

Usporedbeno ispitivanje ležaja- madraca prema novim i starim hrvatskim normama

Comparative test of mattresses according to new and old Croatian standards

Prethodno priopćenje • Preliminary paper

Prispjelo - received: 27. 05. 2003. • Prihvaćeno - accepted: 17. 11. 2003.

UDK 630*836.1

SAŽETAK • Približavanjem Hrvatske Europskoj uniji mijenja se sustav normi. Cilj rada je usporediti metode i rezultate ispitivanja elastičnosti i trajne deformacije ležaja-madraca prema staroj osnovnoj normi HRN D.E2.103: 1985, koja se poziva na normu za određivanje elastičnosti HRN D.E8.228: 1982, i novom hrvatskom normom HRN EN 1957: 2001. Rezultati istraživanja pokazuju da postoje znatne razlike između staroga i novog sustava normi za ispitivanje kvalitete ležaja-madraca i da je vrlo teško usporediti rezultate ispitivanja i čimbenika elastičnosti. Istraživanja su pokazala da su trajne deformacije na uzorcima bitno manje pri ispitivanju prema novim hrvatskim normama, te da rezultati ispitivanja izdržljivosti prema novoj hrvatskoj normi odgovaraju visokoj kvaliteti Q_{II} iz starih hrvatskih normi. Vrijednosti trajne deformacije prema obje norme najveće su u modela GR-PESV.

Ključne riječi: ispitivanje kvalitete, ležaj-madrac, elastičnost, tvrdoća, trajna deformacija

SUMMARY • As Croatia gets closer to the European Union its standard system. The aim of this paper is to compare the methods and results of testing and values of hardness and height loss of mattresses in accordance with the old HRN D.E2.103: 1985; HRN D.E8.228: 1982 Croatian standards and the new HRN EN 1957: 2001 Croatian standard. The results of research show the existence of significant differences between the old and new standards for mattress quality testing and consequently it is very hard to compare the results of testing as well as of hardness and firmness. Nevertheless research results show that values of height loss according to the European standard is significantly lower than according to the old Croatian standard. Results of durability testing performed in accordance with the European standard meet a high quality level - Q_{II} in the old Croatian standard. The GR-PESV model shows the highest values of height loss according to both standards.

Key words: quality testing, mattress, hardness, firmness and height loss

¹ Autori su redom student, student, mlađi asistent, asistent i redoviti profesor na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb

¹ Authors are student, student, junior assistant, asisstant and professor, respectively, at the Faculty of Forestry of Zagreb University, HR - 10 000 Zagreb, Svetošimunska 25

1 UVOD 1 INTRODUCTION

Preduvjet za udobnost ležanja jest točno određena elastičnost i gipkost površine na kojoj se leži. Ležaj-madrac i elastična podloga ugibaju se na svaki pomak i oblik tijela tako da ga pokušaju ravnomjerno podupirati u svakom položaju. Izbor najprikladnijeg ležaja-madraca rezultat je činjenice da čovjek bira ono što mu je najudobnije. Budući se danas na tržištu može naći mnoštvo konstrukcijskih vrsta ležaja-madraca velikog broja proizvođača, nužno je provoditi ispitivanja kvalitete kako bi korisnik dobio bitnu informaciju o proizvodu i mogao odabrati proizvod koji najbolje odgovara njegovim potrebama.

Približavanjem Hrvatske Europskoj uniji mijenja se sustav normi i ispitivanja kvalitete namještaja, a u sklopu toga i ispitivanje kvalitete ležaja-madraca. Tako su do sada važeće hrvatske norme temeljene na starom švedskom sustavu zamijenjene europskima, a budući se metode što ih preporučuju pojedine norme međusobno potpuno razlikuju, cilj je ovoga rada usporedba metoda i rezultata ispitivanja kvalitete ležaja-madraca prema normi HRN EN 1957: 2001 i osnovnoj normi HRN D.E2.103: 1985. koja se poziva na normu HRN D.E8.228: 1982. Dva najvažnija obilježja ležaja-madraca jesu elastičnost i trajna deformacija. Stoga će težište rada biti na usporedbi tih rezultata ispitivanja.

2 MATERIJAL I METODE 2 MATERIALS AND METHODS

2.1 Uzorci ležaja-madraca 2.1 Samples of mattresses

Za uzorke su odabrani modeli ležaja-madraca GR-TR, GR-PUSPM i GR-PESV čija je osnova izrađena od GR opružne jezgre, a razlikuju se prema obložnim materijalima. Od svakog modela jedan je ležaj-madrac ispitivan prema novoj i jedan prema staroj hrvatskoj normi.

GR jezgra izrađena je od beskonačnih opruga od žice promjera 1,8 mm koja se spaja na vanjskoj strani, a razvijena je usavršavanjem sustava zatvorene opruge. Vanjske se opruge pričvršćuju za okvir od čelične valjane trake 10 x 1,3 mm posebnim spojnicama. Kako su opruge beskonačne, naprezanje se prenosi s jedne na drugu, a pritisak pojedinih dijelova tijela ravnomjerno se raspoređuje po cijelom sustavu. Ipak, na takvom se sustavu ne može ostvariti potrebno točkasto podupiranje tijela, kao u

nekim konstrukcijskih vrsta ležaja-madraca.

Obložni sloj iznad opružne jezgre modela GR-TR sastoji se od dva sloja tekstilnog regenerata različite gramature, a presvlaka od "retexa", poliesterske vate i dekorativne tkanine. Model GR-PUSPM čine navedena jezgra te obložni sloj od tekstilnog regenerata i spužve (PU-SPM), a presvlaka od "retexa", spužve, poliesterske vate i dekorativne tkanine, dok model GR-PESV ima obložni sloj od tekstilnog regenerata i poliesterske vate, a presvlaku od "retexa", poliesterske vate i dekorativne tkanine.

2.2 Metode ispitivanja 2.2 Methods of testing

2.2.1 HRN EN 1957: 2001 Kućni namještaj - Kreveti i madraci - Metode ispitivanja za određivanje funkcionalnih svojstava

2.2.1 HRN EN 1957: 2001 Domestic furniture - Beds and mattresses - Test methods for the determination of functional characteristics

Nova hrvatska norma HRN EN 1957: 2001 opisuje metode ispitivanja za određivanje izdržljivosti, elastičnosti i tvrdoće ležaja-madraca i ostalih vrsta kreveta opremljenih ležajima-madracima. Norma se ne primjenjuje na vodenim i zračnim krevetima te dječjim krevetima. Obuhvaća metodu za određivanje tvrdoće ležaja-madraca ili kreveta, koja se oslanja na rezultate ispitivanja subjektivnim procjenama ležaja ispitivača. Tvrdoća se određuje proračunom na temelju vrijednosti elastičnosti izmjerene ispitivanjem. Treba naglasiti da proračun tvrdoće ne može služiti kao čimbenik udobnosti i/ili kvalitete ležaja-madraca ili cijelog kreveta.

Starenje i postupno slijeganje materijala u ležaju-madracu uzrokovano zrakom, svjetlošću, vlažnošću i temperaturom nije obuhvaćeno normom. Norma sadržava popis tolerancija u sklopu kojih se treba provoditi ispitivanje. Sve sile mogu odstupati $\pm 5\%$ od nominalne vrijednosti, sve mase mogu odstupati $\pm 0,5\%$ od nominalne i sve dimenzije mogu imati odstupanje ± 1 mm od nominalne vrijednosti.

Standardna oprema kojom je provedeno istraživanje prema zahtjevima norme sastojala se od:

- uređaja za ispitivanje trajnosti (izdržljivosti) - valjka promjera 300 ± 1 mm koji primjenjuje silu od 1400 ± 7 N, s učestalošću gibanja 16 ± 2 ciklusa/min
- uređaja za snimanje krivulje elastičnosti

- računala povezanoga s električnim dinamometrom i induktivnim davačem pomaka, te sustava pneumatskih cilindara koji osiguravaju propisanu silu do 1 000 N i pomake potrebne za mjerenje
- podloška od furnirskog otpreska u obliku kalote kugle čiji je radijus 400 mm i promjera 335 mm.

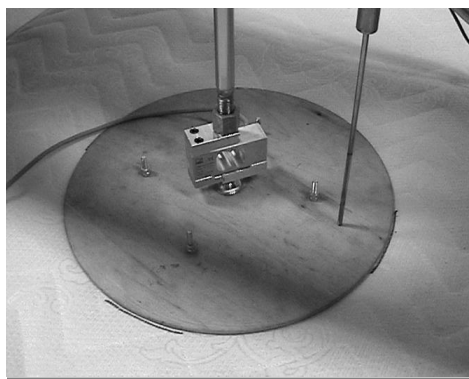
Pomoćnu opremu činio je uteg od 5 kg promjera 160 mm, digitalni dubinomjer i metalna konzola za mjerenje visine ležaja-madraca.

Električni dinamometar i induktivni davač pomaka bili su preko pojačala SPIDER 8 spojeni na računalo, a na računalo su se uz pomoć programa CATMAN očitavale vrijednosti sile i pomaka koje su obrađene u programu MS Excel. Upravljanje pneumatskim sustavom i vrijeme djelovanja klipa prilagođavali su se na upravljačkom (PLC) uređaju MITSUBISHI.

Postupak ispitivanja sastojao se od klimatiziranja uzorka najmanje tjedan dana na temperaturi 23 ± 2 °C i relativnoj vlazi zraka 50 ± 5 %. Nakon klimatiziranja uzorka, u vremenu od 5 minuta, treba započeti s mjerenjem visine ležaja-madraca. Visina ležaja-madraca mjeri se na uređaju za određivanje elastičnosti, a u istraživanju je uporabljena slična oprema. Mjerena je visina u milimetrima od poda do točke na površini ležaja-madraca ispod podloška i pri djelovanju sile od 50 N. U istraživanju je uporabljen digitalni dubinomjer i valjkasti uteg od 5 kg promjera 200 mm, samo što ispod navedenog utega nije bio postavljen podložak promjera 335 mm, ali su svi ležaji-madraci mjereni na jednak način. Ležaj-madrac postavlja se u uređaj za ispitivanje izdržljivosti i podvrgava valjanju u 100 ciklusa. Valjak postavljen u smjeru uzdužne osi ležaja-madraca giba se po površini pomoću elektromotornog pogona. Amplituda gibanja osi valjka iznosi 50 cm, a učestalost je 18 ciklusa u minuti. To je tzv. inicijalno valjanje, kako bi se iz uzorka istisnuo zrak i uklonila napuhanost. Nakon toga madrac se ostavlja najmanje pet sati u klimatiziranim uvjetima nakon čega se ponovno mjeri visina ležaja-madraca. Norma ne precizira treba li elastičnost mjeriti točno nakon pet sati, ili se to mjerenje može obaviti i nakon duljeg vremena. Nakon ispitivanja inicijalnog valjanja mjeri se elastičnost uređajem sastavljenim od krutog nosača pneumatskog cilindra na čiji je stap pričvršćen dinamometar. Klip djeluje silom od 0 do 1 000 N na furnirski podložak promjera 335 mm koji je ispod dinamometra i pritišće središte madraca, a induktivni

davač pomaka istodobno bilježi prijedeni put. Mjerni se signali preko pojačala bilježe na računalo, te se iz podataka sile i pomaka u MS Excelu izračunava graf elastičnosti i ostali potrebni podaci. Potom slijedi ispitivanje izdržljivosti u trajanju od 29 900 ciklusa (ukupno 30 000 ciklusa). Slijedi klimatiziranje najmanje pet sati i mjerenje visine ležaja-madraca, mjerenje elastičnosti ležaja-madraca i određivanje trajne deformacije.

Mjerenje elastičnosti ležaja-madraca podijeljeno je na dva dijela. U prvom se dijelu ležaj-madrac predopterećuje, a u drugom primjenjuje se glavno opterećenje pri kojemu se provodi mjerenje. Na temelju mjerenja određuje se graf odnosa sile i progiba, iz čega se dobiva krivulja



Slika 1.
Uređaj za ispitivanje trajnosti (izdržljivosti) ležaja-madraca s uređajem za snimanje krivulje elastičnosti
Figure 1
Equipment for testing durability of mattress with equipment for recording the load/deflection curve

elastičnosti. Predopterećenje se sastoji od tri prethodna opterećenja ležaja-madraca silom od 0 do 1 000 N. Mjernu točku, koja se nalazi na središtu površine ležaja-madraca, opterećujemo tako da vrijeme opterećenja ne prijeđe 30 sekundi. Svako sljedeće predopterećenje treba započeti nakon 30 sekundi mirovanja koje slijedi po završetku prethodnog opterećenja. Glavno opterećenje podrazumijeva jedan pritisak pneumatskim cilindrom i nastavlja se na cikluse predopterećenja i pri mjerenju ne smije biti manje od 250 veličina sile i progiba dok sila opterećenja djeluje od 0 do 1 000 N. Kada se izračunava nagib krivulje elastičnosti u određenim točkama, za izračun se uzima pet

vrijednosti uzoraka iznad i pet vrijednosti ispod točaka od 210, 275 i 340 N. Razlika vrijednosti sile uzoraka ne smije prijeći 2 N ako promatramo interval od 0 do 450 N. Vrijednost od 450 N potrebna je kao granična vrijednost za izračunavanje površine (potrebne za izračun tvrdoće) ispod krivulje koja je zapravo dobivena spojem svih točaka (vrijednosti uzoraka).

Određivanje tvrdoće i tvrdoće ležaja-madraca. Tvrdoća (H) srednja je vrijednost nagiba pravca na krivulji elastičnosti pri 210 N, 275 N i 340 N, a dobiva se prema formuli:

$$H = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{3} \quad (\text{N/mm}) \quad (1)$$

gdje je:

- C_1 - koeficijent nagiba pravca pri 210 N
- C_2 - koeficijent nagiba pravca pri 275 N
- C_3 - koeficijent nagiba pravca pri 340 N.

Metoda određivanja subjektivne tvrdoće ležaja temelji se na istraživanjima provedenim u nekoliko europskih zemalja koja se odnose na subjektivne procjene brojnih osoba koje su ležale na ležajima-madracima različite tvrdoće. Tvrdoća ležaja H_s odnos je subjektivne tvrdoće i vrijednosti K koja je odnos rada A učinjenoga od 0 do 450 N i izračunane tvrdoće H . S obzirom na različitosti u subjektivnoj procjeni, očekivana se standardna devijacija kreće unutar 10 %. Važno je naglasiti da se ta metoda zasniva na ležanju osoba na ležaju-madracu ili krevetu, a ne na njihovu osjećaju dodira rukom, klečanju, stajanju ili sjedenju na ležaju-madracu.

Tvrdoća ležaja H_s izražava se brojem na skali od 1 do 10 (s jednom znamenkom). Ako je $H_s = 1$, ležaj-madrac je tvrd, a ako je $H_s = 10$, ležaj-madrac je mekan.

Tvrdoća ležaja se određuje pomoću jednadžbe:

$$H_s = 10 \cdot (1 - \exp^{-(K \cdot a + b)})^2 \quad (2)$$

gdje je:

K - koeficijent izračunan iz krivulje elastičnosti prema:

$$K = \frac{A}{H} \quad (3)$$

A - površina ispod krivulje elastičnosti s granicom na 450 N,

H - elastičnost,

$a = 5,92 \cdot 10^{-4}$, koeficijent,

$b = 0,148$, koeficijent.

Primjerom na slici 2 prikazana je krivulja elastičnosti modela GR-TR nakon djelovanja valjka tijekom 100 ciklusa kao rezultat mjerenja sile i progiba pri glavnom opterećenju. Za cjelokupno ispitivanje dobiveno je šest takvih krivulja (za svaki uzorak ležaja-madraca nakon 100 i 30 000 ciklusa). Kao što je već navedeno, C je koeficijent smjera pravca ili nagib pravca, a označava tangens kuta α ($0 \leq \alpha < \pi$) što ga pravac zatvara s pozitivnim smjerom osi x . Koeficijenti C_1 , C_2 i C_3 matematički su dobiveni prema formuli:

$$C = \operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a} \quad (4)$$

gdje je:

a - odsječak na osi x ,

b - odsječak na osi y .

Na slici 2 vidi se da vrijednost C_1 iznosi 9,429, a matematički je dobiveno 9,365. Razlikuju se i vrijednosti za C_3 matematički iznosi 11,202, a na slici 2 je 11,248. To je odstupanje nastalo zaokruživanjem, jer MS Excel softver, u kojemu su obrađivane vrijednosti i crtani grafovi računa s mnogo više decimalnih mjesta.

Površina A ispod krivulje modela GR-TR nakon 100 ciklusa zapravo je zbroj parcijalnih površina ispod susjednih točaka grafa.

Dobivena je pomoću izraza:

$$P_1 = \frac{x_1 \cdot y_1}{2} \quad (5)$$

$$P_2 = [(x_2 - x_1) \cdot y_1] + \left[\frac{(x_2 - x_1) \cdot (y_2 - y_1)}{2} \right] \quad (6)$$

...

$$P_n = [(x_n - x_m) \cdot (y_n - y_m)] + \left[\frac{(x_n - x_m) \cdot (y_n - y_m)}{2} \right] \quad (7)$$

$$P = P_1 + \sum_{j=2}^n P_j = 9966,30 \quad \text{Nmm} \quad (8)$$

Tvrdoća nakon 100 ciklusa:

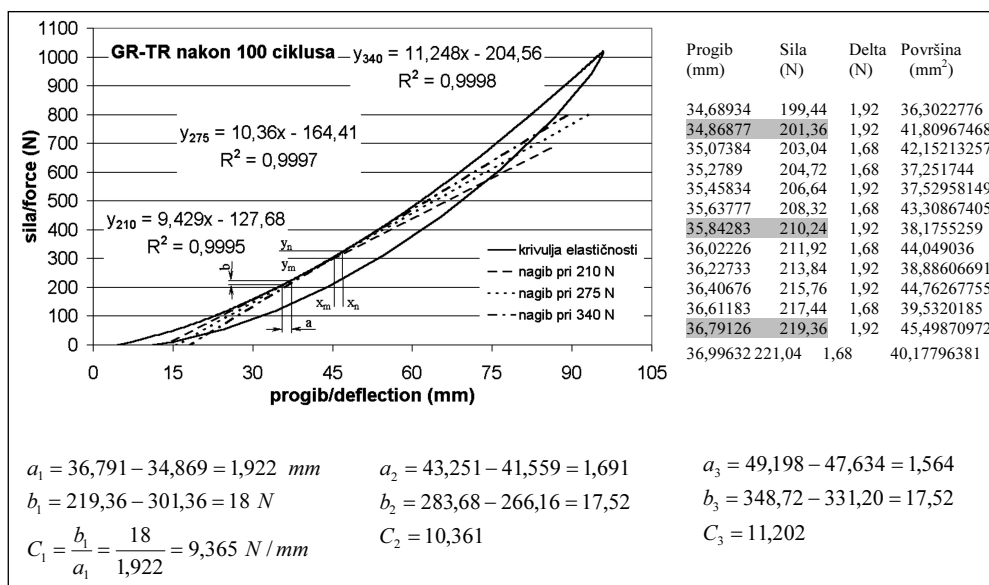
$$H = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{3} = \frac{9,429 + 10,360 + 11,248}{3} = 10,35$$

Tvrdoća ležaja nakon 100 ciklusa:

$$H_s = 10 \cdot (1 - \exp^{-(K \cdot a + b)})^2 = 10 \cdot (1 - \exp^{-0,75429})^2 = 2,8$$

$$K = \frac{A}{H} = \frac{9966,30}{10,35} = 963,33 \quad \text{mm}^2$$

U poglavlju 3.2., u rezultatima istraživanja prikazani su svi grafovi s krivuljom elastičnosti i vrijednostima C , a u tablici 4 dane su vrijednosti elastičnosti i tvrdoće svih triju modela.



Slika 2.
Grafički prikaz parametara za izračunavanje koeficijenta C i površine A
Figure 2
Graph showing parameters for calculating coefficient C and surface A

2.2.2 HRN D.E8.228: 1982. Određivanje čimbenika elastičnosti i trajnosti namještaja za ležanje - kreveta

2.2.2 HRN D.E8.228: 1982. Beds. Determination of resilience and durability

Stara hrvatska norma opisuje ispitivanje kvalitete namještaja za ležanje izrađenoga zajedno s ležajem-madracem kao sastavnim dijelom kreveta, a moguće ga je ispitivati zasebno. Kada se ispituje samo ležaj-madrac, on se postavlja na tvrdu, čvrstu i ravnu podlogu. Norma definira ispitivanje samo ležaja-madraca debljih od 70 mm. Ispitni uzorci moraju biti tehnički potpuno ispravni, bez mehaničkih ili bilo kakvih oštećenja, a ispitivanje se započinje najmanje 14 dana nakon proizvodnje. Prije ispitivanja ležaj-madrac potrebno je klimatizirati tjedan dana na temperaturi od 23±2 °C i relativnoj vlazi zraka od 50±5 %. Cijeli postupak ispitivanja provodi se u jednakim laboratorijskim uvjetima.

Ispitivanje se izvodi u dvije operacije, koje imaju propisan redoslijed i intenzitet: određivanje čimbenika elastičnosti i ispitivanje trajnosti.

Oprema kojom je provedeno ispitivanje prema zahtjevima norme sastojala se od:

- uređaja za ispitivanje trajnosti - dvaju utega, svaki mase 50 kg, kojima pneumatski cilindri u kombinaciji s elektromagnetima omogućuju naizmjenično slobodno padanje na ispitivani uzorak s frekvencijom 17 udara/min
- opreme za mjerenje elastičnosti (drveni podložak promjera 100 mm i debljine 20 mm, utezi za apliciranje sile od 0,4, 4, 20 i 25 kg, digitalni dubinomjer).

Postupak ispitivanja provodi se na sljedeći način. Nakon postavljanja uzorka u uređaj, provodi se početno ispitivanje trajnosti nakon djelovanja utega od 100 ciklusa, a nakon toga se određuju čimbenici

elastičnosti. Zatim slijedi ispitivanje utezima u trajanju od 25 000 ciklusa, nakon čega se mjere čimbenici elastičnosti. Slijedi ispitivanje trajnosti sa 35 000 ciklusa (ukupno 60 000), mirovanje od 3 sata i pregled, te određivanje čimbenika elastičnosti. Zatim se ispituje trajnost tijekom 70 000 ciklusa i 3 sata mirovanja, nakon čega se obavlja pregled i mjerenje elastičnosti nakon 130 000 ciklusa.

Nakon klimatiziranja ležaja-madraca u navedenim uvjetima mjere se čimbenici elastičnosti.

Određivanje čimbenika elastičnosti jest stavljanje u odnos sile kojom djelujemo na površinu ležaja-madraca i dubine ulegnuća koje ta sila uzrokuje. Sustav za mjerenje sastoji se od podloška kojim se pritišće ležaj-madrac i mjeraca koji mjere progib ležaja-madraca s obzirom na neku referentnu točku. Ispitivanje se provodi na pet različitih mjesta na ležaju-madracu koja su točno definirana normom.

Podložak odnosno ležaj-madrac opterećuje se u svakoj točki u 4 stupnja: sa 4, 40, 200 i 250 N. Prema normi nakon svakog stupnja opterećenja napravi se stanica od 30 sekundi, a zatim se zabilježi vrijednost progiba površine ležaja-madraca.

U ovom istraživanju stanica je iznosila 120 sekundi i praćen je progib u tom vremenu. Razlika progiba (sl. 5) pri opterećenju od 4 N i progiba pri opterećenju od 40 N naziva se **površinska elastičnost (Y)**. Razlika progiba pri opterećenju od 4 N i 200 N naziva se **dubinska elastičnost (F)**, a razlika progiba pri opterećenju od 200 i 250 N se naziva **elastičnost pri dnu (B)**.

Grafički prikaz odnosa sile i progiba se naziva **krivulja elastičnosti**. Prema čimbenicima elastičnosti F(Y)B, ležaji-madraci razvrstavaju se u tri skupine: u mekane, polumekane i tvrde, čije su vrijednosti dane u normi.

Razlika progiba u istoj točki mjerenja

između početne vrijednosti (nakon 100 ci-klusa) i nakon 25 000, 60 000 i 130 000 ci-klusa smatra se pokazateljem trajne deformacije, a iskazuje se dubinom utiskivanja podložka

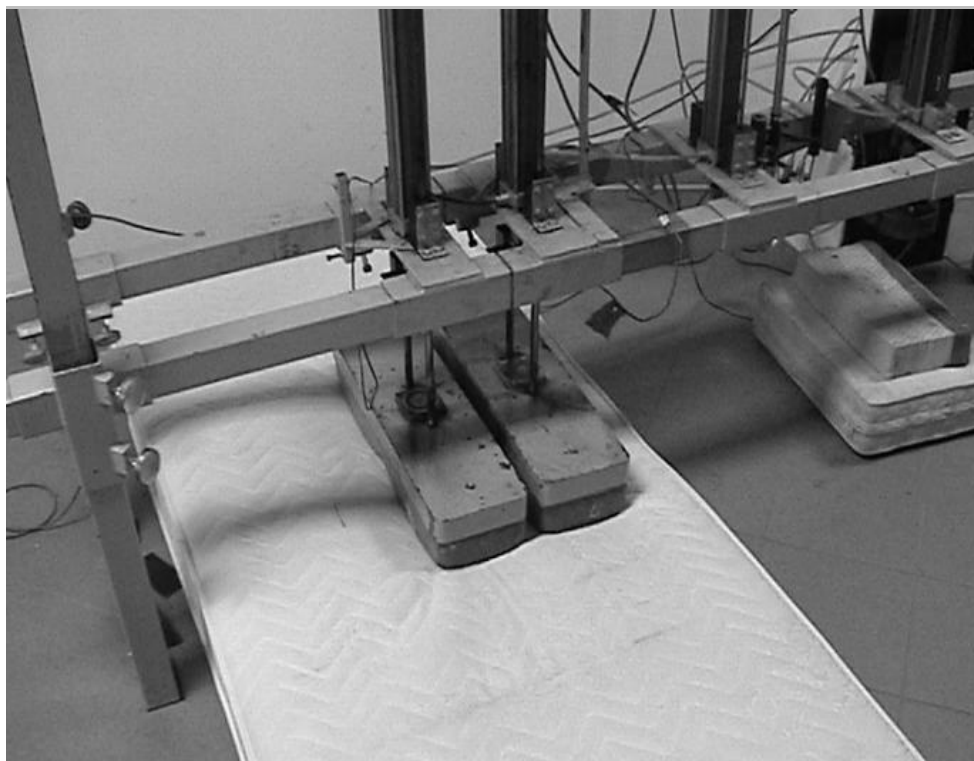
pod opterećenjem od 4, 40, 200 i 250 N. Trajna deformacija materijala iskazuje se milimetrima ili postocima u odnosu prema početnoj dubinskoj elastičnosti.

Slika 3.

Uređaj za ispitivanje trajnosti ležaja-madraca prema HRN D.E8.228: 1982

Figure 3

Equipment for testing durability of mattress in accordance with HRN D.E8.228: 1982

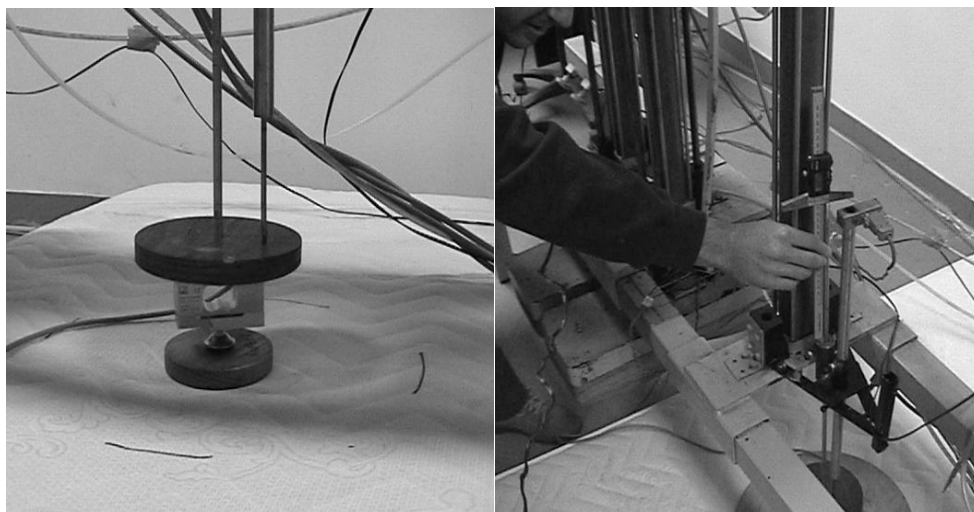


Slika 4.

Uređaj za mjerenje elastičnosti i trajne deformacije: podložak, dinamometar, nosač utega i kontrola pomoću digitalnog dubinomjera

Figure 4

Equipment for testing elasticity and height loss of mattress consisting of loading pad, weight bearer and control with digital depth measurer

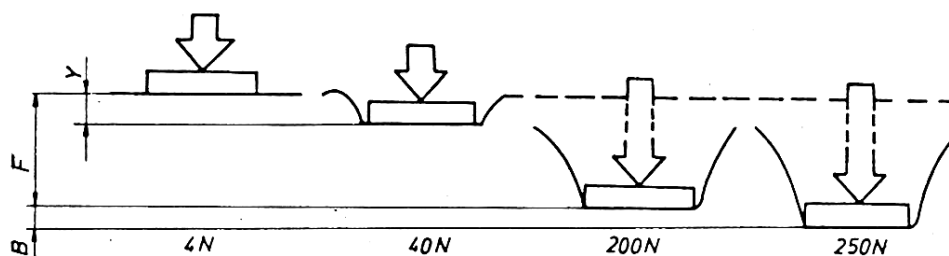


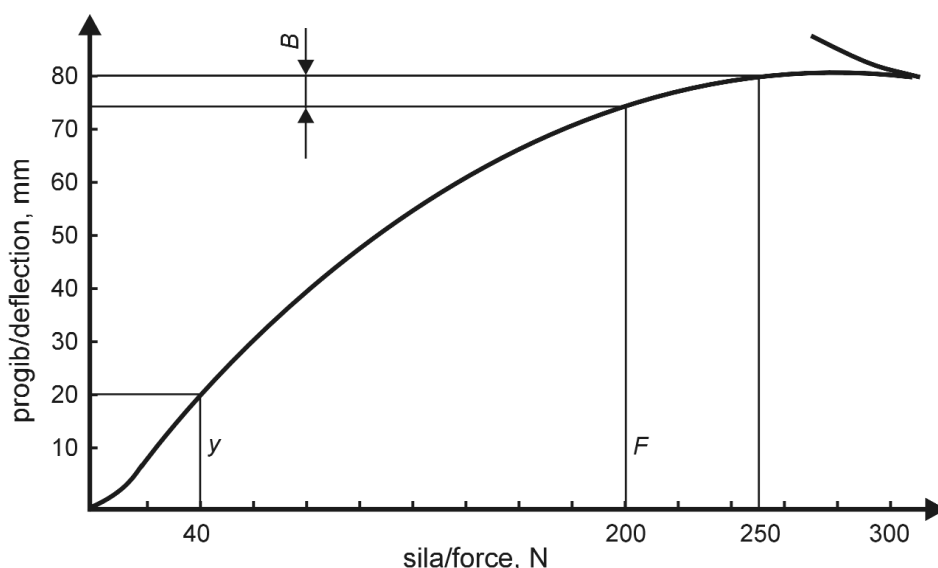
Slika 5.

Odnosi progiba (Y , F , B) pri mjerenju elastičnosti

Figure 5

Ratios of deflection (Y , F , B) in measuring elasticity





Slika 6.
Krivulja elastičnosti
Figure 6
Load/deflection curve

3 REZULTATI I DISKUSIJA 3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Trajna deformacija 3.1 Height loss

Trajna deformacija prema novoj hrvatskoj normi izračunava se iz vrijednosti visine madraca nakon 100 i 30 000 ciklusa valjanja. Rezultati istraživanja dani su u tablici 1. Prema novoj hrvatskoj normi zasebno se mjere visina i elastičnost ležaja-madraca, dok se u staroj hrvatskoj normi jednim mjerenjem dobivaju podaci potrebni za izračunavanje čimbenika elastičnosti iz kojih proizlazi i trajna deformacija.

Iz tablice 1 vidljivo je da vrijednost trajne deformacije prema novoj hrvatskoj normi za model GR-PUSPM iznosi 3,44 mm, za model GR-PESV iznosi 9,61 mm, te za model GR-TR iznosi 2,91 mm. Uzrok značajne razlike trajne deformacije u modela GR-PESV u odnosu prema drugim dvama vjerojatno je posljedica različite konstrukcije ležaja-madraca. Naime, navedeni ležaj-madrac u svojoj konstrukciji ima dva sloja poliuretanske spužve koja je sigurno pretrpjela određeni stupanj plastične deformacije. Nadalje, budući je riječ o malom broju uzoraka i nije bilo moguće ponoviti ispitivanje, uzrok navedenog rezul-

tata može biti i moguća pogreška pri mjerenju visine ležaja-madraca i dubine progiba. U staroj hrvatskoj normi trajna je deformacija označavala razliku u veličini progiba pri opterećenju od 4, 40, 200 i 250 N nakon početnih 100 ciklusa i progiba nakon 25 000, 60 000 ili 130 000 ciklusa, ovisno o tome koliko je ležaj-madrac izdržao. U obzir se uzima najveća trajna deformacija ako nije veća od 15 mm, u suprotnom se u laboratoriju Šumarskog fakulteta smatra da ležaj-madrac nije zadovoljio određeni stupanj ispitivanja.

Rezultati istraživanja elastičnosti i trajne deformacije prema staroj hrvatskoj normi dani su u tablici 2.

Kao što se vidi iz tablice 3, model GR-PESV ima velike vrijednosti trajne deformacije prema obje norme pa se može zaključiti da je taj model zaista slabije kvalitete od ostala dva. Međutim, prema novoj hrvatskoj normi, sva tri modela zadovoljavaju zahtjeve norme i imaju jednaku kvalitetu, dok je po staroj normi proizvode moguće poredati u razrede kvalitete, što je i prednost te norme jer korisniku daje bolje podatke o kvaliteti proizvoda. Iz tablice je također vidljivo da su vrijednosti trajne deformacije mnogo veće pri ispitivanjima prema staroj hrvatskoj normi.

Tablica 1.
Trajna deformacija
ležaja-madraca
ispitivanih prema
novom HRN-u
Table 1
Height loss of
mattresses testing
according to a new
Croatian standard

Broj ciklusa Number of cycles	Model ležaja-madraca / Mattress model					
	GR-PUSPM		GR-PESV		GR-TR	
	Visina Height	Promjena Change	Visina Height	Promjena Change	Visina Height	Promjena Change
	(mm)					
0	197,25	-	196,21	-	178,92	-
100	196,71	0,54	186,42	9,79	171,85	7,07
30 000	193,27	3,44	176,81	9,61	168,94	2,91

Tablica 2.

Trajna deformacija i vrijednosti elastičnih čimbenika ležaja-madraca ispitivanih prema starom HRN-u

Table 2

Height loss and values of mattress elastic characteristics tested in accordance with the old Croatian standard

SILA FORCE	BROJ CIKLUSA NUMBER OF CYCLES			Δ_1	Δ_2	Vrijednosti elastičnih čimbenika Values of elastic characteristic (mm)
	100	25 000	60 000			
	Progib Deflection (mm)			Trajna deformacija Height loss (mm)		
Model GR-TR						
10 N	0,60	10,90	26,25	10,30	25,65	
40 N	18,55	28,40	40,80	9,85	22,25	Y = 17,95
200 N	54,55	64,20	73,55	9,65	19,00	F = 53,95
250 N	62,30	71,60	81,20	9,30	18,90	B = 7,75
Model GR-PUSPM						
10 N	0,40	4,70	7,70	4,30	7,30	
40 N	22,85	26,75	30,10	3,90	7,25	Y = 22,45
200 N	65,40	69,55	73,65	4,15	8,25	F = 65,00
250 N	74,35	78,25	81,95	3,90	7,60	B = 8,95
Model GR-PESV						
10 N	0,70	13,20	0,00	12,50	0	
40 N	23,55	33,10	0,00	9,55	0	Y = 22,85
200 N	65,45	72,80	0,00	7,35	0	F = 64,75
250 N	73,85	81,30	0,00	7,45	0	B = 8,40

Tablica 3.

Trajne deformacije za novi i stari HRN

Table 3

Height loss in accordance with new and old Croatian standards

Model	HRN EN 1957: 2001			HRN D.E8.228: 1982		
	Progib Deflection (mm)	Broj ciklusa Number of cycles	Sila Force (N)	Progib Deflection (mm)	Broj ciklusa Number of cycles	Sila Force (N)
GR-TR	2,91	30 000	50	10,30	25 000	4
GR-PUSPM	3,44	30 000	50	8,25	60 000	200
GR-PESV	9,61	30 000	50	12,50	25 000	4

Tablica 4.

Tvrdoća i tvrdoća ležaja pojedinih modela prema novom HRN-u

Table 4

Hardness value and firmness rating of mattresses according to the new Croatian standard

Model	Tvrdoća Hardness value (N/mm)		Tvrdoća ležaja Firmness rating	
	100	30000	100	30000
	ciklusa/cycles		ciklusa/cycles	
GR-TR	10,35	10,70	2,8	2,6
GR-PUSPM	8,81	8,44	3,9	4,1
GR-PESV	8,61	10,76	4,1	2,7

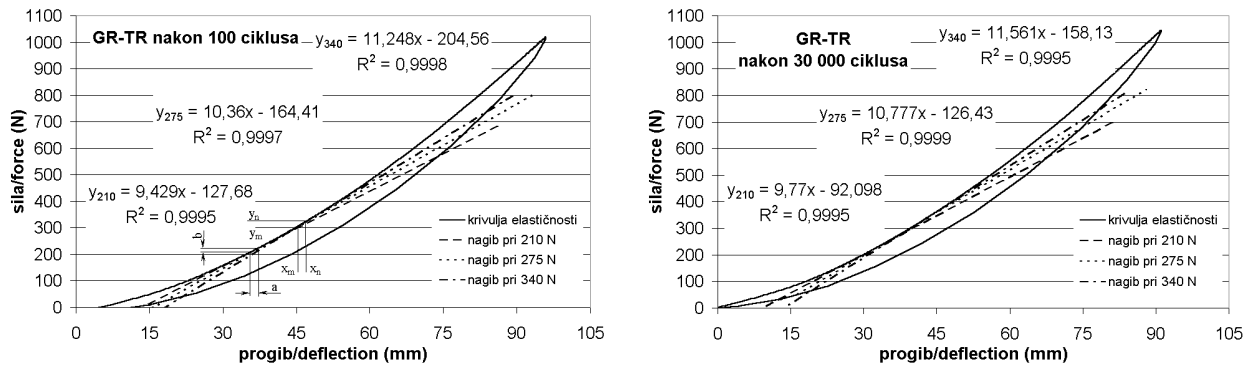
3.2 Tvrdoća i tvrdoća ležaja

3.2 Hardness value and firmness rating

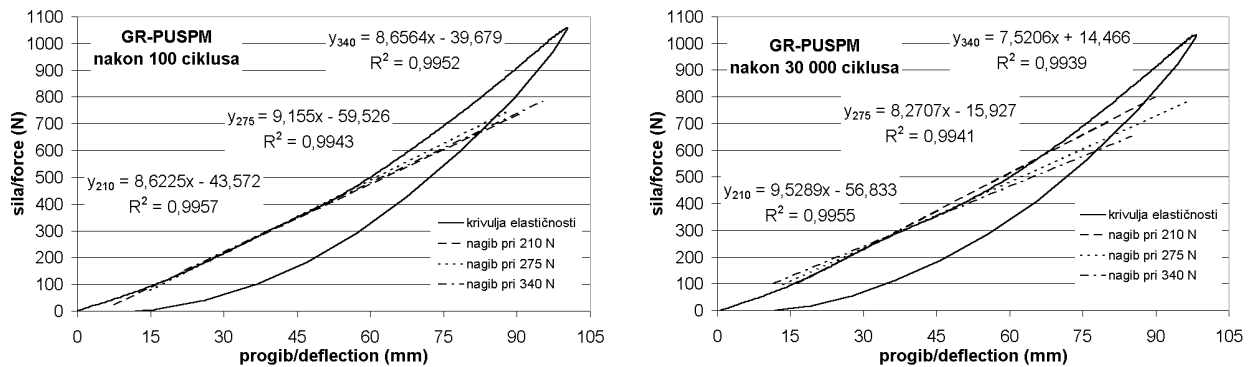
Na slikama 7, 8. i 9. prikazani su grafovi s krivuljom elastičnosti i vrijednostima nagiba pravaca pri 210, 275 i 340 N, iz kojih su izračunane vrijednosti elastičnosti i tvrdoće prema novom HRN-u i dane u tablici 4. Iz rezultata u tablici 4 vidljivo je da tvrdoća i tvrdoća ležaja pojedinog modela nisu bitno različiti ako se promatraju podaci nakon početnih 100 i završnih 30 000 ciklusa. Nešto se veća razlika pojavila u modelu GR-PESV. Osim već spomenutih razloga većih vrijednosti trajne deformacije, treba reći da je taj ležaj-madrac bio prvi po redu za ispitivanje i da je bilo tehničkih problema i zastoja na uređajima. Zbog toga su stanke od mjerenja do mjerenja bile dugačke.

Za usporedbu odnosa modela promatraju se vrijednosti nakon 100 ciklusa jer je to važan podatak koji karakterizira neki ležaj-madrac, npr. pri kupovini. Tablica 4 pokazuje da je najtvrdi model GR-TR, a najmekši GR-PESV, što je i razumljivo s obzirom na njihovu konstrukciju.

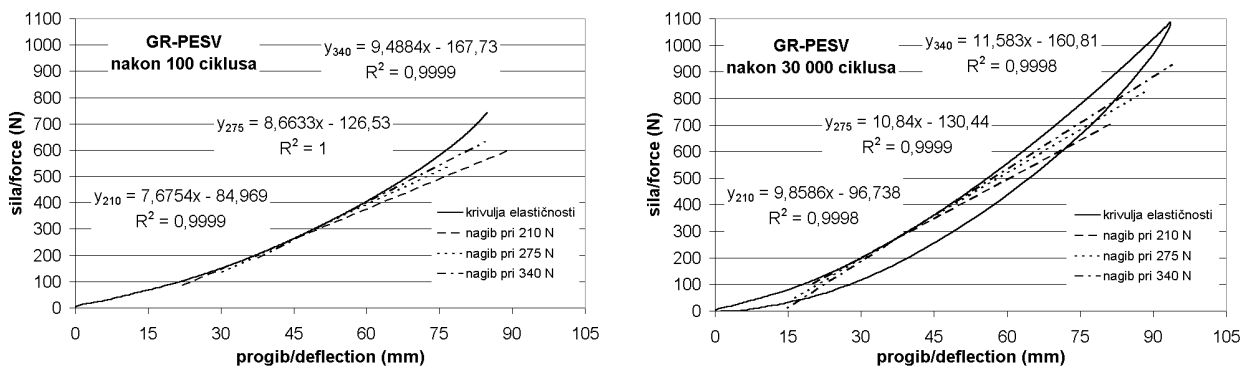
Prema vrijednostima iz tablice 2 nacrane su krivulje elastičnosti na slikama 10, 11 i 12 tako što su točke spojene polinomima drugoga stupnja. Na slikama je oznakom Δ označena trajna deformacija nastala djelovanjem utega tijekom određenog broja ciklusa.



Slika 7. Krivulje elastičnosti s vrijednostima nagiba pravca C madraca GR-TR
Figure 7 Load/deflection curve with C values of slope for mattress model GR-TR



Slika 8. Krivulje elastičnosti s vrijednostima nagiba pravca C madraca GR-PUSPM
Figure 8 Load/deflection curve with C values of slope for mattress model GR-PUSPM



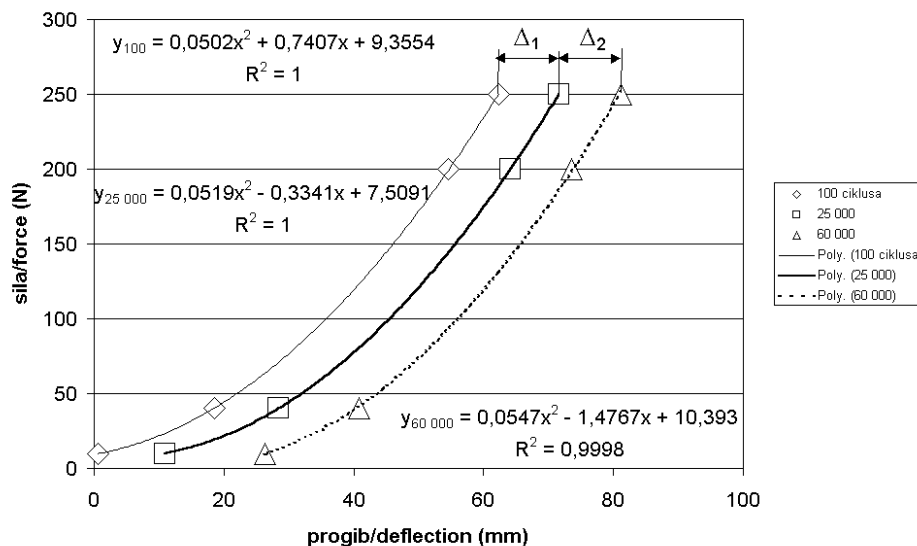
Slika 9. Krivulje elastičnosti s vrijednostima nagiba pravca C madraca GR-PESV
Figure 9 Load/deflection curve with C values of slope for mattress model GR-PESV

Kako bi se prikazalo puzanje materijala u pojedinim slojevima ležaja-madraca tijekom mjerenja čimbenika elastičnosti i trajne deformacije provedena su i mjerenja puzanja materijala tijekom 120 sekundi pod određenim opterećenjem. Na slici 13 prikazane su vrijednosti progiba pod opterećenjem od 10, 40, 200 i 250 N

tijekom 120 sekundi. Progib za vrijeme 120 sekundi pod opterećenjem od 200 N označen je sa D, a to je razlika progiba na početku opterećenja i nakon 120 sekundi. Vrijednosti progiba za vrijeme opterećenja utezima u vremenu od 120 sekundi pri mjerenju elastičnosti ležaja-madraca GR-PESV i GR-PUSPM prikazani su u tablici 5.

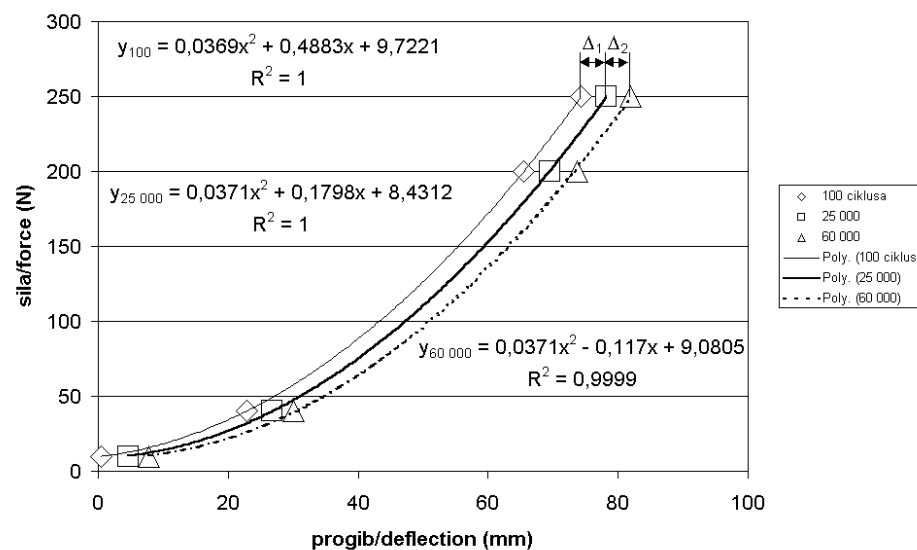
Slika 10.
Krivulja elastičnosti i trajna deformacija Δ u modela GR-TR prema starom HRN-u

Figure 10
Load/deflection curve and Δ height loss for mattress model GR-TR according to the old Croatian standard



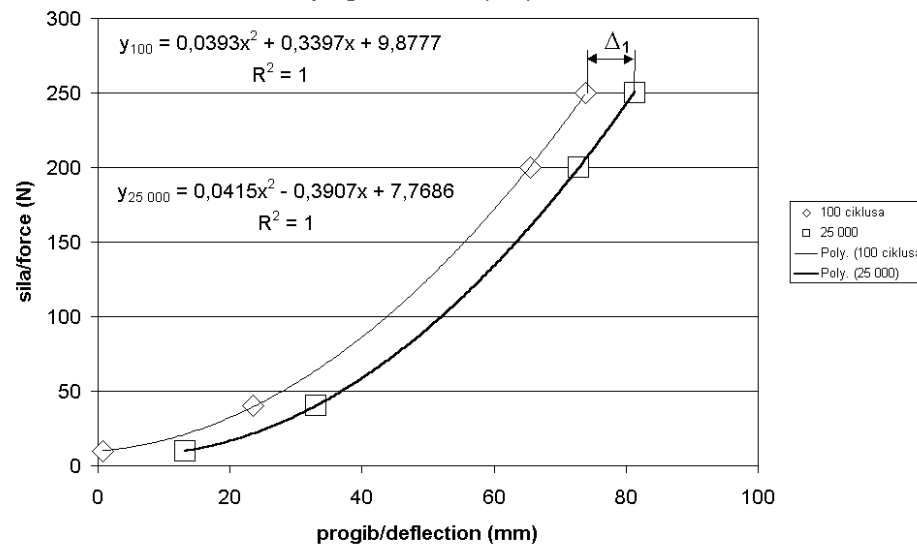
Slika 11.
Krivulja elastičnosti i trajna deformacija Δ u modela GR-PUSPM prema starom HRN-u

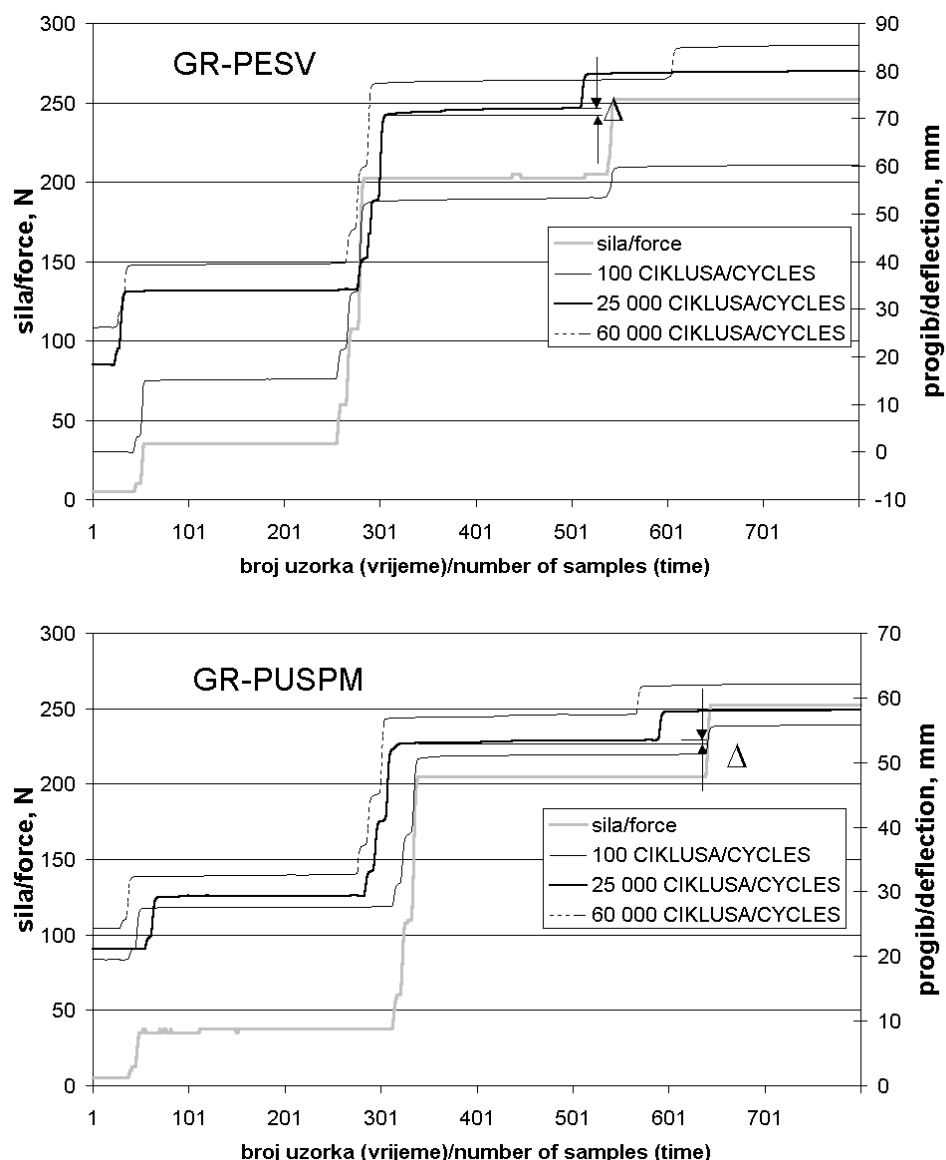
Figure 11
Load/deflection curve and Δ height loss for mattress model GR-PUSPM according to the old Croatian standard



Slika 12.
Krivulja elastičnosti i trajna deformacija Δ u modela GR-PESV prema starom HRN-u

Figure 12
Load/deflection curve and Δ height loss for mattress model GR-PESV according to the old Croatian standard





Slika 13.
 Graf sile i progiba modela GR-PESV i GR-PUSPM u realnom vremenu mjerene pomoću utega, dinamometra i induktivnog davača pomaka prema starom HRN-u
Figure 13
 Graph of force and deflection in real time for mattress model GR-PESV and GR-PUSPM by means of weights, dynamometer and inductive transducer in accordance with the old HRN

		Progib / Deflection (mm)					
Broj ciklusa Number of cycles		100		25 000		60 000	
Mjerno mjesto Measure point		M1	M3	M1	M3	M1	M3
Model GR-PESV							
Razlika za vrijeme opterećenja Difference	10 N (Δ_1)	0,08	0,03	0,03	0,16	0,16	0,05
	40 N (Δ_2)	0,83	0,83	0,74	0,47	0,62	0,69
	200 N (Δ_3)	1,72	0,82	1,87	1,44	1,90	0,77
	250 N (Δ_4)	0,89	0,38	0,77	0,28	0,63	0,42
Model GR-PUSPM							
Razlika za vrijeme opterećenja Difference	10 N (Δ_1)	1,30	0,22	0,03	0,00	0,36	0,52
	40 N (Δ_2)	2,44	2,57	1,45	1,20	3,09	1,85
	200 N (Δ_3)	0,59	3,05	2,85	1,88	1,99	2,53
	250 N (Δ_4)	1,06	1,10	1,17	0,89	0,84	1,48

Tablica 5.
 Vrijednosti progiba za vrijeme opterećenja utezima u trajanju 120 sekundi pri mjeranjima elastičnosti ležajmadraca GR-PESV i GR-PUSPM
Table 5
 Values of deflection during weight load in the duration of 120 seconds of measuring elasticity of mattress models GR -PESV and GR-PUSPM

Iz vrijednosti u tablici 5 može se vidjeti da u nekim točkama pod određenim opterećenjem puzanje materijala može dosegnuti čak i 3 mm. Iz toga se jasno može zaključiti da vrijeme nakon kojega se odčitava vrijednost progiba mora biti točno definirano i u mjerenjima ga se treba držati jer se na početku mjerenja može odčitati razlika progiba od 12,5 mm, a nakon 120 sekundi ta vrijednost može biti 15,5 mm. U prvom slučaju madrac zadovoljava uvijete kvalitete, a u drugome ne. Iako to nije prikazano u rezultatima istraživanja, iskustveno se pokazalo da odčitane vrijednosti nisu jednake tri sata nakon ispitivanja i 24 sata nakon ispitivanja. Pogotovo je to važno za novije spužve koje imaju trajno elastična svojstva, no zbog svojih se elastičnih svojstava nakon opterećenja vrlo polagano vraćaju u prvobitni položaj. Pa iako su ti materijali vrlo dobrih svojstava, ispitivanje prema staroj hrvatskoj normi može pokazati slabiju kvalitetu glede izdržljivosti za takve materijale jer je vrijeme otpuštanja nakon ispitivanja od tri sata za njih nedovoljno pa rezultat kvalitete izdržljivosti nije realan.

4 ZAKLJUČAK 4 CONCLUSION

Usporedbom metoda ispitivanja vidljivo je da postoji značajna razlika između staroga i novog sustava normi za ispitivanje kvalitete ležaja-madraca. Prema starim hrvatskim normama, na madrac se djeluje dvama utezima od 50 kg koji padaju s određene visine i opterećenje je raspoređeno na malu površinu, dok se u novim hrvatskim normama na madrac djeluje valjkom mase 140 kg, zbog čega je opterećenje raspoređeno na većoj površini. Druga osnovna razlika jest to što u novim hrvatskim normama nema više razdiobe kvalitete na više razina nego se nakon ispitivanja utvrđuje udovoljava li ležaj-madrac zahtjevima norme ili ne.

Iako postoje razlike u metodama, cilj im je isti - određivanje izdržljivosti odnosno trajnosti ležaja-madraca, pri čemu ne smiju nastati deformacije i lomovi, te određivanje i klasificiranje ležaja-madraca prema elastičnosti odnosno tvrdoći i određivanje trajne deformacije odnosno zamora materijala nakon završenog ispitivanja. Nova hrvatska norma ne propisuje najveću dopuštenu trajnu deformaciju kao stara hrvatska norma. Postoji razlika u pritisnim tijelima kojima se mjeri elastičnost. Promjer pritisnog tijela prema staroj hrvatskoj normi jest 100 mm, a prema novoj hrvatskoj normi iznosi 355 mm. Istraživanja su pokazala da su vrijednosti trajne deformacije bitno manje pri metodama novih hrvatskih norma, te da prema metodi ispitivanja izdržljivosti ispitivanje prema europskoj normi odgovara visokoj kvaliteti Q_{II} iz

starih hrvatskih normi. Vrijednosti trajne deformacije su prema obje norme najveće u modela GR-PESV.

Tvrdoća modela GR-TR i GR-PESV prema novom HRN-u manja je na početku ispitivanja, a veća na kraju zato što su ti ležaji-madraci u ojastućenju oskudijevaju obložnim materijalom, pa se nakon djelovanja valjka odnosno dugotrajne uporabe ti slojevi sabijaju i djelovanja na opružnu jezgru koje je veće, pa ona zbog toga gubi elastična svojstva. To ljudsko tijelo (spavač) osjeća kao tvrdi ležaj-madrac. U modela GR-PUSPM vjerojatno nisu promijenjena svojstva opružne jezgre, jer je taj model bogat obložnim materijalom koji u određenoj mjeri preuzima opterećenja i čuva žičanu jezgru. Iz istog razloga, a u smislu elastičnosti, najbolje rezultate pokazuje model GR-PUSPM, a lošije ostali modeli.

Rezultati istraživanja puzanja materijala upozorili su na potrebu dodatnih istraživanja kako bi se odredilo točno vrijeme nakon kojega treba odčitavati vrijednosti progiba te pokazali kako se trajna deformacija mijenja s obzirom na vrijeme od završetka ispitivanja nakon kojega će se odčitati vrijednost trajne deformacije.

Na kraju treba naglasiti da su ostala otvorena mnoga pitanja i da na ovom području treba obaviti još brojna ispitivanja. Važno je uočiti da su promjeri podložaka za tlačenje u primijenjenim normama različiti (100 i 335 mm), pa se postavlja pitanje što je bolje, koji je podložak bliži stvarnim uvjetima u uporabi. Rad (W) koji obavljaju cilindri djelujući na površine ležaja-madraca pri mjerenju elastičnosti mogu biti vrlo važni pokazatelji i uporišna točka za daljnja istraživanja njihovih međudnosa i usporedbe tih normi, a to će se pokušati dokazati nekim sljedećim radovima na tom području.

5 LITERATURA 5 REFERENCES

1. Grbac, I. 2002: Krevet i zdravlje. Udžbenik - monografija (rukopis). Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
2. Ivelić, Ž., Grbac, I. 2002: Ojastučeni namještaj. Udžbenik-monografija (rukopis). Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
3. *** HRN EN 1957: 2001 Kućni namještaj - Kreveti i madraci - Metode ispitivanja za određivanje funkcionalnih svojstava.
4. *** HRN D.E8.228: 1982. Određivanje čimbenika elastičnosti i trajnosti namještaja za ležanje - kreveta.
5. *** HRN D.E2.103: 1985. Namještaj - Namještaj za ležanje - kreveti - Tehnički uvjeti. Zagreb, DZNM.