





**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra přírodovědných oborů**

## **Testování zraku řidičů**

## **Testing of driver's vision**

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor práce: Marek Pekárek

Vedoucí práce: Mgr. Markéta Žáková

Katedra přírodovědných oborů

Akademický rok: 2016/2017

## Z a d á n í   b a k a l á ř s k é   p r á c e

Student:           **Marek Pekárek**  
Obor:               Optika a optometrie  
Téma:               **Testování zraku řidičů**  
Téma anglicky:    Testing of driver's vision

Zásady pro vypracování:

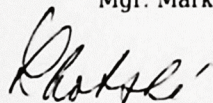
Student provede měření na přístroji VisioTest, který je určen k rychlému screeningu zraku. Zaznamená všechny výsledky z celého souboru testů. Pro vypracování použije výsledky z měření zrakové ostrosti. Statisticky zpracuje a výsledky porovná s normami ČR. Srovnání provede jak pro monokulární, tak binokulární zrakovou ostrost. Navrhne soubor otázek a zpracuje databázi pro další využití ke screeningu zraku na přístroji VisioTest. Vytvoří statistické a grafické výstupy z databáze. Student provede shrnutí problematiky testování zraku u řidičů a jejich efektivity pro odhalení rizikových řidičů z hlediska bezpečnosti silničního provozu.

Seznam odborné literatury:

- [1] BENJAMIN, W. J., BORISH, I. M., Borish's Clinical Refraction, ed. 2, Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2006, 1255 s., ISBN 978-0-7506-7524-6  
[2] ROZSÍVAL, P. a kol., Oční lékařství, ed. 1, Galén, Karolínium, 2006, ISBN 80-7262-404-0

Zadání platné do:   11.09.2018

Vedoucí:            Mgr. Markéta Žáková



vedoucí katedry / pracoviště



děkan

V Kladně dne 20.02.2017

# Abstrakt

Cílem práce je porovnat zrakovou ostrost řidičů v ČR s platnými normami pro zrakovou ostrost uvedenou ve vyhlášce č. 277/2004 Sb. Následně vyhodnotit procentuální zastoupení řidičů, kteří splňují či nesplňují zákonné podmínky pro provoz vozidla. Pro získávání výsledků používáme přístroj ke screeningu zraku Visiotest. Po vyhodnocení výsledků doporučit řidičům, zdali je nutné podstoupit podrobnější prohlídku zraku či nikoli. Výstupem naší práce je databáze, do které lze průběžně doplňovat nové výsledky. Součástí databáze je grafický výstup v podobě grafů, které jsou stále aktualizovány s přibývajícím daty. Databáze a grafické výstupy slouží pro budoucí použití a sběr dat i mimo tuto práci.

## **Klíčová slova:**

Zraková ostrost řidičů, kontroly zraku řidičů, vyhláška č. 277/2004 Sb., Visiotest

# Abstract

The aim of the study is to compare the visual acuity of drivers in the Czech Republic with the applicable standards for visual acuity specified in regulation no. 277/2004 Coll. Then evaluate the percentage of drivers who meet or do not meet the statutory requirements for the operation of the vehicle. For obtaining results we use the machine for vision screening Visiotest. After evaluation the results is recommendation to the drivers, whether it is necessary to undergo a more detailed examination of eyesight or not. The output of work is the database into which we can continually add new results. A part of the database is a graphical output in the form of graphs, which are continually updated with the increasing data. The database and graphical outputs are used for future reference and data collection also out of this study.

## **Key words:**

Driver's visual acuity, driver's eye examinations, Visiotest

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Testování zraku řidičů vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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

V Kladně dne .....

.....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval za pomoc s přípravou práce a odborné poradenství vedoucí práce Mgr. Markétě Žákové.

# Obsah

Úvod.....	1
1. Zraková ostrost.....	2
1.1 Definice zrakové ostrosti .....	2
1.2 Rozlišovací mez lidského oka .....	3
1.3 Faktory ovlivňující zrakovou ostrost .....	4
1.3.1 Vliv věku na zrakovou ostrost .....	5
1.4 Vyšetření zrakové ostrosti .....	7
2. Zorné pole .....	9
2.1 Rozsah zorného pole .....	9
2.2 Výpadky v zorném poli – skotomy.....	10
2.3 Defekty periferního zorného pole .....	10
2.4 Vyšetření zorného pole .....	10
2.4.1 Orientační vyšetření.....	10
2.4.2 Perimetry .....	11
3. Barvocit .....	12
3.1 Poruchy barvocitu .....	12
3.2 Vyšetření barvocitu .....	13
4. Kontrastní citlivost .....	14
4.1 Vyšetření kontrastní citlivosti.....	15
5. Normy pro řidiče v ČR .....	16
5.1 Zdravotní způsobilost dle vyhlášky č. 277/2004 Sb.....	16
5.1.1 Rozdělení řidičů .....	16
5.1.1.1 Skupina 1.....	16
5.1.1.2 Skupina 2.....	16
5.1.2 Rozdělení zdravotních stavů.....	17
5.1.2.1 Omezení 1 – stavy vylučující možnost provozu.....	17
5.1.2.2 Omezení 2 – stavy s odborným vyšetřením.....	18
6. Povinné zdravotní prohlídky řidičů.....	20
6.1 Harmonizované kódy .....	20
6.1 Kontrola policejní hlídkou .....	21
7. Statistiky nehod a počtu vozidel v ČR .....	22
7.1 Analýza nehod za rok 2016.....	22
7.2 Vývoj počtu nehod v posledních letech .....	23
7.3 Počet registrovaných vozidel v ČR.....	25
8. Popis přístroje Visiotest.....	26
8.1 Technické parametry.....	26
8.1.1 Podmínky pro provoz a skladování.....	27



8.2 Přehled testů .....	27
8.2.1 Optotypové tabulky do dálky .....	27
8.2.2 Test pro ověření přítomnosti hypermetropie .....	28
8.2.3 Astigmatická růžice .....	28
8.2.5 Duochromatický test .....	28
8.2.5 Test kontrastní citlivosti.....	28
8.2.6 Test na ověření binokulární spolupráce očí .....	29
8.2.7 Test prostorového vidění .....	29
8.2.8 Test barvocitu .....	29
8.2.9 Optotypové tabulky na blízko .....	29
8.2.10 Test zorného pole .....	30
9. Praktická část .....	31
9.1 Hypotéza .....	31
9.2 Výsledky přehled.....	31
9.2.1 Soubor doplňkových otázek.....	32
9.2.2 Věkové skupiny.....	33
9.2.3 Korekce řidičů .....	33
9.2.4 Pravidelné prohlídky .....	34
9.2.5 Frekvence řízení .....	38
9.3 Zraková ostrost .....	39
9.3.1 Zraková ostrost monokulárně .....	39
9.3.2 Zraková ostrost binokulárně.....	41
9.3.3 Analýza klientů s mezními hodnotami.....	42
9.4 Kontrastní citlivost.....	44
9.4.1 Kontrastní citlivost binokulárně .....	44
9.4.2 Analýza klientů se zhoršenými výsledky .....	45
9.5 Modelové schéma s dopravním značením.....	47
Diskuze .....	54
Závěr .....	57
Seznam použité literatury .....	58
Seznam obrázků .....	61
Seznam grafů.....	62
Seznam tabulek.....	63
Seznam rovnic.....	64

# Úvod

Práce pojednává o zhodnocení kvality zraku řidičů v ČR. Měření je prováděno na přístroji Visiotest, který obsahuje sadu testů, kterými je možné ověřit různé aspekty zraku. Pro vyhodnocení práce je použita pouze část testů, se zaměřením na zrakovou ostrost. Z pohledu práce je zraková ostrost brána jako snadno diagnostikovatelný ukazatel kvality zraku. Pro měření zrakové ostrosti postačují běžné optotypy.

Přístroj Visiotest nabízí pro určení zrakové ostrosti celkem tři testy. Dva testy pro určení monokulární zrakové ostrosti do dálky pro pravé a levé oko, a jeden test pro určení zrakové ostrosti do dálky binokulárně. Pomocí těchto testů je možné porovnat výsledky s normami České Republiky a vyhodnotit, zdali je zraková ostrost řidičů vhodná pro řízení vozidel.

Dle platných norem, které se řídí vyhláškou č. 277/2004 sb., jsou řidiči děleni do dvou skupin. Skupiny jsou děleny, dle typu a hmotnosti vozidla, dle počtu kol, přípojných vozů, pracovního vztahu řidiče a vozidla atd. Pro skupinu řidičů 1 platí přísnější požadavky na kvalitu zrakové ostrosti než pro řidiče ze skupiny 2. V průběhu hodnocení je bráno na zřetel, do které skupiny vyšetřovaný řidič spadá a je posuzována zraková ostrost pro obě skupiny.

Praktická část práce je zaměřena na sběr výsledků z přístroje Visiotest, které jsou zpracovávány a porovnávány s normami. Hodnoceny jsou všechny výsledky zrakové ostrosti pro obě oči monokulárně a binokulárně.

Zraková ostrost úzce souvisí s kontrastní citlivostí, která ještě lépe popisuje změnu zrakové ostrosti s měnícími se světelnými podmínkami, při změnách kontrastu. Hodnocení kontrastní citlivosti dává lepší představu o kvalitě zraku jako celku a vypovídá více o výkonu oka v reálných podmínkách. V práci je srovnávána změna zrakové ostrosti při různých hodnotách kontrastu.

Na téma hodnocení zrakové ostrosti řidičů v České republice jsou k dispozici jen práce z několika komerčních projektů. Z tohoto důvodu je cílem práce poskytnout kvalitní výsledky a nástroje, které by mohly sloužit pro další použití v praxi.

# 1. Zraková ostrost

## 1.1 Definice zrakové ostrosti

Zraková ostrost neboli vizus vyjadřuje úhlovou velikost detailu, který může být pozorovatelem (okem) ještě rozlišen. Limity zrakové ostrosti jsou omezeny optickými a neurálními faktory, nebo jejich kombinací. Vizus udává schopnost oka rozlišovat detaily v centrálním prostoru sítnice, kde se nachází světločivé elementy, nazývané čípky. Množství a velikost čípků v centrální oblasti sítnice (fovea centralis) je jedním z omezení maximální zrakové ostrosti. Každý člověk má různou hustotu čípků a tím pádem i jinou maximální mez rozlišení jeho oka. [1, 25, 30]

Pozorovaný bod v prostoru se na sítnici nezobrazuje jako bod, ale jako kruhová skvrna obklopená kruhy. Tyto obrazce se nazývají difrakční kruhy. Centrální část difrakčního kruhu je pojmenována Airyho disk a dá se vyjádřit úhlovou velikostí:

$$\omega = 2,44 \frac{\lambda}{p} \quad (1)$$

Kde  $\lambda$  je vlnová délka světla,  $p$  je průměr pupily a  $\omega$  je úhlová velikost v radiánech.

Platí, že čím menší je průměr pupily tím větší je Airyho disk. Pokud je kvalita optického vjemu omezena pouze difrakcí platí Raleighovo kritérium pro rozlišení, které říká že dva Airyho disky mohou být rozlišeny jen pokud střed jednoho disku leží na okraji druhého disku.

$$\beta_{min} = 1,22 \frac{\lambda}{p} \quad (2)$$

Aproximací tohoto vzorce dostaneme.

$$\beta_{min} = \frac{2,3}{p} \quad (3)$$

Kde  $p$  je průměr pupily a  $\beta_{min}$  je úhlová velikost v úhlových minutách.

Zraková ostrost je převrácená hodnota úhlového rozlišení. Minimální úhlové rozlišení oka, je takové rozlišení, při kterém je oko schopné rozeznat dva body, tak aby se na sítnici zobrazily jako dva body (dvoubodová podmínka). Převrácená hodnota minimálního úhlového rozlišení oka odpovídá maximální zrakové ostrosti. Zraková ostrost neboli vizus, se udává bez jednotek. [1]

$$ZO = \frac{1}{\beta_{min}} \quad (4)$$

Kde  $ZO$  je zraková ostrost a  $\beta_{min}$  je úhlová velikost v úhlových minutách.

Po dosažení různých hodnot průměru pupily vychází výsledky zrakové ostrosti: pro dosažení zrakové ostrosti 2,0 je průměr pupily 4,6 mm, pro vizus 1,0 je to průměr pupily 2,3 a pro vizus 0,5 je průměr pupily 1,1 mm. Z toho plyne, že vysoké rozlišení nemůže být dosaženo s malými průměry pupily.

## 1.2 Rozlišovací mez lidského oka

Nejmenší dosažitelné úhlové rozlišení lidského oka odpovídá hodnotě přibližně 0,5'. Z toho se dá vypočítat, že maximální dosažitelná zraková ostrost je 2,0. Toto omezení vyplývá z velikosti fotoreceptorů ve fovee, kde mají čípky průměr 1,5  $\mu\text{m}$  a mezera mezi dvěma čípkami je 0,5  $\mu\text{m}$ . Pro rozlišení dvou bodů od sebe je nutné, aby byly podrážděny dva čípky, mezi nimiž zůstane jeden nepodrážděný. Sečtením dvou poloměrů čípků (2 x 0,75  $\mu\text{m}$ ), jednoho průměru čípku (1,5  $\mu\text{m}$ ) a dvou mezer (2 x 0,5  $\mu\text{m}$ ), vyjde vzdálenost středů dvou čípků, mezi nimiž je jeden volný čípek. Vzdálenost středů se rovná hodnotě 4  $\mu\text{m}$ . [1]

$$\beta_{min} = \frac{d_{min}}{f'_e} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{16,67} = 0,24 \cdot 10^{-3} \text{ rad} \approx 0,49' \quad (5)$$

Kde  $\beta_{min}$  je úhlová velikost v úhlových minutách,  $d_{min}$  je vzdálenost středů čípků a  $f'_e$  je předmětové ohnisko oka.

Z tohoto plyne, že není vhodné používat vizus 1,0 jako “perfektní”, “normální” nebo “průměrný”, neboť oko může dosahovat hodnot až 2,0.

### 1.3 Faktory ovlivňující zrakovou ostrost

Je známo, že zraková ostrost je snížena poruchami jako je myopie, hypermetropie, astigmatismus a chybou akomodačního aparátu. Toto jsou nejčastější příčiny snížené zrakové ostrosti. Dále zraková ostrost závisí na rozdílu jasů pozorovaného předmětu a pozadí za tímto předmětem. Se snižujícím se rozdílem jasů předmětu a pozadí klesá zraková ostrost. Zraková ostrost je také ovlivněna oslněním, kdy při oslnění vizus klesá. [1, 27, 30]

Je nutné brát v úvahu všechny zrakové funkce a hodnotit kvalitu zraku jako komplexní soubor, nikoli jen na základě zrakové ostrosti. Několik studií doporučuje zahrnout zrakovou ostrost, kontrastní citlivost, rozsah zorného pole, užitečné pole vidění a další. [17, 19, 22]

Zraková ostrost je ovlivňována více faktory mezi, než patří:

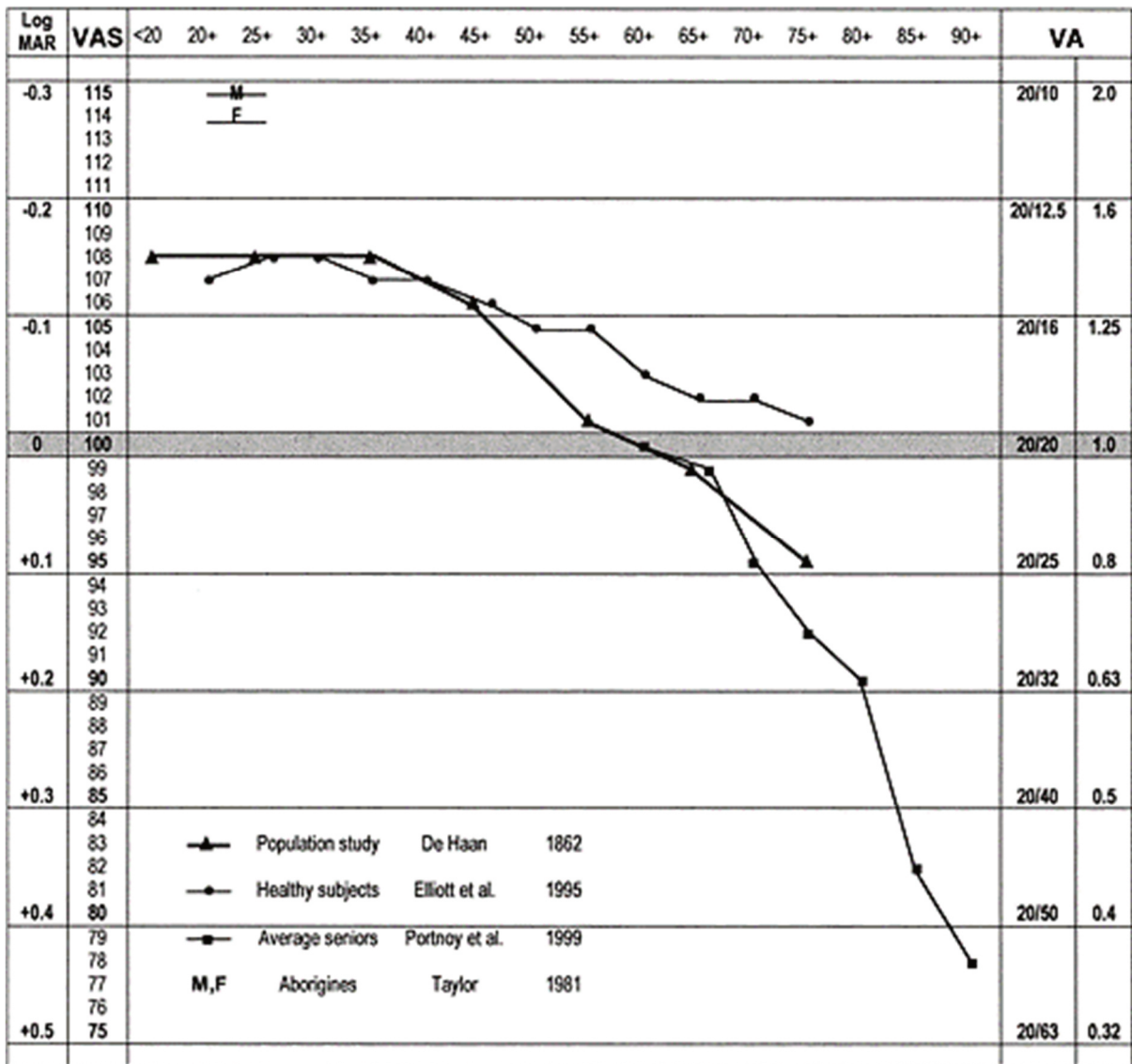
- stimulovaná oblast sítnice - nejvyšší zrakové ostrosti se dosahuje v centrální části sítnice, foveole, kde je největší hustota fotoreceptorů a jejich rozměr je nejmenší. Směrem od foveoly se zraková ostrost snižuje přibližně o 25 % na 10° odklonu od centra.
- aberace oka, refrakční vady
- hustota a velikost fotoreceptorů na sítnici
- difrakce světla
- rozptyl světla
- velikost pupily - menší průměr zornice vede k dosažení horší zrakové ostrosti (viz výše).
- osvětlení a kontrast
- expoziční doba
- adaptační stav oka
- pohyby oka

### 1.3.1 Vliv věku na zrakovou ostrost

S přibývajícím věkem se snižuje maximální dosažitelná zraková ostrost oka. Snížení vizu je zapříčiněno různými faktory. V průběhu věku dochází k úbytku počtu fotoreceptorů. Úbytkem fotoreceptorů v centrální části sítnice vznikají větší vzdálenosti mezi středy fotoreceptorů, tím klesá rozlišovací mez oka a tím i zraková ostrost. Dalšími příčinami jsou věkem podmíněné změny v oku, jako jsou katarakta a jiné opacity v optickém prostředí oka. Dále může dojít ke snížení vizu vlivem degenerativních, věkem podmíněných nebo civilizačních chorob, mezi něž může patřit věkem podmíněna makulární degenerace, diabetická retinopatie a další. [1, 21, 22, 27, 29]

Po 50 roce statisticky stoupá počet lidí s poklesem zrakové ostrosti. I přesto zůstává do 75 let zraková ostrost dobře zachována. Ve věkovém rozmezí 65-75 let má pouze 5 % pacientů horší zrakovou ostrost než 6/9 (0,66). Ve věku 75-85 let stoupá toto procento na 10-21 %. [6]

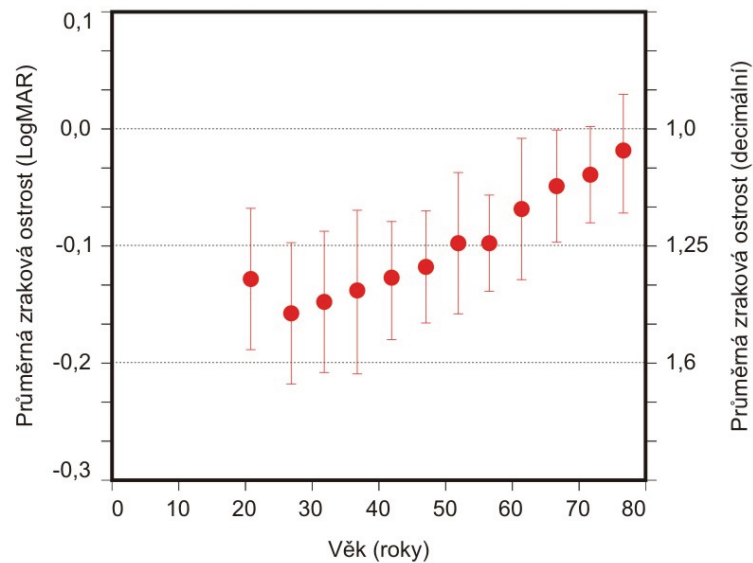
Další studie ukazují rozdílné výsledky v poklesu zrakové ostrosti v průběhu věku ovlivněné očními onemocněními, které ovlivňují kvalitu zraku.



**Graf 1** Pokles zrakové ostrosti vlivem věku [8]

Graf popisuje, že je chybou myslet si o zrakové ostrosti 1,0, že se jedná o „průměrnou“, „normální“ nebo „perfektní“ zrakovou ostrost. Šedá linie značí vizus 1,0. Průměrná zraková ostrost u dospělých je výrazně lepší a nespadá pod hodnotu 1,0 do věku 60 let. Trojúhelníky reprezentují studii, která využívá Snellenovy optotypové znaky, publikováno v roce 1862. Tečky reprezentují aktuální metaanalýzu populace se zdravým zrakem. Čtverce reprezentují výsledky starší populace, studie zahrnuje i osoby s věkem podmíněnými očními změnami. [8]

Následující graf popisuje vývoj zrakové ostrosti v průběhu věku u pacientů, kteří netrpí onemocněními ovlivňující zrak. Jedná se o výsledky studie, která je obsažena v grafu výše. Jedná se o studii z roku 1995. [1]

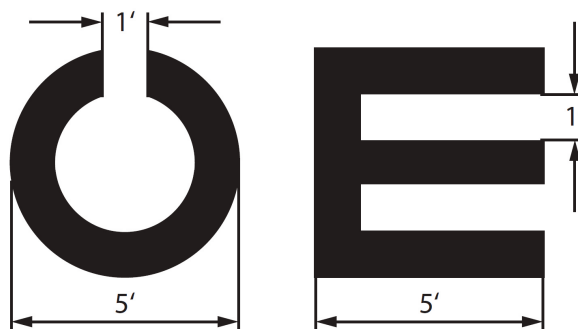


**Graf 2** Pokles zrakové ostrosti vlivem věku [1]

## 1.4 Vyšetření zrakové ostrosti

Pro stanovení hodnoty vizu se používají optotypy. Jedná se o projekci různých znaků konstruovaných podle přesných pravidel. Nejčastěji se používají písmenné, číselné a obrázkové znaky. Na optotypu jsou znaky odstupňovány od největších po nejmenší. Mezi používané znaky na optotypy patří Snellenovy znaky (písmena, číslice, obrázky), dále se používají Landoltovy kruhy (pravidelně kruhové C) a Pflügelovy háky (znak E natočený do čtyř různých směrů). Pro projekci znaků se využívají buď tištěné tabule, které mohou být i prosvětlené, dále novější projekční optotypy (projektor opatřený šablonami znaků) a nejnovější LCD optotypy. Důležitým kritériem optotypů je kontrast promítaných znaků, z tohoto hlediska nejvíce vyhovují moderní LCD optotypy, které mají nejvyšší kontrast znaků oproti pozadí. [4, 18, 23, 24]





**Obrázek 1** Konstrukce znaků pro optotypy [4]

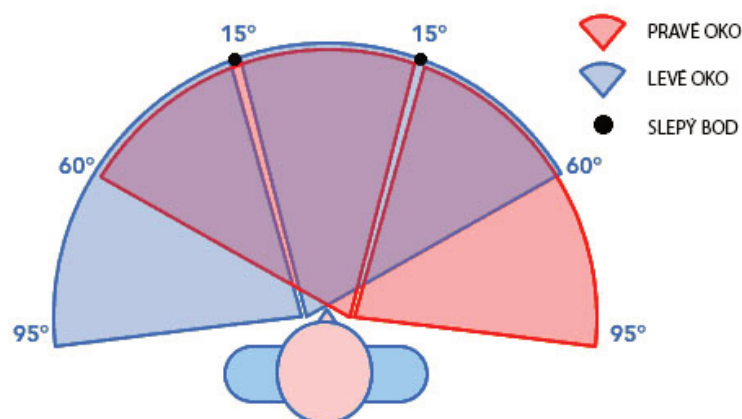
Každý znak zobrazený na optotypu musí splňovat podmínku, že celý znak musí být okem viditelný, pro vzdálenost odpovídající konkrétní zrakové ostrosti, pod úhlem  $5'$  a každá mezera a tloušťka částí znaku pod úhlem  $1'$ . Na základě této podmínky je odstupňována velikost znaků od nejnižšího vizu až po nejvyšší vizus. [1, 4, 18, 24]

## 2. Zorné pole

Zorné pole je část prostoru vnímaná okem, které fixuje předmět (bod) v jednom místě, aniž by došlo ke změně směru oka. Jinak řečeno, zorné pole je zevní projekcí všech bodů, které se zobrazují na sítnici, jak centrálním, tak periferním viděním, tzn. vjem zprostředkovaný čípkami i tyčinkami. Fixovaný předmět je viditelný ostře v centrální části sítnice a jedná se o centrální vidění, ostatní viditelné části prostoru mimo tento bod jsou vnímány paracentrální nebo periferní částí sítnice. V centrální části sítnice vidění zprostředkují světločivé elementy čípkami a směrem do periferie přechází v tyčinky. Z toho vyplývá, že periferní vidění je zprostředkováno převážně tyčinkami. Tyčinky jsou elementy sítnice, které jsou velice citlivé k vnímání pohybu, ale mají rozlišovací schopnost oproti čípkám výrazně nižší. V okrajových částech zorného pole nerozeznává oko barvy ani malé detaily. [1, 3, 18, 23]

### 2.1 Rozsah zorného pole

Maximální monokulární rozsah zorného pole je přibližně 60° směrem nahoru, 75° směrem dolů, 100° temporálně a 60° nazálně. Tento rozsah je dán pro bílou barvu. V případě jiných barev by se rozsah zorného pole lišil a to tak, že zorné pole pro jiné barvy je menší. Největší zorné pole je pro barvu modrou, dále pro barvu červenou a nejmenší pro barvu zelenou. Při pohledu oběma očima se část zorného pole obou očí překrývá. Pouze temporální části vidíme bez překrytí, jedná se přibližně o 1/6 zorného pole. Rozsah zorného pole je u zdravých lidí téměř shodný. [1]



Obrázek 2 Horizontální zorné pole [8]

## 2.2 Výpadky v zorném poli – skotomy

Skotom je výpadek uvnitř zorného pole v důsledku různých onemocnění či poškození, jakými jsou například krvácení do sítnice, zánětlivé nebo degenerativní změny sítnice, odchlípení sítnice, zákaly optických prostředí a další. Může se jednat o výpadek absolutní (úplný) nebo relativní (částečný). Pokud dotyčný člověk skotom vnímá, jedná se o skotom pozitivní, pokud skotom nevnímá jedná se o skotom negativní. Oko má přirozený skotom v místě takzvané slepé skvrny, která se též nazývá Marriotův bod. V tomto místě se nachází papila zrakové nervu. Tento bod leží v horizontálním meridiánu mezi 12° temporálně od fovey. [1, 3, 23]

## 2.3 Defekty periferního zorného pole

Oproti defektům uvnitř zorného pole může také docházet k poškozením, které vedou k výpadkům v periferii zorného pole, zužování zorného pole až k výpadkům poloviny zorného pole. Rozlišují se zúžení zorného pole a tzv. hemianopsie – výpadky poloviny zorného pole. Zužování zorného pole může být příznakem např. zeleného zákalu nebo pigmentové degenerace sítnice. Oproti tomu hemianopsie je známkou změn zrakových nervů v chiasmatu (heteronymní hemianopsie) nebo zrakové dráhy za chiasmatem (homonymní hemianopsie). [1, 3, 21, 23]

## 2.4 Vyšetření zorného pole

Pro vyšetření zorného pole je možné využít jednoduchých testů, díky kterým lze alespoň orientačně porovnat zorné pole, nebo je možné použít moderní vyšetřovací přístroje, kterými je možné mapovat podrobně celé zorné pole.

### 2.4.1 Orientační vyšetření

Rozsah zorného pole lze ověřit orientačně tzv. konfrontační metodou, kdy se porovná zorné pole vyšetřovaného a vyšetřujícího. Tato metoda je jednoduchá, nevyžaduje žádné přístrojové vybavení a dokáže nám poskytnout informaci pouze o velkých defektech v zorném poli. Vyšetření se provádí tak, že se vyšetřovaný posadí

asi jeden metr proti vyšetřujícímu a zakryje si jedno oko. Vyšetřující si zakryje oko na stejné straně jako vyšetřovaný. Vyšetřující poté pohybuje značkou např. tužkou, bílou značkou, světelnou značkou apod., od periferie směrem do středu a porovnává kdy vyšetřovaný zaznamená značku. [3]

## 2.4.2 Perimetry

V minulosti se používali polokruhové perimetry např. Föersterův perimetr. Modernější jsou kulovité perimetry typu Goldmannův světelný perimetr a další. Jedná se o tzv. *kinetické perimetry*, které jsou tvořeny polokoulí o průměru 30 cm, opěrkou hlavy a projektorem světelných značek, u kterého lze měnit velikost, sytost i barvu značky. Vyšetřovaný umístí hlavu do opěrky, jedno oko je okludováno a druhým okem sleduje fixační značku uprostřed polokoule. Při testu se zobrazují značky a vyšetřovaný vždy hlásí, když značku zahlédne. Postupuje se od periferie směrem do středu, s bílými značkami a dále s barevnými. Nejprve se určí rozsah zorného pole, tzn. periferní okraje zorného pole. Poté se ověřuje, zdali nejsou uvnitř zorného pole skotomy. Ověření skotomu se provádí tak, že se pohybuje značkou od periferie ke středu a vyšetřovaný hlásí, zdali mu značka někde nezmizí. Tímto lze orientačně ověřit tvar a velikost skotomu. Pro přesnější určení se používají perimetry počítačové, které se označují jako tzv. *statické perimetry*. Počítačové perimetry mají světelné značky pevně zabudované na jednotlivá místa v polokouli a nemění se jejich pozice. Cílem statické perimetrie je zjistit citlivost na přednastavené body zorného pole. Jas značky se mění v závislosti na místě, které je testováno. U počítačových perimetrů se promítají bílé kruhové značky na bíle osvětleném pozadí a všechny hodnoty jsou přesně zaznamenávány. Počítač má již předdefinované soubory testů pro vyšetření specifických poruch např. glaukomu, neurologických onemocnění apod. [3, 18, 24, 26]

## 3. Barvocit

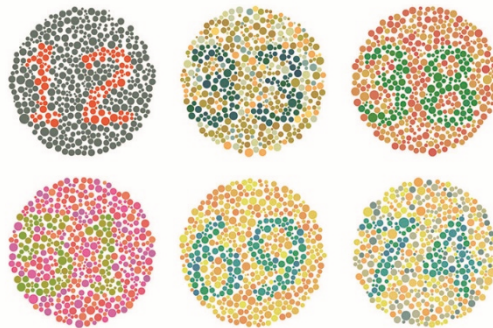
Barvocit je schopnost oka rozeznávat barvy, tuto funkci umožňují čípky v sítnici. Lidské oko je schopno vnímat asi 150 barev a více jak 2000 odstínů. Na sítnici jsou čípky, které mají maximální citlivost pro různé vlnové délky. Jedná se o tři druhy čípků, které mají maxima pro modré (440-450 nm), zelené (535-555 nm) a červené světlo (570-590 nm). Vnímání barev je závislé na intenzitě osvětlení a při příliš vysoké intenzitě již barvy oko přestává vnímat, nejprve od dlouhovlnného konce spektra postupně ke krátkovlnnému konci spektra. Směrem k periférii sítnice se schopnost rozlišovat barvy snižuje, postupně pro barvu zelenou, červenou a modrou, postup úbytku barev souhlasí s rozložením čípků v sítnici. Existují různé teorie barevného vidění mezi, než patří trichromatická teorie. Tato teorie popisuje vznik barevného vjemu, tak že lze získat každou barvu z viditelného spektra mísením tří základních barev. Červené, zelené a modré, což jsou barvy odpovídají třem druhům čípků v sítnici. Bílá barva vzniká složením všech tří barev, a naopak černá vzniká tak, že není vjem ani z jedné základní barvy. [3, 18, 23]

### 3.1 Poruchy barvocitu

Poruchy barvocitu vznikají buď úplným výpadkem jedné nebo více základních barev anebo sníženým vnímáním určitých barev. Pokud se jedná o úplné chybění barvy nebo barev, nazývá se tento stav achromatopsie. V tomto případě je zrakový vjem vnímám pouze jako černobílá fotografie s různým odstupňováním jasů. Pokud chybí vnímání červené barvy jedná se o protanopii, v případě zelené barvy o deuteranopii a v případě modré barvy tritanopii. V praxi je častější stav, kdy je vnímání barev sníženo a pak mluvíme o tzv. anomálii. Podle sníženého vjemu základních barev dělíme poruchy barvocitu na protanomálii, deuteranomálii a tritanomálii. Poruchy barvocitu mohou být jak vrozené, tak získané. Vrozené poruchy mají genetický charakter, jedná se o X recesivní typ dědičnosti, proto jsou muži častěji postiženi než ženy. [3]

## 3.2 Vyšetření barvocitu

Pro vyšetření barvocitu se využívá různých metod. Na principu splývání záměnných barev fungují pseudoisochromatické tabulky. Dostupné jsou tabulky ve více provedeních a jsou pojmenované po jejich tvůrcích, liší se znaky, které jsou zobrazeny, mohou to být číslice, písmena, obrázky nebo geometrické tvary. Znaky jsou složeny z barevných bodů, které mají odlišný barevný tón než okolní body, ale mají stejný jas. Známé tabulky Rabkin, Ishihara, Stilling, Velhagen a další. Tabulky slouží k diagnostice poruch a hodnotí jen kvalitativní složku. [4, 18]



**Obrázek 3** Testy na vyšetření barvocitu [4]

Dále se používá Farnsworth Munsell Hue Test, který testuje kvalitu barevného vidění. Úlohou vyšetřovaného je sestavit barevné terče s různým odstínem ve správném pořadí. Jas a sytost jednotlivých barev jsou stejné. Všechny terče jsou zespodu očíslované pro správné vyhodnocení testu. Na konci testu se provede grafické vyhodnocení. Na základě výsledků lze určit protanopii, deuteranopii a tritanopii dle chybných odpovědí u daných barevných terčů. [4, 18]

Přístrojem, který lze použít pro vyšetření barvocitu, je anomaloskop. Funguje na principu aditivního míšení barev a následným porovnáním. Vyšetřovaný má za úkol v polovině pole v přístroji míšením zelené a červené barvy vytvořit žlutou barvu, která se bude shodovat se žlutou barvou zobrazenou v druhé polovině pole. Tímto způsobem lze vyšetřit jen poruchy v oblasti červené a zelené barvy. [1, 4]

## 4. Kontrastní citlivost

Zraková ostrost a zorné pole jsou běžná kritéria pro hodnocení kvality zraku řidičů, různých profesí nebo posouzení nevidomosti. Tyto základní zrakové funkce však neposkytnou všechny informace o kvalitě zraku vyšetřovaného. Kontrastní citlivost poskytuje mnoho cenných informací o tom, jak dotyčný vidí i v jiných situacích než jen v ideálních podmínkách vyšetřovny (dobré osvětlení, vysoký kontrast testovacích znaků apod.). Kontrastní citlivost popisuje, jak dotyčný vidí i při nižším kontrastu, tzn. při menším rozdílu jasu pozorovaného objektu a pozadí za objektem. V běžných denních situacích se nesetkáváme po většinu času s vizuálními scénami, které jsou vysoce kontrastní, jako je tomu při testování zrakové ostrosti ve vyšetřovně. Další výhodou vyšetření kontrastní citlivosti je možnost odhalení různých opacit optických prostředí, která ještě vyšetřovaný nevnímá, jako jsou například lehké zkalení čočky při kataraktě, oxidativní poruchy vlivem kouření, diabetes s nízkou nebo žádnou retinopatií. [1, 28]

Kontrastní citlivost je převrácená hodnota prahu citlivosti. Práh citlivosti je nejnižší kontrast, který je oko ještě schopno rozlišit. Člověk, který rozliší objekt s velkým kontrastem, má nízký práh citlivosti a obráceně. Kontrast je určen rozdílem jasů a pro výpočet kontrastu se používá vzorec (Michelsonův kontrast):

$$C = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} \quad (6)$$

Kde  $C$  je kontrast,  $L_{max}$  je hodnota jasu nejjasnějšího bodu,  $L_{min}$  je hodnota jasu bodu s nejmenším jasnem. [1]

Schopnost rozlišit jemné prostorové detaily závisí na kontrastní citlivosti a prostorové frekvenci. Prostorová frekvence je udávána počtem cyklů na úhlový stupeň, kde jeden cyklus zahrnuje jeden tmavý a jeden světlý pruh. Čím jsou pruhy užší tím je prostorová frekvence vyšší a naopak. Kontrastní citlivost lidského oka s věkem klesá. [1, 4]

## 4.1 Vyšetření kontrastní citlivosti

Pro měření kontrastní citlivosti se používají tabule, monitory a LCD displeje. Jeden typ testů je založen na principu sinusové mřížky a druhý typ jsou písmenné testy. U sinusových mřížek se pro výpočet používá Michaelsonův kontrast (viz výše), což je podíl rozdílu maximálního a minimálního jasu, se součtem maximálního a minimálního jasu. Tabule využívající tento princip obsahují pole s pruhy, natočenými různým směrem, a postupně se snižujícím kontrastem a prostorovou frekvencí. Známé jsou FACT testy (Functional Acuity Contrast Test). Písmenné testy využívají pro výpočet kontrastu Weberův vzorec, kdy se kontrast rovná rozdílu jasu pozadí a jasu písma, dělený jasem pozadí. Mezi známé písmenné testy patří Pelli-Robson Contrast Chart. [1, 4, 18]



## 5. Normy pro řidiče v ČR

### 5.1 Zdravotní způsobilost dle vyhlášky č. 277/2004 Sb.

Zdravotní způsobilost řidičů v ČR je stanovena ve vyhlášce číslo 277/2004 sbírky zákonů. Tato vyhláška prošla poslední úpravou v roce 2015 a tato novela je nyní platná. Ve vyhlášce jsou různá omezení a popis zdravotních stavů, které jsou podmíněny odborným vyšetřením nebo se vylučují s možností účasti v provozu na pozemních komunikacích jako řidič. Práce je zaměřena pouze na přílohu č. 3, která se týká vymezení zdravotní způsobilosti ohledně zraku.

#### 5.1.1 Rozdělení řidičů

Ve vyhlášce je rozdělení řidičů do dvou skupin (1 a 2). Toto vymezení obou skupin úzce souvisí, zaprvé s typem vozidla, jeho hmotností, připojenými zařízeními a zadruhé s tím, zdali řidič vozidla používá vozidlo pouze pro soukromé účely nebo v pracovněprávním vztahu. Pro představu o přesném vymezení skupin je zde uveden popis z vyhlášky. [10]

##### 5.1.1.1 Skupina 1

Žadatelé a držitelé řidičských oprávnění skupin vozidel AM, A1, A2, A, B1, B a B+E (§ 80a zákona č. 361/2000 Sb.). [10]

##### 5.1.1.2 Skupina 2

a) Řidiči, kteří řídí motorové vozidlo v pracovněprávním vztahu, a u nichž je řízení motorového vozidla druhem práce sjednaným v pracovní smlouvě,

b) řidiči vozidla, kteří při plnění úkolů souvisejících s výkonem zvláštních povinností užívají zvláštního výstražného světla modré barvy, popřípadě doplněného o zvláštní zvukové výstražné znamení,

c) řidiči, u kterých je řízení motorového vozidla předmětem samostatné výdělečné činnosti prováděné podle zvláštního právního předpisu,

d) žadatelé a držitelé osvědčení pro učitele řidičů, pro výcvik v řízení motorových vozidel podle zvláštního právního předpisu,

e) žadatelé a držitelé řídičských oprávnění skupin vozidel C1, C1+E, C, C+E, D1, D1+E, D, D+E a T (§ 80a zákona č. 361/2000 Sb.). [10]

### **5.1.2 Rozdělení zdravotních stavů**

Ve vyhlášce jsou rozděleny zdravotní stavy na dvě skupiny, které lze pro zjednodušení popsat následovně. Skupina první vymezuje stavy zraku, které jsou nebezpečné pro provoz na pozemních komunikacích a jedná se o stavy vylučující možnost provozu. První skupina je, pro lepší orientaci v práci, pojmenována „omezení 1“. Skupina druhá vymezuje stavy zraku, které ovlivňují bezpečnost provozu na pozemních komunikacích a jedná se o stavy zraku, u kterých lze uznat žadatele nebo držitele řídičského oprávnění za zdravotně způsobilého pouze po předchozí lékařské prohlídce, na základě odborného vyšetření. Druhá skupina je, pro lepší orientaci v práci, pojmenována „omezení 2“.

Hodnocení stavu zraku a následná kritéria se liší podle skupin řidičů. Pro skupinu 1 platí méně přísná nařízení zdravotního stavu zraku. Pro skupinu 2 platí přísnější nařízení. Předpokladem přísnějších norem pro skupinu 2, je to že se jedná o řidiče, kteří jsou v pracovněprávním vztahu a řídí vozidlo často, dále se jedná o řidiče, kteří provozují vozidlo o velkém rozměru či vysoké hmotnosti. Tudíž se u této skupiny očekává větší bezpečnostní riziko.

#### **5.1.2.1 Omezení 1 – stavy vylučující možnost provozu**

Pro řidiče skupiny 1 platí následující omezení. Binokulární zraková ostrost menší než 0,5 i s použitou korekční pomůckou. Zraková ostrost menší než 0,5 u lidí, kteří pro vidění používají pouze jedno oko, z jakýchkoli důvodů. Ztráta vidění na jednom oku, pokud se jedná o dobu kratší jak 6 měsíců. Rozsah horizontálního zorného pole menší než 120°, rozsah menší jak 50° na pravou či levou stranu a vertikální rozsah menší než 20° nahoru a dolů. Dále se jedná o změny v centrálním zorném poli do 20°. [10, 16]

Pro řidiče skupiny 2 platí následující omezení. Nemoci a stavy uvedené v omezeních 1. Zraková ostrost v lepším oku menší než 0,8 a v horším oku menší jak 0,1 i s použitou korekční pomůckou. Používání korekční pomůcky s optickou mohutností převyšující sférické ekvivalent +/- 8 dioptrií. Rozsah horizontálního

zorného pole menší jak  $160^\circ$ , rozsah menší jak  $70^\circ$  na pravou či levou stranu a vertikální rozsah menší než  $30^\circ$ . Změny v centrálním zorném poli do  $30^\circ$ . Dále sem patří přítomnost diplopie a závažná porucha kontrastní citlivosti. [10]

**Tabulka 1** Přehled omezení 1

<b>Omezení 1 – vylučující možnost provozu</b>		
<b>Popis</b>	<b>Skupina 1</b>	<b>Skupina 2</b>
Zraková ostrost binokulárně	<0,5	<0,5
Zraková ostrost monokulárně	<0,5 při používání jednoho oka	<0,8 na lepším oku <0,1 na horším oku
Ztráta vidění na jednom oku	kratší doba jak 6 měsíců	vylučuje podmínka monokulární zrakové ostrosti
Rozsah horizontálního zorného pole	< $120^\circ$	< $160^\circ$
Rozsah zorného pole na pravou či levou stranu	< $50^\circ$	< $70^\circ$
Rozsah vertikálního zorného pole	< $20^\circ$	< $30^\circ$
Změny v centrálním zorném poli	< $20^\circ$	< $30^\circ$
Další omezení	nejsou	korekce vyšší jak + 8 D, přítomnost diplopie, nízká kontrastní citlivost

### 5.1.2.2 Omezení 2 – stavy s odborným vyšetřením

Pro řidiče skupiny 1 platí následující omezení. Binokulární zraková ostrost menší než 0,7 i s použitou korekční pomůckou. Zraková ostrost menší než 1,0 u lidí, kteří pro vidění používají pouze jedno oko, z jakýchkoli důvodů. Ztráta vidění

na jednom oku, pokud se jedná o dobu kratší jak 6 měsíců. Změna rozsahu zorného pole. Nemoci oka nebo očních adnex, které snižují zrakovou ostrost nebo rozsah zorného pole podle podmínek viz výše. Poruchy vidění za šera s výjimkou lehkých nezávažných forem. Závažné poruchy barvocitu v oblasti základních barev. [10]

Pro řidiče skupiny 2 platí následující omezení. Nemoci a stavy uvedené v omezeních 1. Závažné poruchy barvocitu. Poruchy prostorového vidění. Poruchy vidění za šera. [10]

**Tabulka 2** Přehled omezení 2

<b>Omezení 2 – vyžadující odborné vyšetření</b>		
<b>Popis</b>	<b>Skupina 1</b>	<b>Skupina 2</b>
Zraková ostrost binokulárně	<0,7	<0,7
Zraková ostrost monokulárně	<1,0 při používání jednoho oka	<1,0 při používání jednoho oka
Ztráta vidění na jednom oku	kratší doba jak 6 měsíců	kratší doba jak 6 měsíců
Rozsah zorného pole	při změně	při změně
Další omezení	poruchy vidění za šera, porucha barvocitu	poruchy vidění za šera, porucha barvocitu, porucha prostorového vidění

## 6. Povinné zdravotní prohlídky řidičů

Povinné zdravotní prohlídky se řídí zákonem o silničním provozu číslo 361/2000 sbírky zákonů, §87 a §88. V tomto zákoně jsou stanoveny časové intervaly, kdy řidiči musí podstupovat zdravotní prohlídky.

Pro řidiče skupiny 1 platí, že se musí řidič (žadatel) podrobit lékařské prohlídce při podání žádosti o získání řidičského oprávnění, poté před dovršením 65 roku, dále před dovršením 68 roku. Po 68 roce následují kontroly každé dva roky. [11]

Pro řidiče skupiny 2 platí, že se musí řidič podrobit lékařské prohlídce před zahájením výkonu činnosti, poté každé dva roky před dovršením věku 50 let a po dovršení věku 50 let každý rok. [11]

Lékař může na základě výsledků z pravidelné prohlídky, v odůvodněných případech, zejména s přihlédnutím k aktuálnímu zdravotnímu stavu, doporučit další prohlídku v kratším intervalu, než jsou doporučené intervaly povinných prohlídek výše uvedené. [11]

### 6.1 Harmonizované kódy

Pokud lékař doporučí použití korekční pomůcky, je tato pomůcka zapsána v řidičském průkazu pod číslem, jako takzvaný harmonizovaný kód. Tyto harmonizované kódy mají značení 0-99. Optické pomůcky mají kódové označení 01. [12]

Přehled harmonizovaných kódů:

01. Ochrana nebo korekce zraku

01.01 Brýle

01.02 Kontaktní čočky

01.03 Ochranné brýle

01.04 Brýle snižující propustnost světla

01.05 Oční kryt

01.06 Brýle nebo kontaktní čočky

Z tohoto přehledu vyplívá, že pokud chce řidič nosit na řízení vozidla, jak kontaktní čočky, tak brýle, je nutné mít zapsaný kód 01.06, který zahrnuje obě korekční pomůcky. Pokud by chtěl řidič používat, jak brýle, tak čočky při řízení vozidla, a měl zapsaný pouze kód 01.01, nemůže při řízení vozidla používat kontaktní čočky. Opačně, pokud by měl zapsaný kód 01.02, nemůže nosit při řízení vozidla brýle. Proto je nutné, pokud lékař při odborném vyšetření doporučí a uvede nutnost používání korekční pomůcky do řidičského průkazu, aby si řidič vybral správně, které korekční pomůcky bude používat. Stejně tak platí toto pravidlo pro situaci, kdy je řidič po chirurgickém zákroku a korekci brýlemi nebo čočkami již nepotřebuje. Tento zápis lze v budoucnu upravit. Je nutné veškeré změny hlásit na příslušném úřadě a nechat tyto změny provést v zápisu v řidičském průkazu. [12]

## **6.1 Kontrola policejní hlídkou**

Při silniční kontrole policejní hlídkou, kdy řidič nemá vhodnou korekci, která je zapsána v řidičském oprávnění, porušuje tím §125c silničního zákona č. 361/2000 Sb. V tomto případě se jedná o spáchání dopravního přestupku „Jiné porušení povinnosti“. Řidič může být pokutován v rozmezí 1500–2500 Kč v trestním řízení nebo blokovou pokutou do 2000 Kč. Za tento přestupek nepřichází řidič o body. Stejný postih hrozí řidičům skupiny 1 i skupiny 2. [11]

## 7. Statistiky nehod a počtu vozidel v ČR

V práci je vhodné zmínit informace o nehodovosti v České republice a podrobně tuto část rozebrat, pro lepší pochopení celé situace a případné navržené zlepšení.

### 7.1 Analýza nehod za rok 2016

V roce 2016 Policie České republiky šetřila 98 864 dopravních nehod. Při těchto nehodách bylo 545 osob usmrceno, 2 580 osob zraněno těžce a 24 501 osob zraněno lehce. Každý den Policie ČR šetřila v průměru 270 nehod, bylo usmrceno 1,5 osoby, necelých 74 osob bylo zraněno. [13]

V roce 2016 bylo při dopravních nehodách na pozemních komunikacích usmrceno 209 řidičů osobních automobilů, 111 chodců, 91 spolujezdců v osobním vozidle, 59 řidičů motocyklů a 39 cyklistů. [13]

Řidiči motorových vozidel zavinili 83,9 % dopravních nehod, při nichž přišlo o život 496 osob, což představuje 91 % všech osob usmrčených při dopravních nehodách v roce 2016. [13]

Nejčtenější příčinou nehod řidičů motorových vozidel bylo v roce 2016 nevěnování se řízení vozidla (téměř 19,8 % z celkového počtu nehod zaviněných řidiči motorových vozidel), dále následuje nesprávné otáčení nebo couvání (10 % z celkového počtu nehod zaviněných řidiči motorových vozidel), nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem (9,8 % z celkového počtu nehod zaviněných řidiči motorových vozidel) a další. [13]

**Tabulka 3** Nejčtenější příčiny nehod v ČR za rok 2016 [13]

Pořadí	Příčina	Počet nehod
1.	řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	16 396
2.	nesprávné otáčení nebo couvání	8 304
3.	nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	8 146
4.	jiný druh nesprávné jízdy	6 869
5.	nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky	6 797
6.	nezvládnutí řízení vozidla	4 447
7.	nepřizpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky	4 222
8.	nedání přednosti	4 028
9.	vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu	3 508
10.	vjetí do protisměru	2 716

## 7.2 Vývoj počtu nehod v posledních letech

Oproti roku 2015 bylo usmrceno o 115 osob méně, naopak se zvýšil počet nehod o 5 795, počet těžce zraněných osob o 40 a lehce zraněných o 75. [13]

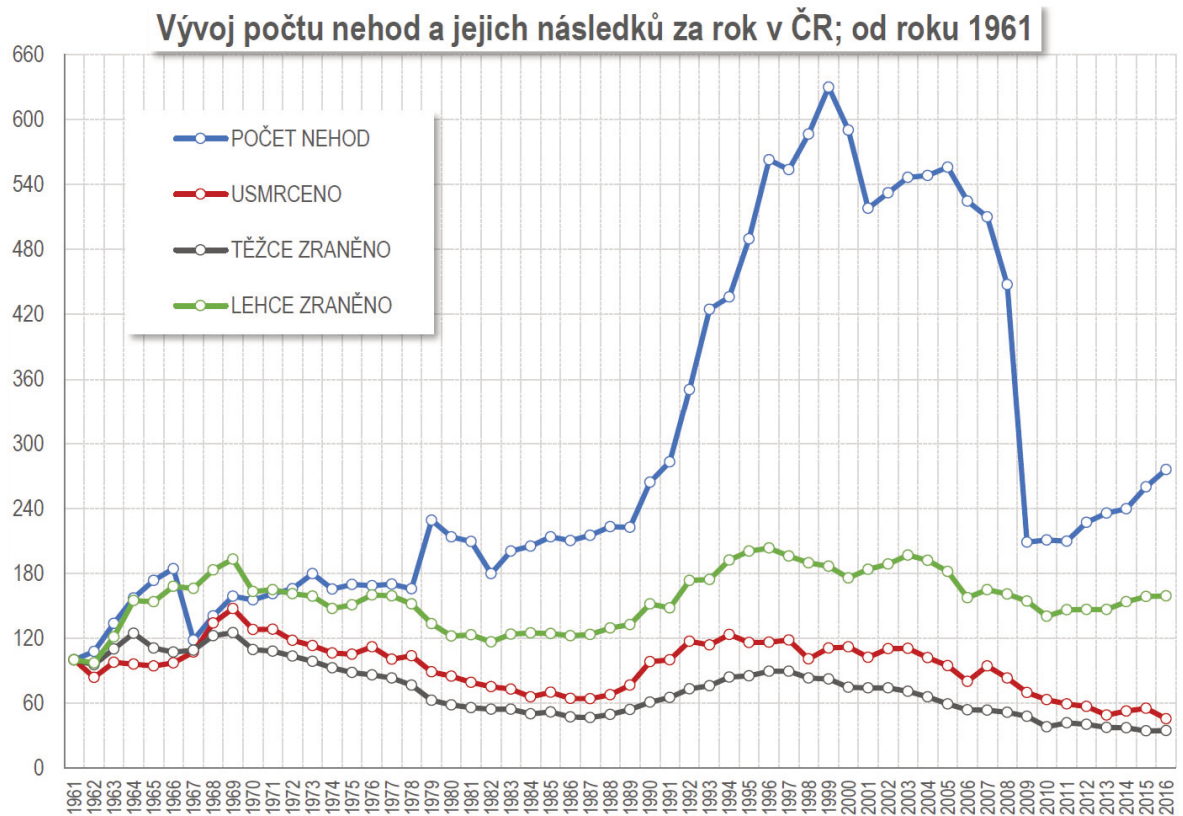
Více, pro představu, je možné vidět v následující tabulce, která uvádí statistiky za posledních deset let.



**Tabulka 4** Přehled nehodovosti v ČR [13]

<b>Rok</b>	<b>Počet nehod</b>	<b>Usmrceno</b>	<b>Těžce zraněno</b>	<b>Lehce zraněno</b>
2007	182 736	1 123	3 960	25 382
2008	160 376	992	3 809	24 776
2009	74 815	832	3 536	23 777
2010	75 522	753	2 823	21 610
2011	75 137	707	3 092	22 519
2012	81 404	681	2 986	22 590
2013	84 398	583	2 782	22 577
2014	85 859	629	2 762	23 655
2015	93 067	660	2 540	24 426
2016	98 864	545	2 580	24 501
<b>Celkem</b>	<b>1 012 178</b>	<b>7 505</b>	<b>30 870</b>	<b>235 813</b>

Pro ohlédnutí se ještě více do minulosti, je uveden níže graf s přehledem nehod od roku 1961.



**Graf 3** Nehodovost v ČR od roku 1961 [13]

## 7.3 Počet registrovaných vozidel v ČR

Podle informací z Centrálního registru vozidel, bylo k 1.1.2016 registrováno celkem 5 819 599 motorových vozidel. Z toho necelých 88 % tvoří skupina osobních automobilů. [14]

## 8. Popis přístroje Visiotest

Přístroj Visiotest je určen pro screeningové měření zraku. Z výsledků měření není možné poskytnout hodnoty refrakčního stavu oka, stav opacity očních médií, či jiné patologické stavy. Lze poskytnout orientační výsledky, díky kterým je možné udělat představu o tom, jak kvalitní zrak vyšetřovaná osoba má. Na základě tohoto měření lze doporučit další podrobná vyšetření. Jelikož se jedná o konstrukčně jednoduchý přístroj s možností dobré manipulace, skýtá tak výhodnou možnost jak v krátkém čase a téměř na libovolném místě, naměřit velké množství osob. Testy v přístroji jsou navrženy tak, jako by se vyšetřovaný díval do dálky, vyjma jediného test zrakové ostrosti do blízka. Při testování používá vyšetřovaný svou korekční pomůcku pro vidění do dálky i do blízka.



**Obrázek 4** Přístroj Essilor Physiological Visiotest [9]

### 8.1 Technické parametry

- Jas pozadí testů se rovná  $200 \text{ cd/m}^2$
- Kontrast optotypu se rovná téměř 100%
- Hmotnost automatické verze je 8,3 kg (manuální 7,3 kg)
- Rozměry 145x145x40 cm
- Spotřeba 10 W
- Napětí ze sítě 100 V až 240 V, napětí z adaptéru 24 V

### 8.1.1 Podmínky pro provoz a skladování

Teplota v místnosti, ve které je přístroj, by se měla pohybovat v tomto rozmezí:

- podmínky pro provoz:
  - teplota +10 °C až +35 °C
  - vlhkost 30 % až 75%
  
- podmínky pro provoz:
  - teplota -10 °C až +55 °C
  - vlhkost 10 % až 95 %

## 8.2 Přehled testů

Testy obsažené v přístroji:

- Optotypové tabulky do dálky
- Test pro ověření přítomnosti hypermetropie
- Astigmatická růžice
- Duochromatický test
- Test kontrastní citlivosti
- Test na ověření binokulární spolupráce očí
- Test prostorového vidění
- Test barvocitu
- Optotypové tabulky do blízka
- Test zorného pole

### 8.2.1 Optotypové tabulky do dálky

V přístroji jsou použity Snellenovy optotypy, které jsou pro tento přístroj přepočteny tak, že odpovídají vízu vyšetření zrakové ostrosti na vzdálenost 5 m. V přístroji je sloupec písmen se šesti řádky, kdy každý řádek odpovídá vízu postupně od 0,2 do 1,2 tzn. 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0, 1,2. Vizus se ověřuje monokulárně pro pravé a levé oko, kdy přístroj začlení vždy druhé oko. Dále se provede vyšetření vizu binokulárně. [9]

### 8.2.2 Test pro ověření přítomnosti hypermetropie

Jedná se o jednoduchý test, kdy se vyšetřovanému, který sleduje optotyp, předsadí spojná čočka s optickou mohutností +1,00 D. Pokud dojde ke zlepšení vízu, potvrdí se tím přítomnost hypermetropie. [9]

### 8.2.3 Astigmatická růžice

Na testu je zobrazena polovina astigmatické růžice s číselným značením čar od 1 do 7. Čáry s číslem 1 a 7 leží v horizontální rovině, určují nám osu  $0^\circ$  ( $180^\circ$ ). Čára číslo 4 leží ve vertikální rovině a určuje nám osu  $90^\circ$ . Čísla 2, 3, 5, 6 jsou pravidelně rozmístěny mezi horizontálními a vertikálními čísly. Čáry 1, 7 a 4 odhalí astigmatismus podle pravidla nebo proti pravidlu. Čáry 2, 3, 5, 6 nám určuje astigmatismus šikmý. V práci se nesleduje, o jaký typ astigmatismu se jedná, jen se hodnotí přítomnost astigmatismu. Vyšetřovaný popisuje, které čáry vidí rozostřeně a které ostře. [9]

### 8.2.5 Duochromatický test

Zde se test skládá ze dvou obdélníků různých barev. Jeden obdélník je červený a druhý zelený. V obou obdélnících jsou tři postupně se zmenšující černé kruhy. Tyto kruhy odpovídají vizu 0,25, 0,35 a 0,4. Tento test se provádí monokulárně pro každé oko zvlášť. Vyšetřovaný je tázán, aby určil, ve kterém poli vidí kruhy ostřejší. [9]

### 8.2.5 Test kontrastní citlivosti

Pro testování kontrastní citlivosti jsou použity tři sloupce a tři řádky kombinovaných písmenných a číselných znaků. V řádcích směrem dolů jsou odstupňovány velikosti znaků odpovídající vizu 0,8, 0,6 a 0,4. Ve sloupcích je změna kontrastu zleva doprava 60 %, 40 % a 20 %. Vyšetřovaný se snaží přečíst všechny znaky od nejvíce kontrastních a největších až po nejmenší znaky s nejnižším kontrastem. [9]

### **8.2.6 Test na ověření binokulární spolupráce očí**

V tomto testu je na monitoru zobrazen zelený obdélník a červená tečka. Využívá se anaglyfní metody, kdy se před každé oko předsadí barevný filtr a každé oko vidí jinou značku. Visiotest využívá červenozeleň filtr, červenou a zelenou značku. Před pravé oko je předsazen červený filtr, které vnímá červenou tečku a před levé oko je umístěn zelený filtr, přes který levé oko vnímá obdélník. Vyšetřovaný popisuje umístění tečky vůči obdélníku. Podle pozice tečky v obdélníku je možné predikovat poruchy v binokulární spolupráci očí. Pokud je tečka viděna uvnitř obdélníku, jedná se o fyziologickou hranici. V případě, že je tečka viditelná mimo obdélník, může se jednat o odchylku ve spolupráci očí. [9]

### **8.2.7 Test prostorového vidění**

Test se skládá z 5 skupin 4 černých kroužků, z nichž každý má uprostřed černou tečku. Pro každou skupinu se přiděluje hodnocení od 1 do 5. V každé skupině jsou 3 kroužky umístěny ve stejné rovině a čtvrtý je umístěn v jiné rovině. Každé oko vnímá obraz v jiné rovině, což simuluje prostorové vidění. [9]

### **8.2.8 Test barvocitu**

Test barvocitu používá tabulky dle Ishihary. Na displeji je zobrazeno šest sad tečkových útvarů, kde jsou vyobrazeny číselné znaky, které se vyšetřovaný snaží přečíst bez chyby. Test obsahuje barevné znaky pro určení poruchy pro červenou a zelenou barvu. [9]

### **8.2.9 Optotypové tabulky na blízko**

V tomto testu jsou použity tabulky pro čtení do blízka s písmennými a číselnými znaky. Velikost znaků odpovídá čtecí vzdálenosti 33 cm. Vyšetřovaný používá svou korekci do blízka. Test se provádí pouze binokulárně, ale je možnost monokulárního zablácení. [9]

### **8.2.10 Test zorného pole**

Tento test je navržen pouze pro určení šíře horizontálního zorného pole. V horizontální linii v úrovni očí jsou rozmístěny diody, které jsou označeny 100, 90, 80, 70, 60, což jsou hodnoty úhlu od diody k zrakové ose. Zrakovou osu pacienta udržuje v přímém pohledu před sebe zobrazená tečka na displeji. Pacient sleduje tečku v přímém směru, nepohybuje hlavou a odpovídá, vždy když vidí svítit diody v periferních částech horizontální linie. [9]

## 9. Praktická část

Do testování jsou vybíráni převážně zájemce, kteří jsou řidiči, ale i přesto se měření zúčastnilo několik zájemců, kteří řidiči nejsou. Veškeré výsledky jsou zapisovány do tabulek včetně zájemců, kteří nejsou řidiči. Výsledky jsou zpracovávány v tabulkovém kalkulátoru a jsou nastaveny podmínky tak, aby byli vyřazeny osoby, které se do vyhodnocení nehodí. Výsledky jsou zapisovány do jednotného formuláře, který má nadefinované odpovědi a hodnoty, které odpovídají hodnotám přístroje Visiotest. Dále jsou testy doplněny o rozšiřující otázky, tak aby bylo možné lépe porozumět problematice řidičů. Otázky jsou zaměřeny na problematiku korekce řidičů, pravidelných kontrol zraku, frekvence řízení a další.

### 9.1 Hypotéza

Práce je zaměřena na vyhodnocení kvality zraku řidičů, především zrakové ostrosti a následné porovnání s normami v ČR. První hypotéza je založena na hodnotách zrakové ostrosti uváděné ve vyhlášce. Normy pro zrakovou ostrost jsou nastaveny na nízké hodnoty. Hypotézou je tedy tvrzení, že většina řidičů bude mít výsledky lepší, než jsou normované hodnoty.

Dále je sledována pravidelnost návštěv u očního lékaře. Ve vyhlášce jsou, pro skupinu řidičů 1, předepsané kontroly u praktického lékaře poprvé při podání žádosti o řidičský průkaz a dále pak ve věku 65 let. Praktický lékař si může vyžádat odborné vyšetření, pokud je zraková ostrost pod stanovené hodnoty. Je pravděpodobné, že většina řidičů podává žádost v mladším věku, do 20 let. Zde pak vzniká dlouhé časové období, ve kterém řidiči nemusí podstoupit žádnou povinnou prohlídku, i přes to že by se jim zrak horšil. Hypotézou je, že věkové skupiny od 21 do 60 let navštěvují očního lékaře méně.

### 9.2 Výsledky přehled

Testování je prováděno u všech zájemců o screening. Celkem je naměřeno 161 osob. Z celkové počtu jsou vyřazeni všichni klienti, kteří uvádějí, že nejsou řidiči. Klientů, kteří nejsou řidiči je celkem 6. Dále klienti, kteří neměli při testování svou stávající korekci. Touto selekcí je sníženo zkreslení výsledků, pokud by dotyčný měl



sníženou zrakovou ostrost při testování, ale při jízdě by korekční pomůcku používal. Klientů bez korekce, kteří jinak korekci používají, je 10. Po odečtení nevyhovujících osob zbývá 145 osob k objektivnímu vyhodnocení.

Z celkové počtu 145 osob se testování zúčastnilo 86 žen a 59 mužů ve věku od 18 let do 79 let.

### 9.2.1 Soubor doplňkových otázek

Samotný screening na přístroji je ještě doplněn o soubor otázek, které lépe pomohou vyhodnotit všechny důležité informace. Kromě základních údajů jako je jméno, příjmení a pohlaví jsou klienti dotazováni na následující:

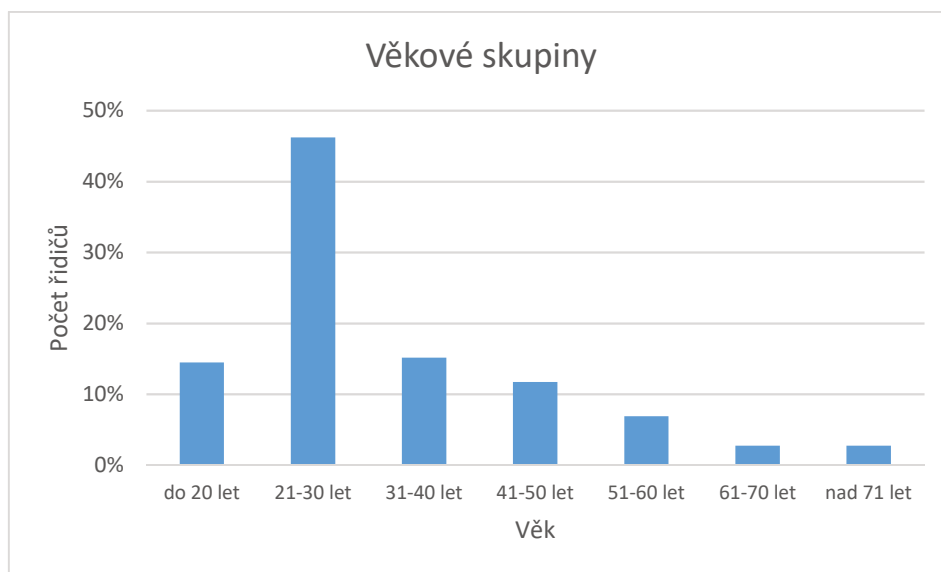
- Věk
- Korekce pacienta
  - Bez korekce
  - Nosí brýle
  - Nosí čočky
- Korekce při testu
  - Bez korekce
  - Brýle
  - Čočky
- Jste řidič?
- Jste profesionální řidič?
- Máte zapsané brýle v řidičském průkazu?
- Máte zapsané kontaktní čočky v řidičském průkazu?
- Používáte brýle při řízení?
- Používáte kontaktní čočky při řízení?
- Měl jste již jako řidič autonehodu? (*Bereme v potaz typ autonehody, který mohl být způsobený špatnou korekcí. Nebereme v potaz autonehody při parkování atd.*)
- Kolik dnů v týdnu průměrně řídíte?
- Jednou za kolik let navštěvujete oftalmologa?
- Jednou za kolik let navštěvujete optometristu?
- Od kolika let máte předepsanou první korekci do dálky?

## 9.2.2 Věkové skupiny

Řidiči jsou rozděleni do věkových skupin od mladších dvaceti let až po starší 71 let. Všichni řidiči jsou rozděleni do sedmi skupin v rozmezí deseti let. Nejpočetnější skupinou jsou klienti ve věku od 21 do 30 let.

Nejpočetnější zastoupení mladších jedinců lze přisuzovat tomu, že měření je prováděno převážně v prostředí fakulty a většina zájemců jsou mladí studenti.

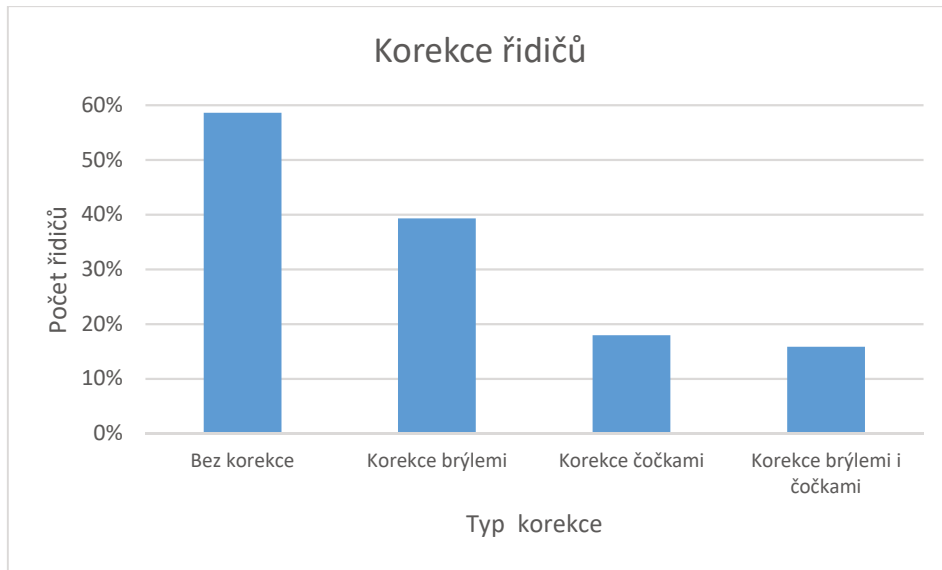
Po zhodnocení grafu se snižující se zrakovou ostrostí (graf 1) v závislosti na věku, je zřejmé že pro výzkum jsou vhodnější skupiny vyššího věku, u kterých lze očekávat nižší zrakovou ostrost i se stávající korekcí, v důsledku různých věkem podmíněných degenerací očních částí. U mladších osob lze očekávat výrazně lepší zrakovou ostrost, než je minimální hranice uvedená ve vyhlášce. Ale i přes tuto domněnku jsou ve výsledcích mladší klienty s nižší zrakovou ostrostí, kteří se blíží normovanému minimu pro zrakovou ostrost.



**Graf 4** Věkové skupiny řidičů

## 9.2.3 Korekce řidičů

Pro účely zjištění, jaké jsou nejpoužívanější korekční pomůcky při řízení vozidla, jsou řidiči dotazováni na jejich stávající korekční pomůcku.



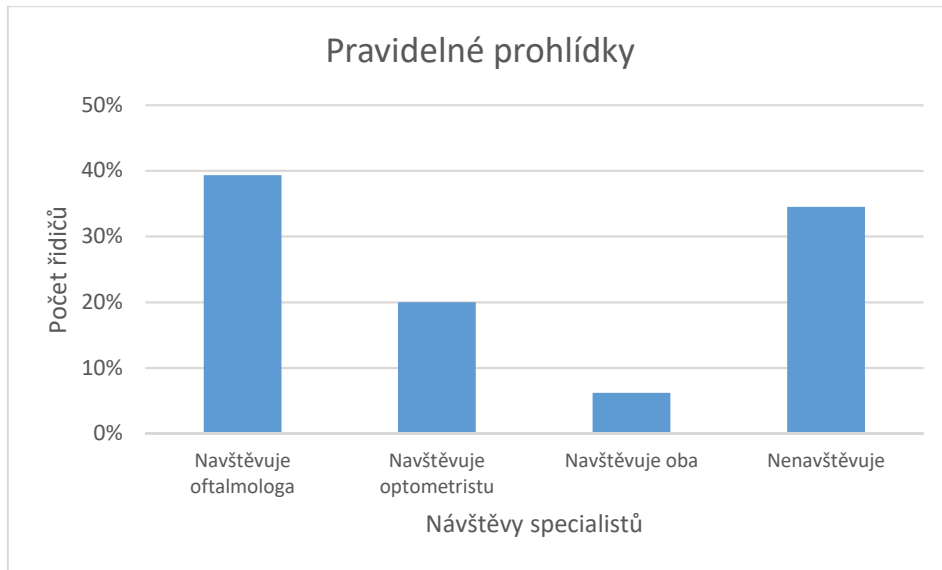
**Graf 5** Stávající korekční pomůcka řidičů

Z výsledků je patrné, že nejčastější používanou pomůckou ke korekci zraku při řízení vozidel jsou dioptrické brýle.

#### 9.2.4 Pravidelné prohlídky

V následující části je rozebrána problematika pravidelných očních kontrol, kolik řidičů a jak často dochází na kontroly k očnímu specialistovi.

V následujícím grafu je zobrazeno procentuální zastoupení řidičů, kteří pravidelně navštěvují oftalmologa, optometristu nebo nenavštěvují ani jednoho ze specialistů.



**Graf 6** Pravidelné prohlídky u očního specialisty

Ze získaných odpovědí vychází, že oftalmologa pravidelně navštěvuje celkem 39,3 % klientů, optometristu 20 % klientů, 6,2 % klientů navštěvuje pravidelně jak oftalmologa, tak optometristu a na pravidelné oční prohlídky nechodí 34,5 % klientů.

Podrobný přehled, kolik klientů navštěvuje pravidelně oftalmologa, je vidět v následujících tabulkách.

**Tabulka 5** Počet návštěv oftalmologa

Věkové skupiny		Počet návštěv oftalmologa 1x za					
Věk	Počet	1 rok	2 roky	3 roky	4 roky	5 let	10 let
<i>do 20 let</i>	21	6	1	2	0	1	0
<i>21-30 let</i>	67	12	9	2	0	0	0
<i>31-40 let</i>	22	1	1	1	0	0	0
<i>41-50 let</i>	17	3	1	1	0	1	2
<i>51-60 let</i>	10	4	2	1	1	0	0
<i>61-70 let</i>	4	1	1	0	0	0	0
<i>nad 71 let</i>	4	2	1	0	0	0	0

V následující tabulce je procentuální vyjádření návštěvnosti. Číselný údaj každého následujícího časového období vždy zahrnuje počet klientů, kteří navštívili oftalmologa i v předchozích letech.

**Tabulka 6** Četnosti návštěv oftalmologa v procentech

Věkové skupiny		Četnosti návštěv oftalmologa v horizontu [%]					
Věk	Počet	do 1 roku	do 2 let	do 3 let	do 4 let	do 5 let	do 10 let
<i>do 20 let</i>	21	28.6	33.3	42.9	42.9	47.6	47.6
<i>21-30 let</i>	67	17.9	31.3	34.3	34.3	34.3	34.3
<i>31-40 let</i>	22	4.5	9.1	13.6	13.6	13.6	13.6
<i>41-50 let</i>	17	17.6	23.5	29.4	29.4	35.3	47.1
<i>51-60 let</i>	10	40.0	60.0	70.0	80.0	80.0	80.0
<i>61-70 let</i>	4	25.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
<i>nad 71 let</i>	4	50.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0

Z tabulky je patrné, že nejčastěji navštěvují očního lékaře věkové skupiny staršího věku. Mladší věkové skupiny navštěvují očního lékaře méně často. Nejméně chodí na pravidelné oční prohlídky k lékaři lidé z věkové skupiny od 31 let do 40 let. Podle tabulky je zřejmé, že starší lidé chodí na pravidelné prohlídky v kratších intervalech, což je očekávaný fakt.

Podrobný přehled, kolik klientů navštěvuje pravidelně optometristu, je vidět v následujících tabulkách.

**Tabulka 7** Počet návštěv optometristy

Věkové skupiny		Počet návštěv optometristy 1x za					
Věk	Počet	1 rok	2 roky	3 roky	4 roky	5 let	10 let
<i>do 20 let</i>	21	4	0	0	0	0	0
<i>21-30 let</i>	67	12	2	1	0	0	0
<i>31-40 let</i>	22	4	0	1	0	1	0
<i>41-50 let</i>	17	2	0	0	0	2	0
<i>51-60 let</i>	10	0	0	0	0	0	0
<i>61-70 let</i>	4	0	0	0	0	0	0
<i>nad 71 let</i>	4	0	0	0	0	0	0

V následující tabulce je procentuální vyjádření návštěvnosti. Číselný údaj každého následujícího časového období vždy zahrnuje počet klientů, kteří navštívili optometristu i v předchozích letech.

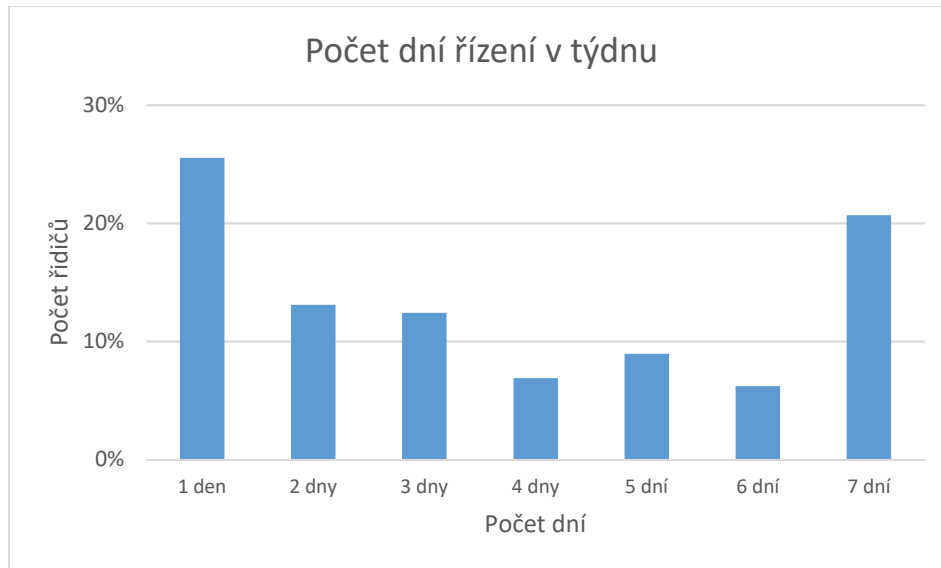
**Tabulka 8** Četnosti návštěv optometristy v procentech

Věk	Četnosti návštěv optometristy v horizontu [%]					
	do 1 roku	do 2 let	do 3 let	do 4 let	do 5 let	do 10 let
<i>do 20 let</i>	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
<i>21-30 let</i>	17.9	20.9	22.4	22.4	22.4	22.4
<i>31-40 let</i>	18.2	18.2	22.7	22.7	27.3	27.3
<i>41-50 let</i>	11.8	11.8	11.8	11.8	23.5	23.5
<i>51-60 let</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>61-70 let</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>nad 71 let</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

V této tabulce je vidět, že optometristu pravidelně navštěvují převážně mladší řidiči. Starší řidiči 51 let optometristu nenavštěvují vůbec.

### 9.2.5 Frekvence řízení

Pro představu o tom, jak často řidiči používají své vozidlo, máme k dispozici následující graf, který zobrazuje kolik dní v týdnu řidiči využívají své vozidlo.



**Graf 7** Počet dní v týdnu při řízení vozidla

## 9.3 Zraková ostrost

### 9.3.1 Zraková ostrost monokulárně

Při testování monokulární zrakové ostrosti je kontrolována spodní hranice předepsaných norem pro monokulární vizus 0,1 a horší. Visiotest neobsahuje optotyp s velikostí písma odpovídající zrakové ostrosti 0,1 a proto je kontrolována nejbližší hodnota, což je vizus 0,2. Z tohoto důvodu není možné zcela přesně určit, zdali řidič spadá již pod hranici nebo je ještě v normě. Nicméně je dbáno zvýšené opatrnosti, pokud se řidič této hranici blíží. Řidič je poté upozorněn, že se okrajově blíží hraničním hodnotám a jsou mu doporučeny pravidelné kontroly.





**Graf 8** Zraková ostrost – pravé oko



**Graf 9** Zraková ostrost – levé oko

Z grafů je patrné, že pod hranici monokulární zrakové ostrosti nižší jak 0,1 nespadá ze všech naměřených řidičů žádný řidič.

### 9.3.2 Zraková ostrost binokulárně

U binokulární zrakové ostrosti je sledována hodnota 0,7 jako hranice omezení pro řízení vozidel, podmíněné odborným vyšetřením zraku. Dále hodnota 0,5, která již vylučuje možnost provozu vozidla na pozemních komunikacích.

Jelikož přístroj Visiotest neumožňuje měření přesné hodnoty zrakové ostrosti 0,7, je sledována nejbližší nižší hodnota 0,6. Jak je patrné z definice ve vyhlášce, kde je přímo uvedeno „binokulární ostrost nižší jak 0,7“, jsou výsledky z přístroje Visiotest nedostačující. Jelikož je potřeba znát, zdali řidiči nejsou schopni dosáhnout zrakové ostrosti 0,7.

Jako užitečnou informací pro řidiče, může být avizování hodnot zrakové ostrosti 0,6 jako hodnot, u které již řidiči mohou brát v patrnost, že se přibližují mezní hranici a je vhodné chodit na pravidelné oční kontroly.



**Graf 10** Zraková ostrost – binokulárně

Z grafu je patrné, že pod hranici zrakové ostrosti 0,5 se nedostal žádný z testovaných řidičů, ale na hranici 0,7 se již dostalo 4.8 % řidičů, což je z celkového počtu 7 řidičů. Avšak není možné určit, zdali dotyčný řidič má zrakovou ostrost 0,6 nebo 0,7, kterou na přístroji nelze naměřit.

### 9.3.3 Analýza klientů s mezními hodnotami

V následující části je podrobný náhled klientů, kteří se binokulární zrakovou ostrostí dostávají na nebo pod minimální hranici norem z vyhlášky. Jedná se o klienty, kteří mají binokulární zrakovou ostrost 0,7 nebo nižší.

#### Osoba 1

- Žena, 66 let, nemá korekci do dálky, řídí průměrně 1 den v týdnu, chodí na pravidelné kontroly zraku jednou za dva roky. Nemá zapsané v řidičském průkazu brýle ani kontaktní čočky jako povinné při řízení vozidla.
- Zraková ostrost do dálky:
  - OP 0,4
  - OL 0,4
  - BINO 0,6

#### Osoba 2

- Muž, 76 let, nosí brýle do dálky, řídí průměrně 2 dny v týdnu, nechodí na pravidelné kontroly zraku. Používá při řízení vozidla brýle. Má zapsané v řidičském průkazu brýle jako povinné při řízení vozidla.
- Zraková ostrost do dálky:
  - OP 0,6
  - OL 0,8
  - BINO 0,6

#### Osoba 3

- Žena, 20 let, nosí brýle i kontaktní čočky do dálky, aktuálně neřídí vozidlo, nechodí na pravidelné kontroly zraku. Používá při řízení vozidla brýle i kontaktní čočky. Má zapsané v řidičském průkazu kontaktní čočky jako povinné při řízení vozidla.

- Zraková ostrost do dálky:
  - OP 0,4
  - OL 0,4
  - BINO 0,6

#### Osoba 4

- Žena, 57 let, nemá korekci do dálky, řídí průměrně 3 dny v týdnu, nechodí na pravidelné kontroly zraku. Nemá zapsané v řidičském průkazu brýle ani kontaktní čočky jako povinné při řízení vozidla.
- Zraková ostrost do dálky:
  - OP 0,8
  - OL 0,8
  - BINO 0,6

#### Osoba 5

- Muž, 38 let, nosí brýle do dálky, řídí průměrně 4 dny v týdnu, chodí na pravidelné kontroly zraku jednou za dva roky. Používá při řízení vozidla brýle. Má zapsané v řidičském průkazu brýle jako povinné při řízení vozidla.
- Zraková ostrost do dálky:
  - OP 0,4
  - OL 0,4
  - BINO 0,6

#### Osoba 6

- Žena, 27 let, nemá korekci do dálky, řídí průměrně 1 den v týdnu, nechodí na pravidelné kontroly zraku. Má zapsané v řidičském průkazu brýle i kontaktní čočky jako povinné při řízení vozidla.
- Zraková ostrost do dálky:
  - OP 0,2
  - OL 0,2
  - BINO 0,6

## Osoba 7

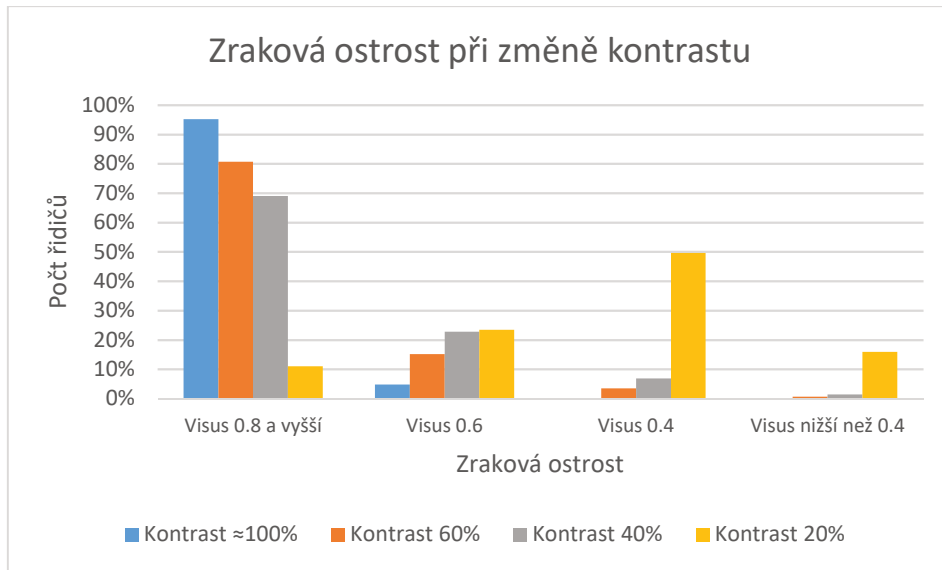
- Muž, 27 let, nemá korekci do dálky, řídí průměrně 1 den v týdnu, nechodí na pravidelné kontroly zraku. Nemá zapsané v řidičském průkazu brýle ani kontaktní čočky jako povinné při řízení vozidla.
- Zraková ostrost do dálky:
  - OP 0,4
  - OL 0,4
  - BINO 0,6

Čtyři osoby ze sedmi nemají žádnou korekční pomůcku, i přes to že mají hraniční hodnoty zrakové ostrosti s podmínkou odborného vyšetření. Čtyři osoby mají v řidičském průkazu zapsanou korekční pomůcku jako povinnou při řízení, z těchto čtyř osob chodí na pravidelné oční prohlídky pouze jedna osoba. Z celkového počtu zmíněných řidičů chodí na pravidelné prohlídky pouze dvě osoby.

## **9.4 Kontrastní citlivost**

### **9.4.1 Kontrastní citlivost binokulárně**

V následující tabulce je zobrazeno srovnání zrakové ostrosti při různých kontrastech. Srovnáváme zrakovou ostrost při  $\approx 100\%$ ,  $60\%$ ,  $40\%$  a  $20\%$  kontrastu.



**Graf 11** Změna zrakové ostrosti při změně kontrastu

Z grafu je jasně vidět, že největší počet řidičů má lepší zrakovou ostrost při vyšším kontrastu. Toto je očekávaný výsledek, jelikož je známo, že zraková ostrost se snižujícím se kontrastem klesá.

#### 9.4.2 Analýza klientů se zhoršenými výsledky

Pro lepší představu o důležitosti kontroly kontrastní citlivosti při vyšetření zraku jsou rozebrány výsledky vybraných osob podrobněji. Opět je nutné zmínit, že přístroj Visiotest neumožňuje měřit celý rozsah zrakové ostrosti.

## Osoba 1

- Žena, 37 let, nemá korekci do dálky, řídí průměrně 6 dní v týdnu, nechodí na pravidelné kontroly zraku.
- Zraková ostrost do dálky:
  - OP 0,6
  - OL 0,6
  - BINO 0,8
- Kontrastní citlivost do dálky binokulárně:
  - kontrast 60 % = vizus 0,4
  - kontrast 40 % = vizus 0,4
  - kontrast 20 % = vizus 0,4

Z výsledků je patrné, že i přes dostačující zrakovou ostrost při vysokém kontrastu, která je nad hranicí norem z vyhlášky, dochází k výraznému poklesu zrakové ostrosti, při sníženém kontrastu.

## Osoba 2

- Muž, 25 let, nemá korekci do dálky, řídí průměrně 3 dny v týdnu, nechodí na pravidelné kontroly zraku.
- Zraková ostrost do dálky:
  - OP 1,0
  - OL 0,8
  - BINO 1,2
- Kontrastní citlivost do dálky binokulárně:
  - kontrast 60 % = vizus 0,6
  - kontrast 40 % = vizus 0,4
  - kontrast 20 % = vizus 0,4

U této osoby je situace ještě kritičtější, jelikož při vysokém kontrastu je zraková ostrost vysoko nad hranicí norem z vyhlášky, ale při snížení kontrastu dochází k výraznému poklesu zrakové ostrosti. Již při kontrastu 60 % je zraková ostrost na

nebo pod hranicí norem omezujících se odborným vyšetřením a při kontrastu 40 % a méně je pod hranicí.

### Osoba 3

- Žena, 23 let, nosí brýle do dálky, řídí průměrně 2 dny v týdnu, chodí na pravidelné kontroly zraku jednou za rok.
- Zraková ostrost do dálky:
  - OP 0,6
  - OL 0,8
  - BINO 0,8
- Kontrastní citlivost do dálky binokulárně:
  - kontrast 60 % = vizus 0,8
  - kontrast 40 % = vizus 0,4
  - kontrast 20 % = vizus <0,4 (nepřečetla žádný znak)

Tato žena opět splňuje minimální hranici norem i při sníženém kontrastu na 60 %, avšak u nižšího kontrastu zraková ostrost klesá až pod hranici 0,4.

Z výsledků je jasné, že i u osob s dostatečnou zrakovou ostrostí při vysokém kontrastu, se může zraková ostrost výrazně snížit při nižším kontrastu. Tato skutečnost by se měla brát na zřetel při kontrolách zraku. Běžné optotypy, které jsou konstruovány s vysokým kontrastem, neodpovídají reálným podmínkám na silnicích a běžném provozu. Kontrast všech předmětů, které řidič musí vnímat se v průběhu dne mění, podle světelné intenzity a dalších vnějších vlivů.

## **9.5 Modelové schéma s dopravním značením**

Velikosti dopravních značek se liší podle místa umístění. Dále je velikost značky ovlivněna tvarem. Rozlišujeme tři základní velikosti značek:

- zmenšená - 1
- základní - 2
- zvětšená - 3

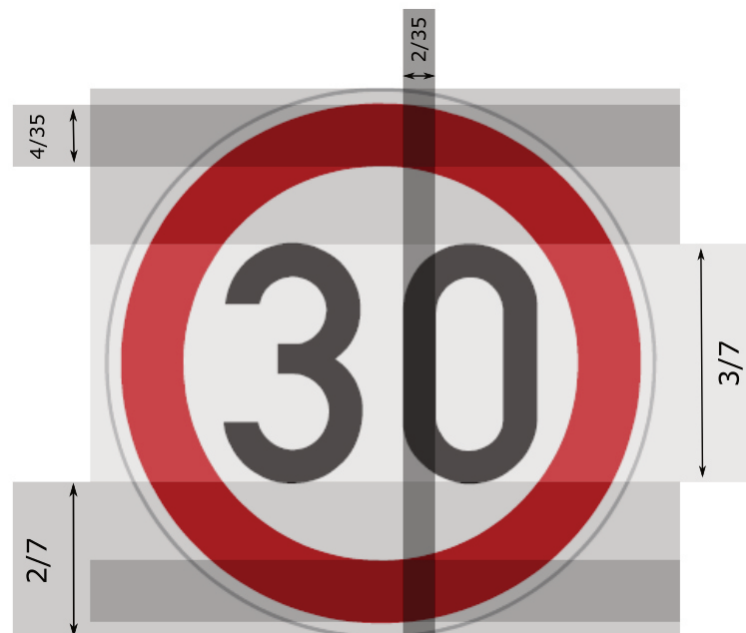


Pro účel práce budou stačit pouze vybrané tvary, které jsou přiřazeny důležitým dopravním oznámením jako je příkázání přednosti, omezení rychlosti, příkázání zastavení atd.

**Tabulka 9** Přehled velikostí dopravních značek [15]

Velikost	Trojúhelník	Kruh	Osmiúhelník
Zmenšená - 1	700 mm	500 mm	-
Základní - 2	900 mm	700 mm	700 mm
Zvětšená - 3	1250 mm	900 mm	900 mm

Pro představu o velikosti znaku na dopravní značce, je vybrána běžná dopravní značka upřesňující maximální povolenou rychlost. Jedná se o kruhovou značku, tudíž její rozměry mohou být 500, 700 nebo 900 mm.



**Obrázek 5** Rozvržení znaků na dopravním značení

Pro práci je vybrána dopravní značka velikosti Zmenšená – 1 s průměrem 700 mm, která je k dispozici na přeměření. Výška znaku zaujímá 3/7 výšky cedule. Vnitřní znak je vysoký 300 mm. Nyní je možné uvažovat různou hodnotu zrakové ostrosti řidiče a zjistit potřebnou minimální vzdálenost, ze které je řidič schopen samotnou ceduli či znak již rozlišit. Pro výpočty je celá situace zjednodušena, je použit vzorec pro návrh optotypů, kde se předpokládá rozvržení znaku, tak že každá jeho část je viditelná pod 1/5 velikosti celého znaku (Obrázek 1). Dopravní značení je natolik rozmanité, že nelze uvažovat totožné rozvržení znaků. Jasně viditelné na následující dopravní značce.



**Obrázek 6** Dopravní značení neshodující se s konstrukcí optotypů

Proto jsou ve výpočtech použity hodnoty pro tloušťku čáry znaku, která musí být viditelná pro bezpečné rozlišení znaku. V prvním výpočtu je zadávána tloušťka červeného kruhu 80 mm (4/35 maximálního rozměru cedule) a v druhém výpočtu je zadávána tloušťka písma 40 mm (4/35 maximálního rozměru cedule).

Minimální vzdálenosti, ze kterých lze již rozlišit značku či znak jsou uvedeny v následující tabulce. Pro výpočet vzdálenosti je použit vzorec:

$$MÚR = \frac{1}{ZO} ['] \quad (7)$$

$$h = s \cdot tg \frac{MÚR}{60} [m] \quad (8)$$

$$s = \frac{h}{tg \frac{MÚR}{60}} [s] \quad (9)$$

Kde  $ZO$  je zrková ostrost,  $MÚR$  je minimální úhel rozlišení,  $h$  je výška znaku a  $s$  je vzdálenost.

**Tabulka 10** Minimální vzdálenost pro rozlišení vnějšího znaku (80 mm)

Zrková ostrost								
2.0	1.5	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
Minimální vzdálenost [m]								
550.04	412.53	275.02	247.52	220.02	192.51	165.01	137.51	110.01

**Tabulka 11** Minimální vzdálenost pro rozlišení vnitřního znaku (40 mm)

Zrková ostrost								
2.0	1.5	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
Minimální vzdálenost [m]								
275.02	206.26	137.51	123.76	110.01	96.26	82.51	68.75	55.00

Pro lepší představu o tom, jak řidič může reagovat na ceduli či samotný znak, je brána v potaz rychlost, kterou se řidič blíží k signalizačnímu ukazateli. Dobrým ukazatelem toho, jak řidič může vnímat znak či ceduli je čas, který má k dispozici od doby, kdy může rozlišit znak až do doby, kdy bude dopravní značení míjet. V následující tabulce je přehled časů, které má řidič k dispozici při různé rychlosti při různé zrkové ostrosti.

Pro účely práce jsou idealizovány modelové situace, které se blíží reálným, ale nejsou brány v potaz všechny možné okolnosti, které mohou nastat. Pro výpočty je použita konstantní rychlost. Dráha je uvažována od místa, kdy řidič již dokáže znak rozlišit až do místa, kdy míjí dopravní značení. V reálné situaci řidič ztrácí dopravní značení z výhledu dříve, jelikož kolmý pohled se už vymyká reálné situaci. Pro výpočet času je použit následující vzorec:

$$t = \frac{s}{v} [s] \quad (10)$$

Kde  $t$  je čas,  $s$  je dráha a  $v$  je rychlost.

**Tabulka 12** Čas pro sledování vnějšího znaku (80 mm)

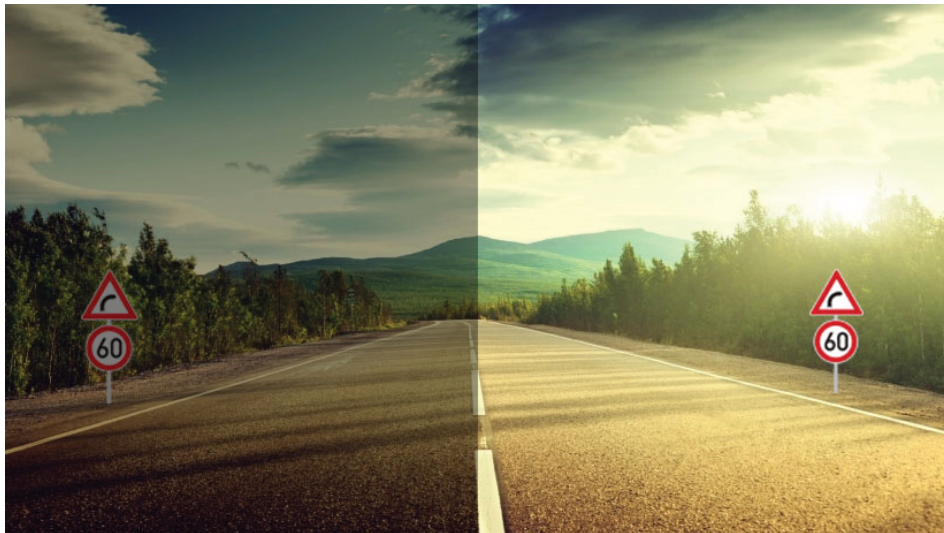
Zraková ostrost								
2.0	1.5	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
Čas [s] při rychlosti 90 km/h								
4.40	3.30	2.20	1.98	1.76	1.54	1.32	1.10	0.88

**Tabulka 13** Čas pro sledování vnitřního znaku (40 mm)

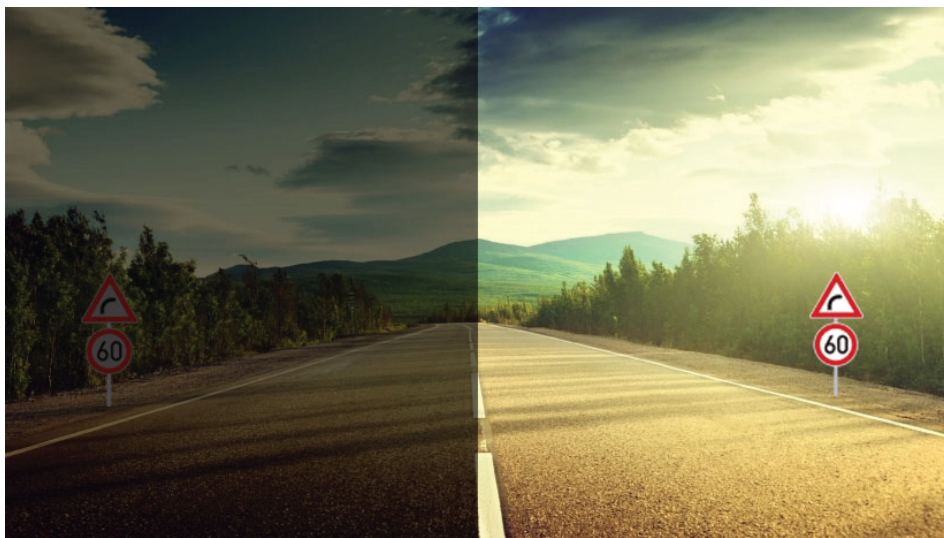
Zraková ostrost								
2.0	1.5	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
Čas [s] při rychlosti 90 km/h								
2.20	1.65	1.10	0.99	0.88	0.77	0.66	0.55	0.44

Jak je zmíněno v předchozích odstavcích, problematika je mnohem složitější a je nad rámec této práce. Výsledky jsou proto určeny alespoň pro představu o tom, jak u této konkrétní dopravní značky může řidič vnímat a rozlišovat jednotlivé znaky. Samozřejmě k výsledkům z této práce, aby se blížily skutečně reálným výsledkům, je nutné zahrnout faktory vnějšího prostředí jako jsou změny osvětlení, stav kvality dopravního značení, umístění dopravního značení a další okolní rušivé vlivy.

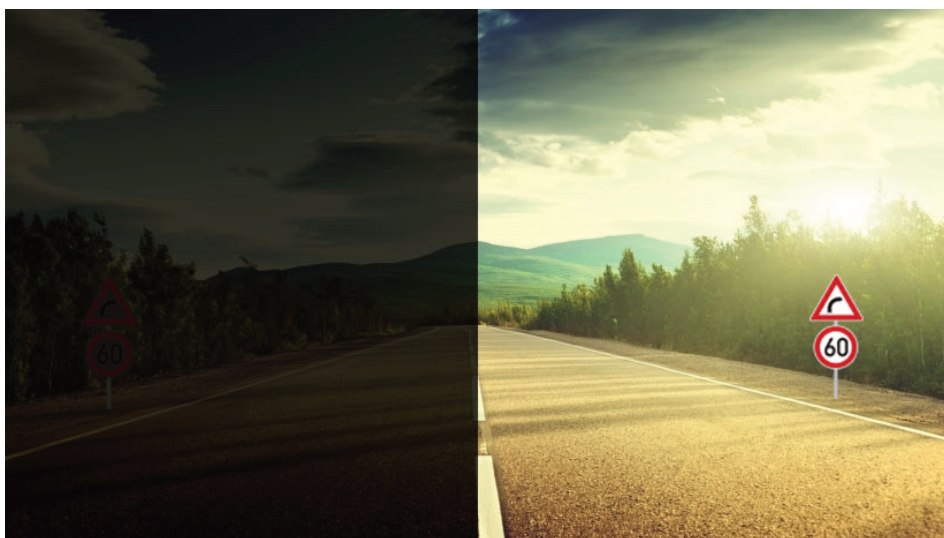
Následující obrázky demonstrují změnu kontrastů rozlišovaného znaku a pozadí a tím se snižující schopnost rozlišení jednotlivých prvků ve vizuální zóně.



**Obrázek 7** Ilustrace rozdílu kontrastů 1



**Obrázek 8** Ilustrace rozdílu kontrastů 2



**Obrázek 9** Ilustrace rozdílu kontrastů 3

Jak demonstrují obrázky, je výrazně těžší rozlišovat znaky na značce při menším rozdílu jasů, nižším kontrastu. Co je vidět pro jednoho řidiče pohodlně, může být pro řidiče se stejnou zrakovou ostrotí, ale nižší kontrastní citlivostí, mnohem hůře rozlišitelné.

## Diskuze

Vyhodnocení zrakové ostrosti vychází dle hypotézy. Pro monokulární zrakovou ostrost je sledována hodnota 0,1. Na hranici této hodnoty se nedostal žádný z naměřených řidičů. Dále je sledována hodnota binokulární zrakové ostrosti 0,5. Tato hodnota je hranicí pro možnost účasti v provozu na pozemních komunikacích. Na hodnotu 0,5 a nižší se také nedostal ani jeden z řidičů. Poslední sledovanou hodnotou binokulární zrakové ostrosti je hodnota 0,7. Pod hranicí této hodnoty musí řidič podstoupit odborné vyšetření zraku. Přístroj Visiotest neumožňuje přesně měřit hodnotu 0,7. Proto je brána nejbližší hodnota 0,6. Bohužel není možné přesně stanovit, zdali řidiči mají vizus 0,7 anebo 0,6. Nicméně na hranici těchto hodnot se dostalo 4,8 % řidičů, což je v souboru výsledků 7 řidičů ze 145.

V oblasti sledování pravidelnosti kontrol očním lékařem, se z větší části potvrzuje hypotéza. V práci jsou řidiči rozděleni do věkových skupin. Skupina do 20 let, dále po deseti letech až do věku 70 let a skupina nad 71 let. Z výsledků je patrné, že očního lékaře v horizontu 5 let nejméně navštěvují věkové skupiny 31-40 let (13,6 %), dále 21-30 let (34,3 %) a 41-50 let (35,3 %). Tento výsledek taktéž potvrzuje hypotézu.

V bakalářské práci je provedena rešerše na téma zraku a řízení motorových vozidel. Práce je zaměřena na atributy zraku, které jsou stanoveny jako hodnotící kritéria v normách pro zdravotní způsobilost z vyhlášky č. 277/2004 Sb. Dle vyhlášky jsou pro hodnocení zrakové zdravotní způsobilosti, pro provoz vozidel na pozemních komunikacích, jako hlavní hodnotící elementy zraková ostrost, zorné pole, barvocit a kontrastní citlivost. Avšak pouze zraková ostrost a rozsah zorného pole mají přesně stanovené mezní hodnoty. Pro barvocit a kontrastní citlivost nejsou ve vyhlášce uvedeny žádné hodnoty, kterých by se vyšetřující lékař mohl držet.

Cílem práce je vyhodnotit a porovnat zrakovou ostrost, proto je větší část práce věnována tomuto tématu a ostatní atributy zraku jsou zmíněny pouze okrajově. Dle vyhlášky, jsou mezními hodnotami podmiňující způsobilost pro provoz vozidel, pro skupinu 1 a 2 zraková ostrost binokulární 0,7 a při funkčním jenom jednom oku zraková ostrost 1,0. Mezními hodnotami zrakové ostrosti vylučujícími způsobilost pro provoz, jsou binokulární vizus a při používání pouze jednoho oka monokulární vizus 0,5, platí pro skupinu 1. Pro skupinu 2 platí binokulární vizus 0,5 a monokulární

na lepším oku 0,8 a na horším oku 0,1. Toto jsou hodnoty zrakové ostrosti, které jsou sledovány a porovnávány s výsledky.

Z měření vychází jednoznačné zjištění, že mezní hodnoty pro zrakovou ostrost 0,7, měřenou za ideálních podmínek na optotypu (kontrast  $\approx$  100 %), se přiblížilo malé množství řidičů (4,8 %). Avšak při snížení hodnot kontrastu se této mezní hranici pro zrakovou ostrost 0,7 blížilo výrazně více řidičů. Při kontrastu 60 % se jedná o 19,3 % řidičů, při kontrastu 40 % se jedná o 31 % řidičů a při kontrastu 20 % se jedná o převážnou většinu řidičů (89 %).

V reálných podmínkách není vždy ideální stav světelných podmínek tak, aby se blížil 100 % kontrastu. Pouze zjištění zrakové ostrosti v ideálních podmínkách vyšetřovacích místností a tabulí je nedostačující hodnotící kritérium. Proto je výsledkem práce doporučení ke zjištění stavu zrakové ostrosti při sníženém kontrastu (vyšetření kontrastní citlivosti). Dalším doporučením je zavedení normovaných hodnot pro kontrastní citlivost do vyhlášky č. 277/2004 sb.

Je dobré zmínit, že pro skupinu 1 řidičů jsou povinné zdravotní prohlídky jen při podání žádosti o řidičský průkaz a pak nejdříve ve věku 65 let. Vzniká tím tedy dlouhé časové období, ve kterém řidič není povinen podstoupit jakékoli lékařské vyšetření a je pouze na onom řidič, zdali se o svůj zrak blíže zajímá či nikoli. Jak je vidět ve výsledcích analýzy řidičů s mezními hodnotami, jsou pouze dva řidiči z celkových sedmi, kteří pravidelně navštěvují očního specialistu a zbývajících pět nenavštěvuje žádného očního specialistu. V tomto časovém období může docházet ke změnám zraku a řidič nemusí být poučen o nutnosti korekce. Doporučením v této problematice, je zavedení pravidelných kontrol, tak aby se zmenšila pravděpodobnost výskytu řidičů, kteří nemají odpovídající korekci zraku.

Z výroční zprávy PČR bylo za rok 2016 usmrceno 545 lidí a stalo se celkem 98 864 dopravních nehod. Nejčastější příčiny jsou zmíněny ve výroční zprávě, ale v tomto přehledu již není zahrnuto, zdali nemohla být příčinou nehod nedostačující kvalita zraku řidičů. Mezi nejčastější příčiny nehod patří například nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem, nepřizpůsobení rychlosti technickému stavu vozovky, nedání přednosti, vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu, vjetí do protisměru. V těchto případech mohla být na vinně i zhoršená kvalita zraku, která neumožnila řidičům dostatečně dopředu odhadnout blížící se kolizní situaci. K těmto příčinám by bylo prospěšné přidávat poznámku, zdali je kvalita zraku řidiče



v pořádku či nikoli. Návrhem pro lepší odhalení příčin nehod, je zavedení oční prohlídky při vážnější dopravní nehodě, která by sestávala nejen z ověření zrakové ostrosti, ale zahrnovala by vyšetření kontrastní citlivosti, vyšetření rozsahu zorného pole a vyšetření barvocitu. Tímto by se mohlo lépe vyhodnotit, zdali měl řidič dostačující schopnosti reagovat na situaci.

Modelový výpočet je pouze přiblížením problematiky vztahu zrakové ostrosti, kontrastní citlivosti a rozlišování znaků. Tuto problematiku by bylo výhodné dále rozpracovat a navrhnout řešení pro výpočet vzdálenosti a času pro různé hodnoty zrakové ostrosti v situacích blízkým reálným situacím. Výsledky porovnat s reakčními schopnostmi řidiče, brzdou dráhou vozidla atd.

Přístroj Visiotest je praktickým nástrojem pro screening zraku, který umožňuje rychlé orientační zhodnocení řidičova zraku. Nicméně pro podrobné šetření chybí u přístroje různé možnosti měření, které by se daly pro práci lépe použít. U testů zrakové ostrosti je minimální hodnota 0,2 a ta je nedostačující pro ověření hodnoty 0,1, která je jedním z hodnotících kritérií z vyhlášky. Dále jsou důležité hodnoty zrakové ostrosti 0,7 a 0,5 a přístroj bohužel nenabízí možnost měření těchto hodnot. Při sledování zrakové ostrosti u testů kontrastní citlivosti jsou hodnoty 0,8, 0,6 a 0,4, pro hodnocení zraku řidičů je vhodnější opět větší rozsah hodnot.

Pro další testování řidičů je doporučením rozšířit soubor doplňkových otázek, aby se dalo ještě lépe porozumět celé problematice. Doporučením je doplnit soubor o tyto otázky:

- Jak často navštěvujete praktického lékaře?
- V kolika letech jste žádal/a o řidičský průkaz?
- Proč nenavštěvujete očního lékaře?

## Závěr

Závěrem je doporučení, že je vhodné brát a hodnotit zrak jako celek a tomuto přizpůsobit veškerá dostupná vyšetření. A tato dostupná vyšetření prakticky využívat a lépe tak hodnotit výkon zraku v situacích blížících se reálným podmínkám. Ze zpracovaných dat je možné podložit alespoň důležitost testování kontrastní citlivosti, u které z výsledků práce vyplívají výrazné změny zrakové ostrosti v situacích bližších reálným podmínkám.

Pro screening zraku řidičů a případné podání základních informací řidičům o stavu jejich zraku, je přístroj Visiotest užitečným nástrojem. Avšak pro plnohodnotné statistické vyjádření, kolik řidičů nesplňuje zákonné podmínky, je přístroj nedostačující. Důvodem jsou právě chybějící hodnoty, zmíněné v diskusi.

Snahou práce je poukázat na důležitost kontrol zraku řidičů, průběžný screening zraku řidičů a hodnocení stávajících kritérií ve vyhlášce č. 277/2004 Sb.

## Seznam použité literatury

- [1] BENJAMIN, William J. a Irvin M. BORISH. Borish's clinical refraction. Philadelphia: W.B. Saunders Company, c1998. ISBN 0-7216-5688-9.
- [2] ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [3] AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ. Nauka o zraku. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2002. ISBN 80-7013-362-7.
- [4] BENEŠ, Pavel. Přístroje pro optometrii a oftalmologii. NCONZO, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [5] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. Fyziologie oka a vidění. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [6] KALVACH, Zdeněk. Geriatrie a gerontologie. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0548-6.
- [7] The Effects of Aging and Environment on Vision. Springer Verlag, 2013. ISBN 9781461366744.
- [8] Oculist.net [online]. [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.oculist.net/downaton502/prof/ebook/duanes/pages/v5/ch051/004f.html>
- [9] User's Guide: Physiological Visiotest. France: Essilor.
- [10] Vyhláška č. 277/2004 Sb.: Vyhláška o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=57928&nr=277~2F2004&rpp=15#local-content>
- [11] Vyhláška č. 361/2000 Sb.: Vyhláška o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=49756&nr=361~2F2000&rpp=15#local-content>

- [12] Vyhláška č. 31/2001 Sb.: Vyhláška o řidičských průkazech a o registru řidičů [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=50763&nr=31~2F2001&rpp=15#local-content>
- [13] Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2016 [online]. In: . 2017, s. 12 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [14] MINISTERSTVO DOPRAVY. Ročenka dopravy České Republiky [online]. , 174 [cit. 2017-04-30]. ISSN 1801-3090. Dostupné z: [https://www.sydos.cz/cs/rocenka\\_pdf/Rocenka\\_dopravy\\_2015.pdf](https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2015.pdf)
- [15] Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích: technické podmínky. 2. vyd. Brno: Centrum dopravního výzkumu, c2002. Dopravní značení. ISBN 80-86502-04-x.
- [16] Visual standards for driving in Europe [online]. 2017, 14 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://www.ecoo.info/2017/01/31/visual-standards-for-driving-in-europe/>
- [17] Owsley C, McGwin G. Vision and Driving. Vision research. 2010;50(23):2348-2361.
- [18] KASCHKE, Michael, Karl-Heinz DONNERHACHE a Michael Stefan RILL. Optical devices in ophthalmology and optometry: technology, design principles, and clinical applications. Weinheim: Wiley-VCH, c2014. ISBN 978-3-527-41068-2.
- [19] Thorslund, B.M.I., Strand, N. Vision measurability and its impact on safe driving – a literature review. Scandinavian Journal of Optometry and Visual Science, 9 (1), 1-9, 2016.
- [20] Owsley C, Wood JM, McGwin G Jr. A roadmap for interpreting the literature on vision and driving. Surv Ophthalmol. 2015 May-Jun;60(3):250-62.

- [21] Keltner JL, Johnson CA. Vision function, driving safety and the elderly. *Ophthalmology*, 94, 1180-8 (1987).
- [22] ANTON, Milan. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text (Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví). ISBN 80-7013-148-9.
- [23] KVAPILÍKOVÁ, Květa. Vyšetřování oka. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 80-7013-195-0.
- [24] POLÁŠEK, Jaroslav, ed. Technický sborník oční optiky. Praha: Oční optika, 1975.
- [25] HYCL, Josef a Lucie TRYBUČKOVÁ. Atlas oftalmologie. 2. vyd. V Praze: Triton, 2008. ISBN 978-80-7387-160-4.
- [26] 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.
- [27] KUČHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [28] TUNNACLIFFE, Alan H. Introduction to visual optics. 4th ed. Godmersham Park: Association of British Dispensing Opticians, 1993. ISBN 978-0-90009-928-1.
- [29] ŠIKL, Radovan. Zrakové vnímání. Praha: Grada, 2012. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3029-5.
- [30] SNELL, Richard S. a Michael A. LEMP. Clinical anatomy of the eye. 2nd ed. Malden, MA, USA: Blackwell Science, 1998. ISBN 978-0-632-04344-6.

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1</b> Konstrukce znaků pro optotypy .....	8
<b>Obrázek 2</b> Horizontální zorné pole .....	9
<b>Obrázek 3</b> Testy na vyšetření barvocitu .....	13
<b>Obrázek 4</b> Příklad Essilor Physiological Visiotest .....	26
<b>Obrázek 5</b> Rozvržení znaků na dopravním značení .....	48
<b>Obrázek 6</b> Dopravní značení neshodující se s konstrukcí optotypů .....	49
<b>Obrázek 7</b> Ilustrace rozdílů kontrastů 1 .....	52
<b>Obrázek 8</b> Ilustrace rozdílů kontrastů 2 .....	52
<b>Obrázek 9</b> Ilustrace rozdílů kontrastů 3 .....	52

## Seznam grafů

<b>Graf 1</b> Pokles zrakové ostrosti vlivem věku 1 .....	6
<b>Graf 2</b> Pokles zrakové ostrosti vlivem věku 2 .....	7
<b>Graf 3</b> Nehodovost v ČR od roku 1961 .....	25
<b>Graf 4</b> Věkové skupiny řidičů .....	33
<b>Graf 5</b> Stávající korekční pomůcka řidičů .....	34
<b>Graf 6</b> Pravidelné prohlídky u očního specialisty .....	35
<b>Graf 7</b> Počet dní v týdnu při řízení vozidla .....	39
<b>Graf 8</b> Zraková ostrost – pravé oko .....	40
<b>Graf 9</b> Zraková ostrost – levé oko .....	40
<b>Graf 10</b> Zraková ostrost – binokulárně .....	41
<b>Graf 11</b> Změna zrakové ostrosti při změně kontrastu .....	45

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b> Přehled omezení 1 .....	18
<b>Tabulka 2</b> Přehled omezení 2 .....	19
<b>Tabulka 3</b> Nejčtenější příčiny nehod v ČR za rok 2016 .....	23
<b>Tabulka 4</b> Přehled nehodovosti v ČR .....	24
<b>Tabulka 5</b> Počet návštěv oftalmologa .....	36
<b>Tabulka 6</b> Četnosti návštěv oftalmologa v procentech .....	36
<b>Tabulka 7</b> Počet návštěv optometristy .....	37
<b>Tabulka 8</b> Četnosti návštěv optometristy v procentech .....	38
<b>Tabulka 9</b> Přehled velikostí dopravních značek .....	48
<b>Tabulka 10</b> Minimální vzdálenost pro rozlišení vnějšího znaku (80 mm) .....	50
<b>Tabulka 11</b> Minimální vzdálenost pro rozlišení vnitřního znaku (40 mm) .....	50
<b>Tabulka 12</b> Čas pro sledování vnějšího znaku (80 mm) .....	51
<b>Tabulka 13</b> Čas pro sledování vnitřního znaku (40 mm) .....	51



# Seznam rovníč

<b>Rovníč 1</b> .....	2
<b>Rovníč 2</b> .....	2
<b>Rovníč 3</b> .....	2
<b>Rovníč 4</b> .....	3
<b>Rovníč 5</b> .....	3
<b>Rovníč 6</b> .....	14
<b>Rovníč 7</b> .....	49
<b>Rovníč 8</b> .....	49
<b>Rovníč 9</b> .....	49
<b>Rovníč 10</b> .....	51