

VPLIV UPORABE GOZDARSKE OSEBNE VAROVALNE OPREME NA PSIHOFIZIČNE OBREMENTITVE

THE IMPACT OF USING FORESTRY PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT ON PSYCHOPHYSICAL LOAD

Luka PAJEK¹, Gregor GERŠAK², Anton POJE³

(1) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, lukapajak8@gmail.com

(2) Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Katedra za merjenje in robotiko, gregor.gersak@fe.uni-lj.si

(3) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, anton.poje@bf.uni-lj.si

IZVLEČEK

Uporaba delovnim razmeram primerne osebne varovalne opreme lahko zmanjša težavnost dela in obremenitve gozdnega delavca. Z namenom ugotavljanja razlik med sistemi varovalnih oblačil (poletni, prehodni, zimski) smo napravili laboratorijsko raziskavo na kolesnem ergometru. Uporabili smo devet različnih merilnikov, s katerimi smo merili osem različnih psihofizičnih kazalnikov. Raziskava je pokazala, da obstajajo statistično značilne razlike med posameznimi sistemi oblačil pri določenih kazalnikih. Vpliv upora ergometra (obremenitve) se je pokazal kot značilen pri meritvah vseh kazalnikov. Kljub izvedbi poskusa samo na eni osebi rezultati prikazujejo uporabnost izbranih kazalnikov za meritve psihofizičnih obremenitev ter dokazujejo, da na obremenitve gozdnega delavca potencialno vpliva tudi uporaba varovalnih oblačil.

Ključne besede: gozdarska osebna varovalna oprema, psihofizične obremenitve, kolesni ergometer

ABSTRACT

The use of personal protective equipment that is appropriate for the working conditions can reduce the workload experienced by forestry workers. In order to determine the differences between protective clothing systems (summer, transitional, winter), a laboratory study was conducted using a bicycle ergometer. Nine different measuring devices were used to measure eight different psychophysical indexes. The study showed significant differences between the clothing systems for certain indexes. The effect of ergometer resistance (load) had an influence on all psychophysical indexes. Despite the fact that the test was only conducted on one person, the results show the usefulness of the selected indicators for measuring psychophysical loads and demonstrate that the use of protective clothing can also potentially affect the loads experienced by the forest worker.

Key words: forestry personal protective equipment, psychophysical load, cycle ergometer

GDK 304+302(045)=163.6

DOI 10.20315/ASetL.129.3

Prispelo / Received: 02. 11. 2022

Sprejeto / Accepted: 20. 12. 2022



1 UVOD

1 INTRODUCTION

Delo gozdnih delavcev, tako profesionalnih kot neprofesionalnih, poteka v naravi. Delo v naravi je nepredvidljivo zaradi spreminjajočih se vremenskih razmer, zato je prilagajanje delovnih oblačil vremenskim razmeram nujno. Če želimo delavcem omogočiti najboljše delovne razmere, je treba poznati vpliv vremenskih razmer, osebnih varovalnih oblačil in drugih dejavnikov na delavca. S pravilno izbiro osebne varovalne opreme lahko omilimo negativne vplive delovnega okolja in dela na delavca, s tem pa poskrbimo za njegovo zdravje in mu omogočimo varno delo. Kakovostna osebna varovalna oprema poleg delov, ki zagotavljajo fizično varstvo pred poškodbami (npr. všita mrežica v hlačah), dobro odvaja pot s telesa in preprečuje vdor vode ob dežju ali rosi na podrastu. Pozimi

naj bi oblačila zadrževala toploto, poleti pa jo odvajala. Pravilnik o varstvu pri delu v gozdarstvu (Pravilnik ..., 1979) določa pogoje in pravila, pod katerimi naj delajo gozdarji pri določenih fazah gozdnih del. Dela v gozdu so po pravilniku opredeljena kot dela z večjo nevarnostjo za poškodbe in trajne okvare zdravja. Pravila so namenjena varovanju zdravja in preprečevanju težjih poškodb, ki so v gozdarstvu pogoste (Varovanje zdravja ..., 2022). Gozdnih delavcev s tem ne zavarujemo samo pred neugodnimi vremenskimi razmerami, temveč tudi pred poškodbami, ki lahko nastanejo zaradi uporabe delovnih sredstev, kot so na primer motorne žage, traktorji in žičnice.

Sušnik in Fras (1972) sta dokazala, da je delo sekača fizično zelo naporno delo, in s tem utemeljila uvrstitev med poklice, za katere bi morala obstajati skrajšana delovna doba zaradi preobremenjenosti in varovanja

zdravja. Bujas (1964) navaja, da gozdni delavci v delovnem dnevu porabijo okrog 5000 kilokalorij energije. Od tega 3400 kcal (68 %) porabi za fizično delo, ostalo pa za delovanje drugih telesnih funkcij v mirovanju. Po njegovi razvrstitvi bi take delavce uvrstili v kategorijo srednje težkih fizičnih poklicev. Za težja dela od gozdarskih pa se šteje delo rudarjev, zidarjev, kovačev.

Človeško telo za normalno delovanje notranjih organov potrebuje stalno temperaturo telesnega jedra, to je okrog 37 °C, ne glede na temperaturo okolice. Procesi ohranjanja konstantne telesne temperature pravimo termoregulacija (Health Canada, 2011). Ker se telo pogosto pregreva pri težkem fizičnem delu, bomo med raziskavo s pomočjo psihofizičnih kazalnikov raziskali vpliv toplotnega stresa, ki nastaja kot posledica dela uporabe obvezne osebne varovalne opreme pri sečnji. Pregrevanje telesa lahko zaradi povečanega znojenja privede do dehidracije, zmanjšanja učinkovitosti delavca, možnost srčne kapi in trajnih posledic za telo (Axelson, 1974).

Osebna varovalna oprema tako po eni strani ščiti delavca pred poškodbami, po drugi strani pa lahko negativno vpliva na psihofizične obremenitve. Protivrezna zaščitna hlača, ki je obvezen del varovalne opreme sekača, traktorista in arborista, je debela plast nitkaste strukture, ki zagotavlja zaščito pred urezninami, hkrati pa zaradi svoje debeline zmanjšuje kroženje zraka in posledično povečuje izolativno sposobnost hlač. Ta pa pri visokih temperaturah pri delu negativno vpliva na zdravje in sposobnost delavca za delo (Garland in sod., 2020).

Namen raziskave je izpopolniti znanje o vplivu uporabe osebne varovalne opreme na psihofizične obremenitve gozdarja sekača, želeli smo razširiti tudi nabor kazalnikov psihofizičnih obremenitev, ki bi jih lahko uporabili v prihodnjih raziskavah. Glavni cilj je

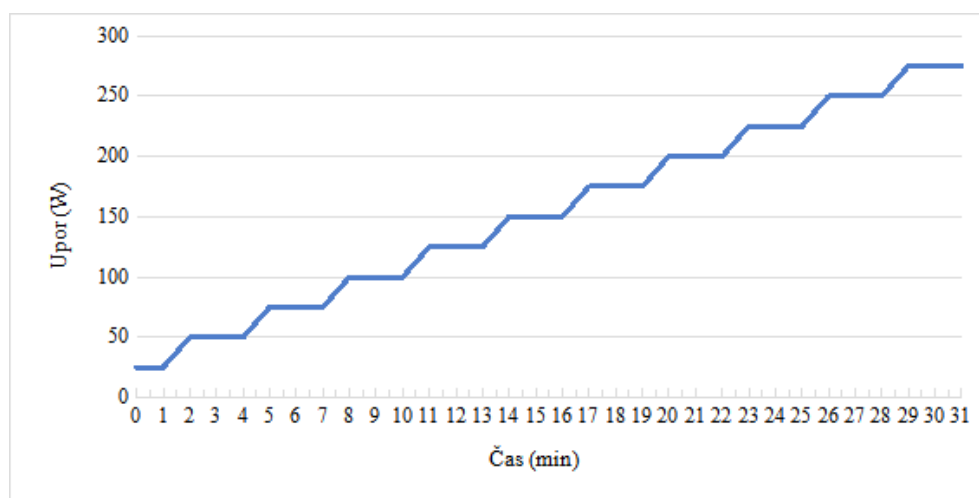
bil ugotoviti potencialni vpliv uporabe osebne varovalne opreme na psihofizične obremenitve ter na primeru prikazati potek več psihofizičnih kazalnikov, in sicer količine laktata v krvi, temperature v ušesu, telesne mase, porabe energije, frekvence srčnega utripa, električne prevodnosti kože, temperature kože in frekvence dihanja. Razen frekvence srčnega utripa izbrani kazalniki niso bili uporabljeni v gozdarskih raziskavah v zadnjih nekaj desetletjih, nekateri pa nikoli.

2 METODE

2 METHODS

V raziskavi, ki je bila opravljena v sklopu magistrske naloge z naslovom Vpliv uporabe gozdarske osebne varovalne opreme na psihofizične obremenitve (Pajek, 2022), smo na kolesnem ergometru znamke Tunturi izvedli 12 sub-maksimalnemu testu podobnih testov (test, kjer dosežemo le 85 % maksimalnega srčnega utripa), in sicer po tri teste v kolesarskem dresu, prehodnih, zimskih in poletnih gozdarskih oblačilih v treh serijah. Izbor zaporedja opravljanja testov je bil naključen (žrebanje lističev), vendar pa so se znotraj ene serije ponovili vsi štirje sistemi oblačil. Teste je opravljala vedno ista oseba, med testi pa smo merili srčni utrip, električno prevodnost kože (EDA), frekvenco dihanja, temperaturo kože, koncentracijo laktata v krvi, temperaturo v ušesu, telesno maso in porabo energije.

Vsak test smo začeli s triminutnim mirovanjem v sedečem položaju. Nato se je testiranec usedel na ergometer in ga poganjal eno minuto pri uporabi 25 W, nato tri minute pri uporabi 50 W, program pa je nato samodejno stopnjeval uporabo (obremenitev) vsake tri minute za 25 W (slika 1). Test je potekal zvezno, to pomeni, da med posameznimi stopnjami obremenitev ni bilo premorov. Prek celotnega testa se je ohranjala ista hi-



Slika 1: Stopnjevanje obremenitve (upora) pri testu na ergometru

Fig. 1: Stepwise load (resistance) increase during the ergometer test

trost vrtenja pedal (kadenca), in sicer 50 vrtljajev na minuto, hkrati pa tudi vzravnani sedeči položaj, da bi zagotovili primerljivost med testi. Test smo zaključili s težavnostno stopnjo (upor), v kateri je testiranec dosegel ciljni srčni utrip približno 160 u/min (utripov na minuto). Zadnjo začetno težavnostno stopnjo je testiranec odpeljal v celoti. Ciljni srčni utrip smo si zastavili po vzoru japonske raziskave (Kurumatani in sod., 1992), kjer so sub-maksimalni test, podoben testu v naši raziskavi, opravljali toliko časa, dokler testiranec ni dosegel 85 % svojega maksimalnega srčnega utripa (maksimalni srčni utrip = $220 - \text{starost}$), ter na podlagi dosedanjih raziskav, kjer pulz med delom v gozdu redko preseže vrednost 160 u/min (Poje, 2011). V naši raziskavi je ciljni srčni utrip znašal 160 u/min, kar je nekoliko manj od ciljnega utripa, izračunanega samo na podlagi maksimalnega srčnega utripa ($195 \text{ u/min} * 0,85 = 165 \text{ u/min}$).

Testiranec je moški, dobro fizično pripravljen, star 25 let, visok 185 cm, s telesno maso 80 kg ter indeksom telesne mase (BMI) 23,3. Fizično je redno aktiven, sedem mesecev pred prvim testiranjem se je še profesionalno ukvarjal s cestnim kolesarstvom. Pred začetkom vsake kolesarske sezone je opravil Conconi-jev maksimalni obremenitveni test na ergometer kolesu, ki je namenjen ugotavljanju aerobnih in anaerobnih

kapacitet pri športnikih. Na testu leta 2021 je pri 500 W upora njegov maksimalni srčni utrip znašal 197 u/min, maksimalna poraba kisika 67 ml/min/kg in prostornina izdihanega zraka 188 l/min . Maksimalni srčni utrip bi glede na starost testiranca moral znašati 195 u/min (maksimalni srčni utrip = $220 - \text{starost}$).

Glede na dosedanje raziskave, kjer ugotavljajo, da pri spremljanju laktata v krvi, srčnega utripa in največje moči maksimalni in sub-maksimalni testi lahko potekajo po enkrat na dan, več dni zapored (Scharhag Rosenberger in sod., 2013), smo v posameznem dnevu naredili le po en test ter tako preprečili vpliv utrujenosti na rezultate meritev. Meritve smo opravljali v dopoldanskem času, med 8. in 9. uro zjutraj. Pazili smo, da neposredno pred meritvami testiranec ni zaužil kave in sladkih pijač, ker bi to lahko vplivalo na rezultate meritev. V prostem času pred vsakim dnevom meritev se ni opravljalo fizično napornih del.

2.1 Sistemi oblačil

2.1 Clothing systems

Med testi je testiranec uporabljal štiri različne sisteme oblačil, in sicer zimski, poletni in prehodni gozdarski sistem ter kolesarski dres, ki nam je rabil za kontrolo (preglednica 1). Pri gozdarskih sistemih oblačil so bile vedno uporabljene rokavice, hlače in zaščitni čevlji



Slika 2: Kolesni ergometer Tunturi e85 in zimski sistem varovalne opreme

Fig. 2: Tunturi e85 bicycle ergometer and winter protective clothing system

Preglednica 1: Sestava sistemov oblačil

Oblačilo	Proizvajalec	Tip	Zimska	Prehodna	Poletna	Kontrola
Gozdarska jakna (zimsko)	Husqvarna	Technical extreme	x			
Gozdarska jakna (prehodna)	Husqvarna	Technical vent		x		
Delovna majica z dolgimi rokavi (poletna, tanjša)	Husqvarna	Majica z dolgimi rokavi	x	x	x	
Dopasne zaščitne hlače	Husqvarna	Functional class 2	x	x	x	
Rokavice usnjene	Husqvarna	Classic	x	x	x	
Zaščitni usnjeni čevlji z zaščito pred urezom	Husqvarna	Technical 24	x	x	x	
Čelada z glušniki in vizirjem	Stihl	Function basic	x	x	x	
Nogavice	Donen	Kolesarske nogavice	x	x	x	x
Spodnje perilo	Donen	Baselayer	x	x	x	
Kolesarski dres (kratke hlače in kratka majica)	Donen	DSM-011				x

Table 1: Composition of clothing systems

s protivrezno zaščito, čelada z glušniki in vizirjem, menjavali pa so se posamezni kosi zgornjih delov oblačil. Tako je zimski sistem vseboval poleg delovne majice še debelejšo jakno s protivrezno zaščito (slika 2), prehodni namesto debelejša, tanjša zaščitno jakno, poletni pa le tanko delovno majico z dolgimi rokavi. Uporabljeni gozdarski čevlji in zaščitne hlače ščitijo pred vrezom z verigo profesionalnih motornih žag s hitrostjo do 24 m/s (razred 2). Spodnje perilo, sestavljeno iz spodnjih hlač, spodnje majice in nogavic, je bilo vedno enako, narejeno iz poliestra in namenjeno odvajanju vlage s telesa pri fizični aktivnosti. Testi v kolesarskem dresu so poleg spodnjega perila in nogavic potekali le v kolesarskem dresu (slika 3).

Vsi kosi gozdarskih oblačil so bili od proizvajalca Husqvarna, čelada od proizvajalca Stihl, nogavice, kolesarski dres in spodnje perilo pa od proizvajalca Donen (preglednica 1, slika 3).

2.2 Klimatske razmere laboratorija

2.2 Climate conditions of the laboratory

Poskus smo opravljali v prostoru s klimatsko napravo, ki nam je zagotavljala kar najbolj konstantne mikro-klimatske razmere v času testiranja. Klimatsko napravo smo dan pred prvim testiranjem nastavili na stalno delovanje (24 ur) in najnižjo možno temperaturo zraka (17 °C). Z napravo Metrel MI 6401 Poly smo na koncu vsakega poskusa izmerili temperaturo, vlago,



Slika 3: Dvodelni kolesarski dres znamke Donen (Donen, 2022)

Fig. 3: Donen two-piece cycling kit (Donen, 2022)

hitrost vetra in volumenski pretok zraka v laboratoriju. Primerjava izmerjenih podatkov po koncu vsakega testiranja kaže, da se je najbolj spreminjala količina vlage v laboratoriju (40,5 % - 53,1 %), temperatura zraka je med raziskavo rahlo upadala in se spreminjala med 16,1 °C in 18,9 °C, prostorninski pretok zraka je bil med 7,2 m³/h in 7,5 m³/h, hitrost pretoka zraka pa je bila konstantna.

2.3 Priprava in obdelava podatkov

2.3 Data preparation and processing

Pred analizo podatkov smo iz podatkovne baze odstranili izmerjene podatke pred mirovanjem in vse podatke po koncu testa. Za analizo podatkov in grafično predstavitev rezultatov smo uporabili program MS Excel, za statistično analizo pa program JASP (University of Amsterdam). Pri statistični analizi smo poleg deskriptivne analize uporabili parni t-test, s katerim smo preverjali, ali obstajajo razlike v srednjih vrednostih med kazalniki, ki smo jih merili le na začetku in koncu testiranja (laktat, temperatura v ušesu in telesna masa). Linearno regresijo smo uporabili za analizo porabe energije, da bi ugotovili, ali le ta narašča z uporabo in trajanjem testa. Z analizo kovariance (ANCOVA) pa smo preverjali vpliv upora in izbora sistema oblačil na psihofizične kazalnike, merjene kontinuirano med testi. Pred analizo kovariance vpliva upora na električno prevodnost kože smo osnovne podatke (upor in EDA) logaritmirali in s tem napravili postopek linearizacije. Za analizo razlik med sistemi testiranih oblačil smo uporabili post-hoc test (Tukey), ki smo ga opravili po analizi kovariance.

2.4 Psihofizični kazalniki, merilni inštrumenti in potek meritev

2.4 Psychophysical indicators, measuring instruments and measuring procedures

Za merjenje psihofizičnih kazalcev testiranca med testi smo uporabljali več merilnikov in senzorjev. Za merjenje srčnega utripa in porabo energije smo uporabljali pas Suunto Smart heart rate belt, nameščen direktno na kožo okrog prsnega koša, ki je bil brezžično povezan s športno uro znamke Suunto, model

9. Pas smo zaradi boljšega zaznavanja srčnega utripa pred namestitvijo vedno navlažili z vodo. Utrip se je zapisoval na pomnilnik športne ure, izmerjene podatke smo kasneje prenesli v mobilno aplikacijo Suunto. Ker aplikacija zapisuje datoteke v svoji obliki (.fit), smo datoteke za lažjo analizo pretvorili v datoteko Excel z uporabo programa Golden Cheetah. Ura omogoča tudi funkcijo izračuna porabe energije, ki je zapisana v mobilni aplikaciji za vsak test (dejavnost) posebej.

Na levo nadlaket smo testirancu namestili zapestnico BodyMedia armband (slika 4), s katero smo izmerili temperaturo kože in električno prevodnost kože (suhe elektrode). Zapestnica je namenjena za uporabo med športnimi aktivnostmi. Z njo je moč beležiti stopnjo fizične aktivnosti, porabo energije, električno prevodnost kože, število dnevnih korakov in kakovost spanca. Zapestnica je lahka, nemoteča za uporabo in omogoča zapis več kot 5000 podatkov na minuto na vgrajeni notranji pomnilnik. Za izvoz izmerjenih podatkov smo uporabljali program Sense Wear 8.3, ki omogoča shranjevanje podatkov v datoteko Excel.

Z multiparametrično napravo Biopac Systems MP150, s pripadajočim računalniškim programom ACQKnowledge, namenjenim analizi podatkov z vzorčno frekvenco 1000 Hz, smo merili temperaturo kože, električno prevodnost kože (nadelket) in frekvenco dihanja. Naprava je sestavljena iz centralnega modula in dodatnih modulov, ki se lahko po potrebi dodajajo k centralnemu glede na namen raziskave in uporabo različnih senzorjev. Vsak dodan modul je namenjen svojemu senzorju (Biopac Systems, Inc). Temperaturo kože smo merili z majhnim in zelo občutljivim tipalom, ki je bil prek žice povezan z napravo, nameščen pa je bil ob zapestnici BodyMedia na nadlaktu. Brezžičen senzor, ki smo ga uporabljali v raziskavi za električno prevodnost kože, je vseboval mokre elektrode za enkratno uporabo, nameščen pa je bil poleg zapestnice BodyMedia in senzorja za temperaturo kože Biopac (slika 5).

Okrog prsnega koša smo čez oblačila namestili trak s senzorjem za merjenje frekvence dihanja Biopac, ki deluje na principu raztezanja. Ko vdihnemo, se prsni koš poveča in tako razteza senzor. Senzor dihanja je bil s centralno enoto povezan prek žice.



Slika 4: Zapestnica BodyMedia

Fig. 4: BodyMedia wristband



Slika 5: Senzor prevodnosti kože z mokrimi elektrodami (levo) in naprava Biopac Systems MP150 (desno)

Koncentracijo laktata v krvi smo merili z merilnimi lističi in merilcem Nova Biomedical (slika 6), ki se običajno uporablja pri maksimalnih, sub-maksimalnih testiranjih in treningih športnikov za določitev vrednosti laktata ob določenem naporu. To nam omogoča določiti stopnjo obremenitve, ki loči med aerobno in anaerobno vadbo (aerobni prag). Za odvzem vzorca krvi smo potrebovali lanceto z iglo, ki predre kožo. Pred vbodom v prst (prstanec) smo blazinico razkužili z alkoholnim robčkom, kapljico krvi pa smo prestregli z lističem, ki je bil vstavljen v napravo. Po nekaj sekundah naprava na zaslonu prikaže izmerjeno količino laktata v krvnem vzorcu. Vzorec krvi smo vzeli pred začetkom testa (v mirovanju) in po koncu testa.

Temperaturo v ušesu smo merili pred in po testu s termometrom znamke 4me z natančnostjo $\pm 0,2$ °C.

Pred začetkom in koncem vsakega testa smo testiranca stehali brez oblačil in senzorjev z osebno tehniko Sencor SBS 5005 (natančnost ± 100 g), s čimer smo posredno izmerili količino izločene vode.



Slika 6: Merilnik laktata z lističem (vir: Sports Physio and Performance)



Fig. 5: Electrodermal activity sensor with wet electrodes (left) and MP150 Biopac Systems device (right)

Za opravljanje sub-maksimalnega testa smo uporabili kolesni ergometer znamke Tunturi, model E85. Kolo je bilo s priključnim kablom povezano z računalnikom in programskim sistemom T-ware, s katerim smo zagnali vnaprej pripravljene protokole obremenitvenega testa. Kolo je namenjeno za kolesarjenje v notranjih prostorih za rekreativno uporabo. Omogoča kolesarjenje po vnaprej določenih programih z izbrano obremenitvijo ali pa prosto kolesarjenje, kjer je možno sproti spreminjati težavnost pedalarjenja na zaslonu.

3 REZULTATI

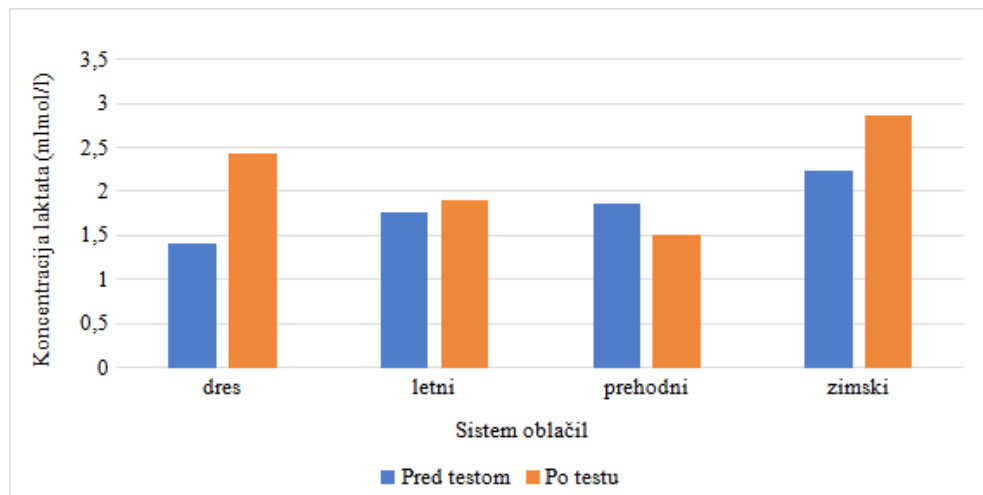
3 RESULTS

3.1 Psihofizični kazalniki merjeni pred in po testu

3.1 Psychophysical indicators measured before and after the test

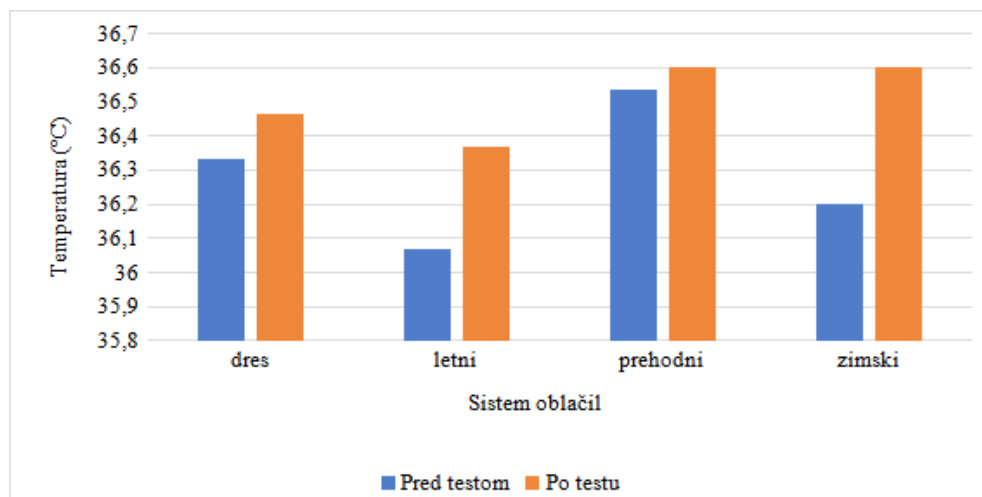
Vrednosti koncentracije laktata, merjene pred testom, so se gibale med 0,8 mmol/l in 3,4 mmol/l, vrednosti, merjene po testu, pa med 1,1 mmol/l 5,1

Fig. 6: Lactate meter with measuring strip (Source: Sports Physio and Performance)



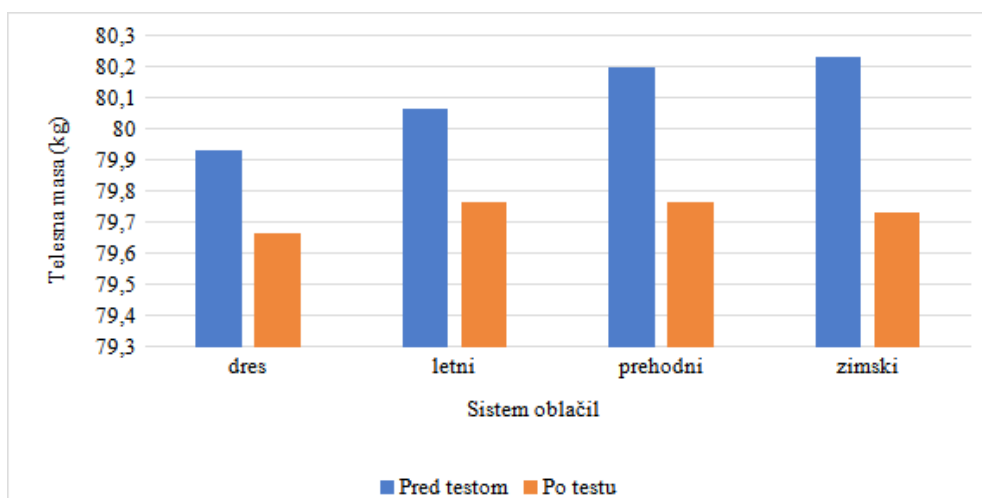
Slika 7: Povprečna koncentracija laktata pred in po testu po sistemih oblačil

Fig. 7: Average concentration of lactate before and after the test by clothing system



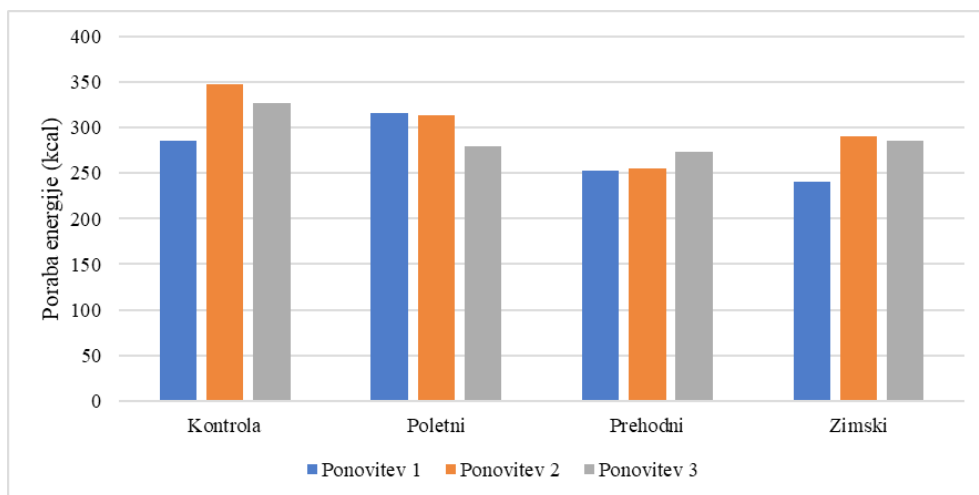
Slika 8: Povprečna ušesna temperatura pred in po testu po sistemih oblačil

Fig. 8: Average ear temperature before and after the test per clothing system



Slika 9: Podatki o telesni masi pred in po sub-maksimalnem testu

Fig. 9: Body mass data before and after the sub-maximal test



Slika 10: Poraba energije po sistemih oblačil v treh ponovitvah merjenja

Fig. 10: Energy consumption by clothing system over three measurement iterations

mmol/l. Največja absolutna razlika med koncentracijama pred in po testu je znašala 2,0 mmol/l, izmerili smo tudi negativne razlike, in sicer je najnižja znašala -1,5 mmol/l, medtem ko pri enem testiranju ni bilo razlik (slika 7).

Razpon vrednosti ušesne temperature, izmerjene pred testom, je bil od 35,6 °C do 37,4 °C, po testu pa od 36,0 °C do 37,3 °C. Najvišja razlika med meritvama je bila 0,6 °C v dveh primerih, najnižja je dosegla negativne vrednosti, in sicer -0,7 °C, v enem primeru pa razlik ni bilo (slika 8).

Telesna masa, izmerjena pred testom, se je gibala med 78,9 kg in 80,9 kg, po testu pa med 78,8 kg in 80,6 kg. Pri vseh testiranjih je prišlo do negativnih razlik med meritvami, vrednosti razlik pa so se gibale med -0,1 kg in -0,6 kg (slika 9).

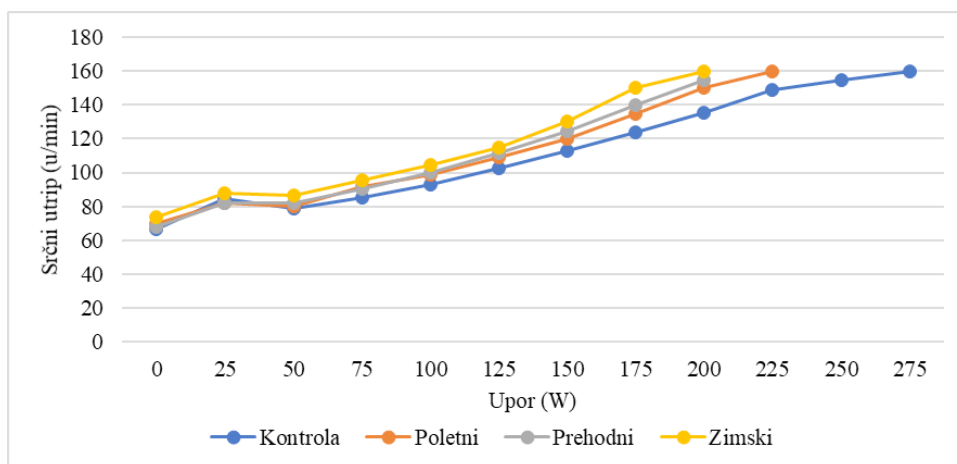
Porabo energije smo merili med testi, vrednosti pa smo zabeležili po koncu posameznega testa. Zabeležene vrednosti so se gibale med 240 kcal in 348 kcal (slika 10).

3.2 Psihofizični kazalniki, merjeni med testom

3.2 Psychophysical indicators measured during the test

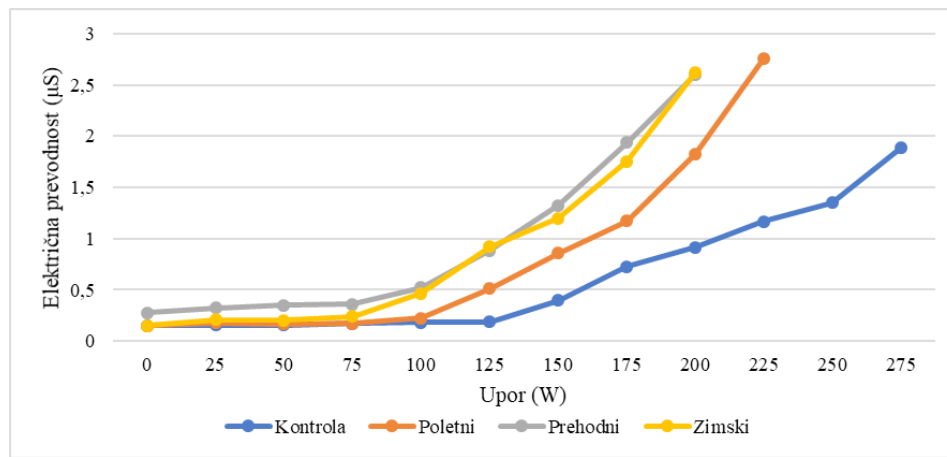
Srčni utrip se pri uporabi vseh sistemov oblačil po mirovanju (0 W) hitro poveča, nekoliko zmanjša pri drugi stopnji obremenitve (50 W), nato pa konstantno povečuje, in sicer najhitreje pri uporabi zimskega sistema, najpočasneje pa med testom v kolesarskem dresu. Posledično je bil ciljni srčni utrip (160 u/min) najprej dosežen pri uporabi zimskega sistema oblačil ter nižjem upor, enakem 200 W, v kolesarskem dresu pa pri upor 275 W (slika 11).

V splošnem je električna prevodnost kože, merjena z merilnikom Biopac, z naraščanjem upora ergometra do 75 W (prehodni in zimski sistem) oziroma 125 W (kontrola) konstantna, potem pa se začne eksponentno povečevati, kar velja za vse sisteme oblačil. Povečevanje prevodnosti je najhitrejše pri prehodnem in zimskem sistemu oblačil, nekoliko počasnejše pri poletnem in najpočasnejše pri kontrolnih meritvah. Naj-



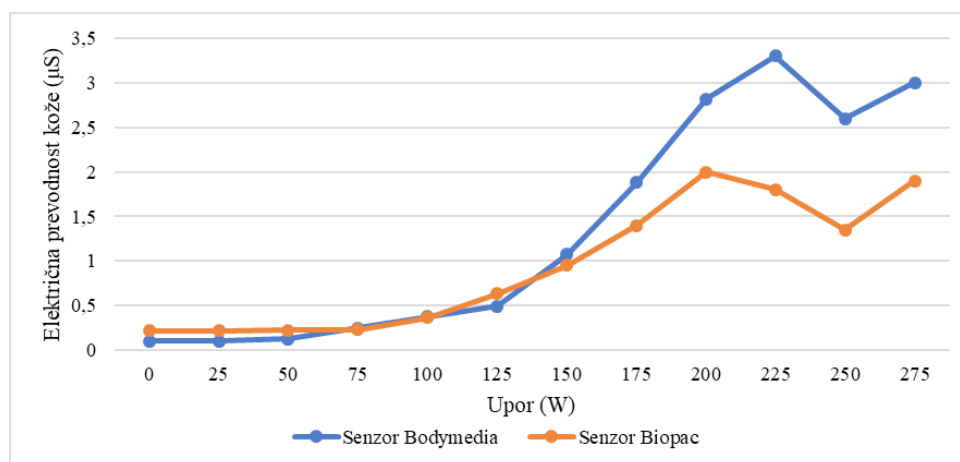
Slika 11: Povprečni srčni utrip glede na upor in sistem oblačil

Fig. 11: Average heart rate by resistance and clothing system



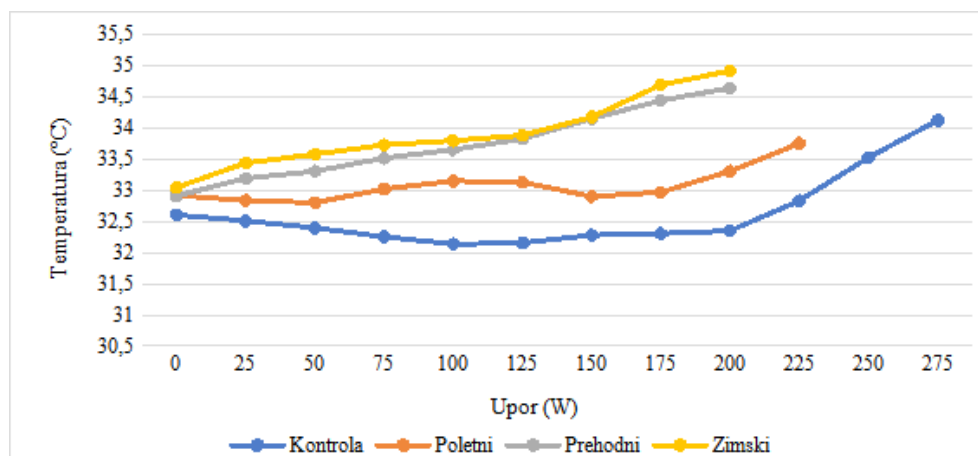
Slika 12: Povprečna električna prevodnost kože, merjena z merilnikom Biopac, glede na upor in posamezne sisteme oblačil

Fig. 12: Average electrodermal activity, measured with the Biopac meter, with respect to resistance and clothing system



Slika 13: Povprečna električna prevodnost kože, merjena z merilnikom BodyMedia in Biopac

Fig. 13: Average electrodermal activity measured with BodyMedia and Biopac meters



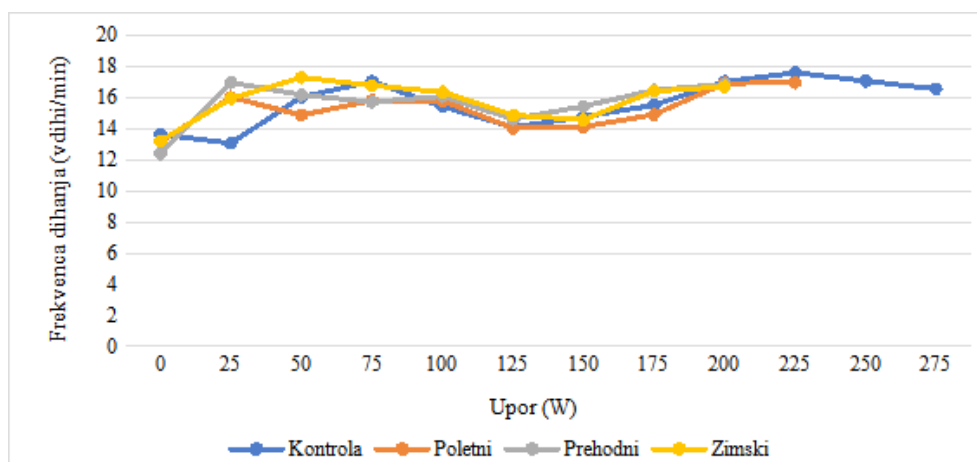
Slika 14: Temperatura kože, merjena z napravo Biopac, glede na upor in sistem oblačil

Fig. 14: Skin temperature measured with a Biopac meter with respect to load and clothing system

višje povprečne vrednosti so bile dosežene na koncu testa, in sicer pri poletnem sistemu 2,7 μS , pri zimskem in prehodnem 2,6 μS , pri kontroli pa 1,9 μS (slika 12).

Ker smo prevodnost kože merili z dvema različnima merilnikoma (Biopac in BodyMedia), prikazujemo primerjavo rezultatov iz obeh merilnikov. Opaziti je, da

je trend naraščanja električne upornosti kože podoben pri obeh merilnikih, razlikujejo pa se vrednosti. Z naraščanjem upora ergometra narašča razlika v vrednostih med merilnikoma. Najvišja izmerjena povprečna razlika znaša 1,5 μS pri 225 W upora (slika 13).



Slika 15: Število vdihov na minuto glede na upor in sistem oblačil

Fig. 15: Number of breaths per minute by load and clothing system

Temperature kože (slika 14) je bila v povprečju najnižja pri izvedbi poskusa v kontrolnih oblačilih ter višja z vsakim dodanim kosom oblačila. Najnižjim vrednostim temperature pri kontroli sledi poletni, nato prehodni in nazadnje zimski sistem oblačil. Začetne vrednosti temperature v mirovanju (0 W) so se gibale od 32,6 °C (kontrola) in 33,0 °C (zimski). Iz rezultatov je razvidno, da se pri kontroli temperatura kože do 100 W upora ergometra znižuje, nato pa prične eksponentno povečevati. Nihanja temperature kože pri povečevanju upora so opazna tudi pri uporabi poletnega in zimskega sistema oblačil.

Frekvenca dihanja med testi je znašala od 12,4 do 16,9 vdihov na minuto. V splošnem je frekvenca dihanja iz 13,0 vdihov/min narasla na 16,9 vdihov/min pri uporu ergometra 25 W do 75 W, se nato zmanjšala na 14,0 - 14,8 vdihov/min pri uporu 125 W do 150 W ter se nato vnovič postopoma povečevala do konca testa, kjer je frekvenca dosegla 16,5 - 16,9 vdihov/min. Potek frekvenca dihanja je podoben ne glede na sisteme oblačil, uporabljenih med testi (slika 15).

4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Članek zagotovo predstavlja eno celovitejših psihofizioloških raziskav v slovenskem gozdarstvu, ki se po številu vključenih kazalnikov lahko primerja le z več desetletij staro raziskavo, ki sta jo leta 1972 opravila Sušnik in Fras. Glavna vrednost raziskave je tako v naboru in preučevanju psihofizičnih kazalnikov ter instrumentov za njihovo merjenje, kar je pomemben potencial za nadaljnje raziskave v gozdarstvu. Za raziskavo smo tako potrebovali devet merilnikov, s katerimi smo beležili osem psihofizičnih kazalnikov ter štiri kazalnike mikro-klimatskih razmer. Uporabo merilnikov in kazalnikov smo prikazali na primeru ugotavljanja

vpliva gozdarske osebne varovalne opreme na psihofizične obremenitve.

Z merjenjem koncentracij laktata v krvi smo ugotovili, da ni značilnih razlik med povprečnimi vrednostmi, merjenimi pred in po testih, čeprav so bile vrednosti pri zimskem, poletnem in kontrolnem sistemu oblačil po testu višje, medtem ko so bile vrednosti pri prehodnem sistemu nižje. Začetne koncentracije laktata pred testom se ujemajo s pričakovanimi vrednostmi, saj naj bi koncentracije laktata v mirovanju dosegale vrednosti do 2 mmol/l (Kramaršič, 2016), medtem ko končne vrednosti koncentracije laktata niso skladne z dosedanjimi raziskavami, kjer so vrednosti na koncu testa običajno večje kot na začetku. Tako na primer ugotavljajo, da je koncentracija laktata pri uporu 320 W znašala 10 mmol/l (Koblar, 2016). Možno je, da telo zaradi nizke kadence in relativno nizke obremenitve že med testiranjem porablja laktat, zato vrednosti po končanih testih niso vedno višje od začetnih. Menimo tudi, da na količino proizvedenega laktata vpliva več dejavnikov, kot na primer zaužita hrana, količina spanca, temperatura okolja, trajanje obremenitve in stopnja fizične pripravljenosti.

Ušesna temperatura, tako kot tudi rektalna, sodita med najprimernejši metodi za ugotavljanje temperature telesnega jedra (Fogarty, 2002). Neposredna primerjava obeh vrednosti sicer ni možna, saj znanstveniki ugotavljajo, da med načinoma merjenja obstajajo statistično značilne razlike (Ko in sod., 2019). Poskus Greenleaf in Castle (1972) je pokazal, da so vrednosti temperature v ušesu v mirovanju nižje za 0,4 °C, po koncu vadbe pa za 1,1 °C od temperature telesnega jedra. Novodobna raziskava južnokorejskih znanstvenikov podaja razliko med temperaturo v ušesu in rektalno merjeno v mirovanju (med spanjem) 0,3 °C (Ko in sod., 2019).

V raziskavi ugotavljamo, da se je po koncu testov ušesna temperatura in s tem tudi temperatura telesnega jedra pri vseh sistemih oblačil povečala. Rezultati so tako skladni z dosedanjimi raziskavami, kjer ugotavljajo porast rektalne temperature tako pri kolesarski raziskavi (Levels in sod., 2011) kot pri sečnji v gozdu (Sušnik in Fras, 1992).

Meritve telesne mase pred in po testu so pokazale na relativno visoko zmanjšanje telesne mase (0,3 do 0,5 kg v cca. 27 minutah pri temperaturi zraka 17 °C), kar je predvsem posledica povečanega znojenja. To bi ob nezadostni količini zaužitih tekočin med delom v gozdu lahko privedlo do dehidracije, saj bi delavec pri enaki stopnji znojenja (0,67 - 1,11 l/h) in enaki obremenitvi kot na testu v osemurnem delavniku z upoštevanjem odmora za malico izgubil od 5,0 do 8,3 l znoja. Količine se relativno dobro ujemajo s trditvami Axelsona (1974), ki pravi, da morajo gozdni delavci v času delavnika popiti od 5-6 l tekočine s soljo, da bi preprečili dehidracijo in upad zmogljivosti delavca. Sušnik in Fras (1972) sta ugotovila, da so delavci pri sečnji iglavcev izločili v povprečju po 2,86 l, pri sečnji listavcev pa 3,31 l. Pri tem moramo upoštevati, da so razlike v izločenem znoju močno povezane s starostjo, telesno višino, količino mišične mase, stopnjo fizične pripravljenosti ter zaužito hrano in tekočino. S starostjo se pri isti obremenitvi bolj potimo kot v mladosti, prav tako za osebe z več mišične mase velja, da bolj ko smo fizično pripravljene, manj se potimo za opravljanje enakega dela (Lenasi, 2014).

Axelson (1974) ugotavlja, da se poraba energije sekačev giblje med 6 in 11 kcal/min. V poskusu pa smo ugotovili da povprečna poraba energije znaša 9,6 kcal/min, kar se ujema s porabo energije delavcev, ki so opravljali dela pretežno ročno, ko še ni bilo novodobnih motornih žag in traktorjev (Kaminsky, 1953). Novejša raziskava Melemeza in Tunaya (2010) pa je pokazala, da se poraba energije giblje med 5 - 7,5 kcal/min, kar uvrščajo v kategorijo težkega fizičnega dela. Statistična analiza naših rezultatov je pokazala, da na porabo energije sistemi oblačil nimajo vpliva, ima pa značilen vpliv trajanje testa. Iz rezultatov tako sledi, da ima na porabo energije večji vpliv trajanje kakor jakost obremenitve, merjena prek frekvence srčnega utripa. Rezultati so tako sicer nepričakovani, pa vendar skladni z dosedanjimi raziskavami, kjer navajajo, da je poraba energije izračunana iz povprečnega srčnega utripa, trajanja obremenitve, maksimalne porabe kisika osebe, starosti, spola in stopnje fizične pripravljenosti (Keytel in sod., 2005).

Na srčni utrip, izmerjen med poskusi, značilno vpliva izbira sistema oblačil. Glede na dosedanje raziskave

(Levanto in sod., 1977) predvidevamo, da se težavnost dela povečuje z izolativnostjo in težo oblačil. Vpliv oblačil na težavnost dela se je pokazal tudi pri trajanju testov, kjer je pri kontrolnem sistemu v povprečju trajal najdlje (33 min), manj pri poletnem (29 min) in najmanj pri zimskem in prehodnem sistemu (27 min). Zanimivo je, da je v raziskavi testiranec v kolesarskem dresu lahko obremenitev nadaljeval tri stopnje (9 min) več kot v zimskem in prehodnem sistemu oblačil, preden je dosegel ciljni srčni utrip (160 utripov/min). Težavnost dela je torej najnižja pri uporabi kolesarskega dresa (kontrola), vendar pa ta ni primeren za delo v gozdu. Levanto in Turkmila (1977) v raziskavi, kjer sta ugotavljala izolativnost gozdarskih oblačil na kolesnem ergometru, navajata stopnjevanje do upora 78,5 W. Pri tem uporju ergometra smo v raziskavi zabeležili srčni utrip med 85 in 100 u/min, odvisno od uporabljenega sistema oblačil, kar je manj, kot so navedbe raziskovalcev, da je lahko povprečni srčni utrip med delom sekača med 100,3 in 115,3 u/min (Poje, 2011), 109 in 122 u/min (Lipoglavšek, 1992), Axelson (1974) pa navaja povprečni srčni utrip sekačev 110 u/min. Iz tega sledi, da je ocenjena obremenitev (78,5 W) v omenjeni raziskavi prenizka ali, kar je bolj verjetno, da je fizična zmogljivost testiranca v naši raziskavi višja od povprečne zmogljivosti gozdnega delavca.

Primerjava rezultatov električne prevodnosti kože, izmerjenih z napravama BodyMedia in Biopac, sicer prikazujeta različne absolutne vrednosti, vendar je trend izmerjenih količin podoben pri obeh merilnikih. Ugotovili smo, da zapestni merilnik BodyMedia precej vrednosti v primerjavi z vrednostmi merilnika Biopac, vendar je precej lažji, enostavnejši za uporabo in bolj ergonomski. Oba senzorja sta bila nameščena na istem mestu, in sicer zaradi uporabe gozdarske osebne varovalne opreme na nadlakti leve roke. Rezultati meritev kažejo, da so bile obremenitve najvišje pri uporabi debelejših oblačil (zimski in prehodni sistem), kar pomeni, da je bila psihološka vzburjenost testiranca z uporabo teh sistemov najvišja. Pri interpretaciji rezultatov električne prevodnosti kože niso pomembne samo maksimalne vrednosti, vendar je smiselno upoštevati, pri kateri stopnji upora vrednosti začnejo naraščati. V našem primeru se je izkazalo, da se psihološka vzburjenost in potenje začneta povečevati z uporabo prehodnega in zimskega sistema v povprečju eno stopnjo prej (75 W) kot pri poletnem sistemu in kontroli (100 W).

Temperatura kože je bila pričakovano najnižja pri kontrolnih meritvah v kolesarskem dresu, saj je le ta izdelan iz lycra in poliamida, narejen v izvedbi s kratkimi rokavi in hlačami, kar zagotavlja učinkovito hlajenje

in prenos vlage s kože v okolje. Pri izvedbi poskusa v kolesarskem dresu temperatura kože upada do 125 W upora, potem pa se prične povečevati. Vzrok za takšno gibanje temperature je v termoregulacijskem procesu, ki je pri fizično dobro pripravljenih osebah in vrhunskih športnikih učinkovitejši, kar jim omogoča daljšo in intenzivnejšo vadbo, podobno kot pri procesu aklimatizacije na vročino (Lenasi, 2014). Pri uporabi zimskega in prehodnega sistema, ki imata tudi največjo izolativno vrednost, temperatura kože narašča od začetka do konca poskusa, kar pomeni, da zaradi izolativnosti obleke termoregulacijski procesi niso mogli opravljati svoje funkcije in zaradi onemogočenega izhlapevanja znoja s kože in zadrževanja toplega zraka pod debelejšimi kosi oblačil toplote ni bilo mogoče oddajati v okolico. Do podobnih spoznanj je prišel tudi Fogarty (2002), ki je pri analizi temperature kože pri testiranih gasilskih varovalnih oblačil ugotovil, da temperatura kože začne strmo naraščati, ko se testiraneec premakne iz stanja v mirovanju (sedeči položaj) do ergometra, po začetku poskusa temperatura kože še vedno narašča, vendar pa ne več tako intenzivno. Poskus Levelsa in sod. (2011) je pokazal, da med prehodno hlajenimi in nehlaženimi testiranci pri vožnji na čas v dolžini 7,5 km ni statistično značilnih razlik v povprečni proizvedeni moči, so pa razlike značilne v temperaturi kože (2,0 °C).

Še bolj izrazit začetni skok in kasnejši upad vrednosti kot pri temperaturi kože smo zaznali pri meritvah frekvence dihanja. Ta kmalu po začetku obremenitve že doseže maksimalne vrednosti pri nekaterih sistemih oblačil (zimski), nato med 50 in 125 W upade ter se nato spet začne dvigati proti maksimalnim vrednostim za večino od sistemov (prehodni, dres, poletni sistem). Zanimiva je primerjava izmerjenih vrednosti, ki so se med obremenitvijo gibale med 12,4 in 16,9 vdihov/min, in raziskavo, kjer so ugotavljali vpliv tehnike postopnega mišičnega sproščanja na psihofiziološki vpliv telesa (Robič, 2017). Pri njihovem poskusu so med drugim izmerili tudi frekvenco dihanja, ki je med izvajanjem sprostitvenih tehnik dosegala vrednosti okrog 15 vdihov/min. Pri tem navajajo, da dihanje med vadbo in stresnimi napori postane plitvo in hitrejše, medtem ko med sproščanjem ali počitkom postane globlje in počasnejše (Robič, 2017). Na podlagi več študij ugotavljamo, da upad frekvence dihanja v raziskavi lahko pripišemo povečani globini dihanja. Pri povečani obremenitvi se namreč poveča minutni volumen srca, ki je produkt količine zraka pri enem vdihu in frekvence dihanja (Cerar, 2008). S stopnjo treniranosti se povečuje funkcionalna in dihalna sposobnost dihalnih mišic z vsakim zoževanjem in širjenjem prsnega koša

(Pustovrh, 2020). S povečano globino dihanja se v pljučih aktivira odpiranje alveolov (pljučnih mešičkov), ki so v spodnjem delu pljuč, kar omogoča povečan privzem kisika iz zraka v kri. Tako se pri dobro fizično pripravljenih osebah pri povečanem naporu zmanjša frekvenca dihanja, poveča pa se globina dihanja, zaradi česar bolje pripravljeni lažje opravijo enako delo kot slabše pripravljeni (Klakočar in sod., 2019).

Da je delo gozdnih delavcev zaradi njegove težavnosti, vročine, mraza, ropota in tresenja prezahtevno, je ugotovilo že več znanstvenikov (Sušnik in Fras, 1972; Axelson, 1974; Poje in Potočnik, 2008; Poje, 2011). Za razbremenitev delavcev in zmanjšanje težavnosti dela Poje (2011) predlaga rotacijo delovnih mest med sekačem in traktoristom, kar naj bi zmanjšalo težavnost dela za 25 %, Sušnik in Fras (1972) pa poleg spremembe dnevnih norm in metod dela tudi predlagata, da bi morala biti fizična zmogljivost gozdnega delavca, merjena prek maksimalne porabe kisika, vsaj 3,2 l/min, za delavca pri starosti 25 let pa 4,5 l/min. Iz rezultatov raziskave in tudi dosedanjih raziskav (Levanto in Turkila, 1977; Poje in Potočnik, 2008) lahko povzamemo, da psihofizično obremenitev gozdnih delavcev lahko uravnavamo z izbiro primernih sistemov osebne varovalne opreme, saj njena izbira vpliva na večino psihofizičnih kazalnikov, obravnavanih v raziskavi. Glede na to predlagamo, da se pri delu uporabljajo čim bolj zračna in tanka oblačila, ki še vedno zagotavljajo trajnost in obvezno zaščito pred poškodbami, a vseeno omogočajo ohlajenje telesa. Kosov oblačil naj bo čim več, da bo delavcem omogočeno prilagajanje na temperaturne in vlažnostne razmere. Pri tem je zagotovo največji izziv nadaljnji razvoj zaščitnih gozdarskih hlač, ki so z višanjem stopnje zaščite, kot posledica razvoja motornih žag, vedno debelejšje in težje.

V raziskavi smo opravili meritve samo na eni osebi, ki je bila poleg tega tudi bolj zmogljiva od povprečja gozdnih delavcev, na kar kaže tako maksimalna poraba kisika, ki je bila pri testni osebi enaka 5,36 l/min in za 2,55 l/min večja od maksimalne porabe kisika gozdnih delavcev (Sušnik in Fras, 1972), kot tudi nižja frekvenca srčnega utripa pri uporabi 78,5 W na kolesnem ergometru. V primerjavi z običajno težavnostjo dela gozdnih delavcev (Sušnik in Fras, 1972; Axelson, 1974; Kurumatani in sod., 1992; Poje in Potočnik, 2008; Poje, 2011) je realno pričakovati, da bi bili rezultati pri drugih osebah, predvsem manj zmogljivih oziroma treniranih, drugačni.

Največja pomanjkljivost raziskave se kaže v številu testirancev. Ker smo v poskusu testirali samo eno osebo in je odziv merjenih kazalnikov pogosto odvisen od individualnih lastnosti posameznika, je primerjava

rezultatov težja, posplošitev na večjo populacijo pa ni mogoča. S testiranjem na kolesnem ergometru smo simulirali obremenitev dela, ki naj bi jo sekači dosegali pri delu v gozdu. Ta vsekakor ni enaka delu v gozdu, saj testiranec ni bil obremenjen z enakimi statičnimi in dinamičnimi obremenitvami, ki so značilne za delo sekača. Zlasti pri dinamičnih obremenitvah se lahko frekvenca srčnega utripa hitro zviša (Poje, 2011; Žitko, 2015). Zato bi bilo zanimivo opraviti merjenje enakih kazalnikov psihofizične obremenitve pri dejanskem delu sekača v gozdu in dobljene rezultate primerjati z našo raziskavo, kjer smo imeli ves čas kontrolirane laboratorijske razmere. Ena izmed pomanjkljivosti raziskave je tudi ta, da poleg frekvence dihanja nismo izmerili še globine dihanja, na podlagi katere bi lahko izračunali minutni volumen izdihanega zraka, s čimer bi lahko razložili upad frekvence dihanja.

Iz naštetih pomanjkljivosti izhajajo priporočila za nadaljnje raziskave. Tako bi moralo biti za splošno veljavnost rezultatov o vplivu osebne varovalne opreme na psihofizične obremenitve izbrano večje število testirancev, ki bi bili iz populacije gozdnih delavcev izbrani sistematično po izbranih osebnostnih lastnostih (starost, spol, višina, bolezn, stopnja fizične pripravljenosti). Zaradi popolnejših rezultatov meritev dihanja predlagamo, da se v nadaljnjih raziskavah poleg frekvence dihanja opravi še merjenje globine dihanja, kar bi omogočalo izračun prostornine izdihanega zraka, na podlagi katerega lahko izračunamo minutno porabo kisika, ki ponazarja energijsko sposobnost posameznika (Cerar, 2008). Prehrane testirancu v naši raziskavi nismo omejevali, zato za izboljšanje rezultatov z zmanjšanjem vplivnih dejavnikov predlagamo, naj testiranci pred vsakim testom zaužijejo količinsko in strukturno po ogljikovih hidratih, beljakovinah, maščobah in vlakninah podoben obrok hrane. S tem bi poskušali izničiti vpliv hrane na psihofizične kazalnike. Poleg prehrane ima prav tako vpliv na rezultate zgodnji jutranji ali pozno popoldanski čas testiranja ter ura zbujanja, zato je pomembno, da se testiranja opravljajo ob isti uri (Bougard in sod., 2009).

Naša raziskava je pilotna, omejena le na analizo ene osebe, zato bi za bolj primerljive ugotovitve z drugimi znanstveniki morali raziskavo razširiti na testiranje več oseb, za kar bi potrebovali več časa, večje prostore in več oblačil (različne velikosti potencialnih testirancev). Menimo, da so bili vsi izbrani psihofizični parametri smiselni glede na namen raziskave. Ker so testiranja potekala v laboratoriju, za podobno raziskavo na terenu ne bi mogli uporabljati merilnikov Biopac. Lahko pa bi namesto tega uporabili zapestni merilnik BodyMedia, vendar nam ta ne omogoča merjenja frekvence dihanja.

Analiza obremenitev neposredno na gozdnem delavcu pri sečnji in spravilu z uporabo prenosnega merilca električne prevodnosti kože BodyMedia bi konkretnje pokazala vpliv različnih sistemov oblačil. Pomembno pa bi bilo, da bi delavec pri uporabi različnih oblačil opravljal podobne in enako težavne delovne operacije.

5 POVZETEK

5 SUMMARY

The work of loggers is physically demanding, and they are also required to use personal protective equipment to protect against injuries. While there have been many studies on the workload experienced by loggers in the workplace, these studies have mainly focused on physiological and physical indicators such as heart rate, oxygen consumption, body temperature, vibration and carbon monoxide exposure. There is a lack of research on the performance of different personal protective clothing systems, or this research is quite out of date. The ergonomics of clothing, materials and cuts are improving, as are techniques for measuring physiological indicators.

The aim of this study was to upgrade existing studies on the workload experienced by forest workers. This study aimed to investigate the influence of different clothing systems on the workload and difficulty of work for loggers, in addition to measuring typical physiological indicators, by including a psychological component (electrodermal activity) that has not been previously used in studies of forestry work.

Using a bicycle ergometer to test the subject's psychophysical indicators, we found that resistance (W) had a significant impact on all indicators. There were significant differences between some clothing systems with respect to certain load indicators. These differences increased with each piece of added clothing with respect to heart rate measurements. There were no differences in the electrical conductivity of the skin between the transitional and winter systems, or between the summer and winter systems. No differences were detected between the transitional and winter systems in skin temperature measurements, nor did we detect any differences between any of the systems in the respiratory rate analysis.

We compared the measured parameters with similar studies and found that the results are similar and comparable with other studies. Compared to other studies, at the same heart rate, we achieved a higher resistance on the bicycle ergometer on average, which indicates that the test subject had good physical fitness. However, it is important to note that the results may not be the same as measurements taken in the forest

using a chainsaw, where poor work technique can lead to high physical loads despite good physical fitness.

The study suggests that similar research with multiple test subjects in the forest, using portable measuring devices and including measurements of electrical skin conductivity, could provide new insights into the workload and difficulty of forestry work.

VIRI

REFERENCES

- Axelsson O. 1974. Heat stress in forest work: an attempt to evaluate the physical work capacity of forest workers as influenced by a hot climate. Rome, Food and agriculture organization of the United Nations: 31 str. <https://www.fao.org/publications/card/en/c/dbfad289-31c2-4682-9728-749c32b06108/> (17. 3. 2022)
- Bougard C., Bessot N., Moussay S., Sesboue B., Gauthier A. 2009. Effects of waking time and breakfast intake prior to evaluation of physical performance in the early morning. *The Journal of Biological and Medical Rhythm Research*, 26: 307-323.
- Bujas Z. 1964. Osnove psihofiziologije rada (uvod u industrijsku psihologiju). Zagreb, Škola narodnog zdravlja: 427 str.
- Cerar K. 2008. Vključevanje dihalnih vaj v učne ure športne vzgoje: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport). Ljubljana, samozal.: 96 str.
- Donen. 2022. Donen Sport and Co. Mens jerseys. <https://www.donen.cc/men.html> (13. 7. 2022).
- Fogarty A.L. 2002. Effects of protective clothing on cardiovascular and thermal responses to heat stress: a thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the award of the degree Masters of Science (Hons). University of Wollongong, Department of Biomedical Science. <https://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=3765&context=theses> (14. 8. 2022)
- Garland J., Cedergreen J., Eliason L., van Hensbergen H., Mcewan A., Wasterlund D. 2020. Occupational safety and health in forest harvesting and silviculture – a compendium for practitioners and instructors. (Forestry Working Paper, No. 14). FAO.
- Greenleaf J.E., Castle B.L. 1972. External auditory canal temperature as an estimate of core temperature. *Journal of Applied Physiology*, 32, 2: 194-198.
- Health Canada. 2011. Extreme heat events guidelines: technical guide for health care workers: 149 str. https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/climat/workers-guide-travailleurs/extreme-heat-chaleur-accablante-eng.pdf (17. 3. 2022)
- Kaminsky G. 1953. Untersuchungen beim Holztransport mit Schlitten im winterlichen Hochgebirge. *Arbeitsphysiologie*, 15: 47-56.
- Keytel L.R., Goedecke J.H., Noakes T.D., Hiiloskorpi H., Laukkanen R., Van der Merwe L., Lambert E.V. 2005. Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *Journal of Sports Sciences*, 23, 3: 289-297. DOI 10.1080/02640410470001730089
- Klakočar T., Zorman T., Žvikart M. 2019. Osnove gibanja in športne aktivnosti: študijsko gradivo. Višja strokovna šola za gostinstvo in turizem. https://vsqt.si/wp-content/uploads/2016/09/OGS_19_20.pdf (26. 8. 2022)
- Ko Y., Yung J.Y., Kim H.T., Young Lee J. 2019. Auditory canal temperature measurement using a wearable device during sleep: comparisons with rectal temperatures at 6, 10, and 14 cm depths. *Journal of Thermal Biology*, 85: 102410. DOI 10.1016/j.jtherbio.2019.102410
- Koblar V. 2016. Učinek metode z neprekinjenim naporom na kazalce vzdržljivosti: diplomsko naloga. (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport). Ljubljana, samozal.: 29 str.
- Kramaršič J. 2016. Primerjava aktivne razgradnje laktata in pasivnega odmora med dvema maksimalnima nastopoma na 100 m kravi: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport). Ljubljana, samozal.: 29 str.
- Kurumatani N., Yamaguchi B., Dejima M., Enomoto Y., Moriyama T. 1992. Aerobic capacity of forestry workers and physical demands of forestry operations. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64: 546-551.
- Lenasi H. 2014. Telesna dejavnost in termoregulacija. *Medicinski razgledi*, 53: 467-484.
- Levanto S., Turkila K.K. 1977. The warmth of the work clothing of forest workers. (Tyotehoseura, 194). *Work Efficiency Association*: 56 str.
- Levels K., de Koning J.J., Foster C., Daanen H.A.M. 2011. The effect of skin temperature on performance during a 7.5-km cycling time trial. *European Journal of Applied Physiology*, 112: 3387-3395.
- Lipoglavšek M. 1992. Težavnost dela sekačev. (Strokovna in znanstvena dela, 108). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 124 str.
- Melemec K., Tunay M. 2010. Determining physical workload of chainsaw operators working in forest harvesting. *Technology*, 13: 237-243.
- Poje A. 2011. Vpliv delovnega okolja na obremenitev in težavnost dela sekača pri različnih organizacijskih oblikah dela: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani Biotehniška Fakulteta, oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 484 str.
- Pajek L. 2022. Vpliv uporabe gozdarske osebne varovalne opreme na psihofizične obremenitve: magistrska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 75 str.
- Poje A., Potočnik I. 2008. Vrednotenje toplotnih obremenitev pri gozdnem delu. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 87: 89-99.
- Pravilnik o varstvu pri delu v gozdarstvu. 1979. Ur. l. SRS, št. 15/79 <https://wcm.gozdis.si/sl/infogozd/prirocnik-za-lastnike-gozdov/varovanje-zdravja-in-varnost-pri-delu-v-gozdu/> (13. 3. 2022)
- Pustovrh J. 2020. Vzdržljivost kot funkcionalna sposobnost človeka. Društvo za zdravje srca in ožilja. <https://zasrce.si/clanek/vzdrzljivost-kot-funkcionalna-sposobnost-cloveka/> (26. 8. 2022)
- Robič T. 2017. Psihofiziološki odzivi telesa med izvajanjem tehnike postopnega mišičnega sproščanja: diplomska naloga. (Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije). Izola, samozal.: 57 str.
- Scharhag Rosenberger F., Carlsohn A., Lundby C., Schuler S., Mayer F., Scharhag J. 2013. Can more than one incremental cycling test be performed within one day? *European Journal of Sports Science*, 14, 5: 459-467. DOI 10.1080/17461391.2013.853208
- Sports physio and performance. Lactate plus meter. <https://sportsphysio.ie/210-221.html> (14. 7. 2022)
- Sušnik J., Fras J. 1972. Analiza delovnega mesta gozdnega delavca sekača s posebnim poudarkom na telesnih obremenitvah. V: Benificirana delovna doba gozdnega delavca v neposredni gozdni proizvodnji. Čokl M. (ur.). (Strokovna in znanstvena dela, 33), Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti: 15-99.
- Varovanje zdravja in varnost pri delu v gozdu. 2022. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.
- Žitko U. 2015. Analiza delovnega mesta sekača z opazovalno metodo OWAS: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 78 str.