

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení a staveb



Diplomová práce

**Posouzení polohy rukou řidiče na volantů osobního
vozidla s ohledem na bezpečnost**

Bc. Richard Medlík

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Richard Medlík

Inženýrství údržby

Název práce

Posouzení polohy rukou řidiče na volantu osobního vozidla s ohledem na bezpečnost manévrování

Název anglicky

Assessment of the position of the driver's hands on the steering wheel of a passenger vehicle with regard to maneuvering safety

Cíle práce

Cílem práce je posoudit míru bezpečnosti jednotlivých pozic rukou řidiče na volantu osobního vozidla v reálných podmínkách. Dílčím cílem je stanovení pozice, kterou by bylo možné označit za nejbezpečnější z pohledu nouzového manévrování, během odvrácení možné kolizní situace. Předpokládá se získání hodnot ze vzorku mužů a žen v rámci terénního testování a porovnání hodnot na základě zvolených parametrů.

Metodika

Hodnoty pro dosažení cílů práce budou získány pomocí dynamického experimentálního výzkumu, který bude prováděn v reálných podmínkách na uzavřeném zkušebním polygonu. Předpokládá se použití testovacího vozidla třídy SUV, které bude shodné pro celý vzorek respondentů. Zjištěné údaje budou vyhodnoceny pomocí statistických metod.

Doporučený rozsah práce

50 stran, včetně příloh

Klíčová slova

bezpečnost, řízení, volant, pozice, řidič, situace

Doporučené zdroje informací

- BHISE, Věvek D. Ergonomics in the automotive design process. Boca Raton, FL: CRC Press, c2012. ISBN 14-398-4210-8
- CACHA, Ch. A.: Ergonomics and safety in hand tool design. Lewis Publishers, Boca Raton, 1999, ISBN-1-56670-308-5
- Fourie, M., Walton, D., Thomas, J.A., 2011. Naturalistic observation of drivers' hands, speed and headway. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 14, 413–421. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2011.04.009>
- Handbook of human factors and ergonomics. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2012. ISBN 978-0-470-52838-9
- Kozłowski, M., 2016. Assessment of safety and ride quality based on comparative studies of a new type of universal steering wheel in 3D simulators. EIn 18, 481–487. <https://doi.org/10.17531/ein.2016.4.1>

Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Michal Hruška, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 6. 11. 2023

doc. Ing. Jan Malašák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 1. 2024

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 26. 02. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Posouzení polohy rukou řidiče na volantu osobního vozidla s ohledem na bezpečnost“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31. 03. 2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce, Ing. Michalovi Hruškovi, PhD. za vedení mé diplomové práce, a především své přítelkyni a rodině, která mi byla oporou po celou dobu mého studia.

Posouzení polohy rukou řidiče na volantu osobního vozidla s ohledem na bezpečnost

Abstrakt

Tato diplomová práce se zaměřuje na posouzení bezpečnosti rukou řidiče na volantu osobního automobilu za reálných podmínek. Hlavním cílem je identifikace nejbezpečnější pozice rukou na volantu, která by optimalizovala řidičovu schopnost reagovat při krizovém manévrování a předcházet kolizím. V teoretické části je obsažena základní ergonomie mezi řidičem a volantem zaměřená na používání volantu. Jsou zde uvedeny základní informace ohledně bezpečnosti řízení a manévrování. Součástí teoretické části je popis vybraných predispozic člověka jakožto řidiče. V predispozicích člověka jsou sepsány základní pohyby horních končetin, pohyby horních končetin na volantu a pohyby zrkového ústrojí. Praktická část se zabývá popisem terénního testování ve vozidlech Škoda Kodiaq, ve kterých respondenti prováděli úhybné manévry v různých pozicích horních končetin na volantu. Úhybné manévry probíhaly na základě losího testu. Výsledky terénního testování jsou podrobně popsány, statisticky vyhodnoceny, podrobeny diskuzi a v závěru shrnuty.

Klíčová slova: bezpečnost, řízení, pozice, řidič, situace

Assessment of the position of the driver's hands on the steering wheel of a passenger vehicle with regard to maneuvering safety

Abstract

This master's thesis focuses on assessing the safety of the driver's hands on the steering wheel of a passenger car under real conditions. The main aim is to identify the safest hand position on the steering wheel, which would optimize the driver's ability to react during emergency maneuvers and prevent collisions. The theoretical part includes basic ergonomics between the driver and the steering wheel, focusing on steering wheel usage, along with fundamental information regarding driving safety and maneuvering. The theoretical section also describes selected predispositions of humans as drivers, including basic upper limb movements, movements of the upper limbs on the steering wheel, and visual system movements. The practical part describes field testing in Škoda Kodiaq vehicles, where participants performed evasive maneuvers in various positions of the upper limbs on the steering wheel based on the elk test. The results of the field testing are detailed, statistically evaluated, discussed, and summarized in the conclusion.

Keywords: safety, driving, position, driver, situation

Obsah

1 Úvod.....	14
2 Cíl práce a metodika	15
2.1 Cíl práce	15
2.2 Metodika	15
3 Teoretická východiska	16
3.1 Ergonomie	16
3.1.1 Posilovače řízení	24
3.1.2 Výhled z vozidla	25
3.2 Držení rukou na volantu	27
3.3 Predispozice lidí	27
3.3.1 Zrakové ústrojí	33
3.3.2 Reakční schopnosti	35
4 Měření polohy rukou na volantu v terénním testování	39
4.1 Přípravy testování.....	39
4.1.1 Dotazníky.....	39
4.1.2 Testovací vozidlo	41
4.1.3 Sběr dat a měřené parametry	42
4.1.4 Zpracování dat	42
4.2 Optimální trajektorie průjezdu	44
5 Výsledky	46
5.1 Popisná statistika.....	46
5.1.1 Hodnocení jednotlivých poloh rukou respondenty	50
5.2 Statistická analýza.....	51
5.2.1 Absolutní průměrné hodnoty	51
5.2.2 Směrodatná odchylka průměrných pokusů.....	53
5.2.3 Statistické výsledky párových t-testů průměrných pokusů.....	53
5.3 Porovnání prvních a druhých pokusů.....	55
5.4 Statistické výsledky sociodemografických údajů	57
5.5 Výsledky měkkých dat	57
5.6 Poloha rukou na volantu v Tecnomatix Jack	58
5.6.1 Pozice rukou na volantu oběma rukama	58
5.6.2 Pozice rukou na volantu L9	61
5.6.3 Pozice rukou na volantu L7	63

5.6.4	Pozice rukou na volantu R3	66
5.6.5	Vyhodnocení poloh rukou na volantu z pohledu ergonomie	68
6	Diskuze	69
7	Závěr.....	72
8	Seznam použitých zdrojů	73

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 - Pedály a volant ve Škodě Kodiaq (Interiér: Vyšší úroveň komfortu a trvale udržitelné materiály, 2021)</i>	17
<i>Obrázek 2 - Optimální poloha řidiče za volantem (Hruška, 2018)</i>	18
<i>Obrázek 3 - Poloha rukou na volantu (Jak správně držet volant v autě, 2023)</i>	18
<i>Obrázek 4 - Panhard a Levassor 1897 (Panhard-Levassor 8 HP, n.d.)</i>	19
<i>Obrázek 5 - Chevrolet Impala 1973 - první airbag (1973 Chevrolet Impala Police Car, n.d.)</i>	20
<i>Obrázek 6 - Popis jednotlivých částí volantu (Interiér: Vyšší úroveň komfortu a trvale udržitelné materiály, 2021)</i>	21
<i>Obrázek 7 - Zploštělý volant (Volant zploštělý x kulatý, 2015)</i>	22
<i>Obrázek 8 - Ovládací prvky na volantu (Výbavy EQA, n.d.)</i>	23
<i>Obrázek 9 - Směrovky na volantu od Ferrari (Jánský, 2020)</i>	23
<i>Obrázek 10 - Volant automobilky Tesla Yoke (Gastelu, 2021)</i>	24
<i>Obrázek 11 - Výhled z vozidla (Bishe, 2012)</i>	26
<i>Obrázek 12 - Rozložení pozic rukou na volantu (Hruška, 2018)</i>	27
<i>Obrázek 13 - Ramenní kloub v klidové poloze (Čihák, 2011)</i>	28
<i>Obrázek 14 - Hlavní pohyby kulovitého kloubu (Čihák, 2011)</i>	29
<i>Obrázek 15 - Pohyby ramenního kloubu bez lopatky a s lopatkou (Čihák, 2011)</i>	30
<i>Obrázek 16 - Pohyby ramenního kloubu (Čihák, 2011)</i>	30
<i>Obrázek 17 - Funkce loketního kloubu (Čihák, 2011)</i>	31
<i>Obrázek 18 - Pohybové možnosti kloubů ruky (Čihák, 2011)</i>	32
<i>Obrázek 19 - RTG snímky zápěstí (Čihák, 2011)</i>	32
<i>Obrázek 20 - Pohyby zápěstí (Čihák, 2011)</i>	33
<i>Obrázek 21 - Okohybné svaly (Čihák, 2016)</i>	34
<i>Obrázek 22 - Směry tahu okohybných svalů (Čihák, 2016)</i>	35
<i>Obrázek 23 - Křížení rukou na volantu při otáčení volantem (Schiro, 2013)</i>	38
<i>Obrázek 24 - Otáčení volantem z ruky do ruky (Schiro, 2013)</i>	38
<i>Obrázek 25 - Schéma testovacího polygonu (Autor)</i>	39
<i>Obrázek 26 - Trasa - losí test (Autor)</i>	41
<i>Obrázek 27 - Testovací vozidla (Autor)</i>	41

<i>Obrázek 28 - Dron DJI (Autor)</i>	42
<i>Obrázek 29 - Výsledná trajektorie (Autor)</i>	43
<i>Obrázek 30 - Měřítka se vzorkem (Autor)</i>	44
<i>Obrázek 31 - Obě ruce na volantu při vyhýbání se překážce (Autor)</i>	59
<i>Obrázek 32 - Obě ruce na volantu při návratu do původního jízdního pruhu (Autor)</i>	59
<i>Obrázek 33 - Komfort řidiče při vyhýbání oběma rukama (Autor)</i>	60
<i>Obrázek 34 - Komfort řidiče při návratu oběma rukama (Autor)</i>	60
<i>Obrázek 35 - Pozice L9 při vyhýbání se překážce (Autor)</i>	61
<i>Obrázek 36 - Pozice L9 při návratu do původního jízdního pruhu (Autor)</i>	61
<i>Obrázek 37 - Komfort řidiče při vyhýbání L9 (Autor)</i>	62
<i>Obrázek 38 - Komfort řidiče při návratu L9 (Autor)</i>	63
<i>Obrázek 39 - Pozice L7 při vyhýbání se překážce (Autor)</i>	64
<i>Obrázek 40 - Pozice L7 při návratu do původního jízdního pruhu (Autor)</i>	64
<i>Obrázek 41 - Komfort řidiče při vyhýbání L7 (Autor)</i>	65
<i>Obrázek 42 - Komfort řidiče při návratu L7 (Autor)</i>	65
<i>Obrázek 43 - Pozice R3 pro vyhýbání se překážce (Autor)</i>	66
<i>Obrázek 44 - Pozice R3 při návratu do původního jízdního pruhu (Autor)</i>	66
<i>Obrázek 45 – Komfort řidiče při vyhýbání R3 (Autor)</i>	67
<i>Obrázek 46 - Komfort řidiče při návratu R3 (Autor)</i>	68

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 - Průměrné hodnoty vzdáleností všech respondentů (Autor)</i>	46
<i>Tabulka 2 - Průměrné známky poloh rukou na volantu od respondentů (Autor)</i>	51
<i>Tabulka 3 - Absolutní průměrné hodnoty (Autor)</i>	52
<i>Tabulka 4 - Hodnocení pozic rukou pro průměrné hodnoty (Autor)</i>	52
<i>Tabulka 5 - Směrodatné odchytky (Autor)</i>	53
<i>Tabulka 6 - Hodnocení směrodatných odchylek (Autor)</i>	53
<i>Tabulka 7 - Statistické výsledky párových t-testů (Autor)</i>	54
<i>Tabulka 8 - Absolutní odchytky rozdílů pozic rukou na volantu (Autor)</i>	54
<i>Tabulka 9 – Absolutní hodnoty prvního pokusu (Autor)</i>	55
<i>Tabulka 10 - T-test prvního pokusu (Autor)</i>	55
<i>Tabulka 11 - Absolutní hodnoty druhého pokusu (Autor)</i>	55
<i>Tabulka 12 - T-test druhých pokusů (Autor)</i>	56
<i>Tabulka 13 - Vyhodnocení prvních pokusů (Autor)</i>	56
<i>Tabulka 14 - Vyhodnocení druhých pokusů (Autor)</i>	56
<i>Tabulka 15 - T-test známkování pozic (Autor)</i>	57
<i>Tabulka 16 - Hodnoty z Tecnomatix Jack pro obě ruce (Autor)</i>	59
<i>Tabulka 17 - Hodnoty z Tecnomatix Jack pro L9 (Autor)</i>	62
<i>Tabulka 18 - Hodnoty z Tecnomatix Jack pro L7 (Autor)</i>	64
<i>Tabulka 19 - Hodnoty z Tecnomatix Jack pro R3 (Autor)</i>	66

Seznam grafů

Graf 1 - Hodnoty vzdálenosti D1 (Autor).....	47
Graf 2 - Hodnoty vzdálenosti D2 (Autor).....	47
Graf 3 – Hodnoty vzdálenosti D3 (Autor).....	48
Graf 4 - Hodnoty vzdálenosti D4 (Autor).....	49
Graf 5 - Hodnoty vzdáleností D5 (Autor).....	49
Graf 6 - Hodnoty vzdáleností D6 (Autor).....	50

1 Úvod

V současném moderním světě, kdy lze vnímat, mimo jiné, také významné pokroky v oblasti automobilových technologií, je zajištění bezpečnosti všech účastníků silničního provozu stále větší prioritou. K velmi podstatným faktorům, které ovlivňují bezpečnost, se řadí poloha rukou řidiče na volantů během jízdy. To, jakým způsobem řidič drží a v důsledku toho také ovládá volant, značně ovlivňuje jeho schopnosti reagovat na krizové situace v dopravě.

Tato diplomová práce se věnuje posouzení různých poloh rukou na volantů řidiče u osobních automobilů s ohledem na bezpečnost. Analyzovány jsou nejčastěji používané polohy rukou definované na základě vybraných dříve publikovaných výzkumů na toto téma (Hruška, 2018). Pro otestování poloh rukou na volantů je vytvořena speciální simulace dopravní situace na uzavřeném testovacím polygonu. Pojednává o situaci, kdy vozidlu, projíždějícímu v obytné zóně, vběhne do jízdní dráhy člověk, zvíře nebo vznikne dynamicky jiná překážka, na kterou musí řidič reagovat patřičným úhybným manévrem, a to co nejbezpečněji vzhledem k dané situaci.

Cílem této studie je napomoci rozvoji poznání v oblasti ergonomie a bezpečnosti silničního provozu se zaměřením na umístění horních končetin na volantů. S pomocí obdobných, publikovaných studií a dalších, existujících zdrojů má tato práce upřesnit jednotlivé souvislosti a spojitosti mezi bezpečností řidiče a polohou horních končetin na volantů.

Při správném pochopení vztahu polohy rukou na volantů a bezpečnosti jízdy, může mít tato práce pozitivní přínos v procesu vzdělávání řidičů. Zjištění optimální polohy horních končetin může pomoci k vyšší kontrole řidičů nad vozidlem v krizových situacích a tím i minimalizovat nehodovost nejenom běžných řidičů, ale i řidičů z povolání.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je posouzení míry bezpečnosti jednotlivých pozic rukou řidiče na volantu osobního vozidla v reálných podmínkách. Dílčím cílem je stanovení pozice rukou řidiče na volantu, kterou by bylo možné označit za nejbezpečnější z pohledu nouzového manévrování, během odvrácení možné kolizní situace. Předpokládá se sběr dat od relativně heterogenní skupiny testovacích řidičů v rámci terénního testování a porovnání hodnot na základě zvolených parametrů.

Pro dosažení výše uvedených cílů práce byla definována výzkumná otázka ve znění:
Jaká poloha rukou na volantu je nejbezpečnější v krizové situaci.

Na základě této výzkumné otázky byly stanoveny následující hypotézy:

1. Lze předpokládat, že nejhorší bude poloha rukou na volantu L7.
2. Lze předpokládat, že nejlepší bude poloha rukou na volantu oběma rukama.

2.2 Metodika

V praktické části bude provedeno testování na speciálně navrženém polygonu, simulujícím situaci, kdy dítě vběhne do vozovky v obytné zóně. Testování proběhne s využitím vozidla značky Škoda Kodiaq vybaveného automatickou převodovkou. Respondenti pro testování budou vybráni s důrazem na vyvážený poměr mezi muži a ženami a zahrnutí různých věkových kategorií. Pro následnou statistickou analýzu budou následně od všech respondentů získány socio-demografické údaje.

Průběh testování a sběr dat budou využity všechny dostupné technické prostředky včetně kamer, instalovaných v interiéru testovacích vozidel, trackovacích brýlí a jednotlivé testovací jízdy budou dále monitorovány pomocí záběrů z dronu. Získaná data budou podrobená statistické analýze s cílem vyhodnotit jejich význam a souvislosti. Výsledky budou porovnány s obdobnými studiemi publikovanými v odborné literatuře. Na základě získaných výsledků budou formulovány závěry a doporučení týkající se praktické aplikace zjištěných poznatků.

3 Teoretická východiska

V kapitole teoretická východiska budou popsány základy ergonomie, ergonomie spjatá se samotným řízením automobilů, náležitosti kolem držení volantu a důležitými informacemi ohledně volantu samotného a v neposlední řadě predispozice lidí zaměřené primárně na horní končetiny.

3.1 Ergonomie

Ergonomie jakožto vědecký obor se zaměřuje na chápání mezi člověkem a ostatními složkami systému. Při využívání vhodných metod, teorií a dat má ergonomie za snahu vylepšit lidské zdraví, pohodu a výkonnost. Cílem ergonomie je navrhování a hodnocení produktů, práce, prostředí a systémů v souznění s lidskými potřebami, schopnostmi a výkonností. Celkově se ergonomie zabývá lidskými činnostmi, které jsou ovlivněny fyzickými, sociálními, organizačními faktory. V ergonomii jsou hlavně řešeny otázky biomechaniky, filozofie, psychologie a hygieny činností. (Česká ergonomie, 2015)

Systém ovládání automobilu

V dnešní době jsou automobily vybaveny systémem ovládání, který umožňuje řidičům efektivně řídit vozidlo. Do systému ovládání spadají pedály, které slouží k ovládání rychlosti a brzdění vozidla. Volant spadající do systému ovládání, který určuje směr jízdy vozidla. Pohyb pedálů a otáčení volantem poskytuje řidiči kontrolu nad vozidlem, ale současně dochází k omezení rozsahu pohybu řidiče. Prostor systému ovládání automobilu je znázorněno na *Obrázek 1*. (Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 2013)

Nesprávná poloha pedálů a volantu může způsobovat nepřírozené držení těla řidiče a namáhání konkrétních svalových skupin, což může mít za následek zdravotní potíže, v tomto případě převážně u ramen a zad. Správná ergonomická poloha sedadla může hrát klíčovou roli při minimalizaci těchto konkrétních problémů. (Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 2013)

Toto jsou hlavní důvody, proč je důležité, aby nebyla ergonomie interiéru zanedbávána při návrhu automobilů. Při dodržení všech zásad lze předcházet a minimalizovat zdravotní potíže řidičů. Celkově se zlepši pohoda a bezpečnost řidičů. (Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 2013)



Obrázek 1 - Pedály a volant ve Škodě Kodiaq (Interiér: Vyšší úroveň komfortu a trvale udržitelné materiály, 2021)

Poloha řidiče ve vozidle

Optimální poloha řidiče za volantem je definována tak, aby řidiči automobilu byla zajištěna stabilita, komfort, dobrý výhled a vhodné umístění ovladačů. Ilustrační obrázek optimální polohy je na *Obrázek 2*. Existuje celá řada studií, které se ale v základních parametrech většinou shodují. Nejčastěji se například udává, že sedadlo by se mělo ze dvou třetin dotýkat stehů se sklonem 6-10°, s tím, že dolní končetiny by měli být mírně od sebe. Sedadlo by mělo být vzdálené od pedálů tak, aby byla dolní končetina mírně pokrčena při plném sešlápnutí pedálu. Je to velice důležité z pohledu bezpečnosti při krizovém brzdění. Jedině v této pozici dokáže člověk vyvinout maximální sílu na pedál. Pedály by také měly být umístěny tak, aby nohy nesetrvávaly v extenčním postavení. Opěradlo by mělo se sedákem svírat úhel 95-100°. V případě větších úhlů může hrozit při nárazu k podklouznutí těla a následnému škrčení o pás. Dále je velice podstatné nastavení hlavové opěrky. Hlavová opěrka by měla mít sklon 5-10° a výškově by se měla nacházet v úrovni temene hlavy a v lepším případě 5 cm nad temenem. (Harrison, 2000; Andersson, 1974)



Obrázek 2 - Optimální poloha řidiče za volantem (Hruška, 2018)

Umístění rukou na volantu při správné poloze rukou zabrání celkovému přetěžování horních končetin během řízení. V této poloze se palce zapřou o ramena volantu a tím je stanovena symetrická poloha řidiče za volantem. Optimální poloha rukou je udávána ve vztahu k poloze hodinových ručiček na 3 a 9 hodinách, viz. *Obrázek 3* (Serra, 2008; BESIP, 2012; Hault-Dubrulle, 2011). V této pozici ruce působí na volant vhodnou silou. V této poloze je řidič schopen využít maximálního úhlu pootočení volantem, aniž by bylo zapotřebí přesunu rukou po volantu. Na obě strany je řidič schopen pootočit o stejný úhel. Dalším velice podstatným faktorem je, že při vystřelení airbagu dojde pouze k rozevření rukou, kdežto v jiných polohách by mohlo dojít ke zranění ve formě zlomenin například. (Hault-Dubrulle, 2011)



Obrázek 3 - Poloha rukou na volantu (Jak správně držet volant v autě, 2023)

Volant a vývoj volantu

Volant, jak ho známe z moderních vozidel, byl poprvé představen v automobilu Panhard a Levassor z roku 1897, viz. *Obrázek 4*. Volant, který se od této doby začal běžně v automobilech používat jako primární ovladač, nahradil dosud používaná řídítka a klikový mechanismus. Volant byl oproti svým předchůdcům z pohledu ergonomie výrazně efektivnější. Volant ve své podstatě umožňoval řidičům výrazně snazší ovladatelnost kol řízené nápravy, a to především vzhledem k podstatě své konstrukce. Klíčový byl přitom v prvních desítkách let hlavně průměr věnce volantu, kdy platilo, že čím větší byl průměr, tím větší páku a nižší sílu musel řidič při řízení vynakládat. (Historie automobilismu v datech, 2006; Šimunek, 2022)



Obrázek 4 - Panhard a Levassor 1897 (Panhard-Levassor 8 HP, n.d.)

K volantu se začaly postupem času přidávat další funkce. Jako jednou z prvních byly páčky na ovládání značení směru jízdy, které byly povinně zavedeny roku 1939. V roce 1951 přišel na trh první posilovač řízení. Posilovače řízení se zpočátku instalovali do těžkých nákladních automobilů. Použití posilovače způsobilo další velký pokrok při používání volantu jako primárního ovládače a významně se tím snížila fyzická náročnost ovládání vozidla. (Historie automobilismu v datech, 2006; Šimunek, 2022)

V této době se do středu volantu již běžně přidávali ovládače klaksonu. Volanty se za mnoho desítek let používání osvědčily jako nejefektivnější způsob ovládání vozidla, přinesly ale s sebou i mnohé nevýhody. Každá automobilka vyráběla volanty jinými způsoby (různé tloušťky, počet ramen, atd...). Častým následkem nehod bylo, až do poloviny 20. století, rozlomení volantu, vzhledem k tomu, že byly volanty často vyráběny z nekvalitních a mnohdy i křehkých materiálů. To mohlo v důsledku zapříčinit i smrt řidiče. Největším pokrokem v oblasti bezpečnosti bylo bezesporu přidání airbagu do středu volantů. První airbag byl nainstalován ve vozidle Chevrolet Impala v roce 1973, viz. *Obrázek 5*. Po roce 1973 se začaly výrobci automobilů více zaměřovat i na ergonomii a obecně více vědecký přístup při vývoji volantů. Byla dostupná celá řada lepších materiálů, konstruktéři zkoušeli různé varianty způsobů držení atd. (Historie automobilismu v datech, 2006; Šimunek, 2022; Panhard-Levassor 8 HP, n.d.)



Obrázek 5 - Chevrolet Impala 1973 - první airbag (1973 Chevrolet Impala Police Car, n.d.)

Nevhodné řešení volantu

Při konstrukci volantu, je nutné vycházet z poznatků moderní ergonomie, jejímž cílem by měl být stav, kdy bude volant v maximální míře antropocentrický a bude dobře využitelný při každodenním použití v praxi. I přes maximální snahu konstruktérů o co nejlepší výsledek však není možné opominout celou řadu příkladů, kdy výsledek konstrukčního procesu není

optimální a kdy dokonce tato nevhodná řešení doputují skrze vývojový proces až do rukou zákazníků. Jednotlivé části volantu jsou znázorněny na *Obrázek 6*. (Jánský, 2022)



Obrázek 6 - Popis jednotlivých částí volantu (Interiér: Vyšší úroveň komfortu a trvale udržitelné materiály, 2021)

- 1 – Věnc volantu
- 2 – Rameno volantu s ovládacími prvky
- 3 – Střed volantu s airbagem a klaksonem

Jedním z klíčových faktorů je samotný tvar věnce volantu. Automobilky se snaží přicházet s různými variantami tvaru, jako je například zploštění volantu ve spodní části apod. Toto řešení však není možné hodnotit jako vhodné hlavně z hlediska otáčení volantu o více, než 180°, kde při přehmatávání na volantu může docházet k podklouznutí kvůli nesymetrickému tvaru. Ukázka zploštělého volantu je na *Obrázek 7*. (Jánský, 2022)



Obrázek 7 - Zploštělý volant (Volant zploštělý x kulatý, 2015)

Dalším faktorem může být použití nevhodného materiálu volantu, který nedosahuje požadovaných vlastností. Vlivem toho, může docházet například k podklouzávání volantu v dlaních například v důsledku hyperhidrózy apod. Nevhodný je také volant, který má například příliš velký nebo malý průměr věnce, což může způsobovat některým řidičům problémy při manévrování. V neposlední řadě bývá velký problém u umístění tlačítek a ovládacích prvků na volant, kdy se automobilky snaží vtěsnat na volant co nejvíce ovládacích prvků, viz. obrázek 8. (Jánský, 2022)



Obrázek 8 - Ovládací prvky na volantu (Výbavy EQA, n.d.)

Automobilky se snaží integrovat co nejvíce ovládacích prvků přímo na volant, což ovšem může představovat problém pro řidiče, zejména pokud jde o jejich schopnost soustředit se na jízdu. Například společnost Ferrari umísťuje ukazatele směru přímo na volant (obrázek 9), což může být velice problematické při jízdě na kruhovém objezdu, kde se ruce pohybují po celém obvodu volantu a řidiči mohou mít obtíže signalizovat svůj směr ostatním účastníkům provozu. (Jánský, 2022)



Obrázek 9 - Směrovky na volantu od Ferrari (Jánský, 2020)

Jako dalším příkladem nedostatku při návrhu volantu je přístup společnosti Tesla, která do svých nových modelů vozidel implementuje volanty, které nazývá „Yoke“, viz. obrázek 10. Volant má neobvyklý tvar, chybí mu celá vrchní část věnce volantu, což je velice nepraktické při manipulaci s vozidlem. (Jánský, 2022)



Obrázek 10 - Volant automobilky Tesla Yoke (Gastelu, 2021)

Bezpečnost při řízení a manévrování

Pro vyšší bezpečnost při řízení a manévrování napomáhají mnohé systémy, nastavení pozice řidiče a v neposlední řadě výhled z vozidla. Nastavení pozice řidiče jsou sepsány v ergonomie řízení pohybu. V této podkapitole budou více rozvedeny systémy, které napomáhají ke snazší ovladatelnosti vozidla. Dále také ovlivnění výhledu z vozidla.

3.1.1 Posilovače řízení

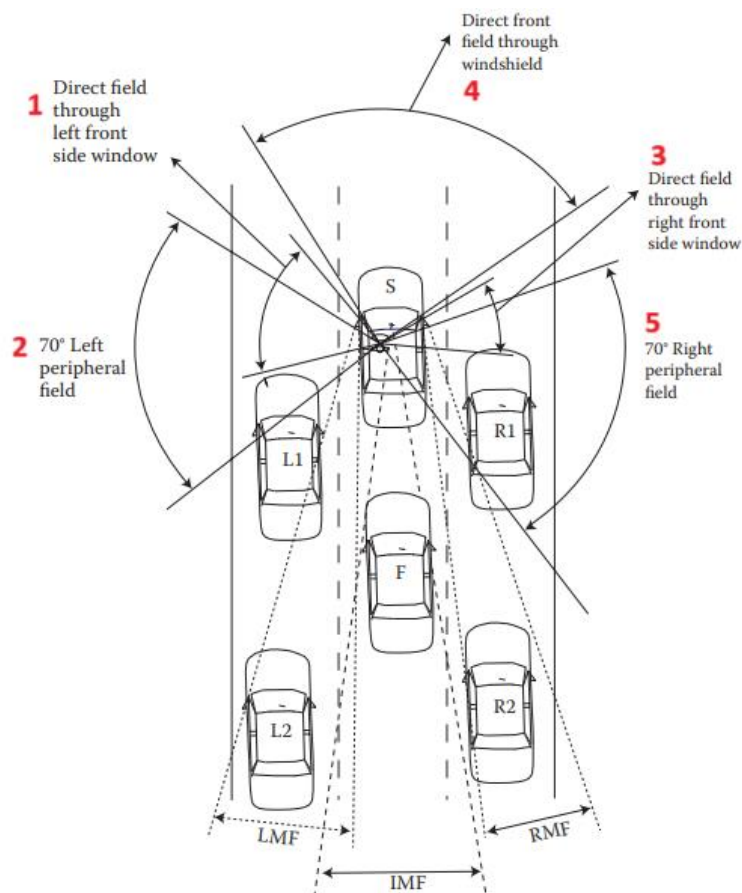
Úkolem posilovače řízení je vypomoci řidiči při ovládání volantu. Posilovač řízení způsobí to, že řidič nemusí vynaložit velkou sílu pro manipulaci s volantem. Jakmile řidič začne otáčet s volantem, dojde k aktivaci posilovače řízení a ten dopomůže svou silou ke snazšímu pootočení. V současnosti jsou nejvíce používány 3 druhy posilovačů řízení. Jedná

se o hydraulické, elektrohydraulické a elektrické posilovače řízení. V historii, kdy do aut nebyli instalovány posilovače řízení, se využívaly volanty o větších průměrech věnce volantu, aby řidiči vozidel nemuseli vynaložit tak velkou sílu pro pootočení volantem. (Vlk, 2006)

3.1.2 Výhled z vozidla

Optický výhled z vozidla je jedním z nezbytných faktorů pro bezpečné řízení. Tento výhled má pozitivní i negativní dopad na schopnost správně manévrovat a předvídat dopravní situace. Zorné pole, chápané jako oblast zrakového pole, je v klidovém stavu omezené, což vyžaduje aktivní pohyb očí a hlavy během jízdy. Pohledové pole, definované jako oblast viditelnosti při statické hlavě a pohybu pouze očí, se rozšiřuje do polohy s rozšířeným zorným polem, když je zapojen pohyb jak očí, tak hlavy. Důležitou součástí výhledu z vozidla je i nepřímý výhled, získaný pomocí zpětných zrcátek, který ovšem nese riziko tzv. mrtvého úhlu. Na obrázku 11 jsou znázorněny výhledy z pozice řidiče automobilu. (Vlk, 2003)

Mrtvý úhel, prostor neviditelný z perspektivy řidiče ani pomocí zpětných zrcátek, může představovat nebezpečí pro kolizní situace. Automobilový průmysl proto implementuje do svých vozidel systémy monitorující mrtvý úhel, které snižují riziko kolizí. Tyto systémy často využívají diodové signalizace, která upozorňuje řidiče na přítomnost vozidla v mrtvém úhlu. (Vlk, 2003)



Obrázek 11 - Výhled z vozidla (Bishe, 2012)

1 - Přímé pole skrze levé okno

2 - 70° levé periferní pole

3 - Přímé pole skrze pravé přední boční okno

4 - Přímé pole vpřed skrze čelní sklo

5 - 70° pravé periferní pole

S – vozidlo, ze kterého je znázorňován výhled

L1,2 – jsou vozidla, která řidič vidí v levém zpětném zrcátku

R1,2 – jsou vozidla, která řidič vidí v pravém zpětném zrcátku

F – vozidlo, které je vidět vnitřním zpětným zrcátkem

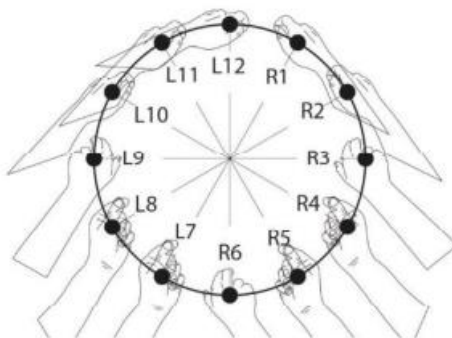
LMF – pole viděné levým zrcátkem

RMF – pole viděné pravým zrcátkem

IMF – pole viděné zpětným zrcátkem

3.2 Držení rukou na volantu

Tato diplomová práce se zabývá tím, jaké vybrat pozice rukou na volantu pro tento konkrétní test. Z dříve vytvořené studie byla zvolena jako nejlepší pozice pro testování pozici řízení oběma rukama, tak jak je udáváno nejvhodnější držení. Tato pozice je L9 + R3 je nejvhodnější pro řidiče z důvodu rovnoměrného rozložení sil na volant, čímž je svalstvo řidiče nejméně namáháno. Ve studii vyšlo u homogenní skupiny 100 lidí, že nejvíce drží volant na pozici L9, R3 a L7. Jednotlivá označení rukou na volantu je znázorněno pomocí obrázku 12. Jednalo se o skupinu 61 mužů a 39 žen. Ve snaze pro tuto práci byli vybrány pozice z horní a dolní poloviny volantu. Nejčtenější byla pozice R3. V této pozici řídí 54,2 % respondentů. Pozici L9 používá 43,6 % řidičů a ve spodní polovině vyšla jako nejčtenější pozice L7 s 14,9 %. Všichni respondenti prošli stejným testem ve stejném prostředí pro co nejlepší výsledky. Na základě této studie je zřejmé, že ženy řídí automobil oběma rukama ze 74 %, pouze levou rukou z 26 % a pouze pravou rukou z respondentek neřídila žádná žena. U mužů bylo prokázáno, že oběma rukama řídí 53 %, pouze levou rukou 41 % a pouze pravou rukou 6 % respondentů. Ze studie je patrné, že muži ovládají automobil ve zrelaxované pozici, což může mít za následek zdravotní komplikace. (Hruška, 2018)



Obrázek 12 - Rozložení pozic rukou na volantu (Hruška, 2018)

3.3 Predispozice lidí

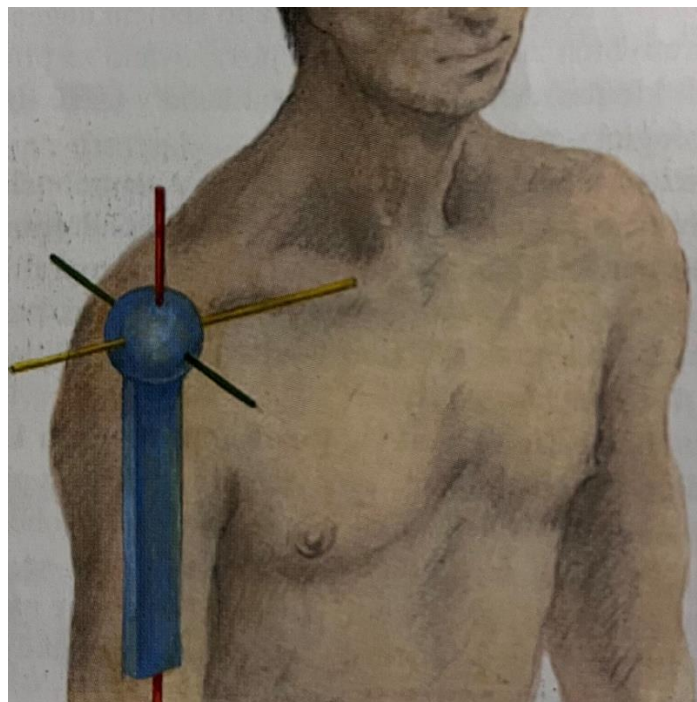
V rámci této diplomové práce je důležité zmínit, že jsou při řízení používány hlavně pohyby ramenního, loketního kloubu a kloubů zápěstí. Tyto tři pohybové aparáty byly nejvíce zapojeny při praktickém testování. Tato kapitola se bude věnovat kloubním pohybům. Hlavním faktorem, jak moc jsou klouby pohyblivé, je geometrický tvar styčných

ploch a rozmístění svalů v okolí kloubů. Základní poloha (obrázek 13) horní paže je paže visící podél těla s dlaní vpřed. Pohyby rukou na volantu při řízení jsou závislé na biomechanice, a také se jedná o komplexní pohyby, které vychází a skládají se z jednotlivých pohybů konkrétních kloubů. Všechny pohyby, které budou dále popsány, jsou předpokládány pro zdravého člověka. Schopnosti pro ovládnutí volantu jsou ovlivňovány celou řadou parametrů. Nejpodstatnějším parametrem, který ovlivňuje ovládnutí volantu při řízení je věk, pohlaví, celkový zdravotní stav, momentální fyzická kondice jedince, ale také například faktor toho, zda řidič aktuálně neužívá nějaké léky. (Čihák, 2011)

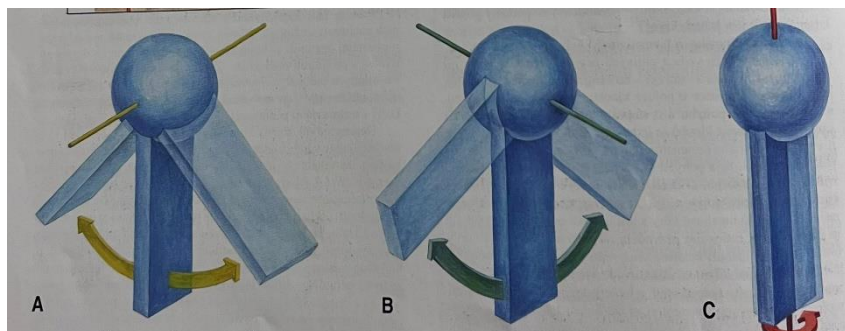
Hlavními pohyby jsou:

1. Flexe – ohnutí dopředu
2. Extense – natažení dozadu
3. Abdukce – odtažení stranou
4. Addukce – přitažení ke střední rovině
5. Rotace – otáčení kolem osy

Další pohyby jsou kombinací výše uvedených pohybů. Tři základní pohyby jsou znázorněny pomocí schématu na obrázku 14. (Čihák, 2011)



Obrázek 13 - Ramenní kloub v klidové poloze (Čihák, 2011)

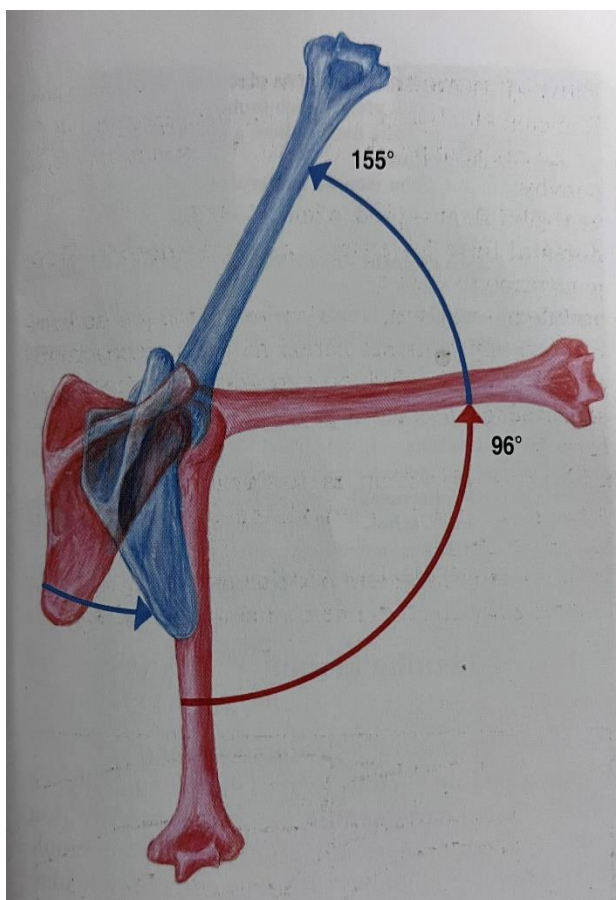


Obrázek 14 - Hlavní pohyby kulovitého kloubu (Čihák, 2011)

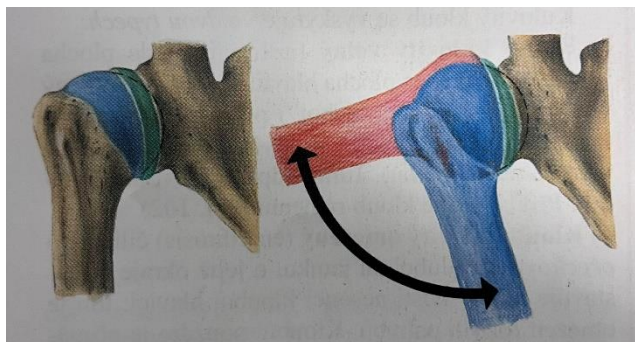
A – flexe s extensí; B – abdukce s addukcí; C – rotace

Pohyby ramenního kloubu

Ramenní je ze všech kloubů v lidském těle nejpohyblivějším aparátém. Na pohybech ramenního kloubu má vliv kompletní ramenní pletenec. Ramenní kloub vykonává vertikální flexi, což je předpažení do 80° , dorsální flexi známou také jako extense neboli zapažení. Dále je ramenní kloub schopen abdukce, která je možná pouze do 96° , aby bylo možné hýbat horní paží dále, je již zapotřebí vytočení lopatky. Díky vytočení lopatky je možné pohybovat horní končetinou až do úhlu 155° . Tyto pohyby jsou vyobrazeny pomocí schématu na obrázku 15. Addukce je jeden z dalších možných základních pohybů ramenního kloubu. Addukce je připažení. Při působení flexe a extense je možná i hyperaddukce, což umožňuje pohyb dále než je základní poloha. Posledním základním pohybem u ramenního kloubu je rotace, která probíhá kolem podélné osy a její rozsah je udáván 90° . Všechny tyto pohyby jsou pohyby základní a jsou vykonávány pouze ramenním kloubem. Všechny další pohyby, které je možné provádět horní paží je zapříčiněno zapojením lopatky. Lopatky vykonávají pohyb díky svalům, které jsou na lopatky upnuté. Jak již bylo uvedeno, tak ramenní kloub je nejpohyblivější v lidském těle a to díky velice mělké kloubní jamce, viz. obrázek 16. Na pohybu rukou na volantu a rotování volantem mají největší vliv svaly z ramenního pletence. (Čihák, 2011)



Obrázek 15 - Pohyby ramenního kloubu bez lopatky a s lopatkou (Čihák, 2011)

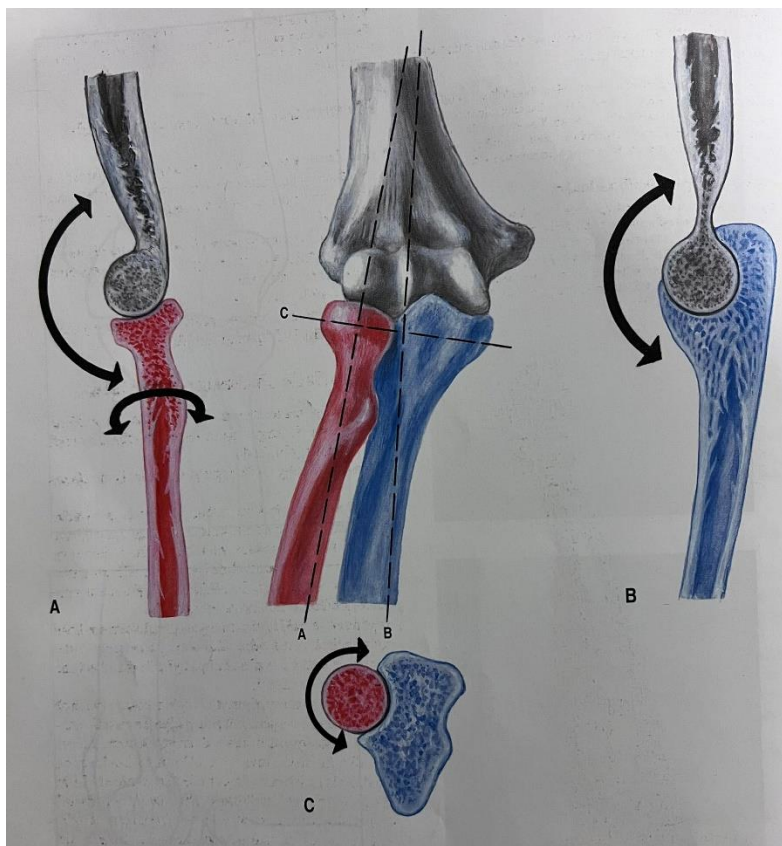


Obrázek 16 - Pohyby ramenního kloubu (Čihák, 2011)

Pohyby loketního kloubu

U loketního kloubu je udávána jako základní poloha extenze. Funkčnost loketního kloubu je možné rozdělit na válcový proximální kloub radioulnární a kladkový kloub humeroulnární. Flexe u loketního kloubu lze provádět v rozsahu 125-145°. Hranice flexe je také udávána svalovou hmotou, která na sebe doléhá. Extenze je u mužů menší než u žen.

Z důvodů, že hrot lokte mají muži větší a zpravidla mezi paží a předloktím při natažení je úhel 180° , ale u žen je tento úhel větší, protože mají menší hrot loktu a tím i větší rozsah pohybu. Otáčení rádia kolem dlouhé osy je jedním za dalších pohybů. Těmto pohybům se říká supinace a pronace. Celkovým rozsahem tohoto pohybu je udáván úhel zhruba 190° . Loketní kloub je znázorněn na obrázku 17 v různých řezech. (Čihák, 2011)

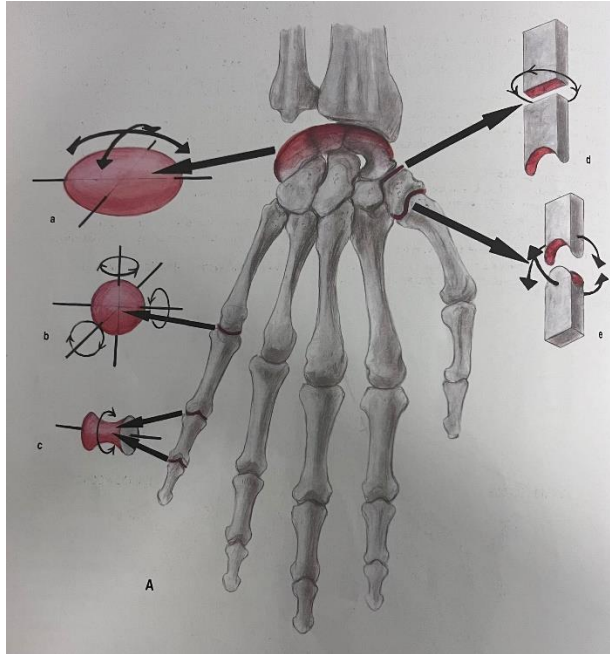


Obrázek 17 - Funkce loketního kloubu (Čihák, 2011)

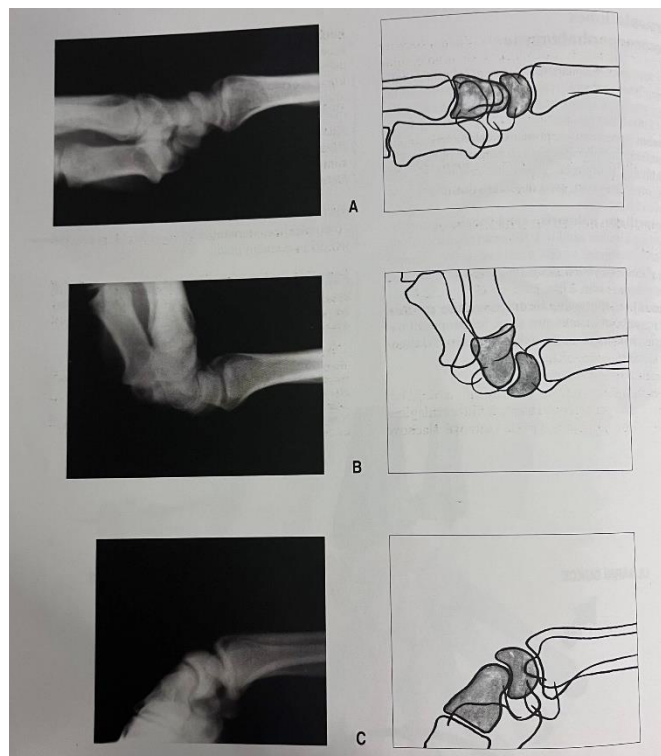
Funkce kloubů zápěstí

Zápěstí funguje na celé řadě kloubů a dohromady tvoří funkční celek. Pohybové možnosti zápěstí jsou schematicky zobrazeny na obrázku 18 a na obrázku 19 lze vidět rentgenové snímky zápěstí v různých polohách. Celkově v zápěstí dochází k základním pohybům celého zápěstí. Jedná se o pohyb palmární flexe a dorsální flexe. V těchto pohybech dokáže zápěstí pracovat v rozsahu $150-170^\circ$ s maximálním rozsahem pohybu na každou stranu 85° . Dalším pohybem je dukce, která umožňuje pohyb zápěstí do stran v rozsahu kolem 60° . Kombinace flexe a dukce umožňuje krouživý pohyb zápěstí. U zápěstí

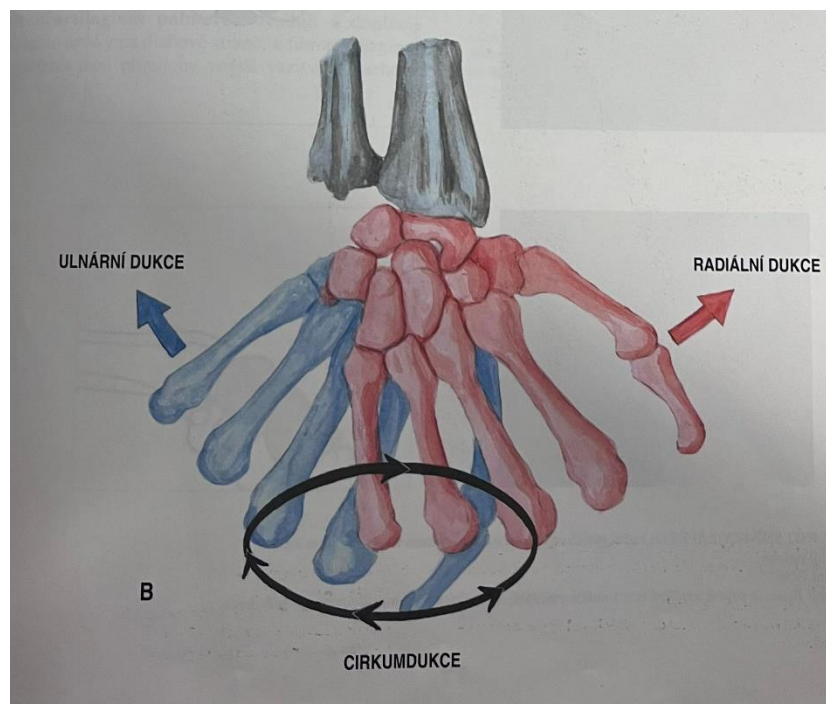
je možná abdukce a addukce pouze při natažených prstech. Jednotlivé dukce jsou k vidění na obrázku 20. (Čihák, 2011)



Obrázek 18 - Pohybové možnosti kloubů ruky (Čihák, 2011)



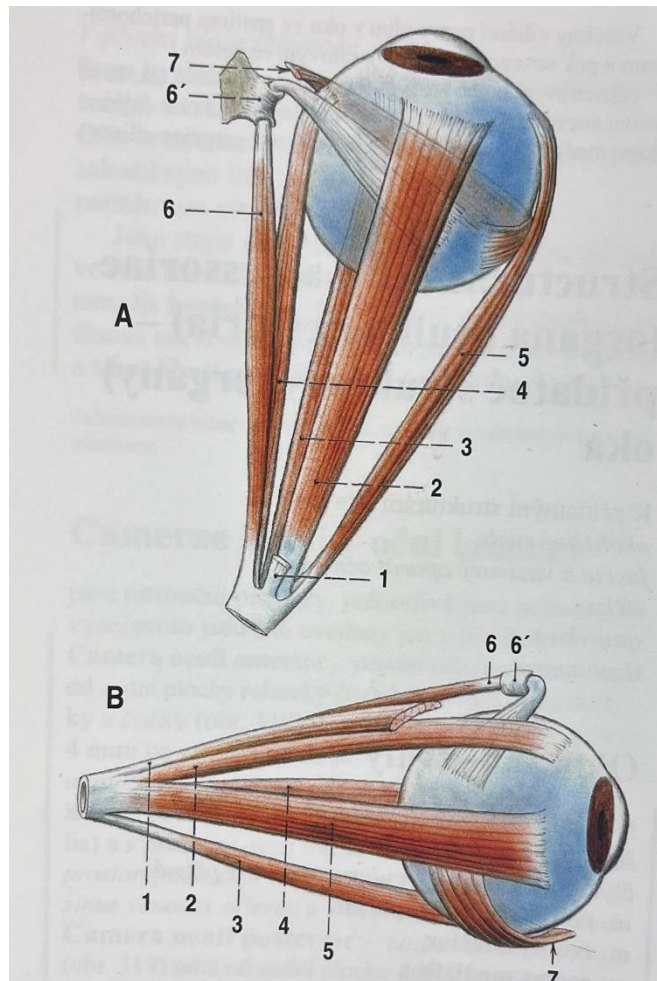
Obrázek 19 - RTG snímky zápěstí (Čihák, 2011)



Obrázek 20 - Pohyby zápěstí (Čihák, 2011)

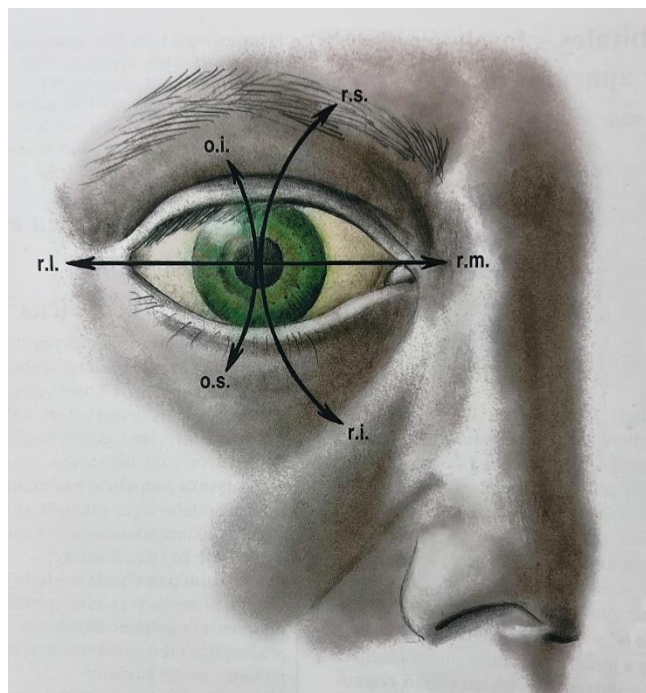
3.3.1 Zrakové ústrojí

Zrakové ústrojí umožňuje pohyb oka. Okohybné svaly (obrázek 21) se dělí do dvou skupin. První skupinou jsou svaly přímé a druhou skupinou jsou svaly nepřímé. Přímé svaly jsou čtyři a jsou upnuty na jedné šlaše. Jednotlivé svaly jsou rozmístěny v odlišných kvadrantech oka. Šikmé svaly mají opačný průběh a otáčejí bulbem proti směru úponu. Při kombinaci všech výše uvedených svalů se může oko pohybovat různými směry a rotovat, tyto směry jsou schematicky znázorněny na obrázku 22. U okohybných svalů může dojít k poruše s názvem diplopie. Diplopie je dvojitě vidění a je způsobováno narušením rovnováhy jednotlivých očních svalů a vychýlením os. Druhou nejčastější poruchou je supranukleární postižení, u kterého dochází k poruše sdružených svalů, což má za následek, že okem nelze pohybovat určitým směrem. (Čihák, 2016)



Obrázek 21 - Okohybné svaly (Čihák, 2016)

- 1) sval zdvihače horního víčka
- 2) sval přímý (bulbový) horní
- 3) sval přímý (bulbový) dolní
- 4) sval přímý střední
- 5) sval přímý boční
- 6) sval šikmý horní
- 6') trochlea (šlacha šikmého horního svalu)
- 7) sval šikmý dolní



Obrázek 22 - Směry tahu okoohybných svalů (Čihák, 2016)

r.s. - sval přímý horní

r.i. - sval přímý dolní

r.m. - sval přímý střední

r.l. - sval přímý boční

o.s. - sval šikmý horní

o.i. - sval šikmý dolní

3.3.2 Reakční schopnosti

Reakční schopnosti jsou jedním ze způsobů, jak lidé reagují na podněty a stimuly. Lidé reagují na nejrůznější signály jako například akustické, dotekové nebo vizuální. Jak rychle je člověk schopen reagovat na jednotlivé podněty je určeno rychlostí, kterou je nervová soustava schopna s pomocí mysli zpracovávat informace. Reakční doby se rozdělují pomocí stimulů, které jsou spjaty s různými reakcemi. U akustických signálů jsou reakce na podnět rychlejší než v případě vizuálních stimulů. (Lehnert, 2010)

Dále jsou rozlišovány jednoduché a komplexní reakce. Jednoduchá reakce zahrnuje pouze základní odpovědi na podněty, kdežto komplexní zpracovává více kognitivních procesů a trvá déle. Například pokud zazní klakson, tak se jedná o jednoduchou reakci. Pokud řidič řeší složitou dopravní situaci, tak se jedná o komplexní reakce a její vyhodnocení požaduje delší čas. (Henry, 2013)

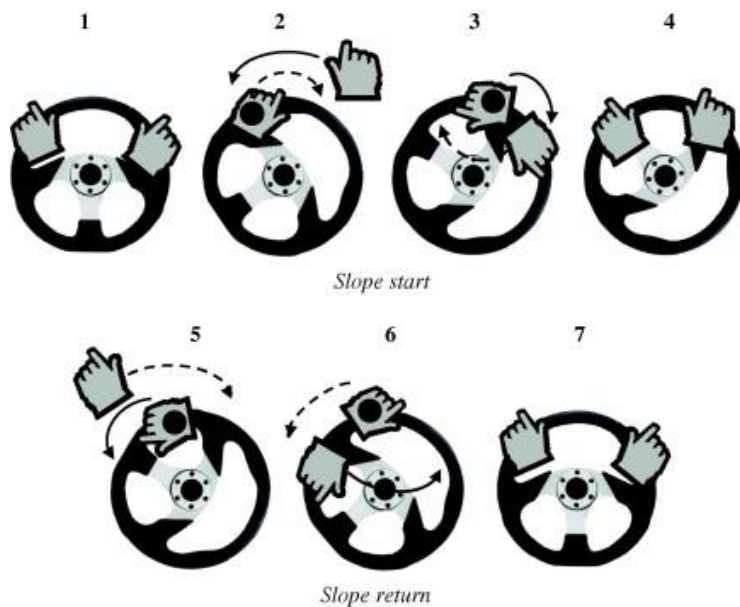
Faktory ovlivňující reakční schopnosti:

- **Stres:** Stres, který může být pozitivní i negativní. Pro jednotlivé úkony je optimální jiný stres. Stres vzniká při ztížení adaptace jedince. (Nakonečný, 2012)
- **Osobnost člověka:** Osobnost člověka určuje schopnost adaptace na odlišné druhy prostředí. (Vágnerová, 2007)
- **Intelligence:** Intelligence je také úzce spojená s reakčními schopnostmi. Dle výzkumu je dokázáno, že inteligentnější skupiny lidí jsou schopni rychleji reagovat. (Doebler, 2016)
- **Intenzita a typ stimulu:** Intenzita a typ stimulu určují a přímo ovlivňují reakční schopnosti. Při intenzivním stimulu je reakční doba kratší než při méně intenzivních stimulech. (Maanen, 2011)
- **Věk:** Věk patří k jednomu z nejpodstatnějších faktorů. Při stárnutí se snižují psychické i fyzické funkce, díky čemuž dochází k celkovému zpomalení. Hlavní příčinou zpomalení reakčních časů v závislosti na věku je pokles inteligence či problémy s nervovým systémem. (Commoradi, 2013; Bugg, 2006)
- **Pohlaví:** Je prokázáno, že rozdíl pohlaví také ovlivňuje reakční schopnosti. U mužů ve všech věkových kategoriích jsou reakční časy kratší oproti ženám. Dle výzkumu by měly rozdíly mezi ženami a muži v následujících letech zaniknout. (Silverman, 2006)
- **Fyzická kondice:** Je udáváno, že sportovci a lidé provádějící fyzické aktivity mají rychlejší reakční časy než lidé, kteří nevykonávají žádné fyzické aktivity. Je to zapříčiněno lepším fungováním nervového systému a prokrvení mozku. (Reigal, 2019)

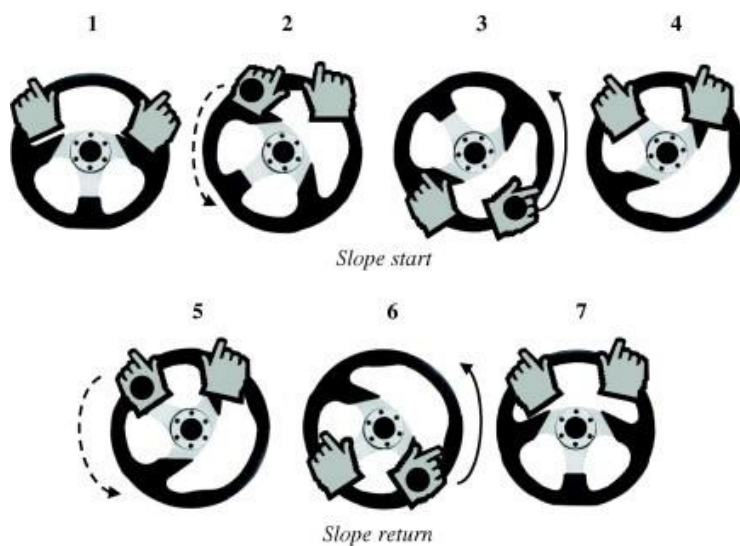
Výše zmíněný popis problematiky reakční doby řidiče je zcela klíčový v reálných podmínkách při řešení krizových situací. Pro účely této práce však byl aspekt tohoto parametru neutralizován, aby nedošlo k ovlivnění výsledků, klíčových pro naplnění cílů této práce.

Dosavadní studie na téma bezpečné držení volantu

Na téma, kterým se zabývá tato práce, již byly publikovány obdobné studie, které se ovšem nezabývaly řešením krizové situace v podobě tzv. losího testu. V návaznosti na studii, popisovanou v této práci je vhodné zmínit poznatky ze studie předešlé, nazvané *Steering wheel hand position in low-speed maneuvers* (Schiro, 2013). V rámci této studie bylo popsáno chování řidičů při nízkých rychlostech a hlavním cílem bylo zjištění, zda řidiči křížují během otáčení volantu ruce či nikoliv, křížení rukou na volantu zobrazuje obrázek 23. Bylo prokázáno, že 52 % respondentů při otáčení volantem použilo techniku překřížení rukou. Pouze 17 % respondentů nezkřížilo ruce a zbylých 31 % překřížilo ruce při otáčením volantu asymetricky. U 82 % respondentů došlo k překřížení alespoň jedné ruky. Jako správná metoda řízení při nízkých rychlostech je zde zmiňováno podávání volantu z ruky do ruky, tzv. ručkování. Tato metoda je znázorněna na obrázku 24. Jedním z výstupů této studie je zjištění, že při otáčením volantu je nebezpečné pokud řidič kříží ruce. Následky na zdraví řidiče to může mít hlavně, pokud by došlo k aktivaci airbagu. V moment, kdy se aktivuje airbag a horní končetina je v oblasti před airbagem může dojít k pohmoždění nebo zlomeninám. (Schiro, 2013)



Obrázek 23 - Křížení rukou na volantu při otáčení volantem (Schiro, 2013)



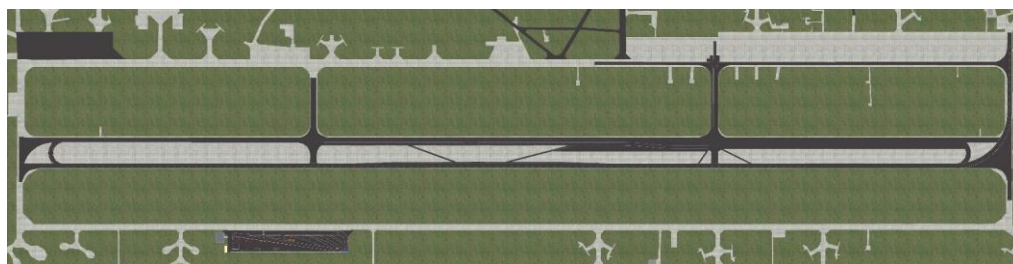
Obrázek 24 - Otáčení volantem z ruky do ruky (Schiro, 2013)

4 Měření polohy rukou na volantu v terénním testování

Kapitola měření polohy rukou na volantu v terénním testování obsahuje jednotlivé dílčí kroky, které bylo zapotřebí provést k úspěšnému testování a přípravě dat pro následnou analýzu dat získaných.

4.1 Přípravy testování

Pro testování bylo využito polygonu u Milovic (obrázek 25), jedná se o bývalé letiště Boží Dar. Pro testování bylo k dispozici vozidlo SUV značky Škoda Kodiaq s automatickou převodovkou. Při výběru respondentů bylo hlavním cílem získat co nejvyrovnanější poměr mužů a žen pro co nejlepší statistické výsledky. Zároveň byla snaha o co největší věkové rozpětí respondentů, aby bylo možné vyhodnotit všechny věkové kategorie.



Obrázek 25 - Schéma testovacího polygonu (Autor)

4.1.1 Dotazníky

Pro každého respondenta byl připraven dotazník se základními informacemi, aby bylo možné snazší vyhodnocování výsledků na základě věku, pohlaví, jak dlouho vlastní řidičský průkaz, zda se jedná o aktivního řidiče či nikoliv, jak stará vozidla nejčastěji řídí. Dále byli respondenti dotazováni na otázku, jak nejčastěji při řízení drží volant. Na přiloženém snímku v dotazníku měli zakroužkovat jejich konkrétní nejpoužívanější úchop volantu. Po samotném vykonání testu byli respondenti dotazováni, aby oznámkovali jednotlivé pozice rukou. Pozice hodnotili jako známkování ve škole, tedy 1 je jako nejlepší a 5 je bráno jako nejhorší pozice rukou.

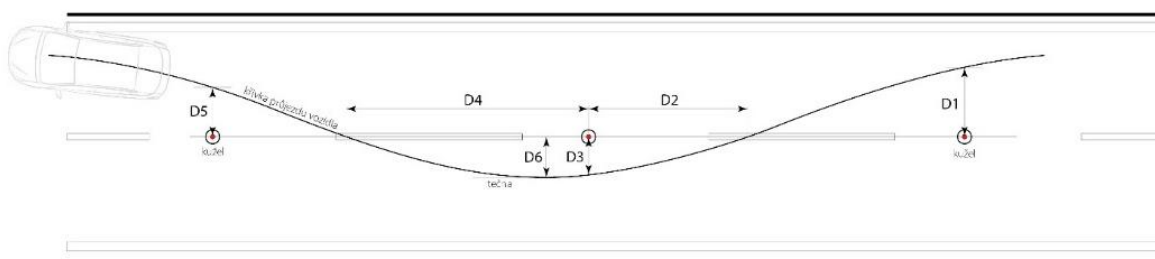
Popis testu

Cílem testu bylo simulovat situaci, kdy řidič daného vozidla jedoucí v obytné zóně předepsanou rychlostí 40 km/h a držící volant v předem definované pozici, čelí neočekávané překážce v podobě vběhnutí dítěte. Úkolem řidiče je provést manévr tak, aby nedošlo k ohrožení dítěte, chodců na obou chodnících a případně i protijedoucího vozidla.

Po vyplnění vstupního dotazníku byly každému respondentovi přiděleny eye-trackingové brýle, které měl nasazené po celou dobu testování. Po seřízení sedačky do subjektivně ideální polohy, byly každému respondentovi interpretovány všechny potřebné informace k provedení testu. Každý respondent si projel jednou cvičně trasu, aby se seznámil s průběhem testu. Testovány byly čtyři pozice držení volantu rukou, každá pozice byla testována dvakrát. Pozice držení volantu rukou byli vybírány podle předchozí studie (Hruška, 2018), zahrnující standardní pozice držení volantu oběma rukama tak, jak je udáváno v autoškolách, čili levá ruka na pozici L9 a pravá ruka na pozici R3, následovně bylo zvoleno třikrát jednoruké držení, a to v polohách L9, R3 a L7 (viz. Obrázek 12).

Test byl uskutečněn po vzoru tzv. losího testu (Saidl). Trasa byla vyznačená pomocí kuželů (obrázek 26). Mezi jednotlivými kužely byl nastaven rozestup 12 m. Jezdci začínali na stejné startovací čáře, kde jim byla nastavena stálá rychlost 40 km/h pomocí tempomatu. Rychlost byla nastavena na 40 km/h na základě předběžných ověřovacích testů a tato hodnota zároveň koresponduje s reálnou rychlostí, kterou se řidiči mohou pohybovat v obytné zóně. Řidič se rozjel směrem k překážce a začal provádět úhybný manévr po minutí prvního kuželu. V rámci úhybného manévru vjel do “protisměru”, tedy vlevo ze svého jízdního pruhu. Následně se snažil vrátit co nejrychleji a nejbezpečněji zpět do svého jízdního pruhu, a to ihned po minutí kuželové stěny sestavené ze 4 kuželů, která simulovala dítě ve vozovce. Řidič se měl vrátit do svého jízdního pruhu před posledním kuželem, aby se tak vyhnul možnému protijedoucímu vozidlu. Samotný test skončil projetím za poslední kužel vyznačující prostor testu a následovalo vrácení na začátek testu a jeho opakování.

Na polygonu byla silnice o šířce jízdního pruhu 3,25 m s přehledně vyznačenými krajnicemi i středovou přerušovanou linií. Startovací čára byla vyznačena dvěma kužely, mezi kterými jezdci startovali. Startovací čára byla zvolena dostatečně vzdálená od začátku testu, aby byl automobil schopen plynule dosáhnout rychlosti 40 km/h a držet se na této rychlosti za použití tempomatu. Plán trasy je znázorněn na obrázku 27.



Obrázek 26 - Trasa - losí test (Autor)

4.1.2 Testovací vozidlo

Pro testování byly vybrány vozy Škoda Kodiaq s naftovým motorem a pohonem všech kol (viz obrázek 27). V zájmu co nejstálějších podmínek pro všechny řidiče byla zvolena automatická převodovka. Ta zajistila identické prostředí pro všechny respondenty, kteří se tak mohli soustředit výhradně na samotný test bez nutnosti řazení. Tempomat v automobilu pak dohlížel na dodržování konstantní rychlosti během celého testu, čímž eliminoval variabilitu způsobenou individuálním stylem jízdy.



Obrázek 27 - Testovací vozidla (Autor)

4.1.3 Sběr dat a měřené parametry

Pro sběr dat z testování byl používán dron DJI (obrázek 28), který byl umístěn ve výšce 50 m nad losím testem, kde byl zaznamenáván průjezd každého respondenta v jednotlivých polohách rukou na volantu. Využívány byly také eye-trackingové brýle, které měli respondenti celou dobu testování na očích a tím tak byl zajištěn jejich pohled a reakce rukou na volantu při provádění daného manévru. Ve vozidle byla také nainstalována kamera, aby bylo možná pozorovat, jak se respondenti zachovají v krizové situaci. Před zahájením testu byl vyfocen každý respondent v jeho ideálně nastavené sedačce v pozici, jak drží volant nejčastěji při řízení. Fotka byla u všech respondentů prováděna ze stejné vzdálenosti ze stativu.



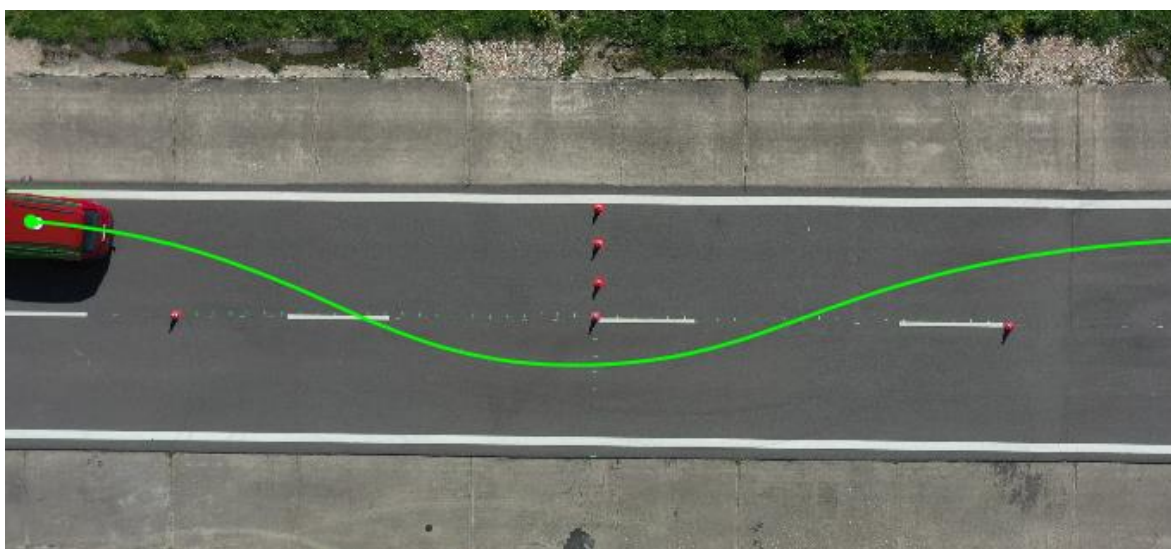
Obrázek 28 - Dron DJI (Autor)

Klíčovými daty pro vyhodnocení výše popsaného testu, byla vizuální data ve formě záběrů z dronu. Na střeše automobilu byla připevněna čísla shodná s pořadovými čísly respondentů, kteří byli v danou chvíli v automobilu. Čísla sloužila pro snadné rozpoznávání respondentů a nadále také pro snazší zpracování křivek trajektorie jednotlivých pokusů.

4.1.4 Zpracování dat

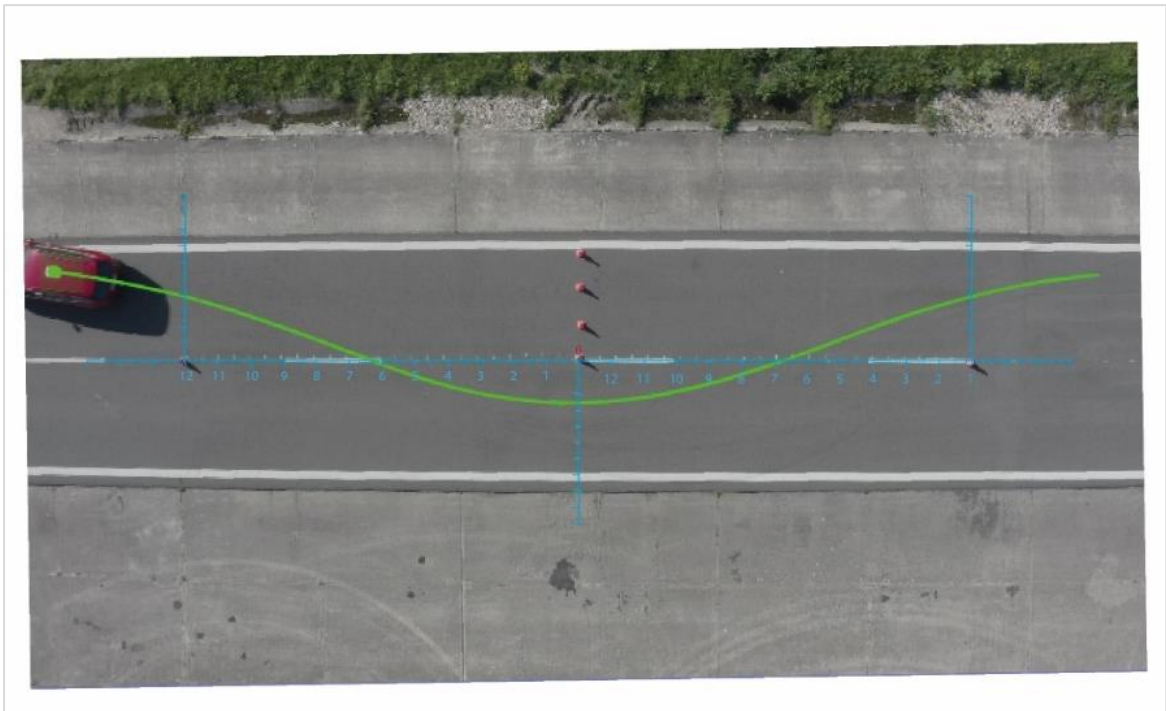
Videa získaná ze záběrů dronu byla zpracovávána pomocí dvou programů. Z prvního programu byla získána křivka samotné trajektorie a ve druhém bylo odečítáno potřebných hodnot pro statistickou analýzu.

Jako první program byl používán VSDC Video Editor. Nejprve bylo importováno konkrétní video z dronu do programu. Bylo zapotřebí zjistit, ve kterých konkrétních časech vozidlo projelo test. Nastavil se obraz tak, aby bylo vozidlo před prvním kuželem testu. Byla vytvořena trajektorie. Na obrazovce se ukázal červený bod, který byl zmenšen a přetáhl se nad vozidlo. Tento bod byl pomyslně připnut na vozidlo do středu střechy, aby všechna měření vycházela ze stejného referenčního bodu. Po umístění červeného bodu na správné místo byla spuštěna analýza. Po projetí testu byl vytvořen snímek obrazovky se zakreslenou trajektorií. Tento snímek obrazovky byl později využit v dalším programu na odečtení potřebných dat trajektorie. Tento postup byl opakován u každého projetí vozidla. Výsledek z programu VSDC Video Editor je vidět na obrázku 29.



Obrázek 29 - Výsledná trajektorie (Autor)

Jako druhým program pro zpracování dat byl využíván Adobe Illustrator. Po získání všech snímků obrazovky jednotlivých trajektorií bylo nutné v programu vytvořit měřítko, pomocí kterého byly následně odečítány jednotlivé vzdálenosti trajektorie od konkrétních kuželů. Měřítko bylo vytvořeno tak, aby odpovídalo skutečnosti. Jednotlivé snímky obrazovky byly pozičně synchronizovány podle tří kuželů v řadě, aby byl každý snímek ustaven stejně a odečítání hodnot od jednotlivých kuželů bylo co nejpřesnější. Na obrázku 30 je vidět měřítko se vzorkem, ze kterého byly odečítány hodnoty.



Obrázek 30 - Měřitko se vzorkem (Autor)

4.2 Optimální trajektorie průjezdu

Pro zodpovězení otázek, definovaných v úvodu této práce, je nutné využít analýzu optimální trajektorie vozidla. Celá testovací situace se snažila simulovat situaci jízdy osobního vozidla v obytné zóně po vozovce se dvěma jízdními pruhy ohraničenými chodníky pro chodce. Konkrétně bylo provedeno testování, které simulovalo situaci, kdy dojde k neočekávané překážce v jízdním pruhu, po kterém se vozidlo pohybuje, například vběhnutí dítěte nebo vznikne jiná neočekávaná překážka.

V rámci hodnocení jednotlivých trajektorií byly použity hodnoty D1 až D6 (viz. Obrázek 26), přičemž každá hodnota reprezentuje různé aspekty bezpečnosti a efektivity manévru. U hodnoty D1 byla zvažována minimální vzdálenost od překážky, což umožňuje rychlou reakci řidiče a minimalizuje riziko ohrožení překážky. Naopak u hodnoty D2 je preferována co nejdelší vzdálenost od překážky, což snižuje riziko srážky a zvyšuje bezpečnost všech účastníků dopravní situace.

Další hodnota, D3, zohledňuje situaci, kdy je vozidlo ve stejné rovině jako překážka. V ideálním případě by měla být vzdálenost od překážky co nejdelší, aby se minimalizovalo riziko srážky s neočekávanou překážkou, přičemž je třeba vzít v úvahu i přítomnost chodníku vedle vozovky.

Vyhodnocování vzdálenosti D4 je zaměřeno na co nejkratší cestu zpět do původního jízdního pruhu. Tímto se minimalizuje riziko srážky s protijedoucím vozidlem nebo cyklistou. Důležitá je i hodnota D5, která určuje nejbezpečnější návrat vozidla do původního pruhu, optimalizovaného pro minimalizaci rizika srážky. U vzdálenosti je považováno za optimální projetí střed jízdního pruhu, což je v tomto případě 1,625 m.

Nakonec je hodnocena vzdálenost D6, která udává nejvzdálenější bod od středové čáry vozovky. Tato hodnota se během testování příliš nelišila od hodnoty D3 a rozdíl mezi nimi je zanedbatelný. Celkově je cílem této analýzy identifikovat optimální trajektorii, která zajišťuje bezpečnost a efektivitu v obytných zónách se dvěma jízdními pruhy.

5 Výsledky

Ze získaných dat během terénního testování na polygonu byly zpracovány a provedeny analýzy. Tyto analýzy budou v následujících podkapitolách podrobně popsány a interpretovány. Na obrázku 26 je znázorněna graficky trasa, kterou respondenti absolvovali v rámci testování. Z tohoto obrázku budou vycházet všechny výsledky analýz v této kapitole.

5.1 Popisná statistika

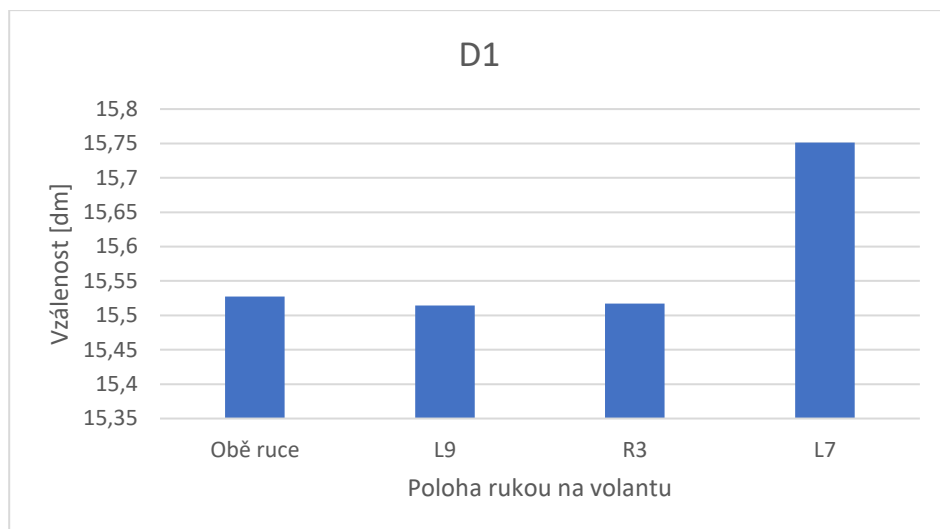
V podkapitole popisná statistika budou popsány základní informace o zpracovaných datech z testování. V tabulce 1 jsou uvedeny průměrné vzdálenosti k jednotlivým parametrům, které jsou vyobrazeny na obrázku 26. V tabulce 1 jsou shrnuty všechny polohy horních končetin na volantů a následně zpracovány graficky a popsány slovně.

Tabulka 1 - Průměrné hodnoty vzdáleností všech respondentů (Autor)

[dm]

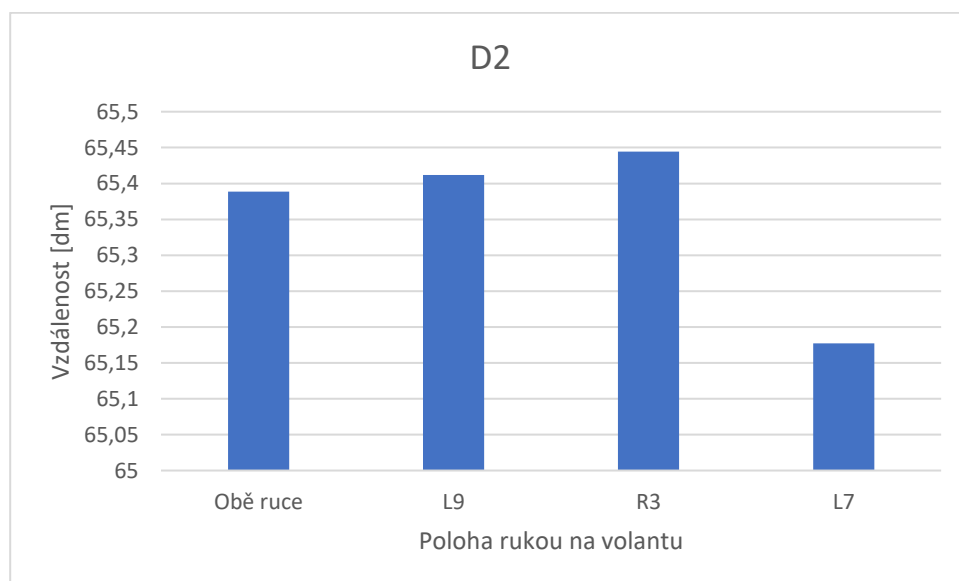
	Obě ruce	L9	R3	L7
D1	15,52753247	15,51454545	15,51714286	15,75124
D2	65,38857143	65,41194805	65,44441558	65,17711
D3	13,36493506	13,36493506	13,39090909	13,43532
D4	68,8012987	68,78831169	68,81688312	68,6592
D5	15,30831169	15,30831169	15,30831169	15,62786
D6	14,04545455	14,04285714	14,07012987	14,05473

Z grafu 1 je patrné, že pro hodnoty D1 vyšly nejlépe polohy oběma rukama, L9 a R3. Protože u vzdálenosti D1 byla požadována co nejkratší vzdálenost. U polohy L7 je viditelný rozdíl oproti ostatním polohám. Nejspíše je to způsobeno hlavně tím, že tato poloha ruky na volantů byla nejméně přirozená.



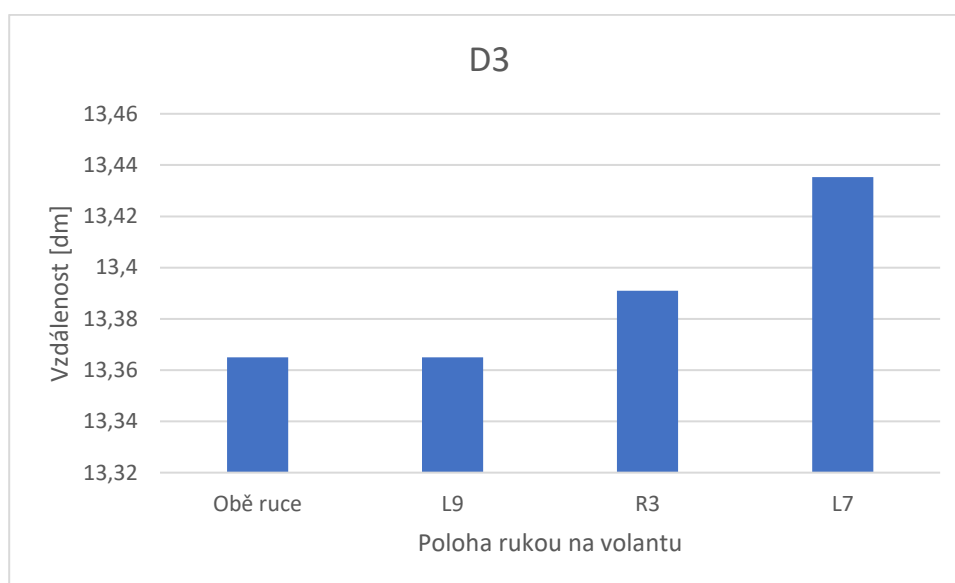
Graf 1 - Hodnoty vzdálenosti D1 (Autor)

Pro vzdálenost D2 jsou zaznamenány průměry všech respondentů v jednotlivých polohách rukou v grafu 2. U vzdálenosti D2 je považováno za nejlepší, co možná největší hodnota. Nejlépe vyšly hodnoty pro polohu R3, což vychází z faktu, že respondenti prováděli úhybný manévr v tento moment doleva a pravé ruce nic nebránilo v pohybu. Kdežto nejhůře vyšla hodnota pro polohu L7, což může být zapříčiněno tím, že řidiči překáželo v pohybu jeho vlastní tělo a loket se musel vyhýbat tělu a neměl volnou trajektorii pohybu.



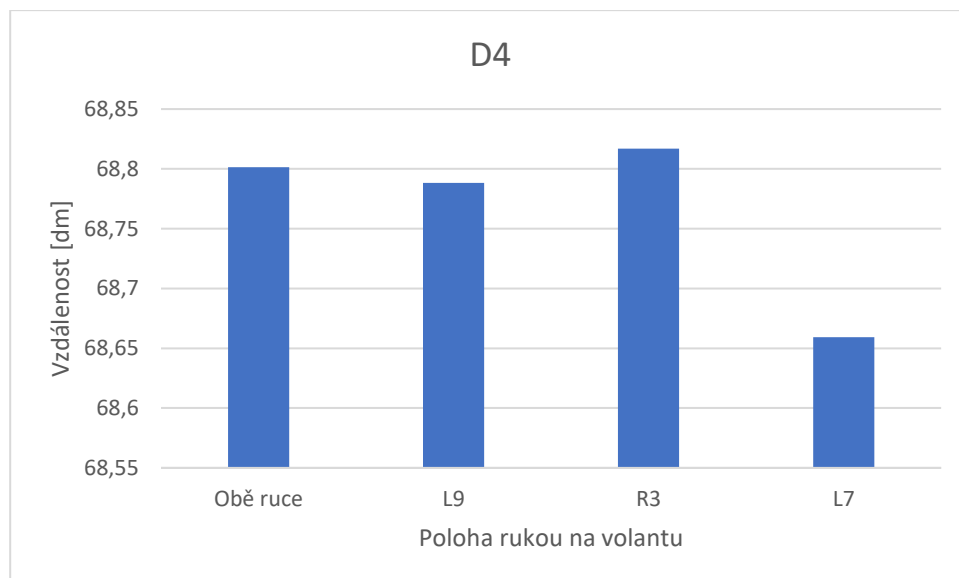
Graf 2 - Hodnoty vzdálenosti D2 (Autor)

V grafu 3 v rámci bezpečnosti vyšla jako nejideálnější poloha ruky L7. Zde nejspíše došlo k tomu, že řidiči měli s touto polohou ruky největší problémy a museli se na jízdu více soustředit a raději volili větší oblouk, aby nesrazili kužel. Sice hodnoty vyšly nejlépe pro polohu L7, ale přesto se lidé cítili nejméně pohodlně v této poloze na základě dotazování řidičů. Nejhorší výsledky jsem zaznamenal u poloh oběma rukama a polohy L9. Nejspíše to bude zapříčiněno tím, že řidiči již začali točit volantem zpět do jízdního pruhu, protože tyto polohy byly pro řidiče nejpřirozenější a byli si jisti v těchto polohách.



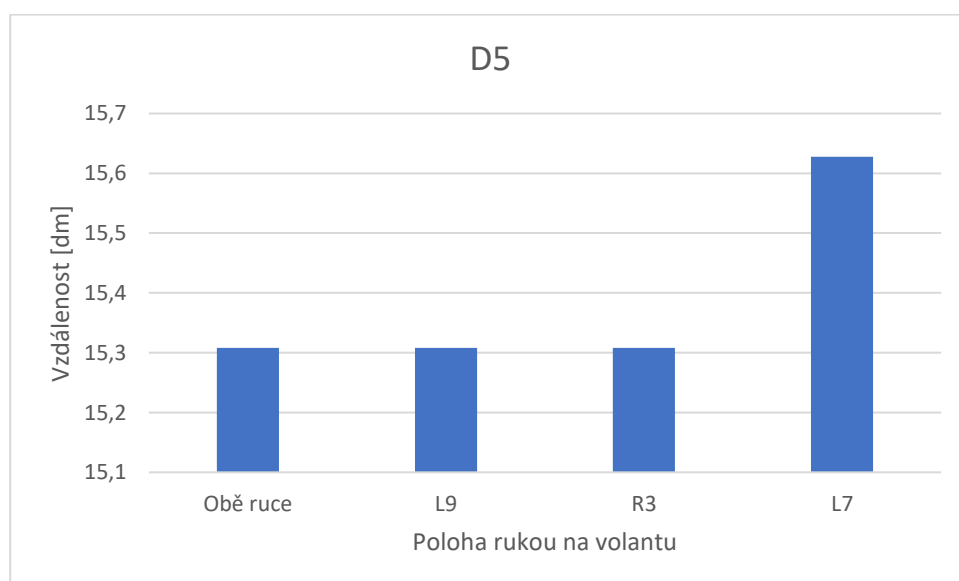
Graf 3 – Hodnoty vzdálenosti D3 (Autor)

Výsledky pro vzdálenost D4 vyšly v grafu 4 tak, že nejlepší vyšla poloha L7. Jako u hodnocení předchozího grafu je předpokládáno, že řidiči neměli dobrý odhad na situaci a snažili se co nejdříve vrátit do svého jízdního pruhu, protože hlavní pozornost věnovali právě poloze rukou. Kdežto jako nejhorší poloha vyšla R3, kdy to byl pro řidiče nejjednodušší pohyb v tomto konkrétním místě, a měli větší jistotu a nespěchali tolik s návratem do svého jízdního pruhu.



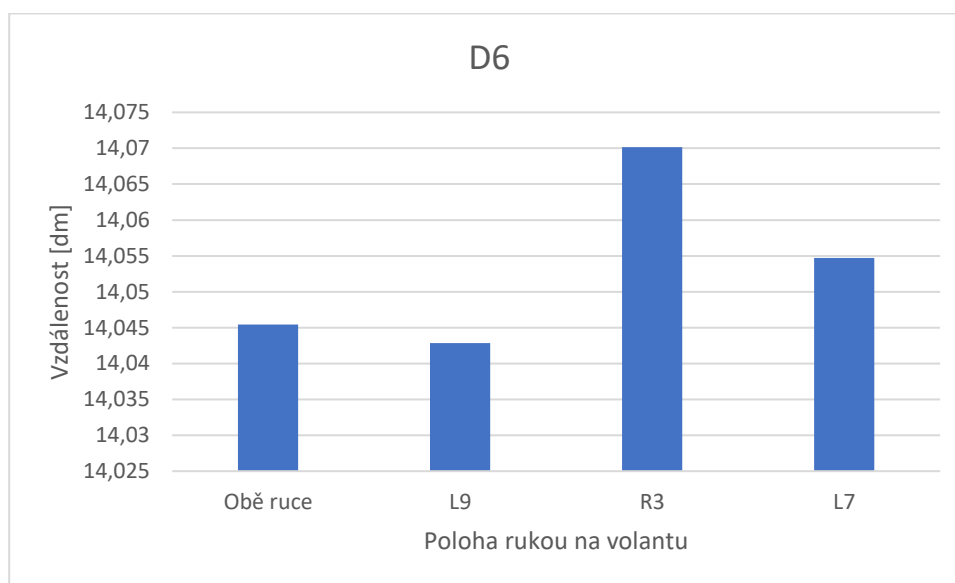
Graf 4 - Hodnoty vzdálenosti D4 (Autor)

U hodnot vzdáleností D5 byla určena ideální vzdálenost 1,625 m, která odpovídá středu pruhu. Odůvodnění této vzdálenosti je popsáno v podkapitole 4.2. Nejblíže této hodnotě se přibližovali průměrné hodnoty polohy L7. Zbylé hodnoty vyšly se stejným průměrem. Čili to odpovídá tomu, že řidičům vyhovovali více polohy oběma rukama, L9 a R3. Přesto, že vyšly výsledky v jejich neprospěch, tak to může být způsobeno tím, že v daných polohách se cítili jistěji. Data byla zpracována do grafu 5.



Graf 5 - Hodnoty vzdáleností D5 (Autor)

Průměrné hodnoty vzdáleností D6 vycházeli mírně vyšší než hodnoty D3. Tyto hodnoty značí tečnu k trajektorii a jsou vyobrazeny v grafu 6. Z těchto výsledků je patrné, že nejvyšší vychýlení od středové čáry měla většina řidičů v oblasti, kde se vyhýbali překážce, což bylo předpokládáno. Nejvyšší hodnoty vzdálenosti D6 bylo zaznamenáno u polohy rukou R3, přesto jsou tyto rozdíly zanedbatelné.



Graf 6 - Hodnoty vzdáleností D6 (Autor)

5.1.1 Hodnocení jednotlivých poloh rukou respondenty

Po dokončení testování byli jednotliví respondenti dotázáni, aby zhodnotili jednotlivé polohy rukou na volantu. Dotazování byli bezprostředně po odjetí posledního pokusu, aby co nejvěrohodněji dokázali ohodnotit dané polohy. V tabulce 2 jsou uvedené průměry známkování všech respondentů. Hodnocení probíhalo jako při školním známkování, kde známkou 1 hodnotili polohu rukou, která jim připadala jako nejvhodnější k manévrování. Známkou 5 hodnotili polohu rukou, která jim naopak přišla nejméně vhodná pro manévrování.

Tabulka 2 - Průměrné známky poloh rukou na volantu od respondentů (Autor)

[-]

Poloha rukou	Průměrná známka
Obě ruce	1,6
L9	2,0
R3	2,8
L7	3,5

Z tabulky 2 jasně vyplývá, že nevhodnější polohou byla pro respondenty poloha oběma rukama, kterou v průměru ohodnotili známkou 1,6. Jako druhou nejlepší vyšla poloha L9 se známkou 2,0. Třetí nejlepší zvolili polohu R3 s průměrným hodnocením 2,8. Nejhorší polohou byla zvolena poloha rukou L7 se známkou 3,5, což bylo předpokládáno.

5.2 Statistická analýza

V rámci analýzy získaných dat z testování byla provedena statistická analýza pro vyhledání a ověření statistických závislostí hodnot, prezentovaných v bodu 5.1. Získané hodnoty z testování byly rozděleny na první a druhé pokusy a na průměry obou pokusů. Byly vytvořeny tabulky absolutních průměrných hodnot, tyto získané hodnoty byly vyhodnocovány na základě předem stanovené optimální trasy z podkapitoly 4.2, kde byla optimální trasa podrobně popsána. Dále byly zpracovány směrodatné odchylky, pro jednotlivé pozice rukou na volantu při určitých vzdálenostech stanovených na základě obrázku 26. Výsledky byly zpracovávány pomocí párového t-testu, z něhož byla vytvořena tabulka absolutních odchylek rozdílů pozic rukou na volantu. Byla vytvořena také tabulka procentuální odchylky rozdílů vůči minimu a maximu, ale pro větší přehlednost a lepší srozumitelnost výsledků testování bude použita tabulka absolutní odchylky rozdílů pozic rukou.

5.2.1 Absolutní průměrné hodnoty

V tabulce 3 jsou zaznamenány absolutní průměrné hodnoty. Měřeno bylo šest hodnot, ale do závěrečného hodnocení byly vybrány čtyři hodnoty, protože zbylé dvě byly zanedbatelné. Vyloučeny byly hodnoty D1 a D6. Hodnota D1 je zanedbána z důvodu

stejného nájezdu do testu všech respondentů a hodnota D6, protože se tato hodnota liší pouze minimálně od hodnoty D3. Hodnota D3 je považována za zásadnější hodnotu v tomto testu. V tabulce 3 jsou barevně zvýrazněny hodnoty, kde je patrné, že výsledky se zeleným označením jsou považovány za nejlepší pro danou vzdálenost a červené jsou naopak výsledky nejhorší.

Tabulka 3 - Absolutní průměrné hodnoty (Autor)

[cm]

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1 (obě)	157	648	131	712	147	138
2 (L9)	155	663	134	664	153	141
3 (R3)	157	664	137	701	154	145
4 (L7)	152	641	131	676	159	137

Vyhodnocení jednotlivých pozic polohy rukou vycházelo z absolutních průměrných hodnot dle hodnotící metody pomocí vážených bodů, kde nejlepší pozice získala 1 bod a nejhorší 4 body. Vzdálenost D1 a D6 byli voleny s váhou 1, protože význam těchto vzdáleností je zanedbatelný. Vzdálenosti D2 a D3 byli hodnoceny váhou 3, protože jsou v rámci tohoto testování nejzásadnější z hlediska bezpečnosti. Pro vzdálenosti D4 a D5 byla zvolena váha 2, vzhledem k posuzování bezpečnosti nejsou tak podstatné jako vzdálenosti D2 a D3. Po součtu jednotlivých vzdáleností byl určen celkový součet bodů pro určité pozice. Pořadí, které určuje nejlepší pozici, bylo stanoveno tak, že mělo nejnižší součet bodů. Tabulka 4 znázorňuje bodové ohodnocení a výsledné pořadí. Z tabulky 4 vychází jako nejlepší pozice rukou na volantu pozice R3 se 16 body. Jako nejhorší vyšla pozice oběma rukama, která získala 34 bodů.

Tabulka 4 - Hodnocení pozic rukou pro průměrné hodnoty (Autor)

[-]

	D2	D3	D4	D5	Body	Pořadí
1 (obě)	9	9	8	8	34	4.
2 (L9)	6	6	2	6	20	2.
3 (R3)	3	3	6	4	16	1.
4 (L7)	12	9	4	2	27	3.

5.2.2 Směrodatná odchylka průměrných pokusů

Směrodatná odchylka určuje rozptyl hodnot určitého souboru dat. Udává, jak moc jsou hodnoty rozptýleny okolo průměrné hodnoty. Čím jsou hodnoty směrodatné odchylky vyšší, tím jsou hodnoty souboru dat více odchýleny od průměru. Nižší hodnota rozptylu udává menší rozptyl daných hodnot. V tabulce 5 jsou vypočteny směrodatné odchylky ze získaných dat testování.

Tabulka 5 - Směrodatné odchylky (Autor)

[dm]

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1 (obě)	1,8	6,6	1,9	9,9	4,4	2,0
2 (L9)	1,9	7,3	2,3	7,3	1,9	2,3
3 (R3)	1,9	6,4	2,2	10,0	4,7	2,2
4 (L7)	1,9	7,1	2,6	9,7	2,7	2,5

V tabulce 6 jsou zpracovány pomocí bodového ohodnocení (stejně jako v případě tabulky 4) jednotlivé pozice rukou v závislosti na velikosti směrodatných odchylek. Z tabulky vyplývá, že nejmenší směrodatné odchylky byly u pozice oběma rukama a naopak nejvyšší odchylky u pozice L7.

Tabulka 6 - Hodnocení směrodatných odchylek (Autor)

[-]

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Body	Pořadí
1 (obě)	1	6	3	6	6	1	23	1.
2 (L9)	2	12	6	2	2	3	27	2.
3 (R3)	2	3	9	8	4	2	28	3.
4 (L7)	2	9	12	4	8	4	39	4.

5.2.3 Statistické výsledky párových t-testů průměrných pokusů

Párový t-test je statistická metoda, která byla využita pro zpracování dat v této práci. Tato metoda porovnává průměrné hodnoty dvou propojených skupin nezávislých pozorování. Hlavním cílem této metody je zjištění, zda mezi dvěma konkrétními měřeními existuje statistická závislost na 95 %. Pakliže je mezi jednotlivými daty statistická závislost,

musí být výsledná hodnota párového t-testu menší než 0,05. V tabulce 7 jsou vyobrazeny výsledky párového t-testu. (Anděl, 1978)

Tabulka 7 - Statistické výsledky párových t-testů (Autor)

[-]

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1-2	0,379	0,073	0,250	0,001	0,392	0,270
1-3	0,930	0,032	0,036	0,513	0,475	0,027
1-4	0,060	0,480	0,904	0,018	0,077	0,730
2-3	0,435	0,836	0,128	0,001	0,851	0,106
2-4	0,142	0,004	0,142	0,332	0,079	0,079
3-4	0,053	0,013	0,031	0,083	0,486	0,015

T-test porovnává jednotlivé pozice mezi sebou v jednotlivých vzdálenostech vyplývajících z obrázku 32. Z tabulky 7 je zřejmé, že pomocí párového t-testu bylo nalezeno 10 statistických závislostí. Tyto hodnoty jsou v tabulce zvýrazněny zelenou výplní dané buňky. Tato tabulka byla vytvořena tak, aby zezelenala buňka, pokud bude hodnota buňky menší než 0,05. Tím, že dojde ke splnění této podmínky, tak se potvrdí statistická závislost na 95 %. Tabulka 8 vyjadřuje absolutní odchylky rozdílů pozic rukou, kde tato tabulka vychází z tabulky 7. V tabulce 8 jsou doplněny pouze hodnoty v těch buňkách, u kterých byla nalezena statistická závislost.

Tabulka 8 - Absolutní odchylky rozdílů pozic rukou na volantě (Autor)

[cm]

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1-2				-49		
1-3		16	6			6
1-4				-37		
2-3				38		
2-4		-22				
3-4		-24	-6			-7

5.3 Porovnání prvních a druhých pokusů

Z vytvořených tabulek 9 až 12 jednotlivých pokusů je zřejmé, že u prvních pokusů byly respondenty zaznamenány horší výsledky průjezdů losího testu než v případě druhých pokusů. U druhých pokusů vyšly výsledky t-testu mnohem lépe než u prvních pokusů. V případě druhých pokusů vyšlo, že u statistické závislosti bylo nalezeno o 9 více závislostí. Metodika vyhodnocování tabulek je stejná jako v předchozích případech.

Tabulka 9 – Absolutní hodnoty prvního pokusu (Autor)

[dm]

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1 (obě)	15,6	64,9	13,2	73,1	14,0	13,9
2 (L9)	15,6	66,0	13,4	66,9	15,1	14,1
3 (R3)	15,9	66,0	13,9	69,6	16,2	14,6
4 (L7)	15,1	65,4	13,6	68,9	15,9	14,2

Tabulka 10 - T-test prvního pokusu (Autor)

[-]

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1-2	0,888	0,382	0,571	0,002	0,040	0,677
1-3	0,354	0,294	0,068	0,142	0,096	0,096
1-4	0,317	0,770	0,382	0,054	0,001	0,531
2-3	0,388	0,982	0,070	0,143	0,353	0,079
2-4	0,056	0,538	0,607	0,160	0,065	0,729
3-4	0,022	0,601	0,453	0,754	0,801	0,329

Tabulka 11 - Absolutní hodnoty druhého pokusu (Autor)

[dm]

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1 (obě)	15,8	64,7	13,1	69,4	15,5	13,7
2 (L9)	15,3	66,6	13,5	65,8	15,4	14,2
3 (R3)	15,4	66,8	13,6	70,7	14,5	14,3
4 (L7)	15,0	61,5	12,4	64,8	15,5	13,0

Tabulka 12 - T-test druhých pokusů (Autor)

[-]

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1-2	0,047	0,048	0,274	0,087	0,954	0,233
1-3	0,218	0,045	0,213	0,502	0,379	0,147
1-4	0,039	0,078	0,132	0,053	0,993	0,124
2-3	0,729	0,805	0,767	0,002	0,031	0,672
2-4	0,393	0,005	0,006	0,538	0,926	0,004
3-4	0,263	0,007	0,009	0,006	0,079	0,005

Bylo provedeno vyhodnocení jednotlivých pozic rukou na volant, stejně jak bylo již popsáno v podkapitole 5.2.1. V tabulce 13 jsou vyhodnoceny první pokusy pozic. Na základě tohoto vyhodnocení vyšly nejlépe pozice R3 a L9 a shodně na druhém místě pozice oběma rukama a L7.

Tabulka 13 - Vyhodnocení prvních pokusů (Autor)

[-]

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Body	Pořadí
1 (obě)	4	9	9	6	2	3	33	2.
2 (L9)	2	6	6	4	4	2	24	1.
3 (R3)	3	3	3	8	6	1	24	1.
4 (L7)	1	12	12	2	2	4	33	2.

V tabulce 14 jsou uvedeny výsledky druhých pokusů pozic rukou na volant. Z této tabulky je patrné, že nejlepších výsledků bylo dosaženo v případě pozice L9 a nejhorších opět u pozice oběma rukama.

Tabulka 14 - Vyhodnocení druhých pokusů (Autor)

[-]

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Body	Pořadí
1 (obě)	2	9	12	8	8	4	43	4.
2 (L9)	2	3	9	2	6	3	25	3.
3 (R3)	3	3	3	6	2	1	18	1.
4 (L7)	1	6	6	4	4	2	23	2.

5.4 Statistické výsledky sociodemografických údajů

Na základě sociodemografických údajů respondentů získaných pomocí dotazníků byla provedena statistická analýza. Nejprve byla řešena statistická významnost vztahu mezi pohlavím a schopností projet test. Statistická významnost byla zkoumána pomocí T-testu a na základě výsledků z uvedených dat lze konstatovat, že nebyla nalezena žádná významná závislost, s výjimkou polohy R3 a L7, u kterých je patrné, že se ženy vracejí do svého jízdního pruhu pomaleji než muži. V absolutních číslech bylo dokázáno, že se ženy vracejí pomaleji i u dalších pozic rukou na volantu, ale statisticky významná závislost byla prokázána pouze v případě vzdáleností D4 u pozic R3 a L7.

Vztah mezi věkem a výsledky losího testu a mezi délkou vlastnictví řidičského průkazu a výsledky losího testu byly otestovány pomocí F-testu. F-test je používán pro porovnávání rozptylů mezi skupinami dat. Má za účel zjistit, zda jsou rozptyly různé nebo podobné. Porovnává se poměr rozdílů rozptylu mezi vnitřními skupinami rozptylu. Pokud je poměr vyšší než kritická hodnota, tak se jedná o statistický významný údaj. (Anděl, 1978) Na základě získaných statistických výsledků lze konstatovat, že nebyla prokázána žádná statisticky významná závislost.

5.5 Výsledky měkkých dat

Po provedení testu byli respondenti požádáni o ohodnocení jednotlivých pozic rukou jako ve škole na škále od 1 do 5. Pro statistické vyhodnocení byl využit T-test na základě kterého byla zjištěna statistická významnost v případě všech kombinovaných hodnocení. Tabulka 15 shrnuje výsledky a interpretuje statistické závislosti mezi hodnocenými pozicemi.

Tabulka 15 - T-test známkování pozic (Autor)

[-]

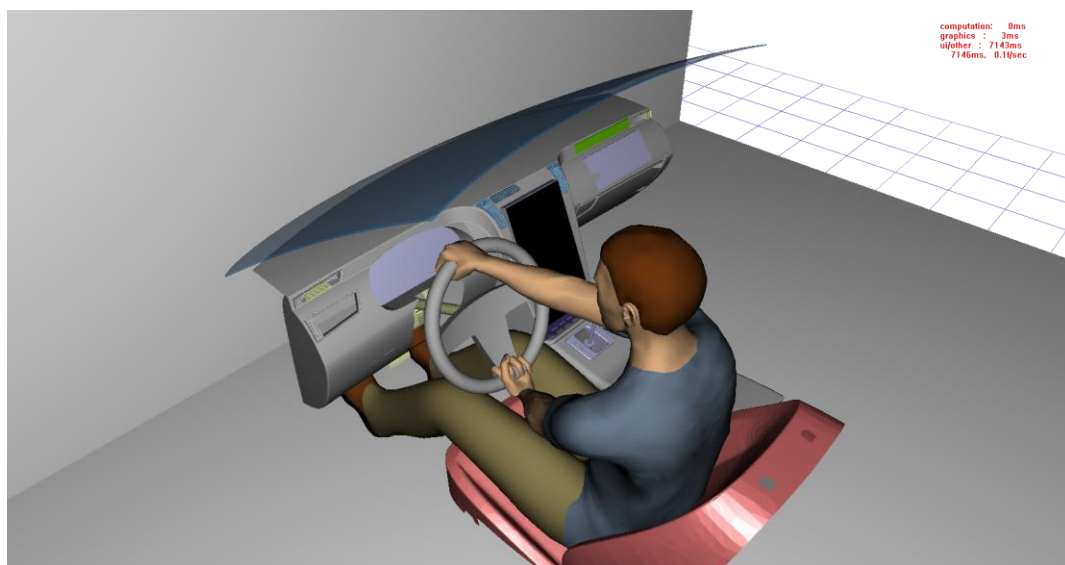
	Obě ruce	L9	R3	L7
Obě ruce	-			
L9	0,027203915	-		
R3	5,86808E-08	0,00052389	-	
L7	2,48078E-11	1,34449E-10	0,002804118	-

5.6 Poloha rukou na volantu v Tecnomatix Jack

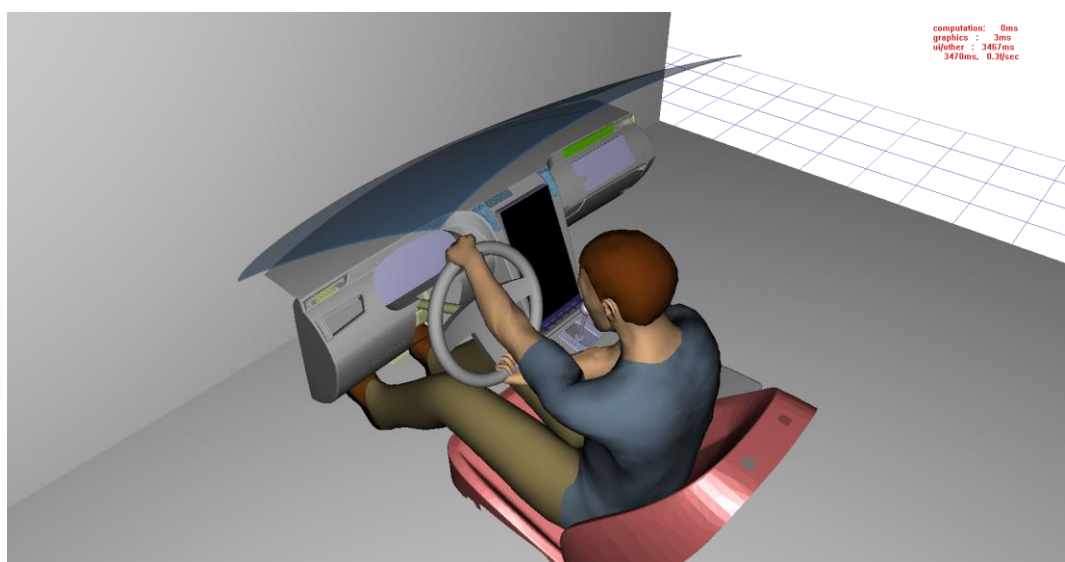
Součástí praktické části bylo posouzení polohy rukou na volantu v extrémních polohách při úhybných manévrech. Jednalo se o ergonomickou analýzu na virtuálním průměrném člověku v programu Tecnomatix Jack. V této podkapitole jsou vyobrazeny situace pro jednotlivé polohy rukou, kterými se tato práce zabývala. Každá poloha je zobrazena tak, že jsou ruce na volantu umístěny při poloze největšího úhlu natočení volantu, které bylo zapotřebí pro vyhnutí se překážce a při poloze největšího úhlu natočení k návratu do původního jízdního pruhu. Byla provedena analýza ergonomie podle metodiky Krist a vyhodnocení pomocí grafů, které ukazují vyhodnocení komfort řidiče v konkrétní poloze. Ve vyhodnocování komfortu řidiče je nejpodstatnější pro tuto práci komfort horních končetin. Snímky komfortu řidiče jsou vyhodnocovány podle logiky čím menší hodnota, tím komfortnější pozice pro řidiče. V rámci těchto simulací byla zanedbávána ergonomie úchopu zápěstím a byla vyhodnocována biomechanika celých horních končetin. Toto teoretické zhodnocení může napomoci dalším pochopení zkoumané problematiky, zejména s ohledem na vztah mezi exaktními, naměřenými údaji a dotazníkovým šetřením.

5.6.1 Pozice rukou na volantu oběma rukama

Na obrázku 31 je nasimulován virtuální člověk v poloze s oběma rukama na volantu v úhlu natočení, který je zapotřebí k bezpečnému vyhnutí se překážce. Dále je na obrázku 32 simulace představující člověka s rukama na volantu při úhlu natočení volantu, který je zapotřebí k bezpečnému návratu do původního jízdního pruhu. Tabulka 16 shrnuje hodnoty, které byly získány z programu Tecnomatix Jack. Z těchto hodnot byl vyhodnocen komfort řidiče v dané pozici. Na obrázku 33 je vyhodnocení komfortu pro polohu, která je zapotřebí k vyhnutí se překážce a obrázek 34 vyhodnocuje komfort řidič při úhlu natočení potřebného pro návrat do původního jízdního pruhu.



Obrázek 31 - Obě ruce na volantu při vyhýbání se překážce (Autor)



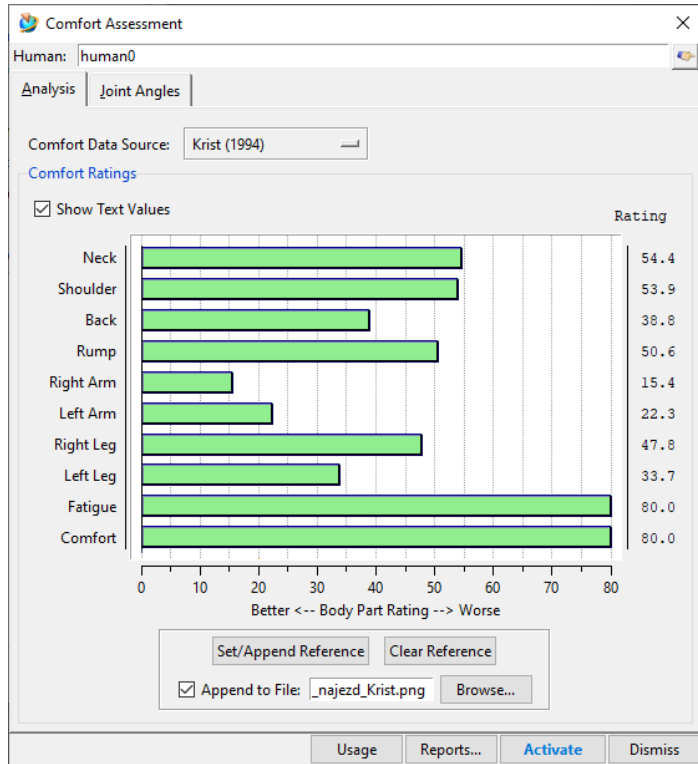
Obrázek 32 - Obě ruce na volantu při návratu do původního jízdního pruhu (Autor)

Tabulka 16 - Hodnoty z Tecnomatix Jack pro obě ruce (Autor)

	Obě ruce - Pravá (Zahájení)	Obě ruce - Levá (Zahájení)	Obě ruce - Pravá (Vyjetí)	Obě ruce - Levá (Vyjetí)
Ohnutí paže [°]	75,4	27,7	23,2	75,7
Výšková poloha paže [mm]	-56,1	-19,6	-11,3	-49,7
Rotace paže [°]	-60	-60	-60	-60
Poloha lokte [mm]	162,5	160,8	144,1	157,7
Otočení předloktí [°]	8,7	185,9	193	15,6
Úhel zápěstí [°]	-1,9	49,5	-17,3	-10,9



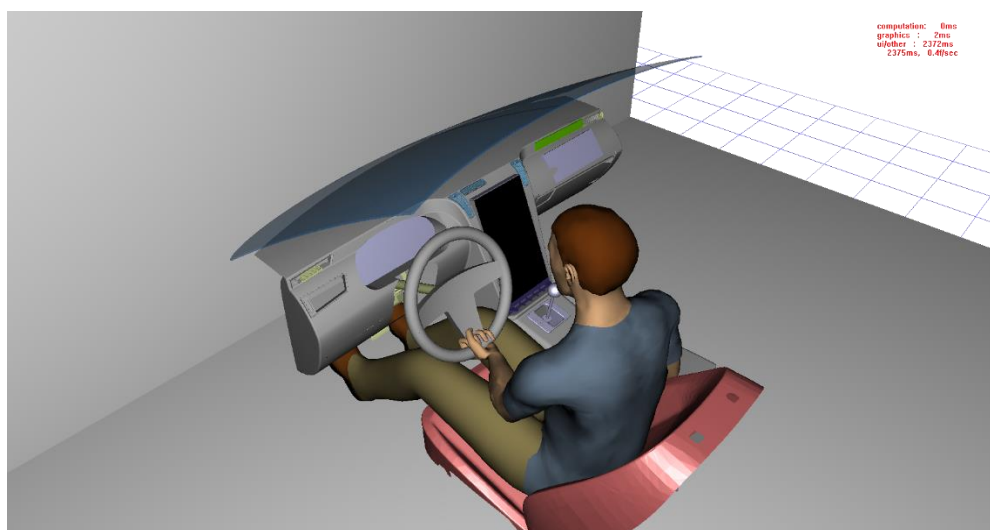
Obrázek 33 - Komfort řidiče při vyhýbání oběma rukama (Autor)



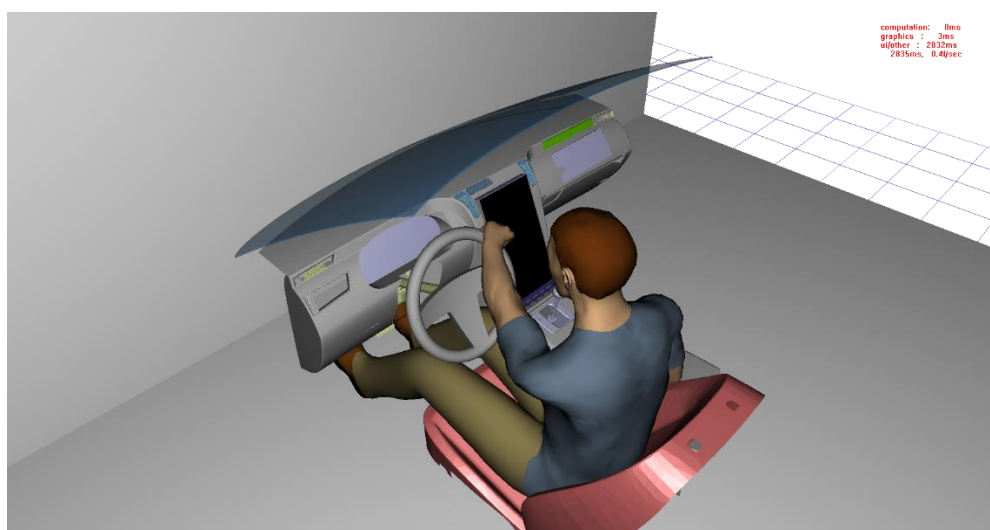
Obrázek 34 - Komfort řidiče při návratu oběma rukama (Autor)

5.6.2 Pozice rukou na volantu L9

Pozice rukou na volantu L9 byla vyhodnocena analogicky jako pozice oběma rukama. Obrázky 35 a 36 zobrazují pozice rukou řidiče na volantu L9 během manévru vyhýbání se překážce a následného návratu do původního jízdního pruhu. Výsledné hodnoty jsou v tabulce 17 vygenerované z Tecnomatix Jack. V této tabulce jsou shrnuty hodnoty pro levou ruku, jelikož pravá ruka byla v klidové pozici na dolní končetině. Obrázky 37 a 38 slouží k ilustraci komfortu řidiče v dané pozici.



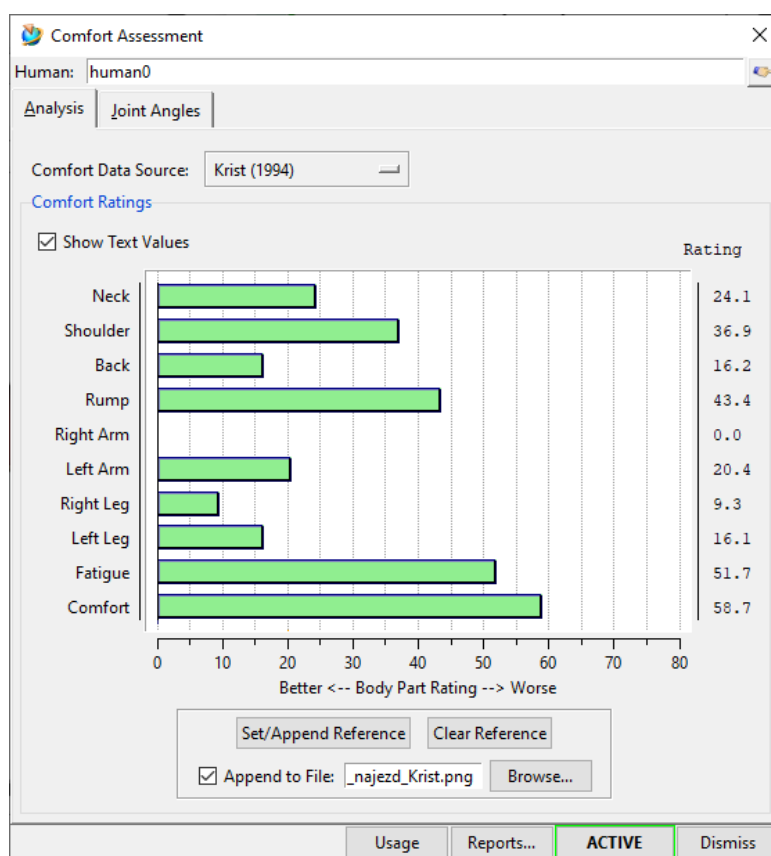
Obrázek 35 - Pozice L9 při vyhýbání se překážce (Autor)



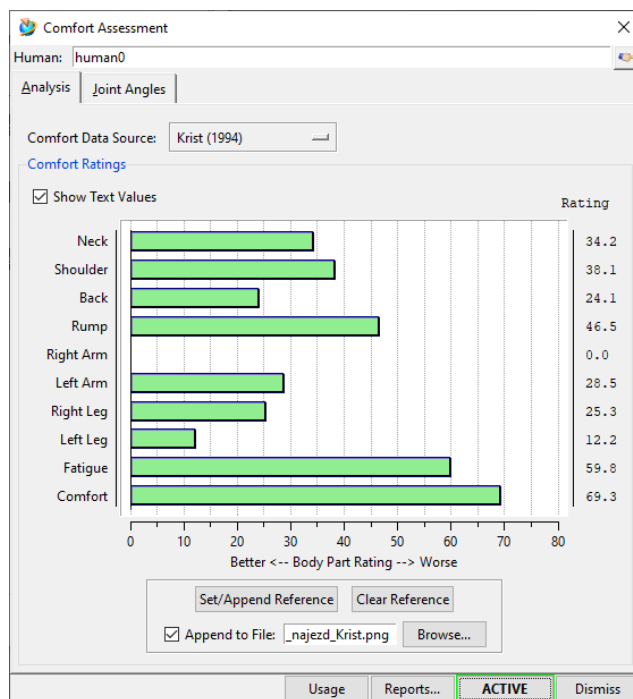
Obrázek 36 - Pozice L9 při návratu do původního jízdního pruhu (Autor)

Tabulka 17 - Hodnoty z Tecnomatix Jack pro L9 (Autor)

	L9 - záhájení	L9 - výjezd
Ohnutí paže [°]	18,3	75,7
Výšková poloha paže [mm]	-5,4	-49,7
Rotace paže [°]	-19,2	-60
Poloha lokte [mm]	123,7	157,7
Otočení předloktí [°]	193	15,6
Úhel zápěstí [°]	-0,5	-10,9



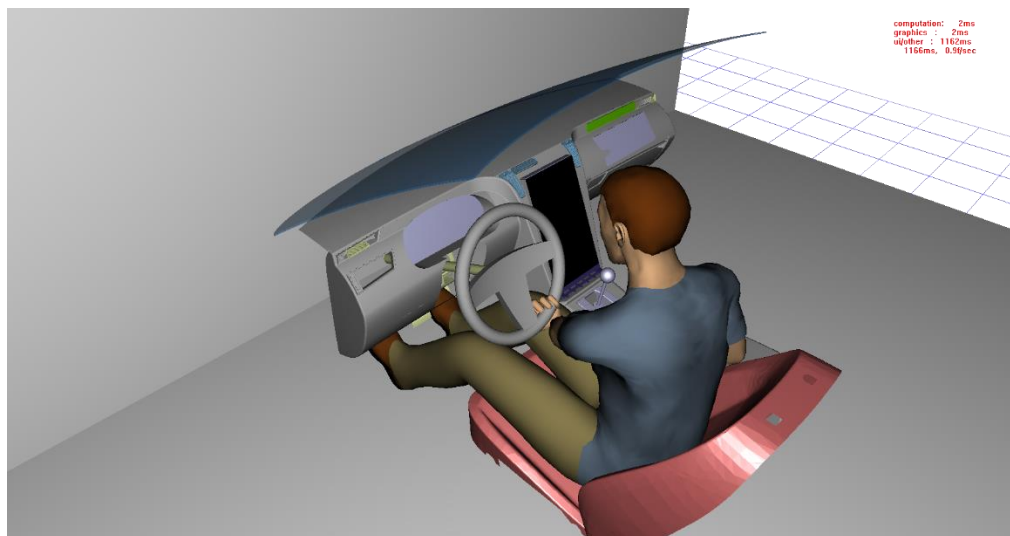
Obrázek 37 - Komfort řidiče při vyhýbání L9 (Autor)



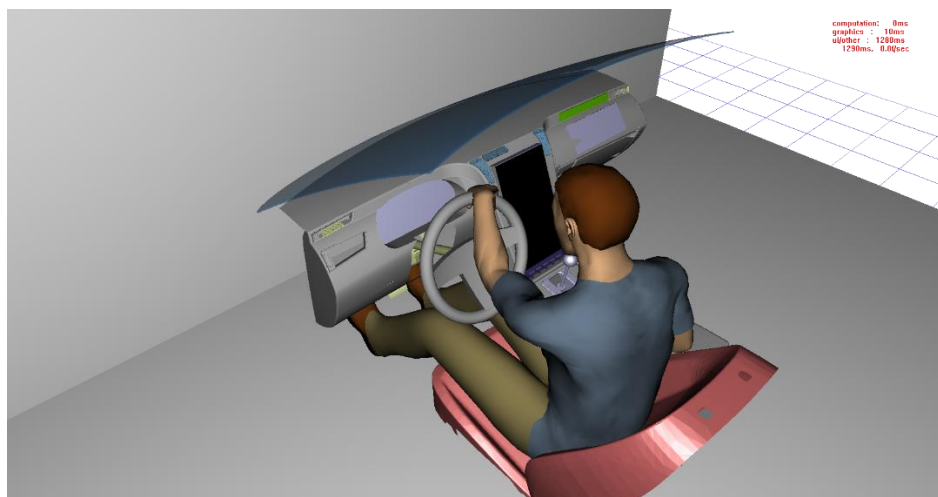
Obrázek 38 - Komfort řidiče při návratu L9 (Autor)

5.6.3 Pozice rukou na volantu L7

Pro hodnocení pozice L7 byly aplikovány identické metody jako u předcházejících pozic. Obrázky 39 a 40 je simulují řidiče během vyhýbání se překážce a následnému navrácení do původního jízdního pruhu, při držení volantu v pozici L7. Tabulka 18 shrnuje relevantní hodnoty z programu Tecnomatix Jack pro danou pozici. Grafické znázornění komfortu řidiče v pozici L7, odvozené z dat tabulky 18, je prezentováno na obrázcích 41 a 42.



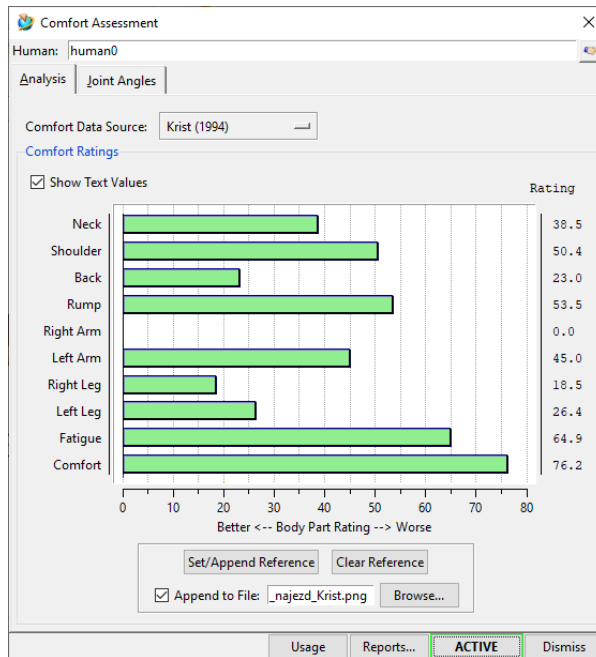
Obrázek 39 - Pozice L7 při vyhýbání se překážce (Autor)



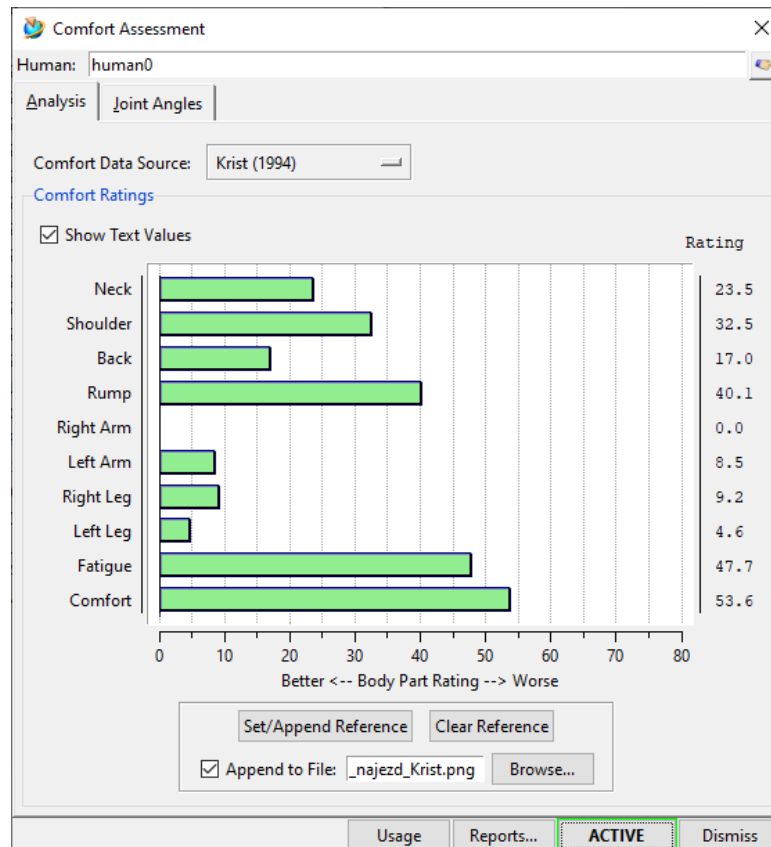
Obrázek 40 - Pozice L7 při návratu do původního jízdního pruhu (Autor)

Tabulka 18 - Hodnoty z Tecnomatix Jack pro L7 (Autor)

	L7 - záhájení	L7 - výjezd
Ohnutí paže [°]	36,4	70
Výšková poloha paže [mm]	-35	-41,9
Rotace paže [°]	-42,7	-42,7
Poloha lokte [mm]	169,6	128,8
Otočení předloktí [°]	182,4	3
Úhel zápěstí [°]	-85	-46,3



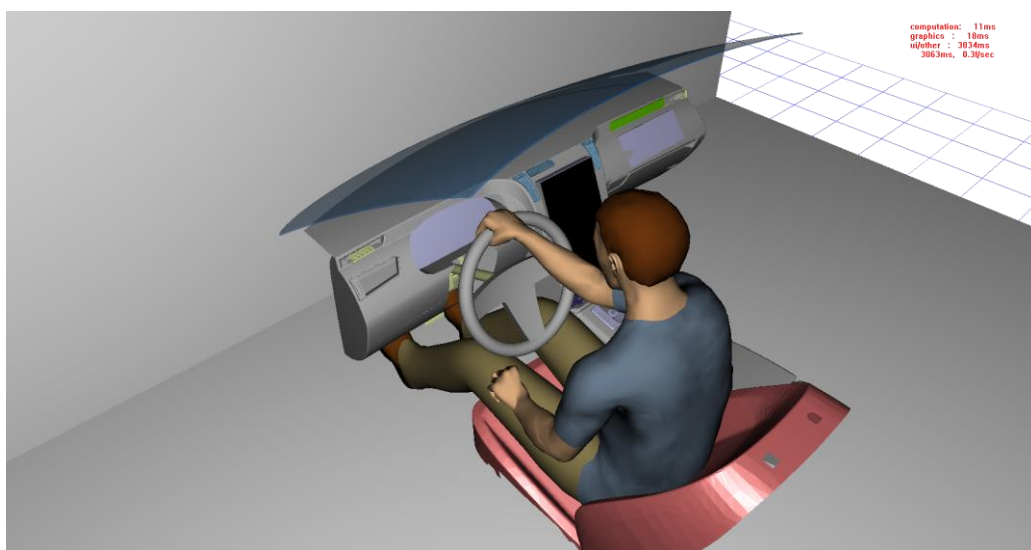
Obrázek 41 - Komfort řidiče při vyhýbání L7 (Autor)



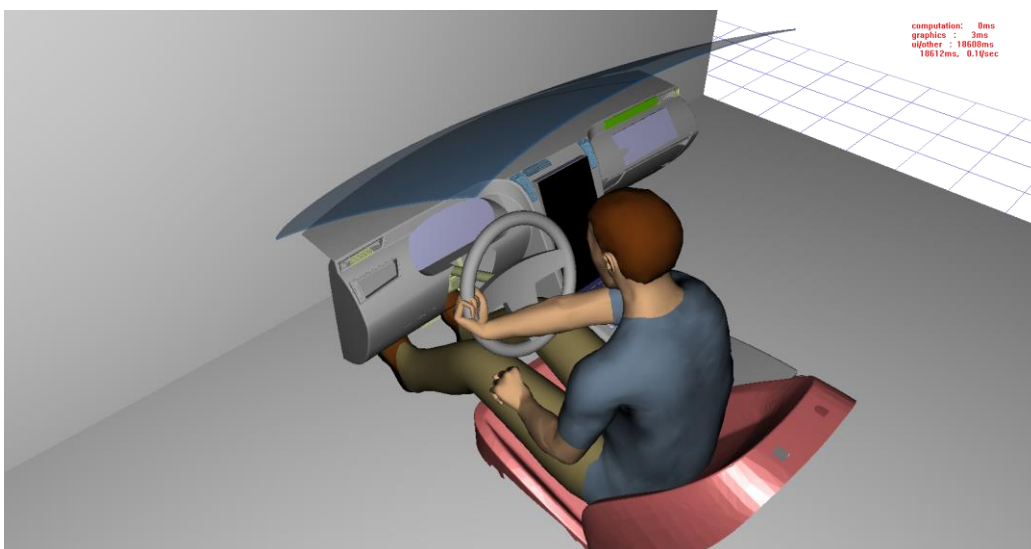
Obrázek 42 - Komfort řidiče při návratu L7 (Autor)

5.6.4 Pozice rukou na volantu R3

Poslední analyzovanou pozicí je pozice R3, která byla vyhodnocována obdobným způsobem jako ostatní pozice rukou na volantu. Obrázky 43 a 44 zobrazují simulaci řidiče držícího volant v pozici R3 během manévru vyhýbání se překážce a následného návratu do původního jízdního pruhu. Tabulka 19 shrnuje hodnoty z programu Tecnomatix Jack pro danou pozici R3. Grafické znázornění komfortu řidiče v pozici R3, odvozené z dat v tabulce 19, je zprostředkováno na obrázcích 45 a 46.



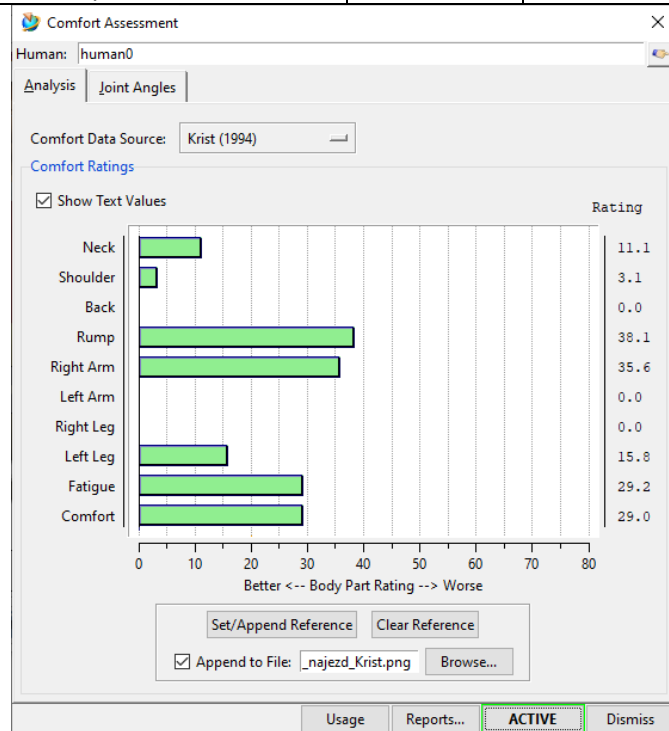
Obrázek 43 - Pozice R3 pro vyhýbání se překážce (Autor)



Obrázek 44 - Pozice R3 při návratu do původního jízdního pruhu (Autor)

Tabulka 19 - Hodnoty z Tecnomatix Jack pro R3 (Autor)

	R3 - záhájení	R3 - výjezd
Ohnutí paže [°]	36,4	70
Výšková poloha paže [mm]	-35	-41,9
Rotace paže [°]	-42,7	-42,7
Poloha lokte [mm]	169,6	128,8
Otočení předloktí [°]	182,4	3
Úhel zápěstí [°]	-85	-46,3



Obrázek 45 – Komfort řidiče při vyhýbání R3 (Autor)



Obrázek 46 - Komfort řidiče při návratu R3 (Autor)

5.6.5 Vyhodnocení poloh rukou na volantu z pohledu ergonomie

Na základě provedené analýzy v programu Tecnomatix lze konstatovat, že z pohledu z pohledu ergonomie je pro řidiče nejvhodnější poloha L9. Toto zjištění vychází z komfortu člověka vyhýbání se překážce společně s návratem do původního jízdního pruhu.

Díky simulacím bylo prokázáno, že pro samotné vyhýbání se překážce je optimální pozice L9, kdežto pro návrat do jízdního pruhu se jeví nejvhodněji pozice L7.

U manévrování oběma rukama lze pozorovat rovnoměrné rozložení komfortu řidiče, s mírně vyšším komfortem pravé ruky řidiče. Pozice obou rukou na volantu zabraňuje u člověka nadměrnému zatěžování ostatních částí těla.

6 Diskuze

V této práci bylo provedeno srovnání různých pozic rukou na volantu vozidla při řešení krizové dopravní situace. Po statistickém vyhodnocení výsledků ze dvou pokusů byla identifikována jako nejbezpečnější pozice rukou na volantu, pozice R3. Tento výsledek je poměrně nečekaný, neboť předpokladem bylo, že nejlepších výsledků budou řidiči dosahovat u pozice držení volantu oběma rukama, jak bylo stanoveno úvodní hypotézou. Výsledky tedy zcela vyvrátily tento předpoklad.

Pozice oběma rukama byla předem považována za nejbezpečnější, zejména z důvodu, že se jedná o pozici, která vyučována a masivně doporučována v autoškolách a interpretována společností BESIP, která se zabývá bezpečností v automobilové dopravě. Na základě výše uvedených výsledků však lze konstatovat, že kombinace pohybů horních končetin je z pohledu biomechaniky o něco složitější než pohyb jedné ruky.

Jako nejvhodnější se ve výsledku ukázala pozice R3, vzhledem k tomu, že respondenti neměli žádné obtíže s provedením úhybného manévru a dosahovali nejlepších výsledků. Přestože byl rozdíl mezi pozicemi R3 a L9 minimální, pozice R3 vyšla jako přece jen o něco výhodnější. K ovlivnění výsledků v pořadí těchto dvou pozic mohlo dojít vzhledem ke zvolenému pořadí, v jakém byly pozice testovány. Pozice R3 byla třetí pozicí (zatímco L9 druhá), kterou respondenti projížděli test, a tedy měli lepší představu o manévru. Jakkoliv lze diskutovat o vzájemném pořadí těchto dvou pozic, jejich absolutní odstup od dalších dvou testovaných pozic, je velmi signifikantní a statisticky zcela prokázáný.

Druhá stanovená hypotéza předpokládala, že pozice L7 bude nejnebezpečnější pozicí pro držení volantu. Tato hypotéza vycházela z předpokladu, že pozice L7 bude nejméně přirozená pro ruku, a tudíž bude nejméně vhodná pro provedení úhybného manévru z pohledu biomechaniky. Výsledky studie prokázaly, že pozice L7 se umístila na druhém nejhorším místě z testovaných pozic.

Překvapivě nejhorší výsledky měla pozice oběma rukama, ačkoliv rozdíly, oproti pozici L7, lze hodnotit jako minimální. Pozice L7 vyšla výsledkově srovnatelně s pozicí oběma

rukama pravděpodobně proto, že u respondentů budila největší respekt. Respondenti tedy při průjezdu testu v této pozici, byli nejvíce soustředěni a snažili se o maximální přesnost i za cenu masivního diskomfortu při úchopu volantu.

Přestože byla pozice R3 hodnocena subjektivně respondenty v závěrečném dotazníkovém šetření jako třetí nejhorší ze všech pozic, ukázalo se, že je pozice R3 nejbezpečnější v kontextu provedení úhybného manévru. Analýza v programu Tecnomatix ale prokázala, že tato pozice není zcela vhodná z hlediska ergonomických a biomechanických parametrů.

Navzdory výše uvedeným výsledkům, zejména pak naměřeným na základě analýz průjezdových křivek lze tvrdit, že pro tento typ krizové situace je lepší řídit vozidlo jednou rukou, v poloze R3 nebo L9. Zejména u vozidel s velmi účinnými posilovači to lze vysvětlit tak, že pohyb jednou rukou je rychlejší a dynamičtější, než pohyb oběma rukama zároveň. Na druhou stranu, po zhodnocení všech aspektů, včetně názoru respondentů a s přihlédnutím k simulaci, provedené v programu Tecnomatix Jack, je nutné přiznat, že polohu držení volantu oběma rukama v poloze R3 + L9 je možné obecně označit za optimální pro většinu režimů jízdy. Vhodnost této polohy lze potvrdit i vyhodnocením směrodatných odchylek, kde tato poloha vyšla jako nejlepší. To lze interpretovat tak, že respondenti projížděli test při této poloze s nejmenšími odchylkami a tedy nejpřesněji optimální průjezdové křivce. Důležitým faktorem při výběru nejbezpečnější polohy rukou bylo, již zmiňované hodnocení míry komfortu, s ohledem na řidiče za volantem zaměřené především na horní končetiny. Držení volantu oběma rukama také umožňuje rozložení zátěže mezi obě ruce, což může přispět ke snazšímu ovládní volantu a zmírnění negativních vlivů na zdravotní stav řidiče, zejména při dlouhých jízdách. Naopak držení volantu jednou rukou způsobuje, že veškerá zátěž je směřována pouze na jednu ruku, což vede k zaujímání decentralizované polohy za volantem, což může mít negativní dopad na zdraví řidiče, opět zejména při dlouhých jízdách. Podstatným faktorem hodnocení je i pozorování chování a reakce respondentů během testování. V případě řízení jednou rukou byli řidiči častěji nejistí, zatímco při řízení oběma rukama byla patrná větší jistota a klid, což se potvrdilo i ve zpětné vazbě respondentů ohledně jednotlivých poloh rukou na volant.

Závěrem je vhodné zmínit i určitý vliv omezujících a rušivých faktorů, které mohly, do jisté míry, ovlivnit výsledky testování. Jedná se zejména o vědomí testovacích řidičů, že testování probíhalo na uzavřeném polygonu, nikoli v reálném prostředí. Dalším omezujícím faktorem byla přítomnost lektora ve vozidle během samotného testu. Mnoha respondentům nevyhovovaly eye-trackingové brýle, které museli mít po celou dobu testu na očích. V neposlední řadě také faktor, že byli po celou dobu jízdy monitorováni, což může ovlivnit jejich chování a reakce. Tyto faktory však jsou jenom obtížně eliminovatelné, vzhledem k povaze testování a nutnému dodržení bezpečnosti celého testovacího procesu.

V předchozích studiích (Pipkorn, 2021) bylo zkoumáno, jak dokáží respondenti reagovat na neočekávaný objekt v jejich jízdním pruhu. Analyzovalo se, jak budou reagovat respondenti v automobilech s bezpečnostními prvky a bez bezpečnostních prvků. Bylo testováno, zda dokáží respondenti v automobilu s bezpečnostními prvky reagovat na neočekávaný podnět lépe než respondenti v automobilech bez bezpečnostních prvků. Prokázalo se, že respondenti v automobilech bez bezpečnostních prvků reagovali rychleji.

V návaznosti na výše zmiňovanou studii by bylo možné rozšířit výzkum bezpečnosti za volantem spojením těchto dvou experimentů. V novém výzkumu by byla zkoumána poloha rukou na volantu v kombinaci s bezpečnostními prvky. Cílem by bylo zjistit, zda bezpečnostní prvky opravdu minimalizují riziko srážky i v situaci, kdy řidiči zaujmají nevhodné polohy rukou na volantu.

7 Závěr

Tato diplomová práce se zabývá posouzením vlivu polohy rukou na volantu na bezpečnost řidiče osobního automobilu. Cílem práce je identifikovat nejbezpečnější polohu rukou na volantu z hlediska ergonomie a minimalizovat rizika dopravních nehod.

Práce nejprve popisuje ergonomii ovládání osobního automobilu s důrazem na polohu řidiče za volantem. Dále se věnuje funkci volantu a jeho vývoji, včetně konstrukčních nedostatků. Na základě předešlých studií jsou definovány a zdůvodněny specifické polohy rukou na volantu, které jsou následně testovány v praktické části.

V práci je dále analyzována bezpečnost osobních vozidel z hlediska ergonomie řidiče a bezpečnosti při manévrování. Pozornost je věnována predispozicím řidiče, se zaměřením na horní končetiny, zrakové ústrojí a reakční schopnosti.

Praktická část popisuje terénní testování na polygonu s vozem Škoda Kodiaq s automatickou převodovkou. Jsou v ní detailně popsány testovací metody, sběr dat a jejich statistické zpracování. Do testování se zapojilo 49 respondentů, od kterých byly získány socio-demografické údaje a data z absolvování testu.

Získaná data a jejich statistické vyhodnocení, včetně ergonomické analýzy, ukazují, že nejbezpečnější polohou rukou na volantu je držení oběma rukama. I když statistická analýza průměrných hodnot komfortu řidiče ukazuje horší výsledky pro tuto polohu, z hlediska ergonomie a konzistentnosti provedení manévru je hodnocena nejlépe. Ergonomická analýza zdůrazňuje důležitost rozložení sil mezi obě horní končetiny. Subjektivní hodnocení respondentů také potvrzuje komfort a bezpečnost držení volantu oběma rukama.

Výsledky této studie přispívají k poznání problematiky polohy rukou na volantu z hlediska ergonomie a bezpečnosti řidiče. Poskytují podklady pro navazující výzkum v oblasti vlivu bezpečnostních prvků moderních automobilů na efektivitu a bezpečnost různých poloh rukou na volantu.

8 Seznam použitých zdrojů

1973 Chevrolet Impala Police Car. In: *Dorotheum* [online]. [cit. 2024-03-19]. Dostupné z: <https://fahrzeuge.dorotheum.com/cz/1/6001938/>

ANDERSSON, 1974. Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. IV. Studies on a car driver's seat. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. **6**(3), 128-133.

ANDĚL, Jiří, 1978. *Matematická statistika*. 1. SNTL - Státní nakladatelství technické literatury.

BESIP, 2012. Správná pozice za volantem a jeho držení. *BESIP* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/ridic/zasadybezpecne-jizdy/spravna-pozice-za-volantem-a-jeho-drzeni>

BISHE, Vivek D., 2012. *ERGONOMICS in the Automotive Design Process* [online]. 1. CRC Press [cit. 2024-03-19]. ISBN 978-1-4398-4211-9. Dostupné z: <https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/BUKU%20ERGONOMI/BUKU%20INGGRIS/Ergonomics%20in%20the%20Automotive%20Design%20Process.pdf>

BUGG, Julie M., 2006. *Age differences in fluid intelligence: contributions of general slowing and frontal decline* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: doi:doi:10.1016/j.bandc.2006.02.006

Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 2013. *CCOHS* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: www.ccohs.ca

COMMORADI, Elena, 2013. *Attention and aging* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: doi:doi:10.1007/BF03324887

Česká ergonomie, 2015. *Ergonomická* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: <https://www.ergonomicka.cz/app/uploads/sbornik-ces-2015.pdf>

ČIHÁK, Radomír, 2011. *Anatomie 1*. 3. Praha: Grada Publishing. ISBN ISBN 978-80-247-3817-8.

ČIHÁK, Radomír, 2016. *Anatomie 3*. 3. Praha: Grada Publishing. ISBN ISBN 978-80-247-5636-3.

DOEBLER, Philipp a Barbara SCHEFFLER, 2016. The relationship of choice reaction time variability and intelligence: A meta-analysis. *Sciencedirect* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.02.009>

GASTELU, Gary, 2021. Elon Musk thinks this Toyota tech would make Tesla's yoke steering wheel 'ideal'. In: *Fox news* [online]. [cit. 2024-03-19]. Dostupné z: <https://www.foxnews.com/auto/elon-musk-toyota-tech-teslas-yoke-steering-wheel>

HARISSON, D., 2000. Sitting Biomechanics, Part II: Optimal Car Drivers Seat and Optimal Drivers Spinal Model. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. **23**(1), 37-47.

HAULT-DUBRULLE, A., 2011. Determination of pre-impact occupant postures and analysis of consequences on injury outcome. Part I: A driving simulator study. *Accident Analysis & Prevention*. **43**(1), 66-74.

HENRY, Franklin M. a Donald E. ROGERS, 2013. *Increased Response Latency for Complicated Movements and A "Memory Drum" Theory of Neuromotor Reaction* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1080/10671188.1960.10762052>

Historie automobilismu v datech, 2006. *Idnes* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/historie/historie-automobilismu-v-datech.A060127_172200_auto_ojetiny_fdv

HRUŠKA, Michal, 2018. *Assessment of the actual hand position on the steering wheel for drivers of passenger cars while driving*. Praha. Výzkum. ČZU.

Interiér: Vyšší úroveň komfortu a trvale udržitelné materiály, 2021. In: *Škoda Storyboard* [online]. [cit. 2024-03-19]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-mapy/nova-skoda-kodiaq-dynamicka-prezentace-tiskova-mapa/interier-vyssi-uroven-komfortu-a-trvale-udrzitelne-materialy/>

JÁNSKÝ, Martin, 2020. 10 nejláznivějších volantů automobilové historie. In: JÁNSKÝ, Martin. *Garáž* [online]. [cit. 2024-03-19]. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/10-nejblaznivejsich-volantu-automobilove-historie-21003868>

JÁNSKÝ, Martin, 2022. Že na volantu není co pokazit? To byste se divili! Takhle vypadá 7 prohrěšků proti ergonomii řízení. *Garáž* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/blog-ze-na-volantu-neni-co-pokazit-to-byste-se-divili-takhle-vypada-7-prohresku-proti-ergonomii-rizeni-21008085>

LEHNERT, Michal, 2010. *Trénink kondice ve sportu*. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2614-3.

MAANEN, Lenndert van, 2011. Pi'ronův zákon a optimální chování při percepčním rozhodování. *Frontiers* [online]. Amsterdam, 5 [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: doi:doi:10.3389/fnins.2011.00143

NAKONEČNÝ, Milan, 2012. *Emoce*. 1. Triton. ISBN 978-80-7387-614-2.

Panhard-Levassor 8 HP. In: *Auta5p* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: https://auta5p.eu/muzea/automuseum_fichtelberg_2001/amfk_01.php

PIPKORN, Linda, 2021. Driver conflict response during supervised automation: Do hands on wheel matter? Online. Licence: CC BY-NC-ND 4.0. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.10.001>. [cit. 2024-03-28].

REIGAL, Rafael E., 2019. Relationships Between Reaction Time, Selective Attention, Physical Activity, and Physical Fitness in Children. *Frontiers* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: doi:doi:10.3389/fpsyg.2019.02278

SAIDL, Jan. Losí test. Online. Autolexion. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/losi-test/>. [cit. 2024-03-29].

SERRA, C., 2008. Upper Limb Traumatic Lesions Related To Airbag Deployment: A Case Report And Review Of Literature. *The Journal Of Trauma. Injury, Infection, And Critical Care*. **65**(3), 704-707.

SCHIRO, J., 2013. *Steering wheel hand position in low-speed maneuvers* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.trf.2013.09.003>

SILVERMAN, I. W., 2006. *Sex Differences in Simple Visual Reaction Time: A Historical Meta-Analysis* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1007/s11199-006-8869-6>

ŠIMUNEK, Michal, 2022. Nenahraditelný prvek aut, který dříve dokázal řidiče i zabít. Dnes plní důležitou roli v bezpečnosti. *Autozive* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: <https://www.autozive.cz/historie-vyvoj-volantu/>

VÁGNEROVÁ, Marie, 2007. *Základy psychologie*. Karolinum. ISBN 80-249-0841-3.

VLK, František, 2003. *Stavba motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství František Vlk. ISBN ISBN 80-238-8757-2.

VLK, František, 2006. *Automobilová elektronika 2 : Systémy řízení podvozku a komfortní systémy*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství František Vlk. ISBN 80-239- 7062-3.

Volant zploštělý x kulatý, 2015. In: *Auto revue* [online]. [cit. 2024-03-19]. Dostupné z: <https://garaz.autorevue.cz/viewtopic.php?f=817&t=1241315>

Výbavy EQA. In: *Mercedes moravia* [online]. [cit. 2024-03-19]. Dostupné z: <https://mercedes-moravia.cz/vybavy-eqa-ov>