

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra technologických zařízení staveb**



## **Diplomová práce**

**Porovnání koncepcí ovládání funkcí na středovém  
panelu osobního vozu**

**Bc. Nikita Vojtěchová**

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Nikita Vojtěchová

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Porovnání koncepcí ovládání funkcí na středovém panelu osobního vozu

Název anglicky

Comparison of function control concepts on the center panel of a passenger car

---

Cíle práce

Cílem práce bude posoudit dva extrémní koncepty, použité pro ovládání funkcí, umístěných na středovém panelu osobního vozidla. Výsledkem by mělo být jasné doporučení, který koncept je vhodnější z pohledu ergonomie ovládání vozidla a to v konkrétních jízdních režimech.

Metodika

Cílů práce bude dosaženo podrobným rozбором odborné literatury a hodnoty pro výzkumnou část budou získány pomocí terénního výzkumu. Autor práce vybere dva typy, u kterých jsou použity extrémní přístupy k ovládání. Předpokládá se, že jeden typ bude zcela konvenční a druhý bude využívat pro ovládání všech funkcí pouze dotykového panelu. Předpokládá se také použití dotazovacích metod, využití technických parametrů, získaných od jednotlivých výrobců a z dalších zdrojů. Získané hodnoty budou zhodnoceny za použití statistických metod.

**Doporučený rozsah práce**

50 stran, včetně příloh

**Klíčová slova**

ovládání, řidič, systémy, vozidlo, funkce, ergonomie

---

**Doporučené zdroje informací**

BHISE, Vivek 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

Handbook of human factors and ergonomics. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2012. ISBN 978-0-470-52838-9

RUTRLE, J. : Přístrojová optika, 1. Vydání, Brno, IDV PZ, 2000

---

**Předběžný termín obhajoby**

2022/2023 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Michal Hruška, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra technologických zařízení staveb

---

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2022

**doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2022

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 09. 10. 2022

---

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „**Porovnání koncepcí ovládání funkcí na středovém panelu osobního vozu**“ jsem vypracovala 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 autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30.3.2023

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu diplomové práce, Ing. Michalovi Hruškovi, PhD. za vedení mé práce, a především mé rodině, která mě během celého studia podporovala.

# **Porovnání koncepcí ovládání funkcí na středovém panelu osobního vozu**

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá zhodnocením různých způsobů ovládání funkcí na středovém panelu v osobních automobilech. První část je věnována základnímu přehledu současně využívaných způsobů ovládání, se zaměřením na konvenční způsob a na využití dotykového displeje. Jsou zde uvedeny základní informace o člověku (řidiči), se zaměřením na vybrané lidské smysly – zrak, hmat a sluch, využívané pro ovládání středového panelu. Zmíněny jsou také statistiky o dopravních nehodách v České republice i ve světě a vliv nepozornosti řidičů jako příčiny nehod. Praktická část je věnována popisu klinického testování vybraných vozidel, konkrétně modelů vozů Škoda Enyaq iV a Volvo V60, ve kterých byly zúčastněným respondentům zadány úkoly spočívající v ovládání rádia, klimatizace a navigace. Výsledky tohoto testování jsou v závěru práce následně statisticky vyhodnoceny a podrobeny diskusi.

**Klíčová slova:** ovládání, řidič, systémy, automobil, funkce, ergonomie

# **Comparison of function control concepts on the center panel of a passenger car**

## **Summary**

The thesis deals with evaluating different ways of controlling functions on the central panel in personal cars. The first part is dedicated to a basic overview of currently used control methods, with a focus on conventional methods and the use of a touchscreen display. It includes basic information about the human driver, with a focus on selected human senses – vision, touch and hearing - used to control the central panel. Statistics on traffic accidents in the Czech Republic and worldwide are also mentioned, as well as the influence of driver inattention as a cause of accidents. The practical part describes clinical testing of selected vehicles, specifically the Skoda Enyaq iV and Volvo V60 models, in which respondents were given tasks related to controlling the radio, air conditioning, and navigation. The results of this testing are then statistically evaluated and discussed in the conclusion of the thesis.

**Keywords:** control, driver, systems, car, function, ergonomics

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>2</b>
2.1 Cíl práce .....	2
2.2 Metodika .....	2
<b>3 Teoretická východiska .....</b>	<b>3</b>
3.1 Ergonomie .....	3
3.1.1 Ergonomie ve vozidlech.....	3
3.1.2 Role času .....	5
3.1.3 Rozdělení prostoru řidiče .....	5
3.1.4 Zásady navrhování .....	7
3.2 Lidské smysly.....	7
3.2.1 Zrak .....	8
3.2.2 Hmat.....	13
3.2.3 Sluch.....	13
3.3 Koncepce ovládání .....	14
3.3.1 Mechanické ovládání .....	14
3.3.2 Dotykové ovládání .....	19
3.3.3 Ostatní .....	23
3.4 Dopravní nehody .....	26
<b>4 Praktická část práce.....</b>	<b>29</b>
4.1 Metody získávání dat .....	29
4.2 Dotazování .....	29
4.3 Hypotézy .....	30
4.4 Experiment .....	30
4.4.1 Testované úkony .....	31
4.5 Testovaná vozidla.....	31
4.5.1 Volvo V60.....	32
4.5.2 Škoda Enyaq iV .....	34



<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuse .....</b>	<b>37</b>
5.1	Jednotlivé úkony .....	38
5.2	1. Hypotéza .....	42
5.3	2. Hypotéza .....	45
5.4	3. Hypotéza .....	50
5.5	4. Hypotéza .....	51
5.6	5. Hypotéza .....	52
<b>6</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>Seznam obrázků, grafů a tabulek.....</b>	<b>62</b>
	Seznam obrázků .....	62
	Seznam grafů.....	63
	Seznam tabulek.....	64
<b>9</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>65</b>

# 1 Úvod

Automobily se staly nedílnou a často nepostradatelnou součástí každodenního života lidí po celém světě, protože umožňují přepravovat se z jednoho místa na druhé. Od roku 1886, kdy Gottlieb Daimler požádal o patent pro svůj „člověkem říditelný automobil se spalovacím motorem“, se ale požadavky a možnosti výrazně změnilly. V dnešní době se z automobilu stal široce přijímaný symbol svobody, pohodlného života a často také společenského postavení. Moderní automobily jsou vybaveny řadou různých ovládacích prvků, které jsou nezbytné pro správné ovládnání vozidla a zajištění bezpečné jízdy. Každý z těchto prvků vyžaduje od řidiče jistou míru pozornosti a zkušeností, a proto je důležité při návrhu interiéru vozidla brát v úvahu ergonomické faktory a snižovat tak nároky na řidiče.

Samotné řízení vozidla vyžaduje určitou úroveň pozornosti, koncentrace a fyzické zdatnosti. Významné jsou při řízení kognitivní nároky, jelikož se řidič musí soustředit na mnoho věcí najednou. Musí být schopen vnímat a reagovat na dopravní značky, vozidla a chodce, sledovat svůj směr a rychlost, reagovat na neočekávané situace a rozhodovat se v krizových situacích. Dělat několik věcí najednou je schopností, které většina lidí nevěnuje příliš pozornosti, ale současně se na ní spoléhají v každodenním životě.

V době rozvíjejících se moderních technologií se postupně vyrábějí vozidla, která k ovládnání všech základních ovládacích prvků funkcí vozidla, jako je např. rádio, klimatizace nebo navigace, využívají výhradně dotykové displeje. Často se tento způsob ovládnání setkává s odmítnutím, protože nároky na pozornost řidiče pro ovládnání vozu jsou příliš vysoké a dotykové displeje příliš složité. Nové možnosti automobilového průmyslu zvyšují nároky na řidiče, kteří tak v mnohých případech některé funkce svého vozu neumějí používat nebo si jich dokonce ani nejsou vědomi.

S ohledem na všechny tyto výše uvedené aspekty je nutné blíže prozkoumat problematiku tohoto tématu a zjistit, jakým způsobem řidiči přistupují k sledovaným technologiím využívaných v moderních automobilech, a to prostřednictvím sběru dat pomocí dotazníku, terénního výzkumu a následného vyhodnocení, což je účelem této práce.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce je zhodnocení dvou koncepčně odlišných způsobů ovládání funkcí vozidla prostřednictvím jednotlivých ovládacích prvků na středovém, respektive ovládacím panelu v osobním vozidle, a to především z hlediska ergonomie a bezpečnosti řidičů. Předpokládá se posouzení obou vybraných řešení na základě vybraných parametrů a nalezení případných statistických závislostí.

### **2.2 Metodika**

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V první, teoretické části, je provedena rozsáhlá rešerše popisované problematiky a k dosažení výše stanovených cílů jsou postupně popsány základní způsoby ovládání středového panelu automobilu, včetně principu jejich fungování a jejich zhodnocení. Následně jsou obecně popsány základní lidské smysly – zrak, sluch a hmat, které řidiči nejčastěji využívají pro ovládání popisovaných funkcí vozidla. Hloubka popisu vybraných lidských smyslů je limitována parametry, potřebnými pro dané klinické testování a obecným rozsahem tématu.

V rámci praktické části bude provedeno klinické testování dvou vozidel rozdílných kategorií, která k ovládání základních funkcí využívají dva koncepčně zcela odlišné způsoby, a to konvenční tlačítkový typ na straně jedné a vozidlo využívající k ovládání dotykový displej na straně druhé. Konkrétně se bude jednat o vozidla Volvo V60 a Škoda Enyaq iV.

Testování bude provedeno s relativně heterogenní skupinou náhodně vybraných respondentů, kterým budou zadávány vybrané úkoly odpovídající základním funkcím ovládání vozidla. Současně budou od respondentů zjištěny základní socio-demografické údaje, pro potřeby zjišťování potenciálních statistických závislostí.

Měření bude provedeno pomocí eye-trackingových brýlí, které umožňují sledování zornic v reálném čase a následné výsledky budou statisticky zhodnoceny pro určení závislostí výsledného času potřebného pro ovládání středového panelu na vstupních parametrech jednotlivých respondentů.

## 3 Teoretická východiska

### 3.1 Ergonomie

Pojem ergonomie vychází z řeckých slov „ergon“, které lze přeložit jako „pracovník, který něčeho dosáhl“ nebo jednodušeji také pouze jako „práce“, a dále „nomos“ neboli „zákon“, které je spojováno s existujícími zákony vztahujícími se k lidským schopnostem. (Marek a Siebertz 2014)

Ergonomické přístupy se začaly uplatňovat již v raných fázích vývoje dnešního lidstva. Ačkoliv se v té době nejednalo o stejné pojetí ergonomie, jak jej známe dnes, už uzpůsobení jednoduchých pracovních nástrojů pro potřeby uživatele či úpravu lidských obydlí pro zvýšení pohodlí lze považovat za základy ergonomických operací. (Marek a Skřehot 2009)

Ergonomická věda je často charakterizována jako multidisciplinární obor, který se zabývá činností člověka a jeho vazeb s pracovním vybavením a pracovním prostředím. Hlavním cílem je poté všechny tyto aspekty optimalizovat vzhledem k zátěži vyvíjené na člověka. Oficiální definice ergonomie dle normy ČSN EN 614-1+A1 zní: „*Ergonomie (studium lidských činitelů) se zabývá studiem vzájemných vztahů (interakcí) mezi lidmi a dalšími prvky systému. Ergonomie aplikuje teoretické poznatky, zásady, empirická data a metody pro navrhování zaměřené na optimalizaci pohody osob a celkovou výkonnost systému.*“ (Marek a Skřehot 2009)

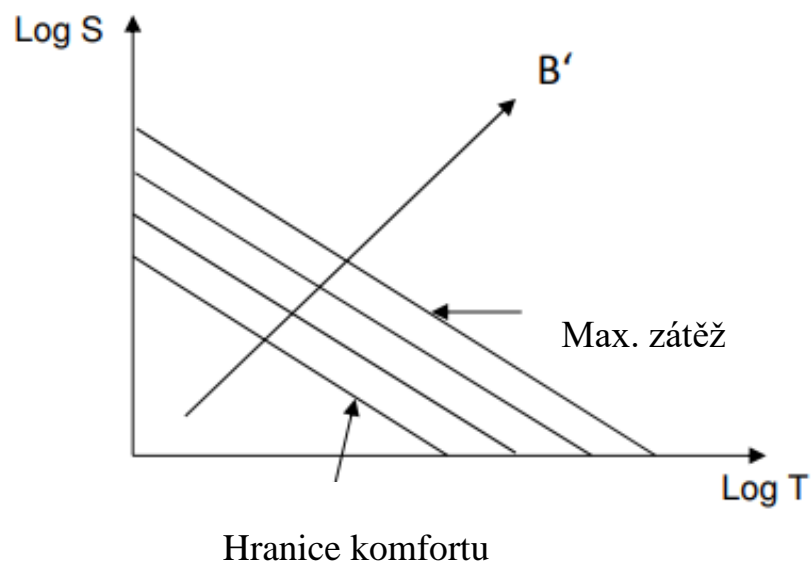
#### 3.1.1 Ergonomie ve vozidlech

Řízení vozidla je pro člověka náročný úkon, proto je ve vývojové fázi vozu ergonomie důležitým krokem. Limity lidského těla a mysli jsou velmi rozmanité, což činí z ergonomie multidisciplinární obor. Ve vztahu k vozidlu lze uvést základní limity, které je následně potřeba posuzovat současně. Výsledným záměrem je poté přizpůsobení prostředí vozidla jeho uživateli. (Marek a Siebertz 2014)

Velká část omezení je způsobena rozměry lidského těla, jedná se tedy o čistě geometrické limity, kterými se zabývá samostatná věda antropometrie. Tato problematika je v procesu navrhování interiéru vozidla velmi důležitá a projevuje se také ve způsobu

ovládání ovládacích prvků řidičem, protože nemusejí být pro všechny řidiče snadno dosažitelné. Poskytnutí vhodného ergonomického prostředí co největšímu zastoupení populace je dosaženo pomocí Gaussovy křivky, kdy je toto prostředí přizpůsobeno 90 % populace. Následuje vnitřní zátěž lidského těla, neboť provoz vozidla vyžaduje mechanickou interakci. Touto částí se zabývá biomechanika. Ačkoliv jsou lidské smysly pozoruhodně dobré (pro ovládání vozu především zrak), i v tomto ohledu vznikají limity, kterými se zabývá fyziologie. V neposlední řadě, přestože je řidič schopen dosáhnout všech ovládacích prvků, je schopen všechny ovládat a jeho smysly jsou schopné danou situaci zvládnout, je stále potřeba porozumět tomu, jak systém funguje a následně se rozhodnout v daném čase. Tuto část zkoumají kognitivní limity, tedy věda zvaná psychologie, která je sama o sobě interdisciplinárním oborem. (Schmidt et al. 2007; Marek a Siebertz 2014; Brolin 2016; Openshaw et al. 2006)

V závislosti na zkušenostech, věku, ale i fyzické kondici se tyto limity postupně mění. To má za následek, že každý řidič se se svými vlastními limity dříve či později setká. Tento stav výrazně ovlivňuje pohodlí a bezpečnost řidiče. Jestliže se všechny faktory nasčítají v nevlídné podmínky, pro řidiče tak vzniká nepříznivá jízdní situace, jak popisuje graf na *Obrázku 1*. (Marek a Siebertz 2014)



*Obrázek 1* Graf vztahu napětí  $S$  během času  $T$  a subjektivní zátěže  $B'$  (Marek a Siebertz 2014)

### 3.1.2 Role času

Při navrhování optimálního ovládacího prvku ve vozidle je nutné, aby konstruktér či ergonom vzal v úvahu dobu, která je potřebná pro vykonání jednotlivých úkonů řidičem. Pro názornost je dobré uvést několik praktických příkladů. Většina řidičů potřebuje například 0,5 až 1,2 s k tomu, aby z analogového rychloměru zjistila aktuální rychlost pohybujícího se vozidla. Pro kontrolu zpětného zrcátka vozidla, umístěného na straně řidiče, je potřeba pohled dlouhý 0,2 až 0,8 s. Pro ovládání složitějších zařízení jako například rádia či klimatizace (tedy např. přepnutí rádiové stanice, změna teploty či intenzity klimatizace) jsou potřeba 2 až 4 pohledy, kdy každý z nich trvá přibližně 1 s. (Bhise 2016)

Jestliže se vozidlo jedoucí po dálnici pohybuje rychlostí 100 km/h, je tato rychlost rovna zaokrouhleně rychlosti 28 m/s. To znamená, že odvrátí-li řidič na 1 s zrak od cesty, vozidlo během této doby ujede vzdálenost 28 m. Pokud odvrátí zrak na 2,5 s, bude mít řidič potíže udržet vozidlo ve svém jízdním pruhu a pokud odvrátí zrak na 4 s, významně se tím zvyšuje riziko, že se řidič dostane při řízení do krizové situace vlivem této nepozornosti, například že vozidlo vyjede mimo vymezený pruh. (Bhise 2016)

### 3.1.3 Rozdělení prostoru řidiče

Přibývající technologie ve vozidle nabízejí řidičům stále nové možnosti úkonů, které lze během cesty provádět. V literatuře se objevuje rozdělení těchto úkonů do dvou skupin, a to na základě toho, zda se jedná o úkony přímo související s manévrováním vozidla. Přestože bývá toto rozdělení označované za zastaralé a nedostačující, je i nadále nejvíce používané. Dle něj lze prostor řidiče rozdělit do dvou, respektive do tří kategorií, které jsou zobrazeny na *Obrázku 2*, a to na:

1. Prostor pro plnění primárních úkonů
2. Prostor pro plnění sekundárních úkonů
3. Prostor pro plnění terciárních úkonů (Pfleging a Schmidt 2015; Wierwille 1993)

#### ***Prostor pro plnění primárních úkonů***

Prostor primárních úkonů, a tedy primární úkony zahrnují všechny činnosti, které jsou nutné k manévrování vozidla. To zahrnuje veškeré činnosti související s bočním a podélným ovládním vozu a také udržování pozornosti vůči provozu a potenciálním nebezpečím. Jedná

se o hierarchicky uspořádaný úkon. Na nejvyšší úrovni je samotný dopravní úkol, tzn. dostat se na místo zamýšleného umístění. Od toho se odvíjí způsob provedení tohoto úkolu, především tedy volba trasy a rychlost jízdy. Na nejnižší úrovni je poté samotné řízení vozidla, a to ovládání pedálů, řazení převodů a manipulace s volantem. Tento prostor je na *Obrázku 2* vyznačen červenou barvou, jmenovitě výhled z vozidla, volant, pedály a řadící páka. (Pfleging a Schmidt 2015; Wierwille 1993)

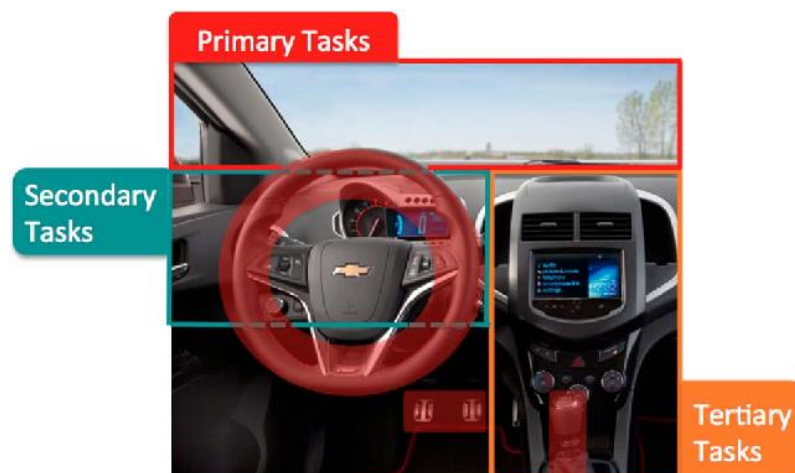
### ***Prostor pro plnění sekundárních úkonů***

Je-li prostor rozdělen pouze na primární a sekundární část, řadí se do kategorie prostoru sekundárních úkonů veškeré úkony, které nelze zařadit do skupiny primárních úkonů, tzn. především ovládání stěračů, zapínání/vypínání ukazatelů směru, ale také všechny úkony související s komfortem (např. klimatizace), infotainment, komunikace s pasažéry či okolím, ale také jídlo a pití. (Pfleging a Schmidt 2015; Wierwille 1993)

Pokud je základní prostor rozdělen do tří výše zmíněných kategorií, náleží do sekundární části pouze úkony ovlivňující jízdní výkon a bezpečnost. Mezi tyto patří například aktivace světlometů, tempomatu nebo stěračů. (Pfleging a Schmidt 2015; Wierwille 1993)

### ***Prostor pro plnění terciárních úkonů***

Terciární úkony se vztahují ke všem zbývajícím, mezi které lze řadit komfort obsluhy, komunikační systémy nebo občerstvení. (Pfleging a Schmidt 2015; Wierwille 1993)



*Obrázek 2* Rozdělení prostoru řidiče (Gabbard et al. 2014)

### 3.1.4 Zásady navrhování

Ovládací prvky a displeje jsou rozhraním mezi lidskou obsluhou (řidičem) a strojem (automobil). Jestliže je tedy objeven problém v designu ovládacích prvků, považuje se tento za problém rozhraní člověk-stroj. (Bhise 2016)

Při navrhování je nutné, aby konstruktér či ergonom dodržel základní pravidla, a to:

1. Řidič bude preferovat minimální mentální a fyzické úsilí nutné pro ovládání ovládacích prvků a displejů.
2. Lidé nebudou používat to, čemu nerozumí.
3. Charakteristika uživatelů (věk, obeznámenost s vybavením, jejich očekávání, pozice očí a rukou apod.) musí být při navrhování zohledněna. (Bhise 2016)

Charakteristika dobrého ovládacího prvku:

1. Řidič by měl být schopen ovládat prvek s použitím minima mentálního či fyzického úsilí.
2. K dokončení požadované operace by měl být nutný minimální počet pohledů očima (jako vhodný příklad lze použít páčku přepínače směrových světel, kterou řidiči ve většině případů používají bez jediného pohledu).
3. Jakákoliv operace by měla požadovat minimum pohybů prstů či ruky (např. bez nutnosti sejmutí rukou z volantu, čehož je dosaženo především ovládacími prvky na multifunkčním volantu vozidla). (Bhise 2016)

## 3.2 Lidské smysly

Lidská nervová soustava představuje složitý soubor analytických a funkčních systémů, které slouží k zpracování podnětů působících na lidský organismus z vnějšího i vnitřního prostředí. Tyto podněty jsou následně zpracovány v různých systémech, které se skládají z receptorů, sensorů, aferentních vláken, podkorových jader mozku, projekčních korových oblastí a efektorových korových oblastí. Každý z těchto systémů má svou specifickou funkci, která je nezbytná pro celkovou funkčnost nervové soustavy. Zpracování podnětů v zmíněných systémech umožňuje lidskému organismu adekvátně reagovat na okolní podněty a udržovat tak stabilitu vnitřního prostředí organismu. (Richard Rokyta 2016)



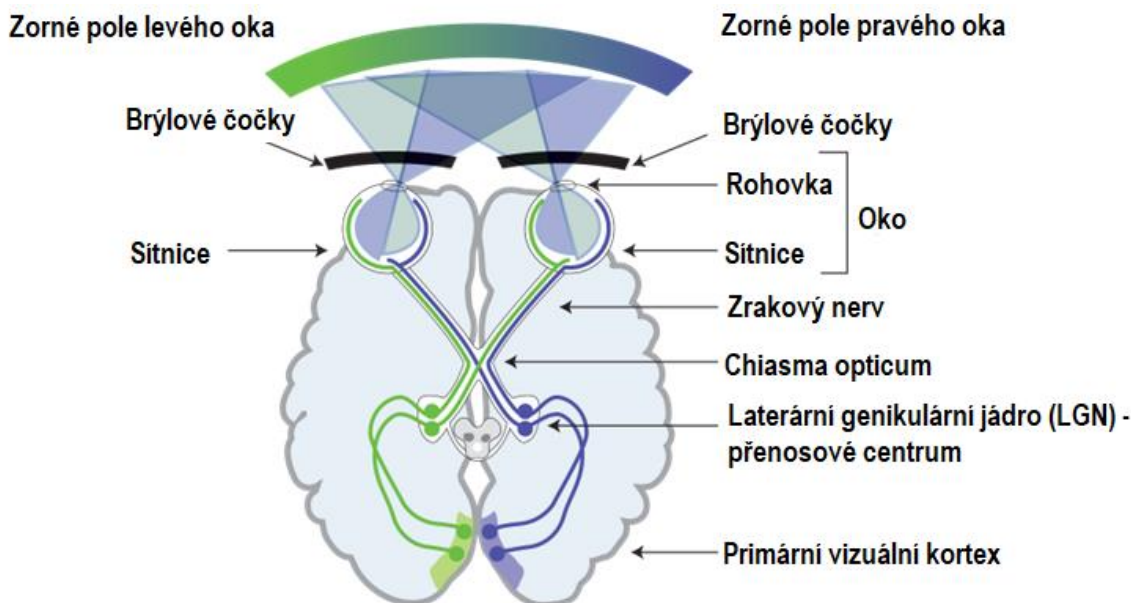
Receptory přijímají podněty z prostředí v různých formách, které jsou následně přeneseny do sensorických systémů mozkové kůry. Základním prvkem vnímání je počitek, který působí na receptor. Vjem je soubor těchto počitků, který hodnotí podněty z prostředí na základě jejich porovnání s předchozími zkušenostmi – pamětí. (Richard Rokyta 2016)

Receptory, označované také jako senzory, lze rozdělit do 3 základních skupin, a to:

1. Exteroreceptory – receptory přijímající podněty z vnějšího prostředí (např. zrak, sluch, hmat, chuť a čich)
2. Proprioreceptory – receptory registrující polohu a pohyby těla
3. Interoreceptory – receptory odpovídající na mechanické a chemické podněty z vnitřního prostředí (Richard Rokyta 2016)

### **3.2.1 Zrak**

Při řízení vozidla je nejvíce využíván zrak. Pomocí zraku přijímáme většinu informací, protože ve světle dopadajícím na oko je obsaženo obrovské množství vizuálních informací přijímaných z okolního prostředí. Jedná se o jeden z nejsložitějších sensorických systémů. Slouží k analýze světelných podnětů, čímž napomáhá orientaci v prostředí a umožňuje také registrovat psané podněty. Co vidíme, je následně ovlivněno způsobem, jakým jsou informace zpracovány v každé následující struktuře zrakového systému, zobrazeného na *Obrázku 3*. (Ramamurthy a Lakshminarayanan 2015; Richard Rokyta 2016)



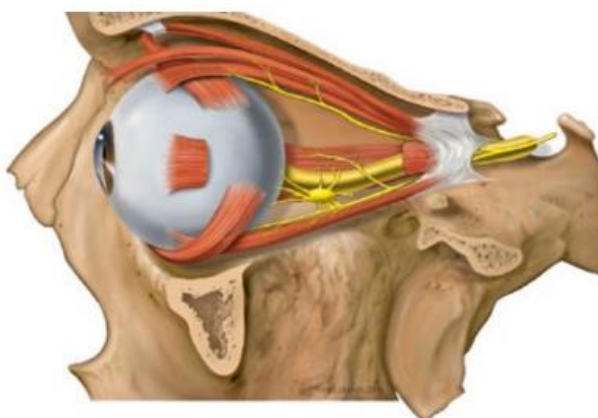
Obrázek 3 Zrakový systém člověka

Zdroj: <https://opticianworks.com/lesson/human-visual-system/>

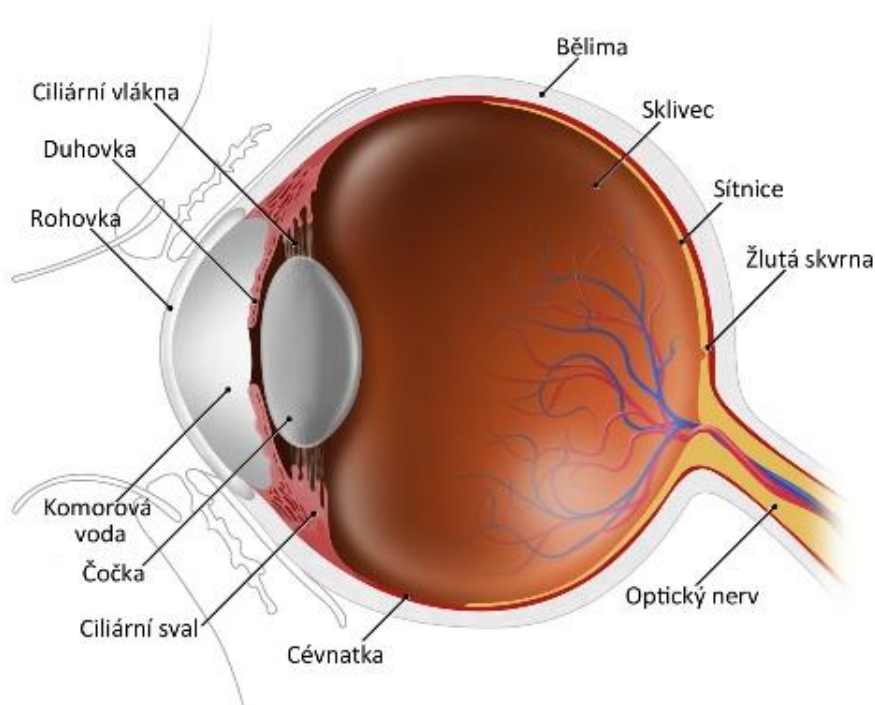
### **Stavba a pohyby lidského oka**

Zrakové receptory jsou uloženy v oku, zobrazeného na *Obrázku 4*, jehož tvar se přibližuje sférické kouli. Světlo, a tedy vizuální informace z okolního prostředí, vstupují do oka skrze průhlednou rohovku. Za rohovkou je duhovka s otvorem uprostřed – zornicí. V duhovce, která určuje barvu oka, se nacházejí hladké svaly, které umožňují měnit velikost zornice (zúžení a rozšíření) v závislosti na vstupujícím světle. Následuje oční čočka, která zaostruje světlo vstupující do zornice, což zajišťuje ostrý obraz na sítnici. Čočka, která je složena z několika vrstev, je přirozeně pružná a může v důsledku aktivace ciliárního kruhového svalu proměňovat svůj tvar, díky čemuž je člověk schopen zaostřit předměty ve své blízkosti, ale i na dálku. Čočka převrací pozorovaný obraz, který je následně zobrazen na zadní straně oka – sítnici. Tento obraz je poté převrácen zpět ve chvíli, kdy dochází k jeho zpracování v mozku. (Ramamurthy a Lakshminarayanan 2015; Richard Rokyta 2016)

Vnitřek oka mezi čočkou a sítnicí je vyplněn sklivcem, který představuje tělo oka a je z 98 % tvořen vodou. Zrakový podnět je pomocí sítnice, tvořící zadní část oka, přeměněn na nervové impulsy, které jsou dále přeneseny pomocí zrakového nervu do zrakového centra v mozku a tam následně zpracovány. Celá stavba lidského oka je zobrazena na *Obrázku 5*. (Gross 2005; Ramamurthy a Lakshminarayanan 2015)



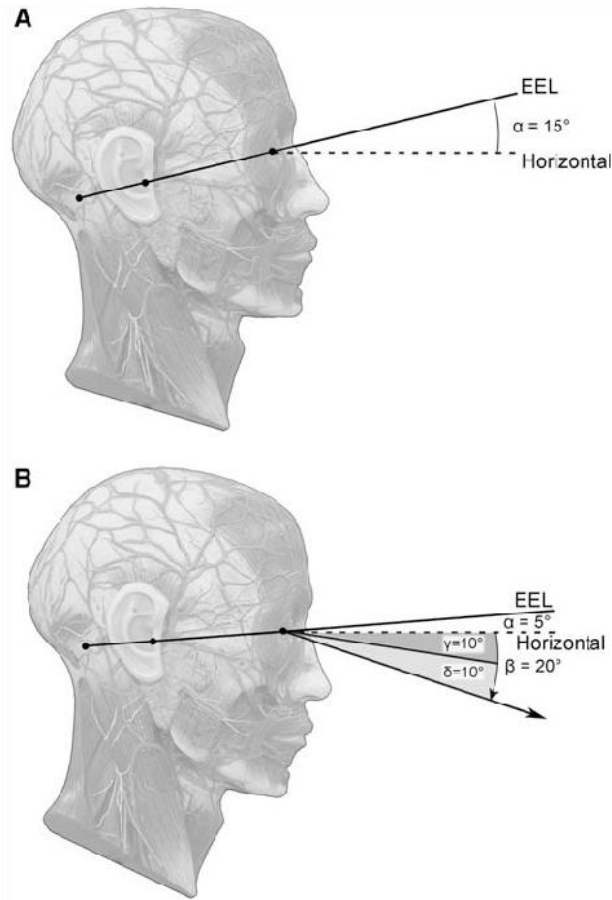
Obrázek 4 Lidské oko (Bubb et al. 2021)



Obrázek 5 Stavba lidského oka

Zdroj: <http://www.ocnioptik.eu/akantameby/katarakta---sedy-zakal/>

Neutrální pozice očí podle znamená, že hlava je nakloněna o  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$  a oči o  $15^{\circ}$ - $20^{\circ}$  směrem dolů (viz *Obrázek 6*). Objekty mimo fixační bod lze vnímat ostře pouze v rámci několik málo stupňů. S narůstající vzdáleností od tohoto bodu se navyšuje diskomfort řidiče a je tak potřeba pohybovat postupně očima, hlavou, a nakonec celým tělem. Kromě toho je délkou fixace ovlivněn také úhel, který je potřeba ke změně vizuální oblasti a s tím spojené fyzické úsilí. (Schmidtke 1993; Bubb et al. 2021)



Obrázek 6 Znárodnění neutrální polohy hlavy a očí (Van Det et al. 2008)

Pokud je v automobilu potřeba krátký pohled z neutrální pozice, dojde k pohybu pouze očí. Jestliže je potřeba tento pohled udržet delší dobu, dojde k pohybu také následujícího článku řetězce. K pohybu hlavy dojde při potřebě delší fixace pohledu na pozici otočenou o  $10^\circ$  z neutrální pozice. V praxi to znamená, že například pohled zaměřený na přečtení rychlosti z rychloměru bude uskutečněn pouze pohybem očí, ale ovládání navigace na středovém panelu bude vyžadovat otočení celé hlavy, v některých případech dokonce celého těla. (Schmidtke 1993; Bubb et al. 2021)

### ***Technologie eye-tracking***

I přestože oftalmolog Louis Émile Javal sestrojil zařízení na sledování pohybu očí již v 19. století, v posledním desetiletí došlo k výraznému rozvoji a růstu této oblasti. Díky tomuto pokroku se stalo sledování pohybu očí populární mezi výzkumníky z různých oborů. Sledování pohybu očí je proces, kterým se zaznamenává pohyb oka a místo, na které se

subjekt dívá. To se děje za pomoci přenosného zařízení, jako jsou například brýle nebo externí kamera. (Valiyousefi et al. 2015)

Existuje mnoho technik, jak sledovat a zaznamenávat pohyby očí. Nejčastější technikou, kterou používají moderní eye-trackery, je metoda založená na sledování středu zornice a odrazu na rohovce (*Pupil Center Corneal Reflection - PCCR*). Při této metodě se blízký infračervený paprsek namíří směrem k zornici (tj. středu oka), což způsobuje viditelné odrazy na rohovce, které jsou snímány kamerou. PCCR se nejčastěji používá u vzdálených neinvazivních eye-trackerů, tedy například brýlí. (Punde et al. 2017)

Eye-trackery zaznamenávají pohyby očí pomocí světelného zdroje, který osvětluje oko a způsobuje viditelné odrazy. Používá se k tomu vysokorychlostní kamera k zachycení obrazu oka, aby byly viditelné odrazy. Poté se tento obraz oka používá k identifikaci odrazů světelného zdroje na rohovce a zornici. Na základě úhlu mezi odrazy na rohovce a zornici se vypočte vektor a na základě této informace se vypočte směr pohledu. Metody výpočtu vektoru zahrnují rychlostní metodu, metodu disperze a oblasti zájmu. (Punde et al. 2017)

S pomocí zpracování obrazu se dá odhadnout linie pohledu (LoG) nebo linie zorného pole (LoS), a bod zájmu (PoR) lze vypočítat jako průsečík LoG s LoS s objektem prostoru nebo scény. (Punde et al. 2017)

Sledovací zařízení poskytuje mnohé informace, jako je například "heat mapa", jejíž ukázka je na *Obrázku 7*. Jedná se o grafické zobrazení, které ukazuje, na jaké objekty nebo místa se subjekt zaměřoval pohledem. Červené oblasti na mapě označují místa s nejvyšší fixací pohledu, zatímco zelené (až modré) ukazují nízkou fixaci pohledu. (Smołucha 2020)



Obrázek 7 Ukázka heat mapy (Smołucha 2020)

### 3.2.2 Hmat

Lidský hmat je jedním z nejdůležitějších smyslů člověka, který mu umožňuje vnímat okolní svět. V rámci tohoto smyslu jsou v těle speciální sensorické buňky, tzv. mechanoreceptory, které jsou schopné vnímat dotyk a tlak a přenášet tuto informaci do mozku. Tyto buňky jsou rozmístěny po celém těle, ale většinou se nacházejí na kůži a sliznicích. (Richard Rokyta 2016)

Lidský hmat hraje důležitou roli také při ovládnutí automobilu, zejména pokud jde o řízení a manipulaci s různými ovládacími prvky. Zvláštní pozornost se věnuje designu a ergonomii těchto prvků, aby byly snadno rozpoznatelné a ovladatelné bez nutnosti vizuálního kontaktu. Výzkumy ukazují, že hmatová zpětná vazba může být užitečná při různých činnostech v automobilu, jako je nastavení teploty, ovládnutí hudby a navigace. Zlepšením ergonomie a designu ovládacích prvků může být zlepšena celková bezpečnost jízdy. (Jung et al. 2021; Renata et al. 2021)

### 3.2.3 Sluch

Při řízení řidič získává informace také pomocí dalších smyslových modalit. Tyto podněty získané například prostřednictvím vnímání zvuku, vibrací, pohybů vozidla nebo čichu mohou uživateli poskytovat důležité informace při plnění různých úkolů v automobilu, zároveň ale mohou mít i negativní dopad na řidiče (únava, rušení, překryv jiných užitečných

informací). Například zvuky motoru a silnice poskytují řidiči informace o rychlosti vozidla. Příliš mnoho nebo příliš hlasitých zvuků však může způsobit únavu a narušit rozhovory s ostatními cestujícími nebo příjem jiných zvukových signálů. Ve vývojové fázi automobilu je proto kladen důraz na to, aby vozidlo poskytovalo uživateli potřebné signály správného typu a velikosti, mezi které náleží například akustická zpětná vazba při ovládní ovladačů ve vozidle, která je zpracována pomocí sluchového systému. (Bhise 2016)

Sluchový systém, skládající se ze zevního, středního a vnitřního ucha, slouží k přijímání a analýze zvukových podnětů, komunikaci a jako ochrana před nebezpečím. Podélným kolísáním tlaku vzduchu vznikají zvukové vlny, které jsou registrovány sluchovými receptory v Cortiho orgánu vnitřního ucha. Zvuková tlaková vlna je přijímána boltcem, přenesena zevním zvukovodem na bubínek středního ucha, odkud je pomocí sluchových kůstek (kladívko, kovadlinka a třmínek) přenesena do vnitřního ucha. Rychlost šíření těchto zvukových vln je 340 m/s. U člověka se oblast slyšitelnosti, měnící se v závislosti na věku, pohybuje v rozmezí 16 – 20 000 Hz. (Richard Rokyta 2016)

### **3.3 Koncepce ovládní**

#### **3.3.1 Mechanické ovládní**

Přestože se do automobilového průmyslu dostávají stále více dotykové obrazovky, nejvíce využívaná zůstávají nadále mechanická ovládní automobilů. Na rozdíl od dotykových displejů totiž poskytují uživateli zároveň vizuální i nevizuální vjemy, nevyžadují tedy tolik pozornosti a řidič není vystaven tak velkým bezpečnostním problémům. Zároveň některé studie ukazují, že spolehlivost mechanických ovladačů je vyšší než dotykových displejů. (Jung et al. 2021)

#### ***Základní rozdělení***

##### **Spojité a diskrétní**

Spojité ovládací prvek umožňuje nastavení v libovolném bodě v mezích jeho pohybového rozsahu (např. otočný ovladač pro hlasitost rádia).

Diskrétní ovládací prvek má aretační prvek či polohu, které umožňuje nastavení hodnoty pouze do této přednastavené polohy (např. ovládaní otáček ventilátoru). (Bhise 2016)

### **Tlačítka**

Představují nejjednodušší ovládací prvek, k jehož ovládnutí je potřeba pouze jeden prst vyvíjející sílu na tlačítko v rozmezí 1,8 až 5,3 N. Protože lze většinu tlačítek ovládat pouze velmi malou silou, řidiči budou preferovat místo, kde lze v blízkosti tlačítka ovládací ruku (či ostatní prsty) podepřít. (Bhise 2016)

#### Fitssův zákon pohybu ruky

V roce 1954 formuloval Paul Morris Fitts prediktivní model pohybu, který dodnes zůstává jedním z nejdůležitějších principů při navrhování designu různých interakcí mezi člověkem a strojem. Na základě 3 experimentů zavedl rovnici, která je dnes známá jako Fittsův zákon pohybu ruky:

$$MT = a + b \times ID \quad (1)$$

$$ID = \log_2 \left( 2 \frac{A}{W} \right) \quad (2)$$

kde:

MT = čas pohybu k objektu (*movement time*)

ID = index obtížnosti (*index of difficulty*)

a = čas pro přípravu potřebného svalů – konstanta

b = konstanta daná typem zařízení

A = vzdálenost od počáteční lokace ke středu cílového objektu

W = šířka cílového objektu (Bajer 2021)



V průběhu dalších let se objevily mnohé kontroverzní diskuse o nedostatcích a nepřesnosti tohoto zákona. Bylo dokázáno, že navzdory původnímu znění má na chybovost větší vliv velikost objektu než jeho vzdálenost. Důležitým nedostatkem je předpoklad, že oblast v rohu, např. dotykového displeje v automobilu, je dle Fittsova zákona považována na nejméně vhodnou pro umístění funkčního tlačítka, protože se nachází nejdále od středu obrazovky. Díky ohraničení dotykové obrazovky, a tedy jistému zachytnému bodu se ale na tyto místo lze přesunout s vyšší rychlostí a často také s vyšší přesností. (Bajer 2021)

### **Kolébkové spínače**

Dvoupolohové kolébkové spínače, které volí mezi dvěma režimy (většinou vypnuto / zapnuto) jsou jedním z nejběžnějších spínačů na přístrojových deskách automobilů. Stlačená, tedy nevyčnívající část kolébkového spínače, indikuje nastavený režim, zatímco vyčnívající část poskytuje vizuální a hmatovou nápovědu pro označení dostupného režimu pro budoucí nastavení. (Bhise 2016)

Některé kolébkové spínače mají i více než dvě polohy, ale takovéto spínače je obtížné nastavit a jsou náchylné k chybám nastavení, protože kolébka neposkytuje dostatečné vizuální podněty k určení zvoleného režimu. (Bhise 2016)

### **Otočné spínače**

Většina otočných spínačů se skládá z kulatého knoflíku, který se po uchopení otáčí ve směru hodinových ručiček pro zvýšení nebo zapnutí nebo proti směru hodinových ručiček pro snížení nebo vypnutí. Knoflíky mohou mít různé tvary, velikosti s ukazateli nebo označením. Mohou být umístěny na různé povrchy a v různých orientacích – např. otočný spínač pro ovládání světel, pro ovládání hlasitosti rádia atd. Mohou být spojitě (tedy nastavitelné do libovolné polohy) nebo diskrétní (s možným umístěním pouze do přednastavených aretačních poloh). (Bhise 2016)

### **Multifunkční spínače**

Existuje mnoho druhů kombinovaných spínačů, které lze využít k ovládání různých funkcí, například:

- otočný přepínač světel, který lze vytáhnout pro mlhová světla

- otočný přepínač, který lze zároveň používat jako joystick (viz *Obrázek 8*)
- páčka přepínače směrových světel, která současně ovládá stěrače nebo dálková světla

Pro použití multifunkčních spínačů je důležité jejich označení, a tedy samostatné označení jednotlivých funkcí (popis, tvar, barva, schématická značka apod.). (Bhise 2016)

### Nastavitelné/programovatelné spínače

Nastavitelný neboli programovatelný spínač může měnit svou ovládanou funkci v závislosti na zvoleném režimu. Například ovladač BMW iDrive, jehož ukázka je na *Obrázku 8*, který se poprvé představil v roce 2001, používá multifunkční ovladač s osou kolmou k vodorovnému povrchu středové konzole. Jedná se o otočný přepínač, který lze zároveň stlačit čtyřmi různými směry jako při ovládání joysticku, s tlačítkem uprostřed pro potvrzení výběru. Kolem otočného spínače jsou umístěna tlačítka pro výběr požadované funkce – ovládání rádia, telefonu, navigace apod.

Nevýhodou tohoto systému ovládání je potřeba uživatele naučit se pracovat s jednotlivými možnostmi ovládání v rámci vybrané funkce (např. otočení spínače v režimu rádia zvýší hlasitost, v režimu navigace přiblíží mapu atd.). (Bhise 2016)



*Obrázek 8 Ovládání iDrive ve voze BMW (Custard 2021)*

## Haptické ovladače

Haptické ovladače jsou především dotyková tlačítka, která uživateli poskytující sekundární hmatovou zpětnou vazbu, tedy informaci, zda bylo tlačítko stisknuto, a to nejčastěji pomocí lehkých vibrací. (Bhise 2016)

### *Používané ovladače*

V automobilovém průmyslu se používá velké množství ručních ovladačů, některé z běžně užívaných jsou v následující tabulce:

<i>Název</i>	<i>Popis</i>
<b>Chvilkové tlačítko</b>	Po stisknutí se tlačítko vrátí do původní polohy (příp. je zvýrazněno)
<b>Západkové tlačítko</b>	Po stisknutí tlačítko zůstává v zajištěné poloze
<b>Přepínač - rádiová tlačítka</b>	Skupina vzájemně vylučných tlačítek, po stisknutí zůstává vybrané tlačítko v zajištěné poloze (nebo zvýrazněno), po výběru jiného tlačítka se původní uvolní
<b>Vícetlačítkový s různými funkcemi</b>	Tlačítka pro různé režimy seskupená dohromady
<b>Vícetlačítkový směrový</b>	Řada tlačítek uspořádaných pro zvýšení nebo snížení velikosti funkce, např. pro rychlost ventilátoru
<b>Chvilkový kolébkový spínač</b>	Většinou dvupolohový spínač, který se po použití vrátí do původní (neutrální polohy)
<b>Západkový kolébkový spínač</b>	Většinou dvupolohový spínač, který se po použití zůstane v zajištěné poloze
<b>Sklopná vytahovací/stlačovací kolébka</b>	Běžně používaná pro elektricky ovládaná okna
<b>Kontinuální rotační</b>	Bez omezení rotace spínače (např. většina otočných spínačů pro ovláání hlasitosti rádia)
<b>Rotační s aretací (s nastavenými polohami)</b>	S omezenou možností rotace (např. spínač pro volbu jízdního režimu vozu nebo nastavení teploty klimatice)
<b>Kontinuální ovládací kolečko</b>	Např. pro nastavení otevření výfukových otvorů pro klimatizaci
<b>Ovládací kolečko s aretací</b>	Např. pro nastavení teploty vyhřívání sedadel nbo rychlosti automatických stěračů na páčce pro směrová světla

*Tabulka 1 Ukázka vybraných ovladačů v automobilech (Bhise 2016)*

### 3.3.2 Dotykové ovládání

Displeje s dotykovou obrazovkou mají překrytou horní vrstvu displeje ovládací plochou, proto je lze ovládat dotykem prstů bez použití vstupního ovládacího zařízení. Dotykové oblasti se zobrazují vizuálně a fungují tak zároveň jako ovládací i sdělovací prvky. Dotykové ovládací prvky jsou nejpřímější formou ovládacího rozhraní, právě protože informační displej a ovládací prvky (ovladač a sdělovač) jsou na jedné ploše. Mají tedy potenciál být intuitivní, očekávané a přirozené (jako ukazování prstem). (Bhise 2016)

#### *Historie*

Ačkoliv první dotykový displej se v osobních automobilech objevil již v roce 1986 v modelu vozu Buick Riviera, nárůst popularity této technologie lze sledovat převážně během posledního desetiletí. (Anderson 2021)

Na rozdíl od dnes používaných technologií displejů z tekutých krystalů byl však v prvním voze použit zelenočerný displej s katodovou trubicí. Od systému se ale do roku 1990 upustilo, neboť zákazníci jej shledávali obtížným a rušivým. Některé další automobilové společnosti zaznamenaly stejný ohlas, takže technologie zůstala v pozadí, využívána pouze u automobilů vyšší třídy. (Anderson 2021)

K průlomů došlo v roce 2012, kdy společnost Tesla uvedla na trh svůj vůz Tesla Model S, který se svým 17palcovým displejem určil budoucnost infotainment systému ve vozech.

#### *Technologie dotykových obrazovek*

V současné době jsou využívány 4 technologie dotykových displejů, a to:

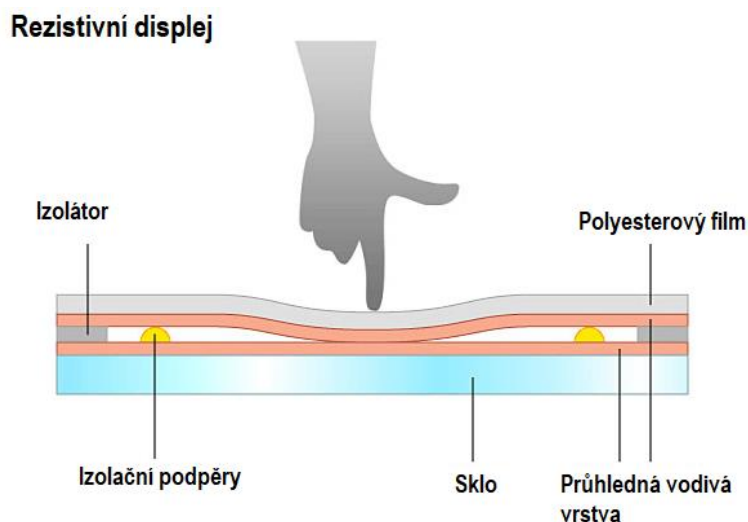
1. Rezistivní / odporové
2. Kapacitní
3. Infračervené
4. SAW - Povrchová akustická vlna (Ratana Bhalla a Vardhan Bhalla 2010)

Pro účely využití v osobních automobilech se využívají pouze technologie kapacitní a rezistivní. Přestože se postupně stále rozšiřuje využití kapacitních dotykových displejů

využívaných v osobních automobilech, hlavní využívanou technologií zůstává rezistivní. (Pitts et al. 2014)

## Rezistivní

Vývojově nejstarší technologií využívanou pro dotykové displeje je rezistivní neboli odporová s dvěma podtypy, čtyř a pětivodičovou odporovou technologií, fungujícími na stejném principu. Displej, zobrazený na *Obrázku 9*, se skládá z několika vrstev. Hlavními z nich je pevná vrstva uložená ve spodní části a vrchní pružná membrána na povrchu, mezi nimiž je vzduchová mezera vyplněná rastrem izolačních podpěr, které tyto vodivé vrstvy od sebe izolují. Při dotyku s dostatečným tlakem se horní membránová vrstva prohne a vrstvy se pomocí rastrových podpěr spojí, čímž mezi nimi začne procházet elektrický proud a následně řídicí a vyhodnocovací modul, který je připojený k oběma vrstvám, vyhodnotí polohu a velikost bodu dotyku. Výhodou této technologie je možnost ovládání dotykového displeje předmětem z libovolného materiálu a nižší cena, naopak nevýhodou je například nižší životnost či náchylnost na mechanické poškození. (Ratana Bhalla a Vardhan Bhalla 2010; Kefurt 2021; Nam et al. 2021)

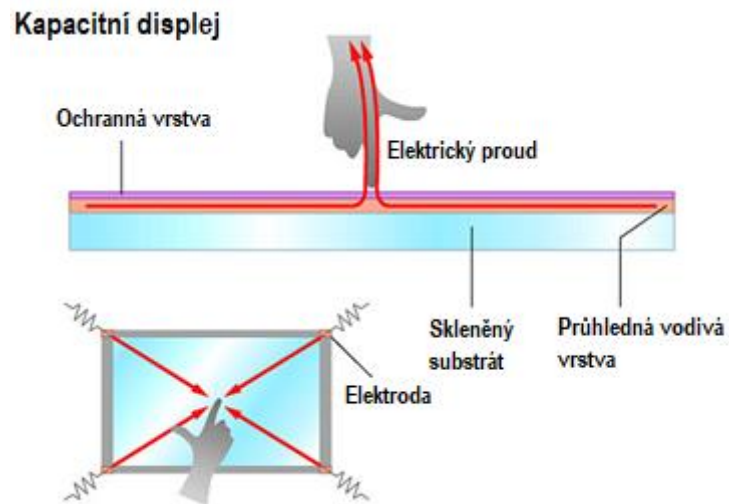


Obrázek 9 Rezistivní displej (MIKROE 2016)

## Kapacitní

V případě kapacitního dotykového displeje, který lze vidět na *Obrázku 10*, se technologie spoléhá na přirozenou elektrickou vodivost lidského těla. Na povrchu skleněného displeje je nanesena tenká průhledná vodivá vrstva (většinou ITO – směsný oxid

india a cínu, využívaný v elektronických aplikacích), uchovávající elektrický náboj. Při dotyku vodivým předmětem je narušeno elektrostatické pole, tím je zaznamenána změna kapacitního odporu a dojde k vzrůstu elektrického proudu. Velikost změny proudu je využita k určení přesného místa dotyku pomocí řadiče. Hlavní výhodou této technologie je možnost multidotykového vstupu a vyšší mechanická odolnost oproti displejům s technologií rezistivní. (Pitts et al. 2014; Kefurt 2021)



Obrázek 10 Kapacitní displej (MIKROE 2016)

### **Zhodnocení**

Vzhledem k tomu, že oblast dotykového ovládání je přístupná pouze pomocí vizuální informace o její poloze a velikosti, závisí přesnost aktivace především na viditelnosti dotykového tlačítka (vznačené oblasti na displeji), velikosti prstu, aplikace Fittsova zákona a poskytnutí podpory dlaně či prstů. (Bhise 2016)

Mezi hlavní výhody patří:

- a) Vstupní zařízení je zároveň také výstupním zařízením (stejný displej)
- b) Snížení počtu pohybů očí a rukou potřebných k nalezení a uchopení tlačítka
- c) Eliminuje ohyby prstů a pohyby uchopení (zkrácení doby aktivace)
- d) Není potřebné žádné další vstupní ovládací zařízení (Bhise 2016)

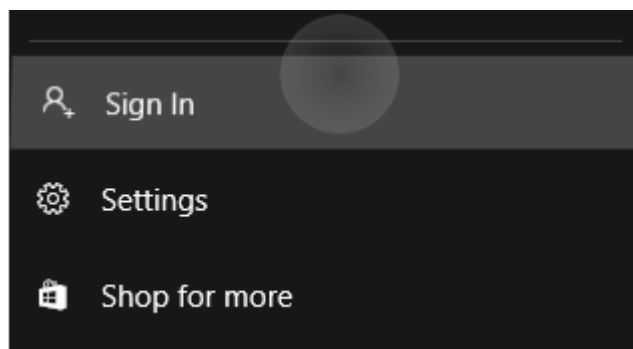
Mezi hlavní nevýhody lze zařadit:

- a) překážky v dotykových oblastech způsobené ovládacím prstem a rukou

- b) přílišný kontakt prstů ztěžuje jemné kontrolní pohyby
- c) dlouhé nehty mohou působit potíže s orientací prstu a dosažení dostatečného kontaktu prstu (kůže) s ovládací plochou
- d) nedostatek hmatové zpětné vazby u konvenčních dotykových obrazovek (nutná kontrola, zda bylo dotykové tlačítko stisknuto)
- e) sluneční světlo nebo odrazy snižují čitelnost obrazovky
- f) paralaxa ovlivní přesnost polohování prstů
- g) kapacitní dotykový displej nebude fungovat např. při použití rukavic v zimě, jestliže tyto neumožňují ovládání dotykových obrazovek
- h) dotyk prstů může způsobit otisky nebo šmouhy na povrchu displeje
- i) povrch dotykové obrazovky se může opotřebovat a poškrábat, což časem snižuje jeho čitelnost (Bhise 2016)

Hlavní nevýhodou zůstává především to, že dotykové displeje postrádají zpětnou vazbu, která je typická pro konvenční mechanická tlačítka, díky čemuž je pro uživatele obtížné určit, zda a kdy byla požadovaná akce spuštěna. K redukci tohoto nedostatku lze začlenit vizuální, zvukovou a hmatovou zpětnou vazbu:

- a) Vizuální zpětná vazba může být dosažena jednoduchou změnou vizuálních prvků na obrazovce, jakmile je zaznamenán dotyk prstu. Příklad takové zpětné vizuální vazby je uveden na následujícím *Obrázku 11*, kde je světlým kolečkem znázorněno místo dotyku.



Obrázek 11 Ukázka vizuální zpětné vazby dotyku

Zdroj: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/apps/design/input/guidelines-for-visualfeedback>

- b) Zvuková zpětná vazba může využít interní zvukové zařízení na samotné dotykové obrazovce, druhou možností je použití reproduktorové soustavy vozidla. Alternativou ke zvukové indikaci je haptická zpětná vazba při dotykové události.
- c) Jednou z metod k dosažení této zpětné vazby je použití plovoucí struktury se specifikovanou amplitudou vibračních pohybů nebo ostrým hmatovým pocitem podobným konvenčnímu spínači. (Bhise 2016)

Obecně uživatelé preferují kromě vizuální zpětné vazby alespoň zvukovou nebo hmatovou zpětnou vazbu. Dotykové obrazovky s sebou ale přináší další výhody – díky tenké struktuře zabírají ve voze méně místa (s tím je spojená menší hmotnost), představují snadno čistitelné povrchy bez hran a malých mezer, obecně jsou odolnější díky menšímu množství pohyblivých částí nebo elektrickým kontaktům náchylným na opotřebení. (Bhise 2016)

### **3.3.3 Ostatní**

#### ***Hlasové ovládání***

První systém pro ovládání automobilů hlasem byl prezentován již v roce 1996 společností Mercedes-Benz. (Berton 2008) Od té doby prošla technologie mnoha vylepšeními až do své dnešní podoby, kdy slouží k tomu, aby dovolila osádce/posádce vozu řídit některé funkce vozu prostřednictvím hlasových příkazů. (Goodlad 2021)

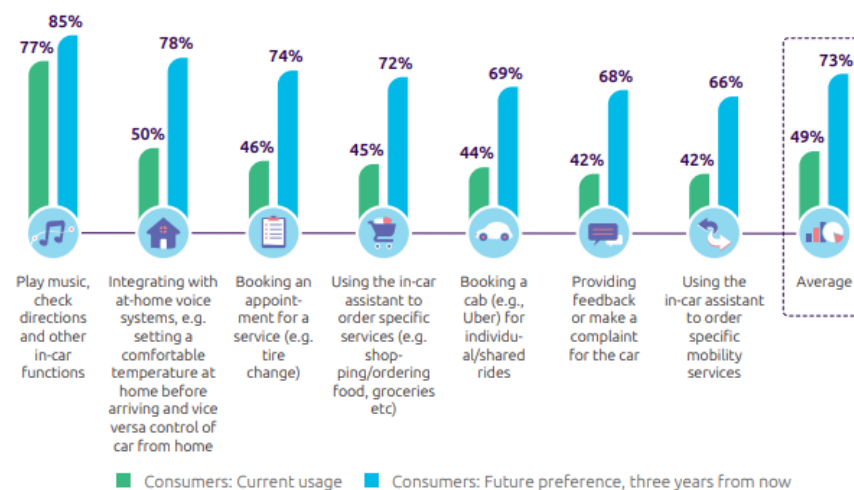
Ve většině vozů, v nichž je instalováno rozpoznávání hlasu, je na volantu umístěné tlačítko, které spouští systém hlasového ovládání a umožňuje tak řidiči vyslovovat příkazy k ovládání informačního a zábavního systému. Mezi funkce, které lze takto ovládat, lze zařadit např. satelitní navigaci, rádio/média či telefon připojený prostřednictvím Bluetooth. (Goodlad 2021)

V některých vozidlech se zobrazuje konkrétní fráze, kterou je potřeba vyslovit pro požadovaný úkon, například „navigace“ následovaný příkazem „zadat cíl“ apod. Některé vozy se časem naučí hlas řidiče a porozumí frázím a slovům, které následně usnadňují používání, zatímco jiné jsou programované tak, aby byla schopna reagovat přímo na konkrétní požadavky. V případě vyslovení fráze „chci kávu“ jsou poté zobrazeny možnosti, kde v okolí lze kávu získat. (Goodlad 2021)



Zatímco některé používané systémy rozpoznávání hlasových příkazů jsou účinnější než jiné, s jistotou lze říct, že tato technologie se v průběhu posledních let značně zdokonaluje a dostává do popředí, především díky její výhodě, a tedy tomu, že pro ovládání není nutné odvrátit zrak řidiče od silnice a zároveň ponechat obě ruce na volantu. (Goodlad 2021)

Dle průzkumu, prováděného v roce 2019 společností Gemini, 73 % řidičů očekávalo, že do konce roku 2022 budou používat hlasové asistenty zabudované v jejich autech pro jeden či více úkonů. Průzkum ale zároveň ukazuje vysokou míru optimismu týkající se vylepšení této technologie, neboť pouze 28 % z celkového počtu více než 7 000 dotazovaných, uvedlo, že jejich zkušenosti s hlasovým asistentem v automobilu jsou skvělé. 59 % respondentů uvedlo, že je nutné budoucí zlepšení této technologie. Výsledky této studie jsou uvedeny na *Obrázku 12*. (Schwartz 2019; Winkler et al. 2019)



*Obrázek 12 Výsledek průzkumu společnosti Gemini (Winkler et al. 2019)*

### **Ovládání gesty**

Kromě výše zmíněných způsobů ovládání se v roce 2015 v modelech vozu BMW řady 7 poprvé objevil nový způsob ovládání, a to ovládání pomocí gest prováděných rukou, v té době omezeno pouze na ovládání hudby/audia a příchozích hovorů. (APTIV 2021)

Tato technologie využívá senzory ke čtení a interpretaci pohybů rukou jako příkazy. V současné době jsou tyto využívány především k ovládání infotainment systému. S dospívající technologií gest lze ale předpokládat, že se rozpoznávání posune nad rámec

infotainmentu a bude běžně možné ovládat také další systémy ve vozidle, například topení. (APTIV 2021)

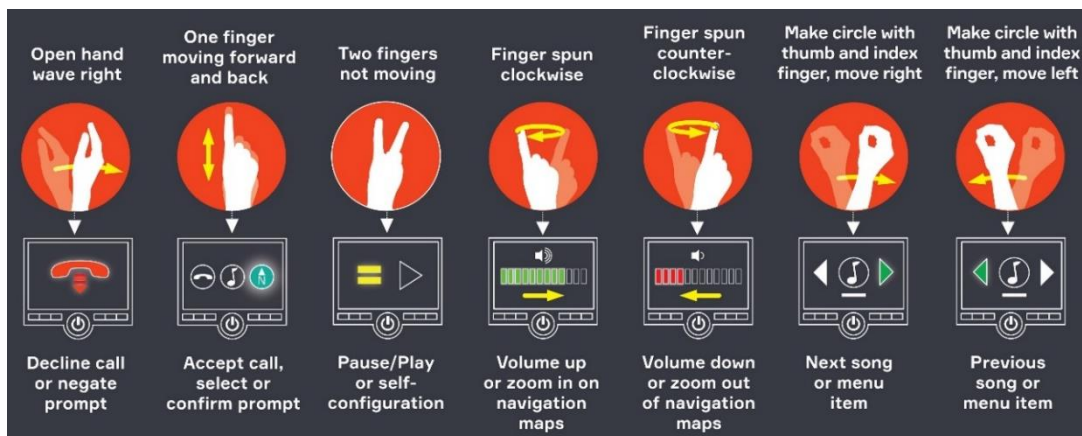
### Princip fungování

Základní částí je kamera namířená na konkrétní trojrozměrnou zónu v prostoru řidiče (většinou oblast mezi tělem řidiče a volantem), která zachycuje pozice a pohybu rukou snímek po snímku. Kamera je ve většině případů umístěna ve střešním modulu či na jiném vhodném místě, u něhož je nepravděpodobné, že by kamera mohla překážet. Systém osvětluje oblast infračervenými LED diodami nebo lasery pro jasný obraz i v případě, že není dostatečné množství přirozeného světla. Tyto snímky jsou analyzovány v reálném čase pomocí počítačového systému, který převádí pohyby rukou na příkazy na základě předem určené knihovny znaků. (APTIV 2021)

### Základní gesta

Níže jsou na *Obrázku 13* znázorněna základní gesta pro ovládání automobilů pomocí gest, a to například:

- Otočení jedním prstem ve směru hodinových ručiček pro zvýšení hlasitosti rádia či přiblížení mapy a opačně
- Ukazovací gesto jedním prstem pro přijetí příchozího hovoru
- Gesto posunu pro odmítnutí hovoru a další (APTIV 2021)



Obrázek 13 Základní gesta pro ovládání (APTIV 2021)

### 3.4 Dopravní nehody

Dopravní nehody jsou jednou z největších hrozeb pro bezpečnost na silnicích po celém světě. Každoročně jsou tisíce lidí zabity a zraněny v dopravních nehodách, což má závažné důsledky jak pro oběti, tak pro jejich rodiny a společnost jako celek. (Singh et al. 2016)

Hlavní příčiny dopravních nehod jsou různorodé, včetně způsobu řízení, nedodržování pravidel silničního provozu, nesprávného používání vozidla, neschopnosti řidiče nebo technických problémů s vozidlem. Kromě toho mohou být také příčinou nehod nevhodné podmínky na silnici jako například špatné počasí nebo špatně udržované silnice. (Singh et al. 2016)

Mnoho dopravních nehod je způsobeno lidským faktorem, například neopatrným řízením, rychlou jízdou, nepozorností nebo jízdou pod vlivem alkoholu nebo drog. Proto je důležité, aby řidiči dodržovali základní pravidla silničního provozu, jako jsou dodržování rychlostních limitů, udržování bezpečné vzdálenosti od ostatních vozidel, používání bezpečnostních pásů a nepoužívání mobilních telefonů během jízdy. (Pakgohar et al. 2011; Ng et al. 2017)

Jak již bylo zmíněno, jedním z důvodů je nepozornost řidiče, mimo jiné způsobena také ovládním funkcí zabudovaných v automobilu. Nepozornost, tedy rozptýlení řidiče lze rozdělit do 4 skupin, a to:

1. **Vizuální** – Vizuální rozptýlení nastává, když řidič vidí objekty nebo události, a to omezuje jeho pozorování prostředí silnice.
2. **Kognitivní** – Kognitivní rozptýlení nastává, když řidič přemýšlí o něčem, co není související s řízením vozidla.
3. **Biomechanické** – Biomechanické rozptýlení nastává, když řidič provádí nějakou fyzickou činnost, která není související s řízením, například sahá po něčem a není v řidičské pozici nebo drží nějaký předmět.
4. **Auditivní** – Auditivní rozptýlení je způsobeno zvuky, které brání řidičům v co nejlepším využití sluchu, protože jejich pozornost byla upoutána na to, co způsobilo zvuk. (ROSPA 2022; Strayer 2015)

Jedna činnost může vytvářet více typů rozptýlení – například používání mobilního telefonu v ruce při řízení vytváří vizuální, biomechanické, auditivní a kognitivní rozptýlení zároveň. (ROSPA 2022; Poljac et al. 2018)

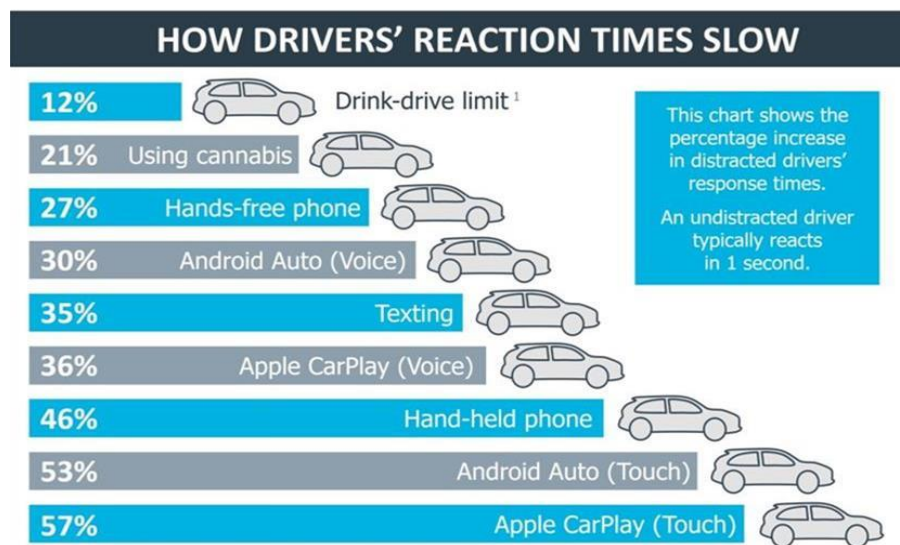
Dle zveřejněných dat Evropské observatoře bezpečnosti silničního provozu (ESRO) z roku se obecně odhaduje, že nepozornost řidiče má vliv na 5–25 % dopravních nehod v Evropě. Pravděpodobně se jedná o podhodnocení, protože je obtížné odhadnout dopad nepozornosti a rozptýlení řidiče na dopravní nehody kvůli obtížím v klasifikaci tohoto vlivu jako příčinného faktoru. Například dle statistiky Policie České republiky za rok 2020 způsobila nepozornost řidiče 15 383 dopravních nehod, což je 20,4 % z celkového počtu 94 794 dopravních nehod. V USA bylo téhož roku nepozorností řidiče způsobeno 8,1 % z celkového počtu 5 250 837 dopravních nehod. (POLICEJNÍ PREZIDIUM ČESKÉ REPUBLIKY - Ředitelství služby dopravní policie 2021; Stewart 2022; European Road Safety Observatory 2022)

Experimentální studie ukazují, že interakce s vestavěnou infotainment technologií může mít střední až silné negativní účinky na zatížení, řízení a chování. Studie přirozeného řízení zjistila náznaky samoregulace při zvládnání této situace (např. delší interakce se systémem, když vozidlo stojí). Účinky se však liší v závislosti na konkrétním úkolu (např. nastavení navigace, hledání hudby), způsobu interakce (tlačítka, dotykový displej, hlasové ovládání) a systému (značka automobilu). Starší řidiči obecně zažívají více negativních účinků. Negativní účinky se také mohou projevit poměrně dlouho po interakci se systémem. Výzkum přirozeného řízení také ukazuje, že interakce s vozidlovými systémy významně zvyšuje riziko nehod, a to až 2,5krát. (European Road Safety Observatory 2022; Dingus et al. 2019)

Možnými způsoby snižování vizuálně-manuálního rušení jsou použití hlasového ovládání a head-up displejů. Nicméně tyto metody mají stále své nevýhody, zejména co se týče kognitivního rušení. Výzkum naznačuje, že interakce založená na hlasu může mít negativní účinky na řidičské chování – kognitivní zátěž zůstává a špatně provedené hlasové systémy mohou stále vést k negativním účinkům na vizuální chování (např. dlouhé pohledy mimo silnici pro potvrzení/stavové ověření). Aby se snížilo nebo předešlo rozptylování pozornosti při řízení, mohou být infotainment systémy v automobilech nastaveny tak, aby bylo v průběhu řízení nemožné provádět určité úkoly (např. psaní cíle do navigačního

systemu). (European Road Safety Observatory 2022; Dingus et al. 2019; Angelini et al. 2016)

Podle studie z roku 2020, která se zaměřovala na zkoumání vlivu různých aspektů na reakční dobu řidiče, bylo prostřednictvím testování zjištěno, že používání dotykového displeje v automobilu vyžaduje více pozornosti řidiče než například psaní SMS na mobilním telefonu. Výsledky studie jsou graficky znázorněny na *Obrázku 14*. (Ramnath et al. 2020; Angelini et al. 2016)



Obrázek 14 Výsledky studie zabývající se vlivem rozptýlení na reakční dobu řidiče (Ramnath et al. 2020)

## 4 Praktická část práce

### 4.1 Metody získávání dat

Při výběru vhodné metody pro sběr dat je důležité zvážit požadovaný typ informace a okolnosti, za jakých budou data získávána. Pokud se experiment řídí fixním výzkumným plánem, je obtížné později změnit metodu sběru dat. Proto je vhodnější mít pružný plán výzkumu, který umožňuje přizpůsobení výběru metody danému výzkumnému problému. Je důležité nevybírat metodu pouze podle předchozích zkušeností, ale podstatný je i přehled o různých výzkumných technikách, včetně kvalitativních a kvantitativních metod sběru dat. Volba metody musí být v souladu s možnostmi výzkumníka a s časovým omezením výzkumného projektu. Základní pravidla pro výběr metody, která je však nutné neuplatňovat příliš striktně, lze shrnout v následujících bodech:

1. Jestliže je zájmem zkoumání to, co lidé dělají na veřejnosti, použije se metoda pozorování.
2. Jestli je zájmem zkoumání to, co lidé dělají v soukromí, použije se metoda interview, dotazníku apod.
3. Pro zjištění schopností lidí se použijí testy, experiment apod. (Hendl 2005)

Pro účely této práce byla zvolena kombinace více metod získávání dat, a to konkrétně dotazník pro získání informací o každém řidiči a výsledném zhodnocení a současně experimentu spojeného s pozorováním, prostřednictvím stacionárního měření.

### 4.2 Dotazování

Jednotlivým řidičům byly nejprve položeny vstupní otázky týkající se především jejich řidičských zkušeností, aby bylo následně možné určit, jak tyto ovlivňují čas potřebný k ovládnutí testovaných vozů. Jednalo se o následující informace:

- Pohlaví
- Věk
- Vlastnictví řidičského průkazu v letech
- Počet najetých kilometrů v tisících
- Zkušenosti s dotykovým ovládnutím automobilu (ANO/NE)

### **4.3 Hypotézy**

Pro účely zhodnocení výsledků výzkumu byly stanoveny následující hypotézy:

#### ***1. Hypotéza***

Předpokládá se, že pro řidiče bude časově náročnější ovládnutí ovladačů funkcí ve vozidle s dotykovým ovládnutím.

#### ***2. Hypotéza***

Předpokládá se, že schopnost řidiče ovládat dotykový displej ve vozidle bude časově náročnější pro řidiče v závislosti na přibývajícím věku.

#### ***3. Hypotéza***

Předpokládá se, že časová náročnost nebude ovlivněna pohlavím respondentů, tzn. že průměrné hodnoty obou pohlaví budou srovnatelné.

#### ***4. Hypotéza***

Předpokládá se, že řidiči s věkem nižším než 35 let si v závěrečném zhodnocení typů ovládnutí zvolí dotykové ovládnutí vzhledem k jejich větším zkušenostem a preferenci dotykových displejů a moderních technologií v běžném životě, zatímco řidiči s věkem vyšším než 35 let si zvolí ovládnutí konvenční, především z důvodů větších zkušeností s tímto typem ovládnutí ve vozech.

#### ***5. Hypotéza***

Předpokládá se, že závěrečné hodnocení typů ovládnutí nebude ovlivněno pohlavím respondentů.

### **4.4 Experiment**

Pro zjištění potřebných dat bylo provedeno stacionární měření, ve kterém byly jednotlivým respondentům zadány úkoly týkající se ovladačů vozidel. V obou vozidlech byly účastníkům klinického testování zadány shodné úkoly. Každý z těchto úkonů byl nejprve jednotlivým respondentům vysvětlen a předveden, následně byl respondentem

zopakován, zatímco byla měřena doba, kdy řidič věnoval pozornost středovému panelu. Každý účastník tedy ovládal středový panel postupně v obou vozidlech. Aby nebyly výsledky ovlivněny stejným pořadím vozů, bylo zajištěno, aby se první ovládaný vůz měnil s každým dalším účastníkem.

#### 4.4.1 Testované úkony

1. Nastavte intenzitu klimatizace na 1/2 z celkové možné intenzity
2. Nastavte hlasitost rádia na přibližně 1/4 z celkového rozsahu
3. Vyhledejte adresu a spusťte navigaci na adresu „Ruská 68, Praha“
4. Nastavte teplotu dvouzónové klimatizace na 18,5 °C pro obě přední sedadla
5. Naladíte rádiovou stanici „Evropa 2“, která je na frekvenci 88,2 FM
6. Nastavte směr ventilace pouze směrem na nohy (dolů)

V obou vozech byly nastaveny vždy shodné vstupní hodnoty, a to:

1. Intenzita klimatizace – nulová
2. Hlasitost rádia – nulová
3. Navigace – vypnutá
4. Teplota klimatizace pro sedadlo řidiče – minimální
5. Teplota klimatizace pro sedadlo spolujezdce – 21,0 °C
6. Rádiová stanice – „Frekvence 1“ (102,5 FM)
7. Směr vzduchu ventilace – zapnuto „nahoru“ a „střed“ (hlava a tělo)

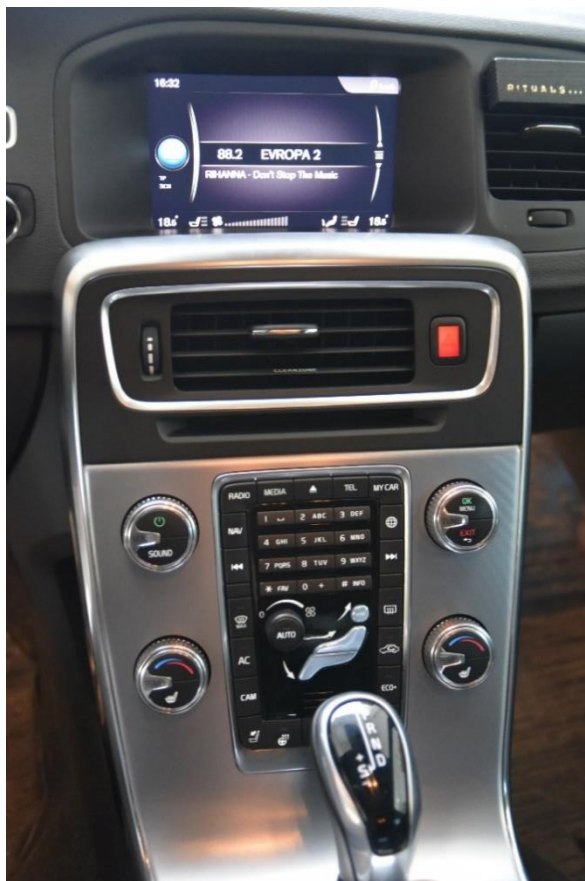
#### 4.5 Testovaná vozidla

Výzkum byl zaměřen na porovnání dvou zcela odlišných způsobů ovládání středového panelu v osobním voze. Z tohoto důvodu byly zvoleny způsoby ovládání pomocí mechanických ovladačů a dotykového displeje, neboť jsou tyto dva typy nejvíce rozšířeny a ovládání pomocí gest či hlasu nadále zůstávají v menšině. V závislosti na konkrétních použitých technologiích neposkytovalo ani jedno z vozidel uživateli významnou zpětnou akustickou odezvu při ovládání ovladačů, proto nebyl tento zvukový projev do výzkumu zahrnut.



#### 4.5.1 Volvo V60

Jako první z testovaných vozů byl zvolen automobil Volvo V60 z roku 2017. Přestože švédská společnost již v roce 2014 uvedla na trh první vůz s dotykovým displejem a v současné době jím disponuje většina jejich vozů, od původního ovládání pomocí tlačítek stále neupustila. Středový panel zvoleného vozu lze vidět na *Obrázku 15*.



*Obrázek 15 Středový panel testovaného vozu Volvo V60*

#### ***Ovládání ovladačů***

Pro ovládání teploty dvouzónové klimatizace, dovolující mírný teplotní rozdíl mezi sedadlem řidiče a spolujezdce, jsou zde využívány dva samostatné kontinuální rotační ovladače ve spodní části středového panelu. Zároveň se jedná o tlačítka, která ale k účelům tohoto výzkumu nebyla používána. Rovněž pro ovládání intenzity klimatizace je použitý menší kontinuální rotační ovladač umístěný ve středu panelu. K ovládání směru klimatizace je potřeba stisknutí tří samostatných tlačítek, dohromady tvořící lidskou siluetu, ve střední

části. Každé stisknutí jednotlivého tlačítka zvolenou oblast vypíná či zapíná. Jednotlivé ovladače jsou vyznačeny na *Obrázku 16*.



*Obrázek 16 Středový panel vozu Volvo V60 s vyznačenými ovladači pro ovládání klimatizace*

K ovládání rádia jsou určeny dva kontinuální rotační ovladače v horní části středového panelu, vyznačené na *Obrázku 17*. Vlevo umístěný pro ovládání hlasitosti a vpravo umístěný pro zvolení rádiové stanice. Výběr této stanice je následně potvrzen stisknutím tlačítka „OK“ v horní části rotačního ovladače. Rádiové stanice jsou v seznamu seřazeny dle frekvence, tudíž rozdíl mezi zvolenými stanicemi zde byl větší než v druhém voze.



*Obrázek 17 Středový panel vozu Volvo V60 s vyznačenými ovladači pro ovládání rádia*

Ovládání navigace se spouští pomocí tlačítka „NAV“ v levé části panelu. Následně je nutné pomocí pravého rotačního ovladače spolu s tlačítkem „OK“ v jeho horní části zvolit

zadávání adresy. Zde použitý navigační systém není intuitivní a je nutné zadávat přesnou adresu, a to včetně města. Každá složka konkrétní adresy, tedy město, ulice a číslo popisné se zadává samostatně pomocí klávesnice ve středu panelu. Po zvolení adresy je navigace spuštěna potvrzením tlačítkem „OK“. Tlačítka potřebná pro ovládání navigace jsou zobrazena na *Obrázku 18*.



*Obrázek 18 Středový panel vozu Volvo V60 s vyznačenými ovladači pro ovládání navigace*

#### 4.5.2 Škoda Enyaq iV

Druhým z použitých vozů byl prototyp automobilu Škoda Enyaq iV z roku 2018. Zde umístěný 13palcový dotykový displej, který lze vidět na *Obrázku 19*, slouží zároveň jako ovladač i sdělovač.



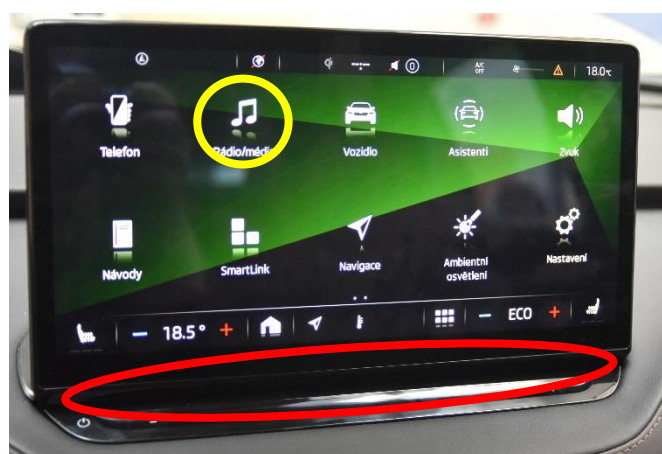
*Obrázek 19 Dotykový displej testovaného vozu Škoda Enyaq iV*

Ovládání teploty dvouzónové klimatizace je zajištěno pomocí dotykových tlačítek ve statické liště ve spodní části displeje, pro každé sedadlo samostatně, viz *Obrázek 20*. Pro ovládání intenzity klimatizace je nejprve nutné rozkliknout ovládání klimatizace a následně posuvem prstu na dotykové liště nastavit intenzitu.



*Obrázek 20* Dotykový displej vozu Škoda Enyaq iV s vyznačenými tlačítky pro ovládání teploty (červeně) a vyvoláním ovládání klimatizace (žlutě)

Pro ovládání hlasitosti rádia je pod samotným displejem umístěna dotyková lišta, která se rovněž ovládá pomocí posuvu prstu. Pro zvolení rádiové stanice je nutné ze základního menu nejprve zvolit „Rádio/média“, poté posuvem zobrazit požadovanou stanici a stisknutím ji zvolit. Ovládací lišta i tlačítko pro vyvolání ovládání rádia jsou zobrazeny na *Obrázku 21*. Jednotlivé stanice jsou zde seřazeny dle abecedy a rozdíl mezi prvotní a cílovou stanicí tak byl menší než ve druhém voze.



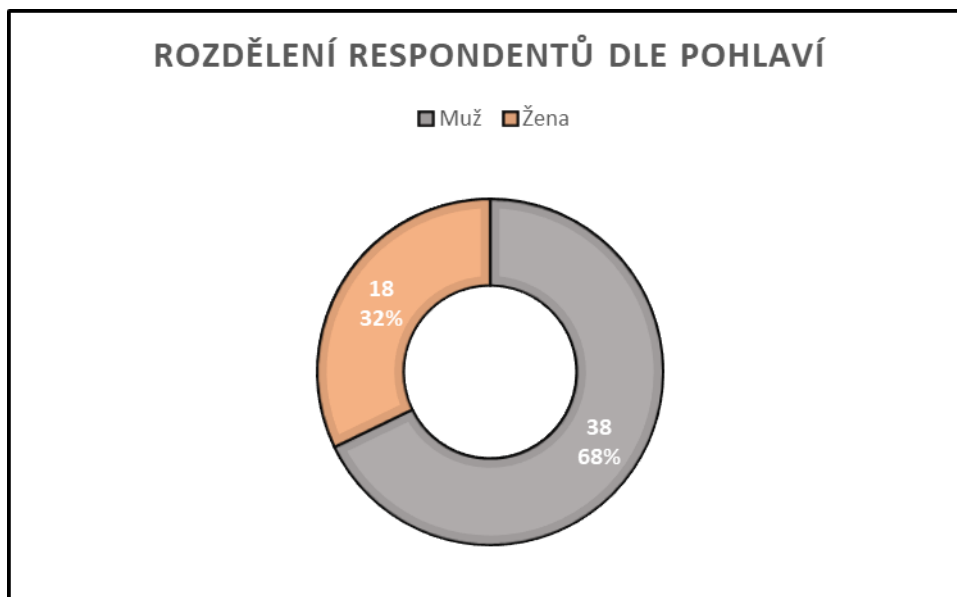
*Obrázek 21* Dotykový displej vozu Škoda Enyaq iV s vyznačenou lištou pro ovládání hlasitosti rádia (červeně) a tlačítkem pro vyvolání ovládání rádia (žlutě)

Ovládání navigace je zobrazeno po stisknutí tlačítka „Navigace“, kde se po následném výběru tlačítka „Hledat“ zadává adresa pomocí QWERTZ klávesnice. Navigační systém je v tomto případě více intuitivní a při zadávání cílového místa lze napsat pouze název ulice a číslo popisné, což je následně vybráno ze seznamu výsledků a potvrzeno.

## 5 Výsledky a diskuse

Klinického testování se zúčastnilo 56 respondentů, kteří prošli kompletním postupem a jejich výsledné hodnoty lze tedy považovat za validní pro statistické zpracování výsledných dat. Každý z účastníků nejprve vyplnil vstupní dotazník, na jehož základě bylo zjištěno, že každý příchozí je držitelem řidičského oprávnění sk. B a má tedy již zkušenosti s řízením osobního vozu.

Jednalo se o relativně heterogenní skupinu, která byla složena z 38 mužů a 18 žen, což je graficky znázorněno v *Grafu 1*. Věkové rozmezí se pohybovalo mezi 19 a 57 lety, průměrný věk sledované skupiny byl 31 let.



*Graf 1 Rozdělení respondentů dle pohlaví*

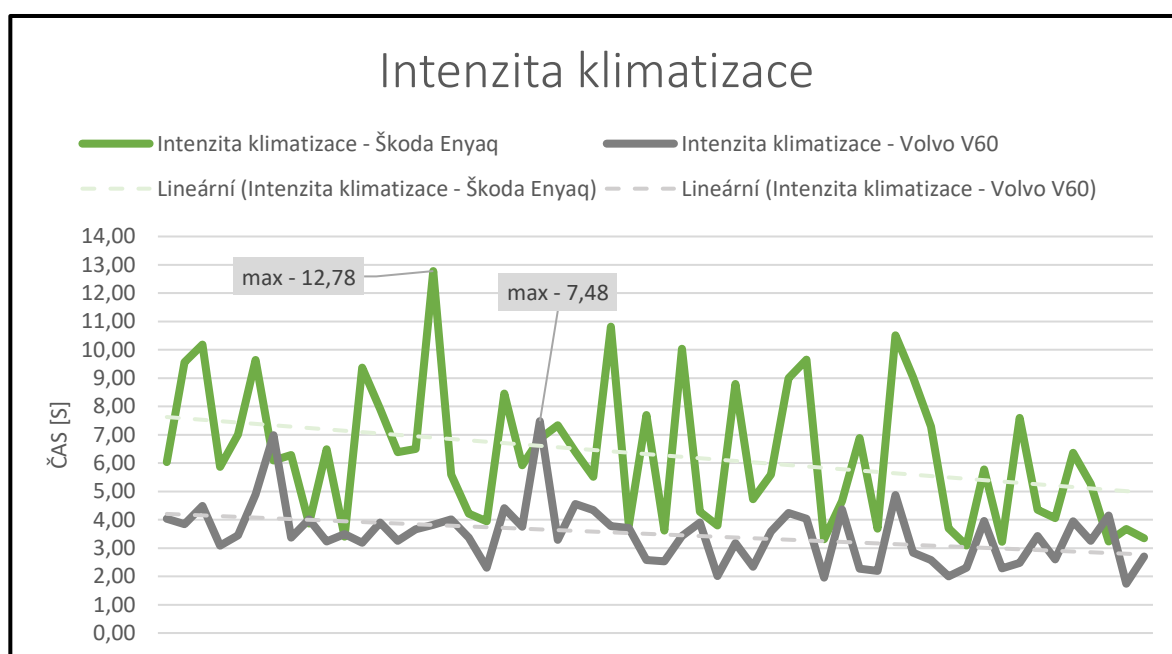
## 5.1 Jednotlivé úkony

V následující tabulce (Tabulka 2) jsou uvedeny základní statistické hodnoty týkající se doby potřebné pozornosti při plnění zadaných úkolů jednotlivými respondenty.

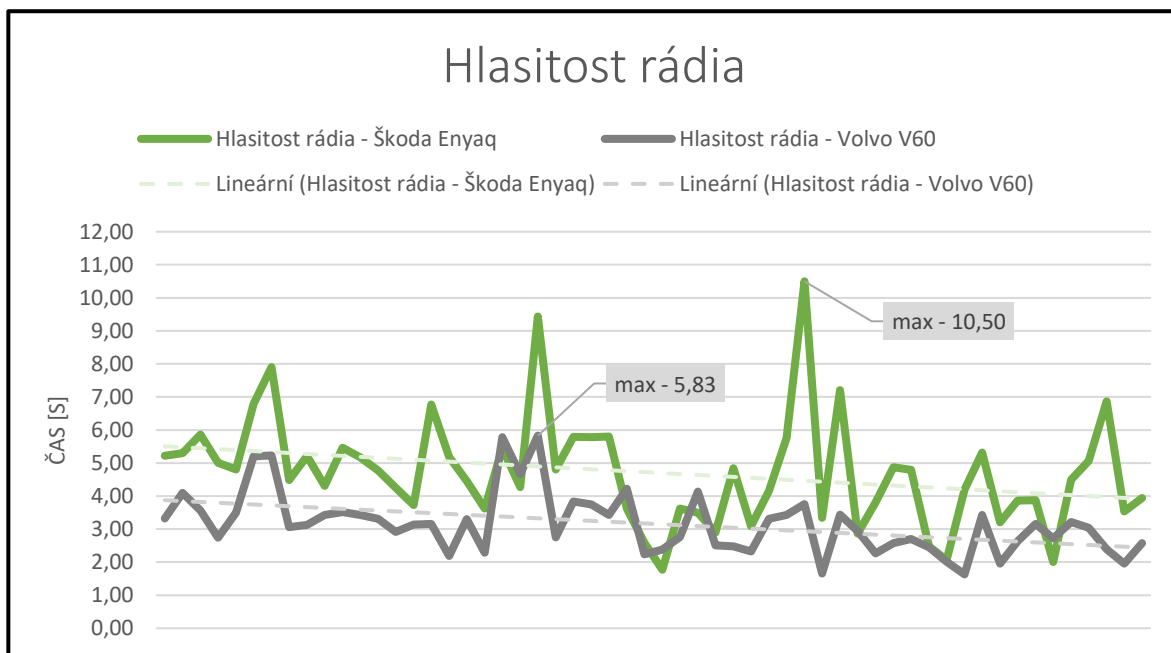
		Průměr [s]	Medián [s]	Maximum [s]	Minimum [s]	Rozdíl [%]
Škoda Enyaq	Intenzita klimatizace	6,29	6,06	12,78	3,09	75,82
	Hlasitost rádia	4,71	4,63	10,50	1,77	83,14
	Navigace	32,00	30,20	63,66	18,94	70,25
	Teplota klimatizace	7,98	7,81	17,79	4,27	76,00
	Ladění rádiové stanice	7,27	6,65	16,56	3,09	81,34
	Směr ventilace	6,02	5,45	11,64	3,31	71,56
Volvo V60	Intenzita klimatizace	3,49	3,44	7,48	1,74	76,74
	Hlasitost rádia	3,16	3,13	5,83	1,63	72,04
	Navigace	92,21	88,94	142,18	65,50	53,93
	Teplota klimatizace	7,07	6,79	13,45	3,65	72,86
	Ladění rádiové stanice	12,33	11,71	32,40	4,58	85,86
	Směr ventilace	4,43	3,93	16,40	2,05	87,50

Tabulka 2 Základní statistické hodnoty výsledků

Grafy 2 až 7 níže zobrazují všechny naměřené hodnoty, rozdělené do samostatných grafů dle jednotlivých úkonů v obou vozech s vyznačenými maximálními hodnotami.

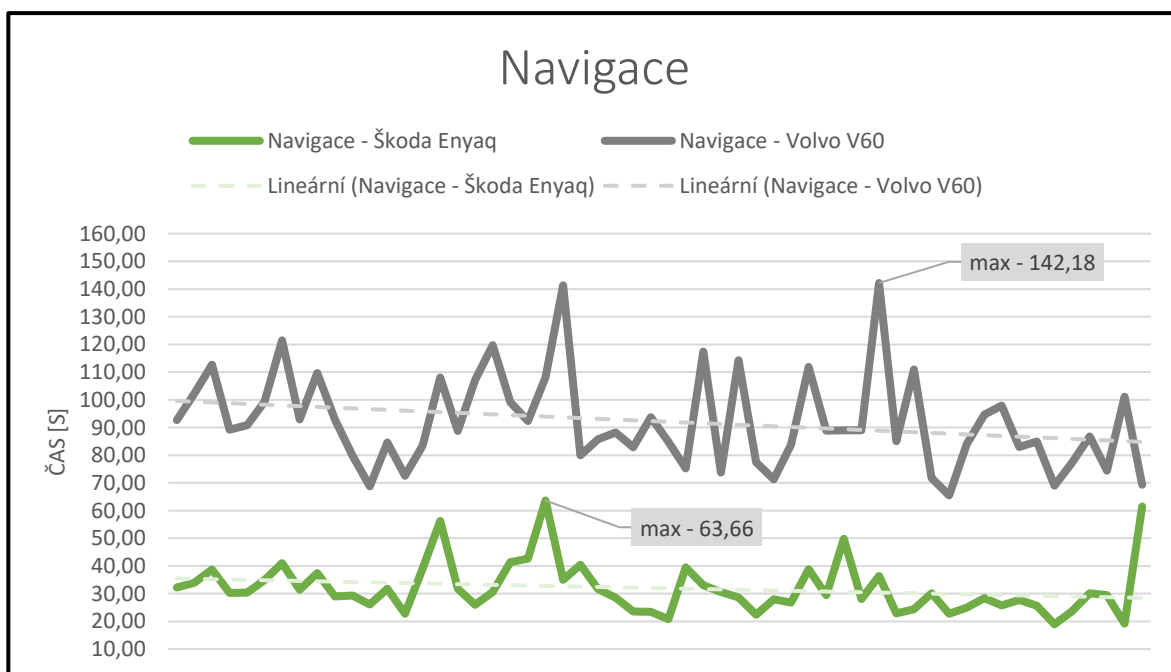


Graf 2 Naměřené hodnoty časů pro změnu intenzity klimatizace



Graf 3 Naměřené hodnoty časů pro změnu hlasitosti rádia

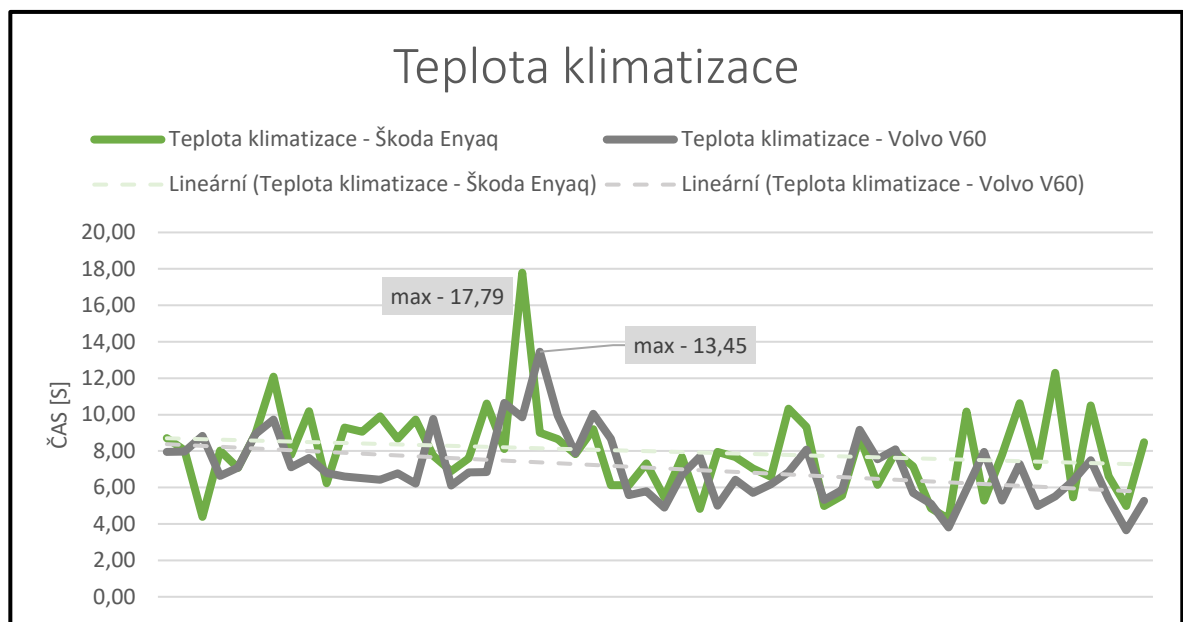
Vyšší hodnoty doby potřebné pro změnu hlasitosti rádia ve voze Škoda Enyaq iV byly většinou způsobeny chybou dotykové lišty, kdy bylo v některých případech nutné se lišty dotknout víckrát, aby byl dotyk zaznamenán.



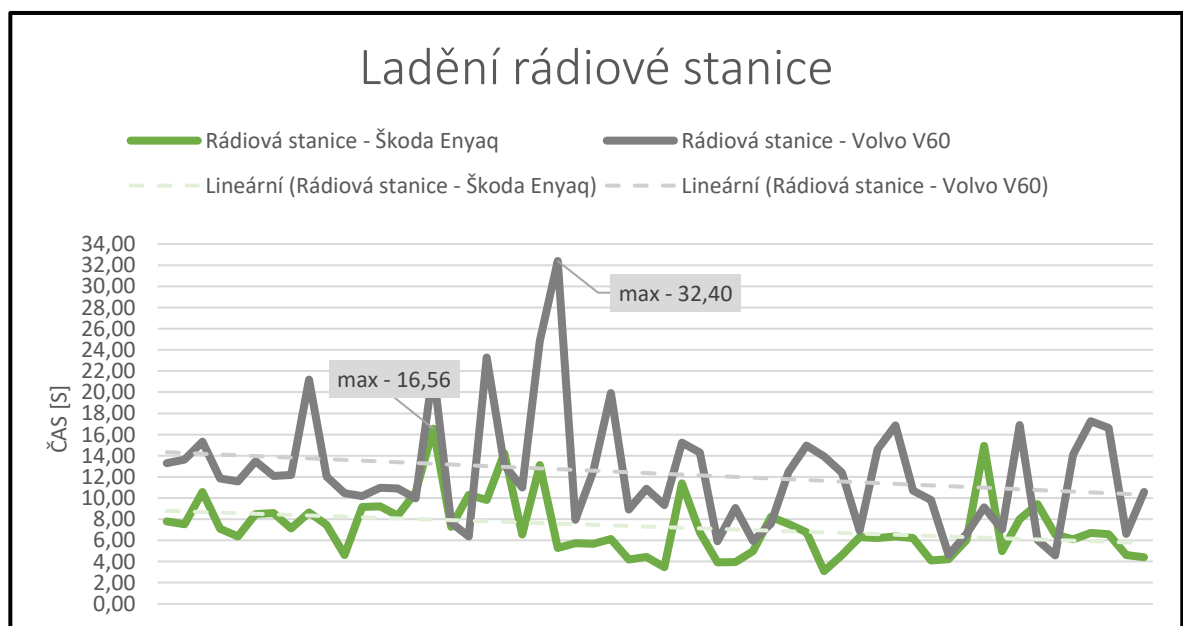
Graf 4 Naměřené hodnoty časů pro ovládání navigace



Z Grafu 4 je lze vidět velký rozdíl mezi hodnotami pro jednotlivá vozidla. Jedním z důvodů tohoto rozdílu je neintuitivnost navigačního systému ve voze Volvo V60. Jak již bylo zmíněno, bylo zde nutné zadávat také město, tedy „Praha“, čímž se zadávání cílového místa zkomplikovalo. Mimoto reakční doba systému byla velmi nízká a bylo nutné po každém zadaném písmenu počkat, než dojde k jeho zapsání. Většina respondentů považovala tlačítkové ovládání navigačního systému za vysoce nevyhovující, což následně značně ovlivnilo celkové zhodnocení.

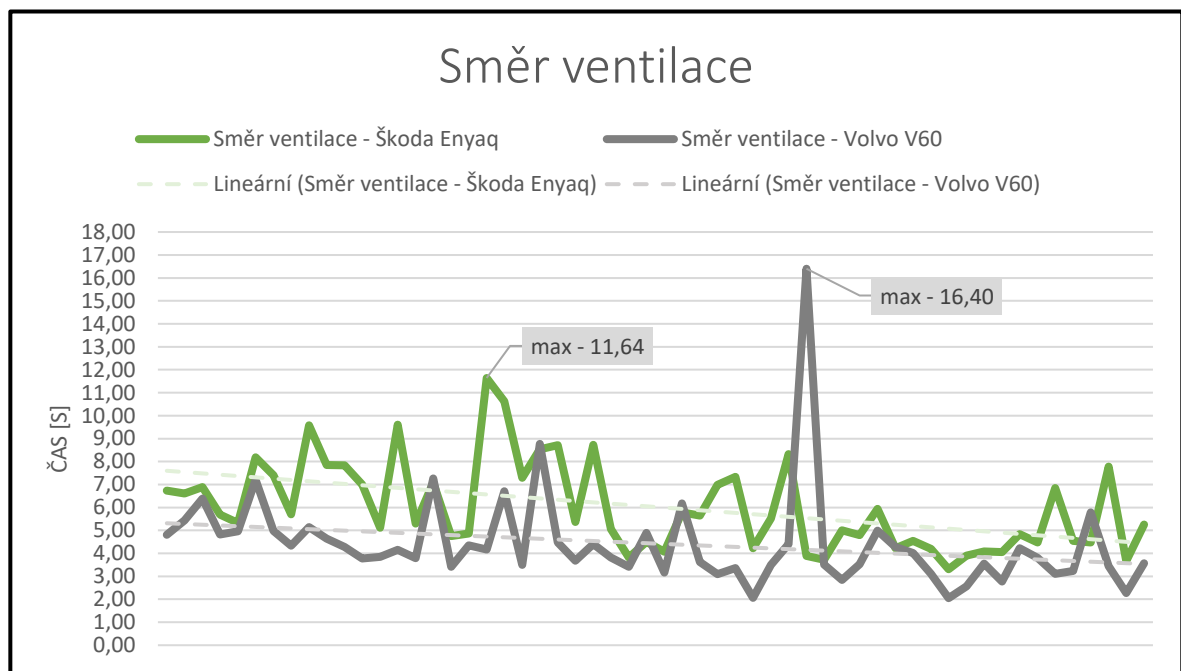


Graf 5 Naměřené hodnoty časů pro změnu teploty klimatizace



Graf 6 Naměřené hodnoty časů pro změnu rádiové stanice

Graf 6 ukazuje, že doby potřebné pozornosti pro změnu rádiové stanice byly nižší ve voze Škoda Enyaq iV. Toto bylo způsobeno zejména způsobem, jakým byly rádiové stanice řazeny v každém vozidle. Protože ve voze Škoda Enyaq iV byly rádiové stanice řazeny abecedně, byl rozdíl mezi vstupní stanicí „Frekvence 1“ a požadovanou stanicí „Evropa 2“ velmi malý. V případě druhého vozu, kde byly stanice řazeny dle frekvence, se jednalo o rozdíl větší, a to mezi frekvencemi 102,5 FM a 88,2 FM.



Graf 7 Naměřené hodnoty časů pro změnu směru ventilace

Jak zobrazuje Graf 7, doba potřebná pro změnu směru ventilace byla ve většině případů vyšší ve voze Škoda Enyaq iV. Hlavní nevýhodou zde byla potřeba nejprve pomocí dotykového tlačítka vyvolat ovládání klimatizace, nacházející se v dolní části dotykového displeje, zatímco u vozu Volvo V60 bylo možné přímo stisknout části lidské siluety pro tuto změnu.



Obrázek 22 Heat mapa získaná ze sledování respondentů při ovládní navigačního systému vozů Škoda Enyaq iV (vlevo) a Volvo V60 (vpravo)

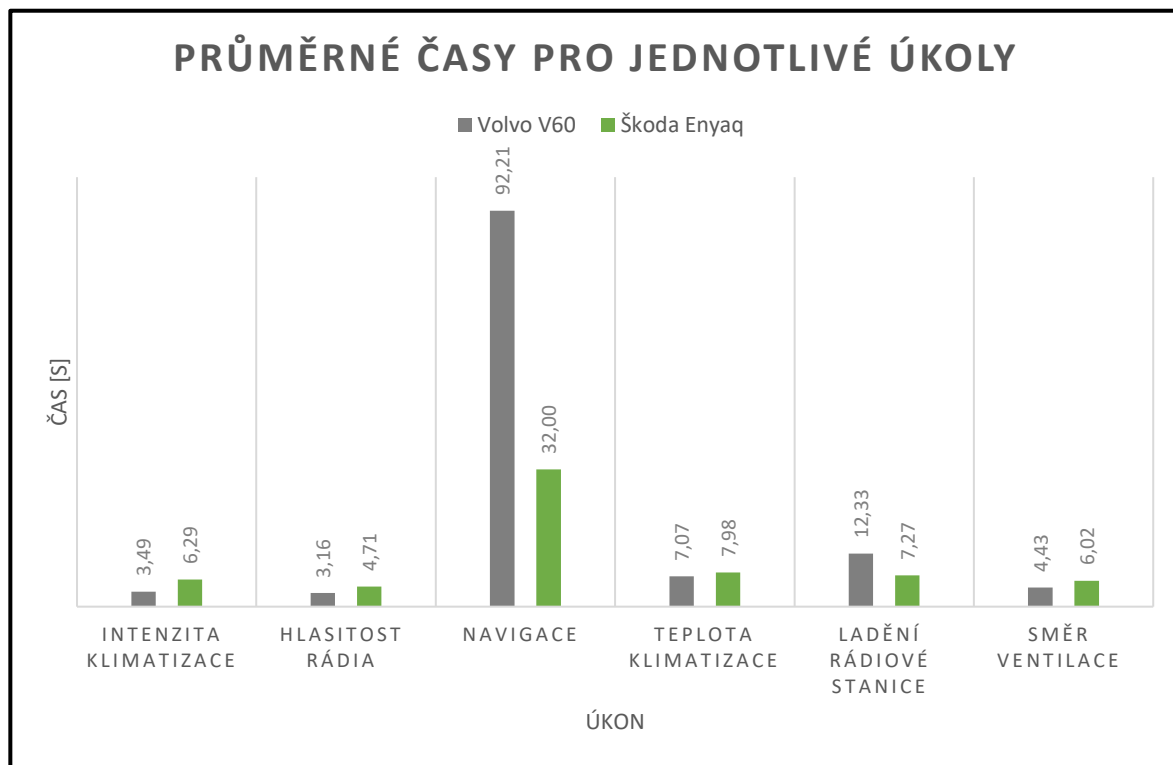
Obrázek 22 názorně zobrazuje dříve zmíněnou výhodu dotykové displeje, a tedy, že tento displej je zároveň ovladačem i sdělovačem. Červená místa na heat mapě, která byla získána v jednotlivých vozech pomocí eye-trackingových brýlí, ukazují místa, kde se respondent fixoval pohledem. U vozu s konvenčním ovládním jsou tato místa více rozptýlená po středovém panelu, protože je potřeba, aby se řidič zaměřil na samotný ovládací prvek a následně sledoval změnu požadované funkce na displeji v horní části.

## 5.2 1. Hypotéza

„Předpokládá se, že pro řidiče bude časově náročnější ovládní ovladačů funkcí ve vozidle s dotykovým ovládním.“

Průměrné hodnoty časů potřebných pro splnění jednotlivých úkolů jsou uvedeny v *Grafu 8*. Příčina největšího rozdílu, který lze pozorovat, a to v případě navigačního systému, byla vysvětlena výše. Současně také druhý úkol, v němž dosáhl vůz Škoda Enyaq iV lepších průměrných hodnot, a to ladění rádiové stanice, byl v obou vozech značně odlišný, z důvodu rozdílného způsobu řazení rádiových stanic.

Graf 8 dále zobrazuje, že z celkového počtu 6 úkolů, které byly respondentům zadány, dosahovaly průměrné hodnoty potřebných časů lepších výsledků ve 4 ze 6 případů, a to jmenovitě v případě ovládní intenzity i teploty klimatizace, hlasitosti rádia a směru ventilace.



Graf 8 Průměrné hodnoty časů potřebné pro splnění zadaných úkolů

### **Statistické zhodnocení**

Před provedením statistické analýzy naměřených časů byl nejprve proveden tzv. Saphiro-Wilkův test normality dat. Tento test ukázal, že žádný ze souborů získaných hodnot ani párové nemají normální rozdělení dat. Z tohoto důvodu není možné pro testování použít standartní t-test a pro posouzení statistické významnosti rozdílů mezi získanými časy byl proto použit neparametrický Wilcoxonův znaménkový test. (Likeš a Machek 2019; Meloun a Militký 2004)

Výsledná *Tabulka 3* statistické významnosti rozdílů je uvedena níže:

	Počet	Volvo V60 > Škoda Enyaq iV	p-hodnota
<b>Intenzita klimatizace</b>	56	8,9	0,000000
<b>Hlasitost rádia</b>	56	12,5	0,000000
<b>Navigace</b>	56	100,0	0,000000
<b>Teplota klimatizace</b>	56	33,9	0,023103
<b>Ladění rádiové stanice</b>	56	87,5	0,000000
<b>Směr ventilace</b>	56	12,5	0,000000

*Tabulka 3* Statistické zhodnocení významnosti rozdílů

Zjištěná p-hodnota je ve všech případech menší než 0,05, takže rozdíly jsou na hladině významnosti 0,95 statisticky významné. Většina posuzovaných úkonů byla tedy respondenty zvládnuta rychleji ve voze Volvo V60. Výjimku tvořilo ovládání navigace, ve kterém naopak zmíněný vůz dosáhl významně horších výsledků. Další výjimkou byla změna rádiové stanice, kde také byly zjištěny lepší výsledky ve voze Škoda Enyaq iV. Tyto výjimky již byly vysvětleny výše.

Stejný postup byl následně proveden samostatně na vzorku žen a mužů. Výsledné *Tabulky 4 a 5* jsou uvedeny dále.

	Počet	Volvo V60 > Škoda Enyaq iV	p-hodnota
<b>Intenzita klimatizace</b>	18	16,6667	0,009522
<b>Hlasitost rádia</b>	18	16,6667	0,009522
<b>Navigace</b>	18	100,0000	0,000062
<b>Teplota klimatizace</b>	18	22,2222	0,033895
<b>Ladění rádiové stanice</b>	18	83,3333	0,009522
<b>Směr ventilace</b>	18	11,1111	0,002183

*Tabulka 4* Statistické zhodnocení významnosti rozdílů na vzorku žen

	Počet	Volvo V60 > Škoda Enyaq iV	p-hodnota
<b>Intenzita klimatizace</b>	38	5,2632	0,000000
<b>Hlasitost rádia</b>	38	10,5263	0,000003
<b>Navigace</b>	38	100,0000	0,000000
<b>Teplota klimatizace</b>	38	39,4737	0,256145
<b>Ladění rádiové stanice</b>	38	89,4737	0,000003
<b>Směr ventilace</b>	38	13,1579	0,000012

*Tabulka 5* Statistické zhodnocení významnosti rozdílů na vzorku mužů

Zjištěné výsledky v případě žen jen s malými odchylkami kopírují získané výsledky celé sledované skupiny respondentů. Samostatné zhodnocení pro muže dá podobný výsledek. Jedinou výjimku zde tvoří ovládání teploty klimatizace, kde podíl rychlejšího splnění úkolu (přibližně 60 %) není statisticky významný (p-hodnota  $\hat{=} 0,256$ ).

### ***Stanovisko***

Hypotéza 1 byla ve většině případů potvrzena, ačkoliv navigační systém byl v případě konvenčního ovládání středového panelu výrazně horší. Výsledky pro ladění rádiové stanice nejsou v tomto případě odpovídající, a to z výše uvedených důvodů. Získané výsledky tímto upozornily na nedostatek ve zvoleném postupu, kdy měly být v každém voze nastaveny jiné vstupní rádiové stanice, aby bylo zajištěno, že rozdíl mezi vstupní a požadovanou rádiovou stanicí bude v obou vozech stejný. Řazení stanic dle abecedy je ale pro uživatele výhodnější, protože primárně hledají požadovanou rádiovou stanici podle jejího názvu.

Na základě statistické analýzy provedené prostřednictvím Wilcoxonova znaménkového testu významnosti rozdílů lze tento závěr potvrdit. To znamená, že je statisticky prokazatelné, že výsledné časy byly nižší ve čtyřech ze šesti případů ve voze Volvo V60.

## **5.3 2. Hypotéza**

„Předpokládá se, že schopnost řidiče ovládat dotykový displej ve vozidle bude časově náročnější pro řidiče v závislosti na přibývajícím věku.“

V *Příloze I* této práce lze v uvedeném grafu vidět naměřené hodnoty časů potřebné pro ovládání jednotlivých ovladačů ve voze Škoda Enyaq iV v závislosti na věku. Pro přehlednost tohoto grafu jsou zde zvýrazněny lineární spojnice trendu.

*Příloha II* zobrazuje stejný graf vztažený na ovládání vozu Volvo V60. I v tomto případě lze sledovat nárůst potřebného času v závislosti na rostoucím věku, ačkoliv tento rozdíl není zdánlivě tak výrazný jako v případě dotykového ovládání středového panelu.

### ***Statistické zhodnocení***

Ke statistické analýze byly z důvodu úspory prostoru a podobnosti získaných výsledků zvoleny 3 úkony, u kterých bude dále řešena závislost výsledných časů na věku respondentů,

a to pro porovnání v obou vozech. Tabulka, která je Přílohou III této práce, zobrazuje vstupní hodnoty této analýzy.

Jako první byla zjišťována závislost doby potřebné pro změnu hlasitosti rádia ve voze Škoda Enyaq iV na věku respondentů. Testovanými hypotézami byly následující:

- nulová hypotéza  $H_0: \rho = 0$  (tj. X,Y jsou nezávislé)
- alternativní hypotéza  $H_1: \rho \neq 0$  (tj. X,Y nejsou nezávislé)

Nejprve byl vypočítán Pearsonův korelační koeficient, nabývající hodnot -1 až 1. Výsledný koeficient vypovídá o nalezené korelaci. V případě výsledku blízkému 1 se jedná o pozitivní závislost. Jestliže se výsledek přibližuje -1, jedná se o závislost negativní. Čím blíže je výsledná hodnota 0, tím menší závislost mezi sledovanými veličinami existuje. Výpočet byl proveden následujícím vzorcem:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (3)$$

(Litschmannová 2011; Meloun a Militký 2004)

V uvedeném případě je vypočítaný Pearsonův korelační koeficient  $r \doteq 0,4692$ . Následně byla určena tzv. p-hodnota, která zjednodušeně udává, při jaké nejmenší hladině významnosti lze ještě zamítnout nulovou hypotézu  $H_0$ . V tomto případě se jedná o výslednou p-hodnotu  $\doteq 0,0002654$ . Zvolené hypotézy byly ověřovány na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ , tedy s pravděpodobností 95 %. Získaná p-hodnota je následně porovnána se zvolenou hladinou významnosti, v tomto případě p-hodnota ( $0,0002654$ )  $<$   $\alpha$  ( $0,05$ ), proto je nulová hypotéza zamítnuta.

Lze tedy konstatovat, že mezi věkem respondentů a dobou, kterou potřebovali na splnění daného úkonu, existuje vztah. Hodnota korelačního koeficientu vypovídá o střední pozitivní závislosti. Vypočítaná p-hodnota také udává, jaká je pravděpodobnost chyby I. druhu (zamítnutí správné hypotézy  $H_0$ ). Tato pravděpodobnost je u uvedeného příkladu 0,026 %.

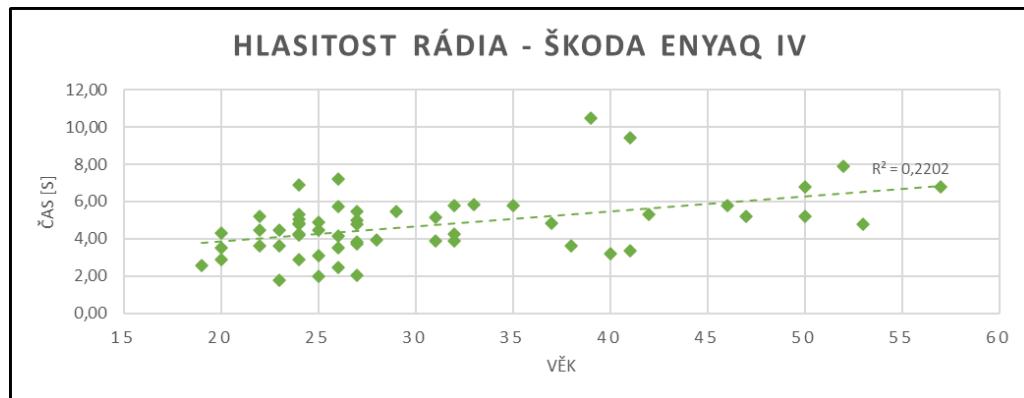
Jako poslední byl vypočítán koeficient determinace  $R^2$ , který, vyjádřený v procentech, udává, jak velký podíl variability závisle proměnné lze vysvětlit regresním modelem. V uvedeném příkladu je hodnota  $R^2 \doteq 0,22$ , což znamená, že 22 % variability Y je vysvětleno hodnotou X. (Likeš a Machek 2019)

Výsledky pro všechny tři sledované úkony, konkrétně uvedená změna teploty, ovládání navigace a změna teploty klimatizace, jsou uvedeny v *Tabulce 6* níže.

	Hlasitost rádia		Navigace		Teplota klimatizace	
	Škoda Enyaq iV	Volvo V60	Škoda Enyaq iV	Volvo V60	Škoda Enyaq iV	Volvo V60
Pearsonův korelační koeficient	0,4692	0,3289	0,4340	0,4349	0,2725	0,5351
P-hodnota	0,0003	0,0133	0,0008	0,0008	0,0422	0,0000
Hladina významnosti $\alpha$	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
Hypotéza $H_0$	ZAMÍTNUTA	ZAMÍTNUTA	ZAMÍTNUTA	ZAMÍTNUTA	ZAMÍTNUTA	ZAMÍTNUTA
Pravděpodobnost chyby I.stupně	0,03%	1,33%	0,08%	0,08%	4,22%	0,00%
Koeficient determinace $R^2$	0,2202	0,1082	0,1884	0,1892	0,0743	0,2863
Variabilita vysvětlena regresním modelem	22,02%	10,82%	18,84%	18,92%	7,43%	28,63%
Závislost	STŘEDNÍ	STŘEDNÍ	STŘEDNÍ	STŘEDNÍ	SLABÁ	SILNÁ

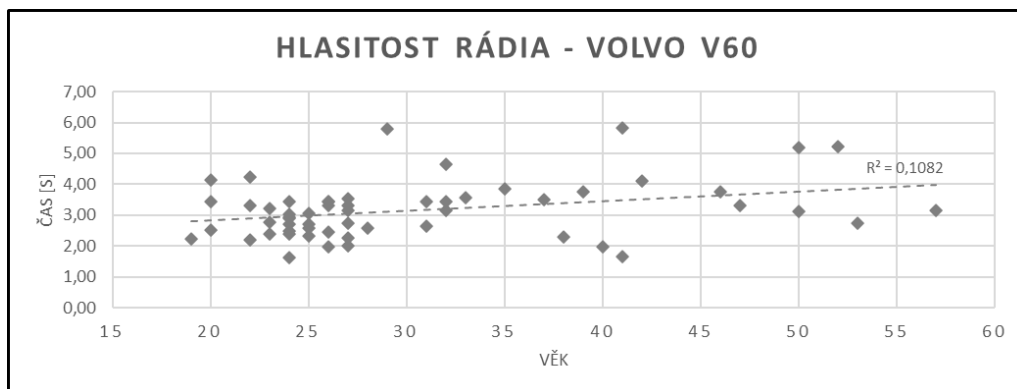
Tabulka 6 Výsledky statistické analýzy

Grafy 9 a 10 ukazují zpracované výsledky pro změnu hlasitosti rádia v grafické formě, a to pro porovnání v obou testovaných vozech.



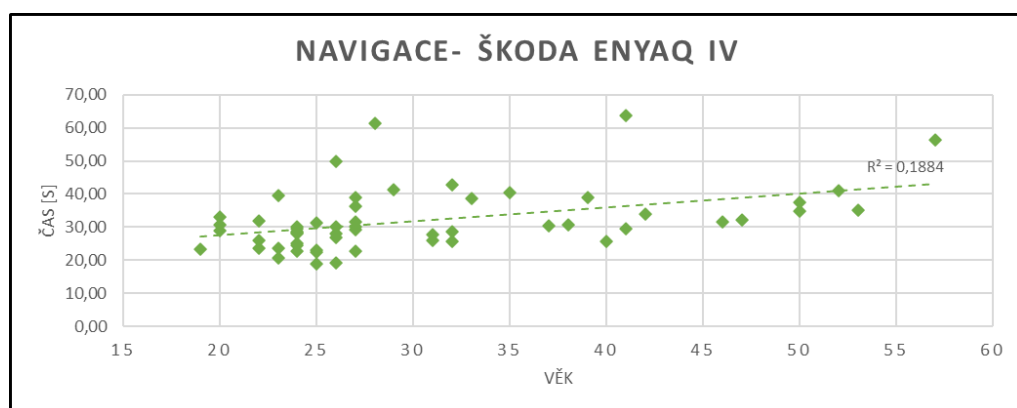
Graf 9 Korelační analýza pro nastavení hlasitosti rádia v závislosti na věku ve voze Škoda Enyaq iV



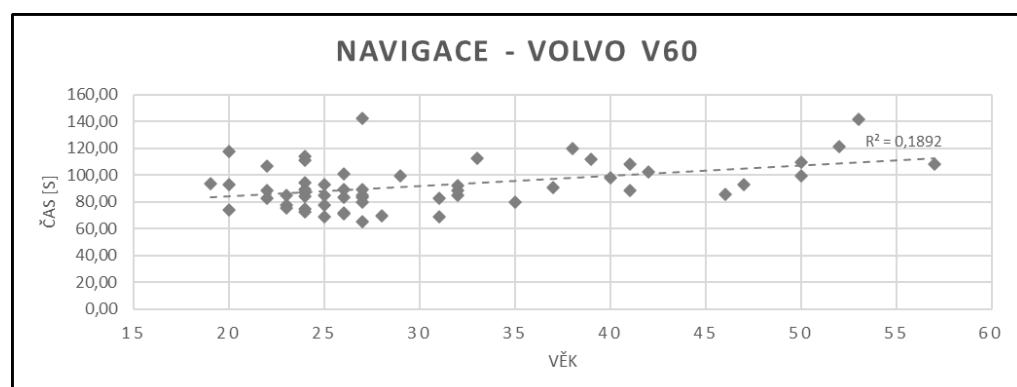


Graf 10 Korelační analýza pro nastavení hlasitosti rádia v závislosti na věku ve voze Volvo V60

Následující dvojice grafů (Graf 11 a Graf 12) graficky znázorňuje korelační analýzu v případě ovládání navigace.

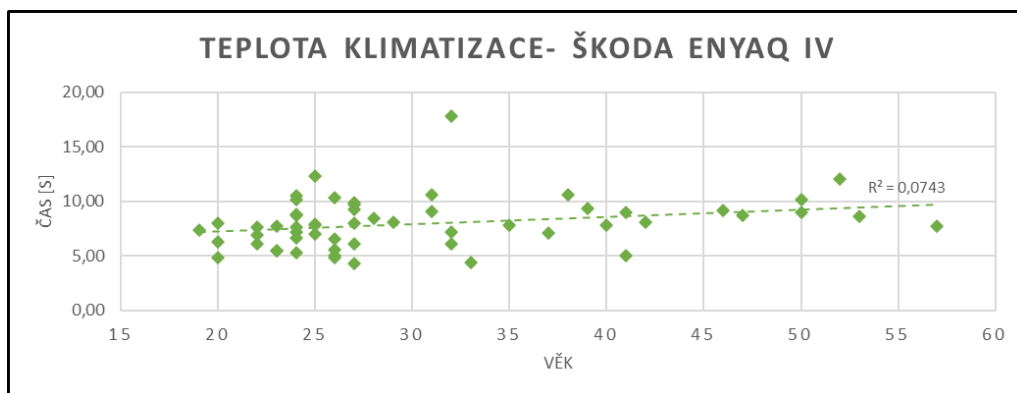


Graf 11 Korelační analýza pro ovládání navigace v závislosti na věku ve voze Škoda Enyaq iV

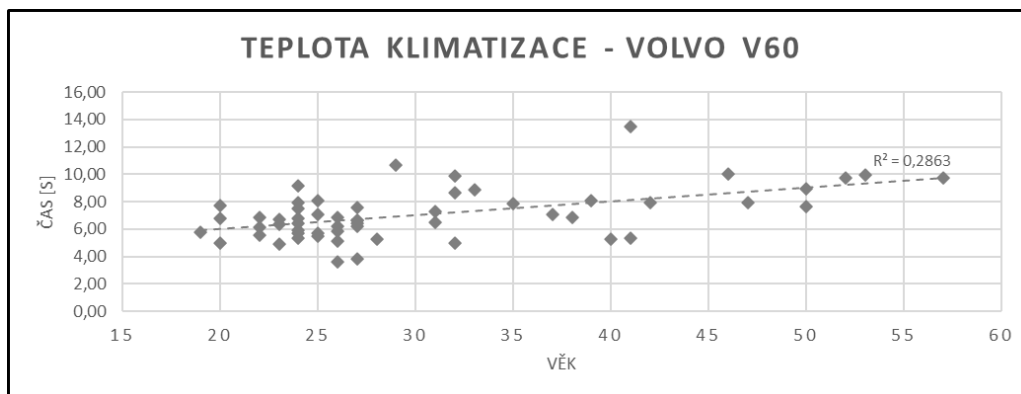


Graf 12 Korelační analýza pro ovládání navigace v závislosti na věku ve voze Volvo V60

Poslední sledovaným úkonem byla změna teploty klimatizace, jejíž výsledky jsou uvedeny ve dvojici *Grafů 13 a 14*.

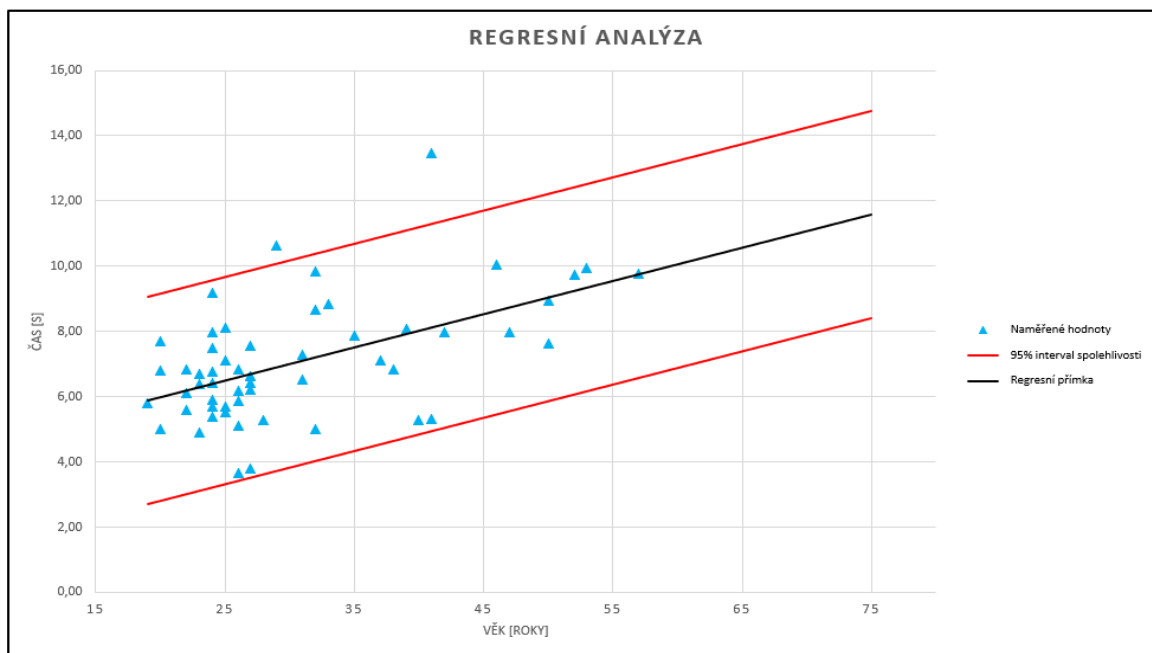


*Graf 13 Korelační analýza pro ovládání klimatizace v závislosti na věku ve voze Škoda Enyaq iV*



*Graf 14 Korelační analýza pro ovládání klimatizace v závislosti na věku ve voze Volvo V60*

Závislost doby potřebné pro změnu teploty klimatizace ve voze Volvo V60 byla následně podrobena také analýze formou lineární regresi metodou nejmenších čtverců, neboť právě zde byla zjištěna nejvyšší hodnota korelačního koeficientu. Stanovená lineární regresní přímka je dána rovnicí  $Y = 3,9698 + 0,1013X$ . Následně byl doplněn 95% interval spolehlivosti pro tuto regresní přímku. Výsledky zvolené statistické metody jsou graficky znázorněny v následujícím *Grafu 15*. (Litschmannová 2011; Meloun a Militký 2004; Likeš a Machek 2019)



Graf 15 Výsledky regresní analýzy vybraného úkonu

### Stanovisko

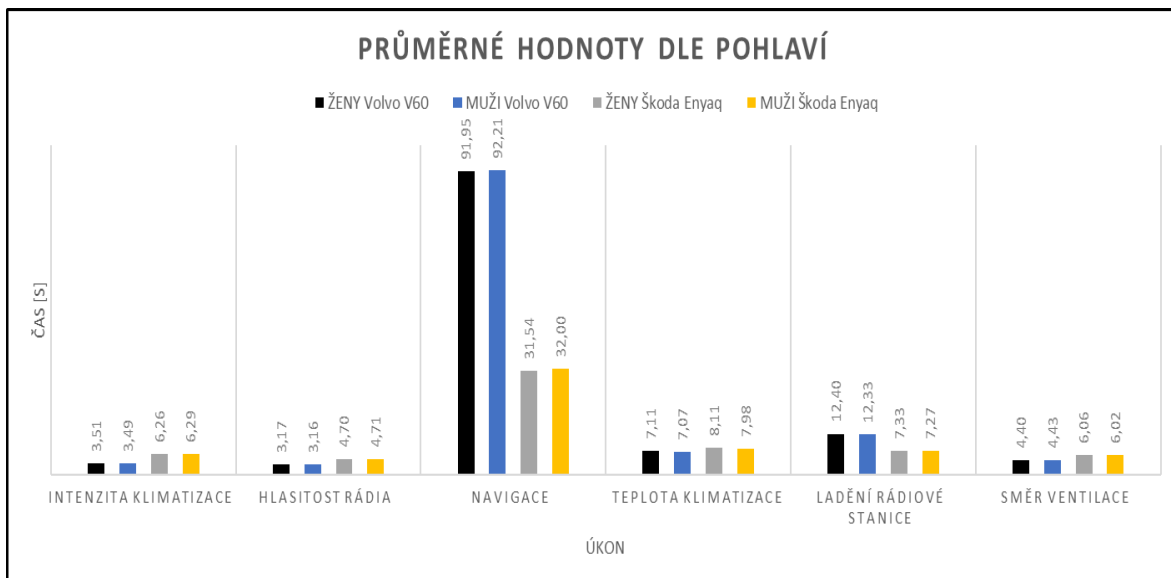
Výsledky všech zadaných úkolech prokázaly jistou míru pozitivní závislosti potřebného času na věku respondentů, jak ukazují grafy, které jsou *Přílohami I a II* této práce. Na základě statistické analýzy, které byly podrobeny tři z uvedených úkonů, lze 2. hypotézu potvrdit, neboť se prokázala očekávaná závislost. Současně ale bylo rovněž statisticky potvrzeno, že tento předpoklad platí také u konvenčního ovládání. Nejvyšší hodnoty korelačního koeficientu, vyjadřující míru závislosti, bylo dokonce dosaženo v případě tohoto typu ovládání.

### 5.4 3. Hypotéza

„Předpokládá se, že časová náročnost nebude ovlivněna pohlavím respondentů, tzn. že průměrné hodnoty obou pohlaví budou srovnatelné.“

### Stanovisko

Dle výsledků zobrazených v *Grafu 16* byla 3. hypotéza potvrzena, neboť rozdíly průměrných hodnot zde uvedených jsou zanedbatelné.

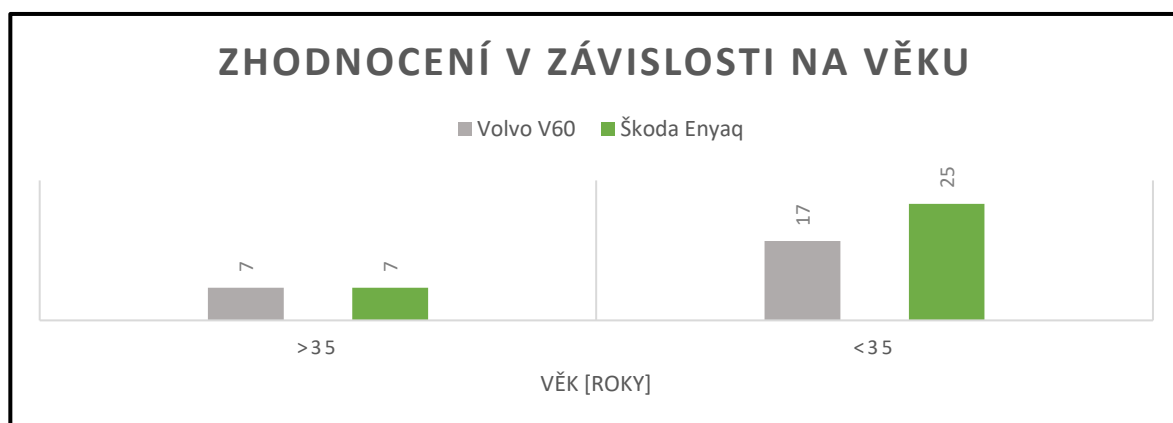


Graf 16 Průměrné hodnoty časů potřebných pro splnění jednotlivých úkonů rozdělené dle vozů a pohlaví

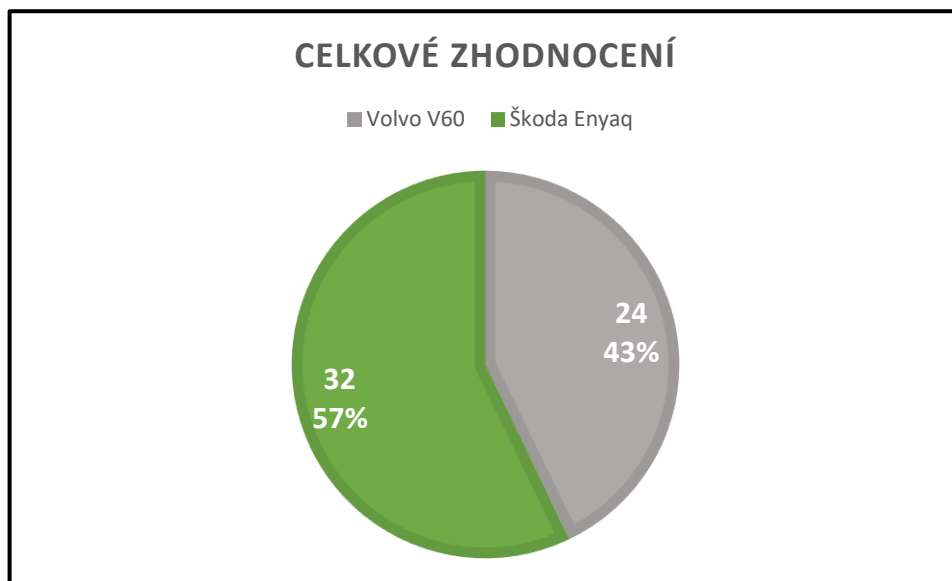
## 5.5 4. Hypotéza

„Předpokládá se, že řidiči s věkem nižším než 35 let si v závěrečném zhodnocení typů ovládání zvolí dotykové ovládání vzhledem k jejich větším zkušenostem a preferenci dotykových displejů a moderních technologií v běžném životě, zatímco řidiči s věkem vyšším než 35 let si zvolí ovládání konvenční, především z důvodů větších zkušeností s tímto typem ovládání ve vozech.“

Následující graf (*Graf 17*) zobrazuje odpovědi respondentů po zkušenosti s ovládáním obou způsobů řešení ovládání středového panelu na otázku, který způsob jim vyhovoval více. Také je zde uveden graf celkového zhodnocení všemi respondenty (*Graf 18*).



Graf 17 Výsledné zhodnocení způsobů ovládání respondenty dle věku



Graf 18 Výsledné zhodnocení způsobů ovládnání všemi respondenty

### Stanovisko

4. hypotéza byla potvrzena, a to zejména v případě předpokladu, že si respondenti s věkem nižším než 35 let vyberou dotykový způsob ovládnání. Navzdory očekávání ale také respondenti starší než 35 let preferovali často moderní technologie a ve výsledném zhodnocení tak obě vozidla získala shodný počet.

## 5.6 5. Hypotéza

„Předpokládá se, že závěrečné hodnocení typů ovládnání nebude ovlivněno pohlavím respondentů.“

K zjištění výsledku stanovené hypotézy byla použita statistická metoda Pearsonova chí-kvadrát testu, která slouží k testování nezávislosti. Tento test je založen na porovnávání pozorovaných četností a očekávaných četností. Vstupní hodnoty, tzn. výsledky dotazníkového měření, jsou uvedeny v *Tabulce 7*.

	Pozorované četnosti		
	Škoda Enyaq iV	Volvo V60	Celkem
MUŽI	18	20	38
ŽENY	14	4	18
Celkem	32	24	56

Tabulka 7 Pozorované četnosti chí-kvadrát testu

Následně byly vypočítány očekávané četnosti (viz *Tabulka 8*).

Očekávané četnosti			
	Škoda Enyaq iV	Volvo V60	Celkem
MUŽI	21,71428571	16,28571429	38
ŽENY	10,28571429	7,714285714	18
Celkem	32	24	56

*Tabulka 8 Očekávané četnosti chí-kvadrát testu*

Jako další krok bylo vypočítané testovací kritérium  $\chi^2$ , které je v tomto případě 4,612. Tato hodnota byla porovnána se stanovenou kritickou hodnotou při zvolené hladině významnosti  $\alpha$  (0,05), která je 3,84. Na základě toho, že zjištěná hodnota testovacího kritéria je vyšší než hodnota kritická, je možné nulovou hypotézu o nezávislosti proměnných X a Y, tedy pohlaví a závěrečné volbě, zamítnout. (Likeš a Machek 2019; Meloun a Militký 2004)

### ***Stanovisko***

Poslední hypotéza byla vyvrácena na základě statistické analýzy uvedené výše. S 95% jistotou lze říct, že existuje vztah mezi pohlavím a konečným výběrem typu ovládnutí respondenty.

## 6 Závěr

Diplomová práce byla zaměřena na porovnání odlišných koncepcí ovládání středového panelu v osobním automobilu, se kterými se můžeme v dnešní době setkat, se zaměřením na ovládání konvenční a dotykové. Způsob, jakým je ve vozidle řešeno ovládání ovládacích prvků je významným faktorem, který má následný vliv na pozornost řidiče a v některých případech může dokonce vést ke vzniku dopravních nehod.

První část práce byla věnována přiblížení řešené problematiky. Nejprve byl vysvětlen samotný pojem ergonomie a vliv této multidisciplinární vědy na vývoj interiéru vozidla s uvedením základních pravidel, která by měla být v praxi dodržována. Dále byly popsány základní aspekty lidského těla mající vliv na jeho interakci s automobilem. Mezi zmíněná témata patří lidské smysly jako je zrak, hmat a sluch, které se přímo podílejí na této interakci. Okrajově bylo poukázáno také na antropometrické vlivy navrhování vozů. Vysvětlena zde rovněž byla technologie, především princip jejího fungování, sledování pohybu očí neboli eye-trackingu, která byla následně využita v praktické části práce. V poslední části literární rešerše byly popsány současně využívané typy ovládání, jmenovitě konvenční mechanické ovládání, dotykové ovládání, ovládání pomocí gest ruky a hlasu. Větší pozornost byla věnována dotykovému a mechanickému ovládání, neboť tyto dva způsoby byly následně podrobeny klinickému testování v praktické části práce.

Praktická část práce byla zaměřena na porovnání dvou odlišných koncepcí ovládání středového panelu osobního vozidla. K měření byly zvoleny automobily Volvo V60 z roku 2017 jako zástupce mechanického ovládání a prototyp vozu Škoda Enyaq iV z roku 2018 jako zástupce dotykového ovládání. V této části práce byly nejdříve vysvětleny způsoby ovládání v konkrétních vybraných vozech a úkony, které byly po respondentech požadovány. V neposlední řadě zde testování bylo provedeno pomocí eye-trackingových brýlí sledující oční pohyby respondentů.

Klinického testování se zúčastnilo celkem 56 respondentů, od kterých byly nejprve získány základní socio-demografické údaje pro následné zpracování dat. Poté byly každému z účastníků představeny a vysvětleny jednotlivé úkony, které měl následně každý respondent za úkol zopakovat, zatímco byla měřena doba, kdy se fixoval pohledem na středový panel vozu. Mezi zadané úkony patřily úkony spojené s ovládním rádia, klimatizace a navigace,

představující základní funkce, které řidiči při běžné jízdě využívají. Tento postup byl zopakován v obou testovaných vozech a poté byly výsledky porovnány mezi jednotlivými automobily a zpracovány.

Na základě získaných dat a statistického vyhodnocení nelze vybrat, které z testovaných řešení je zcela jednoznačně lepší, lze však konstatovat, že klasické řešení, s využitím konvenčních ovládacích prvků, které je použité v testovacím voze Volvo V60, zaznamenalo v průběhu měření lepší výsledky u čtyř ze šesti úkolů. V kontrastu s tímto zjištěním je nicméně zajímavé, že respondenti zvolili jako preferované řešení ovládání s dotykovým panelem. Nelze však opomenout zásadní fakt, že výše popisované testování probíhalo staticky a v laboratorních podmínkách. Lze důvodně předpokládat, že v případě dynamického testování by se výsledky měření a možná i preference respondentů lišily. Výstupy této práce by proto bylo možné použít jako základ pro další výzkum, zejména v oblasti dynamického testování, které by mohlo doplnit výše uvedené výsledky a pomoci tak vytvořit komplexní pohled na řešenou problematiku ovládání vozidla s využitím různých ovládacích systémů.



## 7 Seznam použitých zdrojů

ANDERSON, Brad, 2021. *The Buick Riviera Had A Touchscreen Display Way Back In 1986* [online] [vid. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.carscoops.com/2021/10/the-buick-riviera-had-a-touchscreen-display-way-back-in-1986/>

ANGELINI, Leonardo, Jürgen BAUMGARTNER, Francesco CARRINO, Stefano CARRINO, Maurizio CAON, Omar Abou KHALED, Jürgen SAUER, Denis LALANNE, Elena MUGELLINI a Andreas SONDEREGGER, 2016. Comparing Gesture, Speech and Touch Interaction Modalities for In-Vehicle Infotainment Systems [online]. 188–196. Dostupné z: doi:10.1145/3004107.3004118i

APTIV, 2021. *What Is Gesture Recognition?* [online] [vid. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://www.aptv.com/en/insights/article/what-is-gesture-recognition>

BAJER, Daniel, 2021. *Fittsův zákon* [online] [vid. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://medium.com/design-kisk/fitts%C5%AFv-z%C3%A1kon-bff1a7fefa57>

BERTON, André, 2008. *Voice control for in-car applications: present and future.*

BHISE, Vivek D., 2016. *Ergonomics in the automotive design process* [online]. Dostupné z: doi:10.1201/b11237

BROLIN, Erik, 2016. *Anthropometric diversity and consideration of human capabilities methods for virtual product and production development.* B.m.: Chalmers University of Technology. ISBN 9789175973548.

BUBB, Heiner, Klaus BENGLER, Rainer E GRÜNEN a Mark VOLLRATHHHHEDITORS, 2021. *Automotive Ergonomics.* ISBN 978-3-658-33941-8.

CUSTARD, Ben, 2021. *BMW iDrive explained: what is it and how does it work?* [online] [vid. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://www.carbuyer.co.uk/tips-and-advice/170098/bmw-idrive-explained-what-is-it-and-how-does-it-work>

DINGUS, Thomas A., Justin M. OWENS, Feng GUO, Youjia FANG, Miguel PEREZ, Julie MCCLAFFERTY, Mindy BUCHANAN-KING a Gregory M. FITCH, 2019. The

prevalence of and crash risk associated with primarily cognitive secondary tasks. *Safety Science* [online]. **119**, 98–105. ISSN 09257535. Dostupné z: doi:10.1016/j.ssci.2019.01.005

EUROPEAN ROAD SAFETY OBSERVATORY, 2022. *Road Safety Thematic Report - Driver distraction* [online]. [vid. 2023-03-29]. Dostupné z: [https://road-safety.transport.ec.europa.eu/system/files/2022-04/Road\\_Safety\\_Thematic\\_Report\\_Driver\\_Distractio\\_n\\_2022.pdf](https://road-safety.transport.ec.europa.eu/system/files/2022-04/Road_Safety_Thematic_Report_Driver_Distractio_n_2022.pdf)

GABBARD, Joseph L., Gregory M. FITCH a Hyungil KIM, 2014. Behind the glass: Driver challenges and opportunities for AR automotive applications. *Proceedings of the IEEE* [online]. **102**(2). ISSN 00189219. Dostupné z: doi:10.1109/JPROC.2013.2294642

GOODLAD, Tom, 2021. *What is voice control?* [online] [vid. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://www.parkers.co.uk/what-is/voice-control/>

GROSS, Herbert, 2005. *Handbook of optical systems*. B.m.: Wiley-VCH. ISBN 9783527403806.

HENDL, Jan, 2005. *Kvalitativní výzkum: Základní metody a aplikace*.

JUNG, Suhwan, Jaehyun PARK, Jungchul PARK, Mungyeong CHOE, Taehun KIM, Myungbin CHOI a Seunghwan LEE, 2021. Effect of Touch Button Interface on In-Vehicle Information Systems Usability. *International Journal of Human-Computer Interaction* [online]. **37**(15), 1404–1422. ISSN 15327590. Dostupné z: doi:10.1080/10447318.2021.1886484

KEFURT, Petr, 2021. Dotykové displeje: Část 1. Odporová a kapacitní technologie. *ELEKTRO*. ISSN 1210-0889.

LIKEŠ, Jiří a Josef MACHEK, 2019. *Matematická statistika*.

LITSCHMANNOVÁ, Martina, 2011. *Úvod do statistiky*.

MAREK, Clemens a Karl SIEBERTZ, 2014. Ergonomics for Passenger Cars. In: *Encyclopedia of Automotive Engineering* [online]. B.m.: John Wiley & Sons, Ltd, s. 1–24. Dostupné z: doi:10.1002/9781118354179.auto247

MAREK, Jakub a Petr SKŘEHOT, 2009. *BEZPEČNÝ PODNIK*.

MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ, 2004. *Statistická analýza experimentálních dat*. ISBN 80-200-1254-0.

MIKROE, 2016. *Capacitive vs. Resistive Touch Panel - What feels better?* [online] [vid. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://www.mikroe.com/blog/capacitive-vs-resistive-touch-panel-feels-better>

NAM, Hyoungsik, Ki Hyuk SEOL, Junhee LEE, Hyeonseong CHO a Sang Won JUNG, 2021. *Review of capacitive touchscreen technologies: Overview, research trends, and machine learning approaches* [online]. 2021. ISSN 14248220. Dostupné z: doi:10.3390/s21144776

NG, Alexander, Stephen A. BREWSTER, Frank BERUSCHA a Wolfgang KRAUTTER, 2017. An evaluation of input controls for in-car interactions. In: *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings* [online]. B.m.: Association for Computing Machinery, s. 2845–2851. ISBN 9781450346559. Dostupné z: doi:10.1145/3025453.3025736

OPENSHAW, Scott, Allsteel Erin TAYLOR, Allsteel GRAPHICS, Gailyn MINDER, Allsteel Woody WITHEROW, T J LONG a Marcus FORD, 2006. *Ergonomics and Design A Reference Guide* [online]. Dostupné z: [www.allsteeloffice.com/ergo](http://www.allsteeloffice.com/ergo)

PAKGOHAR, Alireza, Reza Sigari TABRIZI, Mohadeseh KHALILI a Alireza ESMAEILI, 2011. The role of human factor in incidence and severity of road crashes based on the CART and LR regression: A data mining approach. In: *Procedia Computer Science* [online]. s. 764–769. ISSN 18770509. Dostupné z: doi:10.1016/j.procs.2010.12.126

PFLEGING, Bastian a Albrecht SCHMIDT, 2015. ( Non- ) Driving-Related Activities in the Car : Defining Driver Activities for Manual and Automated Driving. *Chi '15*.

PITTS, Matthew J., Lee SKRYPCHUK, Alex ATTRIDGE a Mark A. WILLIAMS, 2014. Comparing the user experience of touchscreen technologies in an automotive application. In: *AutomotiveUI 2014 - 6th International Conference on Automotive User*

*Interfaces and Interactive Vehicular Applications, in Cooperation with ACM SIGCHI - Proceedings* [online]. Dostupné z: doi:10.1145/2667317.2667418

POLICEJNÍ PREZIDIUM ČESKÉ REPUBLIKY - ŘEDITELSTVÍ SLUŽBY DOPRAVNÍ POLICIE, 2021. *INFORMACE o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2020* [online]. [vid. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09NA%3d%3d>

POLJAC, Edita, Andrea KIESEL, Iring KOCH a Hermann MÜLLER, 2018. *New perspectives on human multitasking* [online]. 1. leden 2018. B.m.: Springer Verlag. ISSN 14302772. Dostupné z: doi:10.1007/s00426-018-0970-2

PUNDE, Pramodini A., Mukti E. JADHAV a Ramesh R. MANZA, 2017. A study of Eye Tracking Technology and its applications. In: *Proceedings - 1st International Conference on Intelligent Systems and Information Management, ICISIM 2017* [online]. B.m.: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., s. 86–90. ISBN 9781509042647. Dostupné z: doi:10.1109/ICISIM.2017.8122153

RAMAMURTHY, Mahalakshmi a Vasudevan LAKSHMINARAYANAN, 2015. Human Vision and Perception. In: *Handbook of Advanced Lighting Technology* [online]. B.m.: Springer International Publishing, s. 1–23. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-00295-8\_46-1

RAMNATH, R, N KINNEAR, S CHOWDHURY, T HYATT, Claire ROGERS a Neale KINNEAR, 2020. *Interacting with Android Auto and Apple CarPlay when driving: The effect on driver performance A simulator study.*

RATANA BHALLA, Mudit a Anand VARDHAN BHALLA, 2010. Comparative Study of Various Touchscreen Technologies. *International Journal of Computer Applications*. 6(8).

RENATA, Christianto, Manivannan Sivaperuman KALAIRAJ, Hong Mei CHEN, Gih Keong LAU a Wei Min HUANG, 2021. Buttons on demand sliding mechanism driven by smart materials and mechanical design. *Actuators* [online]. 10(10). ISSN 20760825. Dostupné z: doi:10.3390/act10100251

- RICHARD ROKYTA, 2016. *Fyziologie*. B.m.: Galén. ISBN 978-80-7492-238-1.
- ROSPA, 2022. *Road safety factsheet: Driver distraction* [online]. [vid. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.rospa.com/media/documents/road-safety/driver-distraction-factsheet.pdf>
- SCHMIDT, Robert, Florian LANG a Manfred HECKMANN, 2007. *Physiologie des Menschen* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-540-32908-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-540-32910-7
- SCHMIDTKE, Heinz, 1993. *Ergonomie: 3. Auflage*. ISBN 978-3446164406.
- SCHWARTZ, Eric Hal, 2019. *73% of Drivers Will Use an In-Car Voice Assistant by 2022: Report* [online] [vid. 2022-10-11]. Dostupné z: <https://voicebot.ai/2019/11/17/73-of-drivers-will-use-an-in-car-voice-assistant-by-2022-report/>
- SINGH, Harnam, Vinita KUSHWAHA, A.D. AGARWAL a S.S. SANDHU, 2016. Fatal Road Traffic Accidents: Causes and Factors Responsible. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine* [online]. **38**(1), 52. ISSN 0971-0973. Dostupné z: doi:10.5958/0974-0848.2016.00014.2
- SMOŁUCHA, Danuta, 2020. Eye-tracking in Cultural Studies. *Perspektywy Kultury* [online]. **27**(4), 169–184. ISSN 2081-1446. Dostupné z: doi:10.35765/pk.2019.2704.12
- STEWART, Timothy, 2022. *Overview of Motor Vehicle Crashes in 2020*.
- STRAYER, David L., 2015. Is the Technology in Your Car Driving You to Distraction? *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences* [online]. **2**(1), 157–165. ISSN 23727330. Dostupné z: doi:10.1177/2372732215600885
- VALIYOUSEFI, Mehrzad, Ebrahim P KARAN, Atefeh MOHAMMADPOUR, Somayeh ASADI a Mehrzad V YOUSEFI, 2015. *Implementing Eye Tracking Technology in the Construction Process* [online]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/334535962>
- VAN DET, M. J., W. J.H.J. MEIJERINK, C. HOFF, M. A. VAN VEELLEN a J. P.E.N. PIERIE, 2008. Ergonomic assessment of neck posture in the minimally invasive surgery

suite during laparoscopic cholecystectomy. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* [online]. **22**(11), 2421–2427. ISSN 09302794. Dostupné z: doi:10.1007/s00464-008-0042-6

WIERWILLE, Walter W., 1993. Demands on driver resources associated with introducing advanced technology into the vehicle. *Transportation Research Part C* [online]. **1**(2). ISSN 0968090X. Dostupné z: doi:10.1016/0968-090X(93)90010-D

WINKLER, Markus, Jerome BUVAT, Gaurav AGGARWAL, Rainer MEHL, Ramya Krishna PUTTUR a Hiral SHAH, 2019. *Voice on the Go*.

## 8 Seznam obrázků, grafů a tabulek

### Seznam obrázků

Obrázek 1 Graf vztahu napětí S během času T a subjektivní zátěže B' .....	4
Obrázek 2 Rozdělení prostoru řidiče .....	6
Obrázek 3 Zrakový systém člověka .....	9
Obrázek 4 Lidské oko .....	10
Obrázek 5 Stavba lidského oka .....	10
Obrázek 6 Znázornění neutrální polohy hlavy a očí .....	11
Obrázek 7 Ukázka heat mapy .....	13
Obrázek 8 Ovládání iDrive ve voze BMW .....	17
Obrázek 9 Rezistivní displej .....	20
Obrázek 10 Kapacitní displej .....	21
Obrázek 11 Ukázka vizuální zpětné vazby dotyku .....	22
Obrázek 12 Výsledek průzkumu společnosti Gemini .....	24
Obrázek 13 Základní gesta pro ovládání .....	25
Obrázek 14 Výsledky studie zabývající se vlivem rozptýlení na reakční dobu řidiče .....	28
Obrázek 15 Středový panel testovaného vozu Volvo V60 .....	32
Obrázek 16 Středový panel vozu Volvo V60 s vyznačenými ovladači pro ovládání klimatizace .....	33
Obrázek 17 Středový panel vozu Volvo V60 s vyznačenými ovladači pro ovládání rádia .....	33

Obrázek 18 Středový panel vozu Volvo V60 s vyznačenými ovladači pro ovládání navigace .....	34
Obrázek 19 Dotykový displej testovaného vozu Škoda Enyaq iV .....	34
Obrázek 20 Dotykový displej vozu Škoda Enyaq iV s vyznačenými tlačítky pro ovládání teploty (červeně) a vyvoláním ovládání klimatizace (žlutě).....	35
Obrázek 21 Dotykový displej vozu Škoda Enyaq iV s vyznačenou lištou pro ovládání hlasitosti rádia (červeně) a tlačítka pro vyvolání ovládání rádia (žlutě).....	35
Obrázek 22 Heat mapa získaná ze sledování respondentů při ovládání navigačního systému vozů Škoda Enyaq iV (vlevo) a Volvo V60 (vpravo) .....	42

## **Seznam grafů**

Graf 1 Rozdělení respondentů dle pohlaví .....	37
Graf 2 Naměřené hodnoty časů pro změnu intenzity klimatizace .....	38
Graf 3 Naměřené hodnoty časů pro změnu hlasitosti rádia .....	39
Graf 4 Naměřené hodnoty časů pro ovládání navigace .....	39
Graf 5 Naměřené hodnoty časů pro změnu teploty klimatizace .....	40
Graf 6 Naměřené hodnoty časů pro změnu rádiové stanice .....	40
Graf 7 Naměřené hodnoty časů pro změnu směru ventilace .....	41
Graf 8 Průměrné hodnoty časů potřebné pro splnění zadaných úkolů .....	43
Graf 9 Korelační analýza pro nastavení hlasitosti rádia v závislosti na věku ve voze Škoda Enyaq iV .....	47
Graf 10 Korelační analýza pro nastavení hlasitosti rádia v závislosti na věku ve voze Volvo V60.....	48

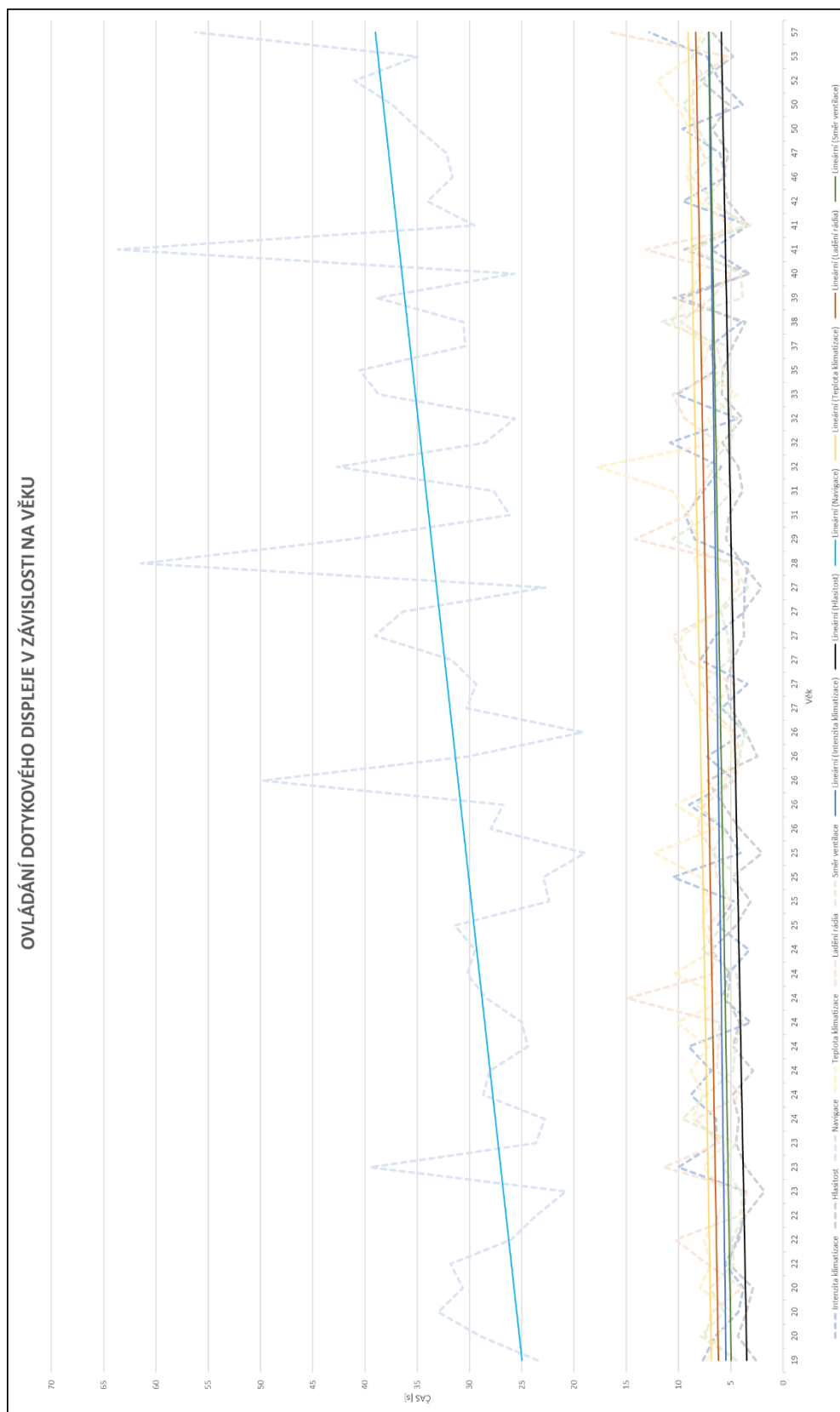


Graf 11 Korelační analýza pro ovládání navigace v závislosti na věku ve voze Škoda Enyaq iV .....	48
Graf 12 Korelační analýza pro ovládání navigace v závislosti na věku ve voze Volvo V60 .....	48
Graf 13 Korelační analýza pro ovládání klimatizace v závislosti na věku ve voze Škoda Enyaq iV .....	49
Graf 14 Korelační analýza pro ovládání klimatizace v závislosti na věku ve voze Volvo V60 .....	49
Graf 15 Výsledky regresní analýzy vybraného úkonu.....	50
Graf 16 Průměrné hodnoty časů potřebných pro splnění jednotlivých úkonů rozdělené dle vozů a pohlaví.....	51
Graf 17 Výsledné zhodnocení způsobů ovládání respondenty dle věku .....	51
Graf 18 Výsledné zhodnocení způsobů ovládání všemi respondenty .....	52

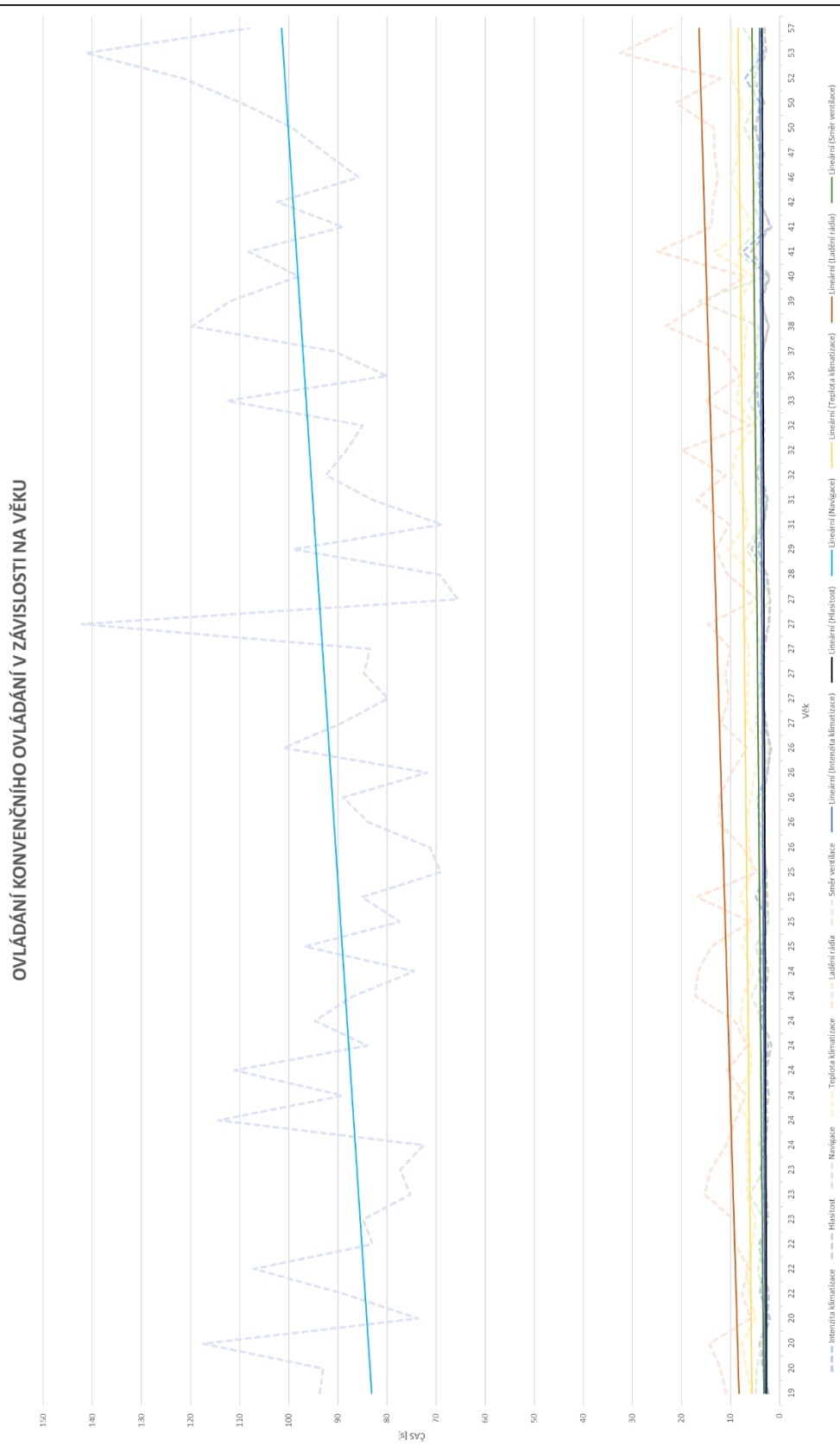
## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 Ukázka vybraných ovladačů v automobilech (Bhise 2016) .....	18
Tabulka 2 Základní statistické hodnoty výsledků.....	38
Tabulka 3 Statistické zhodnocení významnosti rozdílů .....	44
Tabulka 4 Statistické zhodnocení významnosti rozdílů na vzorku žen .....	44
Tabulka 5 Statistické zhodnocení významnosti rozdílů na vzorku mužů.....	44
Tabulka 6 Výsledky statistické analýzy.....	47
Tabulka 7 Pozorované četnosti chí-kvadrát testu .....	52
Tabulka 8 Očekávané četnosti chí-kvadrát testu .....	53

## 9 Přílohy



Příloha I Graf závislosti výsledných časů ve voze Škoda Enyaq iV na věku respondentů



*Příloha II Graf závislosti výsledných časů ve voze Volvo V60 na věku respondentů*

Věk	Doba trvání [s]					
	Škoda Enyaq iV			Volvo V60		
	Hlasitost rádia	Navigace	Teplota klimatizace	Hlasitost rádia	Navigace	Teplota klimatizace
47	5,22	32,23	8,71	3,32	92,66	7,96
42	5,30	34,02	8,05	4,10	102,30	7,97
33	5,86	38,71	4,38	3,56	112,64	8,84
27	5,01	30,26	8,02	2,74	89,24	6,63
37	4,81	30,39	7,07	3,49	90,80	7,10
50	6,79	34,95	8,97	5,20	99,29	8,93
52	7,9	41,03	12,08	5,23	121,52	9,73
25	4,49	31,43	7,79	3,06	92,94	7,10
50	5,21	37,4	10,18	3,13	109,63	7,62
20	4,31	28,96	6,24	3,43	92,98	6,80
27	5,46	29,35	9,28	3,52	79,84	6,61
31	5,17	26,14	9,05	3,43	68,74	6,51
27	4,77	31,73	9,90	3,31	84,65	6,42
24	4,25	22,80	8,67	2,91	72,55	6,78
27	3,73	39,06	9,73	3,14	83,46	6,22
57	6,77	56,24	7,74	3,16	108,12	9,76
22	5,18	31,82	6,90	2,19	88,80	6,11
22	4,46	26,00	7,61	3,30	107,12	6,83
38	3,62	30,59	10,61	2,29	119,73	6,85
29	5,45	41,41	8,12	5,78	99,15	10,64
32	4,27	42,68	17,79	4,66	92,39	9,85
41	9,44	63,66	9,00	5,83	108,12	13,45
53	4,80	35,00	8,65	2,75	141,37	9,94
35	5,79	40,49	7,83	3,84	80,00	7,88
46	5,78	31,65	9,20	3,75	85,74	10,05
32	5,80	28,52	6,12	3,43	88,23	8,67
22	3,62	23,62	6,12	4,22	82,91	5,59
19	2,59	23,50	7,32	2,24	93,71	5,80
23	1,77	20,77	5,45	2,38	84,83	4,90
23	3,62	39,53	7,68	2,76	75,22	6,70
20	3,50	33,00	4,83	4,14	117,47	7,69
20	2,90	30,66	7,95	2,51	73,74	5,00
24	4,84	28,70	7,67	2,48	114,36	6,43
25	3,09	22,40	7,04	2,32	77,38	5,71
26	4,16	27,97	6,58	3,31	71,28	6,18
26	5,75	26,81	10,32	3,43	83,83	6,84
39	10,50	38,87	9,33	3,76	111,92	8,07
41	3,34	29,52	4,99	1,66	88,90	5,32
26	7,21	49,78	5,54	3,44	88,97	5,86
24	2,87	28,07	8,79	2,94	89,00	9,17
27	3,81	36,41	6,14	2,27	142,18	7,55
25	4,87	22,92	7,94	2,58	85,01	8,10
24	4,79	24,42	7,16	2,70	111,01	5,71
26	2,48	30,18	4,86	2,45	71,72	5,11
27	2,06	22,78	4,27	2,01	65,50	3,80
24	4,19	25,00	10,17	1,63	84,00	5,90
24	5,32	28,38	5,28	3,43	94,69	7,96
40	3,21	25,75	7,79	1,96	97,94	5,29
31	3,86	27,71	10,62	2,63	83,00	7,29
32	3,87	25,64	7,16	3,16	85,00	4,99
25	2,00	18,94	12,30	2,72	69,00	5,52
23	4,49	23,68	5,46	3,22	77,30	6,37
24	5,07	30,21	10,50	3,04	86,83	7,50
24	6,87	29,46	6,62	2,39	74,43	5,37
26	3,54	19,13	4,98	1,96	101,08	3,65
28	3,94	61,43	8,48	2,58	69,35	5,27

*Příloha III Vstupní hodnoty analýzy závislosti na věku*