

izred. prof. dr. **Jelka Geršak**¹, univ. dipl. inž.

mag. **Dragana Grujić**², univ. dipl. inž.

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Inštitut za tekstilne in konfekcijske procese, Smetanova 17, SI-2000 Maribor; e-pošta: jelka.gersak@uni-mb.si

² Tehnološki fakultet Banja Luka, Ulica S. Stepanovića 73, BIH-78000 Banja Luka

Vpliv oblačila na toplotno fiziološko udobje človeka pri različnih obremenitvah in klimatskih pogojih

Udobnost pri nošenju je pomembno merilo pri vrednotenju kakovosti določenega oblačila med uporabo. Oblačilo mora omogočiti določeno toplotno izolacijo, ustrezno stopnjo prepustnosti vlage in dobro ventilacijo, da bi lahko bila zagotovljena optimalna toplotna regulacija človeškega telesa. Rezultat uravnoteženih interakcij v sistemu »človek-klima-oblačilo« se izraža v udobju pri nošenju oblačila.

V prispevku je podan vpliv oblačila na toplotno fiziološko udobje človeka pri različnih obremenitvah in različnih klimatskih pogojih na podlagi eksperimentalno določenih toplotno fizioloških veličin, kot so: srednja temperatura kože, srčna frekvenca in količina evaporiranega znoja.

***Ključne besede:** udobje, toplotno fiziološko udobje, oblačila, fiziološki parametri, temperatura kože, srčna frekvenca, evaporiran znoj*

Influence of Thermophysiological Characteristics of Clothes on the Human Comfort during Different Burden Exposures and Climate Conditions

Comfort, that is felt by wearing the clothes, is a decisive criterion for evaluation of the quality of certain clothes during the usage. The clothes must provide certain heat isolation, high degree of wet permeability and good ventilation in order to maintain optimal thermoregulation of the human body. The result of the balanced interactions within the »man-climate-clothes« system is expressed by the comfort, that is felt while wearing the clothes. The influence of the clothes on the heat burden of the human body during different combinations of different burden exposures and climate conditions is determined experimentally by measuring the physiological parameters: mean skin temperature, heart frequency and quantity of the evaporated sweat.

***Keywords:** comfort, thermophysiological comfort, clothes, physiological parameters, skin temperature, heart frequency, evaporated sweat*

1.0 Uvod

Udobje pri nošenju je eno odločilnih meril za vrednotenje kakovosti posameznih oblačil med uporabo in prihaja vse bolj do izraza pri izbiri oblačil. Tako so danes zahteve po udobju, ki jih postavlja uporabnik pri izbiri oblačil, mnogo večje kot so bile nekoč.

Funkcije, ki jih mora imeti določeno oblačilo, je J. Mecheels^[1] opredelil na podlagi treh meril. To so:

a) Estetska funkcija:

- ustrezati mora modnim zahtevam (barva, oblika, material),
- ustrezati mora posebnim priložnostim,
- poudarja naj človekov osebni značaj.

b) Ergonomska funkcija:

- imeti mora ustrezeni kroj,
- oblačilo mora biti prožno, da se lahko prilagaja obliki telesa,

- človeka ne sme ovirati pri gibanju.
- c) Fiziološka funkcija:
 - spodbujati mora uravnavanje telesne temperature tako, da štiti telo pred mrazom oz. omogoča pretok odvečne toplote v obliki izhlapelega znoja s površine kože v okolico,
 - zagotoviti mora toplotno fiziološko udobje pri nošenju,
 - zagotoviti mora kožno senzorično udobje.

Ali oblačilo ustreza estetskim in ergonomskim zahtevam, lahko posameznik presodi že pri prvem nošenju določenega oblačila, drugače pa je s presojo fiziološke funkcije. Znano je, da je človeški organizem v stanju toplotnega udobja, kadar obstaja ravnotežje med proizvedeno in oddano toploto, kar se odraža v razmeroma konstantni temperaturi telesa. Za normalno odvijanje fizioloških funkcij mora človek vzdrževati stalno temperaturo telesnega jedra (glava in trup) 37 °C [2]. Oblačilo z dobrimi toplotno fiziološkimi lastnostmi mora pri različnih klimatskih pogojih in različnih fizičnih aktivnostih uporabnika omogočiti toplotno fiziološko ravnotežje ob minimalni obremenitvi telesa, to pomeni, da človek v oblačilu ne čuti niti mraza niti vročine, temveč toplotno fiziološko udobje [2, 3].

2.0 VPLIV OBLAČILA NA FIZIOLOŠKE VELIČINE ČLOVEKA

S toplotno fiziološkega vidika udobja se lahko na oblačilo gleda kot »kvazifiziološki sistem«, ki vpliva na proces termoregulacije človeškega telesa tako, da se človek udobno počuti pri različnih klimatskih pogojih in različnih telesnih aktivnostih. To pomeni, da človek pri različnih klimatskih pogojih in različnih telesnih aktivnostih pri danem metaboličnem proizvajanju telesne toplote ohrani stalno telesno temperaturo. Temperatura organizma se regulira z izmenjavo toplote med telesom in okoljem ter je pogojena s stanjem dinamičnega ravnotežja med proizvedeno toploto in izgubo toplote v okolje. Izmenjava toplote med telesom in okolico je odvisna od klimatskih parametrov toplotnega okolja (temperature zraka v okolju, relativne vlažnosti zraka, hitrosti gibanja zraka in srednje temperature sevanja v okolju) ter neklimatskih parametrov (toplotnih lastnosti oblačil in proizvedene toplote v telesu).

Na podlagi podanega je očitno, da zavzema oblačilo oz. oblačilni sistem, ki predstavlja toplotno razmejitveno plast med telesom in klimo v okolju, pomembno vlogo v procesu termoregulacije, saj je večji del telesa izpostavljen mikroklimi, ki se ustvarja med kožo in sloji oblačilnega sistema. Veličine, ki so odraz te sposobnosti in na podlagi katerih objektivno vrednotimo toplotno fiziološko udobje, so toplotne lastnosti oblačilnega sistema, povezane z izmenjavo toplote in vlage

med človeškim telesom in okolico. Oblačilo oz. oblačilni sistem, kot razmejitvena plast, ki je običajno večslojna konstrukcija, sestavljena iz sloja, ki je v neposrednem stiku s kožo, termoizolacijskega sloja in vrhnjega sloja, lahko pozitivno ali negativno vpliva na izmenjavo toplote med telesom in okolico [4, 5].

Fiziološke reakcije na nošenje oblačila se v človeškem telesu kažejo v obliki spremembe fizioloških parametrov, ki jih lahko objektivno izmerimo ali subjektivno določimo na podlagi ocene občutka o udobju. Tako se vpliv oblačila na toplotno obremenitev človeka pri različnih obremenitvah med delom in različnih kombinacijah klimatskih veličin lahko določi eksperimentalno na podlagi merjenja fizioloških veličin človeka, kot so:

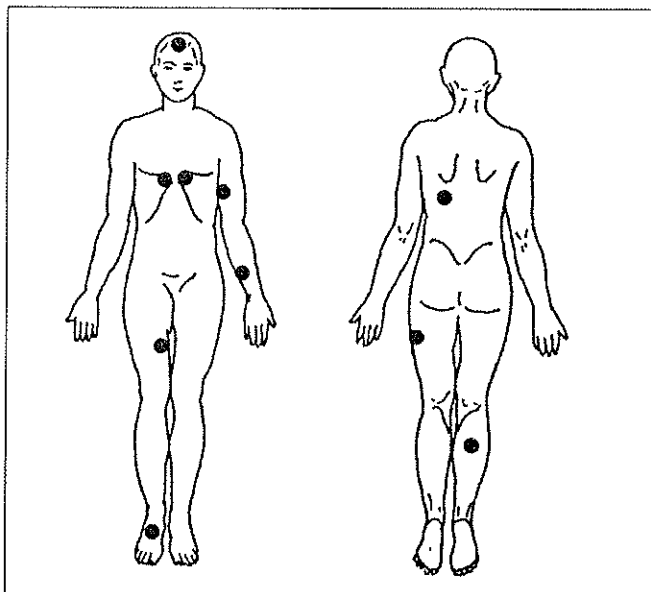
- srednja temperatura kože,
- srčna frekvenca in
- količina izhlapelega znoja
- ter subjektivne ocene toplotnega udobja.

Pri tem toplotno fiziološko udobje človeka zaznamujeta predvsem dve fizikalni veličini in sicer [2]:

- srednja ponderirana temperatura kože, ki določa udobje človeka v hladnem in
- količina proizvedenega znoja na koži, ki določa udobje v toplem.

2.1 Temperatura kože

Temperatura kože je fiziološki parameter, ki zelo dobro izraža proces izmenjave toplote med površino kože in okolico. Je signal udobja v mrazu. Znano je, da je temperatura na površini kože v hladnem (mrzlem) okolju na različnih mestih različna, in je odvisna predvsem od temperature zraka in hitrosti gibanja zraka. Nasproti temu se te razlike v vročem okolju zmanjšuje-



Slika 1: Področja merjenja temperature kože za določitev srednje (ponderirane) temperature kože [2]

jo, saj temperatura kože postaja vse bolj odvisna od parcialnega tlaka vodne pare v zraku [3, 4].

Splošno velja, da je temperatura kože kot fiziološki parameter odvisna od klimatskih pogojev, toplotnega upora oblačila, evaporacije znoja, aktivnosti človeka ter aklimatiziranosti in debelosti opazovanih oseb [3, 6]. Ker je temperatura kože na različnih mestih telesa različna, jo merimo na različnih mestih telesa, slika 1 [2], in iz izmerjenih podatkov izračunamo srednjo ponderirano temperaturo kože, ki predstavlja značilno temperaturo za celotno površino kože.

Temperaturne razlike na različnih mestih telesa je preučeval tudi B.W. Olesen [7], ki je dokazal, da zadoštuje v primeru vročega okolja merjenje temperature kože na 2 – 4 mestih, pri nevtralnih klimatskih pogojih na 4 – 8 mestih, medtem ko je v hladnem okolju potrebno izvesti merjenje na 8 – 12 mestih telesa.

Na podlagi izmerjenih vrednosti se izračuna srednja ponderirana temperatura kože po izrazu:

$$T_{\text{pon}} = 0,07 T_{\text{čelo}} + 0,175 T_{\text{hrb}} + 0,175 T_{\text{prsi}} + 0,07 T_{\text{rama}} + 0,07 T_{\text{nadl}} + 0,05 T_{\text{roka}} + 0,19 T_{\text{steg}} + 0,2 T_{\text{golen}} \quad (1)$$

kjer posamezni koeficienti izražajo veličino merjenih površin kože z enako temperaturo, preglednica 1 [3, 4].

Preglednica 1: Koeficienti za izračun srednje temperature kože

Zap. št.	Področje merjenja	Koeficient
1	ČELO – na sredini	0,070
2	HRBET – desna lopatica	0,175
3	PRSI – leva stran prsi (zgoraj)	0,175
4	RAMENA – leva rama	0,070
5	NADLAHT – leva nad komolcem	0,070
6	ROKA – leva zunanja stran dlani	0,050
7	STEGNO – leva noga zadaj	0,190
8	GOLEN – desna noga zadaj	0,200

Preglednica 2: Ocenjevanje toplotnega udobja na podlagi srednje (ponderirane) temperature kože po J. Mecheels [4]

Počutje	Stanje	Srednja temperatura kože T/°C
NEUDOBN0	Nevzdržno	nad 37,4
	Zgornja dopustna meja za športne osebe	37,4
	Zgornja dopustna meja za nešportne osebe	36,0; nad 35
UDOBN0	Normalno stanje	35,0; 34,0; 32,0
NEUDOBN0	Spodnja dopustna meja (za okončine)	pod 32,0; 29,5; (12,0)
		25,0
	Nevzdržno	pod 25,0

Toplotno počutje oz. udobje človeka ocenjujemo s pomočjo t.i. skale, ki jo je sestavil J. Mecheels [4] na podlagi izmerjene srednje (ponderirane) temperature kože, preglednica 2.

2.2 Srčna frekvenca

Srčna frekvenca je fiziološki parameter, ki najbolje izraža integralno obremenitev človeka. Srčna frekvenca predstavlja lahko merljiv, vendar informacijsko zelo kompleksen parameter poklicnih obremenitev človeka. Znano je, da se pri povečani energijski porabi v aktivnih mišicah poveča dotok energijskih snovi in odtok metabolitov, kar ima za posledico povečanje minutnega volumna krvnega pretoka. Ta se poveča tako pri dinamičnem in statičnem (izometričnem) mišičnem delu kot pri termoregulaciji in pri psihični obremenjenosti [8].

Srčna frekvenca sme pri telesnem delu krajši čas doseči 80 % razlike med srčno frekvenco v standardnih pogojih mirovanja in srčno frekvenco pri doseganju maksimalne aerobne kapacitete, v povprečju pa ne sme preseči 30 % te razlike. Pomembno merilo je tudi ustalitev srčne frekvence na novem višjem nivoju.

J. Sušnik navaja, da je najugodnejše, če toplotna komponenta srčne frekvence ne presega 20 utripov na minuto, oz. skupno z ostalimi komponentami (bazalna, dinamična, izometrična in emocionalna) 150 utripov v minuti [6].

2.3 Evaporacija znoja

Znano je, da je kopičenje toplote v telesu ali t.i. skladiščenje energije produkt mase, specifične toplote in spremembe temperature v odvisnosti od časa, medtem ko je iz enačbe toplotnega ravnotežja po J. Werner [9] vidno, da je prirastek toplote v telesu (telesnem jedru) enak izgubi toplote:

$$m_{\text{co}} c_{\text{co}} (dT_{\text{co}}/dt) = M - W - Q - E_r \quad (2)$$

kjer je:

- m_{co} – masa telesa
- c_{co} – specifična toplota telesa
- dT_{co}/dt – sprememba temperature telesa v odvisnosti od časa
- M – metabolična proizvodnja toplote
- W – mehansko delo
- Q – izguba toplote, sestavljena iz konduktivnega in konvektivnega prenosa toplote
- E_r – izguba toplote v respiratornem traku.

Če upoštevamo toplotno ravnotežje za oba dela, tj. za notranjost telesa ali telesno jedro in kožo, ki sodelujeta

pri izmenjavi toplote, vidimo, da se komponente toplotnih izgub v telesu spremenijo v komponente prirastka toplote, saj koža sprejme konduktivno/konvektivni toplotni tok iz telesnega jedra kot toplotni prirastek, medtem ko evaporativni toplotni tok in prenos toplote s konvekcijo in radiacijo predstavljajo komponente izgube toplote s kože v okolje:

$$m_{sk} c_{sk} (dT_{sk}/dt) = Q - E - K - R \quad (3)$$

kjer je:

- m_{sk} – masa kože
- c_{sk} – specifična toplota kože
- dT_{sk}/dt – sprememba temperature kože v odvisnosti od časa
- E – evaporativni toplotni tok
- K – toplotni tok konvektivnega prenosa toplote
- R – toplotni tok radiacijskega prenosa toplote.

Evaporativna izguba toplote skozi kožo je produkt evaporacijskega znoja in latentne toplote, potrebne za izparevanje znoja.

Količina evaporiranega znoja je v osnovi vedno manjša kot količina proizvedenega znoja (zaradi tvorbe vodnih kapljic in ker je zgornja meja evaporacije znoja odvisna od razlike parcialnega tlaka vodne pare v zraku in na koži). Proizvodnja znoja je kompleksni mehanizem, na katerega vplivajo individualne karakteristike testnih oseb (nagnjenost k znojenju, delež maščobne mase), toplotno okolje in fizične obremenitve [10].

Evaporacija znoja ima praktični pomen, čeprav pri dinamičnem delu ni zanemarljiva tudi izguba z ventilacijo. Intenzivnost evaporacije je v veliki meri odvisna od razlike parcialnih tlakov v okolju in sloju zraka, ki obdaja kožo. Parni tlak na površini kože se giblje okoli 56 mbar. Če je razlika parnih tlakov majhna, izločen znoj le napoji oblačilo oz. pokriva kožo kot vlažni film, ali celo curlja po telesu. Učinkovitost znojenja za termoregulacijo se ocenjuje s pomočjo indeksa i_z ,

$$i_z = \frac{m_{ez}}{m_{iz}} \quad (4)$$

kjer pomeni m_{ez} količino evaporiranega znoja in m_{iz} količino izločenega znoja. Učinkovitost je tem manjša, čim manjši je indeks [6].

3.0 METODIKA

Za raziskavo vpliva oblačila na toplotno-fiziološko udobje človeka pri različnih obremenitvah in klimatskih pogojih so bile uporabljene štiri vrste trenirk za prosti čas, ki so se med seboj razlikovale po vrsti osnovnega materiala in podloge:

- a) trenirka z oznako SVILA/SINGL (S/S) – kombinacija osnovna tkanina »SVILA« in bombažna podloga »SINGL«
- b) trenirka z oznako SVILA/ TIL (S/T) – kombinacija osnovna tkanina »SVILA« in poliestrna podloga »TIL«
- c) trenirka z oznako KOREJA/SINGL (K/S) – kombinacija osnovna tkanina »KOREJA« in bombažna podloga »SINGL«
- d) trenirka z oznako KOREJA /TIL (K/T) – kombinacija osnovne tkanine »KOREJA« in poliestrne podloge »TIL«.

Osnovne značilnosti uporabljenih materialov za izdelavo analiziranih trenirk so podane v preglednici 3, medtem ko je skica testiranega modela trenirke prikazana na sliki 2.

Izbrani model ženske trenirke je sestavljen iz dveh delov, tj. zgornjega dela ali jope in hlač. Zgornji del trenirke ali jopa se zapenja z zadrigo. Na sprednjih delih jope sta žepa, ki se ravno tako zapenjata z zadrigo. Po dolžini jope je okrasna vrstica, rokava sta v zapestjih oprijeta. Spodnji del trenirke oz. hlače imajo v pasu elastiko in vdeto okrasno vrvico. Na prednjem delu hlač sta žepa, ki sta okrasno pošita.

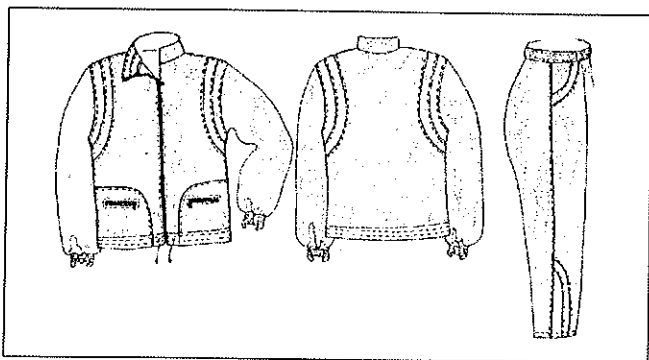
3.1 Model raziskave

V raziskavo je bilo vključenih osem testnih oseb, starosti od 21 do 24 let, približno enake telesne višine in telesne mase. Pred raziskavo so bile testne osebe spočite in niso obilno jedle, pile kave ali čaja in kadile.

Raziskava vpliva toplotno fizioloških lastnosti oblačila na toplotno udobje človeka je potekala pri umetno ustvarjenih klimatskih pogojih v računalniško vodeni klima komori pri dveh različnih obremenitvah in trojih različnih klimatskih pogojih. Kombinacija klimatskih

Preglednica 3: Osnovne značilnosti uporabljenih materialov

Lastnosti uporabljenih materialov	Osnovna tkanina z oznako »SVILA«	Osnovna tkanina z oznako »KOREJA«	Podloga z oznako »SINGL«	Podloga z oznako »TIL«
Vrsta preje	PES mikrofilament	PES mikrofilament	Bombaž	PES filament
Finost preje Tl/dtex	Osnova: 100/160 x 1 Votek: 150/240 x 1	Osnova: 90/160 x 1 Votek: 160/240 x 1	1900 x 1	50/10 x 1
Vezava	Platno	Platno	Interlok	Til
Gostota /cm ⁻¹	Osnovne niti: 55 Votkovne niti: 32	Osnovne niti: 56 Votkovne niti: 43	Vertikalna: 15 Horizontalna: 18	Vertikalna: 17,5 Horizontalna: 11,1
Ploskovna masa g/m ⁻²	146	119	52	36



Slika 2: Skica modela analizirane ženske trenirke

pogojev in telesnih obremenitev je bila izbrana tako, da je čimbolj ustrezala realnim pogojem nošenja. To sta: hitra hoja po ravnem premičnem traku in pri vzponu 5°. Vse raziskave so bile izvedene pri:

- treh različnih temperaturah zraka in sicer:
 $T_{z1} = 15\text{ °C}$, $T_{z2} = 20\text{ °C}$ in $T_{z3} = 25\text{ °C}$
- relativni zračni vlažnosti $RV = 65\%$ in
- konstantni hitrosti gibanja zraka $v = 0,5\text{ ms}^{-1}$.

Testne osebe so na premičnem traku JAEGER LE 2000, ki je bil postavljen v klima komori, pri določenih klimatskih pogojih izvajale enake telesne aktivnosti v naslednjem zaporedju:

- obremenitev I: 30 minut
 - hitra hoja po ravnem premičnem traku s hitrostjo 4 km/h v smeri vetra,
- odmor: 3 minute
- obremenitev II: 30 minut
 - hitra hoja po premičnem traku pri vzponu 5° s hitrostjo 4 km/h v smeri vetra.

3.1.1 Ugotavljanje temperature kože

Temperature zraka, pri kateri so bile izvedene raziskave, so se gibale od 15 °C do 25 °C. Pri tem je bilo izvedeno merjenje temperature kože na osmih merilnih mestih po standardni metodi, ki jo določa ISO DP 9886 [11].

Za merjenje temperature kože je bila uporabljena računalniško podprta merilna naprava PAR-PORT, ki je namenjena mobilnemu zajemanju bio signalov. Kot tipala so bili uporabljeni termoelementi, sestavljeni iz dveh kovinskih prevodnikov (srebro/srebrov klorid). Pri tem se ena kovina segreva s stalno energijo, medtem ko se druga ogreva s toploto površine kože. Če spojeni kovini nimata enake temperature, nastane električna napetost, ki jo merilna naprava avtomatsko odčita in jo v obliki temperaturne razlike shrani v pomnilnik. Vsako tipalo je preko kabla povezano z oštevilčenim vhodom na PAR-PORT napravi.

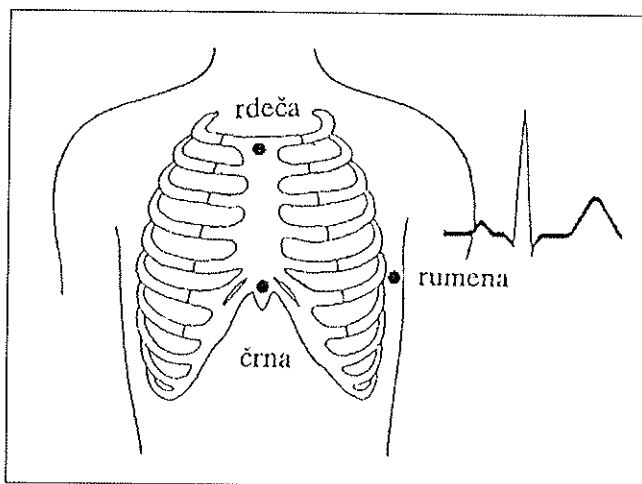
Okrogla tipala, s premerom 6 mm, se prilepijo na merilna mesta po zahtevah standarda ISO DP 9886 [11]. Meritve temperature kože so bile izvedene:

- na začetku vsake raziskave,
- pri obremenitvi I in
- pri obremenitvi II.

Rezultati meritev temperature kože se računalniško beležijo vsako minuto. Iz izmerjenih vrednosti se po izrazu (1) izračuna srednja ponderirana temperatura kože.

3.1.2 Ugotavljanje srčne frekvence

Za merjenje srčne frekvence je bila uporabljena računalniško podprta merilna naprava PAR-PORT. Srčna frekvenca je merjena na principu EKG signala s pomočjo treh elektrod. Elektrode se pritradijo na prsi testne osebe, kot kaže slika 3. Med raziskavo v klimakomori je bilo merjenje srčne frekvence izvedeno kontinuirano vsakih 5 minut kot povprečno število udarcev v minuti.



Slika 3: Merjenje srčne frekvence po principu EKG signala

3.1.3 Določitev količine evaporiranega znoja

Količina evaporiranega znoja je bila določena na podlagi tehtanja testnih oseb in oblačil. V ta namen so bile pred raziskavo stehtane testne osebe brez oblačil posebej in oblačila, ki so jih testne osebe imele med raziskavo, posebej. Po izvedeni raziskavi so bile testne osebe ponovno stehtane, in sicer z oblačili in brez oblačil. Istotčasno so bili natančno stehtani tudi vsi kosi oblačil.

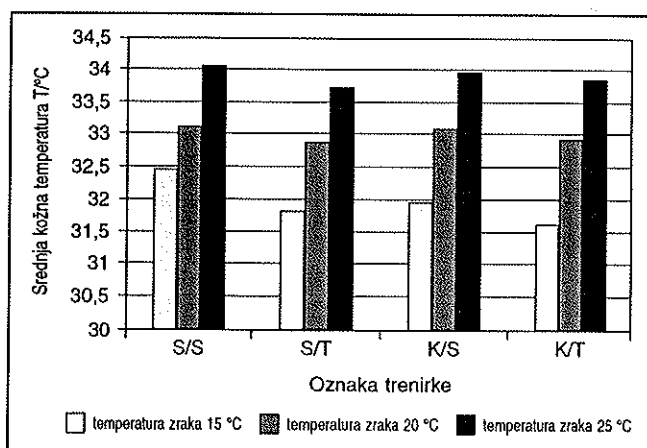
Iz razlike v masi posamezne testne osebe in njenih oblačil pred in po izvedenih raziskavah je izračunana celotna količina izločenega znoja, količina znoja, ki jo je navzel posamezni kos oblačila, in količina evaporiranega znoja.

4.0 REZULTATI Z RAZPRAVO

Na podlagi izvedenih raziskav vpliva oblačila na toplotno fiziološko udobje človeka pri različnih telesnih obremenitvah in klimatskih pogojih so dobljeni rezultati prikazani kot rezultati meritev srednje ponderirane temperature kože, srčne frekvence in količine evaporiranega znoja.

4.1 Rezultati vpliva oblačila na temperaturo kože testnih oseb

Temperatura kože je rezultat izmenjave toplote med površino kože in okolico. Rezultati meritev temperature kože so podani kot rezultati srednje ponderirane temperature kože, ki predstavlja karakteristično temperaturo za celotno površino kože. Rezultati meritev srednje ponderirane temperature kože pri različnih temperaturah zraka ($T_{Z1} = 15\text{ °C}$, $T_{Z2} = 20\text{ °C}$ in $T_{Z3} = 25\text{ °C}$) in relativni zračni vlažnosti 65 % so prikazani v obliki histograma na sliki 4.



Slika 4: Srednje ponderirane temperature kože testnih oseb pri RV = 65 % in pri temperaturi zraka $T_{Z1} = 15\text{ °C}$, $T_{Z2} = 20\text{ °C}$ in $T_{Z3} = 25\text{ °C}$

Na sliki 4 podan histogram temperature kože testnih oseb, ki so nosile analizirane trenirke, prikazuje srednje ponderirane vrednosti temperature kože pri različnih klimatskih pogojih, tj. pri relativni zračni vlažnosti 65 % in temperaturi zraka 15 °C, 20 °C in 25 °C. Na podlagi dobljenih rezultatov srednje ponderirane temperature kože testnih oseb je vidno, da na temperaturo kože opazovanih testnih oseb neposredno vpliva vrsta in lastnosti v oblačilo vgrajenega materiala oz. struktura oblačilnega sistema. Analiza rezultatov kaže, da je pri nižjih temperaturah zraka, tj. pri temperaturi 15 °C, najugodnejša kombinacija materiala SVILA/SINGL, oz. trenirka, skonstruirana iz osnovne tkanine, izdelane iz PES mikrofilamentne preje, ploskovne mase 146 gm², z bombažno podlogo, saj znaša srednja ponderirana temperatura kože testnih oseb 32,5 °C, kar ustreza področju udobnega počutja. Srednja ponderirana temperatura kože testnih oseb, ki so nosile trenirke z oznako KOREJA/SINGL, narejene iz osnovne tkanine iz 100 % PES mikrofilamentne preje in s ploskovno maso 119 gm² ter bombažne podloge, znaša 32 °C. Dobljene vrednosti so na meji udobnega počutja, medtem ko trenirki, izdelani iz kombinacije materiala SVILA/TIL in KOREJA/TIL, sodita glede na dobljene vrednosti srednje ponderirane temperature kože testnih oseb v področje neudobnega počutja. Nižje

vrednosti srednje ponderirane temperature kože opazovanih testnih oseb so v obeh primerih posledica nizke toplotne izolacije, ki jo nudita trenirki, z vgrajeno PES filamentno til podlogo.

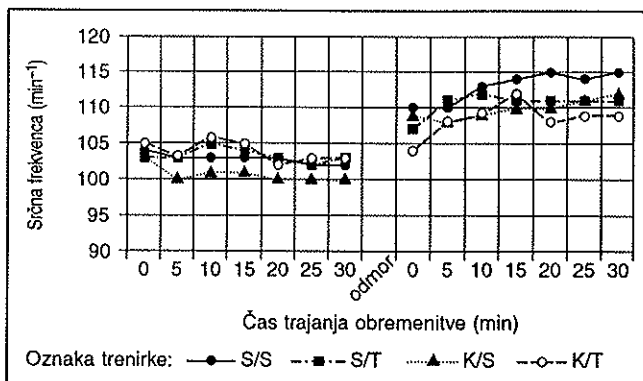
Dalje je na podlagi dobljenih rezultatov srednje ponderirane temperature kože testnih oseb ugotovljeno, da vse štiri trenirke, ki so jih med raziskavo nosile testne osebe, zagotavljajo udobno počutje pri temperaturi zraka 20 °C. Pri tem se približujejo vrednosti srednje ponderirane temperature kože testnih oseb, ki so nosile trenirke z oznako SVILA/SINGL in KOREJA/SINGL, optimalni vrednosti.

Podobna spoznanja so dobljena tudi na podlagi rezultatov srednje ponderirane temperature kože testnih oseb, ki so nosile analizirane trenirke pri temperaturi zraka 25 °C, pri čemer vrednosti srednje ponderirane temperature kože pri nošenju trenirk z oznako SVILA/SINGL in KOREJA/SINGL zavzemajo optimalne vrednosti.

Na podlagi dobljenih rezultatov lahko zaključimo, da vrsta in lastnosti oz. kombinacija v oblačilo vgrajenega materiala neposredno vpliva na temperaturo kože in s tem povezano toplotno udobje, saj so se z vidika zagotavljanja udobja v vseh analiziranih primerih izkazale kot primernejše trenirke z bombažno podlogo.

4.2 Rezultati vpliva oblačila na srčno frekvenco testnih oseb

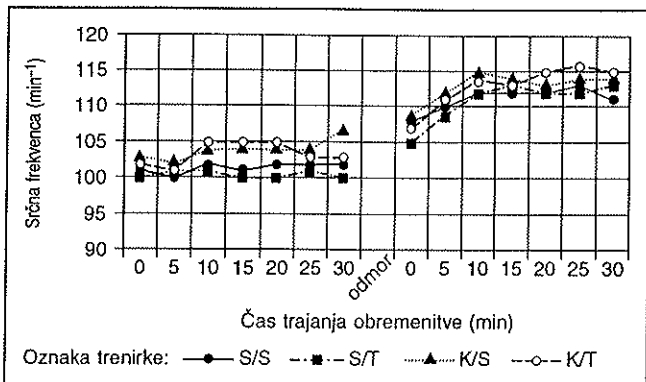
Podatki o srčni frekvenci dajejo informacijo o celotni obremenjenosti človeka. Znano je, da srčna frekvenca narašča pri dinamičnem in statičnem mišičnem delu, pri termoregulaciji kot tudi pri psihični obremenjenosti človeka. Rezultati meritev srčne frekvence pri trojih različnih klimatskih pogojih in dveh različnih obremenitvah testnih oseb, ki so nosile štiri različne vrste trenirk, so prikazani na slikah 5 do 7.



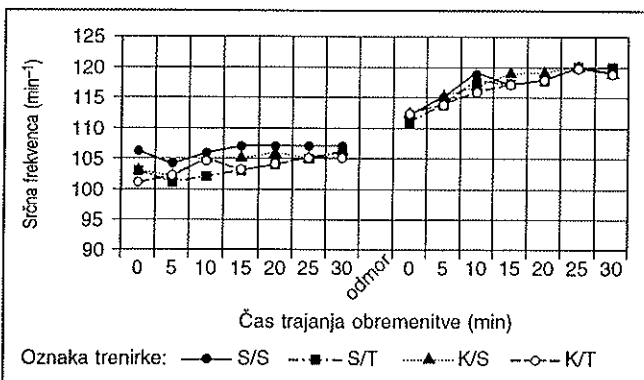
Slika 5: Prikaz srčne frekvence testnih oseb v odvisnosti od obremenitve ($T_{Z1} = 15\text{ °C}$; RV = 65 %)

Na podlagi rezultatov meritev srčne frekvence testnih oseb, ki so nosile analizirane trenirke pri trojih različnih klimatskih pogojih in različnih fizičnih obremenitvah, ki so prikazani na slikah 5 do 7, je vidno, da srčna frekvenca testnih oseb narašča tako s stopnjo

obremenitve kot tudi s časom trajanja obremenitve in zavzema pri vseh analiziranih primerih višje vrednosti pri večji fizični obremenitvi (hitra hoja po premičnem traku pri naklonu 5° s hitrostjo 4 km/h v smeri vetra).



Slika 6: Prikaz srčne frekvence testnih oseb v odvisnosti od obremenitve ($T_{Z2} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $RV = 65\%$)



Slika 7: Prikaz srčne frekvence testnih oseb v odvisnosti od obremenitve ($T_{Z3} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $RV = 65\%$)

Pri tem so večja odstopanja pri vrednostih srčne frekvence ugotovljena pri nižjih temperaturah, tj. pri temperaturi zraka $T_{Z1} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, medtem ko so te razlike manjše pri temperaturi zraka $T_{Z3} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Analiza rezultatov meritev srčne frekvence testnih oseb pri temperaturi zraka $T_{Z1} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ kaže, da testne osebe, ki so nosile trenirko z oznako KOREJA/SINGL (le-ta je bila glede na vrednosti srednje ponderirane temperature kože uvrščena na mejo udobnega počutja), imajo najnižje vrednosti srčne frekvence. Dalje je vidno, da se vrednosti srčne frekvence pri hitri hoji testnih oseb po ravnem premičnem traku, ki so nosile trenirko z oznako SVILA/SINGL (trenirka je pri nižji temperaturi z vidika zaznanih vrednosti srednje ponderirane temperature kože zagotavljala udobno počutje) in trenirko z oznako KOREJA/SINGL, ki je bila uvrščena na mejo udobnega počutja, po 10-ih minutah stabilizirajo; pri testnih osebah, ki so nosile trenirki, ki nista bile uvrščeni v področje udobnega počutja (trenirki z oznako SVILA/TIL in KOREJA/TIL), pa so bila zaznana večja nihanja v vrednostih srčne frekvence.

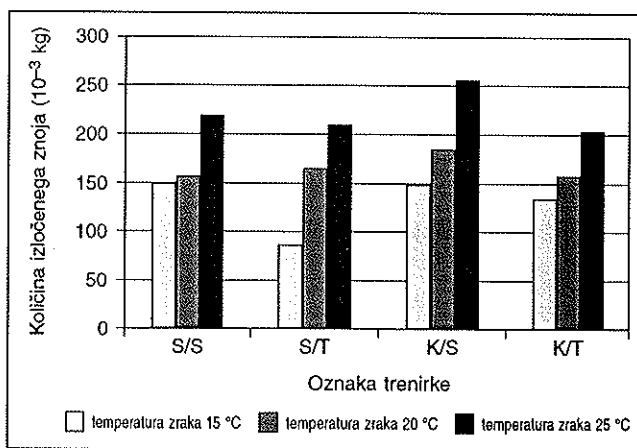
Nasproti temu pa je pri višjih temperaturah, tj. pri temperaturi zraka $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ zaznana naraščanje vrednosti

srčne frekvence s časom trajanja obremenitve, medtem ko so nihanja v vrednostih srčne frekvence testnih oseb manjša. To je še zlasti izrazito pri hitri hoji po premičnem traku pri vzponu 5° . Tako srčna frekvenca testnih oseb, ki so nosile analizirane trenirke, znaša 119 utripov v minuti po 30-minutni obremenitvi in pri temperaturi zraka $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, medtem ko pri trenirki z oznako SVILA/TIL znaša 120 utripov v minuti, kar predstavlja zelo majhno razliko.

Na podlagi podanega lahko zaključimo, da vse analizirane trenirke zagotavljajo ustrezno udobje glede na zaznane vrednosti srčne frekvence, saj te ne presegajo mejne vrednosti srčne frekvence 150 utripov v minuti.

4.3 Rezultati vpliva oblačila na količino evaporiranega znoja testnih oseb

Na količino izločenega znoja v prvi vrsti vplivajo individualne značilnosti testnih oseb, toplotno okolje in fizične obremenitve. Rezultati izračunanih vrednosti količine evaporiranega znoja, ki je določena na podlagi razlike v masi testnih oseb in njihovih oblačil pred in po izvedenih raziskavah, so glede na različne klimatske pogoje in fizične obremenitve testnih oseb prikazani na sliki 8.



Slika 8: Količina izločenega znoja analiziranih testnih oseb pri $RV = 65\%$ in temperaturi zraka $T_{Z1} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{Z2} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $T_{Z3} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Analiza rezultatov raziskave kaže, da je količina evaporiranega znoja testnih oseb, ki so nosile analizirane trenirke pri različnih klimatskih pogojih različna, in je odvisna od vrste trenirke oz. vrste in lastnosti v oblačilni sistem vgrajenega materiala. Tako je zaznana najmanjša količina izločenega znoja pri temperaturi $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ pri testnih osebah, ki so nosile trenirko z oznako SVILA/TIL, tj. trenirka, ki z vidika zaznanih vrednosti srednje ponderirane temperature kože ni zagotavljala potrebnega toplotnega udobja. Toplotno neudobje analizirane trenirke se lahko pripiše neustreznim toplotnim lastnostim PES til podloge pri analiziranem toplotnem

okolju, saj je trenirka z oznako SVILA/SINGL, izdelana iz iste osnovne tkanine z bombažno podlogo zagotavljala toplotno udobje testnih oseb, kar se odraža tudi v višji količini izločenega znoja. Dalje je vidno, da pri temperaturi 20 °C ni zaznani bistvenih odstopanj v količini izločenega znoja pri testnih osebah, ki so nosile analizirane trenirke, medtem ko so te razlike večje pri višji temperaturi. Tako je pri temperaturi 25 °C zaznana največja količina izločenega znoja pri testnih osebah, ko so nosile trenirko z oznako KOREJA/SINGL, medtem ko količina izločenega znoja pri testnih osebah, ko so nosile ostale trenirke, bistveno ne odstopa. Večja količina izločenega znoja pri testnih osebah, ki so nosile trenirko z oznako KOREJA/SINGL, se lahko pripiše konstrukcijskim parametrom v trenirko vgrajene osnovne tkanine KOREJA, ki zaradi večje gostote niti izkazuje nižjo stopnjo ventilacije, kar se odraža v manj ugodni mikroklimi oz. v večji količini izločenega znoja glede na trenirko z oznako SVILA/SINGL, ki zagotavlja z vidika dobljenih vrednosti srednje ponderirane temperature kože celo optimalno vrednosti toplotnega udobja.

Če v celoti preučimo histogram izločenega znoja, lahko vidimo, da so najmanjša odstopanja v količini izločenega znoja pri različnih klimatskih pogojih pri testnih osebah, ki so nosile trenirko z oznako SVILA/SINGL.

5.0 ZAKLJUČEK

Rezultati raziskave vpliva vrste oz. strukture trenirk na toplotno fiziološko udobje testnih oseb, ki so nosile analizirane trenirke, so pokazali, da se je pri vseh analiziranih klimatskih pogojih izkazala kot najustreznejša trenirka z oznako SVILA/SINGL, izdelana iz kombinacije PES mikrofilamentne osnovne tkanine in bombažne podloge, saj dobljene vrednosti srednje ponderirane temperature kože kot tudi količine izločenega znoja in gibanja vrednosti srčne frekvence kažejo na udobno počutje testnih oseb.

Dalje je na podlagi rezultatov meritev srčne frekvence testnih oseb, ki so nosile analizirane trenirke, vidno, da te ne vplivajo v večji meri na spremembo srčne frekvence: pri vseh testnih osebah ne glede na raziskane klimatske pogoje in fizične aktivnosti je bila namreč srčna frekvenca v dovoljenih mejah, saj tudi pri višji temperaturi vrednosti srčne frekvence ne presega vrednosti 150 utripov v minuti.

Na podlagi rezultatov meritev mase telesa testnih oseb in posameznih kosov oblačil pred in po raziskavi pri različnih klimatskih pogojih in izračunane količine izločenega znoja je ugotovljeno, da je količina izločenega znoja testnih oseb, ki so nosile analizirane trenirke pri različnih klimatskih pogojih, različna in je odvisna od vrste trenirke oz. lastnosti vgrajenega materiala. Glede na dobljene rezultate je ugotovljeno, da je najmanjše

nihanje v količini izločenega znoja v okviru analiziranih trenirk zaznано pri trenirki z oznako SVILA/SINGL.

Na podlagi rezultatov raziskav o vplivu vrste oblačila na toplotno fiziološko udobje človeka pri različnih klimatskih pogojih in fizičnih obremenitvah testnih oseb je vidno, da ta neposredno vplivajo na udobje človeka. Dobljena spoznanja kažejo na dejstvo, da sta za zagotavljanje ustreznega toplotno fiziološkega udobja pri različnih klimatskih pogojih izredno pomembna vrsta in lastnosti vgrajenega materiala oz. struktura oblačilnega sistema kot razmejitvene plasti med telesom in okolico, ki mora omogočiti določeno toplotno izolacijo, visoko stopnjo prepustnosti vlage ter dobro ventilacijo pri danih toplotnih pogojih, da se zagotovi optimalna termoregulacija človeškega telesa.

Viri:

- [1] MECHEELS, J. *Anforderungsprofile für funktionsgerechte Bekleidung*. DWI – Schriftenreihe des Deutschen Wollforschungsinstitutes an der TH Aachen, Aachener Textiltagung, Band 109, 1992, p. 263–268.
- [2] MECHEELS, J. *Körper – Klima – Kleidung: Grundzüge der Bekleidungsphysiologie*. Berlin : Schiele & Schön GmbH, 1991.
- [3] MATJAŠIČ FRIŠ, M. *Vpliv tekstilnega materiala in designa oblačila na toplotno udobje človeka v hladnem okolju : Doktorska disertacija*. Maribor : Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, 1998.
- [4] MECHEELS, J. *Körper – Klima – Kleidung: Wie funktioniert unsere Kleidung?* Berlin : Schiele & Schön GmbH, 1998.
- [5] GERŠAK, J. Designing a garment system from the point of view of thermophysiological comfort. V *12th International DAAAM Symposium »Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Precision Engineering«, Jena, Germany, 24–27th October 2001: Annals of DAAAM for 2001 & Proceedings*. Uredil B. Katalinić. Vienna : DAAAM International, 2001, p. 157–158.
- [6] SUŠNIK, J. *Toplotna obremenitev in obremenjenost*. Ljubljana : Univerzitetni zavod za zdravstveno in socialno varstvo Ljubljana, 1990.
- [7] OLESEN, BW. How Many Sites Are Necessary to Estimate a Mean Skin Temperature? *Thermal Physiology*, 1984, p. 33–38.
- [8] VERHOVNIK, V. *Obremenitve pri delu v tekstilni in konfekcijski industriji – IV del : Raziskovalna naloga*. Maribor : Visoka tehniška šola Maribor, 1982.
- [9] WERNER, J. *Heat exchange, thermal balance and temperature regulation*. Work in Cold Environment. Investigatin report 31, National Institute of occupational Health, Solna, Sweden, 1994, str. 19–24.
- [10] EISSING, G. *Belastung und Beanspruchung des Menschen durch das Tragen Schutzbekleidung*. Wuppertal : Universität-Gesamthochschule-Wuppertal, 1982.
- [11] *Evaluation of thermal strain by physiological measurements*. ISO / DP 9886 : 1988.