

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesnických technologií a staveb



**Česká
zemědělská
univerzita
v Praze**

**Hodnocení stresové zátěže řidičů odvozních souprav
sledováním změn svalového napětí v průběhu pracovního
výkonu**

Disertační práce

Autor: PharmDr. Ing. et Ing. Pavel Škvor, MBA

Obor: Zpracování dřeva a technika v lesním hospodářství

Školitel: doc. Ing. Karel Zlatuška, CSc.

Konzultant: Ing. Bc. Pavel Natov, Ph.D.

Praha 2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

PharmDr. Ing. et Ing. Pavel Škvor, MBA

Lesní inženýrství

Zpracování dřeva a technika v lesním hospodářství

Název práce

Hodnocení stresové zátěže řidičů odvozních souprav sledováním změn svalového napětí v průběhu pracovního výkonu

Název anglicky

Evaluation of the stressful environment of truck drivers by monitoring changes in muscle tension during workload

Cíle práce

Cílem předložené práce je kvantifikace vysokého stresového zatížení v pracovním procesu opakovaným dlouhodobým zatěžováním stejných svalových skupin – monitorováním reakcí svalu radiálního natahovače zápěstí (musculus extensor carpi radialis) operátora provádějícího odvoz dříví na různých typech odvozních vozidel s rizikem vzniku zdravotního postižení.

Práce je zaměřena na kvantifikaci fyzické složky pracovní zátěže operátorů nákladních vozidel. Pro její změření použijeme reálné pracovní situace operátorů nákladních vozidel. Provedeme srovnání pracovního fyzického zatížení při řízení nákladních a osobních vozidel stejnými řidiči při pohybu po lesních cestách a při výjezdu vozidel z lesních cest na pozemní komunikace – obvykle silnice nižších tříd, případně I. tříd a při pohybu na pozemních komunikacích.

K měření budou využity dostupné typy vozidel sloužících k odvozu dříví z lesních porostů na expediční místa případně na expedičně manipulační sklady. Zjišťován bude i případný vlivu typu nákladního vozidla na velikost fyzické zátěže.

Měření získáme objektivní časové změny hodnot bioindikátorů odrážející reálné svalové zatížení operátora při výkonu své profese.

Získaná data by mohla využívat specializovaná zdravotnická pracoviště pracovního lékařství k identifikaci rozsahu a intenzity postižení jako podklad pro realizaci preventivní opatření a výrobci vozidel k návrhu a realizaci opatření k jejich eliminaci těchto rizik.

Metodika

Pro hodnocení pracovního zatížení operátora bude nezbytné posoudit zátěž nejen v pracovních náročných či kritických situacích, ale také zátěž v průběhu jak pracovní směny, tak v průběhu pracovního týdne a to opakovaně. Pro objektivizaci výsledků bude hodnocen větší počet operátorů na různých typech nákladních vozidel – odvozních souprav.

Pracovní zatížení bude sledováno při ovládání nejen naložené odvozní soupravy, ale také prázdné soupravy a nakládání a vykládání odvozní soupravy. Zejména budou detailně posuzovány situace při průjezdu lesními cestami, výjezdu z účelové komunikace na silnici a při míjení jiných účastníků silničního provozu.

Pro srovnání budou operátoři sledováni v obdobných situacích, avšak při řízení vozidla do 3,5 tuny. Tím bude zjištěn rozdíl stresového zatížení mezi řidičem nákladního a osobního vozidla.

Pro objektivnost výsledků budou v experimentu sledováni operátoři s alespoň dobrým zdravotním stavem.

Pro získání správných a přesných dat o pracovním zatížení a stresu operátora prostřednictvím vybraných bioindikátorů v závislosti na pracovním zatížení bude třeba nejprve stanovit přesnou metodiku vlastního sběru dat pro jejich následné hodnocení.

Harmonogram:

- Literární rešerše – říjen 2018 – únor 2020
- Měření – stanovení dosahu měřícího signálu a jeho ovlivnění – duben – září 2019
- Měření na odvozních soupravách – ověřování hypotéz – říjen 2019 – únor 2021
- Zpracovávání dat – říjen 2020 – březen 2021
- Příprava vlastní disertační práce a výstupů z ní – duben 2021 až prosinec 2021
- Příprava na obhajobu disertační práce a SDZ – rok 2022

Doporučený rozsah práce
min. 70 normostran bez příloh

Klíčová slova

nákladní vozidlo, řidič, pracovní zátěž, stres, elektromyografie, biofeedback

Doporučené zdroje informací

- APOSTOLOPOULOS, Y. a LEMKE, M. a HEGE, A. a SONMEZ, S. a SANG, H. a OBERLIN, D. a WIDEMAN, L. Work and Chronic Disease: Comparison of Cardiometabolic Risk Markers Between Truck Drivers and the General US Population, *J. Occup. Environ. Med.*, 2016. č. 58. s. 1098–1105.
- BARTUZI, P. a ROMAN-LIU, D. a TOKARSKI, T. A study of the influence of muscle type and muscle force level on individual frequency bands of the EMG power spectrum, *Int J Occup Saf Ergon (JOSE)*, 2007. č. 13. s. 241–54.
- ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN 736108 : Lesní cestní síť. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2018.
- DVOŘÁK, Jiří; FRANC, Jiří; VALDMAN, Stanislav; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Cvičení z lesnické mechanizace*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2006. ISBN 80-213-1524-5.
- EVROPSKÁ AGENTRA PRO BEZPEČNOST A ZDRAVÍ PŘI PRÁCI. Výzkum na téma stres spojený s prací, Lucemburk: Úřad pro úřední tisky Evropských společenství, 2000. 167 s.
- HAVLÍK, K. *Psychologie pro řidiče: zásady chování za volantem a prevence dopravní nehodovosti*, vyd. 1, Praha: Portál, 2005. 223 s. ISBN 80-717-8542-3.
- MCDONALD, N.: *Fatigue, safety and the truck driver*, London: Taylor & Francis, 1984.
- SIEGRIST, J. a RODEL, A. Work stress and health risk behavior, *Scand J. Work Environ. Health*, 2006. č. 32. s. 473–481.
- ŠTIKAR, J. a ŠMOLÍKOVÁ, J. a HOSKOVEC, J. *Psychologie v dopravě*, 1. vyd., Praha: Karolinum, 2003. 275 s. ISBN 80-246-0606-2.
- ZHENG, R. a YAMABE, S. a NAKANO, K. a SUDA, Y. Biosignal analysis to assess mental stress in automatic driving of trucks: palmar perspiration and masseter electromyography, *Basel: Sensors*, 2015. č. 15. s. 5136-5150.

Předběžný termín

2021/22 LS – FLD – SDZ

Vedoucí práce

doc. Ing. Karel Zlatuška, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Konzultant

Ing. Bc. Pavel Natov, Ph. D.

Elektronicky schváleno dne 13. 4. 2021

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 4. 2021

doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Předseda oborové rady

Elektronicky schváleno dne 26. 5. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 31. 07. 2023

Prohlašuji, že jsem tuto práci na téma „Hodnocení stresové zátěže řidičů odvozních souprav sledováním změn svalového napětí v průběhu pracovního výkonu“ vypracoval samostatně pod vedením pana doc. Ing. Karla Zlatušky, CSc. a použil jsem prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

V Praze dne 22. 2. 2023

Podpis autora:

Podpis školitele:

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Karlovi Zlatuškoví, CSc., vedoucímu disertační práce a konzultantovi Ing. Bc. Pavlovi Natovovi, Ph.D. za cenné připomínky a za odborné vedení, řidičům odvozních souprav a nákladních vozidel za umožnění realizace praktického měření a předání pracovních zkušeností a své ženě za podporu.

PharmDr. Ing. et Ing. Pavel Škvor, MBA

Abstrakt

Cílem předložené práce je kvantifikace stresového zatížení v pracovním procesu opakovaným dlouhodobým zatěžováním stejných svalových skupin – monitorováním reakcí svalu radiálního natahovače zápěstí (*musculus extensor carpi radialis brevis*) řidiče provádějícího odvoz dříví na různých typech vozidel určených k odvozu dříví s rizikem vzniku zdravotního postižení, s důrazem na spojení témat, k nimž patří bezpečnost práce a ochrana zdraví při práci, pracovní stres a zátěž.

Literární rešerše je přehledem nejdůležitějších poznatků studované problematiky ve světě a možných východisek na základě studia a analýzy dostupné odborné literatury o pracovním prostředí a stresové zátěži řidičů nákladních vozidel. Formuluje předpoklady výzkumu a způsob jejich ověřování.

V praktické části práce jsou hodnocena data získaná při měření EMG přístrojem Biofeedback 2000^{x-pert} při odvozu dříví z odvozního místa na expediční sklad nebo manipulačně-expediční sklad.

Experimentálně bylo potvrzeno vysoké stresové zatížení řidiče odvozní soupravy zejména při průjezdu komunikacemi s úzkým profilem při naložené soupravě. Ze srovnávaných měření je nejnáročnější ovládání tažného vozidla, naložené odvozní soupravy s teleskopickým návěsem a následně pak nákladního vozidla.

Vedení odvozní soupravy s návěsem na lesních cestách je stresově zatěžující. Rozdíly ve stresovém zatížení rostou při pohybu na silnicích nižších tříd, které svým historickým vedením v terénu podstatně zvyšují stresové zatížení řidiče.

Stresové zatížení ovlivňuje řidiče dlouhodobě, jednostranně a s velkou intenzitou. Bylo by tedy z preventivně zdravotních i bezpečnostních důvodů optimální pracovníky na jednotlivých strojích střídat a tím omezovat rozvoj zdravotních postižení.

Klíčová slova: Nákladní vozidlo, pracovní zátěž, stres, elektromyografie, biofeedback, transport dříví

Abstract

The aim of the presented work is to quantify stress load in the work process by repeated long-term loading of the same muscle groups - monitoring the responses of the extensor carpi radialis brevis muscle operator occupational safety and health at work, work stress and workload.

The literature search is an overview of the most important findings of the studied issues in the world and possible starting points based on the study and analysis of available literature on the work environment and stress of truck drivers. It formulates the assumptions of research and the method of their verification.

In the practical part of the work, the data obtained during the EMG measurement with the Biofeedback 2000 ^{x-pert} device during the transport of wood from the transport point to the dispatch point or dispatch handling warehouse are evaluated.

The high stress load of the truck operator was experimentally confirmed, especially when passing through roads with a narrow profile when the truck was loaded. Of the compared measurements, the most demanding is the control of a loaded transport combination of a towing vehicle with a telescopic semi-trailer, followed by a separate transport vehicle.

Driving a truck with a-trailer on forest roads is similarly stressful. Differences in stress load increase when moving on lower class roads, which with their historical guidance in the field significantly increase the stress load of the operator.

The stress load affects the operator for a long time, unilaterally and with great intensity. Therefore, for preventive health and safety reasons, it would be possible to change the optimal workers on individual machines and thus limit the development of disabilities.

Keywords: Truck, workload, stress, electromyography, biofeedback, timber transport

Abstrakt

Ziel der vorgestellten Arbeit ist die Quantifizierung der Stressbelastung im Arbeitsprozess durch wiederholte Langzeitbelastung derselben Muskelgruppen – Überwachung der Reaktionen des radialen Handgelenksstrecker Muskels (Musculus extensor carpi radialis brevis) eines ausführenden Bedieners Holzabfuhr an Fahrzeugen unterschiedlicher Art, die für die Holzabfuhr mit Invaliditätsrisiko vorgesehen sind, mit Schwerpunkt auf der Themenkombination Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, beruflicher Stress und Arbeitsbelastung.

Die Literaturrecherche ist ein Überblick über die weltweit wichtigsten Ergebnisse des untersuchten Themas und mögliche Lösungen, die auf der Untersuchung und Analyse der verfügbaren Fachliteratur zum Arbeitsumfeld und zur Stressbelastung von Lkw-Fahrern basieren. Es formuliert Forschungsannahmen und die Methode ihrer Überprüfung.

Im praktischen Teil der Arbeit werden die bei der EMG-Messung mit dem Gerät Biofeedback 2000 x-pert beim Abtransport von Holz vom Entnahmeplatz zum Versandlager bzw. Umschlag-Versandlager gewonnenen Daten ausgewertet.

Experimentell konnte die hohe Beanspruchung des Bedieners der Anhängervorrichtung bestätigt werden, insbesondere beim Befahren von Straßen mit schmalen Profilen bei beladener Anhängervorrichtung. Von den verglichenen Messungen ist die Steuerung eines Zugfahrzeugs, eines beladenen Abschleppwagens mit Teleskopanhänger und anschließend eines LKW am anspruchsvollsten.

Das Fahren eines Abschleppwagens mit Anhänger auf Forststraßen ist stressig. Unterschiede in der Belastungsbelastung nehmen bei Fahrten auf Straßen niedrigerer Klassen zu, die aufgrund ihrer historischen Führung im Gelände die Belastungsbelastung des Fahrers deutlich erhöhen.

Die Stressbelastung wirkt sich langfristig, einseitig und mit großer Intensität auf den Bediener aus. Daher wäre es aus präventiven Gesundheits- und Sicherheitsgründen optimal, die Arbeiter an einzelnen Maschinen zu rotieren und so die Entwicklung von Behinderungen zu begrenzen.

Schlüsselwörter: LKW, Arbeitsbelastung, Stress, Elektromyographie, Biofeedback, Holztransport

Obsah

1 ÚVOD.....	21
2 CÍL PRÁCE	22
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE	24
3.1 Studovaná problematika ve světě	24
3.2 Výstupy literární rešerše	25
3.2.1 Řidiči.....	25
3.2.1.1 Profese řidiče	25
3.2.1.2 Všeobecné požadavky na řidiče.....	26
3.2.1.3 Fyziologické schopnosti řidiče	27
3.2.1.4 Faktory ovlivňující reakci na podnět.....	31
3.2.1.5 Řidič a faktory ovlivňující jeho činnost	32
3.2.2 Psychické vlastnosti a funkce ovlivňující nehodové chování řidiče	32
3.2.2.1 Únava	33
3.2.2.2 Stres	34
3.2.2.3 Tlak vyvíjený na řidiče.....	37
3.2.3. Ergonomie mobilních pracovních strojů.....	38
3.2.3.1 Ergonomie nákladního vozidla.....	38
3.2.4 Asistenční systémy řidiče.....	42
3.2.4.1 Asistenční systémy vozidla	42
3.2.4.2 Biosignály.....	42
3.2.5 Způsoby monitoringu biosignálů	45
3.3 Přístupy k managementu práce s biosignály	48
4 METODIKA PRÁCE.....	50
4.1 Stanovení pracovního zatížení řidiče	50
4.1.1 Ovládání vozidla pro odvoz dříví.....	50
4.1.1.1 Testovaná hypotéza H1	51

4.1.2 Ovládání vozidla na různých typech komunikací	52
4.1.2.1 Testovaná hypotéza H2	52
4.1.3 Vliv povětrnostních podmínek a denní doby	52
4.1.3.1 Testovaná hypotéza H3	53
4.1.4 Dílčí závěr	53
4.2 Stanovení dosahu měřicího signálu a jeho ovlivnění	53
4.2.1 Vliv vzdálenosti na přenosu bluetooth signálu	55
4.2.2 Test životnosti stability fixace elektrod	64
4.2.3 Délka použitého prodlužovacího USB kabelu	67
4.2.4 Stabilita přenosu bluetooth signálu v závislosti na přímé viditelnosti modulů	69
4.2.5 Vliv materiálu překážky na přenos signálu	75
4.2.6 Kvalita přenosu signálu při jízdě a pohybu kolem vozidla	78
4.2.7 Dílčí závěr	81
4.3 Sběr dat	82
4.3.1 Biofeedback 2000x-pert.....	82
4.3.2 Senzory a moduly.....	82
4.4 Software Biofeedback 2000 x-pert, verze 3.0.....	83
4.5 Zpracování dat	84
4.6 Charakteristika prostředí, nástrojů a objektů užitých při měření biosignálů	85
4.6.1 Identifikace porostů	85
4.6.2 Vliv zevního prostředí	87
4.6.3 Identifikace řidičů	88
4.6.4 Identifikace dopravního prostředku	89
4.7 Design a podmínky vlastního měření.....	94
5 VÝSLEDKY PRÁCE	99
5.1 Průběh vlastního měření.....	99
5.2 Naměřené výsledky – porovnání	99
5.3 Analýza rozptylu.....	149

5.3.1 Analýza rozptylu – typ vozidla	149
5.3.2 Analýza rozptylu – typ komunikace	155
6 DISKUSE	164
7 ZÁVĚR	170
8 LITERATURA	173
9 PŘÍLOHY	189
9.1 Příloha č. 1: Průběh vlastního měření	189
9.2 Příloha č. 2: Dotazník pro výběr vhodných řidičů	222

Seznam použitých příloh

Přehled tabulek:

Tabulka č. 1: Závislost změny napětí a proudu na délce prodlužovacího USB vodiče

Tabulka č. 2: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 18. 10. 2019

Tabulka č. 3: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 19. 10. 2019

Tabulka č. 4: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 28. 10. 2019

Tabulka č. 5: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 29. 10. 2019

Tabulka č. 6: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 30. 10. 2019

Tabulka č. 7: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 31. 10. 2019

Tabulka č. 8: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 1. 11. 2019

Tabulka č. 9: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 2. 11. 2019

Tabulka č. 10: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 30. 11. 2020

Tabulka č. 11: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 1. 12. 2020

Tabulka č. 12: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 2. 12. 2020

Tabulka č. 13: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 3. 12. 2020

Tabulka č. 14: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 4. 12. 2020

Tabulka č. 15: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 11. 01. 2021

Tabulka č. 16: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 12. 01. 2021

Tabulka č. 17: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 13. 01. 2021

Tabulka č. 18: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 1. 2. 2021

Tabulka č. 19: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 2. 2. 2021

Tabulka č. 20: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 3. 2. 2021

Tabulka č. 21: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 4. 2. 2021

Tabulka č. 22: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 5. 2. 2021

Tabulka č. 23: Souhrnné absolutní porovnání svalové zátěže při řízení pracovního vozidla podle typu během průjezdu jednotlivých pracovních tras

Tabulka č. 24: Souhrnné relativní porovnání svalové zátěže při řízení pracovního vozidla podle typu během průjezdu jednotlivých pracovních tras

Tabulka č. 25: Diferencované relativní porovnání svalové zátěže při řízení pracovního vozidla podle typu komunikace

Tabulka č. 26: Analýza rozptylu hodnot závislosti svalové zátěže a tepové frekvence na typu používaného vozidla, na počtu let praxe, na tělesné výšce a na tělesné hmotnosti

Tabulka č. 27: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot závislosti hodnot svalové zátěže na počtu let praxe, výšce řidiče a tělesné hmotnosti řidiče

Tabulka č. 28: Analýza rozptylu hodnot závislosti svalové zátěže a hodnot tepové frekvence na typu pozemní komunikace a na typu použitého vozidla

Tabulka č. 29: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot svalové zátěže v závislosti na typu komunikace při jízdě odvozní soupravy

Tabulka č. 30: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot srdečního tepu v závislosti na typu komunikace při řízení odvozní soupravy

Tabulka č. 31: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot svalové zátěže v závislosti na typu komunikace při řízení nákladního auta

Tabulka č. 32: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot tepové frekvence v závislosti na typu komunikace při řízení nákladního auta

Tabulka č. 33: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot svalové zátěže v závislosti na typu komunikace při řízení osobního automobilu

Tabulka č. 34: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot srdeční frekvence v závislosti na typu komunikace při řízení osobního automobilu

Přehled obrázků:

Obrázek č. 1: Reakční schéma interakce řidič-vozidlo

Obrázek č. 2: Reakce řidiče, vývoj brzdění vozidla

Obrázek č. 3: Reakční doba v závislosti na úhlu pohledu na objekt

Obrázek č. 4: Vztahy mezi organizací práce, rozvrhováním, spánkem, stresem a konflikty mezi pracovním a soukromým životem

Obrázek č. 5: Fyziologické biosignály získané z elektrokardiogramu, elektromyogramu, galvanické odezvy kůže měřeno na rukou a nohou, srdeční frekvence a dechové hloubky

Obrázek č. 6: Transformace měřeného biosignálu na dále zpracovatelná data

Obrázek č. 7: Vysílací moduly EMG a MULTI, přijímací modul

Obrázek č. 8: Fixace senzoru pro snímání krevního pulsů a fixace ECG elektrod EMG modulu

Obrázek č. 9: Měření kvality spojení č. 1

Obrázek č. 10: Měření kvality spojení č. 2

Obrázek č. 11: Měření kvality spojení č. 3

Obrázek č. 12: Měření kvality spojení č. 4

Obrázek č. 13: Měření kvality spojení č. 5

Obrázek č. 14: Měření kvality spojení č. 6

Obrázek č. 15: Měření kvality spojení č. 7

Obrázek č. 16: Měření kvality spojení č. 8

Obrázek č. 17: Měření kvality spojení č. 9

Obrázek č. 18: Měření kvality adheze elektrod po 20 hodinách od fixace

Obrázek č. 19: Měření kvality adheze elektrod po 30 hodinách od fixace

Obrázek č. 20: Měření kvality adheze elektrod po 36 hodinách od fixace

Obrázek č. 21: EMG modul a MULTI modul při měření

Obrázek č. 22: Schéma zapojení USB kabelu na koncovkách

Obrázek č. 23: Koncovka USB repeater kabelu

Obrázek č. 24: Exterier vozidla použitého k experimentu

Obrázek č. 25: Exterier vozidla, vysílač umístěný na střeše vozidla

Obrázek č. 26: Umístění PC na palubní desce vozidla

Obrázek č. 27: Umístění přijímací pyramidy: uvnitř vozidla za poslední řadou sedadel

Obrázek č. 28: Pomalá chůze kolem vozidla ve vzdálenosti cca 2 metry od obvodu

Obrázek č. 29: Pomalá chůze kolem vozidla ve vzdálenosti cca 2 metry od obvodu

Obrázek č. 30: Pomalá chůze kolem vozidla ve vzdálenosti cca 2 metry od obvodu

Obrázek č. 31: Pomalá chůze šikmo vzad od vozidla do vzdálenosti nad 5 m od vozidla

Obrázek č. 32: Pomalá chůze šikmo vzad od vozidla do vzdálenosti nad 5 m od vozidla

Obrázek č. 33: Měření stability přenosu bluetooth signálu

Obrázek č. 34: Měření stability přenosu bluetooth signálu s překážkou

Obrázek č. 35: Měření stability přenosu bluetooth signálu s překážkou

Obrázek č. 36: Měření stability přenosu bluetooth signálu s překážkou

Obrázek č. 37: Měření stability přenosu bluetooth signálu při jízdě

Obrázek č. 38: Měření stability přenosu bluetooth signálu při jízdě

Obrázek č. 39: Měření stability přenosu bluetooth signálu při jízdě

Obrázek č. 40: Měření stability přenosu bluetooth signálu při vysávání vozidla

Obrázek č. 41: Měření stability přenosu bluetooth signálu při mytí karoserie vozidla

Obrázek č. 42: Body pro umístění elektrod EMG

Obrázek č. 43: Orientační lokalizace pozemků obhospodařovaných ŠLP Kostelec nad Černými lesy ČZU v Praze

Obrázek č. 44: Orientační lokalizace pozemků obhospodařovaných ŠLP Křtiny MZU v Brně

Obrázek č. 45: Orientační lokalizace pozemků obhospodařovaných společností SPRÁVA MAJETKU HS s.r.o.

Obrázek č. 46: Odvozní souprava – Tatra 815 s jeřábem a teleskopický návěs Umikov

Obrázek č. 47: Odvozní souprava – Tatra Phoenix s plošinou a klanicemi s jeřábem a přívěs s klanicemi Umikov

Obrázek č. 48: Odvozní souprava – Tatra Phoenix s jeřábem a teleskopický návěs Umikov s automatickou váhou řízeným přítlakem náprav návěsu

Obrázek č. 49: Pracoviště řidiče odvozní soupravy Tatra 815

Obrázek č. 50: Pracoviště řidiče odvozní soupravy Tatra Phoenix

Obrázek č. 51: Upevnění senzoru MULTI modulu na posledním článku prostředního prstu řidiče

Obrázek č. 52: Upevnění elektrod modulu EMG na pravém předloktí řidiče

Obrázek č. 53: Záznam hodnot biosignálů před začátkem pracovní směny

Obrázek č. 54: Záznam hodnot biosignálů na začátku pracovní směny

Obrázek č. 55: Záznam hodnot biosignálů na konci pracovní směny

Obrázek č. 56: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 18. 10. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 57: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 18. 10. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 58: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 18. 10. 2019 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 59: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 19. 10. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo.

Obrázek č. 60: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 19. 10. 2019 - – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 61: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 19. 10. 2019 - – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 62: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 28. 10. 2019 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 63: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 28. 10. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 64: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 28. 10. 2019 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 65: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 29. 10. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 66: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 29. 10. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 67: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 29. 10. 2019 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 68: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 30. 10. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 69: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 30. 10. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 70: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 30. 10. 2019 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 71: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 31. 10. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 72: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 31. 10. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 73: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 31. 10. 2019 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 74: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 11. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 75: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 11. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 76: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 11. 2019 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 77: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 11. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 78: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 11. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 79: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 11. 2019 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 80: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 30. 11. 2020 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 81: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 30. 11. 2020 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 82: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 30. 11. 2020 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 83: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 12. 2020 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 84: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 12. 2020 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 85: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 12. 2020 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 86: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 12. 2020 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 87: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 12. 2020 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 88: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 12. 2020 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 89: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 3. 12. 2020 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 90: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 3. 12. 2020 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 91: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 3. 12. 2020 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 92 Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 4. 12. 2020 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 93: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 4. 12. 2020 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 94: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 4. 12. 2020 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 95: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 11. 01. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 96: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 11. 1. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 97: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 11. 1. 2021 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 98: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 12. 01. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 99: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 12. 1. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 100: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 12. 1. 2021 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 101: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 13. 01. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 102: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 13. 1. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 103: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 13. 1. 2021 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 104: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 2. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 105: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 2. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 106: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 2. 2021 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 107: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 2. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 108: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 2. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 109: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 2. 2021 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 110: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 3. 2. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 111: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 3. 2. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 112: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 3. 2. 2021 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 113: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 4. 2. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 114: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 4. 2. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 115: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 4. 2. 2021 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 116: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 5. 2. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo

Obrázek č. 117: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 5. 2. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo

Obrázek č. 118: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 5. 2. 2021 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo

Obrázek č. 119: Porovnání průběhu změny svalového zatížení vyjádřená v μV akčního potenciálu ve sledu pracovních tras při řízení odvozní soupravy, nákladního vozidla a osobního vozidla

Obrázek č. 120: Průběh změny svalového zatížení vyjádřená v μV akčního potenciálu při řízení odvozní soupravy a nákladního vozidla na lesních cestách

Obrázek č. 121: Průběh změny svalového zatížení vyjádřená v μV akčního potenciálu při řízení odvozní soupravy a nákladního vozidla na silnicích nižších tříd

Obrázek č. 122: Průběh změny svalového zatížení vyjádřená v μV akčního potenciálu při řízení odvozní soupravy a nákladního vozidla na silnicích vyšších tříd

Obrázek č. 123: Průběh stresového zatížení řidiče odvozní soupravy

Obrázek č. 124: Průběh stresového zatížení řidiče nákladního vozidlo

Obrázek č. 125: Průběh stresového zatížení řidiče osobního vozidla

Obrázek 126: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a krevního pulzu (b) na typu použitého vozidla

Obrázek č. 127: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a krevního pulzu (b) na počtu let praxe

Obrázek č. 128: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a krevního pulzu (b) na výšce řidiče

Obrázek č. 129: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a krevního pulzu (b) na hmotnosti řidiče

Obrázek č. 130. Porovnání průběhu změn svalové zátěže vyjádřené v μV elektrického potenciálu na sledovaných typech komunikací při jízdě odvozní soupravy

Obrázek č. 131: Porovnání průběhu změn svalové zátěže vyjádřené v μV elektrického potenciálu na sledovaných typech komunikací při jízdě nákladním vozidlem

Obrázek č. 132: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a tepové frekvence (b) na typu použité komunikace při jízdě odvozní soupravou

Obrázek č. 133: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a tepové frekvence (b) na typu použité komunikace při jízdě s nákladním vozidlem

Obrázek č. 134: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a srdeční frekvence (b) na typu použité komunikace při řízení osobního automobilu

Obrázky příloh:

Obrázek č. P001: Odvoz dlouhého dříví z OM Houkvice na MES Borohrádek pila

Obrázek č. P002: Odvozní místo Houkvice

Obrázek č. P003: Odvoz dříví po odvozní cestě typu 1L

Obrázek č. P004: Odvoz dlouhého dříví z OM Zadní Machová na MES Borohrádek pila

Obrázek č. P005: Odvoz dříví po odvozní cestě typu 2L

Obrázek č. P006: Odvoz dříví po odvozní cestě typu 2L z OM Zadní Machová

Obrázek č. P007: Odvoz výřezů z OM Kozly na ES Český Brod

Obrázek č. P008: Nakládka výřezů na OM Kozly na ES Český Brod

Obrázek č. P009: Lesní cesta 2L k OM Kozly

Obrázek č. P010: Odvoz výřezů z OM Bulík na ES Čerčany pila

Obrázek č. P011: Přejezd po silnici I. třídy v rekonstrukci zúženým prostorem

Obrázek č. P012: Zpevněná živičná plocha na ES Čerčany

Obrázek č. P013: Odvoz výřezů z OM Bulík na ES Ostrák

Obrázek č. P014: Odvoz výřezů z OM Bulík na ES Ostrák

Obrázek č. P015: Odvoz výřezů z OM Nouzov na ES Ostrák

Obrázek č. P016: Odvoz výřezů z OM Nouzov na ES Ostrák

Obrázek č. P017: Lesní cesta 1L k OM Nouzov

Obrázek č. P018: Odvoz výřezů z OM U Staré školky na ES Ostrák

Obrázek č. P019: Vykládka výřezů na ES Ostrák

Obrázek č. P020: Lesní cesta 2L k OM U Staré školky

Obrázek č. P021: Odvoz výřezů z OM Bukovice na ES Ostrák

Obrázek č. P022: OM Bukovice

Obrázek č. P023: Lesní cesta 1L k OM Bukovice

Obrázek č. P024: Přejezd prázdných vozidel na OM Bohumilská hájovna a OM Jevany

Obrázek č. P025: OM Bohumilská hájovna

Obrázek č. P026: Lesní cesta 2L k OM Bohumilská hájovna

Obrázek č. P027: Odvoz dříví z OM Jevany na ES Český Brod

Obrázek č. P028: OM Jevany - nakládka výřezů na odvozní soupravu a nákladní vozidlo

Obrázek č. P029: OM Jevany

Obrázek č. P030: Vykládka výřezů z odvozní soupravy a nákladního vozidla na vagony OBB

Obrázek č. P031: Odvoz dříví z OM Hradecký kopeček na MES pila ŠLP ČZU

Obrázek č. P032: OM Hradecký kopeček

Obrázek č. P033: Lesní cesta 3L k OM Hradecký kopeček

Obrázek č. P034: Silnice III: třídy z obce Hradec k OM Hradecký kopeček

Obrázek č. P035: Odvoz dříví z OM Růžové rokle na MES pila ŠLP ČZU

Obrázek č. P036: Nakládka výřezů na OM Růžové rokle

Obrázek č. P037: Lesní cesta k OM Růžové rokle

Obrázek č. P038: Odvoz dříví z OM Barchlovice na MES pila ŠLP ČZU

Obrázek č. P039: OM Barchlovice

Obrázek č. P040: Lesní cesta 2L k OM Barchlovice

Obrázek č. P041: Odvoz dříví z OM Krymlov na MES pila ŠLP ČZU

Obrázek č. P042: OM Krymlov

Obrázek č. P043: Lesní cesta 1L k OM Krymlov

Obrázek č. P044: Odvoz dříví z OM Krymlov rozcestí na MES pila ŠLP ČZU

Obrázek č. P045: OM Krymlov rozcestí

Obrázek č. P046: Lesní cesta 1L k OM Krymlov rozcestí

Obrázek č. P047: Odvoz dříví z OM Barchlovice na ES Vlkančice

Obrázek č. P048: OM Barchlovice

Obrázek č. P049: Lesní cesta 1L k ES Vlkančice

Obrázek č. P050: Odvoz dříví z OM Jedovnice na MES pila ŠPL MZU Olomučany

Obrázek č. P051: OM Jedovnice – Lipový žlíbek

Obrázek č. P052: Lesní cesta 1L k MES pila ŠLP MZU Olomučany

Obrázek č. P053: Odvoz dříví z OM Vranov - Zavíravá na MES pila ŠPL MZU

Obrázek č. P054: OM Vranov – Zavíravá

Obrázek č. P055: Lesní cesta 2L z OM Vranov – Zavíravá

Obrázek č. P056: Odvoz dříví z OM Vranov – Veselý kopeček na MES pila ŠPL MZU

Obrázek č. P057: OM Vranov – Veselý kopeček

Obrázek č. P058: Lesní cesta 2L z OM Vranov – Veselý kopeček

Obrázek č. P059: Odvoz dříví z OM U panských bud na MES pila ŠPL MZU

Obrázek č. P060: OM Arboretum MZU – U panských bud

Obrázek č. P061: Lesní cesta 1L z OM Arboretum MZU – U panských bud

Obrázek č. P062: Odvoz dříví z OM Rudická brána na MES pila ŠPL MZU Olomučany

Obrázek č. P063: OM Rudická brána

Obrázek č. P064: Lesní cesta 1L k OM Rudická brána

Seznam použitých zkratk

Ag ⁺	kationty stříbra
AgCl	chlorid stříbra
BMI	body mass index
bpm	blood pulse
°C	stupně Celsia
cm	centimetr
CNS	centrální nervový systém
č.	číslo
ČD	České dráhy a.s.
ČR	Česká republika
ČSN	česká státní norma
ČZU	Česká zemědělská univerzita v Praze
EEG	elektroencefalograf
EMG	elektromyograf
MES	manipulační a expediční sklad
et al.	a kolektiv
ES	expediční sklad
GSR	galvanický odpor kůže
HR	srdeční frekvence
Hz	Herz – jednotka frekvence
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
kg	kilogram
km	kilometr
kPa	kilopascal
k. ú.	katastrální území
kW	kilowatt
1L	lesní cesta, celoročně sjízdná
2L	lesní cesta, sezonně sjízdná
LVS	lesní vegetační stupeň
m	metr
MUAP	motor unit action potential
mV	milivolt
OBB	Österreichische Bundes Bahn

obj.	objektivně
OM	odvozní místo
PC	počítač
RESP	respirace
RZ	registrační značka silničního vozidla
Sb.	sbírka zákonů
subj.	subjektivně
ŠLP	školní lesní podnik
TDI	turbocharged direct injection
tj.	to je
USB	universal serial bus, typ počítačového portu
ÚSO	úplné střední odborné vzdělání
ÚZIS	Ústav zdravotnických informací a statistiky
V	volt, jednotka elektrického napětí
v. č.	výrobní číslo
VIN	Vehicle identification number
VDI	Virtual Desktop Infrastructure
VNS	vegetativní nervový systém
W	watt, jednotka výkonu
www	webové stránky
z.	zákon

1 ÚVOD

Řidiči nákladních vozidel jsou v průběhu výkonu své profese vystavováni pravidelně různým typům zátěží, které ovlivňují jejich fyzický i psychický stav a kvalitu i kvantitu pracovního výkonu a vedou při dlouhodobé expozici k predikovatelným druhům zdravotního postižení.

Stres, svalové zatížení, vysoké požadavky na pozornost a schopnost rychlé reakce jsou zásadními faktory ovlivňujícími činnost řidiče -- profesionála.

Předmětem našeho zájmu je prokázat a kvantifikovat předpokládané zvýšené svalové a tedy stresové zatížení řidičů odvozních souprav v každodenních pracovních situacích jako jsou jízda po lesní cestě, míjení s jinými vozidly, míjení pěších účastníků silničního provozu a výjezd na silnici z lesní cesty, jízda po silnicích různých tříd a jiných obdobných situacích, které se s velkou frekvencí vyskytují v reálné dopravě ve srovnání se stresovým zatížením při řízení nákladního a osobního vozidla v totožných situacích.

2 CÍL PRÁCE

Pracovní stresové zatížení ovlivňuje pracovní výkon každého jedince. Toto zatížení se liší podle povahy práce, délky a charakteru pracovních zkušeností a dovedností a teoretických znalostí. Pracovní zatížení má tak z dlouhodobého hlediska vliv na aktuální zdravotní stav a jeho změny, sekundárně je zdravotní stav kofaktorem ovlivňujícím výkonnost.

Řidičům strojů používaná pracovní zařízení práci usnadňují, avšak sekundárně je zatěžují nároky na pozornost při jejich ovládání a na fyzickou zručnost a schopnost je ovládat a nároky na dodržování bezpečnostních opatření.

Ve výše popsaných situacích se nachází každý řidič motorového vozidla. Zejména u řidičů profesionálů se ovládání motorového vozidla může s probíhající profesní praxí zásadně podílet na ovlivnění zdravotním stavu a na jeho negativních změnách. U řidičů nákladních vozidel je pak vzhledem k rozměrům a hmotnosti těchto vozidel jejich zatížení podstatně vyšší než při řízení osobního vozidla. Fyzickou zátěž doplňuje s různou intenzitou zátěž psychická – schopnost úspěšně řešit aktuální dopravní situaci a situaci kolem vozidla jednak na základě teoretických znalostí a praktických zkušeností s jistou mírou predikce a zároveň schopnost řešit ad hoc vzniklé situace, odpovědnost za svěřený náklad, vozidlo a za bezpečnost svou a ostatních účastníků silničního provozu.

Práce je zaměřena na kvantifikaci stresového zatížení řidiče odvozní soupravy, na srovnání stresového zatížení řidiče odvozní soupravy se stresovým zatížením řidiče nákladního vozidla a na kvantifikaci stresového zatížení řidičů těchto vozidel a ohledem na typ pozemní komunikace.

K měření využijeme dostupné typy vozidel sloužících k odvozu dříví z odvozních míst (lesních skladů) na expediční sklady případně na manipulačně-expediční sklady nebo přímo k odběrateli. Zjistíme i vliv typu použitého přepravního prostředku - odvozní soupravy (spojení tažného vozidla s přípojným vozidlem kategorie N – vyhláška č. 153/2023 Sb.) nebo nákladního vozidla (motorové vozidlo s nejméně čtyřmi koly konstruované a vyrobené pro dopravu nákladů – směrnice 2007/46/EU) na velikost fyzické zátěže.

Měřením získáme objektivní časové změny hodnot bioindikátorů odrážející reálné svalové zatížení řidiče při výkonu jeho profese.

Získaná data bude možné využít k revizi stávajících norem, pravidel a procesů v bezpečnosti práce, pro specializovaná zdravotnická pracoviště k identifikaci zdravotních

rizik a jejich intenzity a pro výrobce vozidel k návrhu a realizaci opatření k eliminaci těchto rizik.

Z cílů práce vyplývají tyto hypotézy:

1. H1 - Stresové zatížení řidiče odvozní soupravy je stejné jako řidiče jiného motorového vozidla.
2. H2 - Na intenzitu stresového zatížení řidiče nemá vliv typ pozemní komunikace.
3. H3 - Povětrnostní podmínky a denní doba (světlo / šero / tma) nemají vliv na intenzitu stresového zatížení řidiče.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Studovaná problematika ve světě

Četnost publikací zveřejněných ve webové databázi Web of Science ukazují zájem vědy o problematiku stresového zatížení a pracovních podmínek řidičů nákladních vozidel z povolání jako velmi intenzivní. Zatímco ve všech záznamech sahajících až do roku 1945 je vedeno v patrnosti téměř 400 materiálů, do roku 1990 není tato problematika vůbec publikována. V následujících letech pak zájem o studium této oblasti roste téměř dvojnásobnou rychlostí. V letech 1991 – 2000 bylo publikováno 43 prací, v následující dekádě 2001 – 2010 již 98 prací a v současné dekádě 2011 – 2020 celkem 158 prací. Pro tento výzkum je tedy směrodatné zejména období od roku 2001, kdy je zájem o problematiku intenzivní.

Nejvíce se práce zabývají pracovními podmínkami řidičů, nerovnoměrným rozložením pracovní doby a prací mimo domov a nepravidelným pobytem s rodinou, únavou, stresem a zátěží. Řada prací se věnuje také metodám objektivního monitorování aktuální stresové zátěže a srovnáváním možností jejich využití v praktickém používání.

Práce pohlízejí na pracovní prostředí řidičů a jejich pracovní nasazení a charakter práce ze sociálního, zdravotního a ekonomického hlediska. Zabývají se rodinným prostředím řidičů, vlivem časté práce mimo domov na rodinné vztahy a vývoj dětí. V této souvislosti je zkoumána i délka a frekvence práce mimo domov v řádově několika denní až týdenní absenci a ekonomická motivace.

Experimentálně pak jsou sledovány reakce řidičů osobních automobilů, kdy jim jsou na trenažeru simulovány různé stresové situace provozu včetně dopravních nehod a je sledována jejich zátěž různými metodami např. sledování změn EKG, EEG, EMG, krevního pulsu, tělesné teploty a odporu kůže.

V publikační činnosti této problematiky vedou s přehledem s ohledem na publikovaný počet především instituce zabývající se technologiemi v dopravě 23,6 %, dopravou jako takovou 22,1 %, veřejným zdravím a životním prostředím 21,4 %, mechanickými aspekty v dopravě 17,8 % a ergonomií 15,1 %. Publikující instituce se nacházející ve vyspělých ekonomikách zejména ve Spojených státech amerických – 44 % publikací, např. University of Iowa – 6 prací, Oregon State University – 4 práce, Harvard University – 4 práce, University of North Carolina – 3 práce, Ohio State University – 4 práce, University of California – 3 práce, University of Arizona – 2 práce; dále v Evropě 26 % prací např.

Dublin City University - 5 prací, Amsterdam University of Applied Sciences - 3 práce, Austrálie 9 % prací, např. University of New South Wales – 5 prací, Asie je zastoupena 11 % prací – zejména z Japonska a z Číny, ale také z Indie, Kanada představuje 5 % prací a Jižní Amerika 3 % - zejména University of São Paulo. Jedná se především o publikace výzkumných pracovníků akademické sféry. Zastoupena je však i komerční sféra, reprezentovaná zejména společnostmi Volvo – 5 prací.

Nejčastěji bylo publikováno ve VDI Berichte (2,33 % prací), Transportation research record (1,67 % prací), IEEE Intelligent Vehicles Symposium (1,51 %), IEEE International Conference on Conference on Robotics and Automation (0,78 % prací).

Problematika stresového zatížení řidičů ve spojení s nákladní, zejména mezinárodní dopravou, má vzestupnou tendenci v celkovém objemu 150 prací. V drtivé většině se jedná o články (82,6 %) a procesní poster (14,1 %).

Na téma pracovního zatížení řidičů nákladních vozidel ve spojitosti s diagnostikou tohoto zatížení je zveřejněno 26 prací z toho od roku 2001 21 prací.

3.2 Výstupy literární rešerše

3.2.1 Řidiči

3.2.1.1 Profese řidiče

Američtí řidiči dálkové nákladní dopravy pracují v dlouhých směnách, jejichž vlivem se setkávají se značnými výkyvy v práci na směny. Čelí tak rostoucí zátěži psychosociálních pracovních stresorů a dostávají se do významné nerovnováhy mezi pracovním a soukromým životem (Alterman, 2010; Krieger, 2010; Landsbergis, 2010). Vzhledem k horším zdravotním výsledkům v USA ve srovnání s většinou ostatních rozvinutých zemí je stále naléhavější zkoumat práci jako hlavní sociální determinanty zdraví (Landsbergis, 2018; Ahonen, 2018; Marmot, 2015).

Organizace práce, formovaná kombinací makro-, mezo – a mikroúrovňových sil, má hluboký zdravotní dopad a významně přispívá ke zdravotní nerovnosti v práci (Landsbergis, 2014; Burgard, 2013). Na behaviorální úrovni jsou spojeny nepříznivé pracovní prostředí a rizikové zdravotní chování (Siegrist, 2006; LaMontagne, 2012), přičemž ovlivňujícími faktory jsou také obezita, kardiometabolická nemoc (metabolický

syndrom) (Soloveiva, 2013, Heraclides, 2012; Kivimaki, 2015), spánek (Yong, 2017, Linton, 2015) a duševní nemoci (Harvey, 2017).

Studie ukazují nejvyšší četnost psychosociálních a fyzických rizikových faktorů a tím i největších ohrožení zdravotními nerovnostmi v profesních odvětví dopravy, zemědělství, konstrukcí a zdravotní péče (Landsbergis, 2014).

Organizace práce jako pracovní stresory jsou spojeny s mnoha špatnými zdravotními výsledky a riziky zejména dálničních nehod, které mají značné důsledky pro veřejné zdraví a společnost (Hege, 2017; Lemke, 2016).

Obecně je rovnováha mezi pracovním a soukromým životem, která zahrnuje jak konflikty mezi pracovním a rodinným životem, velmi důležitá, stejně jako čas potřebný k nastavení rovnováhy, kterou jednotlivci potřebují mezi časem přiděleným na práci a jinými aspekty života, včetně rodinných, sociálních a volnočasových aktivit a dalších oblastí zdraví a blahobytu (Lee, 2018).

Není divu, že zaměstnanci s organizací práce vyžadující dlouhou pracovní dobu, minimální volno a další špatné pracovní podmínky s větší pravděpodobností vykazují nerovnováhu v pracovním životě nebo konflikty mezi pracovním a soukromým životem (Fujimura, 2014, Lunau, 2014).

Pracovníci, kteří dostávají do konfliktu svůj pracovní a soukromý život, mají navíc tendenci vykazovat negativní výsledky zdravotního stavu (Lallukka, 2010; Leineweber, 2013), nedostatečný spánek (Dahlgren, 2014; Mellner, 2016) a duševní onemocnění (např. úzkost, deprese) (Chandola, 2004; Hammig, 2009).

3.2.1.2 Všeobecné požadavky na řidiče

Veškeré takzvané všeobecné požadavky k řidičům vycházejí ze zákona č. 361/2000 Sb. z vládního nařízení č. 589/2006 Sb. a pro řidiče zajišťující odvoz dříví také z vyhlášky č. 339/2017 Sb. Předpisy uvádějí požadavky, jejichž dodržování závisí zejména na morálních kvalitách a aktuálním psychickém rozpoložení řidiče. Psychické rozpoložení řidiče je stěžejní pro bezpečnost každého účastníka provozu.

Schopnosti řidiče, které podmiňují bezpečné řízení, jsou požadované pro udělení či prodloužení řidičského oprávnění. Schopnosti můžeme dělit do tří částí:

- Vjemové schopnosti (vizuální, zvukové, motorické, prostorové orientace, koncentrace pozornosti)

- Intelektové schopnosti (rozpoznání, hodnocení, schopnost analytického myšlení, praktické a kritické myšlení)
- Psychomotorické schopnosti (rychlost a přesnost reakce, přizpůsobivost, koordinace pohybů)

Zásadním požadavkem k řízení motorového vozidla je nepřítomnost jakékoliv úrovně mentální retardace, která je indikátorem horší schopnosti orientace a pohybu v prostředí. Mentální omezení podmiňuje zhoršenou nebo pomalou identifikaci rizik a schopnosti předvídat budoucí děje (Lakota, 2013).

Schopnosti řidiče musí zahrnovat adaptabilitu na měnící se podmínky v reálném čase, a to včetně konfrontace se situací, která je pro něj nová a neznámá. Při zachování trendu aktuálního vývoje dopravního prostředí lze předpokládat zvýšení množství myšlenkových operací i rychlosti jejich vyhodnocení, které má řidič zpracovávat.

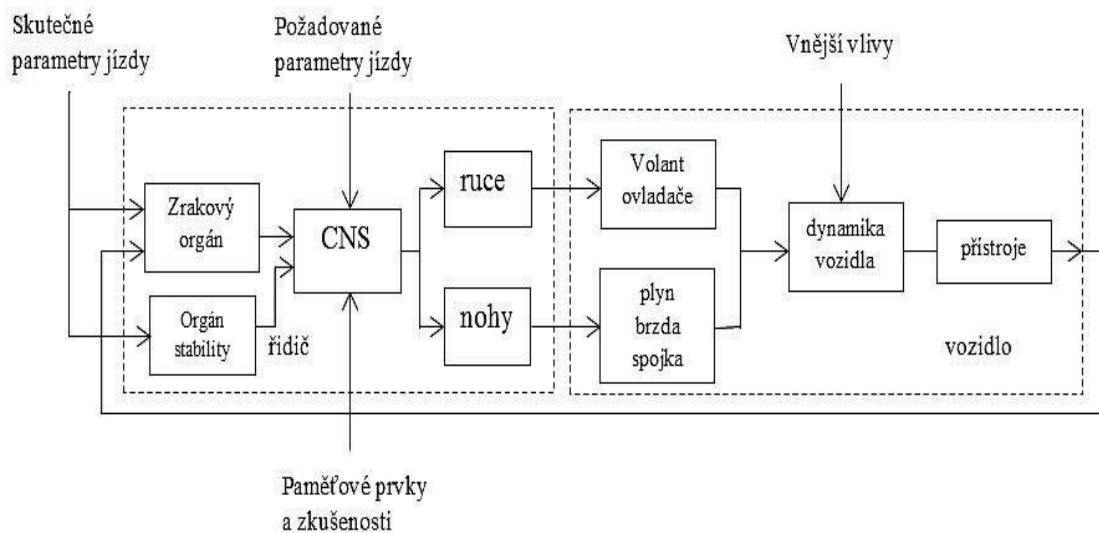
V současných automobilech je řidičova pozornost upoutávána mnohými funkcemi vozidla, které do budoucna budou pravděpodobně přibývat. Tento trend vyvíjí nátlak na pozornost řidiče, která je svázána s inteligencí. Řidič musí být schopen posoudit dopad své nepozornosti vzhledem k bezpečnosti jízdy a korigovat své chování (Šucha, 2013).

Z výše uvedeného vyplývá snaha výrobců vozidel o ulehčení práce řízení. Tato snaha, především v oblasti asistenčních systémů, má však za následek stagnaci intelektových schopností řidiče a tím zhoršení schopnosti bezpečně řídit vozidlo. Výrobci vozidel si tuto neblahou skutečnost uvědomují, a možná i proto vyvíjejí autonomní systémy řízení vozidel, které by neměly chybovat jako člověk (Šucha, 2013).

3.2.1.3 Fyziologické schopnosti řidiče

Reakční doba řidiče

Reakční doba je obecně zavedený termín, stanovující dobu potřebnou k reakci člověka vyvolanou jakýmkoliv zaznamenaným podnětem. Na základě shodného uspořádání zrakového a sluchového systému i systému rovnováhy u všech lidí lze říct, že reakční doba řidiče je čas nutný k zareagování biologického systému na podnět nejčastěji ve zrakovém poli řidiče (obrázek č. 1). Včetně podnětů náhlých a neočekávaných (Plch, 2010).

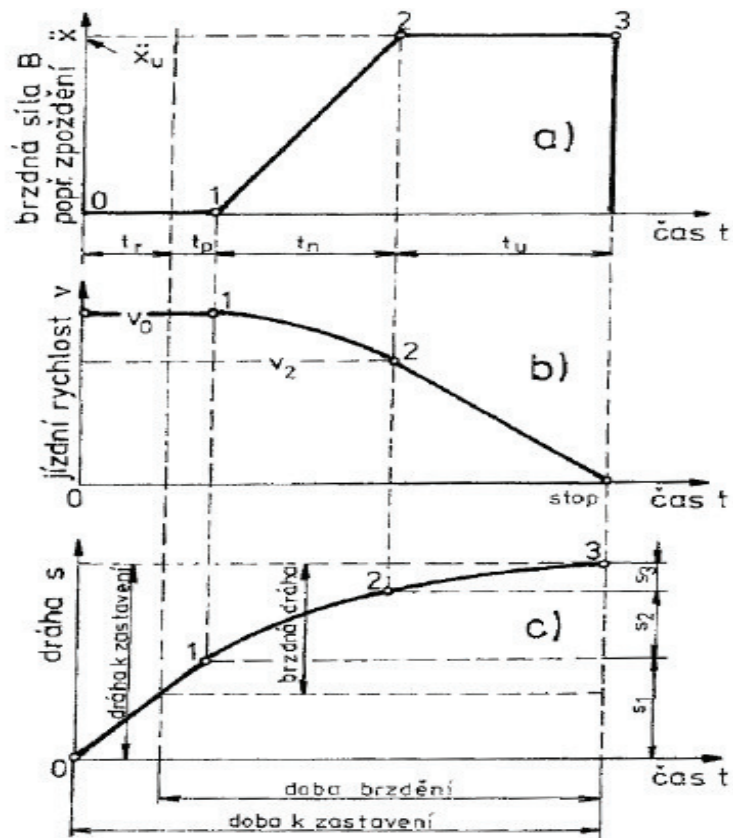


Obrázek č. 1: Reakční schéma interakce řidič-vozidlo (Plch, 2010)

V širším pohledu lze dobu reakce rozdělit na tři základní fáze.

1. Optická reakce (počátek vidění objektu)
2. Psychická reakce (rozpoznání objektu)
3. Svalová reakce (samotná fyzická reakce, např. pohyby končetiny)

Provázání jednotlivých složek reakcí včetně rychlosti odezvy vozidla se podílí výraznou měrou na době, která uplyne od zaregistrování podnětu po okamžik zanechávání brzdných čar na vozovce. Například brzdový asistent zkracuje čas náběhu brzdného účinku a tím se podílí na zkrácení brzdné dráhy. Na obrázku č. 2 je znázorněn průběh reakce řidiče i odezvy brzdového systému vozidla při brzdění.



Legenda: t_r – reakční doba řidiče
 t_p – doba prodlevy brzd
 t_n – doba náběhu brzdění
 t_u – doba plného zpomalení

Obrázek č. 2: Reakce řidiče, vývoj brzdění vozidla (Vlk, 2000)

Optická reakce

Optická reakce je čas potřebný k zaznamenání objektu zrakovým orgánem. Důležitý poznatek v oblasti optického vnímání zní: Vidět neznamená rozpoznat. Zrakové vnímání patří mezi nejdůležitější nástroje při řízení motorových vozidel. Zrakem řidič získává okolo 90 % všech informací.

Zrak je tak nejdůležitějším smyslovým vjemem nezbytným pro získávání informací o aktuálním dění. Pro orientaci a adekvátní reakci je důležité jak vidění přímé (makulární), tak vidění periferní, které se liší úhlem a ostroty pozorovaného objektu a tedy i rychlostí reakce na takto získané informace. (Straus, 2018).

reakční doba řidiče při úhlu pohledu do 5 stupňů na objekt		reakční doba řidiče při úhlu pohledu nad 5.0 stupňů na objekt	
optická reakce	0.32 – 0.55 s	optická reakce	0.41 – 0.70 s
psychická reakce	0.22 – 0.58 s	psychická reakce	0.22 – 0.58 s
svalová reakce	0.15 – 0.21 s	svalová reakce	0.15 – 0.21 s
celková reakční doba	0.69 – 1.34 s	celková reakční doba	0.78 – 1.49 s

Obrázek č. 3: Reakční doba v závislosti na úhlu pohledu na objekt (Wenke, 1983)

Při periferním vidění se neuplatňuje ostré vnímání jako při makulárním vidění. Pokud je zaregistrován nečekaný pohyb v periferní oblasti vidění, je oko natočeno tak, aby obraz objektu dopadal do ústřední jamky. Pole ostrého vidění je kuželovitého tvaru. Je-li třeba analyzovat nějaký optický podnět, vždy musí být lokalizovaný v oblasti ostrého vidění. Reakční doba tedy závisí také na úhlu, pod kterým je objekt okem pozorován – obrázek č. 3 (Straus, 2018).

Psychická reakce

Psychická reakce je čas potřebný pro vyhodnocení zpozorovaného děje, ohraničený prvním okamžikem fyzické reakce. Tato doba je značně variabilní v závislosti na složitosti situace, únavě řidiče či ovlivnění návykovou látkou. Čas, za který centrální nervový systém vyhodnotí zpozorovaná data, závisí na množství informací a zkušeností již známých z dřívějších událostí uložených v paměti. Nezanedbatelným parametrem zkracujícím psychickou reakci je očekávání budoucího děje. Naopak prodloužení reakce subjektu se pojí s více možnostmi řešení vzniklé situace, s nutností posouzení a vyhodnocení té nejlepší varianty řešení (Straus, 2018).

Svalová reakce

Přímo navazuje na reakci psychickou. Elektrický impuls šířící se nervy je zakončen v nervosvalových ploténkách příčněpruhovaných svalů, zde je převeden změnou hodnoty elektrického potenciálu (depolarizací) na svalový stah. V tento okamžik začíná svalová reakce. Doba trvání pohybu je dána trénovaností veškerého svalstva a rychlostí stahů zapojených svalů, proto mají trénované osoby lepší předpoklady pro kratší dobu svalové reakce.

Dalším parametrem při svalové reakci je optimální trajektorie pohybu. Pokud je pohyb dostatečně natrénován a zažit, je proveden rychleji a bez nutnosti kontroly zrakem. Trénovaný člověk má vždy lepší výsledky v dané oblasti, proto i trénink, pro rozvoj reakční rychlosti vzhledem k ovládnutí vozidla, je přínosem (Lings, 1991).

K dnešnímu dni není stanovena přípustná reakční doba na jednoduchý podnět budoucího řidiče vozidla, kterou by musel splnit pro udělení řidičského oprávnění. Reakční doba je posuzovaná subjektivně instruktorem autoškoly a v průběhu výuky se zkracuje. Pro řidiče, kteří chtějí mít natrénované úhybné manévry i kritické situace při řízení, a tím zvýšit svou bezpečnost, jsou nabízeny kurzy defenzivní jízdy včetně praktické části jízdy náhlých změn na zkušebním polygonu (Lakota, 2013).

3.2.1.4 Faktory ovlivňující reakci na podnět

Při řízení vozidla je vždy řidič ovlivňován mnoha různými faktory, mnoho z nich má přímý dopad na pozornost a s tím spojenou reakci. Faktory ovlivňující reakci řidičů jsou shodné pro řidiče profesionály i neprofesionály. Rozdíl mezi nimi je pouze v jejich intenzitě. Profesionální řidič nákladní dopravy většinou řídí maximální možnou dobu, proto na něj intenzivněji přichází únava než na řidiče jedoucího například ve městě. Faktorů shodných pro obě skupiny je mnoho, např. klimatické či ergonomické nebo světelné (Hughes, 1982).

Pro řidiče profesionální je důležitým faktorem pozornost, protože čelí kontinuálnímu zpracování velkého množství informací v krátkém časovém úseku, každý den po mnoho hodin. Pro řidiče autobusů je otázka pozornosti nejvíce palčivá, neboť mají zodpovědnost za životy mnoha cestujících. Zároveň jsou řidiči autobusů, zejména městské hromadné dopravy, nejvíce vystaveni stresovým situacím, pramenících z husté městské dopravy i množství cestujících (Šucha, 2013).

Obecně lze faktory rozdělit na:

- Senzorické – týkající se smyslových orgánů
- Psychosomatické – týkající se psychických stavů a myšlenkových procesů
- Emoční – týkající se vyvolání emocí
- Klimatické – týkající se povětrnostních podmínek prostředí
- Ergonomické – týkající se dostupnosti ovládacích prvků vozidla

3.2.1.5 Řidič a faktory ovlivňující jeho činnost

Za řidiče z povolání se považuje osoba, která řídí vozidlo v pracovněprávním vztahu a u níž je řízení vozidla druhem práce sjednaným v pracovní smlouvě. Jedná se o člověka, který řídí motorové vozidlo, k jehož řízení ho opravňuje způsobilost k této aktivitě v rámci kvalifikovaného řidičského oprávnění. Do skupiny těchto osob lze zahrnout řidiče hromadné dopravy sloužící k přepravě osob, řidiče sanitek, taxíků a v neposlední řadě profesionálního řidiče nákladních vozidel. Jedná se o specifickou skupinu řidičů, kteří k získání klasického oprávnění k řízení motorových vozidel museli absolvovat i některá další školení, kurzy, lékařské a psychologické vyšetření a splňují náležitě nezbytnosti vyžadující pro vykonávání výše zmíněné činnosti. (Šucha, 2014) Jedním z výše uvedených požadavků na řidiče z povolání jsou povinné lékařské prohlídky, ve kterých jsou obsaženy náležitosti nezbytné ke zjištění, zda je dotyčná osoba způsobilá k řízení motorových vozidel. „Podle ustanovení § 103 odst. 1 písm. a) zákoníku práce je zaměstnavatel povinen nepřipustit, aby zaměstnanec vykonával práce, jejichž náročnost neodpovídá jeho schopnostem a zdravotní způsobilosti“ (Janoušek, 2011).

3.2.2 Psychické vlastnosti a funkce ovlivňující nehodové chování řidiče

Vliv na nehodové chování řidiče mají i samotné řidičovy psychické vlastnosti a funkce. Rozhodující pro řízení motorového vozidla jsou percepční schopnosti (vizuální, auditivní, kinestetické, vnímání, koncentrace pozornosti a prostorová orientace), psychomotorické schopnosti (rychlost a přesnost reagování, koordinaci pohybu, flexibilita) a intelektové vlastnosti jako je poznávání, hodnocení, analytické, praktické a kritické myšlení (Havlík, 2005).

Každý účastník silničního provozu musí být pozorný na to, co se děje kolem něj. Nelze sledovat pouze prostor před sebou, ale je třeba mít pod kontrolou celé okolí vozidla, včetně toho, co se děje po obou stranách a za ním. Pozorností je nazývána specifická mentální funkce, při které dochází k soustředění se na vnější podněty (stimuly) nebo vnitřní zkušenosti v požadovaném časovém úseku. (Mezinárodní klasifikace funkčních schopností, disability a zdraví – MKF, ÚZIS, 2014) K pozornosti neodmyslitelně patří řidičova reakce na podnět, doba, která uplyne od prvního zaregistrování nebezpečí na cestě, případně změny situace v provozu. Reakční doba je časový úsek od zaregistrování podnětu zrakem nebo sluchem po okamžik, kdy na podnět zareagujeme. Reakční dobu ovlivňuje věk, psychický stav a zdravotní kondice (Faus, 2011).

Je třeba si uvědomit, že vedle přirozených tělesných a duševních schopností a vlastností jsou pro kvalitní a bezpečné řízení vozidla důležité včasné rozpoznání vlastní únavy, předcházení, případně eliminace stresu a vhodná životospráva.

3.2.2.1 Únava

„Ze zdravotnického pohledu vnímáme únavu jako subjektivní obtíž, kterou sice každý velmi dobře vnímá, ale kterou lze jen těžko potvrdit nebo kvantifikovat nějakým vyšetřením. Únava je projev komplexní povahy a její příčiny bývají také komplexní. Lze odlišit fyzickou a duševní; většinou se však doplňují a prolínají“ (Chromý, Honzák, 2005).

Fyzickou únavu vnímáme obvykle jako tíhu, slabost, případně bolest nebo ztuhnutí kosterních svalů. Unavené, vyčerpané svaly mají sklon ke třesu a křečím. Projevuje se poklesem svalové síly, ztrátou rychlosti a jemné koordinace pohybů (Nauza, 1999).

Duševní únavu vnímáme většinou jako pocit vyčerpání, ztrátu koncentrace, zhoršení paměti nebo ospalost (Nauza, 1999). V psychické sféře se projevuje nedisciplinovanost, chybí odhad vlastních schopností a dochází ke snížení adaptability na nově vznikající situace (Meško, 2005).

Dříve či později se na řidiči únava projeví. Prvotními příznaky únavy může být pocit těžkých víček a až intenzivní pálení v očích. U většiny řidičů únava vyvolá sucho v ústech se silným pocitem žízně, tlak v hlavě a ve spáncích spojený s hučením v uších. Při dlouhých jízdách bez odpočinku se únava projeví bolestí zad a šíje. Všechny tyto výše zmíněné faktory mohou mít za následek vznik mikrospánku. Mikrospánek trvá 3 až 15 sekund. Po této době dojde k probuzení či usnutí. Pokud je mikrospánkem postižen řidič, tak při samotném probuzení může reagovat zmatečně, panicky, a právě tato fáze „mikroprobuzení“ je příčinou mnoha nehod, které mohou mít fatální důsledky. Únava se dále může projevovat pocením rukou, pocit horka, a naopak chladu v nohách (Čevela, 2009).

Únava se projevuje i na smyslových a psychických funkcích řidiče. Klesající zraková ostrost, výpadky části zorného pole, tunelového či dvojitého vidění. Únava bez adekvátního odpočinku může zpomalovat vnímání a myšlení řidiče, kolísáním až výpadky pozornosti. Všechny tyto projevy vedou ke zhoršenému vedení vozidla, řidič má snahu držet se ve středu vozovky a má nutnost neustále korigovat směr jízdy. Reakční doba se při únavě prodlužuje až 5krát. V nejvyšších stupních únavy řidič nevnímá objektivně svoji rychlost, nevnímá stoupání a klesání a stíny na vozovce, kaluže apod. se mu jeví jako překážky, na které nepřiměřeně reaguje. Únava může vyvrcholit v nevladatelnou touhu usnout a může skončit až usnutím za jízdy. Únava může být ovlivněna několika faktory, ať

již pozitivně, například věkem, zdravotním stavem řidiče a samotnými schopnostmi řidiče, tak i negativně, kouřením, alkoholem, užíváním léků, ale také nevhodným chováním spolujezdce či špatnou konstrukcí vozidla, jehož stav vyžaduje stálou pozornost řidiče. Únava je přirozenou reakcí organismu na stres vyvolaný jak osobnostními, tak situačními faktory (Šucha, 2013).

Kombinace nadměrných pracovních nároků a pracovního stresu je spojena s horším spánkem (jak délka trvání, tak kvalita), a to pravděpodobně kvůli nedostatečné rovnováze mezi pracovním a soukromým životem nebo dobou na „zotavení“. Vědci dále uvedli, že špatná pracovní doba (dlouhá pracovní směna) může vést k pracovnímu stresu (Puttonen, 2010).

Na druhé straně nedostatek spánku může potenciálně zhoršovat vnímání celkového pracovního stresu a pracovních nároků (Puttonen, 2010).

Teorie zdrojů (COR) (Germeys, 2018; Crain, 2019) klade důraz na předpoklad, že lidské chování je do značné míry predikované naší schopností získat a udržovat zdroje. Zdroje mohou být interní (tj. naděje, soběstačnost) nebo externí (tj. podmínky zaměstnání, sociální podpora, rodina, zdraví) (Holmgreen, 2017).

Pokud jde o oblast spánku, stává se pro řidiče cenným zdrojem jejich schopnost vykonávat svou práci a udržet kvalitu života mimo práci. Nicméně dlouhé hodiny práce a stresu, který je na ně kladen každý den činí dostatečný spánek mnohem obtížnějším (Crain, 2019).

Ve skutečnosti je většina řidičů placena od množství ujetých kilometrů. Jsou tak motivováni k delší práci a další jízdě s cílem zvýšit svůj příjem, což se často řeší na úkor spánku. Proto mají řidiči tendenci „dostihnout“ ve spánku pracovní dny, což ovlivňuje jejich schopnost vyrovnání s ostatními zdroji (tj. rodinné, zdravotní, společenské nebo volnočasové aktivity) (Crain, 2019).

3.2.2.2 Stres

Stresem se zabýval již americký fyziolog Walter Cannon na počátku minulého století. Cannon popsal tzv. poplachovou reakci organismu při jeho reakci na zátěžové, tedy stresové vlivy. Nazval ji „reflex k boji nebo útěku“ (Cannon, 1915).

Stres je pojem, který byl poprvé zaveden do medicíny v roce 1939 v souvislosti s výzkumy, jež prováděl kanadský vědec maďarského původu Hans Selye. Tento termín totiž původně pocházel z oblasti techniky a technických věd, kde znamenal nadměrnou zátěž či namáhání. Selye pak tohoto výrazu při svých výzkumech využil pro vysvětlení nespecifické stereotypní reakce organismu, která se objevuje jak u člověka, tak i u zvířat

při jeho nadměrném zatížení. Právě na zvířatech Selye své pokusy prováděl. Na základě svých výzkumů dokázal následně určit obecnou formu, jak člověk reaguje na stres, tzv. obecný adaptační syndrom, který je charakteristický pro stresovou reakci bez ohledu na typ podnětu, který ji vyvolal.

Stres je tedy možno považovat, na základě výzkumných prací obou výše zmíněných vědců, za prastarou reakci, která je vlastní nejen člověku, ale i všem ostatním živým organismům. Tato reakce je pro zachování našeho života velice důležitá, neboť nás připravuje na reakci boj anebo útěk, a to na základě nastalé situace a na základě našeho individuálního vnímání této situace. Pomáhá nám tak rovněž k přežití za krajně nepříznivých životních podmínek. Z našich životů nelze tedy stres odstranit úplně, ale je nutné se s ním naučit správně žít a zacházet, udržovat jej v rozumných hranicích (Pauknerová, 2007).

Stres je určitou nespécifickou odpovědí lidského organismu, jejímž hlavním a prioritním cílem je jeho vlastní záchrana. U zvířat se jedná většinou o záchranu jejich vlastního života, zatímco v případě člověka se se stresem setkáváme většinou v rámci mezilidských a pracovních vztahů, kde nám většinou o náš život nejde. Tento proces znepríjemňuje náš život, poškozují zdravotní stav či zhoršuje pracovní výkonnost.

Jak uvádějí oficiální americká doporučení týkající se řešení problematiky stresu jednotlivce i globálních stresových situací: „Všeobecně přijímaný názor je, že optimální hladina stresu působí jako tvůrčí a motivační síla, která vede lidi k dosahování neuvěřitelných výkonů a cílů (eustres). Naproti tomu chronický traumatický stres (distres) je potenciálně neobyčejně destruktivní a poškozují psychické a tělesné zdraví a může ohrozit samotný život. Rozumná hladina eustresu zvyšuje výkonnost, zatímco vliv psychosociálního distresu na výkon je zhoubný (Bryce, 2001).

Podněty, které mohou vyvolat stresovou reakci, nazýváme stresory. Hans Selye se zpočátku zaměřoval pouze na studium fyzických stresorů. Těmito stresory může být jakákoliv změna uskutečňující se v našem vnitřním či blízkém vnějším okolním prostředí, která vyvolává určitou reakci našeho organismu, za účelem adaptace na novou situaci. Popisovaná reakce organismu se následně projevuje viditelnými fyziologickými ale i jinými změnami. Stres můžeme tedy jednoduše charakterizovat jako porušení rovnováhy mezi vnitřním stavem jedince a podmínkami a vlivy jeho okolního prostředí (Štikar, 2003).

Selye (1975) odděluje psychický stres od stresu fyzického. S tímto jeho závěrem však nelze zcela souhlasit. Práce Selyeho nástupců ve zkoumání tohoto oboru potvrdily, že psychický a fyzický stres jsou od sebe navzájem neoddělitelné. Příkladem jsou následky autohavárie, které se projeví nejen fyzickým stresem, tedy bolestí vyplývající z aktuálně

pociťovaného zranění (jako je například zlomená končetina či poškození některého z vnitřních orgánů), ale i očekáváním dalších problémů spojených s tímto zraněním (jako jsou další operace způsobující další bolest, případně možné trvalé následky daného zranění a obava z dalšího uplatnění postiženého člověka ve společnosti). Původní fyzický stres tímto přerůstá ve stres psychický (Štikar, 2003).

Stres je vysoce subjektivní a individuální záležitostí. Obecně lze však shrnout následující základní poznávací znaky člověka stíženého stresem. Stres se projevuje jako zpravidla nepříjemně zabarvený pocit duševního napětí až předrážděnosti, duševního rozladění, úzkosti, nepohody, zlostí i pocitem ochablosti a únavy. Tyto úkazy zahrnujeme pod název citově záporné napětí. Toto negativní napětí se promítne do celkového chování subjektu. Zvýší se sklon k obranným, úhybným nebo agresivním reakcím. Cílem chování je buď zajištění útěku před stresující situací, nebo útok na subjekt, který stresující situaci způsobil. Stresovaná osoba může vykazovat projevy zvýšené vzrušivosti, nebo naopak utlumenosti až apatie, křečovitost, nesoustředěnost, neschopnost uvolnit se psychicky ani fyzicky, svalový třes nebo ochablost, přeskakující či přiškrcený hlas, projevy zkratkovitého jednání, narušená soudnost, narušená myšlenková plynulost, zhoršená koordinace všech jemnějších funkcí, fyziologické projevy jako nutkání ke zvracení, průjem, potřeba častého močení a tak podobně (Štikar, 2003).

Stres lze popsat jako fyzickou a duševní reakci na podněty, které nebyly očekávány a jsou pro subjekt překážkou. Spouštěče stresu se obecně nazývají stresory. Základní rozdělení stresorů řidiče lze členit na skupiny:

- Fyzického rázu (nevhodná ergonomie, hluchost, oslnění, klima ve vozidle)
- Sociálně-pracovního rázu (u profesionálních řidičů dodržení požadavků zaměstnavatele, přesčasy, zodpovědnost za cestující)
- Psychického rázu (povahový typ, asertivita, adaptabilita, psychohygienu)

Výrazným stresorem pro každého řidiče je omezená, špatná plynulost jízdy okolních vozidel. Kdy jsou řidiči nuceni měnit rychlost nebo směr jízdy, čím větší je změna rychlosti jízdy tím častěji narůstá stres (James, 2002).

Každá situace může být zátěžovým faktorem nebo stresorem. „*Stresorem v dopravě mohou být hustá doprava, náledí, horko, ale i nedostatečné dopravní značení a stav silnic a dálnic*“. Kromě těchto charakteristik hrají velkou roli interpersonální vztahy v dopravě – bezohlednost ostatních řidičů, mezilidské vztahy na silnicích, vliv spolujezdců, ale i pracovní vytížení či rodinná situace (Matthews, 1991).

Velice důležité je zvládat stresové situace i stres jako takový, každý řidič by měl být schopný reflektovat své chování i myšlení, být co nejvíce předvídatelný pro ostatní účastníky silničního provozu. Řidič, který není předvídatelný, nejspíše zapříčiní dopravní nehodu. Bezprostřední okolí takového řidiče nemůže zhodnotit situaci a připravit se na defenzivní jízdu (James, 2002).

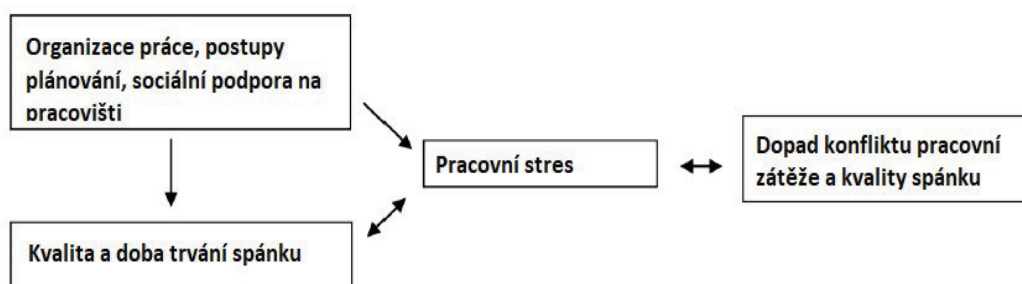
Dalším ohrožením nejenom pro řidiče z povolání je v dnešní době hojně diskutovaná agresivita řidičů. Agresivní chování bývá často reakcí na vnímaná omezení v dopravě a zároveň se stává stresorem pro ostatní řidiče. Má řadu podob - jedná se o nepřiměřenou rychlost, styl jízdy plyn – brzda, nerespektování dopravních předpisů, „lepení se“ na pomalu jedoucí automobily, „trestání“ ostatních účastníků provozu např. nevhodným troubením apod. Agresivní chování v dopravě má souvislost s obecnou predispozicí k agresivitě a hostilitě a výskytem stresových situací v běžném životě (Matthews, 1991).

Na základě výsledků výzkumu toho, co si lidé myslí a cítí za volantem, lze vyslovit provokativní názor, že agresivní chování v dopravě se stává kulturní normou (James, 2002; Ullenberg, 2004).

3.2.2.3 Tlak vyvíjený na řidiče

Řidiči vnímají individuálně svého nadřízeného, který svým přístupem určuje, jak vnímají pracovní klima a bezpečnost. Nadřízení svým přístupem ovlivňují individuální úroveň výkonnosti řidičů, i pokud jde o bezpečnostní postupy (Zohar, 2014).

Pracovní stres zprostředkovává vztah mezi faktory na pracovišti (plánování, podpora nadřízeného), spánkem a následným konfliktem pracovního a osobního života, vizuální znázornění uvádí obrázek č. 4.



Obrázek č. 4: Vztahy mezi organizací práce / rozvrhováním, spánkem, stresem a konflikty mezi pracovním a soukromým životem (Hege, 2019)

Dispečer, který zastává pozici přímého nadřízeného řidičů, by se měl snažit zajistit, aby řidiči měli jízdní řád, který podporuje jejich zdraví a pohodu. Dalším aspektem vlivu

na psychickou stránku řidičů je velmi malá interakce se spolupracovníky, mimo zastavení nákladního vozidla.

Silný vztah mezi očekávaným konfliktem stresu a pracovním životem se předpokládá a byly zjištěny rozdíly mezi řidiči nákladní dopravy a ostatní populací, a to zejména pokud jde o výsledky duševního zdraví, jako je deprese, úzkost, a návykové látky (Apostolopoulos, 2016).

Například při dostatečném spánku je známo, že se zlepšuje schopnost řidičů vypořádat se se stresory. Mnoho řidičů používá jiné techniky ke zvládnutí stresu, jako jsou konzumace kofeinu nebo konzumace nezdravého „komfortní jídlo“, které ohrožuje spánek a zdraví (Wipfli, 2013).

Navíc bylo zjištěno, že délka spánku sama o sobě předpovídá kvalitu spánku (Lemke, 2013; Lemke, 2015).

S ohledem na zjištění některých studií, která nastiňují klíčovou roli vnímaného stresu jako prostředníka mezi organizací práce a spánkem a následnou rovnováhou mezi pracovním a soukromým životem, by měly být vyvinuty a rozšířeny jako preventivní intervence, která se zaměřují na snižování stresu.

Podobně intervence zaměřené na zlepšenou výživu, lepší spánek, screening a léčba poruch spánku a prevence látek mohou mít podobné rozšířené dopady (Lemke, 2015).

3.2.3. Ergonomie mobilních pracovních strojů

Zaměření ergonomického designu člověk – stroj - prostředí se podílí na zvýšení spolehlivosti, flexibility a účinnosti tohoto systému. Ergonomický design si klade za cíl dosáhnout plánovaného výkonu stroje optimálním využitím dostupné pracovní síly. Neschopnost integrovat ergonomické zásady při konstrukci stroje může mít za následek vystavení řidiče nepříjemně vysoké úrovni fyzické a psychické zátěže. Má to dopad nejen na výkon systému člověk - stroj, ale může mít nepříznivý účinek na zdraví a provozovatele (Sachs et al., 1994).

3.2.3.1 Ergonomie nákladního vozidla

Každý provozovatel při nákupu nákladního vozidla zvažuje a zohledňuje rozsáhlý přehled ergonomických faktorů.

Ergonomické faktory pracoviště řidiče

Vozidlo a především jeho interiér musí vyhovovat požadavkům na velikost těla řidiče a všem fyzickým omezením, která u řidičů mohou nastat. Ergonomie interiéru - např. velikost, umístění a rozsah nastavení volantu; velikost, nastavitelnost odpružení a tvar sedadla a jeho nastavitelných prvků – bederní opěrka, loketní opěrka a opěrka hlavy; umístění pedálů a dalších ovládacích prvků, displeje musí odpovídat potřebám řidiče. V úvahu je třeba vzít rovněž denní časovou dotaci řízení vozidla jedním řidičem a roční nájezd kilometrů. Nesmí se opomenout možnost instalace dalších přídatných zařízení umožňující řidiči např. nakládání a vykládání při bezpečném zajištění stability vozidla ev. další činnosti pro které je vozidlo určeno.

Aspekty užívání vozidla

V každodenním provozu je třeba zhodnotit kvalitu nastupování a vystupování z vozidla, uchopitelnost kliky dveří, a to i v případech, kdy má obsluha rukavice. Důležitá je vhodná pozice schůdků a madel pro nástup do kabiny a jejich navržení tak, aby bránily uklouznutí, jsou-li mokré, nebo od sněhu.

Při vstupu do vozu je třeba zhodnotit dostatek prostoru pro nástup a výstup při plném otevření dveří (bez shýbání či bouchání se hlavou o rám dveří a bez nárazů kolen o spodní část palubní desky a přístrojové desky a sloupek řízení).

Uvnitř vozu je pak hodnoceno sezení v kabině, pohodlnost a dostatečná prostornost, aby mohli cestující sedět a udržovat neutrální pozici, tj. takovou, která co nejméně zatěžuje tělesný tonus (Cardoso, 2018).

Sedadla

Základem pro minimalizaci zejména fyzických potíží, které se po dlouhodobém výkonu profese řidiče projevují je velikost, umístění a rozsah nastavení volantu; velikost, nastavitelnost odpružení a tvar sedadla a jeho nastavitelných prvků – bederní opěrky, loketní opěrky a opěrky hlavy. Dále musí konstrukce pracoviště řidiče zajistit dost prostoru, aby se řidič nemusel hrbít a nenarážel hlavou do stropu nebo boků kabiny v případě, že automobil zapadne do vyjetých kolejí nebo do výmolu. S tím souvisí dostatečné vedení sedáku po celé délce stehen a opěradla pro všechny části zad, včetně bočního vedení. Sedadlo musí být samostatně a nezávisle nastavitelné v těchto parametrech – výška sedáku od podlahy, úhel sedáku, úhel opěradla, vzdálenost mezi opěradlem sedadla a volantem.

U správně nastaveného sedadla by měl být řidič schopen dosáhnout na pedály, volant a další ovládací prvky bez natahování nohou a rukou, a měl by mít dobrý výhled na přístroje, měřidla a všechna zrcátka, a dobrý výhled přes přední i boční okna.

Délka sedáku by měla být nastavitelná tak, aby mezi přední částí sedáku a podkolenní jamkou řidiče bylo asi 7-10 cm místa. Pokud je prostor větší, bude zadní strana kolene příliš namáhána, bude-li menší, mohlo by to bránit řádnému krevnímu oběhu v nohou a chodidlech a sedák musí být tvarovaný tak, aby lépe rozložil hmotnost řidiče na sedadlo a minimalizoval tlakové body na hýždích.

Čalounění by mělo být z prodyšného materiálu pro optimální tepelnou pohodu. Hrany sedadla a jeho záda mohou být z plastu nebo usně, aby se minimalizovalo opotřebení a aby bylo snazší dostat se na sedadlo a ven z něj, materiál sedadla by měl být žebrovaný. Horizontální žebrování na sedáku pomáhá předcházet prokluzování dopředu a svislé žebrování na zádech pomáhá předcházet bočnímu pohybu. Sedadlo řidiče a bezpečnostní pás by měly být schopny přizpůsobení řidičům, kteří na sobě mají ochranný oděv (Cardoso, 2017; směrnice 2007/46/EU).

Opěrka zad a bederní opěrka

Opěradlo sedadla musí být dostatečně vysoké a široké, aby podporovalo i ramena, opěradlo by mělo dosahovat výšky ramen a nebránit výhledu dozadu.

Opěradlo sedadla musí mít nastavitelnou podporu beder ideálně s masážní funkcí. Zbytek zad by měl být v kontaktu po celé délce řidičových zad. Bederní úpravy (dovnitř a ven, nahoru a dolů), umožní řidiči, aby se opěradlo přizpůsobilo zádům a bylo pohodlnější (Cardoso, 2017; směrnice 2007/46/EU).

Bezpečnostní pás

Vozidlo musí mít ramenní popruh s výškově nastavitelným úchytem na B-sloupku (pilíř mezi předními a zadními dveřmi); tato úprava umožňuje řidiči nastavit ramenní pás tak, že spočívá na středu klíční kosti, spíše než na krku nebo na rameni.

Vozidlo musí mít vizuální i akustickou signalizaci nezapnutého bezpečnostního pásu (Cardoso, 2017; směrnice 2007/46/EU).

Opěrka hlavy

Opěrka hlavy poskytuje větší ochranu, čím blíže u hlavy je, protože tím dříve může přijít do kontaktu s hlavou a kontakt při nárazu vzad trvá déle; správně navržená opěrka hlavy sníží pravděpodobnost ohýbání krku dozadu a zabrání poranění krční páteře.

Opěrka hlavy musí mít nastavitelnou výšku a optimálně i úhel vpřed i vzad, opěrku hlavy by mělo jít ve zvolené pozici uzamknout. Pokud toto nelze zajistit, může se stát, že se opěrka hlavy pohne při kolizi - mohlo by dojít k poranění krční páteře. Optimální nastavení výšky opěrky - jako vrchol hlavy sedícího, rozhodně ne níže než 6 cm pod vrcholem hlavy, tj. nesmí být nižší než výška v horní části uší (Cardoso, 2017; směrnice 2007/46/EU).

Nafukovací vaky

Airbagy jsou dalším bezpečnostním zařízením zadržující náraz. Nikdy by neměly být považovány za náhradu bezpečnostního pásu. Bezpečnostní pás sám může ochránit řidiče před zraněním při nárazu v pomalé rychlosti, i bez použití airbagů. Nafukovací vak je určen k nasazení ve vyšších rychlostech a při čelních nárazech. Pokud se zapnou airbagy a cestující nemá bezpečnostní pás, může dojít ke zranění. Airbag sám o sobě nezabrání vypadnutí cestujícího z vozidla.

Pro bezpečnost je důležitý počet i umístění airbagů v kabině; kromě základních čelních airbagů řidiče a spolujezdce může být vozidlo vybaveno též bočními airbagy, případně i kolenním airbagem řidiče; boční airbagy mohou nabídnout ochranu bokům a ramenům v případě nárazu ze strany (Fröhlich, 2018; směrnice 2007/46/EU).

Volant

Vozidlo musí být vybaveno posilovačem řízení, který vyžaduje méně úsilí, intenzita posilovacího účinku je pak nepřímo úměrná jízdni rychlosti (směrnice 2007/46/EU).

Volant má být nastavitelný ve dvou rovinách - směrem nahoru nebo dolů a dopředu nebo dozadu, musí disponovat funkcí sklonění, aby bylo pro řidiče jednodušší dostat se do auta nebo z auta. Sloupek volantu v případě nárazu by měl být „zlamovací“ a volant svojí velikostí nesmí v kterékoli poloze zakrývat ovládací a informační prvky interiéru vozidla. Velikost průměru a průřezu věnce volantu včetně použitého materiálu musí být bezpečná a příjemná na ovládání vozidla (Fröhlich, 2018).

Pedály a řazení

Vozidlo má mít pevný nebo nastavitelný pedál akceleratoru, pedály musí být dost daleko od sebe, aby je mohl obsluhovat i řidič s mohutnou obuví nebo zimními botami. Má-li vozidlo manuální převodovku, musí být řazení v pohodlné poloze (směrnice 2007/46/EU).

Teplotní komfort řidiče

Kabina řidiče by měla rovněž poskytovat dostatečnou teplotní pohodu, kterou spolu s rozvodem čerstvého vzduchu zajišťuje klimatizační jednotka, která udržuje nastavenou teplotu v rozmezí 18 – 24 °C (Fröhlich, 2018) Legislativně je teplota pracoviště stanovena vládním nařízením č. 361/2007 Sb.

3.2.4 Asistenční systémy řidiče

Na asistenční systémy řidiče lze pohlížet z různých úhlů - z pohledu bezpečnosti na aktivní a pasivní, z pohledu konstrukce na mechanické a elektronické nebo z pohledu umístění – objektivní, jako součást konstrukce vozidla a subjektivní jako součást lidského organismu - biosignály.

3.2.4.1 Asistenční systémy vozidla

Stejně jako mnohé řidiče odvádějí od pozornosti silniční navigace, které umožní dostat se na určené místo bez ponětí o trase cesty, tak i asistenční systémy řidiči dovolují omezovat pozornost. Samozřejmostí je, že každý řidič jim nepodléhá (Nevřela, 2016). Z vlastní zkušenosti lze posoudit, jak snadno si člověk zvykne na parkovací senzory či parkovací kameru. Při parkování s vozidly bez těchto pomůcek se pozbyté schopnosti silně projeví.

S určitou analogií lze počítat i u zbylých asistenčních systémů, které již mají větší dopad na bezpečnou jízdu. Ve světle uvedeného je nejdůležitější, aby reakce řidičů byly vždy co nejkratší.

Sledování průběhu jízdy pomáhá snížit pravděpodobnost výskytu dopravních nehod. Dřívější výzkumy ukazují, že 10 % až 30 % dopravních nehod souvisí s nepříznivými stavy při řízení, např. s únavou, s ospalostí, se stresem a rozptýlením (Vicente et al., 2016).

Pokrok v palubní elektronice nákladních vozidel a informačních zařízení ve vozidle umožňují sledovat reakce řidiče v průběhu jízdy, porozumět a vyhodnotit stav řidiče, a navrhnout řidiči opatření k odvrácení nehody. Jde o jednu z klíčových oblastí rozvojové zdokonalení inteligentních dopravních systémů (Barfield & Dingus, 2014).

3.2.4.2 Biosignály

Odborná literatura uvádí mnoho účinných opatření ke sledování chování řidičů a odhalování jejich chování a duševního stavu. Tyto přístupy lze shrnout především jako kontaktní opatření, která jsou extrahována z fyziologických signálů, jako jsou elektroencefalogram (EEG), elektrokardiogram (EKG), elektromyogram (EMG), galvanická

kožní odpověď (GSR) a dýchání (Chen et al., 2015; Chen et al., 2017; Fu et al., 2016; Garcés et al., 2014; Gang & Chung, 2013; Jennifer & Picard, 2005; Lee & Chung, 2012; Lee & Chung, 2014; Vicente et al., 2016; Zheng et al., 2015).

Mezi nimi jsou přístupy založené na analýze fyziologického signálu, které zaznamenávají rostoucí zájem o výzkum a vykazují relativně vysokou přesnost detekce stavu řidiče.

Do nedávna byly techniky založené na monitorování změn fyziologických signálů obvykle omezeny na stadium laboratorního výzkumu hlavně kvůli šumu signálu a problémům závislým na subjektu. V současné době již můžeme ke zkoumání využít analýzu dat získaných z měření fyziologických (bio)signálů pro detekci změn stavu řidiče (Vicente et al., 2016; Zheng et al., 2015).

Budoucnost bude patřit jistě více bezkontaktním metodám, jako jsou měření chování vozidla, detektory založené na komparaci videa z jízdy a videa sledování řidiče při jízdě, ze změn v jeho obličeji, z pohybů jeho hlavy, ze sledování pohybu očí a směru pohledu, případně ze změn teplotní charakteristiky obličeje snímané pomocí IR kamery.

Další možností pak bude pro získání komplexních dat kombinace metod bezkontaktních a metodami kontaktními – neinvazivními.

Dlouhodobé studie sledování změn hodnot biosignálů a jejich interakcí umožňují porozumět těmto interakcím a mohou lékařům pomoci pochopit rizika, která mohou mezi těmito interakcemi existovat. Hlavní výhodou vícerozměrného modelu měření je řešení řady problémů, které lékařům pomáhá v tom, aby lépe léčili pacienty, případně se mohli zaměřit na preventivní opatření (Zheng et al., 2015).

Například signál EKG není ve skutečnosti nezávislý na ostatních fyziologických signálech a lékařská vysvětlení to potvrzují. Koncept interakcí mezi fyziologickými signály tedy musí být dobře formulován a analyzován. V tomto kontextu je třeba vyvinout strategii analyzující interakce mezi biomedicínskými signály s cílem vyvinout správný přístup k diagnostice (Gang & Chung, 2013).

Doprava, zejména silniční provoz se stala jednou z hlavních lidských činností. Její rozvoj vyústil v obrovské infrastrukturní projekty komunikací různých úrovní, implementující rozdílné druhy vozidel. Toto odvětví představuje významnou hospodářskou roli. S rozvojem dopravy úzce souvisí i nehody a jejich příčiny.

Hlavní příčiny dopravních nehod souvisí s nedostatkem bdělosti řidiče. Tento nedostatek ostražitosti je ve skutečnosti výsledkem mnoha faktorů, které jsou identifikovány jako nepozornost, ospalost a chyby spojené s únavou. Léky, drogy, alkohol,

zdravotní diskomfort jsou příčinami nehod, které si zaslouží zvláštní pozornost, protože se staly podstatným zdrojem dopravních nehod (Bekiaris, 2001).

Vznik a rozvoj aplikací telemedicíny umožňuje sledování zdravotního stavu pacienta s cílem snížit kolinearitu mezi údaji.

Analýzou dat lze odvodit individuální chování a využít jej při predikci chování ostatních jednotlivců. Data lze využít i ke snížení častých problémů v časové řadě kolinearit mezi vysvětlujícími proměnnými díky možnosti zavedení inter individuálních rozdílů. Tyto jednotlivé efekty mají druhou výhodu v tom, že jsou schopny identifikovat a brát v úvahu nepozorovatelné efekty (Bekiaris, 2001).

Elektromyografie (EMG) je diagnostický postup pro hodnocení zdraví svalů a nervových buněk, které je kontrolují (motorické neurony).

Galvanická odezva na kůži (GSR) je definována jako změna elektrických vlastností kůže (zejména její rezistence). Měření je relativně jednoduché a má dobrou opakovatelnost. Proto lze měření GSR považovat za jednoduchý a užitečný nástroj pro zkoumání funkce autonomního nervového systému (Gerrett, 2013).

Srdeční frekvence (HR) je rychlost srdečních stahů měřená počtem systol levé srdeční komory za jednotku času - obvykle tepy za minutu (bpm).

Historicky byla sledována proveditelnost automatizovaného rozpoznávání stresu na základě zaznamenaných signálů, mezi které patří elektrokardiogram (EKG), elektromyografie (EMG), galvanická kožní rezistence (GSR) měřená na rukou a nohou a srdeční frekvence (HR).

EMG lze vzorkovat při frekvenci 15,5 Hz po prvním průchodu průměrovacím filtrem 0,5 s. Signály následně shromažďovat vestavěným počítačem v upraveném autě. Experimentátor vizuálně sleduje fyziologické signály, jak byly shromážděny pomocí přenosného počítače s programem vzdáleného zobrazování (Jennifer, 2005).

Obrázek č. 5 ukazuje příklad signálů shromážděných během typické denní jízdy spolu se značkami zobrazujícími doby řízení a události.



Obrázek č. 5: Fyziologické biosignály získané z elektrokardiogramu (EKG), elektromyogramu (EMG), galvanické odezvy kůže (GSR) měřeno na ruce a nohou, srdeční frekvence (HR) a dechové hloubky (RESP) (Ghouali, 2017).

3.2.5 Způsoby monitoringu biosignálů

Biosignály získané elektromyograficky (EMG) jsou měřítkem aktivity ve svalech. Jejich zkoumáním lze identifikovat nejen neuromuskulární patofyziologické stavy a procesy založené na EMG signálech pomocí klasifikace, ale i svalové zatížení v klidovém stavu i při zátěži. Neuromuskulární onemocnění, která mohou být identifikována, jsou myopatie a neuropatie.

EMG je součet akčních potenciálů ze svalových vláken pod elektrodami umístěnými na kůži. Čím více svalových vláken je v činnosti, tím větší jsou zaznamenávané hodnoty akčních potenciálů, což odráží odečet EMG.

Experimentální i diagnostické získání hodnot akčních potenciálů motorických jednotek (MUAP) během zkoušky EMG by pomohlo odhalit důležité informace pro odhad neuromuskulárních poruch a zátěže (Sasidhar, 2009).

Parametrická extrakce ze signálů EMG je jedním z důležitých kroků k určení funkce vektoru.

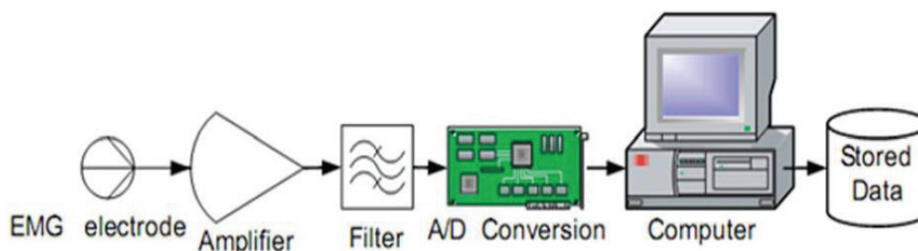
- Zdraví: člověk, který není postižen nemocí ani poškozeným svalem se může pohybovat bez omezení

- Myopatie: je svalové onemocnění, při kterém svalová vlákna nefungují z mnoha důvodů, což má za následek svalovou slabost. Jiné příznaky myopatií mohou zahrnovat svalové křeče a/nebo svalovou ztuhlost.
- Neuropatie: je poškození jednoho nervového vlákna nebo nervové skupiny, které má za následek ztrátu pohybu a/nebo citlivosti.

Elektromyografie (EMG) měří odezvu svalu nebo elektrickou aktivitu v reakci na nervovou stimulaci svalu.

Biosignály EMG se obvykle získávají povrchovou (neinvazivní) anebo jehlovou či drátovou (invazivní) elektrodou. Jehlové nebo drátové elektrody jsou obvykle používány lékaři v klinickém prostředí k diagnostice stavu a/nebo funkce. Signály povrchové elektromyografie (sEMG), jsou používány ve výzkumu, protože sEMG je stále více uznáván jako zlatý standard pro analýzu svalové aktivity (Elamvazuthi, 2015).

sEMG například může využívat k vytvoření signálního popisu pro svaly předloktí, které se stává důležitým vstupem ve vývoji rehabilitačních zařízení, zejména svalů předloktí jako extensor carpi radialis, flexor carpi radialis, palmaris longus a pronator teres na základě pohybů, jako je prodloužení zápěstí a flexe, ruka se otevírá a zavírá, supinace a pronace předloktí.



Obrázek č 6: Transformace měřeného biosignálu na dále zpracovatelná data (www.delsys.com, 2015)

Elektrody sEMG jsou velmi důležité pro záznam EMG signálů. K detekci se používá diferenciální zesilovač k detekci rozdílu potenciálu mezi dvěma elektrodami s potlačením vnějšího šumu (obrázek č. 6). Dále je signál filtrován pomocí různých typů filtrů, jako jsou Butterworth, Bessel, Chebyshev a Elliptic. Následně je filtrovaný signál dále zpracován pomocí analytického softwaru (www.delsys.com, 2015).

Měření ukazují, že hodnoty amplitudy ve zpracovaných datech EMG u mužů vykazují vyšší amplitudu ve srovnání se ženami. Výzkum tedy ukazuje, že rozdílné popisy signálů

sEMG pro svaly předloktí by měly být vytvořeny pro ženy a muže zvlášť (Elamvazuthi, 2015).

Popisy signálu sEMG jsou užitečné například při vývoji rehabilitačního zařízení horních končetin.

Rovněž bylo experimentálně ověřováno, jaké jsou reakce svalového a oběhového systému řidiče za simulovaných podmínek hrozby srážky. Studie byla provedena v simulátoru jízdy osobního automobilu (Konarska, 2002).

Současná technická řešení umožňující sledování změn fyziologických funkcí a jejich hodnot u řidičů vozidel silniční dopravy i v okamžiku dopravní nehody.

V experimentu jsou řidiči dopředu seznámeni s průběhem experimentu na simulátoru, kdy bude simulována jízda v běžném provozu a v určité chvíli bude simulována kolizní situace se simulovanou auto nehodou. Během průběhu simulované jízdy jsou řidičům měřeny změny fyziologických funkcí (Konarska, 2002).

V průběhu jízdy musí mít řidiči na paměti i druh, velikost, váhu, rozložení a těžiště převáženého nákladu (Konarska, 2002).

Reakce řidiče probíhají podle základních mechanismů „akutního“ stresu. Základní reakce řidičova těla v ohrožení zahrnuje aktivaci oběhového a muskuloskeletálního systému vegetativním nervovým systémem (VNS). Odpověď obou aktivovaných soustav umožňuje ohrožené osobě reagovat na rizikovou situaci okamžitě, reflexně a podvědomě (Konarska, 1989; Konarska, 2002).

Svalová síla a maximální vyvinutá kontrakce (MVC) závisí na délce svalu (umístění různých částí těla), ale nejen na ní. Závisí také jak na individuálních vlastnostech řidiče, tak na psychickém stavu řidiče a vnějších okolnostech (Duque, 1995).

Mezi neinvazivními metodami hodnocení svalové aktivity patří povrchová elektromyografie (sEMG) jako nejspolehlivější (Duque, 1995; West, 1995; Cook, 1998; Bartuzi, 2007; Roman-Liu, 2009).

Oběhový systém je systémem citlivým na podněty životní prostředí. Funkční podmínka vegetativního nervového systému (VNS) je hlavně zodpovědnost za změny v srdeční frekvenci (HR). Neustálé „přizpůsobování“ HR změnám podmínek prostředí zahrnují hlavně vzájemné vztahy (inhibice aktivace) sympatické a parasympatické komponenty VNS (Berntson, 1991; Collins, 2010). Variabilita srdeční frekvence (HR) analyzována ve frekvenční oblasti srdce umožňuje vypracování popisu těchto změn na základě intervalová sekvence v signálu EKG (Sekiguchi, 1979; Akselrod, 1981).

Každodenní činnost každé lidské bytosti zahrnuje kombinaci fyzických a mentálních aktivit. Obdobně se tedy tyto aktivity uplatňují i při jízdě v silniční dopravě - fyzické

a duševní aktivity - vyvolávají také fyziologické reakce zprostředkované VNS a endokrinním systémem. Vedou ke zvýšení krevního tlaku, krevního pulsu, srdeční činnosti, průtoku krve kosterními svaly a snížení renálního a viscerálního krevního toku (Wasmund, 2002). Tyto fyziologické změny lze vysvětlit potřebou omezit krev ve viscerálních oblastech a řízeně přesunout do míst její potřeby, které reagují na stresové podněty, konkrétně srdce, mozek a kosterní svaly.

Experimentálně je sledováno, zda simultánně navozená situace ovlivní reakce muskuloskeletálního a oběhového systému řidiče pod hrozbou havárie. Zároveň je sledováno, zda fyziologické parametry odrážející činnost svalového systému a autonomní HR regulace jsou nejlepší ukazatele reakce těla na potenciál ohrožení života vyvolané v simulovaném (virtuálním) prostředí (Zuzewicz, 2013).

V den studie účastníci pokusu nekonzumují žádné výrobky obsahující kofein a neužívali žádné léky. Během fáze přípravy na pokus na simulátoru jízdy každý účastník zůstává v místnosti vedle simulátoru asi 30 minut, k navození klidových hodnot sledovaných veličin. Poté je informován o cíli a pravidlech pokusu (Zuzewicz, 2013).

Test reakce řidičů zahrnuje simulaci řízení v městském prostředí podle připraveného scénáře. Analýza krevního pulsu je provedena pro segmenty EKG, které jsou prosté komorových a supraventrikulárních excitací.

Dva fyziologické signály - EKG a EMG jsou nepřetržitě měřeny pomocí záznamových zařízení, které nezasahují do řízení s cílem eliminovat další faktory, aby nebyla negativně ovlivněna úroveň pozornosti řidiče (Zuzewicz, 2013).

3.3 Přístupy k managementu práce s biosignály

Signály EKG a EMG se používají pro hodnocení únavy u řidičů pracujících ve veřejné dopravě. Důvody únavy při řízení vozidla zahrnují dlouhé trvání provádění stejné činnosti, příliš krátkou dobu spánku (Fell, 1997; Reyner, 1998), únavu při řízení (Reyner, 1998) stejně jako faktory prostředí (vibrace, hluk a také vysokou teplotu) (McDonald, 1984; El Falou, 2003).

Statistická analýza dopravních nehod naznačuje, že existují dobré důvody považovat únavu za jednu ze základních příčin silničních nehod (McDonald, 1984; Åkerstedt, 1995; Haworth, 1989; Zuzewicz, 2010). Únava je důsledkem nadměrného množství zatížení v důsledku statické práce a duševního zatížení (přetížení nebo monotónnost) (Davson, 2001). Vliv mentální zátěže na pohybový aparát lze pozorovat zejména v případě práce prováděné při použití relativně nízké síly při plnění úkolu, které jsou monotónní a/nebo se

činnosti opakují (Bongers, 2002; Van Galen, 2002), což je pozorováno při nepřetržité jízdě vozidla.

Parametry srdeční frekvence jsou citlivé na různé druhy emocí nebo duševní zátěží. (Berntson, 1991).

Výsledky studie naznačují, že jeden parametr, např. HR je nedostatečným pro sledování závislosti fyziologických změn organismu. Posouzení pracovní zátěže řidiče pomocí fyziologických parametrů se zdají být cenným přístupem (Berntson, 1991).

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Stanovení pracovního zatížení řidiče

Pro hodnocení stresového zatížení řidiče je nezbytné posoudit zátěž nejen v pracovně náročných či kritických situacích, ale také zátěž ve standartních situacích v průběhu pracovní směny a to opakovaně. Pro objektivizaci výsledků je hodnocen větší počet řidičů na různých typech odvozních souprav a nákladních.

Stresové zatížení je sledováno při ovládní odvozní soupravy a nákladního vozidla. Posuzovány jsou běžné situace při jízdě po lesních cestách, při sjezdu ze silnice na lesní cestu, při nájezdu na silnici z lesní cesty, při jízdě po silnicích nižších i vyšších tříd, při míjení jiných účastníků silničního provozu a při nečekaných situacích.

Pro srovnání jsou řidiči sledováni v obdobných situacích, avšak při řízení vozidla do 3,5 tuny průjezdem stejných tras. Tím bude zjištěn rozdíl stresového zatížení mezi řidičem odvozní soupravy a osobního vozidla, resp. nákladního a osobního vozidla.

Zároveň je sledován případný vliv povětrnostních podmínek a denní doby z pohledu denního světla (světlo / šero / tma) na intenzitu stresového zatížení.

Pro objektivnost výsledků jsou v experimentu sledováni operátoři s alespoň dobrým zdravotním stavem, bez pravidelné medikace a bez nutnosti dispenzární zdravotnické péče.

4.1.1 Ovládní vozidla pro odvoz dříví

K odvozu dříví lze využít nákladního vozidla, jehož ložná plocha je speciálně upravena pro odvoz dříví.

Tažným vozidlem je tedy nákladní automobil, tj. dopravní prostředek pro přepravu nákladu, pro odvoz dříví a výřezů, speciálně vybaven a upraven. Úprava spočívá v instalaci klanic po stranách ložné plochy. Zpravidla také bývá vybaven nakládacím zařízením v podobě hydraulického jeřábu. Používají se pouze podvozky s kabinou klasických nákladních automobilů, na které se následně montuje pomocný rám pro hydraulický jeřáb a ostatní příslušenství konstruované pro odvoz dříví a výřezů. Běžně vyráběné nákladní automobily lze bez větších úprav použít pouze k odvozu rovnaného dříví a jiných drobných materiálů (Dvořák, 2006).

Hydraulický jeřáb může být instalován na rámu vozidla jak v prostoru mezi kabinou a ložnou plochou, tak častěji na rámu vozidla na konci ložné plochy před spojovacím

zařízením tak, aby svým dosahem obložit jak ložnou plochu nákladního vozidla, tak ložnou plochu případně připojeného přípojného vozidla.

Odvoz dříví je uskutečňován nákladními vozidly, které jsou schváleny pro provoz po pozemních komunikacích (Sbírka zákonů ČR). V lesních komplexech se předpokládá doprava dříví po lesních cestách v rámci lesní cestní sítě. Jedná se o lesní cesty pro celoroční provoz 1L a pro sezónní provoz 2L (Sbírka zákonů ČR, ČSN).

V textu práce budeme tedy v případě použití speciálně upraveného a vybaveného nákladního automobilu pro odvoz dříví ať už s hydraulickým jeřábem nebo bez něho používat pojem nákladní vozidlo.

Při odvozu dlouhého dříví nevystačíme vždy pouze se samotným nákladním vozidlem, ale často musíme použít ještě speciálně upravené přípojný vozidlo.

Podle způsobu připojení k tažnému vozidlu rozdělujeme přípojná vozidla na přívěsy, polopřívěsy a návěsy (Dvořák, 2006). Spojením tažného vozidla a přívěsu, polopřívěsu nebo návěsu vzniká odvozní souprava. Tažné vozidlo má na rámu vozidla zpravidla instalován hydraulický jeřáb. V praxi se používají, zejména pro dálkovou dopravu i odvozní soupravy bez hydraulického jeřábu, čímž se zvýší užitečná hmotnost soupravy.

K dopravě dříví slouží buď jen upravené valníkové přívěsy nebo návěsy s pomocnými klanicemi, nebo častěji speciální plošinové přívěsy s pevnými nebo výsuvnými klanicemi (Dvořák, 2006).

V případě použití spojení tažného vozidla a přípojného vozidla upraveného pro odvoz dříví, používáme v textu pojem odvozní souprava.

4.1.1.1 Testovaná hypotéza H1

Je předpokládáno, že stresové zatížení řidiče odvozní soupravy je stejné jako řidiče jiného motorového vozidla. Respektive alternativně lze říci, že stresové zatížení řidiče se liší podle typu použitého motorového prostředku k odvozu dříví.

Proto je sledováno stresové zatížení řidiče odvozní soupravy, samostatného nákladního vozidla při ovládání naloženého vozidla v průběhu pracovní směny a referenčního vozidla.

Data pro testování této hypotézy:

- Experimentem získaná data o změnách svalového napětí zjištěných neinvazivní EMG metodou.

- Pro maximální objektivizaci naměřených hodnot a správnou interpretaci výsledků jsou rovněž měřeny změny hodnot krevního pulsu.

4.1.2 Ovládání vozidla na různých typech komunikací

Podle Havlíka (2005) je součástí dopravně psychologické složky zátěže zejména jízda po rizikových úsecích silnic – silnice s nedostatečným nebo nepřehledným značením, dlouhé rovné úseky silnic I. a II. třídy bez horizontálního značení, železniční přejezdy bez signalizace, silnice lemované vzrostlými stromy, serpentiny bez horizontálního značení aj., které vyžadují zvýšenou obezřetnost a stálou kontrolu. Zátěž také působí jízda na nevhodných cestách – řidič se s nimi setkává výjimečně a spíše při cestách na Blízký východ, Ukrajinu a do Ruska (Havlík, 2005). Havlík pouze odkazuje na rizikové úseky, neuvádí však, zda se intenzita zátěže liší podle typu komunikace.

4.1.2.1 Testovaná hypotéza H2

Je předpokládáno, že na intenzitu stresového zatížení řidiče nemá vliv typ použité komunikace. Respektive alternativně lze říci, že intenzita stresového zatížení řidiče se liší podle typu pozemní komunikace.

Data pro testování této hypotézy:

- Experimentem získaná data o změnách svalového napětí zjištěných neinvazivní EMG metodou
- Pro maximální objektivizaci naměřených hodnot a správnou interpretaci výsledků jsou měřeny také změny hodnot krevního pulsu

4.1.3 Vliv povětrnostních podmínek a denní doby

Podle Havlíka (2005) je také součástí dopravně psychologické zátěže jízda za nepříznivých klimatických podmínek – vyžaduje zkušenost, přizpůsobivost, předvídavost, obezřetnost, toleranci, trpělivost, sebeovládání a vyšší míru vlastní kontroly s ohledem i na ostatní účastníky provozu. Jde o jeden z vnějších faktorů, které řidič nemůže ovlivnit, musí jej vzít v úvahu při rozhodování a musí se s jeho aktuálním stavem uspokojivě vypořádat. Povětrnostní podmínky a denní doba přímo ovlivňují viditelnost (denní doba, poloha slunce, mlha, hustota charakter srážek a jejich velikost apod.), ale například i stabilitu vozidla intenzita větru, poryvy větru apod.).

4.1.3.1 Testovaná hypotéza H3

Je předpokládáno, že stresové zatížení řidiče není ovlivněno povětrnostními podmínkami a denní dobou (světlo / šero / tma). Alternativně lze říci, že povětrnostní podmínky a denní doba (světlo / šero / tma) ovlivňují intenzitu stresového zatížení řidiče.

Data pro testování této hypotézy:

- Experimentem získaná data o změnách svalového napětí zjištěných neinvazivní EMG metodou
- Pro maximální objektivizaci naměřených hodnot a správnou interpretaci výsledků jsou měřeny změny hodnot krevního pulsu

4.1.4 Dílčí závěr

V průběhu pracovní směny jsou měřeny všechny vzniklé situace a tyto konfrontovány s naměřenými změnami hodnot biosignálů při ovládání odvozní soupravy / samostatného nákladního vozidla / osobního vozidla – výstupem bude porovnání intenzity stresové zátěže pro jednotlivé druhy použitých vozidel, komunikací.

Vlastním experimentálním měřením je zjištění hodnot biosignálů a velikosti jejich změn v průběhu pracovního dne. Měření kopíruje jednotlivé pracovní cykly v průběhu pracovní směny od okamžiku nastartování naloženého vozidla a odjezdu z odvozního místa, kdy započne měření svalové zátěže přes průjezd lesními cestami 2L a 1L, výjezd na silnici, dopravu dříví na expediční sklad nebo na manipulačně expediční sklad.

Podle potřeby probíhá měření při odvozu dlouhého dříví i výřezů. Měření probíhá na skupině zaměstnanců – řidičích odvozních souprav a samotných nákladních vozidel tak, že je měření provedeno vždy s každým jednotlivým řidičem na různých typech vozidla za stejných podmínek (ve stejném terénu, na stejné trase a za stejného počasí). Při měření je evidován typ použité komunikace, GPS souřadnice tras a počasí.

Hodnoceny jsou pouze hodnoty biosignálů získané při jízdě s naloženým vozidlem.

Měření stresové zátěže na vozidle do 3,5 tuny poskytuje referenční data.

4.2 Stanovení dosahu měřícího signálu a jeho ovlivnění

Pro získání správných a přesných dat o stresovém zatížení řidiče prostřednictvím vybraných bioindikátorů – elektrický potenciál svalů, resp. jeho změny a srdeční frekvence, resp. její změny v průběhu pracovní směny a v závislosti na pracovním zatížení je třeba nejprve stanovit přesnou metodiku vlastního sběru dat pro jejich následné

hodnocení. Sledování změn hodnot srdeční frekvence v průběhu stresové zátěže využíváme, jako kontrolního bioindikátoru. Dále pro maximální využití použitého zařízení pro sběr dat Biofeedback 2000 ^{x-pert} zaznamenáváme také hodnoty galvanického odporu kůže a periferní tělesné teploty. V hodnocení stresového zatížení však s těmito daty dále nepracujeme, nejsou tedy v této práci zpracována.

Při stanovování správné a přesné metodiky je třeba si odpovědět na následující otázky, resp. vyvrátit tyto dílčí hypotézy:

- A. Na přenos signálu a jeho kontinuitu nemá vliv vzdálenost bezdrátový vysílač – bezdrátový přijímač.
- B. Použité elektrody mohou být na těle fixovány neomezeně dlouhou dobu.
- C. Vzdálenost mezi přijímačem a záznamovým zařízením (PC) lze překlenout jakkoli dlouhým prodlužovacím datovým a napájecím kabelem.
- D. Pro přenos signálu není podstatná přímá viditelnost vysílače a přijímače signálu.
- E. Pro přenos signálu není rozhodující druh materiálu, který tvoří překážku na přímé vzdálenosti vysílače a přijímače signálu.
- F. Při jízdě v terénu a při pohybu kolem vozidla nemůže vlivem chvění, činnosti elektrických zařízení vozu a prostředí vně vozidla dojít k rušivým vlivům bezdrátového přenosu.

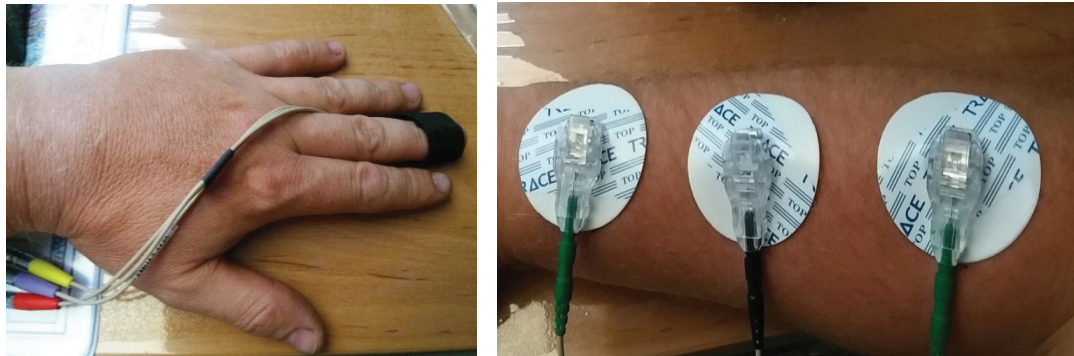
K měření svalového zatížení používáme EMG modul a k měření galvanického odporu kůže, tělesné teploty a krevního tepu MULTI modul – oba v modu vysílače bluetooth signálu. Jako přijímač bluetooth signálu používáme přijímač tvaru pyramidy (obrázek č. 7). Při funkčním přenosu dat svítí na modulech modrofialová led kontrolka (obrázek č. 21).



Obrázek č. 7: Vysílací moduly EMG (zelený) a MULTI (žlutý), přijímací modul

Výchozím kritériem je přesná lokalizace umístění měřících bodů, pevné a stabilní upevnění měřících senzorů.

Pro upevnění snímače odporu kůže, teploty a krevního pulsu je nezbytné zajištění dostatečně dlouhým upevňovacím nástrojem, který dokáže udržet senzor na stabilním vybraném místě po požadovaný časový úsek. Použijeme 20 mm široký pásek umělého textilu s upevněním na „suchý zip“ (obrázek č. 8).



Obrázek č. 8: Fixace senzoru pro snímání krevního pulsu a ECG elektrod EMG modulu

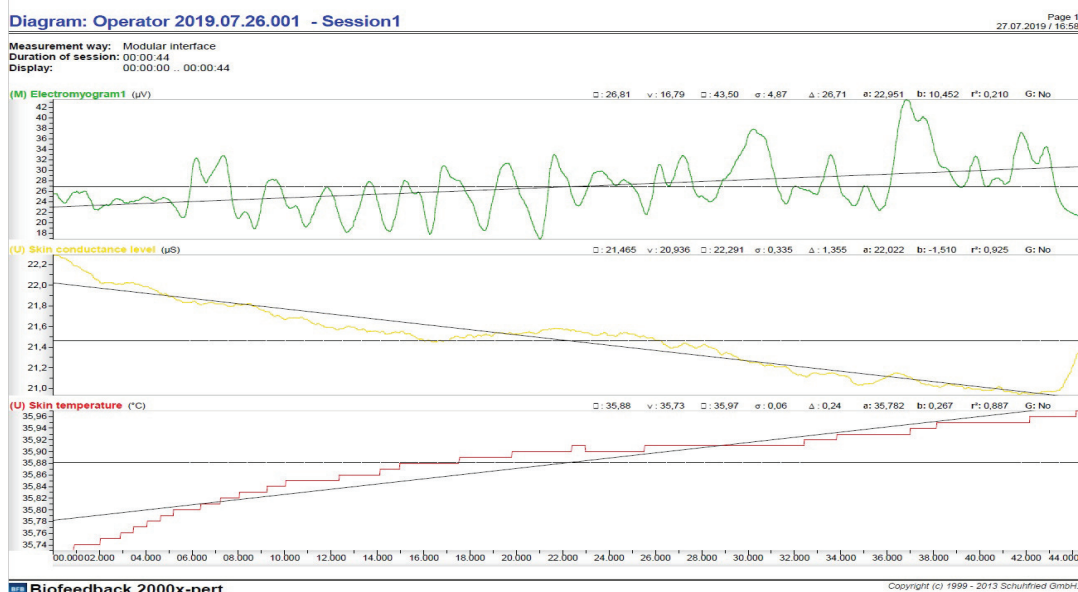
Stabilita upevnění měřících elektrod je dána zejména plochou fixace, kvalitou adhezivní hmoty a lokalizací místa povrchu těla – intenzita ochlupení a výskyt potních žláz snižují intenzitu adheze. V předchozích experimentech jsme používali stříbrné elektrody Ag+/AgCl typu 3M Red Dot o velikosti 30 x 30 mm a ploše 9 cm², které bylo podle experimentálního zjištění nutné fixovat síťovým obinadlem Pruban č. 5. Na základě těchto zkušeností použijeme nově ECG Electrodes Top TRACE kruhového tvaru o \varnothing 50 mm a adhezivní ploše 16,62 cm² a s intenzivnější adhezivní hmotou (obrázek č. 8), která na základě experimentálního zjištění nedráždí pokožku v takové intenzitě jako předchozí typ 3M Red Dot elektrody.

4.2.1 Vliv vzdálenosti na přenosu bluetooth signálu

Dílčí hypotéza: Na přenos signálu a jeho kontinuitu nemá vliv vzdálenost bezdrátový vysílač – bezdrátový přijímač

Měřeno 26. 7. 2019 v 12:00 - 19:55, v uzavřeném prostoru – přízemí rodinného domu

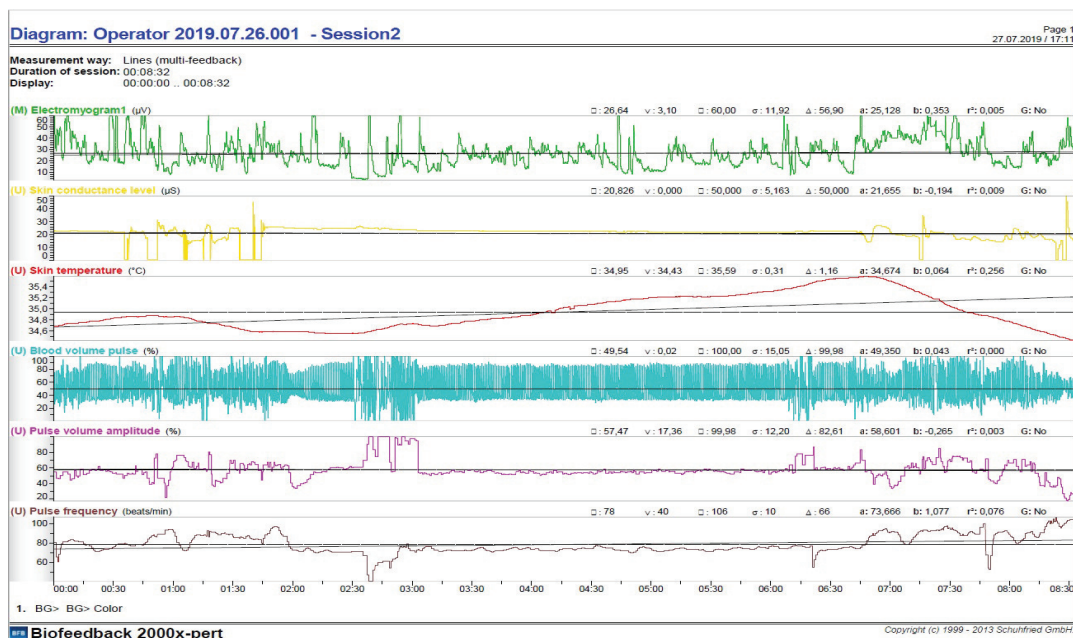
1. Měření kvality spojení č. 1 – připojen modul EMG (vysílač) – m. carpi exterior radialis
 - připojen modul MULTI (vysílač) – krev puls, teplota, rezistence kůže (obrázek č. 9)
 - pyramida (přijímač) připojena přímo do PC



Obrázek č. 9: Měření kvality spojení č. 1

2. Měření kvality spojení č. 2 – připojen modul EMG – m. carpi exterior radialis

- připojen modul MULTI – rezistence kůže, teplota
- pyramida připojena přímo do PC (obrázek č. 10)



Obrázek č. 10: Měření kvality spojení č. 2

3. Měření kvality spojení č. 3 – připojen modul EMG – m. carpi exterior radialis

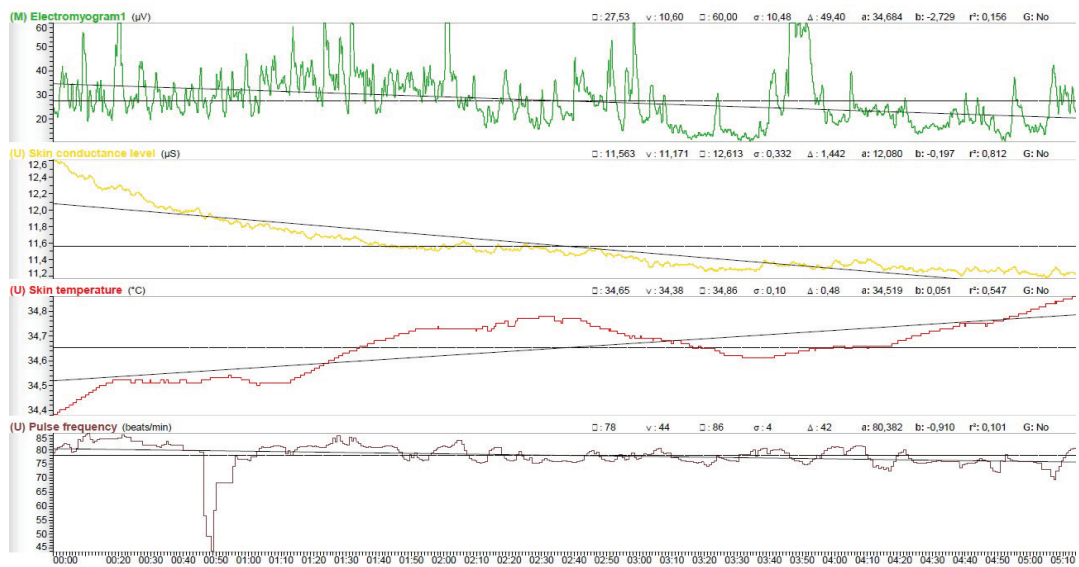
- připojen modul MULTI – puls, teplota, rezistence kůže

- pyramida připojena přímo přes USB se zlatými kontakty, 3 metry
- při vzdálenosti **0,7 metru** od pyramidy se připojí vysílače bez problémů – signál zcela dostatečný, po připojení jednotek k přijímači lze zvýšit vzdálenost – ověřeno až na vzdálenost 7 metrů (obrázek č. 11)

Diagram: Operator 2019.07.26.001 - Session3

Page 1
27.07.2019 / 17:45

Measurement way: Lines (multi-feedback)
Duration of session: 00:05:14
Display: 00:00:00 .. 00:05:14



1. BG> BG> Color

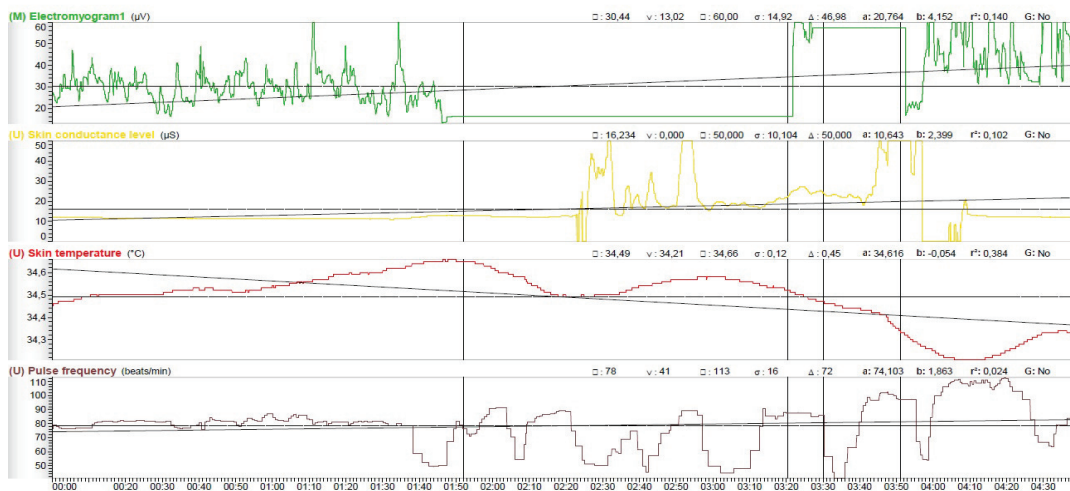
Biofeedback 2000x-pert

Copyright (c) 1999 - 2013 Schuffried GmbH.

Obrázek č. 11: Měření kvality spojení č. 3

- Měření kvality spojení č. 4 – připojen modul EMG – m. carpi exterior radialis
 - připojen modul MULTI – puls, teplota, rezistence kůže
 - pyramida připojena přímo přes USB se zlatými kontakty, 3 metry
 - při vzdálenosti **1,8 metru** od pyramidy lze připojit bez problémů – signál dostatečný, po připojení jednotek k přijímači lze zvýšit vzdálenost – ověřeno až na vzdálenost 7 metrů, podmínkou prvotního připojení je zachování přímé viditelnosti přijímače a vysílače
 - výpadek signálu EMG modulu je dán experimentálním zastíněním přímé viditelnosti (obrázek č. 12)

Measurement way: Lines (multi-feedback)
 Duration of session: 00:04:39
 Display: 00:00:00 ... 00:04:39



1. BG> BG> Color
2. 00:01:51.969 Device <M>: The connection was lost (radio communication disconnected). (No. 50/0)
3. 00:03:20.359 Device <M>: The connection was repaired. (No. 51/0)
4. 00:03:30.063 Device <M>: The connection was lost (radio communication disconnected). (No. 50/0)
5. 00:03:51.047 Device <M>: The connection was repaired. (No. 51/0)

Biofeedback 2000x-pert

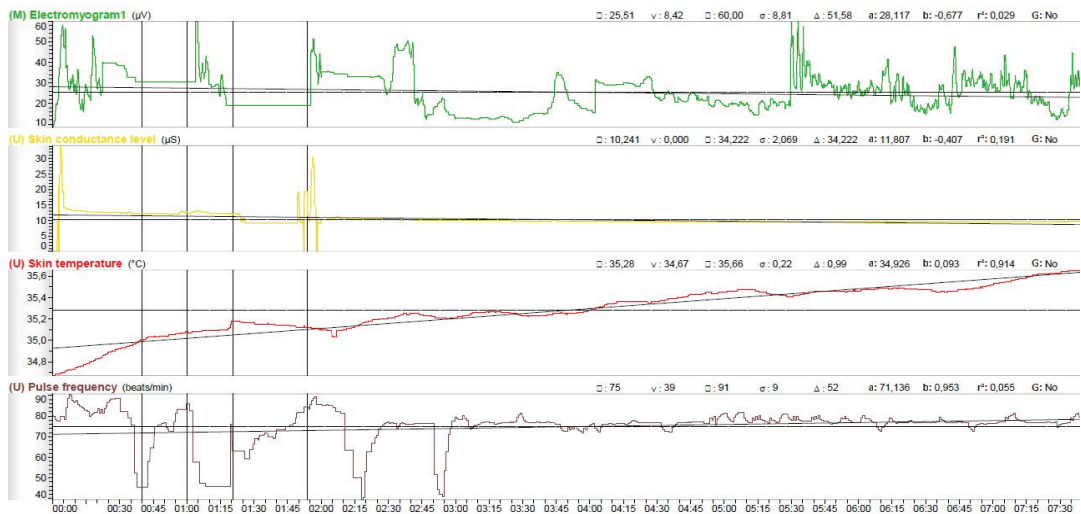
Copyright (c) 1999 - 2013 Schuffried GmbH

Obrázek č. 12: Měření kvality spojení č. 4

5. Měření kvality spojení č. 5 – připojen modul EMG – m. carpi exterior radialis

- připojen modul MULTI – puls, teplota, rezistence kůže
- pyramida připojena přímo přes USB se zlatými kontakty, 3 metry
- při vzdálenosti **2,5 metru** od pyramidy se připojí vysílače bez problémů – signál dostatečný, po připojení jednotek k přijímači lze zvýšit vzdálenost – ověřeno až na vzdálenost 7 metrů, podmínkou prvotního připojení je zachování přímé viditelnosti přijímače a vysílače (obrázek č. 13)

Measurement way: Lines (multi-feedback)
 Duration of session: 00:07:41
 Display: 00:00:00 ... 00:07:41



1. BG> BG> Color
2. 00:00:40.078 Device <M>: The connection was lost (radio communication disconnected). (No. 50/0)
3. 00:00:59.688 Device <M>: The connection was repaired. (No. 51/0)
4. 00:01:20.672 Device <M>: The connection was lost (radio communication disconnected). (No. 50/0)
5. 00:01:53.484 Device <M>: The connection was repaired. (No. 51/0)

Biofeedback 2000x-pert

Copyright (c) 1999 - 2013 Schultfried GmbH

Obrázek č. 13: Měření kvality spojení č. 5

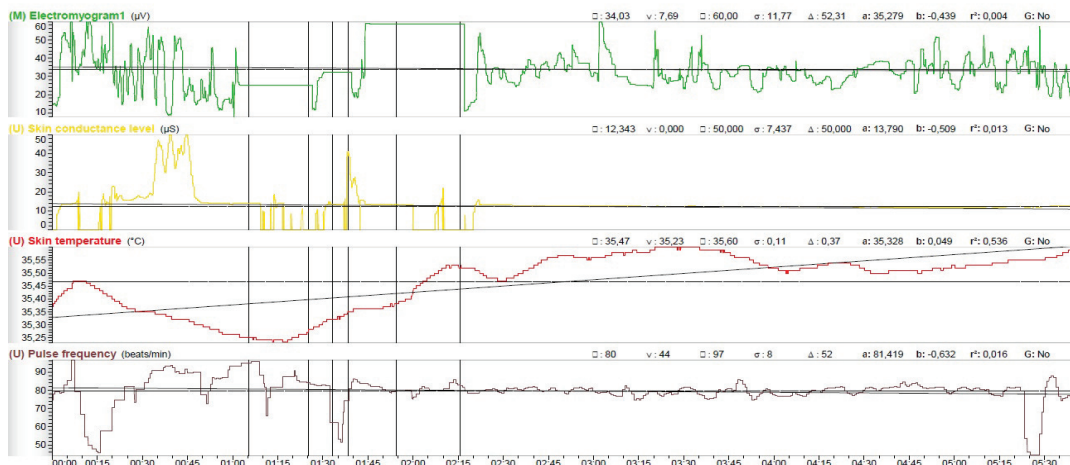
6. Měření kvality spojení č. 6 – připojen modul EMG – m. carpi exterior radialis

- připojen modul MULTI – puls, teplota, rezistence kůže
- pyramida připojena přímo přes USB se zlatými kontakty, 3 metry
- při vzdálenosti **3,2 metru** od pyramidy se připojují vysílače bez problémů – signál dostatečný, po připojení jednotek k přijímači lze zvýšit vzdálenost – ověřeno až na vzdálenost 7 metrů, podmínkou prvotního připojení je zachování přímé viditelnosti přijímače a vysílače (obrázek č 14). Výpadky signálu jsou projevem cíleného zastínění přímé viditelnosti překážkou v dráze signálu

Measurement way: Lines (multi-feedback)

Duration of session: 00:05:41

Display: 00:00:00 ... 00:05:41



1. BG> BG> Color
2. 00:01:05.265 Device <M>: The connection was lost (radio communication disconnected). (No. 50/0)
3. 00:01:25.156 Device <M>: The connection was repaired. (No. 51/0)
4. 00:01:33.172 Device <M>: The connection was lost (radio communication disconnected). (No. 50/0)
5. 00:01:38.297 Device <M>: The connection was repaired. (No. 51/0)
6. 00:01:54.250 Device <M>: The connection was lost (radio communication disconnected). (No. 50/0)
7. 00:02:15.484 Device <M>: The connection was repaired. (No. 51/0)

Biofeedback 2000x-pert

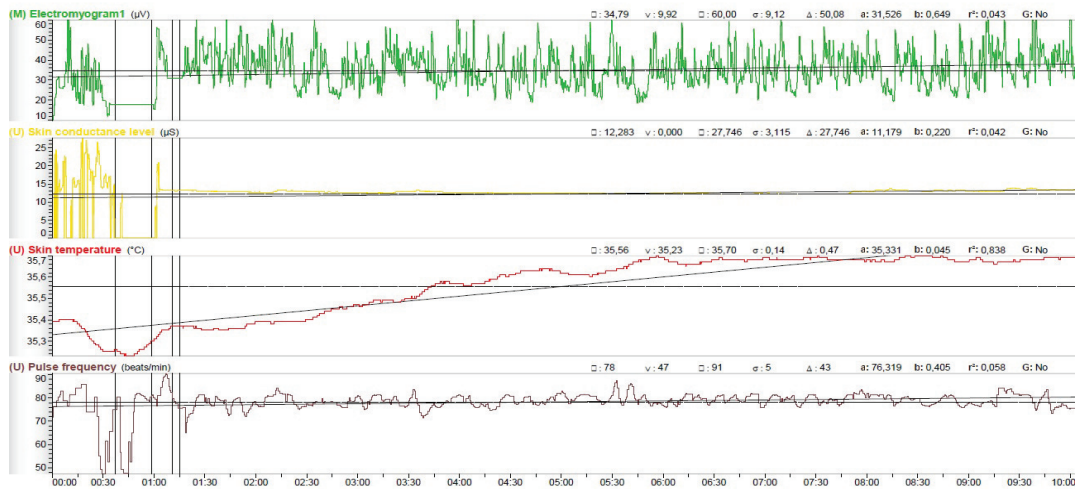
Copyright (c) 1999 - 2013 Schunfried GmbH

Obrázek č. 14: Měření kvality spojení č. 6

7. Měření kvality spojení č. 7 – připojen modul EMG – m. carpi exterior radialis

- připojen modul MULTI – puls, teplota, rezistence kůže
- pyramida připojena přímo přes USB se zlatými kontakty, 3 metry
- při vzdálenosti **5,0 metru** od pyramidy se připojují vysílače bez problémů – signál dostatečný, po připojení jednotek k přijímači lze zvýšit vzdálenost – ověřeno až na vzdálenost 7 metrů, podmínkou prvotního připojení je zachování přímé viditelnosti přijímače a vysílače, nicméně při ztrátě přímé viditelnosti občas je přerušen přenos signálu z EMG modulu (obrázek č. 15)

Measurement way: Lines (multi-feedback)
 Duration of session: 00:10:03
 Display: 00:00:00 .. 00:10:03



1. BG> BG> Color
2. 00:00:37.031 Device <M>: The connection was lost (radio communication disconnected). (No. 50/0)
3. 00:00:58.109 Device <M>: The connection was repaired. (No. 51/0)
4. 00:01:10.703 Device <M>: The connection was lost (radio communication disconnected). (No. 50/0)
5. 00:01:15.172 Device <M>: The connection was repaired. (No. 51/0)

Biofeedback 2000x-pert

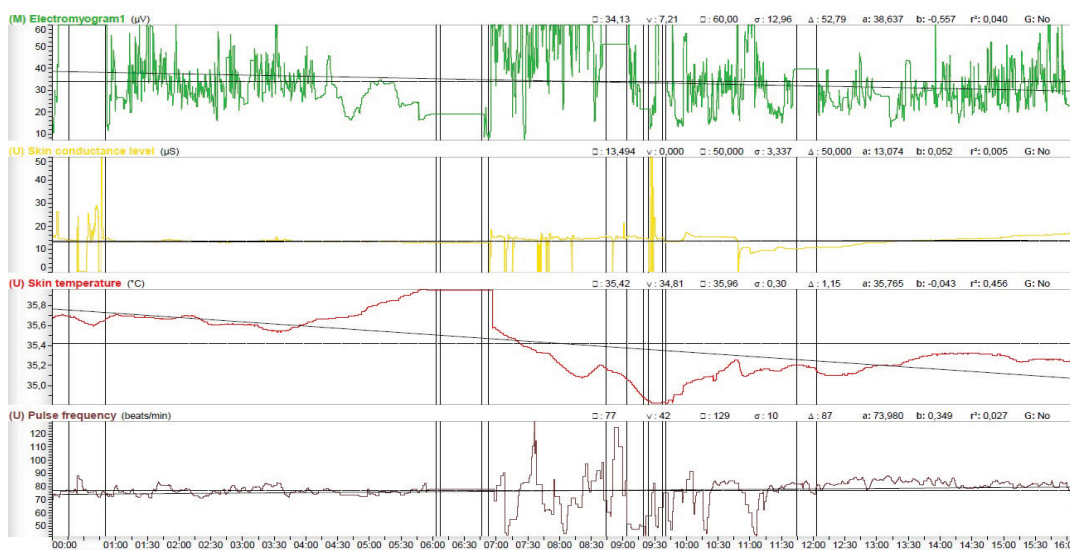
Copyright (c) 1999 - 2013 Schulfried GmbH

Obrázek č. 15: Měření kvality spojení č. 7

8. Měření kvality spojení č. 8 – připojen modul EMG – m. carpi exterior radialis

- připojen modul MULTI – puls, teplot, rezistence kůže
- pyramida připojena přímo přes USB se zlatými kontakty, 3 metry
- při vzdálenosti **5,5 metru** od pyramidy se připojují vysílače bez problémů – signál dostatečný, po připojení jednotek k přijímači lze zvýšit vzdálenost – ověřeno až na vzdálenost 7 metrů, podmínkou prvotního připojení je zachování přímé viditelnosti přijímače a vysílače, nicméně při ztrátě přímé viditelnosti opakovaně je přerušen přenos signálu z EMG modulu. Stačí však obnovit přímou viditelnost a modul se do cca 1 minuty automaticky připojí (obrázek č. 16)

Measurement way: Lines (multi-feedback)
 Duration of session: 00:16:10
 Display: 00:00:00 .. 00:16:10



Biofeedback 2000x-pert

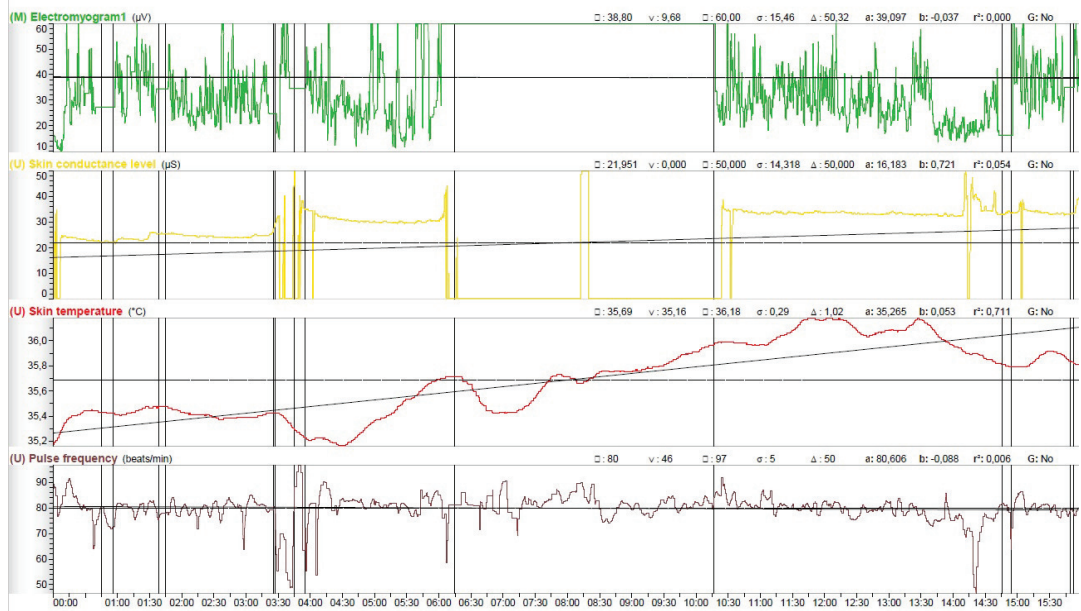
Copyright (c) 1999 - 2013 Schürfried GmbH.

Obrázek č. 16: Měření kvality spojení č. 8

9. Měření kvality spojení č. 9 – připojen modul EMG – m. carpi exterior radialis

- připojen modul MULTI – puls, teplota, rezistence kůže
- pyramida připojena přímo přes USB se zlatými kontakty, 3 metry
- při vzdálenosti **5,5 metru** od pyramidy lze připojit bez problémů – signál dostatečný, po připojení jednotek k přijímači lze zvýšit vzdálenost – ověřeno až na vzdálenost 7 metrů, podmínkou prvotního připojení je zachování přímé viditelnosti přijímače a vysílače, nicméně při ztrátě přímé viditelnosti opakovaně je přerušen přenos signálu z EMG modulu. Stačí však obnovit přímou viditelnost a modul se do cca 1 minuty automaticky připojí. Cílem je monitorovat skutečnost výpadku signálů obou modulů při nepřímé viditelnosti přijímací a vysílacích jednotek. Zjištěno bylo stabilní připojení MULTI modulu a méně stabilní připojení EMG modulu (obrázek č. 17)

Measurement way: Lines (multi-feedback)
 Duration of session: 00:15:59
 Display: 00:00:00 ... 00:15:59



Biofeedback 2000x-pert

Copyright (c) 1999 - 2013 Schultfried GmbH

Obrázek č. 17: Měření kvality spojení č. 9

Experimentálně je ověřeno, že pro úspěšnost připojení (spárování) přijímače a vysílače jsou kardinálními parametry vzdálenost a přímá viditelnost, kdy podmínkou navázání spojení je součin těchto parametrů. Při vzdálenosti do 1,8 metru je viditelnost marginálním parametrem. Její význam stoupá se zvětšujícím se odstupem obou komunikujících jednotek.

Experimentálně je rovněž zjištěno, že pro optimální inicializaci měření, resp. softwarové připojení jednotek je přímá vzdálenost do 4,1 metru; maximálně 5,2 metru. Se zvyšující se vzdáleností klesá úspěšnost připojení měřících jednotek, resp. se prodlužuje čas potřebný k navázání spojení. Rovněž stoupá riziko, že bude připojena pouze jedna měřící jednotka. Přičemž jednotka EMG se ve významném procentu připojuje jako druhá v pořadí, resp. při stoupající vzdálenosti se spojení nenaváže a/nebo přeruší i opakovaně.

Výrobci elektroniky uváděný dosah Bluetooth signálu 2,0 EDR (IEEE 802.15.1) cca 10 metrů nelze v případě připojení dvou vysílačů k jednomu přijímači potvrdit – přijímač musí komunikovat se dvěma přijímači zároveň.

4.2.2 Test životnosti stability fixace elektrod

Dílčí hypotéza: Použité elektrody mohou být na těle fixovány neomezeně dlouhou dobu

Měřeno 28. – 30. 7. 2019, 10:30 – 19:30 třetího dne v otevřeném prostoru – v klidu i při delší fyzické zátěži manuální prací

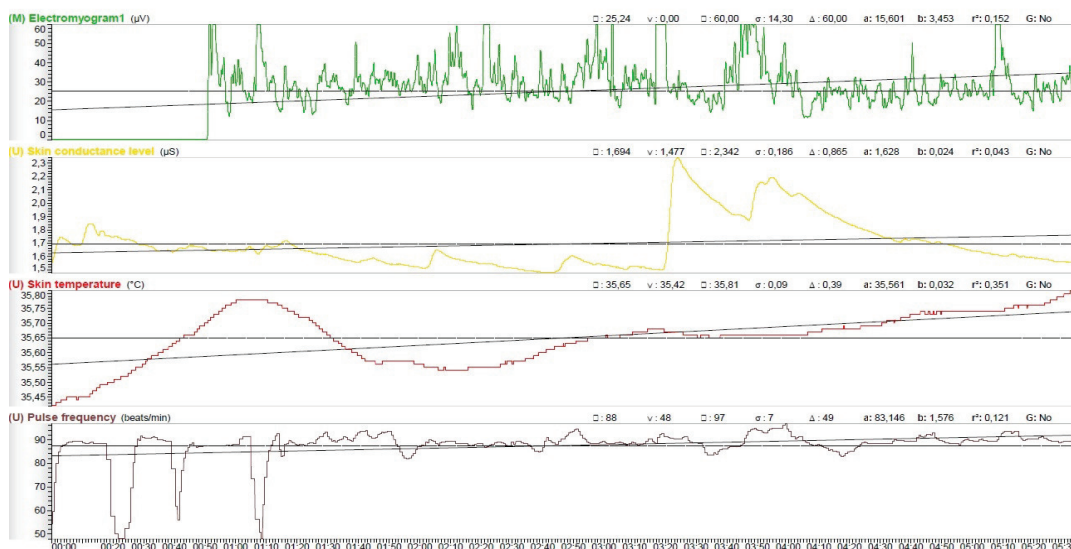
1. Měření kvality adheze elektrod č. 1 – připojen modul EMG – m. carpi exterior radialis

- připojen modul MULTI – odpor kůže, teplota, krevní puls
- pyramida připojena přímo do PC
- cílem bylo monitorovat životnost stability fixace elektrod v určeném místě. Zjištěno bylo stabilní připojení MULTI modulu a EMG modulu.
- elektrody byly ponechány na místě fixace předešlých měření ještě následujících 24 hodin
- měření č 1 (obrázek č. 18) ukazuje naměřené hodnoty na elektrodách po uplynulé noci, tedy cca po 20 hodinách od nalepení

Diagram: Operator 001 -2019.07.28-01 test trvanlivosti elektrod 20h - Session1

Page 1
28.07.2019/15:11

Measurement way: Lines (multi-feedback)
Duration of session: 00:05:35
Display: 00:00:00 .. 00:05:35



1. BG> BG> Color

Biofeedback 2000x-pert

Copyright (c) 1999 - 2013 Schuffried GmbH

Obrázek č. 18: Měření kvality adheze elektrod po 20 hodinách od fixace

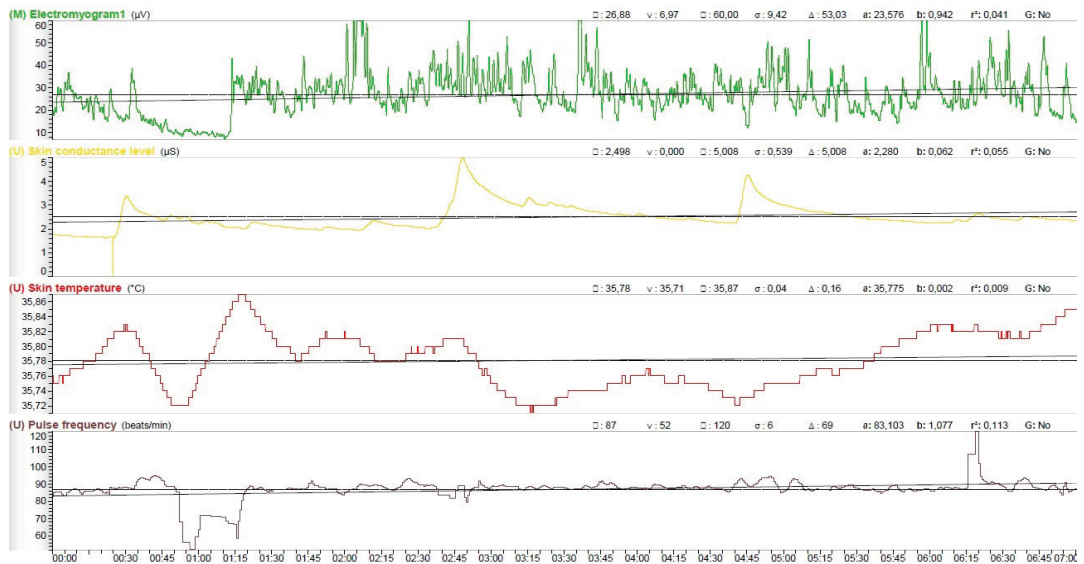
2. Měření kvality adheze elektrod č. 2 – připojen modul EMG – m. carpi exterior radialis

- připojen modul MULTI – odpor kůže, teplota, krevní puls
- pyramida připojena přímo přes USB přímo do PC
- cílem bylo monitorovat životnost stability fixace elektrod v určeném místě. Zjištěno bylo stabilní připojení MULTI modulu a EMG modulu
- elektrody byly ponechány na místě fixace předešlých měření ještě následujících 24 hodin a 30 hodin
- měření č. 2 ukazuje naměřené hodnoty na elektrodách po uplynulé noci a následné denní fyzické námaze trvající 8 hodin tedy cca po 30 hodinách od nalepení (obr. č. 19)
- nutno konstatovat, že voda a pot negativně ovlivňují kvalitu adheze, ochlupení naopak adhezi do jisté míry zvyšuje
- i po této době lze spolehlivě provést měření zátěže.

Diagram: Operator 001 - 2019.07.29-01 test trvanlivosti elektrod 30h - Session2

Page 1
29.07.2019 / 0:15

Measurement way: Lines (multi-feedback)
Duration of session: 00:07:01
Display: 00:00:00 .. 00:07:01



1. BG> BG> Color

Biofeedback 2000x-pert

Copyright (c) 1999 - 2013 Schuffried GmbH

Obrázek č. 19: Měření kvality adheze elektrod po 30 hodinách od fixace

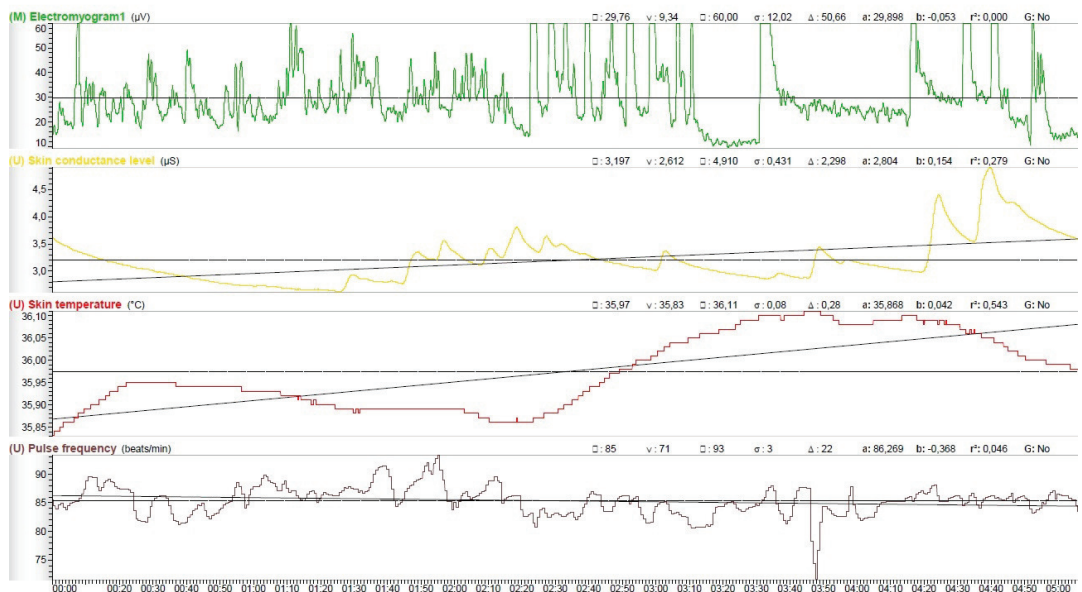
3. Měření kvality adheze elektrod č. 3 – připojen modul EMG – m. carpi exterior radialis

- připojen modul MULTI – odpor kůže, teplota, krevní puls
- pyramida připojena přímo přes USB přímo do PC
- cílem bylo monitorovat životnost stability fixace elektrod v určeném místě. Zjištěno bylo stabilní připojení MULTI modulu a EMG modulu po 36 hodinách od okamžiku fixace elektrod.
- pouze sledování rychlosti odezvy při sevření prstů v pěst (potenciál klesá) a rychlém roztažení prstů (potenciál prudce stoupá) (obrázek č. 20)
- po 36 hodinách od fixace je po odstranění elektrod patrné v místě alergické ložisko – pouze okulárně bez dalších projevů

Diagram: Operator 001 - 2019.07.29 -01 test trvanlivosti elektrod 36h - Session3

Page 1
29.07.2019 / 6:28

Measurement way: Lines (multi-feedback)
Duration of session: 00:05:05
Display: 00:00:00 .. 00:05:05



1. BG> BG> Color

Biofeedback 2000x-pert

Copyright (c) 1999 - 2013 Schuitfried GmbH

Obrázek č. 20 : Měření kvality adheze elektrod po 36 hodinách od fixace

Z výsledků měření lze konstatovat, že optimální doba, po kterou lze považovat použité elektrody za dobře fixované a ve stavu, kdy spolehlivě snímají změnu elektrického potenciálu, se pohybuje v oblasti 36 hodin, tj. 2 pracovní směny a zákonná přestávka mezi směny. Lze dovodit, že pokud by nebyly elektrody vystaveny náročným podmínkám,

mohly by plnit funkci i déle, což však v případě použití v lesním hospodářství lze jen velmi obtížně zajistit.

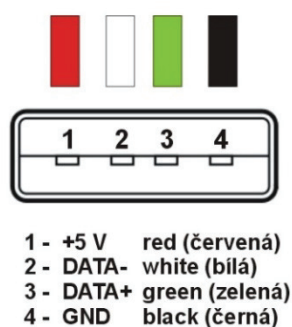


Obrázek č. 21: EMG modul a MULTI modul při měření

4.2.3 Délka použitého prodlužovacího USB kabelu

Dílčí hypotéza: Vzdálenost mezi přijímačem a záznamovým zařízením (PC) lze překlenout jakkoli dlouhým prodlužovacím datovým a napájecím kabelem

Propojovací USB 2,0 kabel se skládá ze dvou párů vodičů opatřených propojitelnými koncovkami. Jedním párem jsou vedena data (signál) a druhým párem je do periferního zařízení přiváděno napětí a elektrický proud (obrázek č. 22).



Obrázek č. 22: Schéma zapojení USB kabelu na koncovkách (zapojenikabelu.cz)

Podmínkou spolehlivého přenosu signálu je zabezpečení průchodu dostatečného proudu o minimálním požadovaném napětí k napájení periferního zařízení – v našem případě přijímače (pyramidy). Zajištění zejména požadovaného napětí, resp. jeho povoleného úbytku je závislé na odporu použitého vodiče. Velikost odporu daného vodiče

je závislá na velikosti plochy průřezu vodiče a jeho délce. Čím menší plocha, tím větší odpor na jednotce délky. Plocha průřezu je dána standartně používanými vodiči. Jedinou závislou proměnnou tak zůstává délka, která přímo udává úbytek napětí (tabulka č. 1).

Klesne-li napětí pod přípustnou mez, není zajištěn dostatečný průtok proudu a tím klesá spolehlivost funkce periferního zařízení – v našem případě přenosu signálu.

Tabulka č. 1: Závislost změny napětí a proudu na délce prodlužovacího USB vodiče (<https://physics.mff.cuni.cz>)

Parametr	Délka vodiče				
	1	2	3	4	5
Délka vodiče (m)					
Průměr vodiče (mm)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Jmenovitý proud (A)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Napětí (V)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Příkon (W)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Skutečný proud (A)	0,48	0,47	0,46	0,44	0,42
Úbytek napětí (V)	0,18	0,34	0,49	0,63	0,77
Skutečné napětí (V)	4,83	4,66	4,51	4,37	4,23
Skutečný příkon (W)	2,33	2,17	1,87	1,91	1,79
Odpor (Ω)	0,37	0,73	1,09	1,45	1,81

Při použití standartně vyráběných USB prodlužovacích kabelů je obecným a odzkoušeným pravidlem maximálně požívaná délka 5 metrů jako hraniční. Nicméně pro praktické potřeby lze jako maximální délku použít 50 metrů při splnění podmínky při délkách nad 5 metrů použití na každých 10 metrů USB repeater kabel (obrázek č. 23), který lze zapojovat sériově do maximální délky 50 metrů. Nedílnou součástí každého USB repeater kabelu je napájecí adapter o napětí 5 V DC a proudu min. 500mA, proto je jedna z jeho koncovek vybavena konektorem pro připojení tohoto adapteru, který dorovnáva úbytek napětí na dané vzdálenosti 10m kabelu.



Obrázek č. 23: Koncovka USB repeater kabelu (zapojenikabelu.cz)

V našem případě nelze v terénu USB repeater kabel použít pro absenci zdroje síťového napětí pro napájecí adaptér.

Při našem experimentu se tak omezíme na prodlužovací USB kabel o délce 3 metry, který svými parametry sníží napětí na mez, která se nejeví rizikovou.

4.2.4 Stabilita přenosu bluetooth signálu v závislosti na přímé viditelnosti vysílače a přijímače

Dílčí hypotéza: Pro přenos signálu není podstatná přímá viditelnost vysílače a přijímače signálu

Cílem měření je zjistit optimální umístění přijímacího zařízení (pyramidy) s ohledem na polohu a vzdálenost měřícího vysílacího zařízení od přijímače (pyramidy) a stabilitu přenosu dat z měřícího zařízení do přijímače v závislosti na přímé viditelnosti vysílače a přijímače.

Měření je provedeno přímo v terénu na modelovém dopravním prostředku, které se svým charakterem konstrukce, uspořádání a velikosti blíží vozidlům nad 3,5 tuny, resp. jejím parametrům pro měření jak uvnitř vozidla, tak i vně vozidla.

V rámci experimentu je kombinovaně měřena úplnost přenosu měřených veličin na trase senzory – vysílač (EMG a MULTI moduly) – přijímač (pyramida) – datový prodlužovací kabel – počítač.

Počasí: jasno, slunečno, 22 °C, bezvětří, 19. 8. 2019; časový interval měření 11:00 – 16:30

Použité vozidlo: Toyota ProAce Verso family 2,0 TDI; 110 kW; délka 5,3 m; rozvor 3,29 m; RZ: 7AU 0219 (obrázky č. 24 - 27)



Obrázek č. 24: Exterier vozidla použitého k experimentu



Obrázek č. 25: Exterier vozidla, vysílač umístěný na střeše vozidla



Obrázek č. 26: Umístění PC na palubní desce – v dosahu jak řidiče, tak závozníka



Obrázek č. 27: Umístění přijímací pyramidy: uvnitř vozidla za poslední řadou sedadel

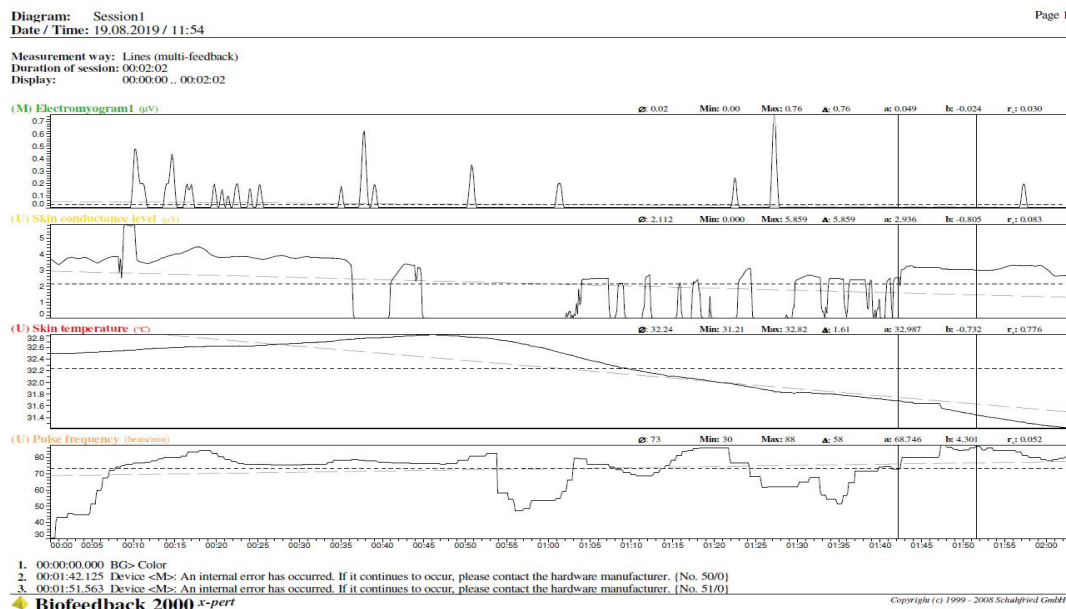
Propojení přijímače a PC: USB kabel o délce 3,0 m + 0,5 m kabel přijímače; tj. 3,32 m od sedačky řidiče

Měřené veličiny – EMG předloktí, tep, teplota a rezistence kůže.

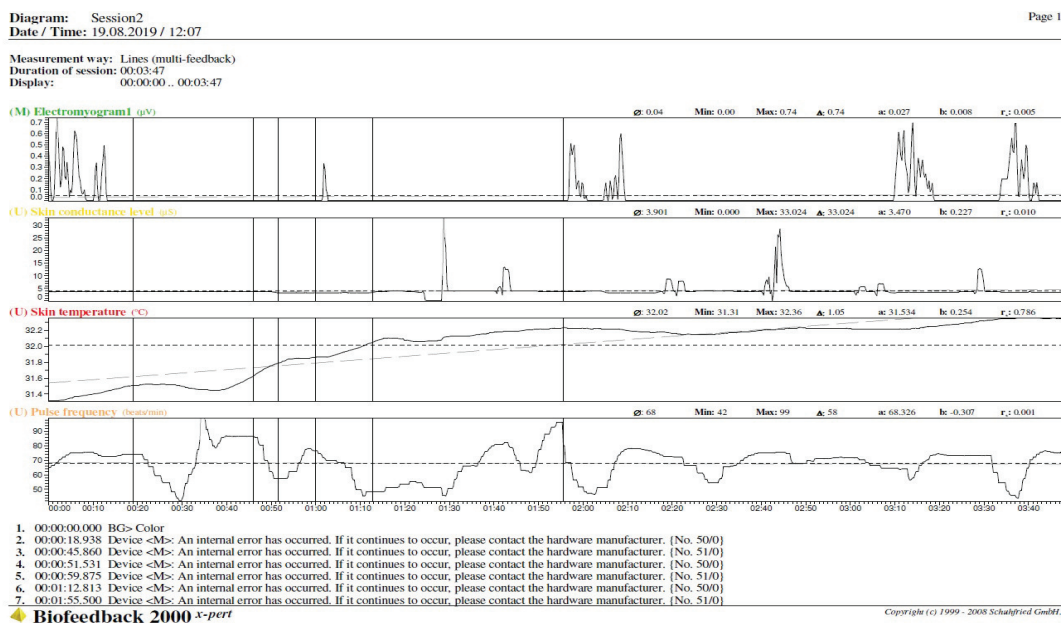
Měření probíhá za podmínek stojícího vozidla a otevřených dveří řidiče. Figurant před spuštěním zkušebního měření sedí na sedačce řidiče, kdy je spuštěno měření. Následně obchází figurant pomalým plynulým krokem vozidlo ve vzdálenosti 2 metry od obvodu karoserie.

Jak ukazují opakovaná měření Session 1-3 přenos signálu z modulu MULTI je zcela plynulý bez ohledu na vzdálenost figuranta se senzory od umístění pyramidy (obrázky

č. 28 – 30). Naproti tomu přenos signálu z modulu EMG je stabilní v okruhu do 5 metrů – při průchodu signálu předním sklem dovnitř. V okamžiku, kdy je figurant v oblasti předních blatníků a nárazníku – tedy nad vzdálenost 5,0 metrů je přenos signálu nestabilní a pravidelně na různě dlouhé časové úseky vypadává – viz plato v grafech (obrázek č. 31).

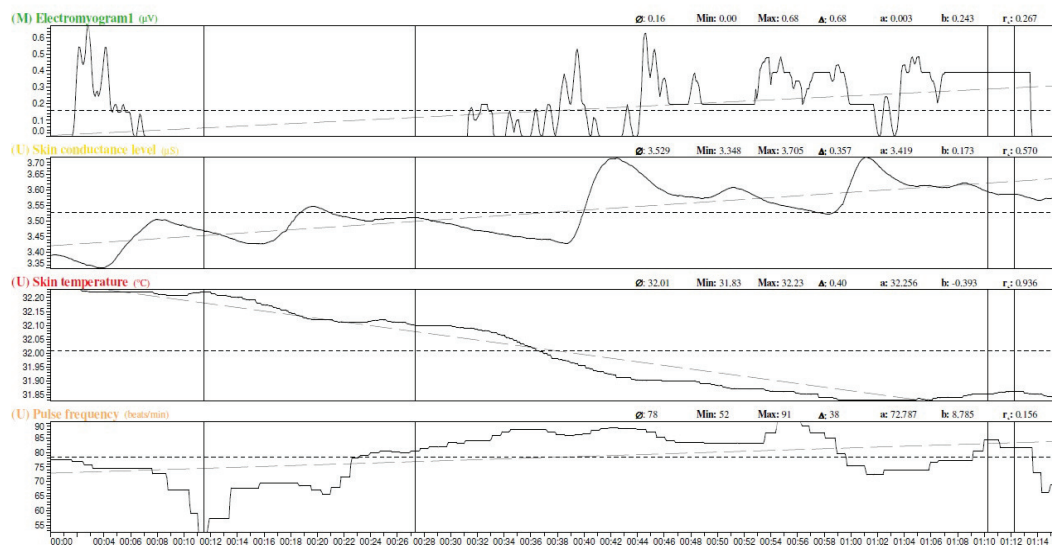


Obrázek č. 28: Pomalá chůze kolem vozidla ve vzdálenosti cca 2 metry od obvodu



Obrázek č. 29: Pomalá chůze kolem vozidla ve vzdálenosti cca 2 metry od obvodu

Measurement way: Lines (multi-feedback)
Duration of session: 00:01:15
Display: 00:00:00..00:01:15



1. 00:00:00.000 BG> Color
2. 00:00:11.453 Device <M>: An internal error has occurred. If it continues to occur, please contact the hardware manufacturer. [No. 50/0]
3. 00:00:27.281 Device <M>: An internal error has occurred. If it continues to occur, please contact the hardware manufacturer. [No. 51/0]
4. 00:01:10.250 Device <M>: An internal error has occurred. If it continues to occur, please contact the hardware manufacturer. [No. 50/0]
5. 00:01:12.250 Device <M>: An internal error has occurred. If it continues to occur, please contact the hardware manufacturer. [No. 51/0]

◆ Biofeedback 2000 x-pert

Copyright (c) 1999 - 2008 Schulzried GmbH

Obrázek č. 30: Pomalá chůze kolem vozidla ve vzdálenosti cca 2 metry od obvodu

Testování kvality spojení při změně trasy figuranta.

Počasí: jasno, slunečno, 22 °C, bezvětří, 19. 8. 2019

Použité vozidlo: Toyota ProAce Verso family 2,0 TDI; 110 kW; délka 5,3 m; rozvor 3,29 m; RZ: 7AU 0219

Umístění PC: umístěn na palubní desce vozidla – v dosahu jak řidiče, tak závozníka

Umístění přijímací pyramidy: uvnitř vozidla na desce za poslední řadou sedadel, tj. 3,32 m od sedačky řidiče.

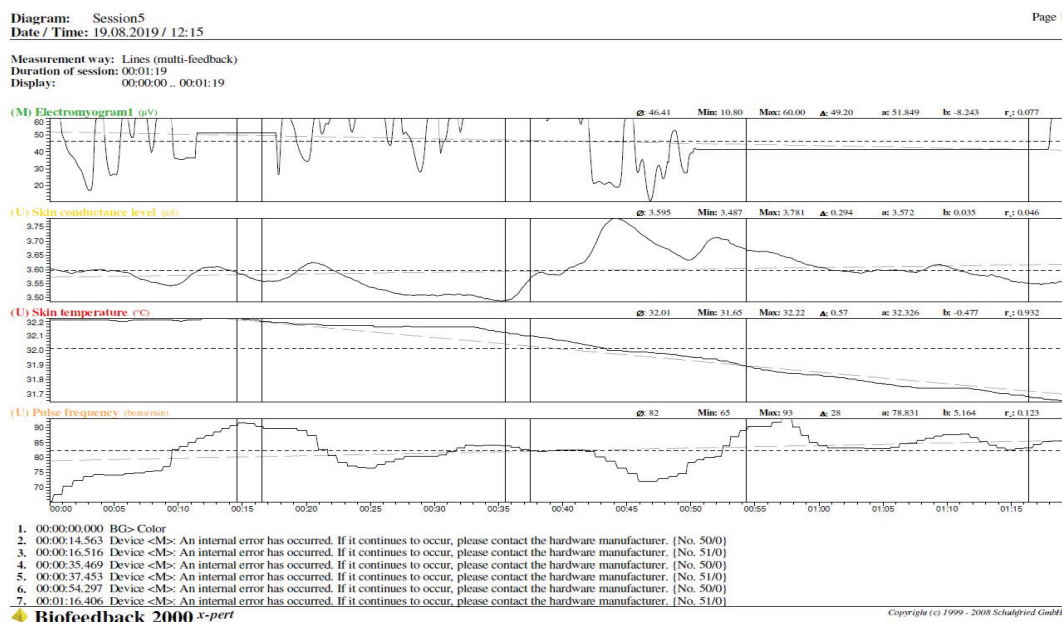
Propojení přijímače a PC: USB kabel o délce 3,0 m + 0,5 m kabel přijímače.

Měřené veličiny – EMG předloktí, tep, teplota a rezistence kůže.

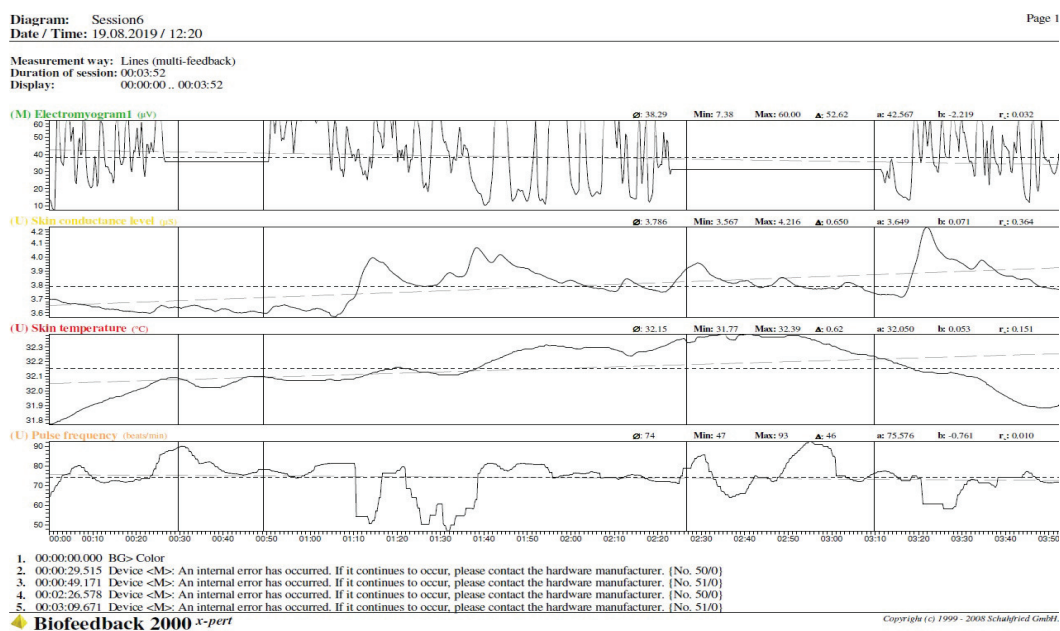
Měření probíhá za podmínek stojícího vozidla a otevřených dveří řidiče. Figurant před spuštěním zkušebního měření sedí na sedačce řidiče, kdy je spuštěno měření. Následně opouští figurant sedadlo řidiče a jde šikmo vzad, kdy je experimentem zjištěno – potvrzeno, že stabilita přenosu signálu klesá se vzdáleností nad 5,0 metry.

Jak ukazují opakovaná měření Session 5-6 (obrázky č. 31 – 32) přenos signálu z modulu MULTI je zcela plynulý bez ohledu na vzdálenost figuranta se senzory od umístění pyramidy. Naproti tomu přenos signálu z modulu EMG je stabilní v okruhu do 5 metry. V okamžiku, kdy je figurant v oblasti předních blatníků a nárazníku – tedy nad

vzdálenost 5,0 metů je přenos signálu nestabilní a pravidelně na různé dlouhé časové úseky vypadává – viz plato v grafech.



Obrázek č. 31: Pomalá chůze šikmo vzad od vozidla do vzdálenosti nad 5 m od vozidla



Obrázek č. 32: Pomalá chůze šikmo vzad od vozidla do vzdálenosti nad 5 m od vozidla

Z grafů je patrné, že přenos signálu EMG modulu při překročení hraniční vzdálenosti 5 metrů je opakovaně přerušen. Tím je prakticky potvrzen závěr měření v uzavřené místnosti. Lze tedy říci, že uzavřenost (možný odraz signálu od stěn) nebo otevřenost prostoru nemá na kvalitu přenosu podstatný vliv na rozdíl od vzdálenosti přijímače od vysílače.

4.2.5 Vliv materiálu překážky na přenos signálu

Dílčí hypotéza: Pro přenos signálu není rozhodující druh materiálu, který tvoří překážku na přímé trase vysílač a přijímač signálu.

Je testována kvalita spojení při použití umělé překážky mezi vysílačem a přijímačem.

Počasí: jasno, slunečno, 22 °C, bezvětří, 19. 8. 2019

Použité vozidlo: Toyota ProAce Verso family 2,0 TDI; 110 kW; délka 5,3; rozvor 3,29m;
RZ: 7AU 0219

Umístění PC: umístěn na palubní desce vozidla – v dosahu jak řidiče, tak závozníka

Umístění přijímací pyramidy: na střeše vozidla v zadní části vozidla, tj. 3,22 m od sedačky řidiče

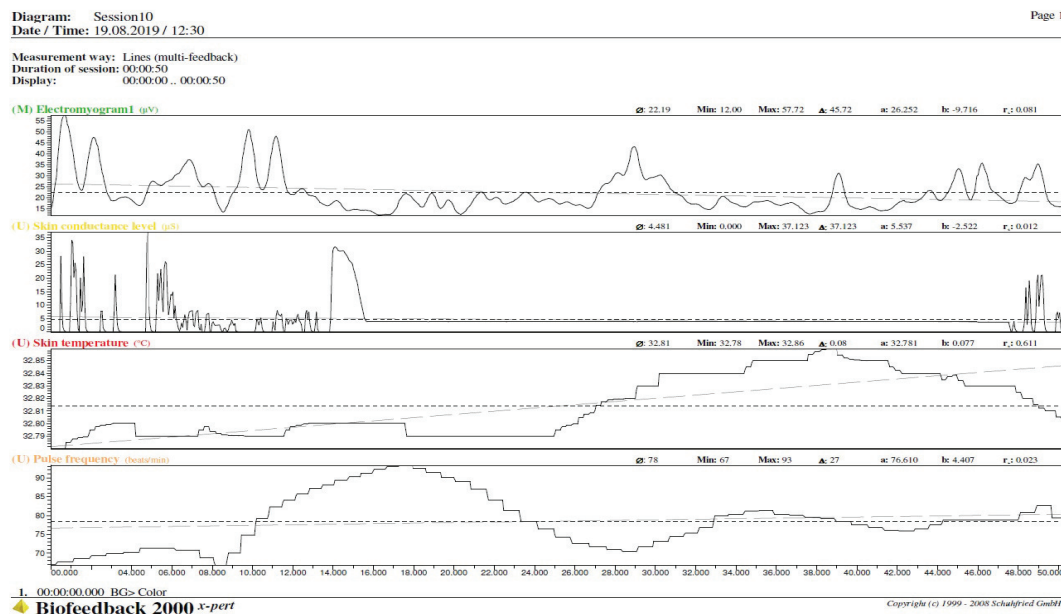
Propojení přijímače a PC: USB kabel o délce 3,0 m + 0,5 m kabel přijímače

Měřené veličiny – EMG předloktí, tep, teplota a rezistence kůže.

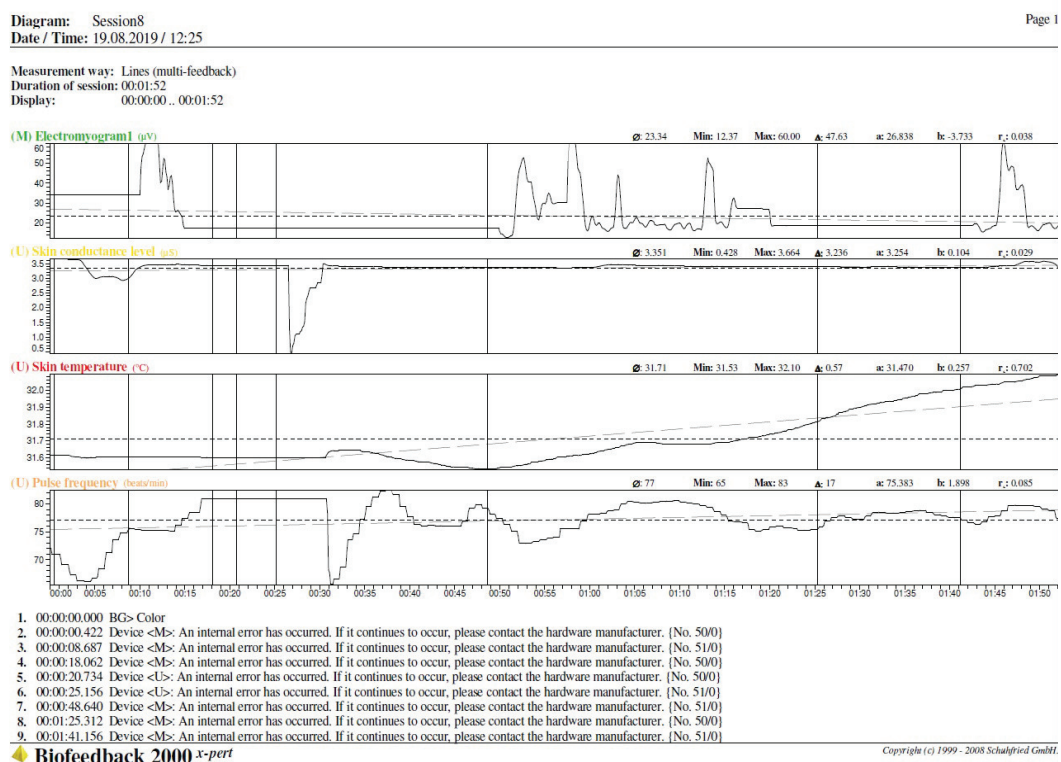
Měření probíhá za podmínek stojícího vozidla a otevřených dveří řidiče. Figurant před spuštěním zkušebního měření sedí na sedačce řidiče, kdy je spuštěno měření. Následně opouští figurant sedadlo řidiče a obchází vozidlo ve vzdálenosti 2 metry od obvodu vozu.

Výsledkem experimentu je zjištění přerušování přenosu signálu v okamžiku, kdy je buď překročena vzdálenost 5 metrů a/nebo je mezi vysílačem a přijímačem vložena kovová překážka, v našem případě představovaná střešou karoserie vozidla. Toto zjištění je potvrzeno i v případech, kdy je překážkou jiná kovová část vozidla – boční dveře, blatník apod.

Měření Session10 (obrázek č. 33) ukazuje přenos signálu mezi vysílačem vně vozu a přijímačem na střeše vozu při přímé viditelnosti, kde je signál odesílán kontinuálně.



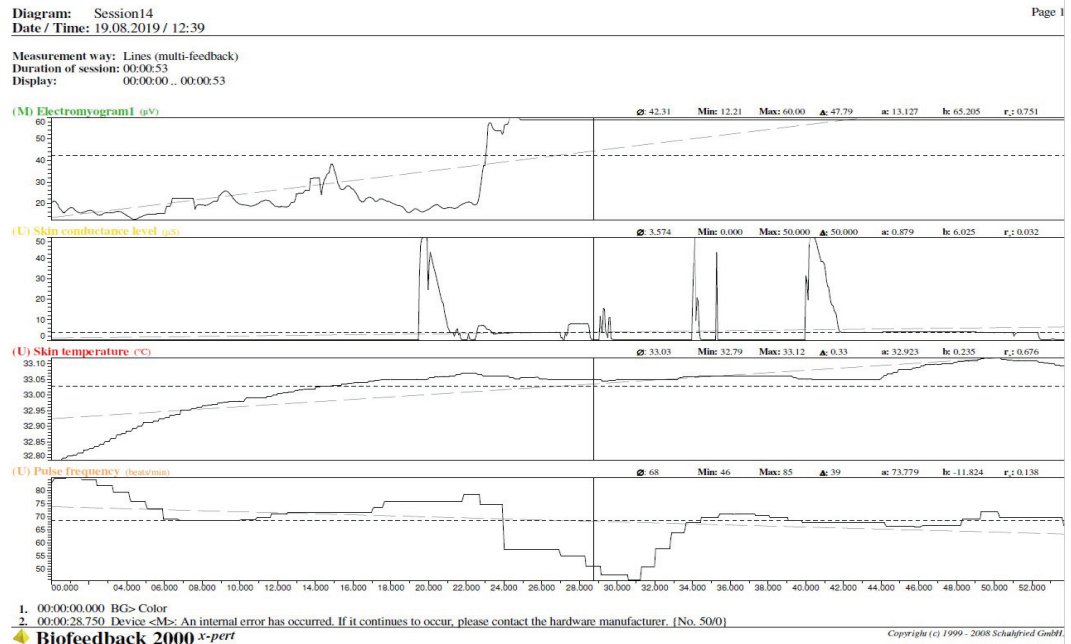
Obrázek č. 33: Měření stability přenosu bluetooth signálu



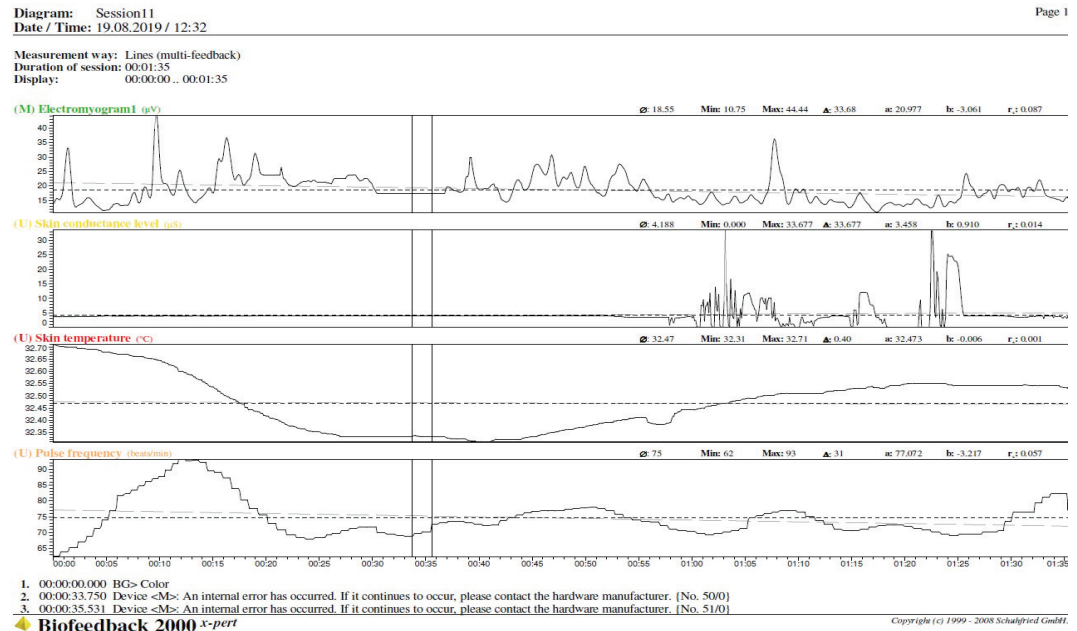
Obrázek č. 34: Měření stability přenosu bluetooth signálu s překážkou

V okamžiku, kdy je však vysílač umístěn dovnitř vozidla a přijímač zůstává na střeše vozidla - měření Session 8 (obrázek č. 34), je mezi nimi kovová překážka, která brání přenosu signálu a signál vypadává. Zcela obdobný případ nastává, pokud zůstane vysílač

uvnitř vozu a přijímač je vně vozu v místě, kde je mezi oběma komponenty ocelový blatník nebo zavřené dveře - měření Session 14 (obrázek č. 35).



Obrázek č. 35: Měření stability přenosu bluetooth signálu s překážkou



Obrázek č. 36: Měření stability přenosu bluetooth signálu s překážkou

Přemístíme-li přijímač na původní místo – za poslední řadu sedadel do úrovně spodní hrany oken a vysílač ponecháme vně vozidla, kdy mezi oběma komponenty je přímá

viditelnost a překážku tvoří skleněná výplň, není přenos signálu negativně ovlivňován - měření Session 11 (obrázek č. 36).

Při porovnání výsledků měření - Session 14 a Session 11 lze konstatovat, že druh materiálu tvořící překážku přenosu signálu mezi vysílačem a přijímačem má zásadní vliv. Bluetooth signál prokazatelně neprochází překážkou z oceli.

4.2.6 Kvalita přenosu signálu při jízdě a pohybu kolem vozidla

Dílčí hypotéza: Při jízdě v terénu a při pohybu kolem vozidla může vlivem chvění, činnosti elektrických zařízení vozu a prostředí vně vozidla dojít k rušivým vlivům bezdrátového přenosu.

Počasí: jasno, slunečno, 22 °C, bezvětří, 29. 8. 2019

Použité vozidlo: Toyota ProAce Verso family 2,0 TDI; 110 kW; délka 5,3 m; rozvor 3,29 m; RZ: 7AU 0219

Umístění PC: umístěn na palubní desce vozidla – v dosahu jak řidiče, tak závozníka.

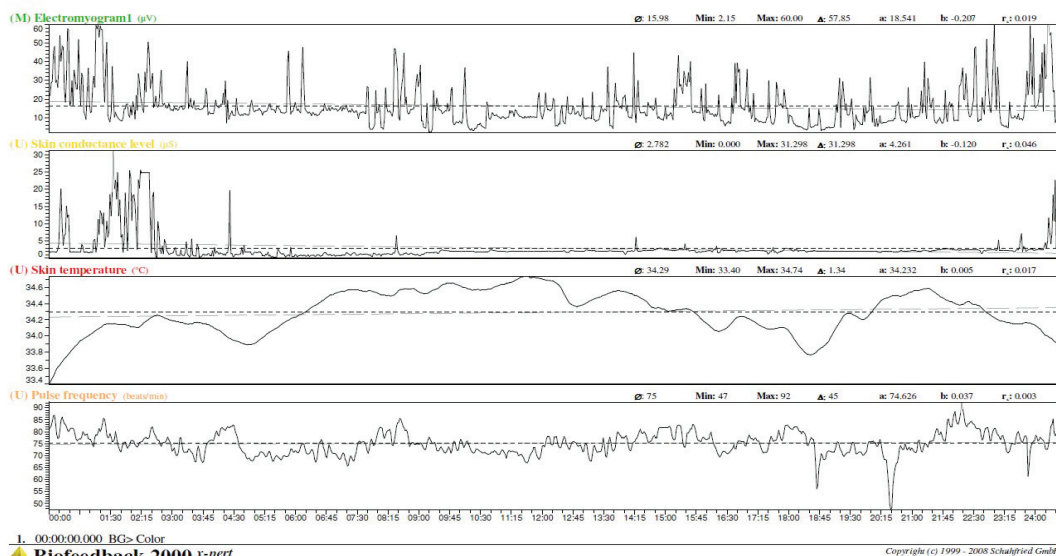
Umístění přijímací pyramidy: uvnitř vozidla na desce za poslední řadou sedadel, tj. 3,32 m od sedačky řidiče

Propojení přijímače a PC: USB kabel o délce 3,0 m + 0,5 m kabel přijímače

Měřené veličiny – EMG předloktí, krevní puls, teplota a rezistence kůže.

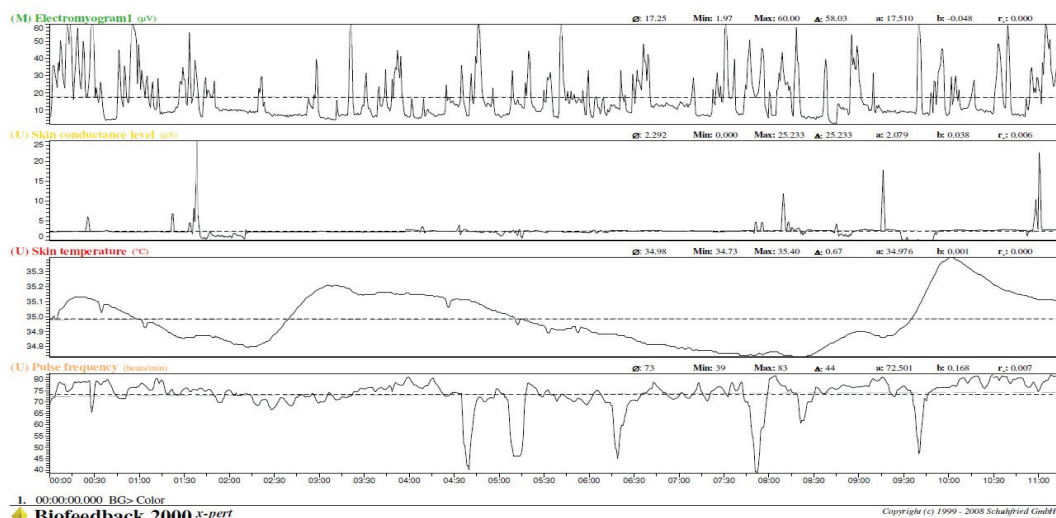
Měření probíhá za podmínek jedoucího vozidla. Figurant před spuštěním zkušebního měření sedí na sedačce řidiče, kdy je spuštěno měření. Spolujezdec po celou dobu experimentu sleduje zápis zaznamenávaných dat do PC prostřednictvím monitoru. Následně figurant nastartuje vozidlo a odřídil celkem 3 různě dlouhé trasy. Během jízdy je sledována spolujezdcem jak kontinuita přenosu signálu, tak i změny sledovaných parametrů, které odrážejí prováděnou aktivitu – řízení, řazení.

Measurement way: Lines (multi-feedback)
Duration of session: 00:24:40
Display: 00:00:00 .. 00:24:40



Obrázek č. 37: Měření stability přenosu bluetooth signálu při jízdě

Measurement way: Lines (multi-feedback)
Duration of session: 00:11:13
Display: 00:00:00 .. 00:11:13

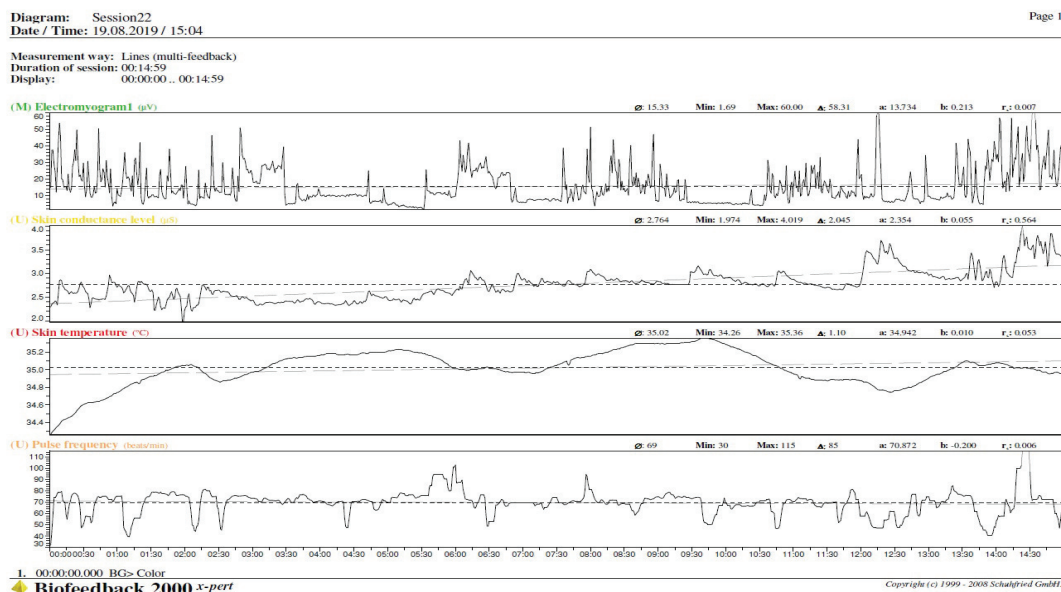


Obrázek č. 38: Měření stability přenosu bluetooth signálu při jízdě

Zkušební jízdy čítají dohromady přibližně 42 km. První jízdou (Session 16, obrázek č. 37) je trasa 21 km Třebechovice pod Orebem – Hradec Králové centrum. Trasa je vedena po silnici I/11 v rovině s mírnými zatáčkami prochází dvěma obcemi. Následně je trasa vedena městským okruhem s řadou světelných křižovatek.

Druhá trasa (Session 18, obrázek č. 38) je vedena městským okruhem z centra města na periferii a je dlouhá cca 9 km.

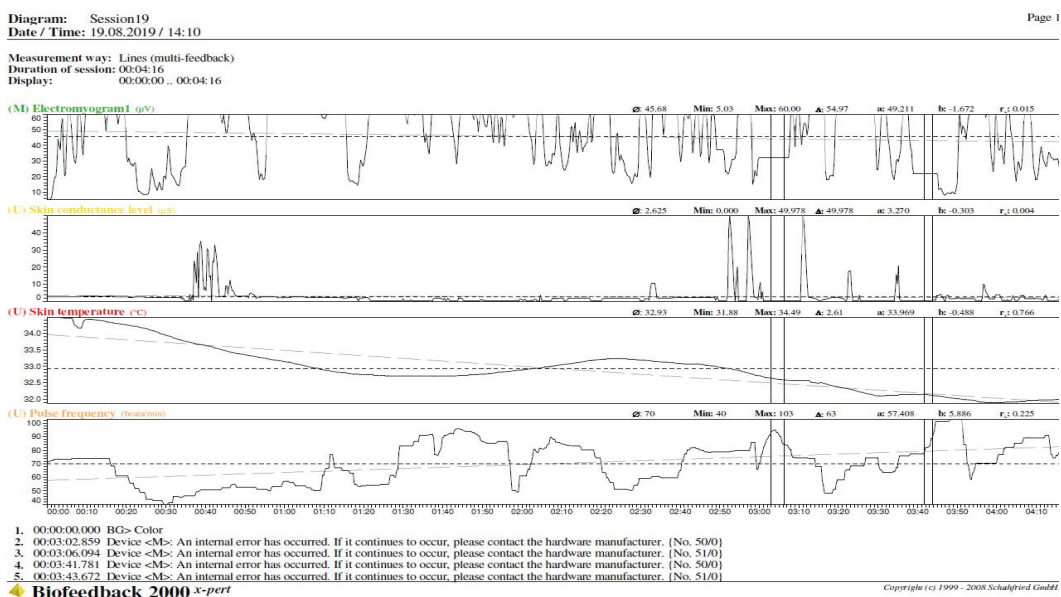
Poslední trasa (Session 22, obrázek č. 39) je vedena z místa na periferii města ležícího přímo u silnice I/11 po této silnici průjezdem dvěma obcemi zpět do výchozího bodu a měří 12 km.



Obrázek č. 39: Měření stability přenosu bluetooth signálu při jízdě

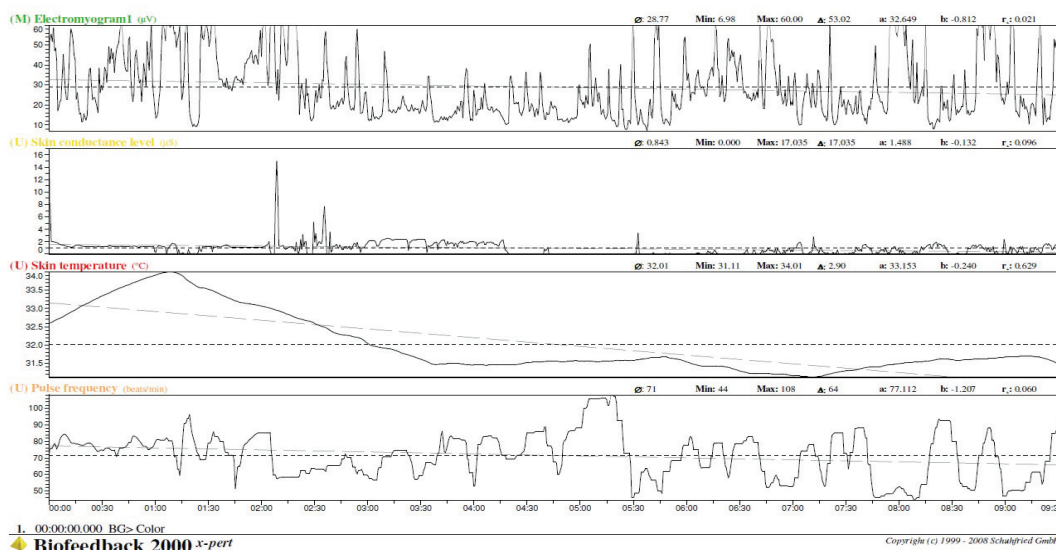
Žádná z výše popsaných jízd po zvolených trasách se neprojevuje negativně na přenosu signálu a odezvě zaznamenaných hodnot.

Jízdy jsou v bodech zastávek proloženy činnostmi bezprostředně uvnitř vozu – vysávání podlahy (Session 19, obrázek č. 40) a také v bezprostřední blízkosti vozu – dosah do 2 metrů při zavřených dveřích a oknech – mytí karoserie vozu tlakovou vodou (Session 20, obrázek č. 41).



Obrázek č. 40: Měření stability přenosu bluetooth signálu při vysávání vozidla

Measurement way: Lines (multi-feedback)
Duration of session: 00:09:32
Display: 00:00:00 .. 00:09:32



Obrázek č. 41: Měření stability přenosu bluetooth signálu při mytí karoserie vozidla

Ani chod elektromotoru vysavače ani interakce při mytí vozidla figurantem neznamenávají nedostatky v kvalitě přenosu signálu. Zaznamenané hodnoty odpovídají vykonávané činnosti. Přítomnost jiných elektrospotřebičů v činnosti ani standardní magnetické pole neovlivňují negativně přenos dat.

4.2.7 Dílčí závěr

Z výše popsaného experimentálního šetření je patrné, že pro bezchybné provedení vlastního experimentálního měření na řidiči nákladního vozidla / odvozní soupravy je třeba splnit tyto podmínky:

- Prodlužovací USB kabel je použit v maximální délce 3,0 metrů. Přijímací zařízení je umístěno uvnitř kabiny, avšak tak, že zůstává zachován přímý průhled zadním oknem směrem k jeřábu odvozní soupravy.
- Řidič se pohybuje v maximální vzdálenosti do 5,0 metrů od přijímače (pyramidy).
- Záznamové zařízení má po celou dobu záznamu nabitý akumulátor na alespoň 25 % kapacity baterie, kdy zůstává zachována intenzita napětí pro použitý periferní přijímač (pyramida). Toto lze dosáhnout připojením zdroje záznamového zařízení do zásuvky vozidla. Většina vozidel je dnes vybavena zásuvkou 230V 150W, což je pro tyto účely dostatečný výkon.

- V záznamovém zařízení je po dobu měření omezen režim spořiče energie (spořič energie odpojuje v případě aktivace všechna připojená zařízení) a zároveň v zařízení nebudou spuštěny ani na pozadí další aplikace spotřebovávající energii. Vysílací moduly jsou před každým měřením nabity na dostatečnou úroveň, aby byla zajištěna jejich bezchybná funkce jak pro snímání naměřených dat, tak pro jejich bezdrátový přenos do přijímače.

4.3 Sběr dat

4.3.1 Biofeedback 2000x-pert

Pro účely sledování fyziologického zatížení během výkonu práce je použit modulární systém Biofeedback 2000^{x-pert} rakouského výrobce Schuhfried.

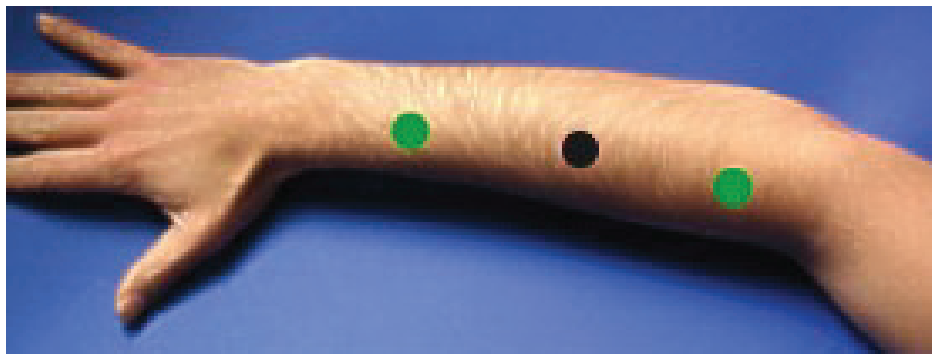
Toto zařízení umožňuje nepřetržitý monitoring řidiče v průběhu pracovního procesu způsobem neinvazivního snímání vybraných fyziologických funkcí z povrchu těla.

Hodnoty biosignálů jsou snímány elektrodami (EMG modul) a senzorem (MULTI modul) a dále vodiči přenášeny do vysílacích modulů, zde jsou filtrovány, dále zesilovány a digitalizovány. Prostřednictvím bezdrátové technologie bluetooth jsou odtud odesílány do přijímače připojenému k počítači. Data jsou zpracovávána speciálním softwarem Biofeedback 2000^{x-pert} verze 3.0.

Systém je určen nejen k diagnostice fyziologických funkcí, ale i pro terapeutickou činnost, prostřednictvím které nabízí léčbu široké škály fyziologických a psychických poruch či onemocnění (Škvor, 2018).

4.3.2 Senzory a moduly

Samotnému měření předchází upevnění elektrod měřící jednotky EMG na tělo řidiče. Tento úkon vyžaduje náležitou pozornost a zručnost. Při chybné lokalizaci upevnění elektrod může dojít k nepřesnému měření hodnot. Před fixací elektrod jsou schematicky označená místa (obrázek č. 42) potvrzena přímo na předloktí pohmatem na jednotlivé části „pracujícího“ svalu a následně jsou takto potvrzené body označeny zdravotně nezávadným značkovačem Centropen 2739 textile. Až na označené body je fixován střed Ag⁺ elektrod (Škvor, 2020).



Obrázek č. 42: Body pro umístění elektrod EMG – měřící (zelená) a referenční (černá) (Schuhfried, 2008)

Modul EMG

Nejprve je třeba jednorázovou elektrodu upevnit na bříško svalu jako referenční a následně upevnit obě měřící elektrody ve stejné vzdálenosti od referenční na obou koncích svalu. Referenční elektrodu je třeba propojit černým kabelem s modulem EMG a následně obě měřící elektrody (po technické stránce zaměnitelné) propojit zelenými vodiči.

Modul MULTI

Senzor modulu MULTI je upevňován na poslední (třetí) článek vybraného prstu ruky páskem ze „suchého zipu“ a od něho vedoucí kabelové propojení se fixuje druhým páskem na některém následujícím článku nebo na zápěstí (obrázek č. 8).

4.4 Software Biofeedback 2000 x-pert, verze 3.0

Snímači zachycené biosignály jsou jako elektrické veličiny přeneseny do počítače, kde je lze zpracovávat speciálním softwarem. V grafické nebo tabulkové podobě jsou pak data připravena k analýze, hodnocení nebo uložení.

Požadavky programu na hardware nejsou v žádném ohledu výjimečné a software tedy může pracovat prakticky v jakémkoli novějším počítači s operačním systémem Windows, existuje verze jak v 32bitovém, tak i 64bitovém provedení. Pro použití je nezbytná hardwarová a softwarová instalace systému Biofeedback 2000^{x-pert}.

Před zahájením měření je prvním krokem správné umístění měřících elektrod či senzorů k tělu řidiče s důkladnou fixací a následné zapojení svodných vodičů k příslušnému detekčnímu vysílacímu modulu. Zároveň je nutno do USB portu záznamového zařízení zapojit přijímač bluetooth signálu (žlutá pyramida).

Až následně je možné spustit v počítači program. Všechny aktivní a dostupné moduly jsou automaticky vyhledány a softwarově připojeny bezprostředně po spuštění programu. Mohou být připojeny i ručně. Následně je třeba založit nový objekt měření a určit, které druhy biosignálů budou zaznamenávány. S ohledem na předmět sledovaného zájmu je třeba vybrat EMG ev. další moduly. Následně vybrán manuální start celé relace.

Stiskem startovní ikony je zahájeno zobrazení a záznam měřených ukazatelů. Prostřednictvím hlavního panelu v horní části obrazovky lze v průběhu měření přepínat zobrazení jednotlivých kanálů měření. Na hlavním panelu se nacházejí rovněž tlačítka modulů, obsahující také indikátory stavu baterie.

Program disponuje i dalšími funkcemi jako jsou práce s databázemi, návody pro připojení snímačů nebo knihovna terapií. Vyhodnocení a vzájemné porovnání relací umožňuje v různých formách zobrazení diagramu.

Zaznamenaná data z databáze přístroje jsou exportována ve formátu xls. a dále separátně zpracována. Data lze exportovat i do jiných typů souborů typu např. csv. nebo xlsx či odt.

V provedeném experimentu jsou sbírána data o svalovém zatížení. Jako datová reference jsou ze zájmu sledování korelace biosignálů zaznamenávána rovněž data o změnách krevního tepu. Vyhodnocována jsou data o změnách elektrického potenciálu sledované svalové skupiny a tepové frekvence.

4.5 Zpracování dat

Data shromážděná experimentálními měřeními v terénu jsou agregována v softwarové sadě zařízení Schuhfried (softwarový balík používaný ke správě měření přístrojem Biofeedback 2000 ^{x-pert} pro záznam, ukládání a zpracování dat). První fáze zpracování dat spočívá ve vizuálních kontrolách grafických výstupů již při jejich záznamu, zda během měření nedochází k výpadkům signálu. Následně jsou data biosignálu klasifikována, přiřazena jednotlivým řidičům, etapám pracovních směn, typům komunikací, typům použitých vozidel a reálně projetým trasám.

Před vyhodnocením jsou data biosignálu zkontrolována na normalitu jejich distribuce. Pro vyhodnocení naměřených výsledků a jejich správné zpracování, výpočet průměrné hodnoty a průměrné směrodatné odchylky použijeme T-test (Studentův t-test).

Naměřená data jsou seříděna a normalita distribuce dat je zkontrolována pomocí histogramu. Naměřená data jsou následně zpracována v softwaru STATISTICA CZ verze 12 od TIBCO Software, Inc. Popisné statistiky jsou vypočteny pomocí základních statistických operací. Použijeme Levenův test, sledující spojitost veličin – kopíruje-li jejich rozložení Gausovu křivku. Také je vypočítána průměrná hodnota měření a stupeň volnosti počtu měření.

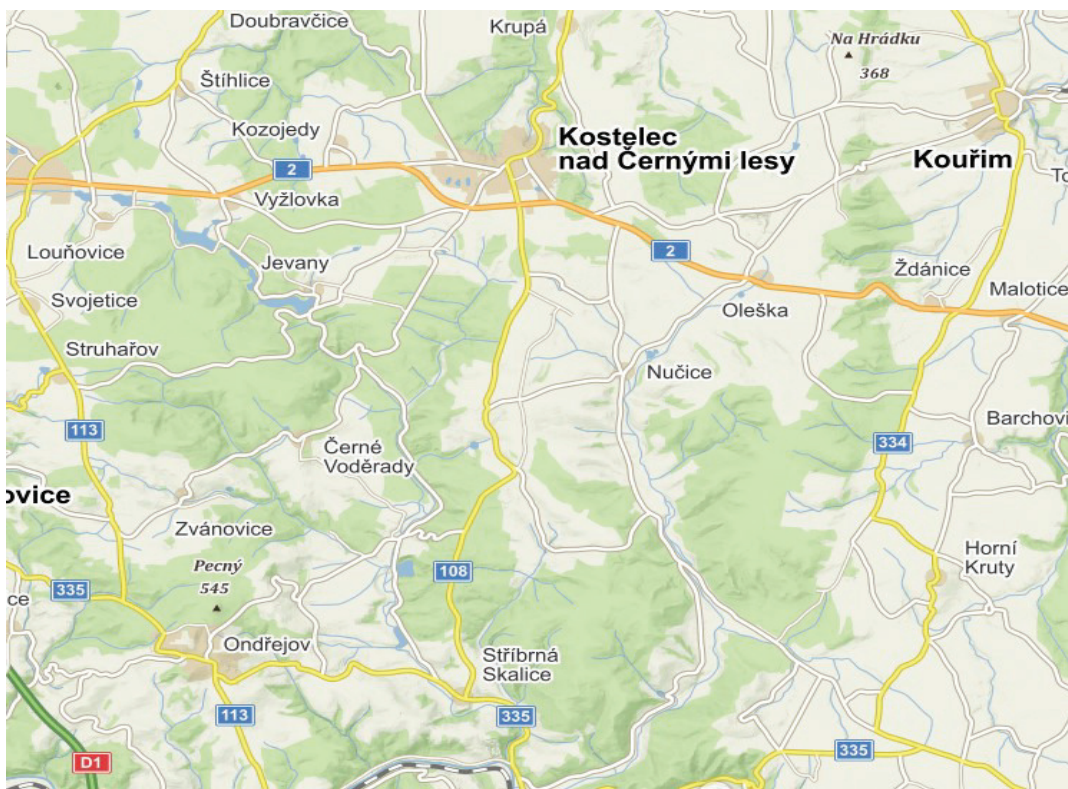
Takto zkontrolovaná data jsou podrobena analýze rozptylu (ANOVA). Na základě výsledků analýzy rozptylu pomocí Post hoc testů určíme specifické rozdíly. Naměřené hodnoty svalové zátěže řidičů na různých typech sledovaných komunikací pro různé typy vozidel používaných pro přepravu dříví jsou porovnány pro stejné trasy a klima.

4.6 Charakteristika prostředí, nástrojů a objektů užitých při měření biosignálů

Níže jsou uvedeny identifikace podmínek měření a popis vlastního měření, údaje o časovém, prostorovém rozsahu měření, základní informace řidičích a o použitých dopravních strojích.

4.6.1 Identifikace porostů

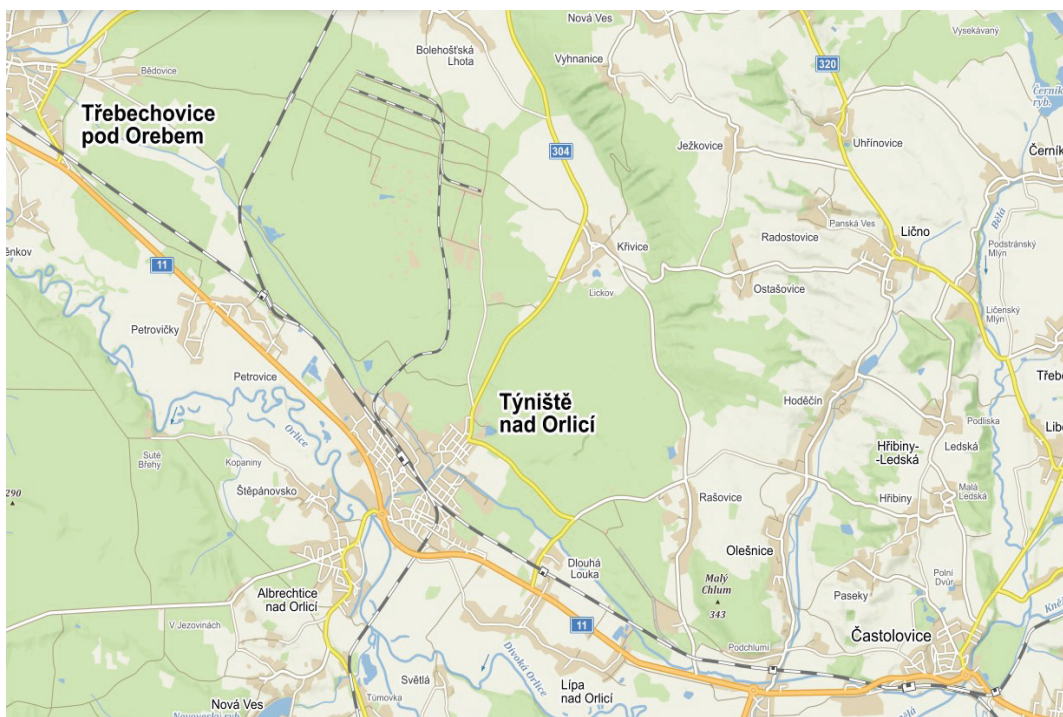
Měření jsou prováděna na lesních pozemcích v působnosti Školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy České zemědělské univerzity v Praze, Školního lesního podniku Křtiny Mendlovy zemědělské univerzity v Brně a ve vlastnictví hraběnky zámku v Častolovicích Diany Philipp Stenbergové a její dcery Alexandry Hardegg – společnost SPRÁVA MAJETKU HS s.r.o. a na přilehlých silnicích. Vlastníky lesních pozemků jsou výše zmíněné organizace. Pozemky se nachází v LVS 3 a 4 o terénních typech 11 a 12. (obrázky č. 43 až č. 45).



Obrázek č. 43: Orientační lokalizace pozemků obhospodařovaných ŠLP Kostelec nad Černými lesy ČZU v Praze (mapy.cz)



Obrázek č. 44: Orientační lokalizace pozemků obhospodařovaných ŠLP Křtiny MZU v Brně (mapy.cz)



Obrázek č. 45: Orientační lokalizace pozemků obhospodařovaných společností SPRÁVA MAJETKU HS s.r.o. (mapy.cz)

4.6.2 Vliv zevního prostředí

Měření probíhá v terénu pahorkatin v LVS 3 a 4 v nadmořských výškách od 242 do 510 metrů nad mořem. Data jsou shromažďována v období říjen až listopad 2019, listopad až prosinec 2020 a leden až únor 2021.

Časově pak měření obvykle začíná kolem 6 hodiny ranní a probíhá do brzkých odpoledních hodin, podle plánu odvozu na expediční sklady, manipulačně expediční sklady nebo podle dohody s odběratelem a nepřekračuje výrazně délku osmihodinové pracovní směny.

Počasí je obvyklé pro danou roční dobu bez extrémních výkyvů.

Povětrnostní podmínky jsou bez extrémních výkyvů, pracovní směny z pohledu denní doby (světlo/šero/tma) odpovídají začátku, průběhu a konci pracovních směn a jsou zastoupeny s ohledem na roční období.

4.6.3 Identifikace řidičů

Řidiči jsou vybráni na základě vyhodnocení dotazníkového šetření (vzor dotazníku - příloha č. 2). Dotazník vyplňovali řidiči samostatně. Preferováni jsou řidiči bez trvalé medikace, bez závislostí a s dobrým životním stylem.

Řidič A: Jiří K., * 1974

Věk: 46 let

Praxe s dopravně těžebním zařízením: 16,5 roku

Vzdělání: ÚSO, vyučen

Výška: 178 cm

Váha: 94 kg

BMI: 29 (lehká nadváha)

Zdravotní stav: subj. – toho času bez obtíží, obj. – bez indikované pravidelné medikace a dispenzarizace

Řidič B: Pavel H., * 1970

Věk: 50 let

Praxe s dopravně těžebním zařízením: 12,5 roku

Vzdělání: ÚSO, vyučen s maturitou

Výška: 182 cm

Váha: 89 kg

BMI: 25 (normální váha)

Zdravotní stav: subj. – toho času bez obtíží, obj. – bez indikované pravidelné medikace a dispenzarizace

Řidič C: Jaroslav T., * 1966

Věk: 54 let

Praxe s dopravně těžebním zařízením: 7,5 roku

Vzdělání: ÚSO, vyučen

Výška: 176 cm

Váha: 87 kg

BMI: 25 (normální váha)

Zdravotní stav: subj. – toho času bez obtíží, obj. – bez indikované pravidelné medikace a dispenzarizace

Řidič D: Tomáš L., * 1974

Věk: 46 let

Praxe s dopravně těžebním zařízením: 25 roku

Vzdělání: ÚSO, vyučen

Výška: 178 cm

Váha: 93 kg

BMI: 29 (lehká nadváha)

Zdravotní stav: subj. – toho času bez obtíží, obj. – bez indikované pravidelné medikace a dispenzarizace, aktivní kuřák

Řidič E: Pavel S., * 1973

Věk: 47 let

Praxe s dopravně těžebním zařízením: 5 roku

Vzdělání: SŠ

Výška: 171 cm

Váha: 72 kg

BMI: 23 (normální váha)

Zdravotní stav: subj. – toho času bez obtíží, obj. – bez indikované pravidelné medikace a dispenzarizace

4.6.4 Identifikace dopravního prostředku

A. Odvozní souprava (tahač s jeřábem a návěs s klanicemi) (obrázek č. 46 a č. 49):

Tahač:

Značka: Tatra

Typ: Tatra 815-2

Rok výroby: 2011

Země výrobce: Tatra Truck a.s., Kopřivnice, Česká republika

VIN: TNU231R25BK046132

Výkon: 325 kW/1800 ot.

Pohyb: pneumatiky, náhon 6 x 6

Přídavná zařízení: hydraulický jeřáb HNJ typ EPSILON Q170 Z 96

Návěs:

Značka: Umikov

Typ: NPK 39T - teleskopický

Rok výroby: 2011

Země výrobce: Umikov CZ s.r.o., Liboměřice, Česká republika

VIN: TK9NPK39TB1US5135

Pohyb: nápravy BPW HSF 9010-15 ECO-P a sbrzdou SN 4218

Ložná plocha: s klanicemi Umikov, bez předního čela

Délka ložné plochy: variabilní 8620 – 11 220 mm



Obrázek č. 46: Odvozní souprava – Tatra 815 s jeřábem a teleskopický návěs Umikov

B. Nákladní vozidlo s klanicemi a hydraulickým jeřábem (obrázek č. 47):

Značka: Tatra

Typ: Tatra 158/II

Rok výroby: 2015

Země výrobce: Tatra Truck a.s., Kopřivnice, Česká republika

VIN: TNU8P6R33FK000606

Výkon: 340 kW/1700 ot.

Pohyb: pneumatiky, náhon 6 x 6

Ložná plocha: NAK 014 Hořické strojírný spol s.r.o.

Přídavná zařízení: hydraulický jeřáb HNJ typ EPSILON Q170 Z 96

Přívěs:

Značka: Lemex

Typ: NR-15

Rok výroby: 2008

Země výrobce: TMW, a.s., Dvůr Králové nad Labem, Česká republika

VIN: TK9N2181517LB5050

Ložná plocha: s klanicemi TMW, bez předního čela

Délka ložné plochy: 4250 mm



Obrázek č. 47: Odvozní souprava – Tatra Phoenix s plošinou a klanicemi s jeřábem a přívěs s klanicemi Lemex

C. Odvozní souprava (tahač s jeřábem a návěs s klanicemi) (obrázky č. 48 a č. 50):

Tahač:

Značka: Tatra

Typ: Tatra 158/II

Rok výroby: 2019

Země výrobce: Tatra Truck a.s., Kopřivnice, Česká republika

VIN: TNU8P6R33KK002602

Výkon: 390 kW/1600

Pohyb: pneumatiky, náhon 6 x 6

Přídavná zařízení: hydraulický jeřáb KESLA typ 2117 ZT

Návěs:

Značka: Umikov

Typ: NPK 39 - teleskopický

Rok výroby: 2019

Země výrobce: Umikov CZ s.r.o., Libáň, Česká republika

VIN: TK9NPK3888K1US5351

Pohyb: nápravy BPW HSF 9010-15 ECO-P a sbrzdou SN 4218

Ložná plocha: s klanicemi Umikov, bez předního čela

Délka ložné plochy: variabilní 8430 – 11 380 mm



Obrázek č. 48: Odvozní souprava – Tatra Phoenix s jeřábem a teleskopický návěs Umikov s automatickou váhou řízeným přitlakem náprav návěsu



Obrázek č. 49: Pracoviště řidiče odvozní soupravy Tatra 815



Obrázek č. 50: Pracoviště řidiče odvozní soupravy Tatra Phoenix

4.7 Design a podmínky vlastního měření

Měřicí přístroj: Biofeedback 2000 ^{x-pert}

Měřicí modul: modul EMG, Ag⁺/AgCl elektrody fixovány na předloktí, bez nutnosti další stabilizace

modul MULTI, snímací senzor pro snímání krevního pulsu, tělesné teplota a galvanického odporu kůže umístěn na posledním článku 2. prstu pravé ruky

Umístění elektrod EMG modulu:

- na předloktí – musculus extensor carpi radialis brevis
- strana zápěstí – měřicí elektroda - zelený svod
- strana loketní – měřicí elektroda – zelený svod
- uprostřed – mezi dvěma měřicími elektrodami – referenční elektroda (obrázek č. 52)
- Měření změn hodnot akčního potenciálu musculus extensor carpi radialis brevis

Umístění senzoru MULTI modulu:

- Poslední článek prostředního prstu pravé ruky
- Senzor snímá tepovou frekvenci, tělesnou teplotu a odpor kůže (obrázek č. 51)

Měření – design měřících cyklů se skládal vždy ze tří měření:

1. Měření - pracovní činnost řidiče s odvozní soupravou – tahač s hydraulickým jeřábem a třínápravovým teleskopickým návěsem nebo odvozní souprava nákladního vozidla a přívěsu ve verzi long.
2. Měření – pracovní činnost řidiče se samostatným nákladním vozidlem bez přípojného vozidla
3. Měření – kontrolní činnost řidiče – průjezd terénu osobním vozidlem

Cykly všech měření probíhaly vždy na totožných trasách



Obrázek č. 51: Upevnění senzoru MULTI modulu na posledním článku 2. prstu řidiče

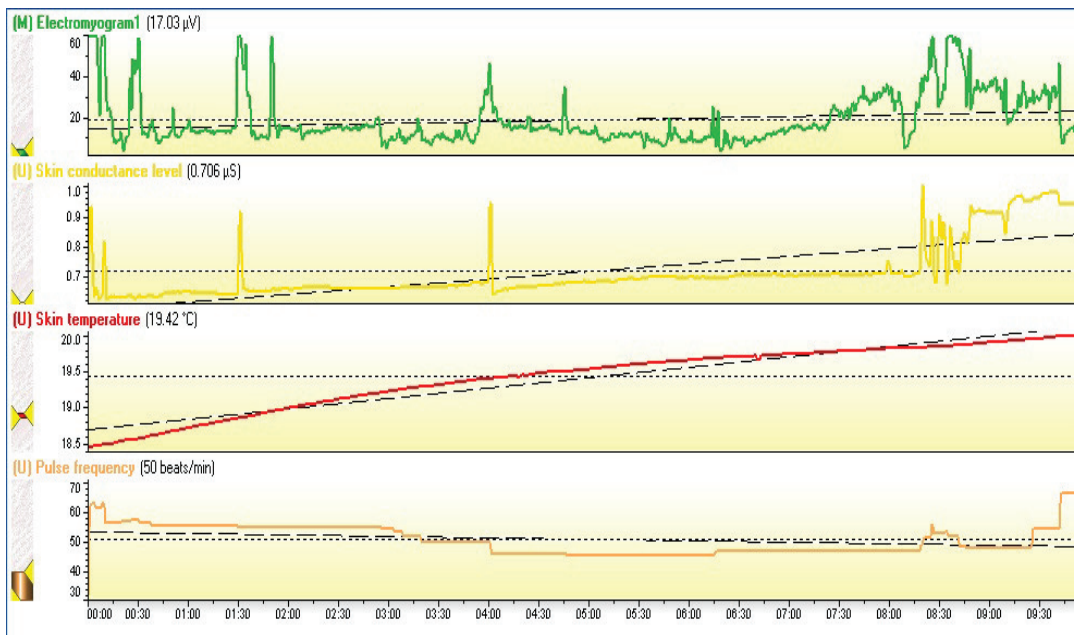
Změny měřených biosignálů jsou sledovány na pravé horní končetině. Lokace měřících bodů na pravé horní končetině je zvolena vzhledem k většímu zatížení této končetiny z pohledu ovládacích prvků dopravního vozidla. Dalším důvodem je skutečnost, že řidiči jsou praváci, tedy pravá ruka je v jejich případě pozicí volby v případě fyzické práce – řazení, ovládání volantu a dalších ovládacích prvků při řízení, včetně ovládacích prvků hydraulického jeřábu. Levou ruku používají řidiči přednostně k ovládání směrových světel a otevírání a zavírání dveří vozidla – tedy je podstatně méně zatěžována.



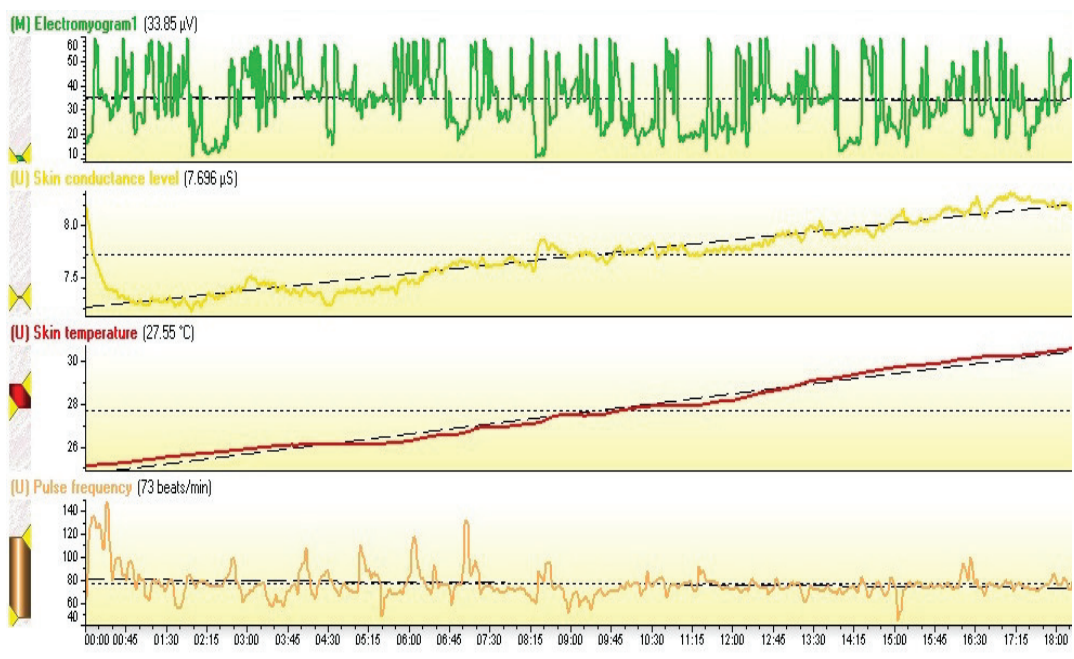
Obrázek č. 52: Upevnění elektrod modulu EMG na pravém předloktí řidiče

V průběhu delší svalové aktivity, úměrně s intenzitou námahy nastává postupné zapojování většího počtu motorických jednotek (skupiny svalových vláken), které se projeví nárůstem amplitudy akčního potenciálu v hodnotách záznamu EMG a střední frekvence výkonového spektra klesají po celou dobu kontrakce, zároveň stoupá tepová frekvence, vlivem fyzické námahy tělesná teplota a vlivem pocení klesá odpor kůže, resp. stoupá její vodivost (obrázky č. 53, č. 54 a č. 55). Nicméně na změny hodnot tepové frekvence, tělesné teploty i odporu kůže má vliv i aktivita vegetativní části nervové soustavy a tak jsou změny těchto hodnot kombinací obého.

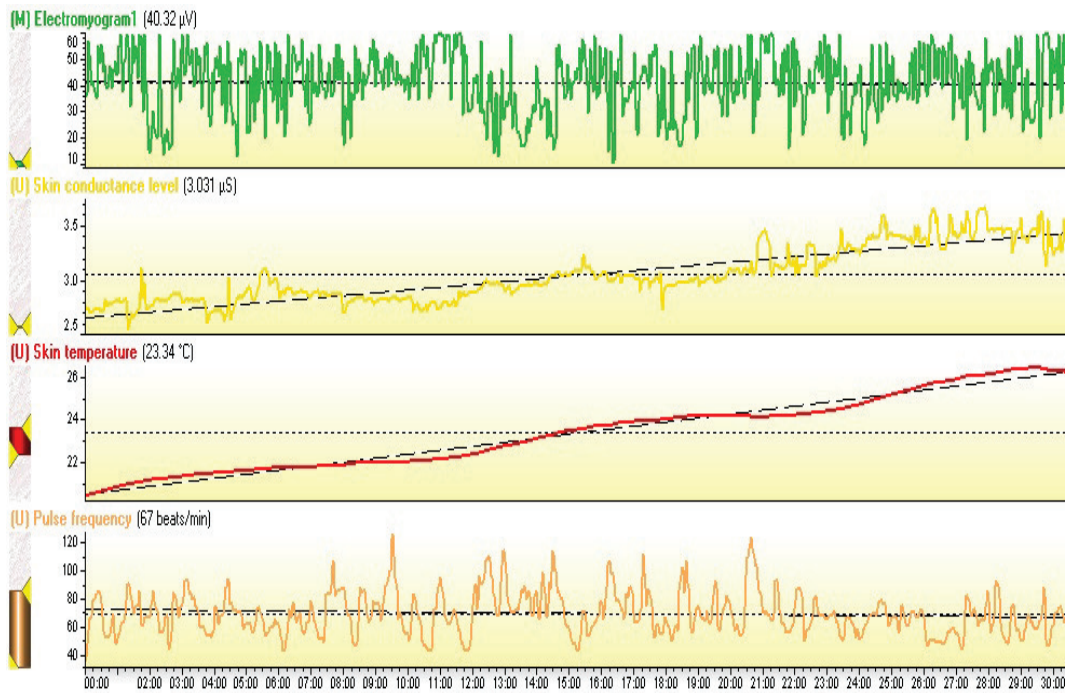
Měnící se hodnoty jednotlivých sledovaných bioindikátorů jsou pro záznam nastaveny s frekvencí 5 údajů za vteřinu.



Obrázek č. 53: Záznam hodnot biosignálů před začátkem pracovní směny



Obrázek č. 54: Záznam hodnot biosignálů na začátku pracovní směny



Obrázek č. 55: Záznam hodnot biosignálů na konci pracovní směny. Zobrazené píky odrážejí stresové zatížení řidiče

5 VÝSLEDKY PRÁCE

5.1 Průběh vlastního měření

Jednotlivá měření jsou realizována v lokalitách charakterizovaných v kapitole 4.6.1 v termínech 18. a 19. října 2019, 28. října až 2. listopadu 2020, 11. až 13. ledna 2021 a 1. až 4. února 2021.

Měření obvykle začíná kolem 6 hodiny ráno a probíhá do brzkých odpoledních hodin, podle plánu odvozu na expediční sklady, manipulačně expediční sklady nebo podle dohody s odběratelem a nepřekračuje výrazně délku osmihodinové pracovní směny. Obvykle směna končí mezi 14.30 až 15.00 hodin.

Počasí bylo obvyklé pro danou roční dobu.

Jednotlivá měření jsou detailně specifikována v příloze č. 1

5.2 Naměřené výsledky – porovnání

Údaje získané vlastním měřením jsou porovnávány vzhledem k použitému dopravnímu prostředku a projeté trase. Na každé trase je provedeno referenční měření v osobním vozidle. Po dobu referenčního měření nevykonával řidič žádnou další činnost, měřená horní končetina byla tedy namáhána stejnými úkony jako při jízdě s odvozní soupravou nebo s nákladním vozidlem. Naměřené hodnoty svalové zátěže a svalové únavy odráží stresové zatížení řidiče v průběhu pracovního výkonu během pracovní směny a pracovního týdne.

Měření na různých typech vozidel včetně referenčního měření na stejné trase proběhla vždy v totožném pracovním dni (měřicí cyklus).

Terénní měření poskytují celkem 15 407 356 naměřených hodnot biosignálů o svalovém zatížení, srdeční frekvenci, teplotě periferní části těla a rezistenci kůže. Dále pracujeme s množinou 7 703 678 biosignálů rozdělenou na dvě poloviny (svalové zatížení a srdeční frekvence). Na tuto množinu biosignálů se díváme z pohledu použitého typu vozidla a s pohledu typu projížděné komunikace.

Při pohledu podle typu použitého vozidla je polovina, tedy 3 851 839 naměřených hodnot svalového zatížení. Z celkového počtu naměřených hodnot svalového zatížení je 1 139 772 hodnot při zátěži v nákladním vozidle, 1 263 608 hodnot při zátěži v odvozní

soupravě a 1 448 459 hodnot při jízdě v osobním vozidle. Druhá polovina dat ve stejné struktuře patří záznamům změn hodnot srdeční frekvence.

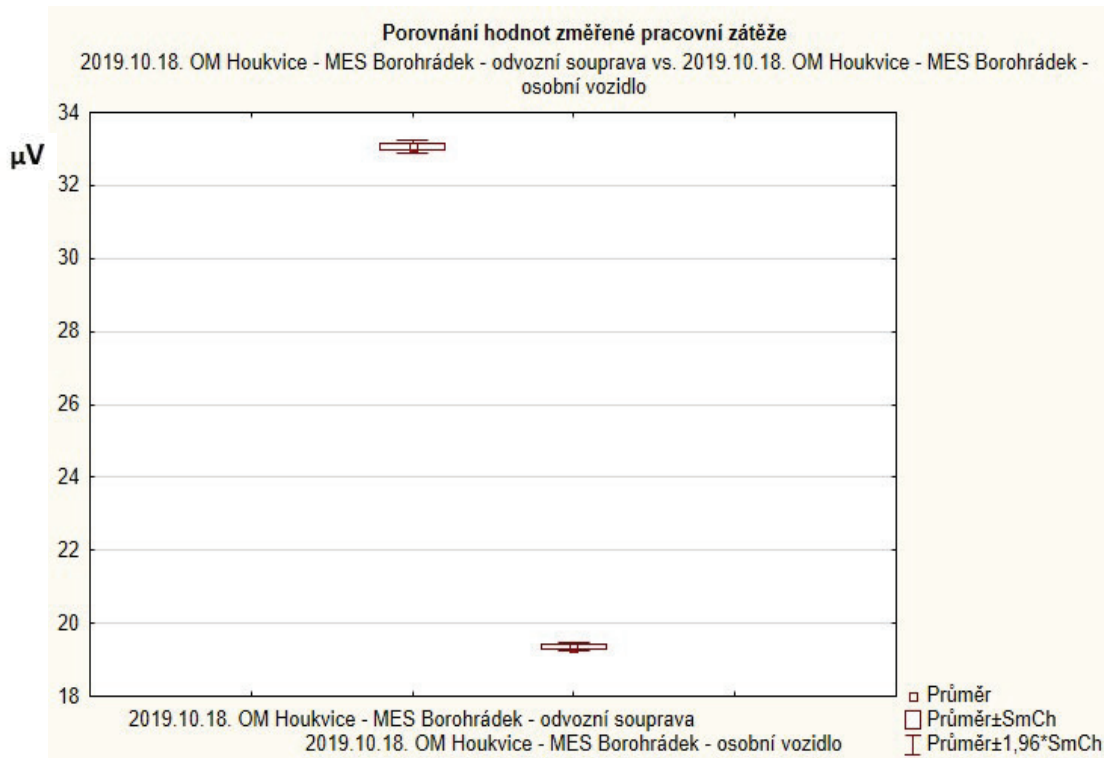
Při pohledu podle typu použité komunikace je členění naměřených dat pro hodnoty svalové zátěže rozděleno na 1 020 738 případů, které představují svalovou zátěž při jízdě po lesních cestách, 2 446 303 při jízdě po silnicích nižších tříd a 384 798 při jízdě po silnicích vyšších tříd. I v tomto případě druhou polovinu dat tvoří ve stejné struktuře údaje o změnách hodnot srdeční frekvence řidičů. Měřeními získané hodnoty jsou statisticky, jak bylo popsáno výše, zpracovány do dále předložených tabulek č. 2 až č. 22 a příložených grafů.

Každé měření získaných hodnot změn svalového napětí je pro přehlednost a jednoznačnost identifikováno datem, měřenou trasou a druhem použitého vozidla včetně slovního upřesnění (obrázky č. 56 až č. 118).

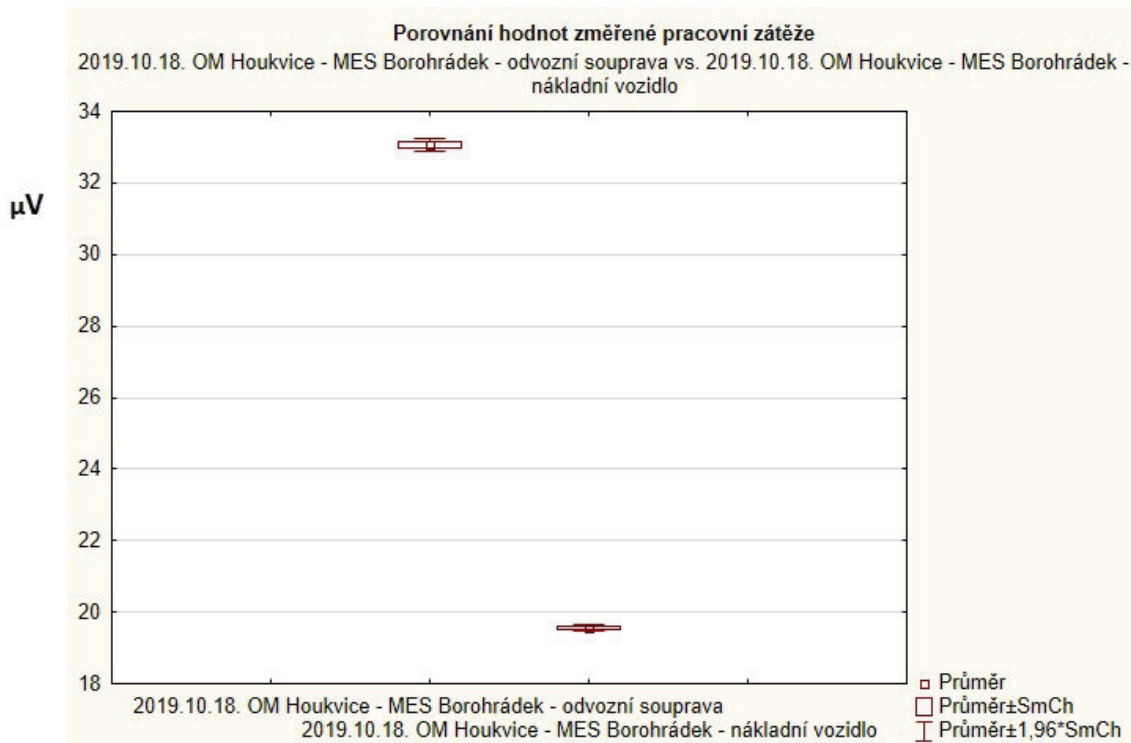
Zobrazené hodnoty v obrázcích č. 56 až č. 118 jsou hodnoty průměru, hodnoty včetně směrodatné odchylky na hladině spolehlivosti 0,95 a na hladině spolehlivosti 1,96.

Tabulka č. 2: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 18. 10. 2019

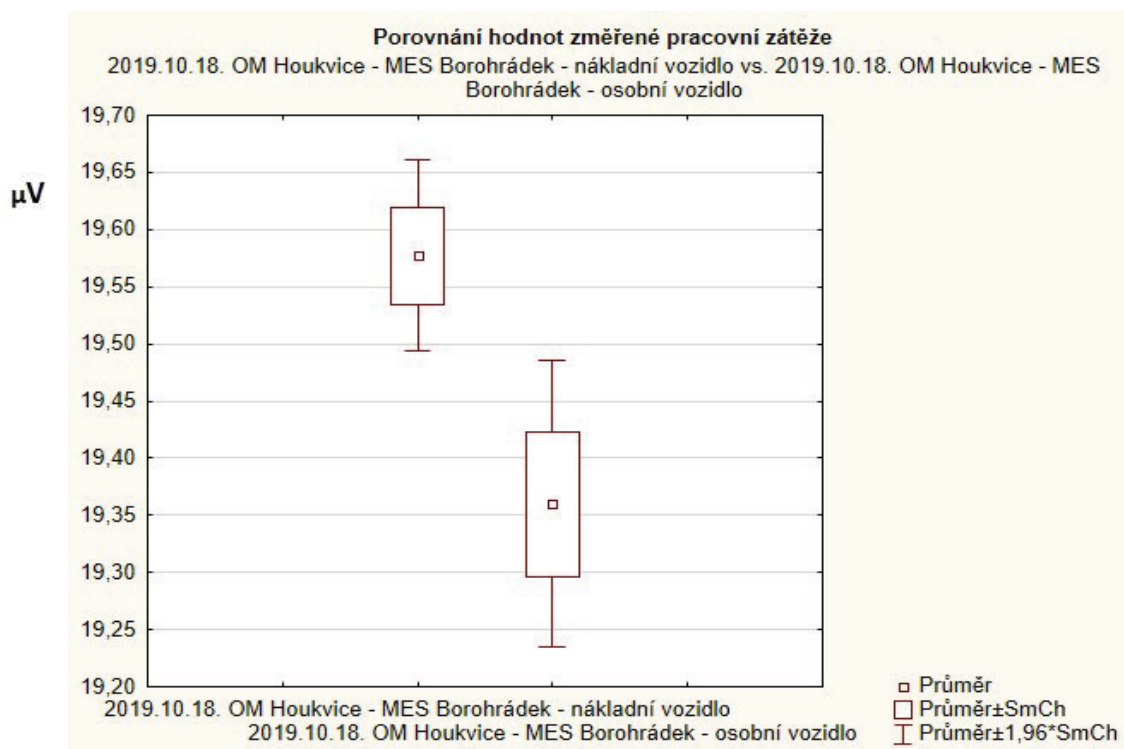
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravděpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2019.10.18. OM Houkvice - MES Borohrádek - odvozní souprava vs. 2019.10.18. OM Houkvice - MES Borohrádek - osobní vozidlo	33,07314	19,35959	111,1673	0,00	20135	14316	0,00	3343,044	34449	0,00
2019.10.18. OM Houkvice - MES Borohrádek - odvozní souprava vs. 2019.10.18. OM Houkvice - MES Borohrádek - odvozní vozidlo	33,07314	19,57693	139,8518	0,00	20135	24948	0,00	8624,552	45081	0,00
2019.10.18. OM Houkvice - MES Borohrádek - osobní vozidlo vs. 2019.10.18. OM Houkvice - MES Borohrádek - odvozní vozidlo	19,35959	19,57693	-2,92662	0,003429	14316	24948	0,00	984,8081	39262	0,00



Obrázek č. 56: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 18. 10. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 70,8 % vyšší než při řízení osobního vozidla



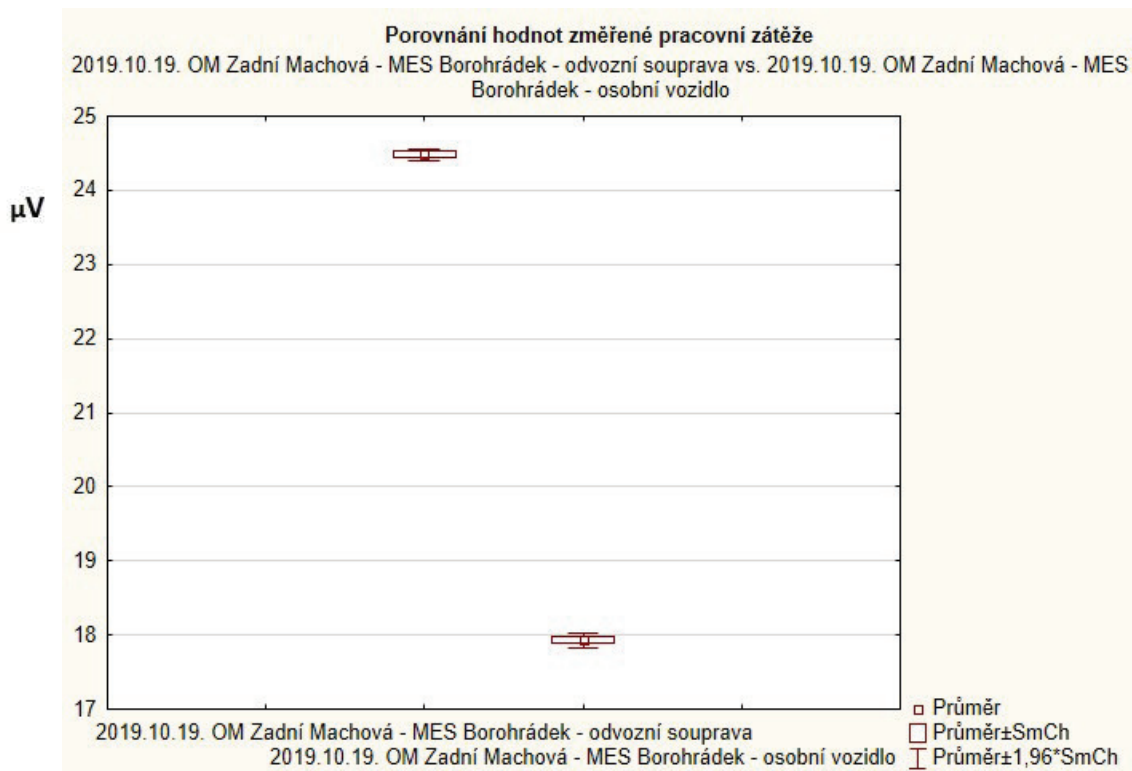
Obrázek č. 57: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 18. 10. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 68,9 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



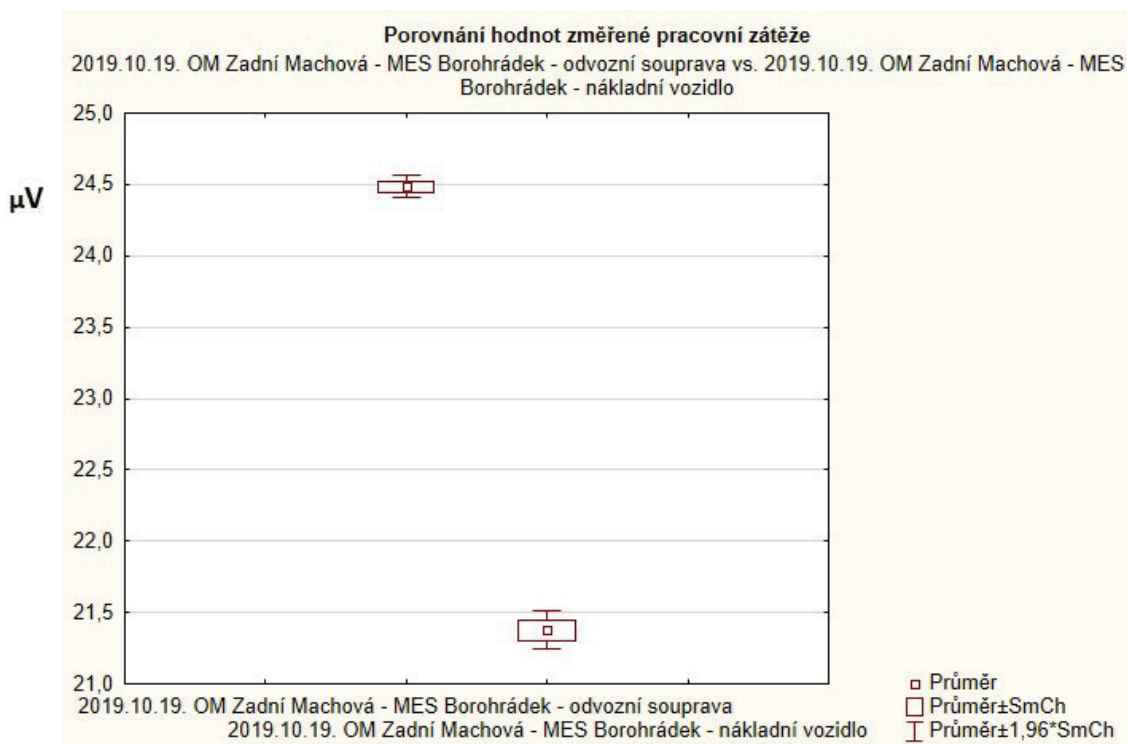
Obrázek č. 58: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 18. 10. 2019 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 1,1 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 3: Porovnání jednotlivých druhů pracovního vozidla z měření 19. 10. 2019

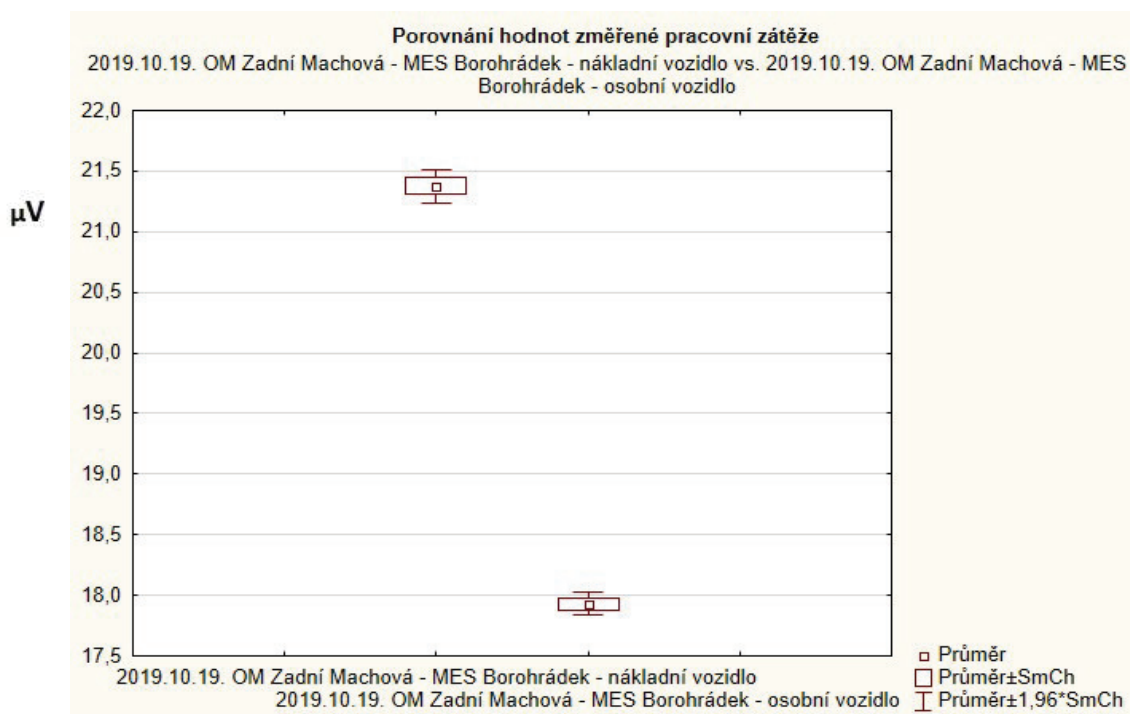
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravděpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2019.10.19. OM Zadní Machová - MES Borohrádek - odvozní souprava vs. 2019.10.19. OM Zadní Machová - MES Borohrádek - osobní vozidlo	24,48570	17,93138	91,43780	0,00	14316	24118	0,00	4686,075	38432	0,00
2019.10.19. OM Zadní Machová - MES Borohrádek - odvozní souprava vs. 2019.10.19. OM Zadní Machová - MES Borohrádek - odvozní vozidlo	24,48570	21,37449	40,28523	0,00	14316	12436	0,00	5550,842	26750	0,00
2019.10.19. OM Zadní Machová - MES Borohrádek - osobní vozidlo vs. 2019.10.19. OM Zadní Machová - MES Borohrádek - odvozní vozidlo	21,37449	17,93138	40,65208	0,00	12436	24118	0,102655	26,89326	36552	0,00



Obrázek č. 59: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 19. 10. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 36,6 % vyšší než při řízení osobního vozidla



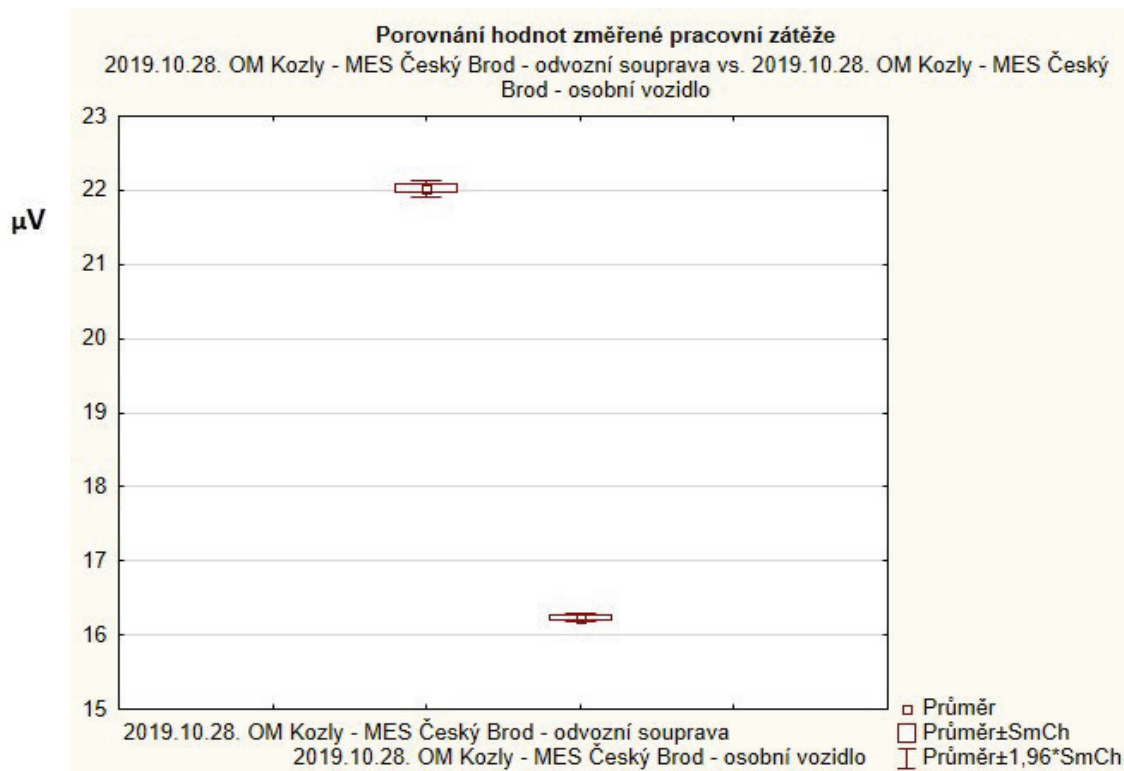
Obrázek č. 60: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 19. 10. 2019 - odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 14,6 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



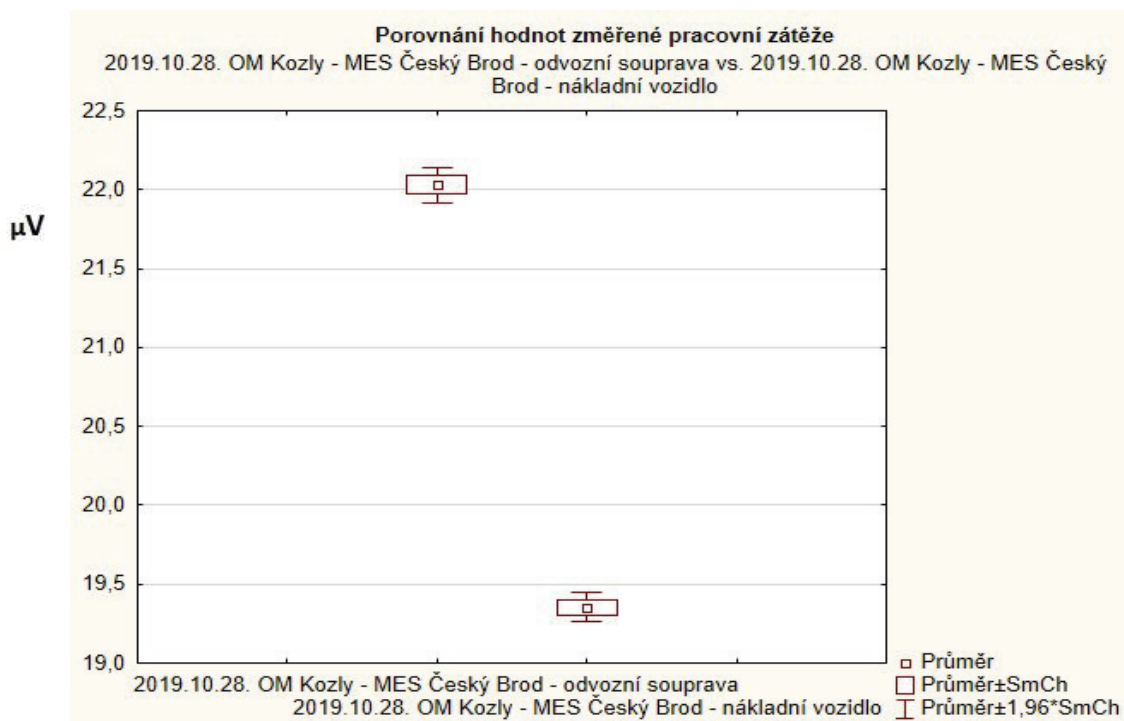
Obrázek č. 61: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 19. 10. 2019 - - nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 19,2 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 4: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 28. 10. 2019

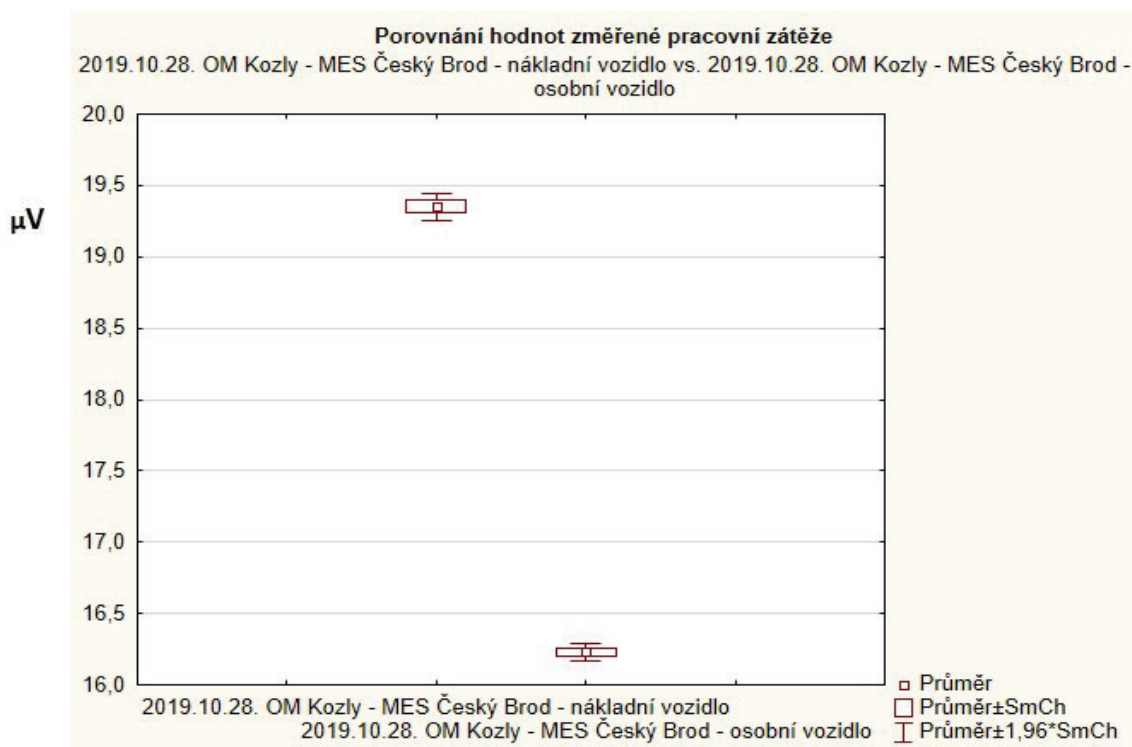
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravd ěpodo bnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti i Levene	p Levene
2019.10.28. OM Kozly - ES Český Brod - odvozní souprava vs. 2019.10.28. OM Kozly - ES Český Brod - osobní vozidlo	22,03085	16,23174	96,71867	0,00	38007	54079	0,00	4933,770	92084	0,00
2019.10.28. OM Kozly - ES Český Brod - odvozní souprava vs. 2019.10.28. OM Kozly -ES Český Brod - odvozní vozidlo	22,03085	19,35313	33,01327	0,00	38007	24086	0,00	1503,674	62091	0,00
2019.10.28. OM Kozly - ES Český Brod - osobní vozidlo vs. 2019.10.28. OM Kozly - ES Český Brod - odvozní vozidlo	16,23174	19,35313	-56,0981	0,00	54079	24086	0,000000	492,5491	78163	0,00



Obrázek č. 62: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 28. 10. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 35,7 % vyšší než při řízení osobního vozidla



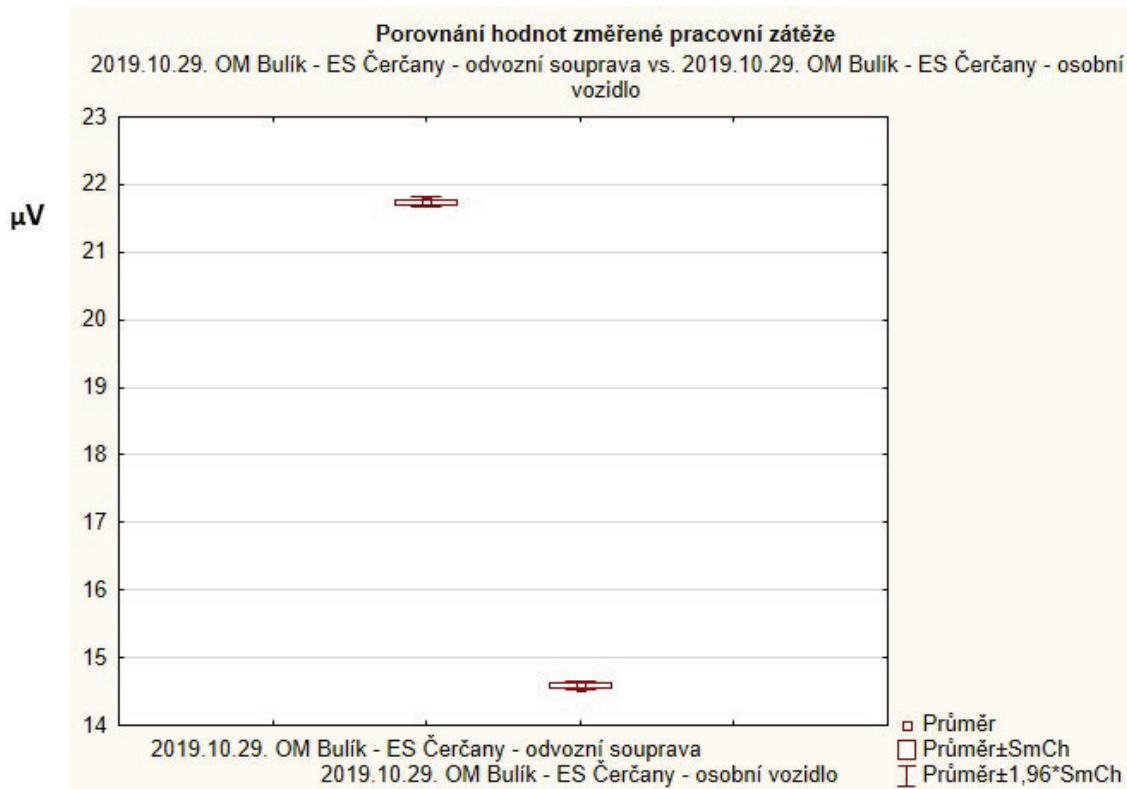
Obrázek č. 63: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 28. 10. 2019 - odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 13,8 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



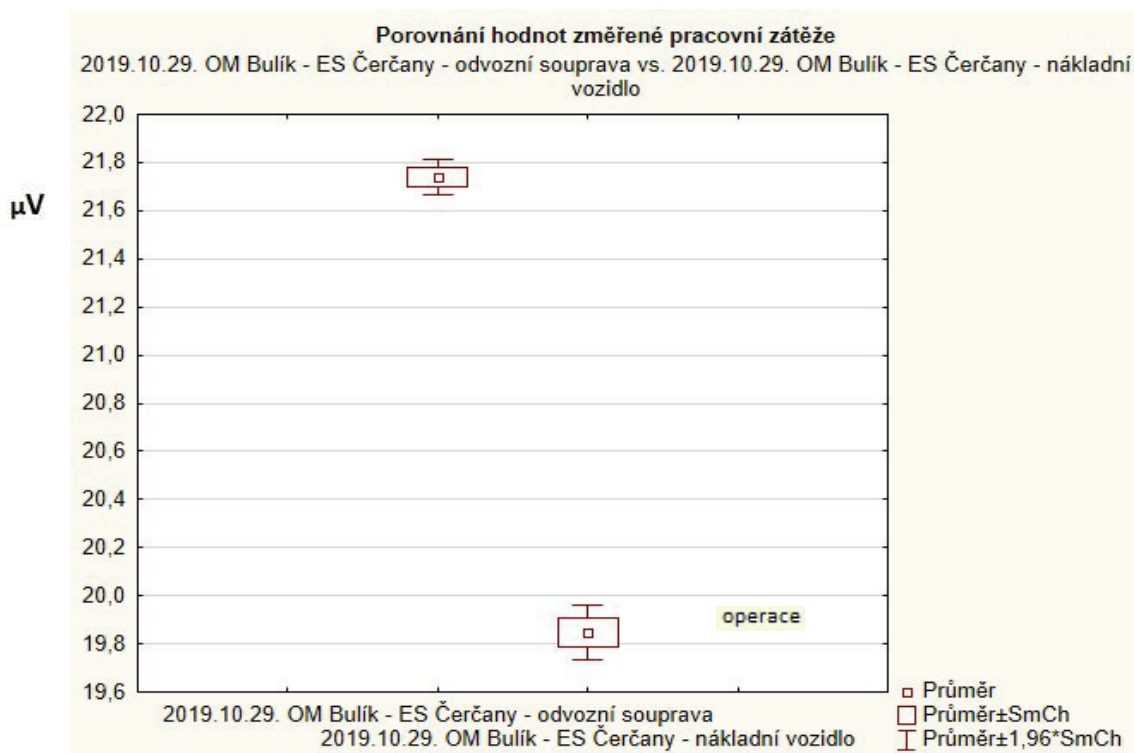
Obrázek č. 64: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 28. 10. 2019 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 19,2 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 5: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 29. 10. 2019

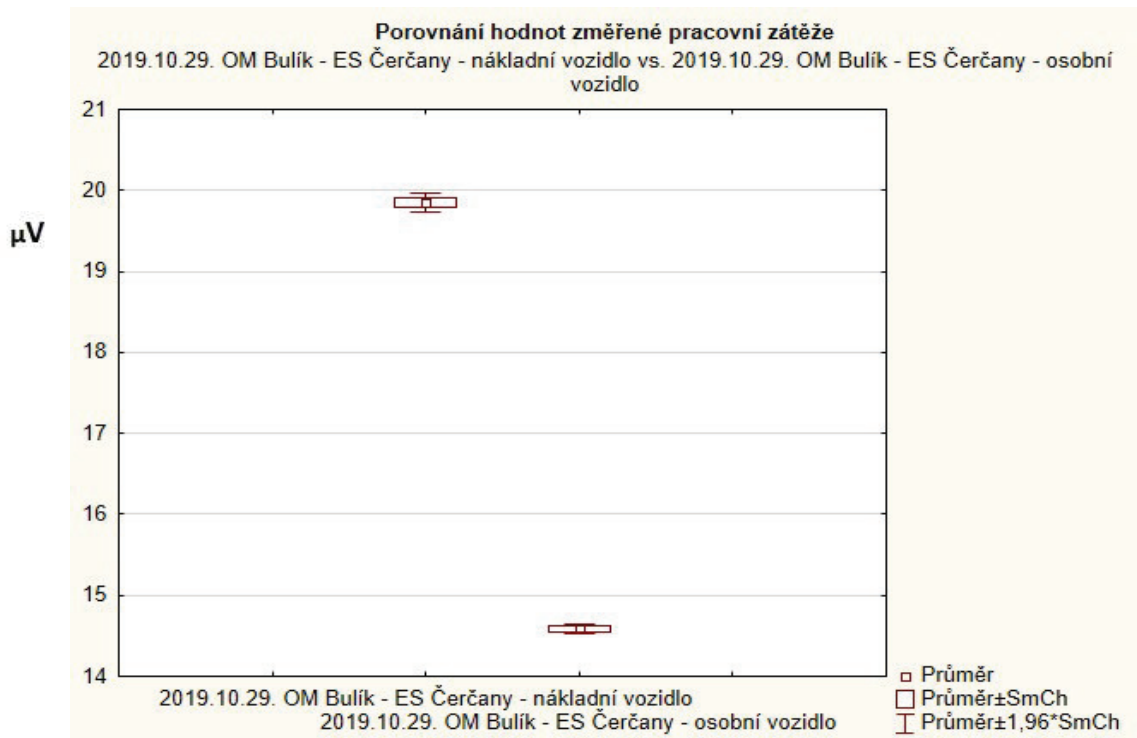
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravděpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2019.10.29. OM Bulík - ES Čerčany - odvozní souprava vs. 2019.10.29. OM Bulík - ES Čerčany - osobní vozidlo	21,73853	14,58515	132,3241	0,00	26151	55067	0,00	917,1512	81216	0,00
2019.10.29. OM Bulík - ES Čerčany - odvozní souprava vs. 2019.10.29. OM Bulík - ES Čerčany - odvozní vozidlo	21,73853	19,84828	27,51817	0,00	26151	24072	0,00	9799,237	50221	0,00
2019.10.29. OM Bulík - ES Čerčany - osobní vozidlo vs. 2019.10.29. OM Bulík - ES Čerčany - odvozní vozidlo	14,58515	19,84828	-84,5285	0,00	55067	24072	0,00	4210,348	79137	0,00



Obrázek č. 65: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 29. 10. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 49,0 % vyšší než při řízení osobního vozidla



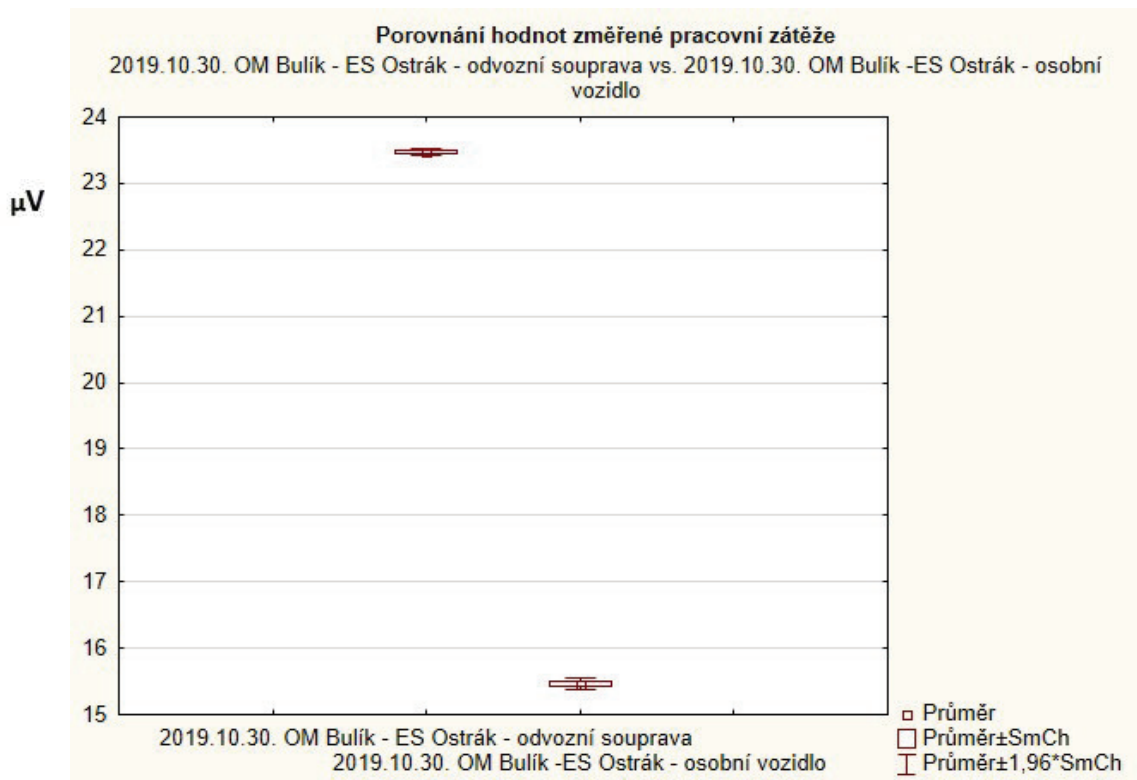
Obrázek č. 66: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 29. 10. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 9,5 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



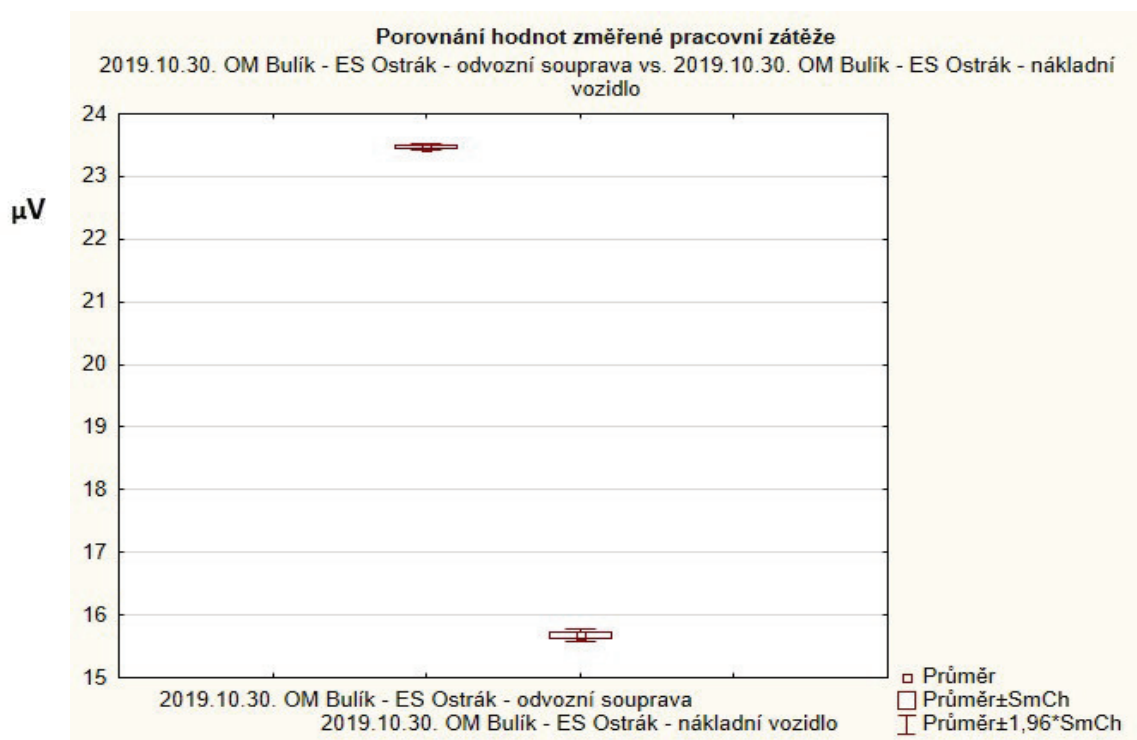
Obrázek č. 67: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 29. 10. 2019 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 36,1 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 6: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 30. 10. 2019

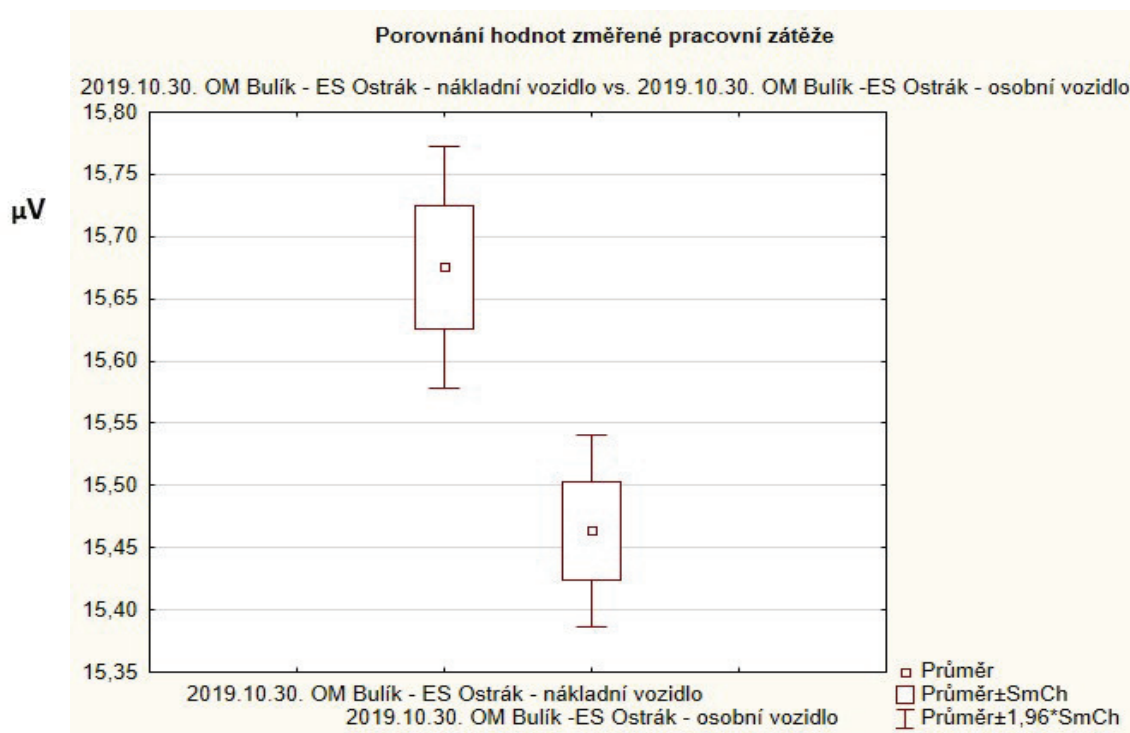
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravdě podobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2019.10.30. OM Bulík - ES Ostrák - odvozní souprava vs. 2019.10.30. OM Bulík -ES Ostrák - osobní vozidlo	23,48357	15,46354	176,8123	0,00	50369	33781	0,00	1502,975	84148	0,00
2019.10.30. OM Bulík - ES Ostrák - odvozní souprava vs. 2019.10.30. OM Bulík - ES Ostrák - odvozní vozidlo	23,48357	15,67546	153,5045	0,00	50369	24074	0,00	3395,162	74441	0,00
2019.10.30. OM Bulík -ES Ostrák - osobní vozidlo vs. 2019.10.30. OM Bulík - ES Ostrák - odvozní vozidlo	15,46354	15,67546	-3,37975	0,000726	33781	24074	0,000000	289,2174	57853	0,00



Obrázek č. 68: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 30. 10. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 51,9 % vyšší než při řízení osobního vozidla



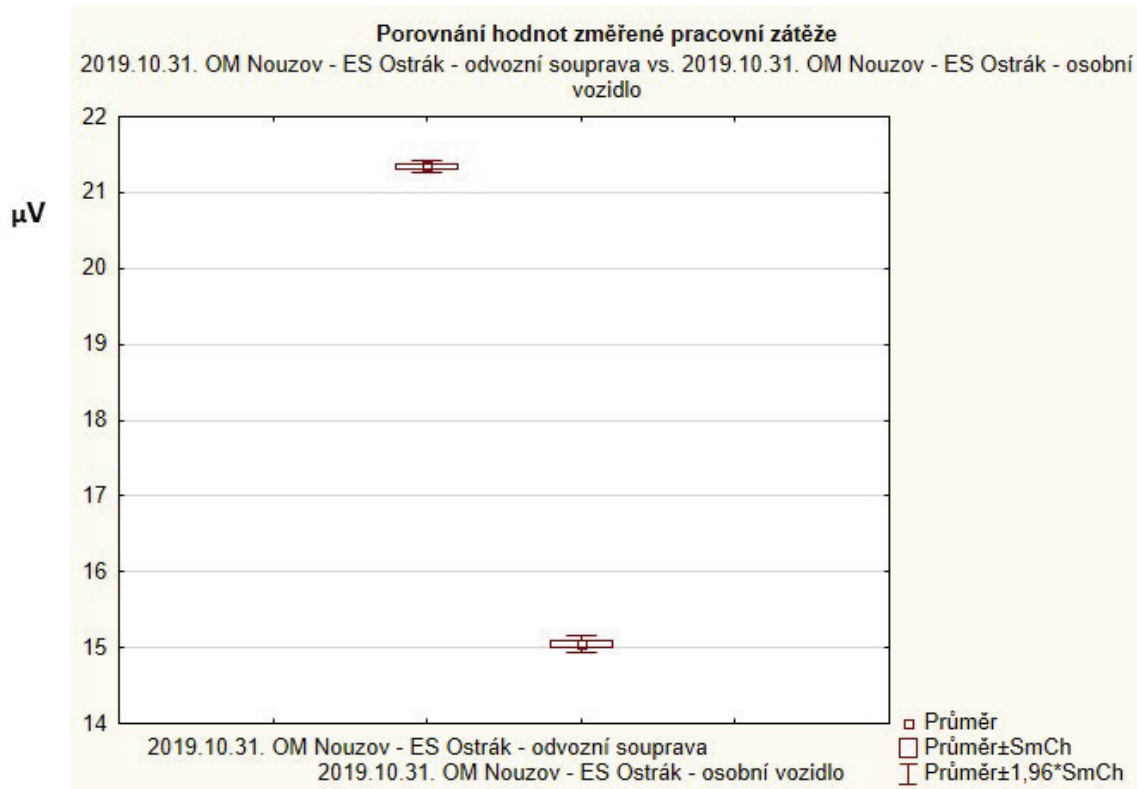
Obrázek č. 69: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 30. 10. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 49,8 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



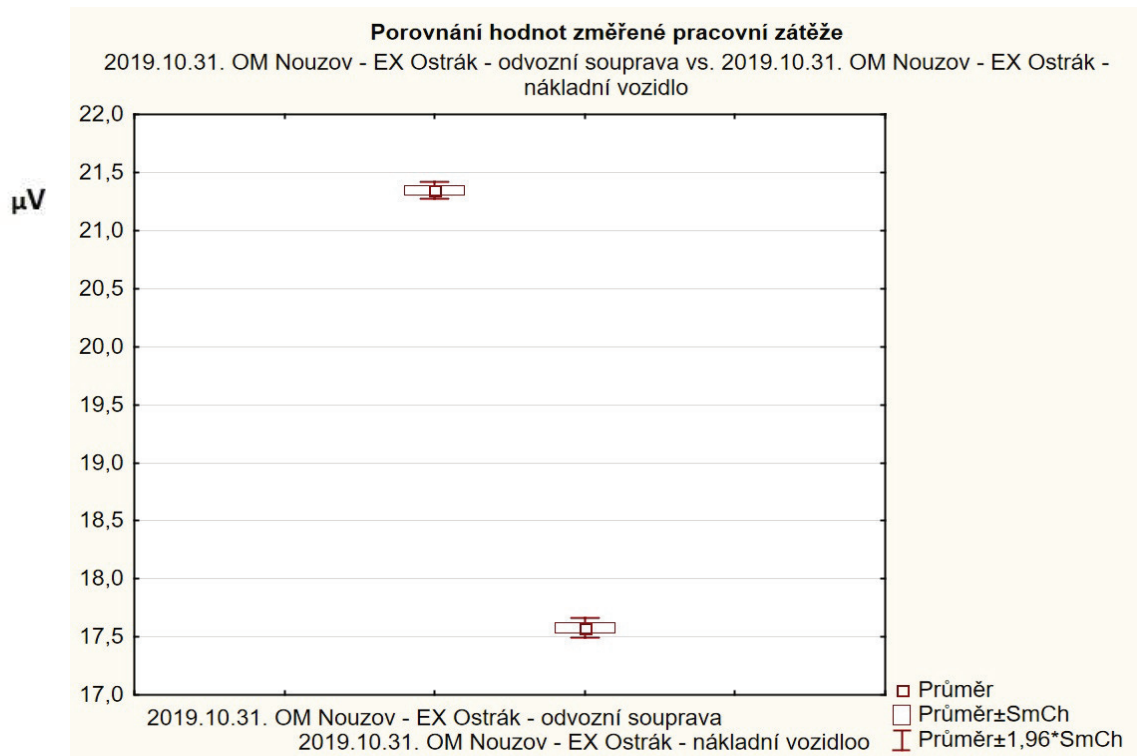
Obrázek č. 70: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 30. 10. 2019 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 1,4 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 7: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 31. 10. 2019

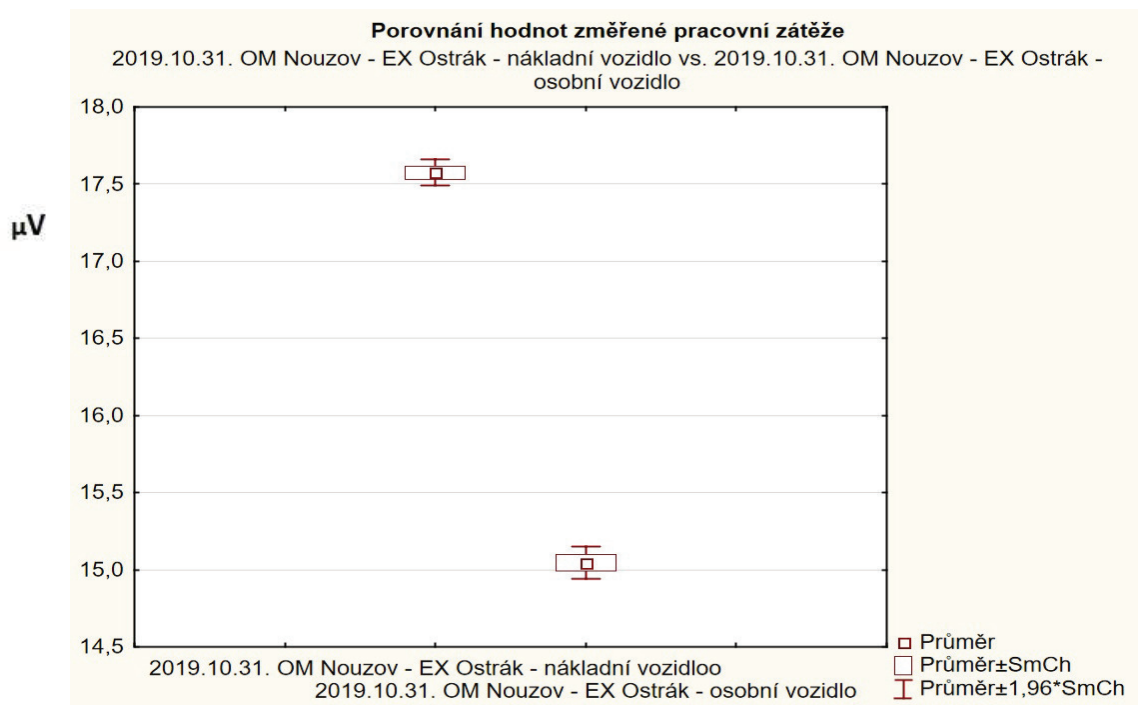
Srovnávaná měření	\emptyset měření č. 1	\emptyset měření č. 2	T - test	Pravděpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	\emptyset rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2019.10.31. OM Nouzov - ES Ostrák - odvozní souprava vs. 2019.10.31. OM Nouzov - ES Ostrák - osobní vozidlo	21,34653	15,04580	99,12460	0,00	28515	26949	0,00	5016,751	55462	0,00
2019.10.31. OM Nouzov - ES Ostrák - odvozní souprava vs. 2019.10.31. OM Nouzov - ES Ostrák - odvozní vozidlo	21,34653	17,57604	67,27610	0,00	28515	24073	0,00	131,2825	52586	0,00
2019.10.31. OM Nouzov - ES Ostrák - osobní vozidlo vs. 2019.10.31. OM Nouzov - ES Ostrák - odvozní vozidlo	15,04580	17,57604	-36,6953	0,00	26949	24073	0,00	2998,736	51020	0,00



Obrázek č. 71: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 31. 10. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 41,9 % vyšší než při řízení osobního vozidla



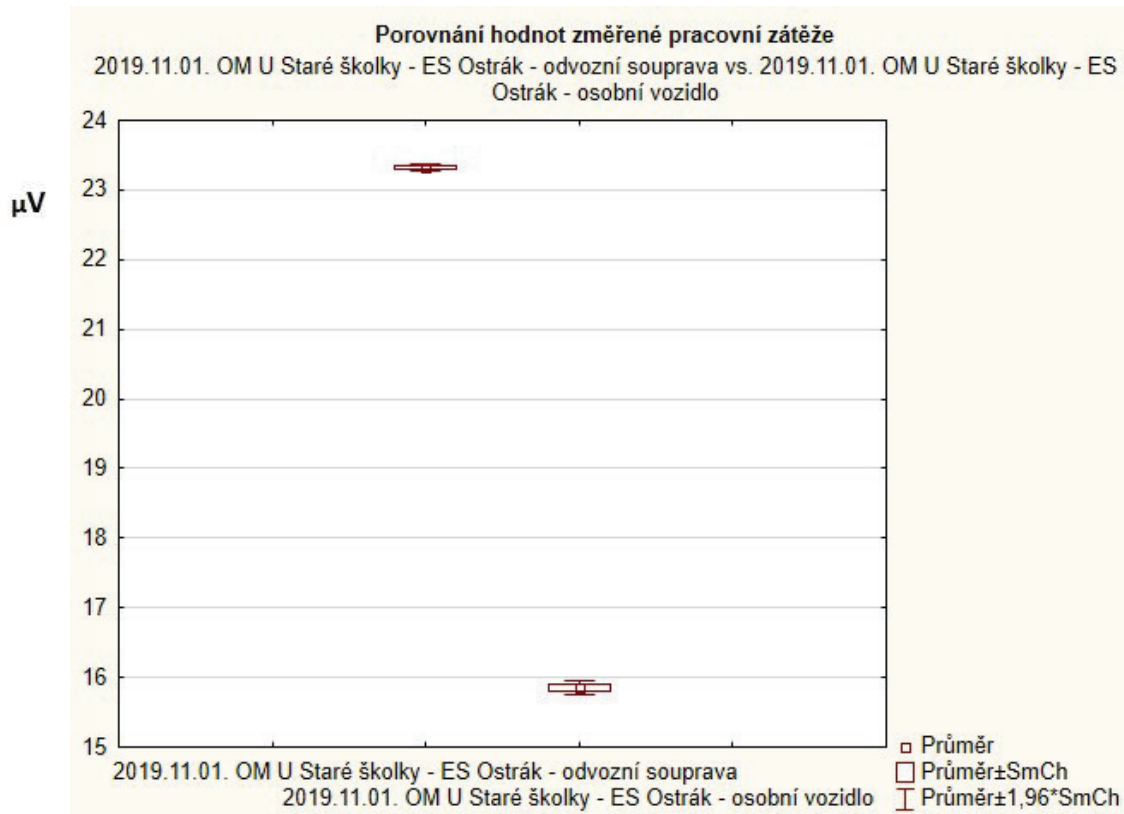
Obrázek č. 72: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 31. 10. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 21,5 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



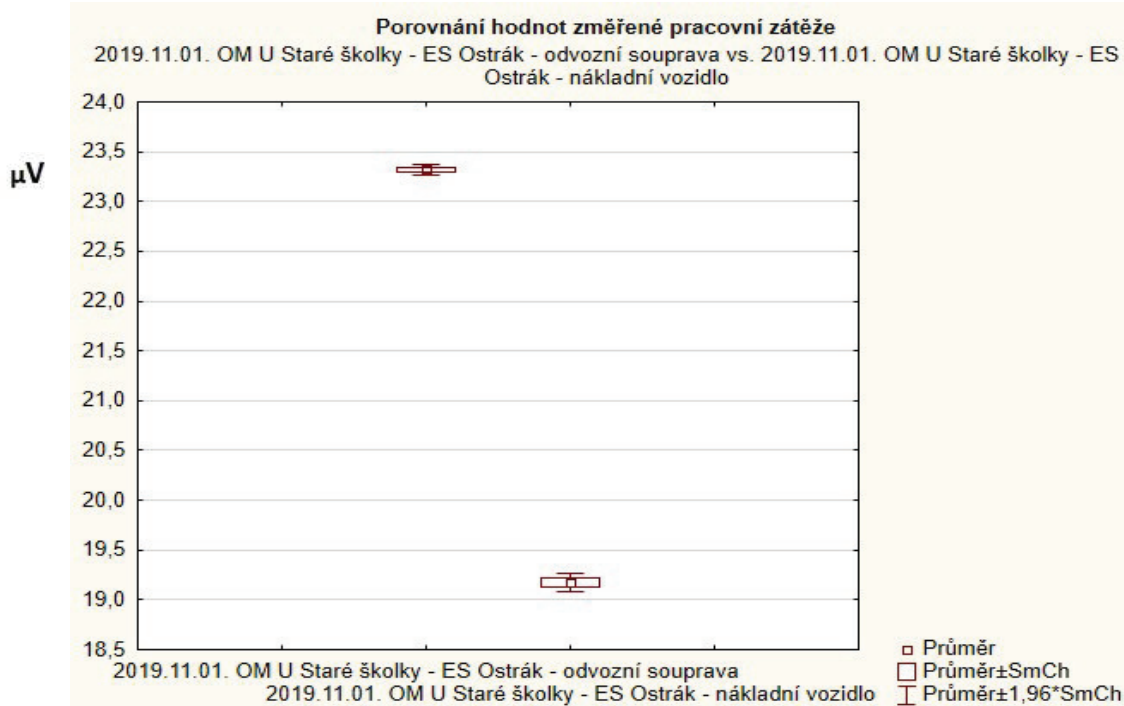
Obrázek č. 73: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 31. 10. 2019 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 16,8 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 8: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 1. 11. 2019

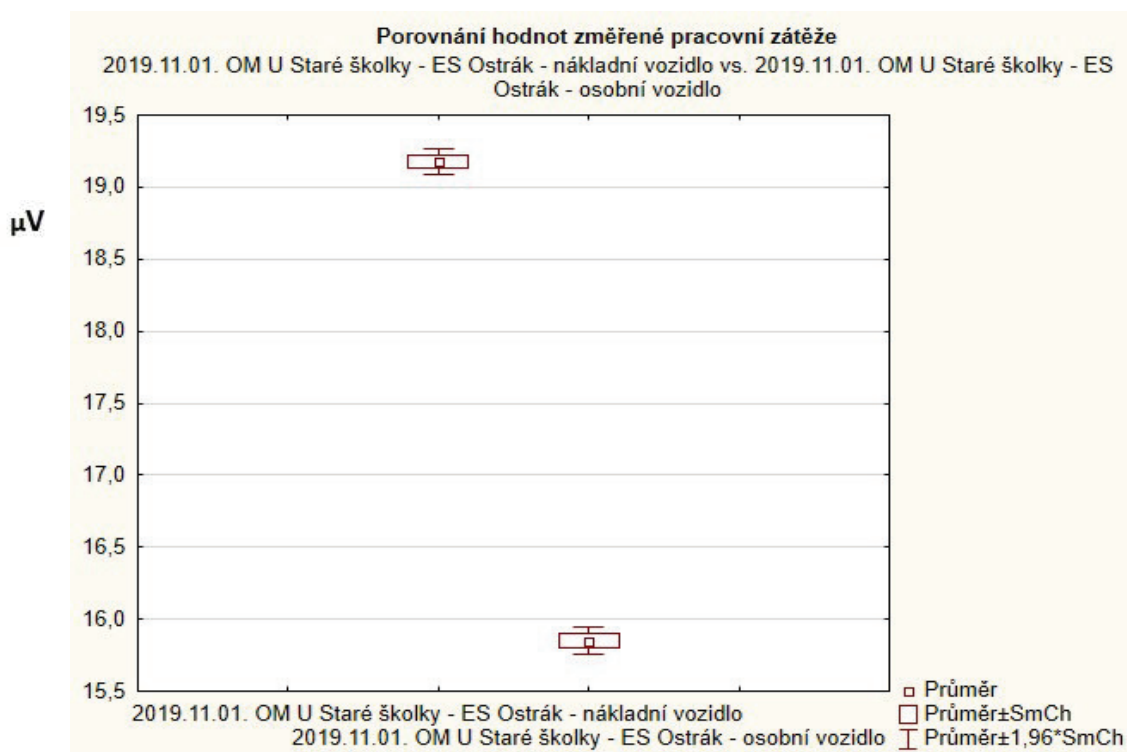
Srovnávaná měření	\emptyset měření č. 1	\emptyset měření č. 2	T - test	Pravd ěpodo bnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	\emptyset rozpty lů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2019.11.01. OM U Staré školky - ES Ostrák - odvozní souprava vs. 2019.11.01. OM U Staré školky - ES Ostrák - osobní vozidlo	23,31921	15,85128	143,4059	0,00	44709	34258	0,00	15787,05	78965	0,00
2019.11.01. OM U Staré školky - ES Ostrák - odvozní souprava vs. 2019.11.01. OM U Staré školky - ES Ostrák - odvozní vozidlo	23,31921	19,17314	83,70443	0,00	44709	24168	0,00	2446,580	68875	0,00
2019.11.01. OM U Staré školky - ES Ostrák - osobní vozidlo vs. 2019.11.01. OM U Staré školky - ES Ostrák - odvozní vozidlo	15,85128	19,17314	-48,3179	0,00	34258	24168	0,00	3328,436	58424	0,00



Obrázek č. 74: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 11. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 47,1 % vyšší než při řízení osobního vozidla



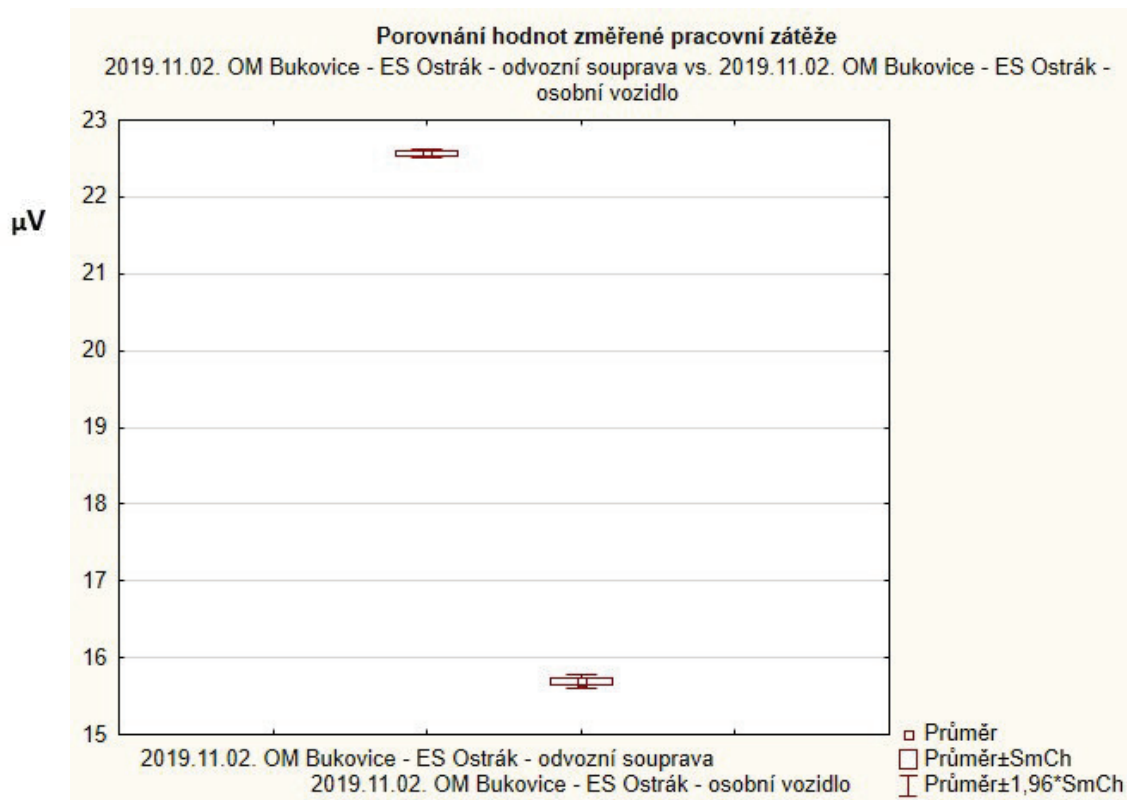
Obrázek č. 75: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 11. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 21,6 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



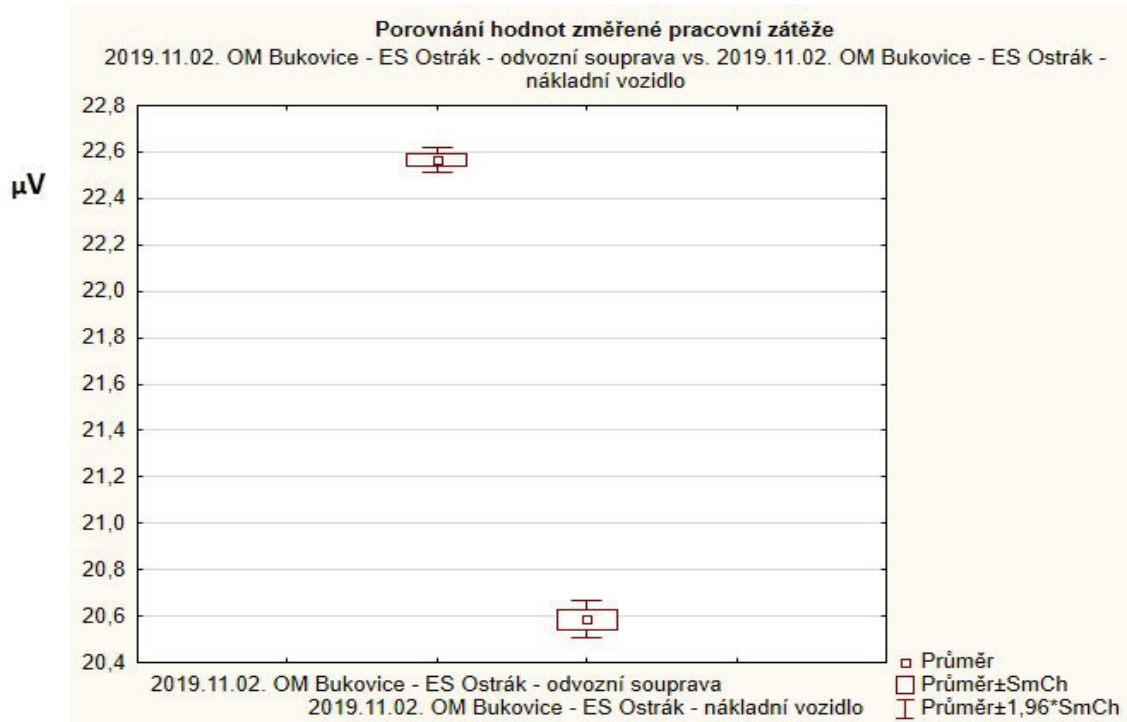
Obrázek č. 76: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 11. 2019 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 21,0 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 9: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 2. 11. 2019

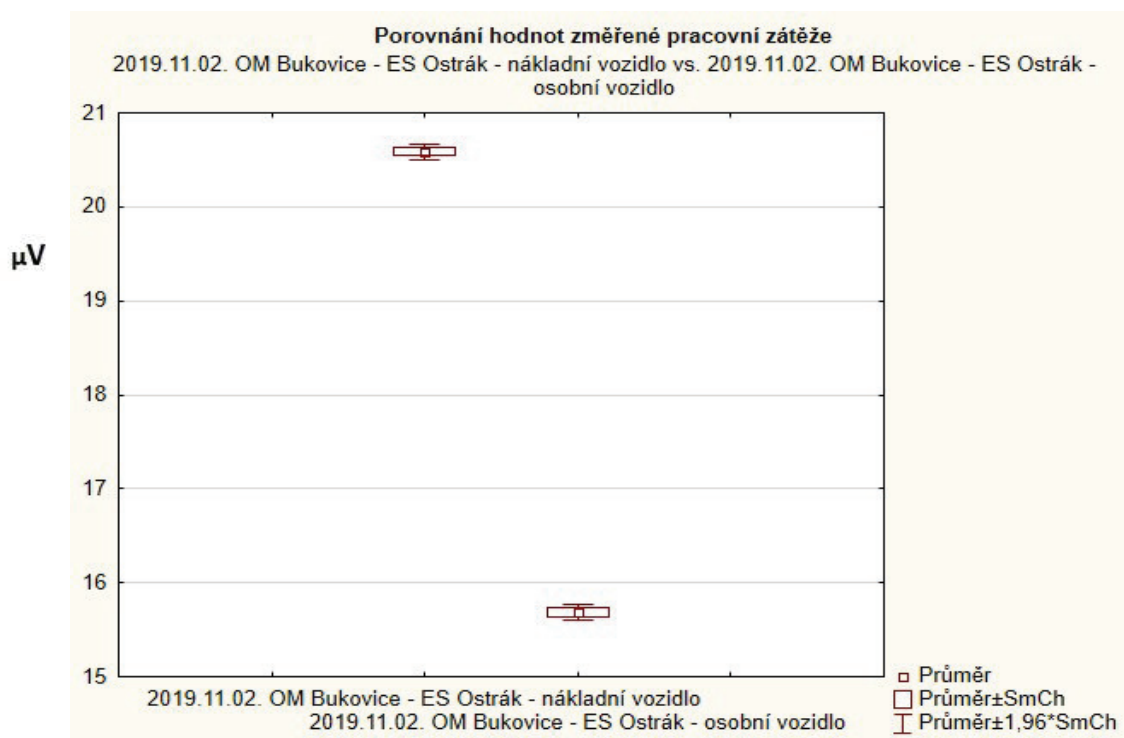
Srovnávaná měření	\emptyset měření č. 1	\emptyset měření č. 2	T - test	Pravd ěpodo bnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	\emptyset rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2019.11.02. OM Bukovice - ES Ostrák - odvozní souprava vs. 2019.11.02. OM Bukovice - ES Ostrák - osobní vozidlo	22,56825	15,68592	138,9082	0,00	38470	28879	0,00	3093,012	67347	0,00
2019.11.02. OM Bukovice - ES Ostrák - odvozní souprava vs. 2019.11.02. OM Bukovice - ES Ostrák - odvozní vozidlo	22,56825	20,58443	41,54744	0,00	38470	26651	0,00	2366,107	65119	0,00
2019.11.02. OM Bukovice - ES Ostrák - osobní vozidlo vs. 2019.11.02. OM Bukovice - ES Ostrák - odvozní vozidlo	15,68592	20,58443	-81,5394	0,00	28879	26651	0,00	96,70713	55528	0,00



Obrázek č. 77: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 11. 2019 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 43,9 % vyšší než při řízení osobního vozidla



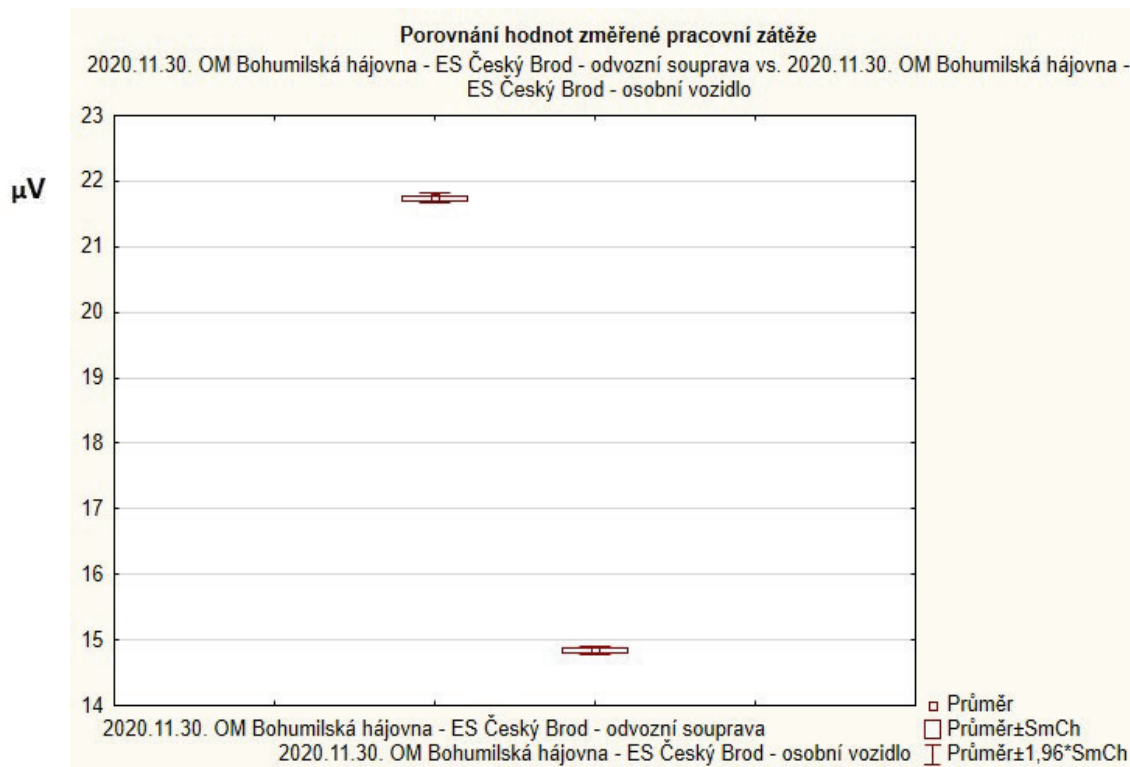
Obrázek č. 78: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 11. 2019 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 9,6 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



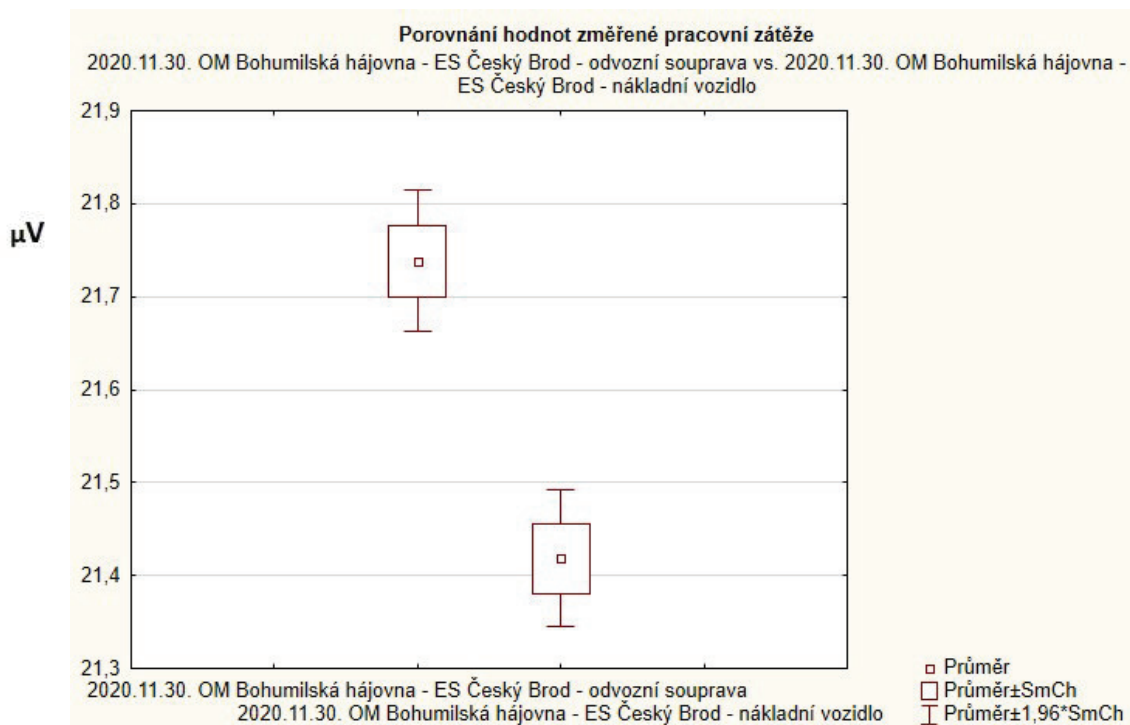
Obrázek č. 79: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 11. 2019 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 31,1 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 10: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 30. 11. 2020

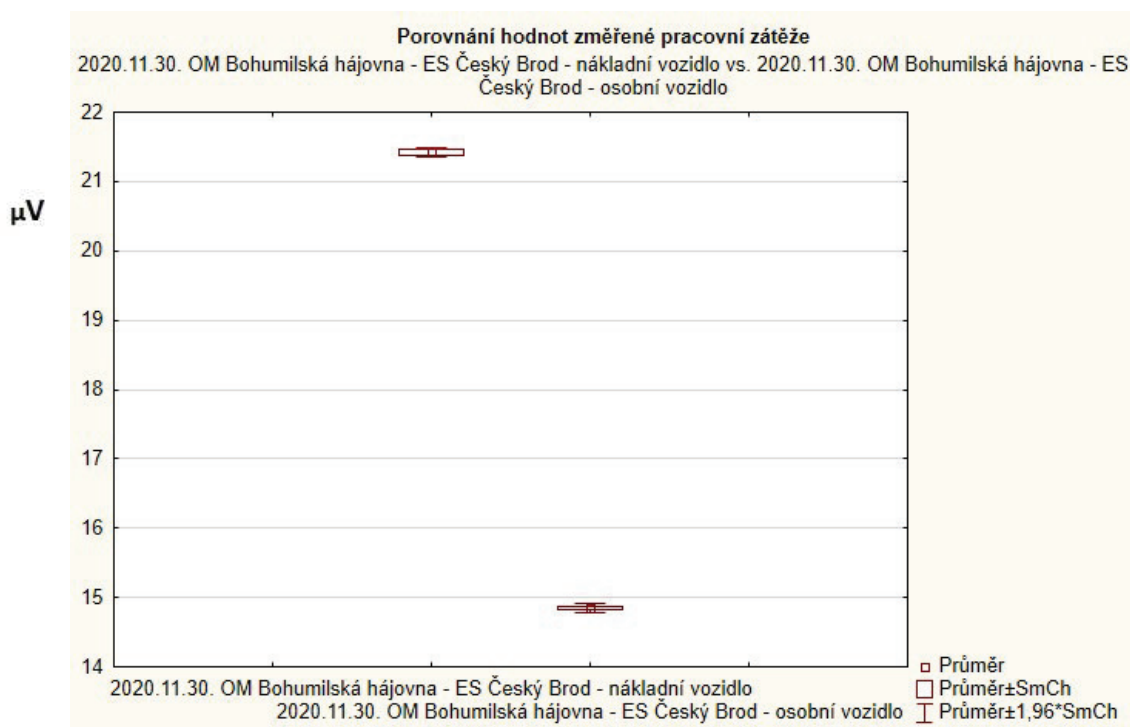
Srovnávaná měření	\emptyset měření č. 1	\emptyset měření č. 2	T - test	Pravd ěpodo bnost	Poč. plat. měře ní č. 1	Poč. plat. měře ní č. 2	\emptyset rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2020.11.30. OM Bohumilská hájovna - ES Český Brod - odvozní souprava vs. 2020.11.30. OM Bohumilská hájovna - ES Český Brod - osobní vozidlo	21,73853	14,84706	130,6491	0,00	26151	53197	0,00	471,3805	79346	0,00
2020.11.30. OM Bohumilská hájovna - ES Český Brod - odvozní souprava vs. 2020.11.30. OM Bohumilská hájovna - ES Český Brod - odvozní vozidlo	21,73853	21,41855	5,933604	0,000000	26151	25022	0,000000	1,552828	51171	0,21
2020.11.30. OM Bohumilská hájovna - ES Český Brod - osobní vozidlo vs. 2020.11.30. OM Bohumilská hájovna - ES Český Brod - odvozní vozidlo	14,84706	21,41855	-124,076	0,00	53197	25022	0,00	540,5689	78217	0,00



Obrázek č. 80: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 30. 11. 2020 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 46,4 % vyšší než při řízení osobního vozidla



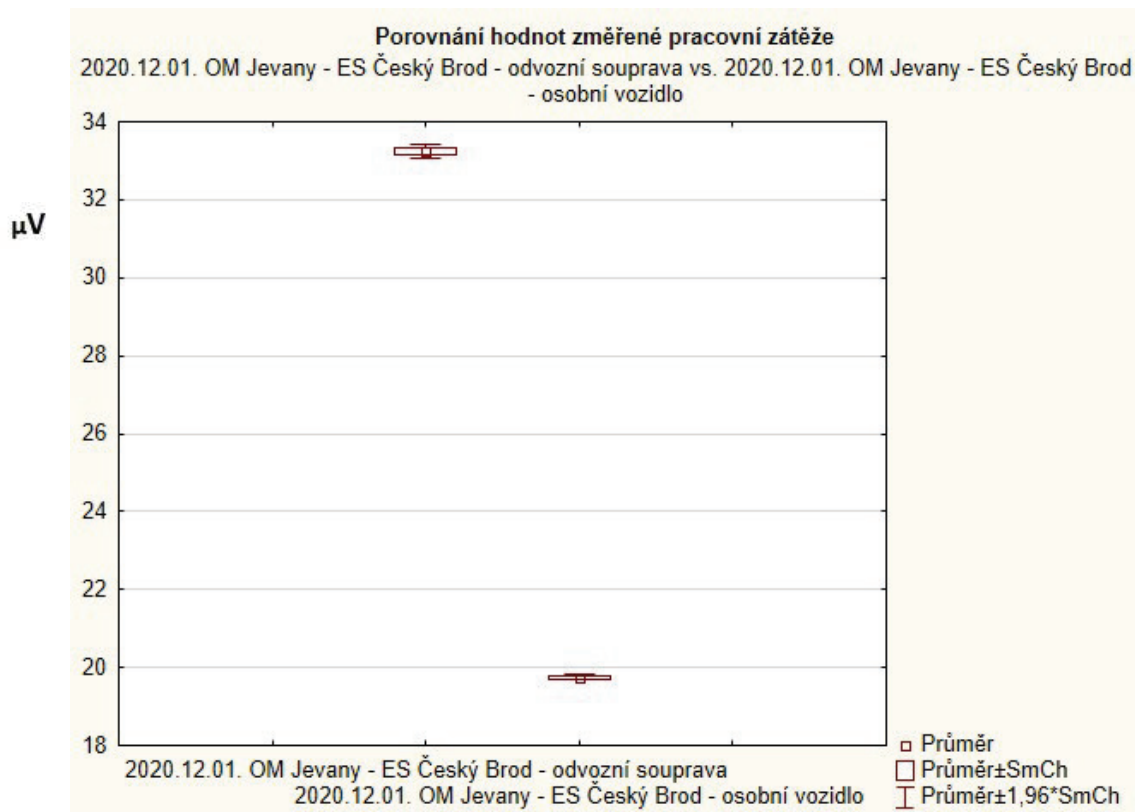
Obrázek č. 81: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 30. 11. 2020 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 1,5 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



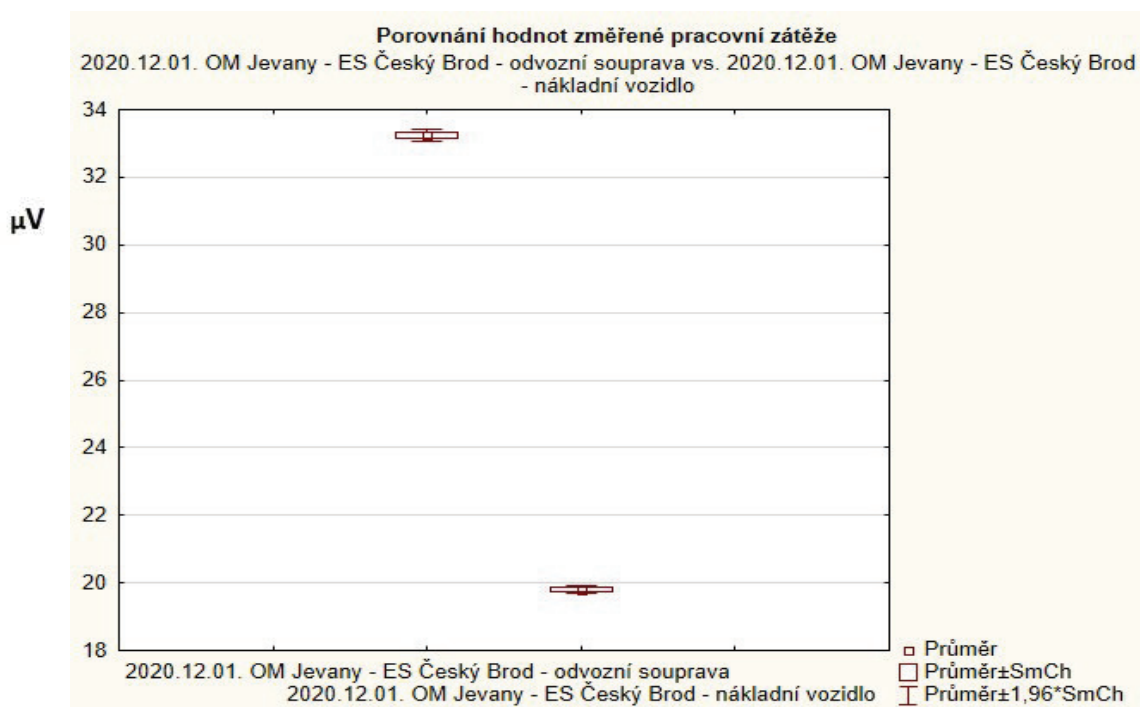
Obrázek č. 82: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 30. 11. 2020 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 44,3 % vyšší než při řízení osobního vozidla.

Tabulka č. 11: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 1. 12. 2020

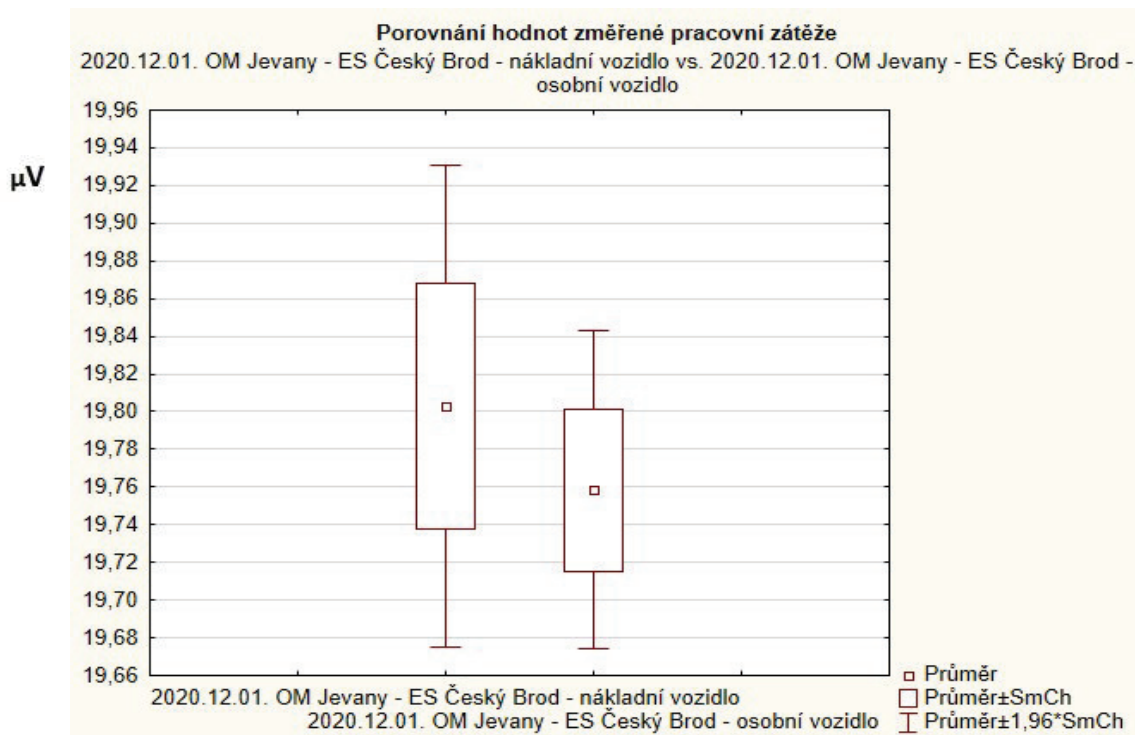
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravd ěpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2020.12.01. OM Jevany - ES Český Brod - odvozní souprava vs. 2020.12.01. OM Jevany - ES Český Brod - osobní vozidlo	33,24354	19,75857	138,8823	0,00	20135	24948	0,00	8526,965	45081	0,00
2020.12.01. OM Jevany - ES Český Brod - odvozní souprava vs. 2020.12.01. OM Jevany - ES Český Brod - odvozní vozidlo	33,24354	19,80291	108,0346	0,00	20135	14316	0,00	3123,590	34449	0,00
2020.12.01. OM Jevany - ES Český Brod - osobní vozidlo vs. 2020.12.01. OM Jevany - ES Český Brod - odvozní vozidlo	19,80291	19,75857	0,588277	0,556350	14316	24948	0,00	1162,466	39262	0,00



Obrázek č. 83: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 12. 2020 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 68,2 % vyšší než při řízení osobního vozidla



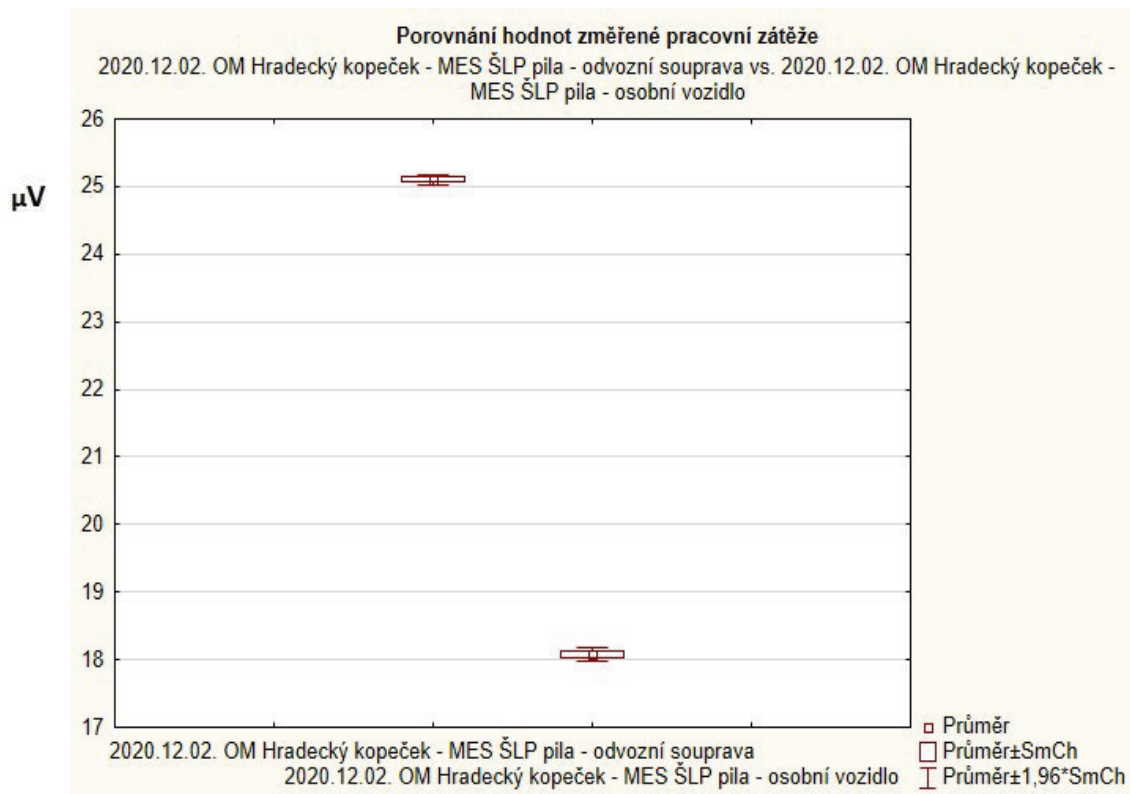
Obrázek č. 84: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 12. 2020 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 67,9 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



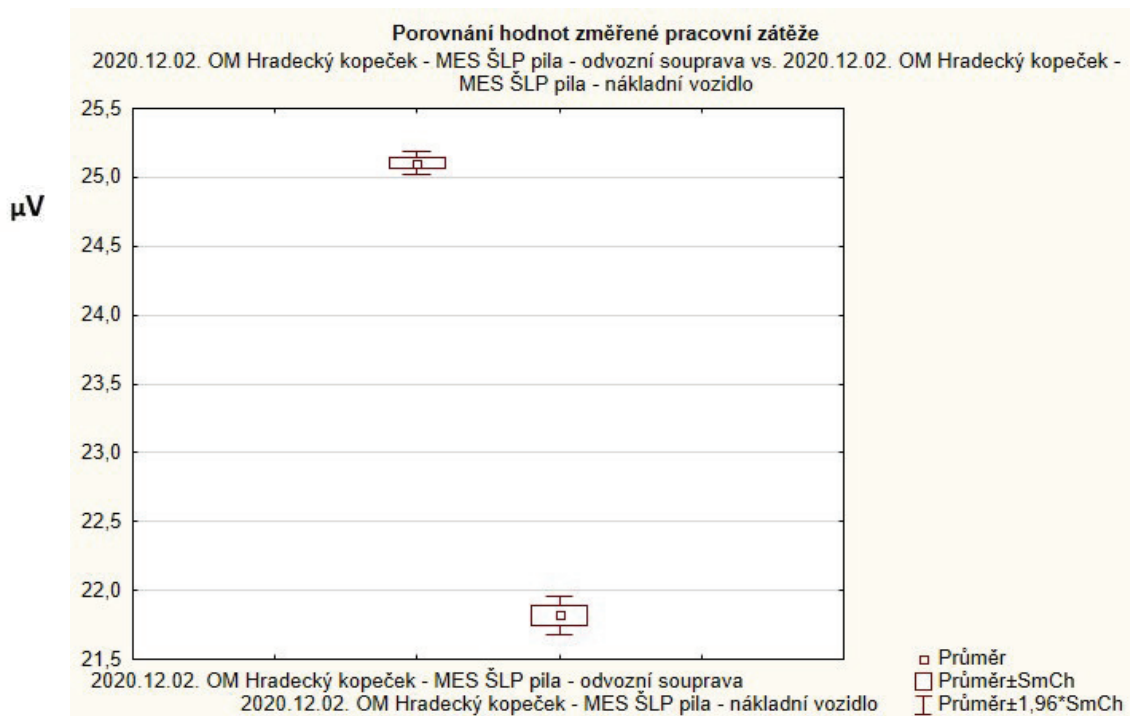
Obrázek č. 85: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 12. 2020 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno pouze o 0,2 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 12: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 2. 12. 2020

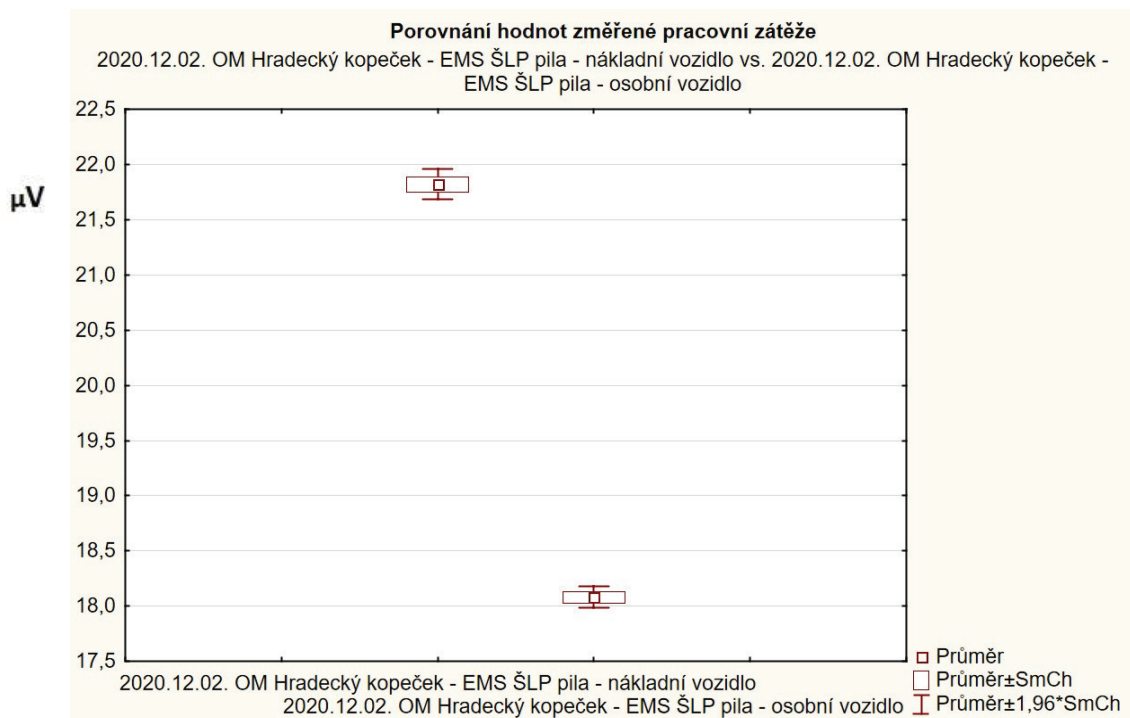
Srovnávaná měření	\bar{x} měření č. 1	\bar{x} měření č. 2	T - test	Pravd ěpodo bnost	Poč. plat. měře ní č. 1	Poč. plat. měře ní č. 2	σ rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2020.12.02. OM Hradecký kopeček - MES ŠLP pila - odvozní souprava vs. 2020.12.02. OM Hradecký kopeček - MES ŠLP pila - osobní vozidlo	25,10391	18,07926	96,89056	0,00	14316	24118	0,00	4411,343	38432	0,00
2020.12.02. OM Hradecký kopeček - MES ŠLP pila - odvozní souprava vs. 2020.12.02. OM Hradecký kopeček - MES ŠLP pila - odvozní vozidlo	25,10391	21,81979	41,60541	0,00	14316	12436	0,00	5469,037	26750	0,00
2020.12.02. OM Hradecký kopeček - MES ŠLP pila -osobní vozidlo vs. 2020.12.02. OM Hradecký kopeček - MES ŠLP pila - odvozní vozidlo	21,81979	18,07926	43,61944	0,00	12436	24118	0,963925	51,98724	36552	0,00



Obrázek č. 86: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 12. 2020 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 38,9 % vyšší než při řízení osobního vozidla



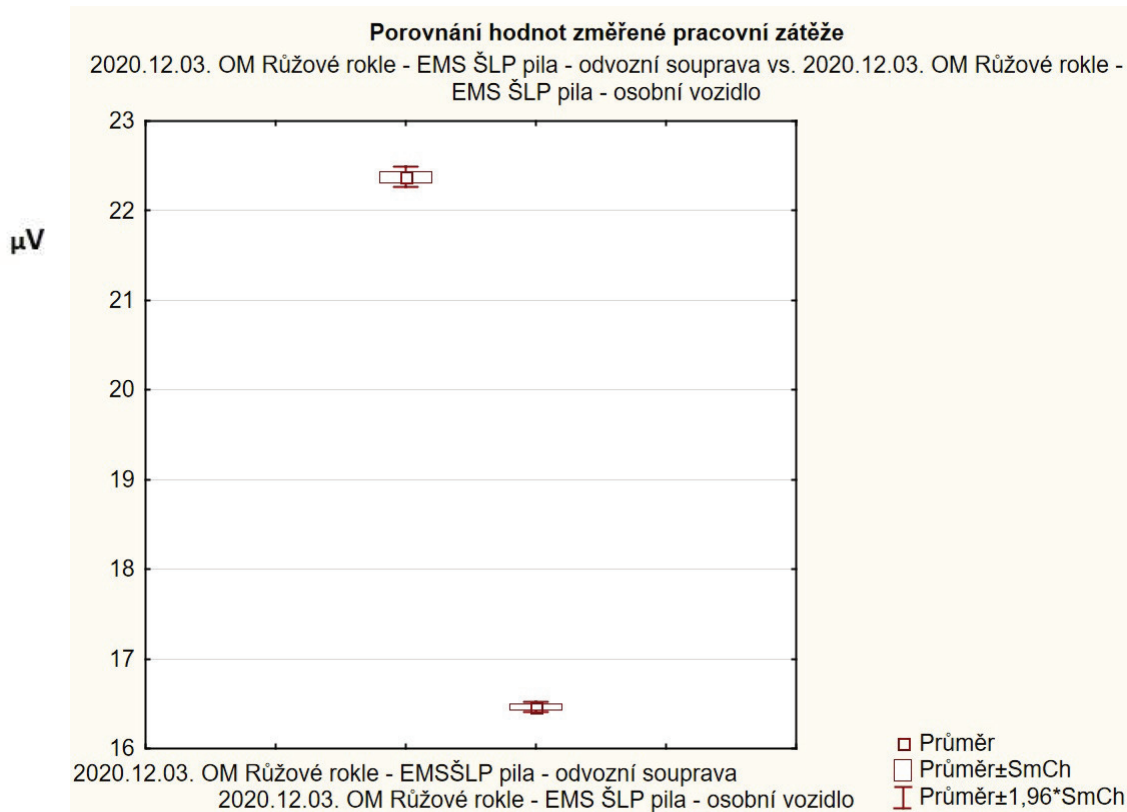
Obrázek č. 87: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 12. 2020 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 14,6 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



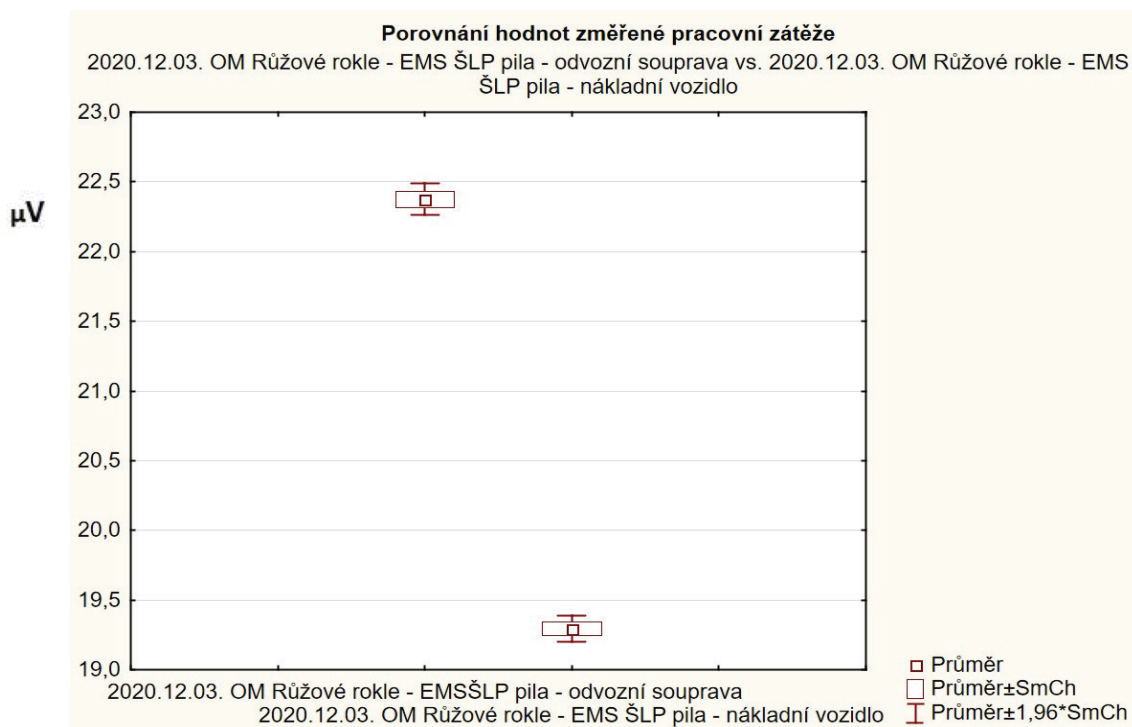
Obrázek č. 88: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 12. 2020 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 21,1 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 13: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 3. 12. 2020

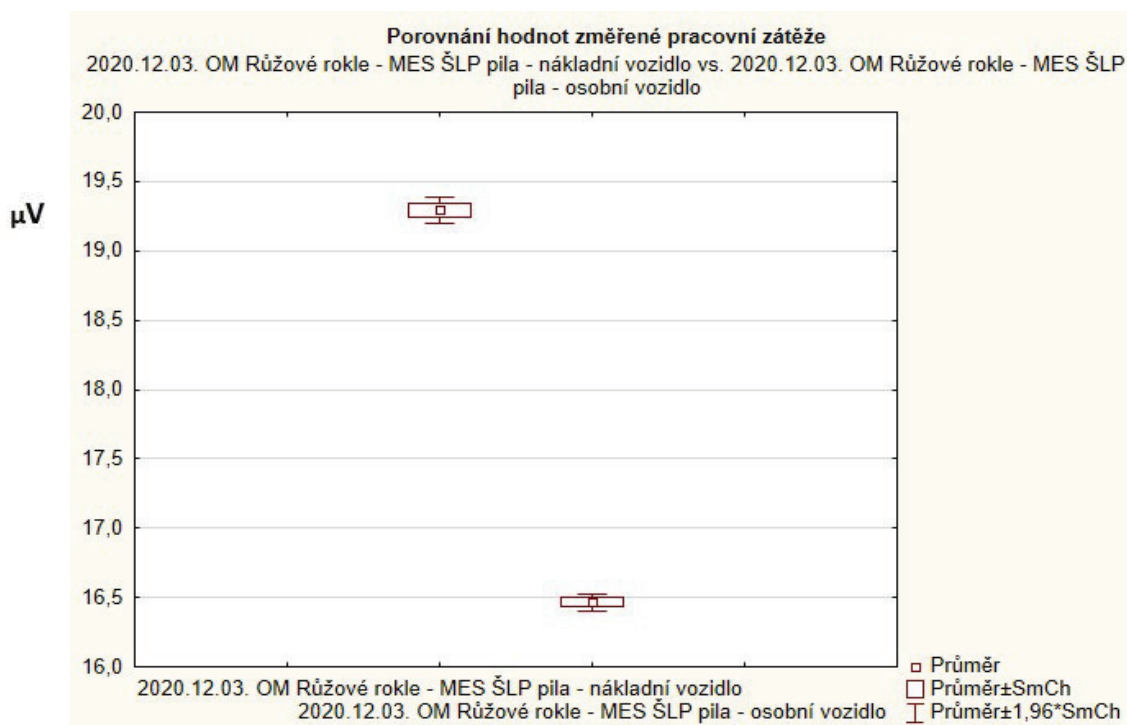
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravděpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2020.12.03. OM Růžové rokle - MESŠLP pila - odvozní souprava vs. 2020.12.03. OM Růžové rokle - MES ŠLP pila - osobní vozidlo	22,37508	16,46602	97,07801	0,00	38007	54079	0,00	4962,779	92084	0,00
2020.12.03. OM Růžové rokle - MESŠLP pila - odvozní souprava vs. 2020.12.03. OM Růžové rokle - MES ŠLP pila - odvozní vozidlo	22,37508	19,29389	37,55509	0,00	38007	24086	0,00	1700,640	62091	0,00
2020.12.03. OM Růžové rokle - MES ŠLP pila - osobní vozidlo vs. 2020.12.03. OM Růžové rokle - MES ŠLP pila - odvozní vozidlo	16,46602	19,29389	-50,3855	0,00	54079	24086	0,000000	347,7282	78163	0,00



Obrázek č. 89: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 3. 12. 2020 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 35,9 % vyšší než při řízení osobního vozidla



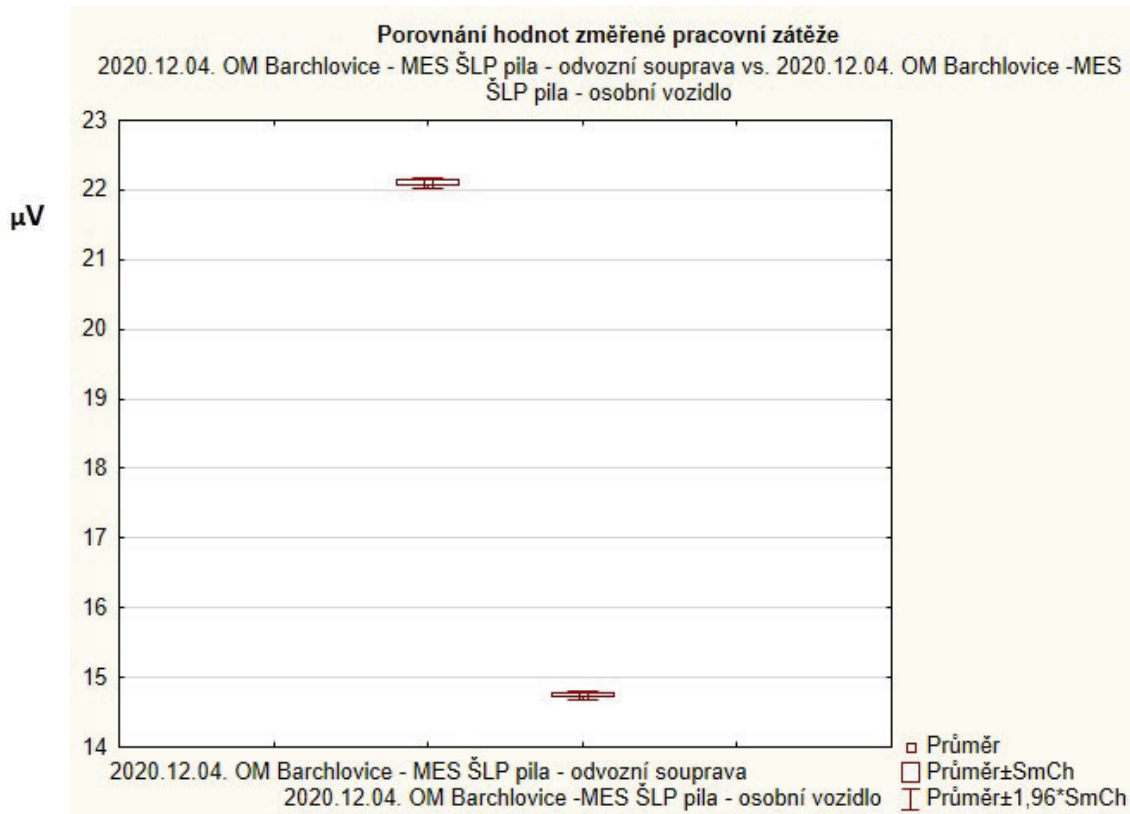
Obrázek č. 90: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 3. 12. 2020 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 16,0 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



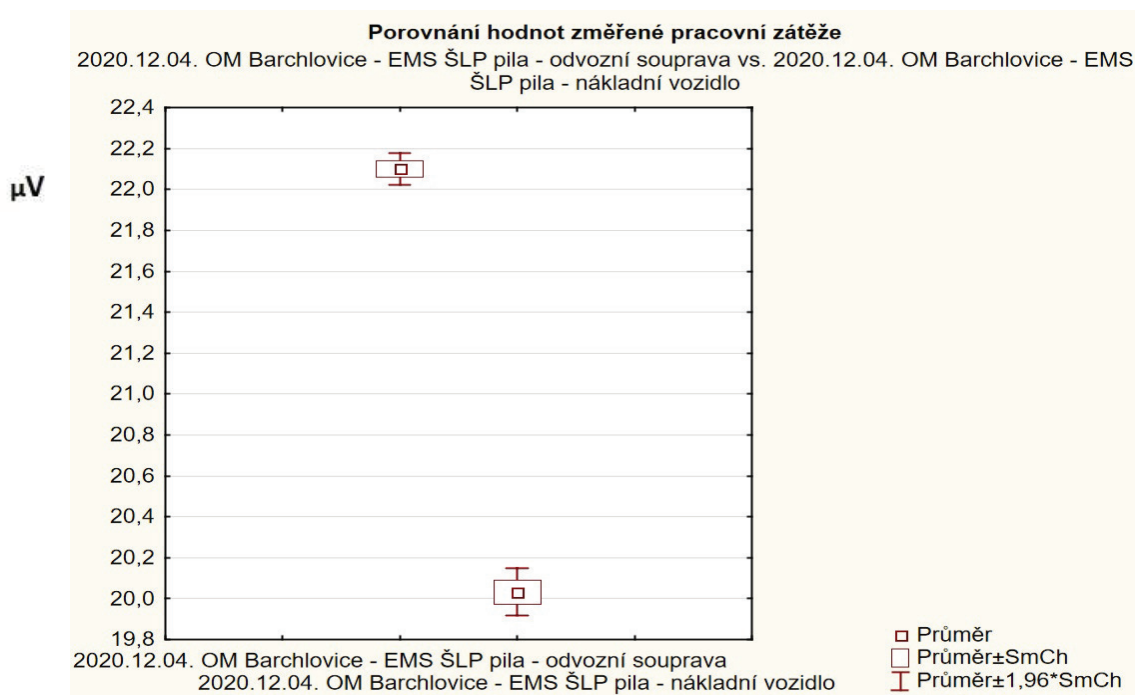
Obrázek č. 91: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 3. 12. 2020 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 17,2 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 14: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 4. 12. 2020

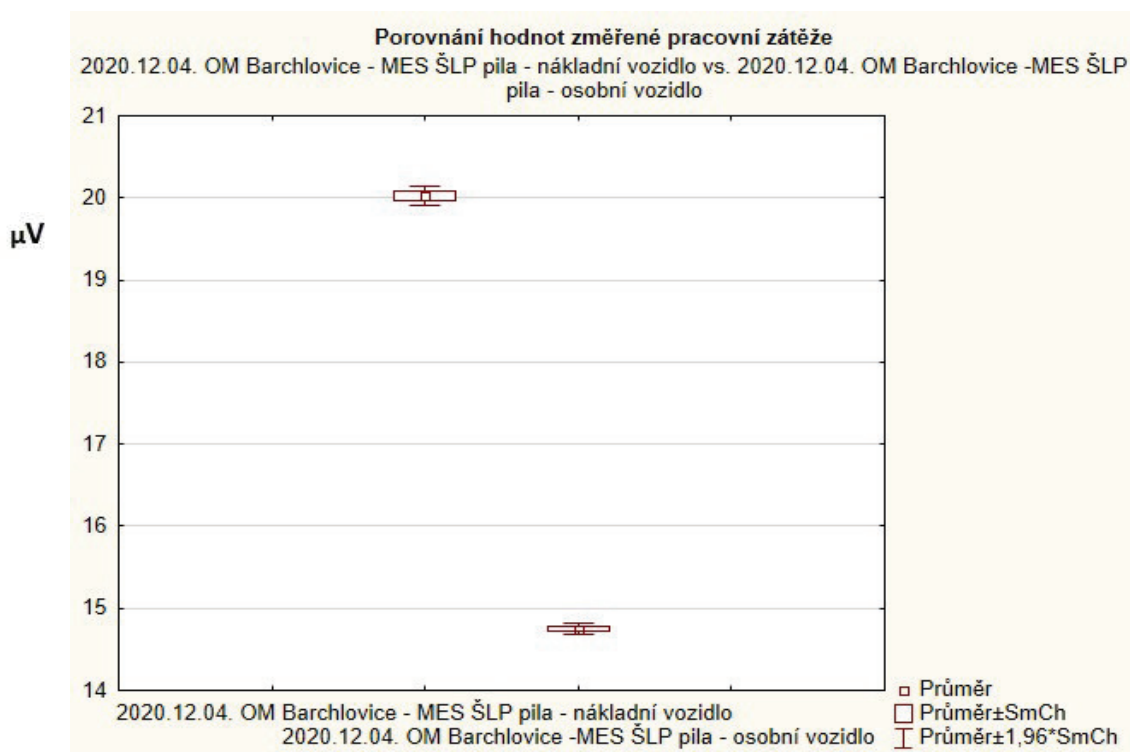
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravděpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2020.12.04. OM Barchlovice - MES ŠLP pila - odvozní souprava vs. 2020.12.04. OM Barchlovice -MES ŠLP pila - osobní vozidlo	22,10084	14,75055	134,2703	0,00	26151	55067	0,00	859,7695	81216	0,00
2020.12.04. OM Barchlovice - MES ŠLP pila - odvozní souprava vs. 2020.12.04. OM Barchlovice - MES ŠLP pila - odvozní vozidlo	22,10084	20,03244	29,75986	0,00	26151	24072	0,00	9475,387	50221	0,00
2020.12.04. OM Barchlovice - MES ŠLP pila - osobní vozidlo vs. 2020.12.04. OM Barchlovice - MES ŠLP pila - odvozní vozidlo	14,75055	20,03244	-83,9435	0,00	55067	24072	0,00	4144,936	79137	0,00



Obrázek č. 92: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 4. 12. 2020 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 49,8 % vyšší než při řízení osobního vozidla



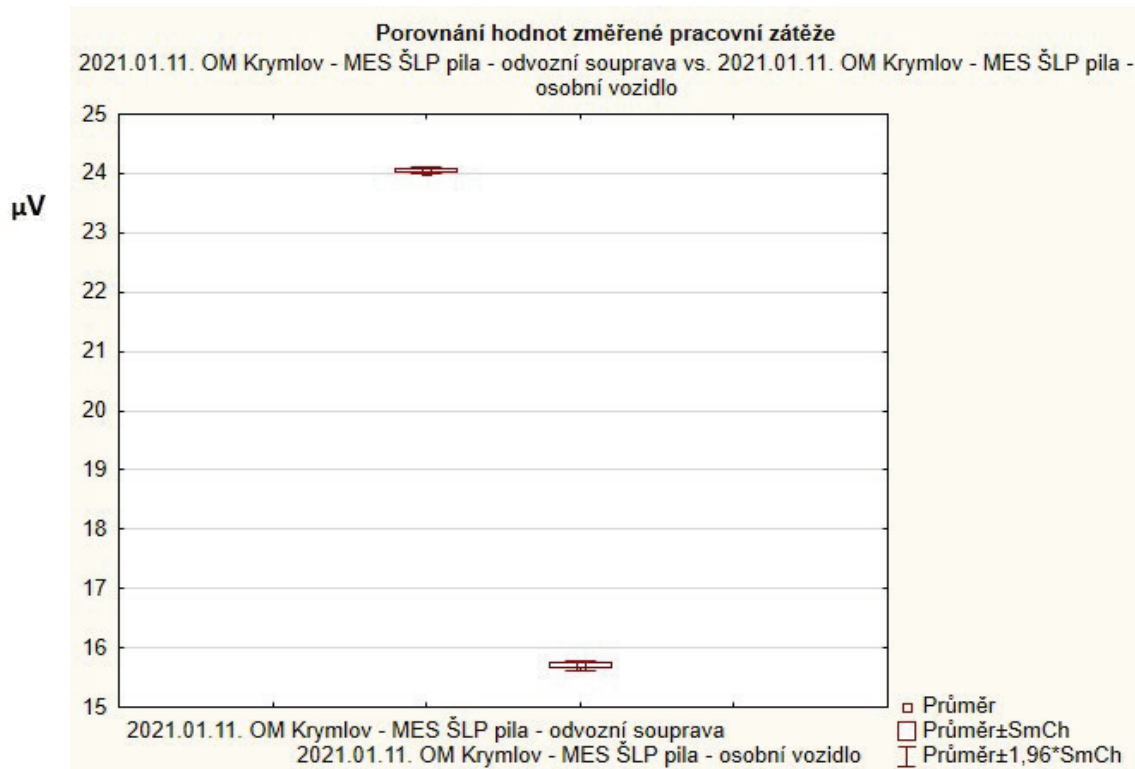
Obrázek č. 93: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 4. 12. 2020 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 10,3 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



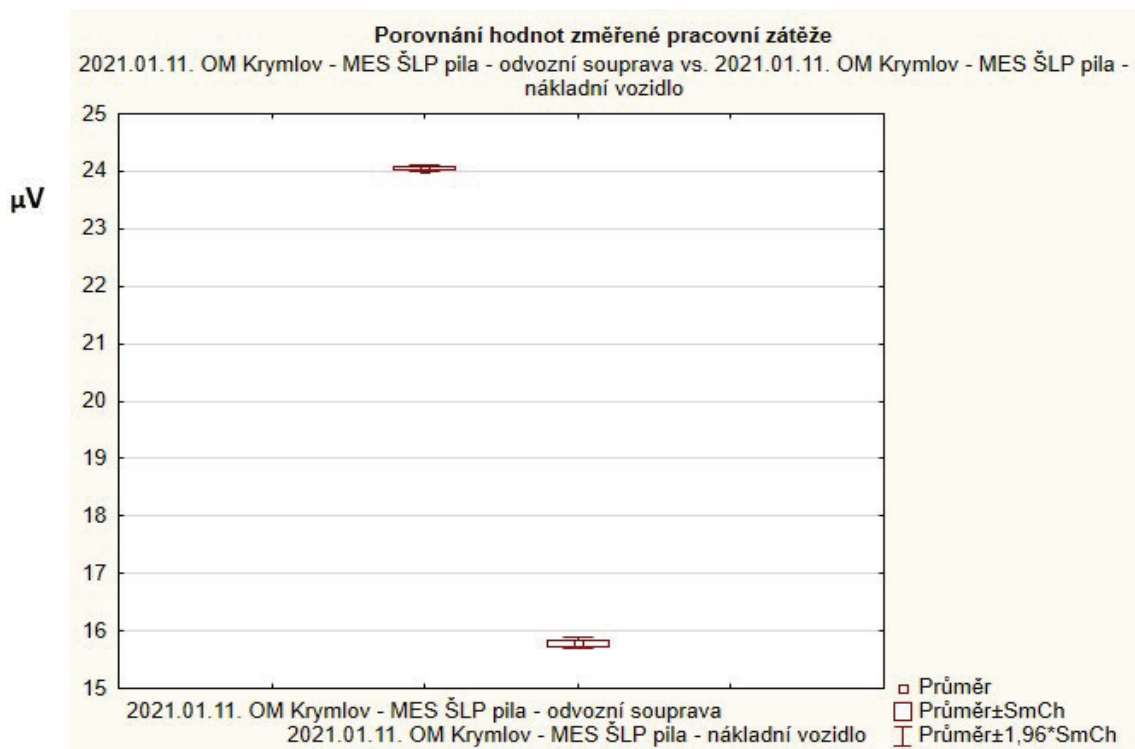
Obrázek č. 94: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 4. 12. 2020 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 35,8 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 15: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 11. 01. 2021

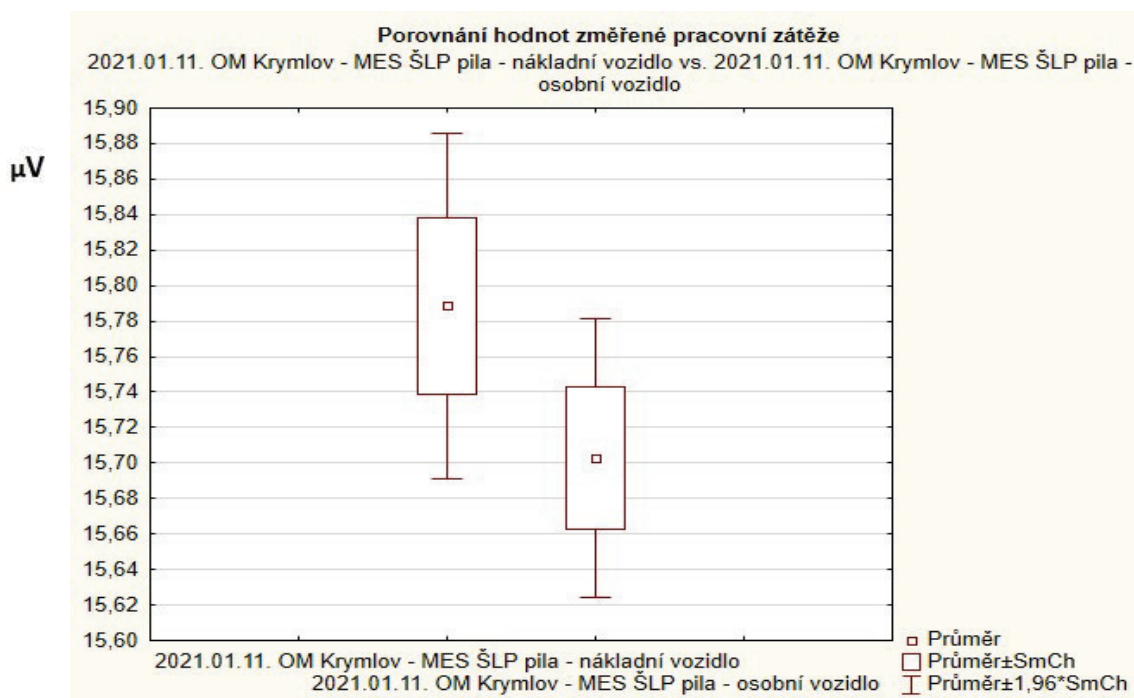
Srovnávaná měření	\bar{x} měření č. 1	\bar{x} měření č. 2	T - test	Pravd ěpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	σ rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2021.01.11. OM Krymlov - MES ŠLP pila - odvozní souprava vs. 2021.01.11. OM Krymlov - MES ŠLP pila - osobní vozidlo	24,05212	15,70267	180,5059	0,00	50369	33781	0,00	1363,817	84148	0,00
2021.01.11. OM Krymlov - MES ŠLP pila - odvozní souprava vs. 2021.01.11. OM Krymlov - MES ŠLP pila - odvozní vozidlo	24,05212	15,78858	159,8099	0,00	50369	24074	0,00	2986,818	74441	0,00
2021.01.11. OM Krymlov - MES ŠLP pila - osobní vozidlo vs. 2021.01.11. OM Krymlov - MES ŠLP pila - odvozní vozidlo	15,70267	15,78858	-1,35417	0,175686	33781	24074	0,000000	241,3634	57853	0,00



Obrázek č. 95: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 11. 01. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 53,2 % vyšší než při řízení osobního vozidla



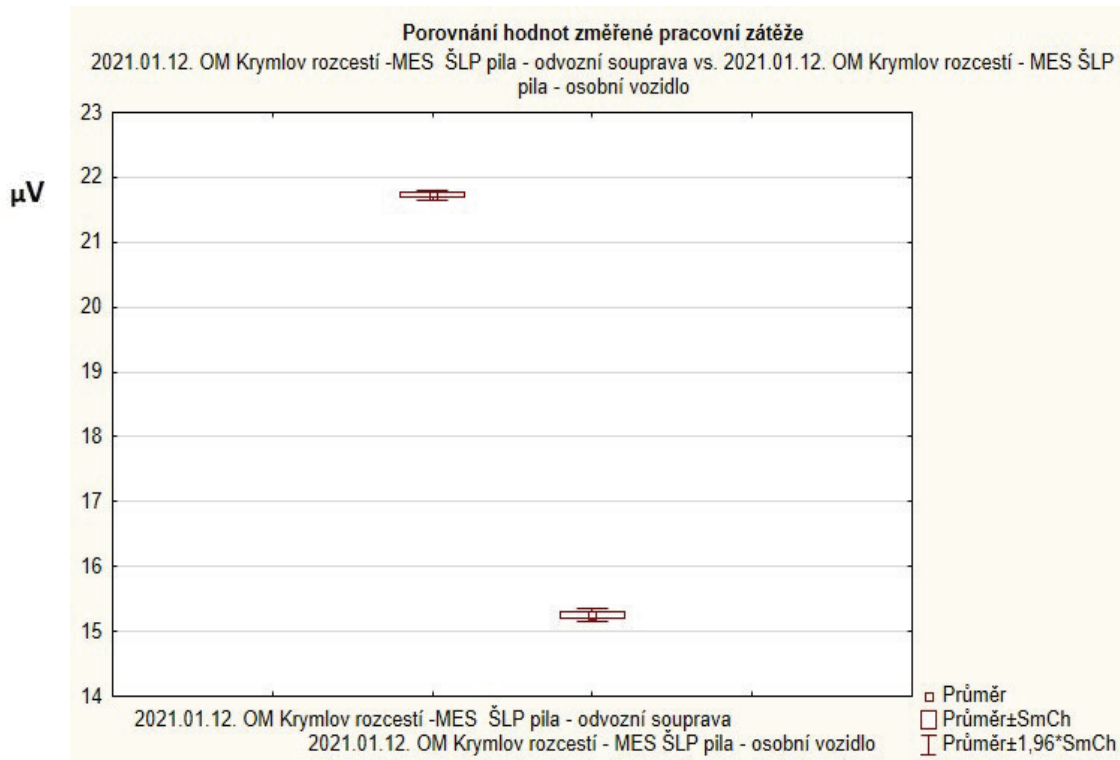
Obrázek č. 96: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 11. 1. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 52,3 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



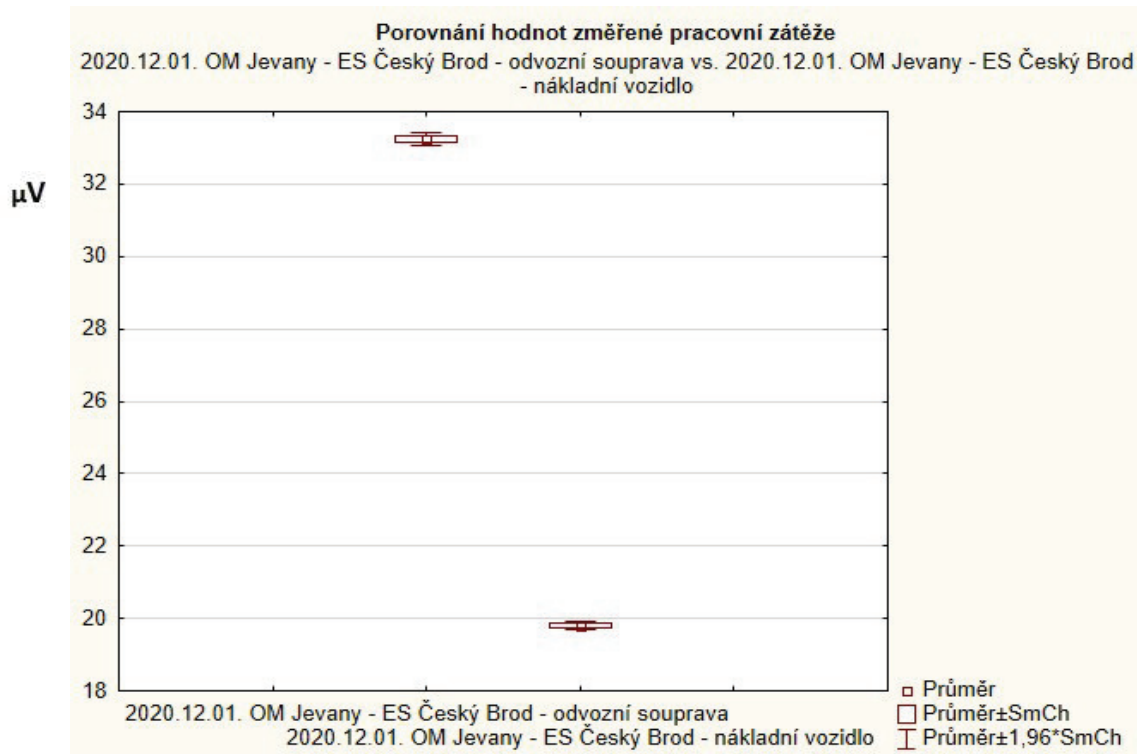
Obrázek č. 97: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 11. 1. 2021 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno pouze o 0,5 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 16: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 12. 01. 2021

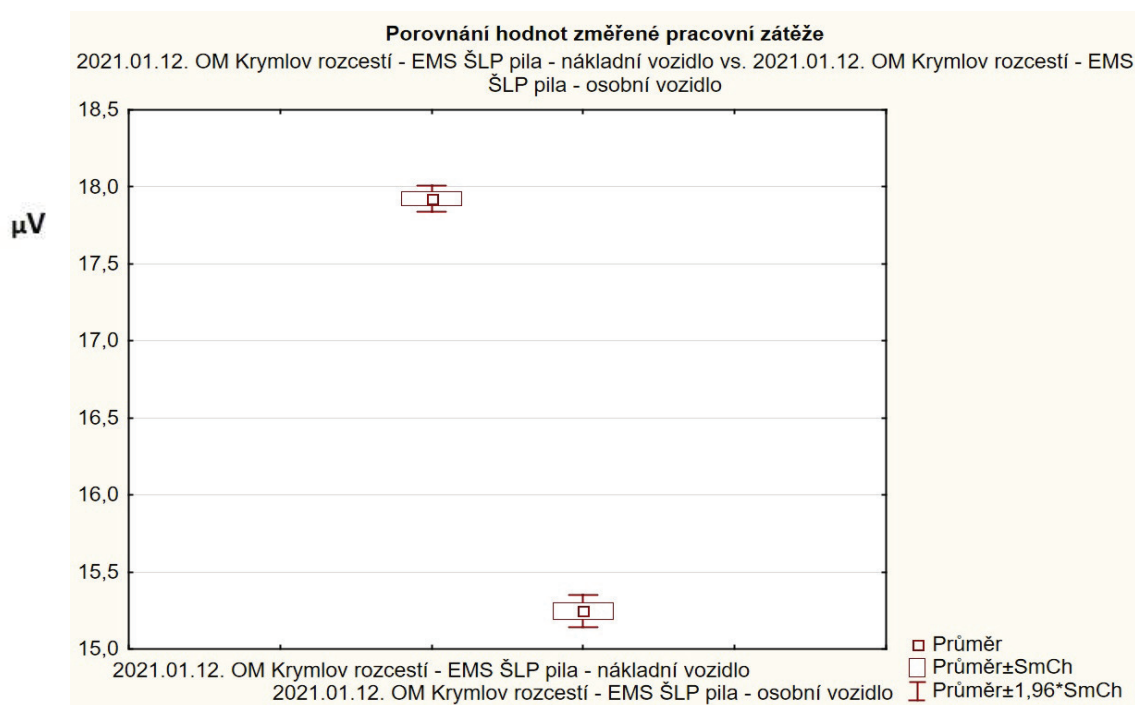
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravděpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2021.01.12. OM Krymlöv rozcestí - MES ŠLP pila - odvozní souprava vs. 2021.01.12. OM Krymlöv rozcestí - MES ŠLP pila - osobní vozidlo	21,72454	15,24745	100,4019	0,00	28515	26949	0,00	4900,797	55462	0,00
2021.01.12. OM Krymlöv rozcestí - MES ŠLP pila - odvozní souprava vs. 2021.01.12. OM Krymlöv rozcestí - MES ŠLP pila - odvozní vozidlo	21,72454	17,92390	66,56660	0,00	28515	24073	0,00	140,1774	52586	0,00
2021.01.12. OM Krymlöv rozcestí - MES ŠLP pila - osobní vozidlo vs. 2021.01.12. OM Krymlöv rozcestí - MES ŠLP pila - odvozní vozidlo	15,24745	17,92390	-38,2189	0,00	26949	24073	0,00	2873,841	51020	0,00



Obrázek č. 98: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 12. 01. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 42,5 % vyšší než při řízení osobního vozidla



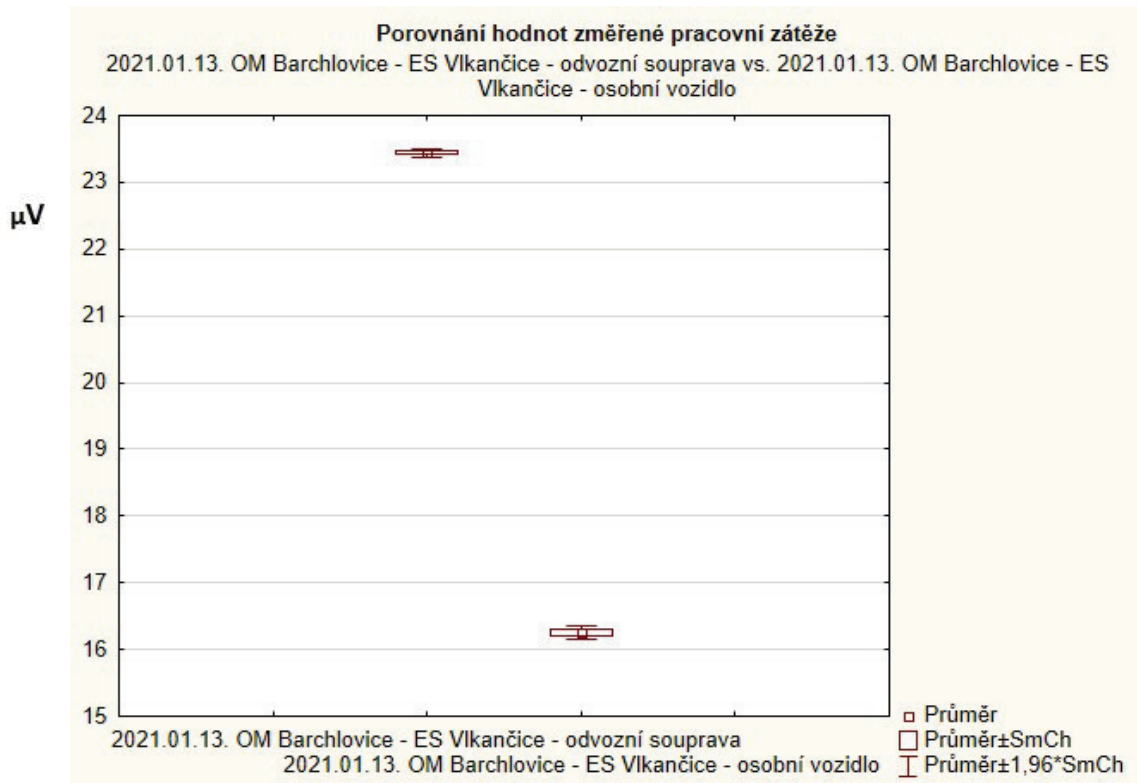
Obrázek č. 99: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 12. 1. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 21,2 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



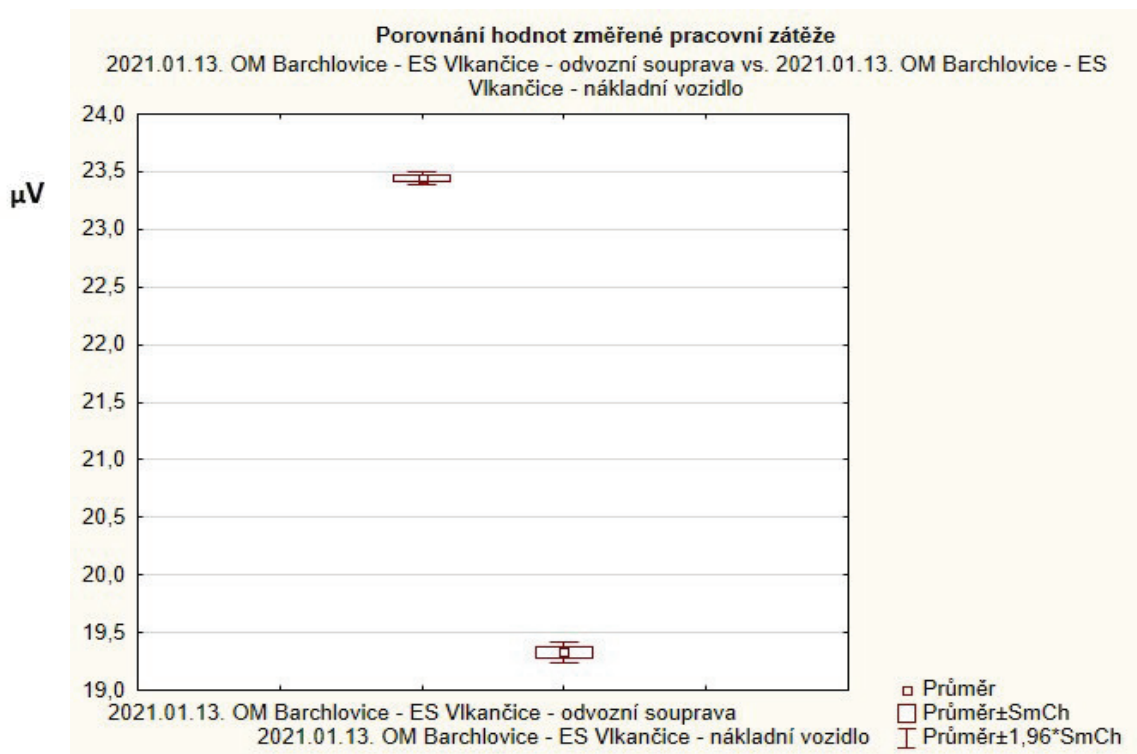
Obrázek č. 100: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 12. 1. 2021 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 17,6 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 17: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 13. 01. 2021

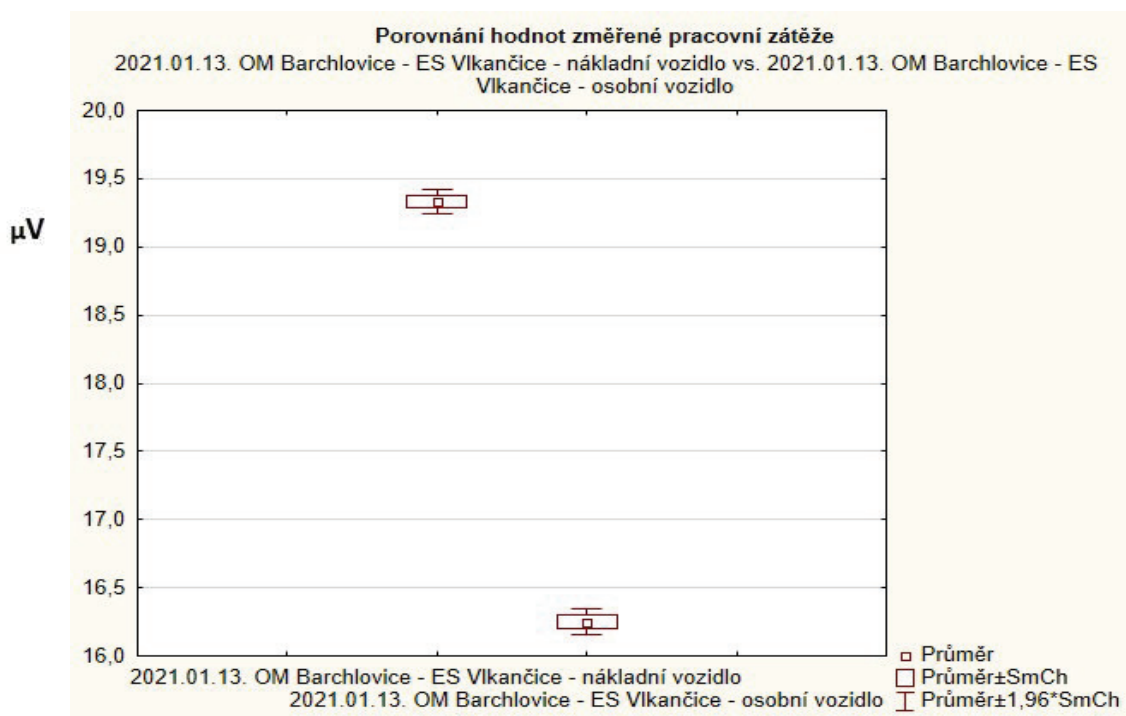
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravd ěpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2021.01.13. OM Barchlovice - ES Vlkančice - odvozní souprava vs. 2021.01.13. OM Barchlovice - ES Vlkančice - osobní vozidlo	23,43941	16,24756	135,6442	0,00	44709	34258	0,00	17045,89	78965	0,00
2021.01.13. OM Barchlovice - ES Vlkančice - odvozní souprava vs. 2021.01.13. OM Barchlovice - ES Vlkančice - odvozní vozidlo	23,43941	19,33127	82,39803	0,00	44709	24168	0,00	2514,984	68875	0,00
2021.01.13. OM Barchlovice - ES Vlkančice - osobní vozidlo vs. 2021.01.13. OM Barchlovice - ES Vlkančice - odvozní vozidlo	16,24756	19,33127	-43,9801	0,00	34258	24168	0,00	3745,447	58424	0,00



Obrázek č. 101: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 13. 01. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 44,3 % vyšší než při řízení osobního vozidla



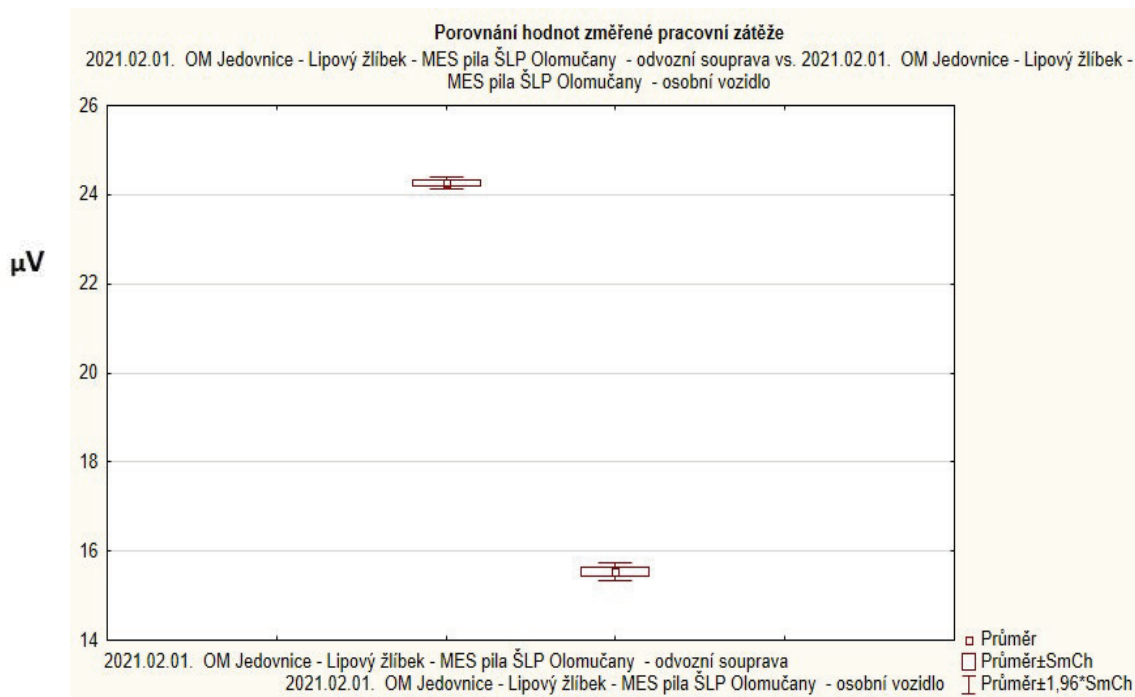
Obrázek č. 102: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 13. 1. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 21,3 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



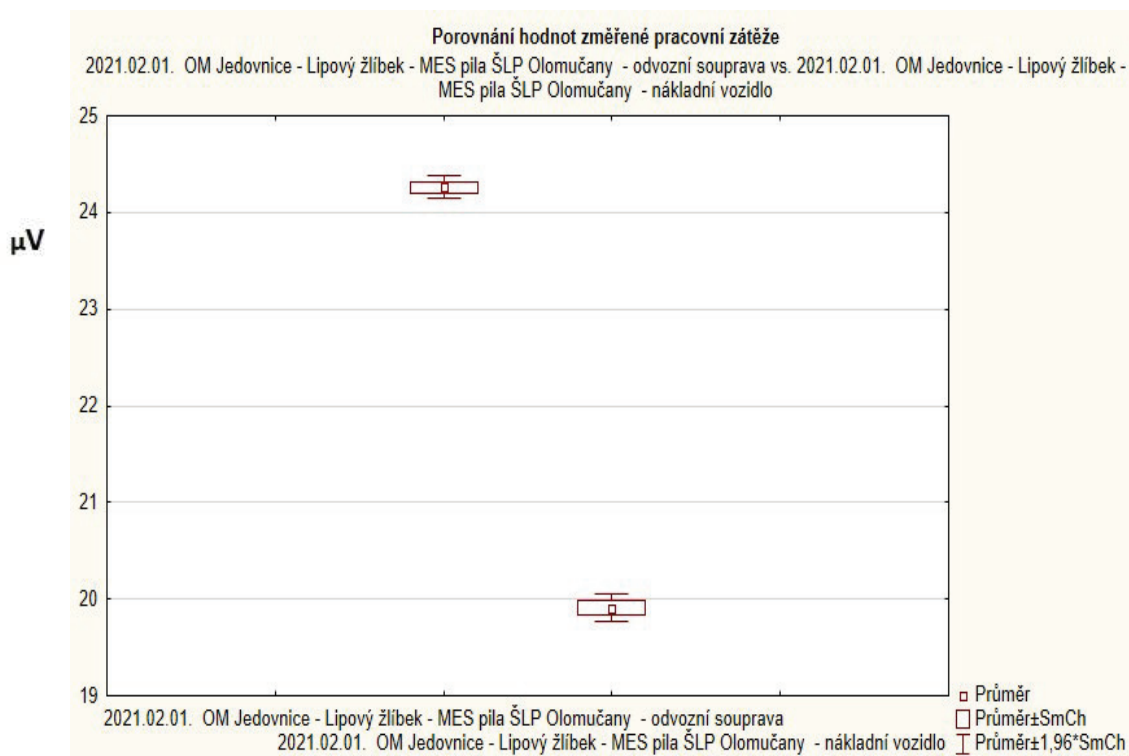
Obrázek č. 103: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 13. 1. 2021 – osobní vozidlo x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 19,0 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 18: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 1. 2. 2021

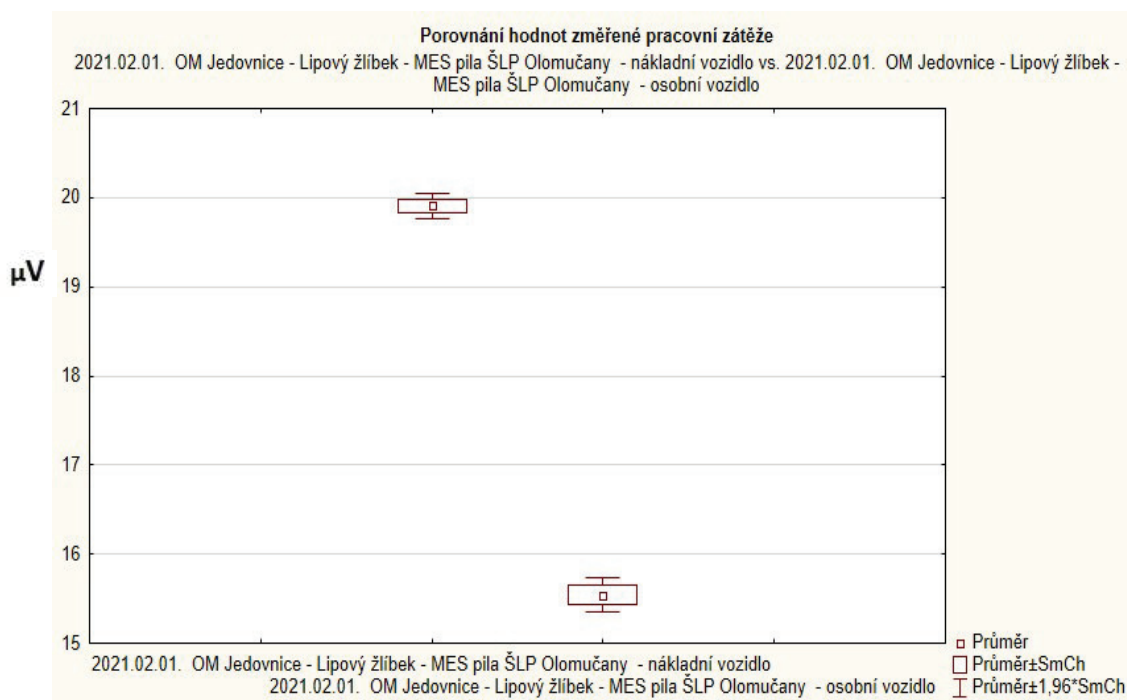
Srovnávaná měření	\emptyset měření č. 1	\emptyset měření č. 2	T - test	Pravděpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	\emptyset rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2021.02.01. OM Jedovnice - Lipový žlíbek - MES píla ŠLP Olomučany - odvozní souprava vs. 2021.02.01. OM Jedovnice - Lipový žlíbek - MES píla ŠLP Olomučany - osobní vozidlo	24,26185	19,90861	44,06354	0,00	20179	24447	0,00	6218,723	44624	0,00
2021.02.01. OM Jedovnice - Lipový žlíbek - MES píla ŠLP Olomučany - odvozní souprava vs. 2021.02.01. OM Jedovnice - Lipový žlíbek - MES píla ŠLP Olomučany - odvozní vozidlo	24,26185	15,54335	78,23984	0,00	20179	14682	0,00	11244,74	34859	0,00
2021.02.01. OM Jedovnice - Lipový žlíbek - MES píla ŠLP Olomučany - odvozní vozidlo vs. 2021.02.01. OM Jedovnice - Lipový žlíbek - MES píla ŠLP Olomučany - osobní vozidlo	19,90861	15,54335	35,16314	0,00	24447	14682	0,000000	709,5038	39127	0,00



Obrázek č. 104: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 2. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 56,1 % vyšší než při řízení osobního vozidla



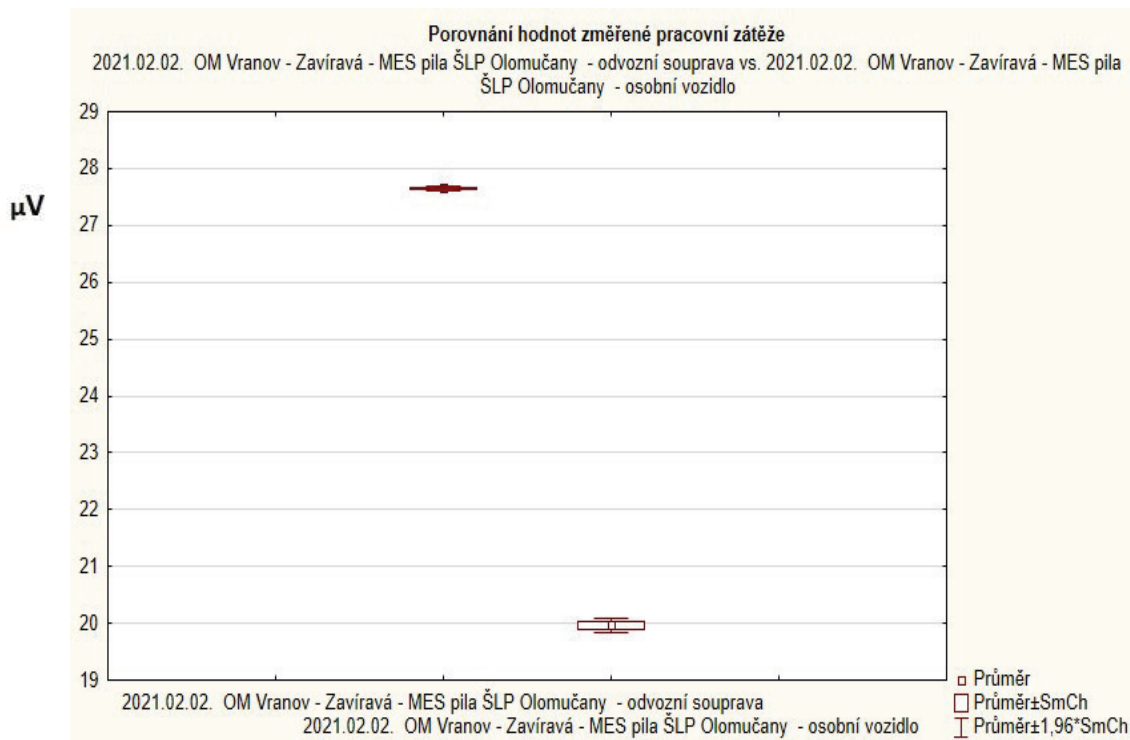
Obrázek č. 105: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 2. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 21,9 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



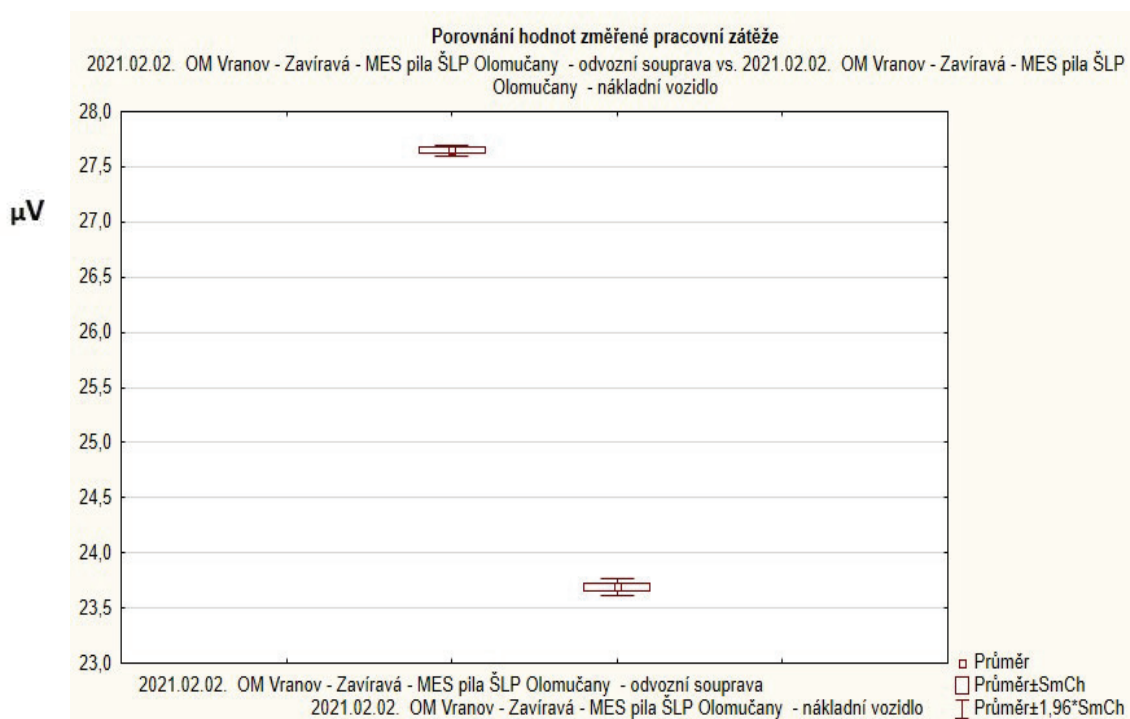
Obrázek č. 106: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 1. 2. 2021 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 28,1 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 19: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 2. 2. 2021

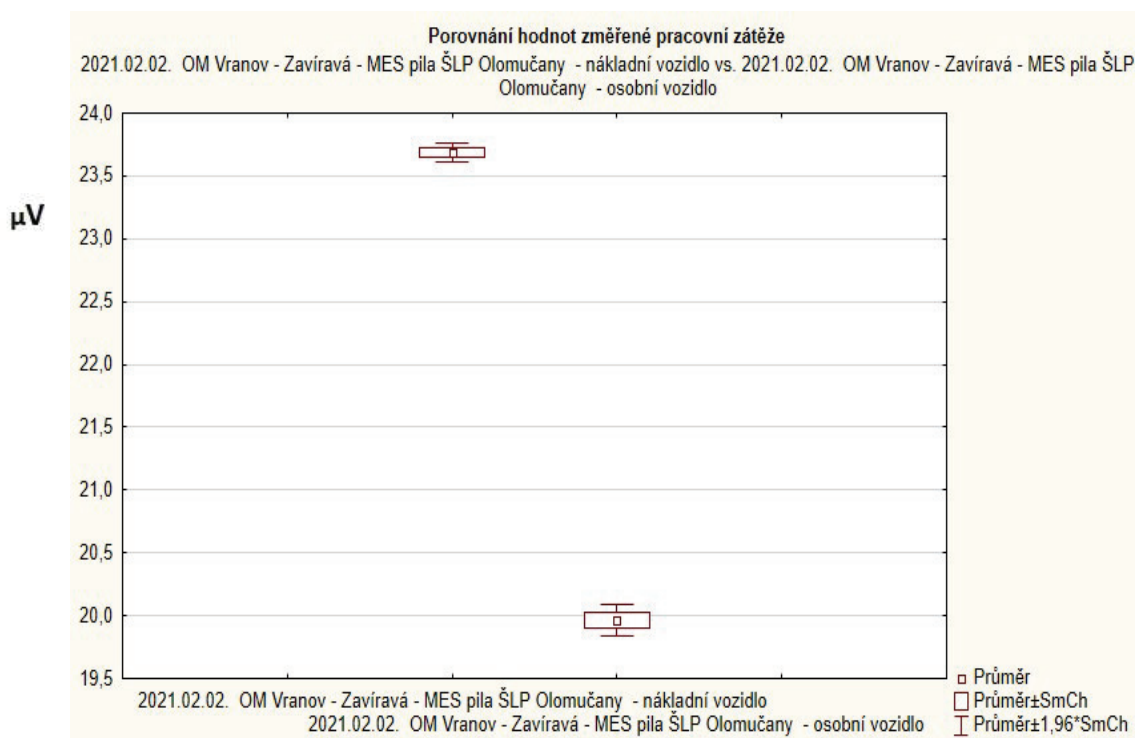
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravděpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2021.02.02. OM Vranov - Zavírává - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní souprava vs. 2021.02.02. OM Vranov - Zavírává - MES pila ŠLP Olomučany - osobní vozidlo	27,65018	23,69030	87,64744	0,00	51230	46272	0,00	17537,62	97500	0,00
2021.02.02. OM Vranov - Zavírává - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní souprava vs. 2021.02.02. OM Vranov - Zavírává - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní vozidlo	27,65018	19,96273	134,2395	0,00	51230	26039	0,00	34574,47	77267	0,00
2021.02.02. OM Vranov - Zavírává - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní vozidlo vs. 2021.02.02. OM Vranov - Zavírává - MES pila ŠLP Olomučany - osobní vozidlo	23,69030	19,96273	52,74280	0,00	46272	26039	0,00	5103,998	72309	0,00



Obrázek č. 107: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 2. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 38,5 % vyšší než při řízení osobního vozidla



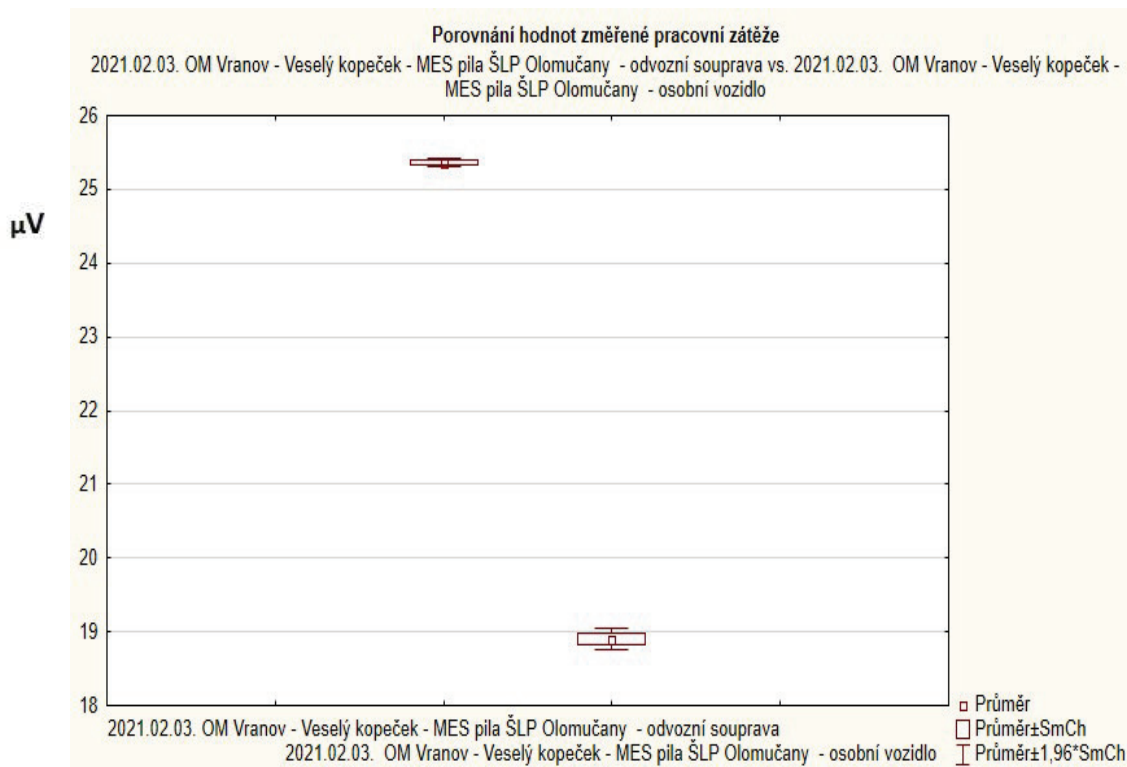
Obrázek č. 108: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 2. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 16,7 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



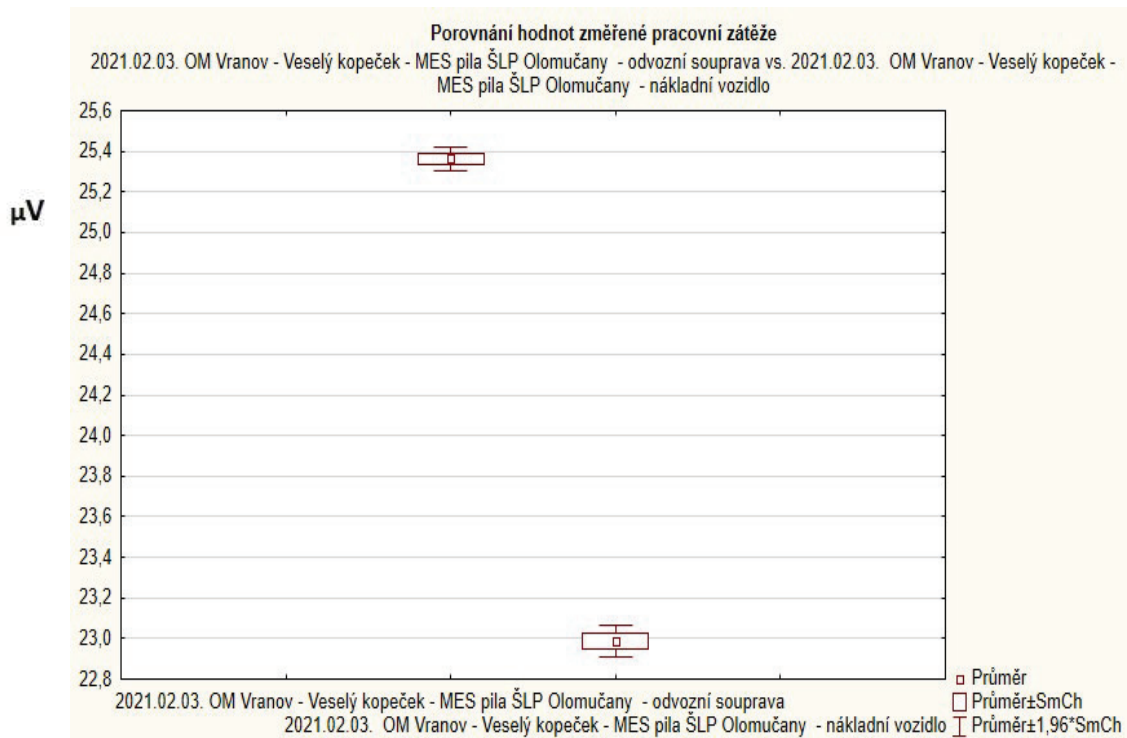
Obrázek č. 109: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 2. 2. 2021 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 18,7 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 20: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 3. 2. 2021

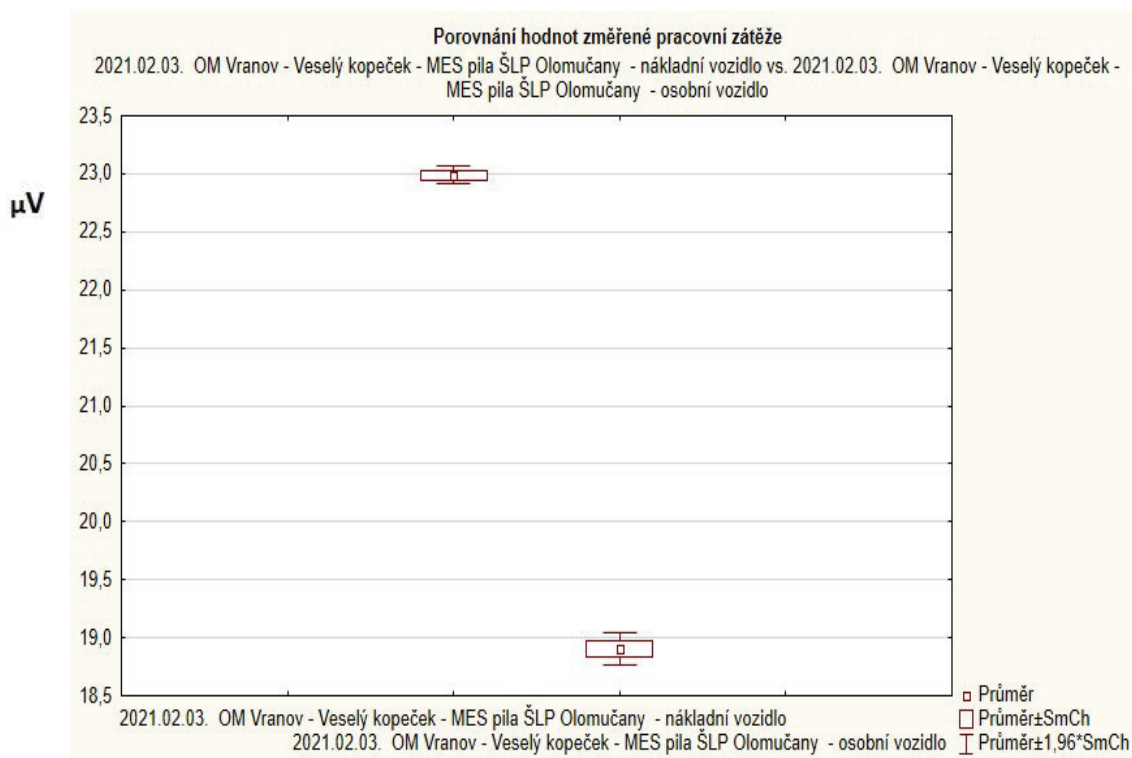
Srovnávaná měření	\emptyset měření č. 1	\emptyset měření č. 2	T - test	Pravděpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	\emptyset rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2021.02.03. OM Vranov - Veselý kopeček - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní souprava vs. 2021.02.03. OM Vranov - Veselý kopeček - MES pila ŠLP Olomučany - osobní vozidlo	25,36269	22,98736	49,44411	0,00	59896	41244	0,00	2743,128	101138	0,00
2021.02.03. OM Vranov - Veselý kopeček - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní souprava vs. 2021.02.03. OM Vranov - Veselý kopeček - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní vozidlo	25,36269	18,89968	100,0973	0,00	59896	24174	0,00	20598,83	84068	0,00
2021.02.03. OM Vranov - Veselý kopeček - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní vozidlo vs. 2021.02.03. OM Vranov - Veselý kopeček - MES pila ŠLP Olomučany - osobní vozidlo	22,98736	18,89968	54,82808	0,00	41244	24174	0,00	11705,43	65416	0,00



Obrázek č. 110: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 3. 2. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 34,2 % vyšší než při řízení osobního vozidla



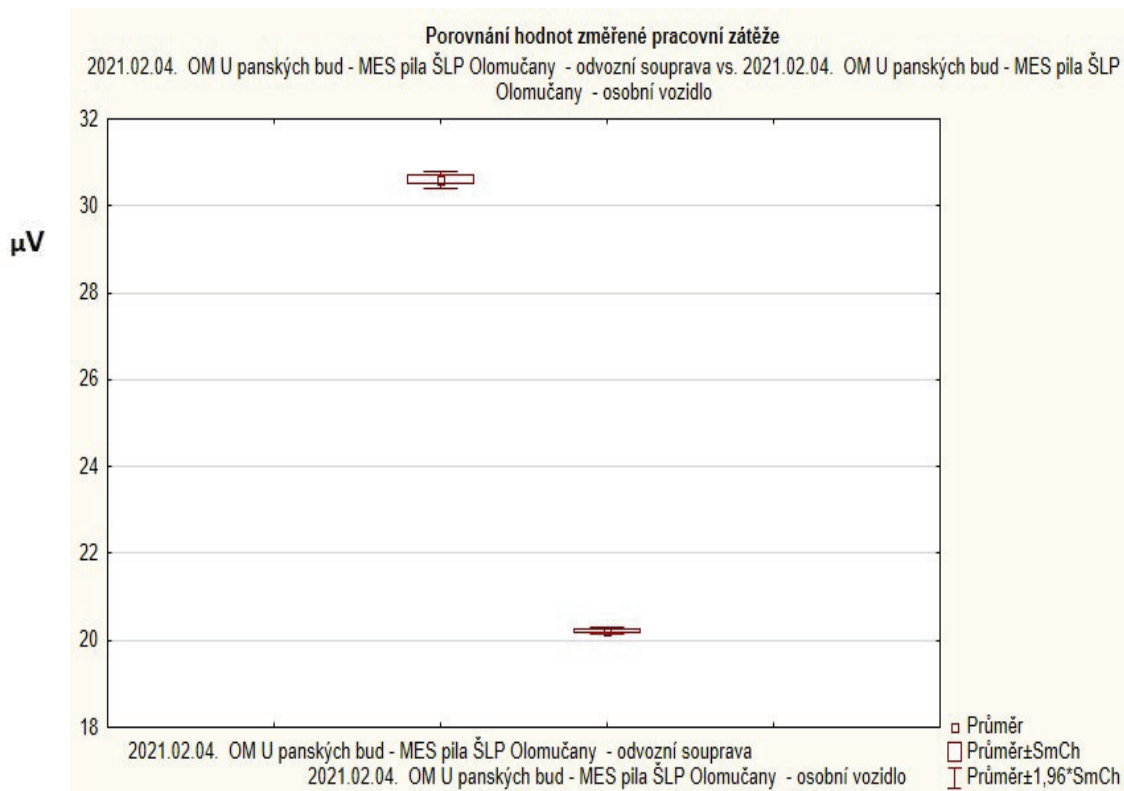
Obrázek č. 111: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 3. 2. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 10,3 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



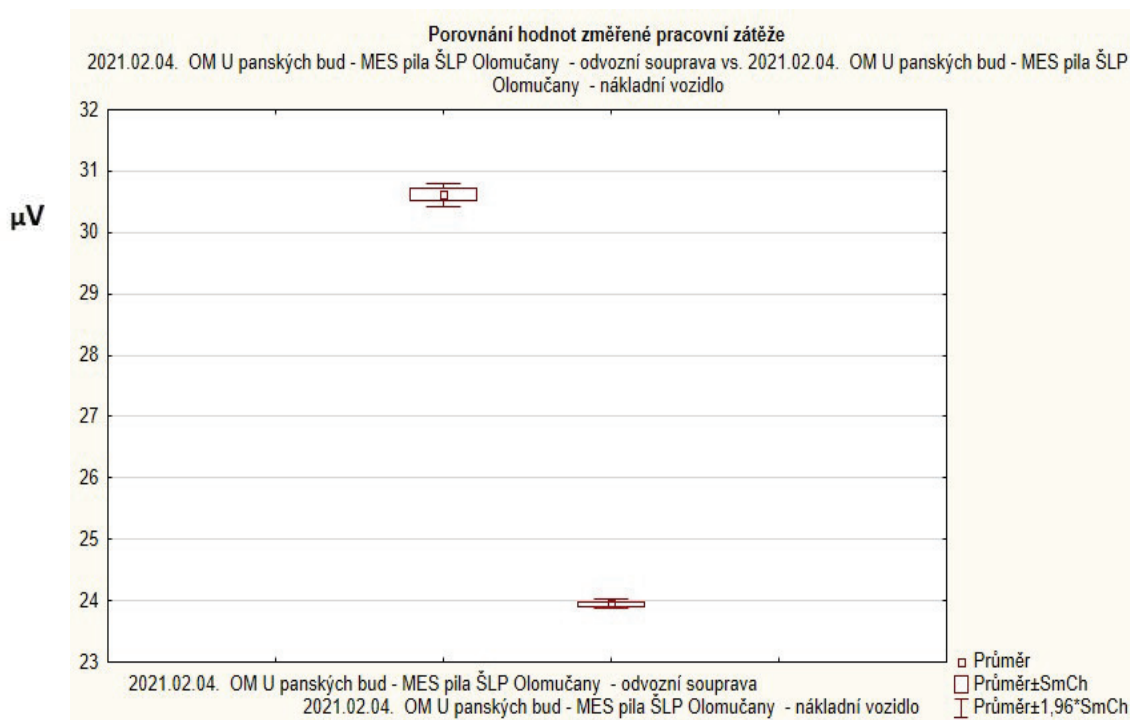
Obrázek č. 112: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 3. 2. 2021 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 21,6 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 21: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 4. 2. 2021

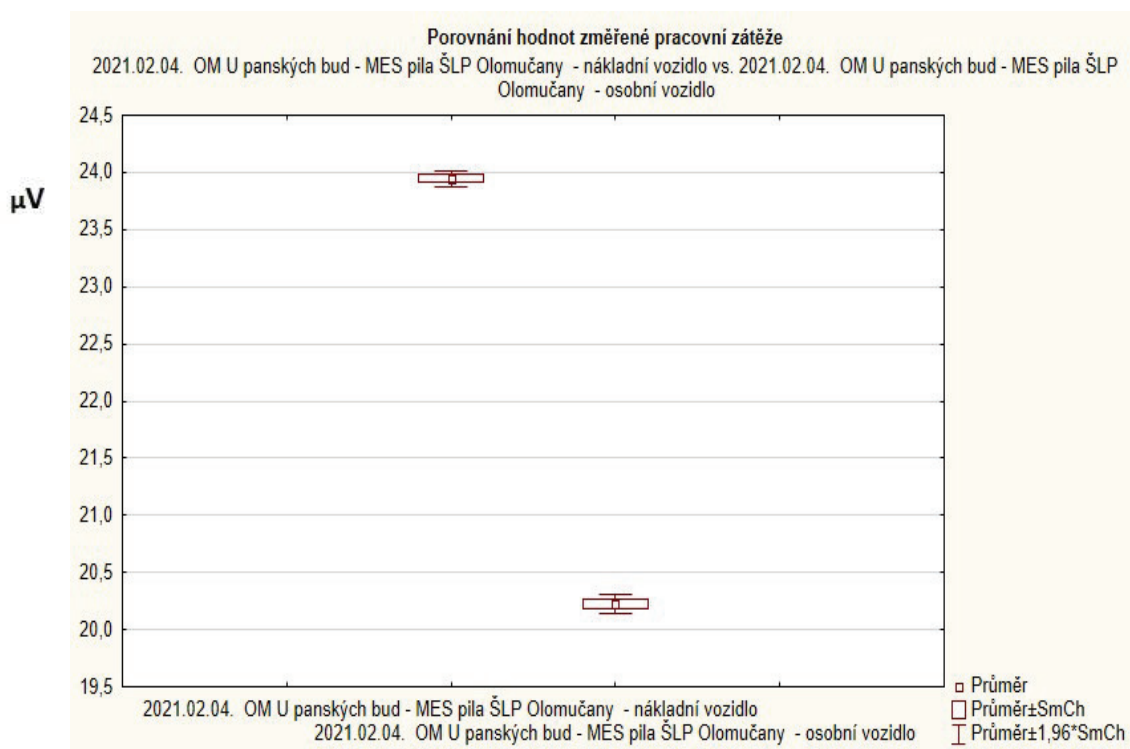
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravděpodobnost	Poč. plat. měření č. 1	Poč. plat. měření č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2021.02.04. OM U panských bud - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní souprava vs. 2021.02.04. OM U panských bud - MES pila ŠLP Olomučany - osobní vozidlo	30,61417	23,94636	69,79461	0,00	37927	50564	0,00	44409,22	88489	0,00
2021.02.04. OM U panských bud - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní souprava vs. 2021.02.04. OM U panských bud - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní vozidlo	30,61417	20,22387	104,7080	0,00	37927	49462	0,00	32317,70	87387	0,00
2021.02.04. OM U panských bud - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní vozidlo vs. 2021.02.04. OM U panských bud - MES pila ŠLP Olomučany - osobní vozidlo	23,94636	20,22387	65,12068	0,00	50564	49462	0,00	3315,933	100024	0,00



Obrázek č. 113: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 4. 2. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 51,4 % vyšší než při řízení osobního vozidla



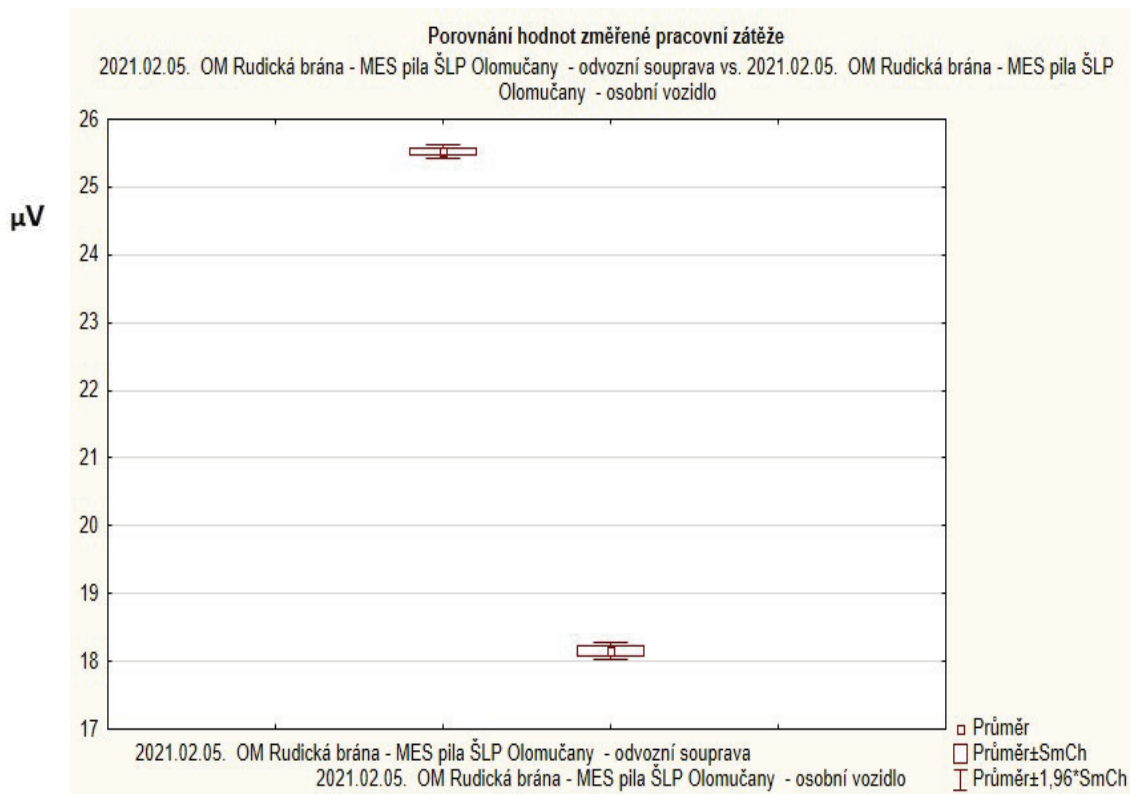
Obrázek č. 114: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 4. 2. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 28,7 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



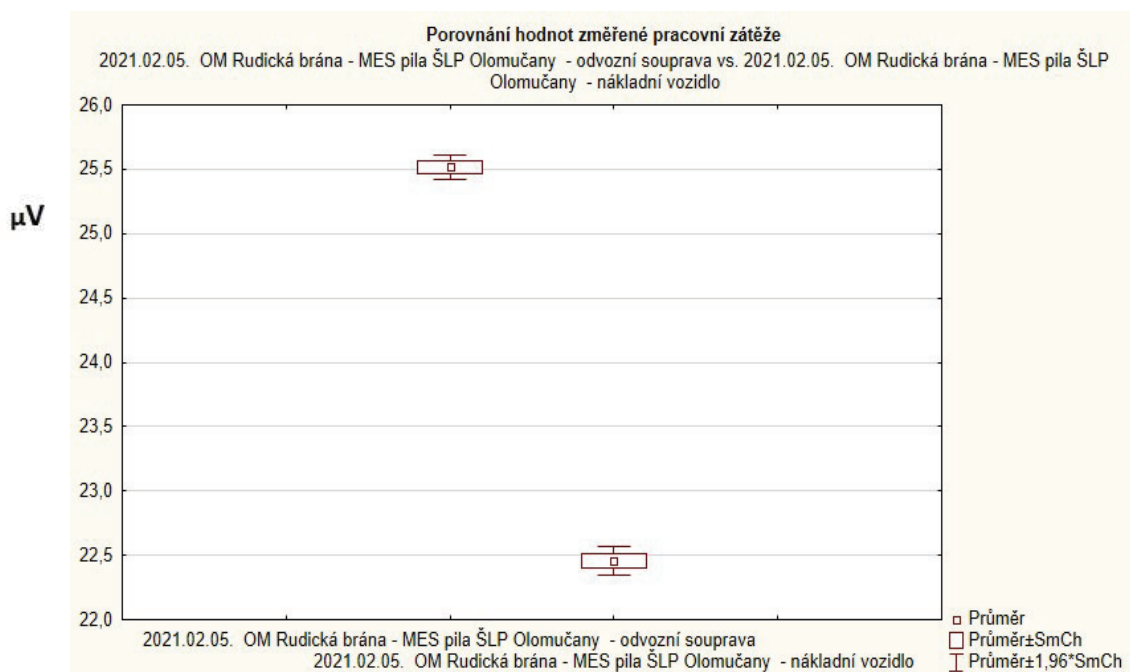
Obrázek č. 115: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 4. 2. 2021 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 118,4 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Tabulka č. 22: Porovnání stresové zátěže podle typu vozidla z měření 5. 2. 2021

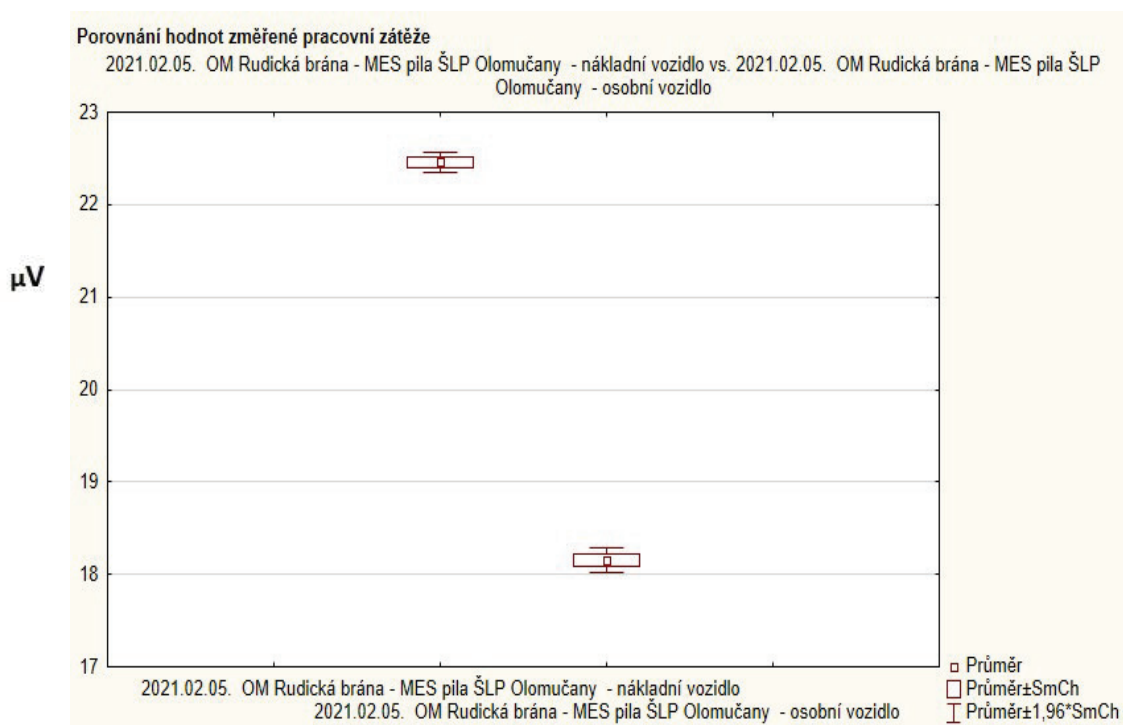
Srovnávaná měření	Ø měření č. 1	Ø měření č. 2	T - test	Pravd ěpod obno st	Poč. plat. měře ní č. 1	Poč. plat. měře ní č. 2	Ø rozptylů	Levene F (1, sv)	Stupeň volnosti Levene	p Levene
2021.02.05. OM Rudická brána - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní souprava vs. 2021.02.05. OM Rudická brána - MES pila ŠLP Olomučany - osobní vozidlo	25,51611	22,45917	40,83994	0,00	24162	21088	0,019846	770,0467	45248	0,00
2021.02.05. OM Rudická brána - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní souprava vs. 2021.02.05. OM Rudická brána - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní vozidlo	25,51611	18,15211	87,72213	0,00	24162	24062	0,00	7485,504	48222	0,00
2021.02.05. OM Rudická brána - MES pila ŠLP Olomučany - odvozní vozidlo vs. 2021.02.05. OM Rudická brána - MES pila ŠLP Olomučany - osobní vozidlo	22,45917	18,15211	48,83326	0,00	21088	24062	0,00	4741,938	45148	0,00



Obrázek č. 116: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 5. 2. 2021 - odvozní souprava x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 40,6 % vyšší než při řízení osobního vozidla



Obrázek č. 117: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 5. 2. 2021 – odvozní souprava x nákladní vozidlo. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy je naměřeno o 13,6 % vyšší než při řízení nákladního vozidla



Obrázek č. 118: Porovnání hodnot změřené stresové zátěže dne 5. 2. 2021 – nákladní vozidlo x osobní vozidlo. Stresové zatížení při řízení nákladního vozidla je naměřeno o 23,7 % vyšší než při řízení osobního vozidla

Experimentálně realizované jízdy na vybraných trasách v terénu různými typy vozidel dokazují rozdílnost hodnot stresového zatížení řidiče.

Zejména změny sklonových poměrů a malé poloměry zatáček, stejně jako objíždění překážek ať již na lesních cestách nebo silnicích jsou významným stresovým faktorem bez ohledu na typ vozidla. Řidič nákladního vozidla musí být kdykoli připraven alespoň uspokojivě vyřešit jakoukoli nastalou dopravní situaci.

Zároveň však experiment ukazuje i nové skutečnosti o vlivech na rozdílnost stresové zátěže. Významným faktorem je délka vozidla, resp. odvozní soupravy. Řidič musí neustále sledovat dráhu poslední nápravy odvozní soupravy, resp. obrysu celé soupravy a tomu přizpůsobit nejen rychlost, ale i nájezdy do zatáček s predikcí protijedoucího vozidla obdobných rozměrů. V potaz musí brát i kvalitu povrchu komunikace a případnou existenci a typ přilehlých objektů.

Experiment ukazuje, že v prostředí lesních cest je náročnost řízení víceméně obdobná v očekávané posloupnosti růstu námahy v řadě osobní vozidlo – nákladní vozidlo – odvozní souprava. Avšak při použití silnic II. a III. třídy začíná náročnost na ovládání odvozní soupravy prudce narůstat. Zejména jízda obcemi, které svými rozměry kopírují

původní nezpevněné cesty určené pro koňské povozy a pěší jsou významně náročnější na průjezd odvozní soupravou. Tam kde osobní vozidlo i nákladní vozidlo lehce opíše oblouk mezi staveními v původní zástavbě, musí řidič odvozní soupravy podstatně zpomalit a s predikcí protijedoucího vozidla opatrně navést tažné vozidlo do protisměru tak, aby poslední nápravu soupravy, resp. obrys odvozní soupravy udržel v rozměrech vymezených komunikací. S tím souvisí i podstatně častější brždění a podřazování s meziplynem a opětovné zrychlování a řazení vyšších rychlostních stupňů a tedy stoupá stresové zatížení.

Ovládání odvozní soupravy je tak podstatně fyzicky i psychicky namáhavější.

Tabulka č. 23: Souhrnné absolutní porovnání svalové zátěže při řízení pracovního vozidla podle typu během průjezdu jednotlivých pracovních tras – průměrné hodnoty v μV .

	Osobní vozidlo		ONákladnívozidlo	Odvozní souprava	Měřicí cyklus
	19,35959	19,57693	33,07314		2019.10.18.
	17,93138	21,37449	24,48570		2019.10.19.
	16,23174	19,35313	22,03085		2019.10.28.
	14,58515	19,84828	21,73853		2019.10.29.
	15,46354	15,67546	23,48357		2019.10.30.
	15,04580	17,57604	21,34653		2019.10.31.
	15,85128	19,17314	23,31921		2019.11.01.
	15,68592	20,58443	22,56825		2019.11.02.
	14,84706	21,41855	21,73853		2020.11.30
	19,75857	19,80291	33,24354		2020.12.01.
	18,07926	21,89790	25,10391		2020.12.02.
	16,46602	19,29389	22,37508		2020.12.03.
	14,75055	20,03244	22,10084		2020.12.04.
	15,70267	15,78858	24,05212		2021.01.11.
	15,24745	17,92390	21,72454		2021.01.12.
	16,24756	19,33127	23,43941		2021.01.13.
	15,54335	19,90861	24,26185		2021.02.01.
	19,96273	23,69030	27,65018		2021.02.02.
	18,89968	22,98736	25,36269		2021.02.03.
	20,22387	23,94636	30,61417		2021.02.04.
	18,15211	22,45917	25,51611		2021.02.05.

Z výše uvedeného přehledu naměřených hodnot průměru svalového zatížení (hodnoty v μV) v průběhu realizace průjezdu pracovních tras vozidel je patrná výrazná odlišnost náročnosti řízení v závislosti na použitém vozidle a charakteru trasy. Patrná je signifikantně vysoká stresová zátěž při řízení odvozní soupravy (tabulka č. 23).

Tabulka č. 24: Souhrnné relativní porovnání svalové zátěže při řízení pracovního vozidla podle typu během průjezdu jednotlivých pracovních tras

	Měřicí cyklus	
	2019. 10. 18.	2019. 10. 19.
	2019. 10. 28.	2019. 10. 29.
	2019. 10. 30.	2019. 10. 31.
	2019. 11. 01.	2019. 10. 02.
	2020. 11. 30.	2020. 12. 01.
	2020. 12. 02.	2020. 12. 03.
	2020. 12. 04.	2021. 01. 11.
	2021. 01. 12.	2021. 01. 13.
	2021. 02. 01.	2021. 02. 02.
	2021. 02. 03.	2021. 02. 04.
	2021. 02. 05.	
	%	
Osobní vozidlo	Nákladní vozidlo	Odvozní souprava
100,0	101,0	170,8
100,0	119,2	136,6
100,0	1199,2	135,7
100,0	136,1	149,0
100,0	101,4	151,9
100,0	116,8	141,9
100,0	121,0	147,1
100,0	131,2	143,9
100,0	144,3	146,4
100,0	100,2	168,2
100,0	121,1	138,9
100,0	117,2	135,9
100,0	135,8	149,8
100,0	100,5	153,2
100,0	117,6	142,5
100,0	119,0	144,3
100,0	128,1	156,1
100,0	118,7	138,5
100,0	121,6	134,2
100,0	118,4	151,4
100,0	123,7	140,6

Tabulka č. 24 zobrazuje změřené stresové zátěže řidiče u jednotlivých pracovních vozidel podle typu jako relativní srovnání zjištěných průměrů absolutních hodnot svalového napětí. Stresové zatížení řidiče při řízení osobního vozidla je použito jako referenční, s nímž jsou porovnávány hodnoty změřené stresové zátěže při řízení odvozní soupravy a nákladního vozidla. Tmavší barvou jsou značeny trasy s podstatnou převahou (nad 60 %) jízdy po silnicích II. a II. třídy, světlejší barvou při převaze (nad 60 %) jízdy po lesních cestách. Pokud mezi sebou porovnáváme námahu řízení naloženého nákladního vozidla a naloženého osobního vozidla a kvantifikujeme tento rozdíl, pak ovládání nákladního vozidla bez přívěsu je o bezmála 19,6 % namáhavější. Řidič odvozní soupravy je pak pod o 46,5 % vyšším stresovým zatížením než při ovládání naloženého osobního vozidla.

Porovnáme-li stresové zatížení řidiče při řízení nákladního vozidla a odvozní soupravy, pak je o 22,5 % náročnější ovládání odvozní soupravy. Tato srovnání vychází z hodnot zjištěných při dlouhodobém sledování stresové zátěže.

Jak již bylo zmíněno výše, při průjezdech po lesních cestách je nárůst svalového zatížení řidiče obdobný v náročnosti osobní vozidlo – nákladní vozidlo + 21,4 % a osobní vozidlo – odvozní souprava + 41,0 %, resp. nákladní vozidlo - odvozní souprava + 16,1 %.

Při průjezdech po silnicích nižších tříd svalové zatížení řidiče odvozní soupravy výrazně stoupá v kaskádě osobní vozidlo – nákladní vozidlo + 4,7 % a osobní vozidlo – odvozní souprava + 59,7 %, resp. nákladní vozidlo - odvozní souprava + 52,5 % s odkazem na vlivy historické zástavby obcí a komunikací tvořící hranice mezi zemědělskými pozemky.

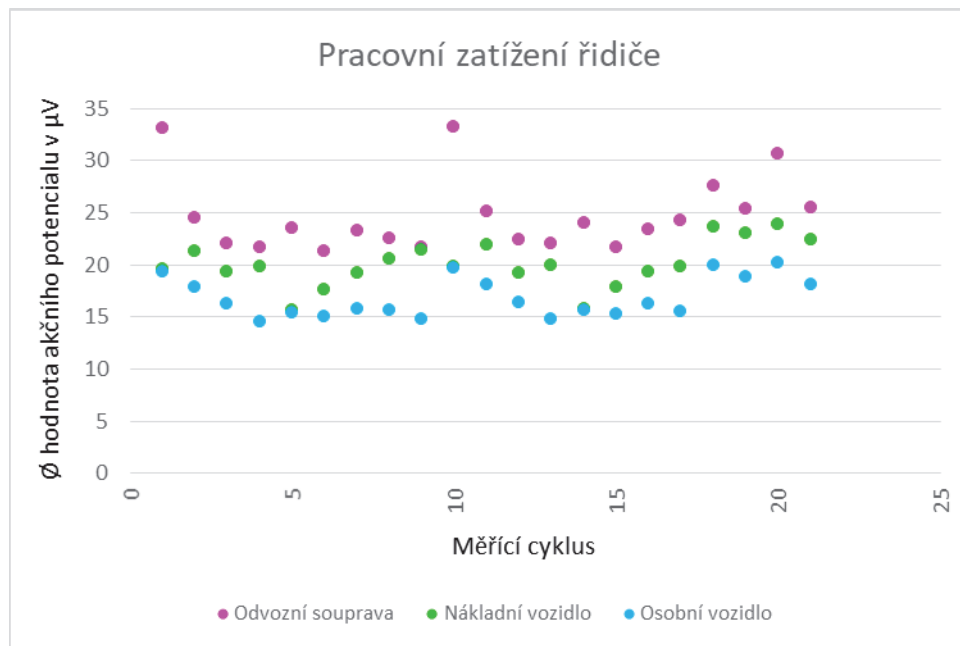
Hodnotíme-li stresové zatížení při využití silnic I. tříd je patrné, že je výrazně nižší než při jízdě na lesních cestách nebo po silnicích nižších tříd. Při jízdě po silnicích dálničního typu, lze z výše realizovatelného experimentu předpokládat, že by namáhavost všech tří typů použitých vozidel byla s velkou pravděpodobností nižší než v podmínkách prováděného experimentu. Rozdílnosti zatížení mezi jednotlivými typy vozidel v prostředí dálnic lze však těžko kvantitativně odhadovat a může tak být námětem pro další práci.

Tabulka č. 25: Diferencované relativní porovnání svalové zátěže při řízení pracovního vozidla podle typu komunikace

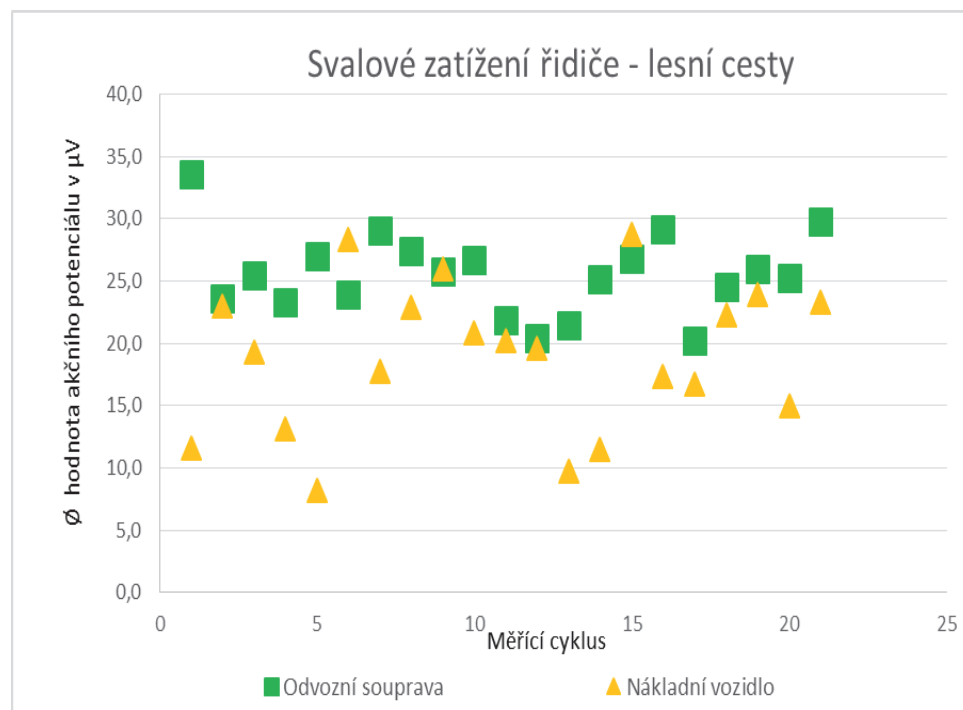
	Ø		Ø po L1 a L2		Ø po II. a III. třída		Ø po I. třída	
Odvozní souprava	146,5%	122,5%	141,0%	116,1%	171,4%	152,5%	122,0%	125,4%
Nákladní vozidlo	119,6%		121,4%		112,4%		97,3%	
Osobní vozidlo	100,0%		100,1%		107,3%		81,9%	

Tabulka č. 25 zobrazuje relativní porovnání změřené průměrné stresové zátěže řidiče podle typu pracovních vozidel a podle charakteru realizované trasy v procentních bodech. Levá část tabulky porovnává změny svalového zatížení pouze s ohledem na typ použitého vozidla. Střední a pravá část tabulky zohledňuje ve srovnání trasy realizované po lesních cestách po silnicích nižších a vyšších tříd.

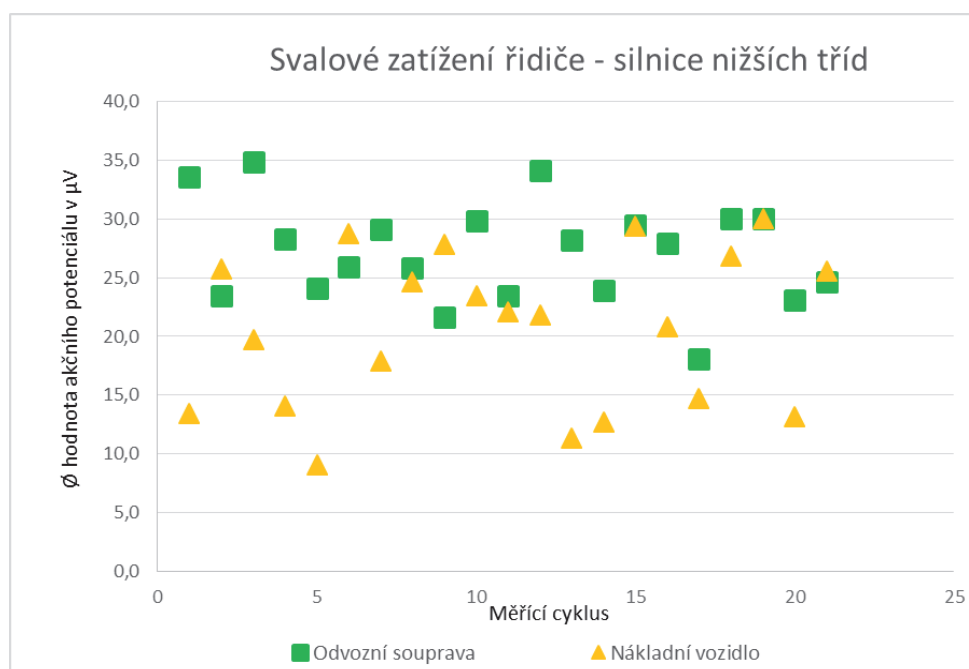
Data zobrazená v tabulce č. 23 jsou v grafické podobě na obrázku č. 119. Obrázky č. 120 až č. 122 zobrazují v grafických podobách srovnání svalového zatížení řidiče odvozní soupravy a nákladního vozidla na sledovaných typech komunikací.



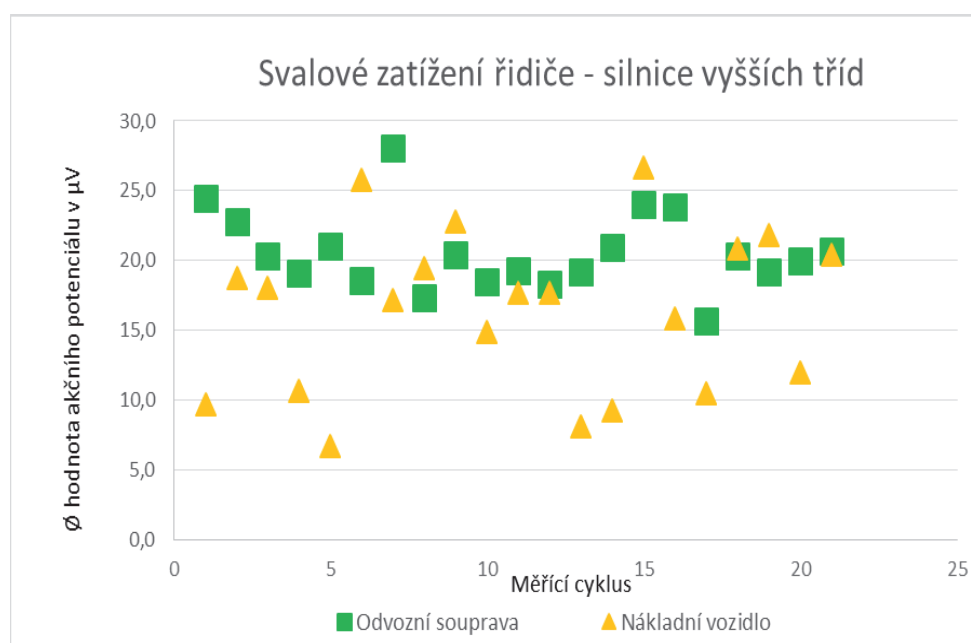
Obrázek č. 119: Porovnání průběhu změny svalového zatížení vyjádřená v µV akčního potenciálu ve sledu pracovních tras při řízení odvozní soupravy, nákladního vozidla a osobního vozidla



Obrázek č. 120: Průběh změny svalového zatížení vyjádřená v µV akčního potenciálu při řízení odvozní soupravy a nákladního vozidla na lesních cestách

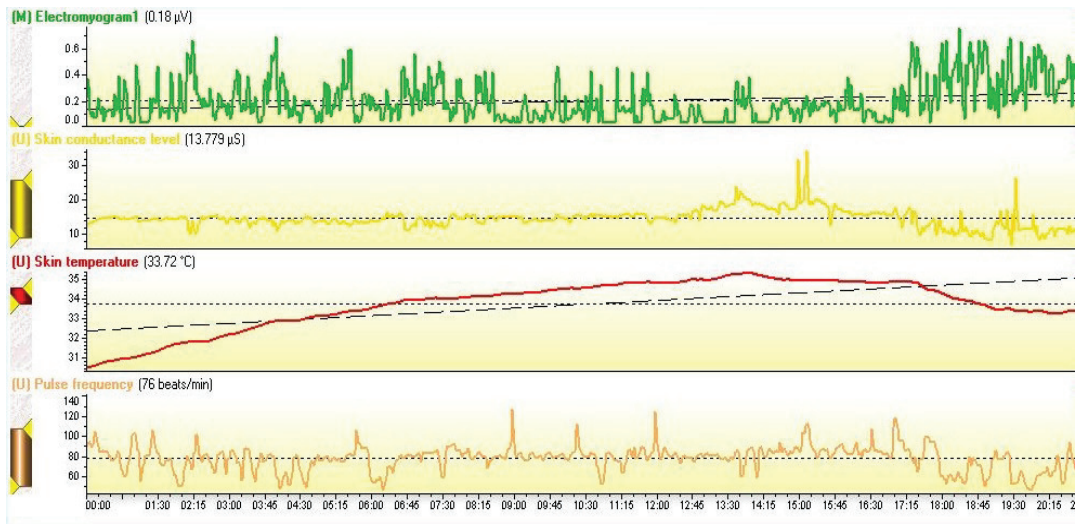


Obrázek č. 121: Průběh změny svalového zatížení vyjádřená v μV akčního potenciálu při řízení odvozní soupravy a nákladního vozidla na silnicích nižších tříd

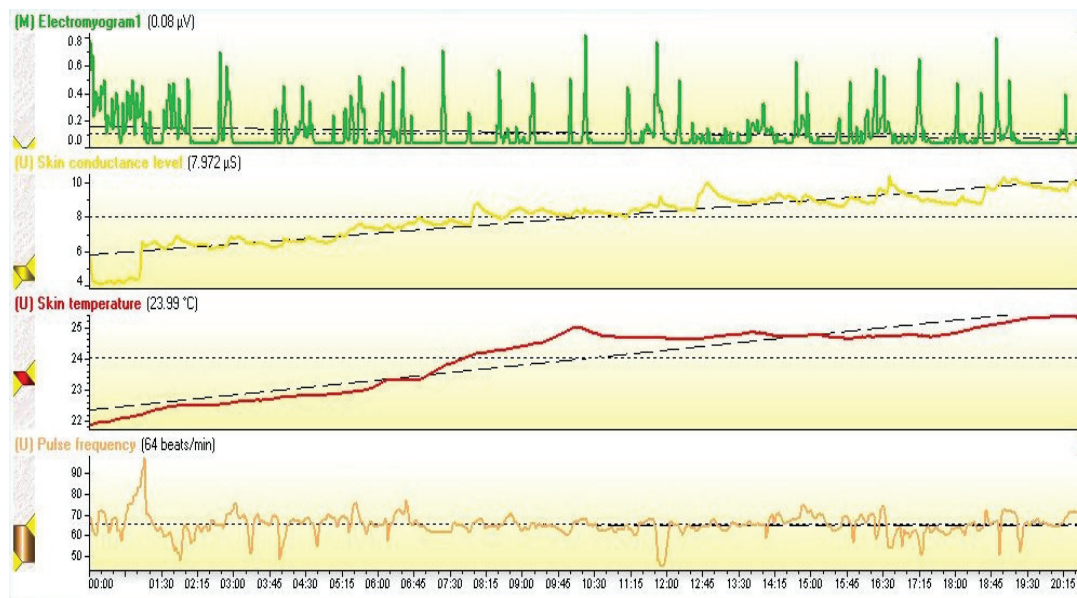


Obrázek č. 122: Průběh změny svalového zatížení vyjádřená v μV akčního potenciálu při řízení odvozní soupravy a nákladního vozidla na silnicích vyšších tříd

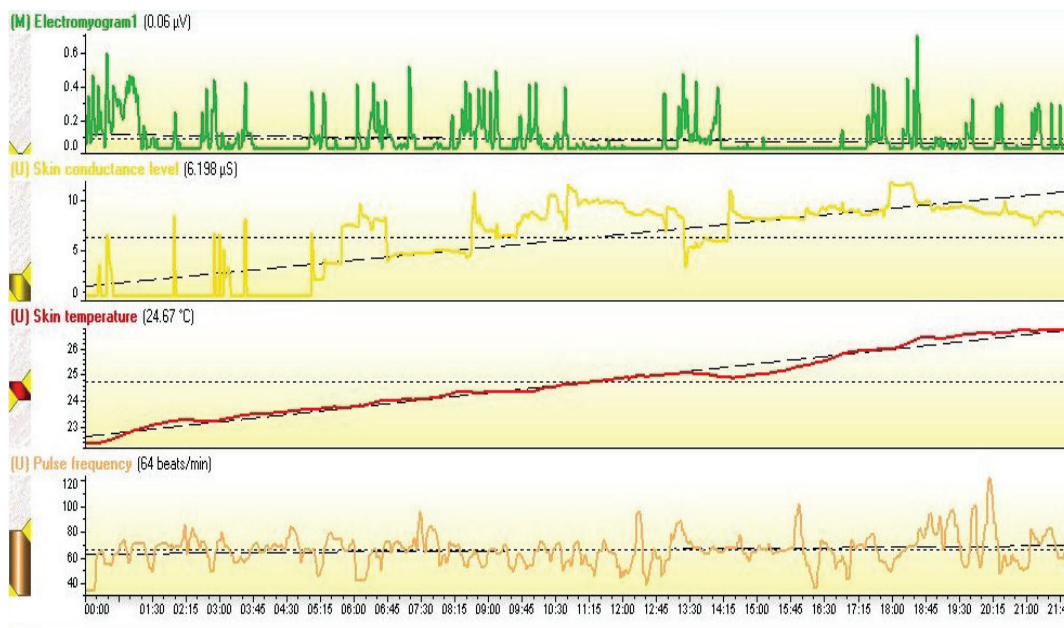
Okamžitě zaznamenané stresové zatížení řidiče při průjezdu trasy ukazují následující obrázky č. 123 až č. 125. Patrné jsou rozdíly zejména ve svalovém zatížení (zelená křivka) a v hodnotách krevního tepu vlivem aktivace adrenergických α_1 a β_1 receptorů (hnědá křivka), dále kolísavý nárůst vodivosti kůže (žlutá křivka), změny hodnot teploty na periférii těla vlivem reflexní vasokonstrikce (červená křivka) ve stresových situacích.



Obrázek č. 123: Průběh stresového zatížení řidiče odvozní soupravy



Obrázek č. 124: Průběh stresového zatížení řidiče nákladního vozidla

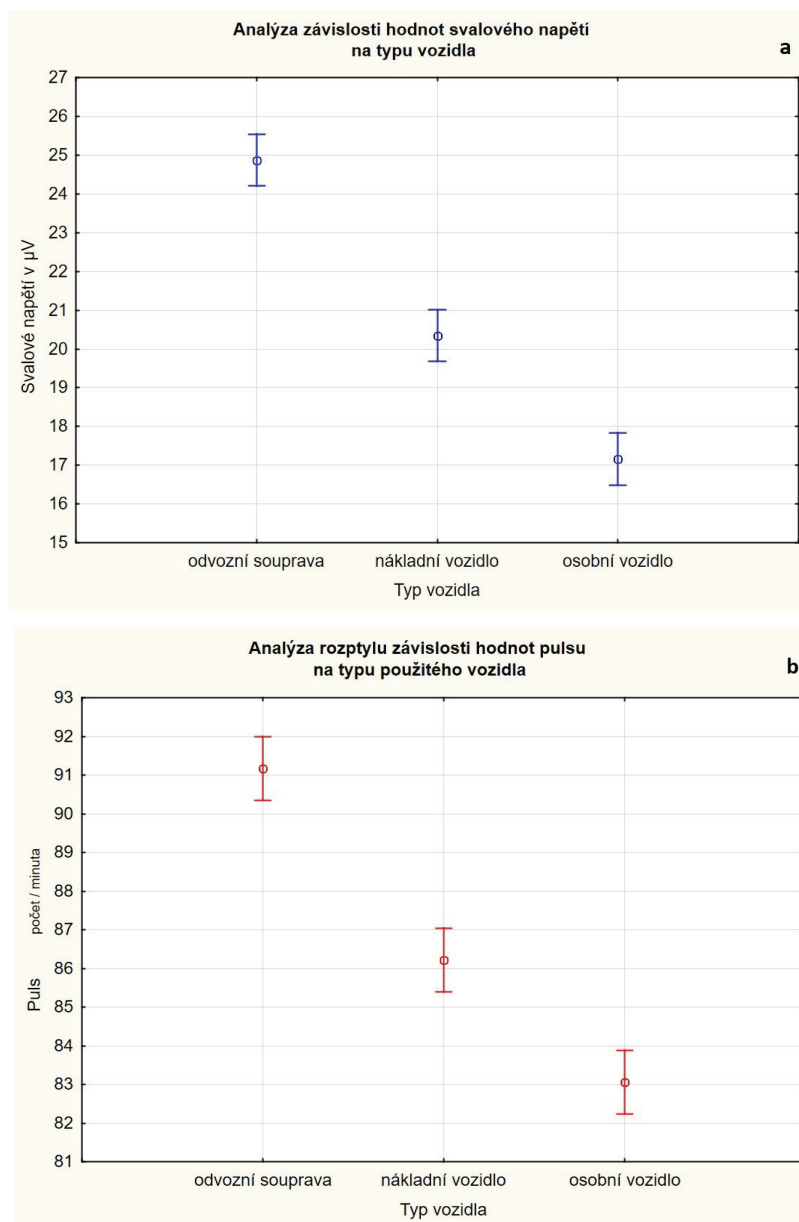


Obrázek č. 125: Průběh stresového zatížení řidiče osobního vozidla

5.3 Analýza rozptylu

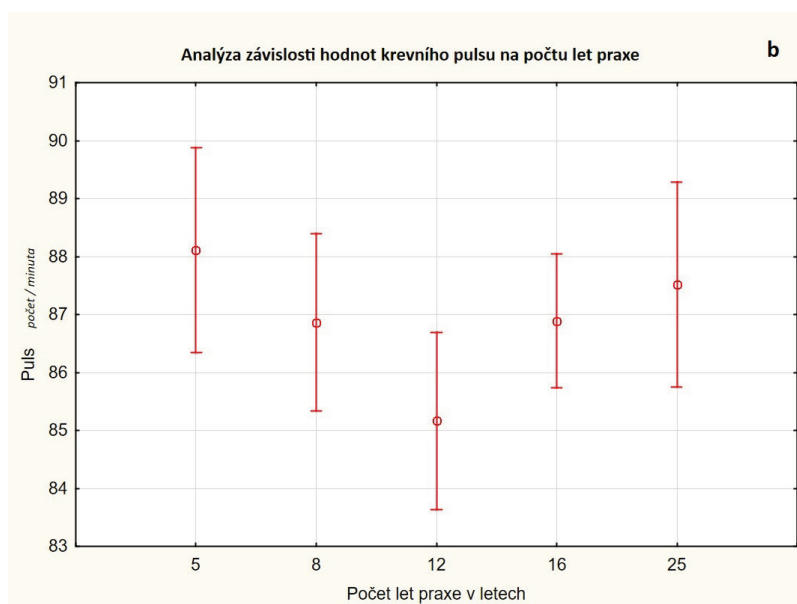
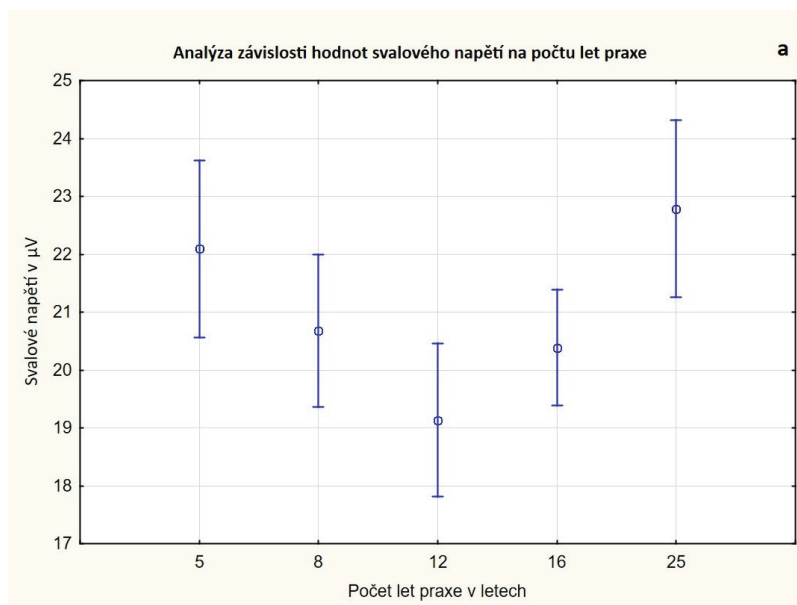
5.3.1 Analýza rozptylu – typ vozidla

Analýza rozptylu (ANOVA) závislosti hodnot svalové zátěže na typu použitého vozidla (obrázek č. 126a) odhaluje znatelné rozdíly ve svalové zátěži potřebné pro provoz jednotlivých typů vozidel. Při použití odvozní soupravy se svalová zátěž pohybuje mezi 24,2 μV a 25,6 μV , u nákladních automobilů mezi 19,6 μV a 21,0 μV a pro referenční měření v osobním automobilu mezi 17,5 μV a 18,8 μV . Analýzou rozptylu závislosti srdečních frekvencí na typu použitého vozidla (obrázek č. 126b) jsou zjištěny podobné výsledky. U řidiče se při řízení odvozní soupravy počet tepů za minutu pohybuje mezi 90,3 a 92,0, při řízení nákladních vozidel v rozmezí 85,4 až 87,0 a při řízení osobních automobilů v rozmezí 82,3 až 84,9. Analýza výsledků ukazuje, že svalová zátěž je vysoká při řízení odvozní soupravy. Vliv typu vozidla na svalovou zátěž a srdeční frekvenci (tabulka č. 27) je statisticky významný (p-hodnota 0,00).



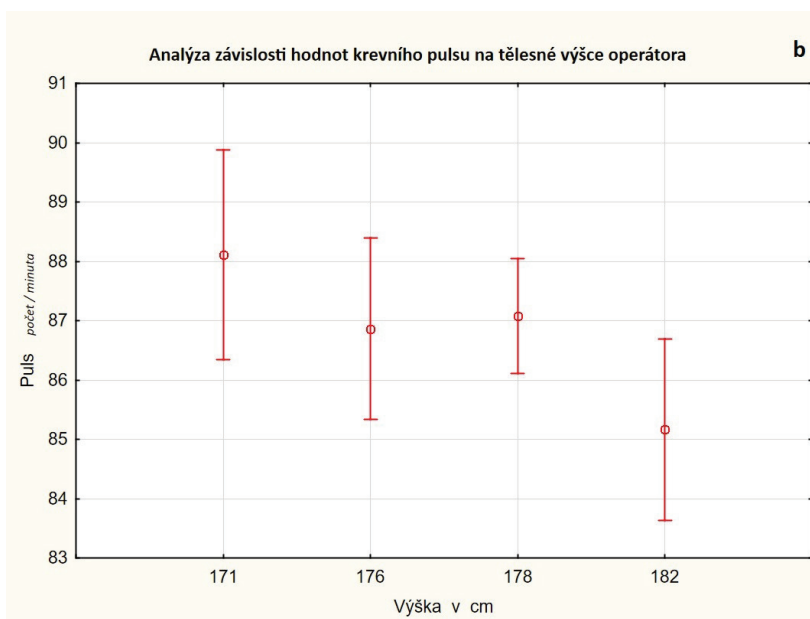
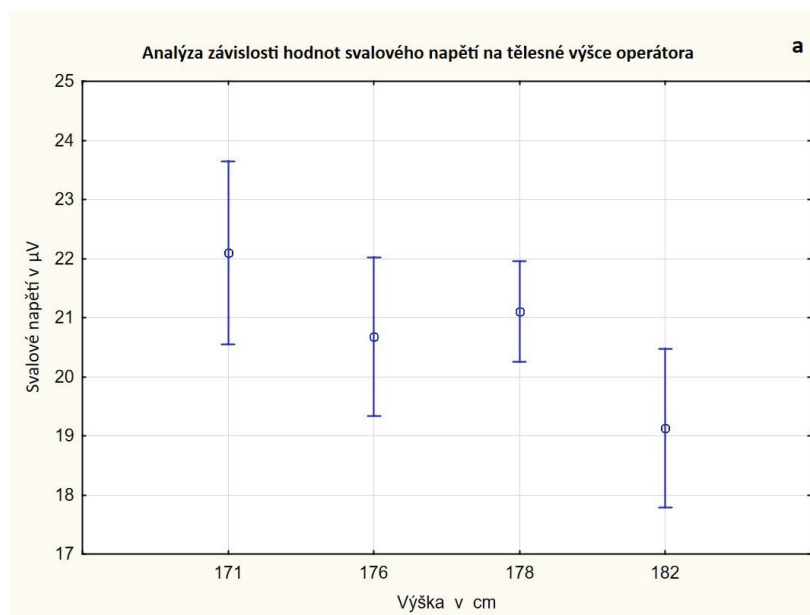
Obrázek č. 126: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a krevního pulsu (b) na typu použitého vozidla

Analýza rozptylu svalové zátěže na základě počtu let praxe (obrázek č. 127a) ukazuje zřetelné rozdíly v zatížení, přičemž svalové napětí klesá v pořadí 5, 8 a 12 let a poté pomalu roste s počtem let a s věkem (tabulka č. 26, tabulka č. 27). Podobně je ovlivněna také srdeční frekvence délkou pracovní praxe řidičů a následně fyzickým věkem (obrázek č. 127b). Vliv délky praxe na srdeční frekvenci nebyl významný.



Obrázek č. 127: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a krevního pulsu (b) na počtu let praxe

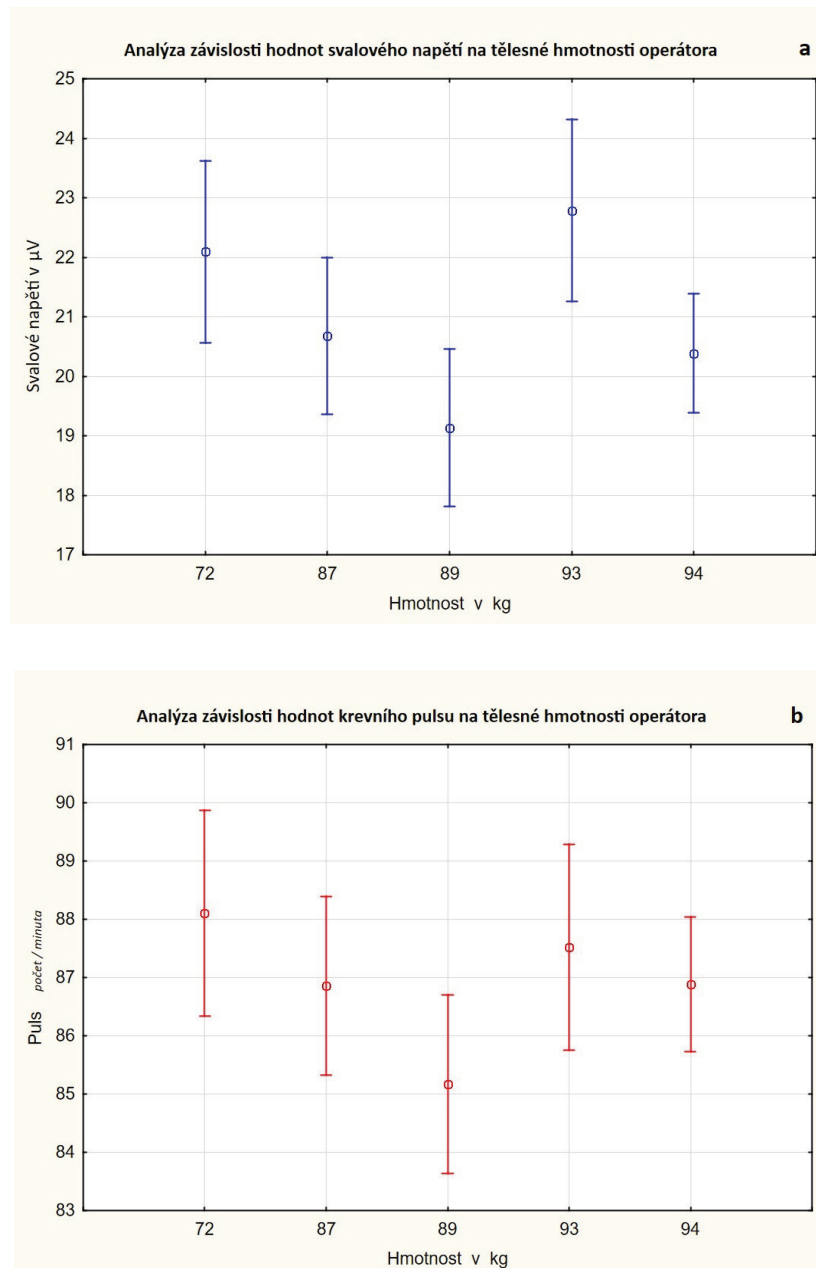
Hodnocení závislosti svalové zátěže na výšce řidičů (obrázek č. 128a) ukazuje významný rozdíl ve svalovém napětí na základě výšky řidičů (tabulka č. 26), i když výška řidičů je v relativně malém rozmezí 11 cm. Nejvyšší rozptyl svalové zátěže a krevního pulsu je zaznamenán u řidiče s nejnižší výškou 171 cm. Zvýšená svalová zátěž je pravděpodobně důsledkem antropometrických rozměrů daného řidiče v konfrontaci s ergonomickým uspořádáním ovládacích prvků vozidla. Obdobné výsledky jsou zjištěny při hodnocení závislosti srdeční frekvence na výšce řidičů (obrázek č. 128b), i když rozdíly nebyly významné (tabulka č. 26).



Obrázek č. 128: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a krevního pulsu (b) na výšce řidiče

Analýza rozptylu naměřených hodnot mezi svalovou zátěží a hmotností řidičů (obrázek č. 129a) ukazuje významný rozdíl ve svalovém napětí ve vztahu k různým hmotnostem (tabulka č. 26), zejména mezi hmotnostmi 89 a 93 kg (tabulka č. 27). Na rozdíl od tělesné výšky je váhové rozpětí sledovaných řidičů poměrně široké – 22 kg. Analýza rozptylu závislosti srdečních frekvencí na hmotnosti řidičů (obrázek č. 129b) přináší podobné rozložení výsledků, i když rozdíly nejsou významné. Nejvyšší rozptyl svalové zátěže a tepové frekvence je zjištěn u řidiče s nejnižší hmotností 72 kg. Podobně jeho

střední tepová frekvence není nejvyšší a jeho svalové zatížení je druhé nejvyšší. Naměřené hodnoty odpovídají konfrontaci ergonomie pracoviště s hmotností řidiče. Vyšší hmotnost jednotlivých částí těla pravděpodobně sníží vynaloženou energii při interakci s ovládacím prvky vozidla. Otázkou je, zda má řidič objektivně nastavené sedadlo, přesto že subjektivně vnímá dosah na ovládací prvky jako optimální.



Obrázek č. 129: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a krevního pulsu (b) na hmotnosti řidiče

Tabulka č. 26: Analýza rozptylu hodnot závislosti svalové zátěže a tepové frekvence na typu používaného vozidla, na počtu let praxe, na tělesné výšce a na tělesné hmotnosti

	Efekt	SC	Stupeň volnosti	PC	F hodnota	p - hodnota
Typ vozidla	EMG					
	Absolutní člen	81692,88	1	81692,88	11320,67	0,00
	Typ vozidla	1891,67	2	945,83	131,07	0,00
	Chyba	1342,22	186	7,22		
	STRDEČNÍ FREKVENCE					
	Absolutní člen	1424631	1	1424631	130166,3	0,00
	Typ vozidla	2106	2	1053	96,2	0,00
	Chyba	2036	186	11		
Počet let praxe	EMG					
	Absolutní člen	75885,56	1	75885,56	4699,469	0,000000
	Počet let praxe	262,72	4	65,68	4,067	0,003489
	Chyba	2971,17	184	16,15		
	STRDEČNÍ FREKVENCE					
	Absolutní člen	1297780	1	1297780	59923,58	0,000000
	Počet let praxe	157	4	39	1,81	0,128359
	Chyba	3985	184	22		
Tělesná výška	EMG					
	Absolutní člen	66450,07	1	66450,07	3991,386	0,000000
	Tělesná výška	153,94	3	51,31	3,082	0,028668
	Chyba	3079,95	185	16,65		
	STRDEČNÍ FREKVENCE					
	Absolutní člen	1162537	1	1162537	53869,32	0,000000
	Tělesná výška	149	3	50	2,31	0,077957
	Chyba	3992	185	22		
Tělesná hmotnost	EMG					
	Absolutní člen	75885,56	1	75885,56	4699,469	0,000000
	Tělesná hmotnost	262,72	4	65,68	4,067	0,003489
	Chyba	2971,17	184	16,15		
	STRDEČNÍ FREKVENCE					
	Absolutní člen	1297780	1	1297780	59923,58	0,000000
	Tělesná hmotnost	157	4	39	1,81	0,128359
	Chyba	3985	184	22		

Tabulka č. 27: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot závislosti hodnot svalové zátěže na počtu let praxe, výšce řidiče a tělesné hmotnosti řidiče

Scheffeho test; EMG proměnná
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy
Chyba: střední. SS = 16,148, AS = 184,00

	Buňka č.	Počet let praxe	(1) 22,093	(2) 22,786	(3) 19,135	(4) 20,387	(5) 22786
Počet let praxe	1	5		0,752270	0,083796	0,494183	0,982218
	2	8	0,752270		0,617219	0,998218	0,377677
	3	12	0,083796	0,617219		0,694788	0,014723
	4	16	0,494183	0,998218	0,694788		0,155487
	5	25	0,982218	0,377677	0,014723	0,155487	
	Buňka č.	Tělesná výška	(1) 22,093	(2) 20,697	(3) 21,106	(4) 19,135	
Tělesná výška	1	171		0,604528	0,749869	0,046871	
	2	176	0,604528		0,963251	0,463084	
	3	178	0,749869	0,963251		0,115252	
	4	182	0,046871	0,463084	0,115252		
	Buňka č.	Tělesná hmotnost	(1) 22,093	(2) 20,697	(3) 19,135	(4) 22,786	(5) 20,387
Tělesná hmotnost	1	72		0,752270	0,083796	0,982218	0,494183
	2	87	0,752270		0,617219	0,377677	0,998218
	3	89	0,083796	0,617219		0,014723	0,694788
	4	93	0,982218	0,377677	0,014723		0,155487
	5	94	0,494183	0,998218	0,694788	0,155487	

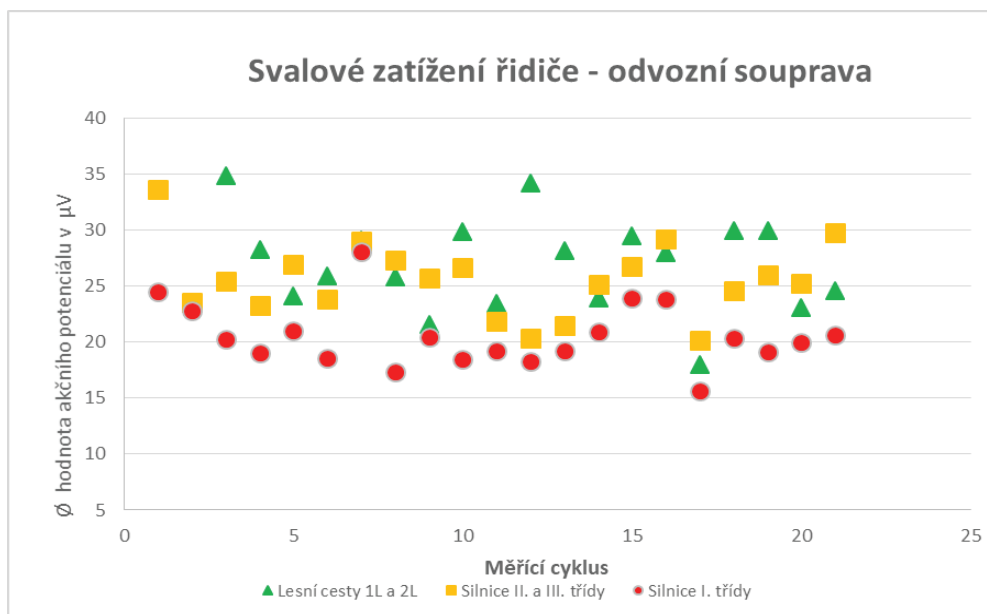
5.3.2 Analýza rozptylu – typ komunikace

Hodnoty svalové zátěže naměřené při jízdě vozidel po pracovních trasách ukazují výrazný rozdíl v obtížnosti řízení (svalová zátěž a srdeční frekvence) s ohledem na typ použité komunikace. Zřejmě je vyšší svalová námaha spojená s řízením konkrétního vozidla na silnicích nižších tříd ve srovnání s jízdou po lesních cestách a silnicích vyšších tříd (tabulka č 25).

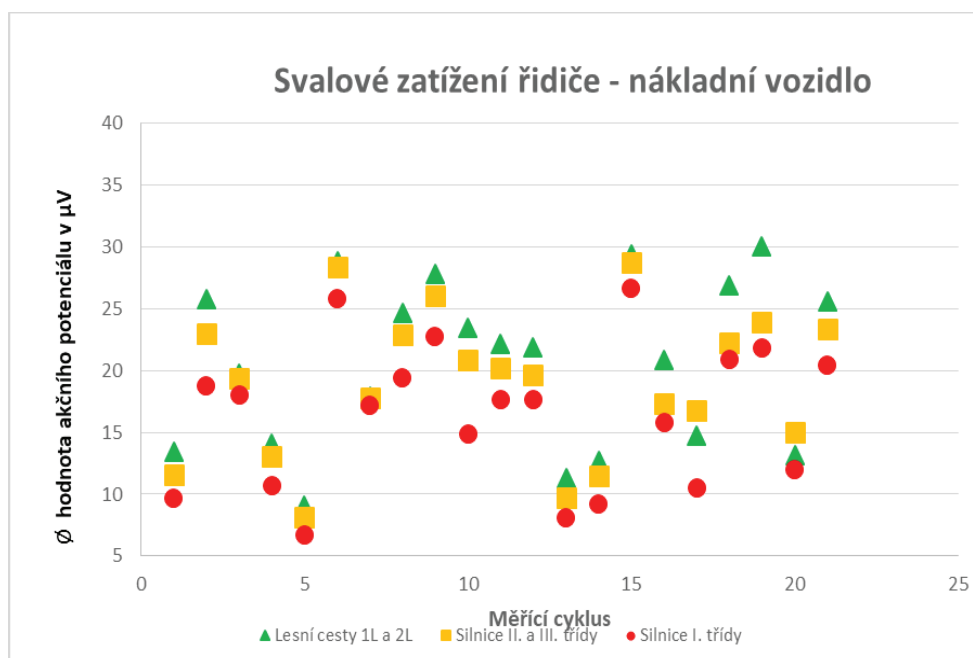
Svalová zátěž je nejnižší u všech typů vozidel při jízdě vozidla po silnicích vyšších tříd. Na obrázcích č. 130 a č. 131 je grafické srovnání rozdílů ve svalové zátěži řidičů na vybraných typech komunikací s použitím sledovaných vozidel. Výrazně vyšší hodnoty svalové námahy jsou naměřeny při jízdě vozidel po silnicích nižších tříd, zejména při jízdě nákladním automobilem na dřevo a odvozní soupravou (tabulka č. 28).

Tabulka č. 28: Analýza rozptylu hodnot závislosti svalové zátěže a hodnot tepové frekvence na typu pozemní komunikace a na typu použitého vozidla

Typ použitého vozidla	Efekt	SC	Počet stupňů volnosti	PC	F hodnota	p - hodnota
Odvozní souprava	EMG					
	Absolutní člen	38652,05	1	38652,05	972,7316	0,000000
	Typ použité komunikace	843,72	2	421,86	10,6167	0,000115
	Chyba	2344,40	59	39,74		
	SRDEČNÍ FREKVENCE					
	Absolutní člen	523706,9	1	523706,9	22487,42	0,000000
	Typ použité komunikace	77,7	2	38,9	1,67	0,197033
	Chyba	1397,3	60	23,3		
	Nákladní vozidlo	EMG				
Absolutní člen		26194,25	1	26194,25	750,6604	0,000000
Typ použité komunikace		467,65	2	233,82	6,7008	0,002385
Chyba		2058,80	59	34,89		
SRDEČNÍ FREKVENCE						
Absolutní člen		468186,7	1	468186,7	77579,59	0,000000
Typ použité komunikace		28,2	2	14,1	2,34	0,105231
Chyba		362,1	60	6,0		
Osobní vozidlo		EMG				
	Absolutní člen	19326,65	1	19326,65	339,5110	0,000000
	Typ použité komunikace	610,24	2	305,12	5,3600	0,007263
	Chyba	3358,57	59	56,92		
	SRDEČNÍ FREKVENCE					
	Absolutní člen	434671,3	1	434671,3	87378,08	0,000000
	Typ použité komunikace	15,3	2	7,6	1,53	0,223843
	Chyba	298,5	60	5,0		



Obrázek č. 130: Porovnání průběhu změn svalové zátěže vyjádřené v μV elektrického potenciálu na sledovaných typech komunikací při jízdě odvozní soupravy



Obrázek č. 131: Porovnání průběhu změn svalové zátěže vyjádřené v μV elektrického potenciálu na sledovaných typech komunikací při jízdě nákladním vozidlem

Porovnání hodnot svalového zatížení na sledovaných typech komunikací ukazuje v několika denních cyklech měření na obrázcích č. 130 a č. 131).

Analýza rozptylu (ANOVA) hodnot svalové zátěže kategorizovaných podle typu komunikace při jízdě s odvozní soupravou (obrázek č. 132a) odhaluje znatelné rozdíly ve svalové zátěži potřebné pro provoz na sledovaných typech komunikací. Na lesních cestách se jeho hodnoty pohybují mezi 24,0 μV a 29,8 μV , na silnicích nižších tříd mezi 24,7 μV a 31,1 μV a na silnicích vyšších tříd mezi 16,9 μV a 22,8 μV . Tepová frekvence se také liší v závislosti na typu komunikace při jízdě s odvozní soupravou. Na obrázku č. 132b jsou patrné rozdíly v zatížení svalů – na lesních cestách se pohybovalo mezi 89,6 a 93,9 bpm, na silnicích nižších tříd mezi 90,0 a 94,3 bpm a na silnicích vyšších tříd mezi 87,5 a 91,8 bpm. Analýza ukazuje, že typ komunikace významně ovlivňuje zatížení svalů řidičů při řízení odvozní soupravy (tabulky č. 28, č. 29 a č. 30).

Tabulka č. 29: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot svalové zátěže v závislosti na typu komunikace při jízdě odvozní soupravy

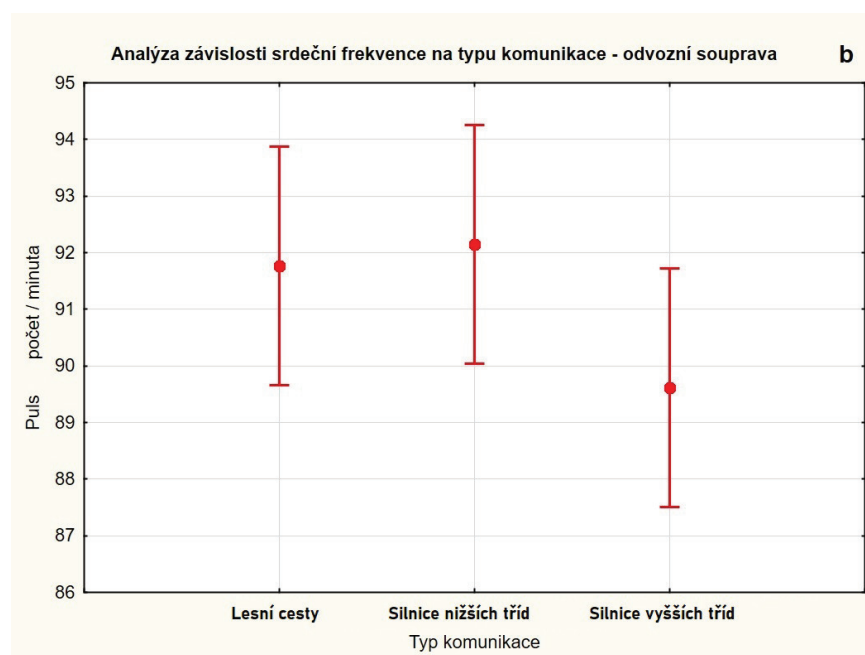
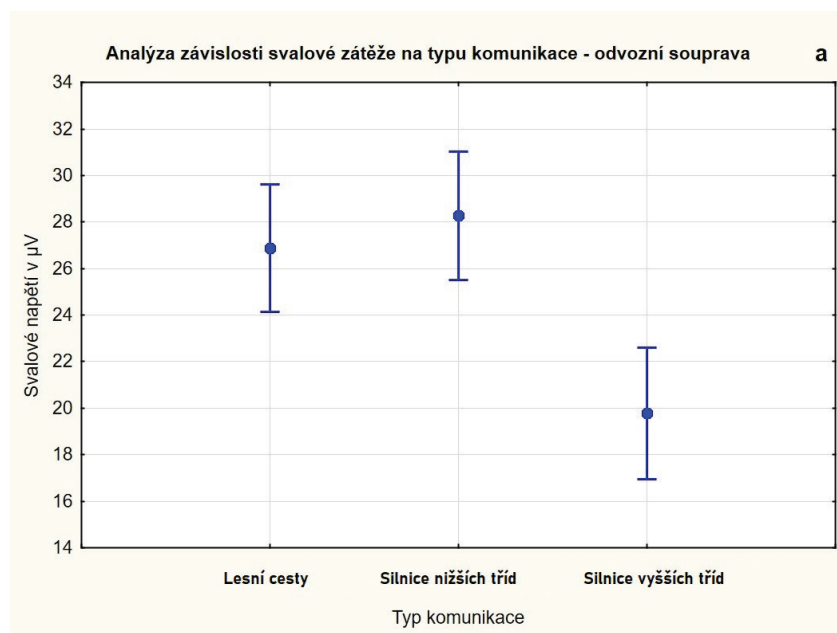
Scheffeho test; EMG proměnná
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy
Chyba: střední. SS = 34,895, AS = 59,000

Buňka č.	Typ použité komunikace	(1) 26,877	(2) 28,270	(3) 19,778
1	Lesní cesty		0,774711	0,002820
2	Silnice nižších tříd	0,774711		0,000309
3	Silnice vyšších tříd	0,002820	0,000309	

Tabulka č. 30: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot srdečního tepu v závislosti na typu komunikace při řízení odvozní soupravy

Scheffeho test; Pulzní proměnná
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy
Chyba: střední. SS = 23,289, AS = 60,00

Buňka č.	Typ použité komunikace	(1) 91,762	(2) 92,143	(3) 89,619
1	Lesní cesty		0,967831	0,361434
2	Silnice nižších tříd	0,967831		0,245958
3	Silnice vyšších tříd	0,361434	0,245958	



Obrázek č. 132: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a tepové frekvence (b) na typu použité komunikace při jízdě odvozní soupravou

ANOVA zatížení svalů kategorizované podle typu komunikace při jízdě nákladním automobilem jsou podobné (obrázek č. 133a). Svalová zátěž při jízdě po lesních cestách se pohybuje mezi 21,0 μV a 26,1 μV . Na silnicích nižších tříd jsou hodnoty mezi 18,3 μV a 23,8 μV , zatímco na silnicích vyšších tříd jsou hodnoty mezi 14,2 μV a 19,7 μV . Tepová frekvence je nejvyšší při jízdě po lesních cestách, mezi 85,4 a 87,5 bpm, na silnicích nižších

tříd mezi 85,7 a 88,0 bpm, na silnicích vyšších tříd mezi 84,2 a 86,4 bpm (obrázek č. 133b). Analýza ukazuje, že vliv typu komunikace na svalovou zátěž a srdeční frekvenci je statisticky významný (tabulky č. 28, č. 31 a č. 32).

Tabulka č. 31: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot svalové zátěže v závislosti na typu komunikace při řízení nákladního vozidla

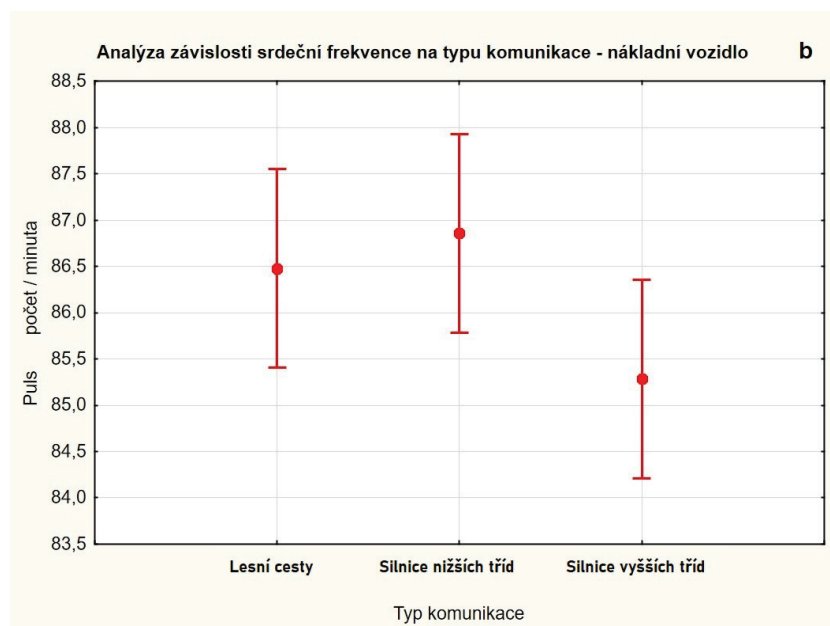
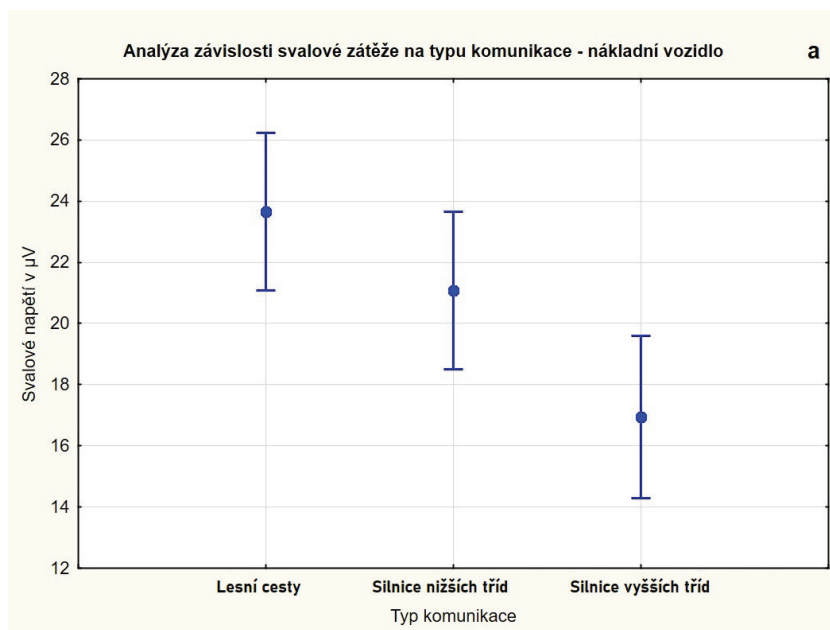
Scheffeho test; EMG proměnná
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy
Chyba: střední. SS = 56,925, AS = 59,00

Buňka č.	Typ použité komunikace	(1) 23,650	(2) 21,086	(3) 16,944
1	Lesní cesty		0,378067	0,002587
2	Silnice nižších tříd	0,378067		0,089193
3	Silnice vyšších tříd	0,002587	0,089193	

Tabulka č. 32: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot tepové frekvence v závislosti na typu komunikace při řízení nákladního vozidla

Scheffeho test; Pulzní proměnná
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy
Chyba: střední. SS = 6,0349, AS = 60 000

Buňka č.	Typ použité komunikace	(1) 86,476	(2) 86,857	(3) 85,286
1	Lesní cesty		0,881629	0,298722
2	Silnice nižších tříd	0,881629		0,125584
3	Silnice vyšších tříd	0,298722	0,125584	



Obrázek č. 133: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a tepové frekvence (b) na typu použité komunikace při jízdě s nákladním vozidlem

Svalové napětí a srdeční frekvence jsou nejmenší při řízení referenčního vozidla. ANOVA (obrázek č. 134a) ukazuje, že na lesních cestách dosahuje aktivace svalů hodnot akčního potenciálu mezi 18,0 μV a 25,0 μV , na silnicích nižších tříd mezi 14,2 μV a 21,2 μV a na silnicích vyšších tříd mezi 10,1 μV a 17,1 μV . Tepová frekvence se také liší podle typu komunikace (obrázek č. 134b) - na lesních cestách se pohybuje mezi 82,3 a 84,3 bpm, na silnicích nižších tříd mezi 82,5 a 84,5 bpm a na silnicích vyšších tříd mezi 81,4

a 83,4 bpm. Analýza ukazuje, že typ komunikace významně ovlivnil aktivaci svalů řidičů a srdeční frekvenci (tabulky č. 28, č. 33 a č. 34).

Tabulka č. 33: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot svalové zátěže v závislosti na typu komunikace při řízení osobního automobilu

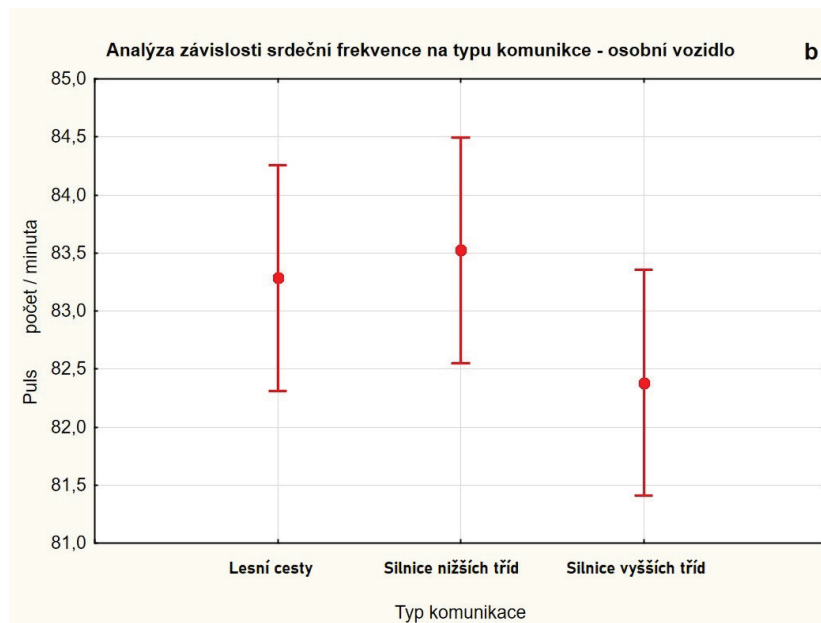
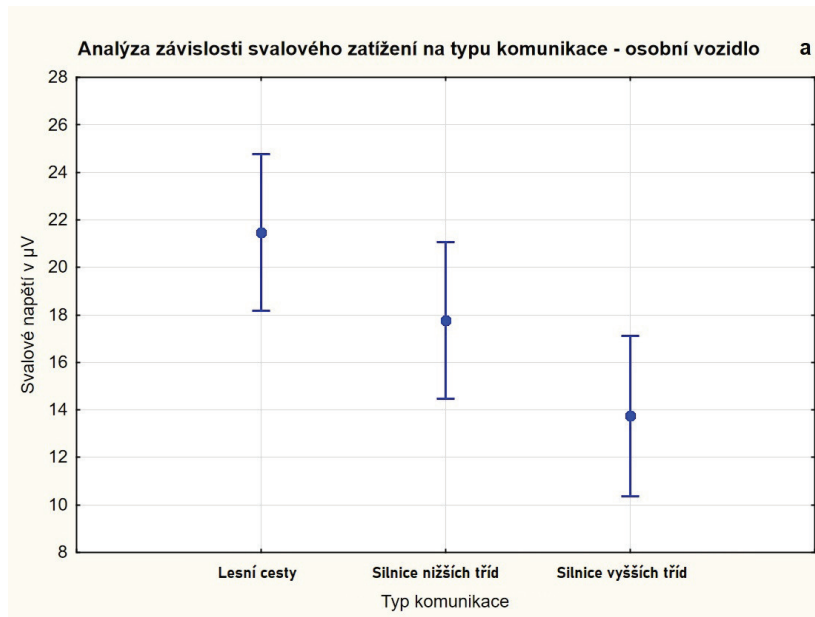
Scheffeho test; EMG proměnná
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy
Chyba: střední. SS = 39,736, AS = 59,000

Buňka č.	Typ použité komunikace	(1) 21,464	(2) 17,770	(3) 13,747
1	Lesní cesty		0,291452	0,007266
2	Silnice nižších tříd	0,291452		0,241362
3	Silnice vyšších tříd	0,007266	0,241362	

Tabulka č. 34: Post hoc test pro analýzu rozptylu hodnot srdeční frekvence v závislosti na typu komunikace při řízení osobního automobilu

Scheffeho test; Pulzní proměnná
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy
Chyba: střední. SS = 4,9746, AS = 60 000

Buňka č.	Typ použité komunikace	(1) 83,286	(2) 83,524	(3) 82,381
1	Lesní cesty		0,941983	0,426686
2	Silnice nižších tříd	0,941983		0,259837
3	Silnice vyšších tříd	0,426686	0,259837	



Obrázek č. 134: Analýza rozptylu závislosti hodnot svalové zátěže (a) a srdeční frekvence (b) na typu použité komunikace při řízení osobního automobilu

Obrázky č. 132, č. 133 a č. 134 ukazují naměřené hodnoty biosignálů, kdy nejnižší naměřená hodnota je uvedena jako nejnižší bod, nejvyšší bod maximální naměřená hodnota a střed určuje medián.

6 DISKUSE

Několik studií je zaměřeno na metody objektivního sledování aktuální stresové zátěže řidičů vozidel a navrhování jejich možné praktické aplikace (Barfield et Dingus 2014; Vicente et al. 2016). Hodnocení stresové zátěže řidičů prostřednictvím fyziologických parametrů poskytuje hodnotný přístup (Berntson 1991). Studie se například zaměřují na sledování elektromyografické aktivity zádových svalů řidiče při sezení na sedadle bez bederní opěrky, což je rizikový faktor pro bolesti v kříži (Makhsous, 2006). Na druhou stranu výzkumy ukazují, že jediný parametr, např. srdeční frekvence, je pro sledování závislosti fyziologických změn v organismu nedostatečná.

Odborné publikace uvádějí několik účinných metod sledování vzorců chování a duševních stavů řidičů. Tyto přístupy lze shrnout jako kontaktní měření extrahovaná z fyziologických signálů (Jennifer et Picard 2005; Lee et Chung 2012; Gang et Chung 2013; Garcés et al. 2014; Chen et al. 2015; Zheng et al. 2015; Fu et al. 2016; Vicente et al. 2016; Chen et al. 2017). Obliba moderních metod využívajících analýzy fyziologických signálů stoupá, což lze vysvětlit jejich vysokou přesností, s jakou zjišťují status účastníka. Popularitu těchto metod zvyšuje vývoj přístrojového vybavení a softwarových aplikací, což umožňuje výzkumníkům posunout laboratorní výzkum do terénu díky zlepšenému potlačení šumu signálu a zohlednění interpersonální variability účastníků. Podle Vicente et al. (2016) nebo Zhenga et al. (2015), analýzy dat získaných měřeními fyziologických (bio)signálů, které detekují změny stavu řidiče, lze uplatnit i ve výzkumu zaměřeném na stresovou zátěž řidičů. Všechny tyto výsledky lze využít k vytvoření vhodných regulačních rámců pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci.

V tomto výzkumu byla data shromážděna z povrchových elektrod připojených k předloktí. Jejich aplikace je teoreticky ověřena, metoda má několik výhod (Basmajian a De Luca 1985) a je často implementována v praxi (Westgaard 1988; Grieco et al. 1989; Sundelin a Hagberg 1992). Příprava pokožky a správné umístění elektrod jsou zásadně důležité pro dosažení přesných hodnot biosignálu. Na druhou stranu nevýhodou použití povrchových elektrod je skutečnost, že jejich poloha se může měnit v důsledku fyzického pohybu kůže přes pracující sval. V našem výzkumu jsem použil povrchově aplikované elektrody, řidiči během experimentu zachovávali horizontální polohu předloktí a pro eliminaci posunu elektrod byly tyto fixovány dostatečně silným zdravotně nezávadným adhezivem, proto nepřesnosti vyplývající z pohybu kůže a svalů byly relativně

malé a jejich vliv na platnost studie byl výběrem typu elektrody a způsobem fixace minimalizovaný.

Náš výzkum rozšiřuje studie, které využívají měření bioindikátorů k pozorování zatížení operátorů lesních harvesterů (Macků, 2011; Jankovský, 2013; Jankovský, 2018; Škvor, 2018) a operátorů při vyklizování dříví (Škvor, 2020) o měření stresového zatížení řidičů při odvozu dříví. Podobné studie existují pro dálkovou kamionovou přepravu zboží (dlouhé a časově náročné cesty, většinou po dálnicích (Hege, 2019) nebo pro přepravu zboží menšími dodávkami (krátké trasy, většinou v městských oblastech) (Romeo, 2018). Studie sledující stresové zatížení řidičů vozidel pro odvoz dříví, kteří se svými vozidly pohybují jak po lesních cestách, tak po silnicích různých tříd však zatím nebyla zveřejněna.

Ve výzkumu kvantifikujeme stresové zatížení řidiče odvozní soupravy a srovnáváme je se stresovým zatížením řidičů nákladních a osobních vozidel. Řízení odvozní soupravy zvýší zatížení svalů téměř o polovinu (46,5 %) ve srovnání s řízením osobního automobilu, zatímco řízení nákladních vozidel pro odvoz dříví má za následek zatížení svalů téměř o pětinu vyšší (19,6 %) než při řízení osobního automobilu. Analýza rozptylu ukazuje, že svalová a psychická zátěž řidičů je významně ovlivněna typem vozidla, které řídili. Výsledky ukazují, že řidiči jsou výrazně více těž psychicky zatíženi při řízení odvozní soupravy, než při řízení nákladního vozidla.

Experimentální měření v provozních podmínkách ukazují, že svalové napětí ve vybraných svalových skupinách reaguje na konkrétní podněty a jeho míra se mění v souvislosti se zátěží pohybového aparátu. Odpověď psychického stavu řidiče na vnější podněty je ověřena hodnocením variability srdeční frekvence. V náročnějších podmínkách, jako je jízda po úzkých lesních cestách lemovaných hlubokými příkopy nebo historickými vesnicemi, se řidičům vozidel výrazně zvyšuje tepová frekvence. Psychická a svalová zátěž, zejména u náročnějších úkonů či operací, však zůstává u zkušenějších řidičů nižší. Naše zjištění se shodují s Dvořákem et al. (2008), kteří zjistili zvýšení efektivity pohybů až o 57 %.

Řízení nákladních vozidel je velmi variabilní povolání. Každá pracovní směna představuje jedinečný soubor podmínek, ve kterých řidič plní své úkoly, jako jsou trasy, počasí, dopravní podmínky a místa dodání (Douglas, 2017). Jednou z proměnných, která může ovlivnit fyziologický stav řidiče, jeho pohodu a úroveň stresu, je typ pozemní komunikace, po které jezdí, a její stav. Proto také kvantifikujeme stresové zatížení řidičů podle typu použité pozemní komunikace. Měříme-li svalovou námahu spojenou s řízením odvozních souprav a nákladních vozidel na různých typech komunikací, zjišťujeme,

že řidiči odvozních souprav aktivují svaly výrazně více při jízdě po silnicích nižšího stupně než na jiných typech komunikací. Jízda na úzkých, často klikatých silnicích vyžaduje výrazně častější brzdění a podřazování následované zrychlováním a řazením nahoru, což zvyšuje svalové zatížení (až o 71,4 %).

Pořadí typů komunikací, které vyžadují největší aktivaci svalů je v případě řízení nákladního vozidla klesající od lesních cest (21,4 %) přes silnice nižších tříd (12,4 %) až po silnice vyšších tříd. Při jízdě v případě použití odvozní soupravy, je zatížení výrazně vyšší na silnicích nižších tříd (71,4 %), následují lesní cesty (41,0 %) a s nejmenší námahou je jízda na silnicích vyšších tříd. Průjezd obcemi, kde silnice kopírují původní nezpevněné cesty historicky vybudované pro koňská spřežení a pěší, byl (jak ukázala měření) s odvozní soupravou výrazně obtížnější (o 71,4 %). V zatáčkách obklopených domy v zástavbě projede osobní i nákladní vozidla poměrně snadno. Když stejnými trasami projíždí odvozní souprava, zejména v místech obklopených domy v zástavbě, musí řidiči výrazně zpomalit a udržovat ostražitost a předvídat možnou přítomnost protijedoucího vozidla podobných rozměrů, především při navádění tahače do protisměru, aby poslední náprava návěsu zůstala v hranicích komunikace. Šířka silnice a poloměry zatáček, zejména v zastavěných oblastech, vyžadují častější brzdění a podřazování s následným zrychlováním a řazením na vyšší převodové stupně, čímž se zvyšuje zatížení svalů. Jízda odvozních souprav po takovýchto úsecích silnic je výrazně fyzicky i psychicky náročnější. K podobnému závěru dospěl Abdelkareem (2018) ve své studii hodnotící vliv vibrací na pohodlí řidiče. Velikost stresového zatížení při jízdě po silnicích vyšších tříd je obdobné jako při řízení kamionu v dálkové dopravě (Hege, 2019).

Vzhledem k charakteru své profese, která kombinuje středně těžkou až namáhavou fyzickou práci, přistupují řidiči k úpravám svého denního režimu s maximální obezřetností. Dotazníkové šetření, podle něhož jsme vybírali řidiče, ukazuje (vzor dotazníku - příloha č. 2), že řidiči zapojení do výzkumu subjektivně netrpí poruchami spánku ani nespavostí. Jejich denní režim je stabilní a přirozený s ohledem na cirkadiánní rytmy, tj. řidiči úspěšně přizpůsobují svůj denní režim tělesným požadavkům. Požadavek na dostatečný odpočinek při brzkém nástupu na pracovní směnu, kolem 5. hodiny ránní, je naplněn pravidelným časem usínání kolem 20. hodiny. Nutkání řešit stres pomocí tolerovaných technik, jako jsou legální stimulanty, je minimální. Jejich stravovací či pracovní/odpočinkové návyky (pitný režim, počet přestávek v práci včetně přestávek na jídlo) odpovídají současným standardům pro osoby pracující na 8hodinové směny. Tato zjištění jsou odlišná od výsledků Hegeho (2019), který uvádí, že u řidičů dálkové kamionové dopravy byl zjištěn podstatný rozdíl v délce spánku řidičů v pracovních dnech (6,95 h) ve srovnání s dny

pracovního klidu (8,27 h). Kromě délky spánku řidiči uvádějí mnohem lepší kvalitu spánku ve dnech pracovního klidu ve srovnání s pracovními dny. Konkrétně 38,2 % řidičů uvedlo, že se v pracovní dny nikdy nebo jen zřídka dobře vyspí, zatímco v nepracovní dny tak činilo pouze 16,7 % (Hege, 2019). Odlišnost je dána délkou času vyhrazeného řidičem na spánek, kdy zejména při nutnosti dodržet čas doručení u dálkové kamionové dopravy jde při neočekávaném zdržení v dopravě na vrub délce spánku. Hege (2019) uvádí, že 62,6 % řidičů má střední nebo vysokou úroveň stresu. Řidiči dodávkových vozů se potýkají s intenzivnějšími s podobnými problémy (Romeo 2018), protože vnímají stres jak při řízení, tak zejména v řadě heterogenních situací, jako je manipulace s balíky, předávání balíků zákazníkům, při práci s terminály v různých situacích, např. městských lokalitách - na ulici, chodníku, v obchodech, na rampách pro vykládku kamionů, parkovištích apod. Studie Romea (2018) uvádí, že u více než 75 % řidičů se během pracovní směny zvyšuje riziko úrazu v důsledku nestandardně náročných pracovních podmínek v terénu.

V naší studii jsou řidiči zaměstnavatelem hodnoceni plněním pracovních úkolů v normohodinách, které jsou pro tuto oblast využívány a lze je splnit přirozeným pracovním tempem. Stresovou zátěž zvyšuje jízda po silnicích nižších tříd vedených obcemi a po historických hranicích pozemků. Řidiči přepravující dříví dodržují předepsané a závazné postupy v oblasti velikosti sestavovaného nákladu s ohledem na jeho rozměry a hmotnost. Před opuštěním odvozního místa řádně a bezpečně zajistí každý náklad proti pohybu na nakládací plošině. Dobržování platných předpisů pro přepravu (sestavění nákladu, jeho zajištění proti pohybu) se rovněž do jisté míry podílí na stresovém zatížení řidiče. Dalším kofaktorem obou složek stresového zatížení je snaha provozovatelů dopravy dříví maximalizovat efektivitu dopravy a tak se snaží využít celou maximální celkovou hmotnost odvozní soupravy až do výše 48 tun.

Svalová zátěž spouští fyzické a emocionální reakce v organismu na fyziologické úrovni, což zvyšuje kardiovaskulární výkon, krevní tlak, srdeční frekvenci a prokrvení kosterního svalstva. Současně dochází ke snížení prokrvení ledvin a viscerálních orgánů (Wasmund, 2002; Zuzewicz, 2013).

Experimentální měření v provozních podmínkách ukazuje, že svalové napětí v měřených svalových skupinách reaguje na specifické podněty a jeho rozsah se mění v souvislosti se zátěží pohybového aparátu (Dvořák, 2008). Souvislost mezi svalovou aktivací a duševním stavem je ověřena vyhodnocením změn srdeční frekvence řidičů. Zatížení svalů a srdeční frekvence řidičů výrazně vzrostou v náročnějších podmínkách. Lee (2012) ve své studii hodnotí únavu řidiče sledováním pohybu očí a dalších změn

biosignálu prostřednictvím bezdrátového přenosu pomocí platformy Android v mobilním telefonu kombinací záznamu videa a sběru hodnot biosignálu. Systém signalizuje aktuální schopnost řidiče ovládat vozidlo a akusticky jej upozorní na reálné riziko únavy. V naší studii používáme k záznamu GPS souřadnic kameru MiVue, která zároveň sleduje způsob jízdy a pohyb vozidla po vozovce, který vyhodnocuje a v případě nepřiměřené jízdy nebo překročení bezpečné doby jízdy, upozorní na potřebu odpočinku. Lee (2017) dále zkoumá vliv řízení a jeho lokalizaci v rámci denní doby a pozornosti řidičů. Zjišťuje, že pokud je pracovní cyklus rozdělen na ranní (od časného rána do časného odpoledne) a odpolední (od časného odpoledne do nočních hodin) pracovní směnu, řidiči v odpoledních směnách hlásí až třikrát intenzivnější pocit ospalosti. V naší studii jsou všechny směny prováděny od časného rána (5:00) do časného odpoledne (14:30). Důvodem tohoto nastavení, jak uvádí samotní řidiči, je právě přizpůsobení pracovní směny cirkadiánnímu rytmu organismu a předcházení únavě, zajištění bezpečnosti práce a dosažení očekávaného výkonu bez nadbytečného stresu.

Sledování vlivu povětrnostních podmínek a denní doby s ohledem na intenzitu denního světla neprokázalo zásadní změny v hodnotách sledovaných biosignálů. Z pohledu vlivu povětrnostních podmínek při našem měření je po celou dobu počasí odpovídající roční době, bez pozorovatelných výkyvů. Rovněž denní doba neovlivnila prokazatelně stresové zatížení, byť pracovní směny začínají ještě za hluboké tmy a následného rozednávání, které tvoří dohromady téměř čtvrtinu pracovní směny.

Teorie uchování zdrojů (COR) (Germeys, 2018; Crain, 2019) klade důraz na předpoklad, že lidské chování je do značné míry predikované naší schopností získat a udržovat zdroje. Zdroje mohou být interní (tj. naděje, soběstačnost) nebo externí (tj. podmínky zaměstnání, sociální podpora, rodina, zdraví) (Holmgreen, 2017). Zdroje u všech monitorovaných řidičů jsou i dle jejich subjektivního hodnocení převážně externí. Především zdraví a rodina, kterou zabezpečují svojí prací. Intenzivním interním zdrojem je pro ně však velmi kladný vztah k jejich profesi a k přírodě a také jak uvádějí přesvědčení, že vykonávají smysluplnou profesi s budoucností.

Analýza dat získaných z měření fyziologických (bio)signálů detekujících změny stavu řidičů může být použita při hodnocení stresové zátěže (Zheng, 2015; Vicente, 2016). Parametry srdeční frekvence jsou citlivé na různé emoční podněty, ale psychická zátěž je podmíněna i osobností řidiče (Bernston, 1991). Nejen teoreticky, ale především prakticky se liší klidová hladina adrenergních hormonů nebo hladina svalového akčního potenciálu u dvou jedinců ve stejné situaci. To platí i pro stresové situace. Rozdíly jsou ovlivněny

odolností organismu vůči podnětu určité intenzity a aktuálním zdravotním stavem řidiče. Odolnost organismu je dána schopností organismu adaptovat se na různé druhy zátěže a druh stresu, který na řidiče působí (eustres/distres). Absolutní hodnoty sledovaných biosignálů tedy nejsou tak důležité jako jejich změny ze stavu bez zátěže do zátěžových situací řidiče (Dobšák, 2009; Máček, 2011).

Naše práce zatím nekvantifikuje oblast možných rozdílů stresového zatížení řidičů různých typů nákladních vozidel na vyšších typech silnic – rychlostní silnice a dálnice. Námětem na rozšíření rozsahu kvantifikace stresového zatížení v této oblasti by mohlo být zjištění stresového zatížení na různých typech nákladních vozidel při využití dálnic, případně v příměstských a městských aglomeracích, které lze zatím pouze odhadovat.

7 ZÁVĚR

Pracovní zatížení operátorů pracovních strojů, zejména řidičů nákladních vozidel a odvozních souprav je velmi diskutovaným tématem. Na jeho intenzitě a změnách se podílí celá řada faktorů, které jsou dány charakterem a vybavením pracoviště, druhem dopravního prostředku, typem a způsobem přidělovaných pracovních úkolů nadřízeným a klimatickými vlivy. Stejně důležitou roli hrají fyzické možnosti řidiče, jeho psychické schopnosti i aktuální zdravotní stav. Zapomenout nelze ani na charakter osobnosti řidiče, rodinné a další sociální vazby a ekonomické potřeby.

Tato oblast je zkoumána především u řidičů mezinárodní kamionové dopravy, kteří tráví podstatnou část svého profesního života na cestách mimo domov.

U řidičů nákladních vozidel, kteří svoji profesi vykonávají na menším rádiusu, jsou experimentálně sledováni převážně řidiči dodávkových vozidel zajišťující logistiku na menší vzdálenosti. Jejich náplní práce je zejména logistika objemově i hmotnostně menších předmětů o velkém množství.

Zatížení řidičů nákladních vozidel a odvozních souprav zajišťujících logistiku velkých břemen například surového dříví často při využívání maximální povolené celkové hmotnosti vozidla na kratší vzdálenosti a vliv kontaktu s ostatními účastníky silničních provozu na stresové zatížení nebylo dosud předmětem zájmu.

Na základě výše uvedených zjištění se v této studii věnuji kvantifikaci intenzity stresového pracovního zatížení řidiče při odvozu dříví při řízení odvozní soupravy hodnocením svalového zatížení vybraných svalových skupin pravé horní končetiny řidiče pomocí neinvazivní povrchové EMG. Zároveň jsou současně zaznamenávány reakční změny hodnot dalších biosignálů – srdeční frekvence na každodenní pracovní podněty. Stresové zatížení řidičů je vysoké a závisí na typu ovládaného odvozního prostředku. Kvantifikoval jsem rozdíly v intenzitě stresového zatížení řidiče odvozní soupravy, které je v průměru o 22,5 % vyšší než při řízení nákladního vozidla. Dále jsem prokázal, že typ komunikace ovlivňuje intenzitu svalového napětí (a také srdeční frekvenci) řidičů u všech typů vozidel používaných v této studii. Pokud jde o vliv typu komunikace, pak na silnicích nižších tříd u řidičů odvozních souprav bylo zatížení svalů významně vyšší. Stresové zatížení při řízení odvozní soupravy na silnicích nižších tříd je o 52,5 % vyšší než při řízení nákladních vozidel. Vysoké je také při jízdě po lesních cestách. Zde je řízení odvozní soupravy o 16,1 % náročnější než při řízení nákladního vozidla.

Studie nenaznačuje vliv povětrnostních podmínek obvyklých pro dané roční období ani denní doby na stresové zatížení řidiče.

Pokud hodnotíme svalové zatížení řidiče při využití silnic I. třídy, je z výše realizovatelného experimentu patrné, že namáhavost řízení všech tří typů použitých vozidel byla podstatně nižší. Rozdílnosti zatížení mezi jednotlivými typy vozidel pouze v prostředí dálnic lze však pouze odhadovat.

Přínosy práce v teoretické rovině spatřuji v teoretické oblasti ve zpracování a zavedení metodiky pro výzkumné účely, neboť metoda nebyla ve výzkumném scénáři na řídicích vozidel pro odvoz dříví doposud testována, dále v částečné inovaci metodiky měření (sběru dat) při použití nového typu elektrod s prodlouženou dobou stabilní fixace, a to až po dobu 36 hodin, což výrazně zpřesňuje měření. Přínosem práce v rovině praktické je možnost využití jako podkladu k revizi stávajících norem, pravidel a procesů v oblasti bezpečnosti práce; k plánování směn a k vytvoření plánu rotace řidičů na různých typech vozidel případně střídání pracovní činnosti řízení vozidel s jinými činnostmi, a to i s ohledem na jednostrannou zátěž pohybového aparátu; ke spolupráci s lékařskými obory při analýze rizik jednostranné pracovní zátěže s cílem eliminace nebo snížení rizika vzniku choroby z povolání.

Závěrem lze konstatovat, že stresové zatížení řidičů profesionálů, zejména odvozních souprav i nákladních vozidel je velmi vysoké, závisí jak na typu dopravního prostředku, tak i na typu komunikace, na reliéfu terénu a na charakteru zástavby, kterými komunikace procházejí. Stresové zatížení řidiče odvozní soupravy je v průměru o více než 22 % vyšší než u řidiče nákladního vozidla, na silnicích nižších tříd je rozdíl ve svalovém zatížení dokonce o více než 52 %. Naše zjištění tak lze obecně aplikovat pro vozidla obdobných rozměrů a využití, tedy jak pro soupravy tažného vozidla s návěsem nebo s přívěsem, tak pro nákladní vozidla.

Správné plánování práce by tedy mělo být vedeno nejen s důrazem na efektivitu ekonomickou, ale i zdravotní, neboť zdravotní stav řidiče má následně vliv na podaný pracovní výkon, a to jak v krátkodobém, tak zejména v dlouhodobém horizontu, a to jak po stránce přímých, tak i nepřímých nákladů.

Možné rozšíření výzkumu kvantifikace zatížení v této oblasti by mohlo zahrnovat detekci stresového zatížení v různých typech vozidel jezdících po dálnicích, případně v urbanizovaných oblastech. Intenzitu stresové zátěže v těchto lokalitách lze v současnosti pouze odhadovat. Dále by se výzkum mohl zaměřit na vztah mezi proměnnými souvisejícími s prací na směny, které mohou negativně ovlivnit soustředění při řízení

vozidla, způsobit spánkovou deprivaci nebo na jiné faktory, které zhoršují duševní výkon řidičů.

8 LITERATURA

ABDELKAREEM, M. A. A., MAKRAHY A., MOSTAFA M., ABD-EL-TAWWAB, ALI M., et al. An analytical study of the performance indices of articulated truck haulage rig during three different cases to improve the driver comfort, Proceedings of the instruction of mechanical engineers part K-journal of multi-body dynamics, Volume 23, Issue 1, MAR 2018, s.

AHONEN, E. a FUJISHIRO, K. a CUNNINGHAM, T. a FLYNN, M. Work as an Inclusive Part of Population Health Inequities. Research and Prevention, Am. J. Public Health, 2018. s. 306–311.

ALTERMAN, T. a LUCKHAUPT, S. a DAHLHAMER, J. a WARD, B. a CALVERT, G. Job Insecurity, Work-Family Imbalance, and Hostile Work Environment, Prevalence Data from the 2010 National Health Interview Survey, 2013. č. 56. s. 660–669.

APOSTOLOPOULOS, Y. a LEMKE, M. a HEGE, A. a SONMEZ, S. a SANG, H. a OBERLIN, D. a WIDEMAN, L. Work and Chronic Disease: Comparison of Cardiometabolic Risk Markers Between Truck Drivers and the General US Population, J. Occup. Environ. Med., 2016. č. 58. s. 1098–1105.

BARFIELD, W. a DINGUS, T. A. Human factors in intelligent transportation systems, Lawrence Erlbaum Associates, 2014.

BARTUZI, P. a ROMAN-LIU, D. a TOKARSKI, T. A study of the influence of muscle type and muscle force level on individual frequency bands of the EMG power spectrum, Int J Occup Saf Ergon (JOSE), 2007. č. 13. s. 241–54.

BASMAJIAN, J. V. a DE LUCA, C. J. Muscle alive: Their functions revealed by electromyography, Williams & Wilkins, 1985

BEKIARIS, E. a NIKOLAU S. State of the Art on Driver Hypovigilance Monitoring and Warning Systems, AWAKE System for effective Assessment of driver vigilance and Warning According to traffic risk Estimation, 2001. IST-2000-28062.

BERNSTON, G. a CACIOPPO, J. T. a QUIGLEY, K. S. Autonomic determinism, The modes of autonomic control, the doctrine of autonomic space, and the laws of autonomic constraint, *Psychology Review*, [online], 1991, No. 98, pp. 459-487

BRYCE, C. P. Insight to the stress. Pan American Health Organization, Regional Office of WHO, Washington, D.C., 2001.

BURGARD, S. a LIN K. Bad Jobs, Bad Health? How Work and Working Conditions Contribute to Health Disparities, *Am. Behav. Sci.*, 2013. č. 57. s. 1105–1127.

CANNON, W. B. Bodily changes in pain, hunger, fear and rage: An account of recent researches into the function of emotional excitement, Appleton, New York, 1915.

CARDOSO, M. a MCKINNON, C. a VIGGIANI, D. a JOHNSON, M. J. a CALLAGHAN, J. P. a ALBERT, W. J. Biomechanical investigation of prolonged driving in an ergonomically designed truck seat prototype, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 2017. č. 61. s. 367–380.

CARDOSO, M. a FULTON, F. a CALLAGHAN, J. P. a JOHNSON, M. a ALBERT, W. J. A pre–post evaluation of fatigue, stress and vigilance amongst commercially licensed truck drivers performing a prolonged driving task, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 2018. s. 129-136.

CELJAK, I. Stroje pro zemní a lesní práce II., Jihočeská univerzita České Budějovice, 2000.

CHEN, L. L. a ZHAO, Y. a YE, P. F. a ZHANG, J. a ZOU, J. Z. Detecting driving stress in physiological signals based on multimodal feature analysis and kernel classifiers, *Expert Systems with Applications An International Journal*, 2015. č. 85. s. 279-291.

CHEN, L. L. a ZHAO, Y. a ZHANG, J. a ZOU, J. Z. Automatic detection of alertness/drowsiness from physiological signals using wavelet-based nonlinear features and machine learning, *Expert Systems with Applications*, 2017. č. 42. s. 7344-7355.

COOK, T. a ROSENCRANCE, J. a ZIMMERMANN, C. a GERLEMAN, D. a LUWEDIG P. Electromyographic analysis of a repetitive hand gripping task, *Int J Occup Saf Ergon (JOSE)*, 1998. č. 4. s. 185–200.

CRAIN, T. a HAMMER, L. a BODNER, T. a KOSSEK, E. a MOEN, P. a LILLIENTHAL, R. a BUXTON, O. Work-family conflict, family-supportive supervisor behaviors (FSSB), and sleep outcomes, *J. Occup. Health Psychol.*, 2014. č. 19. s. 155.

CRAIN, T. a HAMMER, L. a BODNER, T. a OLSON, R. a KOSSEK, E. a MOEN, P. a BUXTON, O. Sustaining Sleep. Results from the Randomized Controlled Work, Family & Health Study, *J. Occup. Health Psychol.*, 2019. č. 24. s. 180–197.

ČELEDOVÁ, L. a ČEVELA, R. *Výchova ke zdraví: vybrané kapitoly*, 1. vyd. Praha: Grada, 2010. 126 s. ISBN 978-802-4732-138.

ČEVELA, R. a ČELEDOVÁ, L. a DOLANSKÝ, H. *Výchova ke zdraví pro střední zdravotnické školy*, 1. vyd., Praha, Grada, 2009. 108 s. ISBN 978-802-4728-605.

ČSN 73 6108. *Lesní cestní síť*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018. 38 s. Třídící znak 73 6108.

DAHLGREN, A. a TRUCKER, P. a GUSTAVSSON, P. a RUDMAN, A. Quick returns and night work as predictors of sleep quality, fatigue, work-family balance and satisfaction with work hours, *Chronobiol. Int.*, 2016. č. 33. s. 759–767.

DOBŠÁK R. a SIEGLOVÁ, J. a SAČINOVÁ, H. a HOMOLKA, P. a DUNKLEROVÁ, L. a SOSÍKOVÁ, M. a PLACHETKA, Z., *Klinická fyziologie tělesné zátěže [Clinical physiology of exercise]*, Masaryk University, Brno, 2009, ISBN 978-80-210-4965-9

DOUGLAS, M. a SCHWARTZ, S. Knights of the road: Safety, ethics, and the professional truck driver, *Journal of Business Ethics*, 2017, Vol. 142, No. 3, pp. 567-588

DUQUE, J. a MASSET, D. a MALCHAIRE, J. Evaluation of handgrip force from EMG measurements, *Appl. Ergon.*, 1995. č. 26. s. 61.

DVOŘÁK, J. a FRANC, J. a VALDMAN, S. Cvičení z lesnické mechanizace, 1. vydání, ČZU, Praha, 2006. 237 s. ISBN 80-213-1524-5.

DVOŘÁK, J. a MALKOVSKÝ, Z. a MACKŮ J. Influence of human factor on the time of work stages of harvesters and craneequipped forwaders. Journal of Forest Research, 2008, No. 54, pp. 24–30

ELAMVAZUTHI, I. a ZULKIFLI, Z. a PARASURAMAN, S. a BALAJI M. a CHANDRASECARAN, M. Development of Electromyography Signal Signature for Forearm Muscle, IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors, 2015. s. 1492 –1495.

ELAMVAZUTHI, I. a NURHANIM, K. A. R. K. a VASANT, P. a PARASURAMAN, S. Surface electromyogram (sEMG) detection and analysis in the development of an Exoskeleton Control System, Control Conference (AUCC), Sydney Australia: NSW, 2012. s. 197 – 202. ISBN:978-1-922107-63-3.

EVROPSKÁ AGENTURA PRO BEZPEČNOST A ZDRAVÍ PŘI PRÁCI. Výzkum na téma stres spojený s prací, Lucemburk: Úřad pro úřední tisky Evropských společenství, 2000. 167 s.

FAUS, P. Motoškola, od získání řidičského průkazu k vyšší formě jízdy, Praha: Grada, 2011. 84 s. ISBN 978-80-247-3645-7.

FRÖHLICH, P. a SACKL, A. a TRÖSTERER, S. a MESCHTSCHERJAKOV, A. a DIAMOND, L. a TSHELIGI, M. Acceptance Factors for Future Workplaces in Highly Automated Trucks, Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications – Automotive, Wien: 2018, s. 18.

FU, R. a WANG, H. a ZHAO, W. Dynamic driver fatigue detection using hidden markov model in real driving condition, Expert Systems with Applications, 2016. č. 63. s. 397-411.

FUJIMURA, Y. a SEKINE, M. a TATSUSE, T. Sex differences in factors contributing to family-to-work and work-to-family conflict in Japanese civil servants, J. Occup. Health, 2014. č. 56. s. 485–497.

GANG, L. a CHUNG, W. Y. Detection of driver drowsiness using wavelet analysis of heart rate variability and a support vector machine classifier, Basel: Sensors, 2013. č. 13. s. 16494–16511

GARCÉS, C. A. a OROSCO, L. a LACIAR E. Automatic detection of drowsiness in eeg records based on multimodal analysis, Medical Engineering & Physics, San Jaun, Argentina: 2014. č. 36. s. 244-249.

GERMEYS, L. a LEINEWEBER, C. Divergent concurrent and lagged effects of the reciprocal relation between work-nonwork interactions and sleep disturbance, Sleep, 2018. č. 3 s. 42. ISSN 0161-8105

GHOUALI, S. a FEHAM, M. Casual relationships between Cardiorespiratory Hemodynamics signals, Test analysis using panel Co-integration, World congress on Computer Applications and information systems, IEEE, Hammamet, Tunis: 2014.

GRIECO, A. a OCEHIPINTI, E. a COLOMBMI, D. a MENONI, O. a BULGHERONI, M. a FRIGO, C. a BNEARDI, S. Muscular effort and musculoskeletal disorders in piano students: electromyographic, clinical and preventive aspects' Ergonomics 32, 1989, s. 697-716

HAVLÍK, K. Psychologie pro řidiče: zásady chování za volantem a prevence dopravní nehodovosti, vyd. 1, Praha: Portál, 2005. 223 s. ISBN 80-717-8542-3.

HEARLEY, J. A. a PICARD R. W. Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Singapoure: 2005. č. 6. s. 156-166.

HAMMIG, O. a BAUER G. Work-life balance and mental health among male and female employees in Switzerland, Basel: Int. J. Public Health, 2009. č. 54. s. 88–95.

HARVEY, S. a MODINI, M. a JOYCE, S. a MILLIGAN-SAVILLE, J. a TAN, L. a MYKLETUN, A. a BRYANT, R. a CHRISTENSEN, H. a MITCHELL, P. Can work make you mentally ill? A systematic meta-review of work-related risk factors for common mental health problems, Occup. Environ. Med., Washington: 2017. č. 74. s. 301–310.

HAVLÍK, K. Psychologie pro řidiče, Portal, Praha, 2005. 224 s. ISBN 80-7178-542-3

HAWORTH, N. L. a HEFFERNAN, C. J. a HORNE, E. J. Fatigue in track accidents (rep. no. 3), Victorian Road Freight Industry Council, Melbourne: 1989. 80 s. ISBN 0-7326-0002-2

HEGE, A. a LEMKE, M. a APOSTOLOPOULOS, Y. a PERKO, M. a SONMEZ, S. a STRACK, R. Long-haul truck driver work organization and the association with cardiometabolic disease risk, Arch. Environmental Research and Public Health, 2017. s. 72. s. 303–310.

HEGE, A. a LEMKE, M. a APOSTOLOPOULOS, Y. et al. Work-Life Conflict among US Long-Haul Truck Drivers, International Journal of environmental research and public health, 2019, Vol. 16, Issue 6, Art. No. 984

HERACLIDES, A. a CHANDOLA, T. a WITTE, D. a BRUNNER, E. Work Stress, Obesity and The Risk of Type 2 Diabetes: Gender-Specific Bidirectional Effect in the Whitehall II Study, Obesity, 2012. č. 20. s. 428–433.

HOLMGREEN, L. a TIRONE, V. a GERHART, J. a HOBFOLL, S. Conservation of resources theory. In The Handbook of Stress and Health, A Guide to Research and Practice; John Wiley & Sons: New York, USA: 2017. s. 443–457.

HUGHES, A. J. G. Ergonomics of equipment design and operation forestry, Ergonomics, 1982. č. 25. s. 3-9

CHANDOLA, T. a MARTIKAINEN, P. a BARTLEY, M. a LAHELMA, E. a MARMOT, M. a MICHIKAZU, S. a NASERMOADDELI, A. a KAGAMIMORI, S. Does conflict between home and work explain the effect of multiple roles on mental health? A comparative study of Finland, Japan and the UK. Int. J. Epidemiol., 2004. č. 33. s. 884–893.

CHROMÝ, K. a HONZÁK R. Somatizace a funkční poruchy, Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1473-6.

JANKOVSKÝ, M. a HNILICA, R. a DVOŘÁK, J. a DADO, M. a NATOV, P. Utilization of Biofeedback devices in determination of learning curves of harvester operations, 6th

International conference of education, research and innovation, Seville, 2013, pp. 3703 – 3711

JANKOVSKÝ, M. a MERGANIČ, J. a ALLMAN, M. a FERENČÍK, M. a MESSINGEROVÁ, V. The cumulative effects of work-related factors increase the heart rate of cabin field machine operators, *ScienceDirect*, 2018, Vol. 65, pp. 173-178

JANOŠEK, K. a FITŘÍKOVÁ, D. a PROCHÁZKOVÁ, D. a ŽMOLÍK, CH. *Automobil v podnikání*, 1. vyd., Olomouc: nakladatelství ANAG, 2011. 439 s. ISBN 978-807263-668-6.

JANOŠEK, K. *Automobil v podnikání: u právnické osoby, u fyzické osoby – podnikatele, vozidlo zaměstnavatele a zaměstnance z hlediska daně z příjmů, daně z přidané hodnoty, daně silniční a účetnictví*, 1. vyd., Olomouc: ANAG, 2011. 439 s. ISBN 978-80-7263-668-6.

JENNIFER, A. a HEALEY, R. a PICARD W. Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors, *IEEE Trans. Intelligent Transportations Systems*, 2005. č. 2, s. 1 – 28.

KIVIMAKI, M. a SINGH-MANOUX, A. a JOKELA, M. a VIRTANEN, M. Job strain and risk of obesity, A systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Int. J. Obes.*, 2015. č. 39. s. 1597–1600.

KRIEGER, N. Workers are People Too: Societal Aspects of Occupational Health Disparities—An Ecosocial Perspective, *Am. J. Ind. Med.*, 2010. č. 53. s. 104–115.

LALLUKKA, T. a CHANDOLA, T. a ROOS, E. a CABLE, N. a SEKINE, M. a KAGAMMORI, S. a TATSUSE, T. a MARMOT, M. a LAHELMA, E. Work-family conflicts and health behaviors among British, Finnish, and Japanese employees, *Int. J. Behav. Med.*, 2010. č. 17. s. 134–142.

LAMONTAGNE, A. Job Strain and Health Behaviors—Developing a Bigger Picture, *Am. J. Epidemiol*, 2012. č. 176. s. 1090–1094.

LANDSBERGIS, P. Assessing the Contribution of Working Conditions to Socioeconomic Disparities in Health: A Commentary. *Am. J. Ind. Med.* 2010. č. 53. s. 95–103.

LANDSBERGIS, P. a GRZYWACZ, J. a MONTAGE, A. Work Organization, Job Insecurity, and Occupational Health Disparities, *Am. J. Ind. Med.*, 2014. č. 57. s. 495–515.

LEE, B. G. a CHUNG, W. Y. Driver alertness monitoring using fusion of facial features and bio-signals, *IEEE Sensors Journal*, 2012. č. 12. s. 2416-2422.

LEE, B. G. a LEE, B. L. a CHUNG, W. Y. Mobile healthcare for automatic driving sleep-onset detection using wavelet-based eeg and respiration signals, *Basel: Sensors*, 2014. č. 14. s. 17915-17936.

LEE, S. a KIM, H. a BYUN, J. a JANG, T. Sleepiness while driving and shiftwork patterns among Korean bus drivers, *Ann. Occup. Environ. Med*, 2017,. Vol. 29, No. 8

LEE, D. a SIRGY, M. What Do People Do to Achieve Work-Life Balance? A Formative Conceptualization to Help Develop a Metric for Large-Scale Quality-of-Life Surveys, *Soc. Indic. Res.*, Seoul: Yonsei University, 2018. č. 138. s. 771–791.

LEINWEBER, C. a BALTZER, M. a HANSON, L. M. a WESTERLUND, H. Work-family conflict and health in Swedish working women and men, A 2year prospective analysis (the SLOSH study), *Eur. J. Public Health*, 2013. č. 23. s. 710–716.

LEMKE, M. a APOSTOLOPOULOS, Y. a HEGE, A. a SONMEZ, S. a WIDEMAN, L. Understanding the role of sleep quality and sleep duration in commercial driving safety. *Accid. Anal. Prev.*, 2016. č. 97. s. 79–86.

LEMKE, M. a APOSTOLOPOULOS, Y. Health and wellness programs for commercial motor-vehicle drivers: Organizational assessment and new research directions, *Workplace Health Saf.*, 2015. č. 63. s. 71–80.

LEMKE, M. K. a HEGE, A. a PERKO, M. a SONMEZ, S. a APOSTOLOPOULOS, Y. Work patterns, sleeping hours and excess weight in commercial drivers, *Occup. Med.*, 2015.

LINGS, S.: Assessing driving capability: A method for individual testing The significance of paraparesis inferior studied in a controlled experiment, *Applied Ergonomics*, Amsterdam: Elsevier, 1991. č. 22. s. 75-84

LINTON, S. a KECKLUND, G. a FRANKLIN, K. a LEISNNER, L. a SIVERTSEN, B. a LINDBERG, E. a SVENSSON, A. a HANSSON, S. a SUNDIN, O. a HETTA J. The effect of the work environment on future sleep disturbances, A systematic review, *Sleep Med. Rev.*, Amsterdam: Elsevier, 2015. č. 23.

LUCKHAUPT, S. a COHEN, M. a LI, J. a CALVERT G. Prevalence of Obesity Among U.S. Workers and Associations with Occupational Factors. *Am. J. Prev. Med.*, 2014. č. 46. s. 237–248.

LUNAU, T. a BAMBRA, C. a EIKEMO, T. a WEL, K. a DRAGANO, N. A balancing act? Work-life balance, health and well-being in European welfare states, *Eur. J. Public Health*, 2014. č. 24. s. 422–427.

MACKŮ, J. Biometrical analysis of operators in cut-to-length harvesters data collection and analysis methodology using the Biofeedback 2000 xpert device, 4th International Conference of Young Scientists, 2011, Prague, pp. 194-202

MÁČEK, M. a RADVANSKÝ, J., *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity [Physiology and clinical aspects of movement activity]*, Galén, Prague, 2011, ISBN 978-80-726-2695-3

MAKHSOUS, M. a LIN, F. a HENDRIX, R. W. a HEPLER, M. a ZHANQ, L.Q. Sitting with adjustable ischial and back supports: Biomechanical changes, *Spine*, 2006, Volume 28, Issue 11, Page 1113-1121

MARMOT, M. *The Health Gap*, Bloomsbury Press, London, UK: 2015. č. 32, s. 537 - 546

MEŠKO, D., KOMANDEL, L. a kol. *Telovýchovnolekárske vademekum*, Slovenská spoločnosť telovýchovného lekárstva, Bratislava, SR: 2005. 221 s. ISBN 80–969446–4–9.

MELLNER, C. a KECKLUND, G. a KOMPIER, M. a SARIASLAN, A. a ARONSSON, G. Boundaryless Work, Psychological Detachment and Sleep: Does Working 'Anytime-Anywhere' Equal Employees are 'Always on'? In New Ways of Working Practices: Antecedents and Outcomes, Bingley, UK: Emerald Group Publishing Limited, 2016. s. 29–47.

McDONALD, N.: Fatigue, safety and the truck driver, London: Taylor & Francis, 1984.

NAUZA, M.: Únava známá a neznámá, Centrum klinické imunologie, Praha : 1999. 45 s.

OLSON, R. a ANGER, W. K. a ELLIOT, D. L. a WIPFLI, B. a GRAY, M. A new health promotion model for lone workers: Results of the Safety & Health Involvement For Truckers SHIFT pilot study, J. Occup. Environ. Med., 2009. č. 51. s. 1233–1246.

PAUKNEROVÁ, D. a kol. Psychologie pro ekonomy a manažery. 2. vyd. Praha: Grada, 2007. 254 s. ISBN 8024717069.

PUTTONEN, S. a HARMA, M. a HUBIN, C. Shift work and cardiovascular disease—Pathways from circadian stress to morbidity, Scand. J. Work Environ. Health, 2010. č. 36. s. 96–108.

REYNER, L. A. a HORNE, J. A. Falling a sleep while driving, are drivers aware of prior sleepiness?, Int J Med., 1998. č. 11. s. 120–123.

ROMAN-LIU, D. a TOKARSKI, T. a WÓJCIK, K. Quantitative assessment of upper limb muscle fatigue depending on the conditions of repetitive task load, J Electromyogr Kinesiol., 2004. č. 14. s. 671–682.

ROMEO J. a MANUEL J. a REIMAN A. a DELGADO J. et al. Delivery truck drivers' work outside the cab, psychosocial discomforts and risks based on participatory video analyses, 2018, Vol 10, Issue 2, Art. No. 27

SACHS, S. a TEICHERT, H.-J. a RENTZSCH, M. Ergonomische Gestaltung mobiler Maschinen. ecomed: Landsberg/Lech. 1994.

SASIDHAR, S. a PANDA, S. K. a JIANXIN, X. Design of a myoelectric glove for upper limb stroke rehabilitation, 3rd International Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology, Singapore: 2009. čl. 16. ISBN: 978-1-60558-792-9.

SEKIGUCHI, C. a HANDA, Y. a GOTH, M. a KURIHARA, Y. a NAGASAWA, Y. a KU-RODAL, L. Frequency analysis of heart rate variability under flight conditions, Aviat Space Environ Med. 1979. č. 50. s. 625–634.

SHANALL, P. a DOBSON, M. a LANDSBERGIS, P. Globalization, Work, and Cardiovascular Disease. Int. J. Health Serv., 2016. č. 46, s. 656–692.

SIEGRIST, J. a RODEL, A. Work stress and health risk behavior, Scand J. Work Environ. Health, 2006. č. 32. s. 473–481.

SHNALL, P. a DOBSON, M. a LANDSBERGIS, P. Globalization, Work, and Cardiovascular Disease, Int. J. Health Serv, 2016. č. 46. s. 656–692.

SOLOVEIVA, S. a LALLUKA, T. Psychosocial factors at work, long work hours, and obesity, A systematic review. Scandanavian J. Work Environ. Health, 2013, č. 39. č. 241–258.

SUNDELIN, G. a HANGHERG, M. Electromyographic signs of shoulder muscle fatigue in repetitive arm work paced by the methods-time measurement system, Stand J Work Environ Health, 1992. s. 262-268.

ŠKVOR, P. Vliv pracovního prostředí na operátora harvestoru – analýza elektromyogramu svalů zápěstí a předloktí, Praha: ČZU, 2018, Diplomová práce

ŠKVOR, P. Vyhodnocení vybraných biometrických ukazatelů u obsluhy těžebně dopravního zařízení, Praha: ČZU, 2020, Diplomová práce

ŠTIKAR, J. Psychologie ve světě práce. Praha: Karolinum, 2003. 461 s. ISBN 8024604485.

ŠTIKAR, J. a ŠMOLÍKOVÁ, J. a HOSKOVEC, J. Psychologie v dopravě, 1. vyd., Praha: Karolinum, 2003. 275 s. ISBN 80-246-0606-2.

ŠUCHA, M. Dopravní psychologie pro praxi, výběr, výcvik a rehabilitace řidičů, vyd. 1., Praha: Grada, 2013, 216 s. ISBN 978-80-247-4113-0.

ŠUCHA, M. a REHNOVÁ, V. a KOŘÁN, M. a ČERNOCHOVÁ, D. Dopravní psychologie pro praxi, Výběr, výcvik a rehabilitace řidičů, Praha: Grada Publishing a.s., 2013. 216 s. ISBN 978-80-247-4113-0.

VICENTE, J. a LAGUNA, P. a BARTRA, A. a BAILON, R. Drowsiness detection using heart rate variability. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 2016. č. 54. s. 927-937.

WASMUND, W. a WESTERHOLM, E. a WATENPAUGH, D. a WAS-MUND, S. a SMITH M. a Interactive effects of mental and physical stress on cardiovascular control. *Journal of Applied Physiology*, 2002. č. 92, s. 1828–1834.

WENKE, M. a HYNIE, S. a MRÁZ, M. Farmakologie pro lékaře, Praha: Avicenum, 1983. 1316 s.

WEST, W. a HICKS, A. a CLEMENTS, L. a DOWLING J. The relationship between voluntary electromyogram, endurance time and intensity of effort in isometric handgrip exercise, *Eur J Appl Physiol.*, 1995. č. 71, s. 301–305.

WESTGAARD, R. H. Measurement and evaluation of postural load in occupational work situations, *Eur J Appr. Physio Z57*, 1988. s. 291-304

WIPFLI, B. a OLSON, R. a KOREN, M. Weight-loss maintenance among SHIFT pilot study participants 30months post-ntervention. *J. Occup. Environ. Med.*, 2013. č. 1. s. 55.

YONG, L. a LI, J. a CALVERT, G. Sleep-related problems in the US working population: Prevalence and association with shiftwork status, *Occup. Environ. Med.*, 2017. č. 74, s. 93–104.

ZHENG, R. a YAMABE, S. a NAKANO, K. a SUDA, Y. Biosignal analysis to assess mental stress in automatic driving of trucks: palmar perspiration and masseter electromyography, *Basel: Sensors*, 2015. č. 15. s. 5136-5150.

ZOHAR, D. a HUANG, Y. a LEE, J. a ROBERTSON, M. A. mediation model linking dispatcher leadership and work ownership with safety climate as predictors of truck driver safety performance, *Accid. Anal. Prev.*, 2014. č. 62. s. 17–25.

ZOHAR, D. a HUANG, Y. a LEE, J. a ROBERTSON, M. Testing extrinsic and intrinsic motivation as explanatory variables for the safety climate-safety performance relationship among long-haul truck drivers, *Transp. Res. Part F*, 2014. č. 30. s. 84–96.

ZUZEWICZ, A. a ROMAN-LIU, D. a KONARSKA, M. Heart rate variability (HRV) and muscular system activity (EMG) in cases of crash threat during simulated driving of a passenger car, *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 2013. č. 26. s. 710 – 723.

Internetové zdroje:

2007/45/EU Směrnice Evropského parlamentu a Rady, 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. [online]. 2007. [cit. 30.6.2021]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/CELEX:02007L0046-20180331:CS:TXT.pdf>

ÅKERSTEDT, T. Work hours and slippiness. *Clinical Neurophysiology*. [online]. 1995. č. 25. s. 367-375. [cit. 30.6.2019]. Dostupné z: [http://dx.doi.org/10.1016/0987-7053\(96\)84910-0](http://dx.doi.org/10.1016/0987-7053(96)84910-0).

AKSELROD, S. a GORDON, D. a UBEL, F. A. a SHANNON, D. C. a BARGER, A. C. a COHEN, R. J. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation a quantitative probe of beat to beat cardiovascular control. *Science*. [online]. 1981. č. 213. s. 220-222. [cit. 8.7.2019]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1126/sci-ence.6166045>.

BERNSTON, G. a CACIOPPO, J. T. a QUIGLEY, K. S. Autonomic determinism, The modes of autonomic control, the doctrine of autonomic space, and the laws of autonomic constraint. *Psychology Review*. [online]. 1991. č. 98. s. 459-487. [cit. 6.7.2019]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.98.4.459>.

BONGERS, P. M. a KREMER, A. M. Are psychosocial factors, risk factors for symptoms and signs of the shoulder, elbow, or hand/wrist?. *Journal of Internal Medicine*. [online]. 2002. č. 41. s. 315-342. [cit. 7.7.2019], Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1002/ajim.10050>.

DAVSON, D. a FLETCHER, A. A quantitative model of work related fatigue, Background and definition. *Ergonomics*. [online]. 2001. č. 44. s. 144-163. [cit. 8.7.2019]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1080/00140130119399>.

EL FALOU, W. a DUCHENE, J. a GRABISCH, M. a HEWSON, D. a LANGE-RON, Y. a LINO, F. Evaluation of driver discomfort during long duration car driving. *Applied Ergonomics*. [online]. 2003. č. 34. s. 249-255. [cit. 10.7.2019]. Dostupné z: [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-6870\(03\)00011-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-6870(03)00011-5).

FELL, D.L. a BLACK, B. Driver fatigue in the city. *Accid Anal. Prev.* [online]. 1997. č. 29. s. 463 – 469. [cit. 8.7.2019], Dostupné z: [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(97\)00025-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(97)00025-0).

GERRETT, N. a REDORTIER, B. a VOELCKER, T. a HAVENITH, T. A comparison of galvanic skin conductance and skin wettedness as indicators of thermal discomfort during moderate and high metabolic rates. *Journal of Thermal Biology*. [online]. 2013. č. 8. s. 530–538. [cit. 8.7.2019]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2013.09.003>.

JAMES, L. a NAHL, D. Dealing With Stress And Pressure In The Vehicle Taxonomy of Driving Behavior: Affective, Cognitive, Sensorimotor In Rothe. *Driving Lessons - Exploring Systems That Make Traffic Safer*. [online]. Edmonton, Canada: University of Alberta Press, 2002. [cit. 10.7.2019]. Dostupné z: <http://www.drdriving.org/articles/taxonomy.htm>.

KONARSKA, M. a STEWART, R. a McCARTY, R.: Sensitisation of sympathetic adrena modularly responses to a novel stressor in chronical stressed laboratory rats. *Physiol. Behav.* [online]. 1989. č. 46. s. 129–135. [cit. 11.7.2019]. Dostupné z: [http://dx.doi.org/10.1016/0031-9384\(89\)90245-X](http://dx.doi.org/10.1016/0031-9384(89)90245-X).

LAKOTA, A.: Sociální aspekty edukačního procesu v autoškolách. [online]. Zlín: 2011. [cit. 9.7.2019]. Dostupné z: <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/20894>.

MATTHEWS, G. a DORN, L. a GLENDON, I. A. Personality correlates of driver stress. *Personality and Individual Differences*. [online]. 1991. č.12. s. 535 – 549. [cit. 6.7.2019]. Dostupné z: <http://www.drivermetrics.co.uk/Matthewsetal1991.pdf>.

MFF UK: Průvodce kurzy z fyziky, Fyzika, Elektřina a mechanismus, online výuka. [online]. 2021. [cit. 14. 4. 2021]. Dostupné z: https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/elmag/7_3

PLCH, J. Reakční doba řidiče. [online]. 2010. [cit. 6.7.2019], Dostupné z: http://docplayer.cz/10899230-Reakcni-doba-ridice-jiri-plch-doc-ing-csc-jiri_plch-volny-cz.html.

STRAUS, J. Prodloužení reakční doby v závislosti na hladině alkoholu. [online]. Praha: Ministerstvo vnitra ČR. 2018. [cit. 21.7.2019]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/soubor/straus-reakcni-cas-clanek-pdf.aspx>. 65.

ŠUCHA, M. Dopravně psychologický seminář. [online]. 2014. [cit. 23.7.2019]. Dostupné z: <http://www.rapplus.eu/file/prezentace-seminar-osobnost-ridice-v-kontextu-zvysovani-bezpecnosti-dopravy-pre6/>.

ULLENBERG, P. Aggressive Driving. A Literature Review. [online]. Oslo: Transportøkonomisk Institutt. 2004. [cit. 29.7.2019] Dostupné z: <https://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2004/709-2004/709-2004-Sum.pdf>.

ÚSTAV ZDRAVOTNICKÝCH INFORMACÍ A STATISTIKY Mezinárodní klasifikace funkčních schopností, disability a zdraví – MKF. [online]. Praha: ÚZIS. 2018. [cit. 16.8.2019]. Dostupné z: <http://www.uzis.cz/katalog/klasifikace/mkf-mezinarodni-klasifikace-funkcnich-schopnosti-disability-zdravi>.

VAN GALEN, G. P. a MULLEL, M. L. a MEULENBROEK, R. G. a VAN GEMMERT, A. W. Forearm EMG response activity during motor performance in individuals prone to increased stress reactivity. *Journal of Internal Medicine*. [online], 2002. č. 41. s. 406–419. [cit. 12.8.2019]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1002/ajim.10051>.

VEČEŘOVÁ-PROCHÁZKOVÁ, A. a HONZÁK, R. Stres, eustres a distres. Interní medicína. [online]. Olomouc: Solen. 2008. č. 10. s. 188-192. [cit. 12.09.2019]. Dostupné z: <http://www.solen.cz/savepdfs/int/2008/04/09.pdf>.

ZÁKONY PRO LIDI. Zákon č. 13/1997 Sb., ze dne 21. 2. 1997, Zákon o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů, 1997, (online), [cit. 2019-09-23], dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>.

ZÁKONY PRO LIDI: Zákon č. 361/2000 Sb., ze dne 14. 9. 2000, Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Zákon pro lidi. [online], Praha: 2000. [cit. 6.7.2019]. Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361>.

ZÁKONY PRO LIDI. Vyhláška č. 209/2018 Sb., ze dne 27. 9. 2018, Vyhláška o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel. Zákon pro lidi. [online]. Praha: 2018. [cit. 29.7.2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-209>.

ZÁKONY PRO LIDI. Vyhláška č. 239/2017 Sb. ze dne 9.8.2017, Vyhláška o technických požadavcích pro stavby pro plnění funkcí lesa. Zákon pro lidi. [online]. Praha: 2017. [cit. 2.10.2019], dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2017-239>