

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesnických technologií a staveb



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Posouzení míry stresu při nácviku na simulátoru
víceoperační těžebně-dopravní technologie
v porovnání s běžnými lidskými činnostmi**

Diplomová práce

Šimon Kavan

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Macků, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Šimon Kavan

Lesní inženýrství

Název práce

Posouzení míry stresu při nácviu na simulátoru víceoperační těžebně-dopravní technologie v porovnání s běžnými lidskými činnostmi

Název anglicky

Assessment of the Degree of Stress During Training on the Simulator of CTL Technology in Comparison with Normal Human Activities

Cíle práce

Cílem práce je stanovit míru stresu operátora, respektive osoby v zácviu, na simulátoru víceoperační těžebně-dopravní technologie.

Dílčím cílem práce je získat a vyhodnotit biometrická data (EMG, BVP, dechovou frekvenci a tělesnou teplotu) osoby při zácviu na simulátoru a při běžných lidských činnostech, jako je relaxace, chůze, běh, a následně vyvodit míru zátěže při výcviku.

Cílem práce je také navrhnout opatření, které by v dané případové studii mohly snížit míru stresu při práci (přestávky, cvičení a podobně).

Metodika

Sběru dat předchází literární rešerše s důrazem jednak na obecnou povahu harvesterové technologie a jednak na fyziologii člověka, stres a další faktory a také na biometrii.

Měření bude realizováno na simulátoru FLD CZU a v přílehlých prostorách kampusu.

Biometrická data budou získána pomocí přístroje Biofeedback 2000Xpert.

Data budou následně statisticky zpracována a vyhodnocena (Levenův test, T-test, základní statistiky) a porovnána v rámci jednotlivých činností.

Harmonogram:

Předložení literární rešerše: červenec – srpen 2022

Měření: září- říjen 2022

Předložení naměřených dat: prosinec 2022

Předložení zpracovaných výsledků a diskuze: leden 2023

Předložení práce: únor – březen 2023

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

biometrie; stres; zátěž; simulátor; biofeedback

Doporučené zdroje informací

- DVOŘÁK, J.: Využití harvesterových technologií v hospodářských lesích = The use of harvester technology in production forests. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2012. ISBN 978-80-7458-028-4.
- KLOUDA, M.: Normování práce. Praha: MZLVH ČR, 1988, 208 s.
- NERUDA, J. a kol.: Harvesterové technologie lesní těžby. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 149 s. ISBN 978-80-7375-146-3 (brož.).
- PULKRAB, K., ŠIŠÁK, L., BARTUNĚK, J.: Hodnocení efektivnosti v lesním hospodářství. Kostelec n. Č.L.: Lesnická práce, s.r.o., 2008, 131 s.
- RIGGERT, R. a kol: Stress Distribution under Forestry Machinery and Consequences for Soil Stability. Soil Science Society of America Journal, 80: 38-47., 2016.
- RÓNAY, E., DEJMAL, L.: Lesná ťažba. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1991, 356 s. ISBN 80-07-00432-7.
- SELLGREN, U. a kol.: Model-Based Development of machines for sustainable forestry. In 12th European Conference of the ISTVS, 2012.
- ULRICHOVÁ, M.: Člověk, stres a osobnostní předpoklady : souvislost osobnostních rysů a odolnosti vůči stresu. Ústí nad Orlicí: Ofts ve spolupráci s Pedagogickou fakultou Univerzity Hradec Králové, 2012. ISBN 978-80-7405-186-9.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jan Macků, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 27. 7. 2022

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Posouzení míry stresu při nácviku na simulátoru víceoperační těžebně-dopravní technologie v porovnání s běžnými lidskými činnostmi" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.3.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu, Ing. Janu Macků, Ph.D. za efektivní vedení mé práce a za podporu v průběhu jejího zpracování.

Posouzení míry stresu při nácviku na simulátoru víceoperační těžebně-dopravní technologie v porovnání s běžnými lidskými činnostmi

Souhrn

Cílem práce je stanovit míru stresu operátora, respektive osoby v zácvičku, na simulátoru víceoperační těžebně-dopravní technologie.

Dílčím cílem práce je získat a vyhodnotit biometrická data (EMG, BVP, dechovou frekvenci a tělesnou teplotu) osoby při zácvičku na simulátoru a při běžných lidských činnostech, jako jsou relaxace, chůze, běh, a následně vyvodit míru zátěže při výcviku.

Cílem práce je také navrhnout opatření, která by v dané případové studii mohla snížit míru stresu při práci (přestávky, cvičení a podobně).

Klíčová slova: stres, zátěž, biometrie, harvestor, simulátor, EMG, BVP, tělesná teplota, dechová frekvence

Assessment of the Degree of Stress During Training on the Simulator of CTL Technology in Comparison with Normal Human Activities

Summary

The aim of this thesis is to assess the degree of stress level during training on the simulator of CTL Technology in comparison with normal human activities.

Partial goals are measurement and evaluation of biometrical data (EMG, BVP, breath rate and body temperature) of a person during training on simulator with regular human activities such as relax, walk, run and consequently derive level of stress during training.

Goal of this work is to propose such measures, which would in said situation be able to lessen stress level during work (such as breaks, workouts etc.)

Keywords: stress, load, biometry, CTL harvester, simulator, EMG, BVP, body temperature, breath frequency

Obsah

1	Úvod	11
2	Cíl práce	12
3	Literární rešerše	13
3.1	Stres	13
3.1.1	Obecné projevy stresu	13
3.1.2	Měření stresu	14
3.1.3	Zařízení pro měření stresu formou biofeedbacku	19
3.1.4	Výrobci biofeedbackových zařízení	19
3.1.5	Měřicí přístroj Biofeedback 2000 x-pert	20
3.2	Harvestory	21
3.2.1	Funkce harvestoru	22
3.2.2	Hlavní důvody pro využití harvestoru	23
3.2.3	Konstrukce harvestoru	23
3.2.4	Harvestory podle velikosti	23
3.2.5	Harvestory podle druhu podvozku	25
3.3	Simulátory harvestorů a jejich typy	25
3.3.1	Simulátory pro základní výcvik	25
3.3.2	Simulátory pro pokročilý výcvik	26
3.3.3	Simulátory pro plánování a trénink řízení	27
3.3.4	Simulátory pro výzkum a vývoj	28
3.4	Metody těžby dřeva	30
3.5	Bezpečnost práce v lese	30
3.5.1	Legislativa	30
3.5.2	Bezpečnostní dozor	31
3.5.3	Podmínky ovlivňující bezpečnost práce	32
3.5.4	Specifika bezpečnosti práce pro harvestory	33
3.6	Vyhodnocení biometrických dat	36
3.6.1	Levenův test	36
3.6.2	T-Test	36
3.6.3	P-hodnota	37
4	Metodika	38

4.1	Popis metody měření	38
4.2	Práce s daty	39
4.3	Příprava měření	39
4.3.1	Příprava měřícího pracoviště	39
4.3.2	Měření jednotlivců	39
4.4	Měření	40
4.4.1	Aktivity	40
4.4.2	Snímané veličiny	43
4.5	Vyhodnocení dat	43
5	Měření a vyhodnocení	44
5.1	Měření jednotlivci	44
5.2	Průběh měření	44
5.3	Postup vyhodnocení	45
5.4	Vyhodnocení	46
5.5	Porovnání změřených dat	46
5.5.1	Dřepy	47
5.5.2	Chůze	48
5.5.3	Relax	48
5.6	Rozdíly mezi jednotlivci	48
5.7	Doporučení pro snížení míry stresu při práci	48
6	Diskuze	50
6.1	Kvalita změřených dat	50
6.2	Omezení použitých metod	50
7	Závěr	51
8	Literatura	52
9	Seznam tabulek	55
10	Seznam grafů	56
11	Seznam obrázků	57

12	Seznam použitých zkratk a symbolů	58
13	Samostatné přílohy	59
13.1	Soubor změřených dat	59
13.1.1	EMG1	59
13.1.2	EMG2	59
13.1.3	TEMP	60
13.1.4	RESP	60
13.1.5	BVP	60
13.2	Grafické zobrazení změřených dat	61
13.2.1	EMG1	61
13.2.2	EMG2	62
13.2.3	TEMP	63
13.2.4	RESP	64

1 Úvod

Těžba dřeva provází lidstvo od nepaměti. Dřevo pro člověka bylo (a velmi pravděpodobně v budoucnu vždy bude) důležitou surovinou (FAO, 2010). S rozvojem civilizace a automatizace začala i těžba dřeva zažívat prudký rozvoj. Od původní lidské a animální síly se s nástupem motorové pily, vývoje motorů a automobilů dostává do popředí i automatizace v oblasti těžby.

Přechod od fyzické práce se sekerou či pilou k obsluze víceoperačních strojů přináší změnu nároků na pracovníka (KŘEČEK a LOUČKA, 2018). Dřívější požadavek na fyzickou odolnost nyní směřuje z části zejména na psychickou odolnost, zručnost a motorickou přesnost při obsluze komplexních řídicích systémů.

Cílem této diplomové práce je pokusit se nasimulovat, změřit a posoudit míru stresu obsluhy při ovládání harvestoru oproti běžným lidským činnostem. Současně by mohlo být možné navrhnout opatření ke snížení stresu.

Téma fyzické i psychické zátěže obsluhy je aktuální, zejména vzhledem k prudkému nárůstu zavádění komplexních víceoperačních strojů do provozu, jež má za cíl zejména navyšování efektivity práce v lesním hospodářství (DVOŘÁK et al., 2012).

Obsluha komplexního zařízení by pokud možno měla pracovat v optimálních podmínkách tak, aby nedocházelo vlivem únavy k chybám, jež mohou mít za následek škody na majetku nebo i na zdraví (KÄRHÄ et al., 2013).

Tato práce volně navazuje na předchozí práce k tomuto tématu již zpracované v rámci ČZU.

Součástí vypracování této práce je nezbytně nutné zvládnout základní technickou přípravu jako je například výcvik a alespoň krátká praxe na simulátoru harvestoru, měření a obsluha diagnostické jednotky Biofeedback 2000 x-pert, pochopení problematiky zpracování a vyhodnocování změřených biometrických dat.

2 Cíl práce

Cílem práce je stanovit míru stresu operátora, respektive osoby v zácviku, na simulátoru víceoperační těžebně-dopravní technologie. Dílčím cílem práce je získat a vyhodnotit biometrická data (EMG, BVP, dechovou frekvenci a tělesnou teplotu) osoby při zácviku na simulátoru a při běžných lidských činnostech, jako je relaxace, chůze, běh, a následně vyvodit míru zátěže při výcviku. Cílem práce je také navrhnout opatření, která by v dané případové studii mohla snížit míru stresu při práci (přestávky, cvičení a podobně).

3 Literární rešerše

Pro dosažení cíle práce je potřeba z literatury a dalších zdrojů shrnout již existující fakta. V našem případě je vhodné se zamyslet nad definicí stresu, prací v lese s ohledem na specifika těžby dřeva harvestorem. Zároveň je potřeba provést rešerši faktorů, které ovlivňují stres při práci. Z literatury lze také získat povědomí o metodách měření a vyhodnocování stresu. Porovnání naměřených hodnot lze následně provést se znalostí základních statistických metod.

3.1 Stres

Stres je fyziologická a psychologická reakce na vnější podněty, které jsou vnímány jako ohrožující nebo náročné (COHEN et al., 2007). Když se člověk setká s takovým podnětem, tělo začne produkovat stresové hormony, jako je například kortizol, což způsobuje řadu fyzických a emocionálních změn. Dlouhodobé vystavení vysoké úrovni stresu může způsobovat závažné zdravotní problémy.

3.1.1 Obecné projevy stresu

Stres se může projevovat různými způsoby, neboť každý jedinec vnímá a zvládá stresové situace odlišně. Uvádíme některé z nejčastějších projevů stresu (MCEWEN, 2012):

- Fyzické projevy: zvýšený krevní tlak, rychlý srdeční tep, bolesti hlavy, bolesti břicha, nespavost, únava, pocení, zvýšené svalové napětí a bolesti svalů.
- Psychické projevy: úzkost, nervozita, podrážděnost, snížená koncentrace, deprese, apatie, vyčerpání, pocit neschopnosti a strach.
- Chování: zvýšená agrese, závislost na alkoholu a jiných návykových látkách, sociální izolace, snížená produktivita a motivace, snížená sexuální aktivita a zvýšené projevy podrážděnosti a nestability nálady.

Je na místě si uvědomit, že tyto projevy nemusí být vždy způsobeny stresovými situacemi a mohou mít též i jiné příčiny. Pokud však některý z těchto projevů přetrvává, je vhodné konzultovat tento stav či situaci s lékařem nebo psychologem.

3.1.2 Měření stresu

Měření stresu může být velmi obtížné, protože stres mívá mnoho různých podob a každý jedinec reaguje na stres jinak (MCEWEN, 2007). Máme k dispozici několik metod, jak odborně měřit stres. Některé z nejčastěji používaných jsou:

- Dotazníkové škály – používají se ke zjištění subjektivního vnímání stresu respondentem. Je známo mnoho dotazníků, které se používají k měření stresu. Tyto dotazníky se často zaměřují na různé aspekty života - pracovní stres, rodinný stres nebo finanční stres.
- Biofeedback – technologie, která umožňuje měřit fyziologické odezvy na stres, jako je srdeční tep, dechová frekvence a svalové napětí.
- Kortizol – kortizol je hormon stresu, který se uvolňuje v reakci na stresové situace. Měření jeho hladiny v krvi, slinách nebo moči může poskytnout informace o úrovni stresu.
- Elektroencefalografie (EEG) – měří elektrickou aktivitu mozku a může ukázat, jaký druh aktivace se vyskytuje v mozku při reakci na stres.
- Funkční magnetická rezonance (fMRI) – zobrazuje aktivitu v různých oblastech mozku, což umožňuje lékařům a výzkumníkům porozumět, jaké části mozku jsou aktivovány v reakci na stres.
- Pozorování chování – chování lidí může být také použito k měření stresu. Lidé mohou například mít rychlejší dýchání nebo vykazovat známky podráždění či ztrácet trpělivost.

Všechny tyto způsoby měření stresu považujeme pouze za přibližné a mohou být ovlivněny mnoha faktory, což je například individuální variabilita. Nicméně použití kombinace těchto metod může poskytnout lepší představu o tom, jakým způsobem stres ovlivňuje jednotlivce a jaké jsou jeho fyzické a emoční projevy.

3.1.2.1 Metoda dotazníkové škály

Měření stresu pomocí dotazníkových škál je založeno na subjektivním vnímání a popisu zážitku stresu jednotlivcem. Existuje několik různých dotazníkových škál, které se používají k měření různých aspektů stresu.

Jednou z nejčastěji používaných škál je Perceived Stress Scale (PSS), která se zaměřuje na celkové vnímání stresu v daném časovém období (COHEN et al., 1983).

Škála se skládá z několika otázek, na které jednatel odpovídá s ohledem na své zkušenosti s přítomností a množstvím stresu.

Další používanou škálou je State-Trait Anxiety Inventory (STAI), která se zaměřuje na měření úrovně úzkosti jako důsledku stresových situací. Tato škála se skládá ze dvou částí – State Anxiety Scale, která měří úzkost v konkrétní stresové situaci, a Trait Anxiety Scale, která měří úzkost jako dlouhodobou vlastnost jednotlivce (SPIELBERGER et al., 1983).

Využit se dají také další škály, jako například Job Content Questionnaire, která se používá k hodnocení stresu v pracovním prostředí, a škály zaměřené na měření specifických aspektů stresu, jako je například škála pro měření sociálního stresu (KARASEK a THEORELL, 1990).

Pro hodnocení stresu pomocí dotazníkových škál je podstatné dbát na správné podmínky pro vyplnění škály a zajištění přesného a spolehlivého měření.

3.1.2.2 Metoda biofeedbacku

Metoda biofeedbacku (KHAZAN, 2013) je založena na tom, že měřený získává informace o fyziologických funkcích svého těla, jako jsou například srdeční tep, dýchání nebo svalové napětí, a snaží se tyto funkce upravovat s cílem dosáhnout relaxace a snížení stresu.

Měření stresu pomocí biofeedbacku probíhá tak, že se měřenému připojí na tělo senzory, a ty snímají informace o jeho fyziologických funkcích. Tyto informace jsou poté převáděny na zvukové nebo vizuální signály, které měřený vidí nebo slyší. Následně se pak snaží ovlivňovat tyto signály pomocí různých technik, jako jsou například hluboké dýchání, meditace, progresivní relaxace nebo vizualizace.

Měření srdečního tepu

Metodou biofeedbacku lze změřit tep pomocí senzorů umístěných na těle (LEHRER a GEVIRTZ, 2014). Senzory mohou být umístěny na hrudníku, prstu nebo uchu a měří elektrickou aktivitu srdce, která se projevuje jako elektrické signály. Tyto signály zachycují senzory a pomocí speciálního softwaru jsou zpracovány a převedeny na údaje o tepové frekvenci. Tepová frekvence je vyjádřena v počtu úderů srdce za minutu a je indikátorem srdeční aktivity. Biofeedback umožňuje sledovat a upravovat tepovou frekvenci v reálném čase a tím pomáhá snižovat stres a napětí.

Měření svalového napětí

Metoda biofeedbacku umožňuje měřit svalové napětí pomocí elektromyografického (EMG) signálu. K měření svalové aktivity se používají speciální elektrody, které jsou umístěny na povrchu kůže a snímají elektrickou aktivitu svalů. Signál z elektrod je posléze zpracováván a zobrazován na monitoru, čímž je umožněna vizualizace úrovně svalového napětí (TAN a DAO, 2014).

Během tréninku s využitím biofeedbacku se zobrazuje graf, jenž ukazuje úroveň svalové aktivity měřené osoby v reálném čase. Posuzovaný tak může sledovat, jakým způsobem se chovají jeho svaly, a může se snažit je ovládat pomocí speciálních cvičení. Pokud se svalová aktivita jeví jako příliš vysoká, může terapeut testovanému poradit, jak svaly relaxovat a tím snížit napětí v nich.

Druhy měření (MERLETTI et al, 2004):

- Statické měření – metoda měří aktivitu svalu v klidu, beze stahu. Statické měření se používá k diagnostice neuromuskulárních poruch, k nimž se řadí svalová dystrofie či nervová poškození.
- Kinematické měření – tato metoda měří elektrickou aktivitu svalu během pohybu, když je sval napjatý. Toto měření se používá k hodnocení svalového výkonu a k diagnostice poruch souvisejících s pohybem.
- Dynamické měření - uváděná metoda měří elektrickou aktivitu svalu při zátěži nebo pohybu. Dynamické měření se využívá k hodnocení svalového výkonu a při diagnostice poruch svalové funkce.

Signal processing:

Zpracování signálu je součástí EMG měření a zahrnuje filtraci a analýzu EMG signálů (FARINA, 2006). Filtraci se používá k odstranění šumu získaného z jiných zdrojů, což může být elektromagnetické rušení. Analýza EMG signálu může pomoci k odhalení abnormálních vzorců elektrické aktivity svalů.

Měření dýchání:

Metodou biofeedbacku lze měřit dýchání pomocí senzorů umístěných na hrudníku nebo břiše, které snímají pohyb těchto částí těla během nádechů a výdechů. Tyto senzory jsou propojeny s biofeedbackovým zařízením, které zobrazuje údaje o dýchání, a pomáhá uživateli upravovat své dýchání (LEHRER et al., 2000). Biofeedbackové zařízení může například vydávat zvukové signály nebo zobrazovat

vizuální zpětnou vazbu, která ukazuje, jak se dýchání mění a jak se uživatel snaží dýchání upravovat. To může pomoci uživateli snížit úroveň stresu a napětí tím, že se naučí správné dechové techniky a bude umět relaxovat.

Měření teploty:

Metoda měření teploty se nazývá termoregulace a využívá se zejména pro zlepšení relaxace a snížení úzkosti. Základním principem této metody je měření teploty kůže na různých místech těla a následné zvýšení teploty těch oblastí, které jsou vystaveny nadměrnému napětí (PEPER a GIBNEY, 2006).

Měření teploty kůže se provádí pomocí senzorů, které jsou umístěny na různých místech těla (prsty, zápěstí, čelo nebo hrudník). Tyto senzory měří množství tepla, které kůže vydává, a přenáší tuto informaci do počítače.

Poté, co jsou získané údaje zpracovány, jsou měřené osobě prezentovány v reálném čase, což umožňuje sledovat, jak se teplota na různých částech těla mění v závislosti stavu pozorovaného. Díky této zpětné vazbě mohou uživatelé lépe pochopit, jak jejich tělo reaguje na stres a jak mohou svou reakci ovlivnit.

V praxi se termoregulace používá především v terapii a relaxaci, ale také v různých sportovních a uměleckých disciplínách, při nichž je nezbytné udržovat koncentraci a klid.

Měření srdeční aktivity:

Měření srdeční aktivity lze například pomocí měření změny průtoku krve v cévách (Blood Volume Pulse). Jedná se o neinvazivní metodu měření, která zaznamenává tepovou vlnu a vypočítává různé parametry, jako jsou srdeční frekvence, variabilita srdeční frekvence, index stresu atd. BVP biofeedback se často používá v terapii pro snížení úrovně stresu a úzkosti (LEHRER a VASCHILLO, 2007).

3.1.2.3 Metoda měření hladiny kortizolu

Hodnocení stresu pomocí měření kortizolu se obvykle provádí tak, že se od testovaného jedince získá vzorek slin nebo krve (KUDIELKA et al., 2004). Ty se obvykle odebírají v průběhu dne, aby se získal přehled o tom, jak se hladina kortizolu mění v průběhu dne. Vzorky jsou poté analyzovány v laboratoři, aby se zjistilo kolísání hladiny kortizolu.

Vzhledem k tomu, že hladina kortizolu se může v průběhu dne měnit v závislosti na různých faktorech souvisejících fyzickou aktivitou, stresem, stravou a

spánkem, je doporučeno vzorky odebrat v pravidelných intervalech a sledovat změny v hladině kortizolu v průběhu času. Tyto informace pak mohou poskytnout užitečné informace o stresové odpovědi jedince a mohou pomoci identifikovat faktory, které přispívají k vysoké hladině kortizolu.

3.1.2.4 Metoda měření pomocí EEG

Elektroencefalografie (EEG) je metoda zobrazování mozkové aktivity, která se uplatňuje v diagnostice různých stavů včetně stresu. Zaznamenává elektrické signály vznikající v mozku pomocí elektrod umístěných na povrchu hlavy.

Měření stresu pomocí EEG se zaměřuje na zaznamenávání specifických frekvencí v mozku, jež jsou spojeny s určitými psychologickými stavy (KEUNE et al., 2013). Například frekvence beta (14–30 Hz) bývají často spojovány se stresovou reakcí, zatímco frekvence alfa (8–13 Hz) se dává do spojitosti s uklidňujícími a relaxačními stavy.

Pro měření stresu pomocí EEG se obvykle používají speciální headsety s elektrodami napojené k počítači. Během měření jsou pacienti požádáni, aby vykonávali úkoly, které vyvolávají stresovou reakci, jako je například matematický test nebo situace vyvolávající úzkost. Elektrické signály jsou pak zpracovávány a analyzovány s použitím speciálních programů.

3.1.2.5 Metoda měření pomocí fMRI

Funkční magnetická rezonance (fMRI) je využívána k měření aktivity v mozku a lze ji aplikovat k posouzení stresu (PRUESSNER et al., 2008). Při stresové situaci dochází v mozku k reakci, která aktivuje určité oblasti mozku. Tyto oblasti lze sledovat pomocí fMRI. Požadovaný úkol, který má vzbudit stresovou reakci, je obvykle prezentován v čase, kdy se zobrazuje mozková aktivita pomocí fMRI. Poté lze porovnat úroveň aktivity v mozku v klidovém stavu s aktivitou při provádění úkolu a určit, jak moc stresová situace ovlivňuje mozkovou aktivitu. Tento typ měření však vyžaduje speciální vybavení a je obvykle používán pouze v laboratorních podmínkách.

3.1.3 Zařízení pro měření stresu formou biofeedbacku

Mezi nejběžnější zařízení pro měření stresu formou biofeedbacku patří:

- Zařízení na měření srdečního tepu (např. HRV biofeedback)
- Elektromyografické (EMG) zařízení na měření svalového napětí (např. myofeedback)
- Zařízení na měření dýchání (např. respirační biofeedback)
- Termografické kamery na měření povrchové teploty těla (např. teplotní biofeedback)
- Zařízení na měření krevního tlaku a pulzní vlny (např. BVP biofeedback).

Tato zařízení často slouží v různých typech terapií zaměřených na snížení stresu a úzkosti.

3.1.4 Výrobci biofeedbackových zařízení

Existuje mnoho výrobců vědeckých biofeedbackových zařízení. Někteří z nejznámějších jsou:

- Thought Technology Ltd. - kanadská společnost zaměřená na vývoj a výrobu biofeedbackových zařízení pro lékaře, psychologické pracovníky a sportovce.
- Bio-Medical Instruments Inc. - americká společnost specializující se na výrobu elektroencefalografů (EEG) a dalších biofeedbackových zařízení pro zdravotnické a výzkumné účely.
- Mind Media BV – nizozemská společnost zaměřená na vývoj a výrobu biofeedbackových zařízení pro psychologickou a neurofeedbackovou terapii.
- NeuroSky Inc. - americká společnost, která se specializuje na výrobu přenosných EEG senzorů a biofeedbackových aplikací pro spotřebitele.
- Biofeedback Instrument Corporation – americká společnost, která se zabývá výrobou různých typů biofeedbackových zařízení včetně elektromyografů (EMG) a tepových senzorů.
- Stens Corporation – americká společnost, která se zaměřuje na vývoj a výrobu biofeedbackových zařízení pro různé druhy terapií včetně psychologické a neurofeedbackové terapie.

- Biofeedback Resources International – americká společnost, poskytující širokou škálu biofeedbackových zařízení a příslušenství pro různé druhy terapií a výzkumu.
- SCHUHFRIED GmbH – rakouská společnost, která nabízí produkty a služby v oblasti psychologického vyhodnocování, kognitivních metod a biofeedbacku.

3.1.5 Měřicí přístroj Biofeedback 2000 x-pert

Biofeedback 2000 x-pert je součástí většího počítačového psychologického testovacího systému, Schuhfried 2000 x-pert, který se zaměřuje na biofeedbackovou terapii (SCHUHFRIED, 2008). Biofeedback 2000 x-pert obsahuje několik sensorických modulů, jenž měří různé fyziologické parametry, a ukazují uživateli jeho fyziologické reakce v reálném čase, aby se naučil je ovládat. Některé z těchto sensorických modulů zde představíme:

- EMG (Elektromyografie) - Tento sensorický modul měří elektrickou aktivitu svalů. Uživatel se snaží uvolnit nebo napnout svaly a sleduje, jak se mění hladina elektrické aktivity svalů.
- MULTI – Tento sensorický modul umožňuje měřit:
 - o hladinu elektrické vodivosti kůže - uživatel sleduje, jak se mění hladina elektrodermální aktivity v závislosti na stresových situacích a snaží se ji ovlivnit.
 - o variabilita srdečního tepu (HRV) - tento sensorický modul měří variabilitu srdečního tepu. Uživatel se snaží upravit svou srdeční frekvenci pomocí dechových cvičení a sleduje, jak se mění variabilita srdečního tepu.
 - o teplotu (TEMP) - sensorický modul měří teplotu kůže. Uživatel sleduje, jak se mění teplota v závislosti na úrovni stresu, a snaží se ji ovlivnit pomocí různých relaxačních technik.
- RESP – sensorický modul měří charakteristiky dechové funkce. Používá se k měření dýchacích signálů díky snímačům umístěným na hrudníku uživatele.

Tyto sensorické moduly zprostředkují uživateli pozorování svých fyziologických reakcí v reálném čase. Poté se je učí ovládat pomocí různých biofeedbackových

technik. Biofeedback 2000 x-pert je často uplaňován pro terapii stresu, úzkosti a dalších psychologických problémů.

Schuhfried 2000 x-pert je počítačový psychologický testovací systém, používaný k diagnostice a hodnocení různých aspektů kognitivních funkcí a chování. Systém je složen z hardwarového a softwarového vybavení. Hardwarová část zahrnuje přenosnou jednotku, která se připojuje k počítači a která obsahuje senzory pro zaznamenávání vstupů od uživatele. Tato jednotka má obrazovku, klávesnici a různá tlačítka a spínače, které se uplatňují v provádění testů. Softwarová část se skládá z různých testů a úloh, které jsou určeny k měření různých aspektů kognitivních funkcí, zejména pozornost, paměť, reakční čas a jiné. Testy jsou interaktivní a přizpůsobují se úrovni schopností uživatele, což umožňuje přesnější a objektivnější výsledky. S přístrojem Schuhfried 2000 x-pert pracují odborníci na psychologických a neuropsychologických klinikách, výzkumných centrech a školách jako s diagnostickým nástrojem pro hodnocení kognitivních funkcí a chování u různých populací (děti, dospělí, pacienti s neurologickými poruchami a další).

3.2 Harvestory

Harvestorové těžební soupravy (anglicky harvester) jsou zařízení používaná pro těžbu dřeva (SPINELLI et al., 2015). Základní dělení harvestorových těžebních souprav se provádí podle typu pohonu, dále podle velikosti a kapacity.

Harvestor se používá pro těžbu dřeva na místech, kde je potřeba vysoké úrovně efektivity a produktivity. Za vhodné podmínky pro použití harvestoru považujeme, když je les dostatečně velký a hustý, aby bylo možné efektivně využít jeho schopností a když jsou terénní podmínky vhodné pro jeho pohyb. Také je třeba zohlednit typ dřeva, které se bude těžit, a jeho umístění v lese. Samozřejmě je vhodné taktéž zohlednit ekonomické a pracovní faktory, aby bylo použití harvestoru hospodárné. Podle typu pohonu se harvestorové těžební soupravy dělí na:

- Mechanické – s pohonem pomocí hydrauliky a elektromotorů
- Elektronické – s pohonem pomocí elektromotorů, které jsou napájeny z akumulátorů nebo z diesel-elektrického generátoru

Podle velikosti a kapacity se harvestorové těžební soupravy dělí na:

- Malé a střední – vhodné pro těžbu v lese a na menších plochách
- Velké – určené pro těžbu v průmyslovém měřítku a pro velké lesní plochy.

Harvestorová těžební souprava se v lesním hospodářství používá k řezání, odklizení a přípravě dřeva na těžební ploše. Vyvážedka (také označovaná jako forwarder) je další stroj, který se používá k přepravě řeziva z místa těžby do sběrného místa, kde se dřevo nakládá na nákladní vozidla a odváží se na zpracování.

Spolupráce mezi harvestorem a vyvážedkou probíhá tak, že harvestorová těžební souprava řeže a odklízí dřevo na místě těžby. Následně dřevo nakládá na vyvážedku, která ho převáží do sběrného místa, kde se dřevo vykládá a ukládá do zásobníků. Vyvážedka pak pokračuje v přepravě dřeva na další sběrná místa nebo na cílové místo pro další zpracování.

Harvestor a vyvážedka jsou obvykle koordinovány pomocí rádiových spojení nebo jiných komunikačních prostředků. Tato koordinace je velmi důležitá pro optimalizaci těžebních operací a minimalizaci ztrát a poškození při manipulaci se dřevem.

3.2.1 Funkce harvestoru

3.2.1.1 Řezání stromů

Harvestor je vybaven speciálním nástrojem, tzv. harvestorovým hrotem, který umožňuje řezání stromů a jejich pokládání na zem.

3.2.1.2 Ořezávání větví

Po uřezání stromu harvestor následně ořeže větve a připraví strom na další zpracování.

3.2.1.3 Manipulace se dřevem

Harvestor umí manipulovat s pokáceným dřevem, například přenášet ho a skládat do řad pro snadnější zpracování.

3.2.1.4 Měření stromů

Některé harvestory jsou vybaveny senzory pro měření výšky a průměru stromu, což umožňuje efektivnější řezání a minimalizaci ztrát.

3.2.1.5 Nastavení režimu

Harvestor umožňuje nastavit řezání stromů v různých režimech, aby bylo dosaženo maximální účinnosti při minimálním poškození okolního porostu.

3.2.2 Hlavní důvody pro využití harvestoru

Využití harvestoru má smysl zejména tam (PULKRAB et al., 2008), kde existuje možnost efektivně využívat rychlost těžby a kde pohybu harvestoru nejsou kladeny překážky. Použití je výhodné pro rovné stromy pravidelných tvarů, zejména pro jehličnaté dřeviny. Nejsnáze se zpracovávají smrky.

3.2.3 Konstrukce harvestoru

Konstrukce harvestoru je různými autory definována různě, podle Spinelliho (2015) se skládá zejména z následujících částí:

- Podvozek – pohyblivá část stroje, umožňující pohyb stroje v terénu
- Kabina řidiče – obsahuje ovládací prvky a řídicí oanely
- Hydraulický systém – umožňuje pohy a manipulaci s různými částmi harvestoru (ramena, pily, paže)
- Řezačka – část harvestoru k řezání stromů (hlavice)
- Transportní zařízení – zařízení pro nakládání a přepravu těžného dřeva

3.2.4 Harvestory podle velikosti

3.2.4.1 Malé

V České republice se nejběžněji používají malé harvestory značek Ponsse, John Deere, Logset a EcoLog. Tyto malé harvestory mají obvykle hmotnost kolem 10 až 16 tun a délku ramene mezi 7 a 10 metry. Klíčové vlastnosti těchto malých harvestorů zahrnují vysokou přesnost řezání, rychlost a účinnost práce, schopnost pracovat na různých typech terénu a schopnost snadno se přesouvat mezi místy těžby. Tyto vlastnosti jsou zajištěny pomocí sofistikovaných technologií, jako jsou GPS navigace, dálkové ovládání a automatická řídicí jednotka.

3.2.4.2 Středně velké

Středně velké harvestory jsou využívány především pro těžbu dřeva v nadměrných porostech, kde se většinou používají stroje s větší výkonností a kapacitou. Mezi nejběžnější druhy středně velkých harvestorů v ČR patří:

- Valmet 901 – jedná se o spolehlivý a výkonný harvestor, který je vhodný pro těžbu v náročných podmínkách
- Ponsse Ergo – tento harvestor se vyznačuje velmi dobrou ovladatelností a přesností, což je ideální pro těžbu v porostech s vyšší hustotou
- Komatsu 951 – výkonný stroj s dobrým výhledem pro obsluhu, který je vhodný pro těžbu v širokém spektru porostů.

Klíčovými vlastnostmi středně velkých harvestorů jsou především výkonnost, kapacita, spolehlivost, přesnost a ovladatelnost. Tyto stroje jsou schopny těžít velké množství dřeva během krátké doby a zároveň pracovat v různorodých podmínkách.

3.2.4.3 Velké

Mezi nejběžnější druhy velkých harvestorů patří například:

- Rottne
- Ponsse
- Komatsu
- John Deere

Každý z těchto výrobců nabízí několik modelů velkých harvestorů, které se liší výkonem, kapacitou a dalšími vlastnostmi. Některé z nejčastěji používaných modelů velkých harvestorů v ČR jsou například Rottne H20, Ponsse Scorpion, Komatsu 931, John Deere 1270G.

Obecně bývají velké harvestory vybaveny výkonnějšími motory a robustnějšími komponenty, které umožňují těžbu v náročných terénech a za různých podmínek. Tyto stroje mají též větší kapacitu nádrží na palivo a olej, což umožňuje delší provozní dobu bez nutnosti doplňování paliva nebo oleje. Většina velkých harvestorů je vybavena řídicím systémem pro zlepšení přesnosti a efektivity těžby a zpracování dřeva.

3.2.5 Harvestory podle druhu podvozku

Existují různé typy harvesterů, z nichž každý má své výhody a nevýhody v závislosti na druhu těžby a terénu, ve kterém se používají. Zde jsou některé základní rozdíly mezi kolovými, pásovými, kráčejičími a kombinovanými harvestory:

- Kolové harvestory: Mají kolový podvozek a hodí se pro méně náročný terén. Mají vysokou rychlost a dobrou manévrovatelnost, což z nich činí ideální volbu pro těžbu dřeva na menších plochách. Jsou také snadno přepravitelné na přívěsném vozíku.
- Pásové harvestory: Mají pásový podvozek a jsou ideální pro náročnější terén. Díky větší ploše kontaktu s půdou mají lepší trakci a jsou schopny se pohybovat ve strmějším terénu než kolové harvestory. Jsou však obvykle pomalejší a méně manévrovatelné.
- Kráčejičí harvestory: Jsou v podstatě velké stroje na nohách, které se pohybují pomocí hydraulických nožních pohybů. Jsou velmi dobře manévrovatelné a schopny pohybovat se ve velmi náročném terénu, jako jsou strmé svahy, bahenní oblasti nebo zalesněné oblasti s mnoha překážkami. Jsou však pomalejší než kolové a pásové harvestory.
- Kombinované harvestory: Jsou vybaveny jak kolovým, tak pásovým podvozkem, což jim umožňuje snadno přecházet mezi různými typy terénu. Jsou však obvykle dražší než jednodušší kolové nebo pásové harvestory.

V každé kategorii existuje mnoho různých modelů harvesterů, které se liší výkonem, kapacitou, velikostí a dalšími faktory.

3.3 Simulátory harvesterů a jejich typy

Obecně umožňují simulátory bezpečnější a jednodušší výcvik a zlepšení dovedností operátorů harvesterů (KORPELA et al., 2014).

3.3.1 Simulátory pro základní výcvik

Cílem těchto simulátorů je naučit nové operátory harvesterů základní ovládání a techniky pro práci s těžební hlavou. Tyto cvičné тренаžéry obvykle obsahují

následující základní prvky: pedály, joystick, displej s obrazovkou a simulovanou těžební hlavu. Některé z vlastností těchto simulátorů mohou zahrnovat:

- Interaktivní software – simulátory pro základní výcvik mohou mít interaktivní software, který pomáhá novým operátorům získat potřebné dovednosti a sebejistotu v bezpečném prostředí.
- Řídící prvky – simulátory mají řídicí prvky podobné těm, které se používají v reálných harvestorech. Mezi tyto prvky patří: joystick, pedály a displej s obrazovkou.
- Zpětná vazba – simulátory mohou poskytovat zpětnou vazbu v reálném čase, což umožňuje novým operátorům vidět výsledky své práce okamžitě a napravovat své chyby.
- Různé scénáře – simulátory obsahují různé scénáře, které se zaměřují na různé typy lesů a druhy dřeva.

Základní modely simulátorů pro základní výcvik:

1. Logset Simulator – tento simulátor nabízí realistické ovládání a pracovní prostředí pro lesní harvestory Logset. Obsahuje několik základních scénářů pro výuku nových operátorů.
2. John Deere Harvester Basic Simulator – simulátor pro práci s lesními harvestory John Deere.
3. Ponsse Simulator – tento simulátor je určen pro výuku ovládání a pracovní techniky při použití lesních harvesterů Ponsse. Simulátor obsahuje různé scénáře a úrovně obtížnosti.

3.3.2 Simulátory pro pokročilý výcvik

Simulátory harvesterů pro pokročilý výcvik jsou navrženy pro operátory, kteří již ovládají základní techniky, a chtějí si rozšířit své dovednosti v náročnějších situacích. Některé z vlastností těchto simulátorů mohou zahrnovat:

- Realistické prostředí – simulátory pro pokročilý výcvik mají vysokou míru realismu a umožňují operátorům trénovat v různých prostředích, včetně extrémních podmínek, např. při bouři, sněhové vánici a v nepravidelném terénu.

- Široká škála funkcí – tyto simulátory mívají obvykle více funkcí a mohou simulovat různé typy harvesterů a dalších strojů, které se používají při lesní těžbě.
- Rozmanité scénáře – simulátory pro pokročilý výcvik obsahují scénáře, které jsou zaměřeny na konkrétní úkoly a výzvy, jež musí operátoři zvládnout.
- Zpětná vazba – tyto simulátory poskytují zpětnou vazbu v reálném čase, aby operátoři mohli sledovat svůj pokrok a zlepšovat své dovednosti.

Některé modely pro pokročilý výcvik operátorů harvestoru:

1. HSM Simulator – tento simulátor je určen pro trénink na harvestorech HSM a umožňuje trénovat v různých situacích, k nimž patří špatné počasí, nerovný terén a jiné výzvy.
2. Ponsse Full Simulator – tento simulátor nabízí trénink pro harvestory Ponsse a umožňuje operátorům trénovat různé techniky a postupy pro lesní těžbu.
3. John Deere Harvester Forwarder Simulator – tento simulátor umožňuje trénink na harvestorech John Deere a poskytuje realistické prostředí pro simulaci různých situací, které mohou při lesní těžbě nastat (Obrázek 1).

3.3.3 Simulátory pro plánování a trénink řízení

Simulátory harvesterů pro plánování a trénink řízení jsou zaměřené na poskytování interaktivních prostředí pro výuku, plánování a řízení lesní těžby. Tyto simulátory jsou obvykle více zaměřené na plánování a simulaci těžby než na samotnou obsluhu harvestoru. Některé z vlastností simulátorů harvesterů pro plánování a trénink řízení jsou:

- Vysoká přesnost: simulátory jsou navrženy tak, aby co nejděleji kopírovaly skutečné prostředí lesní těžby.
- Možnost vytvářet různé scénáře: uživatelé mohou vytvářet a upravovat různé scénáře lesní těžby a experimentovat s různými strategiemi a postupy.
- Podpora různých typů harvesterů: simulátory mohou být konfigurovány pro podporu různých typů harvesterů a jejich příslušenství.
- Vysoká flexibilita: simulátory umožňují uživatelům vytvářet vlastní tréninkové plány a cvičení.

Některé konkrétní modely simulátorů harvestorů pro plánování a trénink řízení jsou například:

1. HOS (Harvesting Operation Simulator) od společnosti Komatsu Forest umožňuje uživatelům simulovat různé scénáře lesní těžby, například těžbu v náročném terénu, a experimentovat s různými strategiemi a postupy.
2. Wood Harvester Simulator od společnosti Mecanil umožňuje uživatelům trénovat řízení harvestoru v různých situacích, například při řezání dřeva a nakládání s ním.
3. Forestry Simulator od společnosti NFE - poskytuje uživatelům virtuální prostředí pro plánování a simulaci lesní těžby, dále trénink v oblasti řízení a plánování lesnických prací.

3.3.4 Simulátory pro výzkum a vývoj

Simulátory harvestorů pro vědu a výzkum řízení jsou určeny pro analýzu chování a výkonu strojů v různých podmínkách a situacích. Tyto simulátory bývají obvykle navrženy pro použití v laboratoři nebo v terénu a často umožňují přesné měření a taktéž sběr dat o výkonu a spotřebě energie stroje. Některé z vlastností, které mohou být součástí simulátorů harvestorů pro vědu a výzkum řízení:

- Vysoká přesnost a citlivost snímání dat a měření výkonu stroje
- Možnost řídit simulované podmínky a situace v různých terénech a scénářích
- Schopnost simulovat různé druhy dřeva a zahrnout do nich výkyvy počasí a vlivy klimatických podmínek
- Možnost měřit úroveň hluku a vibrací stroje pro posouzení pohodlí operátora
- Nástroje pro analýzu dat a generování reportů

Některé z konkrétních modelů simulátorů harvestorů pro vědu a výzkum řízení zahrnují:

1. Simulátor harvestoru pro výzkum a vývoj společnosti Ponsse - je určen pro analýzu výkonu a chování harvestoru v různých situacích a podmínkách.
2. Simulátor harvestoru pro výzkum a vývoj společnosti John Deere - umožňuje výzkumníkům a inženýrům získat detailní data o výkonu harvestoru a jeho jednotlivých komponentů.

3. Simulátor harvestoru pro výzkum a vývoj společnosti Komatsu Forest - nabízí pokročilou analýzu výkonu a chování harvestoru v různých podmínkách a scénářích, včetně simulace různých druhů dřeva a klimatických podmínek.



Obrázek 1 Simulátor John Deere – FLD CZU. Foto autor

3.4 Metody těžby dřeva

Kmenová a sortimentní těžba jsou různé metody těžby dřeva (HARSTALL, 1997).

- Kmenová těžba (Full tree harvesting) spočívá v odřezání celého stromu, včetně větví, který se poté transportuje do zpracovatelského závodu. Tam se kmeny zpracovávají na dřevní hmotu nebo na dřevařské výrobky.
- Sortimentní těžba (Cut-to-length, případně Shortwood harvesting) spočívá v tom, že jsou ze stromu odebírány pouze kmeny s požadovanými parametry, zatímco zbytek stromu zůstává na místě. Tyto kmeny mohou být následně rozděleny do různých sortimentů podle jejich vlastností, jako jsou rozměry, kvalita a určení.

Oba přístupy mají své výhody a nevýhody a jejich výběr závisí na konkrétních podmínkách lesa, požadavcích na produkci a ekonomických faktorech.

3.5 Bezpečnost práce v lese

Bezpečnost práce při těžbě dřeva se týká ochrany zdraví a bezpečnosti pracovníků, kteří se podílejí na těžbě dřeva. Jedná se o komplexní soubor opatření, která mají minimalizovat rizika spojená s touto činností, jako jsou pády, řezné rány, zranění od padajícího dřeva a další (JELÍNKOVÁ, 2015). Zabývá se zejména prevencí pracovních úrazů a ochranou zdraví osob vykonávajících práci v lesním prostředí. Definována bývá jako soubor opatření, která mají za cíl minimalizovat riziko úrazů a nemocí z povolání souvisejících s prací v lese. Mezi hlavní prvky bezpečnosti práce v lese patří správná volba pracovního postupu, správná volba pracovního nástroje a ochranných pomůcek, dodržování zásad bezpečné práce a zvládnutí rizikových situací.

3.5.1 Legislativa

Tento obor má svůj legislativní rámec, který je v České republice upraven zejména zákonem č. 262/2006 Sb (ZÁKONÍK PRÁCE, 2006). Nařízením vlády č. 28/2002 Sb., se stanoví minimální bezpečnostní a ochranné požadavky na práci v lese a na pracovištích s těžkými břemeny. Toto nařízení upravuje povinnosti zaměstnavatelů a zaměstnanců v oblasti bezpečnosti práce v lese a na pracovištích s těžkými břemeny, a stanovuje minimální požadavky na ochranu zdraví a životů pracovníků.

Dále lze zahrnout také zákony a normy, jako jsou například zákony o bezpečnosti práce a normy ČSN, a rovněž mezinárodní normy a směrnice, jako je například Směrnice EU o minimálních bezpečnostních a zdravotních požadavcích pro práci při ruční těžbě dřeva (2018/978/EU).

Hlavními parametry bezpečnosti práce při těžbě dřeva jsou (ŠÍMA et al, 2015):

- Použití osobní ochranné výbavy, jako jsou například bezpečnostní boty, helma, rukavice, ochranné brýle a sluchátka.
- Školení pracovníků v oblasti bezpečnosti práce a práce s těžebními stroji a nástroji.
- Pravidelná údržba těžebního vybavení a nástrojů, aby byly v bezpečném stavu.
- Pracovní postupy, které minimalizují rizika zranění, jako je například správná technika řezání a kácení dřeva.
- Dodržování bezpečnostních standardů pro práci na nebezpečných místech, jako jsou například svahy, úbočí a náročné terény.
- Zajištění dostatečného zdravotního pojištění pro pracovníky v případě zranění.

3.5.2 Bezpečnostní dozor

Bezpečnostní dozor pro manuální těžbu dřeva by měl být zajištěn zkušeným pracovníkem, který bude mít přehled o všech pracích a bude mít schopnost řídit a koordinovat činnosti týmu. Mezi jeho základní úkoly patří:

- Kontrola dodržování bezpečnostních předpisů a postupů při práci s řetězovými pilami, sekery a dalšími nástroji.
- Sledování chování a činnosti pracovníků a varování před nebezpečnými situacemi.
- Zajištění přiměřeného odstupu mezi jednotlivými pracovníky a vyhýbání se případným kolizím.
- Případná koordinace s dalšími bezpečnostními pracovníky v terénu (např. při práci v týmu).
- Pravidelná kontrola pracoviště a případné odstraňování nebezpečných situací (např. vyklizení nebezpečných větví či kmenů).

Je důležité, aby bezpečnostní dozor byl neustále ve spojení s ostatními pracovníky a měl připravené plány pro případ nouze. Dále by měl být vybaven vhodnou ochrannou výstrojí a nástroji pro případ potřeby zásahu.

3.5.3 Podmínky ovlivňující bezpečnost práce

Povětrnostní podmínky mohou významně ovlivnit bezpečnost práce při těžbě dřeva. Například *silný vítr* může způsobit, že se stromy mohou naklonit a stát se nestabilními, což zvyšuje riziko nehody. *Deštivé podmínky* mohou způsobit klouzání či uklouznutí na mokřem povrchu, což může taktéž vést k úrazům. *Sněhové podmínky* mohou způsobit kácení stromů pod vahou sněhu a ledových srážek, což může také být nebezpečné pro pracovníky. Proto je důležité, aby pracovníci vždy sledovali změny počasí a povětrnostní podmínky a aby dodržovali bezpečnostní postupy v závislosti na konkrétních podmínkách.

Teplota může ovlivnit bezpečnost při těžbě dřeva různými způsoby. V případě extrémně vysokých teplot může být práce v lese pro pracovníky fyzicky náročná a vyčerpávající, což může vést k vyššímu riziku nehod. Naopak nízké teploty mohou způsobit ztuhlost a sníženou pohyblivost, což opět zvyšuje riziko úrazů. Důležité je proto zajistit vhodné oblečení a ochranné pomůcky, které budou pracovníky chránit před nebezpečím v důsledku nepříznivých teplotních podmínek.

Viditelnost je jedním z klíčových faktorů bezpečnosti při manuální těžbě dřeva. Pokud je viditelnost omezená například v důsledku špatného počasí, může to zvýšit riziko nehod a úrazů. Pokud se viditelnost zhorší, může dojít ke snížení schopnosti pracovníků včas identifikovat nebezpečí, což může vést ke zpoždění reakce na rizika a tím ke zvýšení pravděpodobnosti vzniku nehod. Proto je důležité mít v oblastech s omezenou viditelností adekvátní ochranné prvky, jako jsou například reflexní prvky na pracovním oblečení a bezpečnostní helmy s výklopným kuželovým štítem, které umožňují lepší viditelnost.

Bezpečný prostor má velmi důležité zastoupení v bezpečnosti manuální těžby dřeva. Zajištění bezpečného prostoru zahrnuje vymezení oblasti, ve které se pracuje, tak aby se minimalizovala rizika spojená s pádem stromů, padajícími větvemi a jinými nebezpečnými situacemi. Vymezení bezpečného prostoru by mělo být prováděno v souladu s příslušnými zákony a nařízeními a mělo by zahrnovat

stanovení minimální vzdálenosti mezi těžebními pracovníky a padajícími stromy, vymezení zóny pro padající větve a další jiná opatření na minimalizaci rizik.

Při těžbě dřeva jsou velkým rizikem *polomené nebo zavěšené stromy*, které mohou ohrozit bezpečnost pracovníků. Polomy mohou být způsobeny větrem, sněhem nebo ledem, zavěšené stromy pak vznikají například při kácení stromů v úzkých prostorech nebo v náročném terénu. Pro minimalizaci těchto rizik je nezbytné pravidelné prohlížení stromů a jejich okolí, identifikace potenciálně nebezpečných stromů a následné zabezpečení jejich okolí. Pro zpracování polomů a zavěšených stromů by měly být použity vhodné metody, k nimž patří použití lana nebo kladky.

Je podstatné, aby pracovníci měli dostatečné znalosti a zkušenosti s prací s polomenými a zavěšenými stromy a aby dodržovali příslušné bezpečnostní postupy.

3.5.4 Specifika bezpečnosti práce pro harvestory

Bezpečnost práce na harvestoru při těžbě (NERUDA, 2008) zahrnuje soubor opatření, která poukazují na cíl minimalizovat rizika spojená s provozem harvesterů a ochránit zdraví a bezpečnost pracovníků. Harvester je speciální těžební stroj používaný k lesnickým pracím, zejména k těžbě dřeva. Bezpečnost práce na harvestoru má své specifika, daná povahou, prostředky a prostředím vykonávané činnosti.

Legislativní rámec pro bezpečnost práce na harvestoru zahrnuje především zákony a předpisy v oblasti ochrany zdraví a bezpečnosti práce. V České republice jsou to například zákony o bezpečnosti práce, o ochraně před ionizujícím zářením, o požární ochraně, zákon o lesích a další.

Mezi hlavní parametry bezpečnosti práce na harvestoru řadíme:

- Bezpečnostní štíty a ochranné prvky stroje, které minimalizují riziko zranění a úrazu
- Dodržování zásad ergonomie a hygieny práce, jako například správná poloha těla operátora, dostatečná osvětlenost pracoviště atd.
- Školení operátorů v oblasti bezpečnosti práce a správného používání harvesteru
- Používání osobní ochranné výbavy, což jsou helmy, ochranné brýle, rukavice apod.

- Pravidelná údržba a kontroly stroje, dále jeho bezpečnostní prvky.

Celkově lze říci, že bezpečná práce na harvestoru je významným tématem, na které by měly být zaměřeny pozornost a zdroje, aby se minimalizovalo riziko škod, úrazů a nehod při těžbě dřeva.

Vyhláška č. 378/2001 Sb. upravuje technický stav lesních strojů, včetně harvestorů, a způsob kontroly jejich technického stavu. Podle této vyhlášky musí být každý lesní stroj, harvestory nevyjímaje, vybaven řádně fungujícími ochrannými prvky a musí být pravidelně kontrolován a podroben údržbě. Konkrétně se v této vyhlášce stanovují technické a konstrukční požadavky na tyto stroje a pravidla pro jejich provozování, společně s jejich pravidelnými kontrolami a údržbou. Význam této vyhlášky lze spatřit v tendenci zajistit bezpečnost práce při těžbě dřeva pomocí zabezpečení správného technického stavu a provozu lesních strojů, taktéž harvestorů.

3.5.4.1 Příprava pracoviště

Při přípravě pracoviště pro práci s harvestorem je potřeba zohlednit mnoho faktorů:

- Sklon terénu - pracoviště by mělo být rovné nebo málo nakloněné, aby byla zajištěna stabilita a snadná manipulace s vozidlem
- Přítomnost překážek - pracoviště by mělo být co nejvíce zbaveno překážek, jako jsou kameny, pařezy nebo větve, které by mohly narušit pohyb harvestoru
- Bezpečnost elektrického vedení - pracoviště by mělo být umístěno daleko od elektrických vedení, aby nedocházelo k jejich poškození a vystavení riziku elektrického výboje
- Prostor pro skladování dřeva - na pracovišti by měl být k dispozici dostatečný prostor pro skladování těženeho dřeva a jeho nakládání na nákladní vozidlo
- Zabezpečení pracoviště - pracoviště by mělo být zabezpečeno tak, aby se na něj nedostali neoprávnění lidé, kteří by mohli ohrozit bezpečnost práce.

3.5.4.2 Výcvik obsluhy harvestoru

Výcvik obsluhy harvestoru se obvykle skládá ze dvou částí: teoretického školení a praktického výcviku. Teoretické školení poskytuje kvalifikovaný instruktor, který se

zaměřuje na základní informace o bezpečnosti práce, technice řízení, údržbě a nastavování stroje, právních předpisech a dalších relevantních tématech. Praktický výcvik se provádí pod dohledem zkušeného instruktora, který ukazuje, jak se správně používají různé funkce a zařízení harvestoru v praxi.

Celková časová náročnost výcviku se může lišit v závislosti na konkrétních požadavcích a místních zákonech. Obvykle se však pohybuje v rozmezí několika dnů až týdnů. Během výcviku je kladen důraz na bezpečné používání stroje a správné zacházení s ním. Po úspěšném absolvování výcviku získává obsluha harvestoru osvědčení o kvalifikaci, které potvrzuje, že je způsobilá k bezpečnému používání stroje.

Teoretická část zahrnuje seznámení se s pracovním prostředím a vymezením bezpečnostních zón kolem stroje, bezpečnostními pravidly, legislativou a provozními postupy. Dále školitel vysvětluje, jak pracovat s ovládacími prvky, jak postupovat při běžných a mimořádných situacích a jak pečovat o stroj.

Praktická část obvykle probíhá na terénním cvičišti nebo v reálném pracovním prostředí. Instruktor předvede základní techniky práce s harvestorem a poté dává možnost účastníkům vyzkoušet si obsluhu stroje za jeho asistence. Účastníci se učí ovládat stroj, manipulovat s řezačkou a pásovým podvozkem a osvojují si způsoby, jak postupovat při různých druzích těžby.

3.5.4.3 Hygiena práce

Hygiena práce na harvestoru je nedílnou součástí zajištění bezpečnosti a zdraví při práci s tímto strojem. Mezi základní hygienické požadavky na práci s harvestorem patří:

- Osobní hygiena – Obsluha harvestoru by měla mít čisté a přiměřeně oblečení, vhodnou pracovní obuv a ochranné pomůcky. Před prací by si měla umýt ruce.
- Klimatické podmínky – pracovník obsluhující harvestor by měl být chráněn před nepříznivými klimatickými podmínkami, jako jsou vysoké teploty, slunce, déšť, vítr, sníh apod. V případě potřeby by měla být k dispozici adekvátní ochrana před těmito podmínkami.

- Ochrana sluchu – u práce s harvestorem dochází ve většině případů k vysoké hladině hluku, který může poškozovat sluch. Proto by měla být jeho obsluha harvestoru vybavena vhodnými ochrannými sluchátky.
- Ochrana zraku – obsluha harvestoru by měla používat ochranné brýle, které zabrání očím ve styku s drobnými částicemi, prachem a třískami.
- Ochrana dýchacích cest – při práci s harvestorem může docházet k uvolňování prachu, částec nečistot a dalších látek, které mohou poškozovat dýchací cesty. Proto je důležité, aby operátor harvestoru měl k dispozici vhodné respirátory nebo masky.
- Ochrana proti nehodám – harvestor může být nebezpečný při špatné údržbě a při nesprávném použití. Proto je nezbytné, aby obsluha harvestoru byla řádně vyškolená a měla k dispozici další vhodné ochranné prvky, jako jsou ochranné zábrany, bezpečnostní pásy a jiné.

3.6 Vyhodnocení biometrických dat

Pro vyhodnocení změřených dat lze využít základní statistické metody jako je t-test a Levenův test pro porovnání výstupů z měření jednotlivých aktivit (SVATOŠOVÁ a KÁBA, 2012).

3.6.1 Levenův test

Levenův test, taktéž nazývaný test shody rozptylů, nachází své použití v testování rovnosti rozptylů mezi dvěma nebo více soubory dat (STEVENS, 2009). Tento test je užitečný při analýze biometrických vzorků, jelikož umožňuje ověřit, zda mají soubory dat podobnou variabilitu. Pokud mají soubory různé rozptyly, může to vést k nesprávným závěrům při analýze dat. Levenův test umožňuje statistikům a výzkumníkům určit, zda jsou rozdíly mezi soubory dat skutečné nebo způsobené náhodou.

3.6.2 T-Test

T-test je statistická metoda používaná při srovnání dvou skupin dat (FIELD, 2013). Slouží k ověření, zda jsou průměrné hodnoty těchto dvou skupin statisticky významně odlišné. Tento test může být využit ku příkladu pro porovnání výsledků

měření před a po aplikaci terapie, pro srovnání výkonu dvou různých skupin testovaných osob nebo pro porovnání účinnosti dvou různých léčebných postupů. T-test se obvykle uplatňuje pro srovnání malých vzorků dat, kdy nelze použít jiné statistické metody, jako například analýzu rozptylu (ANOVA).

3.6.3 P-hodnota

P-hodnotou (p-value) se nazývá statistický ukazatel, který vyjadřuje pravděpodobnost, že se výsledek statistického testu získaný z náhodného vzorku vyskytl pouze náhodou (SALKIND, 2010). P-hodnota tedy udává míru, do jaké se výsledek statistického testu vztahuje k nulové hypotéze (nulová hypotéza říká, že neexistuje žádný rozdíl mezi sledovanými skupinami nebo proměnnými). Pokud je p-hodnota menší než stanovená hladina významnosti (např. 0,05), znamená to, že výsledek je statisticky signifikantní a lze odmítnout nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy. Naopak pokud je p-hodnota vyšší než hladina významnosti, nelze odmítnout nulovou hypotézu.

4 Metodika

Hlavním cílem práce je porovnat stres osoby při zácviku práce na simulátoru harvestoru se stresem při vykonávání běžných lidských činností. Tyto situace je potřeba nejprve nasimulovat a následně na měřeném vzorku jednotlivců provést měření stresu. Data změřená následně vyhodnotíme pomocí vhodných statistických metod.

4.1 Popis metody měření

Měření bude probíhat v kampusu ČZU. Bude prováděno zařízením Biofeedback 2000 x-pert firmy Schuhfried. Obsahem měření budou následující biometrické údaje:

- EMG
- BVP
- dechová frekvence
- tělesná teplota

Zkušební měření bude probíhat na vzorku několika jednotlivců:

- U každého jednotlivce proběhne úvodní zaškolení na obsluhu simulátoru harvestoru.
- Každý jednatel projde dotazníkovým šetřením ohledně základních údajů:
 - o věk
 - o pohlaví
 - o vzdělání
 - o zdravotní stav
 - o zkušenosti s prací na harvestoru
 - o lateralita (pravorukost/levorukost)

Plánované činnosti pro porovnání:

- Výuka práce na simulátoru harvestoru se uskuteční na simulátoru firmy John Deere po úvodním základním zaškolení.
- Relaxace proběhne vsedě s minimalizací pohybu a vzruchů.
- Chůze bude probíhat v rámci kanceláře.
- Zátěž nasimulujeme sportem, konkrétně kontinuálním prováděním dřepů na místě.

4.2 Práce s daty

- Změřená data budou ve formě CSV vyexportována ze softwaru Biofeedback do Excelu firmy Microsoft, kde dojde k finální přípravě statistických souborů dat pro jejich následné zpracování v programu Statistica firmy StatSoft.
 - a. Odstranění sumárních dat
 - b. Rozdělení dat do analyzovatelných bloků statistických souborů dat
- Nad daty bude v programu Statistica provedeno základní zpracování a vyhodnocení.
 - a. T-test včetně Levenova testu (STATSOFT, 2007)
 - b. Základní statistiky
- Výsledky zpracování a vyhodnocení budou přeneseny do Excelu pro základní tabulkové a grafické zobrazení a porovnání.

4.3 Příprava měření

4.3.1 Příprava měřicího pracoviště

- Měřící stanoviště bylo sestaveno v areálu CZU. Na stanovišti byl připraven, zapojen a zprovozněn simulátoru harvesteru John Deere.
- Na přenosném počítači Dell byl nainstalován ovládací software Biofeedback 2000 x-pert, Microsoft Excel, Statistica.
- K počítači byl pomocí USB připojen licenční hub pro jednotlivé senzory Biofeedback 2000 x-pert. K jednotlivým sensorům byly připravena čidla a pro EMG i jednorázové nalepovací elektrody.
- Na simulátoru byl načten defaultní scénář pro harvester se smrkovým lesem.
- Relaxační prostor byl umístěn přímo v sedadle harvesteru. Prostor pro dřepy a chůzi byl definován ve stejné místnosti, ve které byl umístěn simulátor.

4.3.2 Měření jednotlivců

Dotazníkovým šetřením byla zjištěny základní údaje ke každé osobě.

4.4 Měření

Před samotným měřením jsou jednotlivci proškoleni na užití simulátoru harvestoru. Budou seznámeni jak s průběhem měření, tak s prostorem, kde se bude měření konat.

4.4.1 Aktivity

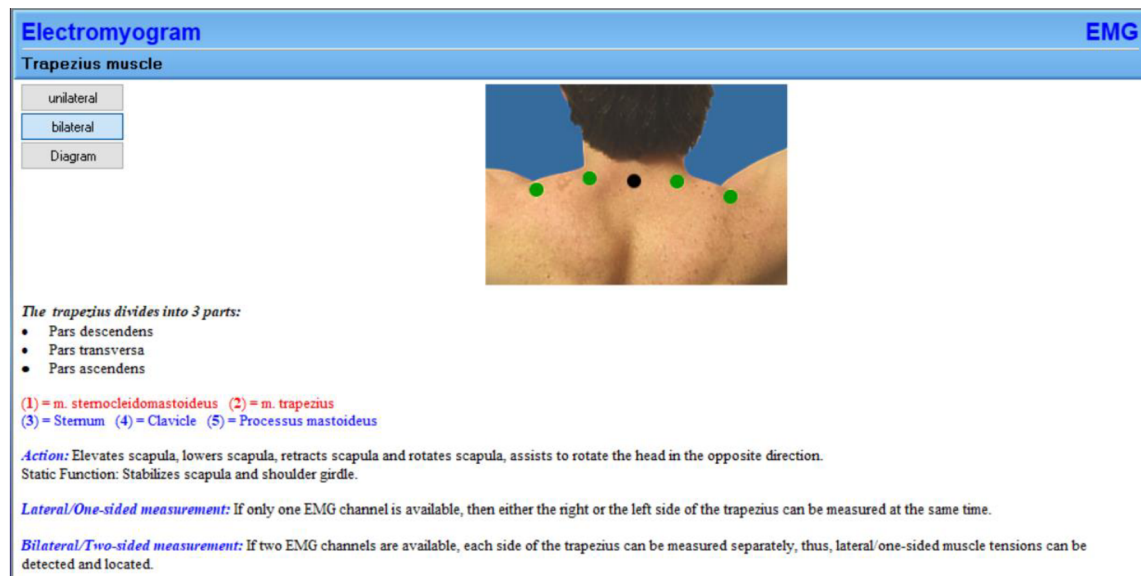
4.4.1.1 Zaškolení

Zaškolení se uskuteční na simulátoru formou ukázky a následně vlastního tréninku. Délka školení bude cca půl až jedna hodina dle schopností a přání měřené osoby. Dochází k základní ukázce práce se strojem, základnímu seznámení s principy a s ovládáním stroje, s jeho řízením a následně s ovládáním hlavy.

4.4.1.2 Příprava měření

Na každého posuzovaného bude dle instrukcí obslužného software nainstalována sada čidel měřícího biofeedbackového přístroje Schuhfried Biofeedback 2000 expert. Čidla se aktivují a pomocí bezdrátového přenosu připojí k agregační jednotce (BT hubu). Jde o následující sady čidel:

EMG: EMG1 a EMG2 čidla se umístí na trapézový sval (Obrázek 2).



Obrázek 2 Umístění čidel pro EMG1 a EMG2. Foto Schuhfried

RESP: RESP čidlo se umístí na hrudník dle následujícího obrázku (Obrázek 3):

Respiration

Abdominal and thoracic



Position for conduction:

thoracic

The point for proper chest measurement lies below the inferior angle of the scapula and the basis of the xiphoid process of the sternum.

Obrázek 3 Umístění čidla RESP na hrudníku. Foto Schuhfried

TEMP a BVP: TEMP a BVP čidla se umístí na čelenku (Obrázek 4).



Obrázek 4 Umístění TEMP a BVP čidla. Foto Schuhfried

4.4.1.3 Práce na harvestoru

Po úvodním zaškolení na simulátoru (Obrázek 5) a krátkém oddechu má každý jednotlivec za úkol vytěžit maximální množství smrkového porostu formou sortimentní těžby. Limit na práci je určen přibližně na 15 minut tak, aby při měření došlo k získání maximálního množství relevantních dat.



Obrázek 5 Simulátoru harvestoru připravený k práci. Foto autor

4.4.1.4 Relaxace

Relaxace probíhá v samotném simulátoru – v jeho křesle, v poloze vsedě. Každý jednotlivec má za úkol maximálně relaxovat, vydržet bez mluvení, s minimem pohybu. Doba trvání relaxace byla zvolena na 5 minut.

4.4.1.5 Chůze

Chůze bude prováděna v dosahu senzorů. Každý posuzovaný bude mít za úkol pohybovat se běžným krokem bez zastavování. Doba trvání měření byla stanovena na 3 minuty.

4.4.1.6 Dřepy

Dřepy pro toto měření nahradí fyzicky náročné činnosti. Dřepování bude trvat po dobu 1-2 minut.

4.4.1.7 Dotazník

Každý testovaný nakonec poskytuje osobní údaje do dotazníku pro evidenci a jejich následné vyhodnocení.

4.4.2 Snímané veličiny

V průběhu každé aktivity bude probíhat měření všech senzorů (EMG1, EMG2, RESP, TEMP, BVP). Sensory pro jednu měřenou osobu musí být pro všechny jednotlivé aktivity umístěny na totožném místě. Nesmí docházet k jejich sejmutí, jinak by jednotlivá měření aktivit nebyla prokazatelně porovnatelná.

4.5 Vyhodnocení dat

Nad daty se provede základní statistiku – t-test na nezávislých vzorcích. Nulová hypotéza (H_0) zní: Práce na harvestoru je stejně náročná jako běžné lidské aktivity. H_1 je vymezena takto: Existuje rozdíl mezi náročností práce na harvestoru oproti běžným lidským aktivitám.

Jako primární vstupní hodnoty pro porovnání se použijí data změřená během aktivity „Práce na harvestoru“ a jako sekundární se zpracují data změřená během porovnávané aktivity („Relaxace“, „Chůze“, „Dřepy“).

Pro každé měření je potřeba stanovit p-hodnotu pro ověření, zda nulová hypotéza v dané hladině významnosti platí nebo neplatí. Čím je p-hodnota menší, tím se nulová hypotéza jeví za stejných podmínek *nevěrohodnější*. Součástí vyhodnocení se stane též Levenův test pro potvrzení homogenity dat.

Výsledky pro jednotlivá srovnání se budou přenášet do Excelu. Listy dle jednotlivých senzorů budou porovnávat výsledky všech měřených jednotlivců a vypočítá se podíl mezi hodnotou změřenou při „Práci na harvestoru“ a hodnotou dané aktivity, která by měla indikovat, zdali je daná aktivita pro daný způsob měření na posuzovaném jednotlivci náročnější.

5 Měření a vyhodnocení

Měření proběhlo během dvou dnů na vzorku šesti jedinců. Simulovaly se aktivity práce na harvestoru, relaxace, chůze a fyzická zátěž. Výsledky se měřily na biofeedbackovém zařízení a data z jednotlivých senzorů se zaznamenávala do přenosného počítače. Při měření bylo nutno kontrolovat umístění měřících senzorů a jejich správné zaznamenávání v obslužném software. Po ukončení měření probíhalo vyhodnocení a následně porovnávání změřených výsledků. Ve finále bylo možno nad výsledky provést vyhodnocení a prezentaci výsledků.

5.1 Měření jednotlivci

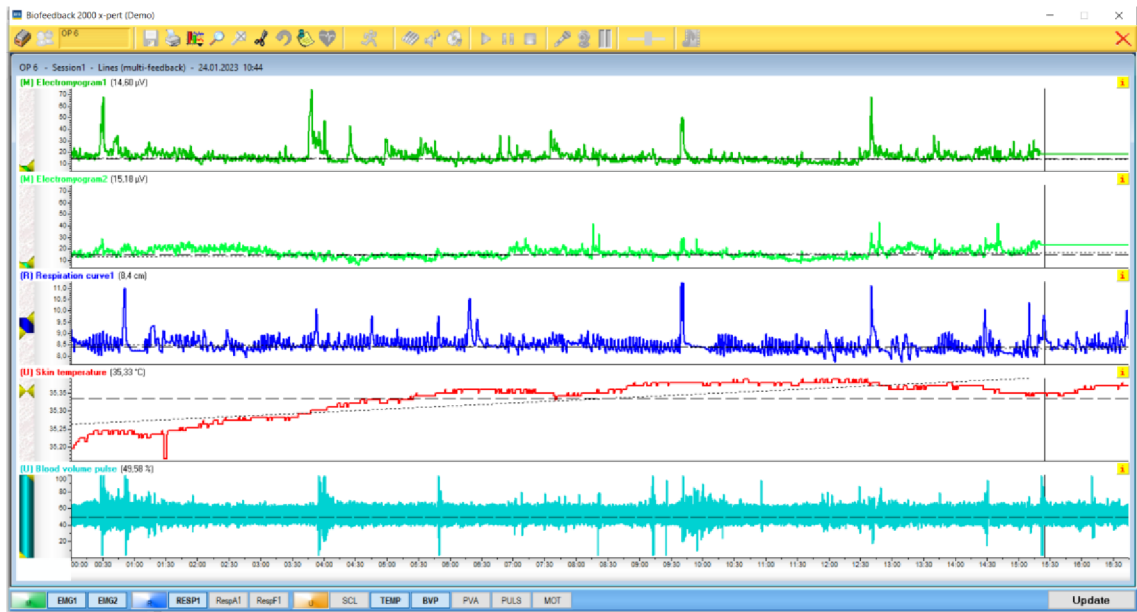
Měření se zúčastnilo šest osob (Tabulka 1), všichni s vysokoškolským vzděláním, ve věku od 35 do 49 let, všechno praváci, muži i žena, s praxí i bez praxe na simulátoru harvestoru.

Tabulka 1 Měření jednotlivci

Operátor	věk	zdravotní stav	vzdělání	pravák/levák	pohlaví	praxe harvestor
OP1	40	dobrý	vš	pravák	muž	ano
OP2	47	dobrý	vš	pravák	muž	ne
OP3	42	dobrý	vš	pravák	muž	ne
OP4	35	dobrý	vš	pravák	muž	ne
OP5	42	dobrý	vš	pravák	žena	ne
OP6	49	dobrý	vš	pravák	muž	ne

5.2 Průběh měření

Během měření nevznikl žádný problém a zvládlo se naměřit všechna data. Průběžně bylo vždy potřeba monitorovat funkčnost všech senzorů a jejich kalibraci (Obrázek 6).



Obrázek 6 Ukázka snímku měřených veličin. Foto autor

5.3 Postup vyhodnocení

Data se vyexportovala pro každé měření do CSV (Tabulka 2):

Tabulka 2 Ukázka CSV dat exportovaných z Biofeedback 2000 x-pert

Zeit	M_33_EMG1	M_33_EMG2	R_20_Resp1	R_21_RespA1	R_22_RespF1	U_13_SCL	U_15_Temp	U_16_BVP	U_17_PVA	U_18_Puls	U_19_Mot	Bemerkung
00:00:00.000	36,58064651	0,967741907	10,67643452	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	61,1721611	27,3992672	69,08462524	0,474167705	BG> Color
00:00:00.025	37,16128922	0,967741907	10,66178226	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	58,36385727	27,3992672	69,08462524	0,474167705	
00:00:00.050	37,79032135	0,967741907	10,64713097	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	55,77533722	27,3992672	69,08462524	0,409508467	
00:00:00.075	38,12903214	0,967741907	10,64713097	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	52,08791351	27,3992672	69,08462524	0,409508467	
00:00:00.100	38,37096786	0,967741907	10,64713097	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	50,32966995	27,3992672	69,08462524	0,409508467	
00:00:00.125	38,61290359	0,967741907	10,64713097	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	47,2283287	27,3992672	69,08462524	0,409508467	
00:00:00.150	38,95161438	0,967741907	10,62759495	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	44,68864441	27,3992672	69,08462524	0,30174309	
00:00:00.175	39,19355011	0,967741907	10,6129427	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	42,5396843	27,3992672	69,08462524	0,30174309	
00:00:00.200	39,09677505	0,967741907	10,6129427	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	39,19413757	27,3992672	69,08462524	0,30174309	
00:00:00.225	38,95161438	0,967741907	10,6129427	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	36,65445709	27,3992672	69,08462524	0,30174309	
00:00:00.250	38,80644989	0,967741907	10,6129427	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	33,57753372	27,3992672	69,08462524	0,193977699	
00:00:00.275	38,66128922	0,967741907	10,59829044	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	32,18559265	27,3992672	69,08462524	0,193977699	
00:00:00.300	38,41935349	0,919354856	10,59829044	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	30,67155075	27,3992672	69,08462524	0,193977699	
00:00:00.325	38,12903214	0,919354856	10,59829044	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	28,37606812	27,3992672	69,08462524	0,193977699	
00:00:00.350	37,79032135	0,919354856	10,59829044	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	28,15628815	27,3992672	69,08462524	0,193977699	
00:00:00.375	37,40322495	0,919354856	10,59829044	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	27,59462738	27,3992672	69,08462524	0,193977699	
00:00:00.400	36,91935349	0,919354856	10,59829044	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	31,79487228	27,3992672	69,08462524	0,193977699	
00:00:00.425	36,33871078	0,919354856	10,59829044	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	37,4603157	27,3992672	69,08462524	0,193977699	
00:00:00.450	36,14516068	0,919354856	10,58363819	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	42,83272171	27,3992672	69,08462524	0,165240258	
00:00:00.475	36	0,919354856	10,56898689	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	47,37484741	27,3992672	69,08462524	0,165240258	
00:00:00.500	35,75806427	0,919354856	10,56898689	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	51,74603271	27,3992672	69,08462524	0,165240258	
00:00:00.525	35,41935349	0,919354856	10,55433464	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	54,50549316	27,3992672	69,08462524	0,165240258	
00:00:00.550	35,12903214	0,919354856	10,55433464	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	58,1440773	27,3992672	69,08462524	0,143687174	
00:00:00.575	34,83871078	0,919354856	10,52503014	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	60,14651871	27,3992672	69,08462524	0,143687174	
00:00:00.600	34,64516068	0,919354856	10,51037884	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	60,73260117	27,3992672	69,08462524	0,143687174	
00:00:00.625	34,5	0,919354856	10,51037884	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	61,58730316	27,3992672	69,08462524	0,143687174	
00:00:00.650	34,30644989	0,967741907	10,47619057	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	59,56044006	27,3992672	69,08462524	0,143687174	
00:00:00.675	33,96774292	0,967741907	10,47619057	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	59,56044006	27,3992672	69,08462524	0,122134104	
00:00:00.700	33,91935349	0,967741907	10,44688606	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	59,38949966	27,3992672	69,08462524	0,122134104	
00:00:00.725	33,96774292	1,016129017	10,43223476	0,547008574	16,98754311	0	34,93999863	59,19413757	27,3992672	69,08462524	0,122134104	

Import do programu Statistica se uskutečnil pro každé měření manuálně přenesením vybraných hodnot z CSV (Tabulka 3):

Tabulka 3 Ukázka importu dat do Statistica

	1	2	3	4	5	6	7	8
	EMG1 prace	EMG1 relax	EMG1 chuze	EMG1 drepy	EMG2 prace	EMG2 relax	EMG2 chuze	EMG2 drepy
1	36,5806465	4,98387098	40,9838715	31,0645161	0,96774191	0,77419353	1,06451619	1,16129029
2	37,1612892	5,03225803	41,0322571	30,7741928	0,96774191	0,82258064	1,06451619	1,16129029
3	37,7903214	5,12903214	41,1774178	30,532259	0,96774191	0,82258064	1,06451619	1,16129029
4	38,1290321	5,17741919	41,1774178	30,3870964	0,96774191	0,82258064	1,11290324	1,16129029
5	38,1709679	5,27419376	41,2741928	30,2419357	0,96774191	0,82258064	1,11290324	1,16129029
6	38,6129036	5,27419376	41,4193535	30	0,96774191	0,87096775	1,11290324	1,16129029
7	38,9516144	5,32258081	41,6129036	29,8064518	0,96774191	0,87096775	1,11290324	1,20967746
8	39,1935501	5,32258081	41,8064499	29,6129036	0,96774191	0,87096775	1,11290324	1,20967746
9	39,0967751	5,32258081	42	29,4193554	0,96774191	0,87096775	1,06451619	1,20967746
10	38,9516144	5,27419376	42,2903214	29,2258072	0,96774191	0,87096775	1,06451619	1,20967746
11	38,8064499	5,22580624	42,6290321	29,0806446	0,96774191	0,87096775	1,06451619	1,25806451
12	38,6612892	5,22580624	43,0161285	28,9838715	0,96774191	0,87096775	1,06451619	1,25806451
13	38,4193535	5,17741919	43,8870964	29,032259	0,91935486	0,87096775	1,01612902	1,25806451
14	38,1290321	5,12903214	44,564518	29,1290321	0,91935486	0,87096775	1,01612902	1,25806451
15	37,7903214	5,08064508	45,435482	29,1774197	0,91935486	0,82258064	1,01612902	1,25806451
16	37,4032249	5,03225803	46,3064499	29,1290321	0,91935486	0,82258064	0,96774191	1,25806451
17	36,9193535	4,93548393	47,0322571	29,0806446	0,91935486	0,82258064	0,96774191	1,30645156
18	36,3387108	4,79032278	47,6129036	29,032259	0,91935486	0,82258064	0,96774191	1,30645156
19	36,1451607	4,6935482	48,3387108	29,032259	0,91935486	0,77419353	0,96774191	1,30645156
20	36	4,64516115	49,4516144	29,1774197	0,91935486	0,77419353	0,96774191	1,30645156
21	35,7580643	4,5967741	49,8387108	29,4193554	0,91935486	0,77419353	0,96774191	1,30645156
22	35,4193535	4,54838705	50,1774178	29,6612911	0,91935486	0,77419353	0,96774191	1,30645156
23	35,1290321	4,5	50,4193535	29,9032249	0,91935486	0,77419353	0,96774191	1,30645156
24	34,8387108	4,45161295	50,5161285	30,1935482	0,91935486	0,77419353	0,96774191	1,30645156
25	34,6451607	4,45161295	50,5161285	30,4838715	0,91935486	0,77419353	0,91935486	1,30645156
26	34,5	4,4032259	50,3709679	30,7258072	0,91935486	0,77419353	0,91935486	1,30645156
27	34,3064499	4,4032259	50,2741928	30,8709679	0,96774191	0,77419353	0,91935486	1,30645156
28	33,9677429	4,4032259	50,2258072	30,967741	0,96774191	0,77419353	0,91935486	1,30645156
29	33,9193535	4,45161295	49,6451607	31,0161285	0,96774191	0,82258064	0,91935486	1,30645156
30	33,9677429	4,5	49,1612892	31,1612911	1,01612902	0,82258064	0,91935486	1,35483873
31	33,9677429	4,5967741	48,7258072	31,0645181	1,01612902	0,82258064	0,91935486	1,35483873
32	33,8225822	4,64516115	48,3387108	31,4032249	1,06451619	0,82258064	0,91935486	1,35483873
33	33,435482	4,6935482	47,9032249	31,3548393	1,06451619	0,82258064	0,96774191	1,35483873

Po importu následuje porovnání dat ve skupině 1 se skupinou 2 (Tabulka 4):

Tabulka 4 Ukázka vyhodnocení – Statistica

T-test for Independent Samples (data-statistica-bvp-op6)														
Note: Variables were treated as independent samples														
Group 1 vs. Group 2	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variances	Levene F(1, df)	df Levene	p Levene
BVP prace vs. BVP chuze	49,57679	49,58572	-0,073141	49522	0,941694	40247	9277	10,10142	12,57325	1,549282	0,00	111,0579	49522	0,000000

Výsledky testu se přenesly do souhrnné tabulky v Excelu (Tabulka 5):

Tabulka 5 Ukázka přenosu výsledku do Excelu

Operator	Porovnávámé	% práce	Mean (Group 1)	Mean (Group 2)	t-value	df	p	Valid N (Group 1)	Valid N (Group 2)	Std. Dev. (Group 1)	Std. Dev. (Group 2)	F-ratio (Variances)	p (Variances)	Levene (F(1, df))	df (Levene)	p (Levene)
OP1	práce vs drepy	99%	35,23	34,82	205,36	46 447,00	-	43 536,00	2 913,00	0,11	0,02	49,92	-	5 037,91	46 447,00	-
OP2	práce vs drepy	100%	34,84	34,75	9,00	40 719,00	0,00	37 330,00	3 391,00	0,53	0,03	355,80	-	2 718,40	40 719,00	-
OP3	práce vs drepy	99%	34,45	34,22	29,94	43 335,00	-	40 036,00	3 301,00	0,44	0,03	298,86	-	4 266,96	43 335,00	-
OP4	práce vs drepy	100%	35,64	35,51	41,28	40 884,00	-	37 499,00	3 387,00	0,18	0,01	143,30	-	6 787,22	40 884,00	-
OP5	práce vs drepy	99%	35,83	35,37	61,33	42 399,00	-	39 300,00	3 101,00	0,41	0,02	379,24	-	2 218,98	42 399,00	-
OP6	práce vs drepy	99%	35,33	34,84	636,06	43 171,00	-	40 247,00	2 906,00	0,05	0,01	14,49	-	2 887,75	43 171,00	-
OP1	práce vs chuze	100%	35,23	35,09	136,44	53 534,00	-	43 536,00	9 990,00	0,11	0,15	1,88	-	2 692,23	53 534,00	-
OP2	práce vs chuze	100%	34,84	34,84	1,16	45 719,00	0,25	37 330,00	8 391,00	0,53	0,10	30,05	-	4 545,69	45 719,00	-
OP3	práce vs chuze	100%	34,45	34,34	30,54	54 791,00	-	40 036,00	14 757,00	0,44	0,19	5,58	-	5 885,33	54 791,00	-
OP4	práce vs chuze	100%	35,64	35,74	-49,22	46 340,00	-	37 499,00	8 843,00	0,18	0,18	1,04	0,01	22,14	46 340,00	0,00
OP5	práce vs chuze	99%	35,83	35,57	54,07	47 342,00	-	39 300,00	8 044,00	0,41	0,15	7,65	-	1 908,19	47 342,00	-
OP6	práce vs chuze	99%	35,33	35,00	493,46	49 522,00	-	40 247,00	9 277,00	0,05	0,09	3,27	-	8 428,28	49 522,00	-
OP1	práce vs relax	100%	35,23	35,39	-183,92	56 668,00	-	43 536,00	13 134,00	0,11	0,02	21,40	-	19 926,02	56 668,00	-
OP2	práce vs relax	101%	34,84	35,13	-66,13	51 322,00	-	37 330,00	13 994,00	0,53	0,09	37,40	-	8 002,99	51 322,00	-
OP3	práce vs relax	101%	34,45	34,65	-97,67	53 714,00	-	40 036,00	13 680,00	0,44	0,04	159,31	-	16 542,22	53 714,00	-
OP4	práce vs relax	101%	35,64	35,38	201,78	50 456,00	-	37 499,00	12 959,00	0,18	0,06	10,40	-	13 542,65	50 456,00	-
OP5	práce vs relax	101%	35,83	36,01	-51,24	52 457,00	-	39 300,00	13 159,00	0,41	0,03	214,04	-	9 153,21	52 457,00	-
OP6	práce vs relax	100%	35,33	35,27	141,29	53 191,00	-	40 247,00	12 946,00	0,05	0,01	30,54	-	16 698,38	53 191,00	-

5.4 Vyhodnocení

Vyhodnocení t-testem prokázalo, že pro porovnání zátěže lze využít měření senzorů EMG1, EMG2, TEMP, RESP, ale nelze pro ně využít BVP. Detailní náhled na změřená data a jejich grafická znázornění je dostupný v kapitole *Samostatné přílohy* (Tabulka 7 až Tabulka 11, Graf 1 až Graf 12).

5.5 Porovnání změřených dat

Pro lepší interpretaci se výsledný průměrný rozdíl zatížení počítal jako průměr výsledků poměrů změřených rozdílů přes všechny měřené jednotlivce na daném

senzoru při dané aktivitě (Tabulka 6). V tabulce je na barevné škále od zelené do červené vyznačena náročnost konkrétní porovnávané aktivity. Například červená znamená, že porovnávaná aktivita je výrazně náročnější než hodnota změřená při práci.

Tabulka 6 Porovnání změřené aktivity

Snímač	Aktivita	Průměrný rozdíl zatížení
EMG1	práce vs. dřepy	-23%
EMG2	práce vs. dřepy	-66%
TEMP	práce vs. dřepy	1%
RESP	práce vs. dřepy	-25%
EMG1	práce vs. chůze	3%
EMG2	práce vs. chůze	-8%
TEMP	práce vs. chůze	0%
RESP	práce vs. chůze	-13%
EMG1	práce vs. relax	70%
EMG2	práce vs. relax	69%
TEMP	práce vs. relax	-1%
RESP	práce vs. relax	-14%

Z výsledné tabulky se dá vytvořit závěr o náročnosti jednotlivých měřených aktivit podle námi použitých senzorů. Obecně njméně náročná je relaxace, náročnější je práce na harvestoru následovaná chůzí a nejvíce náročná je fyzická aktivita (dřepy). Z hlediska nejvhodnějšího objektivního senzoru pro měření stresu lze pravděpodobně vybrat senzor dechové aktivity (RESP), který poskytuje dostatečně přesné a dle aktivit dostatečně diferenciované výsledky. Samozřejmě nelze založit kompletní měření stresu pouze na jednom senzoru, protože pak by mohlo dojít k zanedbání ostatních projevů stresu, které se také mohou podílet na jeho celkové úrovni.

5.5.1 Dřepy

- Na trapézovém svalu a snímači EMG1 sledujeme o **23%** (resp. o **66%** pro snímač EMG2) **vyšší aktivitu než při práci.**
- Teplota je o **1% nižší než při práci.**
- Dýchání bylo změřeno o **25% vyšší než při práci.**

5.5.2 Chůze

- Na trapézovém svalu a snímači EMG1 sledujeme o **3%** (resp. o **-8%** pro snímač EMG2) **nižší aktivitu než při práci.**
- Teplota je **stejná jako při práci.**
- Dýchání bylo změřeno o **13% vyšší než při práci.**

5.5.3 Relax

- Na trapézovém svalu a snímači EMG1 sledujeme o **70%** (resp. o **69%** pro snímač EMG2) **nižší aktivitu než při práci.**
- Teplota je o **1% vyšší než při práci.**
- Dýchání bylo změřeno o **14% vyšší než při práci.**

5.6 Rozdíly mezi jednotlivci

V této případové studii zkoumaný vzorek jednotlivců netvořil signifikantní statistický soubor, který by umožňoval potvrdit rozdíl v úrovni stresu pro jednotlivé vybrané charakteristiky. Ve vzorku byla pouze jedna žena a jedna osoba se zkušeností práce na harvestoru. Všichni měli vysokoškolské vzdělání, byli praváci, s věkem v rozmezí 35 až 49 let. V praxi by se dalo porovnat například frekvence dýchání, srdečního tepu nebo teploty těla. Měření svalového napětí je závislé na umístění elektrod a neumožňuje u tohoto měření porovnávat jednotlivce mezi sebou v absolutních hodnotách. Převládající názor, že zkušenost práce s harvestorem má za následek výrazně nižší úroveň stresu se nepovedlo prokázat. EMG měří lokální hodnoty, a tudíž nelze srovnávat více jednotlivců mezi sebou (hodnoty závisí na typu a přesnosti umístěných elektrod, úroveň napětí je individuální dle svalové elektrické aktivity každého jedince). Při měření senzorem TEMP a RESP se ve vzorku ve většině měření našel jedinec bez zkušeností s ovládáním harvestoru, jehož výsledky vykazovaly v daném měření menší míru stresu než u osoby s předchozí zkušeností práce s harvestorem.

5.7 Doporučení pro snížení míry stresu při práci

Primárním doporučením, jak omezovat dlouhodobě působící stres a jak zredukovat jeho následky při obsluze víceoperační těžebně-dopravní technologie, bude zejména

poctivé dodržování pravidel hygieny práce (ochrana sluchu, zraku, dýchacích cest a dalších), zachování zásad ergonomie (poloha těla, osvětlení pracoviště) i respektování dostatečných přestávek v práci, pravidelné cvičení, pohyb na čerstvém vzduchu, a přiměřená relaxace.

Obecně se v psychologické praxi pokoušejí terapeuti pomáhat snižovat stres pomocí různých technik, k nimž řadíme hluboké dýchání, meditaci, progresivní relaxaci nebo vizualizaci. Některé z těchto způsobů lze zvládnout a praktikovat po krátkém zaškolení samotným operátorem.

Možná by rovněž bylo možné zvážit podporu monitorování a snižování stresu přímo od výrobců harvestorů (nabídnutím dodatečného systému v rámci samotného harvestoru, zabudováním základních biofeedbackových zařízení přímo do řídicích ovladačů a rozšířením softwarového vybavení harvestoru) obdobně jako se objevuje u osobních vozů.

Pro krátkodobé snižování stresu během práce lze obecně doporučit kvalitní zaškolení, dostatečnou praxi a dobré pracovní podmínky. Pokud je obsluha harvestoru v psychické i fyzické pohodě (jak bylo například změřeno při relaxaci), bude jistě vystavena menšímu stresu, než pokud bude vystavena vyšším nárokům na psychické zatížení či fyzický výkon (jak bylo například změřeno při dřepování).

6 Diskuze

Na výsledek a kvalitu práce má jistě vliv zvolená metoda, senzory a také určitě počet měřených subjektů. Hlavní cíle práce se povedlo dosáhnout, nicméně konkluzivní závěr ohledně hlavních osobních charakteristik ovlivňující stres při práci se dosáhnout nepodařilo.

6.1 Kvalita změřených dat

V některých případech měření jsou vidět zásadní rozdíly v naměřených datech a je potřeba takovým výkyvům správně porozumět.

Například v případě operátora číslo 3, kdy je senzorem EMG2 změřena aktivita svalu při chůzi jako 38 % aktivity v porovnání s prací na harvestoru, a kde u operátora číslo 4 je senzorem změřena aktivita svalu jako 213 % téhož, může být zjištěný rozdíl pravděpodobně vysvětlen nestejným umístěním elektrod či specifickým zapojováním svalů měřených jednotlivců u konkrétní činnosti.

V jednom případě kontroly důvodu rozdílu také došlo k objevení chyby ve zpracování dat (chyba obsluhy při exportu dat z Biofeedback do Statistica) a celý výpočet (a výsledky) pak bylo nutno kompletně přepočítat.

6.2 Omezení použitých metod

Nutno konstatovat, že umístování elektrod bez dostatečné průpravy odborníkem, může přinášet zkreslení v porovnávání výsledků jednotlivců mezi sebou.

Měřené veličiny nejsou samy o sobě plně vypovídající o ničem jiném než o konkrétních projevech během konkrétní činnosti. U měření metodou EMG mohou být při konkrétní činnosti některé svaly namáhány více, jiné méně nebo vůbec.

U měření stresu zvolenou metodou pak navíc není zohledněno psychické zatížení obsluhy v realitě vysokou zodpovědností za provoz drahého stroje v prostorově složitém prostředí, případně i dalších faktorů.

7 Závěr

V průběhu práce se podařilo změřit svalové napětí (EMG), BVP, tělesnou teplotu (TEMP) a dechovou frekvenci osoby při nácviu obsluhy simulátoru víceoperační těžebně-dopravní technologie a při dalších běžných lidských činnostech, jako je relaxace, chůze a zvýšená tělesná aktivita (dřepy).

Povedlo se změřená data statisticky vyhodnotit a porovnat mezi sebou. Práce potvrdila, že míra stresu operátora harvestoru při nácviu práce na harvestoru je přibližně obdobná jako při běžné chůzi, menší než při fyzicky náročné činnosti (dřepy) a větší než při relaxaci.

V rámci diskuse byly doporučeny možnosti pro snižování míry stresu a jeho následků při práci obsluhy harvestoru.

8 Literatura

1. COHEN, S., KAMARCK, T., & MERMELSTEIN, R. (1983). *A global measure of perceived stress*. Journal of health and social behavior, 24(4), 385-396
2. COHEN, S; JANICKI-DEVERTS, D; MILLER, GE. (2007). *Psychological Stress and Disease (PDF)*. JAMA. 298 (14): 1685–1687. Archivováno 24.9.2015. Dostupné na https://web.archive.org/web/20150924082915/http://www.psy.cmu.edu/~scohen/JAMA_2007_Psy_Stress_Disease.pdf. Získáno 5.7.2015
3. DANIEL, Jozef. *Psychologická analýza činnosti operátora*. Vydání první. Bratislava: Veda, 1975. 242 s. Zborník štúdií
4. DVOŘÁK, Jiří a kol. *Využití harvesterových technologií v hospodářských lesích*. Vydání první. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2012. ISBN 978-80-7458-028-4
5. FAO. (2010). *Global forest resources assessment 2010: Main report*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<https://www.fao.org/3/i1757e/i1757e00.htm>)
6. FARINA, D. (2006). *Interpretation of the surface electromyogram in dynamic contractions*. Exercise and sport sciences reviews, 34(3), 121-127.
7. FIELD, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics*. Sage publications. str. 264-272. ISBN 978-1-4462-6276-5.
8. HARSTALL, Gary S. et al. *Shortwood versus Full-tree Harvesting in Northern Alberta*. The Forestry Chronicle, 1997, roč. 73, č. 4, s. 455-460. DOI: 10.5558/tfc73455-4.
9. JELÍNKOVÁ, Jana, et al. *Bezpečnost práce v lesním hospodářství*. Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-269-7.
10. KARASEK, R. A., & THEORELL, T. (1990). *Healthy work: stress, productivity, and the reconstruction of working life*. Basic books.
11. KÄRHÄ, K., KUITTO, P. J., & ASIKAINEN, A. (2013). *Harvesting of Woody Biomass*. In Forest Bioenergy Production: Management, Carbon sequestration and Adaptation (pp. 59-89). Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing.
12. KEUNE, P. M., BOSTANOV, V., KOTCHOUBEY, B., & HAUTZINGER, M. (2013). *Frontal EEG alpha asymmetry and depression symptoms in patients with major depression: preliminary results from a pilot study*. Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, 44(3), 255-260. doi: 10.1016/j.jbtep.2012.12.003
13. KHAZAN, I. Z. (2013). *The clinical handbook of biofeedback: A step-by-step guide for training and practice with mindfulness*. John Wiley & Sons.
14. KORPELA, Tapio et al. *Virtual reality simulators for forest machine operator training: a review*. The International Journal of Forest Engineering, 2014, roč. 25, č. 1, s. 29-41. DOI: 10.1080/14942119.2014.912609.

15. KŘEČEK, J., & LOUČKA, R. (2018). *Stanovení efektivity těžby s využitím harvestorů a forwarderů v různých podmínkách*. Journal of Forest Science, 64(3), 136-146.
16. KUDIELKA, B. M., BUSKE-KIRSCHBAUM, A., & HELLHAMMER, D. H. (2004). *HPA axis responses to laboratory psychosocial stress in healthy elderly adults, younger adults, and children: impact of age and gender*. Psychoneuroendocrinology, 29(1), 83-98. [https://doi.org/10.1016/S0306-4530\(02\)00146-4](https://doi.org/10.1016/S0306-4530(02)00146-4)
17. LEHRER, P., & GEVIRTZ, R. (2014). *Heart rate variability biofeedback: How and why does it work?*. Frontiers in psychology, 5, 756. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00756>
18. LEHRER, P., & VASCHILLO, E. (2007). *Introduction to heart rate variability biofeedback*. Applied psychophysiology and biofeedback, 32(3-4), 95-99. <https://doi.org/10.1007/s10484-007-9043-9>
19. LEHRER, P., VASCHILLO, E., & VASCHILLO, B. (2000). *Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for training*. Applied Psychophysiology and Biofeedback, 25(3), 177-191. <https://doi.org/10.1023/A:1009536902822>
20. MCEWEN, B. S. (2007). *Physiology and neurobiology of stress and adaptation: central role of the brain*. Physiological reviews, 87(3), 873-904. <https://doi.org/10.1152/physrev.00041.2006>
21. MCEWEN, B. S. (2012). *Brain on stress: How the social environment gets under the skin*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(Supplement 2), 17180-17185. <https://doi.org/10.1073/pnas.1121254109>
22. MERLETTI, R., & PARKER, P. A. (2004). *Electromyography: Physiology, engineering, and noninvasive applications*. John Wiley & Sons.
23. NERUDA, Jindřich. *Harvestorové technologie lesní těžby*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008.
24. PEPPER, E., & GIBNEY, K. H. (2006). *Biofeedback versus pharmacological treatment of essential hypertension: a systematic review and meta-analysis*. Applied psychophysiology and biofeedback, 31(1), 21-41. <https://doi.org/10.1007/s10484-006-9001-9>
25. PRUESSNER, J. C., DEDOVIC, K., KHALILI-MAHANI, N., ENGERT, V., PRUESSNER, M., BUSS, C., ... & LUPIEN, S. (2008). *Deactivation of the limbic system during acute psychosocial stress: evidence from positron emission tomography and functional magnetic resonance imaging studies*. Biological psychiatry, 63(2), 234-240. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.04.041>
26. PULKRAB, Karel; ŠIŠÁK, Luděk; BARTUNĚK, Jiří. *Hodnocení efektivnosti v lesním hospodářství*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2008. ISBN 978-80-87154-12-0.
27. ROUČ, Zdeněk. *Posouzení míry stresu při nácviu ovládnání harvestorové technologie u studentů v závislosti na jejich praxi*. Diplomová práce. Praha, ČZÚ, 2018, 94 s.
28. SALKIND, N. J. (2010). *Encyclopedia of research design*. Sage Publications. str. 1024-1026. ISBN 978-1-4129-5870-2.

29. SCHUHFRIED: *Biofeedback 2000 x-pert. Software-Manual Version 3.0*. Modeling: Biofeedback, 2008
30. SCHUHFRIED: *Biofeedback 2000 x-pert. Hardware-Manual Version 3.0*. Modeling: Biofeedback, 2008
31. SPIELBERGER, C. D., GORSUCH, R. L., LUSHENE, R., VAGG, P. R., & JACOBS, G. A. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Consulting Psychologists Press.
32. SPINELLI, R., MAGAGNOTTI, N., & PICCHI, G. (2015). *Forest harvesters: a review of recent technological developments*. International Journal of Forest Engineering, 26(2), 67-80. <https://doi.org/10.1080/14942119.2015.1048004>
33. STATSOFT. (2007). *Statistica (data analysis software system)*, version 8.0. Tulsa, OK: StatSoft.
34. STEVENS, J. P. (2009). *Applied multivariate statistics for the social sciences*. Routledge. str. 312-314. ISBN 978-0-8058-6042-8.
35. SVATOŠOVÁ, L., KÁBA, B. *Statistické metody I*, 1. vydání. PEF ČZU, Praha 2012. 132 s. ISBN 978-80-213-1672-0
36. ŠÍMA, M., VÍTŮ, M., KUKLA, R.: *Bezpečnost práce v lesním hospodářství*, Mendelova univerzita v Brně, 2015.
37. ŠKVOR, P. *Vyhodnocení vybraných biometrických ukazatelů operátora lesního navijáku – analýza elektromyogramu svalů zápěstí a předloktí*. Diplomová práce. Praha, ČZÚ, 2020, 95 s.
38. TAN, G., & DAO, T. K. (2014). *Biofeedback and neurofeedback applications in sport psychology: Peak performance training for athletes*. Routledge. ISBN: 978-0415810801
39. ULRICOVÁ, Monika. *Člověk, stres a osobnostní předpoklady: souvislost osobnostních rysů a odolnosti vůči stresu*. Ústí nad Orlicí: Oftis ve spolupráci s Pedagogickou fakultou Univerzity Hradec Králové, 2012. ISBN 978-80-7405-186-9.
40. ZÁKONÍK PRÁCE. In: *Zákon č. 262/2006 Sb.* [online]. 2006 [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262>

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 Měření jednotlivci	44
Tabulka 2 Ukázka CSV dat exportovaných z Biofeedback 2000 x-pert.....	45
Tabulka 3 Ukázka importu dat do Statistica.....	46
Tabulka 4 Ukázka vyhodnocení – Statistica.....	46
Tabulka 5 Ukázka přenosu výsledku do Excelu	46
Tabulka 6 Výsledky EMG1	59
Tabulka 7 Výsledky EMG2	59
Tabulka 8 Výsledky TEMP	60
Tabulka 9 Výsledky RESP	60
Tabulka 10 Výsledky BVP	60

10 Seznam grafů

Graf 1 EMG1 – srovnání práce vs. dřepy.....	61
Graf 2 EMG1 – srovnání práce vs. chůze.....	61
Graf 3 EMG1 – srovnání práce vs. relax	61
Graf 4 EMG2 – srovnání práce vs. dřepy.....	62
Graf 5 EMG2 – srovnání práce vs chůze.....	62
Graf 6 EMG2 – srovnání práce vs. relax	62
Graf 7 TEMP – srovnání práce vs. dřepy.....	63
Graf 8 TEMP – srovnání práce vs chůze.....	63
Graf 9 TEMP – srovnání práce vs. relax	63
Graf 10 RESP – srovnání práce vs. dřepy	64
Graf 11 RESP – srovnání práce vs. chůze	64
Graf 12 RESP – srovnání práce vs. relax.....	64

11 Seznam obrázků

Obrázek 1 Simulátor John Deere – FLD CZU. Foto autor	29
Obrázek 2 Umístění čidel pro EMG1 a EMG2. Foto Schuhfried	40
Obrázek 3 Umístění čidla RESP na hrudníku. Foto Schuhfried	41
Obrázek 4 Umístění TEMP a BVP čidla. Foto Schuhfried	41
Obrázek 5 Simulátoru harvestoru připravený k práci. Foto autor	42
Obrázek 6 Ukázka snímku měřených veličin. Foto autor	45

12 Seznam použitých zkratek a symbolů

- ANOVA – Analysis of variance
- BT – Bluetooth
- BVP – Blood Volume Pulse
- CSV – Comma-Separated Values
- CTL – Cut-to-length
- CZU – Česká zemědělská univerzita
- ČR – Česká republika
- EEG – Elektroencefalografie
- EMG – Electromyography
- FLD – Fakulta lesnická a dřevařská
- fMRI – Funkční magnetická rezonance
- HOS – Harvesting Operation Simulator
- HRV – Heart Rate Variability
- PSS – Perceived Stress Scale
- STAI – State-Trait Anxiety Inventory
- TEMP – Temperature
- RESP – Respiration
- USB – Universal Serial Bus

13 Samostatné přílohy

Zde uvádím výsledky změřených a porovnávaných hodnot na jednotlivých senzorech a následně grafické znázornění porovnání změřených hodnot konkrétního senzoru pro jednotlivé měřené jedince.

13.1 Soubor změřených dat

13.1.1 EMG1

Tabulka 6 Výsledky EMG1

Operator	Porovnávané	% práce	Mean (Group 1)	Mean (Group 2)	t-value	df	p	Valid N (Group 1)	Valid N (Group 2)	Std.Dev. (Group 1)	Std.Dev. (Group 2)	F-ratio (Variances)	p (Variances)	Levene (F(1,df))	df (Levene)	p (Levene)
OP1	práce vs drepy	92%	42,73	39,12	17,27	46 447,00	0,00	43 536,00	2 913,00	10,98	9,99	1,21	0,00	28,00	46 447,00	0,00
OP2	práce vs drepy	87%	46,90	40,79	30,42	40 719,00	0,00	37 330,00	3 391,00	11,26	10,47	1,16	0,00	139,83	40 719,00	0,00
OP3	práce vs drepy	113%	29,42	33,40	- 26,58	43 335,00	0,00	40 036,00	3 301,00	6,83	18,10	7,02	0,00	15 107,04	43 335,00	0,00
OP4	práce vs drepy	96%	25,10	24,03	3,07	40 884,00	0,00	37 499,00	3 387,00	20,17	11,19	3,25	0,00	649,50	40 884,00	0,00
OP5	práce vs drepy	160%	63,53	101,55	- 49,01	42 399,00	0,00	39 300,00	3 101,00	42,00	36,01	1,36	0,00	64,33	42 399,00	0,00
OP6	práce vs drepy	191%	14,60	27,81	- 100,65	43 171,00	0,00	40 247,00	2 926,00	5,81	15,17	6,81	0,00	1 115,86	43 171,00	0,00
OP1	práce vs chuze	106%	42,73	45,23	- 21,63	53 524,00	0,00	43 536,00	9 990,00	10,98	7,45	2,17	0,00	1 881,25	53 524,00	0,00
OP2	práce vs chuze	110%	46,90	51,44	- 34,68	45 719,00	0,00	37 330,00	8 391,00	11,26	8,69	1,68	0,00	1 917,45	45 719,00	0,00
OP3	práce vs chuze	48%	29,42	14,04	204,94	54 791,00	0,00	40 036,00	14 757,00	6,83	9,95	2,12	0,00	1 273,46	54 791,00	0,00
OP4	práce vs chuze	112%	25,10	28,04	- 13,47	46 340,00	0,00	37 499,00	8 843,00	20,17	7,66	6,94	0,00	4 412,17	46 340,00	0,00
OP5	práce vs chuze	55%	63,53	35,18	58,61	47 342,00	0,00	39 300,00	8 044,00	42,00	23,91	3,09	0,00	3 087,16	47 342,00	0,00
OP6	práce vs chuze	153%	14,60	22,30	- 77,96	49 522,00	0,00	40 247,00	9 277,00	5,81	15,72	7,32	0,00	2 170,97	49 522,00	0,00
OP1	práce vs relax	11%	42,73	4,89	394,69	56 668,00	0,00	43 536,00	13 134,00	10,98	0,54	420,71	0,00	22 057,93	56 668,00	0,00
OP2	práce vs relax	15%	46,90	7,05	376,49	51 322,00	0,00	37 330,00	13 994,00	11,26	8,95	1,58	0,00	10 096,84	51 322,00	0,00
OP3	práce vs relax	25%	29,42	7,24	319,98	53 714,00	0,00	40 036,00	13 680,00	6,83	7,48	1,20	0,00	308,54	53 714,00	0,00
OP4	práce vs relax	15%	25,10	3,70	113,98	50 456,00	0,00	37 499,00	12 959,00	20,17	12,07	2,79	0,00	5 230,98	50 456,00	0,00
OP5	práce vs relax	36%	63,53	23,16	109,76	52 457,00	0,00	39 300,00	13 159,00	42,00	6,90	37,08	0,00	13 716,31	52 457,00	0,00
OP6	práce vs relax	80%	14,60	11,69	50,05	53 191,00	0,00	40 247,00	12 946,00	5,81	5,50	1,12	0,00	360,53	53 191,00	0,00

13.1.2 EMG2

Tabulka 7 Výsledky EMG2

Operator	Porovnávané	% práce	Mean (Group 1)	Mean (Group 2)	t-value	df	p	Valid N (Group 1)	Valid N (Group 2)	Std.Dev. (Group 1)	Std.Dev. (Group 2)	F-ratio (Variances)	p (Variances)	Levene (F(1,df))	df (Levene)	p (Levene)
OP1	práce vs drepy	125%	0,97	1,22	- 112,01	46 447,00	0,00	43 536,00	2 913,00	0,11	0,14	1,59	0,00	375,37	46 447,00	0,00
OP2	práce vs drepy	93%	46,82	43,65	13,66	40 719,00	0,00	37 330,00	3 391,00	13,17	10,15	1,68	0,00	433,37	40 719,00	0,00
OP3	práce vs drepy	106%	32,70	34,80	- 13,07	43 335,00	0,00	40 036,00	3 301,00	7,21	20,23	7,86	0,00	22 111,06	43 335,00	0,00
OP4	práce vs drepy	222%	12,19	27,11	- 103,08	40 884,00	0,00	37 499,00	3 387,00	7,74	11,02	2,03	0,00	1 167,12	40 884,00	0,00
OP5	práce vs drepy	300%	39,14	117,26	- 167,00	42 399,00	0,00	39 300,00	3 101,00	23,62	39,13	2,74	0,00	2 318,56	42 399,00	0,00
OP6	práce vs drepy	149%	15,18	22,64	- 85,15	43 171,00	0,00	40 247,00	2 926,00	4,30	7,35	2,92	0,00	890,72	43 171,00	0,00
OP1	práce vs chuze	102%	0,97	0,99	- 11,86	53 524,00	0,00	43 536,00	9 990,00	0,11	0,12	1,08	0,00	56,13	53 524,00	0,00
OP2	práce vs chuze	99%	46,82	46,19	4,19	45 719,00	0,00	37 330,00	8 391,00	13,17	8,67	2,31	0,00	2 838,18	45 719,00	0,00
OP3	práce vs chuze	38%	32,70	12,43	317,22	54 791,00	0,00	40 036,00	14 757,00	7,21	4,71	2,34	0,00	2 672,41	54 791,00	0,00
OP4	práce vs chuze	213%	12,19	25,92	- 142,41	46 340,00	0,00	37 499,00	8 843,00	7,74	9,69	1,57	0,00	59,76	46 340,00	0,00
OP5	práce vs chuze	78%	39,14	30,58	28,19	47 342,00	0,00	39 300,00	8 044,00	23,62	29,91	1,60	0,00	66,67	47 342,00	0,00
OP6	práce vs chuze	119%	15,18	18,04	- 42,24	49 522,00	0,00	40 247,00	9 277,00	4,30	10,20	5,63	0,00	268,63	49 522,00	0,00
OP1	práce vs relax	86%	0,97	0,84	119,72	56 668,00	0,00	43 536,00	13 134,00	0,11	0,10	1,24	0,00	18,17	56 668,00	0,00
OP2	práce vs relax	14%	46,82	6,65	328,56	51 322,00	0,00	37 330,00	13 994,00	13,17	9,77	1,82	0,00	9 414,91	51 322,00	0,00
OP3	práce vs relax	25%	32,70	8,12	311,03	53 714,00	0,00	40 036,00	13 680,00	7,21	9,88	1,88	0,00	188,19	53 714,00	0,00
OP4	práce vs relax	6%	12,19	0,74	166,71	50 456,00	0,00	37 499,00	12 959,00	7,74	1,90	16,59	0,00	12 224,60	50 456,00	0,00
OP5	práce vs relax	2%	39,14	0,97	184,99	52 457,00	0,00	39 300,00	13 159,00	23,62	2,50	89,35	0,00	22 147,56	52 457,00	0,00
OP6	práce vs relax	50%	15,18	7,59	137,30	53 191,00	0,00	40 247,00	12 946,00	4,30	8,09	3,53	0,00	91,52	53 191,00	0,00

13.1.3 TEMP

Tabulka 8 Výsledky TEMP

Operator	Porovnávané	% práce	Mean (Group 1)	Mean (Group 2)	t-value	df	p	Valid N (Group 1)	Valid N (Group 2)	Std.Dev. (Group 1)	Std.Dev. (Group 2)	F-ratio (Variances)	p (Variances)	Levene (F(1,df))	df (Levene)	p (Levene)
OP1	práce vs drepy	99%	35,23	34,82	205,36	46 447,00	0,00	43 536,00	2 913,00	0,11	49,92	355,80	0,00	5 037,91	46 447,00	0,00
OP2	práce vs drepy	100%	34,84	34,75	9,00	40 719,00	0,00	37 330,00	3 391,00	0,53	0,03	355,80	0,00	2 718,40	40 719,00	0,00
OP3	práce vs drepy	99%	34,45	34,22	29,94	43 335,00	0,00	40 036,00	3 301,00	0,44	0,03	298,86	0,00	4 266,96	43 335,00	0,00
OP4	práce vs drepy	100%	35,64	35,51	41,28	40 884,00	0,00	37 499,00	3 387,00	0,18	0,01	143,30	0,00	6 787,22	40 884,00	0,00
OP5	práce vs drepy	99%	35,83	35,37	61,33	42 399,00	0,00	39 300,00	3 101,00	0,41	0,02	379,24	0,00	2 218,98	42 399,00	0,00
OP6	práce vs drepy	99%	35,33	34,84	536,06	43 171,00	0,00	40 247,00	2 926,00	0,05	0,01	14,49	0,00	2 987,75	43 171,00	0,00
OP1	práce vs chuze	100%	35,23	35,05	135,44	53 524,00	0,00	43 536,00	9 990,00	0,11	0,15	1,88	0,00	2 692,23	53 524,00	0,00
OP2	práce vs chuze	100%	34,84	34,84	- 1,16	45 719,00	0,25	37 330,00	8 391,00	0,53	0,10	30,05	0,00	4 545,69	45 719,00	0,00
OP3	práce vs chuze	100%	34,45	34,34	30,54	54 791,00	0,00	40 036,00	14 757,00	0,44	0,19	5,58	0,00	5 885,33	54 791,00	0,00
OP4	práce vs chuze	100%	35,64	35,74	- 49,22	46 340,00	0,00	37 499,00	8 843,00	0,18	0,18	1,04	0,01	22,14	46 340,00	0,00
OP5	práce vs chuze	99%	35,83	35,57	54,07	47 342,00	0,00	39 300,00	8 044,00	0,41	0,15	7,65	0,00	1 908,19	47 342,00	0,00
OP6	práce vs chuze	99%	35,33	35,00	493,46	49 522,00	0,00	40 247,00	9 277,00	0,05	0,09	3,27	0,00	8 428,28	49 522,00	0,00
OP1	práce vs relax	100%	35,23	35,39	- 163,92	56 668,00	0,00	43 536,00	13 134,00	0,11	0,02	21,40	0,00	19 926,02	56 668,00	0,00
OP2	práce vs relax	101%	34,84	35,13	- 66,13	51 322,00	0,00	37 330,00	13 994,00	0,53	0,09	37,40	0,00	8 002,99	51 322,00	0,00
OP3	práce vs relax	101%	34,45	34,83	- 97,67	53 714,00	0,00	40 036,00	13 680,00	0,44	0,04	129,31	0,00	16 542,22	53 714,00	0,00
OP4	práce vs relax	101%	35,64	35,96	- 201,76	50 456,00	0,00	37 499,00	12 959,00	0,18	0,06	10,40	0,00	13 542,65	50 456,00	0,00
OP5	práce vs relax	101%	35,83	36,01	- 51,24	52 457,00	0,00	39 300,00	13 159,00	0,41	0,03	214,04	0,00	9 153,21	52 457,00	0,00
OP6	práce vs relax	100%	35,33	35,27	141,29	53 191,00	0,00	40 247,00	12 946,00	0,05	0,01	30,54	0,00	16 898,38	53 191,00	0,00

13.1.4 RESP

Tabulka 9 Výsledky RESP

Operator	Porovnávané	% práce	Mean (Group 1)	Mean (Group 2)	t-value	df	p	Valid N (Group 1)	Valid N (Group 2)	Std.Dev. (Group 1)	Std.Dev. (Group 2)	F-ratio (Variances)	p (Variances)	Levene (F(1,df))	df (Levene)	p (Levene)
OP1	práce vs drepy	103%	9,83	10,11	- 37,73	46 447,00	0,00	43 536,00	2 913,00	0,33	0,90	7,41	0,00	9 809,57	46 447,00	0,00
OP2	práce vs drepy	115%	9,31	10,68	- 166,42	40 719,00	0,00	37 330,00	3 391,00	0,34	1,12	10,57	0,00	14 597,32	40 719,00	0,00
OP3	práce vs drepy	109%	9,39	10,26	- 132,12	43 335,00	0,00	40 036,00	3 301,00	0,30	0,81	7,53	0,00	12 213,97	43 335,00	0,00
OP4	práce vs drepy	164%	7,50	12,31	- 414,07	40 884,00	0,00	37 499,00	3 387,00	0,53	1,40	6,93	0,00	10 497,75	40 884,00	0,00
OP5	práce vs drepy	117%	8,15	9,57	- 160,44	42 399,00	0,00	39 300,00	3 101,00	0,42	0,92	4,80	0,00	6 656,44	42 399,00	0,00
OP6	práce vs drepy	140%	8,41	11,76	- 404,86	43 171,00	0,00	40 247,00	2 926,00	0,34	1,06	9,47	0,00	11 279,21	43 171,00	0,00
OP1	práce vs chuze	111%	9,83	10,93	- 282,61	53 524,00	0,00	43 536,00	9 990,00	0,33	0,43	1,69	0,00	1 324,37	53 524,00	0,00
OP2	práce vs chuze	88%	9,31	8,16	250,88	45 719,00	0,00	37 330,00	8 391,00	0,34	0,50	2,15	0,00	1 147,52	45 719,00	0,00
OP3	práce vs chuze	105%	9,39	9,89	- 144,55	54 791,00	0,00	40 036,00	14 757,00	0,30	0,49	2,76	0,00	4 130,02	54 791,00	0,00
OP4	práce vs chuze	137%	7,50	10,28	- 434,28	46 340,00	0,00	37 499,00	8 843,00	0,53	0,58	1,21	0,00	299,38	46 340,00	0,00
OP5	práce vs chuze	132%	8,15	10,73	- 492,64	47 342,00	0,00	39 300,00	8 044,00	0,42	0,47	1,26	0,00	190,62	47 342,00	0,00
OP6	práce vs chuze	104%	8,41	8,75	- 79,69	49 522,00	0,00	40 247,00	9 277,00	0,34	0,50	2,12	0,00	924,86	49 522,00	0,00
OP1	práce vs relax	86%	9,83	8,45	433,91	56 668,00	0,00	43 536,00	13 134,00	0,33	0,27	1,52	0,00	640,37	56 668,00	0,00
OP2	práce vs relax	119%	9,31	11,08	- 444,60	51 322,00	0,00	37 330,00	13 994,00	0,34	0,53	2,36	0,00	4 262,91	51 322,00	0,00
OP3	práce vs relax	104%	9,39	9,77	- 139,00	53 714,00	0,00	40 036,00	13 680,00	0,30	0,21	1,98	0,00	2 521,76	53 714,00	0,00
OP4	práce vs relax	132%	7,50	9,90	- 490,64	50 456,00	0,00	37 499,00	12 959,00	0,53	0,29	3,42	0,00	3 251,79	50 456,00	0,00
OP5	práce vs relax	122%	8,15	9,93	- 471,95	52 457,00	0,00	39 300,00	13 159,00	0,42	0,18	5,19	0,00	5 285,56	52 457,00	0,00
OP6	práce vs relax	124%	8,41	10,41	- 454,94	53 191,00	0,00	40 247,00	12 946,00	0,34	0,64	3,45	0,00	6 908,71	53 191,00	0,00

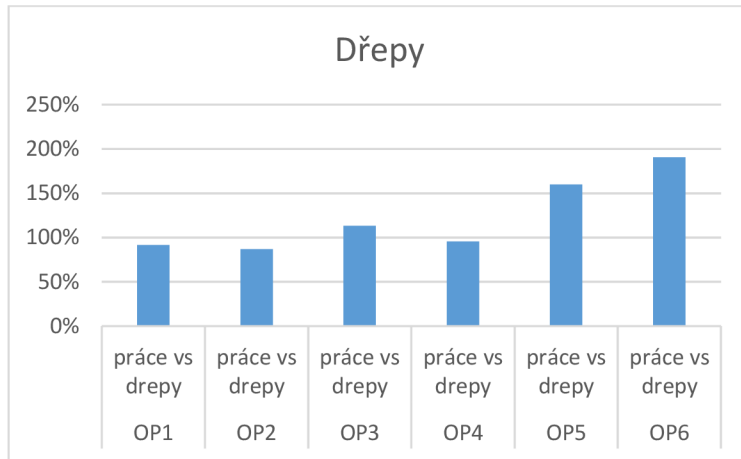
13.1.5 BVP

Tabulka 10 Výsledky BVP

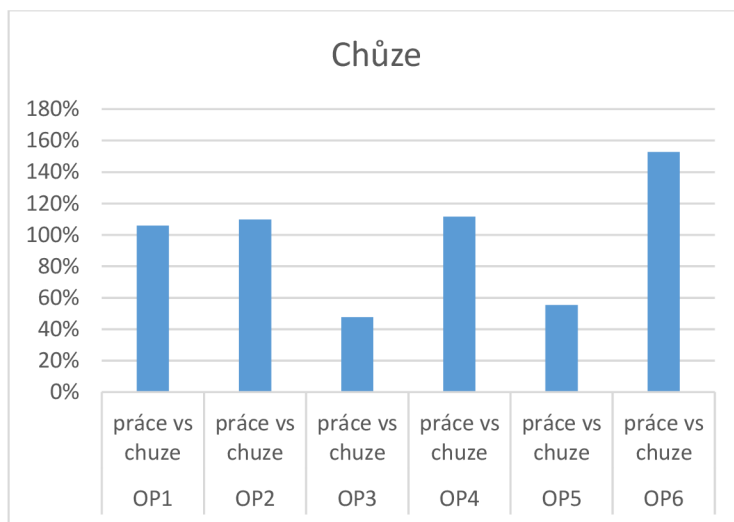
Operator	Porovnávané	% práce	Mean (Group 1)	Mean (Group 2)	t-value	df	p	Valid N (Group 1)	Valid N (Group 2)	Std.Dev. (Group 1)	Std.Dev. (Group 2)	F-ratio (Variances)	p (Variances)	Levene (F(1,df))	df (Levene)	p (Levene)
OP1	práce vs relax	100%	49,57	49,56	0,13	56 668,00	0,90	43 536,00	13 134,00	11,98	6,81	3,09	-	4 861,08	56 668,00	-
OP1	práce vs chuze	100%	49,57	49,65	- 0,60	53 524,00	0,55	43 536,00	9 990,00	11,98	13,09	1,20	-	4,79	53 524,00	0,03
OP1	práce vs drepy	99%	49,57	49,29	1,15	46 447,00	0,25	43 536,00	2 913,00	11,98	21,74	3,30	-	2 691,83	46 447,00	-
OP2	práce vs relax	100%	49,57	49,57	0,04	51 322,00	0,97	37 330,00	13 994,00	11,62	3,07	14,38	-	13 168,37	51 322,00	-
OP2	práce vs chuze	100%	49,57	49,58	- 0,07	45 719,00	0,95	37 330,00	8 391,00	11,62	3,66	10,09	-	7 213,26	45 719,00	-
OP2	práce vs drepy	100%	49,57	49,53	0,22	40 719,00	0,83	37 330,00	3 391,00	11,62	8,72	1,78	-	666,62	40 719,00	-
OP3	práce vs relax	100%	49,65	49,59	0,48	53 714,00	0,63	40 036,00	13 680,00	14,18	6,16	5,29	-	8 740,99	53 714,00	-
OP3	práce vs chuze	100%	49,65	49,61	0,29	54 791,00	0,78	40 036,00	14 757,00	14,18	9,85	2,07	-	3 773,09	54 791,00	-
OP3	práce vs drepy	100%	49,65	49,58	0,28	43 335,00	0,78	40 036,00	3 301,00	14,18	10,71	1,75	-	359,53	43 335,00	-
OP4	práce vs relax	100%	49,56	49,56	0,02	50 456,00	0,99	37 499,00	12 959,00	9,51	9,50	1,00	0,79	5,93	50 456,00	0,01
OP4	práce vs chuze	100%	49,56	49,65	- 0,75	46 340,00	0,45	37 499,00	8 843,00	9,51	13,24	1,94	-	2 301,98	46 340,00	-
OP4	práce vs drepy	100%	49,56	49,61	- 0,27	40 884,00	0,79	37 499,00	3 387,00	9,51	24,01	6,37	-	9 854,79	40 884,00	-
OP5	práce vs relax	100%	49,56	49,55	0,07	52 457,00	0,94	39 300,00	13 159,00	14,69	5,75	6,52	-	11 045,23	52 457,00	-
OP5	práce vs chuze	100%	49,56	49,56	0,05	47 342,00	0,96	39 300,00	8 044,00	14,69	7,12	4,26	-	4 237,28	47 342,00	-
OP5	práce vs drepy	100%	49,56	49,58	- 0,05	42 399,00	0,96	39 300,00	3 101,00	14,69	8,65	2,88	-	1 078,66	42 399,00	-
OP6	práce vs relax	100%	49,58	49,59	- 0,14	53 191,00	0,89	40 247,00	12 946,00	10,10	7,65	1,74	-	1 954,32	53 191,00	-
OP6	práce vs chuze	100%	49,58	49,59	- 0,07	49 522,00	0,94	40 247,00	9 277,00	10,10	12,57	1,55	-	111,06	49 522,00	0,00
OP6	práce vs drepy	100%	49,58	49,60	- 0,11	43 171,00	0,92	40 247,00	2 926,00	10,10	12,25	1,47	-	17,39	43 171,00	0,00

13.2 Grafické zobrazení změřených dat

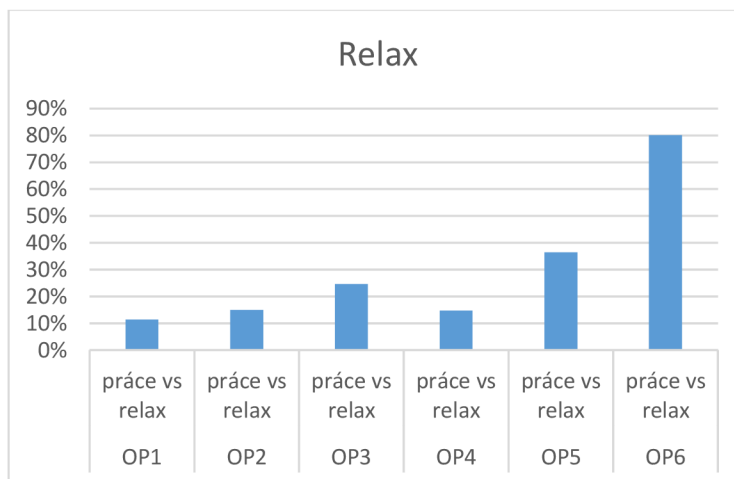
13.2.1 EMG1



Graf 1 EMG1 – srovnání práce vs. dřepy

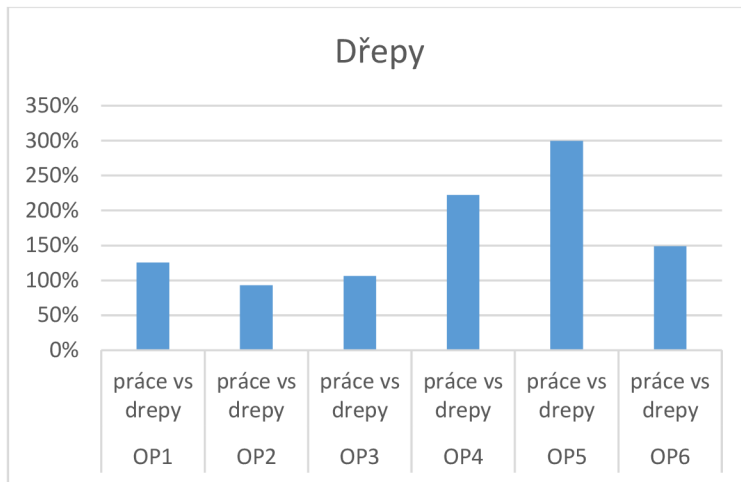


Graf 2 EMG1 – srovnání práce vs. chůze

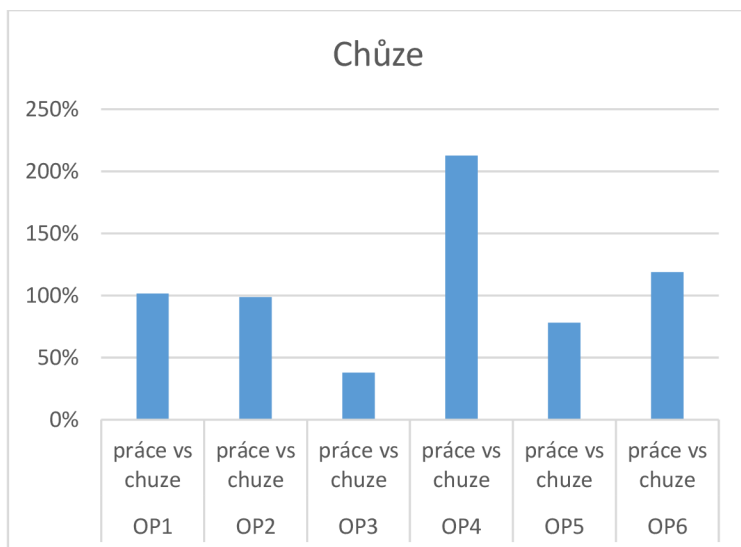


Graf 3 EMG1 – srovnání práce vs. relax

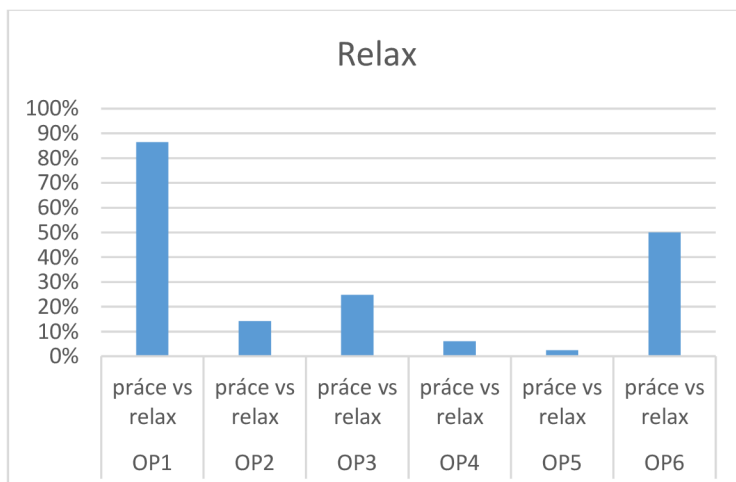
13.2.2 EMG2



Graf 4 EMG2 – srovnání práce vs. dřepy

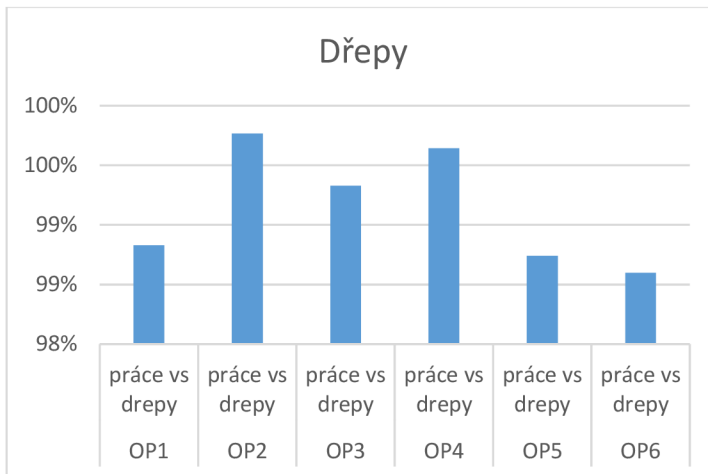


Graf 5 EMG2 – srovnání práce vs chůze

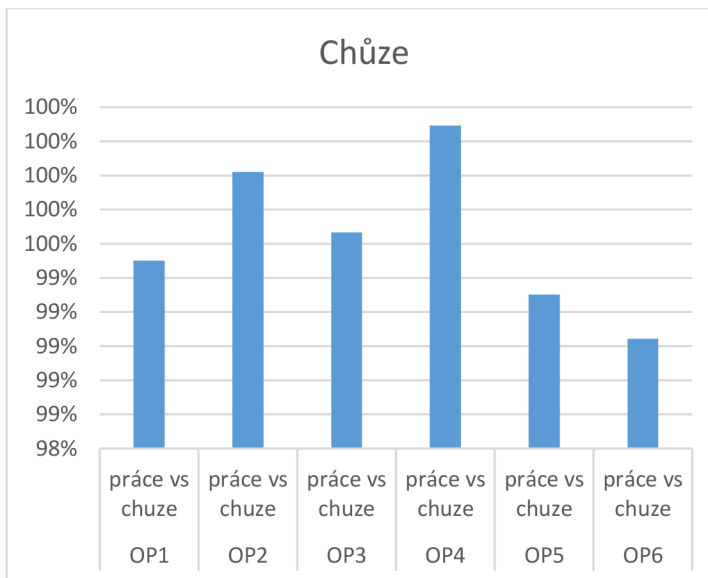


Graf 6 EMG2 – srovnání práce vs. relax

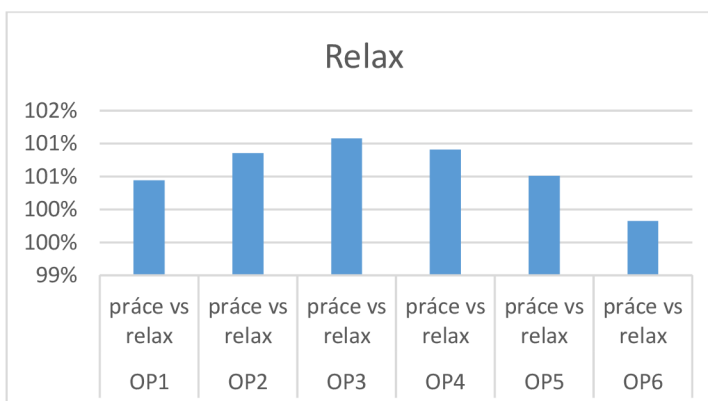
13.2.3 TEMP



Graf 7 TEMP – srovnání práce vs. dřepy

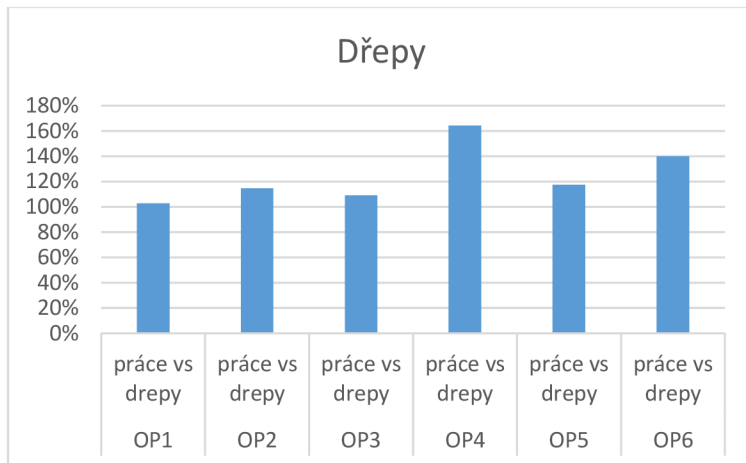


Graf 8 TEMP – srovnání práce vs. chůze

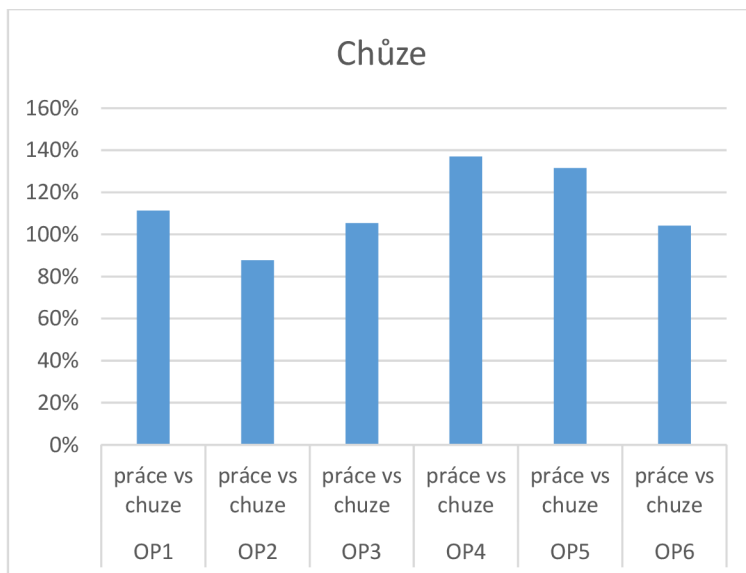


Graf 9 TEMP – srovnání práce vs. relax

13.2.4 RESP



Graf 10 RESP – srovnání práce vs. dřepy



Graf 11 RESP – srovnání práce vs. chůze



Graf 12 RESP – srovnání práce vs. relax