

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Diplomová práce

**Vývoj mikroklimatu v kabinách nákladních vozidel**

**Autor: Bc. Michaela Paterová**

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Hart Ph.D.



# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michaela Paterová

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Vývoj mikroklimatu v kabinách nákladních vozidel

Název anglicky

Microclimate process in truck cabins

---

### Cíle práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na mikroklima v kabinách nákladních vozidel. Hlavním cílem je monitorovat v kabinách nákladních vozidel vývoj specifických složek mikroklimatu a zhodnotit jejich závislosti. Měření bude řešeno v rozsahu prvních 30 minut jízdy. Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky
- rozebrat jednotlivé vazby mezi CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, vlhkostí vzduchu a teplotou v kabině nákladního vozidla
- zhodnotit výsledky ve vztahu k rizikům vznikajícím na základě vývoje daného mikroklimatu

### Metodika

Metodika řešené problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Praktická část práce je zaměřena na rozbor vývoje mikroklimatu v kabinách nákladních vozidel a určení vazeb jeho dílčích částí. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků praktické části práce budou formulovány závěry diplomové práce.

Osnova:

- 1 Úvod
  - 2 Cíl práce
  - 3 Metodika práce
  - 4 Přehled řešené problematiky
  - 5 Vlastní řešení
  - 6 Zhodnocení výsledků
  - 7 Závěr a doporučení
  - 8 Seznam použitých zdrojů
  - 9 Přílohy
-

**Doporučený rozsah práce**

50 až 60 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

**Klíčová slova**

mikroklima, nákladní vozidla, rizika, pohoda řidiče

---

**Doporučené zdroje informací**

M C Gameiro da Silva – Measurements of comfort in vehicles

OREL, M. – FACOVÁ, V. Člověk, jeho mozek a svět. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2617-5.

Prof. Ing. Karel Štulík, DrSc. a prof. RNDr. Jiří Barek, CSc.: "Senzory", skripta pro potřeby kurzu SENZORY, pořádaného v rámci projektu Pražské analytické centrum inovací CZ.04.3.07/4.2.01.1/0002, ISBN 978-80-86238-20-3

SEDLÁK, J. Pracovní únava. Praha: Academia, 1981.

SCHERRER, J. – KRISTOFORI, J. – MÁČEK, M. Únava. Praha: Victoria Publishing, 1995. ISBN 80-85865-73-4.

VLK, F. Automobilová elektronika. 1, Asistenční a informační systémy : [EPS, DSC, AHS, PSM, VDC – elektronická stabilizace ASR, ASC, DTC, ETC, TCS – protikluzové systémy ABC, ACC, BAS, FLR, HDC, LDW ... a další systémy podporující řidiče]. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6462-3.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2021/2022 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Jan Hart, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2021

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 17. 05. 2021

## Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vývoj mikroklimatu v kabinách nákladních vozidel vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, 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 vědoma, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědoma 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

---

## **Vývoj mikroklimatu v kabinách nákladních automobilů**

**Abstrakt:** Cílem diplomové práce je monitorovat v kabinách nákladních vozidel vývoj specifických složek mikroklimatu a zhodnotit jejich vzájemné závislosti. V kapitole současný stav sledované problematiky je vytvořen přehled poznatků o teorii mikroklimatu, úpravách vzduchu, únavě se zaměřením na únavu za volantem, asistenčních systémech v osobních a nákladních automobilech a o nákladní automobily obecně. Praktická část se zabývá měřením koncentrace oxidu uhličitého, kyslíku, teploty a relativní vlhkosti v kabinách nákladních automobilů. Výsledky měření byly porovnány s doporučenými hodnotami z odborné literatury a právních předpisů upravující danou problematiku. Koncentrace kyslíku byla u všech nákladních automobilů v rozmezí 19-21 obj. %, tudíž řidičům nehrozí žádné nebezpečí. Žádné nebezpečí nehrozí ani z výsledků koncentrace oxidu uhličitého. Všechny hodnoty byly v rozmezí do 638 ppm, které značí doporučenou koncentraci ve vnitřních prostorech. Teplota vzduchu byla v jednom voze o 6,5 °C nad doporučeným limitem pro vnitřní prostory v zimních měsících, tudíž bylo vyhodnoceno, že tato kabina byla přetopena. Vlhkost vzduchu v kabině byla ve všech měření pod 30 %, což je v zimních měření klasické z důvodu použití vytápění.

**Klíčová slova:** mikroklima, nákladní vozidla, rizika, pohoda řidiče

### **Microclimate process in truck cabins**

**Summary:** The aim of the diploma thesis is to monitor the development of specific microclimate components in truck cabins and to evaluate their interdependencies. The chapter The current state of the monitored issues provides an overview of knowledge about the theory of microclimate, air conditioning, fatigue with a focus on fatigue behind the wheel, assistance systems in cars and trucks and trucks in general. The practical part deals with measuring the concentration of carbon dioxide, oxygen, temperature and relative humidity in truck cabins. The measurement results were compared with recommended values from professional literature and legal regulations governing the issue. The oxygen concentration of all trucks was in the range of 19-21 % by volume, so there is no danger to drivers. There is no danger from the results of carbon dioxide concentration either. All values were in the range of 638 ppm, which indicates the recommended indoor concentration. The air temperature in one car was 6.5 °C above the recommended limit for the interior in the winter months, so it was evaluated that this cabin was overheated. The humidity in the cabin was below 30 % in all measurements, which is classic in winter measurements due to the use of heating.

**Key words:** microclimate, truck, risks, contentment of drivers

## Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce .....	10
3	Metodika práce.....	11
4	Přehled řešené problematiky .....	12
4.1	Mikroklima.....	12
4.1.1	Teplota .....	12
4.1.2	Vlhkost vzduchu .....	16
4.1.3	Proudění vzduchu .....	17
4.1.4	Složení vzduchu.....	19
4.1.5	Prašnost.....	21
4.1.6	Hluk .....	22
4.1.7	Osvětlení .....	25
4.2	Úpravy vzduchu .....	25
4.2.1	Větrání .....	26
4.2.2	Vytápění.....	26
4.2.3	Klimatizace .....	27
4.3	Únava .....	28
4.3.1	Druhy únavy .....	29
4.3.2	Únava za volantem .....	30
4.4	Asistenční a informační systémy ve vozidlech .....	33
4.4.1	Systémy kontroly pozornosti řidiče.....	33
4.4.2	Asistenční systémy v nákladních automobilech .....	35
4.5	Nákladní automobily .....	39
4.5.1	Řidičská oprávnění a lékařské prohlídky.....	40
4.5.2	Povinnosti řidiče .....	41
5	Vlastní řešení .....	44
6	Zhodnocení výsledků .....	48
6.1	Celkové zhodnocení měření .....	57
6.1.1	Teplota vzduchu .....	57
6.1.2	Vlhkost vzduchu .....	57
6.1.3	Koncentrace kyslíku .....	57
6.1.4	Koncentrace oxidu uhličitého.....	57
6.2	Ekonomické zhodnocení .....	58
7	Závěr a doporučení .....	60
8	Bibliografie .....	62
9	Seznam obrázků .....	66

10	Seznam tabulek .....	66
11	Přílohy .....	67



# 1 Úvod

Nákladní silniční doprava má v přepravě zboží, výrobků a surovin své pevně dané místo nejen v České republice, ale i všude po světě. Ačkoliv naše právní předpisy upravují maximální dobu jízdy řidičů nákladních automobilů a stanovují povinné přestávky pro odpočinek, monotónní jízda, nevěnování se řízení nebo nevhodné klimatické podmínky v kabině mohou vést k únavě a vážným dopravním nehodám.

Každý se již jistě za volantem automobilu cítil unavený, měl zpomalené reflexi a zavírali se mu pozvolna oči. Toto jsou příznaky mikrospánku, který je jedním z příčin dopravních nehod na silnicích. Aby se k únavě za volantem předcházelo, vymysleli výrobci automobilů systémy, které pomáhají detekovat únavu a zároveň pokud k ní dojde na ni zvukově či jinak upozorní řidiče na palubním počítači. Jedná se o systémy podpůrné, které pomáhají řidiči udržet automobil na silnici ve vyznačených pruzích, hlídají mrtvý úhel vozu, kontrolují vzdálenost mezi vozidly či snímají dopravní značení. Dalšími systémy jsou systémy, které po zaznamenání únavy například za pomoci kamery v interiéru vozu, upozorní řidiče symbolem kávy na displeji, čímž dají řidiči vědět, že je vhodný čas dát si pauzu.

V zimních měsících často řidiči zapínají vytápění kabiny vozu na vysokou teplotu, aby i při jízdě pouze v jedné vrstvě oblečení nepocíťovali zimu. Toto přetápění kabiny společně s jejím dostatečným nevyvětráním vede ke zhoršení mikroklimatických podmínek v kabině a zvýšení koncentrace oxidu uhličitého, který při vysoké koncentraci má negativní účinky na zdraví člověka. Koncentrace oxidu uhličitého, kyslíku, vlhkost a teplota vzduchu jsou hlavními ukazateli mikroklimatických podmínek v kabině, které ovlivňují řidiče nejvíce a které může řidič svými činy ovlivnit. Tyto veličiny bude tato práce zkoumat, měřit jejich hodnoty a porovnávat je s hygienickými a právními normami, které tyto veličiny omezují.

Bude proto vytvořen rozbor jednotlivých složek mikroklimatu, úpravy vzduchu v kabinách, únava se zaměřením na únavu za volantem, a rovněž budou popsány jednotlivé informační a asistenční systémy ve vozidlech a přehledné informace o nákladních automobilech a povinnostech řidiče.

## 2 Cíle práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na mikroklima v kabinách nákladních vozidel. Hlavním cílem je monitorovat v kabinách nákladních vozidel vývoj specifických složek mikroklimatu a zhodnotit jejich závislosti. Měření bude řešeno v rozsahu prvních 30 minut jízdy.

Pro tvorbu práce byly stanoveny tyto dílčí cíle:

- Vytvoření přehledu řešené problematiky za použití relevantních zdrojů,
- měření mikroklimatu v kabinách nákladních automobilů,
- zpracování výsledků z jednotlivých měření,
- rozebrání jednotlivých vazeb mezi koncentrací oxidu uhličitého, koncentrací kyslíku, vlhkostí vzduchu a teplotou v kabinách nákladních vozidel v prvních třiceti minutách jízdy vozu,
- zhodnocení výsledků ve vztahu k rizikům vznikajícím na základě vývoje daného mikroklimatu,
- formulace závěrů diplomové práce.

### **3 Metodika práce**

Teoretická část práce bude zaměřena na vytvoření přehledu poznatků o teorii mikroklimatu, úpravách vzduchu, únavě se zaměřením na únavu za volantem, asistenčních systémech v osobních a nákladních automobilech a na nákladní automobily obecně. Přehled bude vytvořen s použitím relevantních zdrojů jako je odborná literatura, právní předpisy a hygienické normy vztahující se k danému tématu a jejich komparace.

Praktická část se bude zabývat měřením a rozbořem vývoje mikroklimatu v kabinách třech nákladních vozidel. Měření bude probíhat vždy deset pracovních dnů v jednom nákladním automobilu. Měřit se bude teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, koncentrace oxidu uhličitého a koncentrace kyslíku v kabině při jízdě za přítomnosti pouze řidiče bez spolujezdců. Jelikož řidiči pracují pro různé společnosti, nebude možné zajistit stále stejnou trasu při měření. Měřit se tedy bude pokaždé jiná trasa, kterou řidiči budou mít naplánovanou na daný den od svého zaměstnavatele.

Měření bude prováděno v zimních měsících, kdy řidiči nejvíce ovlivňují mikroklima kabiny za pomoci závislého a nezávislého vytápění. Měření se začne na konci ledna a končit v půli března. K měření bude použit datalogger AQ-9901SD, který zaznamenává hodnoty na SD kartu. Z těchto měření bude následně vytvořen průměr pro každou hodnotu u každého vozu a tyto hodnoty budou zaneseny do grafů. Na základě poznatků doporučených hodnot z právních úprav a odborné literatury daných měřených veličin budou zformulovány závěry diplomové práce.

## **4 Přehled řešené problematiky**

Vývoj mikroklimatu v kabinách nákladních automobilů nejvíce ovlivňuje mikroklima prostředí – teplota, vlhkost vzduchu, proudění vzduchu, složení vzduchu, prašnost, hluk a osvětlení. Řidič může toto mikroklima cíleně ovlivňovat za pomoci klimatizace či vytápění, čímž přispívá k jeho celkové pohodě a zmírnění příčin únavy.

### **4.1 Mikroklima**

Pro zkoumání variability a různorodosti klimatických poměrů se klima rozděluje na makroklima, mezoklima, místní klima a mikroklima. (Středová, 2011)

Mikroklima je klima menší oblasti či klima vnitřního prostředí. Vnitřní klima je charakterizováno složením vzduchu, teplotou vzduchu a ostatními tepelnými vlastnostmi prostředí, vlhkostí vzduchu, rychlostí proudění vzduchu a hlukem. (Székyová, 2006)

Mikroklima pracovního prostředí je komplex faktorů určujících kvalitu prostředí v uzavřených prostorech prostorách veřejných budov a pracovišť. (Klabzuba, 2007)

Hlavní objektivní kritéria k posuzování tepelně vlhkostního stavu jsou (Klabzuba, 2007):

- Teplota vnitřního vzduchu ve výšce 105 cm nad podlahou,
- výsledná teplota kulového teploměru,
- relativní vlhkost vnitřního prostředí,
- rychlost proudění vnitřního vzduchu,
- metabolické teplo produkované při práci bazálním metabolismem, fyzickou a psychickou zátěží člověka.

#### **4.1.1 Teplota**

Tepelný stav vnitřního prostředí ovlivňuje teplota okolního vzduchu, střední radiační teplota okolních ploch, rychlost proudění vzduchu a relativní vlhkost vzduchu. (Székyová, 2006)

##### **4.1.1.1 Teplota vzduchu**

V našich podmínkách je optimální teplota vzduchu v interiéru 18-20 °C v zimě a v létě 23-25 °C. Tyto rozsahy teplot platí pro přiměřeně oblečeného člověka, který sedí, nevykonává fyzickou práci, ale pouze duševní práci či odpočívá. (Székyová, 2006)

V tabulce Tab. 1 jsou uvedeny optimální hodnoty teploty interiéru v závislosti na venkovní teplotě.

Období roku	Teplota vzduchu (°C)	
	Venkovní	Vnitřní
Zima (chladný půlrok)	Menší než 0	20
	Menší než 20	22
Léto (teplý půlrok)	20	22
	23	23
	30	24
	Větší než 30	26

Tab. 1 Optimální hodnota teploty interiéru v závislosti na venkovní teplotě (Klabzuba, 2002)

Teplota vzduchu není v celé místnosti stejná. Vertikální nerovnoměrné rozložení teploty je zapříčiněno nerovnoměrným přívodem tepla a nerovnoměrným ochlazováním jednotlivých stěn v místnosti. (Székyová, 2006)

Z hlediska tepelné pohody by neměl být rozdíl teplot v místě hlavy a nohou větší než 2 °C u stojícího člověka a 1,5 °C u sedícího člověka (Székyová, 2006)

#### 4.1.1.2 Střední radiační teplota

Dle Székyové (Székyová, 2006) je střední radiační teplota definována jako „*průměrná teplota všech okolních ploch v prostoru obklopujících člověka, při níž by byl celkový sálavý tok mezi povrchem těla a okolními plochami stejný jako ve skutečnosti.*“

Člověk vnímá stejně, klesne-li střední povrchová teplota stěn jako když klesne teplota vzduchu. Pokud je teplota stěn mnohem nižší než teplota vzduchu, teplota vzduchu 20 °C je v místnosti vnímána jako velmi nízká a teplota vzduchu se musí zvýšit, aby bylo dosaženo tepelné pohody (Székyová, 2006).

#### 4.1.1.3 Tepelná rovnováha a pohoda

Tepelná rovnováha nastává, pokud prostředí odebírá tělu tolik tepla, kolik tělo právě produkuje díky svým biologickým procesům. Teplo, které člověk odevzdá do okolí je závislé na teplotním spádu, tedy rozdílem teplot mezi okolím a povrchem těla. (Gebauer, 2005)

Pokud nastane situace, že odběr tepla je vyšší než jeho produkce, nastává podchlazení. Organismus se proti tomu chrání omezením průtoku krve do končetin, nosu a uší, kde dojde ke snížení povrchové teploty, čímž dojde ke snížení výdeje tepla do okolí (Gebauer, 2005).

Tepelná pohoda nastává, když člověk nepocítuje chlad ani nadměrné teplo. Nastává ve chvíli, kdy existuje tepelná rovnováha mezi teplem vyprodukovaným lidským tělem a jeho tepelnými ztrátami (Székelyová, 2006).

K posuzování termického komfortu člověka se využívá výsledná teplota kulového teploměru, která zobrazuje i sdílení tepla radiací a tepelné ztráty ovlivňované prouděním vzduchu. Měří se skleněným rtuťovým teploměrem opatřeným dutým měděným kulovým krytem (Klabzuba, 2007).

Během roku se mění stupeň adaptace člověka na počasí a tím se komplikuje studium tepelné pohody. Lidé první podzimní mrazíky pocítují odlišně než stejnou teplotu uprostřed zimy. Totéž platí i pro jarní dny s teplotami okolo 20 °C. Středoevropané v těchto dnech pocítují bioklimatickou euforii a vnímají teplotu jako dostatečnou. Během léta tyto teploty pocítují jako chladné. (Klabzuba, 2002)

#### **4.1.1.4 Zátěž teplem**

Dle nařízení vlády 361/2007 se zátěž teplem při práci hodnotí podle průměrné operativní teploty, kterou se rozumí teplota vypočtená jako časově vážený průměr za efektivní dobu práce, kterou je doba snižená o dobu trvání přestávky na jídlo a oddech a bezpečnostní přestávku nebo průměr z jednotlivých měřených časových intervalů v průběhu celé osmihodinové nebo delší směny.

Toto nařízení rozděluje pracovní úkony podle hodnoty energetického výdeje do jednotlivých pracovních tříd, které jsou zobrazeny v Tab. 2 Třídy práce podle celkového průměrného energetického výdeje

Třída práce	Druh práce	M (W.m <sup>-2</sup> )
I	Práce vsedě s minimální celotělovou pohybovou aktivitou, kancelářské administrativní práce, kontrolní činnost v dozornách a velínech, psaní na stroji, práce s PC, laboratorní práce, sestavování nebo třídění drobných lehkých předmětů,	≤ 80
IIa	Práce převážně vsedě spojená s lehkou manuální prací rukou a paží, řízení osobního vozidla, a některých drážních vozidel, přesouvání lehkých břemen nebo překonávání malých odporů, automatizované strojní opracovávání a montáž malých lehkých dílců, kusová práce nástrojářů a mechaniků, pokladní.	81 až 105
IIb	Práce spojená s řízením nákladního vozidla, traktoru, autobusu, trolejbusu, tramvaje a některých drážních vozidel a práce řidičů spojená s vykládkou a nakládkou. Převažující práce vstoje s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou - dělnice v potravinářské výrobě, mechanici, strojní opracování a montáž středně těžkých dílců, práce na ručním lisu. Práce vstoje s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou spojená s přenášením břemen do 10 kg prodavači, lakýrníci, svařování, soustružení, strojové vrtání, dělník v ocelárně, valcír hutních materiálů, tažení nebo tlačení lehkých vozíků. Práce spojená s ruční manipulací s živým břemenem, práce zdravotní sestry nebo ošetřovatelky u lůžka.	106 až 130
IIIa	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin občas v předklonu nebo vkleče, chůze -údržba strojů, mechanici, obsluha koksové baterie, práce ve stavebnictví - ukládání panelů na stavbách pomocí mechanizace, skladníci s občasným přenášením břemen do 15 kg, řezníci na jatkách, zpracování masa, pekaři, malíři pokojů, operátoři poloautomatických strojů, montážní práce na montážních linkách v automobilovém průmyslu, výroba kabeláže pro automobily, obsluha válcovacích tratí v kovoprůmyslu, hutní údržba, průmyslové žehlení prádla, čištění oken, ruční úklid velkých ploch, strojní výroba v dřevozpracujícím průmyslu.	131 až 160
IIIb	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin, trupu, chůze, práce ve stavebnictví při tradiční výstavbě, čištění menších odlitků sbíječkou a broušením, příprava forem na 15 až 50 kg odlitky, foukači skla při výrobě velkých kusů, obsluha gumárenských lisů, práce na lisu v kovárnách, chůze po zvlněném terénu bez zátěže, zahradnické práce a práce v zemědělství.	161 až 200
IVa	Práce spojená s rozsáhlou činností svalstva trupu, horních i dolních končetin - práce ve stavebnictví, práce s lopatou ve vzpřímené poloze, přenášení břemen o váze 25 kg, práce se sbíječkou, práce v lesnictví s jednomužnou motorovou pilou, svoz dřeva, práce v dole - chůze po rovině a v úklonu do 15°, práce ve slévárnách, čištění a broušení velkých odlitků, příprava forem pro velké odlitky, strojní kování menších kusů, plnění tlakových nádob plyny.	201 až 250
IVb	Práce spojené s rozsáhlou a intenzivní činností svalstva trupu, horních i dolních končetin - práce na pracovištích hlubinných dolů - ražba, těžba, doprava, práce v lomech, práce v zemědělství s vysokým podílem ruční práce, strojní kování větších kusů.	251 až 300
V	Práce spojené s rozsáhlou a velmi intenzivní činností svalstva trupu, horních i dolních končetin- transport těžkých břemen např. pytlů s cementem, výkopové práce, práce sekerou při těžbě dřeva, chůze v úklonu 15 až 30°, ruční kování velkých kusů, práce na pracovištích hlubinných dolů s ruční ražbou v nízkých profilech důlních děl.	301 a více

Tab. 2 Třídy práce podle celkového průměrného energetického výdeje

Řízení nákladního vozidla je zařazeno do třídy práce IIb, ve které je stanoven optimální energetický výdej na 106–130 W.m<sup>-2</sup>.

Dle pracovních tříd je v tabulce Tab. 3 určena přípustná maximální a minimální teplota na pracovišti při dané rychlosti proudění vzduchu a vlhkosti vzduchu.

Třída práce	M[W.m <sup>-2</sup> ] (brutto)	t <sub>omin</sub> nebo t <sub>gmin</sub> [°C]	t <sub>omax</sub> nebo t <sub>gmax</sub> [°C]	V <sub>a</sub> [m.s <sup>-1</sup> ]	Rh[%]
I	≤ 80	20	27	0,01 až 0,2	30 až 70
IIa	81 až 105	18	26		
IIb <sup>3)</sup>	106 až 130	14	32	0,05 až 0,3	
IIIa	131 až 160	10	30		
IIIb	161 až 200	10	26		
IVa	201 až 250	10	24	0,1 až 0,5	
IVb <sup>1)</sup>	251 až 300	10	20		
V <sup>2)</sup>	301 a více	10	20		

Tab. 3 Zátěž teplem při práci na nevenkovním pracovišti (t<sub>o</sub> – operativní teplota vzduchu; t<sub>g</sub> – výsledná teplota kulového teploměru; V<sub>a</sub> – rychlost proudění vzduchu; Rh – vlhkost vzduchu)

Dlouhodobě a krátkodobě přípustná doba práce ve směně pro aklimatizovaného zaměstnance je zobrazena v příloze 1.

## 4.1.2 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu v místnosti závisí na vlhkosti venkovní a zároveň je ovlivněna technologickými zdroji a množstvím lidí. Optimální vlhkost vzduchu je v rozmezí 30-70 % relativní vlhkosti. (Székyová, 2006)

### 4.1.2.1 Relativní vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu je důležitým parametrem pro vyjádření tepelného komfortu v interiéru. Relativní vlhkost vzduchu dle rovnice 1 udává, do jaké míry je vzduch vodními parami nasycen. Jde o poměr hmotnostní koncentrace vodních par ve vzduchu a hmotnostní koncentrace sytých vodních par. (Drkal, 2013)

$$\varphi = \frac{\rho_v}{\rho_{v_s}} \quad [4.1]$$

Při vytápění dochází k poklesu relativní vlhkosti i pod 20 %, což u člověka způsobuje vysychání sliznic horních dýchacích cest. Díky tomu dochází k poklesu jejich ochranných funkcí a zvyšuje se šance průniku škodlivých látek do dolních cest dýchacích. Kvůli tomu je v zimě potřebné uměle zvyšovat vlhkost vzduchu zvlhčovači. (Mathauserová, 2007)

Pokud je v létě relativní vlhkost vyšší než 60 %, ztěžuje se vypařování potu z povrchu lidského těla, díky čemuž je narušena tepelná pohoda. (Székyová, 2006)

### 4.1.2.2 Entalpie

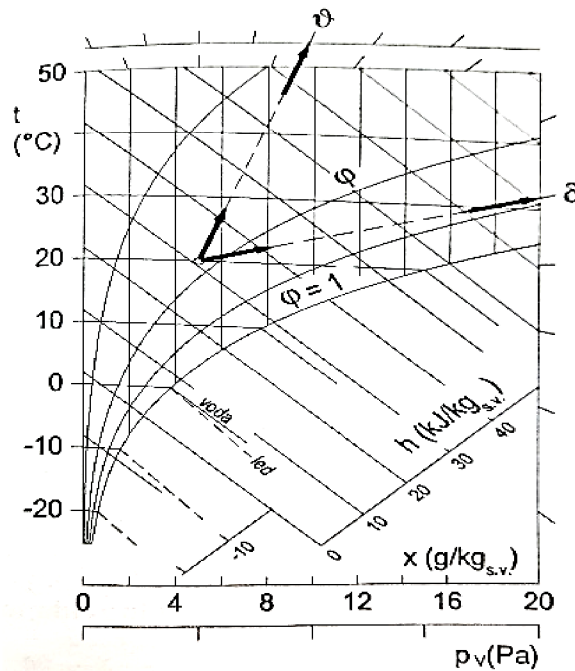
Entalpie vyjadřuje energii uloženou v termodynamickém systému. Entalpie vlhkého vzduchu (směsi 1 kg suchého vzduchu a x kg vodních par) je dle rovnice 2 dána součtem entalpií jednotlivých složek. Jednotkou entalpie je  $\text{J.kg}^{-1}$ . (Drkal, 2013)

$$h = h_a + h_v \quad [4.2]$$

Tepelné a vlhkostní změny stavu vzduchu se znázorňují pomocí Mollierova h-x diagramu, který je k vidění na Obr. 1.

Tento diagram obsahuje v kosoúhlé souřadné soustavě h-x přímky konstantních teplot  $t=\text{konstanta}$  a křivky konstantních relativních vlhkostí  $\varphi=\text{konstanta}$ , případně i přímky konstantní hustoty vzduchu. (Drkal, 2013)





Obr. 1 Schéma Mollierova  $h$ - $x$  diagramu (Drkal, 2013)

Čáry stálých entalpií  $h$ =konstantě jsou navzájem rovnoběžné přímky, stejně jako čáry stálých měrných teplot  $x$ =konstantě.

#### 4.1.3 Proudění vzduchu

Intenzita větrání charakterizuje přívod čerstvého vzduchu. Je vyjádřena rovnicí 3 jako poměr průtoku venkovního vzduchu  $V_e$  a vnitřního objemu místnosti  $O$ . (Drkal, 2013)

$$I = \frac{V_e}{O} \quad [4.3]$$

Člověk je velmi citlivý na pohyb vzduchu v uzavřené místnosti, hlavně pokud teplota pohybujícího se vzduchu je nižší než teplota vzduchu v místnosti. Dle Székyové (Székyová, 2006) „je maximální přípustná rychlost vzduchu  $0,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  při teplotě vzduchu  $19\text{--}21 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pokud je teplota vzduchu vyšší, je možné zvýšit rychlost proudění vzduchu. Vyšší rychlost proudění vzduchu člověk pociťuje jako průvan.“

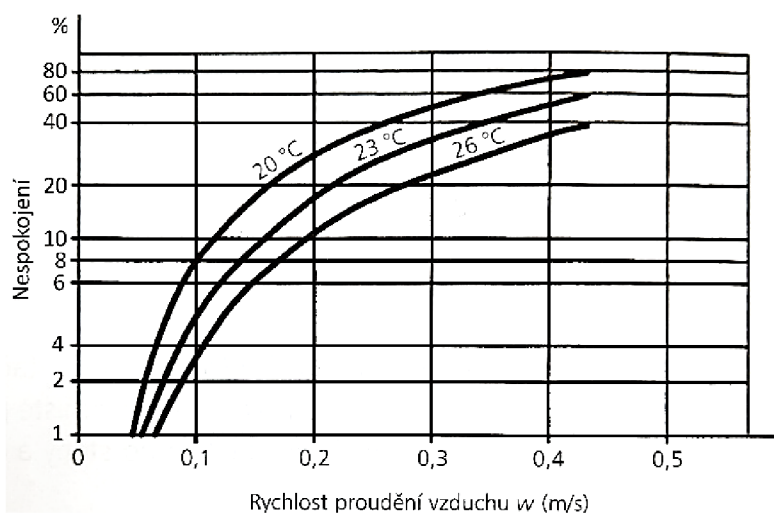
Dle Mathauserové (Mathauserová, 2007) je doporučená rychlost proudění vzduchu pro pracovní prostředí v rozmezí od  $0,1\text{--}0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  v závislosti na druhu činnosti a použitém oděvu.

V tabulce Tab. 4 je uvedena tepelná propustnost vybraných oděvů.

Druh oděvu	Tepelná propustnost ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ )
Šortky	65
Lehký letní oděv, krátké rukávy	13
Košile, tenké kalhoty	8
Normální společenský oděv	5
Zimní oblečení	3

Tab. 4 tepelná propustnost oděvů (Klabzuba, 2007)

Na obrázku 2 Závislost nespokojených uživatelů na rychlosti proudění vzduchu je možné pozorovat závislost procenta nespokojených uživatelů na průměrné rychlosti proudění vzduchu a jeho teplotě.



Obr. 2 Závislost nespokojených uživatelů na rychlosti proudění vzduchu

Čím je proudění vzduchu vyšší a zároveň teplota proudícího vzduchu nižší, tím větší je procento nespokojených uživatelů.

Prouděním vzduchu v místnosti se zajišťuje požadovaný stav ovzduší. Výsledné proudění vzduchu v místnosti určují: primární proudy z přiváděných výustí, zdroje tepla a chladu a proudění do odvádějících výustí. Dle Drkala jsou rozhodující první dva faktory – primární proudy z přiváděných výustí a zdroje tepla a chladu. Zdrojem chladu může být proudění chladnějšího vzduchu podél oken, zdrojem tepla může být elektrické zařízení. (Drkal, 2013)

#### 4.1.4 Složení vzduchu

Atmosférický vzduch obsahuje 0,04 % oxidu uhličitého, 0,96 % vzácných plynů, 78 % dusíku a 21 % kyslíku.

##### 4.1.4.1 Oxid uhličitý

Za znehodnocený vzduch se považuje vzduch, ve kterém je více než 0,15 obj. % oxidu uhličitého. Dle Székyové (Székyová, 2006) je nutné zajistit objemový průtok čerstvého vzduchu minimálně  $18,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  na jednoho člověka v místnosti, aby nebyla překročena limitní koncentrace oxidu uhličitého v místnosti. Zikán (Zikán, 2001) uvádí, že průtok by měl být  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Dle Americké společnosti pro vytápění a klimatizaci ASHREA je doporučená koncentrace oxidu uhličitého v místnosti maximálně o 700ppm vyšší než koncentrace venkovní.

CO<sub>2</sub> je hustý plyn, který se drží v nižších nadmořských výškách. Klimatizační jednotky berou vzduch z vyšších míst v místnosti, čímž dochází k rychlejšímu zavádění oxidu uhličitého do místnosti než jeho odvádění. Pokud se člověk nehýbá, pouze sedí na místě v místnosti, kde se vzduch nepohybuje (je statický), koncentrace oxidu uhličitého kolem jeho úst a nosu bude vyšší, což zvyšuje pravděpodobnost, že do plic bude znovu vdechován již dříve vydechnutý vzduch (Jacobson, 2019).

Vysoká koncentrace představuje přímé riziko pro lidské zdraví. Při dlouhodobé expozici hrozí záněty, snížení kognitivních schopností, demineralizace kostí, kalcifikace ledvin či oxidační stres. Dle studie prováděné v Americe byl zaznamenán výrazný pokles rozhodovacího výkonu při koncentraci 1000ppm a 2500ppm oproti práci při koncentraci 600ppm. (Kajtár, 2012)

Díky tomu, že se lidské čichové orgány přizpůsobují prostředí, není možné hodnotit kvalitu vzduchu v místnosti lidskými smysly. Při příchodu do plné místnosti člověk zaznamená vydýchaný, těžký vzduch, ale po setrvání delšího času v oné místnosti ho člověk přestane vnímat a zvykne si na něj (Zikán, 2001).

V tabulce Tab. 5 jsou popsány účinky oxidu uhličitého na lidský organismus v závislosti na koncentraci oxidu uhličitého ve vzduchu. Jednotkou je ppm (Parts per million), kde 1000ppm je 0,1 %.

<b>Účinky oxidu uhličitého na lidský organismus</b>	
Cca 350 ppm	Úroveň venkovního prostředí
Do 1 000 ppm	Doporučená úroveň ve vnitřních prostorech
1 200–1 500 ppm	Doporučená maximální úroveň ve vnitřních prostorech
1 500–2 000 ppm	Nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2 000–5 000 ppm	Nastávají možné bolesti hlavy
5 000 ppm	Maximální bezpečná koncentrace bez vážných zdravotních rizik
5 000 ppm	Nevolnost a zvýšený tep
15 000 ppm	Dýchací potíže
40 000 ppm	Možná ztráta vědomí

Tab. 5 Účinky oxidu uhličitého na lidský organismus (Nepříznivé účinky hluku na člověka, 2015)

#### 4.1.4.2 Kyslík

Kyslík se v atmosféře vyskytuje ve formě vody – oxidu vodíku, dalších oxidech – vodíku, uhlíku dusíku a síry. Největší zastoupení má jako volný prvek ve formě biatomické molekuly. (Braniš, 2009)

Standartní koncentrace O<sub>2</sub> v atmosféře je 20 %. Ve velkých městech, s vysokou smogovou zátěží a znečištěním je koncentrace kyslíku v ovzduší mezi 12–15 %. Pokud by se koncentrace snížila na méně než 7 %, člověk by v takovém ovzduší nemohl přežít. (Kelley, 2015)

Klidová denní spotřeba kyslíku u dospělého člověka je přibližně 250 ml.min<sup>-1</sup>, za jeden den to je 350 litrů. Jelikož v těle nejsou trvale přítomny zásoby kyslíku, je proto nutný jeho nepřetržitý přísun. (Máca, 2020)

Hypoxie je nedostatek kyslíku v organismu nebo v jednotlivých tkáních. Každý orgán v lidském těle má jinou citlivost k hypoxii, nejcitlivějším orgánem je mozek. (Slavíková, 2012)

Podle příčiny se hypoxie dělí na tyto typy (Slavíková, 2012):

- Hypoxická hypoxie je způsobena poklesem tlaku vzduchu v arteriální krvi, nastává při výstupu do vyšších nadmořských výšek
- Transportní hypoxie je způsobena sníženou vazností hemoglobinu a je pro ni charakteristická snížená transportní kapacita krve pro kyslík
- Stagnační hypoxie vzniká při omezeném průtoku krve a vede k nedokrvení tkání
- Histotoxická hypoxie vzniká v situaci, kdy buňky nejsou schopny využít kyslík. Příčinou je poškození enzymů například při otravě kyanidy.

Český státní zdravotní ústav doporučuje třídit kategorie práce s určitou hladinou koncentrace kyslíku dle vyhlášky 432/2003 Sb., jelikož neexistuje právní předpis, který by stanovoval doporučené limity pro hladinu kyslíku. Kategorie práce (Kopová, 2012):

- Kategorie 1 – práce s hladinou kyslíku od 19 do 21 obj. %
- Kategorie 2 – práce s hladinou kyslíku od 17 do 19 obj. %
- Kategorie 3 – práce s hladinou kyslíku od 15 do 17 obj. %
- Kategorie 4 – práce s hladinou kyslíku od 13 do 15 obj. %

Pracoviště se sníženou koncentrací kyslíku musí být řádně označeno s uvedením obsahu kyslíku v daném prostoru. Pracovníci, kteří v takovém prostředí pracují musí být poučeni o projevech nedostatku kyslíku na zdraví a dále musí být proškoleni o zásadách bezpečnosti práce v tomto prostředí. Práce v takovém prostředí je zakázána těhotným ženám, kojícím ženám, matkám do konce devátého měsíce po porodu a mladistvým. (Kopová, 2012)

Pobyt v prostoru s nižší hladinou kyslíku je omezen bezpečnostními přestávkami. Pro kategorii 2 jsou určeny půl hodinové přestávky každé 4 hodiny a pro kategorii 3 je určena hodinová přestávka každé 2 hodiny. (Kopová, 2012)

#### **4.1.5 Prašnost**

V ovzduší se vyskytují tuhé a kapalné částice, které jsou produkovány technickými a přírodními procesy. Na těchto částicích se udržují bakterie a plísňe, které mohou negativně ovlivňovat lidské zdraví. (Nový, 2000)

Mezi tuhé částice se řadí dým, kouř, popílek, aerosol a prach.

Prachové částice majoritně vznikají mechanickým způsobem – drcením, mletím, otěrem. Velikost těchto částic je různá, jedná se o polydisperzní prach. Větší částice rozptýlené

v ovzduší se díky gravitační síle usazují. Tento jev je ovlivněn intenzitou proudění vzduchu. (Nový, 2000)

Vládní nařízení 361/2007 Sb. stanovuje přípustný expoziční limit a nejvyšší přípustnou koncentraci chemické látky v ovzduší a přípustný expoziční limit prachu v pracovním ovzduší. Dané vládní nařízení říká: *„Přípustný expoziční limit chemické látky nebo prachu je celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž může být podle současného stavu znalostí exponován zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší směně týdenní pracovní doby, aniž by u něho došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jeho pracovní schopnosti a výkonnosti.“*

Toto nařízení dělí prach do pěti skupin: prachy s převážně fibrogenním účinkem, prachy s možným fibrogenním účinkem, prachy s převážně nespecifickým účinkem, prachy s převážně dráždivým účinkem a minerální vláknité prachy.

Tuhé a kapalné částice působí negativně na lidský organismus. Dráždivé účinky se projevují na sliznici očí, nosu, hrdla, hrtanu, průdušnice a plicních tkání, kde spouštějí přirozené ochranné mechanismy jako je např. slzení. (Nový, 2000)

Tuhé nerozpustné částice se z plicních sklípků odvádějí do lymfatických žláz. Částice s fibrogenním účinkem mohou vyvolat tvorbu plicních fibróz – zvýšené bujení vaziva v plicích. (Hollerová, 2007)

Rozpustné částice pronikají do krve, kterou jsou následně roznášeny do celého těla. Některé látky jsou vyloučeny ledvinami či střevním traktem a jiné mohou být vstřebány některým orgánem, kde při vysoké koncentraci mohou vyvolat toxické účinky. (Nový, 2000)

#### **4.1.6 Hluk**

Pod pojmem hluk se rozumí zvuk, který nepříznivě ovlivňuje pohodu člověka. Jedná se o zvukové vlny, které převyšují určité hodnoty, čímž mohou být pro člověka škodlivé, snižují jeho výkonnost a mají negativní vliv na pohodu prostředí. (Székyová, 2006)

Podle časového průběhu se hluk rozděluje na impulzivní a neimpulzivní, který se dále dělí na ustálený, proměnný a přerušovaný. Ustálený hluk traumatizuje méně než hluk přerušovaný. Škodlivost působení hluku na sluch závisí na hladině a frekvenčním složení, délce expozice a na individuální vnímavosti jedince. (Beran, 2010)

Hluk vyvolává vegetativní, hormonální a biochemické reakce, které se projevují pocitem nepohody, bolestmi hlavy, poruchami spánku, zažívacími potížemi, zvýšením tepové frekvence a krevního tlaku. (Pelclová, 2014)

Škodlivost expozice hluku je závislá na hladině zvuku a na jeho frekvenci. Čím je frekvence vyšší, tím nižší má být přípustná hladina zvuku a naopak. Pro poškození sluchu je zásadní hladina zvuku a délka expozice. Na hlučných pracovištích, kde je vysoká hladina zvuku i jeho frekvence, jsou zaznamenávány poškození sluchu, které je bráno jako nemoc z povolání. (Jokl, 1991)

Při dlouhodobém působení hluku na lidský organismus dochází k negativnímu ovlivnění sluchového analyzátoru, vegetativního nervového systému a psychiky člověka. Dlouhodobé působení zvuku způsobuje posunutí sluchového prahu, což znamená, že se sluchový orgán rychle adaptuje a hluk vnímá s nižší hlasitostí. Po 7-10 minutách dochází ke sluchové únavě, která odeznívá několik hodin. (Beran, 2010)

Jednorázové krátkodobé působení zvuku nadměrné intenzity může způsobit akustické trauma, které se projeví tlakem až bolestí v uchu a pískáním, bzučením či syčením. Sluch může být snížen až k hluchotě. Příznaky trvají od několika minut až po dny, poté se stav převážně vrátí k normálu. (Pelclová, 2014)

Tabulka Tab. 6 udává hraniční hodnoty hluku pro jednotlivá negativní působení.

**Hladina hluku  $L_A$ :**

- > 120 dB možné nebezpečí poškození buněk a tkání
- > 90 dB možné nebezpečí pro sluchový orgán
- > 60 až 65 dB možné nebezpečí pro vegetativní systém
- > 30 dB možné nebezpečí pro nervový systém a psychiku

*Tab. 6 Lehmanovo schéma účinků (Nepříznivé účinky hluku na člověka, 2015)*

Příjemná hladina zvuku je pro člověka 30 dB. Při velmi nízkých hladinách (20 dB) se člověk cítí nepříjemně (Beran, 2010). Při pokusech v odhlučněné místnosti lidé nejprve slyší bušení vlastního srdce a šumění krve v uších. Po určité době se dostavuje pocit úzkosti a strachu, který se označuje jako stres z ticha. (Klabzuba, 2007)

Sluchové trauma je způsobeno dlouhodobým pobytem v prostředí s hladinou akustického tlaku nad 85 dB. Při hodnotě 130 dB člověk pocítuje bolest, k protržení bubínku dochází při 160 dB. (Beran, 2010)

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací upravuje mimo jiné hygienické limity pro hodnoty hluku na pracovišti v závislosti na druhu práce. Toto nařízení stanovuje ekvivalentní hladinu akustického tlaku pro osmi hodinovou na 85 dB a dále hygienické limity pro hluk na pracovišti dle vykonávané práce, které jsou uvedeny v Tab. 7 Hygienické limity ustáleného a proměnného hluku na pracovišti

<b>Druh práce</b>	<b>Hladina akustického tlaku</b>
Hygienický limit ustáleného a proměnného hluku pro pracoviště, na němž je vykonávána práce náročná na pozornost a soustředění, a dále pro pracoviště určené pro tvůrčí práci	50 dB
Hygienický limit ustáleného a proměnného hluku pro pracoviště ve stavbách pro výrobu a skladování, kde hluk nevzniká pracovní činností vykonávanou na těchto pracovištích, ale je způsobován větracím nebo vytápěcím zařízením těchto pracovišť	70 dB

Tab. 7 Hygienické limity ustáleného a proměnného hluku na pracovišti (ČESKO, 2011)

Podle povahy vykonávané práce se hladina hluku koriguje převážně k nižším hodnotám, dle Tab. 8 Výpočet hluku a infrazvuku na pracovišti.

<b>Druh činnosti</b>	<b>Nároky</b>	<b>Korekce (dB)</b>
Práce koncepční s převahou tvořivého myšlení	-	-40
Duševní práce velmi náročná a zodpovědná	Mimořádné	-35
	Běžné	-30
Duševní práce vyžadující značnou pozornost a soustředění	Mimořádné	-25
	Běžné	-20
Duševní práce rutinní povahy s trvalou kontrolou sluchu	Mimořádné	-15
	Běžné	-10
Fyzická práce náročná na přesnost a soustředění	-	-5
Fyzická práce bez nároků na soustředění	-	0
Fyzická práce bez zvláštních nároků na smyslovou činnost	-	+5

Tab. 8 Výpočet hluku a infrazvuku na pracovišti (Beran, 2010)



#### **4.1.7 Osvětlení**

Základním požadavkem na osvětlení je vytváření zdravého a příjemného prostředí, kterého lze dosáhnout cílevědomou volbou zdrojů světla, svítidel, jejich rozmístěním a volbou povrchů, které dané světlo budou odrážet, jejich barvou a strukturou. (Klabzuba, 2007)

Intenzita osvětlení, úroveň světelné pohody a barevné řešení místnosti a vnitřního vybavení jsou vzájemně propojené. Z psychologického hlediska bylo dokázáno, že vhodná barva interiéru snižuje únavu, počet chyb, úrazovost, zvyšuje pracovní výkon pozornost a soustředěnost. (Klabzuba, 2007)

##### **4.1.7.1 Denní osvětlení**

Jedná se o osvětlení přirozeným denním světlem. Zdrojem denního světla je Slunce, jehož intenzita je závislá na denní době, ročním období, zeměpisné poloze a oblačnosti v dané chvíli. V interiéru by mělo být přirozené světlo účelně rozdělené s dostatečnou intenzitou a rovnoměrností, čehož je dosaženo velikostí a polohou oken, poměrem velikosti oken k hloubce oken a výšce místnosti, nátěrem stěn a barvou podlahy. (Klabzuba, 2007)

##### **4.1.7.2 Umělé osvětlení**

Je závislé na lidské činnosti tak, aby vyhovovalo specifickým potřebám. Musí vyhovovat z hlediska intenzity a rovnoměrnosti jasů v zorném poli. Pokud se v zorném poli vyskytují plochy s rozdílným jasnem, zrak se častou adaptací ze tmy do světla namáhá a unavuje. Z tohoto důvodu je nevhodné využívat pouze bodové – místní osvětlení. (Klabzuba, 2002)

Oslnění je další negativní důsledek špatného rozmístění nejen umělého osvětlení. Zmenšuje schopnost zraku rozeznávat podrobnosti a kontrasty, ve vyšším stupni namáhá zrak a bývá příčinou nekvalitně odvedené práce a úrazů. (Klabzuba, 2007)

Světlo musí mít vhodnou barvu, dopadat správným směrem, aby nevytvářelo stíny na pracovní ploše, čímž by ztěžovaly práci. Nejčastěji je osvětlení navrženo tak, aby svítilo shora a zleva. (Klabzuba, 2007)

Umělé osvětlení vnitřních prostorů jsou upraveny normami, směrnici a hygienickými předpisy pro pobyt na pracovišti.

## **4.2 Úpravy vzduchu**

Úprava vzduchu ve vnitřním prostoru vozidla umožňuje příjemnou přepravu cestujících a zároveň snižuje únavu řidiče, díky čemuž ovlivňuje aktivní bezpečnost automobilu.

### 4.2.1 Větrání

Větrací soustava zajišťuje čistý vzduch v celém prostoru kabiny vozidla, odvádí teplo produkované řidičem, cestujícími a slunečním zářením. Pod pojmem čistota ovzduší v automobilu je zařazeno odstranění oxidu uhličitě vydechovaného osobami ve voze a vlhkosti vzduchu jako produktu dýchání, oxidu uhelnatého z cigaret a dalších různých pachů. (Vlk, 2006a)

Pro zajištění čistoty ovzduší je zapotřebí dodávka alespoň  $45 \text{ m}^3$  čerstvého vzduchu za hodinu na jednoho člověka, a to i při stání vozidla. Při větrání je využíván vnější vzduch, který neobsahuje škodliviny a je pomocí filtrů zbaven prachu. Dodávka  $45 \text{ m}^3$  čerstvého vzduchu postačuje k udržení koncentrace oxidu uhličitěho pod 0,5 %. (Vlk, 2006a)

Větrací systém vozidla je přetlakový, čímž je omezeno vnikání prachových částic, výfukových plynů a v zimních měsících studeného vzduchu do vnitřku vozidla. Otvory pro přívod vzduchu jsou umístěny v místech maximálního přetlaku vzduchu na povrchu karoserie a otvory pro odvod vzduchu v místech podtlaku. (Gscheidle, 2007)

Náporový větrací systém využívá oblasti s kladným tlakem na povrchu karoserie jedoucího vozidla pro dodávku vzduchu do vnitřních prostor. Pokud je vzduch do vozidla dodáván ventilátorem, jde o větrací systém s nuceným prouděním vzduchu. Ve většině vozidel je větrací systém kombinovaný. Při jízdě je využíván náporový a při stání či velmi pomalé jízdě s nuceným prouděním vzduchu. (Gscheidle, 2007)

Větrání spuštěním bočních okének není vhodné z důvodu průvanu a zvýšení hluku v kabině.

### 4.2.2 Vytápění

Vytápěcí systém rozděluje teplo do celého prostoru kabiny. U všech modelů vozidel musí systém zajistit výslednou teplotu vzduchu ve vozidle  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  při venkovní teplotě  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ . (Vlk, 2006a)

Ke spodní části těla by měl být přiváděn teplý vzduch, pokud by byl přiváděn k obličeji, mohlo by dojít k přehřívání hlavy.

Optimální teplota vzduchu je  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  v závislosti na vlhkosti vzduchu. Čím je vyšší vlhkost vzduchu, tím nižší je optimální teplota. Relativní vlhkost by se měla v kabině pohybovat mezi 40–70 %. (Vlk, 2006a)

#### **4.2.2.1 Závislé topení**

Závislé topení je běžné u vozidel s motory chlazenými kapalinou. Systém se skládá z výměníku tepla, axiálního či radiálního ventilátoru, klapek přívodu vzduchu, ventilů přívody vody a regulačního ústrojí. (Vlk, 2006a)

Závislé topení se dělí dle regulace na závislý vytápěcí systém s regulací na straně vody a závislý vytápěcí systém s regulací na straně vzduchu. (Vlk, 2006a)

Výhodou závislého topení je jednoduchá konstrukce a nízká cena. Nevýhodou je obtížná regulace a malá pohotovost – v zimě trvá 10-15 minut, než dojde k ohřátí kapaliny na 80 °C. (Vlk, 2006a)

#### **4.2.2.2 Nezávislé topení**

Nezávislé topení se většinou nachází v kabinách nákladních automobilů a autobusech. Zdrojem tepla je nafta nebo benzín, které jsou spalovány. (Vlk, 2006a)

Systém se skládá ze spalovací komory, výměníku tepla, ventilátoru čerstvého vzduchu a elektronické řídicí jednotky. Ve spalovací komoře se spaluje benzín či nafta, vzduch potřebný pro spalování se přivádí ventilátorem. Teplo, které vzniklo hořením se ve výměníku tepla předá čerstvému vzduchu, který je dále rozváděn do kabiny. (Gscheidle, 2007)

Přívod spalovacího vzduchu musí být v místech stejných stejného dynamického tlaku. Pokud by tomu tak nebylo, topení by zhasínalo nebo nedávalo požadovaný výkon. Odvod spalin je situován v místech, kde nehrozí jejich vniknutí do vnitřního prostoru vozidla. (Gscheidle, 2007)

#### **4.2.3 Klimatizace**

Klimatizační systém ochlazuje vzduch, upravuje tepelnou pohodu cestujících a umožňuje regulaci vlhkosti v kabině vozidla. Klimatizace ochlazuje vzduch přiváděný do větrací soustavy. Vzduch je ochlazen chladící kapalinou, která se odpařuje ve výparníku. (Gscheidle, 2007)

U mechanických klimatizací se otočným ovladačem volí chladnější či teplejší vzduch. Rychlost vzduchu se volí pomocí ventilátoru topení.

Automatické klimatizace s elektronickou regulací umožňují nastavení konstantní teploty. Řídicí jednotka klimatizace reguluje teplotu vzduchu přiváděného do vnitřního prostoru automobilu a zároveň rychlost proudění vzduchu v závislosti na požadované teplotě. (Vlk, 2006b)

Klimatizační systém se dělí na tři základní části: vzduchový okruh, chladicí okruh a systém regulace teploty.

Vzduchový okruh rozdělujeme na dva případy (Gscheidle, 2007):

- 1) Otevřený okruh s přívodem čerstvého vzduchu. Venkovní vzduch je nasáván přes regulační klapku a následně je čištěn pomocí kabinového filtru, ve kterém se zachytává prach a pyly. Poté se vzduch ochladí ve výparníku, kde se voda obsažená ve vzduchu zkondenzuje a odchází ven z vozu. Takto upravený vzduch se ve výměníku ohřívá nebo ochlazuje v kondenzátoru na danou teplotu a je rozváděn klapkami a výduchy do kabiny vozu.
- 2) Okruh recirkulace vzduchu – uzavřený okruh. Vzduch není nasáván zvenku, ale z vnitřku vozidla. Následně je čištěn kabinovým filtrem, ohříván ve výměníku nebo chlazen v kondenzátoru a rozváděn zpět do vnitřku vozidla. Recirkulace se využívá při dopravních zácpách nebo ve chvílích, kdy řídicí jednotka zjistí vyšší přítomnost škodlivých látek ve venkovním ovzduší.

Chladicí okruh je složen z kompresoru, kondenzátoru, expanzní jednotky, výparníku, zásobníku kapaliny se sušicí vložkou, bezpečnostních zařízení, regulačního a řídicího zařízení, hadicového a potrubního vedení a chladiva. (Gscheidle, 2007)

Systém regulace kontroly u automatických klimatizací zajišťuje řídicí jednotka, která pomocí snímačů porovnává aktuální klima v kabině a porovnává ho se zadanými veličinami ze strany řidiče a posádky vozu. Pokud hodnoty nesouhlasí, spíná dle potřeby vytápění, chlazení a množství vzduchu proudící do prostoru kabiny. (Vlk, 2006b)

### **4.3 Únava**

Únavou rozumíme přirozenou reakci člověka na zátěž. Větší vynaložená námaha musí být vyvážena delším časem na regeneraci. Lidské tělo únavou vyzývá k odpočinku.

Příčinou únavy může být porucha spánku, přepracování, práce v noci, práce v hluku, snížená činnost štítné žlázy, překročení časových pásem, častá konzumace alkoholu, chudokrevnost, nádorové onemocnění, infekce, deprese a neurózy. (Lukešová, 2008)

### 4.3.1 Druhy únavy

Únava se dělí podle druhu na únavu anaerobní, aerobní, fyzickou, psychickou, fyziologickou a patologickou (Lukešová, 2008):

- Anaerobní únava
  - Tento druh únavy nastupuje z hlediska změny ve svalech rychle. Dochází k nadprodukci laktátu a acidózy, která vede k zhoršení kontraktility svalů. Je negativně ovlivněn pohyb iontů mezi buněčnými membránami.
- Aerobní únava
  - Aerobní únava nastává za situace, kdy je přivedena dostatečná dávka kyslíku k pracujícím svalům, ale energetická zásoba ve formě glykogenu je omezena či vyčerpána.
- Fyzická únava
  - Fyzickou únavu člověk vnímá jako tíhu, slabost, bolest nebo ztuhnutí kosterních svalů. U unavených svalů dochází ke třesu či křečím. Projevy fyzické únavy jsou ztráta rychlosti a jemné koordinace a pokles svalové.
- Psychická únava
  - Psychickou únavu člověk vnímá jako pocit vyčerpání, ztrátu koncentrace, zhoršení paměti či ospalost. Dochází ke snížení adaptability na nové situace, člověk nedokáže odhadnout vlastní schopnosti, projevuje se nedisciplinovanost.
- Fyziologická únava
  - Jedná se o vratný stav organismu, který vzniká během pohybové aktivity a slouží k vyvolání adaptačních mechanismů vedoucích k zotavení. Při místní únavě se jedná pouze o svalovou bolest nebo snížení síly malých svalových skupin. Při celkové únavě nastává bolest všech svalových skupin a dochází k omezení přirozené schopnosti koordinace. Pokud přestávky mezi opakovanou pohybovou činností nejsou dostatečně dlouhé k regeneraci, fyziologická únava přechází v akutní únavu patologickou.
- Patologická únava
  - Tento druh únavy se projevuje svalovými křečemi, nevolností, bledostí, rychlou frekvencí dýchání a přítomností bílkovin v moči. Vážná forma patologické únavy

může vést k selhání krevního oběhu. Chronická patologická únava způsobuje dlouhodobý pokles výkonu, nechutenství, redukci hmotnosti, poruchy trávení a sníženou obranyschopnost organismu.

#### **4.3.2 Únava za volantem**

Mezi hlavní faktory spojené s únavou řidičů patří dlouhá doba řízení, nedostatek spánku, monotónnost prostředí, chronická nespavost a užívání drog a alkoholu. (Tvarožková, 2017)

Zhoršující se výkon řidičů spojený s únavou představuje vážné bezpečnostní riziko. Právě únava, ospalost, nebo pokles pozornosti zavíní totiž až třetinu dopravních nehod. Ospalost zpomaluje reakce, snižuje vnímavost a zhoršuje rozhodovací schopnosti, a to obdobně jako alkohol. Výzkumy dokládají, že nebezpečí nehody je v noci větší než ve dne, přestože v nočním řídním provozu je statistický počet nehod menší. (Ibesip)

Mezi začáteční příznaky ospalosti řidiče řadíme ztrátu koncentrace, mžitky před očima, ztěžklá víčka, snížená zraková ostrost, sucho v ústech, nepřírozený pocit tepla nebo chladu, chyby nebo obtíže při řazení. Pokud řidič na tyto signály svého těla nereaguje, dostaví se další příznaky ospalosti jako je pocit, že jede velmi rychle či vznik optických klamů. Většina řidičů si všimne ospalosti po čtyřech hodinách jízdy. (Sedlák, 1981)

Existuje mnoho studií, které se zabývají souvislostmi mezi časem jízdy a progresí únavy.

Jones (Jones, 1941) se zaměřil na psychické funkce a vliv pracovní únavy u 899 řidičů nákladních vozidel. Před a po jízdě měřil reakční časy sešlápnutá nožní brzdy a tappingu – diagnostika kapacity krátkodobé paměti. Po dlouhodobé jízdě bylo zjištěno, že se čas potřebný k sešlápnutí brzdového pedálu významně zvýšil, snížila se rychlost tappingu a délka reakcí u jednotlivých reakčních časů.

O'Hanlon a Kelly (O'Hanlon, 1977) zkoumali udržení bdělosti při řízení v monotónním prostředí. Zjistili, že snížená výkonnost způsobená sníženou ostražitostí může významně přispět k dopravním nehodám. Vysoký podíl nehod se vyskytuje na rovných silnicích s homogenní scénérií, dlouhá jízda monotónním prostředím negativně ovlivňuje bdělost, ostražitost a jízdní vlastnosti řidiče.

Ranney a kol. (Ranney, 1999) na simulátoru řízení prokázali, že nadměrná doba řízení zvyšuje ospalost řidiče, zvyšuje rychlost jízdy a snižuje povědomí řidičů o chodcích.

Ranney a kol (Ranney, 1999) zjistili, že nejvíce nehod, které byly způsobeny v souvislosti s únavou se vyskytly v rozmezí od 2:00 do 3:00, dále od 6:00 do 7:00, 16:00 do 17:00 a od

22:00 do 23:00. Nejmenší počet nehod zapříčiněných únavou se odehrálo mezi 10:00 až 11:00, 19:00 až 20:00 a 21:00 až 22:00.

K únavě navíc přispívá i narušení 24hodinových cirkadiánních rytmů nebo denní doby. Značná část nehod souvisejících se spánkem se vyskytuje během časného rána (2:00–6:00) a odpoledne (14:00–16:00). Vlivem cirkadiánních a homeostatických vlivů lidská aktivita v polovině odpoledne a brzy ráno výrazně snižuje bdělost. (Davidović, 2018)

Dle studie, které se zúčastnilo 213 řidičů, kteří způsobili dopravní nehodu z důvodu nepozornosti, je nejvíce rizikový čas pro výskyt nehod spojený s nízkou hladinou výkonnosti člověka mezi 15:00 a 16:00 hodinou. Nejnižší počet dopravních nehod spojený s vysokou hladinou výkonnosti člověka byl v rozmezí 10:00 a 11:00 hodin. (Tvarožková, 2017)

Ospalost je řazena mezi fyziologické potřeby a lze ji považovat za formu únavy, která souvisí se stimulací mozkových aktivit. Ospalost je vyvolána potřebou spánku. (Davidović, 2018)

Reyner a kol. (Reyner, 1995) prováděli studii zaměřenou na dopravní nehody způsobené únavou v souvislosti s věkem řidiče, který nehodu zavinil. Dle studie řidiči mladší 30 let jsou náchylnější k dopravním autonehodám způsobených únavou v ranních hodinách, kdež to řidiči ve věku 50-69 let v časných odpoledních hodinách.

#### **4.3.2.1 Mikrospánek**

Mikrospánek je druhem spánku, který trvá od několika sekund po 30 sekund. (Sitar, 2009) Institut spánkové medicíny uvádí, že doba trvání mikrospánku je od 3 do 15 sekund. Po této době dojde k probuzení či propadnutí do hlubšího spánku. (Mikrospánek, 2010)

Způsobují ho různé činitele, nejčastěji jde o předchozí spánkový deficit, duševní únava, porucha dýchání, únava po předešlé práci, oslabení organismu při infekčních chorobách či jiných nemocech. Dalšími příčinami mikrospánku za volantem může být užívání analgetik či zklidňujících látek, které bývají obsaženy i v běžně dostupných lécích na kašel či alergii. Příčinou může být i únava po dlouhé cestě bez odpočinku, málo či vůbec větraná kabina vozu, dehydratace řidiče nebo přetopení kabiny. (Sitar, 2009)

Při probuzení řidič může reagovat zmatečně, opožděně až panicky. Tato fáze vede nejčastěji ke vzniku dopravních nehod. Samotnému mikrospánku předchází opakované snížení pozornosti, zvýšená únava, pomalejší reakce na podněty, rozmazané vidění či agresivní chování. (Mikrospánek, 2010)

Dalšími příznaky mikrospánku jsou zavírání očí, poklesávání hlavy, těkavé myšlenky, snížení pozornosti, pocit ospalosti, který může skončit až několika sekundovými výpadky paměti, najíždění na bílé čáry na okraji silnice, klikatá jízda a přejíždění do protisměru. (Sitar, 2009)

Pokud na sobě řidič pocítuje únavu, měl by okamžitě zastavit, na půl hodiny si odpočinout, vyvětrat vnitřní prostor vozidla, snížit teplotu v kabině a doplnit tekutiny. (Sitar, 2009)

Rizikové skupiny, náchylní k mikrospánku (Mikrospánek, 2010):

- lidé s nedostatečným množstvím spánku a odpočinků – méně jak 6 hodin spánku ztrojnásobuje riziko usnutí za volantem
- mladí muži do 26 let
- lidé pracující na směny či více jak 60 hodin za týden
- řidiči z povolání
- lidé s neléčenými poruchami spánku

#### **4.3.2.2 Následky únavy za volantem**

Dle Českého statistického úřadu se za rok 2020 na českých silnicích stalo 94 794 dopravních nehod, které byly nahlášený na Policii České republiky. Z celkového počtu nehod zaviněných řidiči motorových vozidel připadá každá šestá nehoda na řidiče nákladních automobilů a tři ze čtyř nehod na řidiče osobních automobilů. Dalšími viníky dopravních nehod jsou cyklisté a chodci.

Dle odhadů únavu za volantem zapříčiňuje 20 % ze všech dopravních nehod a 25 % dopravních nehod s vážnými následky. (Sleep, driving and the workplace, 2005)

V České republice statistiky Policie ČR nepostihují dostatečně přesně nehodovost způsobenou únavou. Dle Policie je únavu či usnutí za volantem přímou příčinou přibližně 1 % všech nehod na českých silnicích. Skutečný podíl je ale vyšší, jelikož se ve statistikách nezohledňuje únavu jako druhotná příčina nehody. Údaje z amerických statistik ukazují, že 20 % nehod je způsobeno v důsledku únavy a ospalosti. (Mikrospánek, 2010)

Pro zajištění bezpečnosti jízdy byly navrženy různé systémy ve voze. Patří mezi ně adaptivní tempomat, systém varování před čelním nárazem, systém na udržení jízdního pruhu atd. Ačkoliv tyto systémy jsou již nedílnou součástí novějších automobilů, únavu řidičů zůstává trvalou a významnou příčinou dopravních nehod. Jediný spolehlivý způsob zbavení se únavy je odpočinek. (Ping-Huang, 2008)



## **4.4 Asistenční a informační systémy ve vozidlech**

Elektronika v dopravních prostředcích je důležitým prvkem, který dopomáhá ke zvyšování bezpečnosti, zvyšování hospodárnosti, zvýšení jízdního pohodlí a zlepšení životního prostředí.

Použití elektroniky ve vozidlech vede k odlehčení řidiče a uvolňuje tím lidskou kapacitu k lepšímu pozorování vnějšího dopravního děje. Současně to znamená konsekvantní pokračování zatím stále sledované vývojové linie odlehčení tělesné námahy při obsluze agregátů řidičem (Vlk, 2006a).

Od května 2022 vchází v povinnost nový balíček asistentů v osobních vozidlech. Do nově homologovaných vozů je nutné doplnit inteligentní regulaci rychlosti, přípravu pro montáž alkotesterů, upozornění na ospalost a nepozornost řidiče, signál nouzového brzdění, upozornění na chodce za autem a černou skříňku. Kromě toho také dnes již běžný systém nouzového brzdění před překážkou a asistent jízdy v pruzích. (Nové bezpečnostní systémy v autech, 2019)

### **Pasivní prvky bezpečnosti**

Mezi pasivní prvky bezpečnosti se řadí robustní karoserie, bezpečnostní pásy a airbagy. (Aktivní bezpečnost)

### **Aktivní prvky bezpečnosti**

Mezi aktivní prvky bezpečnosti se řadí technická zařízení, systémy a vlastnosti vozu, které pomáhají předejít a zabránit dopravním nehodám. Mezi hlavní prvky se řadí účinné brzdy, dobrý výhled z vozu, kvalitní pneumatiky, přesné a spolehlivé řízení, kvalitní tlumiče, osvětlení vozu, elektronické systémy ABS, ESP, TCS, EBA ACC. (Aktivní bezpečnost)

V příloze 2 jsou znázorněny hlavní prvky aktivní bezpečnosti, které mají vliv na snížení možnosti vzniku dopravní nehody. (Vlk, 2005)

#### **4.4.1 Systémy kontroly pozornosti řidiče**

Soustava senzorů snímá údaje o aktuálním způsobu jízdy a psychickém stavu řidiče. Všechna pořízená data se shromažďují v centrálním palubním počítači, který je průběžně vyhodnocuje. Registruje odchýlení vozu od jízdní stopy, přivírání řidičových očí, nárůst rizika kolize kvůli nedodržení bezpečné vzdálenosti od ostatních vozidel a při překročení stanovené meze palubní počítač upozorní řidiče pomocí akustického či optického signálu. (Vlk, 2006a)

Kamera umístěna v interiéru vozidla monitoruje pohyby očí a frekvenci a délku mrkání, z čehož systém vyhodnotí kondici řidiče. Odpočatý řidič mrká pouze občas a mžikem. S narůstající únavou se frekvence mrkání zvyšuje a prodlužuje se doba, po kterou je oko uzavřeno (Vlk, 2006a).

#### **4.4.1.1 Emocionální bezpečnostní systém**

Je založen na počítačovém vyhodnocování dat podle emocionálního algoritmu, který řeší komunikaci mezi jedoucím vozem a řidičem.

Bere se v úvahu emocionální stav řidiče a stres, kterému jsou řidiči po dobu jízdy vystaveni. Palubní počítač reaguje na různé stavy, které u řidiče nastávají. Monitoruje styl řízení a momentální emocionální stav. Senzory zaznamenávají, zda má řidič obě ruce na volantu, jakým způsobem uchopuje řadicí páku, registrují pohyby hlavy a očí, systém vyhodnocuje hlasitost konverzace mezi spolujezdci a řidičem a vlastní pohyby auta (Vlk, 2006a).

#### **4.4.1.2 Bezpečnostní asistenční systémy**

Základem je soustava senzorů, které dodávají informace o aktuálním způsobu jízdy a psychickém stavu řidiče. Všechna data jsou vyhodnocována v centrálním palubním počítači. Počítač registruje odchýlení od jízdní stopy, únavu řidiče a nárůst rizika kolize. V kritickém okamžiku se systém Awake snaží zvýšit bdělost řidiče optickým, akustickým či jiným vhodným signálem (Vlk, 2006a).

- Driver Alert System je systém společnosti Volkswagen, který sleduje bdělost řidiče a v případě zaznamenání únavy řidiče upozorní vizuálním a zvukovým znamením. Systém je založen na algoritmu, který zaznamenává po celou dobu jízdy pohyby volantu, používání pedálů, podélné zrychlení, denní dobu či trvání jízdy. (Představujeme Driver Alert, 2015)
- Sway Warning System je systém společnosti Toyota, který řidiči doporučuje odpočinek ve chvíli, kdy se vozidlo pohybuje nerovnoměrně a často vyjíždí z pruhu bez zapnutí směrového ukazatele. Tento systém pracuje při minimální rychlosti 50 km.h<sup>-1</sup>. (Systém sledování únavy řidiče, 2018)

#### **4.4.1.3 Systém pro sledování dopravního značení**

Systém využívá digitální displej, kde řidiče neustále informuje o aktuálním dopravním značení. Údaje jsou čerpány z průběžně aktualizované databáze navigačního systému nebo pomocí rádiového signálu vysílaného z transpondéru zabudovaného přímo do dopravního značení (Vlk, 2006a).

- Systém rozpoznávání dopravních značek (RSA) je systém společnosti Toyota, který za pomoci kamery rozpoznává část dopravních značek používaných v Evropě a informuje o nich řidiče formou piktogramu na přístrojovém panelu. Systém rozezná značky omezení rychlosti, konec rychlostního omezení, dálniční nájezd / sjezd, značka Stop, zákaz předjíždění a zákaz vjezdu. (Systém rozpoznávání dopravních značek (RSA), 2018)

#### **4.4.2 Asistenční systémy v nákladních automobilech**

V současné době se do nových nákladních automobilů stejně jako do automobilů osobních umisťují asistenční systémy.

##### **4.4.2.1 Asistenční systémy v nákladních automobilech MAN**

Výrobce nákladních automobilů MAN instaluje do svých nových modelů asistenční systémy:

- Asistenční systém pro jízdu v koloně MAN

Tento asistenční systém zmírňuje únavu řidiče při jízdě v hustém provozu a kolonách tím, že udržuje vozidlo v jízdním pruhu a v dostatečném odstupu od auta jedoucího před vozidlem. Systém při jízdě v koloně brzdí za zastavujícím vozidlem až do úplného zastavení a následně opět uvede vozidlo do pohybu. (Asistenční systém pro jízdu v koloně MAN, 2020)

Asistenční systém pracuje s údaji z videokamery na čelním skle a radarového senzoru v nárazníku vozu. Při zpomalení dopravy či dopravní zácpě asistenční systém pro jízdu v koloně automaticky řídí pohon a brzdění. Systém udržuje stanovený odstup od vozidla vpředu a zároveň udržuje vozidlo v jízdním pruhu jemnými zásahy do řízení. Systém se orientuje podle značení na vozovce, které zaznamenává přední kamera (Asistenční systém pro jízdu v koloně MAN, 2020)

- Asistenční systém pro dálkovou dopravu: MAN CRUISE ASSIST

Tento asistenční systém poskytuje podporu řidičům dálkové dopravy a napomáhá vyvarovat se dopravním nehodám vznikajícím při najetí do auta jedoucího vpředu či nedodržení bezpečného odstupu.

Systém rozpozná vpředu jedoucí vozidlo a automaticky upravuje rychlost v závislosti na aktuální dopravní situaci, čímž napomáhá udržovat dostatečný odstup od vozidla jedoucího vpředu. Pokud systém vyhodnotí dopravní situaci jako kolonu, nákladní automobil zabrzdí, dle situace až do úplného zastavení. Po rozjetí kolony systém sám rozjede nákladní automobil. Dopravní situaci a vodorovné značení sleduje kamera nainstalovaná na čelním skle a radarové senzory v nárazníku. (Asistent pro dálkovou dopravu MAN Cruise assist, 2020)

Asistenční systém napomáhá řidiči udržet vozidlo trvale ve svém jízdním pruhu za pomoci údajů z čelní kamery. Aby systém mohl fungovat, musí mít řidič obě ruce na volantu, aby v případě potřeby okamžitě převzal kontrolu nad vozidlem. Mimo to, systém monitoruje vozidla ve vedlejším pruhu pomocí bočního radaru. Díky informacím z radaru systém snižuje riziko srážky při přejezdu do vedlejšího pruhu podpůrným zásahem do řízení (Asistent pro dálkovou dopravu MAN Cruise assist, 2020)

Na Obr. 3 je k vidění výstup, který vidí řidič vozu na přístrojové desce. Řidič zde vidí rychlost auta jedoucího před ním a vzdálenost mezi nimi.



Obr. 3 Asistenční systém MAN Cruise Assist (Asistent pro dálkovou dopravu MAN Cruise assist, 2020)

#### - Systém varování před opuštěním jízdního pruhu LDW MAN

Systém LDW pomáhá řidiči udržet vozidlo ve správném jízdním pruhu. Při najetí na bílou čáru či vyjetí z vyznačeného pruhu bez aktivování ukazatele jízdy, systém upozorní řidiče akustickým signálem. Díky tomu se zvyšuje aktivní bezpečnost na monotónních úsecích silnic nebo jízdy v noci, kde dochází k častým dopravním nehodám.

Kamera za čelním sklem zaznamenává značení v pravém a levém pruhu po celou dobu jízdy, ale systém LDW je aktivní až od rychlosti  $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (Asistenti pro udržování v jízdním pruhu).

- Asistent vrácení do jízdního pruhu LRA MAN

Tento asistenční systém pomáhá řidiči udržovat vozidlo v jízdním pruhu aktivním navrácením do jízdního pruhu. Pokud systém zaznamená hrozbu vyjetí z určeného jízdního pruhu, aniž by řidič aktivoval ukazatel směru jízdy, koriguje točivý moment řízení a navede vozidlo zpět do jízdního pruhu. Tento asistent vyžaduje ve výbavě automobilu hydraulický systém řízení MAN ComfortSteering (Asistenti pro udržování v jízdním pruhu).

- Elektronicky ovládaný systém řízení: MAN COMFORT STEERING

Tento systém doplňuje hydraulický systém řízení pomocí přídavného momentu řízení elektromotoru. Snímače systému vyhodnocují pohyby řízení a údaje o vozidle, díky kterým zvyšují či snižují moment řízení. Při puštění se volant automaticky vrátí do středové polohy.

Při popojíždění lze využít posilování zvýšeného momentu řízení, což umožňuje přesně a s minimálním využitím síly vozidlem manévrovat.

Při vyšších rychlostech snižuje systém automaticky sílu řízení snižováním momentu řízení. Díky tomu je snazší udržet vozidlo v jednom jízdním pruhu (Systém aktivního řízení MAN COMFORT STEERING).

- Systém sledování únavy řidiče MAN ATTENTION GUARD

Systém Attention Guard dokáže rozpoznat nápadné změny řízení a náznaky ochabující pozornosti řidiče a upozorní ho vizuálním a následně akustickým signálem.

Od rychlosti 60 km.h<sup>-1</sup> systém vyhodnocuje jízdní parametry jako jsou chování při řízení nebo opuštění jízdního pruhu. Z těchto informací vyhodnocuje úroveň řidičovi pozornosti. Pokud systém zaznamená známky nesoustředěnosti či únavy, upozorní na to řidiče hlášením „Jeďte opatrně!“ na displeji a akustickým signálem, který se ozve z reproduktorů uvnitř kabiny (Systém sledování únavy řidiče MAN ATTENTION GUARD).

#### **4.4.2.2 Asistenční systémy v nákladních automobilech IVECO**

Všechna nákladní vozidla značky IVECO mají od roku 2015 v základní výbavě níže uvedené asistenční systémy.

- Systém varování při vybočení z jízdního pruhu LDWS

Systém LDWS upozorňuje řidiče ve chvíli, kdy se vozidlo chystá změnit jízdní pruh bez toho, aniž by řidič zapnul ukazatele jízdy. Informace dodává kamera, která je umístěna na čelním skle. Zaznamenává silniční značení, které systém vyhodnocuje a v případě potřeby spouští zvukový signál upozorňující řidiče. Toto varování je účinné při prevenci dopravních nehod

způsobených únavou či rušivými účinky při řízení jakou jsou mobilní telefony (Nové Eurocargo bezpečnost, 2015; Safety).

Na Obr. 4 lze vidět umístění kamery snímající dopravní značení.



Obr. 4 Umístění kamery za čelním sklem (Skutečný důraz na prevenci, 2020)

#### - Automatický systém nouzového brzdění AEBS

Tento systém měří vzdálenost mezi vozidlem a vozidlem jedoucím před ním. Vypočítává čas do možné kolize a spouští dvojitý alarm, který upozorní řidiče, než systém začne automaticky brzdit. Jedná se o aktivní bezpečnostní systém vozidla, který se snaží zabránit kolizím či zmírnit následky kolizí (Nové Eurocargo bezpečnost, 2015).

Pokud se jedná o pohyblivou překážku, systém automaticky sníží rychlost vozu na 32 km.h<sup>-1</sup>, aby zabránil nárazu. V případě pevné překážky sníží rychlost o 10 km.h<sup>-1</sup>, aby řidič mohl reagovat (Skutečný důraz na prevenci, 2020).

#### 4.4.2.3 Asistenční systémy v nákladních automobilech MERCEDES

##### - Active Sideguard Assist

Systém napomáhá řidiči udržovat přehled o pohybujících se a stojících objektech v zóně varování vpravo nebo táhlé zatáčky. Při rozpoznání objektu systém upozorní řidiče opticky a akusticky. Na obrázku Obr. 5 lze vidět zóna, kterou asistent pokrývá.

Systém může v případě potřeby automaticky brzdit, což může snížit závažnost nehody nebo nehodě zcela zabránit (Vysoká bezpečnost, 2020).



Obr. 5 Asistenční systém Sideguard assist (Vysoká bezpečnost, 2020)

- Active Drive Assist 2

System pomáhající řidičům udržovat bezpečný odstup od vozidel vpředu a zůstat uprostřed jízdního pruhu.

Pokud řidič na delší dobu nemá ruce na volant, spustí se výstraha, na niž pokud řidič nezareaguje, systém začne zpomalovat nákladní automobil až do úplného zastavení při zachování vedení v jízdním pruhu (Vysoká bezpečnost, 2020).

#### 4.5 Nákladní automobily

Dle zákona č. 56/2001 sbírky je silniční vozidlo každé „motorové nebo nemotorové vozidlo, které je vyrobené za účelem provozu na pozemních komunikacích pro přepravu osob, zvířat nebo věcí.“ Tento zákon rozděluje silniční vozidla na tyto základní druhy: motocykly, osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, vozidla zvláštního určení a speciální vozidla, přípojná vozidla a ostatní silniční vozidla.

Evropská unie zařazuje nákladní automobily do kategorie N, do které spadají všechna motorová vozidla s nejméně čtyřmi koly konstruovaná pro dopravu nákladu. Tato kategorie se dělí na (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/46/ES, 2007):

- Kategorie N<sub>1</sub>, pod kterou spadají všechna vozidla konstruovaná a vyrobená pro dopravu nákladů s maximální hmotností nepřevyšující 3,5 tun.
- Kategorie N<sub>2</sub> zahrnuje vozidla konstruovaná a vyrobená pro dopravu nákladů s maximální hmotností vyšší než 3,5 tun, ale nepřevyšující 12 tun.
- Kategorie N<sub>3</sub> zahrnuje vozidla konstruovaná a vyrobená pro dopravu nákladu s maximální hmotností vyšší než 12 tun.

Nákladní automobily jsou rozděleny na druhy: pick-up, valník, skápěčkový, skříňový, izotermický, chladičkový, mrazířkový, cisternový, autodomývač, nosič výměnných nástaveb, pro přepravu zvířat – vozidel – lodí – dřeva – odpadu, tahač návěsů, tahač přívěsů. (Novák, 2018)

#### 4.5.1 Řidičská oprávnění a lékařské prohlídky

Řidičská oprávnění na nákladní automobily se v České republice rozdělují na oprávnění pro skupinu C1, skupinu C, skupinu C1+E a skupinu C+E.

- 1) Skupina C1 jsou motorová vozidla jejichž hmotnost nepřevyšuje 7500 kg, délka je nejméně 5 m a konstrukční rychlost nejméně 80 km.h<sup>-1</sup>. K těmto automobilům může být připojeno přípojně vozidlo s hmotností do 750 kg.
- 2) Skupina C jsou motorová vozidla, která mají maximální přípustnou hmotnost vyšší než 3500 kg s nejvýše osmi místy k sezení kromě místa pro řidiče. K těmto automobilům může být připojeno přípojně vozidlo s hmotností do 750 kg.
- 3) Skupina C1+E jsou jízdní soupravy složené z motorového vozidla skupiny C1 a přípojně vozidla s hmotností vyšší než 750 kg. Maximální hmotnost soupravy nesmí přesáhnout 12000 kg.
- 4) Skupina C+E jsou jízdní soupravy složené z motorového vozidla skupiny C a přípojně vozidla s hmotností vyšší než 750 kg.

Řidičský průkaz na skupinu C může získat občan starší 21 let, pro skupinu C1 občan starší 18 let, který je držitelem řidičského oprávnění na skupinu B po absolvování zákonem stanovených hodin výuky a výcviku a zdárně zakončené zkoušce. Zkouška je složena ze tří částí: Pravidel provozu na pozemních komunikacích a zdravotnické přípravy, praktické jízdy a ze znalostí ovládnutí a údržby vozidla. (Řidičské oprávnění, 2016)

Dle zákona č. 133/2011 Sb. je každý řidič nákladního automobilu s profesním osvědčením povinen účastnit se každoročně pravidelného školení, které tento zákon stanovuje na 7 hodin ročně. Školení může být rozloženo do několika dnů či může být odučeno v kuse akreditovaným školicím střediskem řidičů. Předmětem školení je prohlubování znalostí formou teoretické výuky. (Školení řidičů, 2018)

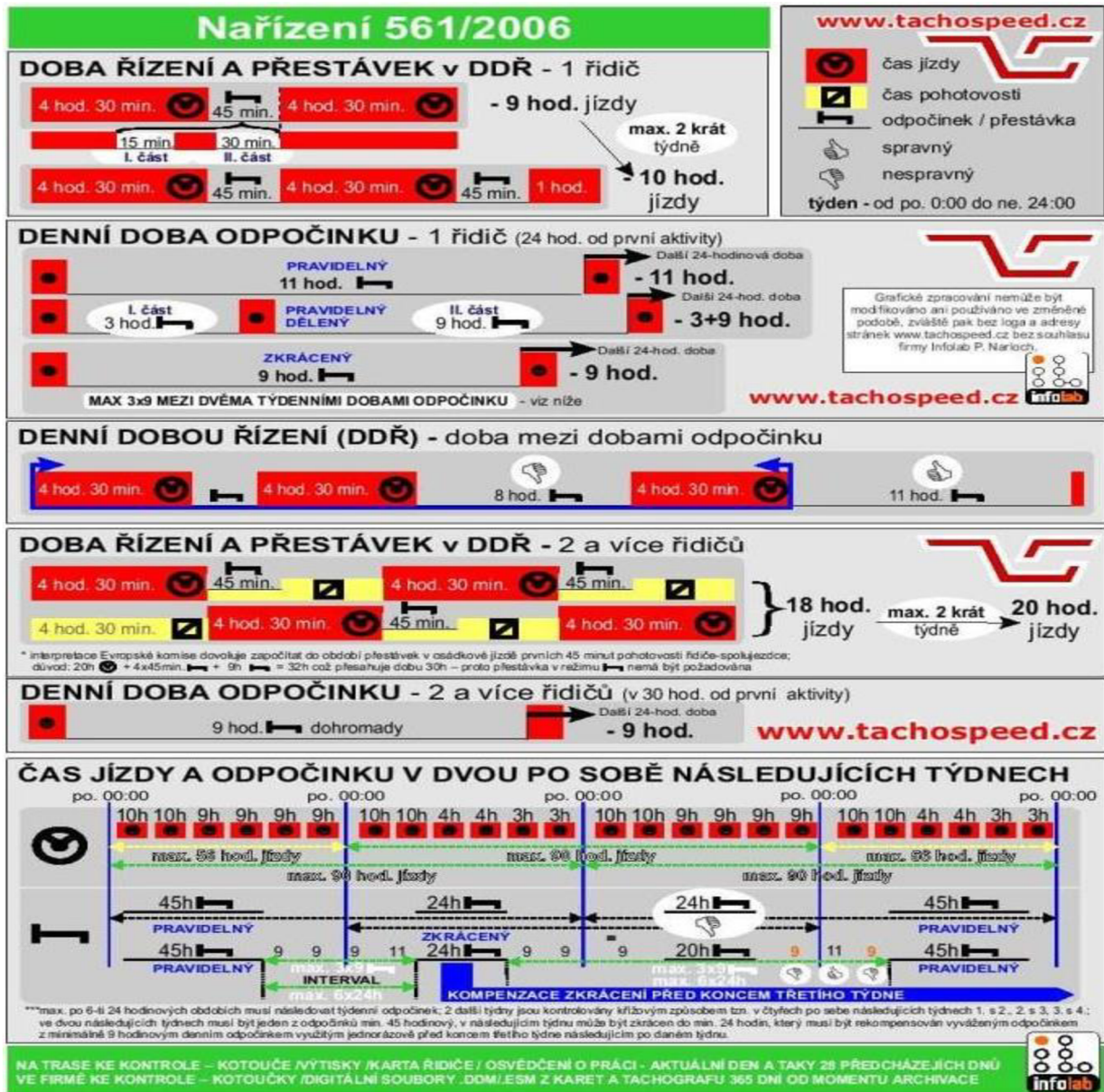
Dle zákona č. 361/2000 Sb. je každý držitel řidičského oprávnění pro skupinu C1, C1+E, C, C+E povinen se podrobit pravidelné lékařské prohlídce, která je prováděna do dovršení 50 let jednou za dva roky a po dovršení 50 let jednou za rok. Držitelé těchto řidičských oprávnění



jsou dále povinni podrobit se dopravně psychologickému vyšetření. Toto vyšetření se provádí před prvotním zahájením výkonu činnosti a následně maximálně šest měsíců před dovršením 50 let. Vyšetření provádí pouze psycholog, který získal od ministerstva akreditaci. (Česko, 2011)

#### 4.5.2 Povinnosti řidiče

Řidič musí během jízdy dodržovat bezpečnostní přestávky dle nařízení ES č. 561/2006. Po 4,5 hodinách jízdy musí mít řidič automobilu nad 3,5 t přestávku po dobu nejméně 45 minut. Po tuto dobu může řidič pouze vykonávat dozor nad vozidlem a nákladem. Tato přestávka může být rozdělena na dvě části, první na dobu 15 minut a druhá na 30 minut. Podrobný přehled doby řízení pro jednotlivé doby je na Obr. 6.



Obr. 6 Přehled nařízení 561/2006 (Nařízení 561/2006, 2006)

Denní doba odpočinku:

Nedělený odpočinek – „*v průběhu každých 24 hodin musí mít řidič odpočinek nejméně 11 po sobě následujících hodin, který smí být zkrácen na nejméně 9 po sobě následujících hodin nejvýše třikrát mezi dvěma týdenními dobami odpočinku*“ (Režim řidičů, 2012)

Dělený odpočinek – „*ve dnech, ve kterých se odpočinek nezkracuje, smí být čerpán ve dvou oddělených částech během 24 hodin, přičemž první z těchto částí musí trvat nejméně 3 po sobě následující hodiny a druhá nejméně 9 po sobě následujících hodin. V takovém případě se minimální doba odpočinku prodlužuje na 12 hodin.*“ (Režim řidičů, 2012)

Týdenní doba odpočinku:

„*Ve kterýchkoli dvou po sobě následujících týdnech musí mít řidič dvě běžné týdenní doby odpočinku nebo jednu běžnou týdenní dobu odpočinku a jednu zkrácenou dobu odpočinku v celkové délce 24 hodin. Zkrácení však musí být vyrovnáno odpovídající dobou odpočinku vybranou v celku před koncem třetího týdne následujícího po dotyčném týdnu.*“ (Režim řidičů, 2012)

Doba řízení mezi dvěma denními odpočinky nesmí přesáhnout 9 hodin, dvakrát za týden tato doba řízení může být prodloužena na 10 hodin. Týdenní doba řízení nesmí přesáhnout 56 hodin. (Režim řidičů, 2012)

Zákon č. 111/1994 Sb. nařizuje řidičům zaznamenávat dobu jízdy, bezpečnostních přestávek a dobu odpočinku pomocí tachografu. Tachografy jsou konstruovány tak, aby se co nejvíce omezilo podvodné užívání a zároveň, aby byly snadno použitelné a spolehlivé. Od roku 2006 jsou po celé Evropské unii montovány pouze tachografy digitální, ve starších vozech je možno používat starší typy analogových tachografů do konce jejich životnosti. (Novák, 2018)

Tachograf zaznamenává dobu jízdy, dobu stání vozidla, počet ujetých kilometrů a rychlost vozidla. Analogové tachografy zaznamenávají údaje na papírový kotouč a digitální na kartu řidiče. Při dopravní kontrole jsou záznamy z těchto zařízení kontrolovány. (Novák, 2018)

### **Digitální karty řidiče**

Digitální karta se vydává na jméno řidiče a každý řidič může mít kartu pouze jednu. Kartu vydává obecní úřad obce s rozšířenou působností a vydává se k platnému řidičskému průkazu, jehož číslo je uvedeno přímo na kartě. (Novák, 2018)

Na kartu se zaznamenává doba práce – zaznamenává dobu jízdy, bezpečnostní přestávky, dob odpočinku jednotlivých řidičů. (Novák, 2018)

## **Analogové tachografy**

Analogový tachograf zaznamenává dobu jízdy, dobu stání vozidla, počet ujetých kilometrů a rychlost vozidla na z části předtištěný papírový kotouč. Před jízdou řidič vyplní údaje na kotouči: jméno a přímení řidiče, místo odkud vyjíždí, datum jízdy, státní poznávací značka vozidla, stav km. Na konci směny se doplní místo a čas konce směny a konečný stav km a ujeté kilometry. Kotouče se musí měnit každých 24 hodin, jinak by se údaje přepsaly. (Novák, 2018)

Při dopravní kontrole jsou záznamy z tachografů kontrolovány, zda nedošlo k překročení doby jízdy.

## 5 Vlastní řešení

Vlastní měření probíhalo od 24. ledna do 4. března roku 2022. Pro měření byla použita tato nákladní vozidla: Iveco 120E28 EUROCARGO, Iveco 120E25 EUROCARGO a DAF FA LF45.150.E08, které mají rozdílné styly jízdy a prostory kabin. Specifikace vozidel je uvedena v příloze 3.

Nákladní automobil Iveco Eurocargo 120E25 a Iveco Eurocargo 120E28 jezdí ve většině případů jednodenní jízdy po České republice se startovním a cílovým bodem na Kladně. Automobil DAF jezdí krátké jízdy pouze v okolí Kladna, které je jeho startovním i cílovým bodem. Z důvodu rozdílných firem, pro které řidiči pracují nebylo možné zajistit stejnou trasu, kterou by nákladní automobily v době měření jely. Přestože trasy při měření byly rozdílné, měření probíhalo vždy v podobných režimech jízdy. Měření probíhalo ve standardní pracovní době řidičů.

Kabiny všech vozů jsou vybaveny závislým a nezávislým vytápěním a klimatizací. Liší se ve velikosti prostoru kabiny. Nákladní automobil Iveco Eurocargo 120E28 má kabinu nízkou a krátkou, ve které jsou pouze tři místa na sezení vpředu. Automobil Iveco Eurocargo 120E25 má kabinu dlouhou a vysokou, ve které jsou dvě místa k sezení a dvě lůžka v zadní části kabiny. Vozidlo DAF má kabinu nízkou a dlouhou, ve které jsou dvě místa k sezení a jedno sklopné lůžko.

Řidič vozu Iveco Eurocargo 120E28 je muž ve věku 33 let, výšky 180 cm a váhy 85 kg. Řidič vozu Iveco Eurocargo je muž ve věku 51 let, výšky 175 cm a váhy 140 kg. Řidič vozu DAF je muž ve věku 50 let, výšky 175 cm a váhy 80 kg.

K měření byl použit datalogger AQ-9901SD s možností záznamu na paměťové médium – paměťovou kartu, který je na obrázku Obr. 7. Na datalogger byly napojeny sondy pro měření koncentrace oxidu uhličitého, koncentrace kyslíku a vlhkostní sonda, která zaznamenávala i hodnoty teploty vzduchu v kabině.



Obr. 7 Datalogger AQ-9901SD

Parametry sondy na měření koncentrace oxidu uhličitého:

- Rozsah měřitelných hodnot: 0 – 4 000 ppm
- Přesnost: +/- 40 ppm při koncentraci do 1 000 ppm; +/- 5 % při koncentraci do 3 000 ppm a +/- 250 ppm při koncentraci nad 3 000 ppm
- Nejmenší jednotka: 1 ppm

Parametry sondy pro měření koncentrace kyslíku:

- Rozsah měřitelných hodnot: 0–30 %
- Přesnost: 0,2 %
- Reakční čas: <15 vteřin
- Nejmenší jednotka: 0,1 %

Parametry sondy pro měření vlhkosti vzduchu:

- Rozsah měřitelných hodnot: 5–95 %
- Přesnost: +/- 1 % pro vlhkost vzduchu do 70 %; +/- 3 % pro vlhkost vzduchu nad 70 %
- Nejmenší jednotka: 0,1 %

Parametry sondy pro měření teploty vzduchu (sonda pro měření vlhkosti):

- Rozsah měřitelných hodnot: 0-50 °C
- Přesnost: +/- 0,8 °C
- Nejmenší jednotka: 0,1 °C

Datalogger byl v kabině nákladního vozidla umístěn tak, aby nedošlo k jeho poškození a zároveň, aby nebyl jeho přítomností ovlivněn řidič. Byla vypnuta všechna zvuková upozornění dataloggeru, která upozorňují na překročení stanoveného limitu dané veličiny. Tato upozornění by mohla překvapit řidiče, čímž by mohlo dojít k nebezpečné situaci na silnici a zároveň by ovlivnila měření, jelikož by řidič věděl, že nějaká veličina je nad doporučeným limitem a snažil by se klima v kabině ovlivnit, což by bez upozornění neudělal.

Sondy byly umístěny tak, aby nedošlo k jejich poškození při jízdě o interiér kabiny, aby nedocházelo k ovlivnění dat proudem vzduchu u výfuku klimatizace či topení a aby byly umístěny ve výšce řidičovy hlavy. Na Obr. 8 je k vidění umístění sond v nákladním automobilu Iveco 120E25 Eurocargo.



*Obr. 8 Umístění sond v kabině nákladního vozu*

Měření v automobilech byla prováděna vždy po dvou týdnech, tedy 10 pracovních dnech. Datalogger byl vždy v pondělí před vyjetím umístěn do kabin vozidla se zapnutým zaznamenáváním. Na konci pracovního dne řidičů byl záznam ukončen a datalogger vypnut. Data byla následně stažena do počítače z paměťové karty, která byla následně zformátována, aby byla následující den znovu k použití. Ráno byl datalogger opět uveden do chodu, zkalibrován na koncentraci kyslíku a bylo zapnuto nahrávání dat. Tento proces se opakoval do konce druhého týdne, kdy byl datalogger společně se sondami přesunut do dalšího vozidla.

Naměřená data se v počítači rozdělila dle toho, ze kterého nákladního automobilu a ze kterého dne pocházela. Jelikož cílem bylo zkoumání prvních 30 minut jízdy, oddělila se tato data od dat následujících.

Datalogger zaznamenával hodnoty každých 5 sekund, čímž se zajistila kontinuita dat bez vysokých výkyvů.

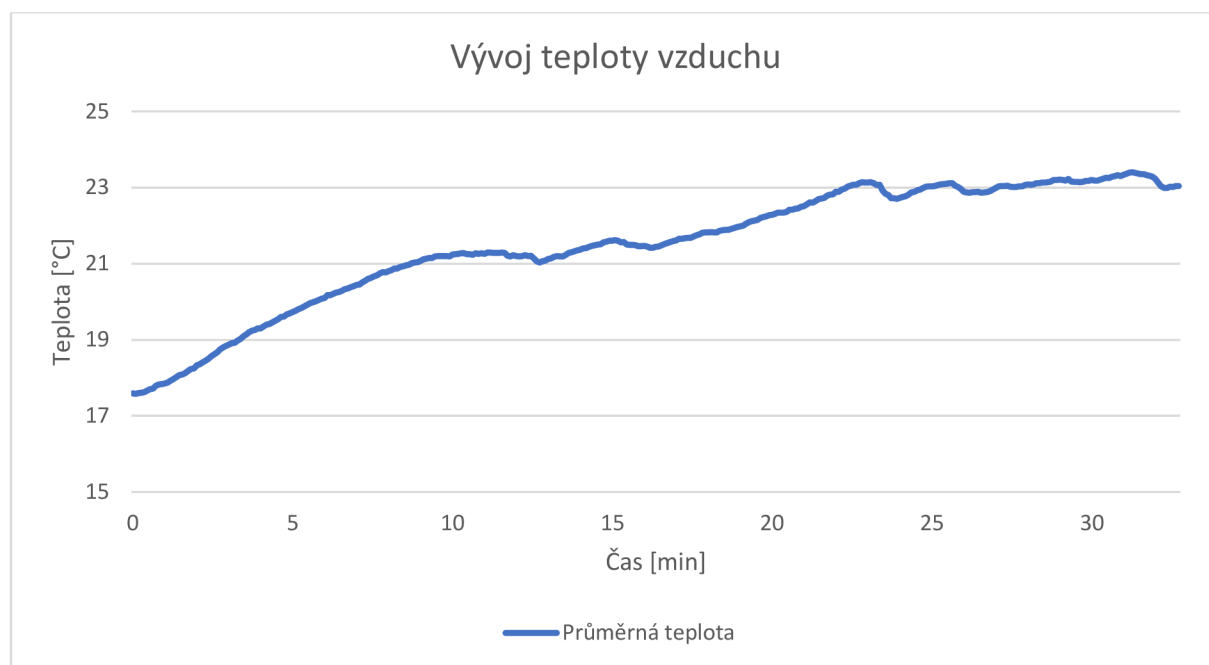
U každé měřené veličiny se udělala průměrná hodnota ze všech deseti měření, která byla v jednotlivých nákladních automobilech. Z průměrných hodnot se za pomoci programu MS Excel vytvořil spojnicový graf zobrazující vývoj dané veličiny v prvních třiceti minutách jízdy vozu.

## 6 Zhodnocení výsledků

Výsledky měření z nákladního vozidla Iveco 120E28 EUROCARGO

Na obrázku Obr. 9 je zobrazen vývoj průměrných teploty vzduchu v nákladním automobile Iveco 120E28. Nejnižší průměrná teplota je 17,58 °C na počátku měření. Takto vysokou teplotu na začátku jízdy můžeme připsat nezávislému topení, které vyhřálo prostor kabiny před příchodem řidiče. Maximální průměrná teplota je 23,4 °C. Průměrná odchylka je 1,24 °C. Jak lze z grafu vidět, teplota během prvních třiceti minut stoupá.

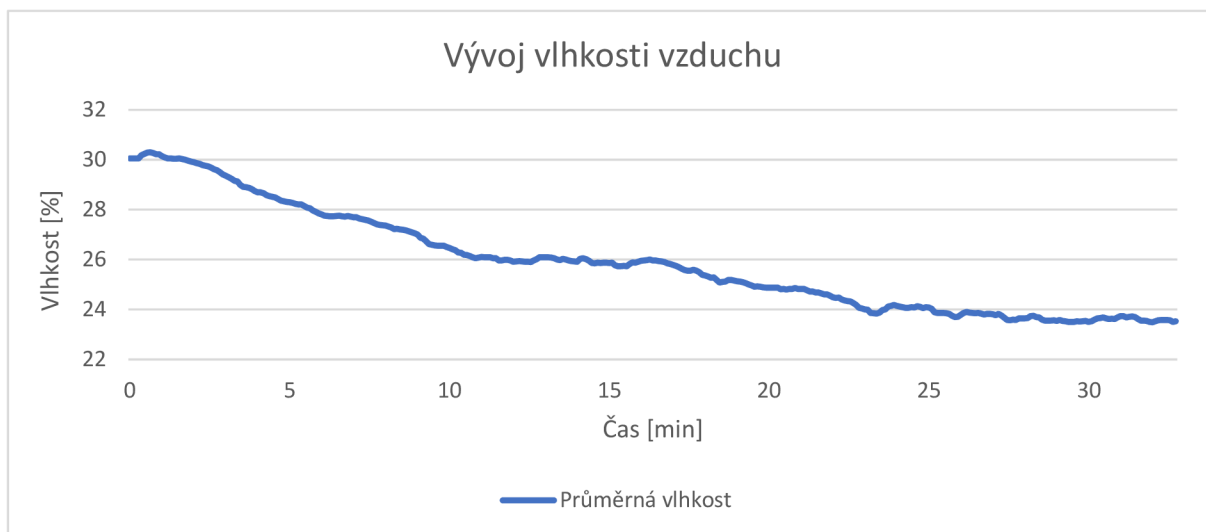
Dle Tab. 1 Optimální hodnota teploty interiéru v závislosti na venkovní teplotě je optimální teplota v kabině vozu 22 °C. Maximální naměřená průměrná teplota je 23,4 °C, což je pouze o 1,4 °C více než doporučená hodnota.



Obr. 9 Vývoj teploty ve voze Iveco 120E28

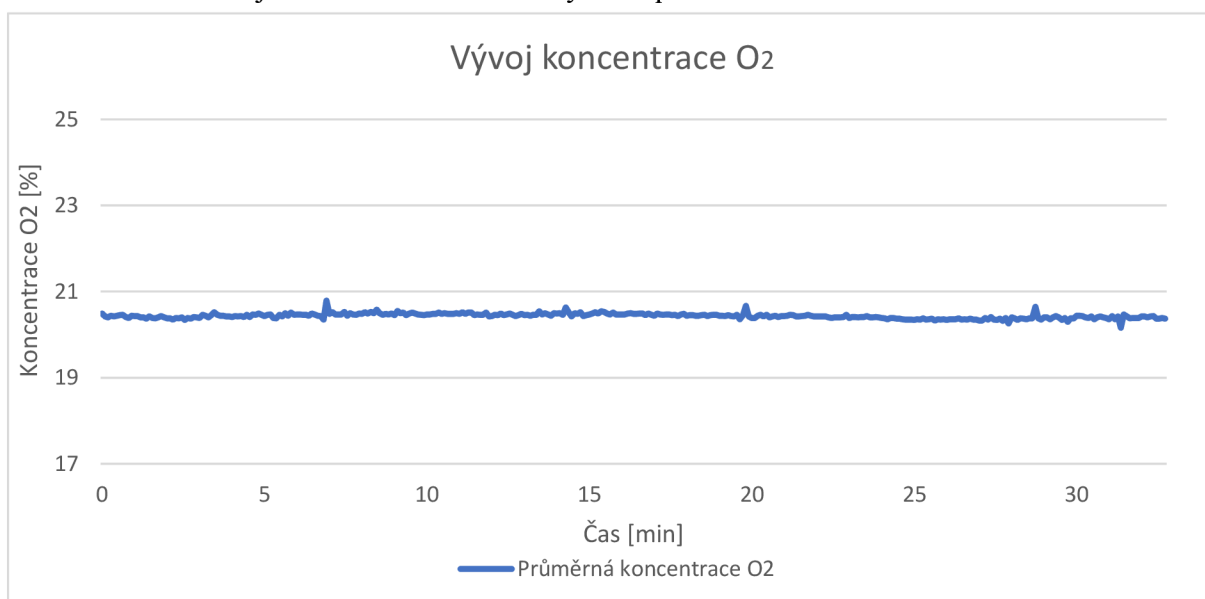
Na obrázku Obr. 10 je zobrazen vývoj průměrné vlhkosti vzduchu. Nejvyšší průměrná vlhkost je k vidění na začátku měření 30,3 %. Vlhkost vzduchu dle křivky klesá na hodnotu 23,49 % na konci měření. Průměrná odchylka je 1,63. Dle Székyové je optimální hodnota vlhkosti vzduchu 30–70 %. Toto měření ukázalo, že se vlhkost vzduchu pohybuje pod hranicí 30 %, což bylo způsobeno vyhříváním kabiny.





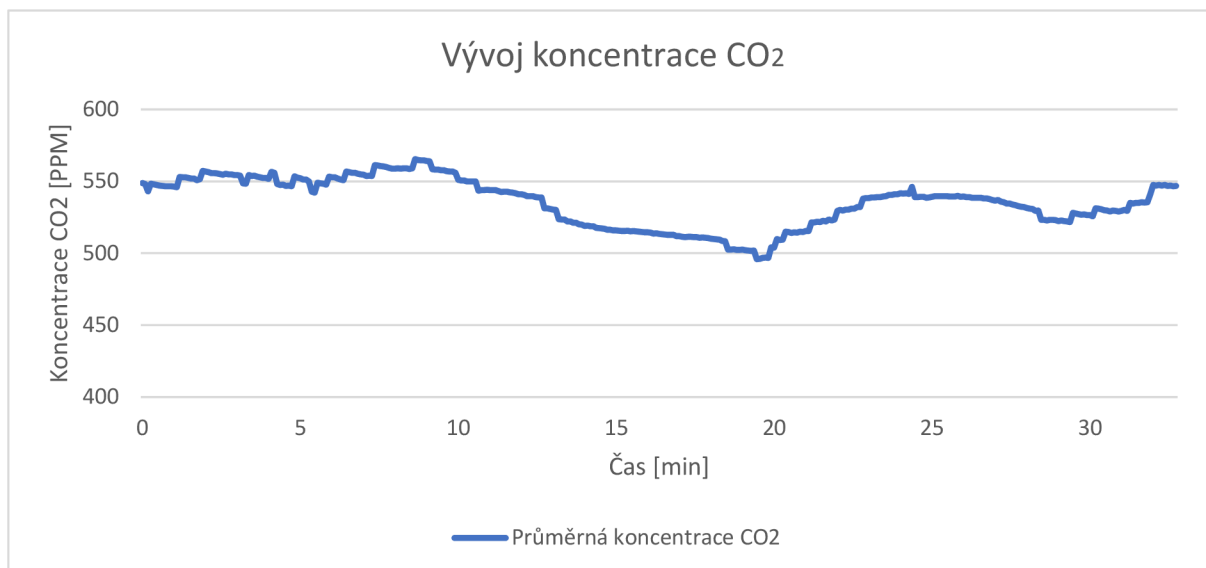
Obr. 10 Vývoj vlhkosti vzduchu ve voze Iveco 120E28

Z obrázku Obr. 11 je patrné, že průměrná koncentrace kyslíku je po celou dobu měření konstantní s drobnými výkyvy. Koncentrace se pohybuje v intervalu od 20,16 – 20,79 %. Průměrná odchylka je 0,04. Dle rozdělení Státního zdravotního ústavu by práce v takové koncentraci kyslíku spadala do kategorie 1, práce s hladinou kyslíku od 19 do 21 obj. %, na kterou se nevztahují žádná další omezení výkonu práce.



Obr. 11 Vývoj koncentrace O2 ve voze Iveco 120E28

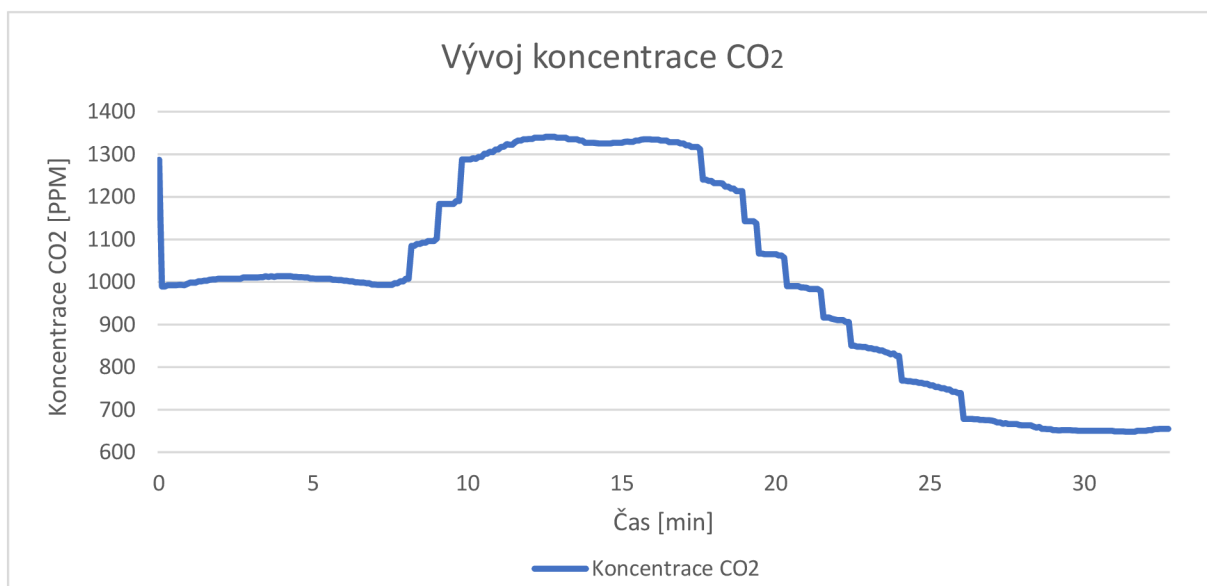
Průměrný vývoj koncentrace oxidu uhličitého je k vidění na obrázku Obr. 12. Koncentrace se pohybuje mezi hodnotami 495,88 – 565,44 ppm. Dle tabulky Tab. 5 Účinky oxidu uhličitého na lidský organismus se jedná o doporučené hodnoty koncentrace oxidu uhličitého ve vnitřních prostorách. Průměrná odchylka v koncentraci byla 14,2.



Obr. 12 Vývoj koncentrace CO2 ve voze Iveco 120E28

Z celkového měření muselo být vyjmuta osmé měření koncentrace oxidu uhličitého z důvodu nadměrné odchylky v naměřených hodnotách oproti ostatním dnům. Vývoj je k vidění na obrázku Obr. 13.

Tato odchylka byla způsobena přetopením kabiny nezávislým topením a jejím nevyvětráním po nástupu řidiče. Při jízdě se teplota vzduchu v kabině stále zvyšovala, čímž se zvýšila i koncentrace oxidu uhličitého až na maximální hodnotu 1341 ppm. Tato hodnota je v rozmezí doporučené maximální koncentrace ve vnitřních prostorech. V polovině měřeného času koncentrace CO2 začala postupně klesat až na hodnotu 654 ppm, která odpovídá doporučené koncentraci ve vnitřních prostorech.

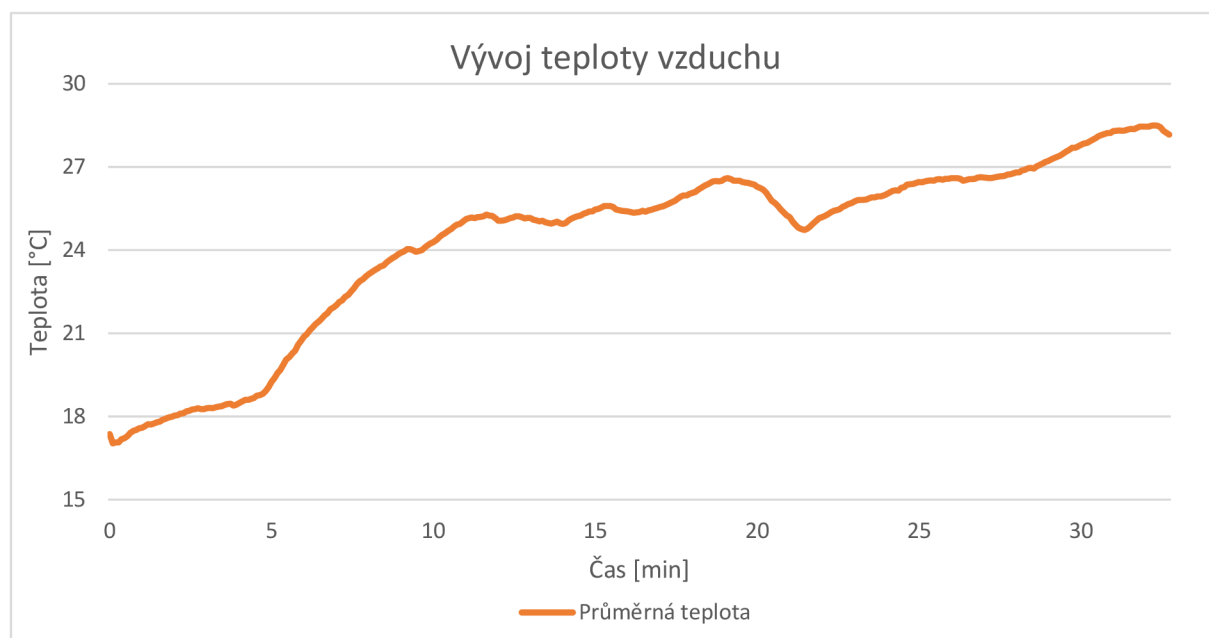


Obr. 13 Vývoj koncentrace CO2, 8. měření

Výsledky měření z nákladního vozidla Iveco 120E25 EUROCARGO.

Na obrázku Obr. 14 je zobrazen vývoj průměrné teploty vzduchu v nákladním automobile Iveco 120E25. Nejnižší průměrná teplota byla 17,03 °C na počátku měření. Takto vysokou teplotu na začátku jízdy můžeme připsat nezávislému topení, které vyhřálo prostor kabiny před příchodem řidiče. Maximální průměrná teplota byla 28,5 °C. Průměrná odchylka je 2,5 °C. Z obrázku je možno vidět, že průměrná teplota po dobu prvních třiceti minut s drobnými výkyvy stoupá.

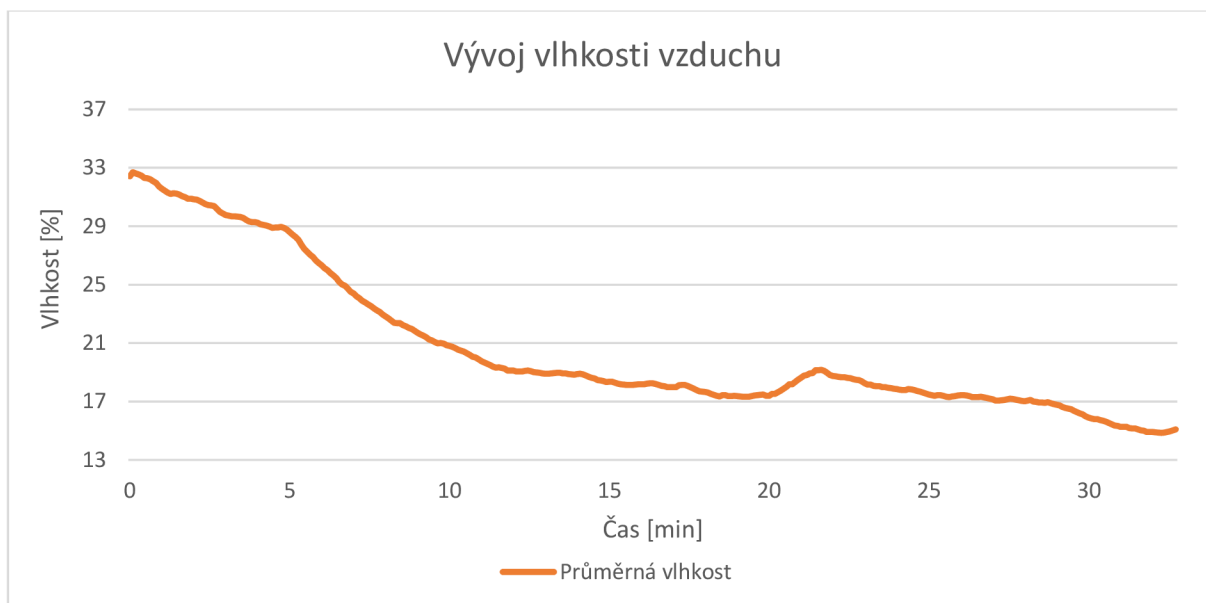
Pokud porovnáme hodnoty s doporučenou teplotou v zimních měsících v interiéru, dojdeme k tomu, že po většinu jízdy je kabina vozu přetopená. Doporučená teplota 22 °C byla překročena v šesté minutě jízdy a po celou dobu měření pod tuto hodnotu neklesla.



Obr. 14 Vývoj teploty vzduchu ve voze Iveco 120E25

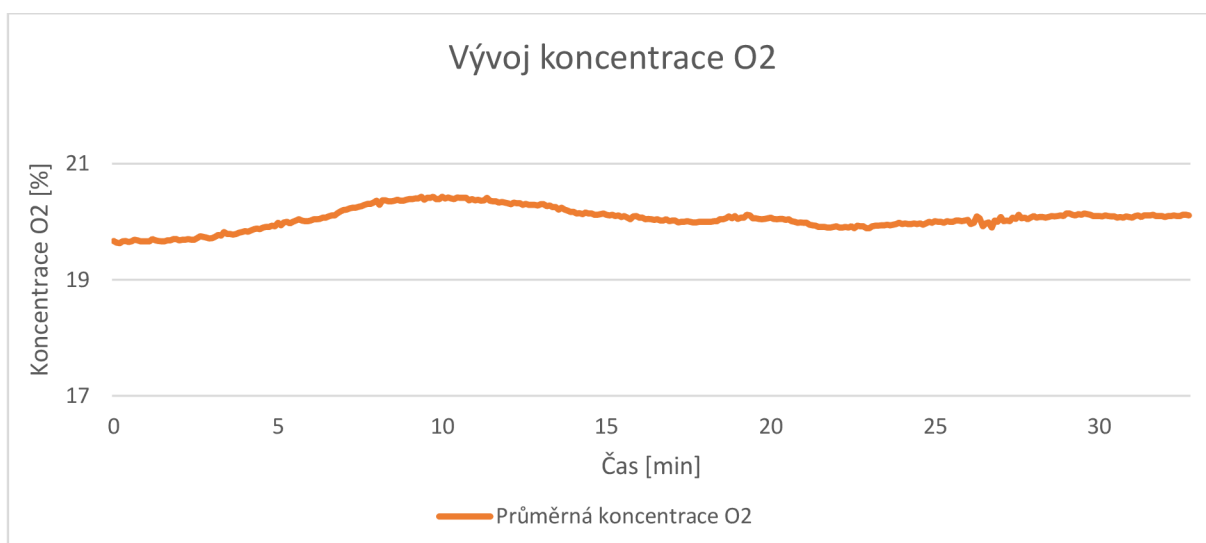
Obrázek Obr. 15 zobrazuje vývoj průměrné vlhkosti vzduchu ve voze Iveco 120E25. Z vývoje je patrné, že vlhkost vzduchu po dobu jízdy klesá, pouze ve dvacáté minutě začne mírně stoupat, ale následuje další klesání vlhkosti.

Vlhkost vzduchu se pohybuje v rozmezí 32,7 – 14,85 %. Doporučená vlhkost vzduchu je mezi 30 a 70 %. V tomto případě je vlhkost vzduchu nižší z důvodu vytápění kabiny. Tyto hodnoty vlhkosti jsou v zimních obdobích normální.



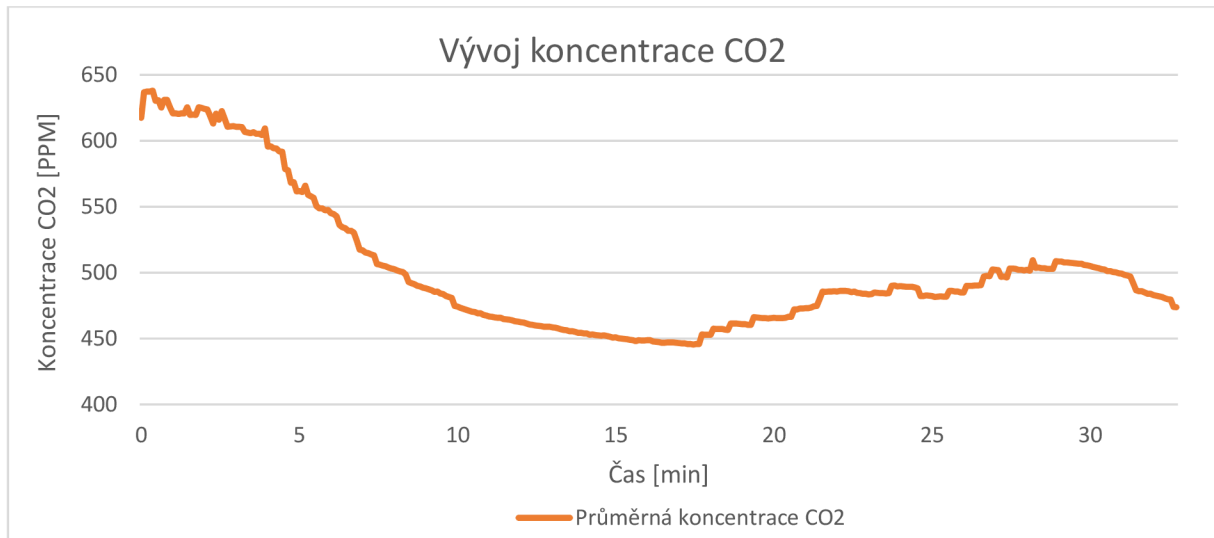
Obr. 15 Vývoj vlhkosti vzduchu ve voze Iveco 120E25

Obrázek Obr. 16 zobrazuje vývoj průměrné koncentrace kyslíku v kabině vozu. V prvních deseti minutách měření koncentrace kyslíku stoupá na hodnotu 20,43 % a následně klesá. Koncentrace se pohybuje v rozmezí 19,63 – 20,43 %. Tyto hodnoty spadají do kategorie 1, která nevyžaduje žádná další omezení.



Obr. 16 Vývoj koncentrace O2 ve vozidle Iveco 120E25

Vývoj průměrné koncentrace oxidu uhličitého je znázorněn na obrázku Obr. 17. V prvních 17 minutách jízdy koncentrace oxidu uhličitého klesá až na hodnotu 445,7 ppm a následně znovu mírně stoupá. Hodnoty koncentrace se pohybovaly v rozmezí 445,7 až 638 ppm. Toto rozmezí je v optimálním rozmezí pro vnitřní prostory. Průměrná odchylka byla 39,42.

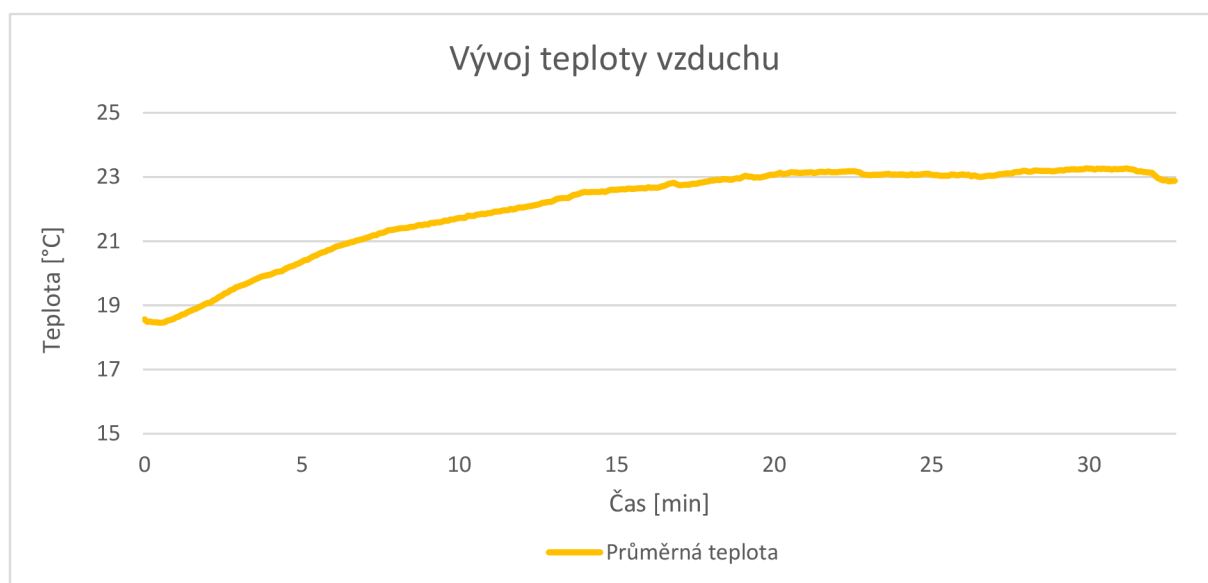


Obr. 17 Vývoj koncentrace CO2 ve vozidle Iveco 120E25

Výsledky měření z nákladního vozidla DAF FA LF45.150.E08

Vývoj průměrné teploty vzduchu je zobrazen na obrázku Obr. 18. Teplota po celou dobu měření mírně stoupala z počátečních 18,5 °C na 23,27 °C. Ačkoliv vozidlo vyjíždělo ráno, kdy venkovní teplota byla lehce nad bodem mrazu, kabina vozu byla vyhřáta ještě před příchodem řidiče za pomoci nezávislého topení.

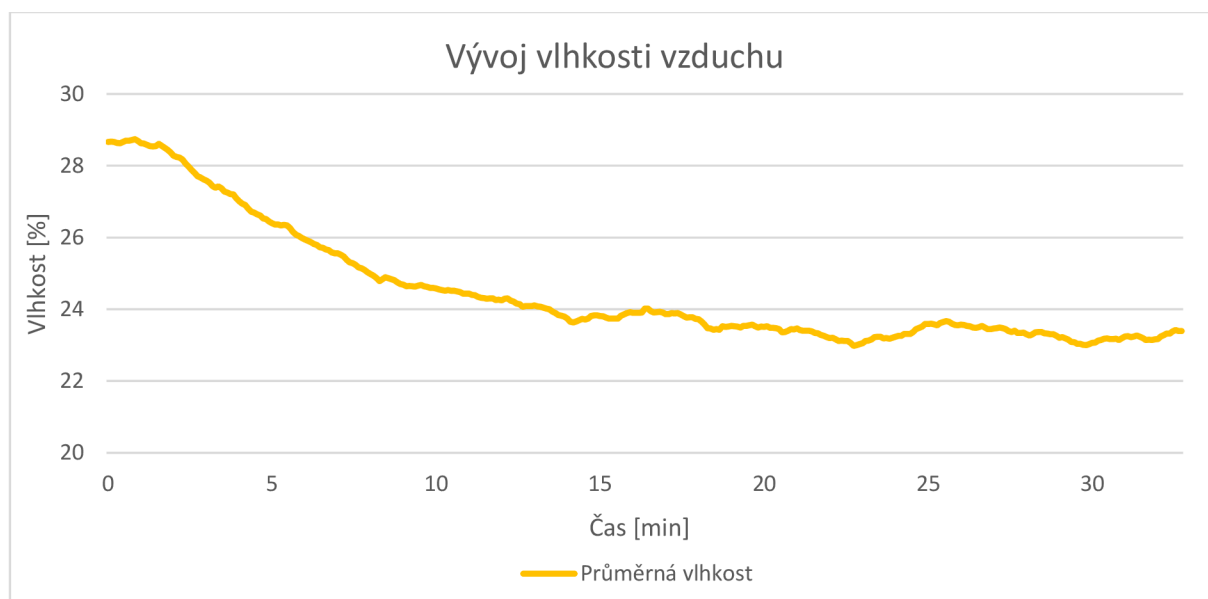
Rozmezí, ve kterém se pohybují hodnoty teploty vzduchu odpovídají doporučené teplotě pro vnitřní prostředí v zimních měsících.



Obr. 18 Vývoj teploty vzduchu ve vozidle DAF

Z obrázku Obr. 19 je patrné, že průměrná vlhkost vzduchu v kabině po dobu měření s mírnými výkyvy klesala. Z počáteční hodnoty 27,84 % na 22,98 %. Směrodatná odchylka je 1,29.

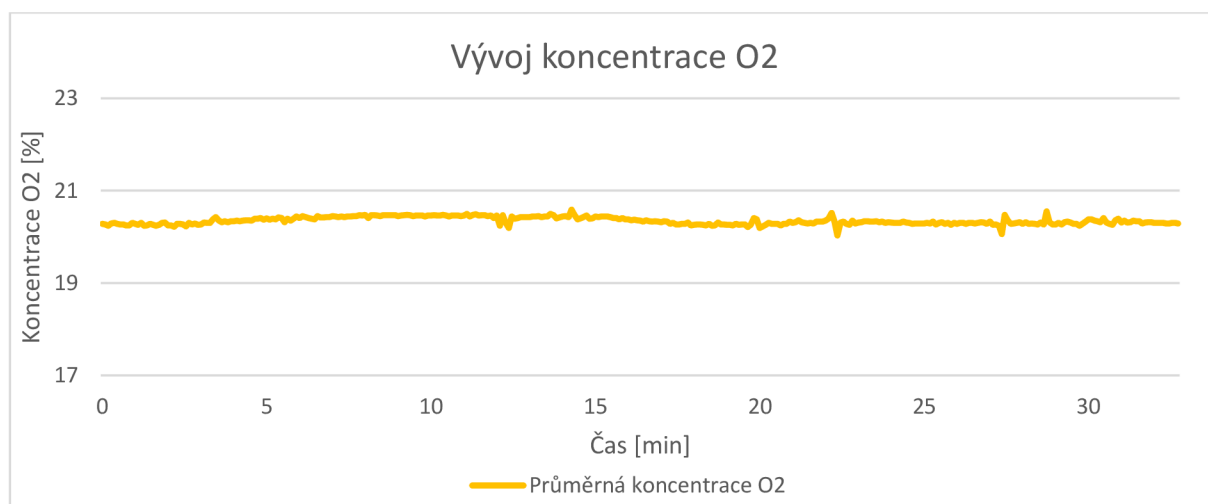
Hodnoty vlhkosti vzduchu pod 30 % jsou v zimních měsících normální, způsobuje je vysušování vzduchu za pomoci vytápění.



Obr. 19 Vývoj vlhkosti vzduchu ve vozidle DAF

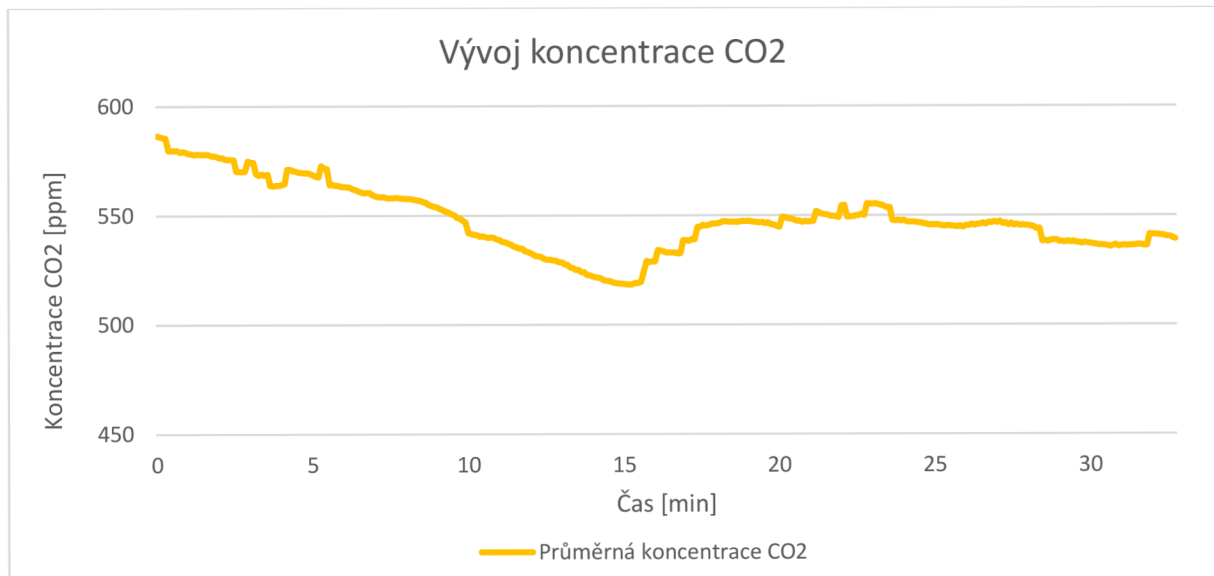
Vývoj průměrné koncentrace kyslíku je zobrazen na obrázku Obr. 20. Koncentrace je po celou dobu měření lineární s mírnými výkyvy. Pohybuje se v rozmezí 20,03 až 20,59 %. Průměrná odchylka je 0,06.

Toto rozmezí koncentrace řadíme do kategorie 1 členění koncentrací kyslíku v pracovních prostředích. Tato kategorie nemá žádné omezující podmínky pro délku práce v takovémto prostředí.



Obr. 20 Vývoj koncentrace O2 ve voze DAF

Obrázek Obr. 21 zachycuje vývoj průměrné koncentrace oxidu uhličitého. Do patnácté minuty koncentrace s menšími výkyvy klesá z hodnoty 585,7 ppm na hodnotu 518,3 ppm. Od patnácté do dvacáté páté minuty koncentrace stoupá a následně klesá.



Obr. 21 Vývoj koncentrace CO2 ve voze DAF



## **6.1 Celkové zhodnocení měření**

Z vývoje teplot a vlhkostí vzduchu v kabině je zřejmé, že jakmile začne stoupat teplota vzduchu, začne klesat vlhkost vzduchu v kabině. Je to dáno vysušováním vzduchu při vytápění.

### **6.1.1 Teplota vzduchu**

Vývoje teplot vzduchu jsou v zimních měsících rostoucí. Řidiči vozidel si v kabinách po celou dobu nejenom měření, ale i jízdy topí na teplotu, která je pro ně přirozená. Maximální teploty se u vozidel DAF a Iveco 120E28 liší minimálně a jsou pouze o stupeň vyšší, než je doporučená hodnota pro vnitřní prostory v zimních měsících. Kabina vozu Iveco 120E25 měla nejvyšší teplotu 28,5 °C, což už lze brát jako kabinu přetopenou.

### **6.1.2 Vlhkost vzduchu**

Jak již bylo zmíněno, vývoj vlhkosti vzduchu se odvíjí od vývoje teploty vzduchu. V kabinách má klesající charakter. Ve všech kabinách měřených vozidel byla vlhkost vzduchu pod 30 %, což je v zimních měsících normální jev, který ale způsobuje některé zdravotní komplikace řidičům. Jedná se o vysychání nosních sliznic, díky čemuž může virus či bakterie snáze proniknout do lidského těla. Z tohoto důvodu je nutné sliznice zvlhčovat za pomoci lékařských přípravků a zároveň pít dostatečné množství vody.

### **6.1.3 Koncentrace kyslíku**

Koncentrace kyslíku byla po celou dobu měření konstantní s pár minimálními výkyvy. Všechna vozidla měla koncentraci kyslíku v kabině na úrovni kategorie 1, která má rozmezí od 19 do 21 obj %. Hodnoty kyslíku byly tedy po celou dobu jízdy optimální a není vyžadováno žádných přestávek mezi prací navíc, než jsou povinné přestávky určené zákonem po 4,5 hodinách.

### **6.1.4 Koncentrace oxidu uhličitého**

Koncentrace oxidu uhličitého má u všech vozidel stejný vývoj. V první části jízdy klesá ve druhé mírně stoupá a na závěr zase klesá. Nejvyšší koncentrace oxidu uhličitého byla 638 ppm. Tato koncentrace odpovídá doporučené úrovni ve vnitřních prostorech.

Osmé měření u vozu Iveco 120E28 bylo z důvodu přetopení kabiny nestandardní a bylo vyloučeno z ostatních dat. V tomto měření byla naměřena nejvyšší koncentrace 1341 ppm, což odpovídá maximální přípustné koncentraci oxidu uhličitého ve vnitřních prostorech.

## 6.2 Ekonomické zhodnocení

Ačkoliv mikroklimatické podmínky v nákladních automobilech jsou dle měření v normě, je zde možnost jejich zlepšení za pomoci kyslíkového koncentrátoru, který by v kabině vozu vyráběl kyslíkem obohacený výstupní vzduch. Toto by mělo za následek zvýšení koncentrace kyslíku v krvi, který snižuje riziko únavy. U osobních automobilů se dá kyslíkového koncentrátoru využít k oddálení přestávky na odpočinek, což ale u nákladních automobilů nelze. Řidiči těchto vozů mají legislativou pevně dány přestávky maximálně po 4,5 hodinách.

Pokud by majitelé nákladních vozidel chtěli kyslíkový koncentrátor pořídit, mohla by se tím snížit nehodovost řidičů a tím by se ušetřily náklady firmy.

### Multikriteriální analýza

Do hodnocení bylo zařazeno osm kyslíkových koncentrátorů různých výrobců, cen, výstupního průtoku kyslíku, výstupní koncentrace kyslíku, výstupního výkonu a hlučnosti, které jsou uvedeny v tabulce Tab. 9. Integrace do vozidla hodnocena nebyla, jelikož průměrná cena této práce je 5 000 Kč u všech modelů.

<b>Kyslíkový koncentrátor</b>	<b>Cena [Kč]</b>	<b>Maximální výstupní průtok O<sub>2</sub> [l.min<sup>-1</sup>]</b>	<b>Maximální výstupní koncentrace O<sub>2</sub> [%]</b>	<b>Výstupní výkon [VA]</b>	<b>Hlučnost [dB]</b>
Yuwell P2384-03372	14 720	5	92	100	<45
Yuwell BF-5AW	24 250	5	95,5	400	<52
Yuwell ZY-5AW	39 900	5,8	95	400	<45
DEDAKJ DE-2AW	21 900	9	90	300	<45
LOVEGO OX-10A	46 900	10	90	400	<55
LOVEGO LG103	66 900	7	90	340	<45
CAIRE FreeStyle	96 900	10	90	300	<40
DeVilbiss iGo	99 974	6	91	200	<40

Tab. 9 Parametry kyslíkových koncentrátorů

V tabulce Tab. 10 je uvedena multikriteriální analýza vybraných kyslíkových koncentrátorů. Ohodnocení kritérií bylo stanoveno u ceny dle toho, že čím nižší cena tím vyšší ohodnocení, u výstupního průtoku čím vyšší je průtok, tím vyšší je ohodnocení, u výstupní koncentrace vyšší koncentrace je výš ohodnocena, výstupního výkonu vyšší výkon je ohodnocen lépe a u hlučnosti čím nižší je hlučnost tím vyšší má ohodnocení.

Váha byla stanovena dle významnosti kritérií dle majitele nákladních vozů. Nejvyšší váha byla přiřazena ceně koncentrátoru, stejné váhy byly přiřazeny výstupnímu průtoku O<sub>2</sub>, Výstupní koncentraci O<sub>2</sub> a hlučnosti a nejnižší váha byla přiřazena výstupnímu výkonu.

Varianty	Cena [Kč]	Výstupní průtok O <sub>2</sub> [l.min <sup>-1</sup> ]	Výstupní koncentrace O <sub>2</sub> [%]	Výstupní výkon [VA]	Hlučnost [dB]	Součet
<b>Váha</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>-</b>
Yuwell P2384-03372	8x3=24	2x2=4	6x2=12	1x1=1	6x2=12	53
Yuwell BF-5AW	6x3=18	2x2=4	8x2=16	8x1=8	2x2=4	50
Yuwell ZY-5AW	5x3=15	3x2=6	7x2=14	8x1=8	6x2=12	55
DEDAKJ DE-2AW	7x3=21	6x2=12	4x2=8	4x1=4	6x2=12	57
LOVEGO OX-10A	4x3=12	8x2=16	4x2=8	8x1=8	1x2=2	46
LOVEGO LG103	3x3=9	5x2=10	4x2=8	5x1=5	6x2=12	44
CAIRE FreeStyle	2x3=6	8x2=16	4x2=8	4x1=4	8x2=16	50
DeVilbiss iGo	1x3=3	4x2=8	5x2=10	2x1=2	8x2=16	39

Tab. 10 Multikriteriální analýza kyslíkových koncentrátorů

Dle multikriteriální analýzy vyšel nejlépe kyslíkový koncentrátor DEDAKJ DE-2AW.

## 7 Závěr a doporučení

Diplomová práce byla zaměřena na sledování vývoje mikroklimatu v kabinách nákladních automobilů v prvních třiceti minutách jízdy.

Byl vytvořen přehled teoretických poznatků o mikroklimatu, úpravách vzduchu, únavě se zaměřením na únavu za volantem, informačních a asistenčních systémech ve vozidlech a byla zde rozebrána problematika nákladních automobilů, povinností řidiče nákladních automobilů a podmínky pro získání řidičského a profesního oprávnění na řízení těchto strojů. Přehled byl vytvořen za použití odborné literatury a hygienických a právních předpisů vztahující se k dané problematice.

Měření byla zaměřena na mikroklimatické podmínky ve třech nákladních automobilech. Měření bylo prováděno v zimním období, od konce ledna do půli března. V každém voze bylo provedeno deset měření, při kterém se za pomoci dataloggeru se sondami zaznamenávala data o teplotě a vlhkosti vzduchu v kabině a koncentraci oxidu uhličitého a kyslíku v kabině.

Tato data byla zpracována za pomoci počítačového programu MS Excel, zprůměrována pro každé vozidlo samostatně a vývoj dané veličiny byl zobrazen v grafech, které jsou uvedeny v kapitole Zhodnocení výsledků.

Z měřených hodnot vyšlo, že ačkoliv všechny nákladní automobily měly před příchodem řidiče zapnuté nezávislé vytápění kabiny, díky čemuž se kabina vyhřála již před začátkem měření, tak pouze jedna kabina vozu byla vyhodnocena jako přetopená. Byla to kabina vozu Iveco 120E25, která je nízká a krátká. Nastavení teploty společně s nízkou a krátkou kabinou způsobilo, že naměřené teploty vzduchu byly vyšší, než je doporučená teplota pro vnitřní prostředí v zimních měsících. Doporučená teplota je 22 °C a naměřená maximální teplota byla 28,4 °C. Ostatní kabiny měly maximální naměřenou teplotu 23 °C, což je ještě v toleranci.

Ve všech měřených vozidlech byla hodnota vlhkosti vzduchu pod hranicí 30 %, což je dolní hraniční hodnota optimální vlhkosti. V zimních měsících jsou hodnoty pod 30% běžné, jelikož dochází k vysušování vzduchu při vytápění. Tyto nízké teploty představují pro řidiče možné zdravotní komplikace, jelikož dochází k vysušování sliznic v těle, které zabraňují pronikání virů a bakterií do lidského organismu. V zimních měsících je proto důležité zvlhčovat sliznice produkty k tomu určenými a pít dostatečné množství vody.

Koncentrace oxidu uhličitého byla při měřeních v mezích, které jsou doporučenými pro pobyt ve vnitřním prostředí. Horní mez tohoto rozmezí je 1 000 ppm. Maximální koncentrace

naměřená v kabině při měření byla 638 ppm. Jedno měření muselo být od ostatních odděleno, jelikož bylo oproti ostatním velmi rozdílné. Koncentrace oxidu uhličitého byla oproti ostatním měřením dvojnásobná. Bylo to způsobeno přetopením kabiny vozu a jejím nevyvětráním při příchodu řidiče. Přestože koncentrace byla dvojnásobná, maximální hodnota byla 1341 ppm, stále nehrozilo řidiči v kabině žádné nebezpečí, jelikož se koncentrace pohybovala v rozmezí 1000–1500 ppm, která značí maximální hodnoty koncentrace ve vnitřním prostředí. Celkově můžeme zhodnotit, že řidičům nehrozí žádné zdravotní komplikace, jelikož koncentrace oxidu uhličitého je v rozmezí, kdy žádné komplikace zaznamenány nejsou.

Koncentrace kyslíku v kabinách byla při měření vždy v rozmezí 19-21 obj. %, nejnižší koncentrace byla 19,63 obj. %. Tyto hodnoty jsou charakteristické pro kategorii I práce s hladinou kyslíku 19-21 obj. %. Tato kategorie určuje práci v běžném prostředí, které nemá žádné omezující podmínky na dělenou pracovní dobu nebo nucené přestávky.

Pokud bychom shrnuly výsledky měření v prvních 30 minutách jízdy, žádná rizika z vývoje mikroklimatu řidičům nehrozí. Pokud by ale vývoj teploty pokračoval v daném trendu, hrozilo by přehřátí kabiny a s tím spojené nepohodlí pro řidiče a zvyšování koncentrace oxidu uhličitého při nedostatečném větrání.

Pokud bychom chtěli do budoucna docílit zlepšení mikroklimatických podmínek, nabízí se nám jako řešení kyslíkový koncentrátor, který vyrábí kyslíkem obohacený výstupní vzduch. Tím by se docílilo vyšší koncentrace kyslíku v kabině. Bylo prokázáno, že kyslíkové koncentrátory zvyšují koncentraci kyslíku v krvi a tím snižují riziko únavy. U řidičů osobních automobilů by mohly oddálit přestávky na odpočinek. U řidičů nákladních automobilů zde nastává problém s legislativou, která jim ukládá povinnost udělat přestávky maximálně každé 4,5 hodiny.

Majitelé přepravních společností, by tak tyto koncentrátory mohli do nákladních vozidel nainstalovat, ale výkonnost řidičů by se tím nezvýšila. Snížila by se pouze únava řidičů, což by mohlo vést ke snížení nehodovosti a tím i snížení nákladů firmy. Pokud by se majitelé rozhodli koncentrátor pořídit, mohou vybírat mezi různě výkonnými zařízeními, které se připojí k elektrické zdiřce v autě za pomoci elektrického invertoru. Cena těchto přístrojů se pohybuje od 10 000 do 100 000 Kč. Dle provedené multikriteriální analýzy vyšel jako nejvhodnější kyslíkový koncentrátor DEDAKJ DE-2AW, jehož parametry jsou neoptimálnější ze všech zkoumaných variant.

## 8 Bibliografie

- Aktivní bezpečnost: Prvky aktivní bezpečnosti. In: *BESIP* [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.ibesip.cz/Tematicke-stranky/Cestujeme-autem/Asistencni-systemy-v-autech/Aktivni-bezpecnost>
- Asistenční systém pro jízdu v koloně MAN, 2020. In: *MAN* [online]. [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.man.eu/cz/cz/nakladni-automobil/asistencni-systemy/asistencni-system-pro-jizdu-v-kolone/asistencni-system-pro-jizdu-v-kolone.html>
- Asistent pro dálkovou dopravu MAN Cruise assist, 2020. In: *Man* [online]. [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.man.eu/cz/cz/nakladni-automobil/asistencni-systemy/asistent-pro-dalkovou-dopravu/man-cruise-assist.html>
- Asistenti pro udržování v jízdním pruhu. In: *MAN* [online]. [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.man.eu/cz/cz/nakladni-automobil/asistencni-systemy/asistenti-pro-udrzovani-v-jizdnim-pruhu/ldw-a-lra.html>
- BERAN, Vlastimil, 2010. *Chvění a hluk*. 1. V Plzni: Západočeská univerzita. ISBN 978-80-7043-916-6.
- BRANIŠ, Martin a Iva HŮNOVÁ, 2009. *Atmosféra a klima: Aktuální otázky ochrany ovzduší*. 1. vydání. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-1598-1.
- ČESKO, 2011. *Zákon č. 133/2011 Sb.: Zákon, kterým se mění zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony*. In: . Praha, ročník 2011, číslo 133. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361>
- ČESKO, 2011. *Narizení vlády č. 272/2011 Sb.: Narizení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*. In: . Praha, ročník 11, číslo 272. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272/zneni-20181109>
- DAVIDOVIĆ, Jelica, Dalibor PEŠIĆ a Boris ANTIĆ, 2018. Professional drivers' fatigue as a problem of the modern era. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. **2018**(55), 199-209. ISSN 1369-8478.
- DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL, 2013. *Větrání*. 1. V Praze: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-05181-8.
- GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ, 2005. *Vzduchotechnika*. Brno: ERA. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-736-6027-X.
- GSCHEIDLE, Rolf, 2007. *Příručka pro automechanika*. 3., přeprac. vyd. Praha: Europa-Sobotáles. ISBN 978-80-86706-17-7.
- HOLLEROVÁ, Jitka, 2007. Prašnost na pracovišti. In: *Státní zdravotní ústav* [online]. Praha: Státní zdravotní ústav [cit. 2021-06-04]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/prasnost-na-pracovisti-1>
- Ibesip: Únava za volantem. In: *BESIP* [online]. [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: <https://www.ibesip.cz/Tematicke-stranky/Zasady-bezpecne-jizdy-v-aute/Nebezpeci-unavy>
- JACOBSON, Tyler, Jasdeep KLER, Michael HERNKE, Rudolf BRAUN, Keith MEYER a William FUNK, 2019. Direct human health risks of increased atmospheric carbon dioxide. *NATURE SUSTAINABILITY*. (2), 691-701.
- JOKL, Miloslav, 1991. *Teorie vnitřního prostředí budov*. 2. přepracované vydání. Praha: Ediční středisko ČVUT. ISBN 80-01-00481-3.

- JONES, B.F., 1941. Fatigue and hours of service of interstate truck drivers. *Fatigue and impairment in man*. **1941**(265), 181.
- KAJTÁR, László a Levente HERCZEG, 2012. Influence of carbon-dioxide concentration on human well-being and intensity of mental work. *IDŐJÁRÁS*. **116**(2), 145-169.
- KELLEY, 2015. The natural health place: Oxygen and Air Pollution. In: *The natural health place* [online]. Newport: The natural health place [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://thenaturalhealthplace.com/Articles/Oxygen.html>
- KLABZUBA, Jiří a Věra KOŽNAROVÁ, 2002. *Aplikovaná meteorologie a klimatologie*. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita. Edice: 1: 1. ISBN 978-80-213-0928-9.
- KLABZUBA, Jiří a Věra KOŽNAROVÁ, 2007. *Aplikovaná meteorologie a klimatologie: Mikroklima pracovního a obytného prostředí*. 1., 2. dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-1764-2.
- KOPOVÁ, Šárka, 2012. <https://khsstc.cz/snizeny-obsah-kysliku-v-pracovnim-prostredi-a-jeho-vliv-na-zdravi-zamestnancu/>. In: *Krajská hygienická stanice Středočeského kraje* [online]. Praha: Krajská hygienická stanice [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://khsstc.cz/snizeny-obsah-kysliku-v-pracovnim-prostredi-a-jeho-vliv-na-zdravi-zamestnancu/>
- LUKEŠOVÁ, Šárka, 2008. JAK BOJOVAT S ÚNAVOU?. *INTERNÍ MEDICÍNA PRO PRAXI*. Náchod, **2008**(10), 536-538.
- MÁCA, Jan a Marcela KÁŇOVÁ, 2020. Hypoxemie/hypoxie a nové koncepty oxygenoterapie v intenzivní péči. *VNITŘNÍ LÉKAŘSTVÍ*. -**2**(66), 29-36.
- MATHAUSEROVÁ, Zuzana, 2007. Mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí pracovišť. In: *Státní zdravotní ústav* [online]. Praha: Státní zdravotní ústav [cit. 2021-06-07]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikroklimaticke-podminky-vnitriho-prostredi-pracovist>
- Mikrospánek, 2010. In: *Institut spánkové medicíny* [online]. Česká republika: Institut spánkové medicíny [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.inspamed.cz/>
- Nařízení 561/2006, 2006. In: *Tachospeed* [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://tachospeed.cz/>
- Nepříznivé účinky hluku na člověka, 2015. In: *Ministerstvo zdravotnictví České republiky* [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví [cit. 2021-06-04]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/nepriznive-ucinky-hluku-na-cloveka/>
- NOVÁK, Radek, 2018. *Mezinárodní silniční nákladní přeprava a zásilatelství*. 1. vydání. V Praze: C.H. Beck. ISBN 978-80-7400-041-6.
- Nové bezpečnostní systémy v autech: Člověk versus technika, 2019. In: *Auto* [online]. Česká republika: Svět motorů [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/nove-bezpecnostni-systemy-v-autech-clovek-versus-technika-132232>
- Nové Eurocargo bezpečnost* [online], 2015. In: . [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.iveco.com/czech/press-room/kit/pages/nove-eurocargo-bezpecnost.aspx>
- NOVÝ, Richard, 2000. *Technika prostředí*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Nakladatelství ČVUT. ISBN 80-010-3492-5.
- O'HANLON, J.F. a G.R. KELLY, 1977. Comparison of performance and physiological changes between drivers who perform well and poorly during prolonged vehicular operation.

- NATO Conference Series* [online]. **3**(3), 87-100 [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4684-2529-1\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4684-2529-1_6)
- PELCLOVÁ, Daniela, 2014. *Nemoci z povolání a intoxikace*. 3., dopl. vyd. Praha: Karolinum. ISBN 978-802-4625-973.
- PING-HUANG, Ting, Hwang JIUN-REN, Doong JI-LIANG a Jeng MING-CHANG, 2008. Driver fatigue and highway driving: A simulator study. *Physiology & behavior*. **94**(3), 448-453. ISSN 0031-9384.
- Představujeme Driver Alert: systém pro kontrolu bdělosti řidiče, 2015. In: *Volkswagen Club* [online]. Brno: Volkswagen [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.volkswagenclub.cz/zpravy/zpravodaj/21-ze-sveta-vw/302-predstavujemedriver-alertsystem-pro-kontrolu-bdelosti-ridice>
- RANNEY, Thomas, Lucinda SIMMONS a Anthony MASALONIS, 1999. Prolonged exposure to glare and driving time: effects on performance in a driving simulator. *Accident Analysis & Prevention* [online]. **31**(6), 601-610 [cit. 2021-08-10]. ISSN 0001-4575. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457599000160>
- REYNER, L.A. a J.A. HORNE, 1995. Sleep related vehicle accidents. *British Medical Journal*,. **1995**(3), 565-567.
- Režim řidičů, 2012. In: *Ministerstvo dopravy* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy [cit. 2021-09-09]. Dostupné z: [https://www.mdcz.cz/Zivotni-situace/Silnicni-doprava/Mezinarodni-osobni-doprava-\(2\)/Legislativa-a-casto-kladene-dotazy/Rezim-ridicu](https://www.mdcz.cz/Zivotni-situace/Silnicni-doprava/Mezinarodni-osobni-doprava-(2)/Legislativa-a-casto-kladene-dotazy/Rezim-ridicu)
- Řidičské oprávnění, 2016. In: *Autoškola DISK* [online]. Česká republika [cit. 2021-09-16]. Dostupné z: <http://www.asdisk.cz/asdisk/3-VYUKA-A-VYCVIK-RIDICU/11-C-E>
- Safety. In: *Iveco* [online]. [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.iveco.com/corporate-en/company/pages/safety.aspx>
- SEDLÁK, Jiří, 1981. *Pracovní únava*. 1. Praha: Academia.
- SITAR, Jan, 2009. *Chronobiologie mikrosnánku*. Interní a endokrinologická ordinace Polikliniky v Kuřimi, **2009**(3), 137-138.
- Skutečný důraz na prevenci, 2020. In: *Iveco tc* [online]. [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.ivecotc.cz/eshop-eurocargo-tab-bezpecnost.html>
- Skutečný důraz na prevenci, 2020. *Iveco tcMercedes* [online]. [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.ivecotc.cz/eshop-eurocargo-tab-bezpecnost.html>
- SLAVÍKOVÁ, Jana a Jitka ŠVÍGLEROVÁ, 2012. *Fyziologie dýchání*. 1. vydání. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-2065-7.
- Sleep, driving and the workplace, 2005. *Clinical Medicine* [online]. **5**(2), 113-117 [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4952859/pdf/113.pdf>
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/46/ES: Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/46/ES ze dne 5. září 2007, kterou se stanoví rámec pro schvalování motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, jakož i systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla*, 2007. In: . ročník 2007, číslo 46. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32007L0046>
- STŘEDOVÁ, Hana, 2011. *Mikroklima a mezoklima měst, mikroklima porostů*. 1. [Praha]: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-86690-90-2.



Systém aktivního řízení MAN COMFORT STEERING. In: *MAN* [online]. [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.man.eu/cz/cz/nakladni-automobil/asistencni-systemy/system-aktivniho-rizeni/man-comfortsteering.html>

Systém rozpoznávání dopravních značek (RSA), 2018. In: *Toyota* [online]. Česká republika: Toyota Central Europe [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/world-of-toyota/safety/road-sign-assist>

Systém sledování únavy řidiče MAN ATTENTION GUARD. In: *MAN* [online]. [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.man.eu/cz/cz/nakladni-automobil/asistencni-systemy/system-sledovani-unavy-ridice/man-attentionguard.html>

Systém sledování únavy řidiče: SWS, 2018. In: *Toyota* [online]. Česká republika: Toyota Central Europe [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/world-of-toyota/safety/sway-warning-system>

SZÉKYOVÁ, Marta, Karol FERSTL a Richard NOVÝ, 2006. *Větrání a klimatizace*. 1. Bratislava: Jaga. ISBN 80-807-6037-3.

Školení řidičů, 2018. In: *Autoškola DISK* [online]. Česká republika: Autoškola Disk [cit. 2021-09-16]. Dostupné z: <http://www.asdisk.cz/asdisk/4-SKOLENI-RIDICU/4-PROFESIONALU>

TVAROŽKOVÁ, Lucia, 2017. Únava za volantem, rizikové časy během dne a dopravní nehodovost. *Psychologie a Její Kontexty*. 2017(8), 85-100. ISSN 1803-9278.

VLK, František, 2005. *Lexikon moderní automobilové techniky*. 1. Brno: František Vlk. ISBN 80-239-5416-4.

VLK, František, 2006a. *Automobilová elektronika*. Brno: František Vlk. ISBN 80-239-6462-3.

VLK, František, 2006b. *Automobilová elektronika 2: Systémy řízení podvozku a komfortní systémy*. 1. vydání. Brno: František Vlk. ISBN 80-239-7062-3.

Vysoká bezpečnost, 2020. In: *Mercedes benz truck* [online]. [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: [https://www.mercedes-benz-trucks.com/cs\\_CZ/models/actros-l/greater-safety.html](https://www.mercedes-benz-trucks.com/cs_CZ/models/actros-l/greater-safety.html)

ZIKÁN, Zdeněk, 2001. Oxid uhličitý - utajený nepřítel. In: *Tzb info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o. [cit. 2021-06-07]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/7132-oxid-uhlicity-utajeny-nepritel>

## 9 Seznam obrázků

Obr. 1 Schéma Mollierova h-x diagramu (Drkal, 2013) .....	17
Obr. 2 Závislost nespokojených uživatelů na rychlosti proudění vzduchu.....	18
Obr. 3 Asistenční systém MAN Cruise Assist (Asistent pro dálkovou dopravu MAN Cruise assist, 2020).....	36
Obr. 4 Umístění kamery za čelním sklem (Skutečný důraz na prevenci, 2020) .....	38
Obr. 5 Asistenční systém Sideguard assist (Vysoká bezpečnost, 2020) .....	39
Obr. 6 Přehled nařízení 561/2006 (Nařízení 561/2006, 2006) .....	41
Obr. 7 Datalogger AQ-9901SD.....	45
Obr. 8 Umístění sond v kabině nákladního vozu .....	46
Obr. 9 Vývoj teploty ve voze Iveco 120E28 .....	48
Obr. 10 Vývoj vlhkosti vzduchu ve voze Iveco 120E28.....	49
Obr. 11 Vývoj koncentrace O <sub>2</sub> ve voze Iveco 120E28.....	49
Obr. 12 Vývoj koncentrace CO <sub>2</sub> ve voze Iveco 120E28 .....	50
Obr. 13 Vývoj koncentrace CO <sub>2</sub> , 8. měření.....	50
Obr. 14 Vývoj teploty vzduchu ve voze Iveco 120E25 .....	51
Obr. 15 Vývoj vlhkosti vzduchu ve voze Iveco 120E25.....	52
Obr. 16 Vývoj koncentrace O <sub>2</sub> ve vozidle Iveco 120E25.....	52
Obr. 17 Vývoj koncentrace CO <sub>2</sub> ve vozidle Iveco 120E25 .....	53
Obr. 18 Vývoj teploty vzduchu ve vozidle DAF .....	54
Obr. 19 Vývoj vlhkosti vzduchu ve vozidle DAF.....	55
Obr. 20 Vývoj koncentrace O <sub>2</sub> ve voze DAF .....	55
Obr. 21 Vývoj koncentrace CO <sub>2</sub> ve voze DAF .....	56

## 10 Seznam tabulek

Tab. 1 Optimální hodnota teploty interiéru v závislosti na venkovní teplotě (Klabzuba, 2002) .....	13
Tab. 2 Třídy práce podle celkového průměrného energetického výdeje .....	15
Tab. 3 Zátěž teplem při práci na nevenkovním pracovišti (to – operativní teplota vzduchu; tg – výsledná teplota kulového teploměru; Va – rychlost proudění vzduchu; Rh – vlhkost vzduchu) .....	15
Tab. 4 tepelná propustnost oděvů (Klabzuba, 2007).....	18
Tab. 5 Účinky oxidu uhličitého na lidský organismus (Nepříznivé účinky hluku na člověka, 2015).....	20
Tab. 6 Lehmanovo schéma účinků (Nepříznivé účinky hluku na člověka, 2015).....	23
Tab. 7 Hygienické limity ustáleného a proměnného hluku na pracovišti (ČESKO, 2011) .....	24
Tab. 8 Výpočet hluku a infrazvuku na pracovišti (Beran, 2010) .....	24
Tab. 9 Parametry kyslíkových koncentrátorů .....	58
Tab. 10 Multikriteriální analýza kyslíkových koncentrátorů .....	59

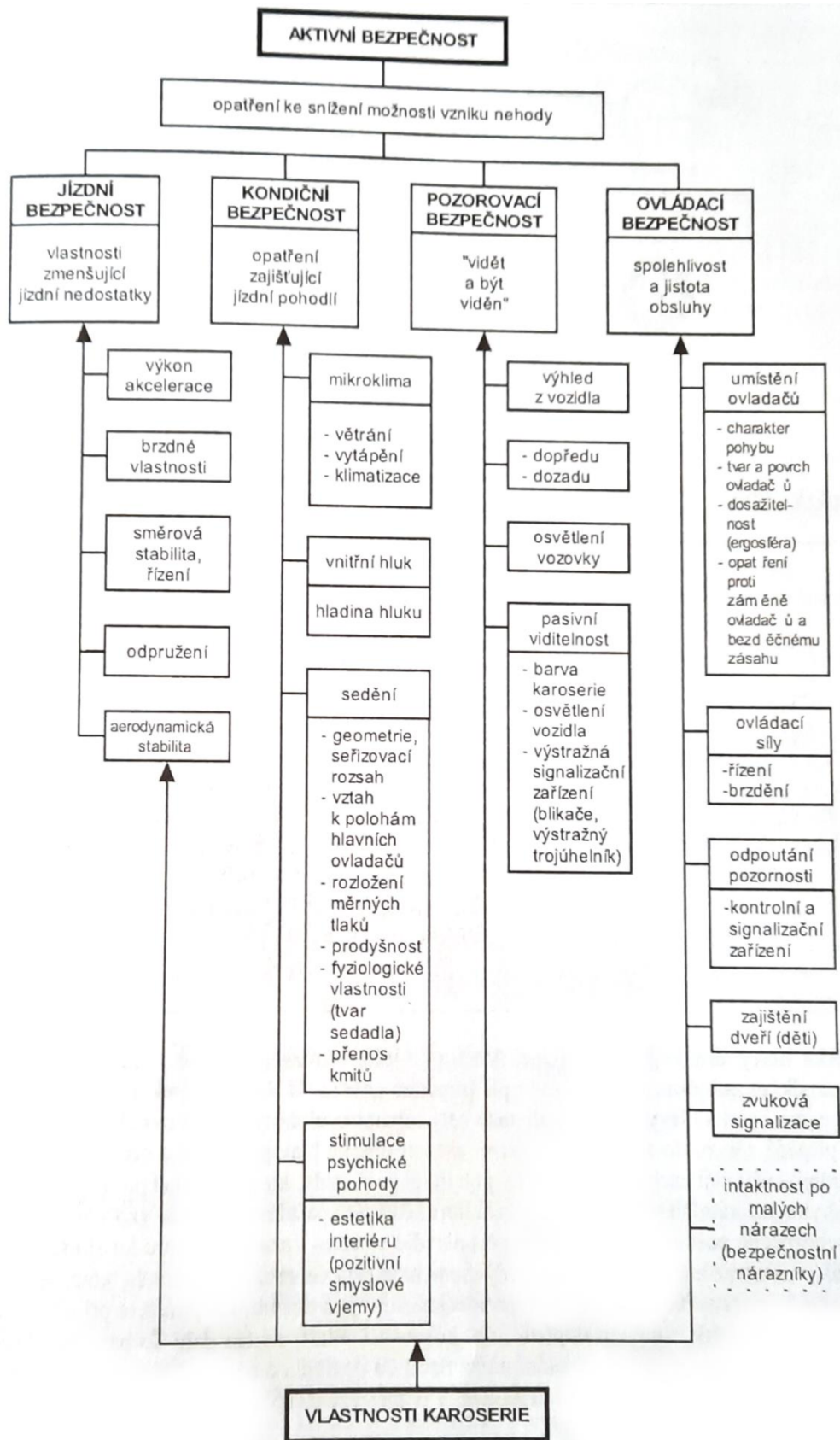
## 11 Přílohy

Příloha 1 - Dlouhodobě a krátkodobě přípustná doba práce ve směně pro aklimatizovaného zaměstnance

Podmínky:  $v = 1 \text{ m.s}^{-1}$ ,  $t_g \geq t_a$ ,  $rh < 70 \%$ , 0,64 clo

tg (°C)	Třída práce W.m <sup>-2</sup> brutto	Doba práce podle celkového energetického brutto výdeje (W.m <sup>-2</sup> )							
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IVa	IVb	V
20	t <sub>sm</sub>	480	480	480	480	403	323	269	193
	t <sub>max</sub>	480	480	480	480	403	323	269	61
22	t <sub>sm</sub>	480	480	480	480	403	323	224	182
	t <sub>max</sub>	480	480	480	480	403	323	144	46
24	t <sub>sm</sub>	480	480	480	480	403	323	210	173
	t <sub>max</sub>	480	480	480	480	403	323	82	37
26	t <sub>sm</sub>	480	480	480	480	403	265	198	165
	t <sub>max</sub>	480	480	480	480	403	265	56	30
28	t <sub>sm</sub>	480	480	480	480	395	231	187	157
	t <sub>max</sub>	480	480	480	480	395	112	42	25
30	t <sub>sm</sub>	480	480	480	480	301	217	177	150
	t <sub>max</sub>	480	480	480	480	301	66	33	22
32	t <sub>sm</sub>	480	480	480	399	259	204	168	143
	t <sub>max</sub>	480	480	480	399	155	46	27	19
34	t <sub>sm</sub>	480	480	457	303	244	192	160	137
	t <sub>max</sub>	480	480	457	303	67	33	22	16
36	t <sub>sm</sub>	426	475	342	280	226	182	152	131
	t <sub>max</sub>	426	475	224	76	40	25	18	14
38	t <sub>sm</sub>	267	378	313	260	212	173	146	126
	t <sub>max</sub>	267	146	70	43	28	20	15	12
40	t <sub>sm</sub>	232	344	289	243	200	164	139	121
	t <sub>max</sub>	105	58	40	29	22	16	13	11
42	t <sub>sm</sub>	210	316	268	227	189	156	133	116
	t <sub>max</sub>	51	36	28	22	17	14	11	9
44	t <sub>sm</sub>	191	292	250	214	179	149	128	112
	t <sub>max</sub>	32	26	21	18	14	12	10	8
46	t <sub>sm</sub>	176	272	234	201	170	142	123	108
	t <sub>max</sub>	24	20	17	14	12	10	9	8
48	t <sub>sm</sub>	163	254	220	191	162	136	118	104
	t <sub>max</sub>	20	17	15	13	11	9	8	7
50	t <sub>sm</sub>	151	238	208	181	154	131	113	100
	t <sub>max</sub>	19	19	16	12	10	9	8	7

Příloha 2 – Prvky aktivní bezpečnosti



Příloha 3 – Specifikace nákladních vozidel

Iveco 120E28 EUROCARGO

Výrobce	Iveco
Označení typu vozu	EUROCARGO
Rok výroby	2006
Hnací jednotka	Naftový motor
Objem motoru	5,8 l
Výkon	202 kW
Počet náprav	2
Konstrukce	Valníková se shrnovací plachtou
Provozní hmotnost	6,6 t
Maximální hmotnost	11,9 t
Kabina	Dlouhá a vysoká
Počet míst k sezení	2
Lůžko	2 lůžka

Iveco 120E25 EUROCARGO

Výrobce	Iveco
Označení typu vozu	EUROCARGO
Rok výroby	2012
Hnací jednotka	Naftový motor
Objem motoru	5,8 l
Výkon	185 kW
Počet náprav	2
Konstrukce	Valníková se shrnovací plachtou
Provozní hmotnost	6,06 t
Maximální hmotnost	11,9 t
Kabina	Nízká a krátká
Počet míst k sezení	3
Lůžko	Ne

DAF FA LF45.150.E08

Výrobce	DAF
Označení typu vozu	FA LF45.150.E08
Rok výroby	2006
Hnací jednotka	Naftový motor
Objem motoru	3,9 l
Výkon	110 kW
Počet náprav	2
Konstrukce	Valníková se shrnovací plachtou
Provozní hmotnost	4,3 t
Maximální hmotnost	8,3 t
Kabina	Nízká a dlouhá
Počet míst k sezení	2
Lůžko	Sklopné