

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

**Analýzu ohřevu a následného ochlazení
interiéru vozidla na komfortní teplotu**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Veronika Hartlová, Ph.D.

Bc. Jaroslav Malý

PRAHA 2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jaroslav Malý

Technika a technologie v dopravě a spojích
Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Analýza ohřevu a následného ochlazení interiéru vozidla na komfortní teplotu

Název anglicky

Analysis of heating and subsequent cooling of the vehicle interior to a comfortable temperature

Cíle práce

Cílem diplomové práce je analýza ohřevu a následného ochlazení interiéru vozidla na komfortní teplotu. V praktické části budou použita vozidla různých barev a konstrukcí střech (pevná a prosklená střecha).

Metodika

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Metodika práce
- 4 Přehled řešené problematiky
- 5 Praktická část práce
- 6 Výsledky a diskuse
- 7 Závěr
- 8 Seznam použitých zdrojů
- 9 Přílohy

Doporučený rozsah práce

50 stran textu včetně tabulek a obrázků

Klíčová slova

teplota, klima komora, klimatizace

Doporučené zdroje informací

BHISE, Vivek D. Ergonomics in the automotive design process. Boca Raton, FL: CRC Press, c2012. ISBN 14-398-4210-8.

FIRST, Jiří. Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry. Praha: S&T CZ, 2008. ISBN 978-80-254-1805-5.

SALVENDY, Gavriel. Handbook of human factors and ergonomics. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2012. ISBN 978-0-470-52838-9.

VLK, František. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno: Vlk, 2001. ISBN 80-238-6573-0.



Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 29. 10. 2020

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 05. 05. 2021

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Analýza ohřevu a následného ochlazení interiéru vozidla na komfortní teplotu vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne

datum odevzdání

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní Ing. Veronika Hartová, Ph.D. za cenné rady a připomínky a její čas při psaní diplomové práce. Dále pak panu Hrnčířovi z firmy Škoda Auto a jeho týmu, který mi umožnil přístup k datům a měřicí technice, které jsem použil pro tuto diplomovou práci.

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na teplotu interiéru vozidla a jeho zchlazení. Teplota působící na řidiče má významný vliv na jeho soustředěnost a tím bezpečnost jízdy. Pro tuto diplomovou práci bylo vybráno 5 typů vozidel na kterých se provádělo měření teplot za použití klimakomory, která dokáže simulovat letní počasí. V první části práce je popsána metodika práce, která má seznámit čtenáře danou problematikou. Dále obsahuje praktickou část kde jsou naměřené hodnoty jednotlivých vozidel v určitých časech. Na konci práce je shrnutí výsledků a doporučení jak je možné předejít ohřívání interiéru stojícího vozidla.

Klíčová slova

Komfortní teplota; klimatizace; aktivní bezpečnost; senzory teplot; teplo; mikroklima

Analysis of heating and subsequent cooling of the vehicle interior to a comfortable temperature

Summary

This diploma thesis is focused on the temperature of the vehicle interior and its cooling. The temperature acting on the driver has a significant effect on his concentration and his driving safety. For this diploma thesis, 5 types of vehicles were selected on which temperature measurements were performed using a climate chamber that can simulate summer weather. The first part of the thesis describes the methodology of the work, which is to acquaint the reader with the issue. It also contains a practical part where the measured values of individual vehicles at certain times. At the end of the work is a summary of the results and recommendations on how it is possible to prevent heating of the interior of a stationary vehicle.

Keywords

Comfort temperature; air conditioning; active safety; temperature sensors; heat; microclimat

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce.....	2
3 Metodika práce.....	3
3.1 Příprava měřeného vozidla na zkoušku.....	4
3.2 Umístění komfortise.....	6
3.3 Temperování vozidla.....	7
3.4 Průběh měření.....	8
4 Přehled řešené problematiky.....	11
4.1 Aktivní bezpečnost.....	11
4.1.1 Výhled z vozidla.....	11
4.2 Ergonomie.....	12
4.2.1 Kabina vozidla.....	13
4.3 Klimatické vlivy působící na vozidlo.....	14
4.4 Mikroklima interiéru vozidla.....	15
4.4.1 Větrání.....	15
4.4.2 Vytápění.....	16
4.4.3 Rozvod vzduchu.....	17
4.5 Klimatizace.....	18
4.5.1 Historie vývoje klimatizace v automobilu.....	18
4.5.2 Funkce automobilové klimatizace.....	18
4.5.3 Druhy klimatizačních systémů.....	19
4.5.4 Komponenty klimatizace.....	21
4.5.4.1 Kompresor.....	21
4.5.4.2 Kondenzátor.....	23
4.5.4.3 Expanzní zařízení.....	24
4.5.4.4 Akumulátor.....	25
4.5.4.5 Vysoušeč.....	25
4.5.4.6 Výparník.....	26
4.5.4.7 Spojovací prvky.....	27
4.5.4.8 Chladivo.....	27

4.6 Teplo.....	28
4.6.1 Teplota.....	28
4.6.2 Kondukce.....	28
4.6.3 Konvekce.....	29
4.6.4 Radiace.....	30
4.7 Senzory teploty.....	32
4.7.1 Kovové odporové senzory.....	32
4.7.2 Polovodičové odporové senzory.....	33
4.7.3 Termoelektrické senzory.....	34
4.7.4 Monolitické PN senzory.....	35
4.7.5 Dilatační teploměry.....	35
4.8 Klimatické a vzdušné tunely.....	35
4.9 Tónované skla.....	36
4.10 Manekýn.....	37
4.10.1 Funkce senzoru.....	38
4.10.2 Přiřazení sensorů.....	39
4.10.3 Měřené veličiny.....	41
5 Praktická část.....	44
5.1 Vyhodnocení teplot v oblasti hlav pomocí termočlánků.....	44
5.2 Vyhodnocení komfortní teploty	47
5.2.1 Vyhodnocení komfortních teplot pro vozidlo s prosklenou střechou.....	48
5.2.2 Vyhodnocení komfortních teplot pro vozidlo s tónovaným sklem.....	50
5.2.3 Vyhodnocení komfortních teplot pro vozidlo s tónovaným sklem a sítí.....	51
5.3 Celkové zhodnocení teplot hlav a ekvivalentních teplot.....	53
6 Závěr.....	55
7 Použitá literatura.....	57
8 Seznam použitých obrázků.....	59
9 Seznam použitých tabulek.....	61

1. Úvod

V dnešní době je již zcela běžné že téměř každé vyrobené vozidlo nehledě na jeho výbavu obsahuje klimatizační zařízení pro regulaci teploty. Mnozí lidé, můžeme říci konkrétně řidiči si myslí že se jedná pouze o doplněk komfortu jednotlivých automobilek pro zvýšení prodeje svých produktů. V minulosti tomu tak mohlo být, ale klimatizace a celkově větrání vozidla má významný vliv na aktivní bezpečnost vozidla, konkrétně na samotného řidiče. V prvé řadě konstrukcí jednotlivých skupin ofukovačů, které mají primárně za úkol odmrazit a odmlžit okna vozidla pro dokonalý výhled a neomezovaly tak řidiče ve výhledu, obzvláště v zimních měsících a nebo v deštivých dnech, kdy okolní vzduch je nasátý vodní parou a vzniká tak mlžení skel. Dalším hlavním úkolem větracího systému je přivádět čerstvý a čistý vzduch do interiéru vozidla. Čerstvě přiváděný vzduch odvádí vznikající CO₂, které vzniká dýcháním posádky. Vyšší koncentrace CO₂ způsobuje únavu řidiče a tím odvrací jeho pozornost od dění v provozu. V neposlední řadě klimatizace upravuje teplotu vzduchu podle potřeby řidiče a dopřává mu komfortní pohodlí, které má také výrazný vliv na pohodlí řidiče a tím i jeho pozornost.

S rostoucí potřebami zákazníků a také způsobů marketingového prodeje nových vozidel automobilky nabízejí různé typy výbav vozidel, kde si kupující může vybrat například z barev laku, konstrukčního provedení vozidla jako je sedan, kombi a jiné. V poslední době je trend vyrábět v nejlepších výbavách vozidla s prosklenou střechou. Tyto výbavy se liší od základního provedení o řady desetitisíců až statisíců korun, ale mnozí uživatelé nevědí, jaký vliv může mít prosklená střecha na komfort řidiče. Zároveň s rostoucí koncentrací CO₂ vzniká globální oteplování planety a tím většinu teplotnímu namáhání.

Tato diplomová práce se zaměřuje na měření teplot interiéru a také dodatečnými komfortními teplotami, které působí na řidiče. Pro toto téma byly vybrány vozidla různých typů konstrukčního provedení pro zjištění, zda tyto provedení mají nějaký vliv na teplotu v interiéru a tak na pozitivní nebo negativní vliv na řidiče.

2. Cíl práce

Cílem diplomové práce je analýza ohřevu a následného ochlazení interiéru vozidla na komfortní teplotu. V praktické části budou použita vozidla různých barev a konstrukcí střech (pevná a prosklená střecha). Cílem je tak vyhodnotit, který z vybraných vozidel vyjde jako nejlepší podle naměřených teplot.

3 Metodika práce

Měření bude probíhat v klimatických komorách firmy Škoda Auto, které dokáží simulovat letní počasí za konstantních podmínek. To znamená, že měřená vozidla budou vystavena téměř identickým podmínkám po dobu měření a výsledky tak budou porovnatelné.

Vybrané vozidlo pro měření bylo vybráno Rapid spaceback v různých variantách výbavy a barevných odstínech. Typy vozidel:

- Stříbrný Rapid s pevnou střechou
- Černý Rapid s pevnou střechou
- Stříbrný Rapid s prosklenou střechou
- Stříbrný rapid s prosklenou střechou s tónovaným sklem
- Stříbrný rapid s prosklenou střechou s tónovaným sklem a stahovací sítí

Nastavení klimatických podmínek, kterým budou vozidla vystaveny během měření jsou stanoveny takto:

- Teplota prostředí – 40 °C
- Energie slunečního záření – 1000 W/m²
- Vlhkost prostředí – 40 %

Potřebné vybavení klimakomory pro možnost provedení zkoušky

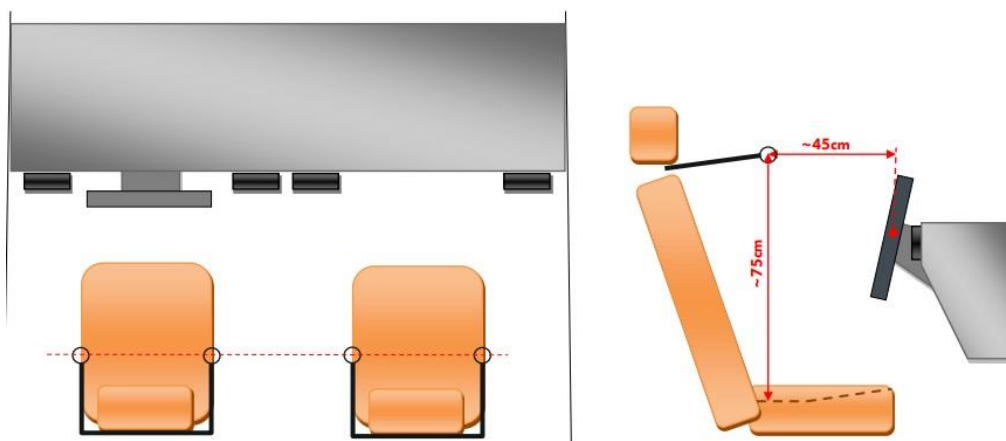
- Zařízení na odsávání spalin z výfuku
- Válce pro umožnění jízdy vozidla na místě
- Elektrické kabely pro zapojení měřicí techniky
- Datové kabely pro přenos dat z měřicí techniky

Stanovená měřicí norma pro tento typ zkoušek se nazývá VDA Pulldown. Tento typ měření využívají automobilky koncernu VW pro jednotné měření a zkoušení klimatizace. Pro splnění podmínek, které tato metoda určuje se musí správně měřené vozidlo osadit měřicí technikou, vozidlo nechat temperovat dle stanovených podmínek a také určuje samotný průběh měření. Pro správně naměřené hodnoty se tato norma musí dodržovat.

3.1 Příprava měřeného vozidla na zkoušku

Vybrané vozidlo se osadí termočlánky podle dané zkoušky. U zkoušky Pulldown se jedná především o teploty hlav, kde dochází k největší koncentraci tepla ve vozidle. To je způsobeno konvekcí teploty a radiací od střechy vozidla. Pro ustavení těchto termočlánků se využívají speciální nosiče, které lze vidět na obrázku číslo 1. Tyto nosiče jsou umístěny na všech hlavových opěrkách ve vozidle.

Obr. 1 - Ustavení hlavových termočlánků

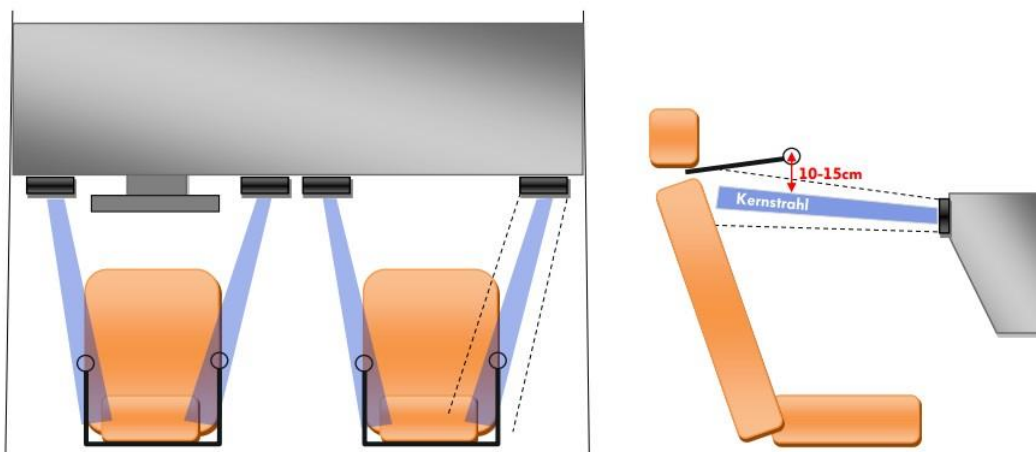


Další měřené hodnoty jsou výstupní teploty na ofukovačích středních a bočních. Termočlánek musí být umístěn zhruba 2 centimetry do vnitřku ofukovače a neměl by se dotýkat vnitřních ploch ofukovače. Senzor teploty pro měření interiérové teploty bývá umístěn pod volantem nebo pod rádiem. Tento senzor určuje vnitřní teplotu v interiéru vozidla a podle něj se pak přizpůsobuje řídicí jednotka automatické klimatizace.

K zajištění těchto termočlánků se využívá obyčejné lepicí pásky, která nesmí nijak omezovat proudění vzduchu a nebo ovlivňovat měřenou teplotu.

Další důležitou částí je správné nastavení středních a bočních ofukovačů. Nastavení směrování má významný vliv na vnitřní teplotu a také na ovlivnění měřené hodnoty samotného termočlánku. Nastavení směrování je stanovena v normě VDA Pulldown, které lze vidět na obrázku číslo 2.

Obr. 2 – Nastavení směrování ofukovačů



Všechny tyto termočlánky se vedou interiérem vozidla, tak aby nedošlo během manipulace ve vozidle k jejich odtržení. Běžně jsou vedeny od přístrojové desky podél střední konzoly a poté pod zadními sedačkami až do zavazadlového prostoru kam se zapojí do měřicího zařízení zvaný buzdak.

Buzdak je měřící zařízení, které sbírá informace jak z řídicí jednotky vozidla přes CAN sběrnici, tak jednotlivé hodnoty z termočlánků. Tyto informace jsou vedeny přes síťový kabel do počítače a přes program IMS jsou vizualizovány v tomto programu. Zařízení buzdak lze vidět na obrázku 3.

Obr. 3 – Buzdak

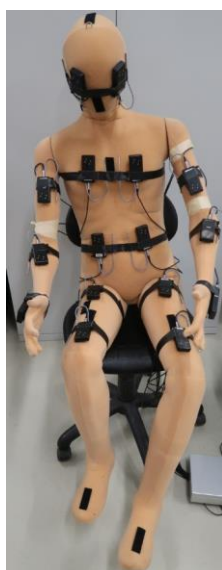


3.2 Umístění komfortise

Jedná se o figurínu, která reprezentuje člověka a je osazená teplotními senzory. Senzory se přiřazují na pozici těla, která je pro daný měření zajímavá. Toto umístění lze vidět na obrázku 4. Tyto senzory měří komfortní teplotu a je potřeba aby slunečním senzorem směřovaly vzhůru kvůli snímání slunečního záření.

Zařízení komfortise není stanoven v normě VDA Pulldown. Jedná se o dodatečné zařízení pro měření pocitových teplot.

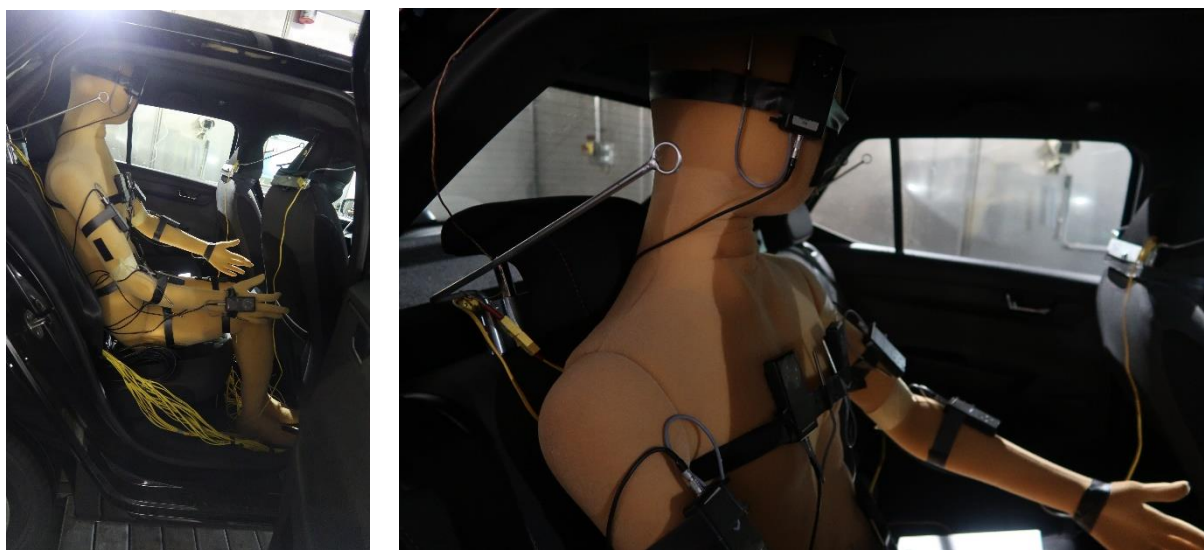
Obr. 4 – Zařízení komfortise



Měřicí zařízení komfortise se usadí na zadní sedadlo za spolujezdce. Nastaví se do polohy sedícího člověka a zkontroluje se, aby se nikde tyto senzory neopírali například o dveře nebo sedačku a nedocházelo tak k ovlivnění měřených hodnot.

Po usazení komfortise se natáhnou kabelové svazky skrz zadní sedačku do zavazadlového prostoru a zapojí se do sběrového boxu, který zaznamenává naměřené hodnoty. Na obrázku 5 lze vidět umístění komfortise. Minimálně deset minut před měřením se musí toto zařízení zapojit do elektřiny na 220V aby došlo k přehřátí teplotních sensorů na stanovenou teplotu. Při měření v klimakomoře se napájecí kabel táhne přes páté dveře a při jízdě zkoušce se využívá elektrického střídače, který produkuje napájení 220V.

Obr. 5 - Vizualizace umístění komfortise

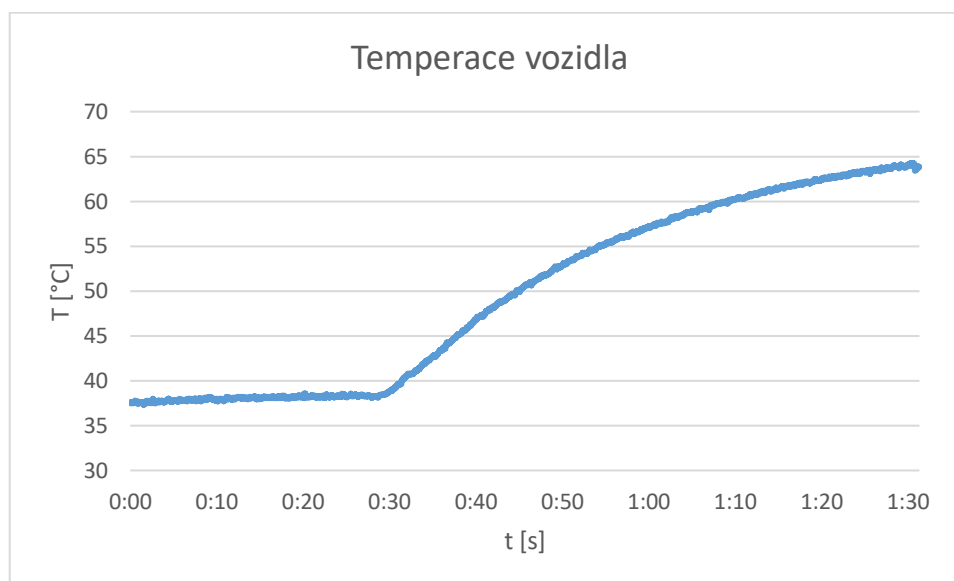


3.3 Temperování vozidla

Poté co je vozidlo připraveno se umístí do klimakomory. Umístí se na válce a zajistí se za tažná oka proti vyjetí vozidla ze zkušebních válců. K výfuku se přidá odsávání, které odvádí spaliny z výfuku do venkovního prostředí. Pak nastává nastavení klimatu v klimakomoře, zde se nastaví teplota na 40 °C, vlhkost vzduchu na 40 % a zapne se ventilátor s rychlostí proudění 20 km/h vozidlo se pak nechá temperovat na 24 hodin.

Po uplynutí temperovací doby se zapne simulace slunce nastavená na 1000 W/m², která trvá hodinu a také se nastaví ventilátor na rychlost proudění 10 km/h. Zhruba deset minut před koncem temperace sluncem se zapojí měřící technika jako je buzdak a komfortis do elektrické sítě a také je zapojen síťový kabel do měřícího počítače, který bývá umístěn v řídicí místnosti klima komory. Obsluha u počítače dohlíží na průběh měření a jestli nedošlo během příprav k nějaké chybě, nebo nenastala vada s autem. Průběh temperace lze vidět na obrázku 6.

Obr. 6 - Graf teploty vozidla



3.4 Průběh měření

Průběh měření u zkoušky pulldown se rozděluje do dvou fází. U první fáze se měří účinnost klimatizace během jízdy, která trvá třicet minut a jedná se o jízdní zkoušku. U druhé fáze zkoušky, která trvá patnáct minut se měří účinnost klimatizace stojícího vozidla při otáčkách motoru na volnoběh.

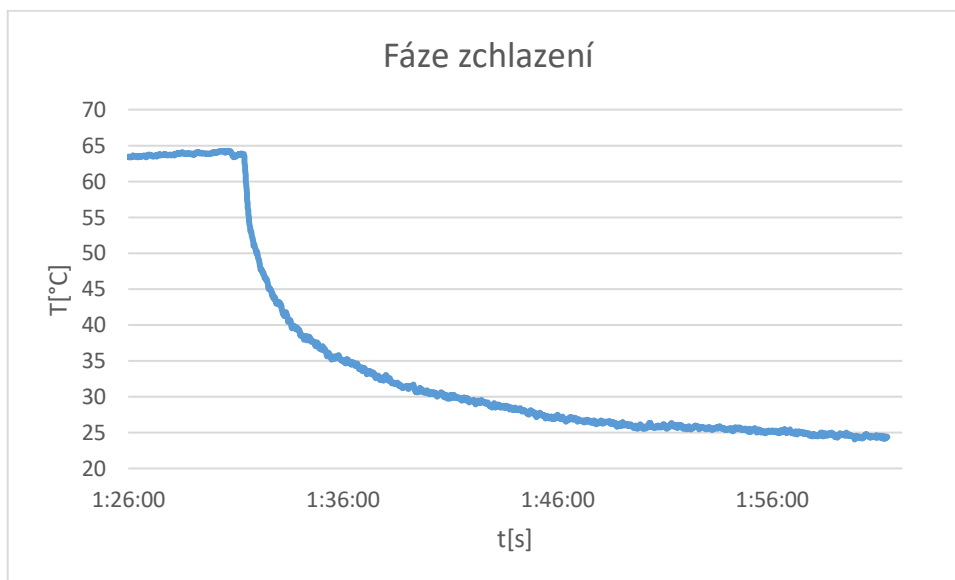
Fáze jízdy I – 30 min

Před samotnou jízdou je potřeba nastoupit do auta kdy řidič musí nastoupit co nejrychleji do vozidla aby nedošlo k výkyvu teplot, ke kterému dochází v okamžiku otevření dveří vozidla a dochází tak ke konvekci teploty mezi okolní teplotou a teplotou interiéru vozidla. Po nastoupení do vozidla se řidič pomocí vysílačky spojí s technikem u počítače, který dohlíží na průběh zkoušky a také s technikem, který má na starost klimakomoru. Po odsouhlasení od obou techniků že je vše v pořádku může začít zkušební jízda.

Jízdní zkouška začíná nastartováním vozidla a splnění interních norem VDA pulldown, Do těchto podmínek zapadá rozjetí vozidla na válčích na 32 km/h při 1500 otáčkách za minutu. Po dosažení těchto podmínek se zapíná klimatizace s vnitřní recirkulací a nastavení na minimální teplotu s maximálním výkonem ventilátoru. Také musí být zapnut větrný tunel na rychlost 32 km/h, který simuluje odpor vzduchu vozidla za jízdy. Za těchto podmínek probíhá jízdní zkouška 30 minut. Průběh tohoto zchlazení je vidět na obrázku 7.

Jelikož není pro řidiče fyzické možné udržet konstantní otáčky, tak je potřeba se pohybovat kolem hodnoty 1500 otáček za minutu. Tím se pak můžou lehce odlišovat jednotlivé měření.

Obr. 7 – Graf fáze zchlazení

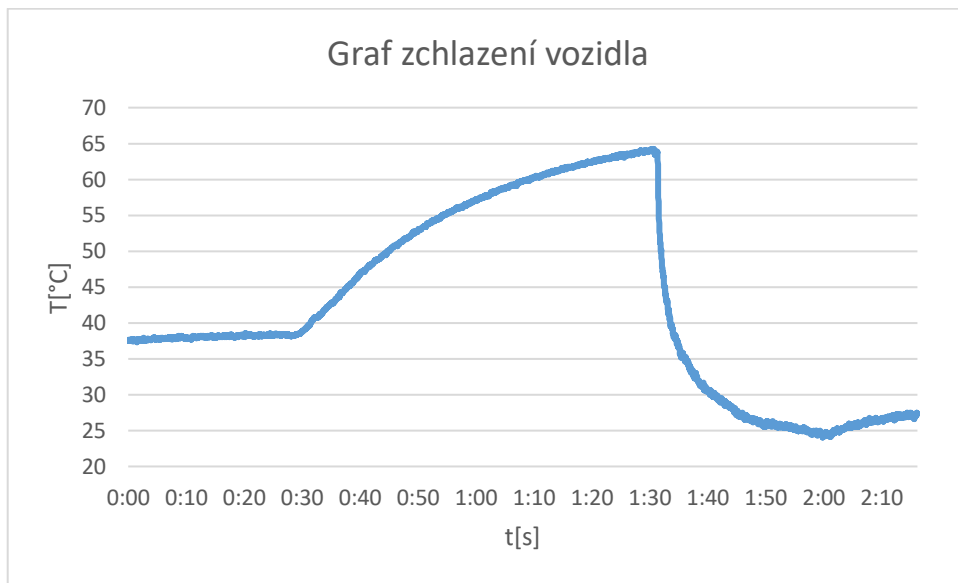


Fáze jízdy II – 15 min

Po třicáté minutě měření nastává druhá fáze, ve které se vozidlo zastaví. Převodový stupeň se zařadí na neutral a začne se pozvolna zpomalovat až do úplného zastavení. Obsluha klima komory ustaví před vozidlo větrnou clonu, která má za účel odvrátit proud vzduchu z větrného tunelu a neochlazuje vozidlo. Zamezením proudu vzduchu má za účel neochlázovat vozidlo a simulovat tak stojící vozidlo. Za těchto podmínek se pokračuje v měření dalších patnáct minut.

Tato fáze měření má znázorňovat vozidlo stojící například v koloně. Z grafu si můžeme všimnout, že po zastavení vozidla začne teplota v interiéru stoupat. To znamená, že volnoběžné otáčky motoru, které pohání kompresor klimatizace už nejsou dostatečné na udržení minimální teploty, které bylo dosaženo v čase jízdy. Na následek zvýšení teploty má také vliv zamezení nucené konvekce, která pomáhala k lepší kondukcii tepla chladiče. Graf celkového zchlazení vozidla je vidět na obrázku 8.

Obr. 8 - Celkové zchlazení vozidla



4. Přehled řešené problematiky

Tato část se zabývá popsáním určitých vlivů působících na vozidlo a popsáním klimatu uvnitř interiéru vozidla. Největší část je věnována klimatizacím, které mají největší vliv na mikroklima vozidla.

4.1 Aktivní bezpečnost

Pod pojmem aktivní bezpečnost si lze představit systémy, které napomáhají předejít vzniku dopravní nehody. Mezi tyto prvky patří zejména kvalitní brzdy, řízení, pneumatiky, pérování a celá řada elektronických systému jako je například ABS a jiné. Mezi nejdůležitější se ale dají zařadit systémy napomáhající zlepšení pozornosti řidiče, protože samotný řidič je nejdůležitější k předejití dopravní nehody. Mezi tyto prvky patří výhled z vozidla a klimatizace, která má vliv na mikroklima vozidla. [1]

4.1.1 Výhled z vozidla

Jedná se o optickou informaci, nejdůležitější při řízení motorového vozidla. Tuto problematiku je možné stručně charakterizovat jako vidět a být viděn, neoslňovat a nebýt oslněn. Výhledem z vozidla je myšleno především z místa řidiče. [2]

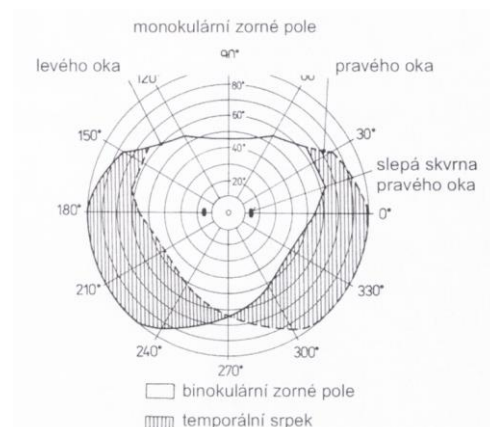
Při koncepci výhledu z vozidla musíme znát základní fyziologii lidského vidění. Rozlišujeme tak tři oblasti a to zorné pole, pohledové pole, rozhledové pole. [2]

Zorné pole je část prostoru, kterou vidíme při klidném pohledu (hlava i oko se nepohybují) přímo v před jedním okem. Nulovým stupněm nazýváme střed obzoru, který leží v tak zvaném fixačním bodu. Zorné pole je rozděleno na meridiány, které prochází fixačním bodem. Předměty ležící v jedné frontálně paralelní rovině a viditelných současně nepohybujícím se jedním okem, říkáme zorné pole. Připojí-li se k tomuto ještě třetí rozměr – hloubková projekce objektů – vzniká monokulární zorný prostor. [2]

V monokulárním zorném poli se nachází tak zvané slepé místo, to leží přibližně mezi 12 až 18° temporálně od fixačního bodu. Monokulární zorné pole lze vidět na obrázku 9. [2]

Pohledové pole popisuje oblast, kterou vidíme, když nepohybujeme hlavou ale pouze očima, zatímco rozhledové pole ještě zahrnuje pohyb hlavou. [2]

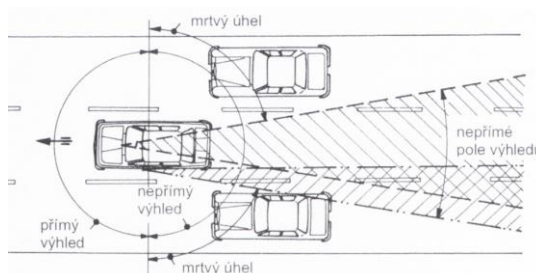
Obr. 9 - Zorné pole levého a pravého oka, binokulární zorné pole, temporální srpek a slepá místa



Zdroj: [2]

Při koncepci oblasti výhledu z vozidla je nutné uvažovat přímý výhled (výhled dopředu od roviny očí) a nepřímý výhled dozadu vnitřním a vnějším zpětným zrcátkem. Vzniká zde mrtvý úhel, ve kterém nelze vidět míjející vozidlo a které musí být konstrukčním opatřením zmenšeno na co nejmenší možnou míru. V dnešní době jsou vozidla opatřena senzorem pro snímání vozidel v mrtvém úhlu. Toto zobrazení je vidět na obrázku 10. [2]

Obr. 10 - Schématické znázornění oblasti pro přímý a nepřímý výhled



Zdroj: [2]

4.2 Ergonomie

Ergonomie je multidisciplinární věda zahrnující oblasti, které obsahují informace o lidech například psychologie, biomechanika, anatomie a jiné. Zahrnuje studium lidských vlastností, schopností a omezení a aplikací těchto informací na design a vyhodnotit tak zařízení systému, které lidé používají. Základním cílem ergonomie je navrhnout zařízení, které zajistí nejlepší možné usazení mezi uživateli (řidiči) a vybavení (vozidlem) tak, aby byla zajištěna bezpečnost uživatelů, pohodlí, výkon a účinnost. [3]

Pole ergonomie se také nazývá „lidské inženýrství“. Po druhé světové válce se ve Spojených státech začala tato problematika řešit zejména mezi psychology. Pole ergonomie se v evropských zemích objevilo kolem roku 1949, aby se zlepšilo pracoviště a pracovní místa v průmyslových odvětvích s důrazem na biomechanické aplikace. Po krizi ekonomiky v 70. letech začal americký automobilový průmysl klást větší důraz na pole ergonomie a aerodynamiky pro uspokojení požadavků zákazníka a na úsporu energie a pohodlí. [3]

4.2.1 Kabina vozidla

Kabiny vozidla jsou zvláštním případem pracovního místa, kde výkon řidiče je ovlivňován řadou podmínek, ty se týkají:

- rozměry kabiny, prostor obklopující řidiče a tělesné rozměry řidiče.
- Umístění ovladačů
- Výhledu z kabiny
- Sedadla
- Vstup a výstup do kabiny
- Prostředí v kabině

Mezi nejčastější příčiny nebezpečí patří hluk, vibrace, nevhodné mikroprostředí a chemické prostředí vnikající do vozidla. [4]

Ergonomie kabiny vozidla by měla být vytvořena tak, aby řidič pohodlně dosáhl na jednotlivé spínače jako je například ovládání klimatizace, zapnutí/vypnutí světel, volant, řadicí páka převodovky, umístění pedálů vozidla a jiné. Důležitou částí jsou však i sedačky, které by měly odpovídat fyziologii člověka a také bezpečnosti. Znázornění kabiny lze vidět na obrázku 11.

Obr. 11 – Kabina osobního vozidla

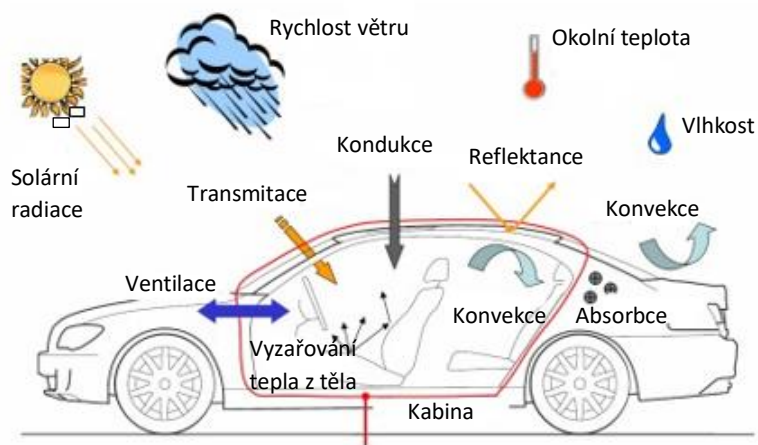


Zdroj: [5]

4.3 Klimatické vlivy působící na vozidlo

Na vozidlo z vnějšího prostředí působí nespočet faktorů, které ovlivňují pohodlí z jízdy. Okolní vlivy působící na vozidlo lze vidět na obrázku 12. Vozidlo je v letních měsících zatěžované okolním teplem a nejdůležitějším faktorem, který značně ovlivňuje teplotu v interiéru vozidla je sluneční záření.

Obr. 12 - Okolní vlivy působící na vozidlo



Zdroj:[6]

Část slunečního záření, kterému je vystaveno vozidlo se absorbuje na povrchu vozidla, čímž zvýší teplotu daného povrchu v tomto případě celou plochu vozidla především střechu vozidla. Dále pak prochází tepelné záření skrz okna do interiéru kde tuto energii absorbuje samotný interiér, největší podíl mají především sedačky a přístrojová deska. V neposlední řadě na vozidlo působí samotná teplota z okolního prostředí.

V dnešní době je už zcela běžné že vozidla obsahují klimatizační zařízení, která slouží k ochlazení vnitřní teploty interiéru. Klimatizace má ale i negativní vliv na snížení výkonu motoru a také na spotřebu vozidla.

4.4 Mikroklima interiéru vozidla

Jedná se prostředí v kabině vozidla, které je ovlivňováno mnoha faktory.

4.4.1 Větrání

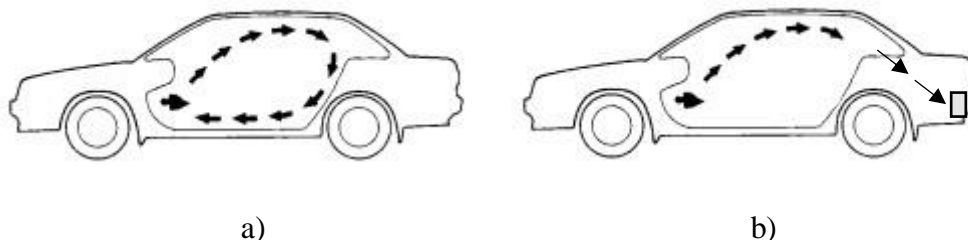
Větrání v interiéru vozidla má pozitivní vliv na vytvoření ideálního mikroklimatu, které má vliv na řidiče i posádku vozidla. Úprava tohoto prostředí má vliv na celkový pocit řidiče a umožňuje příjemnou cestu a zejména snižuje únavu řidiče a s tím výrazně ovlivňuje aktivní bezpečnost automobilu. [2]

Mikroklima automobilu je určováno:

- 1) teplotou vzduchu- kde optimální teplota se pohybuje okolo 18 – 22 °C
- 2) vlhkostí vzduchu – ta by se měla pohybovat kolem 40 – 60 %
- 3) rychlostí proudění vzduchu – rychlost proudění by se měla pohybovat okolo 0,1 – 0,4 m/s, tato rychlost se také odvíjí od teploty uvnitř vozidla. Pro nižší teploty platí menší rychlost proudění a pro vyšší teploty vyšší rychlost proudění.
- 4) Čistota vzduchu – výměna vzduchu má být 0,6 – 0,35 m³/min na osobu, koncentrace CO₂ 0 – 17 %, koncentrace CO 0 – 0,01% a obsah prachu 0 – 0,001 g/m³ vzduchu

Tepelnou pohodu ve vozidle zajišťují větrací systémy, vytápěcí systémy a klimatizační zařízení. [2]

Obr. 13 - a) znázornění re-cirkulace vzduchu, b) cirkulace vzduchu



Zdroj: [7]

Úkolem větrací soustavy je zajištění čistoty vzduchu v prostoru interiéru vozidla a také odvádět v letních měsících teplo produkované slunečním zářením a cestujícími. Vizualizace proudění vzduchu v interiéru lze vidět na obrázku 13. Čistotou vzduchu se rozumí odstranění škodlivin produkovaných lidmi (CO_2) a vlhkost vzduchu jako produkt dýchání a pocení. Ministerstvo dopravy stanovuje minimální potřebu čistého vzduchu $45 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobu za jízdy i při stání. [2]

Dále pak by měl být větrací systém přetlakový. Přetlak uvnitř vozidla by měl být asi 30 Pa, tím je omezeno vnikání prachu, pachů a vnikání studeného vzduchu v zimním období. Přetlak by neměl přesahovat 160 Pa při $400 \text{ m}^3/\text{h}$. Vyšší tlak by mohl způsobovat bolest hlavy a tím nevolnost cestujících a také nedovírání dveří. Pro dosažení těchto podmínek a také pro ideální proudění vzduchu je automobil opatřen odvětrávacími mřížkami. [2]

Další možnost jak vyměnit množství vzduchu je pomocí stahování oken, ale to není vhodné, protože během jízdy dochází k průvanu, k vysokému hluku a také dochází k podtlaku v interiéru a to je nežádoucí. [2]

4.4.2 Vytápění

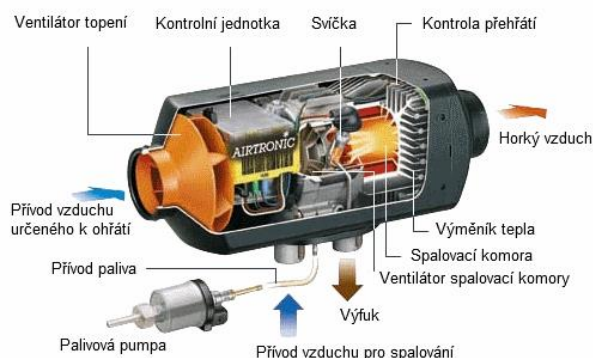
Účelem vytápění je vytvořit optimální prostředí především v zimních měsících, kdy venkovní teplota dosahuje nízkých teplot. Při nízkých teplotách může dojít k ohrožení organismu podchlazením. V případě vyšších teplot dochází k vzrůstu tělesné teploty (pocení), které zhoršuje pozornost řidiče a vyvolává nepříjemné pocity u cestujících. [2]

Podle normy ČSN 30 0535 musí vytápěcí systém při venkovní teplotě $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ dosáhnout teploty vzduchu $+18 \text{ }^\circ\text{C}$. Teplý vzduch má být přiváděn především na spodní část těla, hlavně na nohy nikoli však do oblasti dýchacích cest, kde může nastat přehřívání hlavy, která je hlavním regulačním systémem člověka. Schéma nezávislého topení lze vidět na obrázku 14. [2]

K vytápění se používají ve vozidle dva druhy systémů:

- 1) Závislý vytápěcí systém – využívání odpadního tepla od motoru k ohřívání interiéru vozidla.
- 2) Nezávislé vytápěcí systémy – zařízení, která slouží k vytápění interiéru vozidla. Jedná se o tepelný zdroj nezávislý na chodu motoru [2]

Obr. 14 – Schéma nezávislého topení vozidla



Zdroj: [8]

4.4.3 Rozvod vzduchu

Změna rozvodu vzduchu i jeho výkon musí být snadno regulovatelný nejméně ve dvou stupních z místa řidiče, který je upoután bezpečnostním pásem. Rozváděcí systém vzduchu musí umožnit regulaci množství vzduchu mimo dva hlavní proudy a to na okna a nohy řidiče, také na okna dveří přičemž musí umožnit usměrnit celkové množství na čelní sklo. S rostoucí délkou rozvodů vzduchu narůstají také jeho ztráty a to tlakové a teplotní. [2]

Patřičná pozornost musí být věnována čelnímu sklu, kde jsou vysoké požadavky, aby nedocházelo k zamlžování skla a tím ke snížení viditelnosti. Zvyšujícími se nároky na větší čelní skla se zvyšují i nároky na konstrukci rozvodu a tvaru odvětrávacích mřížek, aby byli schopné při daném výkonu ventilátoru znemožňovali zamlžování a v zimních měsících dokázali i rozmrazit čelní okno. Zobrazení rozvodu vzduchu je vidět na obrázku 15 [2]

Obr. 15 - Rozvod vzduchu ve vozidle



Zdroj: [9]

4.5 Klimatizace

Klimatizace slouží pro regulaci teploty uvnitř vozidla. V dnešní době se jedná o nedílnou součást každého vozidla a patří mezi hlavní prvky aktivní bezpečnosti vozidla.

4.5.1 Historie vývoje klimatizace v automobilu

Raná historie dopravních systémů začíná kočárem taženým koňmi. Toto bylo nakonec překonáno vynálezem automobilu. První automobily měly kabinové prostory otevřené vnějšímu prostředí. To znamenalo, že obyvatelé museli přizpůsobit své oblečení okolnímu prostředí a také povětrnostním podmínkám. Nakonec byly zavedeny uzavřené kabinové prostory, které požadovaly vytápění, chlazení a větrání aby splňovaly očekávání zákazníků. [7]

Větrání uvnitř vozidla bylo dosaženo otevřením nebo sklopením okna, pro zlepšení cirkulace vzduchu byly do dveří a přepážek přidány průduchy. Proudění vzduchu bylo obtížné ovládat, protože bylo závislé na rychlosti vozidla a také toto řešení umožňovalo vstup nečistot a vlhkého vzduchu z motorového prostoru do interiéru. [7]

Po letech konstrukčního vývoje v roce 1939 uvedl Packard na trh první mechanický automobilový A/C systém, který pracoval na uzavřeném cyklu. Systém používal kompresor, kondenzátor, vysoušeč a výparník. Jediným ovládacím prvkem systému byl spínač ventilátoru. Tento systém měl nevýhodu v tom, že kompresor pracoval nepřetržitě a musel se tak demontovat řemen pro jeho vypnutí. [7]

V roce 1954-55 představil Nash-Kelvinator klimatizaci pro masový trh. To bylo kompaktní a cenově dostupná klimatizace s ovládacími prvky na palubní desce a elektrickou spojkou kompresoru. [7]

4.5.2 Funkce automobilové klimatizace

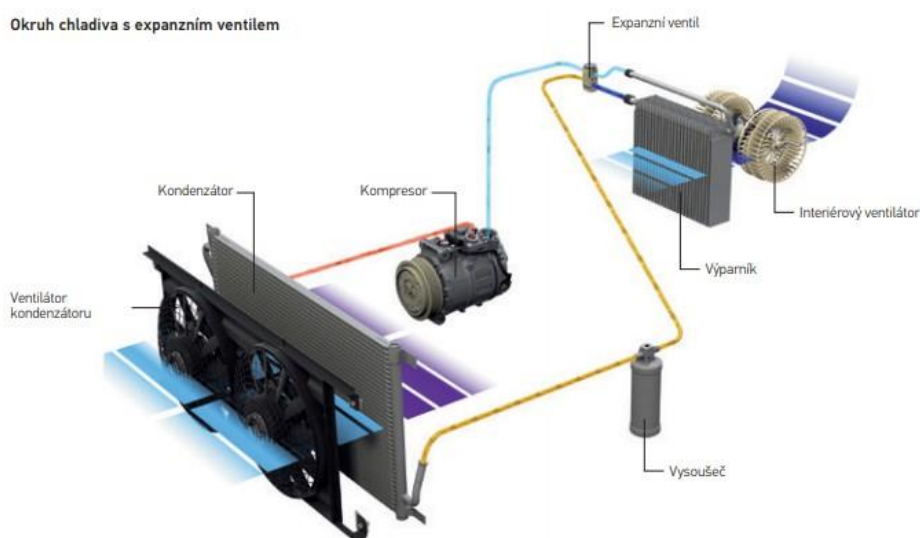
Jednotlivé součásti okruhu jsou propojené hadicemi a hliníkovým potrubím, takže tvoří uzavřený systém. V tomto systému je chladivo a rozprášený olej, jejich cirkulaci zajišťuje kompresor. Tento okruh je rozdělený na dvě strany:

- Část mezi kompresorem a expanzním ventilem je vysokotlaká strana (žlutá / červená barva).
- Část mezi expanzním ventilem a kompresorem je nízkotlaká strana (modrá barva)

Kompresor plynné chladivo stlačuje (takže se silně zahřívá) a pod vysokým tlakem je tlačí do kondenzátoru. V něm se z chladiva odebírá teplo, takže kondenzuje, tzn. přechází z plynného do kapalného skupenství. [10]

Dále navazuje vysoušeč, kde se z kapalného chladiva odlučují nečistoty, vzduchové bubliny a vlhkost. Tím je zajištěna účinnost systému a jeho součásti jsou chráněny před poškozením nečistotami. Okruh klimatizace lze vidět na obrázku 16. [10]

Obr. 16 - Okruh klimatizace



Zdroj: [10]

4.5.3 Druhy klimatizačních systému

Mechanicky ovládané

Jedná se o první ovládní klimatizací, nyní se s manuálním ovládním setkáme už jen u vozidel nízké výbavy. Manuální klimatizace má vliv pouze na zchlazení vzduchu, případná úprava teploty je pak už jen na nastavení řidiče, jenž volí mísení studeného a teplého vzduchu. Manuální ovládní lze vidět na obrázku 17. [7]

Ovládací panel manuální klimatizace vypadá stejně jako u vozidla bez klimatizace, akorát s tím rozdílem že ovládací panel obsahuje funkci A/C. Po zmáčknutí tohoto tlačítka začne chladicí systém chladit na plný výkon a řidič pak pomocí ovládní teploty reguluje mísení teplého a studeného vzduchu a tím výstupní teplotu. Nevýhoda tohoto řešení je že tento výkon

nelze regulovat i když nepožadujeme maximální výkon a tak dochází k zbytečným ztrátám motoru. [7]

Obr. 17 - Manuální ovládání klimatizace



Zdroj: [11]

Poloautomaticky ovládané

Poloautomatické klimatizace tvoří kompromis mezi automatickou a manuální klimatizací. Tento typ klimatizace dokáže upravit nastavenou teplotu řidičem, která vychází z ofukovačů, ale už tuto nastavenou teplotu neudrhuje v interiéru vozidla. Neumí také měnit intenzitu proudění jako automatická klimatizace. Typ ovládání je na obrázku 18. [7]

Obr. 18 - Poloautomatické ovládání klimatizace



Zdroj: [12]

Automaticky ovládané

Automaticky ovládaná klimatizace se dokáže regulovat sami podle nastavené teploty dané řidičem. Výkon se reguluje podle potřeby.

Tento typ klimatizace je pro řidiče nejpohodlnější a také nejkvalitnější. Klimatizace udržuje nastavenou teplotu danou řidičem a to tak že si sama reguluje výkon chlazení a také výkon ventilátoru. Důležitým prvkem pro takto nastavenou teplotu je také sluneční záření

neboli výkon slunečního záření. Tento výkon bývá snímán pomocí měřicího čidla umístěném na čelním skle v místě zpětného zrcátka. Aby tyto všechny faktory klimatizace dokázala vyhodnotit musí být řízena svojí řídicí jednotkou.

V dnešní době je běžné, že automatické klimatizace obsahují možnost ovládat teplotu pro různé části interiéru. Takové to klimatizace se nazývají dvouzónové nebo třízónové. Umožňují regulovat například teplotu v přední části vozidla a na zadních sedačkách, nebo regulovat teplotu u řidiče a spolujezdce. Automatické ovládání lze vidět na obrázku 19.

Obr. 19 - Automatické ovládání klimatizace



Zdroj: [13]

4.5.4 Komponenty klimatizace

4.5.4.1 Kompresor

Funkce kompresoru je stlačovat a cirkulovat přehřáté páry chladiva v uzavřeném okruhu systému. Kompresory se liší v designu, hmotnosti, rychlosti otáčení, směru a posunu. Také mohou být poháněny mechanicky nebo elektricky. Dále jsou fixní nebo regulované. Kompresor využívá 80% energie potřebné k provozu klimatizačního systému. To je zvláště důležité pro spotřebu paliva, která má vliv na emise. [7]

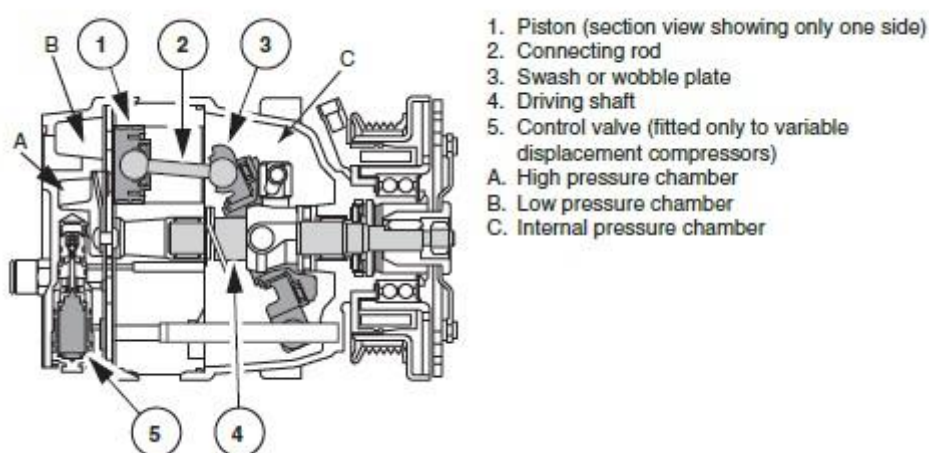
Kompresor je poháněn od rozvodového ústrojí motorem. Obsahuje magnetickou spojku, která při dodání síly zapíná kompresor. Kompresor nasává páry chladiva ze sací strany, kterou je výstup z akumulátoru (systém orifice) nebo výstup z výparníku (systém s expanzním ventilem). Protože chladivo, které opustilo výparník/akumulátor, je pára, která již nemůže absorbovat tepelnou energii. Během stlačování chladiva v kompresoru se tlak a teplota rapidně zvyšuje. U ideálního systému se tlak pohybuje od 200 do 2250 kPa a dosahuje teploty až 125 °C. [7]

Používané kompresory v automobilovém průmyslu jsou především pístové s kyvnou deskou a rotační spirálové.

Pístový kompresor s kyvnou deskou

Jedná se o nejvíce běžný typ kompresoru používaný pro automobilní klimatizace. Jeho funkce spočívá v naklápění desky, toto naklápění má vliv na nasávané objemové množství pro každý píst kompresoru. Zvyšováním nebo snižováním nasávaného objemu pak má vliv na vytváření tlaku v systému, protože určujeme jaké množství je nasáváno za určitý čas. Schéma kompresoru je vidět na obrázku 20. [7]

Obr. 20 - Schéma kompresoru s kyvnou deskou



Zdroj:[7]

Rotační spirálový kompresor

Spirálový kompresor se skládá ze dvou spirál, přičemž jedna leží v druhé a jsou namontovány ve válcovém krytu. Jedna spirála je pevná a druhá je připevněna k hnací hřídeli kompresoru. Řízená spirála se neotáčí sama, ale obíhá kolem druhé spirály. Dvě spirály tak vytváří kompresní komory ve tvaru půlměsíce. Spirálový kompresor je zobrazen na obrázku 21. [7]

Obr. 21 - Spirálový kompresor

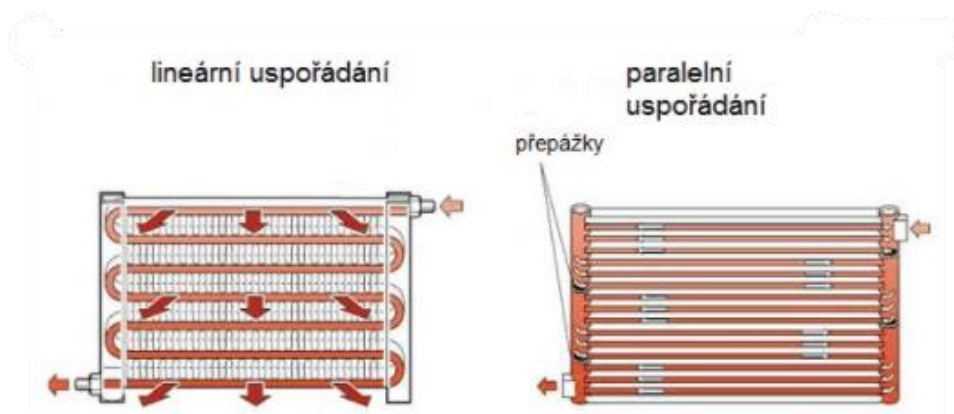


Zdroj:[1]

4.5.4.2 Kondenzátor

Úkolem kondenzátoru je fungovat jako výměník tepla k rozptýlení obsažené tepelné energie v chladivu. Přehřátá pára vstupuje do kondenzátoru horem a podchlazená kapalina vychází spodem. Přehřátá pára prostupuje skrz tvarované potrubí v chladiči kde je ochlazovaná pomocí výměny tepla z okolního prostředí. Kondenzátor obsahuje žebrování, které napomáhá k výměně tepla. Při této výměně tepla dochází k poklesu teploty a přehřátá pára začne kondenzovat do kapalného stavu. Pro zlepšení účinnosti je kondenzátor umístěn v přední části vozidla kde využívá nápor vzduchu při jízdě. Je také opatřen ventilátorem pro zvýšení účinnosti a také pro případ když vozidlo není v pohybu. Konstrukci kondenzátoru lze vidět na obrázku 22. [7]

Obr. 22 - Kondenzátor



Zdroj: [14]

4.5.4.3 Expanzní zařízení

Slouží k řízení množství chladiva protékajícího výparníkem. Funkce spočívá k oddělení vysokotlaké a nízkotlaké větve systému, měří objem chladiva a tím chladicí výkon a zajišťuje, aby z výparníku vycházelo přehřáté palivo. [7]

Expanzní ventil

Do expanzního ventilu putuje podchlazené chladivo z vysoušeče, které je pak pomocí expanzního ventilu změněno do nízkotlaké páry s nízkou teplotou. To je způsobeno pomocí proměnného otvoru. Vysoký tlak tak vstupuje otvorem od vysoušeče a nízký tlak pak otvorem k výparníku. Náhlý pokles tlaku a teploty způsobí, že se část kapaliny odpaří. Nízkotlaká kapalina/ pára pak vstupuje do výparníku, odkud se přenáší teplo jeho povrchu k chladivu prostřednictvím odpařování. Schéma s expanzním ventilem je zobrazeno na obrázku 23. [7]

Obr. 23 - Schéma klimatizačního systému s expanzním ventilem

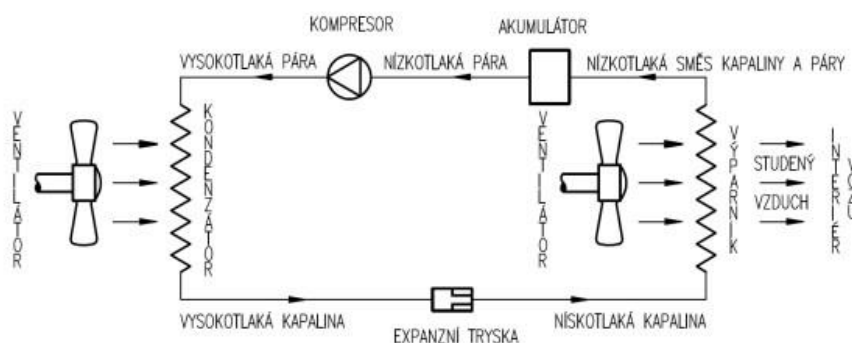


Zdroj: [15]

Expanzní tryska (orifice)

Princip činnosti klimatizačního systému s expanzní tryskou je podobný jako u předchozího systému. Rozdíl je že tento systém neobsahuje vysoušeč jako u předchozího systému ale obsahuje akumulátor před kompresorem, který má za úkol zajistit, aby chladivo opustilo akumulátor jako páru. Schéma systému lze vidět na obrázku 24. [7]

Obr. 24 - Schéma klimatizačního systému s expanzní tryskou

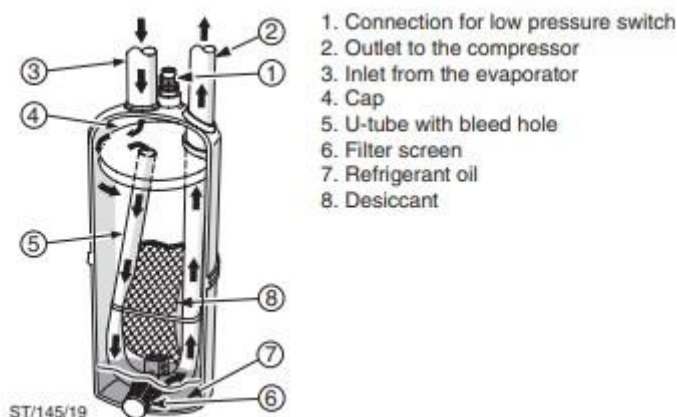


Zdroj: [15]

4.5.4.4 Akumulátor

Akumulátor je umístěn mezi výparníkem a kompresorem. Funkce akumulátoru je zajistit, aby chladivo opustilo akumulátor jako páru. Dále pak odstraňuje vlhkost, působí jako dočasný zásobník a také pro mazání systému jako je kompresor. Akumulátor je zobrazen na obrázku 25. [7]

Obr. 25 - Akumulátor



Zdroj: [16]

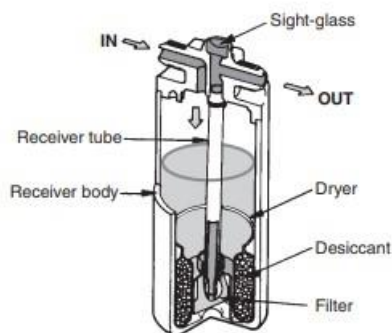
4.5.4.5 Vysoušeč (dehydrátor)

Je umístěn mezi kondenzátorem a expanzním ventilem. Jeho funkce je bránit proti znečištění, odstraňuje vlhkost, dočasný zásobník a také funguje jako bod pro diagnostiku.

Chladivo vstupující do vysoušeče v ideálním systému bude v kapalném stavu. Pokud je systém pod velkým zatížením, kondenzátor nemusí být dostatečně účinný, aby zcela

zkondenzoval chladivo. To znamená, že může obsahovat možnou páru, která by poškodila systém. Vysoušeč je zobrazen na obrázku 26. [7]

Obr. 26 - Vysoušeč



Zdroj: [7]

4.5.4.6 Výparník

Výparník je svojí konstrukcí velmi podobný kondenzátoru. Funkce výparníku je způsobena velkou plochou, která umožňuje proudění teplého a vlhkého vzduchu, který uvolňuje tepelnou energii do chladiva uvnitř. Výparník lze vidět na obrázku 27. Výparník je velmi chladný a předává svoji energii protékajícímu vzduchu, který proudí skrz výparník. Při této výměně tepelné energie nastává kondenzace vlhkosti obsažené v nasávaném teplém vzduchu zvenčí. Kapičky vody na povrchu pomáhají čistit přichozí vzduch tím, že zachycují nečistoty a cizí částice. Obsah vlhkosti je také snížen, takže do interiéru vozidla je přiváděn čistší sušší vzduch. To zároveň zlepšuje pohodlí, zejména za vysoce vlhkých podmínek a také napomáhá bezpečnosti vozidla proti zamlžování oken. [7]

Kapičky vody, které touto tepelnou změnou vznikají, pak odkapávají do odtoku. Teplota výparníku by neměla klesnout pod 2 °C z důvodu zamrznutí výparníku. Při dosažení teploty pod 0 °C by s přítomnou vlhkostí nastalo zamrznutí výparníku a snížila by se účinnost chlazení, nebo by mohlo dojít i k jeho poškození.

Obr. 27 - Výparník



Zdroj: [17]

4.5.4.7 Spojovací prvky

Mezi spojovací prvky patří pryžové hadice a hliníkové trubky. Slouží k propojení mezi jednotlivými prvky klimatizace. Tyto spoje musí vydržet tlaky, které vznikají v klimatizačním okruhu a také musí mít minimální tlakové ztráty. Měly by také být odolné vůči vibracím a protichůdných pohybům. Klimatizační potrubí je zobrazeno na obrázku 28.

Obr. 28 - Klimatizační potrubí



Zdroj:[18]

4.5.4.8 Chladivo

Chladivo R134a

Patří mezi nejvyžívanější chladiva, a to nejen pro klimatizace budov, ale i osobních vozidel a veřejné dopravy. S tímto typem se lze setkat také v chladírenském průmyslu a tepelných čerpadel.

Vlastnosti R134a: bod varu $-26,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ při 1013 mbar, nízká hustota v kapalně formě, vysoká hustota v plynné formě, kritická teplota $101,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, kritický tlak 40,6 bar, bezbarvý plyn se slabým éterickým zápachem. [19]

Chladivo R1234yf

Jedná se o ekologičtější chladivo. Toto médium bylo navrženo jako alternativa k R134a do automobilových klimatizací. Jedná se o novou třídu, která má GWP (Global warming potencial) asi 335 krát nižší než R134a a atmosférickou životnost 400x kratší. Vzniklo na základě přísných evropských směrnic, které počítají s výrobou látek do klimatizací automobilů s hodnotou GWP 150 a méně.

Některé automobilové závody tento typ chladiva odmítají, protože má částečnou hořlavost. V případě autonehody tak může být tento typ chladiva nebezpečný. [19]

4.6 Teplo

Teplo je kinetická energie všech molekul tělesa. Je aditivní funkcí stavu tělesa, je konstantní pro izolované systémy, pro otevřené systémy je mírou interakcí s okolím. Rozlišuje se na tři typy a to na kondukcí, konvekci a transmitaci. [20]

4.6.1 Teplota

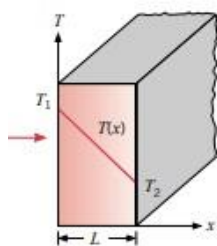
Teplota je stavová veličina určující stav termodynamické rovnováhy tj. stav, kdy v izolované soustavě těles od okolního prostředí neprobíhají žádné makroskopické změny a všechny fyzikální veličiny, jimiž je stav soustavy popsán nezávisí na čase. [21]

4.6.2 Kondukcce

Kondukcce, neboli vedení tepla si můžeme představit jako přenos energie od částic s vyšší energií k částicím s nižší energií. Tento jev můžeme pozorovat například v zimních měsících, kdy vznikají tepelné ztráty z vytápěné místnosti do venkovního vzduchu. Tato ztráta je způsobena především přenosem tepla vedením přes stěnu. [22; 23]

Tento jev je popsán Furiérovým zákonem, který popisuje základní veličinu tepla neboli hustotu tepelného toku v závislosti na okolních podmínkách. Příklad zobrazení kondukcce lze vidět na obrázku 29. [22; 23]

Obr. 29 - Příklad kondukcce



$$\dot{q} = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx}$$

Zdroj: [23]

Kde: q měrný tepelný tok
 λ tepelná vodivost [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
 T_1, T_2 teplota
 L délka
 S plocha
 Q tepelný tok

Záporné znaménko znamená, že tepelný tok má vždy opačný směr než tepelný gradient.

4.6.3 Konvekce

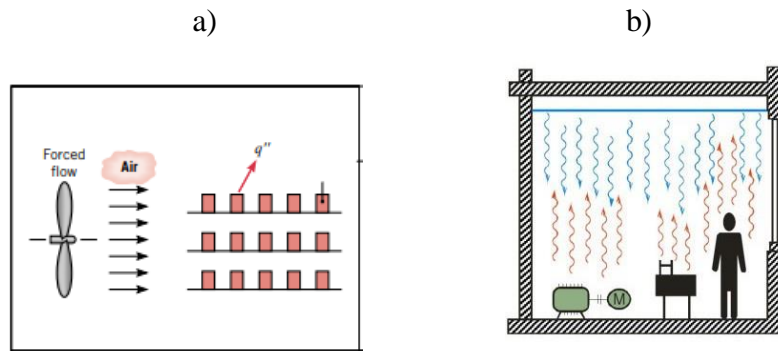
Přenos tepla konvekcí se dělí na dva mechanismy a to na přenos energie v důsledku náhodného molekulárního pohybu (difuze), druhý pak kolektivním pohybem velkého množství molekul (advekce). [23]

Konvekci dle proudění můžeme rozdělit do tří skupin a to:

- a) Nucenou – vzniká za pomoci nuceného proudění
- b) Přirozenou – vzniká rozdílnou hustotou
- c) Kombinovanou – kombinace nucené s přirozenou

Zobrazení konvekce je vidět na obrázku 30.

Obr. 30 - Příklad nucené a přirozené konvekce



Zdroj: [23; 24]

V těchto případech platí Newtonův ochlazovací zákon:

$$q = h(T_s - T_\infty)$$

Kde: q ... měrný tepelný tok
 h ... součinitel přestupu tepla
 T_s ...teplota povrchu obtékaného tělesa
 T_∞ ... teplota v dostatečné vzdálenosti od povrchu tělesa

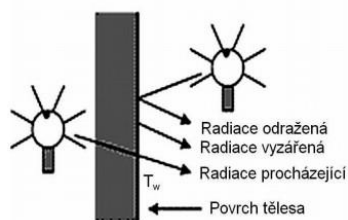
4.6.4 Radiace

Tepelné záření je energie vyzařována hmotou, která má nenulovou teplotu. Energie radičního pole je přenášena elektromagnetickými vlnami (nebo alternativně fotony). Zatímco konvekce s kondukcí vyžadují přítomnost hmotného média, tak záření nikoli a může svou energii vyzařovat i ve vakuu. [23]

Záření, které je emitováno povrchem, pochází z tepelné energie ohraničené hmoty povrchem a rychlost uvolňování energie na jednotku plochy (W/m^2) nazýváme povrchová emisní síla. Maximální tepelný tok, který může být emitován je dán Boltzmannovým zákonem:

$$E_b = \sigma T_s^4$$

Obr. 31 - Příklad radiace



Kde: E_b ... emisivní energie
 σ ... Stefan – Boltzmannova konstanta
 $(5,67 \cdot 10^{-8} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}])$
 T_s ... teplota povrchu obtékaného tělesa

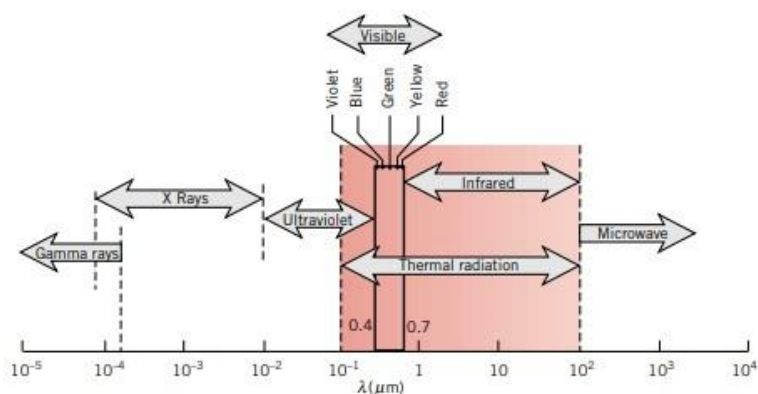
Zdroj:[25]

Radiace může být z části, nebo zcela pohlcena povrchem čímž se zvyšuje tepelná energie materiálu. Rychlost, kterou je sálavá energie absorbována na jednotku povrchové plochy, lze vyhodnotit ze znalosti povrchové radiační vlastnosti nazývané absorpční schopnost. Tyto příklady jsou vidět na obrázku 31.

Pokud je povrch neprůhledný, část záření se odráží. Pokud je povrch poloprůhledný, mohou být také části záření odráženy. Avšak zatímco absorbované a emitované záření zvyšuje a snižuje, tepelné energie hmoty, odražené a přenášené záření nemají žádný vliv na tuto energii.

K popisu záření tělesa se využívá abstrakce absolutně černého tělesa, které takové těleso v přírodě neexistuje, ale v praxi ho můžeme realizovat dutinou se začerněnými vnitřními stěnami a malým otvorem. Záření, které je přiváděno do tohoto otvoru se několikrát odrazí mezi stěnami a téměř všechnu energii pohltí. [26, 27]

Obr. 32 - Spektrum elektromagnetického záření



Zdroj:[23]

Absorbce

Jedná se o jev, kdy část záření dopadající na povrch tělesa je absorbováno (pohlčeno) a tím dochází k předání energie do povrchu tělesa a nárůstu jeho teploty. Vlivy ovlivňující absorpci je hned několik, například materiál, barva materiálu a druh textury. [26, 27]

Reflektance

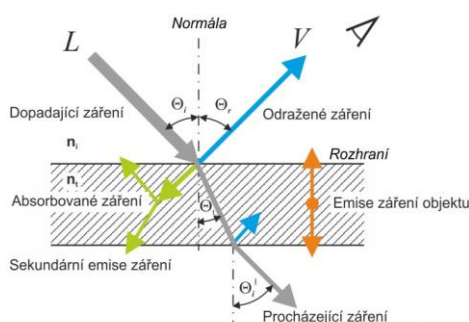
Reflektance se dá popsat, jako jev kdy část energetického záření dopadající na povrch tělesa je odraženo. [26, 27]

Transmitace

Transmitace je jev kdy energie tepelného záření není pohlčováno ani odraženo, ale prochází skrz materiál. Tento jev nastává například u průhledných těles například skla, které tuto energii z větší části propouští. [26, 27]

Na obrázku 33 jsou zobrazeny vlivy tepelného záření na povrchu tělesa.

Obr. 33 - Ukázka vlivu tepelného záření na povrchu tělesa



Zdroj:[28]

4.7 Senzory teploty

4.7.1 Kovové odporové senzory

Principem odporových kovových čidel teploty je teplotní závislost odporu kovu. Kov si lze představit jako soubor kladných iontů umístěných v mřížkových bodech krystalové mřížky a tzv. elektronovém plynu tvořeného souborem chaoticky se pohybujících elektronů. Pro konduktivitu kovu platí [21]

$$\sigma = ne^2 \frac{\tau}{m}$$

kde

σ ... konduktivita

n ... počet elektronů v jednotkovém objemu

e ... elementární náboj

τ ... Relaxační čas elektronů

m ... efektivní hmotnost nosiče nábojů

4.7.2 Polovodičové odporové senzory

Polovodičové odporové senzory využívají stejně jako kovové odporové senzory teplotní závislost odporu. Polovodičové odporové senzory teploty lze rozdělit na termistory, negastory, pozistory. [21]

Termistory

Termistor je teplotně závislý odpor zhotovený z polovodičových feroelektrických keramických materiálů. Keramická technologie umožňuje výrobu termistorů ve tvaru disku, destičky, kapky, válečku, a jiné

Výhodami termistoru jsou velké teplotní citlivosti, malé rozměry, jednoduchý převod odporu na elektrické napětí nebo proudu a možnost přímého měření odporu termistoru na větší vzdálenost. Jako nevýhoda se považuje nelineární charakteristika. Na obrázku 34 je zobrazen termistor. [21]

Obr. 34 - Termistor



Zdroj: [29]

Negastory

Negastory se vyrábějí práškovou technologií z kysličníků kovů jako je kysličník chromu, kobaltu, mědi, železa, manganu, niklu a titanu. Teplotní rozsahy negastorů jsou od

běžných $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do extrémních rozsahů v oblasti nízkých teplot od $+4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ do vysokých teplot $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$. [21]

Pozistory

Pozistory jsou termistory s kladným teplotním součinitelem odporu. Vyrábějí se z polykrystalické feroelektrické keramiky, například z titančitanu barnatého. [21]

4.7.3 Termoelektrické senzory

Termoelektrické články jsou založeny na Seebeckově jevu, to znamená na převodu tepelné energie na elektrickou. Tento jev vzniká tím, že v teplejší části vodiče mají nositelé náboje větší energii a proto difundují ve větším množství do chladnějších míst než nositelé z chladnějších míst do teplejších. Tím vzniká jednostranná převaha nábojů kladných nebo záporných, a proto znaménka absolutních Seebeckových koeficientů souhlasí se znaménkem těch nositelů nábojů, kterých je ve vodiči více. [21]

Termoelektrický článek je vždy složen ze dvou vodičů (polovodičů). V uzavřeném obvodu realizovaném ze dvou materiálově různých vodičů nebo polovodičů protéká elektrický proud tehdy, mají-li oba spoje A, B rozdílnou teplotu. [21]

Mezi výhody těchto článků patří především jejich peněžní hodnota, protože patří mezi nejlevnější snímače teploty. Typy termoelektrických článků jsou vidět na obrázku 35. [21]

Obr. 35 - Typy termoelektrických článků

KÓD	složení	dlouhodobé ($^{\circ}\text{C}$) přibližné hodnoty	krátkodobé ($^{\circ}\text{C}$) přibližné hodnoty	přibližná hodnota α ($\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) při $100\text{ }^{\circ}\text{C}$	přibližná hodnota α ($\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) při $500\text{ }^{\circ}\text{C}$	přibližná hodnota α ($\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) při $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$
K	NiCr (+) NiAl (-)	0 až +1100	-180 až +1350	42	43	39
T	Cu (+) CuNi (-)	-185 až +300	-250 až +400	46	-	-
J	Fe (+) CuNi (-)	+20 až +700	-180 až +750	54	56	59
N	NiCrSi (+) NiSiMg (-)	0 až +1100	-270 až +1300	30	38	39
E	NiCr (+) CuNi (-)	0 až +800	-40 až +900	68	81	-
R	PtRh13 (+) Pt (-)	0 až +1600	-50 až +1700	8	10	13
S	PtRh10 (+) Pt (-)	0 až +1550	-50 až +1750	8	9	11
B	PtRh30 (+) PtRh6 (-)	+100 až +1000	+100 až +1820	1	5	9
G (W)	W (+) WRh (-)	+20 až +2320	0 až +2600	5	16	21
C (W5)	WRh5 (+) WRh26 (-)	+50 až +1820	+20 až +2300	15	18	18

Zdroj: [21]

4.7.4 Monolitické PN senzory

Integrované monolitické senzory teploty jsou nejčastěji založeny na teplotní závislosti napětí PN přechodu v propustném směru. Tyto senzory mají teplotní rozsah od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nejistotu měření v rozsahu $0,6 - 2\%$. [21]

4.7.5 Dilatační teploměry

Dilatační teploměry jsou založeny na teplotní roztažnosti pevných látek, kapalin a plynů. Dle konstrukce se dilatační teploměry dělí na tyčové, bimetalické, bimateriálové, skleněné, kapalinové tlakové, perní tlakové, plynové tlakové. [21]

4.8 Klimatické a vzdušné tunely

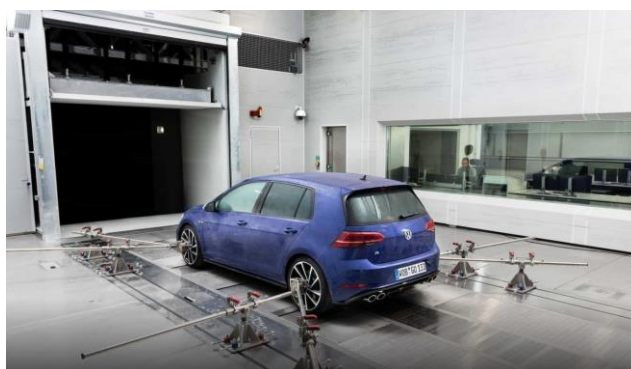
Moderní jízdní simulátory se umisťují v tzv. klimatických komorách, které umožňují libovolně měnit klimatické podmínky při zkoušení vozidla. Kompletní zkušebny vozidel zahrnují navíc ještě aerodynamický tunel, takže v těchto zařízeních lze provádět nejen zkoušky pohybových a kinematických vlastností, ale také měřit aerodynamické vlastnosti vozidel. [30]

Vzdušné tunely jsou důležitým zařízením pro vývoj motorových vozidel. Klimatický větrný tunel je zobrazen na obrázku 36. Význam uplatnění aerodynamiky při vývoji silničních vozidel ovlivňují rozhodujícím způsobem dva faktory: jednak snaha o dosažení optimální hospodárnosti provozu, zejména co nejmenší energetické spotřeby při požadované přepravní kapacitě osob a nákladu, jednak úsilí konstruktérů co nejvýše zvýšit aktivní bezpečnost vozidel. [30]

Mezi další důležité úlohy patří: teplotní zkoušky vozidlových agregátů (chlazení motoru brzd, výfukového zařízení, větrání vnitřního prostoru, klimatizace, aerodynamický hluk, hluk karoserie a jiné). [30]

K zjišťování teplotních vlastností vozidla a agregátů při reálných silničních podmínkách a při současném určení velkého množství měřících dat slouží válcová zkušebna. Toto zařízení umožňuje simulovat všechny jízdní stavy (hmotnost vozidla, valivý odpor, vzdušný odpor, odpor stoupání a klesání). [30]

Obr. 36 - Klimatický větrný tunel

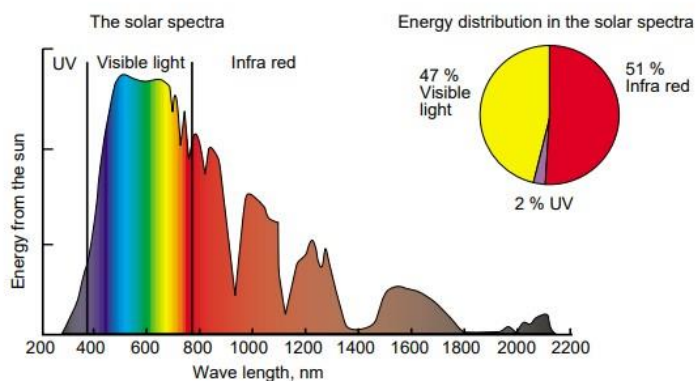


Zdroj: [31]

4.9 Tónované skla

Evropská směrnice pro silniční provoz předepisuje nejnižší povolený přenos viditelného světla pro zasklení ve vozidlech. Pro čelní okna je nejnižší povolený přenos viditelného světla 75%, pro boční a zadní okna je stanoveno 70%. Na obrázku 37 je vidět distribuce energie slunečního spektra a označuje část energie ve viditelném světle, infračerveném světle (IR) a ultrafialovém světle (UV). [32]

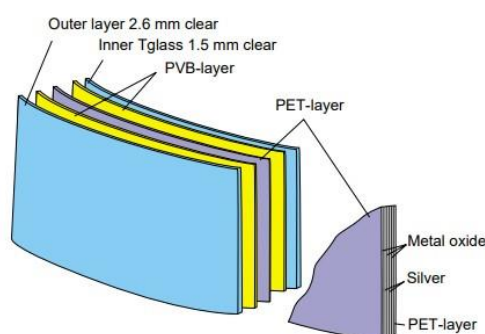
Obr. 37 – Spektrum UV záření



Zdroj:[32]

Jelikož směrnice nestanovuje nejnižší přenos UV a IR záření, tak tyto frekvence mohou být zcela zablokovány. Proto firmy jako například společnost Pilkington navrhla skleněný Siglasol, který účinně blokuje hlavní části UV a IR slunečního spektra, zatímco stále vysílá 77% viditelného světla. Přenos energie ve slunečním spektru skrz Siglasol je kolem 50%, v závislosti na rychlosti vozidla z důvodu chlazení skla během jízdy. Konstrukční provedení skla Siglasol je zobrazeno na obrázku 38. [32]

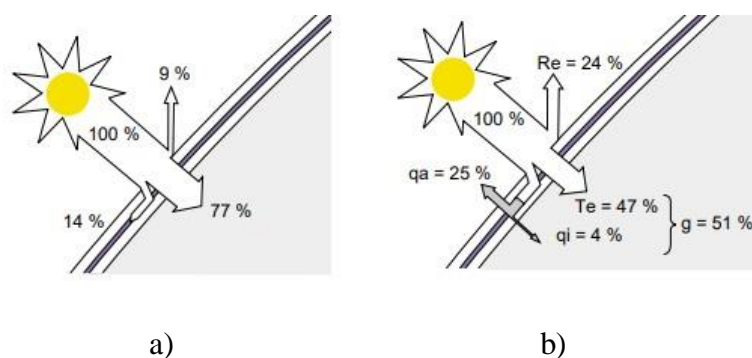
Obr. 38 - Konstrukční provedení skla Siglasol



Zdroj: [32]

Jelikož Siglasol propouští 77% viditelného světla, není bráno jako tmavé sklo. Výrazně tak snižuje tepelné zatížení interiéru, protože přenáší pouze 50% tepla ve světle, to je zobrazeno na obrázku 39.

Obr. 39 - Vizualizace propustnosti sluneční energie – a) průchod viditelného světla, b) průchod energie



Zdroj: [32]

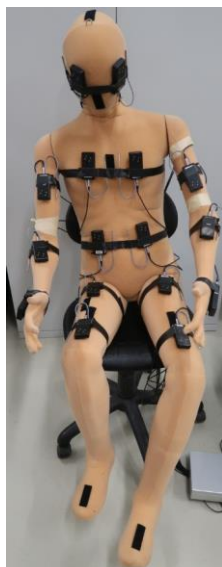
4.10 Manekýn

Manekýn je zařízení, které představuje technický model lidského člověka v měřítku 1:1. Model je konstruován aby umožňoval pohyb končetin a hlavy podle biomechaniky člověka, to znamená (pohyblivost kloubů a změny tělesné hmotnosti). Využívá se například pro konstrukci sedadel a pracovních míst řidičů. Pomáhají tak stanovit ergonomické (zejména rozměrové) parametry pracovního místa.

V tomto případě má manekýn napodobovat spolujezdce ve vozidle. Manekýn slouží převážně jako „nosič“ pro upevnění senzorů měřící komfortní teplotu, ale také jeho stavba

napodobuje samotného spolujezdce, která má vliv například na proudící vzduch. Tento druh manekýna nazýváme komfortis. Zařízení komfortis je zobrazen na obrázku 40.

Obr. 40 - Komfortis



4.10.1 Funkce senzoru

Senzor, který je využíván pro měření komfortní teploty je složen ze třech měřících prvků teploty z které pak dopočítává ekvivalentní teplotu. Samotné tělo senzoru se přehřívá na určitou teplotu z které se dopočítává celkový součinitel přestupu tepla konvekcí a radiací a_{cel} působením proudu vzduchu se těleso buďto zahřívá nebo ochlazuje. Dále se tento senzor skládá ze senzoru okolní teploty, který měří okolní teplotu a ze slunečního senzoru, který měří sluneční energii. Senzor pro měření komfortní teploty je zobrazen na obrázku 41.

Pro posuzování tepelných podmínek v kabinách vozidel se používá norma ČSN EN ISO 14505-2 tak zvaná ekvivalentní teplota t_{eq} . Tato teplota se používá v asymetrických prostorech jako je například kabina vozidla a jim podobným objektům pro určení klimatických podmínek a slouží k posuzování tepelných podmínek.

V praxi se stanovuje ekvivalentní teplota pomocí vzorce:

$$t_{eq} = t_p - \frac{q}{a_{cel}}$$

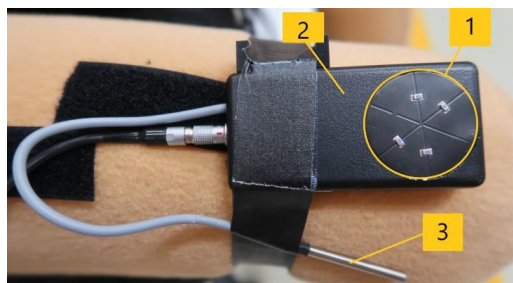
kde: t_p [°C] je povrchová teplota

q [W.m⁻²] – hustota tepelného toku konvekcí a radiací

a_{cel} [W.m⁻²K] celkový součinitel přestupu tepla konvekcí a radiací

Nevýhodou tohoto senzoru je že neuvažuje s vlhkostí prostředí, která má také významný vliv na mikroklima a tím i na komfortní pohodlí člověka.

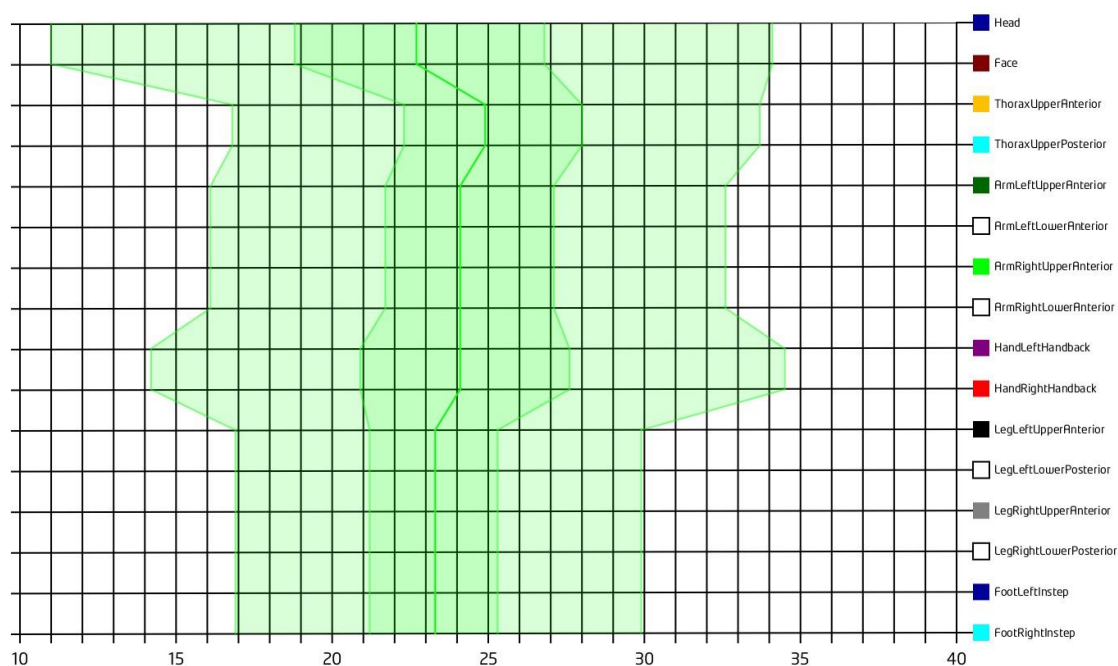
Obr. 41 - senzor teploty 1) senzor pro měření sluneční energie 2) tělo senzoru 3) senzor pro měření okolní teploty



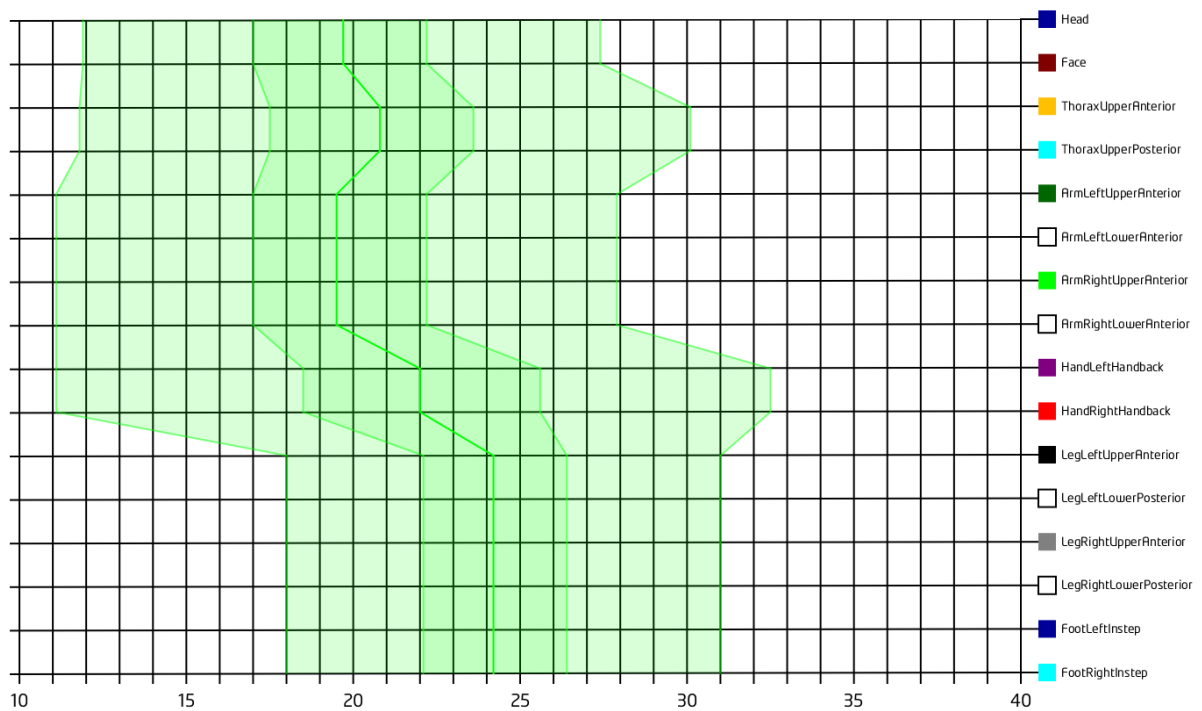
4.10.2 Přiřazení senzorů na manékýna

Program komfortis obsahuje 3D model manékýna, kde jsou stanoveny jednotlivé části (plochy) těla manékýna. Zde je možné umístit teplotní senzory. Každá tato část má svojí specifickou komfortní teplotu, která vychází z biomechaniky člověka. Program obsahuje dva režimy komfortní teploty a to je režim zimní a letní. Letní režim vychází že komfortis je oblečen v letním oblečení, to si můžeme představit jako krátké triko a kraťasy. V zimním režimu si pak můžeme představit dlouhé kalhoty a triko s dlouhým rukávem.

Obr. 42 - Komfortní režim - léto



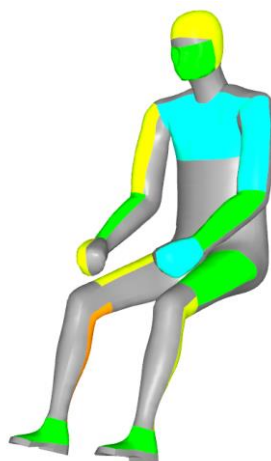
Obr. 43 - Komfortní režim - zima



Škála pocitových teplot je vidět na obrázku 42 a 43, byla stanovena podle pocitů mužů a žen a ta byla vytvořena testováním lidí zhruba v řádech tisíců testovaných subjektů a je nastavena na uspokojení pocitové teploty pro zhruba 97% z nich. Lze si všimnout že například u Thorax Upper Posterior je rozdíl v zimním a letním režimu. V zimním režimu je komfortní teplota posunuta ze 17 °C na 12 °C to proto, že osoba v zimním období bude mít na sobě bundu a ta ji pomůže izolovat teplo a odolávat zimě, tím se osoba cítí v menší teplotě komfortněji.

Komfortis disponuje šestnácti teplotními senzory, které můžeme vidět na obrázku 40. Pro účel a typ zkoušky se mohou teplotní senzory na pozici manekýna měnit dle typu zkoušky. Rozložení použité pro měření teplotních zkoušek, které budou uvedeny v další kapitole této diplomové práce můžeme vidět na obrázku číslo 43.

Obr. 44 - 3D model komfortise



4.10.3 Měřené veličiny

Pocitová teplota

Teplota je důležitou veličinou, která člověku ovlivňuje každodenní život. Avšak mnoho lidí považuje teplotu vyčtenou z teploměru jako tu pocitovou, ale je rozdíl například být v 30°C doma v bytě a nebo při této teplotě být v deštném pralese. Faktorů působících na člověka, které stanoví onu pocitovou teplotu je hned několik. Patří mezi ně proudění vzduchu, vlhkost vzduchu a sluneční energie.

Proudění vzduchu

Proudění vzduchu má velký vliv na teplotu jak zimních tak i letních měsících. Lidský organismus má teplotu okolo 36 °C a ohřívá slabou vrstvu okolního vzduchu. V blízkosti naší pokožky se tak vytváří izolační vrstva tepelného vzduchu. Pokud na tuto vrstvu vane vítr tak ji ztrácíme a pociťujeme chlad.

Vlhkost vzduchu – Heat index

Vlhkost vzduchu má velký vliv na pocitovou teplotu hlavně v letních měsících, kdy při zvýšené vlhkosti dochází k zhoršenému odpařování potu z lidské pokožky. Neboli čím větší je vlhkost vzduchu to znamená, že vzduch je nasycený vodní parou a hůře absorbuje vodní páru z potu, který generuje člověk. Při vypařování potu z pokožky dochází k jejímu ochlazování. Pro tento jev se využívá takzvaný Heat index, který se používá pouze pro teploty nad 27°C a vlhkost vzduchu nad 40 %. Při nižších teplotách a vlhkosti vzduchu je jeho vliv zanedbatelný. Převodní tabulka je zobrazena na obrázku 44.

Obr. 45 - převodní tabulka využívána v meteorologických stanicích

		Teplota (°C)															
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	37	38	39	40	41	42	43
Vlhkost (%)	40	27	27	28	29	31	33	34	36	38	41	43	46	48	51	54	58
	45	27	28	29	31	32	34	36	38	40	43	46	48	51	54	58	
	50	27	28	29	31	33	35	37	39	42	45	48	51	55	58		
	55	27	29	30	32	34	36	38	41	44	47	51	54	58			
	60	28	29	31	33	35	38	41	43	47	51	54	58				
	65	28	29	32	34	37	39	42	46	49	53	58					
	70	28	30	32	35	38	41	44	48	52	57						
	75	29	31	33	36	39	43	47	51	56							
	80	29	32	34	38	41	45	49	54								
	85	29	32	36	39	43	47	52	57								
90	30	33	37	41	45	50	55										
95	30	34	38	42	47	53											
100	31	35	39	44	49	56											

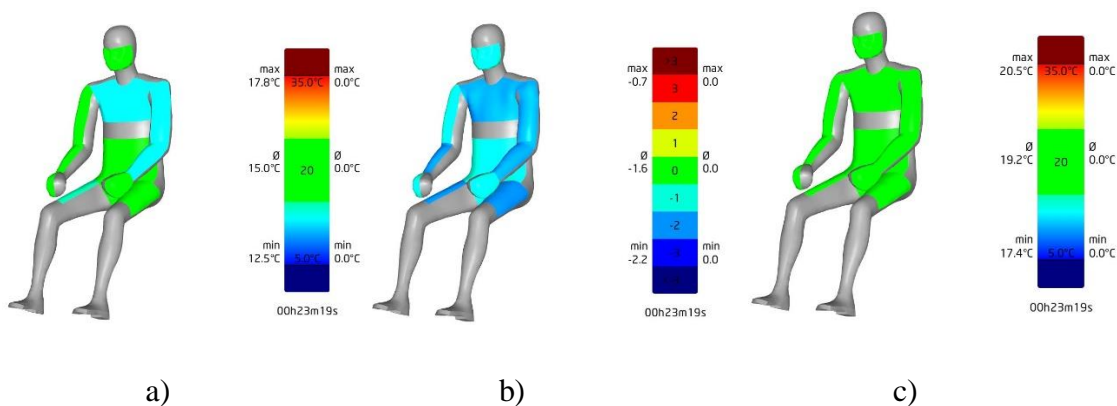
Zdroj:[19]

Ekvivalentní teplota

Ekvivalentní teplota kombinuje naměřenou okolní teplotu, vliv dopadajícího záření, větru a vlhkosti vzduchu. Jde tedy o komplexní působení okolí na člověka, proto se pak pocitová teplota liší například v létě kdy je vyšší a v zimě nižší.

V případě měření se zařízením komfortis není uvažována složka vlhkosti vzduchu. Jelikož je toto zařízení cíleno do automobilového průmyslu, kde klimatizační zařízení v ideálních podmínkách udržuje vlhkost vzduchu okolo 40 % a teplotu vzduchu okolo 22 °C, tak by tato veličina neměla takový význam a zařízení by bylo o to dražší a složitější.

Obr. 46 - Způsoby grafického znázornění a) ekvivalentní teplota, b) pocitová teplota, c) teplota okolí



V tabulce 1 lze vidět popsané jednotlivé stupně pocitové teploty. Tyto stupně vychází z ekvivalentní teploty a komfortního režimu (komfortního rozsahu). Tato tabulka pak stanovuje daný teplotní pocit.

Tab. 1 - Pocitové teploty

3	Vyšší teplo
2	teplo
1	Mírně teplo
0	Ideální teplota
-1	Mírně chladno
-2	Chladno
-3	Zima

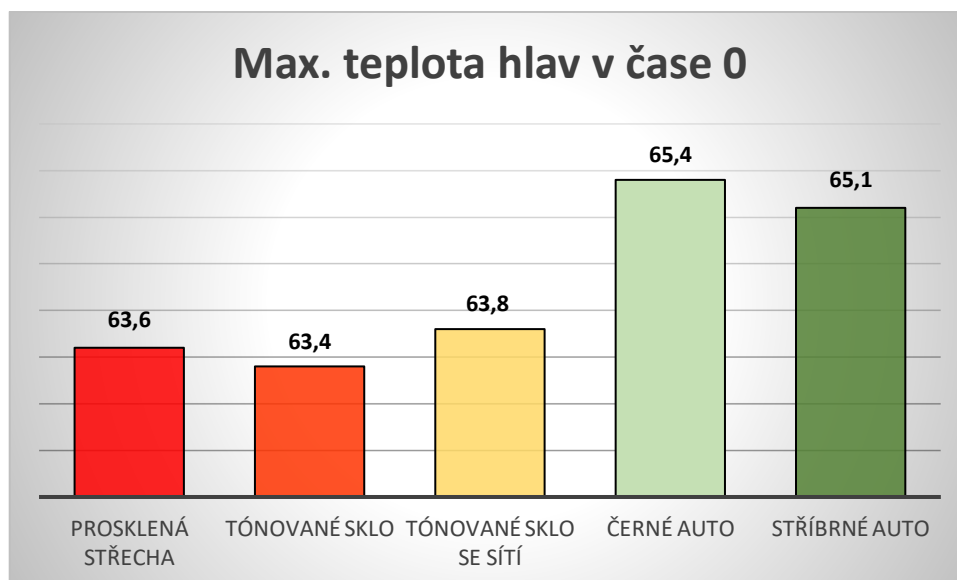
5 Praktická část

Praktická část diplomové práce se věnuje měření jednotlivých vozidel v daných časech. Jsou zde graficky znázorněny teploty v oblasti hlav a také komfortní teploty měřené komfortisem. Na konci této praktické části je vyhodnocení jednotlivých vozidel a jejich seřazení od nejlepšího po nejhorší.

5.1 Vyhodnocení teplot v oblasti hlav pomocí termočlánků

Na obrázku 46 lze vidět graf v čase 0. Časem 0 je myšlena doba před zapnutím klimatizace ve vozidle a dosažení maximální teploty teploty. Podle grafu je patrné, že největší teplota v oblasti hlavy je u černého vozidla. To je způsobeno tepelnou radiací od střechy vozidla. Střecha vozidla je zatěžována slunečním zářením, které je simulováno v klimatické komoře. Druhým typem vozidla, ve kterém je největší teplota je stříbrné vozidlo. Rozdíl 0,3 °C je při této zkoušce zanedbatelný, ale u prosklených vozidel si můžeme povšimnout zanedbatelného poklesu teploty v oblasti hlav, to je způsobeno pronikáním slunečního záření skrz prosklenou část střechy a pronikající do interiéru vozidla, převážně na plochy autosedaček.

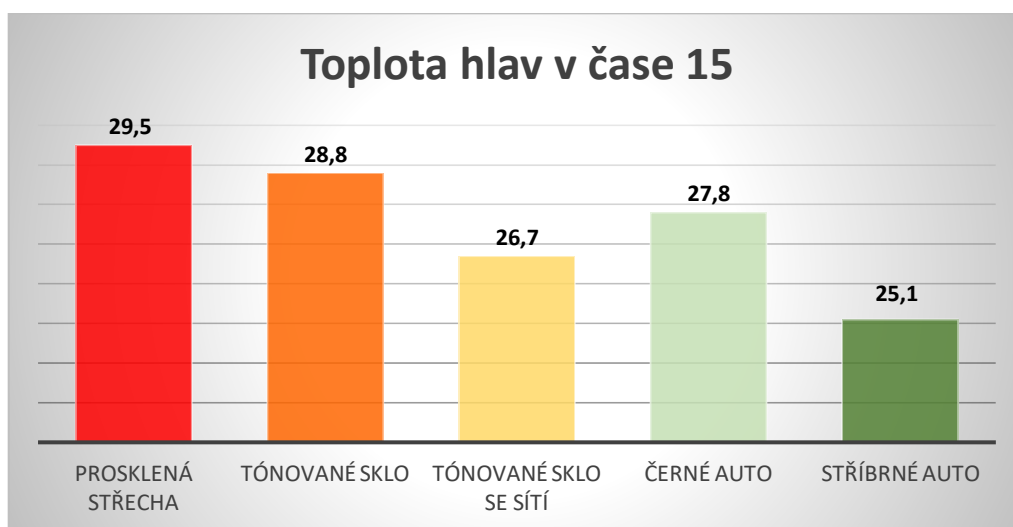
Obr. 47 - Maximální teploty v čase 0



V čase patnáct minut od zapnutí klimatizace lze vidět na obrázku 47, že poměr teplot mezi typy vozidla se výrazně změnil. V tuto chvíli již působí uvnitř interiéru nucená kondukce

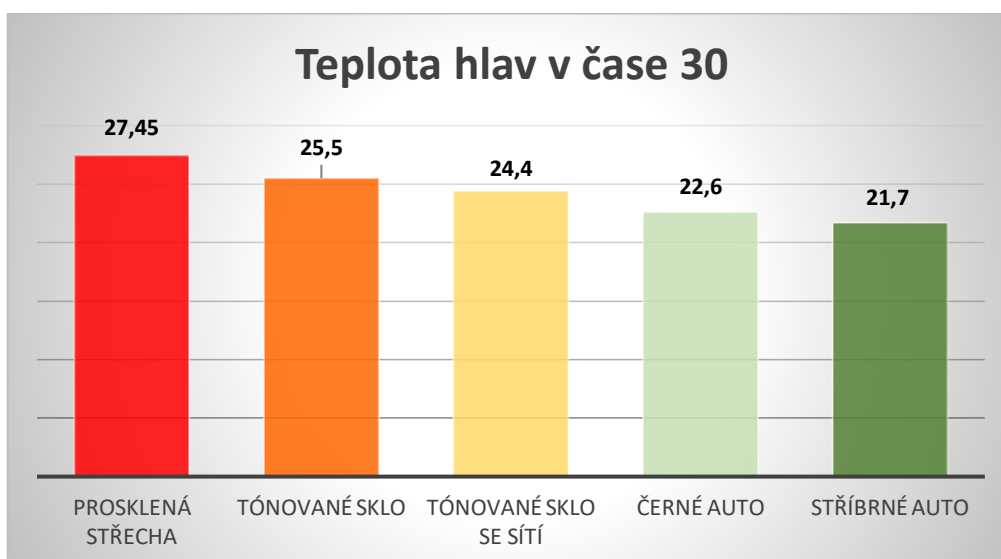
vzduchu způsobena zapnutou klimatizací. V čase 15 vychází vozidlo s prosklenou střechou jako vozidlo s největší teplotou v oblasti hlav. To může být způsobeno slunečním zářením dopadající na řidiče a hlavové opěrky sedaček, zde může docházet k vyzařování teploty a tak ovlivňovat okolní teplotu v oblasti hlav. Teplotně nejlépe zde vychází stříbrné vozidlo. Teplo vyzařované od střechy je „strháváno“ proudem vzduchu z ofukovačů a také je tímto nápořem vzduchu ochlazováno.

Obr. 48 - Graf teplot hlav v čase 15



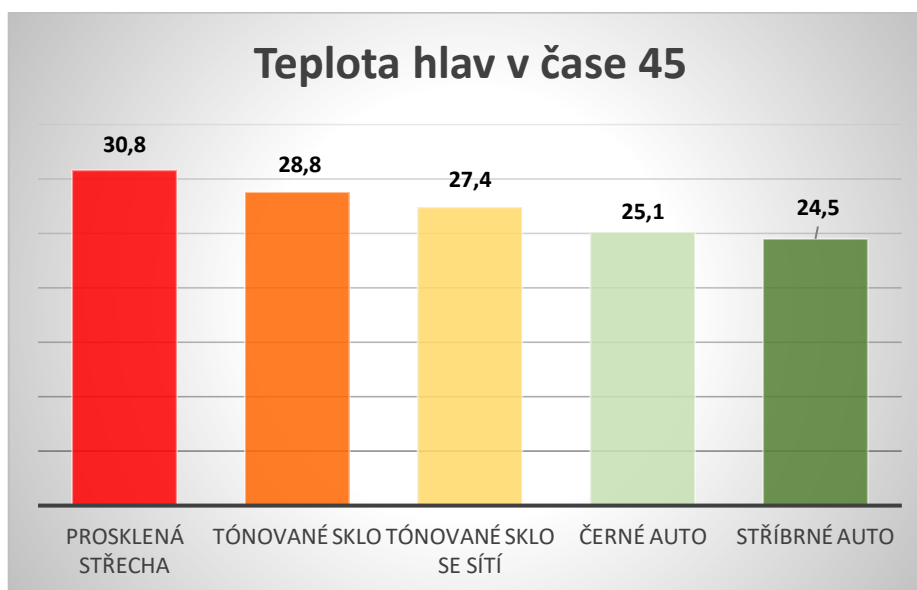
V čase 30 je vidět že vozidla s plnou střechou dosahují již komfortní teploty stanovené normou $\pm 22^{\circ}\text{C}$. Tónované sklo se sítkou dosahuje teploty $24,4^{\circ}\text{C}$. Tato teplota by se dala ještě zařadit jako přijatelná komfortní teplota, ale teplota prosklené střechy již přijatelná jako komfortní není. Graf teplot hlav v čase 30 je na obrázku 48

Obr. 49 - Graf teplot hlav v čase 30



U teploty v čase 45, která simuluje vozidlo stojící například v koloně si lze povšimnout, že tvar grafu se od předešlého téměř nemění. Graf teplot hlav v čase 45 je na obrázku 49. Teploty jsou však rozdílné. Nejlépe zde vychází jako u předešlého grafu stříbrné vozidlo, které dosahuje teploty v oblasti hlav 24,5 °C. Zde je patrné, že při těchto náročných podmínkách při volno běžných otáček motoru již nedokáže klimatizace udržet teplotu na komfortní úrovni. Vozidlo s prosklenou střechou však vychází velice špatně. Teplota 30,8 °C se dá považovat za velmi negativní teplotu působící na řidiče, která může výrazně ovlivňovat schopnosti řidiče.

Obr. 50 - Graf teplot hlav v čase 45



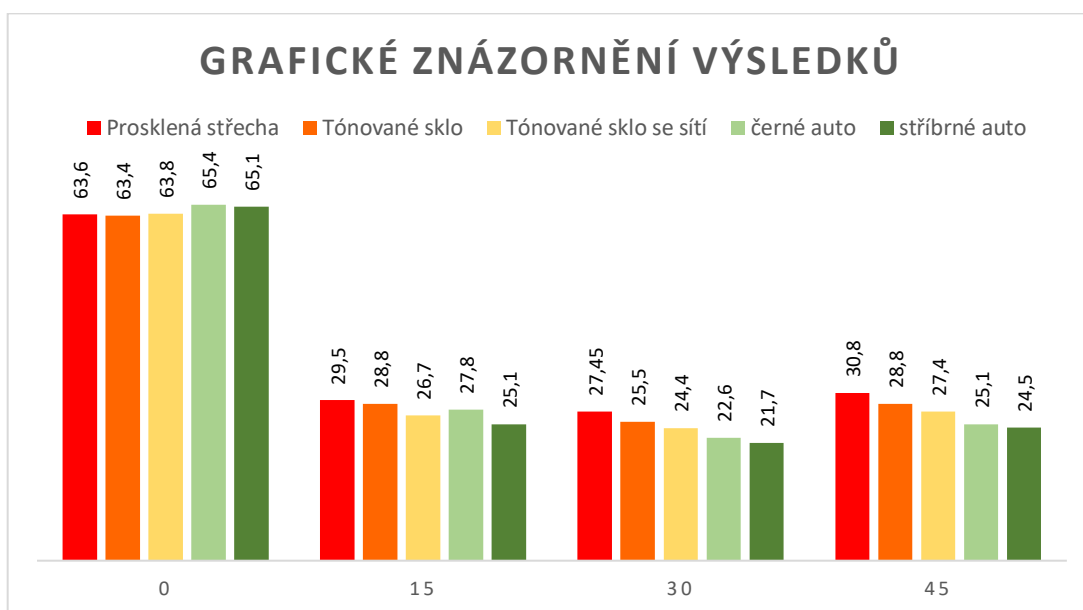
V tabulce 2 je vidět celkové seřazení vozidel od nejhoršího po nejlepší. Jako nejhorší vozidlo vychází vozidlo s prosklenou střechou, poté vozidlo s tónovaným střešním oknem dále vozidlo s tónovaným střešním oknem a sítí. Jako druhé nejlepší vozidlo z pohledu teplot vychází černé auto s pevnou střechou a jako nejlepší vozidlo vychází stříbrné vozidlo. Pro celkové shrnutí můžeme z těchto výsledků vyhodnotit, že vozidla s prosklenou střechou jsou teplotně více namáhána než vozidla s pevnou střechou.

Tab. 2 - Výsledné hodnoty měření hlav

		PullDown 40°C, 40% vlhkost, 1000W/m2			
Teplota hlav	0	15	30	45	
Prosklená střecha	63,6	29,5	27,5	30,8	
Tónované sklo	63,4	28,8	25,5	28,8	
Tónované sklo se sítí	63,8	26,7	24,4	27,4	
černé auto	65,4	27,8	22,6	25,1	
stříbrné auto	65,1	25,1	21,7	24,5	

Pro lepší grafické znázornění byl vytvořen sloupcový graf, který je zobrazen na obrázku 50.

Obr. 51 - Grafické znázornění výsledků

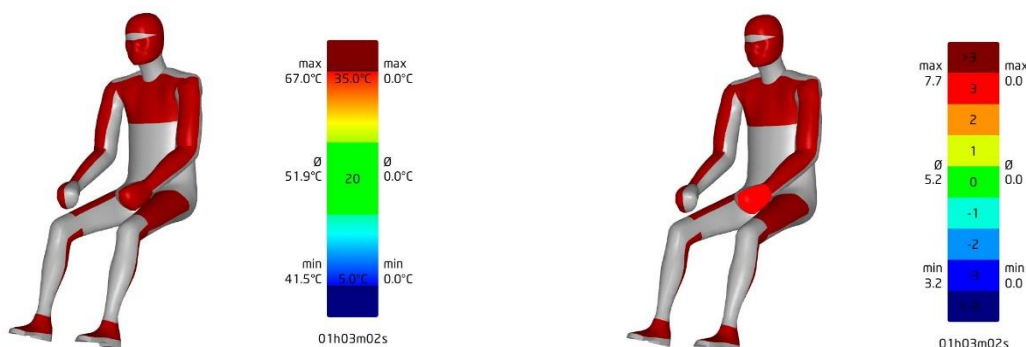


5.2 Vyhodnocení komfortní teploty

V případě měření komfortních teplot byly vybrány pouze vozidla s prosklenou střechou z důvodu vlivu slunečního záření. Komfortní teplota v čase 0 je při tomto měření zanedbatelná z toho důvodu, že v čase 0 se teploty pohybují v rozmezích 60 °C a více a tyto teploty jsou velice za hodnotami komfortních teplot. Vyhodnocení jednotlivých měření bude tak vyhodnocováno v časech 15, 30 a 45 minut od zapnutí klimatizace.

Pro zobrazení a vyhodnocení se bude uvažovat s teplotou ekvivalentní a pocitovou. Kde komfortní teplota budu znázorňovat teplotu působící na člověka, pocitová složka bude znázorňovat pocit tepla nebo chladu člověka v daný okamžik.

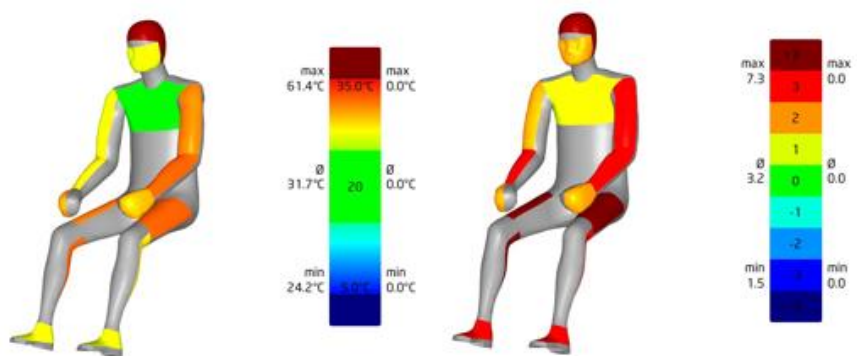
Obr. 52 - Grafické znázornění v čase 0



Na obrázku 51 je viditelné, že teploty jsou mimo stupnici komfortní teploty. Z naměřených dat je teplota ekvivalentní na hlavách 66,6 °C kde tato teplota je maximální, kterou mohou senzory teploty naměřit. Z tohoto výsledku je patrné, že teplo působící na posádku vozidla v čase 0 je ještě větší než 66,6 °C.

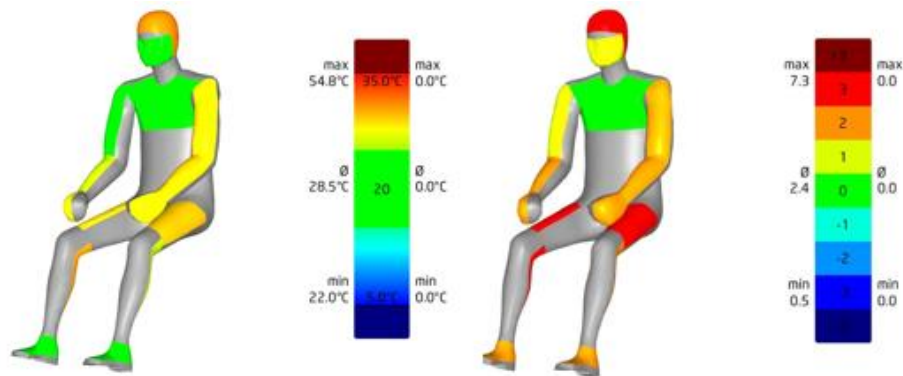
5.2.1 Vyhodnocení komfortních teplot pro vozidlo s prosklenou střechou

Obr. 53 - Vozidlo s prosklenou střechou v čase 15



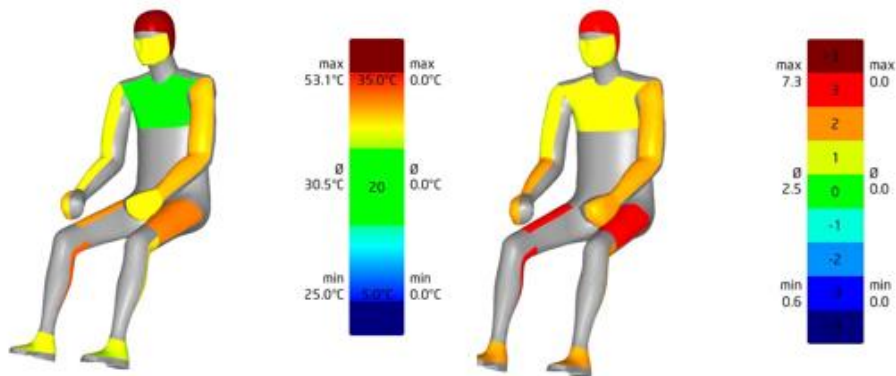
Po patnácti minutách lze pozorovat, že pocitové teploty jsou stále v nekomfortních zónách. Nejvíce jsou namáhány stehna, hlava a levá ruka komfortise.

Obr. 54 - Vozidlo s prosklenou střechou v čase 30



V třicáté minutě je vidět jisté zlepšení. Zde jsou stále nejvíce teplotně ovlivněny stehna a hlava komfortise. Hodnoty poklesly na celé měřené ploše zhruba o jeden bod níže, ale stále se pocitové hodnoty pohybují v ne příliš komfortní zóně.

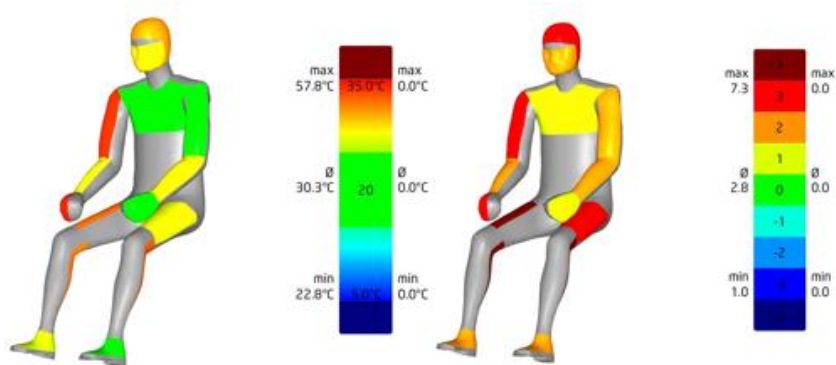
Obr. 55 - Vozidlo s prosklenou střechou v čase 45



V čase 45 dochází k většímu teplotnímu namáhání díky snížení účinnosti kompresoru a zamezení proudu vzduchu na vozidlo. Jak již bylo v patrné při měření teploty hlav pomocí termočlánků, tak v této fázi dochází k nárůstu teploty v interiéru. Tato změna měla za výsledek pouze zvýšení pocitové teploty o jeden bod na hrudníku komfortise.

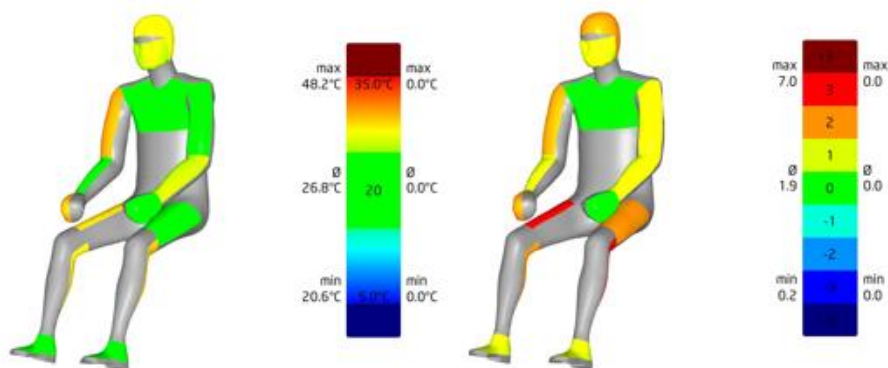
5.2.2 Vyhodnocení komfortních teplot pro vozidlo s tónovaným sklem

Obr. 56 - Vozidlo s tónovaným sklem v čase 15



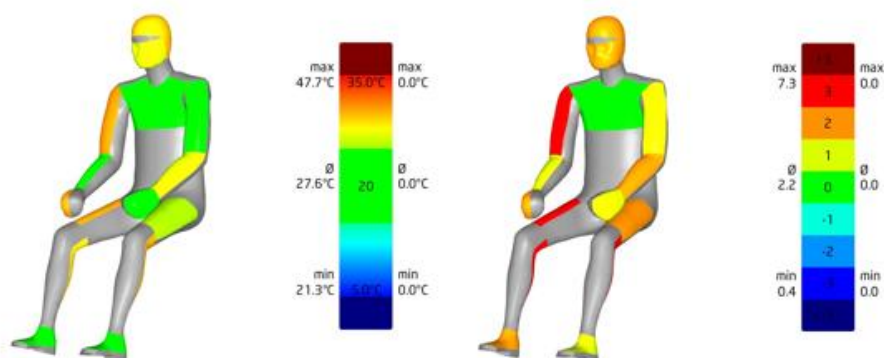
V patnácté minutě měření lze vidět, že nejvíce namáhány jsou stehna, hlava a pravá ruka komfortise. V tuto chvíli je teplotně nejvíce namáhána právě hlava se stehny. Pravá ruka oproti levé je vystavena přímému slunečnímu záření od okna dveří. Celkové hodnocení v tuto chvíli lze hodnotit jako stále nekomfortní.

Obr. 57 - Vozidlo s tónovaným sklem v čase 30



V čase 30 se pocitové teploty snížily o jeden bod. V tuto chvíli se pocitové hodnoty pohybují blízko nad komfortní zónou.

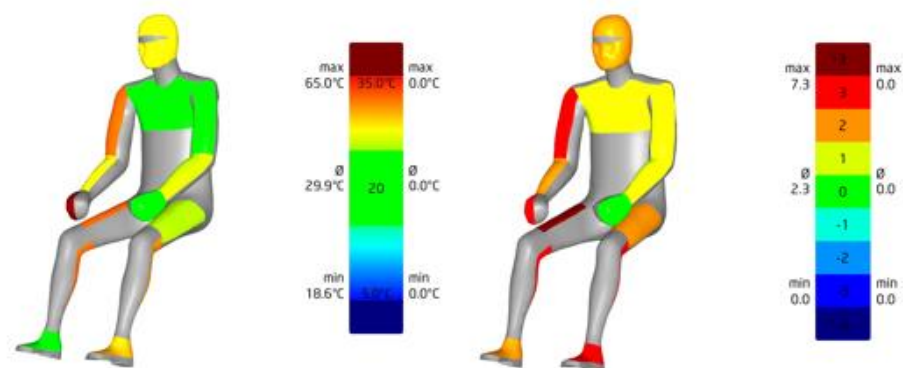
Obr. 58 - Vozidlo s tónovaným sklem v čase 45



V čase 45 dochází k opětovnému zvýšení teploty v interiéru. Pocitové teploty se opět na některých oblastech zvýšili.

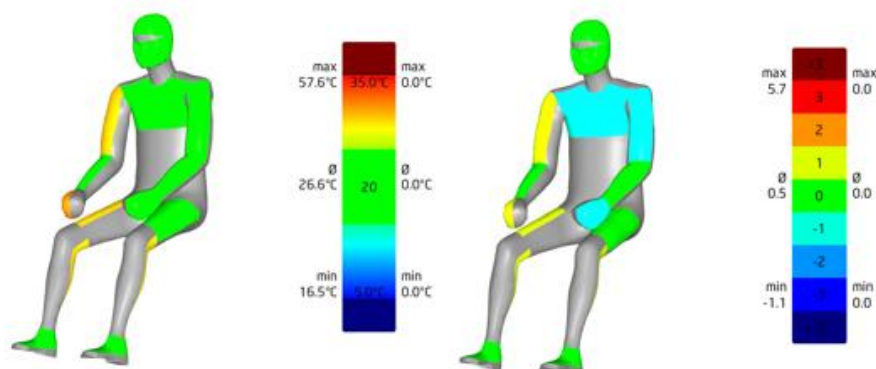
5.2.3 Vyhodnocení komfortních teplot pro vozidlo s tónovaným sklem a sítí

Obr. 59 - Vozidlo s tónovaným sklem a sítí v čase 15



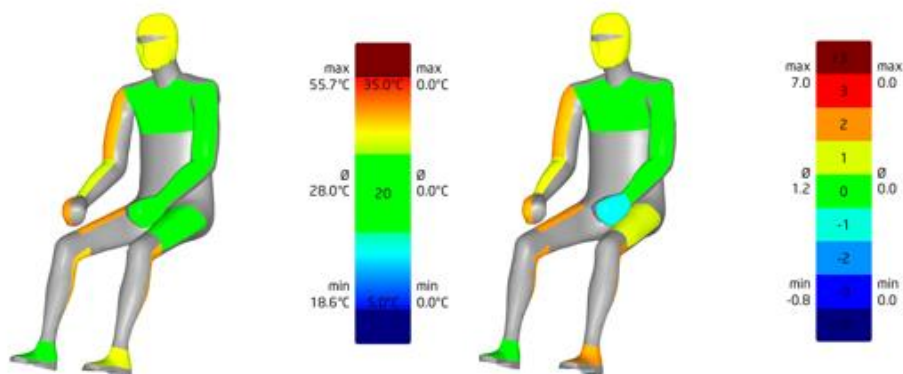
V čase 15 je vidět že oproti předešlým měřením vychází pocitové teploty znatelně lépe. Pravá strana je opět namáhána od slunečního záření od okna dveří. Levá strana je ochlazována od nucené konvekce vzduchu z ofukovačů.

Obr. 60 - Vozidlo s tónovaným sklem a sítí v čase 30



V čase 30 dochází oproti ostatním měření až k pocitu mírného chladu. Pocitová teplota hlavy je na optimální pocitové teplotě. Pravá ruka je stále namáhána od slunce ale při teplotě interiéru je pocitová teplota pouze na úrovni mírně teplo.

Obr. 61 - Vozidlo s tónovaným sklem a sítí v čase 45



V čase 45 se teploty zvýšili, ale i při zvýšení by jsme mohly teploty vyhodnotit jako komfortní.

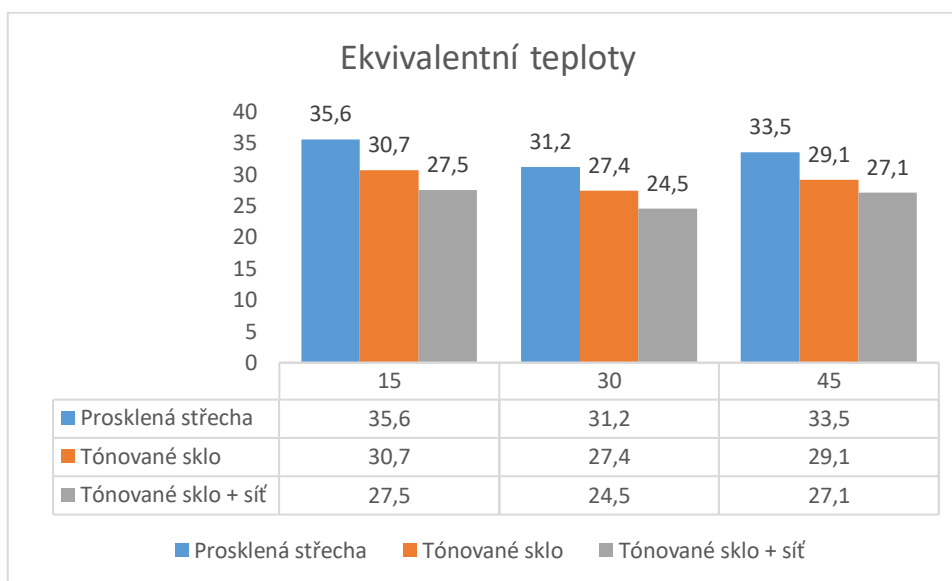
Zařízení komfortis je umístěno za spolujezdcem a lze zpozorovat, že pravá strana manekýna je namáhána slunečním zářením od oken dveří lze tak zpozorovat vyšší teploty na pozici ruky a pravého stehna. Na levou stranu a hrud' dochází k nucené konvekci od ofukovačů z přístrojové desky a také ze zadního ofukovače. Při měření tónovaného skla a tónovaného skla se sítí jsou výsledky porovnatelné, tím je myšleno, že teploty se pohybují úměrně stejně. U proskleného skla se vývoj teplot odlišuje, to může být způsobeno nedokonalým umístěním komfortise, nebo nastavením ofukovačů.

Jelikož člověk vnímá celkovou teplotu a nerozlišuje jednotlivé části těla podle kterých se rozhoduje jestli mu je teplo nebo zima, tak způsob jak vyhodnotit celkový pocit lze udělat tak, že se vytvoří průměr naměřených ploch. Do toho to průměru se nezapočítává hodnota senzoru zad a lýtek, kde dochází ke kontaktu se sedačkami.

Tab. 3 - Celkový pocit komfortise

	Celková pocitová teplota		
	15	30	45
Prosklená střecha	2,7	1,9	2
Tónované sklo	2,3	1,3	1,7
Tónované sklo + síť	2	0	0,8

Tab. 4 - Vyhodnocení ekvivalentních teplot hlav



5.3 Celkové zhodnocení teplot hlav a ekvivalentních teplot.

Tab. 5 - Tabulka výsledných teplot v oblasti hlav

	15		30		45	
	T	t_{eq}	T	t_{eq}	T	t_{eq}
Prosklená střecha	29,5	35,6	27,5	31,2	30,8	33,5
Tónované sklo	28,8	30,7	25,5	27,4	28,8	29,1
Tónované sklo + síť	26,7	27,5	24,4	24,5	27,4	27,1

Tabulka obsahuje hodnoty teplot hlav naměřených v časech 15, 30 a 45. Kde T je teplota naměřená termočlánky a t_{eq} je ekvivalentní teplota naměřená teplotními senzory komfortise. Z tabulky je patrné, že vliv slunečního záření není zanedbatelný.

V tabulce 6 je znázorněn rozdíl teplot mezi ekvivalentní a teplotou termočlánků. Prosklená střecha zde vychází opět jako nejhorší, kde rozdíl je až 6,1 stupňů. Tónované sklo oproti běžnému vychází lépe, zde je rozdíl 1,9 stupňů. Nejlépe vychází tónované sklo se sítí, zde není téměř teplotní rozdíl.

Tab. 6 - Tabulka teplotních rozdílů v oblasti hlav mezi teplotou hlav a ekvivalentní teplotou

	15	30	45
	$t_{eq} - T = \Delta$	$t_{eq} - T = \Delta$	$t_{eq} - T = \Delta$
Prosklená střecha	$\Delta + 6,1$	$\Delta + 3,7$	$\Delta + 2,7$
Tónované sklo	$\Delta + 1,9$	$\Delta + 1,9$	$\Delta + 0,3$
Tónované sklo + síť	$\Delta + 0,8$	$\Delta + 0,1$	$\Delta - 0,3$

Tab. 7 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot seřazené od nejlepšího výsledku po nejhorší

		Teplota hlav			Komfortní teplota		
		15	30	45	15	30	45
1	Stříbrné auto	25,1	21,7	24,5	X	X	X
2	Černé auto	27,8	22,6	25,1	X	X	X
3	Tónované sklo + síť	26,7	24,4	27,4	27,5	24,5	27,1
4	Tónované sklo	28,8	25,5	28,8	30,7	27,4	29,1
5	Prosklená střecha	29,5	27,5	30,8	35,6	31,2	33,5

Z porovnání naměřených výsledků mezi jednotlivými výbavami vozidla vycházejí nejlépe vozidla s plnou střechou a nejhůře vozidla se střešním oknem. Jako nejlepší vozidlo z pěti druhů testovaných vychází stříbrné vozidlo s plnou střechou. Nejhůře vychází vozidlo s prosklenou střechou, která nijak nezmírňuje sluneční záření působící na řidiče. Z výsledků této diplomové práce tak plyne, že připlacení za prosklenou střechu není ideální řešení. Zákazník si tak musí uvědomit, jestli dá přednost dnešním trendům před komfortní jízdou.

6 Závěr

Diplomová práce je zaměřena na analýzu ohřevu a následného ochlazení interiéru vozidla na komfortní teplotu. Komfortní teplota uvnitř interiéru má významný vliv na pozornost řidiče a je tak zařazena jako jedna z částí aktivní bezpečnosti vozidla.

Práce začíná metodikou práce, kde je uvedeno za jakých podmínek probíhalo měření komfortních teplot a také popisuje měřicí metodu, která byla použita pro získání výsledků pro tuto diplomovou práci. Teoretická část začíná úvodem do aktivní bezpečnosti vozidla, kde jsou popsány některé prvky aktivní bezpečnosti. Na tuto část navazuje téma, které popisuje mikroklima a tepelné vlivy působící na vozidlo. Větší část pak obsahuje popis a funkci klimatizace a její komponenty. Dále zde jsou uvedeny senzory pro měření teploty, teplo a jeho vedení.

V praktické části této práce pak je porovnání pěti druhů vozidel s odlišnou výbavou a barvou. Jedná se o stříbrné a černé vozidlo s pevnou střechou, vozidlo s prosklenou střechou, vozidlo s prosklenou tónovanou střechou a s prosklenou tónovanou střechou opatřenou zatahovací sítí.

Způsoby měření těchto vozidel spočívalo v měření pomocí termočlánků v oblasti hlav kde se uvažuje s největší teplotou a také využití zařízení komfortis, které měří komfortní teplotu a také vyhodnocuje pocitovou teplotu posádky vozidla.

Měření probíhalo v technickém vývoji Škoda Auto, kde za využití klimakomory bylo simulováno letní počasí za extrémních podmínek. Měření probíhalo na vozidle Rapid spaceback v jichž zmíněných variantách.

Závěrem diplomové práce je pak grafické znázornění pomocí grafů a tabulek naměřených hodnot a také grafického znázornění komfortise. Výsledky byly sepsány do finální tabulky a seřazeny od nejlépe hodnoceného vozidla po nejhorší. Nejlépe hodnocené vozidlo při zkoušce Pulldown vychází vozidla s pevnou střechou, kde stříbrné vozidlo s pevnou střechou vychází lépe než černé vozidlo. Nejhůře vychází vozidla s prosklenou střechou kde nejhorší vozidlo je s prosklenou střechou bez jakékoli jeho úpravy na snížení odrazu slunečního záření. Zde je splněn jeden z cílů této práce a to, že na komfortní teplotu má vliv tento typ výbavy vozidla a to prosklená střecha má výrazně větší negativní vliv na komfortní teploty vůči neprosklené střeše. Druhý cíl práce bylo zjistit, zda barva vozidla má vliv na teplotu v interiéru. Z naměřených výsledků bylo vidět, že teploty na konci temperace nebyli téměř rozdílné, ale

podle teploty v patnácté minutě je vidět, že černé vozidlo více akumuluje teplo, které během měření vyzařuje. V třicáté minutě je rozdíl teploty kolem jednoho stupně. Dá se tak usoudit, že vliv barvy vozidla má vliv na komfortní teplotu vozidla.

K snížení teploty v interiéru stojícího vozidla během letních měsíců by bylo možné předejít například překrytím předního skla stříbrnou fólií, která má vliv na odstínění slunečního záření a to především zabraňuje temperaci přístrojové desky, která má velký vliv při zchlazení interiéru vozidla. Dalším krokem je hledat k zaparkování stinné místo, které by také zamezilo namáhání vozidla slunečním zářením. Možnost je také nechat vozidlo se staženými okny, toto řešení má ale nevýhody při změně počasí a také vzniká riziko odcizení věcí z vozidla nebo samotného vozidla.

7 Použitá literatura

- [1]. <https://www.czrso.cz/clanek/aktivni-a-pasivni-prvky-bezpecnosti-motorovych-vozidel/?id=1611>
- [2]. VLK, František. *Stavba motorových vozidel: [osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, jízdní soupravy, ergonomika, biomechanika, struktura, kolize, materiály]*. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8757-2
- [3]. Bhise, V.D. (2011). *Ergonomics in the Automotive Design Process*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11237>
- [4]. MALÝ, Stanislav, Miroslav KRÁL a Eva HANÁKOVÁ. *ABC ergonomie*. Praha: Professional Publishing, 2010. ISBN 978-80-7431-027-0.
- [5]. <https://www.ar-cars.cz/porsche-interiery-vizualizace-barev>
- [6]. https://www.theseus-fe.com/th_s_content/publications/articles/2009_paper_uni-pitesti_the-influence-of-the-glass-material-on-the-car-passengers-thermal-comfort_en.pdf
- [7]. Steven Daly. *Automotive Air-conditioning and Climate Control Systems*. Imprint: Butterworth-Heinemann, ebook ISBN: 9780080470917
- [8]. <http://levne-topeni.kvalitne.cz/nezavisle-vytapeni-aut.php>
- [9]. <https://globusks.ru/cs/kak-progret-salon-avtomobilya-zimoi-bystryi-progrev-salona-avtomobilya-zimoi/>
- [10]. https://motofocus.cz/wp-content/uploads/2018/07/1286_ac_brochure_bhs_cz.pdf
- [11]. https://moje.auto.cz/?sekce=foto&im_id=im_528391e49bd3c&ga_id=GA_52838254a863c
- [12]. <https://www.cerni.net/~petr/wp/auta-navigace/klimatizace-druhy-a-obsluha/>
- [13]. <https://www.autohled.cz/magazin/druhy-klimatizace-a-jak-ji-spravne-pouzivat-a-udrzovat/1190>
- [14]. <https://www.mjauto.cz/vymena-kompresoru-klimatizace>
- [15]. VISTEON – AUTOPAL, s.r.o. *Základní popis autoklimatizace*. Nový Jičín, 2008.

- [16]. <http://mtw.fordclubs.org/article.php?article=153&rubrik=1>
- [17]. <https://www.autodily-pema.cz/autodily/vw/golf-v/1.9-tdi-77kw/klimatizace/vyparnik>
- [18]. <https://www.cz-auto.com/fitinky/#&gid=1&pid=1>
- [19]. <https://www.e-chladiva.cz/chladiva-rozdeleni-p112.htm>
- [20]. Lysenko, Vladimír. *Detektory pro bezdotykové měření teplot*. Ben – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-180-2
- [21]. Kreidl, Marcel. *Měření teploty – sensory a měřící obvody*. BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-145-4
- [22]. <https://onlineschool.cz/termomechanika/vedeni-tepla/>
- [23]. INCROPERA, Frank P. *Fundamentals of heat and mass transfer*. 6th ed. New York: John Wiley, 2007. ISBN 978-0-471-45728-2.
- [24]. <https://lindner.cz/chladici-a-topne-podhledy/typy-prenosu-tepla-a-chladu-z-podhledu/>
- [25]. <https://www.termovize.com/termovizni-mereni-teorie>
- [26]. <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/struktura-latek/vnitri-energie/tepelne-zareni-salani>
- [27]. <http://www.fyzika007.cz/optika/tepelne-zareni-zareni-cerneho-telesa>
- [28]. https://www.fm.tul.cz/files/pages/other/MTI/obr15/obr15_tul_hotar.pdf
- [29]. <https://www.gme.cz/termistor-ntc-b57238s220m>
- [30]. VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství vlk, 2001. ISBN 80-238-6573-0
- [31]. <https://autobible.euro.cz/volkswagen-otevrel-klimaticky-vetrny-tunel-umi-simulovat-tropy-i-zimu/>
- [32]. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:959559/FULLTEXT01.pdf>

8 Seznam použitých obrázků

Obr. 1 – Ustavení hlavových termočlánků

Obr. 2 – Nastavení směrování ofukovačů

Obr. 3 – Buzdak

Obr. 4 – Zařízení komfortis

Obr. 5 – Vizualizace umístění komfortise

Obr. 6 – Graf temperace vozidla

Obr. 7 – Graf fáze zchlazení

Obr. 8 – Celkové zchlazení vozidla

Obr. 9 – Zorné pole levého a pravého oka, binokulární zorné pole, temporální srpek a slepá místa

Obr. 10 – Schematické znázornění oblasti pro přímý a nepřímý výhled

Obr. 11 – Kabina osobního vozidla

Obr. 12 – Okolní vlivy působící na vozidlo

Obr. 13 – a) znázornění re-cirkulace vzduchu, b) cirkulace vzduchu

Obr. 14 – Schéma nezávislého topení vozidla

Obr. 15 – Rozvod vzduchu ve vozidle

Obr. 16 – Okruh klimatizace

Obr. 17 – Manuální ovládání klimatizace

Obr. 18- Poloautomatické ovládání klimatizace

Obr. 19 – Automatické ovládání klimatizace

Obr. 20 – Schéma kompresoru s kyvnou deskou

Obr. 21 – Spirálový kompresor

Obr. 22 – Kondenzátor

Obr. 23 – Schéma klimatizačního systému s expanzním ventilem

Obr. 24 - Schéma klimatizačního systému s expanzní tryskou

Obr. 25 – Akumulátor

Obr. 26 – Vysoušeč

Obr. 27 – Výparník

Obr. 28 – Klimatizační potrubí

Obr. 29 – Příklad kondukce

Obr. 30 – Příklad nucené a přirozené konvekce

Obr. 31 – Příklad radiace

Obr. 32 – Spektrum elektromagnetického záření

Obr. 33 – Ukázka vlivu tepelného záření na povrch tělesa

Obr. 34 – Termistor

Obr. 35 – Typy termoelektrických článků

Obr. 36 – Klimatický větrný tunel

Obr. 37 – Spektrum UV záření

Obr. 38 – Konstrukční provedení skla Siglasol

Obr. 39 – Vizualizace propustnosti sluneční energie

Obr. 40 – Komfortis

Obr. 41 – Senzor teploty

Obr. 42 – Komfortní režim

Obr. 43 - Komfortní režim - zima

Obr. 44 – 3D model komfortise

Obr. 45 – Převodní tabulka používaná u meteorologických stanicích

Obr. 46 – Způsoby grafického znázornění

Obr. 47 – Maximální teploty v čase 0

Obr. 48 – Graf teplot v čase 15

Obr. 49 – Graf teplot hlav v čase 30

Obr. 50 – Graf teplot hlav v čase 45

Obr. 51 – Grafické znázornění výsledků

Obr. 52 – Grafické znázornění v čase 0

Obr. 53 – Vozidlo s prosklenou střechou v čase 15

Obr. 54 – Vozidlo s prosklenou střechou v čase 30

Obr. 55 – Vozidlo s prosklenou střechou v čase 45

Obr. 56 – Vozidlo s tónovaným sklem v čase 15

Obr. 57 – Vozidlo s tónovaným sklem v čase 30

Obr. 58 – Vozidlo s tónovaným sklem v čase 45

Obr. 59 – Vozidlo s tónovaným sklem a sítí v čase 15

Obr. 60 – Vozidlo s tónovaným sklem a sítí v čase 30

Obr. 61 – Vozidlo s tónovaným sklem a sítí v čase 45

9 Seznam použitých tabulek

Tab. 1 – Pocitové teploty

Tab. 2 – Výsledné hodnoty měření hlav

Tab. 3 – Celkový pocit komfortise

Tab. 4 – Vyhodnocení ekvivalentních teplot hlav

Tab. 5 – Tabulka výsledných teplot v oblasti hlav

Tab. 6 – Tabulka teplotních rozdílů v oblasti hlav mezi teplotou hlav a ekvivalentní teplotou

Tab. 7 – Celkové vyhodnocení naměřených hodnot seřazené od nejlepšího výsledku po nejhorší