měřena na fakultě ČVUT. Byla ale snaha otestovat citlivost na oslnění u všech věkových skupin.

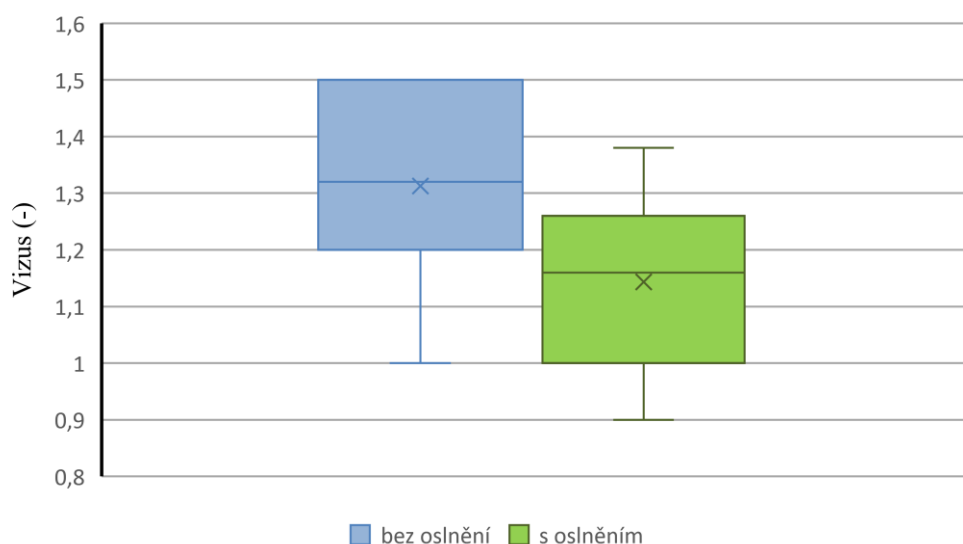


Obrázek 8.3: Sloupcový graf rozložení věku ve vzorku

8.2.2 Srovnání zrakové ostrosti bez a s oslněním

Na obrázku 8.4 jsou v grafu vyneseny data zrakové ostrosti všech 30 osob účastnících se pokusu bez ohledu na věk. Porovnávány jsou hodnoty vizu bez oslnění a s oslněním. Z obrázku 8.4 je vidět, že oslnění má vliv na zrakovou ostrost. U všech měřených osob nastal pokles zrakové ostrosti s oslněním proti zrakové ostrosti bez oslnění. Na obrázku 8.4 je křížkem označena průměrná hodnota vizu, která ve sloupci bez oslnění je 1,31 a ve sloupci s oslněním 1,14.

Tohoto poklesu dosáhla i Bc. Kláková ve své bakalářské práci [42]. Pro dokázání závislosti hodnot vizu bez oslněním a s oslněním je použit Pearsonův korelační koeficient [43]. Jeho hodnota je $r = 0,87$ a to potvrzuje lineární závislost dat. Hodnoty vizu s oslněním se snížily de facto u všech probandů stejnou měrou.

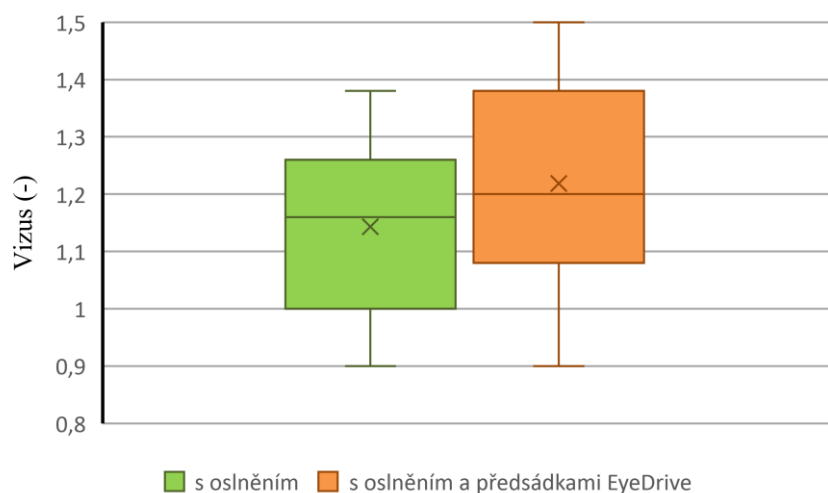


Obrázek 8.4: Graf porovnávající hodnoty vizu bez oslnění a s oslněním

8.2.3 Porovnání zrakové ostrosti s oslněním a s oslněním s předsádkami EyeDrive

Na obrázku 8.5 je graf, v kterém jsou porovnávány hodnoty vizu s oslněním a s oslněním s předsazenými objímkami s povrchovou úpravou EyeDrive. Z obrázku je patrný nárůst hodnot zrakové ostrosti při použití předsádek s povrchovou úpravou EyeDrive. Průměrná hodnota zrakové ostrosti s oslněním je 1,14 a s oslněním s předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive je 1,22. Hodnota Pearsonova korelačního koeficientu je $r = 0,81$.

U třinácti osob se vizus zlepšil oproti vizu s oslněním, ale nenavýšil se na hodnotu vizu bez oslnění. U čtyř měřených osob hodnoty zrakové ostrosti bez oslnění a s oslněním s předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive byly shodné a u jedné ženy (6 v příloze B) byl vizus při oslnění s předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive nejlepší ze všech třech hodnot. U deseti osob se hodnoty vizu s oslněním a s oslněním s předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive nezměnily a u zbývajících dvou probandů byl vizus s oslněním a předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive nejnižší.



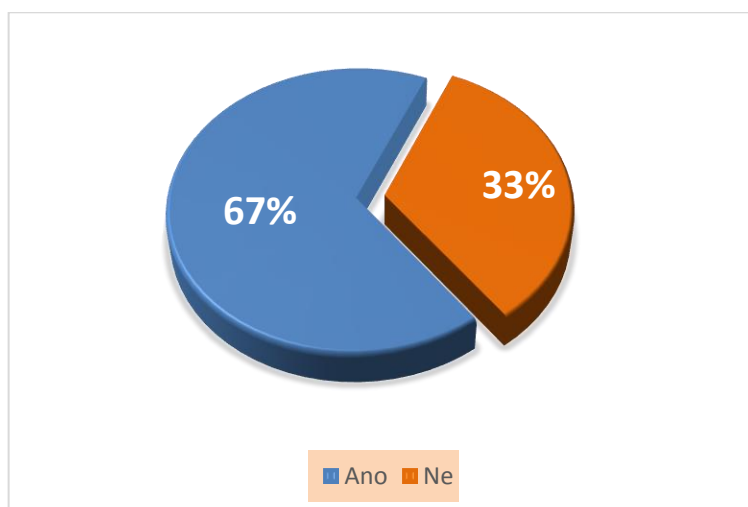
Obrázek 8.5: Graf obsahující porovnání hodnot vizu s oslněním a s oslněním s předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive

8.2.4 Vyhodnocení spokojenosti

Na konci každého měření byla položena klientovi otázka na subjektivní vnímání čočky s povrchovou úpravou EyeDrive. Ne vždy se při měření zrakové ostrosti podařilo kvantifikovat změnu ve vizu. Tato část byla navržena pro osobní vyjádření každého měřeného klienta.

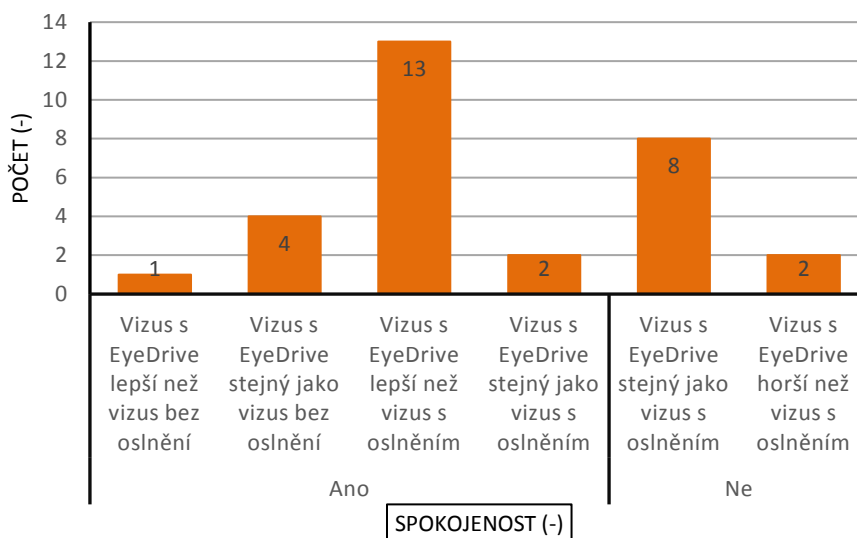
Byly dvě možnosti odpovědi. Odpověď ano vyjadřuje spokojenost klienta. Časté doplňují odpovědi: nepálí mě tolik oči při pohledu do zdroje oslnění, světlo není tak ostré, jsou lépe vidět obrysy světelných atd. Klienti často chválili i jantarovou zbytkovou barvu čoček EyeDrive, která byla podle jejich slov příjemná. Druhá odpověď, která se dala zaškrtnout, byla ne. Klientům vadila jedna společná věc a to odlesky čoček EyeDrive, které byly podle nich velmi rušivé.

Na obrázku 8.6 je graf, v kterém jsou zaznamenané odpovědi všech třiceti osob na otázku spokojenosti. Modrá část představuje klienty spokojené s čočkou EyeDrive, tudíž odpověděli ano a oranžová část ukazuje klienty, kteří odpověděli ne. Z třiceti osob odpovědělo dvacet ano a deset ne.



Obrázek 8.6: Graf spokojenosti s čočkou s povrchovou úpravou EyeDrive

Na obrázku 8.7 je v sloupcovém grafu zobrazeno rozložení osob podle odpovědi na spokojenost. Ta část probandů, co odpověděla ano je rozdělena do čtyř skupin a druhá skupina, která zaškrtnla ne, je rozdělena do dvou skupin. Skupiny se dělí v závislosti na dosaženém vizu při oslnění s předsádkami obsahující čočky s povrchovou úpravou EyeDrive.



Obrázek 8.7: Graf spokojenost v závislosti na dosaženém vizu s EyeDrive

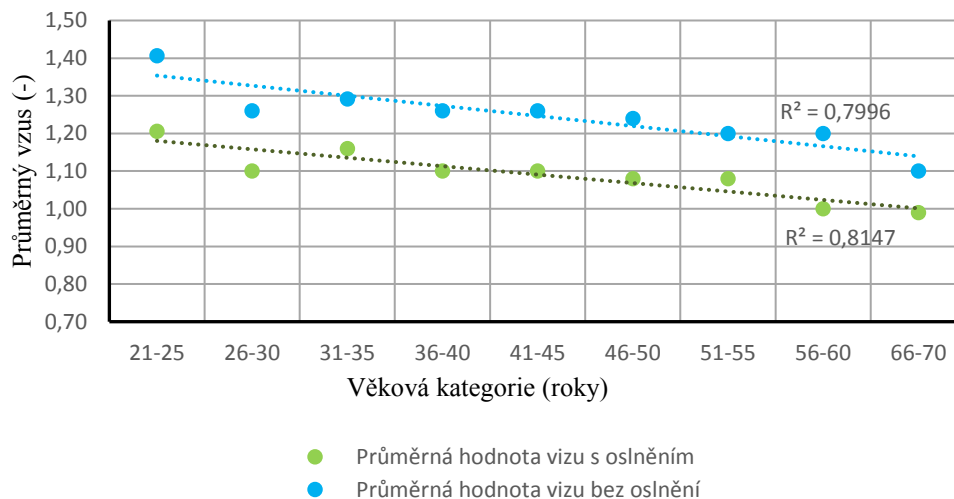
8.2.5 Analýza naměřených hodnot vizu vůči věku probandů

Struktura, průhlednost a spousta jiných fyzikálních a fyziologických parametrů se s věkem mění. Tyto změny mohou mít negativní vliv na zrakovou ostrost. Proto v této části práce zjišťují, jakou má souvislost hodnota vizu bez oslnění a s oslněním s ohledem na věk probanda. K této analýze použijeme průměrné hodnoty naměřených vizu z každé věkové skupiny. V tabulce 8.1 jsou vyneseny věkové kategorie, počet osob, které jednotlivé kategorie obsahují a průměrné hodnoty vizu bez oslnění a s oslněním.

Tabulka 8.1: Přehled průměrných hodnot vizu bez oslnění a s oslněním podle věkových skupin

Věková kategorie	Počet osob	Průměrná hodnota vizu bez oslnění	Průměrná hodnota vizu s oslněním
21-25	13	1,41	1,21
26-30	2	1,26	1,10
31-35	5	1,29	1,16
36-40	2	1,26	1,10
41-45	2	1,26	1,10
46-50	2	1,24	1,08
51-55	1	1,20	1,08
56-60	1	1,20	1,00
66-70	2	1,10	0,99

Tyto data složili jako základní hodnoty pro bodový graf na obrázku 8.7, na kterém jsou vyneseny průměrné hodnoty vizu bez oslnění a s oslněním pro každou věkovou kategorii. Z obrázku 8.7 je na první pohled vidět pokles hodnot vizu s narůstajícím věkem.



Obrázek 8.8: Graf průměrných hodnot vizu bez oslnění a s oslněním podle věkových skupin (tečkované úsečky složí k naznačení trendů hodnot vizu)

Na obrázku 8.7 jsou uvedeny koeficienty spolehlivosti. Ty jsou spjaty s spojnicemi trendů průměrných hodnot vizu. Pro průměrné hodnoty vizu bez oslnění je hodnota koeficientu spolehlivosti $R^2 = 0,7996$ a pro hodnoty s oslněním je $R^2 = 0,8147$.

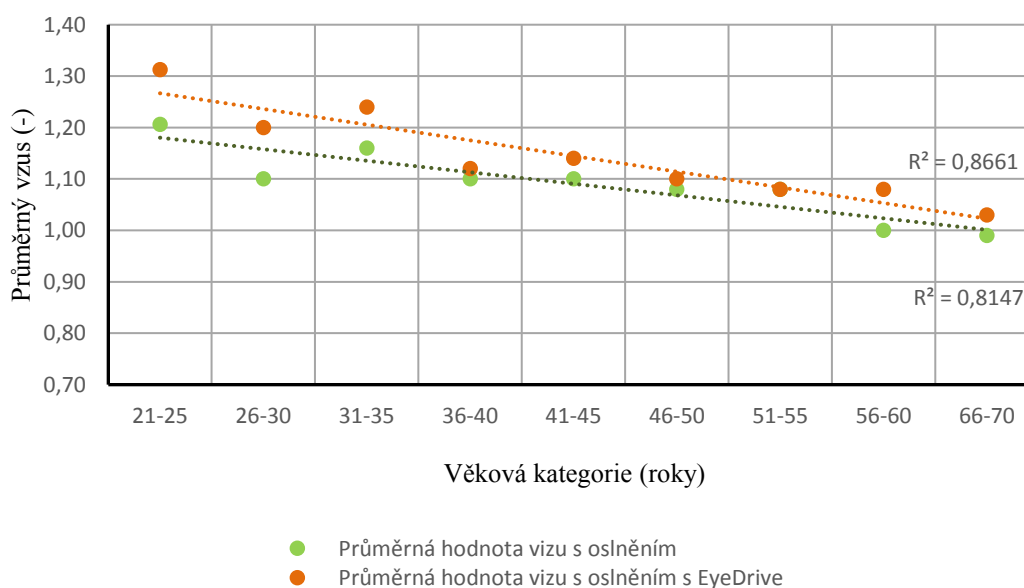
Pearsonův korelační koeficient byl použit pro dokázání závislosti mezi naměřenými hodnotami vizu a věkem probandů. Pokud tento koeficient nabývá záporných hodnot potvrzuje nepřímou závislost dat, kladná hodnota Pearsonova korelačního koeficientu udává přímou závislost dat. Pro určení závislosti mezi průměrnou hodnotou vizu bez oslnění a věkem probanda je hodnota koeficientu $r = -0,56$ a to potvrzuje nepřímou závislost dat. Jinak řečeno, s narůstající hodnotou věku klesá hodnota vizu. Tento koeficient má pro vyjádření závislosti hodnot vizu s oslněním na věku probanda hodnotu $r = -0,45$. Tyto hodnoty poukazují na částečnou lineární závislost mezi porovnávanými hodnotami.

Následující porovnávané hodnoty jsou průměrné hodnoty zřakové ostrosti s oslněním a s oslněním s předsádkami obsahující čočky s povrchovou úpravou EyeDrive vůči věku probandů rozdělených do věkových skupin. Tabulka 8.2 obsahuje věkové kategorie, počet oso, které jednotlivé kategorie obsahují a průměrné hodnoty vizu s oslněním a s oslněním s předsádkami obsahující čočky s povrchovou úpravou EyeDrive (v tabulce 8.2 s oslněním s EyeDrive).

Tabulka 8.2: Přehled průměrných hodnot vizu s oslněním a s oslněním s EyeDrive

Věková kategorie	Počet osob	Průměrná hodnota vizu s oslněním	Průměrná hodnota vizu s oslněním s EyeDrive
21-25	13	1,12	1,31
26-30	2	1,10	1,20
31-35	5	1,16	1,24
36-40	2	1,10	1,12
41-45	2	1,10	1,14
46-50	2	1,08	1,10
51-55	1	1,08	1,08
56-60	1	1,00	1,08
66-70	2	0,99	1,03

Z těchto hodnot byl vytvořen graf na obrázku 8.8, který znázorňuje průměrné hodnoty vizu s oslněním a s oslněním s předádkami obsahující čočky s povrchovou úpravou EyeDrive pro každou věkovou kategorii.

**Obrázek 8.9:** Graf průměrných hodnot vizu s oslněním a s oslněním s EyeDrive podle věkových skupin (tečkované úsečky složí k naznačení trendů hodnot vizu)

Pro průměrné hodnoty vizu s oslněním je hodnota koeficientu spolehlivosti $R^2 = 0,8147$ a pro průměrné hodnoty s oslněním s předádkami obsahující čočky s povrchovou úpravou EyeDrive je koeficientu spolehlivosti $R^2 = 0,8661$.

Hodnota Pearsonova korelačního koeficientu pro určení závislosti mezi průměrnou hodnotou vizu s oslněním s předsádkami obsahující čočky s povrchovou úpravou EyeDrive a průměrným věkem probandů je $r = -0,55$.

Z předchozích informací vychází, že hodnota Pearsonova korelačního koeficientu pro vizus bez oslnění a vizus s oslněním s předsádkami obsahující čočky s povrchovou úpravou EyeDrive je rozdílný pouze o $\pm 0,01$.

8.2.6 Vyhodnocení hypotéz

Hypotézy byly analyzovány oboustranným párovým T-testem na střední hodnotu. Před použitím T-testu byl použit F-test pro zjištění, jestli jsou data vhodná pro statistické zpracování T-testem. Hladiny významnosti, na kterých byly hypotézy testovány jsou $\alpha = 0,01$ a $\alpha = 0,05$. Do vyhodnocení hypotéz H01 a H02 jsou zahrnuta data od všech měřených probandů.

Na základě výsledné hodnoty z oboustranného párového T-testu zamítáme hypotézu H01 pro dosažení hodnoty $P(1) = 5,46 \cdot 10^{-13}$ na hladině významnosti $\alpha = 0,01$ a $\alpha = 0,05$. To znamená, že potvrzujeme hypotézu H1. Tím jsme dokázali, že mezi střední hodnotou naměřené zrakové ostrosti bez oslnění a s oslněním je signifikantní rozdíl.

Na základě výsledné hodnoty z oboustranného párového T-testu zamítáme hypotézu H02 pro dosažení hodnoty $P(2) = 3,03 \cdot 10^{-4}$ na hladině významnosti $\alpha = 0,01$ a $\alpha = 0,05$. To znamená, že potvrzujeme hypotézu H2. Tím jsme dokázali, že mezi střední hodnotou naměřené zrakové ostrosti s oslněním a s oslněním s předsádkami obsahující čočky s povrchovou úpravou EyeDrive je signifikantní rozdíl.

Tabulka 8.3: Přehled výsledků hypotéz

Hypotéza	Hladina významnosti α (%)	Hodnota P	Výsledek
H01	0,05	$5,46 \cdot 10^{-13}$	H01 zamítáme, H1 přijímáme
H1	0,01	$5,46 \cdot 10^{-13}$	H01 zamítáme, H1 přijímáme
H02	0,05	$3,03 \cdot 10^{-4}$	H02 zamítáme, H2 přijímáme
H2	0,01	$3,03 \cdot 10^{-4}$	H02 zamítáme, H2 přijímáme

9 Diskuze

Na základě zadaných cílů práce byl oboustranným párovým T-testem na hladině významnosti 5 % a 1 % potvrzen signifikantní vliv čočky s povrchovou úpravou EyeDrive na zrakovou ostrost při oslnění neboli zlepšení kvality vidění s čočkou s povrchovou úpravou EyeDrive při oslnění zrakového systému.

V této práci byla taky zkoumána spokojenost a subjektivní názor probandů na povrchovou úpravu EyeDrive. 67 % probandů bylo s čočkou spokojeno a z nich se u 90 % navýšila hodnota vizu s předsazenými čočkami s povrchovou úpravou EyeDrive nad hodnotu vizu s oslněním. Propagační materiály [37] tvrdí, že čočky EyeDrive dokáží zmírnit oslnění až o 90 %. To se v této práci nepodařilo dokázat, ale byl potvrzen signifikantní vliv na zlepšení zrakové ostrosti při oslnění.

Další porovnávané hodnoty byly hodnoty zrakové ostrosti bez oslnění a s oslněním. I tato data byla statisticky zpracovaná oboustranným párovým T-testem na hladině významnosti 5 % a 1 %. Výsledky potvrdily výrazný vliv oslnění na zrakovou ostrost.

Předchozí studie [23,24,25,37,42], které dodržovaly, až na drobné odchylky, stejné podmínky při měření zrakové ostrosti potvrdily také výrazný vliv oslnění na zrakovou ostrost u probandů ve věkové kategorii od 20 do 81 let.

Všechny naměřené hodnoty vizu byly porovnávány i vůči věku probandů. Pro porovnání a zjištění závislosti hodnot vizu a věku byl použit Pearsonův korelační koeficient. Jeho hodnoty byly záporné, což znázorňuje nepřímou závislost dat, tedy s přibývajícím věkem klesá zraková ostrost bez oslnění, s oslněním i s oslněním s předsazenými čočkami s povrchovou úpravou EyeDrive.

Tyto výsledky jasně naznačují, že oslnění negativně ovlivňuje naši zrakovou ostrost po celý den [23,42], ale také ukazují, že jsou možnosti, jak omezit vliv oslnění na zrakový aparát člověka.

10 Závěr

V teoretické části práce jsem popsal pojmy světlo a světelné veličiny související s oslněním, zrakové vnímání, adaptace zrakového systému, oslnění, rozptyl světla a antireflexní vrstvy. Tyto pojmy jsou důležité pro porozumění problematice s oslněním a jeho zmírněním.

Hlavním cílem práce bylo popsat problematiku oslnění, faktory ovlivňující oslnění a možnosti zmírnění vlivu oslnění na zrakový systém. Oslnění je nepříjemný stav, při kterém je narušena činnost zrakového systému. Faktory ovlivňující citlivost na oslnění jsou věk, míra intraokulárního rozptylu a patologie či onemocnění oka. Vliv oslnění lze zmírnit pomocí úpravy prostředí, výběrem svítidel, nebo použitím povrchových úprav čoček.

Dále jsou v práci popsány metody měření oslnění pomocí zrakové ostrosti a kontrastní citlivosti. Tyto metody se v dnešní době nepoužívají během standartního vyšetření, protože žádná není plně potvrzená. Pomocí de Boerovy klasifikační stupnice je možné hodnotit vliv oslnění subjektivně.

V poslední kapitole teoretické části je zpracovaná charakteristika antireflexní úpravy EyeDrive používané v experimentální části.

V praktické části bakalářské práce jsem provedl komparaci dosažených vizu s brýlovými čočkami s antireflexní povrchovou úpravou a čočkami Ormix 1,6 s povrchovou úpravou EyeDrive od firmy Essilor. Měření se zúčastnilo třicet plně vykorigovaných osob. Součástí práce je statistické zpracování naměřených hodnot vizu, které potvrdily signifikantní vliv oslnění na zrakovou ostrost a signifikantní vliv čočky Ormix 1,6 s povrchovou úpravou EyeDrive na zmírnění oslnění zrakového systému.

V experimentální části bylo, z důvodu vládních a univerzitních nařízení, provedeno měření 30 osob, než původně plánovaných 50. Ze stejných důvodů musel být experiment prováděn na dvou pracovištích. I když bylo vybavení i prostory bezmála identické, mohlo to ovlivnit měření. Ale i přesto má práce nadějně výsledky a je tu velký potenciál v jejím pokračování.

Seznam použité literatury

- [1] HABEL, Jiří. Základy světelné techniky (2): Zrak a vidění (1. část). Světlo. 2008, 2008(5), 53-55, ISSN 1213-0560
- [2] HABEL, Jiří a Karel DVOŘÁČEK, 2013. *Světlo a osvětlování*. 2013. Praha: FCC public. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [3] HABEL, Jiří a Petr ŽÁK. Elektrické světlo 1. Praha, 2011, 207 s. Skripta. ČVUT V Praze.
- [4] HABEL, Jiří. Základy světelné techniky (3) : Světelnotechnické veličiny (1. část). Světlo : časopis pro světelnou techniku a osvětlování [online]. 2009, 01, [cit. 2019-12-27].. ISSN 1212-0812
- [5] JELÍNEK, Miroslav, Leopold CUDZIK, Jan REMSA, Veronika VYMĚTALOVÁ, Helena JELÍNKOVÁ a Tomáš KOCOUREK, 2015. *Biofotonika*. V Praze: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-05709-4.
- [6] KRPATA, František, 2005. *Aplikovaná optika*. Vyd. 2. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT. ISBN 80-010-3335-X.
- [7] SOKANSKÝ, Karel, 2011. *Světelná technika*. 2. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [8] ROZSÍVAL, Pavel, c2006. *Oční lékařství*. Praha: Galén. ISBN 80-726-2404-0.
- [9] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ, 2004. *Fyziologie oka a vidění*. Praha: Grada. ISBN 80-247-0786-1.
- [10] AUTRATA, Rudolf, 2002. *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví. ISBN 80-701-3362-7.
- [11] ATCHISON, David A. a George SMITH, 2000. *Optics of the Human Eye*. 1. Oxford: Butterworth-Heinemann. ISBN 0-7506-3775-7.
- [12] SCHWIEGERLING, Jim, 2004. *Field Guide to Visual and Ophthalmic Optics*. University of Arizona: SPIE Press. ISBN 978-08-1945-629-8.
- [13] HABEL, Jiří. Význam mezopického vidění pro praxi. Světlo. 2007, 2007(6), 52-54.
- [14] HABEL, Jiří, 2013. *Světlo a osvětlování*. 1. Praha: FCC Public. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [15] ROZSÍVAL, Pavel, 2007. *Trendy soudobé oftalmologie 4*. 1. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-470-6.
- [16] ASLAM, Tariq M., David HAIDER a Ian J. MURRAY, 2007. Principles of disability glare measurement: an ophthalmological perspective. *Acta Ophthalmologica*

- Scandinavica*. 85(4), 354-360. DOI: 10.1111/j.1600-0420.2006.00860.x. ISSN 13953907. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0420.2006.00860.x>
- [17] VAN DEN BERG, Thomas J.T.P., L.J. (RENÉ) VAN RIJN, R. KAPER-BONGERS, et al., 2009. Disability Glare in the Aging Eye. Assessment and Impact on Driving☆. *Journal of Optometry*. 2(3), 112-118. DOI: 10.3921/joptom.2009.112. ISSN 18884296. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1888429609700330>
- [18] MONTÉS-MICÓ, Robert a W Neil CHARMAN, 2002. Mesopic Contrast Sensitivity Function After Excimer Laser Photorefractive Keratectomy. *Journal of Refractive Surgery*. 9(1), 18:9-13. DOI: 10.3928/1081-597X-20020101-01
- [19] DIEP, My a Pinakin Gunvant DAVEY, 2018. Glare and Ocular Diseases. *Causes and Coping with Visual Impairment and Blindness*. InTech, 2018-09-19. DOI: 10.5772/intechopen.74687. ISBN 978-1-78923-770-2. Dostupné také z: <http://www.intechopen.com/books/causes-and-coping-with-visual-impairment-and-blindness/glare-and-ocular-diseases>
- [20] STEEN, RICHARD, DAVID WHITAKER, DAVID B. ELLIOTT a JOHN M. WILD, 1994. Age-Related Effects of Glare on Luminance and Color Contrast Sensitivity. *Optometry and Vision Science*. 71(12), 792-796. DOI: 10.1097/00006324-199412000-00010. ISSN 1040-5488. Dostupné také z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00006324-199412000-00010>
- [21] SEWALL, Ashley A. Stafford, Stephanie A. Whetsel BORZENDOWSKI, Richard A. TYRRELL, Benjamin R. STEPHENS a Patrick J. ROSOPA, 2016. Observers' Judgments of the Effects of Glare on Their Visual Acuity for High and Low Contrast Stimuli. *Perception*. 45(7), 755-767. DOI: 10.1177/0301006616633591. ISSN 0301-0066. Dostupné také z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0301006616633591>
- [22] OSIČKOVÁ, Barbora, 2014. *VLIV ZMĚNY KONTRASTU A OSLNĚNÍ NA ZRAKOVÉ FUNKCE*. Brno. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Mgr. Jitka Bělíková.
- [23] STURGIS, Samuel P. a Deborah J. OSGOOD, 2016. Effects of Glare and Background Luminance on Visual Acuity and Contrast Sensitivity: Implications for Driver Night Vision Testing. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 24(3), 347-360. DOI: 10.1177/001872088202400310. ISSN 0018-7208. Dostupné také z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001872088202400310>

- [24] MAHJOOB, Monireh, Samira HEYDARIAN a Somayyeh KOOCHI, 2016. Effect of yellow filter on visual acuity and contrast sensitivity under glare condition among different age groups. *International Ophthalmology*. **36**(4), 509-514. DOI: 10.1007/s10792-015-0154-7. ISSN 0165-5701. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s10792-015-0154-7>
- [25] GLIMNE, Susanne. Effects of glare on binocular vision and reading behaviour performing computer work. Stockholm, 2015, 53 s. ISBN 978-91-7549-655-9. Disertace. Karolinska Institutet.
- [26] LONGLEY, Christopher I. Contrast sensitivity and glare: new measurement techniques and the visual consequences of wearing head-mounted displays. The University of Bradford, 2016, 305 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10454/16061>. Disertace. The University of Bradford. Vedoucí práce Whitaker, David J.
- [27] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH, c2006. *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier. ISBN 978-075-0675-246.
- [28] NOVÁK, Jiří. Intraokulární rozptyl světla: Důležité faktory pro kvalitu vidění. TRENDY V OČNÍ OPTICE 2018. S-Press Publishing, 2018, 2018, 26-30. Dostupné také z: http://www.s-presspublishing.cz/archiv/201802_trendy.pdf
- [29] VAN DEN BERG, Thomas J. T. P., 2018. Intraocular light scatter, reflections, fluorescence and absorption: what we see in the slit lamp. *Ophthalmic and Physiological Optics*. **38**(1), 6-25. DOI: 10.1111/opo.12426. ISSN 02755408. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/opo.12426>
- [30] MONTENEGRO MARTÍNEZ, Gustavo A. Intraocular straylight measurement as a new parameter in visual quality assessment. Universitat Autònoma de Barcelona, 2015, 121 s. ISBN 9788449061532. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10803/382640>. Disertace. Universitat Autònoma de Barcelona.
- [31] VAN DEN BERG, Tom. Introduction to retinal straylight. Netherlands Institute for Neuroscience (NIN).
- [32] HD Analyzer. Visiometrics [online]. [cit. 2019-01-03]. Dostupné z: <https://www.visiometrics.com/hd-analyzer>
- [33] RANDULOVÁ, J., Sklo a plasty jako materiály brýlových čoček, povrchové úpravy brýlových čoček, 2010, Brno, Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně

- [34] *Ukázka vidění s čočkou bez antireflexní vrstvy a s antireflexní vrstvou* [online], 2014. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: https://optykwnecie.pl/szkla-dla-kierowcow-eyedrive-streetlife-enroute/1568-szkla-dla-kierowcow-izoplast-eyedrive-transitions-xtractive.html#/2-cylinder-0_00/262-sfera-_4_004_00
- [35] *Difrakční minimální vzorec: Lékařský portál, vše o lidském zdrav* [online], 2019. Rusko: FTBP [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://ftbp.ru/cs/the-diffraction-minimum-is-the-formula-diffraction-of-fraunhofer-on-one-slit.html>
- [36] *Interference světla* [online], 2012. Brno: Kalábovi [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: https://kalabovi.org/pitel:msz:interference_svetla
- [37] KRUMLOVÁ, Michaela, 2015. *EyeDrive®: předváděcí prezentace*. Praha.
- [38] CS Pola 600. Essilor Instruments [online]. [cit. 2019-01-07]. Dostupné z: <https://www.essilor-instruments.com/en/refraction-prescription-2/product-cs-pola-600/>
- [39] LED Light Meter, 0013n. 1. *Extech* [online]. U.S.A.: FLIR Systems, 2013 [cit. 2020-05-23]. Dostupné z: https://www.fondriest.com/pdf/extech_lt40_manual.pdf
- [40] *Rapidtables* [online]. [cit. 2020-05-23]. Dostupné z: <https://www.rapidtables.com/calc/light/lux-to-candela-calculator.html>
- [41] RUTRLE, Miloš, 2000. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví. ISBN 80-701-3301-5.
- [42] KLÁPOVÁ, Kristýna, 2019. *Vliv oslnění na vyšetření zrakové ostrosti*. Kladno. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Prof. Ing. Jiří Novák, Ph.D.
- [43] BENESTY, Jacob, Jingdong CHEN, Yiteng HUANG a Israel COHEN. Pearson Correlation Coefficient. Noise Reduction in Speech Processing. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, 2009-3-5, , 1-4. Springer Topics in Signal Processing. DOI: 10.1007/978-3-642-00296-0_5. ISBN 978-3-642-00295-3. Dostupné také z: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-00296-0_5

Seznam symbolů a zkratk

Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
Φ	lm	Světelný tok
Φ_e	W	Zářivý tok
λ	nm	Vlnová délka
$K(\lambda)$	lm · W ⁻¹	Světelná účinnost monochromatického záření
K_m	lm · W ⁻¹	Maximální světelná účinnost
$V(\lambda)$	-	Poměrná světelná účinnost
I	cd	Svítivost
L	cd · m ⁻²	Jas
E	lx	Osvětlení
r	-	Pearsonův korelační koeficient
R^2	-	Koeficient spolehlivosti
α	%	Hladina významnosti

Seznam zkratk

Zkratka	Význam
CIE	Mezinárodní komise pro osvětlování
BAT	Brightness Acuity Tester
PSF	Rozptylová funkce bodu
MTF	Funkce přenosu kontrastu
D	Dioptrie

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Průběh absolutních hodnot světelných účinků záření [2]	10
Obrázek 2.2: Svítivost bodového zdroje C [6]	10
Obrázek 3.1: Kumulativní spektrální propustnost jednotlivých optických vrstev oka [12].....	12
Obrázek 3.2: Poměrná spektrální citlivost na záření různých vlnových délek pro různé adaptační jasy [3].....	14
Obrázek 5.1: Monokulární zorné pole pravého oka při různobarevných světelných podnětech [2]	17
Obrázek 5.2: Závislost sledovaných parametrů na oslnění u probandů [20].....	20
Obrázek 5.3: Skutečná a odhadovaná intenzita oslnění v závislosti na velikosti podmětu a kontrastu podmětu [21].....	21
Obrázek 6.1: Rozptyl světla v oku a vliv na kvalitu vidění [19]	25
Obrázek 6.2: Závislost PSF na zorném úhlu [28].....	27
Obrázek 6.3: Přístroj C-Quant od firmy Oculus [28]	28
Obrázek 6.4: Testové pole Přístroje C-Quant [28]	28
Obrázek 6.5: Průběh vyšetření při zapnutém periferním stimulu [28]	29
Obrázek 6.6: Průběh vyšetření při vypnutém periferním stimulu [28]	29
Obrázek 6.7: HD Analyzer od firmy Visiometrics [28]	30
Obrázek 6.8: Schéma dvojitého průchodu [28]	30
Obrázek 7.1: Grafické znázornění propustnosti a odrazivosti čočky bez antireflexní vrstvy a s antireflexní vrstvou [33]	32
Obrázek 7.2: Ukázka vidění s čočkou bez antireflexní vrstvy a s antireflexní vrstvou [34]....	33
Obrázek 7.3: Destruktivní interference [35].....	33
Obrázek 7.4: Destruktivní interference na tenké vrstvě [36].....	33
Obrázek 7.5: Ukázka oslnění bez Eyedrive a s Eyedrive [37]	35
Obrázek 7.6: Porovnání odrazivosti světla technologie Reflect Control (červená) a prémiové antireflexní vrstvy s UV filtrem (fialová) v závislosti na vlnové délce světla [37]	35
Obrázek 7.7: Průchod paprsku čočkou bez povrchové úpravy EyeDrive® a technologie Reflect Control [37]	36
Obrázek 7.8: Průchod paprsku čočkou s povrchovou úpravou EyeDrive® a technologií Reflect Control [37].....	36
Obrázek 8.1: LCD optotyp CS Pola600 se zapnutou soustavou	37
Obrázek 8.2: Zkušební čočky s povrchovou úpravou EyeDrive	38
Obrázek 8.3: Sloupcový graf rozložení věku ve vzorku	40
Obrázek 8.4: Graf porovnávající hodnoty vizu bez oslnění a s oslněním	41
Obrázek 8.5: Graf obsahující porovnání hodnot vizu s oslněním a s oslněním s předsádkami s povrchovou úpravou EyeDrive.....	42
Obrázek 8.6: Graf spokojenosti s čočkou s povrchovou úpravou EyeDrive.....	43
Obrázek 8.7: Graf spokojenost v závislosti na dosaženém vizu s EyeDrive.....	44
Obrázek 8.8: Graf průměrných hodnot vizu bez oslnění a s oslněním podle věkových skupin (tečkované úsečky složí k naznačení trendů hodnot vizu)	45

Obrázek 8.9: Graf průměrných hodnot vizu s oslněním a s oslněním s EyeDrive podle věkových skupin (tečkované úsečky složí k naznačení trendů hodnot vizu)	46
---	----

Seznam tabulek

Tabulka 8.1: Přehled průměrných hodnot vizu bez oslnění a s oslněním podle věkových skupin	44
Tabulka 8.2: Přehled průměrných hodnot vizu s oslněním a s oslněním s EyeDrive	46
Tabulka 8.3: Přehled výsledků hypotéz.....	47

Příloho A: Protokol

Pohlaví:	Ročník narození:
----------	------------------

Anamnéza

Důvod návštěvy	
Oční anamnéza	
Celková anamnéza	Rodinná anamnéza
Pracovní anamnéza	
Léky	
Řidič: ANO/NE	

Nat. visus	Dálka				Vis _{mon}	Vis _{bin}	Adice	vzd.	VD	Vis _{bin}
	P:	L:	bino:							
Subjektivní refrakce										
P	sf	cyl	osa	PD						
L	sf	cyl	osa	PD						

Refrakce s oslněním				Vis _{bin}
P	sf	cyl	osa	
L	sf	cyl	osa	

Refrakce s oslněním a EyeDrive				Vis _{bin}
P	sf	cyl	osa	
L	sf	cyl	osa	

Subjektivní pocit: ANO/NE

Příloha B: Naměřená data

Tabulka B: Naměřená data

Počet	Věk	Pohlaví		Subjektivní refrakce			Vizus bez oslnění	Vizus s oslněním	Vizus s oslněním a EyeDrivem	Spokojenost
				Sféra (D)	Cylindr (D)	Osa (°)				
1	25	M	OP	0,75	-0,50	160	1,5	1,32	1,5	A
			OL	1,00	-0,50	18				
2	21	M	OP	-1,25	-0,75	80	1,5	1,2	1,5	A
			OL	-1,25	-0,50	70				
3	21	Ž	OP	-0,25	-1,00	117	1,44	1,26	1,32	A
			OL	-0,75	-0,75	62				
4	22	Ž	OP	-0,25	-1,00	180	1,44	1,2	1,26	A
			OL	-0,25	-1,25	5				
5	21	Ž	OP	-3,00			1,32	1,12	1,26	A
			OL	-3,25						
6	22	Ž	OP	0,00	-0,25	63	1,2	1	1,38	A
			OL	-0,25	-0,25	160				
7	21	M	OP	-1,25	-0,50	90	1,5	1,32	1,44	A
			OL	-1,00	-0,75	85				
8	33	M	OP	0,25	-0,25	150	1,5	1,38	1,5	A
			OL	0,25	-0,25	5				
9	27	Ž	OP	-3,75			1,2	1,2	1,2	N
			OL	-3,25						
10	31	Ž	OP	0,00	-0,50	62	1,44	1,2	1,38	A
			OL	0,00	-0,50	85				
11	38	M	OP	-1,00			1,32	1,16	1,16	N
			OL	-2,00						
12	34	M	OP	0,00	-1,25	180	1,2	1,12	1,12	N
			OL	0,00	-1,75	180				
13	26	Ž	OP	-3,00			1,32	1	1,2	A
			OL	-2,50	-0,25	98				
14	22	Ž	OP	-3,50	-0,75	180	1	0,9	1	A
			OL	-3,50	-0,75	10				
15	33	M	OP	-4,25			1,12	0,9	1	A
			OL	-4,50						

16	35	Ž	OP	-3,25	-0,75	155	1,2	1,2	1,2	A
			OL	-3,50	-0,75	20				
17	25	M	OP	1,00	-0,25	90	1,5	1,26	1,2	N
			OL	0,75	-0,25	92				
18	52	M	OP	-4,25			1,2	1,08	1,08	N
			OL	-3,50						
19	60	M	OP	0,00	-0,25	90	1,2	1	1,08	A
			OL	0,00						
20	46	M	OP	-9,75	-0,50	96	1,16	1	1	A
			OL	-9,00						
21	23	Ž	OP	-3,00			1,38	1,08	1	N
			OL	-3,25						
22	22	Ž	OP	-0,50	-0,75	115	1,5	1,38	1,44	A
			OL	-0,75	-0,75	60				
23	45	Ž	OP	0,50	-0,50	35	1,2	1,0	1,08	A
			OL	0,00	-0,75	110				
24	70	Ž	OP	3,00	-0,75	30	1,2	1,08	1,16	A
			OL	1,50	-1,00	180				
25	24	Ž	OP	-4,50	-0,25	180	1,5	1,32	1,32	N
			OL	-4,50						
26	37	M	OP	-1,50	-0,50	63	1,2	1,04	1,04	N
			OL	-2,00	-0,25	117				
27	23	M	OP	-4,75	-0,25	35	1,5	1,32	1,44	A
			OL	-5,00	-0,25	20				
28	46	Ž	OP	0,50	-0,75	112	1,32	1,16	1,2	A
			OL	0,25	-1,00	63				
29	41	M	OP	0,00			1,32	1,2	1,2	N
			OL	0,00						
30	68	Ž	OP	-2,00			1	0,9	0,9	N
			OL	-2,25						