

GDK: 306:966=163.6

Prispelo / Received: 15. 09. 2008

Sprejeto / Accepted: 01. 12. 2008

Izvirni znanstveni članek
Original scientific paper

VREDNOTENJE TOPLOTNIH OBREMENITEV PRI GOZDNEM DELU

Anton POJE¹, Igor POTOČNIK²

Izvleček

V prispevku na podlagi mednarodnih standardov in meril toplotnih razmer (PMV, PPD, WBGT, IREQ in WCI) ter grobih predpostavk ugotavljamo, da je bilo delo sekača v letu 2006 glede na toplotno udobje večino dni neudobno oz. celo nesprejemljivo ter da so toplotni ekstremi razmeroma redki. Varovanje delavcev mora kljub temu upoštevati tudi te ekstremne razmere, saj lahko neposredno vplivajo na delavčevo zdravje. Kot varstveni ukrep za povečanje toplotnega udobja priporočamo večplastno gozdarsko obleko iz novih materialov, s katero lahko delavci kontrolirajo izolativnost obleke, ter več kosov nadomestnih oblačil za varovanje delavcev pred obolenji. Ob ekstremno neugodnih toplotnih razmerah je treba skrajševati ali omejiti trajanje delovnega časa, povečati trajanje počitkov ter uživanje tekočin.

Ključne besede: varstvo pri delu, gozd, toplotne razmere, mraz, vročina

EVALUATION OF THERMAL CONDITIONS IN FOREST WORK

Abstract

In this discourse we have established, on the basis of international standards, thermal conditions indices (PMV, PPD, WBGT, IREQ and WCI) and some rough assumptions, that in 2006 the work of a cutter in terms of thermal comfort was mostly uncomfortable or even unacceptable, and also that thermal extremes were relatively infrequent. However, the protection of workers has to consider these extreme conditions, as they can have a direct impact on the worker's health. The following safety measures for increasing thermal comfort are advisable: the multi-layer overalls made of new materials, enabling workers to control the overall insulation; several pieces of spare clothing for protection from various illnesses; shortening or limiting the working time and increasing the duration of rests and drinking enough water during extremely harsh conditions.

Key words: safety at work, forest, thermal conditions, cold, heat

UVOD INTRODUCTION

Varovanje gozdnega delavca, katerega delovno okolje je gozd z vsemi svojimi specifičnimi lastnostmi, je z vidika varnosti pri delu veliko večji strokovni problem kot varovanje delavca v industrijskih obratih. V večini primerov namreč ni mogoče upoštevati prvega načela varstva pri delu, to je, da delavca varujemo z odstranitvijo vira nevarnosti, saj delovnega okolja v gozdu ne moremo spreminjati. Tako ne moremo spreminjati oz. prilagajati vremenskih, terenskih in sestojnih razmer, kakor tudi ne predmetov dela npr. lastnosti drevesa. Lahko pa s poznavanjem nevarnosti in tveganja za nezgodo varstvo vgradimo v delovne postopke, organizacijo dela, izobraževanje delavca ter tudi v preverjanje znanja delavca o varnem delu. Poznavanje nevarnosti in tveganj je tudi osnovna zahteva za izbiro primerne osebne varovalne opreme.

Vremenske razmere, kot so padavine (dež, sneg), veter, temperatura, vlažnost in osvetljenost, lahko na varnost in

zdravje pri delu vplivajo neposredno ali posredno. Tako ima lahko temperatura neposreden vpliv na delavčevo zdravje v primeru porušitve termoregulacije, katere posledica je hipertermija oz. hipotermija. Lahko pa ima temperatura tudi posreden vpliv na varnost pri delu, saj previsoka temperatura zmanjšuje koncentracijo pri delu. Dvojen vpliv imajo tudi padavine in vlaga, ki so lahko neposreden vzrok za povečano obolevnost ali pa posredno povečujejo tveganje za nezgodo zaradi povečane zdrsljivosti tal in predmetov dela. Poleg dvojnega delovanja so vremenski dejavniki med seboj kompleksno povezani, kar pomeni, da moramo biti pri oblikovanju varstvenih ukrepov pozorni tudi na druge vremenske dejavnike in njihove vplive. Tako se npr. moramo zavedati, da lahko z izbiro osebne varovalne opreme, ki bo delavca ščitila pred padavinami in vlago na podraži, vplivamo tudi na izolativnost obleke. Če se bo s tem ukrepom izolativnost obleke povečala, se bo po drugi strani zmanjšala optimalna temperatura za delo. Pri nespremenjenih delovnih razmerah to lahko v začetni stopnji pomeni povečano znojenje, v nadaljevanju dela

¹ Asist. mag. A. P., UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, SI-1000 Ljubljana, anton.poje@bf.uni-lj.si

² Prof. dr. I. P., UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, SI-1000 Ljubljana, igor.potocnik@bf.uni-lj.si

pregrevanje telesa, po končanem delu pa povečano tveganje za obolenja. Do nasprotujočih si učinkov osebne varovalne opreme pa ne prihaja samo pri varovanju pred vremenskimi vplivi. Tako zahteva, da sekač uporablja zaščitne hlače z všito mrežico, varuje sekača pred urezom z motorno žago, po drugi strani pa povečuje izolacijo hlač, kar je še posebej neugodno v vročih poletnih dneh.

Kompleksna povezanost vseh dejavnikov v gozdu kot tudi nezmožnost obvladovanja vseh nevarnosti se kaže v povečanem tveganju za nezgodo v gozdarstvu kot dejavnosti (Podatki o poškodbah pri delu 1998-2002), še posebej pa po posameznih delovnih fazah. Po Pravilniku o varstvu pri delu v gozdarstvu (1979) med dela z večjo nevarnostjo spadajo sečnja in izdelava, spravilo, nakladanje in razkladanje in prevoz lesa ter tudi nekatera druga gojitvena in varstvena dela. Isti pravilnik tudi omejuje delo pri nekaterih vremenskih pojavih in delovnih razmerah. Tako podiranje drevja (sečnja) ni dovoljeno pri močnem vetru, med nevihto, v snežnem metanju, v megli, kjer ni viden vrh drevesa, v mraku in pri močni zmrzali. Že pri rahlem vetru pa je prepovedana tudi sečnja pri dnu votlih ali nagnitih ter nazaj nagnjenih dreves.

Glede na to, da gozdarska zakonodaja že prepoveduje delo v nekaterih vremenskih razmerah, ter napovedi, da se bosta vreme in klima v bližnji prihodnosti zaostri v smislu vremenskih ekstremov (Kajfež-Bogataj 2005), smo se odločili, da se bomo v nadaljevanju omejili samo na varovanje gozdnega delavca pred ekstremnimi toplotnimi razmerami (vročina, mraz) ter na najbolj značilno delovno mesto v gozdarstvu – delovno mesto sekača.

DOSEDANJE RAZISKAVE PREVIOUS RESEARCH

Apoud in sodelavci (1989, cit po Wästerlund 2001) so ugotovili, da je motorno-ročno gozdno delo, pod katero uvrščamo delo sekača, eno najtežjih poklicev, kar potrjuje tudi mednarodni standard ISO 8996, ki primerja energijske potrebe za delo med dejavnostmi. V istem delu so gozdarska opravila, glede na kazalnik WBGT, uvrščena med dela z velikim (200 – 260 W/m²) oz. z zelo velikim naporom (>260 W/m²). Pri gozdarskih delih v jugovzhodnem delu ZDA so ugotovili, da so vrednosti WBGT poleti med 20 in 34,4 °C (Smith et al. 1985, cit po Wästerlund 1998).

Gozdni delavci ocenjujejo, da so zaščitne čelade prevroče poleti in premrzle pozimi (Väyrynen 1983), zato je priporočena uporaba čelad z odprtini za ventilacijo, ki so na

vrhu čelade (Holland et al. 2002). Ventilacija čelade sicer ne zmanjšuje notranje temperature telesa, povečuje pa udobnost (Davis et al. 2001). Sköldström in Holmer (1984, cit po Wästerlund 1998) ocenjujeta, da je delo v gozdarskih oblačilih udobno pri temperaturi zraka od 5 do 13 °C in naporu 200 W/m² ter pri temperaturi zraka od -11 do -1 °C in naporu 300 W/m². Suppan in sodelavci (1989, cit po Wästerlund 1998) so pri nošnji gozdarskih zaščitnih hlač ugotovili, da toplotnega stresa ni mogoče več kompenzirati, ko zrak doseže temperaturo 20 °C (pri temperaturi sevanja 20 °C, pritisku vlage 1,5 kPa in naporu 220 W/m²).

Dorman in Havenith (2005) sta raziskovala vpliv uporabe osebne varovalne opreme (OVO) na napor ter ugotovila, da se je napor na testu (tekalna steza, simulator hoje) pri uporabi OVO za delo z motorno žago povečal za 13 oz. 8 %.

Takafumi in sodelavci (2006) so pri raziskavi gozdnih delavcev na Japonskem ugotovili, da so se pri tretjini delavcev med poletnim delom pokazali simptomi vročinske kapi. Vpliv na pojavljanje simptomov so imeli poleg subjektivnega občutka vročine še pogostost uriniranja, dolžina delovnega staža ter starost delavcev.

Seca in sodelavci (1997) so na podlagi kazalnika WBGT oblikovali delo na gozdnih plantažah na otoku Borneo (provinca East Kalimantan), ki leži neposredno ob ekvatorju. Ugotovili so, da je WBGT relativno nižji pod krošnjami, ki dajejo gozdnim delavcem dobro zaščito. Najvišja vrednost WBGT v gozdu je bila 28,5 °C ob 13.30 uri. Glede na rezultate ugotovljajo, da lahko sečnja poteka neprekinjeno v jutranjem času, kasneje pa le z daljšim trajanjem počitka (25 %).

Lipoglavšek (1992) je ugotovil, da na težavnost dela oz. delovni pulz v produktivnem času poleg telesne teže delavca, naklona terena, učinkov ter deleža dela z motorno žago vplivata tudi temperatura zraka in uporaba osebne varovalne opreme. Oba dejavnika povečujeta težavnost dela.

METODA DELA METHODS

Oceno in vrednotenje toplotnih razmer pri delu v gozdu smo opravili z uporabo treh mednarodnih standardov, in sicer SIST EN ISO 7730 – ocenjevanje toplotnega udobja, SIST EN 27243 – ocenjevanje toplotnega stresa v vročih okoljih, in SIST EN ISO 11079 – ocenjevanje zahtevane izolacije oblačil v hladnih okoljih, ter petih kazalnikov teh standardov. Kazalnik PMV (Predicted Mean Vote) nam tako pove, kako se bo s pomočjo sedemstopenjske lestvice (od vroče do mrzlo)

o toplotnem udobju izrekla večina delavcev, kazalnik PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) pa odstotek nezadovoljnih delavcev s toplotnimi razmerami. Oba kazalca sta med seboj v analitični zvezi. Za vrednotenje razmer, ki lahko škodujejo zdravju delavca, smo za vrednotenje stresa v vročih okoljih uporabili WBGT (Wet Bulb Globe Temperature), za vrednotenje hladnih okolij pa IREQ (Required Clothing Insulation), s katerim ugotavljamo zahtevano izolacijo oblačil, in WCI (Wind-Chill Index), ki se uporablja za vrednotenje vpliva hladnih okolij na izpostavljene, nezaščitene dele telesa. Natančnejši opis standardov, pogojev njihove uporabe ter kriterijalne vrednosti opisujeta avtorja v že objavljenem članku (Poje in Potočnik 2008).

Za izračun kazalnikov PMV, PPD, WBGT, IREQ in WCI iz omenjenih standardov potrebujemo vrednosti okoljskih parametrov, oceno napora med delom in napora, ki je potreben za opravljanje mehanskega dela, ter oceno izolativnosti obleke (preglednica 1). Pri praktični oceni toplotnih razmer moramo vse vrednosti parametrov dobiti z merjenjem neposredno na delovnem mestu, nekatere, kot so izolativnost obleke in potreben napor za določeno opravilo, pa oceniti po mednarodnih standardih (SIST ISO EN 7730, SIST EN ISO 8996, SIST EN ISO 9920). Pri meritvah je treba uporabljati primerno opremo (SIST EN 27726) in upoštevati variabilnost delovnega okolja, pri vrednotenju delovnega okolja pa tudi merilno negotovost opreme in postopka (Gspan et al. 2002).

Ker praktičnih meritev zaradi pomanjkanja merilnih instrumentov ni bilo mogoče uresničiti, smo analizo toplotnih razmer opravili s pomočjo meteoroloških podatkov, ki jih vsakodnevno spremlja Agencija RS za okolje (ARSO). Manjkajoče

parametre (npr. temperaturo sevanja) ali kar celotne kazalnike (npr. WBGT) smo ocenili s pomočjo obstoječih modelov.

Iz podatkovne baze ARSO smo pridobili dnevne podatke o temperaturi zraka, hitrosti gibanja zraka in relativni vlažnosti zraka ob 7. in 14. uri za merilno postajo Kočevje za leto 2006. Od vseh podatkov smo v analize vključili samo razpoložljive delovne dneve (od ponedeljka do petka). Kočevje je bilo izbrano predvsem zaradi velike gozdnatosti, ki v občini dosega 90 %, ter razloga, da je bilo v zadnjih letih na tem območju količinsko in površinsko nadpovprečno veliko sanitarnih sečenj, kar je bil razlog, da so bile velike površine gozda posekane na golo (Kalič 2006). Toplotne razmere, predvsem pa temperatura zraka, so po našem mnenju na takšnih posekah ekstremnejše in veliko bližje tistim v urbanih središčih, kjer so postavljene merilne postaje.

Za izračun PMV in IREQ, posredno pa tudi WBGT, potrebujemo tudi temperaturo sevanja, ki pa je ne najdemo med standardnimi meteorološkimi podatki. Zato smo za izračun srednje temperature sevanja uporabili program RayMan, ki je prosto dosegljiv na svetovnem spletu (<http://www.mif.uni-freiburg.de/rayman/>). Veljavnost rezultatov programa zaradi pomanjkanja podatkov o temperaturi sevanja za naše razmere nismo preverjali, bila veljavnost preverjena na primeru nemškega mesta Freiburg (Matzarakis 2002). Program na podlagi številnih podatkov (preglednica 2), ki vplivajo na količino sončnega sevanja, količine odbitega ter količine absorbiranega sevanja, izračuna temperaturo sevanja.

Albedo je definiran kot delež odbitega sevanja od skupnega sončnega sevanja, ki pade na površino brez absorbcije. Tipične vrednosti so od 0,1 za goste gozdove listavcev do

Preglednica 1: Zahtevani parametri za izračun kazalnikov PMV, PPD, WBGT, IREQ in WCI ter njihova dostopnost v podatkovnih bazah Agencije RS za okolje

Table 1: Required parameters for indices PMV, PPD, WBGT, IREQ and WCI calculation, and their accessibility in The Environmental Agency of the Republic of Slovenia data bases (ARSO)

Parametri / Parameters	Enota/Unit	PMV/PPD	WBGT	IREQ	WCI	ARSO
Izolativnost obleke/ Clothing insulation	Clo	×		×		
Napor / Metabolic rate	Met	×	×	×		
Poraba energije za mehansko delo / Energy consumption for mechanic work	Met	×		×		
Temperatura zraka / Air temperature	°C	×	×	×	×	×
Temperatura sevanja / Radiation temperature	°C	×		×		
Temperatura naravnega vlažnega termometra / Temperature of natural wet bulb thermometer	°C		×			
Temperatura globus-termometra / Temperature of globe thermometer	°C		×			
Hitrost zraka / Air velocity	m/s	×		×	×	×
Relativna vlažnost / Relative humidity	%	×		×		×

Preglednica 2: Zahtevani parametri v programu RayMan za izračun temperature sevanja ter uporabljene vrednosti

Table 2: Required parameters in RayMan program for temperature radiation calculation and applied values

Parameter / Parameters	Uporabljene vrednosti / Used values
Geografska dolžina / Longitude	14°51'79"
Geografska širina / Latitude	45°38'22"
Nadmorska višina / Altitude	464 m
Topografija / Topography	Ravno / Level
Prepreke / Obstacles	Brez / None
Omejitve horizonta / Horizon restrictions	Brez / None
Albedo / Albedo	0,18*
Bowenovo razmerje / Bowen ratio	1,58**
Oblačnost / Cloudiness	Brez / None
Časovni pas / Timeline	UTC + 2h
Datum / Date	1.1.2006 – 31.12.2006
Ura / Hour	7.00, 14.00
Temperatura zraka / Air temperature	Izmerjena (ARSO) / Measured (ARSO)
Relativna vlažnost / Relative humidity	Izmerjena (ARSO) / Measured (ARSO)
Hitrost vetra / Wind speed	Izmerjena (ARSO) / Measured (ARSO)

* povprečje za travnike in obdelane površine od spomladi do jeseni (EPA: preglednica 4-1) / average value for pastures and cultivated land from spring till autumn (EPA: Table 4-1)

** povprečje za travnike in obdelane površine od spomladi do jeseni za suhe razmere (EPA: Preglednica 4-2a) / average value for pastures and cultivated land from spring till autumn for dry conditions (EPA: Table 4-2a)

0,9 za površine, pokrite z novozapadlim snegom. Bowenovo razmerje je kazalnik vlažnosti površja in je definiran kot razmerje med tokom zaznavne in latentne toplote. Podnevi ima Bowenovo razmerje pozitivne vrednosti; opoldne od 0,1 nad površino vode do 10 nad puščavo (EPA – US Environmental Protection Agency).

Za izračun WBGT pa poleg temperature sevanja, na podlagi katere bi lahko izračunali globus-temperaturo, potrebujemo tudi temperaturo naravno vlažnega termometra, ki je prav tako ni v standardnih meteoroloških podatkih. Hunter in Minyard sta temperaturo naravnega vlažnega termometra modelno pridobila s pomočjo temperature vlažnega termometra, kar pa nam ni bilo v pomoč. Avstralski urad za meteorologijo (Bureau of Meteorology) uporablja za izračun modela WBGT (enačba 1) samo temperaturo zraka (t_a) in tlak vodne pare (e) oz. relativno vlažnost (rh , enačba 2). Uporaba poenostavljenega modela je zato omejena na jasno sončno vreme (zmerno sevanje) in rahel veter.

$$WBGT = 0,567 \times t_a + 0,393 \times e + 3,94 \quad (1)$$

$$e = rh / 100 \times 6,105 \times \exp\left(\frac{17,27 \times t_a}{237,7 + t_a}\right) \quad (2)$$

Posebnosti in lastnosti osebne varovalne opreme gozdnih delavcev glede zaščite pred urezom z motorno žago so opredeljene v mednarodnih standardih SIST EN 381. Ti standardi veljajo za zaščitne hlače, obutev, rokavice in ščitnike zgornjega dela telesa. Posebni standardi veljajo za glušnike oz. čepe (SIST EN 352), čelado (SIST EN 397) ter zaščitno mrežico (SIST EN 1731). Vsa osebna varovalna oprema spada v 2. kategorijo, kot jo definira Pravilnik o osebni varovalni opremi (2005).

Ključni podatek za ocenitev toplotnih obremenitev je izolativnost posameznih kosov oblačil. Našteta OVO tako ponazarja minimalno izolativnost obleke, ki jo delavci po potrebi povečujejo z dodajanjem posameznih kosov oblačil. Standardna gozdarska delovna obleka (preglednica 3) se tako spreminja z letnim časom, kar smo pri izračunih kazalnikov tudi upoštevali. Tako smo predvideli, da se poletna obleka uporablja od junija do avgusta, prehodna od marca do maja in od septembra do novembra ter zimska od decembra do februarja.

Za vse kose oblačil in zaščitne opreme nam ni uspelo pridobiti podatka o izolativnosti (Gspan 2003). Tako smo pri nekaterih upoštevali podatke o izolativnosti sorodnih oblačil, za čelado in rokavice pa smo upoštevali najnižjo možno vre-

Preglednica 3: Sestava standardne gozdarske opreme ter ocena izolativnosti po letnih časih

Table 3: Parts of standard forest equipment and insulation estimate by seasons

Oblečilo / Clothing	Izolativnost $I_{cl,i}$ (clo)	Poletna obleka / Light clothing	Prehodna obleka / Mid-weight clothing	Zimska obleka / Weight clothing
Kratke spodnje hlače / Short underpants	0,05	×	×	×
Majica s kratkimi rokavi / T-shirt	0,09	×	×	×
Nogavice kratke / Short socks	0,04	×	×	×
Debele nogavice* / Boot socks*	0,10	×	×	×
Zaščitne hlače** / Protective trousers**	0,32	×	×	×
Zaščitni jopič / Protective jacket	0,22	×	×	×
Zaščitni čevlji*** / Protective boots***	0,08	×	×	×
Čelada **** / Helmet ****	0,04	×	×	×
Rokavice **** / Gloves ****	0,04	×	×	×
Lahka srajca z dolgimi rokavi / Light shirt with long sleeves	0,22		×	
Debel pullover / Warm pullover	0,37			×
Skupaj (I_{cl}) / Total (I_{cl})		0,82	0,98	1,09

* izolativna vrednost za dokolenke / insulation value for crew socks

** izolativna vrednost za debele hlače / insulation value for thick trousers

*** izolativna vrednost za visoke čevlje / insulation value for high boots

**** izolativna vrednost za kratke nogavice / insulation values for short socks

dnost. Za izračun skupne izolativnosti (I_{cl}) obleke smo uporabili enačbo 3.

$$I_{cl} = 0,75 \times \sum I_{cl,i} + 0,08 \quad (3)$$

Pri oceni napora sečnje in izdelave smo upoštevali standard SIST EN ISO 8996. Delo smo razdelili na posamezne podfaze oz. skupine delovnih operacij ter ocenili njihove deleže glede na trajanje v delovnem dnevu (preglednica 4). Skupen napor smo izračunali kot tehtano sredino, pri čemer smo kot uteži uporabili modelne deleže trajanja posamezne delovne operacije.

Če torej povzamemo metode dela, smo za izračun kazalcev PMV, PPD, IREQ in WCI uporabili metode, ki jih predvidevajo standardi, pri čemer smo za PMV, PPD in IREQ temperaturo sevanja modelirali s pomočjo računalniškega orodja

RayMan, vrednosti kazalcev pa s programskim paketom, ki je bil narejen za presojo skladnosti delovnega okolja z zahtevami na podlagi mednarodnih standardov (Delovno okolje – Presoja skladnosti z zahtevami). Za izračun WBGT pa smo uporabili poenostavljeno metodo avstralskega urada za meteorologijo.

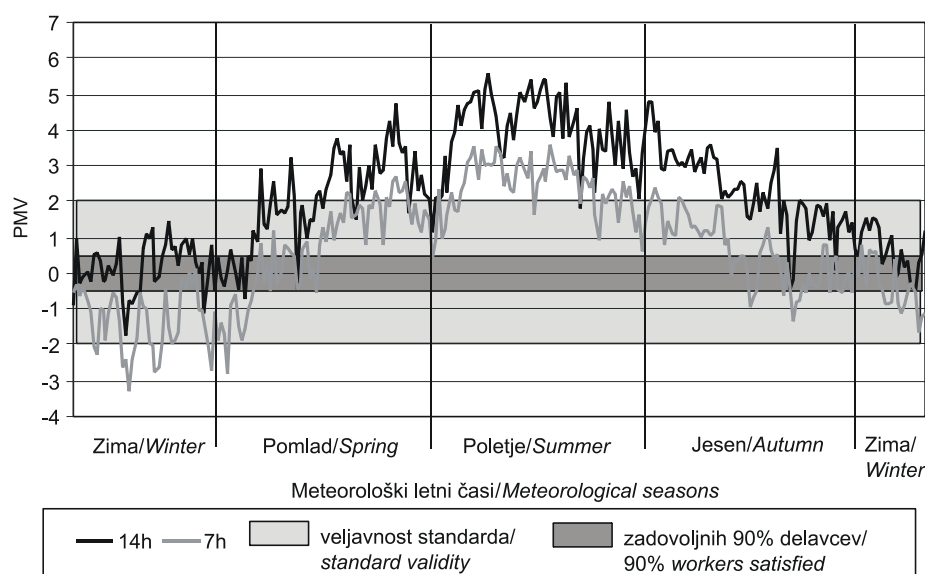
REZULTATI RESULTS

Primerjava PMV gozdnih delavcev po letnih časih v letu 2006 (slika 1) pokaže, da so vrednosti PMV nižje ob 7h zjutraj kot ob 14h, ter nižje pozimi kot poleti. Minimalna vrednost PMV (-3,3) je bila dosežena januarja ob 7h zjutraj, najvišja pa konec junija ob 14h. Ekstremne vrednosti in potek obeh krivulj PMV na sliki 1 zunaj svetlo sivega območja kažejo na to,

Preglednica 4: Ocena napora po delovnih operacijah

Table 4: Estimation of metabolic rate by working operations

Skupine delovnih operacij / Groups of working operations	Trajanje/ Duration (%)	Napor / Metabolic rate (met)	Napor / Metabolic rate (W/m ²)
Prehod med drevesi / Movement among trees	12	4,9	285
Podiranje / Felling	17	4,0	235
Kleščanje in prežagovanje / Delimbing and cross-cutting	32	3,5	205
Gozdni red / Piling up branches	22	4,9	285
Odmori, vzdrževanja / Rests, maintance	15	1,7	100
Skupaj / Total		3,8	222



Slika 1: Dnevne vrednosti PMV ob 7h in 14h po meteoroloških letnih časih v letu 2006

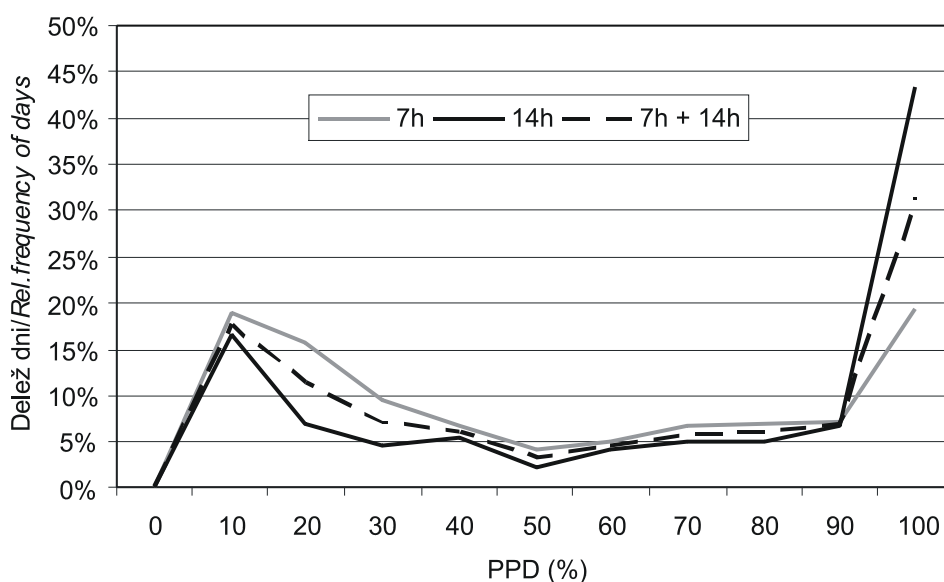
Fig. 1: Daily PMV values at 7 a.m. and at 2 p.m. by meteorological seasons in 2006

da imamo znotraj leta toplotne ekstreme, ki jih moramo vrednotiti tudi po kazalcih za hladna in vroča okolja. Veljavnost kazalca PMV je namreč omejena samo med vrednostnima -2 in 2 (sivo območje).

Če uporabimo merilo, da so toplotne razmere udobne za delo tam, kjer je zadovoljnih vsaj 90 % vseh delavcev (PMV med -0,5 in 0,5, Gspan 1998), kar je na sliki 1 označeno s temno sivim območjem, lahko zaključimo, da je izolacija gozdarske obleke v splošnem primerna v zimskem popoldanskem času ter v zgodnjem spomladanskem in poznem jesenskem jutranjem času. Če izrazimo udobne toplotne razmere kot povprečno temperaturo zraka ali kot minimalne oz. ma-

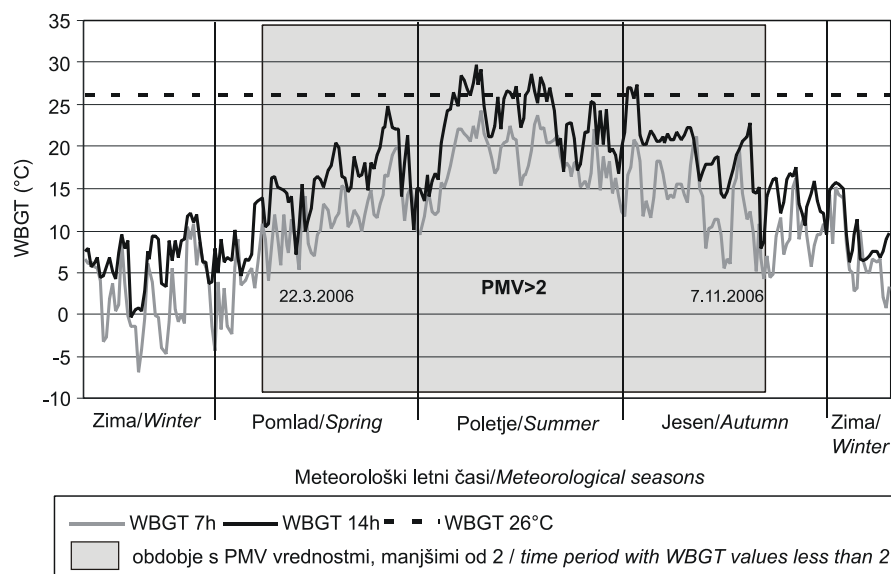
ksimalne temperature dni, kjer je bila vrednost PMV ne glede na čas znotraj intervala za udobno delo, dobimo povprečno temperaturo 2,4 °C oz. temperaturni interval od -3.2 do 8.4 °C. To pomeni, da bi morali gozdni delavci imeti od sredine jeseni do sredine pomladi na voljo večplastno gozdarsko obleko z različnimi kosi oblačil, predvsem dodatnimi oblačili, s katerim bi regulirali izolacijo celotne obleke.

Frekvenčna porazdelitev razpoložljivih dni (brez sobot in nedelj) po PPD (slika 2) nam pokaže, da bi bili vsi gozdni delavci nezadovoljni s toplotnimi razmerami v več kot 30 % vseh razpoložljivih dni v letu 2006 (n=260), medtem ko so bile toplotne razmere udobne (PPD<10 %) le v 18 % vseh



Slika 2: Frekvenčna porazdelitev dni v letu 2006 po vrednosti PPD

Fig. 2: Frequency distribution of days in 2006 by PPD value



Slika 3: Dnevne vrednosti WBGT ob 7h in 14h po meteoroloških letnih časih v letu 2006

Fig. 3: Daily WBGT values at 7 a.m. and 2 p.m. by meteorological seasons in 2006

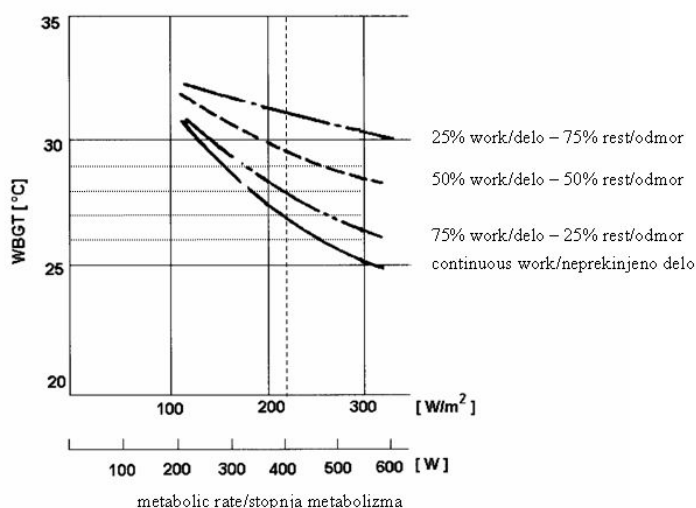
dni. Do meje še sprejemljivih toplotnih razmer ($PPD < 30\%$) je bilo v letu 2006 skupno 35 % dni.

Če seštejemo deleže dni po urah meritev, potem lahko zaključimo, da so bile toplotne razmere za gozdne delavce v večini primerov pretople (ob 7h v 55 %, ob 14h v 80 % dni) kot prehladne (ob 7h v 27 %, ob 14h v 3 % dni), če jih primerjamo z udobnimi toplotnimi razmerami.

Porazdelitev vrednosti WBGT (slika 3), ki je kazalnik toplotnih razmer v vročih okoljih, nam kaže, da so vrednosti WBGT le tu in tam presegale referenčno vrednost WBGT 26 °C, ki velja za napor med delom od 200-260 W/m², aklima-

tiziranega delavca in ob zaznavnem vetru (SIST EN 27243). Referenčne vrednosti presegajo le popoldanske vrednosti WBGT (14h).

Število dni, kjer so vrednosti višje od referenčne WBGT, je 22, kar pomeni 16 % vseh dni, ki imajo tudi vrednost PMV večjo od 2 ($n=137$). Na sliki 3 je časovno obdobje, kjer je popoldanska vrednost PMV prvič (22.3.2006) in zadnjič (7.11.2006) presegla vrednost 2, ki je označena z sivim okvirjem. Znotraj tega območja je le malo vrednosti PMV, ki so manjše od 2. Vprašanje torej je, kako komentirati to navidezno neujemanje med merili, saj merilo pri vrednosti PMV,



Slika 4: Referenčne vrednosti WBGT glede na napor in razmerje med trajanjem dela in počitka v vsaki delovni uri (Vir: SIST EN 27243)

Fig. 4: Reference WBGT values according to effort and ratio between work duration and rest in each working hour (Source: SIST EN 27243)

ki je večja od 2, ni veljavno, merilo WBGT pa kaže, da ni nobene nevarnosti za zdravje delavcev. Odgovor je, da so te toplotne razmere glede na toplotno udobje kritične in so zato potrebni nujni ukrepi za izboljšanje udobja, niso pa tako kritične, da bi ogrožale zdravje delavcev.

Če izračunane vrednosti WBGT primerjamo z referenčnimi, ki so določene glede na napor in razmerje med trajanjem dela in počitka v vsaki delovni uri (slika 4), bi bilo treba pri ocenjenem naporu med sečnjo (222 W/m^2) v petih dneh delo oblikovati tako, da bi bilo razmerje med delom in počitkom 75:25, ter v enem dnevu tako, da bi bilo to razmerje 50:50.

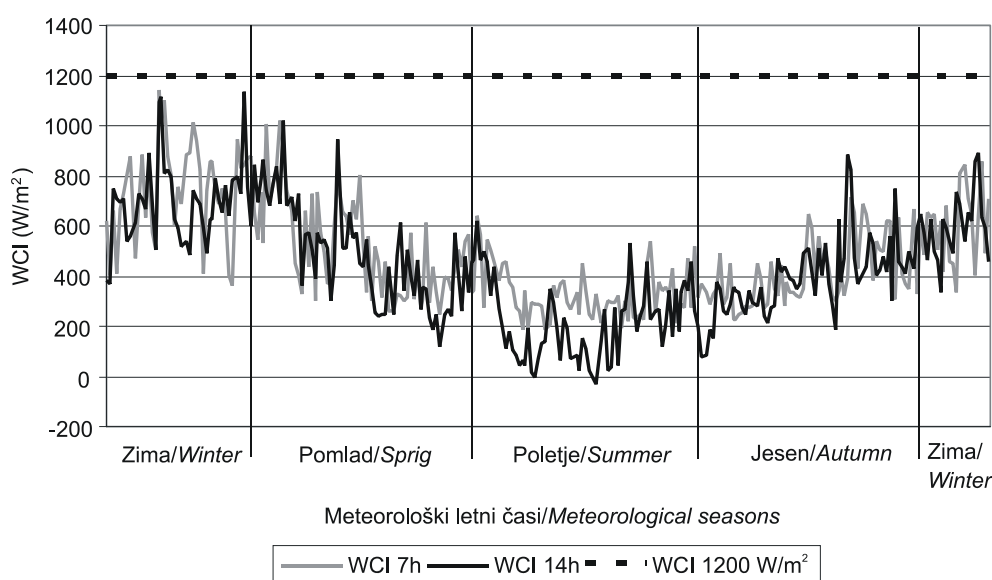
Pri primerjavi referenčnih vrednosti WBGT = 26°C z referenčnimi iz slike 4 vidimo, da so na sliki pri naporu 222 W/m^2 vrednosti za 1°C večje (torej 27°C). Neposreden vzrok za razlike nam je neznan, zdi pa se, da referenčna vrednost 26°C velja za zgornjo mejo intervala napora, torej za 260 W/m^2 .

Za 13 vrednosti PMV, ki so bile manjše kot -2, smo izračunali merilo IREQ oz. $IREQ_{neutral}$ in $IREQ_{min}$. Minimalna dopustna toplotna izolativnost obleke ($IREQ_{min}$) je bila v intervalu od 1,09 do 1,46 clo, ravnovesna ($IREQ_{neutral}$) pa v intervalu od 1,20 do 1,58 clo. Standard predvideva, da merilo IREQ primerjamo z dinamično izolativnostjo obleke (I_{clr}), ki je zaradi drže telesa in vetra do 20 % manjša od bazične izolativnosti, kar bi v našem primeru pomenilo, da bi morala imeti gozdarska obleka bazično izolativnost od 1,75 do 1,9 clo, če bi hoteli, da ustreza najhladnejšim toplotnim razmeram. Kljub temu smo se odločili, da bomo zaradi konsistentnosti (pri drugih merilih smo uporabili bazično izolativnost obleke) ter zaradi ocenjene majhne hitrosti gibanja sekača in

vetra za primerjavo uporabili kar bazično izolativnost obleke. V tem primeru bi morala biti gozdarska obleka sestavljena iz dolgih spodnjih hlač, debele majice z dolgimi rokavi, dvojnih nogavic (kratkih in debelih), debele srajce z dolgimi rokavi in polovratnikom, debelim puloverjem in telovnikom ter obvezne osebne varovalne opreme (zaščitne hlače, jopič, čevlji, rokavice, čelada). Skupna bazična izolativnost obleke bi bila v tem primeru 1,46 clo, kar je enako maksimalni vrednosti $IREQ_{min}$. To pomeni, da je izbrano oblačilo zadovoljivo glede na toplotne razmere v hladnem okolju.

Standard za vrednotenje hladnih okolij predvideva, da se toplotno ravnovesje izpostavljenih delov in udov izračunava posebej. V ta namen se izračunava indeks WCI (Wind-Chill Index), ki je definiran kot stopnja izgube toplote prek nezaščitene površine kože (W/m^2). Pri sekaču, ki ima popolno osebno varovalno opremo, je izpostavljenih delov zelo malo, saj so praktično vsi telesni deli pokriti. Delno je mrazu izpostavljen samo zgornji del vratu. Mrežica, ki ščiti obraz pred mehanskimi nevarnostmi, po našem mnenju zadržuje tudi del izdihane toplote ter s tem zmanjšuje možnost podhladitve obraza in delov obraza (nos). Ušesa so pokrita z glušniki. Roke so grete z delovnimi rokavicami ter pri večini profesionalnih motornih žag tudi prek nosilnega in vodilnega ročaja.

Če kljub temu izračunamo merilo WCI le kot projekcijo, če kateri od telesnih delov ostane izpostavljen, ugotovimo, da so vrednosti WCI pod 1200 W/m^2 , kar je po standardu za hladna okolja meja za majhne obremenitve (slika 5). Prav tako ugotovimo, da bi bile obremenitve še sprejemljive glede na meje, ki jih predlagajo Gspan in sodelavci (2002). Nekaj dni



Slika 5: Dnevne vrednosti WCI ob 7h in 14h po meteoroloških letnih časih v letu 2006

Fig. 5: Daily WCI values at 7 a.m. and 2 p.m. by meteorological seasons in 2006

so presežena le nekoliko strožja merila, to je 1000 W/m^2 , ki jih uporablja norveška naftna industrija (Norsok Standard). V teh dneh bi bilo treba izpostavljenost nekoliko skrajšati.

RAZPRAVA DISCUSSION

Iz pomanjkanja podatkov o klimatskih razmerah v večini ergonomskih raziskav o delu v gozdarstvu je razvidno, da je bila povezava med človekom in njegovim toplotnim okoljem v preteklosti v veliki meri spregledana (Wästerlund 1998). Zato je še toliko bolj pomembna vsaka študija, ki poskuša oceniti, kakšne so (ali bi bile) toplotne razmere pri delu v gozdu, ali le-te predstavljajo neposredno nevarnost za človekovo zdravje ali pa vplivajo le posredno zaradi manjšega udobja med delom ter kakšni so predvideni varstveni ukrepi.

Poglavitne ugotovitve naloge so, da je delo gozdnega delavca večino letnega časa (82% razpoložljivih delovnih dni) neudobno oz. celo nesprejemljivo, če ga ocenjujemo s stališča toplotnega udobja. Najbolj ugodne toplotne razmere so glede na izolativnost gozdarske opreme v zimskem in zgodnjem spomladanskem času, pri temperaturah zraka med $-3,2$ in $8,4^\circ\text{C}$, kar se dobro ujema z ugotovitvami drugih raziskovalcev (Sköldrörom in Holmer 1984, cit. po Wästerlund 1998).

Dni, kjer so vrednosti toplotnega okolja tako ekstremne, da bi lahko neposredno škodovali zdravju delavcev, je zelo malo. Tako je bilo v letu 2006 le nekaj dni tako vročih, da bi bilo potrebno omejiti trajanje dela znotraj delovne ure ter povečati trajanje počitka. Pri gozdarskem delu, kjer je delo vrednoteno na količinsko normo, bi to v praksi pomenilo ustrezno zmanjšanje norme. Poleg tega pa je potrebno v vročih dneh poskrbeti, da imajo delavci na razpolago dovolj pijače, s katero preprečujejo dehidracijo ter s tem zmanjšujejo verjetnost za vročinski šok. V smislu zmanjševanja toplotnih obremenitev je potrebno biti pri nabavi osebne varovalne opreme pozoren na nove materiale, ki dobro odvajajo vlago s površine kože.

Ekstremno mrzlih dni, ki bi povzročali preveliko ohlajanje telesa glede na izolativnost obleke, je prav tako malo. Kljub temu je potrebno gozdarski obleki dodati nekaj kosov oblačil, ki so na razpolago za takšne ekstreme. V obdobju od pozne jeseni do zgodnje pomladi je predvsem potrebno poskrbeti za to, da delavcem ob počitkih omogočimo toplo zavetje, ki ga predstavljajo premična zavetišča. Gozdni delavci ta problem rešujejo s kurjenjem ognja, kar je s stališča varovanja zdravja lahko problematično, če delavci nimajo na razpolago dodatnih ali nadomestnih kosov oblačil.

Glede na rezultate lahko zaključimo, da je zaradi nezmožnosti oblikovanja fizičnega delovnega okolja pri sečnji in izdelavi potrebno toplotne razmere pri delu spreminjati predvsem z izolativnostjo gozdarske obleke, oblikovanjem in organizacijo dela ter izobraževanjem o možnih posledicah toplotnega okolja na varnost in zdravje pri delu ter postopkih in načinih dela pri ekstremnih razmerah.

Gozdarska stroka bi morala določiti kakšna je standardna gozdarska obleka za klasično sečnjo in izdelavo iz stališča varnosti in zdravja pri deli, pri čemer je potrebno upoštevati vse potencialno nevarne vplive iz naravnega okolja (vlaga, temperatura, veter, padavine), vplive delovnih sredstev in predmetov dela (predvsem funkcije mehanske zaščite), vplive narave in organizacije dela (barva) in psihološke vplive (kroj). Prav tako je potrebno upoštevati tudi razvoj novih tekstilnih materialov ter določiti roke menjave ter načine vzdrževanja obleke. Dokazano namreč je, da se npr. učinkovitost zaščitnih hlač pred urezom motorne žage zmanjšuje ne samo z dejanskimi poškodbami hlač, ampak tudi s številom pranj, kar pomeni, da so lahko popolnoma cele zaščitne hlače s stališča varovanja neustrezne (Wichmann 2001).

Kritika oz. slabosti predstavljenega prispevka so predvsem v grobem poenostavljanju, čeprav lahko najdemo pri gozdnem delu tudi takšne razmere, ki bi ustrezale poenostavitvam, vendar le v zelo majhnem delu. Vsi izračuni se namreč nanašajo na meteorološke podatke, ki so bili merjeni v naselju, ob jasnih dneh brez oblakov ali drugih omejitev (npr. omejitve horizonta zaradi krošenj dreves), ki lahko zmanjšujejo vse vrednosti meteoroloških podatkov. Tako je temperatura zraka odvisna od številnih dejavnikov in lokalnih značilnosti merilne točke: orografije, stopnje urbanizacije, od poraščenosti in vrste vegetacije, bližine vodnih virov in podlage. Od vseh naštetih dejavnikov na temperaturo zraka najbolj vpliva nadmorska višina (ARSO). Temperatura zraka se z povečanjem nadmorske višine za 100 m zmanjša za 1°C . V raziskavi v borovih gozdovih Raynor (1971) ugotavlja, da se hitrost vetra v gozdu zmanjša za 70-90% v primerjavi s hitrostjo vetra zunaj gozda ter da so temperature v gozdu pri stabilnih razmerah (brezveterje) preko dneva višje kot na prostem, ponoči pa nižje.

Kljub naštetim slabostim prispevek prikazuje uporabo meril za ocenjevanje toplotnega okolja ter postopek analize delovnega mesta. Po izkušnjah sodeč se ocenjena temperatura zraka, ki je udobna za delo v gozdu, dobro ujema s prakso. Nekoliko slabše je z oceno napora oz. stopnje aktivnosti, ki je po našem mnenju večja kot je bila izračunana. Razlog vidimo

predvsem v tem, da se z večanjem deleža človekovega dela v ceni izdelka povečuje pritisk na delavca ter s tem povečuje napor, ki je potreben za delo.

POVZETEK

Delo v gozdarstvu spada med najtežja in tudi med najnevarnejša dela. Pri tem so še posebej izpostavljeni delavci v neposredni proizvodnji, kot so sekači in traktoristi. Gozd, ki predstavlja delovno mesto gozdnim delavcem in delo na prostem ima veliko prednosti, še več pa slabosti v smislu varnosti in zdravja pri delu. Eno od slabosti predstavljajo tudi ekstremne vremenske razmere, znotraj teh pa ekstremne toplotne razmere. V raziskavi, ki je bila zastavljena kot poskusni izračun toplotnih obremenitev sekača, na podlagi mednarodnih standardov in meril toplotnih razmer (PMV, PPD, WBGT, IREQ in WCI) tako ugotavljamo, da je bilo delo sekača v letu 2006 v smislu toplotnega udobja pretežno neudobno, udobno pa predvsem v zgodnjem spomladanskem in poznem jesenskem jutranjem času. Temperaturni interval zraka za udobno delo je med -3,2 in 8,4 °C. Toplotni ekstremi, ki bi škodovali delavčevemu zdravju so relativno redki. Tako je bilo v celem letu le 6 dni, v katerih bi morali podaljšati trajanje počitka zaradi vročine. Izolacija večplastne gozdarske obleke je ustrezna, saj delavec lahko vzdrži subnormalno telesno temperaturo. Poznavanje toplotnih razmer med delom ima neposredno uporabo pri organizaciji gozdarskih del, saj povečane toplotne obremenitve zmanjšujejo psihofizično sposobnost delavcev ter s tem vplivajo na učinkovitost dela. Varstvo delavcev mora biti usmerjeno v povečevanje toplotnega udobja, pri čemer je potrebno upoštevati tudi ekstremne razmere, saj lahko neposredno vplivajo na delavčevo zdravje. Kot varnostne ukrepe tako priporočamo večplastno gozdarsko obleko iz novih materialov, s katero lahko delavci kontrolirajo izolativnost obleke; več kosov nadomestnih oblačil, zaradi varovanja pred obolenji; skrajševanje ali omejitev delovnega časa, povečanje trajanja počitkov in uživanja tekočin ob ekstremno neugodnih razmerah ter osveščanje delavcev o možnih posledicah prekomernih toplotnih obremenitev.

SUMMARY

The work in forest is one of the hardest and also one of the most dangerous. Especially workers i.e. cutters and skidder drivers, are exposed to dangers of forest work. The forest, as an outdoor working place for silviculture workers, has on

the one hand plenty of advantages, but on the other, it has far more disadvantages in terms of weather conditions with extreme thermal conditions as a part of them. In this research, which was set as a test calculation of cutter's thermal condition on the basis of international standards and their thermal indices (PMV, PPD, WBGT, IREQ and WCI), we have established that, in 2006, the work of a cutter was in terms of thermal comfort mainly uncomfortable, while in early spring and late autumn time it was mostly comfortable. The air temperature interval for comfortable work conditions is between -3.2 and 8.4 °C. Thermal extremes disadvantageous for worker's health are relatively rare. There were only 6 days in the whole year, when the rest duration due to extreme heat would have to be increased. Multi-layer overalls insulation is appropriate, because workers can maintain subnormal body temperature. Knowing thermal conditions during work has a direct application on forest work organization, because the increased thermal stress decrease psycho-physical capacity of workers and thus influence on work efficiency. Protection of workers has to focus on the increase of thermal comfort, but also the extreme conditions have to be included, because they can directly influence worker's health. For safety measures, we recommend multi-layer overalls made of new materials to simplify the control of insulation; several pieces of spare clothing for protection from illnesses; shortening and limiting the working time, increasing the duration of rests, and drinking sufficient amounts of water in extremely harsh conditions; and also increasing workers' awareness about possible consequences due to excessive thermal stress.

VIRI

REFERENCES

- Bureau of Meteorology. About the WBGT and apparent temperature indices. (http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/)
- DAVIS G.A., EDMISTEN E.D., THOMAS R.E., RUMMER R.B., PASCOE D.D. 2001. Effects of ventilated safety helmets in hot environment. *International journal of industrial ergonomics*, 27: 321-329
- Delovno okolje – Presoja skladnosti z zahtevami. Programska oprema, Univerza v Ljubljani, FKKT – OTV, Industrijski merilni sistemi, Zbornica VZD, 2003
- DORMAN L., HAVENITH G. 2005. The effects of protective clothing on metabolic rate. In: *Environmental Ergonomics 2005. Proceedings of 11th International Conference On Environmental Ergonomics*. Holmér, Kuklane and Gao (ed.). Ystad, Sweden: 82-85 (<http://hdl.handle.net/2134/2553>)
- EPA 2004. User's guide for the AREMOD meteorological preprocessor (AERMET). US Environmental protection agency: 252 str. (<http://www.lem.org.cn/download/aermod/aermetugb.pdf>)
- GAVHED D. 2003. Human responses to cold and wind. Stockholm, National institute for working life: 72 str.

- GLASER E. M., SHEPHARD R.J. 1963. Simultaneous experimental acclimatization to heat and cold in man. *The journal of physiology*, 169: 592-602
- GSPAN P. 1998. Kriteriji za toplotne razmere. *Delo + varnost*, 43, 3: 125-128
- GSPAN P., SRNA M., JURJAVČIČ M. 2002. Ocenjevanje fizikalnih in kemičnih dejavnikov na delovnih mestih. Ljubljana, Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve, Urad RS za varnost in zdravje pri delu: 31 str.
- GSPAN P. 2003. Prezračevanje – računske vaje in podatki, 2. dopolnjena izdaja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Oddelek za tehniško varnost: 78 str.
- HOLLAND E.J., LAING R.M., LEMMON T.L., NIVEN B.E. 2002. Helmet design to facilitate thermoneutrality during forest harvesting. *Ergonomics*, 45, 10: 699-718
- HUNTER C.H., MINYARD C.O. Estimating wet bulb globe temperature using standard meteorological measurements. (<http://sti.srs.gov/fulltext/ms9900757/ms9900757.pdf>)
- KAJFEŽ-BOGATAJ L., 2005. Podnebne spremembe in njihovi vplivi na kakovost življenja ljudi. *Acta agriculturae Slovenica*, 85: 41-54
- KALIČ M., 2006. Osmerozobi smrekov lubadar (*Ips typographus*, Col.: Scolytidae) v območju Črnega vrha na Kočevskem: Spremljanje in kratkoročna napoved škod. Diplomsko delo, UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 88 str.
- LIPOGLAVŠEK M. 1992. Težavnost dela sekačev. *Strokovna in znanstvena dela* 108. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 124 str.
- MATZARAKIS A. 2002. Validation of modelled mean radiant temperature within urban structures. Fourth symposium on the urban environment (http://ams.confex.com/ams/AFMAPUE/techprogram/session_13157.htm)
- MATZARAKIS A. Modelling radiation fluxes, mean radiant temperature and thermal indices in simple and complex environments. (<http://www.mif.uni-freiburg.de/rayman/>)
- MATZARAKIS, A., RUTZ, F., MAYER, H. 2000. Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures. V: *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium*. De Dear R.J., Kalma J.D., Oke T.R., Auliciems A. (ur.). : Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney, WCASP-50, WMO/TD, 1026: 273-278
- Norsok Standard, S-002. Working environment (Rev. 4, August 2004) (http://www.standard.no/pronorm-3/data/f/0/05/72/6_10704_0/S-002.pdf)
- Podatki o poškodbah pri delu 1999, 2000, 2001, 2002 Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu (<http://si.osha.eu.int/statistics>)
- POJE A., POTOČNIK I., 2008. Pravne podlage, standardi in kriteriji za ocenjevanje toplotnih razmer pri delu v gozdu. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 86: 13-20
- Pravilnik o osebni varovalni opremi. Ur.l. RS 29-987/2005.
- Pravilnik o pogojih in postopku za pridobitev dovoljenja za delo za opravljanje strokovnih nalog iz varnosti pri delu. Ur.l.RS št. 42-2022/2003
- Pravilnik o varstvu pri delu v gozdarstvu. Ur.l.SRS št.15-758/1979
- Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih. Ur.l.RS št. 89-4280/1999
- RAYNOR G.S. 1971. Wind and temperature structure in a coniferous forest and a contiguous field. *Forest science*, 17, 3: 351-363
- SECA G., TETSUHIKO Y., TOSHIKI Y., KOUICHI K. 1997. Working time design for industrial forest plantations in east Kalimantan. *Journal of forest research*, 2: 21-24
- SIST EN 27243: 2001. Vroča okolja - Ocenitev toplotnega stresa na delavcu na podlagi kazalnika WBGT (ISO 7243:1989)
- SIST EN ISO 7730: 2005. Ergonomija toplotnega okolja – Analitično ugotavljanje in interpretacija toplotnega udobja z izračunom indeksov PMV in PPD ter merili za lokalno toplotno udobje (ISO 7730:2005)
- SIST EN ISO 8996: 2005. Ergonomija toplotnega okolja – Ugotavljanje presnovne toplote (ISO 8996:2004)
- SIST EN ISO 9920: 2004. Ergonomija toplotnega okolja – Ocena toplotne izolativnosti in izparilne odpornosti oblačil (ISO 9920:1995)
- SIST ENV ISO 11079: 2001. Vrednotenje hladnih okolij - Ugotavljanje zahtevane izolacije oblačil (REQ) (ISO/TR 11079:1993)
- SUŠNIK J. 1992. Ergonomska fiziologija. Radovljica. Didakta: 133-170
- TAKAFUMI M., SHIN-Ya K., MITSUHIRO O., KAZUKO T., AKIHIKO S., TETSUHIKO F. 2006. Risk factors for heatstroke among Japanese forestry workers. *Journal of occupational health*, 48: 223-229
- Ustava Republike Slovenije. Ur.l.RS 33/1991
- VÄYÄRYNEN S.T. 1983. Protection of head and eyes in forestry work. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 9: 204-207
- WÄSTERLUND D. 2001. Heat stress in forestry work. Doctor's dissertation, *Acta Universitatis Agriculturae Suecia, Silvestria* 213: 22 str.
- WÄSTERLUND D.S. 1998. A review of heat stress research with application to forestry. *Applied Ergonomics*, 29, 3: 179-183
- WICHMANN S. 2001. Untersuchung von Schnittschutzhosen mit Kettenkontakt. *Forst und Holz*, 56, 10: 323-325