

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI

KATEDRA OPTIKY

OKULIAROVÉ ŠOŠOVKY A ICH TECHNICKÉ ŠPECIFIKÁCIE

Bakalárska práca

VYPRACOVAL:

Andrea Čekovská

Odbor 5345R008 OPTOMETRIE

študijný rok 2015/2016

VEDÚCI BAKALÁRSKEJ PRÁCE:

RNDr. Jaroslav Wagner, Ph.D.

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že nasledujúcu bakalársku prácu som vypracovala samostatne pod vedením RNDr. Jaroslava Wagnera, Ph.D. s použitím literatúry uvedenej na konci práce.

V Olomouci dňa 9.4.2016

.....

Andrea Čekovská

Pod'akovanie

Touto cestou by som chcela pod'akovať RNDr. Jaroslavovi Wagnerovi, Ph.D. za odborné vedenie bakalárskej práce a za poskytnutie rád a pripomienok, ktoré mi pri písaní práce veľmi pomohli.

Táto práca bola vytvorená za podpory projektu IGA PŘF UP v Olomouci s názvom "Optometrie a její aplikace", č. IGA_PrF_2016_015.

Obsah

Úvod	6
1. Optické parametre optických materiálov	8
1.1 Index lomu	8
1.2 Abbeovo číslo	10
1.3 Hustota	12
1.4 Priepustnosť	12
1.5 Chemická odolnosť	12
1.6 Optická mohutnosť	13
1.7 Zadná vrcholová lámavosť	13
2. Materiály na výrobu okuliarových šošoviek	14
2.1 Minerálne materiály na výrobu okuliarových šošoviek	14
2.1.1 Sklo	14
2.2 Organické materiály na výrobu okuliarových šošoviek	15
2.2.1 CR-39	15
2.2.2 Polykarbonát	15
2.2.3 Polymetylmetakrylát (PMMA)	16
2.2.4 Trivex	16
2.2.5 MR TM séria	17
3. Prehľad refrakčných chýb	19
3.1 Myopia	19
3.2 Hypermetropia	19
3.3 Astigmatizmus	20
3.4 Presbyopia	20
3.4.1 Amplitúda akomodácie	21
3.4.2 Adícia	23

4. Riešenia refrakčných chýb pomocou okuliarových šošoviek	24
4.1 Unifokálne sférické, sférotórické a tórické šošovky.....	24
4.2 Bifokálne okuliarové šošovky	27
4.3 Trifokálne okuliarové šošovky	30
4.4 Progresívne okuliarové šošovky.....	31
4.5 Degresívne okuliarové šošovky.....	33
4.5.1 Interiérové šošovky od firmy Optika Čivice.....	34
4.5.2 Interiérové šošovky od firmy Danae Vision	35
4.5.3 Interiérové šošovky od firmy Hoya	35
4.5.4 Interiérové šošovky od firmy Sagitta	36
4.5.5 Interiérové šošovky od firmy Zeiss.....	36
4.5.6 Interiérové šošovky od firmy Rodenstock	37
4.5.7 Interiérové šošovky od firmy Essilor	37
5. Occupational Lens Calculator	39
Záver.....	45
Literatúra	46

Úvod

Takmer každý človek sa počas svojho života skôr či neskôr stane nositeľom okuliarovej korekcie. Nieкого sprevádzajú okuliare počas celého života, nieкого len od zrelého veku, keď sa začne prejavovať presbyopia a dĺžka rúk už nepostačuje na čítanie. Úlohou optometristu je správne určiť korekciu a na jej základe by mal očný optik alebo samotný optometrista poradiť konkrétnemu klientovi vhodný okuliarový rám a odporučiť vhodné okuliarové šošovky. Pri výbere je potrebné zohľadniť hneď niekoľko faktorov, a to napríklad zistenú korekciu, priemer šošovky, výrobný rozsah danej šošovky, cenovú dostupnosť pre klienta, zohľadnenie vybraného rámu a vhodnej šošovky do tohto rámu, zamestnanie klienta... Všetky tieto faktory ovplyvňujú konečný výsledok našej práce. Motiváciou k napísaniu tejto práce bola prax v očnej optike, práca s jednotlivými zákazníkmi a získanie lepšej orientácie v katalógoch rôznych firiem, ktoré dodávajú okuliarové šošovky.

V katalógoch okuliarových šošoviek rôznych firiem sa pri každej šošovky nachádzajú jej parametre ako index lomu, Abbeovo číslo, hustota a rozsah optických mohutností, v ktorých danú šošovku daná firma vie vyrobiť. Optik či optometrista by sa mal vedieť správne v katalógoch orientovať a poznať tieto optické parametre, pretože náročnejší zákazníci sa často pýtajú na všetko, čo sa ich šošoviek a korekcie týka. V tejto bakalárskej práci sú v prvej kapitole charakterizované optické parametre optických materiálov a ich vzájomné súvislosti. Ďalšia kapitola sa venuje materiálom, ktoré sa používali alebo používajú na výrobu okuliarových šošoviek. V súčasnosti sa skôr už preferujú plastové šošovky, ale stále sa nájdu zákazníci, ktorí uprednostnia minerálne šošovky.

Ak chceme vybrať vhodnú šošovku, musíme poznať refrakčné chyby a ich korekciu. Touto problematikou sa zaoberá tretia kapitola, kde sú charakterizované refrakčné chyby. Posledná kapitola je venovaná okuliarovým šošovkám, ktoré využívame na korekciu týchto refrakčných chýb. U klientov, ktorí potrebujú presbyopickú korekciu, máme viac možností korekcie. Je dôležité, aby sme našli pre klienta tú najvhodnejšiu alternatívu, aby sa mu korekcia nosila dobre a bol spokojný. V súčasnej dobe sa dostávajú do popredia progresívne a degresívne šošovky. Veľké množstvo ľudí pracuje v kanceláriách a pri počítačoch, a práve títo ľudia sú vhodnými nositeľmi progresívnych a najmä degresívnych šošoviek. Posledná kapitola je venovaná Occupational Lens Calculator, kalkulačke na prepočet dioptrií pri degresívnych šošovkách. Časťou poslednej kapitoly sú aj tabuľky a grafy, v ktorých sú prepočty dioptrií

podľa tejto kalkulačky. Je to názorná ukážka ako sa menia dioptrie v degresívnych šošovkách so zmenou korekcie do diaľky a na stredné vzdialenosti.

Táto bakalárska práca je zhrnutím témy okuliarových šošoviek do jedného celku a môže slúžiť ostatným optometristom alebo očným optikom na prehĺbenie ich vedomostí.

1. Optické parametre optických materiálov

1.1 Index lomu

Základná charakteristika prostredia je index lomu, pretože meranie rýchlostí svetla v jednotlivých prostrediach je pomerne problematické. Index lomu sa označuje písmenom n . Absolútny index lomu n'_λ definujeme ako pomer rýchlosti svetla vo vákuu c a rýchlosti svetla v danom prostredí v_λ pre vlnovú dĺžku λ :

$$n'_\lambda = \frac{c}{v_\lambda}$$

Často sa uvádza index lomu prostredia vzhľadom k vzduchu:

$$n_\lambda = \frac{v_{0\lambda}}{v_\lambda}$$

kde $v_{0\lambda}$ je rýchlosť svetla vo vzduchu pre svetlo vlnovej dĺžky λ a v_λ je rýchlosť svetla vlnovej dĺžky λ v danom prostredí. Index lomu závisí od vlnovej dĺžky λ . [1]

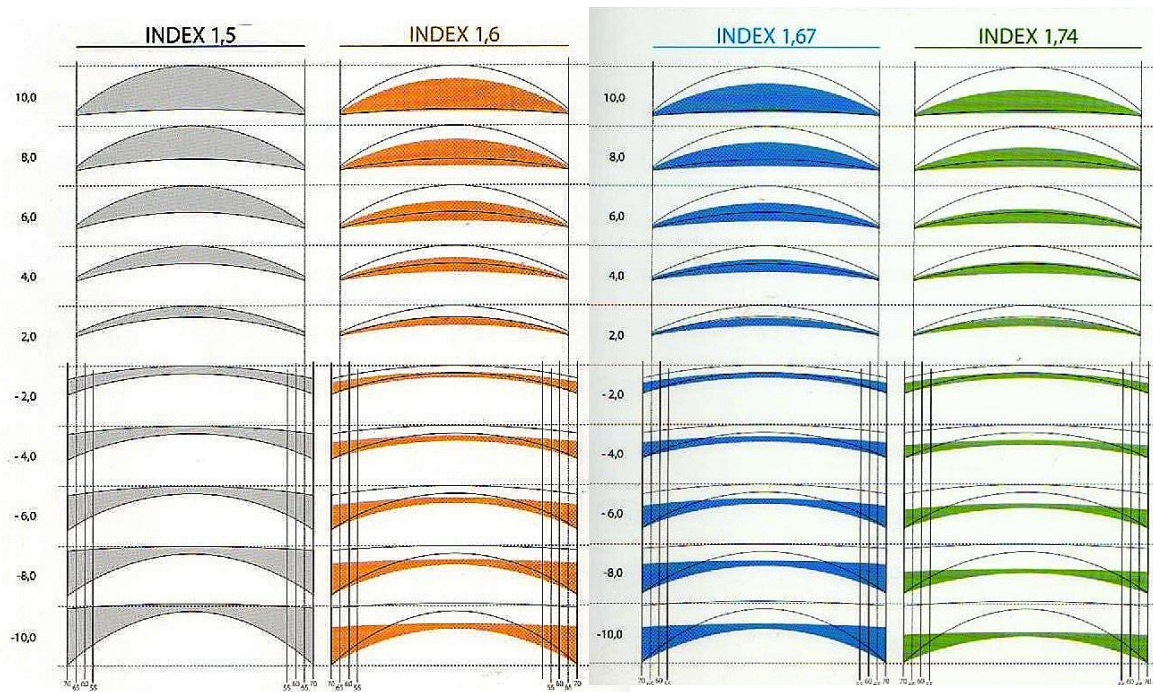
„Relatívny index lomu n_r na rozhraní dvoch prostredí je podiel ich absolútnych indexov lomu, resp. podiel rýchlostí svetla v daných prostrediach

$$n_r = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

kde v_2 je rýchlosť svetla v druhom prostredí a v_1 v prvom prostredí. Prostredie, ktoré má väčší index lomu, je opticky hustejšie a obrátene.“ [2]

Index lomu je považovaný za jednu z najdôležitejších vlastností. Vplýva na hrúbku výslednej šošovky. Čím je index lomu vyšší, tým klesá rozdiel medzi zakrivením prednej a zadnej plochy šošovky, a tým sa šošovka stáva menej zakrivenou a tenšou. [3]

Index lomu je rozhodujúci pri výbere okuliarovej šošovky, pri vyšších dioptriách sa siahá po vyššom indexe lomu, aby šošovka bola tenšia a na pohľad estetickejšia.



Obr. 1 Porovnanie hrúbky okuliarových šošoviek s rôznym indexom lomu [4]

Vzhľadom k dobre definovaným vlnovým dĺžkam Fraunhoferových čiar sú používané aj na charakteristiku indexu lomu. V katalógoch firiem sa nachádzajú uvádzané indexy lomu materiálov k Fraunhoferovej d čiare, ktorá sa nachádza v strede spektra.

Okuliarové šošovky sa môžu rozdeliť na základe indexu lomu prislúchajúcemu k Fraunhoferovej d čiare na tieto skupiny:

- Okuliarové šošovky so štandardným indexom lomu - index lomu v rozmedzí od 1,48 do 1,54. Do tejto skupiny sa zaraďuje napríklad materiál CR-39 s indexom lomu 1,498 alebo Orma s indexom lomu 1,501 či Trivex s 1,532.
- Okuliarové šošovky so stredným indexom lomu - index lomu od 1,55 do 1,63. Patrí sem napríklad materiál MR-6 s indexom lomu 1,6 alebo polykarbonát s indexom lomu 1,59.
- Okuliarové šošovky s vysokým indexom lomu – hodnoty indexu lomu sa pohybujú od 1,64 do 1,73. Prvým materiálom s indexom lomu 1,66 bol MR-7 vyrobený firmou MITSUI. V súčasnosti sú tieto sklá v ponuke mnohých firiem.

- Okuliarové šošovky s veľmi vysokým indexom lomu – index lomu tejto skupiny je 1,74 a viac. Do tejto skupiny sa zaraďujú minerálne materiály s indexmi lomu 1,8; 1,83 a 1,9. [5]

V katalógoch firiem sú indexy lomu uvádzané zaokrúhlené na jedno, prípadne dve desatinné miesta. V tab. 1 sú uvedené indexy lomu jednotlivých materiálov ako sú udávané aj v katalógoch. Tabuľka bola zostavená podľa katalógu okuliarových šošoviek Optiky Čivice.

materiál	index lomu
CR-39	1,5
MR-8	1,6
MR-7	1,67
MR-174	1,74
TRIVEX	1,53
TRIBRID	1,6
MINERÁL	1,5
	1,6
	1,7
	1,8
	1,9

Tab. 1 Indexy lomu

1.2 Abbeovo číslo

K najdôležitejším vlastnostiam okuliarových šošoviek sa zaraďuje aj Abbeovo číslo, ktoré udáva mieru disperzie. Abbeovo číslo alebo v -číslo udáva mieru rozkladu svetla vo vzťahu k indexu lomu. [6]

Abbeovo číslo je definované vzťahom

$$v_d = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C}$$

kde n_d , n_F a n_C sú indexy lomu príslušného materiálu, ktoré prislúchajú Fraunhoferovým čiaram d (čiara hélia s vlnovou dĺžkou 587,56 nm), F (486,13 nm) a C (656,27 nm). [7] Ak dopadne biele svetlo pri vhodnom uhle dopadu na hranol, rozkladá sa na farebné zložky. Tento jav sa nazýva disperzia svetla alebo rozklad svetla. Biele slnečné svetlo je

zložené z nekonečne veľa elementárnych spektrálnych farieb, ktoré sa už nedajú viac rozložiť. Poradie farieb je vždy rovnaké a to: fialová, modrá, zelená, žltá, oranžová a červená. Každá farba má svoju vlnovú dĺžku, preto sa každá láme inak, najviac sa láme fialová a najmenej červená. Jednotlivé farby sa môžu skladať a vytvárať rôzne odtiene, ktoré sa v spektre nenachádzajú. Tak, ako sa dá biele svetlo rozložiť na jednotlivé farebné zložky, tak sa dajú tieto zložky opätovne zložiť do bielej farby. [8]

Abbeovo číslo je pomenované po nemeckom fyzikovi Ernstovi Abbe, ktorý vynášiel apochromatický šošovkový systém pre mikroskopy. Svojou prácou zaujal Carla Zeissa a začal pracovať pre jeho firmu. Jeho práca ho priviedla k tomu, že existuje nejaká hodnota či číslo, ktoré udáva mieru rozptylu vo vzťahu k indexu lomu. Šošovky, ktoré majú vyššie Abbeovo číslo, rozložia svetlo menej, a tým je nižšia aj chromatická aberácia. Čím je index lomu n šošoviek vyšší, tým je Abbeovo číslo nižšie a disperzia je vyššia. Abbeovo číslo a priepustnosť sú pri vyššom indexe lomu nižšie. [6, 9]

Hodnota Abbeovho čísla vplýva na kvalitu videnia, najmä v periférii. Nízka hodnota Abbeovho čísla má negatívny vplyv na videnie cez danú šošovku v periférii, pretože dochádza k väčšej disperzii a prejaví sa to dúhovými lemami na rozhraní pozorovaných predmetov. Pri hodnote Abbeovho čísla okolo 30 väčšina ľudí popisuje tieto neželané javy. Pri vyšších dioptrických hodnotách šošoviek sú tieto neželané javy v periférii výraznejšie. [3]

Materiál	Abbeovo číslo
Korunné sklo	58 - 60
CR-39	58
PMMA	53
Hivex	46
Trivex / Phoenix	43-45
Tribrid / MR-8	41
MR-7	31
MR-174	32
Polykarbonát	30

Tab. 2 Abbeovo číslo pre najbežnejšie používané materiály na výrobu šošoviek

1.3 Hustota

Hustota ρ je veličina určená podielom hmotnosti m a objemu V , jednotkou je g/cm^3 . Hustota alebo inak nazývaná merná hmotnosť by v ideálnom prípade mala byť čo najnižšia. Minerálne šošovky majú hustotu v rozsahu od 2,55 do 4,02 g/cm^3 . Vysokoindexové šošovky sú tenšie aj napriek tomu, že majú vyššiu hustotu, pretože ich objem je nižší. Ich celková hmotnosť po zabrúsení môže byť nižšia ako hmotnosť rovnako lámavej šošovky z korunného skla, ktorá je objemnejšia. [3]

1.4 Priepustnosť

Priepustnosť patrí k optickým parametrom materiálov a popisuje, aké množstvo svetla bolo prepustené materiálom k pomeru svetla, ktoré dopadlo na materiál. Svetlo, ktoré nebolo prepustené, bolo odrazené alebo absorbované. Priepustnosť závisí od chemického zloženia a štruktúry materiálu, povrchu a stavu materiálu, vlnovej dĺžky svetla a smeru dopadajúceho svetla. Priepustnosťou sa udáva aj pomer priepustnosti svetla jednotlivých vlnových dĺžok viditeľnej, infračervenej a ultrafialovej oblasti. Bežné okuliarové šošovky prepustia približne 91% svetla z viditeľnej oblasti. Na zvýšenie priepustnosti a na odstránenie neželaných reflexií na rozhraní sa šošovky upravujú antireflexnou úpravou, ktorá zvyšuje priepustnosť až na 99,5%. Pridávaním rôznych filtrov a farbením šošoviek sa priepustnosť mení. [10, 11, 12]

1.5 Chemická odolnosť

V priemysle pri výbere vhodných materiálov na výrobu je dôležitým parametrom chemická odolnosť materiálov. Patrí tam chemická korózia a odolnosť voči rôznym plynom a kvapalinám.

Chemickú odolnosť môžeme rozdeliť na:

- Odolnosť proti klíme CR
- Odolnosť proti škvrnitosti FR
- Odolnosť proti kyselinám SR
- Odolnosť proti zásadám AR [13]

V tab. 3 je uvedená chemická odolnosť voči rôznym chemickým látkam pre materiály PMMA a Polykarbonát.

	PMMA	Polykarbonát (PC)
chemická odolnosť		
minerálne mazivá	podmienečne odolný	podmienečne odolný
alifatické uhľovodíky	odolný	odolný
aromatické uhľovodíky	neodolný	neodolný
benzíny	neodolný	neodolný
slabé minerálne kyseliny	odolný	odolný
silné minerálne kyseliny	neodolný	podmienečne odolný
slabé organické kyseliny	odolný	odolný
silné organické kyseliny	neodolný	podmienečne odolný
kyseliny s oxidačnými účinkami	neodolný	neodolný
slabé zásady	odolný	neodolný
silné zásady	neodolný	neodolný
trichlóretylén	neodolný	neodolný
perchlóretylén	neodolný	neodolný
acetón	neodolný	neodolný
alkoholy	neodolný	podmienečne odolný
horúca voda (hydrolýza)	neodolný	neodolný
vplyvy atmosférických podmienok	odolný	podmienečne odolný

Tab. 3 Chemická odolnosť PMMA a PC [14, 15]

1.6 Optická mohutnosť

Optickú mohutnosť definujeme ako prevrátenú hodnotu ohniskovej vzdialenosti šošovky od hlavnej roviny šošovky. Označujeme ju φ a jednotkou je m^{-1} . Častejšie sa používa jednotka dioptria D. Optická mohutnosť šošovky s ohniskovou vzdialenosťou 1 m je dioptria. Vypočítať ju môžeme, ak si zmeriame polomery krivosti oboch lámavých plôch, jej stredovú hrúbku a poznáme indexy lomu šošovky a prostredí, v ktorých sa šošovka nachádza. Pre spojné šošovky platí $\varphi > 0$ a pre rozptylné šošovky $\varphi < 0$. [16, 17, 18]

1.7 Zadná vrcholová lámavosť

Prevrátená hodnota vzdialenosti obrazového ohniska od zadného vrcholu šošovky, ktorá sa nachádza na vzduchu, je vrcholová lámavosť. Jednotkou je dioptria D. Hodnota vrcholovej lámavosti sa udáva na obale každej šošovky a zisťuje sa meraním na fokometri. [18]

2. Materiály na výrobu okuliarových šošoviek

Prvé okuliarové šošovky boli vyrábané z materiálu anorganického, minerálneho, a preto boli nazývané okuliarové sklo. V súčasnosti sa preferujú umelé materiály, ktorým sa hovorí plastové či organické. Pojem okuliarové sklo teda už nebolo správne, a tak bolo nahradené pojmom okuliarová šošovka.

2.1 Minerálne materiály na výrobu okuliarových šošoviek

2.1.1 Sklo

Sklo je amorfný materiál, ktorý sa bežne vyskytuje v pevnom skupenstve. Je to zle vodivý materiál, krehký, takže je možné ho rozbiť a praská, keď je vystavený vysokým teplotným zmenám, hlavne ochladeniu. [3]

Sklo získavame zo sklárskeho kameňa, z ktorého sa pri teplote 1500 °C stáva tavenina. Štandardný sklársky kameň obsahuje približne 70 % sklotvorných oxidov a zvyšných 30% sú rôzne taviace prímеси, stabilizátory, farbivá, odfarbovače a ďalšie prísady. Oxid kremičitý (SiO_2), oxid boritý (B_2O_3) a oxid fosforečný (P_2O_5) sa zaraďujú medzi sklotvorné oxidy. Taviace prímеси sú využívané na zníženie výrazne vysokej teploty topenia. K taviacim prímesiam sa zaraďujú napríklad uhličitan sodný (Na_2CO_3) či uhličitan draselný (K_2CO_3). Stabilizátory ako oxid vápenatý (CaO), oxid hlinitý (Al_2O_3) zvyšujú chemickú stálosť, tvrdosť a pevnosť skla, spevnenie skla a stabilizátory ako oxid olovnatý (PbO) alebo oxid bárnatý (BaO) zvyšujú index lomu. [5]

Obyčajné korunné sklo má index lomu 1,523 a Abbeovo číslo okolo 60 a obsahuje hlavne oxidy kremíka a menšie množstvo oxidov vápnika, sodíka a bóru. Tieto sklá sa nazývajú aj kremičito-vápenaté sklá. Boro-kremičité sklo má obyčajne index lomu 1,6. Zo skla sa dajú vyrobiť aj vysokoindexové šošovky, ktoré majú hodnotu indexu lomu až 1,9 a Abbeovo číslo 30. [5]

materiál	index lomu	Abbeovo číslo	hustota [g/cm³]
korunné sklo (kremičito-vápenaté)	1,523	60	2,54

Tab. 4 Parametre korunného skla

2.2 Organické materiály na výrobu okuliarových šošoviek

Organické materiály sa rozdeľujú do dvoch skupín: termosety a termoplasty. Termosety sú materiály, ktoré tvrdnú pôsobením tepla a ďalej sa už nedajú tvarovo meniť. Najrozšírenejším termosetom je materiál CR-39. Termoplasty na rozdiel od termosetov pôsobením tepla mäknú. K termoplastom patrí polymetylmetakrylát (PMMA) alebo polykarbonát (PC). [5]

2.2.1 CR-39

CR-39 je prvý plastový materiál využívaný aj na výrobu okuliarových šošoviek. Bol vyvinutý v roku 1939 v USA a patrí medzi alylové estery – alyldiglykolkarbonát. Názov dostal podľa projektu Columbia Resin (živica) 39, pretože to bola látka vyvinutá podľa 39. vzorca v tomto projekte. Prvýkrát bol využitý na výrobu okuliarovej šošovky v roku 1947. Vyznačuje sa priaznivými optickými aj mechanickými vlastnosťami, ktoré ešte upevnia povrchové úpravy a ľahké farbenie. CR-39 je veľmi pružný a odolný proti nárazu a poškrabaniu. Je odolný voči väčšine rozpúšťadiel a chemikálií. Nedochádza k skorej únave materiálu alebo starnutiu. CR-39 je odolný voči vyšším teplotám (vydrží pri teplote 130°C jednu hodinu) a taktiež voči malým letiacim iskram, napríklad pri zváraní. [3, 19]

CR-39 sa stal veľmi obľúbený vďaka svojej hustote, ktorá je polovičná z hustoty sklenenej hmoty. Index lomu a Abbeovo číslo zaraďujú tento materiál k veľmi vyhovujúcim. [20]

materiál	index lomu	Abbeovo číslo	hustota [g/cm ³]
CR – 39	1,498	58	1,32

Tab. 5 Parametre CR - 39

2.2.2 Polykarbonát

Ďalší materiál na výrobu okuliarových šošoviek je polykarbonát (PC), ktorý patrí k skupine termoplastov. K veľkým výhodám tohto materiálu patrí vysoká odolnosť voči nárazu, vyšší index lomu a nižšia hustota. Polykarbonát PC je vysoko odolný voči ultrafialovému žiareniu, neprepustí svetlo, ktorého vlnová dĺžka je nižšia ako 380 nm

a odoláva aj vysokej teplote, mäknúť začína až okolo teploty 140 °C. Menej priaznivé je Abbeovo číslo, ktoré dosahuje nižšie hodnoty. [5]

materiál	index lomu	Abbeovo číslo	hustota [g/cm ³]
PC	1,586	32 - 42	1,2

Tab. 6 Parametre PC

Veľkou nevýhodou polykarbonátu je farbenie, pretože sa nedá dosiahnuť intenzívnejšie zafarbenie ako 30%. Chemická odolnosť je taktiež nižšia, takže tieto šošovky by nemali prísť do kontaktu s acetónom alebo iným rozpúšťadlom. Polykarbonátové šošovky majú nízku povrchovú odolnosť, preto je nutné ich povrch vytvrdiť špeciálnym polymerizujúcim lakom, aby sa predišlo poškrabaniu. [3]

2.2.3 Polymetylmetakrylát (PMMA)

Tento materiál sa v súčasnosti už na výrobu bežných okuliarových šošoviek nevyužíva, pretože ostatné uvedené materiály majú lepšie vlastnosti ako PMMA. V období 2. svetovej vojny bol tento materiál využívaný hlavne na vojenské účely a na výrobu kokpitov vojenských lietadiel. Na opracovanie sa využívali známe metódy (frézovanie, brúsenie a leštenie) a výsledok bol postačujúci. [20]

PMMA alebo plexisklo patrí medzi termoplasty. Výhodou je malá hustota materiálu. Pri teplote 140 °C je možné PMMA dobre tvarovať. Veľkou nevýhodou je malá povrchová odolnosť. [5]

materiál	index lomu	Abbeovo číslo	hustota [g/cm ³]
PMMA	1,49	53	1,17 - 1,2

Tab. 7 Parametre PMMA

2.2.4 Trivex

Trivex alebo inak nazývaný NXT je polyuretánový polymér, z ktorého sa vyrábajú šošovky liatím. Vďaka technológii výroby je zistené menšie pnutie, vyššia homogenita a väčšia mechanická stabilita oproti šošovkám, ktoré sú vyrábané metódou lisovania. Trivex má vysokú chemickú odolnosť. [5]





Zmiešaním vysokoindexových materiálov a Trivexu vzniká materiál nazývaný HIVEX. Na trhu sa ešte objavuje materiál Tribrid, ktorý je modifikáciou Trivexu a je vyrábaný firmou Pittsburg Plate Glass. [5]

materiál	index lomu	Abbeovo číslo	hustota [g/cm ³]
Trivex	1,53	45	1,1
Hivex	1,57	46	1,23
Tribrid	1,6	41	1,23

Tab. 8 Parametre Trivexu, Hivexu a Tribridu

2.2.5 MRTM séria

Firma Mitsui Chemicals uvádza na trh okuliarové šošovky MRTM série, ktoré sú vyrobené tepelnou polymerizáciou monomérov (čiréj živice), prvé tiouretánové okuliarové šošovky. Prvým produktom série bol MR-6 (index lomu 1,6) z roku 1987. V roku 1991 ako prvý začali vyrábať šošovky s indexom lomu 1,67 pod názvom MR-7 a v roku 1998 zase MR-10 s indexom lomu 1,67. Po roku prišla firma s ďalšou šošovkou MR-8 (index lomu 1,6) a poslednými šošovkami v MRTM sérii sú vysokoindexové MR-174 z roku 2000 s indexom lomu 1,74. Tieto šošovky sa vyznačujú najmä nízkou mernou hmotnosťou a vysokou odolnosťou proti nárazu. Na obr. 2 sú vlastnosti MR šošoviek: index lomu, Abbeovo číslo, teplota tepelnej deformácie, tónovateľnosť a odolnosť voči nárazu. Vlastnosti v tabuľke sú namerané firmou Mitsui Chemicals a nie sú garantované. [21]

	MR™ Series			
	MR-8™	MR-7™	MR-10™	MR-174™
				
Refractive Index(ne)	1.60	1.67	1.67	1.74
Abbe Number(ve)	41	31	31	32
Heat Distortion Temp. (°C)	118	85	100	78
Tintability	Good	Excellent	Good	OK
Impact Resistance	Good	Good	Good	OK

Obr. 2 Vlastnosti MR série okuliarových šošoviek [21]

3. Prehľad refrakčných chýb

Refrakcia oka je pomer medzi dĺžkou oka v optickej osi a optickou mohutnosťou lomivých prostredí. Emetropia je stav, keď optická mohutnosť odpovedá dĺžke oka a paralelné lúče sú lomené tak, že dopadajú na sietnicu. Ak je optická mohutnosť oka, ktorá by odpovedala danej dĺžke oka menšia alebo väčšia, hovoríme o ametropii. Svetelné lúče sa zbiehajú mimo sietnice, buď pred alebo za ňou.

Refrakčné chyby sa rozdeľujú na sférické a astigmatické. Pri sférickej ametropii sa ďaleký bod zobrazí ako bod, ale ohnisko neleží na sietnici. Myopia a hypermetropia patria k sférickej ametropii. Astigmatická ametropia znamená, že bod sa nezobrazí ako bod. Patrí tam pravidelný a nepravidelný astigmatizmus.

Podľa príčiny sa rozdeľuje sférická ametropia na:

- axiálnu (osovú), ktorá je spôsobená nesprávnou dĺžkou oka, predozadný priemer oka je kratší vzhľadom k lomivosti optických prostredí
- krivkovú, pri ktorej sú refrakčné plochy s príliš veľkým alebo malým zakrivením
- indexovú, kde je index lomu vysoký (indexová myopia) alebo nízky (indexová hypermetropia) [22, 23]

3.1 Myopia

Myopia alebo krátkozrakosť je sférická ametropia, pri ktorej obrazové ohnisko leží pred sietnicou a ďaleký bod leží v konečnej vzdialenosti pred okom. Najčastejšie je spôsobená nadmerným rastom oka, zmenou indexu lomu alebo zmenou zakrivenia, chorobami alebo zdedenými predispozíciami. Myopia sa koriguje najslabšou rozptylkou, s ktorou klient vidí ostro a dosiahne sa tak najlepší vízus. Subjektívne stanovená korekcia by mala byť trvalo nosená. Problémom na začiatku nosenia korekcie môže byť nezvyk väčšieho využívania akomodácie či zmenšenie veľkosti obrazu. [23, 24]

3.2 Hypermetropia

Hypermetropia je sférická ametropia, pri ktorej obrazové ohnisko neakomodovaného oka leží za sietnicou a ďaleký bod leží v konečnej vzdialenosti za okom. Oko si dokáže

úplne alebo čiastočne túto chybu vykorigovať pomocou akomodácie. Hypermetropia má latentnú zložku, ktorá je korigovaná tonusom ciliárneho svalu a vyšetruje sa v cykloplégii a zložku manifestnú, ktorú vyšetrujeme pomocou spojných šošoviek. Klient nemusí mať zhoršené videnie, niekedy sú prejavom len astenopické problémy ako bolesti očí, hlavy či únava. U detí je mierna hypermetropia v norme, korekcia sa dáva len pri vyššej chybe a škúlení. U dospelých sa koriguje najsilnejšou spojnou šošovkou, s ktorou vidí klient ostro. Pri korekcii uvoľňujeme akomodáciu a vízus sa nemusí meniť. Plne stanovená subjektívna korekcia by mala byť trvalo nosená. [23, 24]

3.3 Astigmatizmus

Astigmatizmus je asférická refrakčná chyba, pri ktorej má oko v rôznych meridiánoch rôzne optické vlastnosti, v rôznych meridiánoch nemá rovnakú optickú mohutnosť. Rozdeľuje sa na pravidelný a nepravidelný. Nepravidelný astigmatizmus sa nedá dobre korigovať okuliarovou korekciou, koriguje sa pevnou kontaktnou šošovkou alebo chirurgickým zákrokom. Pravidelný astigmatizmus sa dá úspešne korigovať okuliarovými šošovkami. Plná korekcia astigmatizmu je pomocou tórických šošoviek. Deti a mládež by mali nosiť plnú korekciu. Dospelí v ideálnom prípade tiež, ale niekedy je nutné zmeniť korekciu podľa subjektívnej znášanlivosti. [23, 24]

3.4 Presbyopia

Ľudské oko má svoju optickú mohutnosť, ktorú môže čiastočne meniť. Akomodácia je schopnosť oka meniť optickú mohutnosť svojej dioptrickej sústavy, schopnosť oka zväčšiť svoju lomivosť. K zmene refrakčného stavu oka dôjde zmenou zakrivenia lomivých plôch šošovky. Pri pohľade na blízku vzdialenosť dochádza ku kontrakcii cirkulárnej časti musculus ciliaris a v corpus ciliare sa uvoľní závesný aparát, ktorý drží šošovku vo svojej polohe. Keďže šošovka je pružná, jej tvar sa stáva viac sférickým, čím sa zvýši jej optická mohutnosť. Predná plocha šošovky sa viac vyklenie, predná komora sa stane plytšou a nastane mióza. Pri pohľade do diaľky je šošovka viac plochá, teda sa znížila jej optická mohutnosť a zrenica sa rozšírila. [22]

Svaly ľudského tela s pribúdajúcim vekom pomaly začínajú strácať svoju schopnosť, dochádza k ich ochabovaniu. Výnimkou nie je ani ľudské oko. Keďže akomodácia je ovládaná svalom, v určitom veku už ľudské oko nestačí prispôbiť optickú mohutnosť požiadavkám a videnie na blízku vzdialenosť je značne zhoršené. Fyziologickú stratu

akomodačnej schopnosti s vekom nazývame presbyopia alebo vetchozrakosť. Príčinou vzniku okrem atrofie ciliárneho svalu ešte môže byť strata elasticity šošovky, sklerotizácia šošovky alebo rast šošovky. Presbyopia sa začína prejavovať vo veku 40 až 50 rokov, je to veľmi individuálne. Pri hypermetropoch nastáva presbyopia skôr, u myopov zase neskôr alebo nemusí nastať vôbec. [22, 23]

Príznaky presbyopie sú:

- Predlžujúca sa čítacia vzdialenosť („krátke ruky“)
- Neschopnosť zaostriť na krátku vzdialenosť
- Pomalé preostrovanie pri zmene pracovnej vzdialenosti
- Únava pri práci na blízku vzdialenosť, bolesti očí a hlavy

Možnosťou riešenia presbyopie je okuliarová korekcia, kontaktné šošovky alebo refrakčná operácia. Najčastejším riešením je práve okuliarová korekcia, v rámci ktorej sa dá ďalej vybrať korekcia jednoohniskovými, bifokálnymi, trifokálnymi alebo multifokálnymi šošovkami.

3.4.1 Amplitúda akomodácie

Presbyopiu určuje aj znižujúca sa amplitúda akomodácie. Amplitúda akomodácie (akomodačný interval) udáva maximálne množstvo akomodácie, ktoré môže človek vyvinúť. Je to dioptrický rozdiel medzi vzdialenosťou ďalekého bodu (akomodácia maximálne uvoľnená) a vzdialenosťou blízkeho bodu (maximálna intenzita akomodácie). Tieto vzdialenosti sa merajú od spoločného bodu, buď od okuliarovej korekcie alebo od vrcholu rohovky. [25]

Akomodačná šírka sa dá vypočítať:

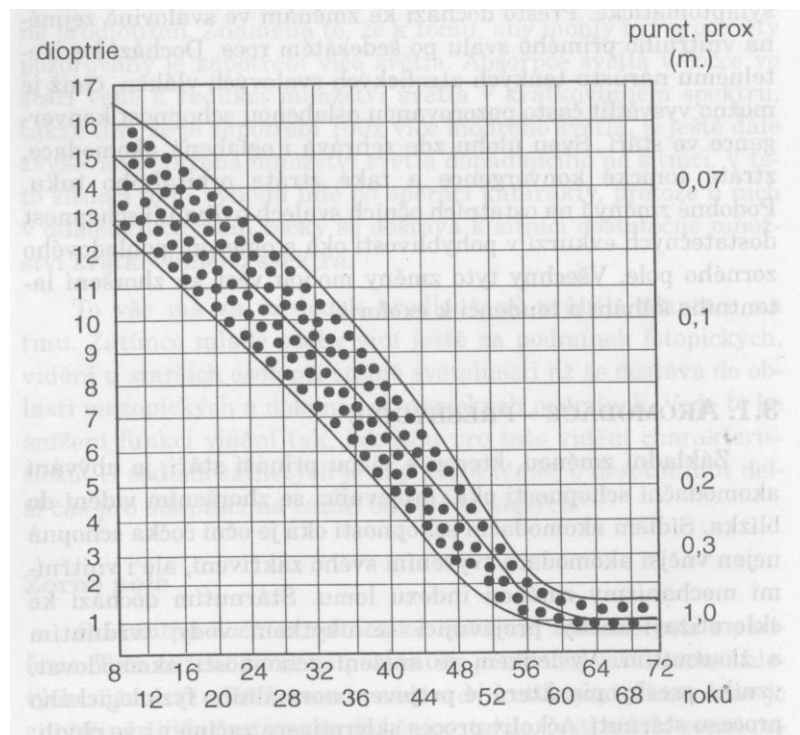
$$AA = A_R - A_P$$

Amplitúdu akomodácie vyšetrujeme s korekciou, monokulárne aj binokulárne metódou push-up/push-down. [26]

AA/D		
vek	Donders (push-up)	Duane (push-down)
10	14	11
15	12	10,5
20	10	9,5
25	8,5	8,5
30	7	7,5
35	5,5	6,5
40	4,5	5,5
45	3,5	3,5
50	2,5	
55	1,75	

Tab. 9 Amplitúda akomodácie podľa Dondersa a Duanea [26]

Rozsah šírky akomodácie pre rôzne vekové skupiny udáva Dondersova krivka (Obr. 3). Krivka znázorňuje klesajúci charakter schopnosti človeka akomodovať na blízko, blízky bod (punctum proximum) sa posúva do väčšej vzdialenosti od oka. [22]



Obr. 3 Dondersova krivka [27]

3.4.2 Adícia

Pri okuliarovej korekcii sa pridáva prídavok (adícia) na prácu na blízku vzdialenosť. Pridávajú sa plusové šošovky k aktuálnej korekcii do diaľky. Adíciu môžeme numericky odhadnúť:

$$ADD = \left| \frac{1}{l} \right| - k AA_B$$

kde l je pracovná vzdialenosť a AA_B je amplitúda akomodácie do diaľky, k je miera akomodácie (akomodácia, ktorú vieme využiť), obvykle $2/3$. [24]

Adícia závisí na pracovnej vzdialenosti, veku a predchádzajúcej korekcii. [23]

Človek nemôže využívať celú schopnosť akomodácie na blízko. Využíva $2/3$ alebo polovicu schopnosti akomodovať. Miera využitej akomodácie je daná časovým úsekom. Pokiaľ je potrebné akomodovať na krátky čas, tak sa využijú $2/3$ akomodácie. Polovica schopnosti akomodácie sa využíva, ak je človek nútený dlhší čas pozerat' na blízko. [27]

vek [roky]	ADD [D]
45	1
48	1,5
50	2
55	2,5
≥60	3

Tab. 10 Adícia podľa veku na 33 cm [23]

4. Riešenia refrakčných chýb pomocou okuliarových šošoviek

V súčasnosti sa na trhu nachádza veľké množstvo rôznych okuliarových šošoviek pod rôznymi obchodnými názvami. Každá firma má svoje katalógy alebo cenníky okuliarových šošoviek, v ktorých sú uvádzané okuliarové šošovky z rôznych materiálov, s rôznym výrobným rozsahom, s rôznymi možnosťami ďalších úprav,... V bakalárskej práci sú vybrané firmy Optika Čivice, Zeiss, Rodenstock, Essilor, Sagitta, Hoya a Danae Vision. Ponuky ich šošoviek sú spracované do tabuliek.

Základné delenie okuliarových šošoviek je podľa optického účinku na šošovky:

- mono – alebo unifokálne
- bifokálne
- trifokálne
- multifokálne

4.1 Unifokálne sférické, sférotórické a tórické šošovky

Unifokálne sférické šošovky sú vlastne jednoohniskové šošovky, ktoré majú dve opticky účinné sférické (guľovité) plochy. Tento typ šošoviek je najzákladnejší. Využíva sa na korekciu sférických chýb – ametropií, konkrétne na myopiu, hypermetropiu alebo ako jedno z riešení presbyopie. [20]

U presbyopov sa unifokálne šošovky používajú do okuliarov len na čítanie, teda na blízku vzdialenosť. Klient, ktorý nosí aj korekciu na diaľku, má jedny okuliare na diaľku a druhé na blízku vzdialenosť.

Unifokálne sférotórické šošovky sú šošovky, ktoré majú jednu plochu sférickú a druhú tórickú. Tórická plocha je tvorená dvomi na seba kolmými smermi s odlišnými hraničnými lámavosťami. Optická mohutnosť je v jednom hlavnom reze nulová a v druhom hlavnom reze maximálna (kladný cylinder) alebo minimálna (záporný cylinder). Tento druh šošoviek sa používa na korekciu astigmatizmu. [20, 28]

Výber z jednoohniskových šošoviek je veľmi široký. Každá firma ponúka niekoľko druhov jednoohniskových šošoviek. Rozdiely sú v materiáloch, z ktorých sú vyrobené a vo výrobnom rozsahu. Dodacia doba šošoviek sa pohybuje v dňoch, pokiaľ sú to šošovky skladové. Pri vyšších hodnotách dioptrií sa šošovky musia vyrobiť, hovoríme o výrobných šošovkách, ktorých dodacia doba sa pohybuje v rozmedzí 7 až 10 dní. Jednoohniskové šošovky sa vyrábajú plastové aj minerálne, aj keď výber z minerálnych je menší. Jednotlivé šošovky sú ešte upravované antireflexnou vrstvou a tvrdením, takže cena šošovky sa mení s pribúdajúcimi úpravami. V tab. 11 sú zaznačené minerálne šošovky od vyššie vymenovaných firiem pod ich obchodnými názvami. V tab. 12 sú uvedené jednoohniskové plastové okuliarové šošovky od vyššie spomínaných firiem. V tabuľkách sú výrobné aj skladové šošovky. Pod jedným obchodným názvom sa môže vyrábať aj viac šošoviek, rozdiel je v indexe lomu, v materiáli, Abbeovom čísle (napríklad Optika Čivice má v ponuke JET a vyrába sa JET 150, JET 160, JET 167 a JET 174).

Minerálne jednoohniskové šošovky	
Firma	Značka
OPTIKA ČIVICE	CROSS
	SILIC
DANAE VISION	MINERÁL
SAGITTA	SAGITAL
RODENSTOCK	PERFALUX
	COSMOLUX

Tab. 11 Minerálne jednoohniskové šošovky

Jednoohniskové plastové šošovky	
Firma	Značka
OPTIKA ČIVICE	CR 39
	RAPID
	JET
	TRILOGY
	ACCLIMATES
	TRANSITIONS
	NUPOLAR
	DRIVEWEAR
	ASPHERIC
	FINAL
	MICRO
	ULTRA
	TRIBRID
	UV SUN
DANA E VISION	OPTIMA
	FOCUSMAX+
HOYA	HILUX
	NULUX
SAGITTA	MICROLIT
	ULTRALIT
	ORGALIT
	COMFORMIT
	TRIVEX
	ORPLAS
	SUBVENS
ESSILOR	STYLIS
	ORMIX
	AIRWEAR
	TREXA
	ORMA
	ESSILOR JUNIOR
ZEISS	SOLA
	ZEISS (MONO)
RODENSTOCK	ORGANIC
	PERFALIT
	COSMOLIT
	MULTIGRESSIV
	IMPRESSION

Tab. 12 Jednoohniskové plastové okuliarové šošovky

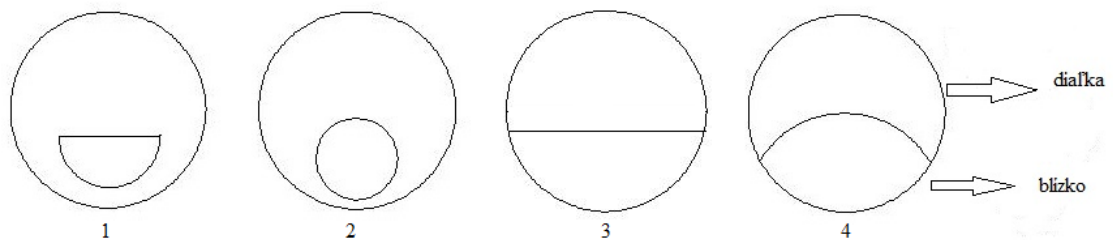
Mnohé z jednoohniskových šošoviek sa vyrábajú aj ako fototropné, polarizačné a fotopolarizačné šošovky. Hlavnou úlohou fototropných šošoviek je zmena intenzity zafarbenia v závislosti na intenzite slnečného žiarenia alebo svetla. Nevýhodou je, že fototropné šošovky sa zafarbujú aj vtedy, keď na nich nedopadá slnečné žiarenie priamo, ale odráža sa od ostatných plôch či predmetov. Tento problém sa dá sledovať aj opačne, pri procese odfarbovania šošovky. [5]

4.2 Bifokálne okuliarové šošovky

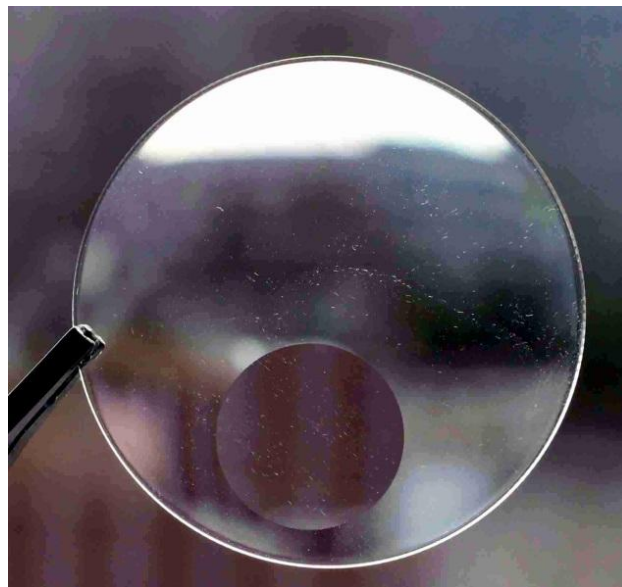
Na rozdiel od predchádzajúcej možnosti riešenia presbyopie, bifokálne šošovky sú riešením presbyopie v rámci jedných okuliarov. Bifokálne šošovky zahŕňajú v jednom ráme oblasť na videnie do diaľky a vďaka viditeľnému alebo neviditeľnému segmentu aj videnie na blízko. Majú dve oblasti a každá z nich má svoje ohnisko, hlavná časť je používaná na videnie do diaľky a segment v dolnej časti šošovky zase na blízku vzdialenosť.

Bifokálne šošovky sú dostupné v rôznych tvaroch a veľkostiach segmentu. Najčastejším typom sú bifokálne šošovky s D-segmentom (Obr. 4-1) vo veľkosti segmentu od 25 do 45 mm, najpoužívanejšia je veľkosť 28 mm a 35 mm. Ďalším typom sú bifokálne šošovky s okrúhlym segmentom (Obr. 4-2), ktorého veľkosť sa pohybuje od 22 do 38 mm. Veľkosť segmentu sa určuje podľa individuálnych potrieb klienta. Optika Čivice má vo svojej ponuke aj špeciálnu plastovú bifokálnu šošovku BIFO DOUBLE D28 (Obr. 6), ktorá má dva segmenty na blízko, v hornej a dolnej časti. Ďalšou možnosťou sú ešte bifokálne šošovky E-line, ktorých segment na blízku vzdialenosť zaberá celú spodnú polovicu šošovky (Obr. 4-3). Väčšine klientov postačuje na pohodlné čítanie bifokálna šošovka s D-segmentom. Výhodou bifokálnych šošoviek je kvalitné videnie na diaľku a blízko, ale nevýhodou je absencia videnia na strednú vzdialenosť. Prechod medzi videním do diaľky a na blízku vzdialenosť spôsobuje aj uskočenie vnímaného obrazu. Skok obrazu je spôsobený tým, že segment sa správa ako samostatná spojná šošovka a vytvára base-down prizmatický účinok v oblasti hornej hrany segmentu a optickým stredom segmentu. Najväčší skok obrazu je pozorovaný pri bifokálnych šošovkách s okrúhlym segmentom, asi o polovicu menší skok majú šošovky s D-segmentom. Pri E-line šošovkách sa skok obrazu nevyskytuje, pretože optický stred segmentu leží na hornej hrane segmentu. Klient, pre ktorého to budú prvé bifokálne okuliare, by mal byť upozornený na uskočenie obrazu, veľkosť

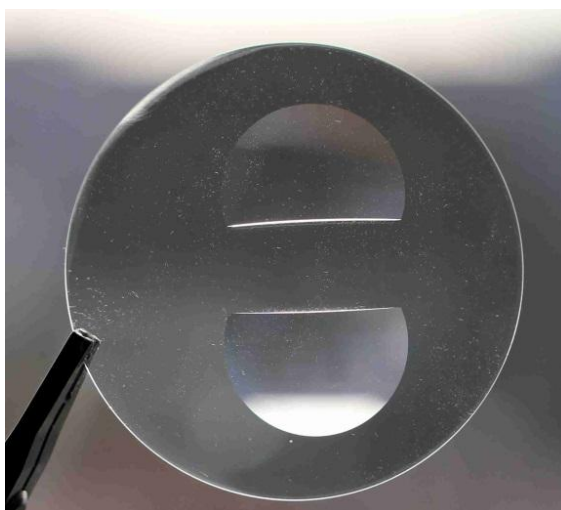
zorného poľa. Taktiež by si mal dávať pozor pri kráčaní a na schodoch, aby mu segment na blízku vzdialenosť neskreslil odhad vzdialenosti. Zorné pole cez segment sa znižuje so zvyšujúcou adíciou v dôsledku zväčšenia. Vodorovné zorné pole na 40 cm pri bifokálnych šošovkách s okrúhlym segmentom sa udáva na približne 28,1 cm a pre šošovky s D-segmentom veľkosti 35 mm na 47,4 cm. Priaznivá je pre klienta cena, ale esteticky nie každému vyhovuje viditeľnosť segmentu na blízko. [4, 20, 25, 29]



Obr. 4 Typy bifokálnych šošoviek: 1 s D-segmentom, 2 s okrúhlym segmentom, 3 a 4 E-line šošovky



Obr. 5 Bifokálna šošovka s okrúhlym segmentom



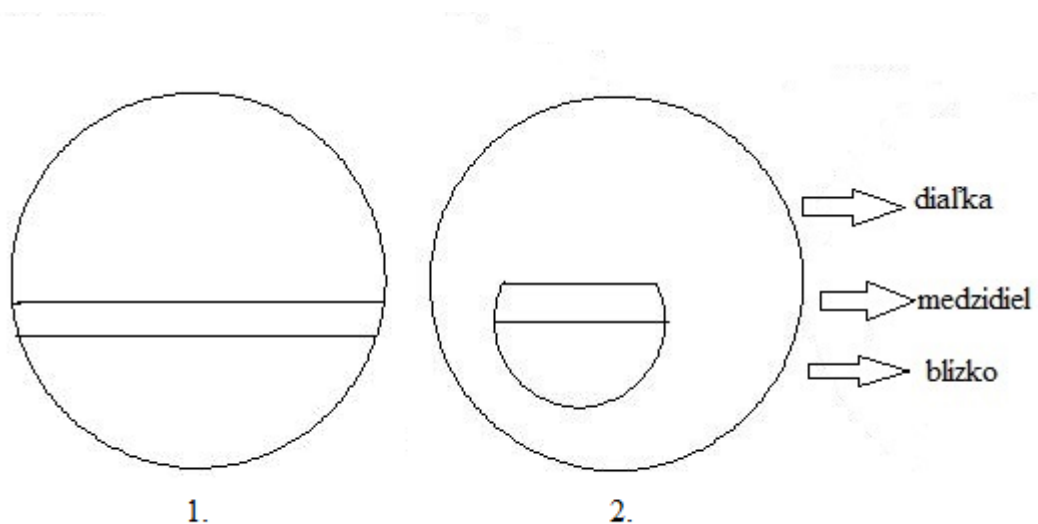
Obr. 6 Bifokálna šošovka BIFO DOUBLE D28

Bifokálne šošovky		
Firma	Plastové	Minerálne
OPTIKA ČIVICE	BIFO D28	BIFO SILIC C28
	BIFO C28	
	BIFO D35	
	BIFO D45	
	BIFO E-LINE	
DANA E VISION	BIFOMAX	
	BIFO S-28	BIFO S-28
	BIFO S-28 TRUEFORM	BIFO C-28
SAGITTA	FT 28 Orplas	D 28 Sagital
	CT 25 Orplas	
	FT XL Orplas	
	E-line Orplas	
	CATARACT LENTI ORPLAS	
ESSILOR	TELARC 28 ORMIX	
	ST 28 ORMA	
	ST 35 ORMA	
ZEISS	ZEISS bifo	
	SOLA bifo	
RODENSTOCK	COSMOLIT Bifo C28 AS	GRANDASIN C26
	BIFOLIT C26	GRANDALUX C28
	DUFOLIT S28	
	GRANDALIT C28	

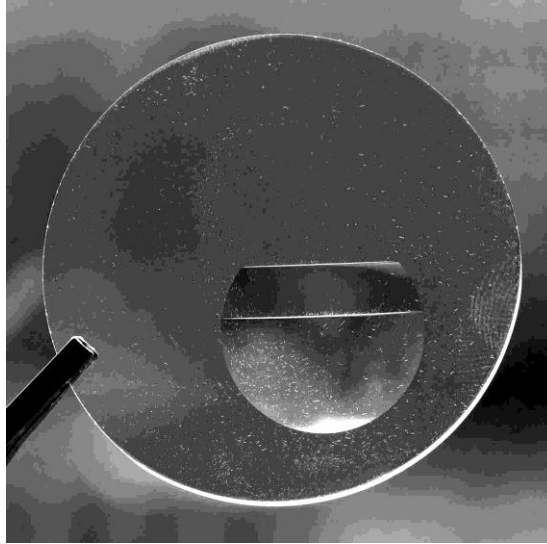
Tab. 13 Bifokálne šošovky

4.3 Trifokálne okuliarové šošovky

Trifokálne šošovky majú tri odlišné oblasti a každá z nich má svoju ohniskovú vzdialenosť. Trifokálne šošovky sú oproti bifokálnym šošovkám obohatené o medzidiel. Horná časť šošovky je na videnie do diaľky a taktiež ako u bifokálnych šošoviek je tam segment. Tento segment je rozdelený na dve sekcie, na medzidiel, ktorého úlohou je zmierniť ostrú zmenu medzi korekciou do diaľky a do blízka a pod ním je oblasť na videnie na blízku vzdialenosť. Medzidiel má väčšinou hodnotu $\frac{1}{2}$ adície a zabezpečuje videnia na dĺžku rúk alebo 60 cm a viac. Trifokálne šošovky sú dostupné v niekoľkých tvaroch a veľkostiach, E-line šošovky (Obr. 7-1), šošovky s D-segmentom (Flat-flop) širokým 28 alebo 35 mm (Obr. 7-2) alebo s okrúhlym segmentom. Najviac využívané sú šošovky s D-segmentom. Výška medzidielu u väčšiny trifokálnych šošoviek je 7 mm, šošovky s D-segmentom širokým 35 mm sa vyrábajú s výškou medzidielu aj 8 a viac mm. Trifokálne šošovky nie sú až takou častou voľbou medzi nositeľmi presbyopickej korekcie, sú vo veľkej miere nahradené progresívnymi šošovkami. [5, 20, 25]



Obr. 7 Trifokálne šošovky: 1. E-line, 2. s D-segmentom



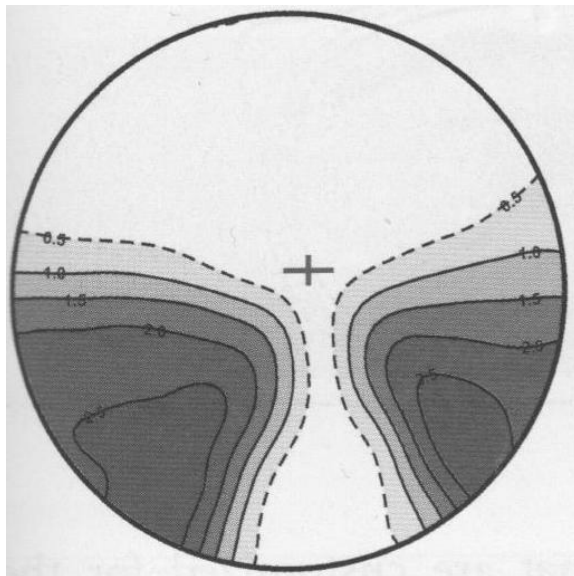
Obr. 8 Trifokálna šošovka

4.4 Progresívne okuliarové šošovky

V súčasnej dobe sa do popredia dostávajú ako možnosť riešenie presbyopie multifokálne alebo progresívne okuliarové šošovky. V jednom okuliarovom ráme poskytnú tieto šošovky videnie na všetky vzdialenosti. Optická mohutnosť progresívnych šošoviek sa smerom zhora dole plynule zvyšuje, čím je zabezpečené kvalitné videnie na diaľku, strednú vzdialenosť aj blízko. K zmene optickej mohutnosti dochádza zmenou zakrivení jednej alebo aj oboch plôch šošovky. Zakrivenie sa mení plynule a rôzne segmenty pre videnie na diaľku a blízko nie sú nijakým viditeľným spôsobom oddelené, čím sú tieto šošovky veľmi estetické. Plynulý prechod vylučuje vznik skoku obrazov a náhle zväčšenie obrazu. V hornej časti šošovky je stabilizované videnie do diaľky, v strednej časti je progresívny koridor, ktorý umožňuje sledovanie stredných vzdialeností a v spodnej časti je oblasť na stabilizované videnie na blízko. Tieto šošovky ako jediné umožňujú sledovanie celej oblasti stredných vzdialeností (od 50 cm do 1,5 m). Nositeľ tejto korekcie si vie nájsť v koridore celé spektrum stredných vzdialeností. Kým je adícia ešte nižšia, tak bifokálne alebo jednoohniskové okuliarové šošovky sú postačujúce, pretože funguje ešte zvyšková akomodácia, ktorá zabezpečí videnie na stredné vzdialenosti. S pribúdajúcim vekom a zvyšujúcou sa adíciou dochádza k zhoršeniu videnia na strednú vzdialenosť. [4, 20, 25, 29]

Progressívne šošovky môžu mať prednú plochu progresívnu a zadnú plochu sférickú, tórickú, asférickú alebo atórickú, alebo naopak. Je aj možnosť mať obe plochy progresívne. Progressívny design nie je rotačne symetrický, to spôsobí, že šošovka nie je po celom svojom obvode rovnako hrubá. [5]

Okrem výhod majú progresívne šošovky aj svoje nevýhody. Prvou z nich je užšie horizontálne zorné pole v strednej a spodnej časti šošovky, teda v oblasti na videnie na stredné vzdialenosti a blízko. S tým súvisí výskyt optických aberácií v okrajových častiach šošoviek. Dochádza tam k zmene sférickej aj cylindrickej mohutnosti, vzniká nežiaduci astigmatizmus. Čím vzdialenejšia je časť šošovky od progresívneho kanálu, tým sa zvyšujú nežiaduce účinky. Nežiaduci astigmatizmus, ale aj optickú mohutnosť zobrazujú grafické mapy. Sú to vrstevnicové diagramy, ktoré popisujú rozloženie optickej mohutnosti alebo astigmatizmu (Obr. 9). Mapa zobrazuje spojnice s rovnakou optickou mohutnosťou vyjadrenou v dioptriách. V súčasnosti sa všetky firmy, ktoré vyrábajú tieto šošovky, snažia vyriešiť nežiaduci astigmatizmus či skreslenie. [25, 29]



Obr. 9 Progressívna šošovka [25]

Nie každému nositeľovi presbyopickej korekcie progresívne šošovky vyhovujú, sú nositelia, ktorí z rôznych príčin túto korekciu nosiť ani nemôžu, napríklad anomálie v binokulárnom videní, citlivosť na závraty a kinetózu, rozsiahle požiadavky na zorné pole v oblasti na blízko alebo klienti, ktorí si nevedia zvyknúť na túto korekciu. [25]

4.5 Degresívne okuliarové šošovky

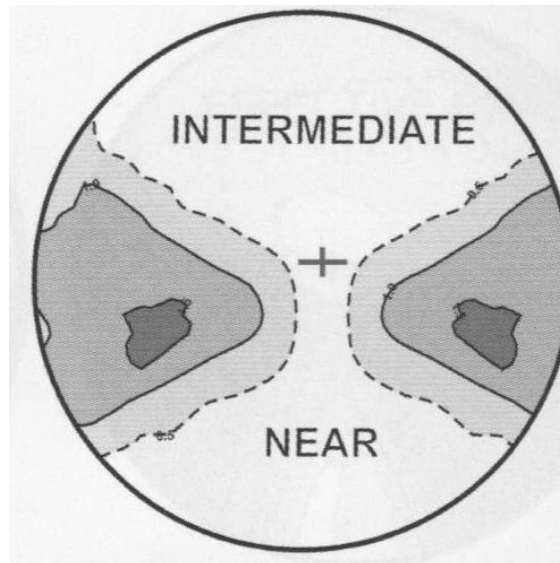
V súčasnej dobe pracuje veľmi veľa ľudí pri počítačoch, v rôznych kanceláriách, v administratíve. Neustále sa mení pracovná vzdialenosť, na ktorú sa musia oči prispôbiť. Je potrebné mať dokonalú ostrosť zraku na všetky vzdialenosti v rámci kancelárie alebo konkrétneho pracovného prostredia, od dvier, cez počítač až po materiály na stole. Voľbou môžu byť progresívne okuliarové šošovky, ale tieto majú úzke zorné pole pre stredné vzdialenosti a nositeľ pri pozeraní na strednú vzdialenosť môže mať nepohodlné držanie hlavy, čo vedie k bolestiam krku, hlavy či chrbtice. Toto podnietilo vznik degresívnych okuliarových šošoviek, nazývaných aj kancelárske, interiérové alebo pracovné. Sú jediné, ktoré ponúkajú kvalitné videnie na strednú vzdialenosť, ale úplne tam absentuje videnie do diaľky. Pracujú presne ako bežné progresívne šošovky, ale zóna na strednú vzdialenosť a blízko zaberá väčšiu plochu. Stredná vzdialenosť je pre každého individuálna, preto v ponukách firiem sú tieto šošovky ponúkané v niekoľkých variantoch. Degresívne okuliarové šošovky sú určené len na nosenie v interiéri, nie sú určené napríklad na šoférovanie.



Obr. 10 Rozsah zorného poľa s degresívnou šošovkou k počítaču a do miestnosti [30]

Degresívne šošovky dostali názov podľa toho, že najväčšia sila je v spodnej časti a smerom hore dochádza k poklesu, teda k degresii. Každá šošovka s progresívnym charakterom má periférny nežiaduci astigmatizmus. Degresívne šošovky majú tento nežiaduci astigmatizmus umiestnený vyššie ako progresívne šošovky, ale zase je viac periférne umiestnený. Šírka koridoru je väčšia a veľkosť nežiaduceho astigmatizmu

bude menšia ako u progresívnych šošoviek. Dôvodom je, že degresívne šošovky neobsahujú korekciu do diaľky a polia so silou výkonu sú od seba ďalej. [31]



Obr. 11 Degresívna šošovka [25]

4.5.1 Interiérové šošovky od firmy Optika Čivice

Optika Čivice má vo svojej ponuke interiérové šošovky INTACT a AC-OFFICE. Degresívna šošovka INTACT je vyvinutá na prácu na blízko a strednú vzdialenosť, teda obsiahne celé pracovné prostredie. Vyrába sa v 3 typoch. Typ 100 zabezpečí ostré videnie na vzdialenosť 35 cm až 1 m. Vhodná je na pracovisko za počítačom. Typ 200 umožňuje ostré videnia od 35 cm do 2 m, čím je pohodlné videnia v rozsahu pracovného stola. Posledným typom je Typ 400, pri ktorom je ostré videnia od 35 cm do 4 m, čo obsiahne priestor celej kancelárie. S predlžujúcim typom sa zorné pole mierne znižuje. Pre klientov, ktorým by nevyhovoval výber z týchto typov, existuje Systém Individual, pomocou ktorého sa dá presne definovať pracovná vzdialenosť podľa konkrétnych požiadaviek klienta.

Pri objednávaní šošoviek sa udáva refrakčná hodnota do diaľky a adícia a vyberá sa vhodný typ pre zákazníka alebo sa zvolí System Individual. Šošovky INTACT sa

vyrábajú plastové s indexom lomu 1,5 až 1,74 alebo nerozbitné Trilogy 1,53 a Tribriid 1,6.

Optika Čivice ponúka ešte šošovky AC-OFFICE, ktoré sú vhodné k počítaču. Majú široké zorné pole na blízku a kratšiu strednú vzdialenosť. Vyrábajú sa v dvoch variantoch, Typ A s degeneriou 0,75 D a Typ B s degeneriou 1,25 D. [30]

4.5.2 Interiérové šošovky od firmy Danae Vision

Firma Danae Vision má vo svojej ponuke interiérové multifokálne šošovky OfficeMAX⁺ a pre náročnejších klientov ponúkajú OfficeMAX⁺ Individual, ktoré sú vhodné pre klientov s neštandardnou vzdialenosťou medzi zrenicami alebo pri výbere rámu s väčším zakrivením a náklonom.

Podľa najviac využívaných pracovných vzdialeností, majú na výber z 3 variantov šošoviek:

- OfficeMAX⁺ Computer – pracovná vzdialenosť od 35 - 130 cm
- OfficeMAX⁺ Work – pracovná vzdialenosť od 35 - 200 cm
- OfficeMAX⁺ Business – pracovná vzdialenosť od 35 – 400 cm

Pri objednávaní šošoviek je potrebné zadať refrakciu do diaľky a adíciu, výška degenerie je automaticky vypočítaná podľa vybranej maximálnej pracovnej vzdialenosti. [32]

4.5.3 Interiérové šošovky od firmy Hoya

Interiérová šošovka Hoyalux iD WorkStyle V+ od firmy Hoya je taktiež ako u ostatných firiem ponúkaná v troch dizajnových variantoch. Firma Hoya využíva Binokulárnu harmonizačnú technológiu, ktorej úlohou je posúdiť dioptrie pre pravé a ľavé oko zvlášť a optimalizovať dĺžku koridoru a distribúciu progresie. Každý variant je prispôsobený na inú pracovnú vzdialenosť. Hoyalux iD WorkStyle V+ CLOSE je obojstranne individualizovaná šošovka určená na blízku a strednú vzdialenosť približne do 1,5 m v závislosti od adície. Cieľovou skupinou sú zubári, zlatníci, modelári a iný remeselní pracovníci. Na blízku a strednú vzdialenosť do 2 m je optimálna šošovka Hoyalux iD WorkStyle V+ SCREEN. Odporúča sa pre klientov, ktorí pracujú za počítačom. Poslednou z troch variantov je šošovka Hoyalux iD WorkStyle V+ SPACE,

ktorá zabezpečuje kvalitné videnie na stredné vzdialenosti a diaľku, vhodná pre pracovníkov vo väčších kanceláriách.

V ponuke sa ešte nachádzajú šošovky AddPower, ktoré sú určené na čítanie a vzdialenosť do 60 cm, Lecture B, ktoré v závislosti od adície (maximálne do 2,25D) umožňujú videnie do 2-4 m a šošovky Tact 200 a Tact 400. Tact 200 je pre klientov, ktorí dlhodobo pracujú za kancelárskym stolom, hĺbka zorného poľa je do 2 m. Tact 400 garantuje zorné pole do 4 m. [33]

4.5.4 Interiérové šošovky od firmy Sagitta

Sagitta má vo svojom portfóliu šošovky FREELUX[®] OPERATOR, určené pre klientov pracujúcich v kanceláriách. Umožňujú videnie až do 4 m, čo zahŕňa celú strednú vzdialenosť. [34]

4.5.5 Interiérové šošovky od firmy Zeiss

Firma Zeiss má v ponuke tiež niekoľko verzií kancelárskych šošoviek pod názvom Zeiss Office Lens. V spoločnosti Carl Zeiss Vision vyvinuli technológiu pre určovanie maximálnej strednej vzdialenosti (Maximum Intermediate Distance = M.I.D.), ktorá umožňuje splniť individuálne potreby vzdialeností nositeľa okuliarov. M.I.D. hodnota je vzdialenosť, na ktorú potrebuje klient na pracovisku vidieť ostro a kvalitne.

- Počítačové okuliare s okuliarovou šošovkou „Book“: tieto šošovky sú určené na čítanie, teda na blízku vzdialenosť a maximálnu strednú vzdialenosť 1 m. Jednoohniskové okuliare sú určené na fixnú vzdialenosť, šošovky „Book“ ponúkajú širšie zorné pole a vzdialenosť na čítanie je flexibilná.
- Počítačové okuliare s okuliarovou šošovkou „Near“: maximálna vzdialenosť je 2 m, čím sa zabezpečí kvalitné videnia na čítanie a na strednú vzdialenosť, do ktorej spadá počítač.
- Počítačové okuliare s typom šošovky „Room“: maximálnou vzdialenosťou pre kvalitné a ostré videnie sú 4 m, ktoré zodpovedajú typickej izbovej vzdialenosti. Sú určené pre zákazníkov, ktorí pracujú striedavo na blízko, na vzdialenosť počítača a na dĺžku svojej kancelárie.

- Počítačové okuliare s okuliarovou šošovkou „Individual“: Pre náročnejší klientov, ktorým nevyhovujú vyššie spomínané šošovky, je riešením „Individual“. Táto verzia je prispôbena na mieru každému klientovi, podľa jeho pracovných požiadaviek. Maximálna stredná vzdialenosť je stanovená na základe jeho údajov. Šošovka je prispôbena aj rámu, tvári a pracovnej vzdialenosti na blízku vzdialenosť konkrétneho klienta. [35, 36, 37]

4.5.6 Interiérové šošovky od firmy Rodenstock

Tak ako väčšina firiem aj firma Rodenstock vyrába šošovky v troch variantoch. Okuliarová šošovka Ergo[®] Book je určená na pohodlné videnia na blízko a strednú vzdialenosť do približne 90 cm. Ergo[®] PC je šošovka určená na pracovnú vzdialenosť do 1,2 m, čo zahŕňa prácu za počítačom. Ergo[®] ROOM sú pracovné šošovky pre klientov, ktorí potrebujú kvalitne vidieť do vzdialenosti 5 m. Vhodné pre ľudí, ktorí pracujú aj so zákazníkmi, na recepciách a podobne.

Do skupiny Rodenstock Perfection patria pracovné šošovky Impression Ergo[®] 2 a Impression Ergo FS[®] 2. K Rodenstock Excellence patrí šošovka Multigressiv Ergo[®] 2. Pomer kvalita a cena zaručuje šošovka Progressiv Ergo[®]. [38]

4.5.7 Interiérové šošovky od firmy Essilor

V ponuke firmy Essilor sú degresívne šošovky pod názvom VARILUX Computer 2V a VARILUX Computer 3V.

- VARILUX Computer 2V - šošovka má širokú oblasť pre bližšiu strednú vzdialenosť a blízko. Vhodné pre užívateľov, ktorí dlhodobo pracujú s počítačom.
- VARILUX Computer 3V - šošovka má široké zorné pole do blízka a strednú vzdialenosť. Umožňuje interakciu medzi obrazovkou počítača a pracovným prostredím.

Pri objednávaní VARILUX Computer je k dispozícii od firmy Essilor tabuľka podľa ktorej sa dá riadiť (Obr. 12) a vybrať vhodnú šošovku. Vyberáme podľa adície a pracovnej vzdialenosti klienta. [39]



		Požadovaná vzdálenost						
		< 0,5 m	1 m	1,5 m	2 m	2,5 m	3 m	> 3 m
Adice								
1,00	Jednohřískové	Varilux Computer 2 V	Varilux Computer 2 V	Varilux Computer 2 V	Varilux Computer 2 V	Varilux Computer 2 V	Varilux Computer 2 V	Varilux Computer 3 V redukce 1,00
1,50	Varilux Computer 2 V	Varilux Computer 2 V	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,50
2,00	Varilux Computer 2 V	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,50	Varilux Computer 3 V redukce 1,50	Varilux Computer 3 V redukce 2,00
2,50	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,50	Varilux Computer 3 V redukce 1,50	Varilux Computer 3 V redukce 1,50	Varilux Computer 3 V redukce 2,00	Varilux Computer 3 V redukce 2,50
3,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,50	Varilux Computer 3 V redukce 1,50	Varilux Computer 3 V redukce 2,00	Varilux Computer 3 V redukce 2,00	Varilux Computer 3 V redukce 2,50	-
3,50	Varilux Computer 3 V redukce 1,00	Varilux Computer 3 V redukce 1,50	Varilux Computer 3 V redukce 1,50	Varilux Computer 3 V redukce 2,00	Varilux Computer 3 V redukce 2,50	Varilux Computer 3 V redukce 2,50	-	-

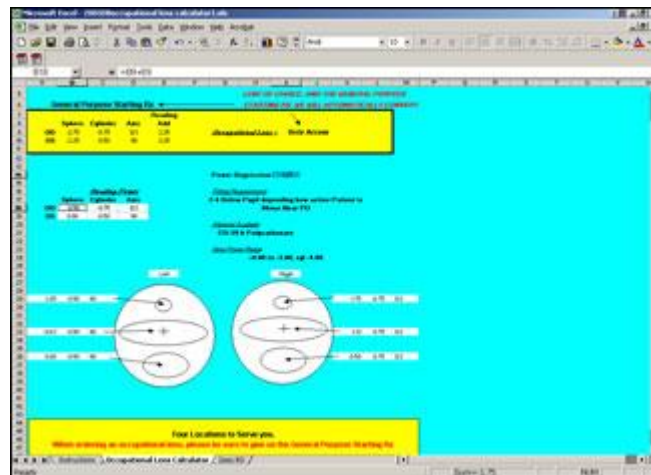
Obr. 12 Tabuľka na výber vhodnej šošovky VARILUX Computer [40]

5. Occupational Lens Calculator

Firma Homer Optical Company bola založená v roku 1973 a funguje ako laboratórium a nezávislý očný špecialista. V roku 2006 ju získala firma Essilor a zapojila ju do siete svojich laboratórií.

Jedným z ich produktov je Occupational Lens Calculator alebo kalkulačka na prepočet dioptrií pri degresívnych šošovkách. Táto kalkulačka je voľne dostupná na ich webovej stránke <http://www.homeroptical.com/calculator.html> vo forme Microsoft Excel.

V kalkulačke sa dá vybrať degresívna šošovka od firmy Essilor, Zeiss, Nikon, Sola a Shamir. Pri každej šošovke ukazuje jej silu degresie, materiál, výrobný rozsah a požiadavky na výrobu. Vložia sa tam konkrétne dioptrie klienta na diaľku a adícia. Kalkulačka prepočíta dioptrie na blízko a v nákrese šošoviek sa ukáže prepočet na strednú vzdialenosť, bližšiu strednú vzdialenosť a na blízko. [41]



Obr. 13 Occupational Lens Calculator [41]

V niekoľkých tabuľkách a grafoch je ukázané ako pracuje táto kalkulačka a ako sa postupne menia dioptrie pri rôznych vzdialenostiach. Nevýhodou tejto kalkulačky je, že pri vybraných šošovkách sa neudávajú jednotlivé stredné vzdialenosti. V tabuľkách sú zvolené vzdialenosti podľa šošovky Shamir Office, ktoré uvádzajú na svojej webovej stránke, a teda blízko 0,3 m, bližšia stredná vzdialenosť (b. stred. v.) 0,6 m a stredná

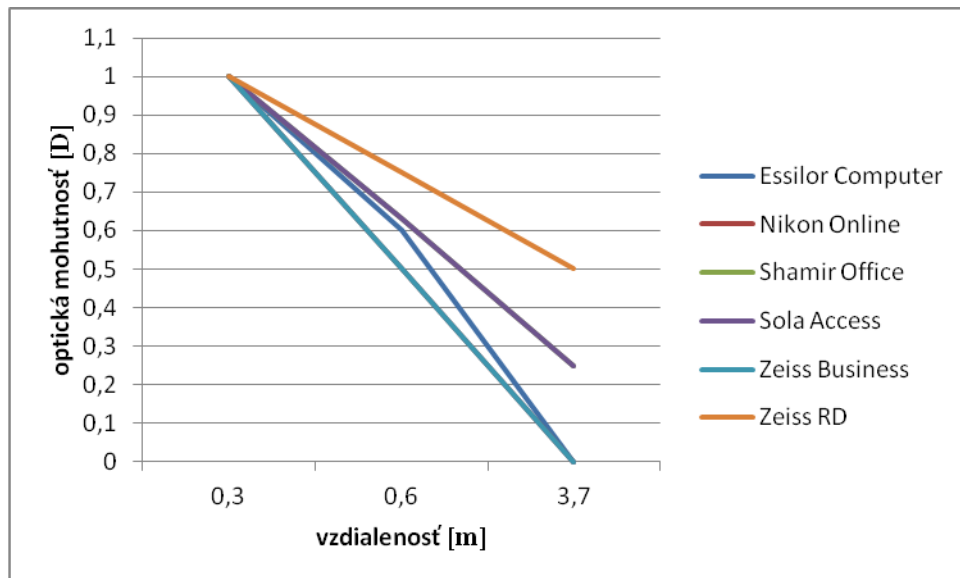
vzdialenosť (stred. v.) 3,7 m. Podľa týchto vzdialeností boli zostavované grafy, ktoré majú byť len ukážkou, ako sa mení dioptrická hodnota jednotlivých okuliarových šošoviek.

Taktiež pri vyrábaní tabuliek a grafov sa zistila chyba, že sa nedá navoliť adícia + 3 a + 3,25 D, takže prepočet s touto adíciou sa nedá v tomto programe vykonať. Ďalšou nevýhodou je, že šošovky od Nikon alebo Shamir nie sú na našom trhu veľmi využívané. Taktiež od firmy Zeiss sa degresívne šošovky predávajú pod inými názvami.

Tabuľky sú zostavené podľa veku a k veku prislúchajúcej adícii, ktorá je uvedená v tab. 10. Zvolená korekcia do diaľky je plan (0 D). Niekedy pri prepočtoch sa hodnoty dioptrií viacerých šošoviek zhodovali, napr. v tab. 14 Nikon Online a Zeiss Business alebo Shamir Office a Sola Access.

Diaľka: plan Vek: 45 rokov ADD: +1 D						
	Essilor Computer	Nikon Online	Shamir Office	Sola Access	Zeiss Business	Zeiss RD
blízko (0,3 m)	1	1	1	1	1	1
b. stred.v. (0,6 m)	0,6	0,5	0,63	0,63	0,5	0,75
stred. v. (3,7 m)	0	0	0,25	0,25	0	0,5

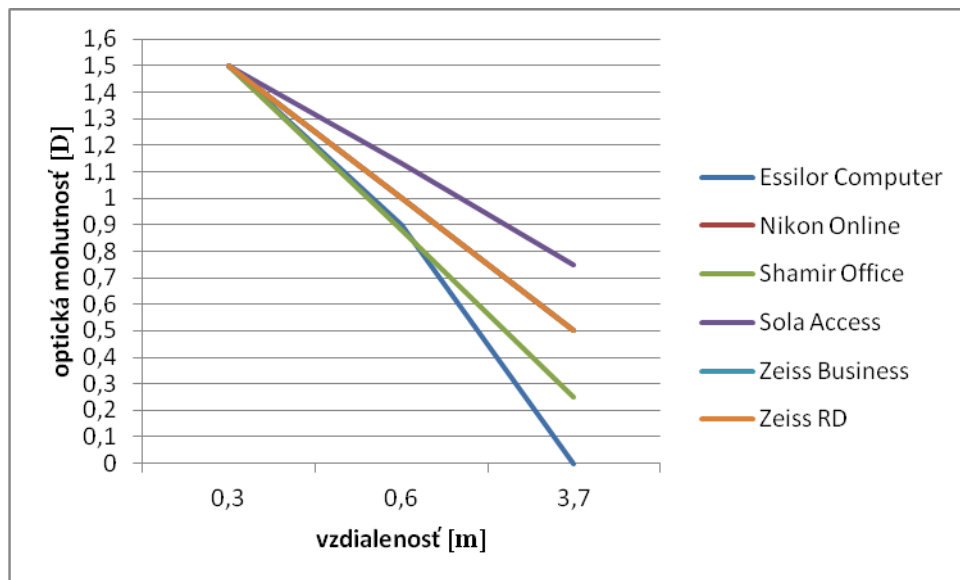
Tab. 14 Hodnoty dioptrií pre 45-ročného presbyopa s adícou +1 D a plan korekciou do diaľky



Graf 1 Priebeh zmeny optickej mohutnosti pre 45-ročného presbyopa s adícou +1 D a plan korekciou do diaľky

Diaľka: plan vek: 48 rokov ADD: +1,5 D						
	Essilor Computer	Nikon Online	Shamir Office	Sola Access	Zeiss Business	Zeiss RD
blízko (0,3 m)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
b. sred. v. (0,6 m)	0,9	1	0,88	1,13	1	1
stred. v. (3,7 m)	0	0,5	0,25	0,75	0,5	0,5

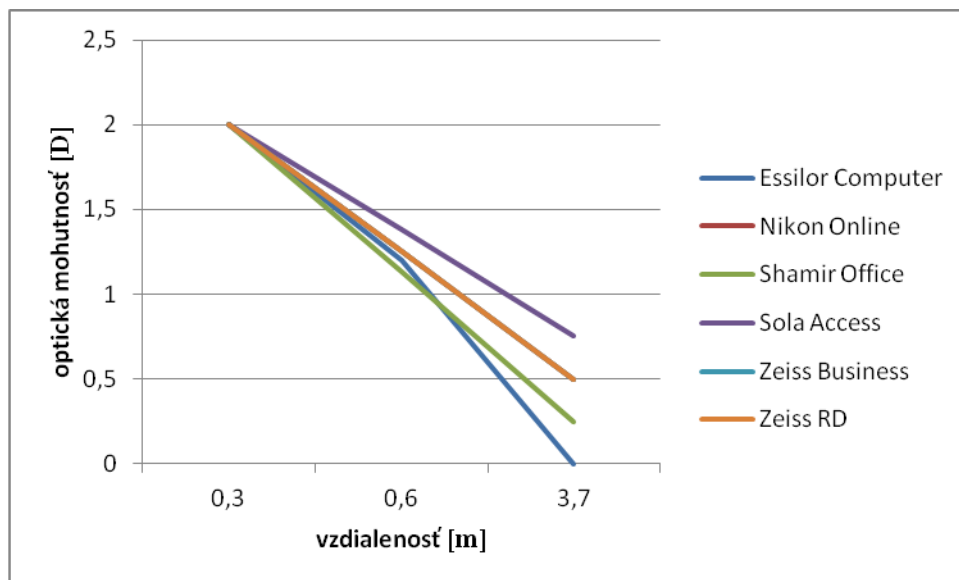
Tab. 15 Hodnoty dioptrií pre 48-ročného presbyopa s adícou +1,5 D a plan korekciou do diaľky



Graf 2 Priebeh zmeny optickej mohutnosti pre 48-ročného presbyopa s adíciou +1,5 D a plan korekciou do diaľky

Diaľka: plan vek: 50 rokov ADD: + 2 D						
	Essilor Computer	Nikon Online	Shamir Office	Sola Access	Zeiss Business	Zeiss RD
blízko (0,3 m)	2	2	2	2	2	2
b. stred. v. (0,6 m)	1,2	1,25	1,13	1,38	1,25	1,25
stred. v. (3,7 m)	0	0,5	0,25	0,75	0,5	0,5

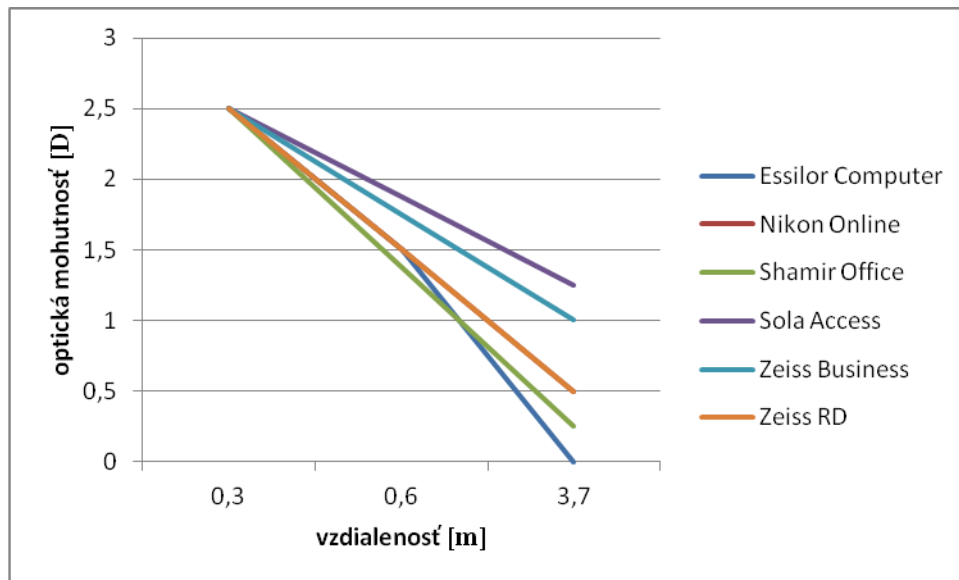
Tab. 16 Hodnoty dioptrií pre 50-ročného presbyopa s adíciou +2 D a plan korekciou do diaľky



Graf 3 Priebeh zmeny optickej mohutnosti pre 50-ročného presbyopa s adíciou +2 D a plan korekciou do diaľky

Diaľka: plan vek: 55 rokov ADD: + 2,5						
	Essilor Computer	Nikon Online	Shamir Office	Sola Access	Zeiss Business	Zeiss RD
blízko (0,3 m)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
b. sred. v. (0,6 m)	1,5	1,5	1,38	1,88	1,75	1,5
stred. v. (3,7 m)	0	0,5	0,25	1,25	1	0,5

Tab. 17 Hodnoty dioptrií pre 55-ročného presbyopa s adíciou +2,5 D a plan korekciou do diaľky



Graf 4 Priebeh zmeny optickej mohutnosti pre 55-ročného presbyopa s adíciou +2,5 D a plan korekciou do diaľky

Grafy a tabuľky sú názornou ukážkou odlišnosti jednotlivých degeneratívnych šošoviek od rôznych firiem pre jedného klienta. Priebeh degenerácie je plynulý u každej šošovky z ponuky kalkulačky. Šošovky od firmy Essilor a Shamir majú rýchlejšiu degeneráciu, sú vhodnejšie na bližšie vzdialenosti. Pomalší priebeh degenerácie je u šošoviek od firmy Zeiss alebo Sola, kde pre klienta s plan korekciou do diaľky je na strednú vzdialenosť (stred. v.) určitá hodnota dioptrií. Firma Essilor pre takéhoto klienta pre strednú vzdialenosť s korekciou neráta, čo vychádza aj z názvu šošovky Essilor Computer. Táto šošovka zabezpečí kvalitné videnie len na oblasť počítača, ale nie na väčšiu vzdialenosť. Firma Zeiss je v ponuke kalkulačky 2-krát, čím sa dajú porovnať dva varianty šošoviek. Zeiss Business ako vidno z grafov je prispôbená na stredné vzdialenosti, je tam pomalšia degenerácia, čo predurčuje túto šošovku na nosenie vo väčších priestoroch. Zeiss RD má degeneráciu rýchlejšiu, tým sa skracuje aj pracovná vzdialenosť. Šošovka Nikon Online sa v každej tabuľke zhoduje buď so šošovkou Zeiss RD, alebo Zeiss Business.

Záver

Práca optometristu okrem merania zraku zahŕňa aj poradenstvo pri výbere okuliarového rámu a okuliarových šošoviek. Ak chceme, aby naši klienti boli spokojní, musíme im vedieť kvalitatne a odborne poradiť a vysvetliť im, prečo podľa nás je táto šošovka pre nich najvhodnejšia. Naším cieľom by nemalo byť odporúčenie najdrahšej šošovky klientovi, ale jeho spokojnosť s videním. Ak chceme byť odborníkmi, musíme sami poznať vlastnosti šošoviek, materiály a rôzne typy šošoviek, taktiež aj novinky na trhu. Táto bakalárska práca je súhrnným textom o okuliarových šošovkách. Dôležité bolo dozvedieť sa o tejto téme viac a vedieť sa lepšie orientovať v danej problematike. Keďže súčasná doba si vyžaduje prácu s počítačmi, sú ideálnym riešením pre presbyopických klientov práve degresívne šošovky, ktorým je venovaná pozornosť spomedzi všetkých ostatných typov šošoviek najviac. Veľkým prínosom je Occupational Lens Calculator, pretože kalkulačka nám môže pomôcť a urýchliť prácu, aby sme vedeli klientovi ukázať ako bude vidieť na strednú a bližšiu strednú vzdialenosť bez našich prepočtov.

Literatúra

- [1] VYŠÍN, I., ŘÍHA, J. *Paprsková a vlnová optika*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3334-9
- [2] ZÁMEČNÍK, J. *Prehľad fyziky 2*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 2002. ISBN 80-08-02999-4
- [3] NAJMAN, L. *Dílenská praxe očního optika*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-7013-328-7
- [4] Katalóg produktů oční optiky – Optika Čivice
- [5] VESELÝ, P., ŠIMOVIČ, P., PETROVÁ, S. *Konvenční a Free- Form technologie výroby brýlových čoček*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2014. ISBN 978-80-7013-566-2
- [6] http://www.ecpmag.com/1webmagazine/2008/08aug/content/through_the_lens/abbe-number.asp [cit. 2015-11-10]
- [7] Katalóg OPTISCHES GLAS od SPEZIAL-GLAS G.M.B.H.
- [8] BAJER, J. *Optika 1*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4532-8
- [9] Zeiss. *Optical Parameters* [online]. © 2014 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: http://www.zeiss.com/vision-care/en_de/eye-care-professionals/optical-knowledge/optical-basics/optics-the-eye/optical-parameters.html
- [10] Nové technologie, Výskumné centrum Západočeské univerzity v Plzni. *Propustnost* [online]. © 2016+ [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://ttp.zcu.cz/cz/laboratore/opticke-vlastnosti/opticke-vlastnosti/propustnost>
- [11] Astronyx. *Optické filtre pri astronomických pozorovaniach* [online]. © 2016+ [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://www.astronyx.sk/index.php/navody-a-manualy/astronomicke-dalekohlady/97-opticke-filtre>

- [12] Optika Siloe. *Slovník pojmů* [online]. © 2016+ [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://www.optikasiloe.eu/sk/slovník-pojmů>
- [13] WAGNER, J. *Chemická odolnost skla - výukové materiály k predmetu Brýlová technologie 2*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2015
- [14] LMP s.r.o. *Polymethylmethakrylát (PMMA)* [online]. © 2008 [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: <http://www.lpm.cz/cgi-bin/riweta.cgi?nr=2610&lng=1&popup=2>
- [15] LMP s.r.o. *Polykarbonát (PC)* [online]. © 2008 [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: <http://www.lpm.cz/cgi-bin/riweta.cgi?nr=2301&lng=1&popup=2>
- [16] DEMKANIN, P., HORVÁTHOVÁ, M. *Fyzika pre 3. ročník gymnázia a 7. Ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Prievidza: združenie EDUCO, 2012. ISBN 978-80-89431-35-9
- [17] PIŠŮT, J. a kol. *Fyzika pre 4. ročník gymnázií*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1995. ISBN 80-08-00484-3
- [18] NAJMAN, L. *Základy brýlové optiky 6. část*. Česká oční optika, roč. 51, 2010, č. 2, str. 36-39, ISSN 1211-233X
- [19] Ophthalmic Lenses. *Story of CR-39!* [online]. © [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <http://ophthalmiclenses.blogspot.cz/2011/07/story-of-cr-39.html>
- [20] RUTRLE, M. *Brýlová technika, estetika a přizpůsobování brýlí*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-7013-347-3
- [21] Mitsui Chemicals, INC. *MRTM Lens* [online]. © 2016+ [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: http://www.mitsuichem.com/special/mr/resources/img/MR_Brochure_en.pdf a http://www.mitsuichem.com/service/healthcare/healthcare_materials/mr-series/index.htm
- [22] AUTRATA, R. ČERNÁ, J. *Nauka o zraku*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. ISBN 80-7013-362-7.

- [23] PLUHÁČEK, F. *Myopia, hypermetropia, presbyopická korekcia* – výukové materiály k predmetu Korekce zraku I, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2013.
- [24] PLUHÁČEK, F. *Myopia, hypermetropia, astigmatismus, presbyopia, akomodácia* – výukové materiály k predmetu Fyziologická optika, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2013.
- [25] PALLIKARIS, I., PLAINIS, S., CHARMAN, N.W. *Presbyopia: Origins, Effects, and Treatment*. Thorofare: SLACK Incorporated, 2012. ISBN 978-1-61711-026-9
- [26] PLUHÁČEK, F. *Amplitúda akomodácie* – výukové materiály k predmetu Korekcia zraku 2, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2014.
- [27] KVAPILÍKOVÁ, K. *Práce a vidění*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999. ISBN 80-7013-275-2
- [28] POLÁŠEK, J. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Očná optika, 1974.
- [29] ESSILOR. *Listy očních optiků – Progresivní čočky*. Varilux University. 2007
- [30] Optika Čivice. *Interiérové brýlové čočky* [online]. cit. 2016-03-21. Dostupné z: <http://www.optikacivice.cz/interierove.aspx?langId=1>
- [31] SHEEDY, J. E. *The optics of occupational progressive lenses*. Optometry - Journal of the American Optometric Association, roč. 76, 2005, č. 8, str. 432-441, ISSN 1558-1527
- [32] Danae Vision. *Interiérové a pracovné multifokály* [online]. © 2011 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <http://danae.sk/okuliarove-sosovky/interierove-multifokaly/>
- [33] Hoya. *Indoor čočky* [online]. © [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: http://www.hoyavision.cz/index.php?SID=56f029311c03a363114914&page_id=17362
- [34] Sagitta. *Okuliare na čítanie* [online]. © 2014-2016 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <http://www.sagitta.sk/okuliarove-sosovky-citanie/>

- [35] Zeiss. *Brylové čočky pro práci* [online]. © 2014 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: http://www.zeiss.cz/vision-care/cs_cz/zeiss-vyrobky/brylove-cocky-pro-bryle-k-poitaci.html
- [36] Zeiss. *Počítačové brýle: to pravé pro pracoviště* [online]. © 2014 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: http://www.zeiss.cz/vision-care/cs_cz/better-vision/porozumneni-videni/brylove-cocky-a-reseni-vaseho-videni/pocitacove-bryle-to-prave-pro-pracoviste.html
- [37] Zeiss. *Lepší vidění a více pohodlí při práci* [online]. © 2014 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: http://www.zeiss.cz/vision-care/cs_cz/better-vision/lepsi-videni-s-zeiss/individualni-brylove-cocky-zeiss/lepsi-videni-a-vice-pohodli-pri-praci.html
- [38] Rodenstock. *Väčšie uvoľnenie pri práci s pracovnými šošovkami Ergo®* [online]. © 2016 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <http://www.rodenstock.sk/sk/sk/okuliarove-sosovky/pracovne-okuliare.html>
- [39] Essilor. *Visionary lenses for the computer generation* [online]. © [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.essilorpro.co.uk/SiteCollectionDocuments/Lens%20Brochures/Varilux%20Computer%20Brochure.pdf>
- [40] Essilor Computer. *Požadovaná vzdálenost*.
- [41] Homer Optical Company. *Homer's Occupational Lens Calculator* [online]. © [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.homeroptical.com/calculator.html>