

Zoran Vlaović, Ivica Grbac, Andrej Bubić¹

Utjecaj antropometrijskih veličina korisnika na tlakove pri sjedenju na uredskim stolicama

The influence of users anthropometrical dimensions on the pressures while sitting in office chairs

Prethodno priopćenje · Preliminary paper

Prispjelo – received: 3. 12. 2007.

Prihvaćeno – accepted: 25. 2. 2008.

UDK: 630*836.1

SAŽETAK • Ovim su se istraživanjem nastojali otkriti trendovi i ponašanje materijala pod različitim opterećenjima i ovisno o drugim antropometrijskim značajkama ispitanika, utvrditi koliko i do koje razine indeks tjelesne mase (BMI) može poslužiti kao varijabla u sličnim mjerenjima i koliko je pouzdan.

Cilj rada bio je ustanoviti ovisnost iznosa tlakova pri sjedenju o građi ljudskoga tijela i spolu. Mjerenja su provedena na tri modela stolica različitih konstrukcija sjedala (uokvirena mreža, poliuretanska hladno lijevana spužva i poliuretanska rezana spužva) na način da je deset ispitanika sjedilo na svakome modelu stolice prekrivenome mjeronom prostirkom. Rezultati su analizirani s obzirom na antropometrijske osobine ispitanika i konstrukciju sjedala te uspoređeni s rezultatima prijašnjih subjektivnih istraživanja na istim konstrukcijama sjedala.

Iz subjektivnih odgovora ispitanika uočeno je da su procjene vrsta materijala u ojaštucenju na pitanje Osjećate li se udobno? jednake kao i u prethodnom istraživanju. Pri objektivnim mjerenjima u muškaraca se pojavljuju veći vršni tlakovi u apsolutnim iznosima, a s porastom indeksa tjelesne mase raste iznos najvišeg tlaka pri sjedenju. U žena su vršni tlakovi manji od onih u muškaraca, ali je uočeno da s porastom indeksa tjelesne mase ti tlakovi padaju.

Ključne riječi: tlak sjedenja, antropometrija, mjerna prostirka, objektivna metoda, udobnost stolica, uredska stolica

ABSTRACT • The aim of this research was to see the trends and material acting under influence of different loads and other anthropometric factors of subjects. Efforts were made to establish how much and to what extent body mass index (BMI) can serve as a variable in similar measurements and how reliable it is.

The goal of the research is to establish the dependence of pressures on the human constitution and gender. The measurements were conducted on three different chair models (framed net, cold-casted PU foam and PU foam) and in a way that the ten subjects sat on a chair covered with the pressure mat. The results were analyzed in regard to the anthropometric characteristics of the subjects and the construction of the seat and they were compared with the results of the former subjective research conducted with the same seat constructions.

The results of the subjective measurements show that the assessment according to the seat upholstery material as well as the answers to the question: Do you feel comfortable?, equal the results of the previous research. In the objective measurements, higher peak pressures occur with men in absolute amounts and the value of the highest pressure in sitting position grows with the increase of the body mass index. The peak pressures were lower with women than with men, but as the body mass index grew these pressures got lower.

Key words: sitting pressure, anthropometrics, pressure mat, objective method, chair comfort, office chair

¹ Autori su znanstveni novak, profesor i asistent na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska.

¹ The authors are young scientist, professor and assistant at the Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.

1. UVOD

1 INTRODUCTION

Udobnost sjedala proučava se s različitih stajališta (Kolic, 2003), a uglavnom se temelji na subjektivnim procjenama i vrednovanjima (Shackel i dr., 1969; Grandjean, 1980; Mehta i Tewari, 2000) prema različitim skalama i upitnicima kojima su potrebna dodatna poboljšanja i sustavnili pristup (Chang i dr., 1996). Objektivna mjerenja temelje se na mjerenjima raspodjele i iznosa tlakova u sustavu ispitanik – sjedalo (Grbac, 1988; Vlaović i dr., 2007). Mjerenje raspodjele tlaka pri sjedenju ima velik učinak na dobivanje detaljnih informacija o odnosu korisnik – sjedalo, omogućujući ukupnu procjenu prema kriterijima mehaničkog podupiranja, prikladnosti, prilagodbe, izvedbe itd. Udobnost sjedenja u biomehaničkom smislu povežujemo s izrazima *opuštenost* i *smirenost*, kao i s izrazima općeg zadovoljstva (engl. *well-being*) ako osjećamo potporu, sigurnost, radost i zadovoljstvo, te dojmovima poput mekoće, raskošnosti, nježnosti i prostranosti. Prema Kroemeru i dr. (2003) estetika također ima veliku ulogu, ako nam je privlačan izgled ili boja namještaja. Ojastučenje, na primjer, uvelike pridonosi osjećaju udobnosti jer "disanjem" omogućuje izlazak topline i vlage te podržava tijelo raspoređujući tlak po dodirnoj površini koja nije ni pretvrda ni previše mekana. Naravno, osjećaj udobnosti ovisi i o samoj osobi, njezinim navikama, okolini i zadacima te o vremenskom trajanju sjedenja (Grbac i dr., 2005; Smardzewski i dr., 2005).

Pretpostavka ovog istraživanja bila je postojanje veze između tlakova na sjedalu i antropometrijskih veličina čovjeka.

1.1. Biomehanika sjedenja

1.1 Sitting biomechanics

Objavljene procjene pokazuju da se gotovo 75% poslova u industrijski razvijenim zemljama obavlja sjedeći, što upućuje na važnost proučavanja znanosti o sjedenju (Vos i dr., 2006; Grbac i Ivelić, 2005). U nastavku su opisana načela sjedenja u biomehaničkom i fiziološkom smislu te rezultati prethodnih subjektivnih istraživanja različitih konstrukcija sjedala uz pomoć upitnika.

Pri zauzimanju sjedećeg položaja većina se tjelesne mase nalazi iznad zone podupiranja sjednih kostiju (lat. *os ischi*), zdjelice (lat. *pelvis*) i tkiva u njihovoj neposrednoj blizini. Kada osoba sjedne, zdjelica se zakrene unatrag, a lumbalni dio kralježnice se izravnava. Tada sjedne kosti i sjedne kvrge (lat. *tuber ischiadicum*) postanu glavna nosiva struktura mase u bliskom dodiru s površinom sjedenja. Mišić stražnjice (lat. *gluteus maximus*) kao i naslage masnog tkiva, stvaraju "jastuk" iza zdjelice i ispod sjednih kostiju. Taj je sloj relativno debeo dok stojimo, ali kada osoba zauzme sjedeći položaj, sjedne kosti preuzimaju teret gornjeg dijela tijela i tlače okolno meko tkivo do relativno tankog sloja koji preostaje kao elastična podloga. Tlak ispod sjednih kostiju raste, a protok krvi u tkivo prema toj zoni smanjen je zbog kompresije koja nadilazi hidrostatski kapilarni tlak – pojava koja se simptomatično očituje kao

osjetilni pokazatelj neudobnosti ili boli iznad određenog praga. Varijable koje utječu na tlačenje tkiva i sučelni tlak na sjedalu mogu obuhvatiti ljudske faktore (npr. antropometrijske varijable), faktore položaja, ali i faktore dizajna stolica (Vos i dr., 2006), tj. konstrukcije sjedala.

1.2. Subjektivna istraživanja

1.2 Subjective researches

U prethodnom istraživanju udobnosti uredskih radnih stolica (Vlaović, 2005) utvrđivane su razlike u osjećaju udobnosti sjedenja za različite ispune sjedala i veličine tih razlika. Istraživanje je obuhvatilo četiri konstrukcije sjedala. Pretpostavljeno je da će mreža napeta u okvirnu konstrukciju sjedala biti udobnija od sjedala s poliuretanskom (PU) rezanom ili hladno lijevanom spužvom te od kombinacije hladno lijevane poliuretanske spužve i džepičastih opruga na tvrdoj podlozi, te da će sjedalo s oprugama biti udobnije od drugih sjedala s poliuretanskim spužvama. Rezultati su pokazali da mreža jest znatno udobnija, ali i da je stolica s hladno lijevanom poliuretanskom spužvom udobnija od stolice s oprugama te da ostale razlike nisu statistički značajne. U istraživanju je sudjelovalo 36 ispitanika koji su sjedili na ukupno 16 stolica. Ispitanici su nakon dvodnevnog sjedenja ocjenjivali osjećaje udobnosti i neudobnosti uz pomoć upitnika sa 17 ponuđenih odgovora. Potpuni rezultati istraživanja i zaključci mogu se naći u citiranom radu, a oni potrebni za usporedbu u poglavlju 3.1.

2. MATERIJAL I METODE

2 MATERIAL AND METHODS

2.1. Mjerna oprema i uzorci

2.1 Measuring equipment and samples

Mjerna prostirka, prijenosno računalo, digitalna vaga i mjerna vrpca činili su opremu korištenu u ovom istraživanju. Mjerna prostirka ErgoCheck[®] Chair (ECC) njemačkog je proizvođača ABW GmbH Hillerse. Načelo rada mjernog sustava temelji se na silikonskim jastučićima raspoređenima u 38 redova i 18 stupaca te na mjernom uređaju-pretvaraču povezanom s računalom, koji zajedno omogućuju pojedinačna ili kontinuirana mjerenja te numerički i grafički prikaz rezultata. Mjerna prostirka izrađena je od lycra, s ušivenom matricom i ukupno 684 aktivne mjerne točke osjetljivosti od 0 do 250 mmHg, s odstupanjem $\pm 2,5\%$. Uporabna temperatura ECC sustava je 15-35 °C. Dimenzije senzora su 29x20 mm, a prostirke 60x130 cm.

Uzorci su bile tri uredske stolice označene šiframa SO1, SO2 i SO3.

Ergonomske uredske stolice prikladne za ova istraživanja našli smo u redovitoj ponudi na hrvatskom tržištu. Stolice su odabrane kako bi bile što sličnije modelima iz prethodnog istraživanja radi jednostavnije usporedbe. Međusobno se razlikuju dizajnom, ali važnija je različitost u konstrukcijama sjedala, koja se očituje u vrsti, debljini, tehnologiji izrade i obliku poliuretanskih spužvi (dva modela), odnosno uokvirenoj nategnutoj mreži (jedan model). Opis stolica kratak je i

Tablica 1. Detalji stolica uključenih u objektivna i subjektivna istraživanja
Table 1 Details of the chairs used in both objective and subjective research

Šifra uzorka <i>sample code</i>	Vrsta ojaštuenja <i>upholstery type</i>	Debljina ojaštuenja <i>upholstery thickness</i>	Gustoća PU spužve <i>PU density</i>	Dekorativna tkanina <i>cover material</i>	Detalji naslona <i>backrest details</i>	Podesivost naslona za ruke <i>armrest adjustability</i>
SO1	PU rezana spužva <i>PU foam</i>	50,6 mm	32 kg/m ³	100% poliester <i>polyester</i>	srednje visok, istaknut u lumbalnoj zoni <i>middle high, lumbar support</i>	po visini i horizontalnom kutu <i>by height and horizontal angle</i>
SO2	PU hladno lijevana spužva <i>cold-casted PU foam</i>	48,4 mm	55 kg/m ³	100% poliester <i>polyester</i>	srednje visok, istaknut u lumbalnoj zoni	po visini i horizontalnom kutu
SO3	uokvirena mreža <i>framed net</i>	ne postoji <i>not available</i>	ne postoji <i>not available</i>	69% elastomer, 30% poliester <i>polyester, 1% najlon/nylon</i>	srednje visok s podesivim lumbalnim podupiračem <i>middle high, adjustable lumbar support</i>	po visini i horizontalnom kutu
SS1	PU rezana spužva <i>PU foam</i>	48,8 mm	32 kg/m ³	100% poliester <i>polyester</i>	srednje visok, istaknut u lumbalnoj zoni	po visini i horizontalnom kutu
SS2	PU hladno lijevana spužva <i>cold-casted PU foam</i>	62,2 mm	55 kg/m ³	100% poliester <i>polyester</i>	srednje visok, istaknut u lumbalnoj zoni	po visini i horizontalnom kutu
SS3	uokvirena mreža <i>framed net</i>	ne postoji <i>not available</i>	ne postoji <i>not available</i>	69% elastomer, 30% poliester <i>polyester, 1% najlon/nylon</i>	srednje visok s podesivim lumbalnim podupiračem	po visini i horizontalnom kutu

SO1-SO3: modeli iz sadašnjega objektivnog istraživanja; SS1-SS3: modeli iz prethodnoga subjektivnog istraživanja
 SO1-SO3: Models from current, objective research; SS1-SS3: Models from previous, subjective research

općenit, jer uz samo nekoliko detalja upućeni ergonom može lako prepoznati većinu modela. Takav način identifikacije smatra se prikladnim sve dok cilj nije detaljno istraživanje varijabla dizajna stolice već usporedba osnovnih razlika u dizajnu ili promjena položaja ispitanika koji imaju velik utjecaj na raspodjelu tlaka u sustavu ispitanik – sjedalo (Vos i dr., 2006). Tablica 1. prikazuje opis stolica i pripadajuće šifre korištene u pokusu. Sve su stolice imale peterokrako postolje, pneu-

matske glavne cilindre, sjedala neznatno do blago oblikovane površine i naslone za ruke.

2.2. Ispitanici

2.2 Subjects

U mjerenjima je sudjelovalo pet muških i pet ženskih osoba. Svi su ispitanici uredski djelatnici s višegodišnjim radnim iskustvom u uredskom okruženju, osim jednoga, koji je imao tri mjeseca radnog iskustva.

Tablica 2. Deskriptivna statistika ispitanika
Table 2 Descriptive statistics of the subjects

	Muškarci/male (N=5)				Žene/female (N=5)			
	Starost <i>age</i> god./year	Visina <i>height</i> m	Masa <i>mass</i> kg	BMI <i>kg/m²</i>	Starost <i>age</i> god./year	Visina <i>height</i> m	Masa <i>mass</i> kg	BMI <i>kg/m²</i>
aritmetička sredina <i>arithmetical mean</i>	33,60	1,826	87,36	26,22	30,80	1,692	63,18	22,16
minimum <i>minimum</i>	29	1,740	75,4	23,65	26	1,635	54,6	19,23
maksimum <i>maximum</i>	42	1,920	101,0	30,16	41	1,775	68,9	25,77
standardna devijacija <i>standard deviation</i>	5,03	6,63	9,27	2,66	5,97	5,54	6,56	2,88
asimetričnost <i>skewness</i>	1,55	0,25	0,42	0,92	1,75	0,87	-0,66	0,34

Antropometrijski podaci izmjereni na ispitanicima jesu visina i masa (tabl. 2), iz čega je izračunan BMI – indeks tjelesne mase (engl. *Body Mass Index*).

Indeks tjelesne mase izračunava se tako da se tjelesna masa u kilogramima podijeli kvadratom tjelesne visine iskazane u metrima. To je omjer između visine i mase tijela, odnosno pokazuje odgovara li naša težina našoj visini. Naime, osoba neke mase može biti mršava ili debela, ovisno o njezinoj visini. Stoga je bitno utvrditi omjer visine i težine, odnosno BMI.

Na pitanje o pojavi bolova jedna je ispitanica spomenula bolove u kukovima, dok su dva ispitanika naglasila probleme s lumbalnim dijelom kralježnice. Ostali su izjavili kako su zdravi ili povremeno imaju probleme u predjelu ramena ili vrata, lošu cirkulaciju u nogama ili hemoroide.

2.3. Metoda objektivnih mjerenja

2.3 Method of objective measurements

Metoda primijenjena u istraživanju uključivala je početnu pripremu opreme za testiranje, pripremu ispitanika u smislu edukacije o pravilnom položaju pri sjedenju i prikupljanje podataka o raspodjeli tlaka. Tijekom svakog mjerenja tlakovi između sjedala i ispitanika bilježeni su digitalno, putem računalnog sučelja mjerne prostirke i pripadajućeg softvera.

Najprije su izmjerene mase i visine ispitanika te je određen indeks tjelesne mase. Mjerenje se obavljalo u odjeći u kojoj su ispitanici došli na radno mjesto i bez obuće. Valja istaknuti da je tijekom ispitivanja bilo vrlo toplo vrijeme te je odjeća koju su nosili bila relativno lagana. Zatim je svaki ispitanik sjeo na stolicu na kojoj se nalazila mjerna prostirka i namjestio sebi najudobniju visinu sjedenja. Ispitanik je ustao, mjerna je prostirka normalizirana, pokrenuto je kontinuirano snimanje i tada je ispitanik sjeo na stolicu.

Budući da postoji 14 tipičnih sjedećih položaja koji se mogu zamijetiti u uredskom okruženju (Tan i dr., 2001), za ovo su istraživanje odabrana dva: uspravno sjedenje i sjedenje uz nagnutost prema naprijed. U prvoj fazi (uspravno sjedenje s leđima na naslonu i rukama na naslonima za ruke) ispitanik je sjedio mirno,

uz što manje pokreta kako bi se distribucija tijekom neodređenog vremenskog trajanja prikazala statično, sve dok snimatelj nije utvrdio da je uzet dovoljan broj uzoraka. Isti je postupak proveden kontinuirano u fazi dva (naprijed nagnuto, s rukama položenim na koljena), bez ustajanja ispitanika sa stolice između faza. Budući da je ispitivanje rađeno na tri različite vrste ojaštavanja, sve je ponovljeno na sljedeća dva modela stolica. Podaci su pohranjeni u memoriju računala za kasniju analizu i statističku obradu.

Prije svega, ispitanici su popunili upitnik s općim pitanjima o njihovu zdravstvenom stanju, navikama pri sjedenju i vrstama poslova koje obavljaju. Nakon obavljenih mjerenja svi su sjedili na odabranim stolicama i subjektivno odgovorili na pitanje *Osjećate li se udobno?*, stavljajući oznaku na skali orijentacijski označenoj s 1 (nimalo), 5 (umjereno) i 9 (jako). Rezultati su prikazani u sljedećem poglavlju.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Rezultati subjektivnog istraživanja

3.1 Results of subjective research

Subjektivno istraživanje provedeno metodom upitnika sa 17 ponuđenih odgovora o udobnosti i neudobnosti sjedenja na uredskim stolicama među ostalim je pokazalo da je prema tvrdnji *Osjećam se udobno* – stolica s rezanom spužvom ocijenjena prosječnom ocjenom 5,20, stolica s hladno lijevanom spužvom ocjenom 5,76, a ona s mrežom ocijenjena prosječnom ocjenom 6,51. Prema toj tvrdnji i statističkim podacima, stolice se statistički značajno razlikuju (tabl. 3). Treba napomenuti da su u te rezultate uključene i stolice drugih modela, ali sličnih konstrukcija sjedala. Rezultati tih istraživanja pokazali su da nema statistički značajnih razlika u osjećaju udobnosti/neudobnosti na ispitanim uzorcima s obzirom na spol, masu, visinu i starost ispitanika (Vlaović i dr., 2006).

Prilikom objektivnog istraživanja ispitanicima je također postavljeno isto pitanje, a rezultati su prikazani

Tablica 3. Subjektivne procjene udobnosti stolica na razini tvrdnje iz upitnika

Table 3 Subjective assessments of chair's comfort based on questionnaire statement

	Aritm. sredina <i>arithmetical mean</i>	Standardna devijacija / Standard deviation	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>
Tvrdnja: Osjećam se udobno (N=36)/Statement: I feel comfortable				
SS1 (rezana PU spužva/PU foam)	5,20	1,73	1,21	8,94
SS2 (hladno lijevana PU spužva/cold-casted PU foam)	5,76	1,49	2,74	8,13
SS3 (mreža/net)	6,51	1,89	2,98	9,00
Tvrdnja: Osjećam se udobno (N=10)/Statement: I feel comfortable				
SO1 (rezana PU spužva/PU foam)	4,83	1,57	1,76	7,75
SO2 (hladno lijevana PU spužva/cold-casted PU foam)	5,68	1,25	3,06	6,98
SO3 (mreža/net)	8,12	0,90	6,25	9,00
SS1-SS3: modeli iz prethodnog istraživanja; SO1-SO3: modeli iz sadašnjeg istraživanja <i>SS1-SS3: Models from previous research; SO1-SO3: Models from current research</i>				

u donjem dijelu tablice 3. Statistička značajnost nije provjeravana, ali je uočljivo da je trend zadržan.

3.2. Rezultati objektivnih mjerenja (ErgoCheck® Chair)

3.2 Results of objective measurements (ErgoCheck® Chair)

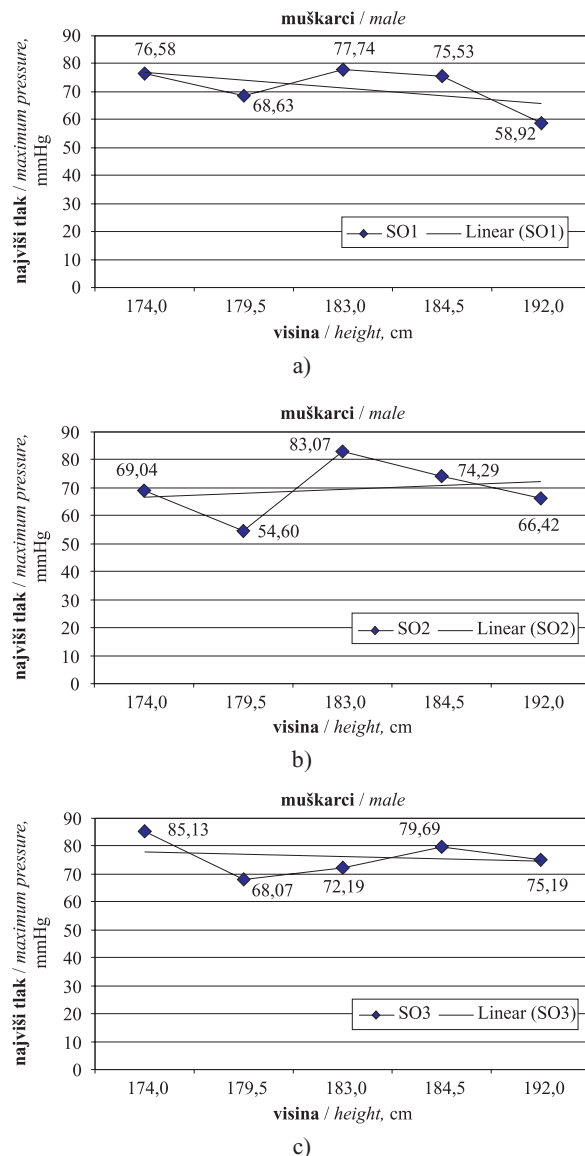
Ovisnost najvišeg tlaka (p-maks. – maksimalni tlak je najveće očitavanje tlaka na jednom senzoru površine 580 mm² u području najviših tlakova ispod sjednih kostiju) koji se pojavljuje u jednom trenutku pri sjedenju na određenoj stolici, tj. konstrukciji ojaštavanja (SO1...SO3), prikazana je na sljedećim grafikonima, i to s obzirom na spol te visinu i masu ispitanika.

Ovisnost tlaka o visini muškaraca. Na slici 1. uočljivo je da u dva slučaja s promjenom visine tlak neznatno pada (modeli SO1 i SO3), a u jednom slučaju neznatno raste. Međutim, ta odstupanja od horizontale nisu značajna i može se zaključiti da se s promjenom visine tlak ne mijenja. Ispitanici visine 183,0 cm i 179,5 cm osobe su blago prekomjerne težine, za koje je za-

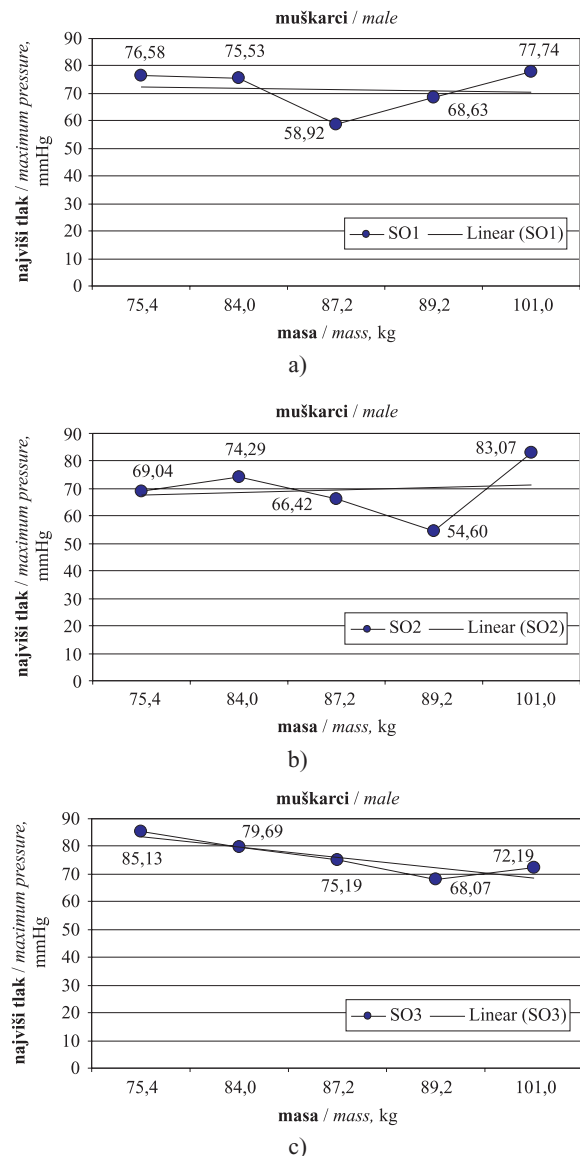
nimljivo sljedeće: na uzorku stolice SO1 imaju najviši i gotovo najniži iznos tlaka, na uzorku SO2 ponovno imaju najviši i najniži tlak, dok na uzorku SO3 imaju najniže iznose vršnih tlakova na sjedalu.

Iz dobivenih se rezultata može zaključiti da visina ispitanika ne utječe na iznos maksimalnog tlaka ispod njegovih sjednih kostiju.

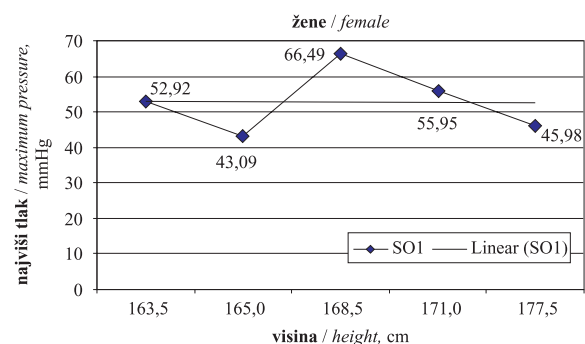
Ovisnost tlaka o masi muškaraca. Na slici 2. primjećuje se da se s povećanjem mase tlak ne mijenja na modelima s krutom podlogom ispod ojaštavanja sjedala, tj. na konstrukcijama s jednolično raspoređenom reakcijom u osloncu. Nasuprot tome je model s uokvirenom mrežom, na kojemu stanovitu razliku uzrokuje specifičnost oslanjanja stražnjice i bedara. Naime, na tom je sjedalu podupiranje dijelova tijela ujednačeno pa omogućuje bolju raspodjelu tlakova po cijeloj površini i tako smanjuje vršni tlak ispod sjednih kostiju. Činjenica da ispod područja najvišeg tlaka ne postoji tvrda podloga sigurno utječe na njegov maksimalni iznos. Međutim, kao i u ispitanica, ni u muškaraca ne možemo biti sigurni u pravi uzrok tih pojava.



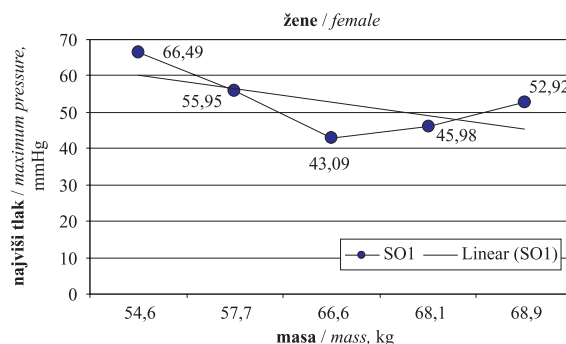
Slika 1. Ovisnost najvišeg tlaka o visini muškaraca na različitim konstrukcijama sjedala
Figure 1 Correlation of peak pressure and male height for different seat design



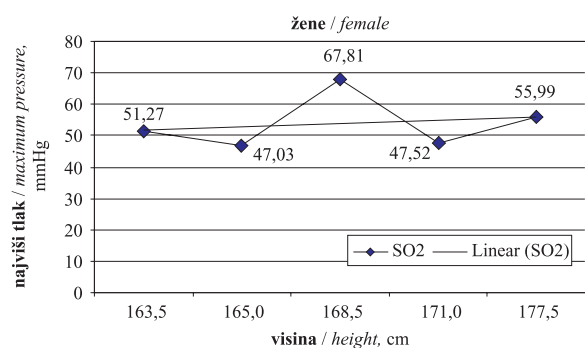
Slika 2. Ovisnost najvišeg tlaka o masi muškaraca na različitim konstrukcijama sjedala
Figure 2 Correlation of peak pressure and male weight for different seat design



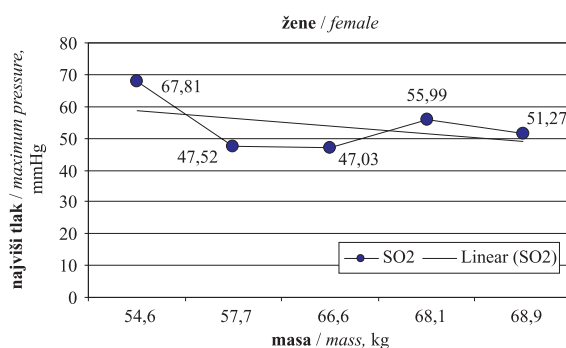
a)



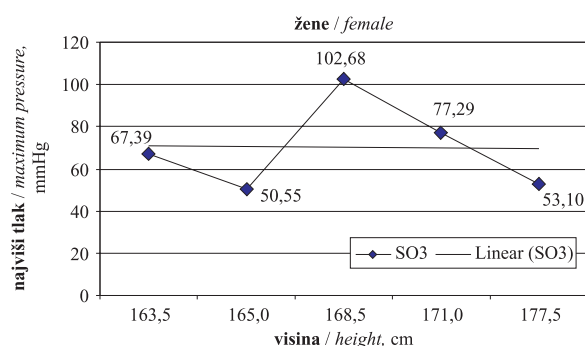
a)



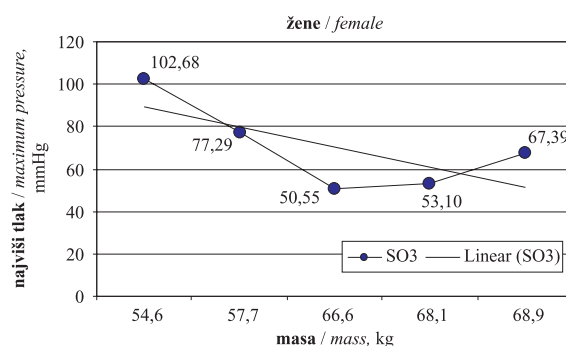
b)



b)



c)



c)

Slika 3. Ovisnost najvišeg tlaka o visini žena na različitim konstrukcijama sjedala

Figure 3 Correlation of peak pressure and female height for different seat design

Ovisnost tlaka o visini žena. Na slici 3. vidljivo je da visina žene ne utječe na tlak jer je (u ovom uzorku) s povećanjem visine vjerojatno proporcionalno povećana površina sjedenja. Zapaža se da žena visine 168,5 cm ispod sjednih kostiju ima znatno viši tlak što je vjerojatno posljedica specifičnosti njezine građe. Naime, uz masu od 54,6 kg njezin BMI iznosi samo 19,23 kg/m², što je ispod granice normalne tjelesne težine.

Iz dobivenih rezultata može se reći da visina žena ne utječe na iznos maksimalnog tlaka ispod njihovih sjednih kostiju.

Ovisnost tlaka o masi žena. Na slici 4. zapaža se da se s povećanjem mase smanjuje tlak. Povećava li se proporcionalno i sjedeća površina ili se povećava samo mekani sloj ispod sjednih kosti koji raspoređuje koncentrirano naprezanje na veću površinu, iz ovog istraživanja nije posve jasno. Ali zanimljivo je da osoba sa 66,6 kg i indeksom tjelesne mase od 24,46 kg/m² na svim modelima stolica ima najniži iznos vršnog tlaka na sjedalu. Istodobno osoba s 54,6 kg ima daleko naj-

Slika 4. Ovisnost najvišeg tlaka o masi žena na različitim konstrukcijama sjedala

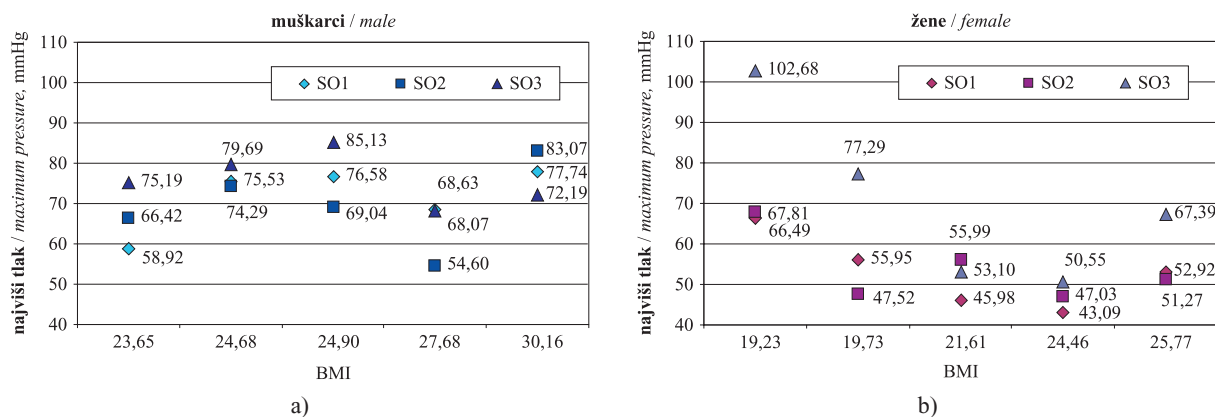
Figure 4 Correlation of peak pressure and female weight for different seat design

veći tlak, ali vjerojatno zbog prethodno opisane tjelesne građe. Međutim, u osobe mase 68,9 kg i BMI 25,77 kg/m², također na granici prekomjerne težine, na istim su konstrukcijama izmjereni bitno veći tlakovi.

Iz dobivenih se rezultata može zaključiti da se s povećanjem mase ispitanica smanjuje iznos maksimalnog tlaka ispod sjednih kostiju.

Ovisnost tlaka o BMI-ju muškaraca i žena. Ako promatramo ovisnost tlaka o BMI-ju, uočljivo je da s porastom BMI-ja u muškaraca uglavnom raste i iznos najvišeg tlaka. Ta je pojava logična s obzirom na činjenicu da tjelesna masa izravno utječe na BMI (sl. 5).

Zanimljivo je primijetiti da su za sve vrste materijala uz BMI=27,68 kg/m² vrijednosti p-maks. niže od onih u ostalim korisnika. Općenito, za stolice s rezanom poliuretanskom spužvom (SO1) tlak raste s porastom BMI-ja. Za hladno lijevane poliuretanske spužve (SO2) može se uočiti da je u osoba normalne težine s obzirom na građu tijela (BMI 20-25 kg/m²) iznos p-maks. podjednak, dok su za osobe umjerene debljine (BMI 25-30



Slika 5. Ovisnost najvišeg tlaka o BMI-ju u: a) muškaraca, b) žena
Figure 5 Correlation of peak pressure and BMI with a) men and b) women

kg/m²) zabilježene dvije krajnosti. Jedna je p-maks. manji od svih, a druga je p-maks. veći od svih. To se može protumačiti različitim površinama sjedenja, uz napomenu da su to bila dva najkorpulentnija ispitanika. Za mrežasto ojasučenje (SO3) uočljiv je porast tlaka uz normalan BMI, a za prekomjerne težine uočeno je smanjenje najvišeg tlaka. Ta pojava može biti povezana s dimenzijom sjedala stolice, koje je bilo vrlo prostrano. U tom je slučaju za ispitanike na većoj površini sjedenja tlak bio ravnomjernije raspoređen na mreži, dok su oni slabije građe vjerojatno više utonuli u sjedalo i time stvorili veće tlakove, ali na manjoj površini.

Sa ženskim osobama (slika 5.b) stanje je obratno. S porastom njihova BMI-ja vrijednosti najviših tlakova uglavnom su opadale. To je posve suprotno logici da se s povećanjem mase povećava BMI, a time i vrijednost tlaka. U slučaju ispitanice s BMI-jem 19,23 kg/m² za sva tri je materijala ojasučenja uočen visok iznos p-maks. u usporedbi s ostalima. Uzrok može biti tjelesna građa ispitanice, koja je relativno visoka za svoju masu, što znači da može imati i izražene sjedne kosti koje stvaraju visok tlak na sjedalo. Na modelu SO1 s porastom BMI-ja tlak pada za osobe niže i normalne tjelesne težine, sve do osoba umjerene debljine, u kojih blago poraste. Ovdje je bitno primijetiti da osoba s BMI-jem 19,73 kg/m² ima nešto veći iznos p-maks. od osobe s BMI-jem 25,77 kg/m² (55,95 mmHg prema 52,92 mmHg), a to može biti povezano s prethodno spomenutom fizičkom građom. Za stolicu SO2 rezultati se mogu protumačiti time što sve osobe osim prve imaju podjednak iznos tlakova koji, doduše, malo varira s porastom BMI-ja, ali nema nekog stalnog trenda. Za mrežu (SO3) može se zaključiti obrnuto od onoga za muškarce: s porastom indeksa tjelesne mase iznos najvišeg tlaka pada, ali u korpulentnijih osoba lagano poraste. To pak može biti povezano s dimenzijom sjedala, ali i različitosti ženske i muške građe donjeg dijela tijela.

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK 4 DISCUSSION AND CONCLUSION

Udobnost proizvoda za krajnjeg korisnika postalo je značajno pitanje. To nije bitno samo korisnicima, već i proizvođačima, koji prepoznaju udobnost kao glavni

prodajni adut važan u odlučivanju o kupnji (De Looze i dr., 2003). Poslodavci se također počinju zanimati za ergonomski primjerenu i udobnu opremu za svoje zaposlenike, jer su shvatili da to pridonosi zdravom, sigurnom i stimulativnom radnom okruženju.

Iz odgovora subjektivnih istraživanja uočljivo je da su procjene o vrstama materijala u ojasučenju na pitanje *Osjećate li se udobno?* jednake onima u prethodnom istraživanju (Vlaović, 2005). Iako je riječ o manjem broju ispitanika, trend je zadržan. Tvrdnja vezana za sliku 5 – da s porastom BMI-ja muškaraca pada udobnost pojedinih materijala ojasučenja (u žena je obratno), rezultati subjektivnih ispitivanja ne govore isto. Gotovo su svi ispitanici najmanje udobnima ocijenili stolicu SO1, a najudobnijom stolicu SO3. S obzirom na subjektivni osjećaj udobnosti rezultati su očekivani i sukladni prethodnim rezultatima ispitivanja istih modela stolica i s istim materijalima ojasučenja.

Objektivna istraživanja udobnosti u ovom radu provodila su se u realnim uvjetima, odnosno na radnim mjestima ispitanika, u uredskim prostorima, sa zatečenom mikroklimom, u normalnoj odjeći i obući i samo s osnovnim, ali nužnim prilagodabama stolica pojedinoj osobi. Prema Osborneu (Heacock et al., 1997), postoji velika potreba za terenskim studijama koje rezultiraju uopćenim podacima za populaciju krajnjih korisnika. U članku objavljenom 1990. u časopisu *Ergonomics*, Osborne je pokazao da je od 72 studije njih 75% laboratorijskih, u kojima je sudjelovalo čak 80% ispitanika koji se nisu uživali u to istraživanje. Slični su razlozi naveli autore da istraživanje postave u uredsko, a ne u laboratorijsko okruženje. Međutim, zbog veće pouzdanosti i vjerodostojnosti buduća slična istraživanja svakako treba provoditi i u laboratorijskim uvjetima.

Efektom raspodjele tlaka ispod bedara, polimerne spužve udovoljavaju zahtjevima u uporabi tako što smanjuju vršni tlak. Stoga su polimerne spužve prikladne kao materijali ojasučenja. Ako je ojasučenje pretvrdo, omogućit će porast tlaka, a ako je premekano, stlačit će se i tako opet omogućiti vršni tlak (Lowe i Lakes, 2000). Lokalizirani vršni tlak je neudoban i u zdrave će osobe vrlo brzo prouzročiti promjenu sjedećeg položaja. Ako je riječ o osobi u invalidskim kolicima, taj je tlak još veći problem jer može uzrokovati dekubi-

tus i druge bolesti. Osim toga, dugotrajan visoki tlak može otežati, pa čak i spriječiti protok krvi.

Primjećuje se da je iznos najvećih tlakova u zoni ispod sjednih kostiju, što je normalno s obzirom na njihov utjecaj pri sjedenju. Prije no što analiziramo rezultate treba podsjetiti da postoje bitne razlike u građi zdjelice i položaju sjednih kvruga (kostiju) s obzirom na spol. Veliki raspon varijacija generiranih tlakova ispod sjednih kostiju u ljudi različite građe posljedica je velike gradacije u veličini sjednih kostiju, različitih oblika, zakrivljenosti, debljine glutealnog tkiva te udjela masti raspoređene unutar zdjelice zone te mnogih drugih relevantnih čimbenika. Poznato je da je ženska zdjelica općenito za trećinu veća od muške te da je kut zdjelice u žena širi (Congleton i dr., 1988). Usporedba muške i ženske zdjelice (Shuenke i dr. 2006) otkriva da je ženska zdjelica veća i šira od muške, dok je muška zdjelica viša, šiljatija i masivnija od ženske. Spolne se, dakle, razlike primjećuju i u kutu između donje grane preponske kosti, koji je u muškaraca šiljast (70°), a u žena pravi do tup (90° - 100°). Taj kut ujedno određuje i razmak sjednih kostiju.

Zbog tehničkih razloga nije bilo moguće prikazati samo površinu sjedenja (pri mjerenjima se uzimala u obzir i površina naslona) pa problematika u tom smislu nije analizirana. Vrijeme koje su ispitanici proveli sjedeći na pojedinome modelu stolice prije i za vrijeme objektivnih mjerenja bilo je za pojam ergonomskih ispitivanja udobnosti relativno kratko, oko 10-30 min, ako znamo da su za kvalitetnu (subjektivnu) procjenu potrebna tri sata sjedenja (Fitzerald i dr. 1996; Fernandez i Poonawala, 1998). Osim toga, broj ispitanika i uzoraka bio je malen.

U ovom istraživanju analizirali smo utjecaj osnovnih antropometrijskih parametara na maksimalan tlak sjedenja. Za istraživanje su uzeti masa, visina i indeks tjelesne mase skupine žena i skupine muškaraca s različitim antropometrijskim parametrima. U svih modela i za oba spola zamjetno je da je najviši tlak ispod sjednih kostiju veći što je masa ispitanika manja. Trend je opadajući u svim slučajevima, osim u muškaraca na hladno lijevanoj poliuretanskoj spužvi, na kojoj je blago rastući. Taj fenomen zaslužuje dodatna istraživanja, ali bi mogao upućivati na povećanje površine stražnjice s povećanjem mase, što u konačnici utječe na iznos i raspodjelu tlakova. Zanimljivo je primijetiti da je na stolicama s mrežom (konstrukcija koju su ispitanici subjektivno ocijenili najudobnijom) iznos vrijednosti najvećih tlakova veći od tlakova na istim mjestima pri drugim vrstama ojaštavanja na većini mjesta, i to neovisno o spolu. Postavlja se pitanje je li najveći tlak izmjeren na jednom senzoru (29x20 mm) odlučujući za osjećaj (ne)udobnosti ili je to neko šire područje maksimalnog opterećenja. To je zanimljiv detalj na koji se mora tražiti odgovor u budućim istraživanjima.

Visina žena ni muškaraca nema utjecaja na tlak. Među ženama gotovo ne postoje trendovi, osim blagog rasta u uzorku s hladno lijevanom poliuretanskom spužvom. U muškaraca je zabilježen blago uzlazni

trend na uzorku s hladno lijevanom poliuretanskom spužvom, dok je na druga dva više ili manje silazan.

Nadalje, iz ovog istraživanja i dobivenih rezultata može se primijetiti da se u muškaraca pojavljuju veći apsolutni iznosi vršnih tlakova u i da s porastom BMI-ja raste iznos najvećeg tlaka pri sjedenju. U žena su, zbog specifične građe, vršni tlakovi manji od onih u muškaraca, ali je uočljivo da s porastom BMI-ja ti tlakovi padaju. Carcone i Keir (2007) u svojem su istraživanju došli do sličnih zaključaka glede iznosa prosječnog tlaka na sjedalu s obzirom na spol. Međutim, rezultati su pokazali da BMI sam za sebe nije prikladan parametar iako se u antropometriji često rabi. Naime, on je jednak za osobe različite mase i visine i bez dodatnih je antropometrijskih veličina prema našem mišljenju neprikladan. Pritom se pojavljuje još jedan fenomen poznat iz istraživanja spavanja. Riječ je o pravilnom izboru ispitanika ako se u skupini ispitanika nađe samo nekoliko osoba s atipičnom građom, njihovi rezultati mogu dovesti do pogrešnih zaključaka.

Iz ovog se istraživanja mogu uočiti određeni trendovi i ponašanje materijala prema različitoj fizičkoj građi ispitanika te ovisnost iznosa najviših tlakova pri sjedenju. Istraživanje je pokazalo i određene tehničke probleme na koje treba pripaziti pri opsežnijem budućem terenskom i laboratorijskom radu i uporabi mjerne prostirke. Međusobni odnos iznosa tlakova i indeksa tjelesne mase i dalje je neriješeno pitanje: veći broj ispitanika i veći broj modela stolica različite kvalitete pojedinih istovrsnih materijala ojaštavanja treba uzeti u razmatranje kako bi se mogli donijeti kvalitetniji zaključci s obzirom na spol, površinu sjedenja i materijale ojaštavanja. U sljedećim istraživanjima težište treba staviti na pravilan odabir materijala i različitih konstrukcija oblikovnih rješenja stolica te na izbor ispitanika, ali i uključiti specijaliste s drugih područja, posebno medicine.

Ovo istraživanje nije dalo rezultate za bitne zaključke o problematici sjedenja, ali su ti rezultati upozorili na mnoge zanimljive pojave i donekle usmjerili daljnja istraživanja.

Zahvala Acknowledgment

Autori zahvaljuju svim ispitanicima na suradnji i dobrovoljnom sudjelovanju u istraživanju, tvrtki Tapo d.o.o. iz Gline (www.tapohr) na uzorcima, te Šumarskom fakultetu na tehničkoj potpori.

LITERATURA REFERENCES

1. Carcone, S.M.; Keir, P.J., 2007: Effects of backrest design on biomechanics and comfort during seated work. *Appl. Ergon.* 38(6): 755-764.
2. Chang, S.R.; Son, K.; Choi, Y.S., 1996: Measurement and three-dimensional graphic representations of Korean seatpan and seatback contours. *Int. J. Ind. Ergon.* 18: 147-152.
3. Congleton, J.J.; Ayoub, M.M.; Smith, J.L., 1988: The determination of pressures and patterns for the male human

- buttocks and thigh in sitting utilizing conductive foam. *Int. J. Ind. Ergon.* 2: 193-202.
4. De Looze, M.P.; Kujit-Evers, L.F.M.; van Dieën, J., 2003: Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures. *Ergonomics*, 46(10): 985-997.
 5. Fernandez, J.E.; Poonawala, M.F., 1998: How long should it take to evaluate seats subjectively?, *Int. J. Ind. Ergon.* 22: 483-487.
 6. Fitzgerald, S.J.; Kult, K.M.; Skubic, C.R.; Fernandez, J.E.; Poonawala, M.F., 1996: The optimum time to evaluate the comfort rating of seats. *Advances in Occupational Ergonomics and Safety I*, vol. 2: 823.
 7. Grandjean, E., 1980: *Fitting the task to the man*. London: Taylor and Francis.
 8. Grbac, I., 1988: Istraživanje kvalitete ležaja i poboljšanje njegove konstrukcije. *Disertacija*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
 9. Grbac, I., 2006: *Krevet i zdravlje*. Prvo izdanje. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
 10. Heacock, H.; Koehoorn, M.; Tan, J., 1997: Applying epidemiological principles to ergonomics: A checklist for incorporating sound design and interpretation of studies. *Appl. Ergon.* 28(3): 165-172.
 11. Kolich, M., 2003: Automobile seat comfort: occupant preferences vs. anthropometric accommodation. *Appl. Ergon.* 34: 177-184.
 12. Kroemer, K.; Kroemer, H.; Kroemer-Elbert, K., 2003: *Ergonomics: how to design for ease and efficiency*. Fabrycky, W.J. and Mize, J.H. (Ed.): Second edition. New Jersey, Prentice Hall Inc.
 13. Lowe, A.; Lakes, R.S., 2000: Negative Poisson's ratio foam as seat cushion material. *Cellular Polymers* 19(3): 1-11.
 14. Mehta, C.R.; Tewari, V.K., 2000: Seating discomfort for tractor operators – a critical review. *Int. J. Ind. Ergon.* 25: 661-674.
 15. Shackel, B.; Chidsey, K.D.; Shipley, P., 1969: The assessment of chair comfort. *Ergonomics* 12(2): 269-306.
 16. Shuenke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U., 2006: *Thieme Atlas of anatomy*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
 17. Smardzewski, J.; Matwiej, L.; Grbac, I., 2005: Anthropo-technical models in testing mattress. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*: 1-5.
 18. Tan, H.Z.; Slivovsky, A.; Pentland, A., 2001: A sensing chair using pressure distribution sensors. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* 6(3): 261-268.
 19. Vlaović, Z., 2005: Istraživanje udobnosti uredskih radnih stolica. *Magistarski rad*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
 20. Vlaović, Z.; Bogner, A.; Domljan, D., 2006: Istraživanje udobnosti uredskih stolica s obzirom na obilježja ispitnika (Study of the office chairs comfort regard to subjects characteristics). *Drvna ind.* 57(3): 109-117.
 21. Vlaović, Z.; Bublic, A.; Grbac, I.; Smardzewski, J., 2007: Measurement of pressure when sitting on office chairs. In: Grbac, I. (Ed.) *International conference New technologies and materials in industries based on the forestry sector*, October 19th 2007, University of Zagreb, Faculty of Forestry, UFI-Paris. Zagreb, 119-127.
 22. Vos, G.A.; Congleton, J.J.; Steven Moore, J.; Amendola, A.A.; Ringer, L., 2006: Postural versus chair design impacts upon interface pressure. *Appl. Ergon.* 37: 619-628.

Corresponding address:

MSc. ZORAN VLAOVIĆ

Department for furniture and wood products
Faculty of Forestry, Zagreb University
Svetošimunska 25
HR-10000 Zagreb
Croatia
e-mail: vlaovic@sumfak.hr