

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI

KATEDRA OPTIKY

# **Vliv kvality zraku v dopravě**

Bakalářská práce

VYPRACOVALA:

Barbora Púčková

obor 534R008 OPTOMETRIE

studijní rok 2018/2019

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Mgr. Jana Knopfová

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma vliv kvality zraku v dopravě vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Jany Knopfové za použití literatury, jež uvádím v závěru práce.

V Olomouci dne 7.5.2019

.....

Barbora Půčková

### **Poděkování**

Děkuji Mgr. Janě Knopfové za její odborné vedení, pomoc a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Ráda bych také věnovala svůj dík mé rodině a přátelům, kteří mne neustále podporovali a povzbuzovali.

Tato práce byla vytvořena za podpory projektů IGA PřF UP v Olomouci s názvem “Optometrie a její aplikace“, č. IGA\_PrF\_2018\_007 a IGA\_PrF\_2019\_005.

# Obsah

Úvod.....	6
1 Zrakové funkce .....	7
1.1 Zraková ostrost.....	7
1.1.1 Vyšetřovací metody.....	8
1.2 Zorné pole .....	10
1.2.1 Vyšetřovací metody.....	10
1.2.1.1 Orientační vyšetření .....	11
1.2.1.2 Perimetrie .....	11
1.2.2 Poruchy zorného pole .....	12
1.3 Barvocit .....	14
1.3.1 Vyšetřovací metody.....	14
1.3.2 Poruchy barvocitu.....	16
1.4 Adaptace.....	17
1.4.1 Vyšetřovací metody.....	18
1.4.2 Poruchy adaptace.....	19
1.5 Kontrastní citlivost.....	20
1.5.1 Vyšetřovací metody.....	21
1.5.2 Poruchy kontrastní citlivosti.....	22
2 Stanovené normy pro řidiče .....	23
2.1 Skupiny řidičů silničního provozu .....	23
2.2 Stav zraku a jeho vliv na řidičské oprávnění .....	24
2.2.1 Stav zraku vylučující zdravotní způsobilost.....	24
2.2.2 Stav zraku podmiňující zdravotní způsobilost .....	25
2.3 Pravidelné lékařské prohlídky řidičů motorových vozidel .....	26
2.4 Harmonizační kódy uváděné v řidičském průkazu .....	27
3 Zrakové funkce řidičů a jejich poruchy .....	28
3.1 Význam zrakových funkcí v dopravě .....	28
3.1.1 Zraková ostrost .....	28
3.1.2 Zorné pole.....	29
3.1.3 Barvocit .....	30
3.1.4 Adaptace, kontrastní citlivost a oslnění.....	31
3.1.5 Prostorové vidění.....	31
3.2 Poruchy zraku ovlivňující vidění řidičů při řízení .....	32

3.2.1	Refrakční vady.....	32
3.2.1.1	Myopie .....	33
3.2.1.2	Hypermetropie .....	35
3.2.1.3	Astigmatismus .....	36
3.2.1.4	Presbyopie.....	37
3.2.2	Oční choroby .....	38
3.2.2.1	Katarakta .....	38
3.2.2.2	Glaukom.....	39
3.2.2.3	Věkem podmíněná makulární degenerace .....	41
3.2.3	Celková onemocnění .....	42
3.2.3.1	Diabetes mellitus.....	42
3.2.3.2	Cévní onemocnění .....	42
3.2.3.3	Další celková onemocnění .....	43
	Závěr .....	44
	Seznam literatury: .....	46
	Seznam obrázků: .....	50

# Úvod

Počet účastníků silničního provozu neustále roste. Vlastnit v dnešní době řidičský průkaz je v podstatě samozřejmostí. Otázkou však zůstává, zda jsou samozřejmé také pravidelné kontroly zraku a zda řidiči motorových vozidel usedají za volant pouze s vědomím, že jejich zrakové funkce jsou optimální, a neohrožují tak nejen sebe, ale i ostatní zúčastněné.

Cílem mé bakalářské práce je uvést důležitost zrakových funkcí řidičů při řízení motorového vozidla a informovat o negativních dopadech refrakčních vad, častých očních chorob a celkových onemocněních na vidění řidičů při řízení.

První kapitola bude věnována zrakovým funkcím. Budou zde zmíněny takové zrakové funkce, jejichž dostatečná kvalita je nezbytnou nutností pro obdržení řidičského oprávnění a dále ty, které mohou vnímání řidičů taktéž ovlivnit. Zaměřím se rovněž na možnosti vyšetření těchto funkcí a jejich poruchy.

V druhé kapitole budou uvedeny zákonem stanovené normy řidičů motorových vozidel týkající se vizuálních standardů. Zmíním zde stavy zraku, jež jsou zcela vylučující pro obdržení řidičského průkazu, nebo podmiňují souhlas specialisty z oboru lékařství. Čtenář se zde dále bude moci dozvědět, co jsou to harmonizační kódy uváděné v řidičských průkazech, co jednotlivá označení představují a jak časté jsou povinné lékařské prohlídky účastníků silničního provozu.

Třetí a zároveň poslední kapitola je stěžejní. V první podkapitole se zaměřím na důležitost a význam konkrétních zrakových funkcí řidičů při řízení motorového vozidla a ve druhé části se budu věnovat důsledkům poruch zraku na vidění řidičů, jež jsou způsobené refrakční vadou, oční chorobou, či celkovým onemocněním, a mohou proto rapidně ovlivnit schopnost řízení.

# 1 Zrakové funkce

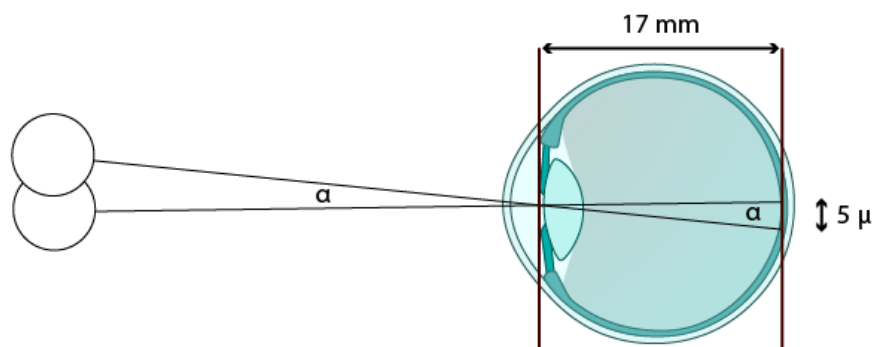
Důležitým parametrem pro získání řidičského oprávnění jsou optimální zrakové funkce. Jedná se především o vizus, barvocit a zorné pole. Existují však další funkce zraku, jež mohou kvalitu vidění při řízení ovlivnit. Patří mezi ně kontrastní citlivost, adaptace a reakce na oslnění, schopnost akomodace a konvergence. [2]

Tato kapitola je zaměřena na objasnění nejdůležitějších zrakových funkcí týkajících se zdravotní způsobilosti řidičů, popis vyšetřovacích metod a poruch. Konkrétní stanovené normy pro řidiče budou uvedeny v samostatné kapitole.

## 1.1 Zraková ostrost

Určení zrakové ostrosti je základním a zároveň jedním z nejdůležitějších očních vyšetření. [3, 6]

Zraková ostrost je dána rozlišovací schopností a refrakčním stavem oka. Můžeme říci, že jde o schopnost oka rozlišit velmi jemné detaily. Jedná se o schopnost oka rozlišit dva body ležící nejbližší vedle sebe jako dva body (minimum separabile). Z fyziologického hlediska budou dva body rozlišeny, pokud jsou jejich obrazy ležící na sítnici odděleny alespoň jedním neosvětleným čípkem a zorný úhel neklesne pod jednu minutu. Při vyšetřování tedy zjišťujeme minimální úhlovou vzdálenost těchto bodů (MÚR, MAR). Za referenční hodnotu pro stanovení zrakové ostrosti se užívá hodnota 1'. Podíl této vztažné hodnoty a skutečného úhlového rozlišení oka udává konečnou hodnotu zrakové ostrosti, vizus (V). Za optimální zrakovou ostrost je považována hodnota vizu  $V=1$  (6/6). [1, 3, 6, 8]



$$\sin \alpha \approx 0,005 / 17 = 0,0168^\circ = 1 \text{ úhlová minuta}$$

Obr.1 Minimum separabile (1)

Noniová rozlišovací mez oka zase udává jeho schopnost rozlišit od sebe dvě úsečky, které jsou rovnoběžné a umístěné nad sebou. V tomto případě mezi nimi nemusí být jeden čípek nepodrážděný. [3]

Zraková ostrost je snížena vlivem refrakčních poruch, jako je myopie, hypermetropie a astigmatismus. Kvalita zrakové ostrosti je dána nejen stavem optického systému oka, ale také kondicí mozkových center, zrakové dráhy a sítnice. Měření zrakové ostrosti může být ovlivněno vlivy psychologickými (pozornost), fyziologickými (adaptace) a fyzikálními (vady optického systému). V periférii sítnice zraková ostrost výrazně klesá z důvodu rozmístění a počtu fotoreceptorů. Další faktory, které mohou způsobit snížení zrakové ostrosti, jsou například věk, osvětlení a barva světla. [1, 3]

Pokles zrakové ostrosti je klasifikován dle WHO (Světová zdravotnická organizace) a všechny tyto zmíněné hodnoty jsou brány s nejlepší možnou korekcí. Vizus 6/18 – 6/60 (0,3 – 0,1) značí osoby postižené střední slabozrakostí, vizus 6/60 – 3/60 (0,1 – 0,05) charakterizuje silnou slabozrakost, vizus 3/60 – 1/60 (0,05 – 0,02) značí těžce slabý zrak. Zrak s nejlepší korekcí s vizem horším než 1/60 (0,02) zahrnující světlocit značí praktickou nevidomost, zachovaný světlocit s chybnou světelnou projekcí, nebo naprostá ztráta světlocitu určuje úplnou nevidomost. [6]

### 1.1.1 Vyšetřovací metody

Zraková ostrost se vyšetřuje do dálky i do blízka pomocí standardizovaných optotypů k nim určeným a zjišťuje se refrakční stav oka. Existuje velké množství těchto tabulek, které užívají logaritmické, aritmetické nebo Snellenovy matematické vzorce. [3, 5, 8]

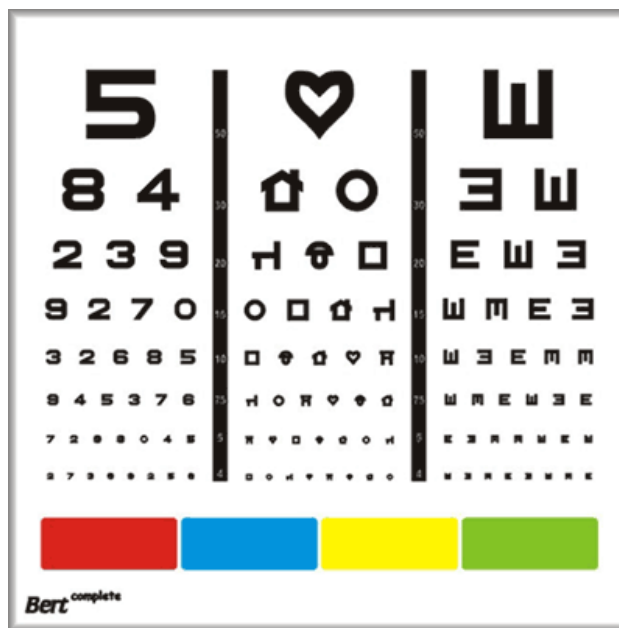
Při vyšetřování do dálky se u nás nejčastěji používají tzv. Snellenovy optotypy, u nichž se počítá s MÚR pod úhlem 1'. V současné době se ale stále více prosazují optotypy logaritmického typu. [5, 8]

Optotypy jsou sestaveny z tmavých znaků (písmena, číslice, obrazce) stejného kontrastu na jasném pozadí a seřazeny v řadách pod sebou od největších po nejmenší. Znaky jsou zakresleny do čtverce o straně 5' a tloušťka jejich čar odpovídá jedné pětině strany tohoto čtverce. To znamená, že tyto optotypy jsou konstruovány tak, aby odpovídaly minimu separabile. Dle těchto kritérií jsou tvořeny již zmíněné Snellenovy optotypy, Pflügerovy háky, Landoltovy prstence a také obrázkové optotypy pro děti. [5, 6, 8]



Landoltovy prstence připomínají písmeno C a jsou konstruovány do osmi různých poloh. Jsou považovány za nejobektivnější vyšetřovací znak a zároveň mezinárodně uznány jako jediný normovaný symbol pro znalecké účely. [6]

Pflügerovy háky připomínají písmeno E. Pomocí těchto optotypů se vyšetřuje zraková ostrost analfabetů a cizinců. [6]



**Obr.2** Snellenova tabule zleva: číselná, obrázková, Pflügerovy háky (2)

Vyšetřovací vzdálenost do dálky je 5-6 m, eventuálně 3 m při použití rovinného zrcadla. Řádky optotypů jsou opatřeny číslem, jež určuje vzdálenost, ze které by měla osoba s nepostiženým zrakem tento řádek přečíst. Zraková ostrost do dálky se zapisuje formou zlomku, kde je v čitateli čtecí vzdálenost pacienta a ve jmenovateli číslo přečteného řádku (př.  $V=6/6$ ). V dnešní době se také často užívá zápis ve formě desetinného čísla (př.  $V=1,0$ ). Nejprve se určuje naturální vizus (ostrost zraku bez brýlí), následně korigovaný vizus (s brýlemi), a to monokulárně, a poté dochází k binokulárnímu vyvážení. [5, 6, 8]

Zraková ostrost do blízka se vyšetřuje na optotypech, jichž existuje velké množství a jsou rozmanitě konstruovány. Místo jednotlivých znaků jsou užívány odstavce souvislých textů. Za vyšetřovací vzdálenost se nejčastěji užívá hodnota 40 cm. Záleží však na druhu konkrétního optotypu. Některé jsou koncipovány na čtecí vzdálenost 30 cm (Niedenovy, Birkhäuserovy, Snellenovy tabulky). [8, 9]

Zároveň se musí brát v úvahu proměnná vzdálenost u subjektivního vyšetření presbyopů. V praxi se pro stanovení zrakové ostrosti do blízka nejčastěji užívají tzv. Jaegerovy tabulky upravené na vzdálenost 30-40 cm. [6, 9]

Provedení optotypů je velmi rozličné. Obecně se mohou rozdělit do skupin optotypů tištěných, projekčních a světelných. [9]

## 1.2 Zorné pole

Zorné pole (ZP) je prostor, který se rozléhá kolem bodu fixovaného okem. Jinak řečeno, jedná o část prostoru, jež se promítá na optickou část sítnice centrálním i periferním viděním při fixaci oka v jedné poloze. [3, 5, 6]

Zorné pole se rozděluje na centrální a periferní. Centrální vidění nastává při fixaci na konkrétní bod, kdy se jeho obraz zobrazí v makule. Z celkového zorného pole tvoří centrální zorné pole asi jen 1/5. Přesto však díky němu získáváme většinu zrakových informací (cca 83 %). Centrální zorné pole je nezbytné pro ostré vidění a schopnost vnímat barvy. Je tedy zřejmé, že nejlepší rozlišovací schopnost je ve středu zorného pole. Směrem do periferie zorného pole tato schopnost prudce klesá. Je však důležitá pro správnou orientaci v prostoru, vidění za šera a zároveň velmi vnímavá na pohyb. [3, 5, 6]

Velikost zorného pole je ovlivněna částmi obličeje, konfigurací očníce, polohou bulbu. Monokulární rozsah zorného pole je temporálně asi 90-100°, nahoru 50-60°, nazálně 60° a dolů cca 70°. Mezi 12. a 18. stupněm se nachází tzv. Marriotův bod, který odpovídá slepé skvrně sítnice, a leží temporálně od fixačního bodu. [3, 5, 6]

V zorném poli nejprve vnímáme pohyb a následně barvy. Nejdříve barvu bílou, potom postupně modrou, červenou a zelenou. Průnikem monokulárních zorných polí vzniká zorné pole binokulární. Binokulární zorné pole je ta část prostoru, kterou vnímáme oběma očima a umožňuje pravé prostorové vidění. Mluvíme o tzv. stereopsi, díky níž jsme schopni odhadovat vzdálenost dvou předmětů. Binokulární rozsah v horizontále je asi 120°. [3, 5, 6]

### 1.2.1 Vyšetřovací metody

Důležitou součástí komplexního očního zhodnocení je právě vyšetření zorného pole. Udává informace týkající se celého zrakového systému od fotoreceptorů sítnice až k zadnímu okcipitálnímu kortexu. [6]

### 1.2.1.1 Orientační vyšetření

K orientačnímu vyšetření zorného pole se řadí například tzv. konfrontační zkouška. Touto metodou se porovnává rozsah ZP pacienta s rozsahem ZP vyšetřujícího. Měření probíhá monokulárně, vyšetřující i pacient mají dlaní zakryté oko (př. pacient pravé, vyšetřující levé), sedí naproti sobě a vzájemně fixují pohledem do zornic. Vyšetřující pohybuje testovou značkou (tužka, prst) z periferie do centra ZP a zhodnocuje, kdy pacient testovou značku uvidí s vlastním viděním. [5]

Dalším orientačním vyšetřením je také Amslerova mřížka. Slouží k vyšetření zorného pole v rozsahu do  $10^\circ$  v oblasti fixovaného bodu. Je konstruována jako čtverec o straně 10 cm, má tmavé pozadí, které je rozděleno bílými čarami na 5mm čtverečky. Uprostřed mřížky se nachází fixační bod, na který vyšetřovaný monokulárně upíná zrak ze vzdálenosti asi 33 cm. Vyšetřovaný pak udává, zda nezaznamenal deformaci linií, či jejich úplné zmizení. [6]

### 1.2.1.2 Perimetrie

Touto metodou se vyšetřuje centrální i periferní zorné pole. Jedná se o podrobnější analýzu, která udává informace o stavu sítnice, optického nervu a zrakové dráhy. Hraje důležitou roli při diagnostice očních či neurologických onemocnění a vyšetřuje se monokulárně. [3, 6]

Kinetická perimetrie je metoda, kdy vyšetřujeme rozsah ZP plošně. Vyšetřovaný monokulárně fixuje pevný bod, má opřenou bradu i čelo. Z periferie do centra je pomalu posouvána testová značka fixní jasnosti. Vyšetřovaný je schopen v periférii zaznamenávat pouze značky větší a vyššího kontrastu a až blíže středu rozlišuje značky menší a méně kontrastní. Ve chvíli, kdy pacient značku zaregistruje, ji vyšetřující zaznamená do schématu a kontroluje vidění až do bodu fixace. Takto se postupuje po celém obvodu ZP v mnoha směrech, a získávají se tak na sítnici místa stejné viditelnosti. Spojením těchto míst získáváme izoptery. [5, 6, 10]

Při statické perimetrii se testová značka nepohybuje. Vyšetřovanému jsou náhodně promítány značky v různých místech zorného pole. Polokoule perimetru je konstantně osvětlena a mění se pouze jas testové značky. Touto metodou perimetrie se zjišťuje nejen rozsah zorného pole, ale také citlivost daného místa sítnice na konkrétní jas. Výsledky měření závisí na mnoha faktorech, jako je například jas, barva a velikost značky, doba její prezentace, či stav vyšetřovaného. [3, 5, 6, 10]

V dnešní době se k vyšetření zorného pole užívají počítačové perimetry. Zobrazování a jas značky je řízen počítačem, který také zaznamenává reakce pacienta. Princip vyšetření je velmi jednoduchý. Vyšetřovaný monokulárně sleduje fixační bod a jakmile zaregistruje prezentovanou značku, potvrdí to pomocí signálního zařízení. Počítačové perimetry umožňují trojrozměrné zobrazení zorného pole a nabízí programy pro vyšetření jeho konkrétního rozsahu (vyšetření centrální, či periferní oblasti), nebo také specifického onemocnění (glaukomový či makulární test). Zároveň je schopen určit rovněž spolehlivost testu. [3, 5, 6]

### **1.2.2 Poruchy zorného pole**

Poruchy zorného pole mohou být způsobeny onemocněním oka, zrakové dráhy a cév, jež oko vyživují. [11]

Postupná ztráta zraku, kterou předcházela tupá bolest za okem, může být zapříčiněna zánětem očního nervu, nebo se také může jednat o prvotní příznaky roztroušené sklerózy. Útlak zrakového nervu adenomem (nezhoubný nádor podvěsku mozkového) se charakteristicky projevuje postupnou ztrátou periferního vidění. K náhlým ztrátám zraku dochází například uzávěrem tepny, která vyživuje sítnici. V tomto případě je nutné situaci co nejrychleji řešit, aby opět došlo k funkční obnově sítnice. Vnímání šedé clony v zorném poli je typickým příznakem odchlípené sítnice. [11]

Při diagnostice má zásadní význam určení, zda se jedná o poruchu monokulární nebo binokulární. Tyto tzv. výpadky zorného pole lze charakterizovat jako skotomy, zúžení zorného pole a hemianopsie. [3, 4, 5]

- **Zúžení zorného pole**

Zúžení zorného pole je porucha narušující nejčastěji periferní vidění. Podle místa postižení se dále rozděluje na koncentrické zúžení (redukce celého pole) a lokální (postihuje pouze část zorného pole). Koncentrické zúžení zorného pole je typickým projevem glaukomu, nebo pigmentové degenerace sítnice. [3]

- **Hemianopsie**

Hemianopsie jsou defekty, které narušují polovinu zorného pole. Pomocí zrakové dráhy jsou vedeny informace z obou očí do zrakové kůry. [4]

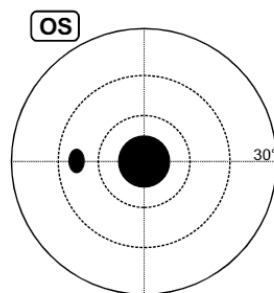
V chiasma opticum dochází ke zkřížení zrakových nervů nazálních částí sítnice, nervová vlákna z temporálních částí pokračují nezkřížena. Z corpus geniculatum laterale informace dále pokračují do primární zrakové kůry. Dle lokalizace poškození zrakové dráhy dochází ke vzniku charakteristických výpadků zorného pole. [4]

Hemianopsie lze obecně rozdělit na homonymní (výpadek u obou očí na téže straně) a heteronymní (výpadek u obou očí na nazální, ale i temporální straně). Amauróza je stav, který označuje výpadek celého zorného pole oka. [4]

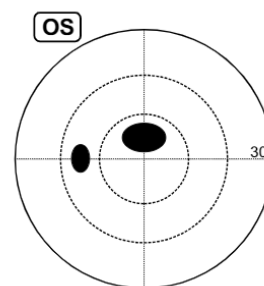
- **Skotom**

Skotomy jsou ostrůvkovité výpadky zorného pole, které mohou být různého charakteru. Pokud si pacient defekt v zorném poli uvědomuje, jedná se o pozitivní skotom. Negativní skotom naopak značí výpadek, který vyšetřovaný nevnímá. Fyziologickým negativním skotomem je slepá skvrna, tedy papila zrakového nervu, jež nemá světločivné receptory. [3, 8]

Skotomy lze dále klasifikovat jako absolutní, nebo relativní. V místě absolutního skotomu vyšetřovaný nic nevnímá, u relativního skotomu je vidění sice omezené a zhoršené, ale pacient je schopen vnímat značku určité velikosti a jasu. Tyto výpadky zorného pole se dále dělí podle lokalizace postižení a tvaru (centrální, paracentrální, obloukovité, prstencové a další). [3, 4, 8]



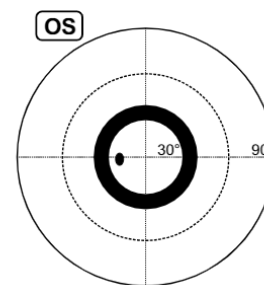
**Obr.3** Centrální skotom (3)



**Obr.4** Paracentrální skotom (3)



**Obr.5** Obloukovitý skotom, simulace glaukomu (3)



**Obr.6** Prstencový skotom (3)

## 1.3 Barvocit

Lidské oko je vnímavé na světelné paprsky v rozmezí od 380-760 nm. Proces vidění začíná dopadem světelných paprsků (fotonů) a jejich pohlcením fotoreceptory (tyčinky, čípky). Světelná energie se mění chemickými procesy na elektrický potenciál, který se dále přenáší zrakovou dráhou do korového zrakového centra v mozkové kůře, kde vzniká výsledný zrakový vjem. [5, 6, 7]

Sítnice obsahuje asi 130 milionů smyslových buněk, které dělíme podle funkce na tyčinky a čípky. V tomto celkovém množství je zastoupeno asi 6-7 milionů čípků, jejichž největší koncentrace je v místě jamky nejostřejšího vidění. Jejich hlavní úlohou je vnímání barev a zprostředkování barevného vjemu za dostatečného osvětlení (fotopické vidění) a také zajištění nejvyšší zrakové ostrosti. Počet tyčinek se pohybuje okolo 120 milionů a jsou odpovědné za vznik zrakového vjemu při špatných světelných podmínkách, například za tmy či šera (skotopické a mezopické vidění). Mezopické vidění nastává při nízkém osvětlení, kdy pracují čípky i tyčinky, respektive dobíhá funkce čípků a začíná adaptace tyčinek. [5, 6, 7]

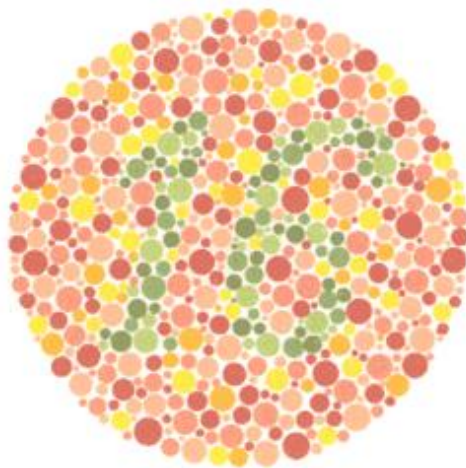
Barevnost není vlastnost pozorovaného předmětu, ale vzniká právě pohlcením konkrétních vlnových délek světla pigmentem fotoreceptorů a dalšími neuronálními operacemi sítnice a mozku. Barvocit tedy představuje schopnost správně vnímat barvy pozorovaných objektů. Jak bylo již zmíněno, barevné vidění je způsobeno funkcí čípků, které disponují pigmenty pro červenou, zelenou a modrou barvu. Mícháním těchto tři primárních spektrálních barev vznikají miliony barevných odstínů, neutrální bílá barva je výsledkem spojení všech tří základních barev. [4, 5, 6]

### 1.3.1 Vyšetřovací metody

Zkouška barvocitu je nezbytným vyšetřením pro některá povolání (doprava, řidiči, elektrikáři, chemici a další). [5]

Barvocit je možno vyšetřit orientačně pomocí tzv. pseudoizochromatických tabulek. Test na těchto tabulkách odhalí případnou poruchu velmi rychle, tabulky však nejsou schopné zhodnotit kvantitu daného postižení. Jedná se spíše o screeningové vyšetření. Nalezneme zde kruhová políčka různé velikosti, odrazivosti a barvy, a mezi ně jsou zakomponována písmena, číslice, rovněž také jiné geometrické tvary různé velikosti a odrazivosti, avšak stejného barevného odstínu. [5, 6, 8]

Osoba s neporušeným barvocitem znaky jednoduše přečte, neboť se řídí podle barev a rozdílů odrazivosti si nevšimá. Naopak je tomu u jedince s poruchou barvocitu, který vnímá hlavně rozdílnou odrazivost, a tak není schopen dané znaky rozeznat. [5, 6, 8]



**Obr.7** Pseudoizochromatická tabulka (4)

Nagelův anomaloskop je spektrální přístroj, který slouží k podrobnému vyšetření barvocitu. Skládá se z okuláru, jenž je rozdělen na dvě části. Jedna část světelného pole obsahuje spektrální žlutou barvu. Druhou část světelného pole má vyšetřovaný za úkol namíchat přidáním spektrální zeleně a červeně, a to tak, aby vznikla stejně žlutá barva. Tímto vyšetřením je možné diagnostikovat deuteranomálii (oslabený barvocit pro zelenou), kdy vyšetřovaný přidává více zelené, nebo protanomálii (oslabený barvocit pro červenou), kdy naopak přidává více červené barvy. [5, 6, 8]

Detailnějším a také mezinárodně uznávaným vyšetřením barvocitu je Farnsworthův-Munsellův 100-Hue test, který se skládá z 85 barevných terčů. Vyšetřovaný jedinec z těchto barev sestavuje celé barevné spektrum od červené barvy k modré tak, aby mezi sousedními barvami byl rozdíl co nejmenší. Každý z barevných terčů je označen číslem, jejichž konečné pořadí se vkládá do nomogramu, který vyhodnocuje výsledky měření. Z těchto výsledků je možné určit konkrétní poruchu barvocitu. V praxi se běžně používá zkrácená verze Farnsworthův panel D-15, se kterým se pracuje na stejném principu a poskytuje stejně spolehlivé informace. [5, 6, 8]

### 1.3.2 Poruchy barvocitu

Většina poruch barvocitu je vrozená a neměnná. Vrozené poruchy jsou způsobeny dědičností (u mužů 8 % a 0,5 % u žen). Existují však také poruchy získané, které vznikají v důsledku očních a celkových onemocnění (katarakta, postižení zrakové dráhy, onemocnění sítnice) nebo působením toxických látek. Během jejich léčby dochází zpravidla k opětovnému vnímání barev. [3, 4, 5, 8]

Jedinec s neporušeným barvocitem je normální trichromat (vnímá 3 základní barvy), kdežto osoba trpící barvoslepostí nerozezná buď některý, nebo dokonce žádný barevný odstín. [3, 4, 5]

- **Monochromazie**

Monochromazie je porucha, při které postižený vnímá pouze jednu základní barvu a její odstíny. Klasifikuje se na tyčinkovou a čípkovou monochromazii. U tyčinkové monochromazie je přítomen pouze pigment tyčinek. Jedná se o totální barvoslepost, kde chybí barvocit a je výrazně snížena zraková ostrost, protože postižený vnímá pouze pomocí tyčinek. Osoba trpící touto poruchou vidí nejlépe za šera. U čípkové monochromazie se vyskytuje pigment citlivý výhradně na jednu základní barvu. Vidění za fotopických podmínek je normální, avšak pouze v odstínu jedné barvy. [3, 4, 5]

- **Dichromazie**

U dichromazie jsou vnímány jen dvě základní barvy. Podle úplné absence jednoho barviva lze dichromazii konkretizovat na protanopii (barvoslepost pro červenou barvu), deuteranopii (barvoslepost pro zelenou), tritanopii (barvoslepost pro modrou barvu). Tetranopie je defekt v oblasti modrožlutých barev. [3, 4, 5]

- **Anomální trichromazie**

Při anomální trichromazii jsou přítomny všechny tři pigmenty základních barev, ale vnímání jednoho z nich je oslabené. Mluvíme o protanomálii (oslabení barvocitu pro červený pigment), deuteranomálii (abnormální zelený pigment), tritanomálii (oslabení pro modrý pigment). [3, 4, 5]



## 1.4 Adaptace

Pojem adaptace charakterizuje schopnost oka přizpůsobovat se různým intenzitám okolního osvětlení (0,003-80 000 lx). Proces adaptace není okamžitý, to znamená, že se oko musí přizpůsobit. Tato zraková funkce se klasifikuje adaptací na světlo a adaptací na tmu. [5, 6, 12, 13]

- **Adaptace na světlo**

Adaptace oka na světlo může trvat v řádu několika až desítek sekund. Jedná se tedy o velmi rychlý děj. [12]

Působením prudkého světla dochází k okamžité reakci zornic, které redukují jeho množství vstupující do oka, přispívají k jeho uzpůsobení a zároveň oko chrání před oslněním. Dalším ochranným prvkem proti oslnění jsou například oční víčka. Samotný adaptační proces probíhá v sítnici, jehož součástí jsou biochemické reakce. Pomalým nárůstem intenzity osvětlení nastává děj, který je možné označit jako opačný proces adaptace na tmu. [5, 6, 12, 13]

- **Adaptace na tmu**

Adaptace na tmu je náročnější proces. Úplná adaptace na tmu trvá přibližně 40 - 60 minut i déle. [13]

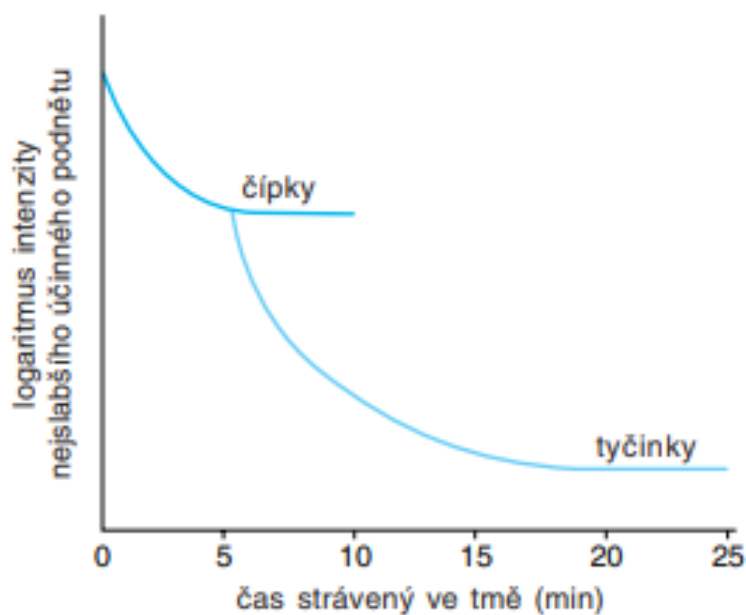
Zornice se rozšiřují a napomáhají oku se přizpůsobit. V sítnici probíhají pomalé biochemické pochody, jež adaptační proces způsobují. Důležitým faktorem adaptace je rychlost snížené intenzity osvětlení. Při pomalém snižování síly světla přestáváme vnímat objekty postupně, nejprve jejich detaily, barvu, tvar, a nakonec samotný objekt. Jinak je tomu při prudkém snížení osvětlení, kdy je vidění sníženo podstatně, nebo je až znemožněno. [5, 6, 12, 13]

Adaptace na tmu probíhá ve dvou etapách, během kterých dochází k postupnému zvyšování senzitivity fotoreceptorů. První fáze se označuje jako čípková a trvá přibližně 5-10 minut. Následuje fáze druhá, která je charakteristická vzrůstající citlivostí tyčinek a trvá asi 30 minut. Funkce sítnice se mění a vidění se začíná zlepšovat. Během této doby je proces adaptace z 90 % hotový. Konečný adaptační děj nastává přibližně do hodiny. [5, 6, 12, 13]

### 1.4.1 Vyšetřovací metody

Vyšetření adaptace probíhá rozličnými zkouškami, jejichž základem je určení časové závislosti prahové hodnoty světla (jasu), jež způsobí zrakový vjem. Pojem prahová hodnota světla určuje nejnížší hodnotu jasu, kterou je oko schopno rozlišit při dané adaptaci. Po dlouhém pobytu ve tmě (cca 50 minut) je dosaženo tzv. absolutního prahového jasu, což je nejnížší hodnota prahového jasu. V oblasti maximální koncentrace tyčinek (15-20° od fovey) je schopnost adaptace nejvyšší. [3, 6, 12, 13]

Tento časový průběh je registrován pomocí adaptační křivky, která udává zejména růst senzitivity sítnice při setrvání v zatemněné místnosti. Pomocí adaptační křivky je možné zaznamenat přechod z fotopického (denního) vidění k vidění skotopickému (noční vidění). [3, 6, 12, 13]



Obr.8 Adaptační křivka (5)

Průběh adaptace ovlivňují i další faktory, jako je například šířka zornic nebo tzv. preadaptace, což je předešlá adaptace na světlo. [12]

Pro přesné vyšetření adaptace slouží přístroje nazývané adaptometry, ve kterých se pomocí clon a filtrů mění stálé osvětlení. Vyšetřovaný je nejdříve zadaptován na světlo, a to tak, že obvykle 10 minut sleduje plochu standardního jasu, jež je jasně osvětlena.

Následně jsou vyšetřovanému během naprosté tmy poskytována hraniční osvětlení, která odlišuje od tmy. Výsledkem vyšetření je adaptační křivka určující závislost rostoucí senzitivity sítnice na času stráveném ve tmě. Diagnostika adaptace těmito přístroji je časově náročná, může trvat i více než 45 minut. Z tohoto důvodu byly zkonstruovány další měřicí zařízení nazývané nyktometry, které monitorují pouze zotavení po oslnění. Jejich úloha je spíše praktická, slouží například ke screeningovému vyšetření řidičů z povolání. [12, 13]

## 1.4.2 Poruchy adaptace

Důležitým aspektem vidění za sníženého osvětlení je existence pigmentu tyčinek, který se nazývá rhodopsin (zrakový purpur). Rhodopsin obsahuje prvky absorbující světlo, protein opsin a chromator (aldehyd vitamínu A), který je rozpustný v tucích. Podmínkou adaptace na tmu je obnovení rhodopsinu právě z vitamínu A. [12, 14]

Mezi defekty adaptace se řadí poruchy vnímání za šera a v noci. Obecně jsou klasifikovány jako hemeralopie (šeroslepost). Tato poškození adaptace mohou být také způsobena lokálními změnami oka nebo změnami celkovými. [12]

Idiopatická hemeralopie je onemocnění vrozené a dědičné. Jedná se o vzácnou chorobu, jejíž příčinou je nedostatečná funkce tyčinek. [12]

Hemeralopie způsobené degenerativními onemocněními sítnice jsou naopak časté poruchy, jež se běžně vyskytují u pigmentové degenerace sítnice, také u těžké formy myopie, po prodělání zánětu sítnice a cévnatky, zeleného zákalu, nebo u odchlípení sítnice. [12]

Jak bylo již zmíněno, tvorba a obnova rhodopsinu se nemůže uskutečnit bez přítomnosti vitamínu A. Setkáváme se tedy s hemeralopiemi způsobenými buďto deficitem tohoto vitamínu, nebo jeho provitaminu ve stravě, při defektech jeho vstřebávání (chronická onemocnění žaludeční a střevní sliznice) a poruchách metabolismu (cirhóza jater, pankreatitida). U myopa se nedostatečnost vitamínu A projevuje jako první a výrazně dříve než u emetropa či hypermetropa. Příjmem stravy bohaté na vitamin A dochází k rychlému ústupu symptomů a nápravě adaptace. [12, 14]

Dioptrická šeroslepost (pseudohemeralopie) je zapříčiněna defekty čočky a rohovky. Jedná se o difuzní zákaly v jejich periferii, které způsobí, že vnímání za šera při rozšířené zornici je mnohem horší než za dne při zornici zúžené. [12]

## 1.5 Kontrastní citlivost

Běžné optotypy vykazují vysoký kontrast jasů, podle kterých není možné určit rozlišovací schopnost oka při kontrastech nižších. Schopnost oka rozlišovat se nevymezuje pouze hodnotami vizu, ale je nutné znát reakci oka při skutečných podmínkách na impulsy se sníženým kontrastem (mlha, šero). [3, 6, 13]

Pojem kontrast lze definovat jako rozdíl jasů dvou různých ploch, které jsou vnímány v zorném poli zároveň a dvou impulsů, jež jsou očím promítány postupně. Kontrast  $C$  lze vyjádřit pomocí Michelsonova vzorce jako

$$C = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}},$$

definující podíl rozdílu maximálního ( $L_{max}$ ) a minimálního ( $L_{min}$ ) jasů vnímaného objektu a součtu těchto jasů. [1, 3, 6, 15]

Pro určení kontrastní citlivosti je dalším důležitým pojmem kontrastní práh  $C_t$ , jenž představuje nejnižší rozlišitelný kontrast, tedy takový kontrast, při kterém je uskutečněna percepce dvou částí objektu různého jasů. Kontrastní citlivost  $C_s$  pak představuje převrácenou hodnotu kontrastního prahu. [1, 3, 6, 15]

$$C_s = \frac{1}{C_t}$$

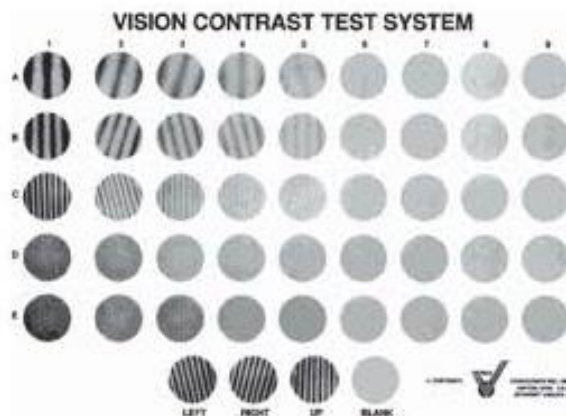
Vlivem zrakového systému dochází k rozkladu vnímaného obrazu na vlny sinusové povahy, jež mají různou prostorovou frekvenci. V centrální oblasti sítnice se nachází buňky silně senzitivní na kontrast a jsou schopné zaznamenávat vysoké prostorové frekvence. Periferní část sítnice má schopnost vysoké časové diferenciaci a je citlivá na nižší prostorové frekvence. [1]

## 1.5.1 Vyšetřovací metody

Vyšetření kontrastní citlivosti je součástí vizuálních standardů pro některá povolání, jako jsou například strojvedoucí či řidiči z povolání. Výsledky měření kontrastní senzitivity závisí také na osvětlení, stavu zadaptovaného oka či pohybu. Zhodnocením citlivosti na kontrast není zjištěno přesné oční onemocnění, díky němu je však možné odhalit počáteční stádium nemoci ještě před klinickými příznaky. [1, 13, 15]

K vyšetření kontrastní citlivosti slouží řada přístrojů a tabulek, jejichž základním principem je mřížka, kde se průběh jasu mění s funkcí sinus. Jedná se o střídání tmavých (maximální jas) a bílých pruhů (minimální jas), které sinusový průběh vytváří. Vzdálenost počátků dvou tmavých pruhů charakterizuje jednu periodu. Množství period na jeden stupeň (frekvence), tedy četnost obměňujících se tmavých a světlých pruhů na jeden úhlový stupeň, charakterizuje jednotku kontrastní citlivosti. Nízká hodnota frekvence (do 0,5) je dostačující k určení větších předmětů, frekvence 2-6 period umožní rozeznat menší objekty, vysoká hodnota frekvence (více než 10 period) pak určí i jemné detaily předmětů. [1, 6]

Mezi konkrétní testy založené na tomto principu patří například Ardenovy tabule, Vision Contrast Test System, Cambridge Low Contrast Charts, které obsahují pruhované terčíky seřazené v řadách s postupně klesajícím kontrastem. [1, 6]



Obr.9 Vision Contrast Test Systém (6)

Další skupinou vyšetřovacích testů jsou tabule obsahující písmena různého kontrastu. Jsou to například Reganovy tabule (různě velké znaky a čtyři hladiny kontrastu), dále pak také Pelli-Robsonovy tabule. [1, 6]

Tabule podle Pelliho-Robsona obsahují znaky stejné velikosti a různého kontrastu. Jedná se o tištěný test skládající se ze dvou trojic písmen na jednom řádku. V každé trojici znaků je kontrast totožný, mění se postupně s každou nastávající trojicí. [6]

Existují také počítačem řízené testy, jež jsou schopné na monitorech vytvořit pruhy s potřebným kontrastem. [1]



Obr.10 Pelli-Robsonova tabule (7)

Vyšetření kontrastní senzitivity podává informace o schopnostech centrální prostorové diferenciaci a zároveň může odhalit případné defekty vnímání, které nebyly prokázány při měření zrakové ostroty. [6]

### 1.5.2 Poruchy kontrastní citlivosti

Pokles kontrastní citlivosti může být způsoben stárnutím, ale také jinými faktory. Jak již bylo řečeno, sítnice obsahuje buňky vnímavé na různou prostorovou frekvenci a kontrast. Poškozením těchto buněk dochází k poklesu kontrastní citlivosti. Tyto poruchy mohou být způsobeny různými chorobami, jako je např. katarakta, ametropie, onemocnění centrální oblasti sítnice, glaukom, diabetes, nebo také zánět zrakového nervu. [1, 15]

## 2 Stanovené normy pro řidiče

Tato kapitola se bude zabývat normami, jež jsou stanovené pro řidiče silniční dopravy a týkají se pouze vizuálních standardů. Kritéria jim určená jsou definována zákonem České republiky.

V České republice jsou kritéria pro zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel ustanovena zákonem č. 361/2000 Sb. a vyhláškou 277/2004 Sb., *o stanovení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel, zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel s podmínkou a náležitosti lékařského potvrzení osvědčujícího zdravotní důvody, pro něž se za jízdy nelze na sedadle motorového vozidla připoutat bezpečnostním pásem (vyhláška o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel)*, a její změny vyhláškou č. 37/2018 Sb. [16]

### 2.1 Skupiny řidičů silničního provozu

Řidiči silničního provozu jsou dle zmíněného zákona rozděleni do dvou kategorií, a to na skupinu 1 a skupinu 2. [16]

Do skupiny 1 patří řidiči s řidičským oprávněním skupin vozidel A, B, B+E, AM a podskupiny A1, A2 a B1. Jedná se tedy o všední řidiče motocyklů, osobních automobilů, či řidičů automobilů se soupravou, nebo přívěsem. [16]

Ve skupině 2 jsou zařazeni řidiči s řidičským oprávněním skupin vozidel C, D, T, C+E, D+E a podskupiny C1, C1+E, D1 a D1+E (autobus, traktor, kamion). Zároveň jsou zde uvedeni řidiči, jenž obsluhují motorové vozidlo z pracovněprávního vztahu-řidiči z povolání. Dále jsou zde řidiči, kteří užívají výstražné světlo modré barvy, jež může být doplněno výstražným zvukovým signálem (policie, hasiči, záchranná služba). Patří zde také učitelé provádějící školení řidičů v řízení motorových vozidel a řidiči, pro které je obsluha motorového vozidla věcí samostatné výdělečné činnosti. [16]

## 2.2 Stav zraku a jeho vliv na řidičské oprávnění

Podle výše uvedeného zákona jsou stanovena kritéria určující zdravotní způsobilost a nezpůsobilost k získání řidičského oprávnění. Jsou zde vyhodnoceny nemoci, vady, či stavy zraku, jež znemožňují získat řidičské oprávnění, nebo podmiňují souhlas lékaře pro jeho obdržení. Ve vyhlášce je také uvedeno, že nitrooční čočka není považována za čočku korekční. [16]

### 2.2.1 Stavy zraku vylučující zdravotní způsobilost

Patří zde poruchy zraku, které jsou příčinou zdravotních problémů a odchylek nebezpečných pro provoz na pozemních komunikacích. Tyto poruchy jsou rozděleny zvlášť pro řidiče skupiny 1 a skupiny 2. Osoby postižené takovou poruchou nemohou řidičský průkaz obdržet. [16]

- **Řidiči skupiny 1**

U skupiny 1 nemohou žadatelé získat řidičské oprávnění, pokud je jejich binokulární zraková ostrost menší než 0,5 a to i za předpokladu nošení korekční pomůcky. Další překážkou je ostrost zraku menší než 0,5 (i při nošení korekční pomůcky) při užití jen jednoho oka, a to z důvodu ztráty zrakové schopnosti oka druhého, nebo při používání pouze jednoho oka např. z důvodu diplopie. Zároveň jsou změny zorného pole příčinou neschopnosti řízení motorových vozidel, a to konkrétně u velikosti horizontálního zorného pole obou očí, jenž je pod 120°, monokulárního horizontálního rozsahu pod 50°, u vertikálního zorného pole, jenž je menší než 20° a poruchy centrálního zorného pole do 20°. Pokud žadatel o řidičský průkaz nenosí korekční pomůcku z důvodu její nesnášenlivosti, která je potřebná k dosažení požadované zrakové ostrosti, nemůže obdržet řidičské oprávnění. [16]

- **Řidiči skupiny 2**

Mezi zdravotní komplikace, které zabraňují žadateli získat řidičský průkaz na vozidla skupiny 2, patří všechny poruchy, jež byly zmíněny u skupiny 1, jestliže dále není ustanoveno jinak. Zároveň jsou zde zařazeny další překážky jako například ostrost zraku lepšího oka, která je nižší než 0,8 a oka horšího, která je menší než 0,1, rovněž



i s korekčními čočkami, nebo pokud bylo minimálních hodnot ostrosti zraku docíleno brýlovou korekční pomůckou se silou sférického ekvivalentu +8 D. [16]

V případě zorného pole je vylučujícím stavem horizontální rozsah obou očí nižší než 160°, horizontální rozsah jednoho oka menší než 70° a rozsah zorného pole ve směru vertikálním nižší než 30°. Co se týče centrálního zorného pole, jeho změny do 30° jsou považovány za obtížný stav zabraňující zdravotní způsobilosti. Jsou zde zařazeny i další komplikace zraku, jako je diplopie, ale patří zde i těžké poruchy kontrastní citlivosti. [16]

### **2.2.2 Stavby zraku podmiňující zdravotní způsobilost**

V této části podkapitoly budou zmíněny vady zraku, jeho nemoci a stavy, jenž sice mají vliv na bezpečnost provozu na silničních komunikacích, ale z hlediska odborného vyšetření jsou akceptovatelné k získání řidičského oprávnění. Žadatelé tedy mohou být uznáni za zdravotně způsobilé k řízení motorových vozidel, avšak pouze po schválení odborného lékaře. Tato kritéria se opět liší pro řidiče skupiny 1 a skupiny 2. [16]

- **Řidiči skupiny 1**

Řidiči a žadatelé řidičského průkazu se musí podrobit lékařské prohlídce, pokud je binokulární ostrost zraku nižší než 0,7 za nošení korekčních pomůcek, dále ostrost zraku na jednom oku menší než 1,0, pokud došlo ke ztrátě funkčnosti jednoho oka, nebo je používáno pouze jedno oko například z důvodu diplopie. Mezi další stavy zraku, jenž potřebují lékařský posudek patří změny zorného pole, choroby oka a jeho přídatných orgánů, které jsou příčinou změn zorného pole nebo snížené ostrosti zraku. V poslední řadě zde patří těžké poruchy barvocitu (v rámci základních barev) a poruchy vnímání za snížených světelných podmínek (šero), nejsou zde zařazeny lehké formy. [16]

- **Řidiči skupiny 2**

Pro žadatele a řidiče skupiny 2 platí všechna kritéria zmíněna u skupiny 1, jestliže dále není ustanoveno jinak. Navíc jsou zde zahrnuty těžké poruchy barvocitu, poruchy vidění za snížených světelných podmínek a poruchy prostorového vidění. [16]

## 2.3 Pravidelné lékařské prohlídky řidičů motorových vozidel

Posudek rozhodující o zdravotní způsobilosti řidiče, či žadatele řidičského oprávnění zhodnocuje a podává posuzující lékař na základě výsledků lékařských prohlídek, ale i ostatních nezbytných vyšetření. Dle výše uvedeného zákona se posuzujícím lékařem chápe všeobecný praktický lékař, praktický lékař pro děti a dorost (tedy registrující lékař klienta), nebo lékař poskytující pracovně-lékařskou péči. Registrující lékař má povinnost předat lékaři pracovně-lékařské péče všechny zdravotní údaje klienta, které jsou nezbytné pro zhodnocení jeho zdravotní způsobilosti. Posuzující lékař je zároveň povinen provést všechna vyšetření, která jsou důležitá k určení zdravotní způsobilosti, pokud klient nemá svého registrujícího lékaře. [17]

Posuzující lékař vydává posudek o zdravotní způsobilosti, jenž musí mít písemnou formu a musí v něm být uveden zdravotní stav klienta a zhodnocení jeho zdravotního stavu k řízení motorových vozidel (zdravotně nezpůsobilý, způsobilý, zdravotně způsobilý s podmínkou). Jsou zde uvedeny konkrétní příčiny zdravotní neschopnosti k řízení a podmínky způsobilosti. [17]

Lékařských prohlídek se musí účastnit každý řidič, ale také žadatel řidičského oprávnění. Doba povinných opakovaných prohlídek je různá pro řidiče skupiny 1 a skupiny 2. [17]

- **Řidiči skupiny 1**

Řidiči patřící do skupiny 1 jsou povinni absolvovat lékařskou prohlídku v 65 a 68 letech, a to nejdříve půl roku před dovršením tohoto věku a nejpozději v den jeho nabytí. Po 68. roce se musí řidiči podrobit lékařskému vyšetření každé dva roky. [17]

- **Řidiči skupiny 2**

Řidiči spadající do skupiny 2 (řidiči z povolání) se musí zúčastnit vstupní lékařské prohlídky vždy před zavedením pracovní činnosti. Dalších povinných lékařských prohlídek se musí řidiči podrobit každé dva roky do dovršení 50 let a poté každý následující rok. [17]

## 2.4 Harmonizační kódy uváděné v řidičském průkazu

Harmonizační kódy určují způsobilost řidičů, omezení, či podmínění řidičského oprávnění, způsobilost profesionálních řidičů, nebo jiné administrativní informace a jsou platné jak pro řidiče z povolání, tak řidiče neprofesionály. Tyto kódy jsou uváděné na zadní straně řidičského průkazu pod čísly od 01 do 99. Byly ustanoveny vyhláškou č. 31/2001 Sb., o řidičských průkazech a o registru řidičů, která byla novelizována vyhláškou č. 75/2016 Sb. Zmíněny budou pouze harmonizační kódy spadající do skupiny 01, které se týkají korekce zraku, či jeho ochrany. [18]

Harmonizační kód 01.01 určuje povinnost řidičů nosit brýle při řízení motorového vozidla.

Kód 01.02 se týká kontaktních čoček a znamená, že je řidič povinen je při řízení nosit. Zároveň je vhodné, aby řidič vlastnil průkaz nositele kontaktních čoček, který jejich nošení potvrzuje.

Harmonizační kód 01.05 značí nařízení používat ochranný kryt při obsluze motorového vozidla.

Číslo 01.06 charakterizuje povinnost držitele řidičského průkazu, aby řídil motorové vozidlo buďto s brýlemi, nebo s kontaktními čočkami.

Číselný údaj 01.07 znamená, že je řidič povinen nosit speciální optickou pomůcku v době řízení vozidla.

Pokud řidič nedodrží nařízení uvedená v řidičském průkazu, může být právně stíhán a při dopravní nehodě mu vzniklé škody nemusí pojišťovna nahradit. [18, 19]

## 3 Zrakové funkce řidičů a jejich poruchy

Tato kapitola bude pojednávat o významu zrakových funkcí v silniční dopravě a o nepříznivých dopadech refrakčních vad, očních chorob a celkových onemocněních na zrakové vnímání řidiče, jež mohou zásadně ovlivnit jejich schopnost řízení.

### 3.1 Význam zrakových funkcí v dopravě

Při řízení motorového vozidla je nejdůležitějším smyslovým orgánem právě zrak. Řidič je schopen díky němu získávat až 90 % informací. Proto jsou pravidelné kontroly zraku nezbytné pro vlastní bezpečnost, ale také bezpečnost všech účastníků silniční dopravy. I přesto velká část řidičů usedá za volant s vědomím nedostatečné funkce zraku, nebo si tyto nedostatky ani sama neuvědomuje. Konkrétně pro řidiče patří mezi nezbytné zrakové funkce zraková ostrost, zorné pole, barevné a prostorové vidění, senzitivita na oslnění, schopnost akomodace a vidění za snížených světelných podmínek. Odhady počtu dopravních nehod, které jsou způsobené z důvodu nedostatečného zrakového vnímání, se liší. Některé studie uvádí, že 40-50 % nehod je zapříčiněno právě špatným zrakovým vnímáním (Schlag, 2008), jiné tvrdí (Madea B. a kol., 2007), že počet dopravních nehod způsobených nedostatečnou funkcí zraku je stejný jako těch, které byly způsobeny řidiči pod vlivem alkoholu (cca 7 %). Přesné statistiky týkající se této problematiky bohužel neexistují, neboť zrakové funkce řidičů po dopravních nehodách se kontrolují jen při vážném podezření. Často tak mohou být zavinění dopravní nehody zrakovým deficitem skryta pod názvem „mylné předjíždění“, „nedodržení bezpečné vzdálenosti“, či „nedání přednosti“. [20, 21, 22, 23, 24, 25]

#### 3.1.1 Zraková ostrost

Zraková ostrost umožňuje řidiči správně a náležitě rychle rozpoznat a přečíst dopravní značení a ukazatele, zaregistrovat ostatní účastníky silničního provozu (cyklisty, chodce, ostatní řidiče) a je také důležitá pro odhad rychlosti jízdy ostatních vozidel. Řidič s nedostatečnou zrakovou ostrostí nemusí překážky nebo blížící se nebezpečí rozeznat dostatečně rychle, a může tak dojít k dopravní nehodě. Z tohoto hlediska jsou pak dopravní nehody často způsobené nesprávným předjížděním, či chybným vyhodnocením

rychlosti protijedoucího vozidla. Problematickou situací pro řidiče se sníženou ostrostí zraku může být také otáčení, odbočování, dále pak vjezd na silnici, kde se vyskytují vozidla s vysokou rychlostí, ale i řízení za tmy. [20, 21, 22, 23, 24, 25]

Během řízení je řidič nucen sledovat dění na silnici, ale zároveň údaje na přístrojové desce vozidla. Při sklonu hlavy řidiče (zhruba o  $30^\circ$ ) se rozostřuje obraz celkového dění na silnici, což je zapříčiněno následkem pohybu očí. Většinou totiž pohyb očí cílové místo mine zhruba o  $5^\circ$  (např. při pohledu na tachometr), a to je ihned vykompenzováno jejich následným pohybem. Jakmile dojde k vytvoření ostrého obrazu na sítnici, následuje jeho zpracování a uvědomění si ho. Důležitou roli zde hraje i velikost pozorovaných znaků přístrojové desky. Pohled řidiče se tedy vrací do původní pozice až po uplynutí tohoto celého procesu, který může trvat 0,5 až 3 s. Záleží však na věku řidiče, jeho stavu a zkušenostech. Při rychlosti 100 km/h ujede vozidlo asi 14-86 m a při rychlosti 160 km/h může urazit dokonce 22-132 m. Během této předpokládané doby řidič na vozovku nevidí a motorové vozidlo je řízeno jakoby slepým řidičem. [20, 21, 22, 23, 24, 25]

### **3.1.2 Zorné pole**

Důležitým parametrem bezpečné jízdy na silnici je neporušené vidění v centrální oblasti zorného pole (rozsah cca  $30^\circ$ ) a zároveň neporušené vidění v místě horizontálního zorného pole. Rozsah zorného pole se během řízení vozidla mění. [23, 25]

Normální periferní vidění se zásadně podílí na vnímání rychlosti, zajišťuje prostorovou integraci a dodržení trajektorie jízdy a je také velmi důležité například při přejíždění v jízdnicích pruzích, nebo když se řidič přibližuje ke křižovatce, či vjíždí do úzkých ulic. Periferní vidění má funkci i jakéhosi alarmu, neboť v jeho rozmezí se často objevují nebezpečné objekty. Při náročné dopravní situaci na silnici má řidič na reakci pouze několik sekund, a proto je pro něj optimální zrková orientace velmi důležitá, jen tehdy může totiž rychle a bezpečně reagovat. Funkčnost a kvalita periferního vidění může být ovlivněna a zhoršena různými faktory, kupříkladu je-li na řidiče kladena vyšší pozornostní zátěž, a to zejména při městském provozu, při soustředěnosti řidiče na jedoucí vozidlo před ním, nebo při neustálém sledování dopravních ukazatelů atp. Ke zhoršenému vnímání periferie rovněž značně přispívá telefonování řidiče. [20, 21, 22, 23, 24, 25, 26]

Z hlediska psychologického se setkáváme s pojmem využitelný rozsah zorného pole, nebo jinak řečeno funkční zorné pole, které není konstantní, ale mění se podle

rychlosti vozidla a kvanta zpracovávaných informací v dané chvíli. Jedná se o část zorného pole, ve které řidič v aktuální chvíli vnímá okolní objekty bez pohybu hlavy a očí. Můžeme tedy říci, že zúžení zorného pole je tím větší, čím více informací řidič zpracovává a zároveň je rozsah zorného pole s vnímanými objekty, na něž je řidič schopný ještě reagovat, omezen s rostoucí rychlostí vozidla. Z toho vyplývá, že by měla být rychlost jedoucího vozidla přizpůsobena schopnostem zrakového systému. Reakce řidiče tedy nemusí být pomalá, ale problémem se stává příliš vysoká rychlost jedoucího vozidla. Funkční zorné pole je dále ovlivněno věkem řidiče, jeho aktuálním stavem, závisí na možnostech pozornosti řidiče a také na podmínkách aktuální situace.

[20, 21, 23, 24, 25, 26]

### 3.1.3 Barvocit

Dalším důležitým faktorem bezpečné jízdy je optimální barvocit. Jak bylo již zmíněno v předešlé kapitole, poruchou barvocitu jsou postiženi nejčastěji muži (8 %), u žen je to necelé procento. Ve většině případů se jedná o lehkou poruchu vnímání zelené barvy (80 %), asi 25 % postižených trpí její těžší poruchou, 10 % lehkou poruchou vnímání barvy červené a 15 % její těžší poruchou. [20]

Pro řidiče s poruchou barvocitu je často obtížné rozeznávat světelné signály, problémová je pro ně také jízda za snížených světelných podmínek a v noci, proto tyto řidiči upřednostňují řízení ve dne. Podle posledních výzkumů trpí asi 2 % účastníků silničního provozu poruchou vnímání červené barvy. Při znečištění svítlen vozidla (brzdové a obrysové svítlny) je pro řidiče trpící poruchou barevného vidění velmi obtížné je zaznamenat, mohou je zaregistrovat později, nebo také vůbec. Podle řady studií však nebyla potvrzena souvislost poruch barvocitu se zhoršenou schopností řídit vozidlo. Řidiči s porušeným barvocitem se orientují pomocí jiných taktik, jako je kupříkladu pořadí světelného signálu, nebo jas. Zda jsou řidiči s poruchou barvocitu způsobilí k řízení motorových vozidel, rozhodují odborníci z oboru lékařství. [20, 21, 23, 24, 25]

Zároveň platí, že barvy vzdálených předmětů se za denního světla jeví světlejší, a naopak při nedostatečném osvětlení barvu ztrácí a mění se také jejich jas. Konkrétně červené předměty se za denního světla ale s nižším osvětlením mohou zdát jako černé. Žlutá barva zase zkresluje vzdálenost, a to tak, že se předměty této barvy mohou jevit blíže, než ve skutečnosti jsou. Opačný efekt způsobují předměty s odstínem šedé barvy. [25]

### **3.1.4 Adaptační citlivost a oslnění**

V noci, ale i za nepříznivého počasí se vidění řidičů zhoršuje. Zhruba polovina dopravních nehod je způsobena v noci, i když je na silnici asi jen 20 % vozidel. Zhoršeným viděním za snížených světelných podmínek trpí asi 40 % řidičů a nejedná se pouze o řidiče s diagnostikovanou refrakční vadou. [21, 25]

Během dne, pomocí čípků, dominuje barevné vidění. Jedná se o ostré a barevné vidění a nazývá se fotopickým. Když se osvětlení snižuje, dochází k vidění mezopickému, kdy jsou funkční čípky i tyčinky. Skotopické vidění nastává při adaptaci oka na tmu. V tomto případě se na vidění čípky už prakticky nepodílí, a proto je neostré a nebarevné, ale zase vysoce senzitivní na nízké intenzity světla. Zpracovávání informací za skotopického vidění je mnohem pomalejší, čímž se prodlužuje reakční doba řidiče. Zároveň je pro ně problematický odhad rychlostí ostatních vozidel či registrace pohybu okolních předmětů. [25]

Od fovey směrem do periferie se výrazně snižuje kontrastní citlivost, což nepříznivě ovlivňuje vznik obrazu na sítnici. Bylo také zjištěno, že reakční doba řidiče se prodlužuje se snižujícím se jasnem a kontrastem podnětu. Informace z těchto podnětů jsou zpracovávány mnohem pomaleji než z těch, které vykazují kontrast a jas vyšší. Právě nižší kontrast a jas je častou příčinou nehodovosti během nočního řízení. [25]

Také extrémní jas neboli oslnění, je nebezpečnou záležitostí při řízení zejména u starších řidičů, kteří jsou na oslnění více senzitivní, čímž se prodlužuje jejich funkční normalizace. Tento stav bývá často zhoršen očními patologiemi, jakou je třeba velmi běžná katarakta. [25]

### **3.1.5 Prostorové vidění**

Prostorové vidění je pro řidiče důležité v mnoha aspektech. Díky němu jsou schopni odhadnout odstup, je pomocné při parkování, otáčení, ale také při taktikách zařazování. Vnímání v prostorových rozměrech se uplatňuje do vzdálenosti asi 20-30 m. Bylo prokázáno, že jednoocí řidiči nepředstavují vyšší riziko nehodovosti oproti řidičům s viděním binokulárním. Jsou však dopravní povolání, která zvýšenou míru prostorového vnímání potřebují (řidiči vysokozdvížného vozíku, jeřábu). [25]

## 3.2 Poruchy zraku ovlivňující vidění řidičů při řízení

Kvalita zraku řidičů může být výrazně ovlivněna refrakční vadou, ale také oční chorobou, nebo celkovým onemocněním.

### 3.2.1 Refrakční vady

Tato část podkapitoly bude zaměřena nejen na negativní důsledky refrakčních vad, které ovlivňují zrakové vnímání řidičů, ale také na jejich podrobnější popis, neboť znalosti týkající se těchto vad a pojmů jsou pro optometry velmi důležité.

Nezbytnou podmínkou správné rozlišovací schopnosti oka je jeho optimální dioptrický systém, jenž umožňuje vytvořit obraz pozorovaného objektu na sítnici. [29]

Z hlediska optiky představuje lidské oko sbíhavý optický systém, který je sestaven z rohovky, komorové vody, oční čočky a sklivce. Zornice (kruhový otvor v duhovce) pak zajišťuje funkci clony. Pomocí akomodace (způsobilst oka měnit optickou mohutnost své dioptrické soustavy) je možno vytvořit ostrý obraz na sítnici pozorovaného objektu, jenž je umístěn v různých vzdálenostech před okem. Optická mohutnost rohovky je asi +42 D a optická mohutnost oční čočky při relaxaci akomodace přibližně +20 D. Předozadní délka bulbu (od vrcholu rohovky k foveole) dospělého jedince představuje asi 24 mm. Pojem daleký bod (punctum remotum) znamená ostře zobrazený bod na sítnici při uvolněné akomodaci a blízký bod (punctum proximum) chápeme jako ostře zobrazený bod na sítnici při akomodaci maximální. [3, 27, 28, 29]

Refrakce oka představuje vzájemný vztah mezi lomivostí dioptrického systému oka a jeho délkou. V ideálním případě se při poměru těchto veličin vyskytuje daleký bod oka v nekonečnu, to znamená, že ohnisko neakomodovaného oka leží na sítnici, tedy paprsky vstupující rovnoběžně do oka se sbíhají právě zde. Tento stav se nazývá emetropie. Pokud se paprsky sbíhají mimo sítnici, jedná se o ametropii a hovoříme o refrakčních vadách. Jestliže je optická mohutnost ametropického oka stejná ve všech směrech (meridiánech), jedná se o ametropii sférickou, když se optická mohutnost v jednotlivých meridiánech liší, jde o ametropii asférickou (astigmatickou). V případě rozdílné refrakce obou očí nastává stav nazývaný anizometropie. Při vyšších hodnotách brýlové korekce může v tomto případě dojít k navození anizeikonie (vznik sítnicových obrazů rozdílné velikosti v pravém a levém oku), jež při velikosti nad 5 % často vede k poruchám binokulárního vidění. [3, 27, 28, 29]



Dle původu lze sférické ametropie dělit na osové (axiální) ametropie, jež jsou nejčastější a jsou způsobené nepřiměřenou délkou oka, dále na lomivostní (křivostní) ametropie, kdy mají poloměry optických ploch nesprávné parametry a na indexové ametropie, které jsou vzácné a zapříčiněné nesprávným indexem lomu některého z optických prostředí. [3, 27]

Sférické ametropie se dále klasifikují na základě umístění dalekého bodu vůči oku, či rovnocenně podle polohy ohniska vůči sítnici, a to na myopii a hypermetropii. [3, 27]

### **3.2.1.1 Myopie**

Myopie, také zvaná jako krátkozrakost, je v podstatě nejrozšířenější refrakční vada, při níž jedinec vidí dobře na blízkou vzdálenost, ale špatně do dálky. Pro myopii je typické relativně dlouhé oko. [3, 27]

Daleký bod neleží v nekonečnu, ale v konečné vzdálenosti před okem, tedy někde mezi nekonečnem a rohovkou. Ohnisko krátkozrakého oka bez akomodace se nachází před sítnicí. Objekty ležící v nekonečnu tudíž myopické oko nezobrazuje na sítnici ostře. Myop při pozorování předmětů, které se nachází mezi dalekým bodem a okem, nepotřebuje akomodaci tak, jako emetrop. Z toho vyplývá, že myop bez korekce využívá akomodace méně než emetrop, a může tak dojít k jejímu oslabení. [3, 27]

Myopie se koriguje nejslabší rozptylnou čočkou, což vede k posunutí ohniska na sítnici, tedy dopadu paprsků na sítnici, čímž je docíleno ostrého vidění. Pokud dojde k překorigování myopa, musí nezvykle akomodovat i do dálky a tím se u něj mohou projevit astenopické potíže. [3, 27]

Myopii klasifikujeme podle výšky vady na lehkou myopii (*myopia levis*), jež nabývá hodnot do -3 D, od -3,25 D do -6 D hovoříme o myopii střední (*myopia modica*) a za vysokou myopii (*myopia gravis*) je považován refrakční stav od -6,25 D do -10 D. Po skončení růstu jedince se tyto zmíněné formy krátkozrakosti stabilizují a prakticky se dále nemění. Za fyziologickou myopii je považována nízká myopie, jež vzniká v dospívání jedince a po 20. roce věku se ustálí. Refrakční stav nad -10 D může představovat formu těžké myopie, progresivní myopie, pro kterou je typický rychlý nárůst vady a je spjata s patologiemi sítnice, často i sklivce, nebo myopii vrozenou, jež obvykle neprogreduje. [3, 27, 28]

- **Vliv myopie na vidění řidičů při řízení motorového vozidla**

Jak bylo již zmíněno výše, myop bez korekce je schopen vidět ostře pouze blízké objekty. Z toho vyplývá, že pro nekorigovaného krátkozrakého řidiče je velmi obtížné rozeznat předměty vzdálenější. Velkou roli zde hraje stupeň postižení, a to tak, že čím vyšší je tato vada, tím kratší je vzdálenost ostře vnímaného předmětu, a objekty daleké jsou tedy zároveň více rozmazané. Řidiči s myopií jsou rovněž citlivější na oslnění. [21, 27, 40]

Pro přesnější představu jsou zde uvedeny konkrétní příklady vnímání řidičů bez této refrakční vady (emetropa) a řidičů krátkozrakých. Emetrop je schopen rozpoznat kupříkladu chodce ze vzdálenosti až 250 m. Myopický nekorigovaný řidič s hodnotou vady - 0,75 D tohoto chodce spatří ze vzdálenosti asi 125 m. Řidič s vadou -2 D stejného chodce zahlédne až ze vzdálenosti asi 25 m, přestože se stále jedná o lehkou myopii. Při vyšší rychlosti vozidla pak tito řidiči nejsou schopni reagovat dostatečně rychle. Je tedy zřejmé, že byť i jenom malá nekorigovaná vada je velmi nebezpečná a riziková. [21, 35]



**Obr. 11** Vidění krátkozrakého řidiče bez korekce s vadou -2 D (8)

Noční myopie je fyziologický fenomén, který popisuje stav vznikající za nízkého osvětlení, při němž není pozorovatel (např. řidič vozidla) vystaven silnému vizuálnímu podnětu, jenž by způsoboval reakci akomodace, a dochází proto k myopizaci oka a následně k neostrému vidění. Přesná příčina vzniku noční myopie není zcela objasněna, ale předpokládá se, že hlavní podstata jejího vzniku spočívá v akomodaci a jejím

klidovém postavení, během kterého není akomodace regulována na daleký bod. Ke vzniku noční myopie dále přispívají sférické aberace, jež jsou způsobené rozšířenými zornicemi za nízkých světelných podmínek a chromatické aberace zapříčiněné kratšími vlnovými délkami modrozelené spektrální části. Tyto zmíněné aberace rovněž způsobují myopizaci oka. Následkem noční myopie řidičů je tedy rozostřené vidění a také jejich vyšší senzitivita na oslnění protijedoucích vozidel, které mohou nepříznivě ovlivnit bezpečnost silničního provozu. Noční myopie se netýká pouze jedinců s refrakční vadou, ale také těch, jež žádnou nemají. [3, 33, 34]

### **3.2.1.2 Hypermetropie**

Hypermetropie neboli dalekozrakost, je prakticky opakem myopie. Její nejčastější příčinou je relativně krátké oko, proto se paprsky vstupující do oka sbíhají až za sítnicí a opět může nastat rozmazané vidění, v některých případech však nastupují pouze nepříjemné astenopické potíže. V tomto případě je tedy rozhodující, která složka hypermetropie je u postiženého jedince přítomna. Ohnisko dalekozrakého neakomodovaného oka se nachází až za sítnicí a jeho daleký bod leží za okem, zjednodušeně řečeno mimo nekonečno. [3, 27, 28]

Klasifikace hypermetropie je poněkud komplikovanější. Celková (totální) hypermetropie je rozdělena na složku latentní (skrytou) a manifestní (zjevnou). Do manifestní složky hypermetropie je dále zahrnuta forma fakultativní a absolutní. Latentní složka je ta část hypermetropie, jež je kompenzována stálým tonusem ciliárního svalu a není ji možné zjistit předkládáním spojných čoček. Zde je nutná cykloplegie, při které dochází k jejímu uvolnění. S rostoucím věkem akomodační aparát oslabuje, latentní složka se postupně zmenšuje a přechází do složky manifestní. Fakultativní složku je hypermetrop schopen vykorigovat sám vlastní akomodací, přičemž mohou nastat již zmíněné astenopické potíže, jakými jsou kupříkladu bolesti hlavy, zad a očí, únava atp. V případě, že vadu již není možné vykorigovat vlastním úsilím, dochází k rozmazanému vidění, a jedná se tudíž o složku absolutní. [3, 27]

Dalekozrakost se koriguje nejsilnější spojnou čočkou, se kterou vidí vyšetřovaný stále ostře. [3]

- **Vliv hypermetropie na vidění řidičů při řízení motorového vozidla**

Řidiči se slabou hypermetropií vidí obvykle velmi dobře do dálky, přesto však mohou trpět rozmazaným viděním do blízka. V takové situaci je pro ně problémová manipulace se samotným vozidlem, neboť vidí palubní desku neostře a hrozí například překročení povolené rychlosti, ale i zavinění dopravní nehody. V případě silných hypermetropů je zhoršené už i vidění do dálky, nablízko vidí velmi špatně. [3, 35]



**Obr.12** Vidění nekorigovaného řidiče se slabou hypermetropií (8)

### **3.2.1.3 Astigmatismus**

Astigmatismus je refrakční vada, při níž má oko v různých směrech (meridiánech) různou optickou mohutnost. Sledovaný bod se tedy nezobrazí jako bod. Je nejčastěji způsoben asfericitou rohovky, méně často pak oční čočky, nebo jejich decentrací. Tato celková vada je složena z astigmatismu rohovkového, čočkového a zbytkového, jenž je většinou prakticky zanedbatelný. [3, 27]

Astigmatismus klasifikujeme na pravidelný (*regularis*) a nepravidelný (*irregularis*). V případě pravidelného astigmatismu se pozorovaný bod zobrazí jako dvě navzájem kolmé linie (fokály), které se nenachází ve stejné rovině. Setkáváme se s dvěma hlavními, na sebe kolmými směry, s maximální a minimální lomivostí oka. Pokud převládá lomivost ve vertikálním směru, hovoříme o astigmatismu přímém, tedy podle pravidla, v opačné situaci se jedná o astigmatismus nepřímý (proti pravidlu). U astigmatismu šikmých os svírají hlavní řezy úhel asi  $45^\circ$  a  $135^\circ$  se směrem vodorovným. Pravidelný astigmatismus lze dále klasifikovat podle umístění fokál vzhledem k sítnici, a to na

astigmatismus jednoduchý (simplex), složený (compositus) a smíšený (mixtus). Pravidelný astigmatismus se koriguje pomocí cylindrické či sférocyldrické čočky, čímž je docílen dopad sbíhavých paprsků na sítnici. V praxi se užívá tzv. čočka torická. [3, 27]

Nepravidelný astigmatismus je nejčastěji zapříčiněn deformací rohovky, a to například zjizvením, pooperačním stavem, poleptáním rohovky, či vlivem keratokonu. Jeho korekce je komplikovaná, obvykle jsou ke korekci užívány tvrdé kontaktní čočky. [3, 27]

- **Vliv astigmatismu na vidění řidičů při řízení motorového vozidla**

Řidiči, kteří jsou postiženi astigmatismem, vidí rozmazaně jak na dálku, ale i nablízko. Jejich obraz je rozmazaný, zdeformovaný a nejasný. Mají problémy s rozeznáváním kontrastů a s percepcí hloubky a prostoru. Za nedostatečného osvětlení může u řidičů docházet ke zkreslenému vnímání. [21]

#### **3.2.1.4 Presbyopie**

Presbyopie (vetchozrakost) nebývá řazena mezi refrakční vady, zmiňuji ji zde však z toho důvodu, že každý jedinec se s tímto problémem v určitém věku setká a může mít vliv na kvalitu řízení motorových vozidel.

Presbyopie je fyziologický stav, kdy dochází k omezení až ztrátě schopnosti akomodace vlivem stárnutí oka jedince, jenž může ovlivnit vidění na blízké vzdálenosti. Doba, ve které se projeví presbyopie, je individuální (většinou po 40. roce života), rozhodující je také stávající sférická refrakční vada pacienta. První příznaky presbyopie se obvykle dříve vyskytují u latentních hypermetropů než je tomu u emetropů a myopů. [3, 27]

Tuto nedostatečnost akomodace lze kompenzovat adicí, tedy kladným přídatkem k aktuální korekci do dálky. Umožní tak presbyopům pohodlné a ostré vidění nablízko. Při výrobě brýlí se za konvenční vzdálenost obecně považuje 40 cm, je však důležité brát v úvahu konkrétní požadavky pacienta, především co se pracovní vzdálenosti týče. [3, 27]

- **Vliv presbyopie na vidění řidičů při řízení motorového vozidla**

Typickým projevem presbyopie je rozostřené vidění do blízka, snížená zraková ostrost nablízko za nedostatečného osvětlení, zvyšující se pracovní vzdálenost nablízko, astenopické potíže a problémy při zaostřování na krátkou vzdálenost. Řidiči presbyopové

pocitují potíže při zaostřování na blízké vzdálenosti a mohou mít díky tomu problémy s manipulací samotného vozidla, při rozeznávání informací na palubní desce, čímž může být v konečném důsledku zaviněna dopravní nehoda. [3, 21, 27]

### **3.2.2 Oční choroby**

Tato část podkapitoly bude zaměřena na časté oční choroby nejen na našem území, ale také ve světě, dále pak zejména jejich nepříznivý dopad na zrakové funkce řidičů. Budou zde zmíněny choroby jako katarakta, glaukom a věkem podmíněná makulární degenerace, avšak pouze stručně popsány jejich vlastnosti a klasifikace, neboť jejich podrobnější popis není předmětem této práce.

#### **3.2.2.1 Katarakta**

Katarakta (šedý zákal) představuje kterékoliv zakalení oční čočky, jenž znemožňuje její transparentnost a způsobí rozptyl vstupujícího světla do oka. I přesto, že je chirurgická operace katarakty v dnešní době velmi častá a efektivní, stále je katarakta zmiňována jako hlavní příčina slepoty ve světě. [32]

Co je hlavní příčinou vzniku katarakty, však není doposud přesně známo. Díky výzkumům byly objeveny a prokázány rizikové faktory, jež mohou vést k jejímu vzniku. Mezi tyto faktory patří například kouření tabákových výrobků, diabetes, konzumace alkoholu, UVB záření, ale také průjmové choroby. [32]

Šedý zákal je obecně klasifikován na kataraktu senilní, lékovou, traumatickou, radiační a metabolickou. [32]

Konzervativní léčba stejně jako prevence vzniku katarakty není doposud známa. Jedinou možnou variantou je chirurgická operace s implantací umělé nitrooční čočky. [32]

- **Vliv katarakty na vidění řidičů při řízení motorového vozidla**

Řidiči, kteří trpí šedým zákalem, subjektivně pocítují změny týkající se snížené zrakové ostrosti (katarakta myopizuje), vidění je mlhavé, připomíná pohled přes šedivý závoj. Řidiči mají problémy s rozlišováním kontrastů a může také docházet k monokulární diplopii, jež se projevuje dvojitým obrazem a je doprovázena tzv. „duchy“. Řidiči s kataraktou mívají velké problémy především za šera a v noci, kdy jsou více senzitivní na oslnění. Jejich vidění je rozostřené a zamlžené, mají potíže se čtením

dopravních ukazatelů či údajů na palubní desce, nepříjemné je pro ně také silné sluneční světlo. Katarakta je často doprovázena astenopickými potížemi, jakými jsou například bolesti hlavy, unavené oči a objevují se i závratě. [21, 35, 39]



**Obr.13** Vidění řidiče s kataraktou (8)

### 3.2.2.2 Glaukom

Glaukom (zelený zákal) představuje komplex onemocnění, jejichž společnou charakteristikou je progresivní optická neuropatie s exkavací terče zrkového nervu a příslušných poruch senzitivity sítnice. [32]

Hlavní příčina patogeneze glaukomu neexistuje. Na vzniku této choroby se společně podílí kombinace některých genů a rizikových faktorů, kdy je za hlavní rizikový faktor považován vyšší a kolísavý nitrooční tlak. Mezi další rizikové faktory patří například věk, refrakční vady, systémová onemocnění, stres atd. [32]

Glaukom je obecně klasifikován na glaukom s otevřeným úhlem, glaukom s uzavřeným úhlem a glaukom vrozený. Na základě bližší diagnostiky jsou tyto typy dále rozděleny na glaukomy primární a sekundární. Nejčastějším typem je primární glaukom s otevřeným úhlem. Glaukom je možné léčit pomocí medikamentů, či terapie laserové a chirurgické. [32]

- **Vliv glaukomu na vidění řidičů při řízení motorového vozidla**

Bylo zjištěno, že cca 2 % populace ve věku nad 40 let jsou postižena glaukomovým onemocněním a se zvyšujícím se věkem jejich procentuální zastoupení narůstá. [39]

Vlivem destruovaných nervových vláken zrakového nervu dochází ke změnám zorného pole (tzv. výpadkům) a v pozdějších stádiích glaukomu i ke snížení zrakové ostrosti. Pro bezpečné řízení motorových vozidel je mimo jiné podmínkou neporušené centrální zorné pole řidičů, dále jejich neporušené periferní vidění, a to především ve směru horizontálním, stejně jako optimální zraková ostrost. Centrální ostrost zraku bývá obvykle až do pozdních forem glaukomu beze změn. Díky binokulárnímu zornému poli si jedinci postižení glaukomem přítomných defektů v zorném poli všimnou obvykle pozdě. Mezi tyto defekty patří horní a dolní obloukové skotomy, jež mohou vygradovat až v koncentrické zúžení zorného pole. Vidění řidičů je tedy značně omezené a je prokázáno, že vlivem tohoto onemocnění mají řidiči mnohem větší předpoklad k zavinění dopravních havárií. Řidiči se zúženým periferním zorným polem mají značné potíže při jízdě v kolonách a také v zatáčkách. [21, 28, 35, 39]



**Obr.14** Vidění řidiče s glaukomem (8)

Při řízení motorového vozidla je velice nebezpečný akutní glaukomový záchvat, mezi jehož první příznaky patří silné bolesti hlavy a oka a tzv. duhové efekty okolo světel. Tento záchvat se projevuje velmi náhle a bývá doprovázen nevolností až zvracením, způsobuje podstatné snížení zrakové ostrosti, zamlžené vidění a světloplachost.

Řidičům s glaukomem postupně ubývá periferní vidění, a ztrácí tak schopnost rozpoznat veškeré okolní objekty. [21, 39]



### 3.2.2.3 Věkem podmíněná makulární degenerace

Věkem podmíněná makulární degenerace (VPMD) představuje progresivní a degenerativní chorobu centrální oblasti sítnice a cévnatky. V nejvyspělejších zemích je hlavní příčinou praktické slepoty. Existují dvě varianty tohoto onemocnění, a to tzv. „suchá“ atrofická forma, jež se vyskytuje asi z 80-90 % a dále pak velmi rychle postupující „vlhká“ exsudativní forma VPMD (10-20 %), která je spjata s choroidální neovaskularizací a zodpovědná za 80-90 % praktické slepoty. [32]

Mezi prokázané rizikové faktory vzniku VPMD patří věk, rasa, etnikum, dědičnost a kouření tabákových výrobků. [32]

Nejúčinnější léčbou vlhké formy VPMD je v dnešní době aplikace inhibujících léků VEGF, které působí proti angiogenním růstovým faktorům. Dále se užívá laserová a radiační terapie a k omezení jejího vzniku jsou podávány také antioxidanty. Léčba suché formy VPMD je zaměřena především na ukončení jejího dalšího rozvoje a zabránění její změny ve vlhkou formu. Je k tomu užívána tzv. rheohemafereza. [32]

- **Vliv VPMD na vidění řidičů při řízení motorového vozidla**

VPMD se rapidně stává jednou z hlavních příčin ztráty zraku u jedinců starších 65 let. U suché formy dochází k úbytku kapilár v choriokapilaris, jež plní funkci výživy makulární oblasti sítnice. U vlhké formy dochází ke vzniku nových cév v cévnatce, které prorůstají do smyslového epitelu sítnice a způsobují vznik edému v makulární oblasti. VPMD způsobuje její postižení, a ačkoli jde pouze asi o 5 % z celkové plochy sítnice, snížení centrální ostrosti zraku s sebou nese značné potíže například při rozlišování tváří, dopravních ukazatelů, způsobuje neschopnost rozpoznávat detaily a v neposlední řadě nakonec neschopnost řídit motorové vozidlo. [32, 37, 39]

Řidiči se suchou formou VPMD mohou vnímat postupné zhoršení zrakové ostrosti, v případě vlhké varianty je její pokles rychlý a značný. Zraková ostrost řidičů je snížena jak na dálku, stejně tak je tomu i nablízko. Vlhká forma je nejprve často provázena metamorfopsiemi, tedy zvlněním a pokřivením obrazu, což způsobuje deformace sítnice a později dochází k výpadkům centrálního zorného pole. Řidiči s VPMD mají rovněž potíže s rozlišováním kontrastů a barev a jsou více senzitivní na oslnění. Ve většině případů je periferní vidění zachováno. [32, 39]

### **3.2.3 Celková onemocnění**

Poslední část podkapitoly bude věnována negativním vlivům vybraných celkových onemocnění na zrakové vnímání řidičů při řízení motorového vozidla.

#### **3.2.3.1 Diabetes mellitus**

Diabetes mellitus (cukrovka) patří mezi nejčastější celková onemocnění ovlivňující zrakové funkce jedince. Podle statistických údajů Ústavu zdravotnických informací a statistiky v ČR se v roce 2015 léčilo více než 858 tisíc diabetiků a jejich počet neustále roste. [36, 39]

Během řízení vozidla může u řidičů s nekompenzovanou cukrovkou dojít k přechodným a výrazným změnám refrakce z důvodu kolísání hladiny cukru v krvi, které mohou podstatně ovlivnit vnímání řidiče, a zavinit tak dopravní nehodu. Při vysoké glykemii vzniká přechodná myopie, u které může nastat změna refrakce až o -9 D. Naopak při glykemii nízké dochází k dočasné hypermetropii, kdy refrakce nabývá změn až o +5 D. Při nízké glykemii se u nich také mohou projevit bolesti hlavy, nauzea, zamlžené vidění, neschopnost jemné motoriky, může dojít k poklesu neuropsychického výkonu až k hypoglykemickému kómatu. Jedinci s vysokou glykemii mohou pociťovat celkovou slabost, žízeň, mohou trpět závratěmi a dušností a mohou rovněž upadnout do kómatu. [30, 39]

Dle zákona č. 361/2000 Sb. se řidiči s nestabilizovaným diabetem, kteří opakovaně trpí hypoglykemickými a hyperglykemickými záchvaty, jež mohou vyústit až v kóma, nemohou účastnit silničního provozu. Tento stav je pro řízení motorových vozidel zcela vylučující. [16,39]

Mezi další časté komplikace zrakových funkcí vyvolané cukrovkou patří porucha okohybných nervů způsobující diplopii, změny nitroočního tlaku, glaukom, hemoftalmus a poruchy terče zrakového nervu. Vlivem působení této choroby na oko dochází ke vzniku diabetické retinopatie, jež může řidičům způsobovat podobné komplikace jako výše zmíněná VPMD. [39]

#### **3.2.3.2 Cévní onemocnění**

Další celková onemocnění ovlivňující kvalitu zraku v dopravě jsou cévní choroby, mezi něž patří např. cévní mozková příhoda, ateroskleróza a arteriální hypertenze.

Společnými očními projevy těchto chorob jsou poruchy zorného pole, snížení zrakové ostrosti a dočasná diplopie. [39]

Poruchy cév sítnice se obvykle vyskytují u osob vyššího věku a u rizikových jedinců, kteří mohou trpět vysokým krevním tlakem a anginou pectoris. Při okluzi centrální sítnicové arterie dochází neprodleně ke ztrátě zraku. Pokud je postižena jen některá větev této tepny, vzniklý skotom odpovídá právě této oblasti. V případě okluze centrální sítnicové žíly vznikají uvnitř sítnice krevní výrony a dopady tohoto postižení se začínají projevovat pomalu, a to konkrétně zamlženým viděním. [39]

### **3.2.3.3 Další celková onemocnění**

Mezi další celková onemocnění ovlivňující vidění řidičů patří také onemocnění štítné žlázy, jako je endokrinní orbitopatie, která v pokročilé fázi nemoci způsobuje diplopii, a to především při pohledu směrem dolů. Za daných podmínek lze předpokládat, že řidiči bude při řízení činit značné problémy například sledování palubní desky vozidla. [39]

Z plicních onemocnění může zrak řidičů ovlivnit sarkoidóza a tuberkulóza. Sarkoidóza způsobuje mimo jiné zánětlivé onemocnění žilnatky, které se projevuje náhlými bolestmi, světlolachostí a rozostřeným viděním. Tuberkulóza má za následek poruchy zorného pole a barvocitu. [38, 39]

U těžších forem anémie může dojít ke vzniku bilaterální optické neuropatie, která způsobuje centroekální skotomy. [32, 39]

Vidění řidičů mohou ovlivnit také pohlavně přenosné choroby, AIDS a syfilis. U jedinců s AIDS je nejčastější infekcí oka cytomegalovirová retinopatie, jež se projevuje snížením zrakové ostrosti. Oční potíže u osob se syfilidou nastávají až během jejího druhého stádia. Dochází k zánětům duhovky, cévnatky, zánětu oční papily zrakového nervu a sítnice, a nakonec k atrofii zrakového nervu. V následujícím stádiu choroby dochází k charakteristickým poruchám zornicových reakcí, k obrně hlavových nervů a vznikají defekty v zorném poli. [28, 32, 39]

## Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo zdůraznit podstatný a důležitý význam optimálních zrakových funkcí řidičů při řízení motorového vozidla a poskytnout informace o vlivu refrakčních vad, častých očních chorob a celkových onemocněních na jejich vidění při řízení.

Jak jsem již zmínila v úvodu, práci jsem rozdělila do tří kapitol. První z nich byla věnována zrakovým funkcím, metodám vyšetření a jejich poruchám, druhá kapitola byla zaměřena na zákonem stanovené normy pro řidiče motorových vozidel, a to konkrétně na ty, jež se týkají vizuálních standardů. Zmínila jsem zde stavy zraku, které jsou zcela vylučující pro získání řidičského průkazu a pro účast v silničním provozu, dále stavy zraku, jež pro získání způsobilosti k řízení motorového vozidla vyžadují souhlas lékaře. Vždy jsem se zaměřila zvláště na řidiče skupiny 1 (běžní řidiči) a řidiče skupiny 2 (řidiči z povolání). Do této kapitoly jsem také zařadila informace vztahující se k harmonizačním kódům, které jsou uváděné na zadní straně řidičského průkazu a ze zákona určují povinnost řidiče nosit při řízení motorového vozidla brýle, kontaktní čočky a ochranné kryty. Další část této kapitoly se týkala četnosti pravidelných lékařských prohlídek, které jsou rovněž stanoveny zákonem České republiky. Opět jsou klasifikovány zvláště pro řidiče skupiny 1 a 2. Zákonem je nařízeno, že řidiči z povolání se musí podrobit lékařskému vyšetření každé dva roky do dovršení 50 let a poté každý rok. Zcela jinak je tomu u běžných řidičů, kteří se lékařské prohlídky musí zúčastnit až v 65. roce života. Fakt, že velká část těchto řidičů získává řidičský průkaz v 18 letech a další povinná lékařská prohlídka je zákonem nařízena až v 65 letech, je zcela alarmující. Domnívám se totiž, že při zavinění závažné dopravní nehody je z lidského hlediska zcela irelevantní, zda se jednalo o řidiče z povolání či nikoliv. Zároveň je zřejmé, že kladený důraz na kontrolu optimálních zrakových funkcí běžných řidičů není dostačující, a proto ho velká část z nich nemusí brát za nezbytnou a samozřejmou, přestože díky zraku získáváme až 90 % informací. Poslední a stěžejní kapitola byla v první části věnována zrakovým funkcím účastníků silničního provozu, konkrétně tomu, jak rozhodující a důležitý význam mají na kvalitu zraku řidičů, a tak i bezpečnou jízdu. Díky optimálním zrakovým funkcím mohou řidiči včas zaregistrovat ostatní účastníky silničního provozu, chodce, ale také blížící se nebezpečí. Jejich funkce je důležitá na křižovatkách, při odhadu vzdáleností, parkování atp. Dále jsem zde zmínila vliv refrakčních vad, častých očních chorob

a celkových onemocnění na vidění řidičů při řízení. Byť jen malá nekorigovaná vada řidiče se stává při řízení vozidla velmi rizikovou a nebezpečnou. Působením očních chorob, či celkových onemocnění může docházet k rapidnímu snížení zrakové ostrosti, neschopnosti prostorového vidění, výpadkům zorného pole, ztrátě periferního, ale i centrálního vidění, a to až ke ztrátě zraku, což samozřejmě vylučuje schopnost řídit motorové vozidlo a účastnit se silničního provozu.

Při psaní této práce jsem se snažila získat statistické informace týkající se počtu zaviněných dopravních nehod v ČR z důvodu zrakové nedostatečnosti. Bohužel jsem však zjistila, že takové statistiky neexistují. Nicméně jsem se dočetla, že mezi nejčastější příčiny dopravních nehod zaviněnými řidiči motorových vozidel patří mimo jiné chybné otáčení, couvání, nedodržení bezpečné vzdálenosti a také nedání přednosti. O tom, kolik z nich bylo zaviněno nedostatečnou kvalitou zraku, můžeme jen polemizovat.

## Seznam literatury:

- [1] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-x.
- [2] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Práce a vidění*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999. ISBN 80-7013-275-2.
- [3] PLUHÁČEK, František: *Fyziologická optika, studijní materiály UP*
- [4] SILBERNAGL, Stefan a Florian LANG. *Atlas patofyziologie*. 2. české vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3555-9.
- [5] HORNOVÁ, Jara. *Oční propedeutika*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4087-4.
- [6] ŘEHÁK, Jiří a Matuš REHÁK. *Venózní okluze sítnice*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3480-4.
- [7] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-313-9.
- [8] HYCL, Josef a Lucie TRYBUČKOVÁ. *Atlas oftalmologie*. 2. vyd. V Praze: Triton, 2008. ISBN 978-80-7387-160-4.
- [9] RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-301-5.
- [10] *Vyšetření perimetrem* [online]. [cit. 2019-01-13]. Dostupné z: <https://vysetreni.vitalion.cz/vysetreni-perimetrem/>
- [11] *Výpadek zorného pole* [online]. [cit. 2019-01-13]. Dostupné z: <https://priznaky.vitalion.cz/vypadek-zorneho-pole/>
- [12] AUTRATA, Rudolf. *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7.

- [13] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [14] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [15] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. *Borish's clinical refraction*. 2nd ed. St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier, c2006. ISBN 9780750675246.
- [16] Vyhláška č. 277/2004 Sb., *O stanovení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel, zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel s podmínkou a náležitosti lékařského potvrzení osvědčujícího zdravotní důvody, pro něž se za jízdy nelze na sedadle motorového vozidla připoutat bezpečnostním pásem (o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel)* Dostupné z:  
[https://www.cpspd.cz/storage/files/277\\_2004\\_novela\\_37\\_2018.pdf](https://www.cpspd.cz/storage/files/277_2004_novela_37_2018.pdf)
- [17] Zákon č. 361/2000 Sb., *O provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu)*. Dostupné z:  
[http://www.pracepropravniky.cz/userfiles/texty\\_prilohy/10080.pdf](http://www.pracepropravniky.cz/userfiles/texty_prilohy/10080.pdf)
- [18] Harmonizované kódy a národní kódy uváděné v ČR: Řidičské průkazy. <http://www.mdcz.cz> [online]. 22.5.2017 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z:  
<http://www.mdcz.cz/Dokumenty/Silnicni-doprava/Ridicske-prukazy,Autokoly/Harmonizovane-kody-a-narodni-kody-uvadene-v-RP>
- [19] Pozor na kontaktní čočky při řízení! Bez záznamu v řidičském průkazu můžete mít problém. [www.pecujemeozrak.cz](http://www.pecujemeozrak.cz) [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z:  
<http://pecujemeozrak.cz/novinky/pozor-kontaktni-cocky-pri-rizeni-bez-zaznamu-ridickem-prukazu-muzete-mit-problem/>
- [20] Řízení motorového vozidla a vidění: Zrak a vidění. [Www.videni.cz](http://www.videni.cz) [online]. 6.2.2014 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://www.videni.cz/oko/59-rizeni-motoroveho-vozidla-a-videni>
- [21] JAK VIDÍ ŘIDIČI S OČNÍ VADOU BEZ KOREKCE. <https://cestovani.doktorka.cz> [online]. 11.6.2013 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://cestovani.doktorka.cz/jak-vidi-ridici-s-ocni-vadou-bez-korekce>

- [22] Dobře vidět a správně vnímat. *Centrum služeb pro silniční dopravu* [online]. 26.10.2015 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.cspds.cz/380-dobre-videt-a-spravne-vnimat>
- [23] Vizuální vnímání řidiče z hlediska psychologie. PROCHÁZKOVÁ, Z., D. ČERNOCHOVÁ a K. VESELÁ. *zdravi.euro.cz* [online]. Ústřední lékařsko-psychologické oddělení, Ústřední vojenská nemocnice Praha, 10.12.2010 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra/vizualni-vnimani-ridice-z-hlediska-psychologie-456627>
- [24] 2% řidičů nerozeznají červenou barvu. Většinou to jsou muži. <https://www.neovize.cz> [online]. 13.10.2015 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.neovize.cz/napsali-o-nas/141-2-ridicu-nerozeznaji-cervenou-barvu-vetsinou-to-jsou-muzi/>
- [25] REHNOVÁ, V. a D. ČERNOCHOVÁ. SPOLEČNOST PRO ROZVOJ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ. Pohled dopravního psychologa: Vliv osvětlení na bezpečnost silničního provozu. Jablonec nad Nisou, 2010. Dostupné z: [http://www.srvo.cz/wp-content/uploads/2017/12/2010\\_Pohled\\_dopravniho\\_psychologa.pdf](http://www.srvo.cz/wp-content/uploads/2017/12/2010_Pohled_dopravniho_psychologa.pdf)
- [26] HAVLÍK, Karel. *Psychologie pro řidiče: zásady chování za volantem a prevence dopravní nehodovosti*. Praha: Portál, 2005. ISBN 9788071785422.
- [27] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [28] HYCL, Josef a Lucie TRYBUČKOVÁ. *Atlas oftalmologie*. V Praze: Triton, 2003. ISBN 80-7254-382-2.
- [29] KOLÍN, Jan. *Oční lékařství*. 2., přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 2007. ISBN 978-80-246-1325-3.
- [30] PLUHÁČEK, František: Korekce zraku I, studijní materiály UP
- [32] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.



- [33] FISHER, Donald L. *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology*. Boca Raton: CRC Press, c2011. ISBN 9781420061000.
- [34] Noční myopie. *www.videni.cz* [online]. 29. březen 2014 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <http://www.videni.cz/refrakcni-vady/48-nocni-myopie>
- [35] Řídit bez brýlové korekce je risk! *OPTIK Helena Matušková* [online]. 17.1.2014 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <http://optikmatuskova.cz/ridit-bez-brylove-korekce-je-risk/>
- [36] Data o diabetu v ČR. *Diabetická asociace ČR* [online]. [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <http://diabetickaasociace.cz/co-je-diabetes/data-o-diabetu-v-cr/>
- [37] KORDA, Vladimír. Věkem podmíněná makulární degenerace sítnice (VPMD). *Medicína pro praxi* [online]. 2010 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2010/11/08.pdf>
- [38] Sarkoidóza očí. *WikiSkripta* [online]. 7. 3. 2018 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Sarkoid%C3%B3za\\_o%C4%8D%C3%AD](https://www.wikiskripta.eu/w/Sarkoid%C3%B3za_o%C4%8D%C3%AD)
- [39] PŘÍKRÁ, Veronika. Zrakové funkce a řízení motorových vozidel. *Česká oční optika*. 2013, 54(4). ISSN 1211–233X.
- [40] Oční vady a jejich korekce. *Essilor* [online]. [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: [https://www.essilor.cz/CS/o\\_vasem\\_zraku/ocni\\_vady\\_a\\_jejich\\_korekce/Stranky/kratko\\_zrakost.aspx](https://www.essilor.cz/CS/o_vasem_zraku/ocni_vady_a_jejich_korekce/Stranky/kratko_zrakost.aspx)

## Seznam obrázků:

- (1) [online]. [cit. 13.1.2019]. Dostupný na WWW: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni\\_vady/web/pages/03-naturalni-zrakova-ostrost.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/pages/03-naturalni-zrakova-ostrost.html)
- (2) [online]. [cit. 13.1.2019]. Dostupný na WWW: <http://jablkon.eu/jbl/wp-content/gallery/prodej-optotypy/complete.gif>
- (3) SKORKOVSKÁ, Karolína. *Perimetrie*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5282-2.
- (4) [online]. [cit. 13.1.2019]. Dostupný na WWW: <https://www.zeleny-zakal.cz/test-zraku>
- (5) GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie: dvacáté vydání*. Praha: Galén, c2005. ISBN 8072623117.
- (6) [online]. [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: <https://unomasunonosondos.wordpress.com/2013/01/31/test-de-contraste/test-de-vision-de-contraste/> [online]. [cit. 2019-02-18].
- (7) [online]. [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: <https://www.bibonline.co.uk/products/mitron-contrast-sensitivity-chart-improved-pelli-robson>
- (8) Řídit bez brýlové korekce je risk! *OPTIK Helena Matušková* [online]. 17.1.2014 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <http://optikmatuskova.cz/ridit-bez-brylove-korekce-je-risk/>