

# Utjecaj cikličkog dvoosnog naprezanja na sile probijanja kompozita namijenjenih za autonavlake

---

Solomon, Rebeka

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:992214>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-25**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository](#)



---

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

---

TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽENJERSTVO

ZAVRŠNI RAD

Utjecaj cikličkog dvoosnog naprezanja na sile probijanja kompozita  
namijenjenih za autonavlake

Rebeka Solomun

Zagreb, rujan 2022.

---

---

# SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

## TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

---

TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽENJERSTVO  
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila

### ZAVRŠNI RAD

Utjecaj cikličkog dvoosnog naprezanja na sile probijanja kompozita  
namijenjenih za autonavlake

**Mentorica:**

Prof.dr.sc. Stana Kovačević

**Studentica:**

Rebeka Solomun,  
0117229322

Zagreb, rujan 2022.

---

---

*Opći podaci o završnom radu:*

Broj stranica: 31

Broj tablica: 13

Broj slika: 8

Broj jednađbi: 2

Broj matematičkih izraza: -

Broj literaturnih izvora: 19

Broj likovnih ostvarenja: -

*Članovi Povjerenstva:*

Izv.prof.dr.sc. Ružica Brunšek, predsjednica

Prof.dr.sc. Stana Kovačević, članica

Doc.dr.sc. Snježana Brnada, članica

Izv.prof.dr.sc. Ivana Schwarz, zamjenica

*Datum predaje rada:*

*Datum obrane rada:*

---

## SAŽETAK

*U ovom radu istraženi su tri kompozitna materijala, izrađena su tehnikom laminiranja, dva kompozita u sastavu: tkanina+poliuretanska pjena (PU) + pletivo i jedan u sastavu: umjetna koža + tkanina + netkani tekstil. Ovi materijali imaju najveću primjenu u autoindustriji i to kao autonavlake za sjedala. Na uzorcima su ispitana dvoosna ciklička naprezanja (50 i 100 tisuća ciklusa), a potom naprezanja na probijanje kao bitna mehanička svojstva kompozita, a koja određuju njihovu trajnost u primjeni. Ispitivanje je provedeno na novorazvijenom uređaju za dvoosnoispitivanje plošnih materijala i na dinamometru za ispitivanje prekidnih sila plošnih materijala s dogradnimnovorazvijenim uređajem za sferno probijanje kuglom za plošne materijale. Ispitivanje na probijanje provedeno je prije i nakon cikličkih naprezanja, te je provedene komparacije rezultata. Prema dobivenim rezultatima u ovom završnom radu može se zaključiti da su kompoziti (tkanina + PU + pletivo) pokazali veću otpornost na probijanje. Uzorak tri s umjetnom kožom na licu pokazao je najmanju otpornost na probijanje i najveće deformacije nastale cikličkim naprezanjima, njegove prednosti su u manjoj masi i debljini.*

**Ključne riječi:** *kompozitni materijali, auto navlake, dvoosno cikličko naprezanje, sferno probijanje kuglom*



---

## SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	TEORIJSKI DIO .....	2
2.1	Tekstil u automobilskoj industriji .....	2
2.2	Materijali za navlake za autosjedala .....	4
2.2.1	Tkanine .....	5
2.2.2	Pletiva .....	6
2.2.3	Netkani tekstil.....	7
2.2.4	Umjetna koža .....	8
2.2.5	Prirodna koža .....	8
2.2.6	Poliuretanska spužva .....	9
2.3	Karakteristike kompozitnih materijala.....	9
2.3.1	Mehanička svojstva kompozitnih materijala za auto navlake .....	11
3.	EKSPERIMENTALNI DIO .....	12
3.1.	Uzorci, metodika rada i uređaji za ispitivanje .....	12
3.1.1	Uzorci za ispitivanje.....	122
3.1.2.	Metodika rada.....	14
3.1.2.1.	Dvoosno cikličko naprezanje.....	14
3.1.2.2.	Probijanjekuglom.....	15
4.	REZULTATI I RASPRAVA .....	176
5.	ZAKLJUČAK .....	254
6.	LITERATURA.....	275

---

## 1. UVOD

Tekstilni plošni proizvodi kao što su tkanine, pletiva i netkani tekstil često ne zadovoljavaju po svojim svojstvima u namjeni tehničkog tekstila. Kako bi se dobio plošni proizvod koji će nadmašiti svojstva sva tri navedena tekstilna materijala dolazi se do razvoja mnogih novih materijala pod zajedničkim nazivom kompoziti, koji udovoljavaju današnje potrebe u mnogim industrijskim granama. Najčešće su to tekstilni materijali u kombinacijama s drugim materijalima u vidu naglašavanja pozitivnih strana oba dijela. U ovom završnom radu obradit će se neka mehanička svojstva tekstilnih kompozita koja predstavljaju nove materijale namijenjene za autonavlake za sjedala u prometlima. Da bi se ukomponirala tkanina, PU i pletivo ili umjetna koža, tkanina i netkani tekstil u kompozit njihovo inkomponiranje se vrši termičkim spajanjem u slojevima ili tzv. tehnologijom laminiranja. Laminirani kompoziti spadaju u 3D plošne proizvode sastavljeni od više raznorodnih materijala koji zajedno čine kompozit sa ciljanim svojstvima. U ovom radu istražiti će se dva uzorka koja spadaju u laminirane kompozite koji u sebi sadrži dvije tekstilne plošne tvorevine (tkaninu i pletivo) i PU koji se nalazi u sredini kompozita. Svojstva pojedinih komponenti prenose se na konačan kompozit koji djeluje kao jedna cjelina sa ciljanim svojstvima i ima prednost u odnosu na bilo koji jednoslojni plošni proizvod. Na kvalitetu i čvrstoću kompozita utječe svaka pojedina komponenta, osobito njena čvrstoća i debljina, te uvjeti termičkog spajanja pojedinih komponenti[1-5].

Tkanina svojom čvrstoćom, otpornošću, dugotrajnošću i zaštitom, je često glavna komponenta u kompozitu. Odlikuje se i drugim važnim svojstvima kao: lagana, podatljiva i prozirna. Sve više se koristi u tehničkom tekstilu izloženom ekstremnim uvjetima, vremenskim neprilikama i raznim mehaničkim nepovoljnim utjecajima (napreznjima, habanju i savijanju). Višesmjerna napreznja često se javljaju u primjeni tkanina, a mogu biti dugotrajna i intenzivna, kao npr. u cestogradnji, građevinarstvu, u prometlima, industriji, poljoprivredi, zaštiti i sl. Isto tako, tkanine su često izložene nižim cikličkim napreznjima kao npr. navlake za autosjedala, gdje može doći do deformacija nakon određenog vremena. Svojstva tkanina koja ovise o vlaknima, pređi i strukturi, te njihove međusobne kontrakcije, istraživana su u mnogim literaturama [6-9].

---

Kada je tkanina podvrgnuta vlačnom, cikličkom opterećenju, njezina dimenzijska i mehanička svojstva pokazuju promjene te dolazi do zamora materijala. Zamor materijala trebao bi dati odgovore na vrlo važna pitanja poput očekivanog broja ciklusa koji materijal može izdržati, a da se njegova mehanička zadrže unutar preporučenih granica za primjenu. Najčešće su to niža opterećenja koja se javljaju u dva ili više smjerova. Tkanine koje su izložene tim opterećenjima doživljavaju promjene svojstava, posebice mehaničkih[10]:

- a) Unutarnji čimbenik koji se odnosi na strukturu i materijal koji obuhvaća vlakna, pređu, gustoću tkanine, masu i vez.
- b) Vanjski čimbenik koji ovisi o uvjetima ispitivanja, kao vremenu trajanja ciklusa, veličina naprezanja i broj ciklusa.

## **2. TEORIJSKI DIO**

### **2.1 Tekstil u automobilskoj industriji**

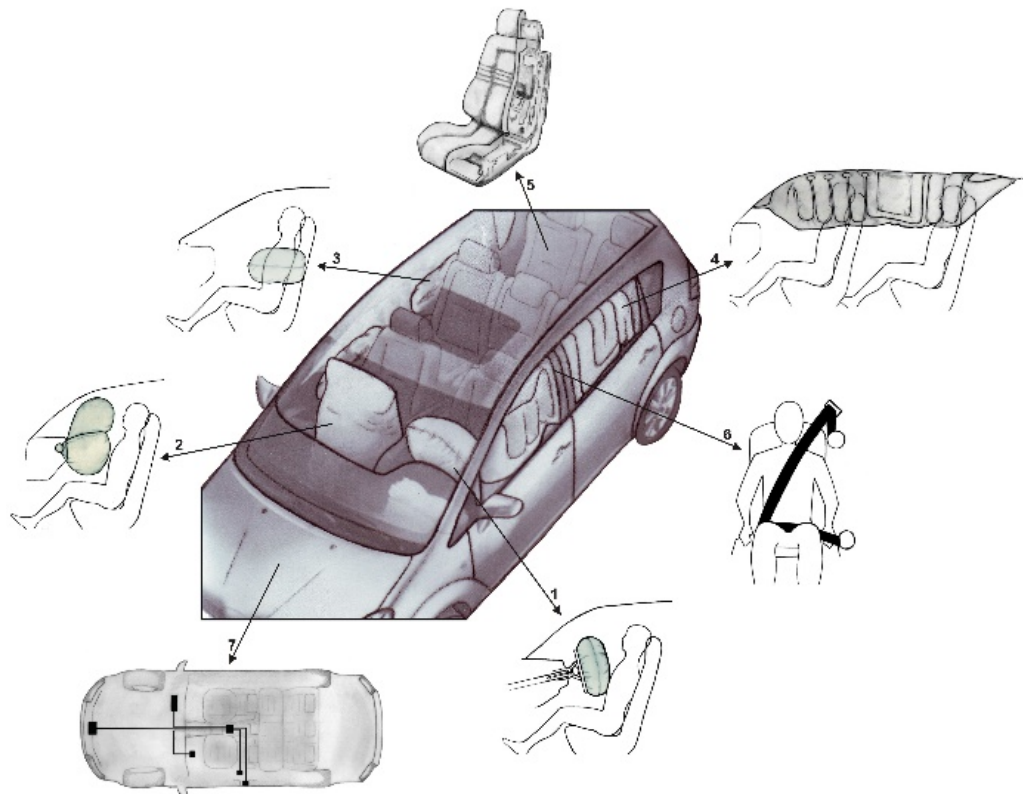
Neizostavan dio naše današnjice u vidu mobilnosti i praktičnosti jest automobil. Kroz povijest razvitak prijevoznih sredstava značajno je napredovao u odnosu na sadašnjost. Povijest razvoja automobila, u najširem smislu, počinje s prvim nastojanjem ljudi da načine prijevozno sredstvo koje će se samo pokretati, bez uporabe ljudske ili životinjske snage. U užem smislu, povijest automobila započinje konstrukcijom prvih motora s unutarnjim izgaranjem, koji su preteča današnjih modernih automobilskih motora. Francuz Nicolas JosephCugnot 1769. godine je konstruirao prvi automobil na parni pogon. Parni stroj bio je smješten ispred prednjeg kotača, s pomoću kojega se upravljalo automobilom. Taj je parni automobil mogao povući 5 t tereta, a razvijao je brzinu od 5 km/h, ali se morao zaustaviti svakih 12 do 15 min., kako bi postigao potreban tlak pare. William MurdochDuncan izgradio je prvi



---

automobil na parni pogon u Engleskoj. Imao je tri kotača i jednocilindarski parni motor. U SAD-u je prvi parni automobil konstruirao O. Evans 1807. god.[11].

Prve naznake korištenja tekstilija u automobilskoj industriji očituje se kroz kožne imitacije ili prave kože, kao i tkanine grubljih vlakana životinjskog i biljnog porijekla. Njihova uporaba bila je u obliku mekih jastuka za sjedenje, a potom tkanine za tapeciranje cjelokupnog sjedala za vozače. Tekstilni materijali danas čine neizostavan dio pri izradi automobila, što zbog dizajna, udobnosti, sigurnosti putnika, praktičnosti, smanjenju troškova uz povećanje efikasnosti i brojnih drugih razloga. Kako su tekstilna vlakna lakša, a u pravilu veće čvrstoće od ostalih materijala, njihovim korištenjem znatno pojeftinjuju proizvodnju, osobito primjenom kompozita. Njihova primjena je u interijeru prometala, kao navlake za sjedala, zračne jastuke, sigurnosni pojasevi, u kompozitima koji čine stjenke automobilima, u gumama, kao filtri itd. Prikaz položaja zračnih jastuka u osobnom automobilu, navlaka za autosjedala, te položaj senzora prikazani su na slici 1[3].



**SI. 1** Prikaz pojedinih tekstilnih materijala u automobilu; 1 – vozačev zračni jastuk, 2 – suvozačev zračni jastuk, 3 – bočni zračni jastuk, 4 – zračne zavjese, 5 – navlake za sjedala, 6 – sigurnosni pojasevi, 7 – senzor za zračni jastuk

---

## 2.2 Materijali za navlake za autosjedala

Sjedala u prometlima trebaju omogućiti putniku optimalan položaj tijela, te osigurati udobno sjedenje. Razlog neudobnom sjedenju je dugotrajan i neergonomski položaj tijela. Definiranje optimalnih položaja i opterećenja doprinosi smanjenju potrebne energije i olakšava cirkulacijske funkcije, što je osobito bitno za vozača prometala. Unutarnji interijer prometala treba oblikovati tako da bude udoban, optimalan, i siguran u vrijeme vožnje. Dimenzije sjedala i cijeli unutarnji interijer koji ga okružuje, poželjno je uskladiti s antropometrijskim veličinama svakog putnika. Materijali koji se koriste u prometlima za uređenje unutarnjeg interijera i za sigurnost putnika su izrađeni iz različitih materijala i različitom tehnologijom izrade. Ovi materijali spadaju u tehnički tekstil i zauzimaju oko 15% od ukupno proizvedenog tehničkog tekstila, a oko 4% od sveukupnog proizvedenog tekstila u svijetu[12, 13].

Oblik sjedala u automobilima je sve složeniji i prilagođava se sve savršenijem ergonomskom obliku. Odabir materijala, preciznost krojenja i kvalitetno spajanje krojnih dijelova šivanjem ima za cilj da automobilske navlake traju barem do prosječnog vijeka trajanja prometala. Ne samo da izdrži vijek trajanja prometala već i da izgubi što manje na početnim svojstvima kao: udobnosti, dimenzijskoj stabilnosti, otpornost boje na svjetlost, habanje i da održi stabilnost šava. Zbog visokih zahtjeva koji se postavljaju na materijale za automobilske navlake za sjedala koriste se višeslojni materijali iz različitih materijala s različitim tehnologijama izrade i svaki pridonosi udovoljavanju zahtjeva. Jedan od izuzetno važnih svojstava automobilskih navlaka je spojiti kvalitetno krojne dijelove navlake koji su često iz različitih materijala, različite debljine i tvrdoće probadanja. Prilagođavanjem automobilske navlake sve složenijem ergonomskom obliku sjedala zahtijeva sve veći broj i složenost krojnih dijelova, a time i sve veći udio šavova i sve zahtjevnije šivanje. U prosjeku po jednoj navlaci ima 15 krojnih dijelova s ukupno 25 m šava, dok je po jednom automobilu u prosjeku ukupno 120 krojnih dijelova s ukupnom duljinom šava u prosjeku 175 m. Time je kvaliteta šava sve važnija u izradi automobilskih navlaka. Nije moguće predvidjeti u skoroj budućnosti da će se nekim drugim načinom moći spojiti krojni dijelovi navlake osim šivanjem i to zbog različitih komponenata u kompozitnom materijalu, različitih materijala koji se moraju

---

međusobno spojiti i različitih debljina. Pojavom novih materijala za optimiranje kvalitete šava na automobilskim navlakama potrebno je kontinuirano istraživanje.

### 2.2.1 Tkanine

Danas je nezamisliv ljudski život bez tkanine. Tkanina je sa svim svojim pozitivnim svojstvima i ugodnošću koju pruža čovjeku vjerni pratilac od samog rođenja do smrti. Osim toga u svakodnevnom životu susrećemo se s različitim vrstama tkanina u različitim namjenama pa imaju vrlo različita svojstva koja su ciljano nametnuta kod njihovog projektiranja.

Tkanine koje se koriste u prometlima mogu se podijeliti na:

- tkanine za tapeciranje sjedala i oblaganje unutarnjeg interijera u prometlima i
- tkanine u funkciji sigurnosti putnika dijele se na:
  - o tkanine za zračne jastuke i
  - o tkanine za sigurnosne pojaseve.

Iako ove tkanine spadaju u istu skupinu, tj. tehničke tkanine za prometala razlikuju se po svojstvima i postupku izrade. Međutim, tkanine za istu namjenu, npr. Za navlake u automobilima zbog strogih zahtjeva, gotovo su istih ili vrlo sličnih svojstava. Ove tkanine najčešće su sintetičkog porijekla (poliesterska, poliamidna i polipropilenska vlakna) sa posebnim zahtjevima i svojstvima [14-16]. Važna svojstva su: visoka čvrstoća, elastičnost, stabilnost, negorivost, otpornost na habanje, poroznost, udobnost i estetski izgled, postojanost obojenja, udovoljavanje ekološkim zahtjevima, itd. Osim toga, neka potrebna svojstva dobivaju se naknadnim obradama tkanina kao što je učvršćenje tkanine u slojevima s drugim plošnim tvorevinama ili presvlačenjem tankog sloja sintetičkog porijekla na poleđinu tkanine, što ovisi o namijeni. Za zračne jastuke bitna je nepropusnost zraka, odnosno plina pri aktiviranju u prometnoj nesreći. Za automobilska navlake bitna su druga svojstva kao dugotrajnost, udobnost, otornost na habanje, elastičnost, prozračnost i dr.

Tapeciranje sjedala i unutarnjeg dijela prometala tkanine su većinom vanjski djelovi interijera. Ove tkanine spadaju u skupinu tehničkih tkanina s izuzetno visokom

---

čvrstoćom, elastičnošću, poroznošću, otpornošću na: habanje, gorenje, sunčevu svjetlost i druga svojstva koja su potrebna za ovu vrstu tkanina. Najčešće se koriste u kompozitima s poliuretanskom spužvom i pletivom na poleđini. Tako podstavljena tkanina daje udobnost i mekoću pri dodiru s tijelom, lakše se oblikuje u ergonomski oblik sjedala i ostalog interijera. Pletivo ima zadatak da osigura bolje prijanjanje spužve uz tkaninu, zaštićuje je od oštećenja te daje bolju stabilnost ali i elastičnost takve tkanine.

- Tkanina za tapeciranje sjedala u prometlima je nezamjenjiv proizvod što znači da potrebna svojstva nije moguće postići drugim proizvodima. Najveći udio tkanina u prometlima je upravo za tapeciranje sjedala i to oko 85% od svih ostalih. Udio tkanina u prometlima za sigurnost putnika je oko 11% za zračne jastuke i oko 4% za sigurnosne pojaseve [14, 15].
- Tkanine za tapeciranje unutarnjeg interijera prometala su najčešće sintetičkog porijekla zbog svojih dobrih svojstava poput čvrstoće, otpornosti na habanje stabilnosti, lakog održavanja itd. prirodna vlakna ponovo dolaze u uporabu, ali još uvijek u osjetno manjem udjelu [15].

### **2.2.2 Pletiva**

Prednost pletiva nije u čvrstoći već u elastičnosti i mekoći, pa je udobnije od tkanine, međutim zbog izrazito manje otpornosti na habanje i manje prekidne sile njezina trajnost u odnosu na tkaninu, sjaj i prirodnu kožu je znatno manja. Za automobilske navlake pletivo se češće koristi kao treći sloj kompozita i to na poleđini gdje zaštićuje poliuretansku spužvu i daje potrebnu elatičnost, čvrstoću i mekoću kompozita. U novije vrijeme pletivo se koristi u dijelu navlake koji je u dodiru glave putnika i to dvodimenzionalno šupljikavo osnovino pletivo. U tom slučaju nije potrebno podstavljati druge materijale jer ovaj oblik pletiva ima izrazitu mekoću, prozračnost i debljinu tako da daje poseban ugođaj pri dodiru glave. S obzirom da nema dovoljnu čvrstoću i stabilnost našiva se samo u dijelu glave gdje naprezanja nisu izražajna [14, 15].

---

### 2.2.3 Netkani tekstil

Netkani tekstil spada u tehničke tekstilije i ima treće mjesto u proizvodnji tekstilnih plošnih proizvoda i to iza tkanina i pletiva. Zbog svojih specifičnih svojstava - velike prekidne sile, a istodobno i velika istezna svojstva, velikim rasponima u debljini, masi, voluminoznosti, elastičnosti, krutosti itd. – ima najveći udio od tekstilnih plošnih proizvoda u automobilskoj industriji.

U mnogim primjenama nezamjenjiv je proizvod kao u cestogradnji, automobilskoj i avio-industriji. S obzirom da je netkani tekstil većinom izrađen iz sintetskih vlakana s relativno kratkom i jeftinom izradom ima prednost u odnosu na tkanine i pletiva. Na ovom tekstilnom plošnom proizvodu lako je moguće dobiti ciljana svojstva što predstavlja jedan od bitnih parametara kod opredjeljivanja za taj proizvod. Prema dosadašnjim praćenjima proizvodnje netkanog tekstila vidljiv je njegov kontinuirani porast i sve šira primjena [14-16].

Posebno mjesto netkanog tekstila je u automobilskoj industriji kao nezamjenjiv tekstilni plošni proizvod prije svega kao zvučna i vibracijska izolacija. Često se koriste bikomponentna vlakna koja imaju različita termička svojstva, pa dizanjem temperature jedno vlakno je termički nestabilno i učvršćuje se na mjestima dodira s termički stabilnim komponentama.

Netkani tekstil koristi se i kao poledina temeljnih navlaka. Ovaj netkani tekstil ima masu oko  $150 \text{ g/m}^2$ , debljine oko 9 mm, prekidne sile većinom nije moguće izmjeriti radi visokih isteznih svojstava. Sila na probijanje je od 20 N do 50 N i prekidne istezljivosti oko 20 mm. Netkani tekstil koji se koristi u automobilskoj industriji je u većini slučajeva sintetskog porijekla, pa visoke zahtjeve koja se postavljaju kao otpornost na gorenje može se vrlo lako postići odabiranjem vlakana i naknadnim obradama u procesu izrade. Jedan od problema je spajanje netkanog tekstila šivanjem s drugim materijalom. Stoga se koristi netkani tekstil s optimalnom gustoćom vlakana, kompaktnošću ali i mekoćom. Danas se koristi netkani tekstil za ovu namjenu sa sljedećim karakteristikama: masa im je oko  $150 \text{ g/m}^2$ , debljina oko 9 mm, prekidne sile su relativno velike za netkani tekstil ali ih većinom nije moguće izmjeriti zbog visokih isteznih svojstava. Sila na probijanje je od 20 N do 50 N i prekidnog istezanja oko 20 mm[17].

---

#### **2.2.4 Umjetna koža**

Umjetna koža ima izrazito visoku otpornost na habanje, ali se osjeća određena neudobnost (hladnoća), osobito pri duljem sjedanju. Isto tako većinom ima relativno malu elastičnost i istezljivost, ali razvojem proizvodnje umjetne kože njezina svojstva se sve više mogu približiti uporabnim zahtjevima. Skaj se često koristi u kombinaciji s drugim plošnim proizvodima i nezamjenjiv je proizvod u održavanju stabilnosti bočnih dijelova sjedala. Zbog relativno visoke cijene automobilska industrija se češće odlučuje na veći udio u automobilskoj navlaci tkanine, pletiva i netkanog tekstila. No, postoje veliki proizvođači automobila koji svoj renome na tržištu drže ne samo kvalitetom automobila već i kvalitetom unutarnjeg interijera gdje su automobilske navlake za sjedala od velike važnosti. Takvi proizvođači automobila ne štede na interijeru i koriste većinom skupe materijale za automobilske navlake jer žele ponuditi osim bespriješkornog automobila, sigurnost, udobnosti i vizualno poseban unutarnji interijer od umjetne kože koja se može danas proizvesti sa ciljanim svojstvima i po želji kupca[14,16].

#### **2.2.5 Prirodna koža**

Predstavlja jedan od najskupljih materijala za tapeciranje sjedala u automobilima. Kože koje se najčešće koriste u tapeciranju namještaja i sjedala u različitim putničkim vozilima su: goveđa, teleća, konjska, svinjska, kozja i ovčja i to zbog svoje visoke čvrstoće, elastičnosti i otpornosti na habanje. Prema načinu štavljenja gotove kože se dijele na biljne ili vegetabilne, kromne, aluminijske, masne i mješovite. Za prerađivača gotovih koža najvažnija je podjela koža prema njihovoj namjeni. Otporne su na habanje, mekane su i glatke te imaju dobru propusnost zraka. Prirodna koža se smatra se da je najudobnija i najzdravija u dodiru s ljudskim tijelom, osobito ako je štavljena biljnim tvarima i u prirodnoj boji. Vachette koža može biti biljno ili kromno uštavljena goveđa koža koja se koristi za automobilske navlake i ubraja se u tanje kože velike površine. Odlikuju se mekoćom i blagim opipom. Velike prekidne sile, istezljivost, otpornost na habanje i stabilnost daje garanciju da je koža vrlo trajan i otporan

---

produkt. Zbog relativno visoke cijene i dobrih svojstava prava koža se ugrađuje uglavnom u skuplja vozila renomiranih proizvođača i još uvijek je san mnogih vozača. Odabirom smjera kože, duljine uboda i vrste konca kod krojenja i šivanja može se postići da i šivano mjesto ima dobra svojstva [18].

### **2.2.6 Poliuretanska spužva**

Poliuretanska spužva kao unutarnja komponenta u automobilskim navlakama daje mekoću i udobnost pri sjedenju, ali ne za duže vrijeme zbog relativno velike nepropusnosti vode i zraka. Stoga će se morati ubuduće koristiti zamjenski materijali ili poliuretanska spužva sa većom hidrofiličnošću, a da joj se ne naruši mekoća, trajnost ili cijena. U automobilskim navlakama za sjedala poliuretanska spužva se postavlja kao unutarnji sloj gdje je na gornjoj površini materijal koji čini lice navlake, a na poleđini je materijal koji čini naličje navlake. Poliuretanska spužva ima malu čvrstoću, slab otpor na habanje ali daje navlaci mekoću pri sjedenju. Jedna od bitnih svojstava poliuretanske spužve je krutost navlake koja onemogućuje savijanje, nabiranje, gužvanje i rastezanje na mjestu sjedenja i naslanjanja tijela nakon duže uporabe. Na automobilskoj navlaci koriste se materijali s različitim debljinama poliuretanske spužve i to od 2 mm do 8 mm. Na dijelovima navlake koja su izložena većem pritisku ušiva se materijal s debljom poliuretanskom spužvom. Dio navlake za sjedanjei naslanjanje imaju deblju spužvu, dok bočni i stražnji dijelovi navlake su od materijala s tanjom spužvom. Time se dobiva veća stabilnost navlake a udobnost se ne smanjuje[5].

### **2.3 Karakteristike kompozitnih materijala**

Kompozitni materijali mogu se podijeliti u više skupina, no dijele se u tri temeljne skupine:

1. Kompozitni materijali dobiveni kombiniranjem vlakana u vidu ojačanja(sl. 2).
2. Kompoziti dobiveni laminiranjem (termičko spajanje slojeva pritiskom valjaka)
3. Hibridne strukture

Ojačanje se postiže dodatkom specifičnih vlakana različitih vrsta bilo filamentnih, čestica vlakana ili vlasastih rezultira povećanjem volumena i samim time čvrstoće

---

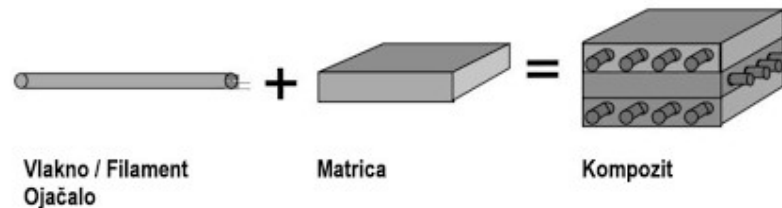
kompozita. Glavni čimbenici koji pokreću upotrebu kompozita su smanjenje težine, otpornost na koroziju i smanjenje broja dijelova. Druge prednosti koje motiviraju neke primjene uključuju elektromagnetsku transparentnost, otpornost na habanje, povećani vijek trajanja, toplinsku/akustičku izolaciju, nisko toplinsko širenje, nisku ili visoku toplinsku vodljivost.

Prema vrsti materijala matrice mogu biti:

- Metalne
- Keramičke
- Polimerne

Kompoziti se mogu podijeliti prema načinu izrade na:

- ❖ Česticama ojačane kompozite (velike čestice, ojačani disperzijom)
- ❖ Vlaknima ojačani kompoziti (viskeri, vlakna, žice)
- ❖ Strukturni kompoziti (laminati, sendvič konstrukcije)
- ❖ Biokompoziti
- ❖ Nanokompoziti



SI. 2 Shematski prikaz kompozita

Smanjenje mase kao nusproizvod i cilj tokom stvaranja kompozita rezultira manjim troškovima te znatno širom primjenom u industriji. Kombinacijom male gustoće vlakana i polimernih molekula kao srednjeg kalupa u kompozitu postiže se smanjenje mase. Također, vlakna imaju veću izdržljivost i omjer čvrstoće te mase nego većina materijala. No, vlakna se bez obzira na veliku čvrstoću ne mogu koristiti samostalno već je potreban srednji materijal koji povezuje vlakna te ih štiti od okoline. Razne arhitekture vlakana mogu se dobiti korištenjem dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih tehnika proizvodnje tkanina kao što je tkanje, pletenje, šivanje te metode netkanih tekstilija[19].

Dvije osnovne komponente kompozitnih materijala su dakle matrica i ojačala. Ojačalo kao što sam naziv riječi kaže služi kao izvor čvrstoće kompozita, visokog modula elastičnosti te krutosti i otpornosti na trošenje. Zadaća matrice jest da drži ojačala zajedno povezanim u jednu cjelinu te diktira njegovo ponašanje.



---

### 2.3.1 Mehanička svojstva kompozitnih materijala za auto navlake

Automobilske navlake na sjedalima moraju imati određen minimalan stupanj izdržljivosti odnosno otpornosti na habanje. Habanje nastaje kao nusproizvod sile koja utječe na materijal te se on postepeno deformira. Najvažnija svojstva uz izdržljivost su dovoljna elastičnost, odlična čvrstoća, nezapaljivost, otpornost na UV zračenje, temperaturu, vlagu i mikroorganizme postižu se primjenom odgovarajućih materijala uz proces dorade. Razvitkom složenijih kompozitnih materijala uz funkcionalnu svrhu, danas jedan od također važnih elemenata postaje estetska uloga. Zahvaljujući tome odabir kompozita otvara brojna nova polja jer je lako obradiv, jeftiniji i uz sve to efikasan. Ubodne točke odnosno mjesta šavova su najviše osjetljiva mjesta na tekstilnim navlakama za automobile.

Pretežito se izrađuju od poliuretanske pjene kao matrice laminatnog kompozitnog materijala, gdje se na licu materijala najčešće nalazi brušena prirodna ili umjetna koža, a na naličju u pravilu pletivo. Sirovinski sastav pretežito naginje sintetskim izvorima poput viskoze, poliamida te poliestera, a u rjeđim instancama koriste se prirodna vlakna bilo da se radi o vuni, pamuku, lanu ili svili.

Kompozitni laminati proizvedeni za auto navlake moraju ispuniti određene zahtjeve. Očekuje se visoka elastičnost i mekoća uz otpornost na habanje te što dugotrajniji životni vijek krajnjeg proizvoda što je poprilično teško postići zbog kontradiktornosti svojstava.

Također mjesto sjedenja mora zadovoljavati određene konstrukcijske forme poput ergonomskog oblikovanja, lakoj prilagodljivosti putniku u vidu osiguranja sigurnosti te udobnosti, pravilno oblikovanje te dimenzijska stabilnost.

Prilikom izrade važno je uračunati skupljanje niti na mjestima uboda te čvrstoću sveukupnog materijala pri završetku proizvodnje. Logično je zaključiti da što je veća masa potrošača to je veće opterećenje prvo na šavovima pa na ostatku materijala. Shodno navedenom prije početka šivanja važno je ispitati otpornost na habanje te svojstvo probijanja materijala namijenjenih za auto navlake.

Kod procesa krojenja dijelova za auto navlake neophodno je pratiti smjer osnove i potke te smjer nizova i redova u pletivima tako da se oba kraja spajaju i tamo gdje god je to moguće da imaju isti smjer. U protivnome dolazi do različitog pomicanja slojeva materijala kod šivanja, a i samim time i loš izgled šava.

---

Razvitkom tehnologije danas se svakako smanjilo opterećenje kompozita te stupanj deformacije, no i dalje su definitivno najviše osjetljiva mjesta upravo šavovi. Shodno navedenomu važno je paziti na vrstu igle, šivaćeg uboda i oblik igle korištene za šivanje više dijelova tekstilne auto navlake.

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

Eksperimentalni dio rada sadrži ispitivanja na stroju za habanje kojim se ispituje dvoosno cikličko naprezanje tri prethodno navedena uzorka u dva različita ciklusa. Nakon navedenog ispitivanja uzorci se podvrgavaju ispitivanju probijanja kuglom. Zatim se uspoređuju podaci dobiveni prije probijanja te nakon probijanja kuglom. Uz dvije navedene temeljne vježbe odrađena su i ispitivanja osnovnih konstrukcijskih parametara tkanina poput gustoće, površinske mase, debljine te utvrđivanje veza i finoće potke odnosno osnove. U sljedećim dijelovima rada detaljnije će se opisati navedene radnje, navesti dobiveni rezultati u usporedbi sa očekivanim odnosno realnim podacima.

Uzorci tkanina ispitivani su u smjeru osnove i u smjeru potke, prije i nakon cikličkog opterećenja. Ispitana su i vlačna svojstva tkanina koja su prethodno bila podvrgnuta dvoosnom cikličkom opterećenju na novorazvijenom uređaju na slici 3. Uređaj je patentiran, broj patenta: HR P20150735 A2. Broj ciklusa naprezanja su 50 000 te 100 000 ciklusa s frekvencijom 80 ciklusa / min.

#### **3.1. Uzorci, metodika rada i uređaji za ispitivanje**

##### **3.1.1 Uzorci za ispitivanje**

Tkanina kao čvrsta tekstilna tvorevina u pravilu se koristi kao jedan od nosećih slojeva u laminiranim kompozitnim materijalima. Poliuretanska pjena daje mekoću kompozita a time i dugotrajnu udobnost pri sjedenju. Nedostatak je poteškoće pri šivanju kod probijanja igle kroz materijal i zbog težeg oblikovanja autonavlake na pregibnim mjestima. Što je PU pjena deblja poteškoće su veće ali mekoća i udobnost pri sjedenju su veće. Poliuretanska pjena se na tkaninu te pletivo spajaju se najčešće termički, gdje

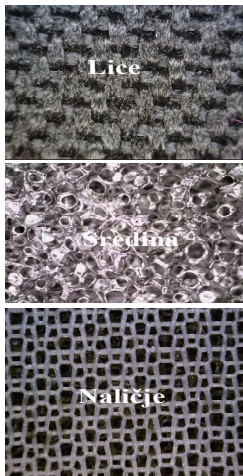
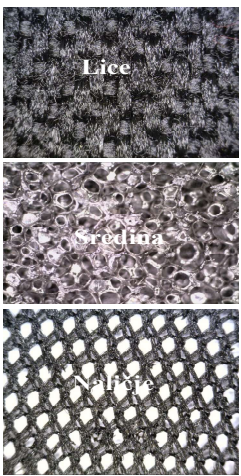

---

je važna brzina lijepljena navedenih komponenti. Što je manja brzina lijepljenja to je veća količina istog te taljenog poliuretana gdje dolazi do oštećenja materijala, i obrnuto. Pletivo je svakako najdeformabilniji dio kompozita jer ima najmanju čvrstoću odnosno najveću rastezljivost što je loše za otpornost na habanje kompozita, no s druge strane prijeko potrebno za postizanje rastezljivosti te prilagodljivosti materijala za njegovu funkcionalnost[5].

Ispitivanje je provedena na tri kompozita različitih struktura i tehnologija izrade (tab.1).Prvi ispitivani kompozitni materijal sastoji se od tkanine (100% poliesterskog multifilamenta), poliuretanske bijele spužvice te pletiva (100% poliesterski multifilament).

Drugi kompozitni materijal sastoji se od istih komponenata (tkanina, PU i pletivo) kao i kod prvog uzorka, razlika je u debljini PU pjene i u strukturi tkanine i pletiva.

Treći kompozitni materijal sastoji se od poliuretanskog nanosa koji čini umjetnu kožu na licu, tkanine u sredini i netkanog tekstila na naličju. Ovaj uzorak je spada u novije kompozite koji se nude za autonavlake. Ima najmanju debljinu i masu, što olakšava proces dorade i šivanja u odnosu na druga dva uzorka.

Prikaz pojedinih komponenta kompozita		Uzorak 1			Uzorak 2			Uzorak 3		
		Tkanina	PU pjena	Pletivo	Tkanina	PU pjena	Pletivo	Umjetna koža	Tkanina	Netkani tekstil
										
Sirovinski sastav		100% PES multifilament	1100% PU pjena bijela	100% PES multifilament	100% PES multifilament	100% PU pjena crna	100% PES multifilament		100% PES multifilament	
Vez		Keper (K2/2)		Kulirno pletivo podlježno 1+1	Keper (K2/2)		Osnovio triko pletivo		Platno	
g (niti ili očica/cm)	Tkanina (osnova/potka)	19/ 12			19/12				22 / 24	
	Pletivo (nizovi/redovi)			11,3/9,3		12/11				
d (mm) po komponentama u kompozitu		0,88	0,52	0,34	0,88	0,39	0,24	0,46	0,31	0,21
d (mm) / CV (%) po uzorku		2,74 / 1,87			1,44 / 5,46			1,17 / 1,49		
M (g/m <sup>2</sup> ) / CV (%)		477,77 / 2,49			352,92 / 2,89			341,04 / 4,51		

**Tab.1:** Shematski prikaz konstrukcijskih parametara po uzorcima

Gdje je: g – gustoća tkanine (niti/cm), d – debljina tkanine (mm), m – masa tkanine (g/m<sup>2</sup>), CV – koeficijent varijacije, PU – poliuretan, PES- poliester

---

## 3.1.2 Metodika rada

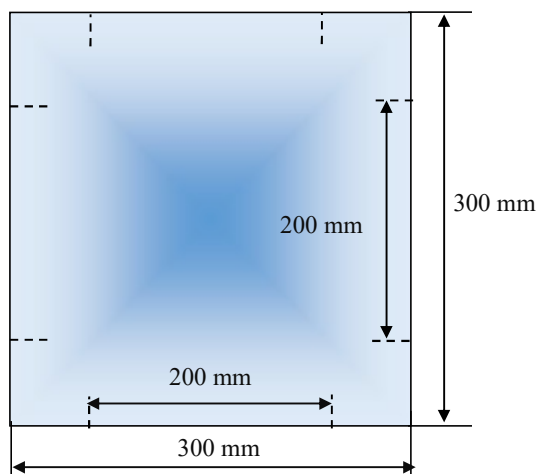
### 3.1.2.3. Dvoosno cikličko naprezanje

Dvoosno cikličko naprezanje vrši se na patentiranom uređaju pod brojem HR P20150735 A2 (sl. 3). Moguće je jednoosno i dvoosno naprezanje plošnih materijala. Regulacijom broja ciklusa u jedinici vremena, visinom pomaka i regulacijom prednapetosti očitavaju se rezultati cikličkog naprezanja. Prije ispitivanja uzorci su pripremljeni kako bi dimenzijama bili pogodni za navedeno ispitivanje. Uzorci se režu 300x300 mm, dok je površina ispitivanih uzoraka 200x200 mm. Cikličko naprezanje vrši se na uređaju s konveksnom kružnom napravom (izbočeni kružni oblik). Uzorci se učvršćuju postraničnim valjcima u četverokutnom obliku sa četiri valjka. Duljina svakog valjka je 205 mm i profila 10 mm. Nakon pripreme uzoraka s odgovarajućim oblikom i dimenzijama, postavlja se na uređaj. Postupakpostavljanja uzorka na uređaj kreće njegovim preciznim pozicioniranjem u centar konveksnog dijela, te se materijal na krajevima pričvrsti na okvir uređaja. Nakon što je uzorak namješten i pričvršćen valjcima, dodaju se utezi na krajeve uzorka, kako bi se ostvarila određena napetost. Ujednačavanjem napetosti uzorak se učvrsti i stabilizira napetost. Nakon toga može početi postupak naprezanja vertikalnim pomacima konveksne kružne naprave. Od svakog kompozitaispitana su po tri uzorka za svaki uvjet, odnosno za 50 000 i za 100 000 ciklusa. Pripremljeno je po 3 uzorka za svaki kompozit × 2 uvjeta × 3 kompozita = 18 uzoraka za ciklička ispitivanja. Po završetku cikličkog naprezanja uzorci su postavljeni na ravnu podlogu za odležavanje 24 sata u opuštajućem stanju. Nakon toga izmjerena je deformacija uzoraka, odnosno promjena dimenzija (nepovratno istežanje). Potom su se uzorci pripremali za sferno probijanje kuglom na dinamometru.

Ako je istežanje materijala veće konveksni dio koji napreže materijal podignut će se više, pa će njezine maksimalne točke u gornjem i donjem položaju rada biti više, i obrnuto. Postizanje pomaka konveksnog dijela s postraničnim valjcima na određenu visinu omogućuje opruga koja održava uvijek istu napetost. Krutost materijala dirigira visinu ploče i ona je za iste uzorke konstantna. Ako su uzorci različite strukture, odnosno time i različite krutosti visina kretanja konveksnog dijela je različita. Visina se mijenja s brojem ciklusa na istom uzorku jer se uzorak isteže i zatoliko se ploča podiže kako bi napetost uzorka bila konstantna kroz cijeli ciklus naprezanja. Visina konveksnog dijela mijenja se proporcionalno s deformacijom uzorka, ali njezino kretanje ostaje isto za isti uzorak



a)

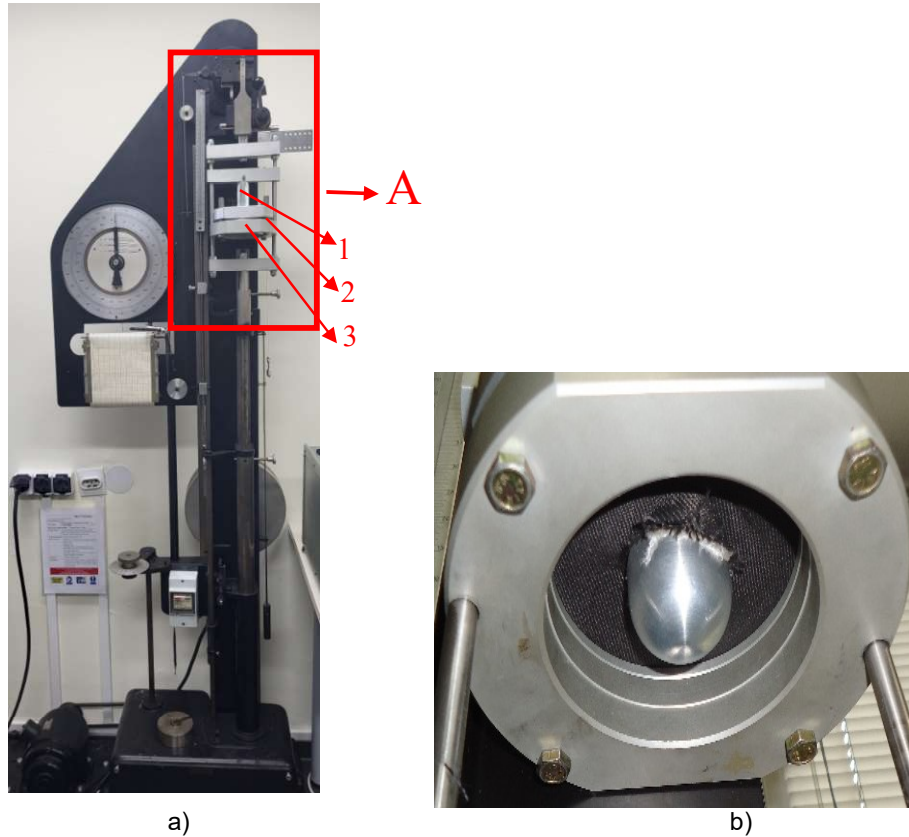


b)

**Sl. 3** Dvoosno cikličko naprezanje; a) Uređaj za dvoosno cikličko naprezanje, b) Oblik i dimenzije uzorka; A – elementi za postavljanje i naprezanje uzorka, B – opružni sustav za naprezanje, C – pogonski sustav s ekscentrom

### 3.1.2.1. Probijanje kuglom

Ispitivanje uzoraka na probijanje kuglom provodi se na uzorcima prije i nakon cikličkog naprezanja. Pripremljeno je po pet uzoraka od svakog uzorka koji je prethodno ie podvrgnut cikličkom naprezanju. Jedan uzorak je iz središnjeg dijela uzorka, te 4 sa svake strane. Ispitivanje je provedeno na dinamometru čije je područje ispitivanja do 5000 N (sl. 4), radina principu konstantne brzine istezanja prema normi ISO 13934. Ispitivanje je provedeno s kuglom promjera 60 mm i promjerom prstena 100 mm.



**SI. 4** Probijanje kuglom; a) Dinamometar za plošne materijale s dogradnim uređajem (crveni okvir: 1- element za probijanje, 2 – materijal, 3 – prsten), b) Prsten i element s kuglom za probijanje materijala

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

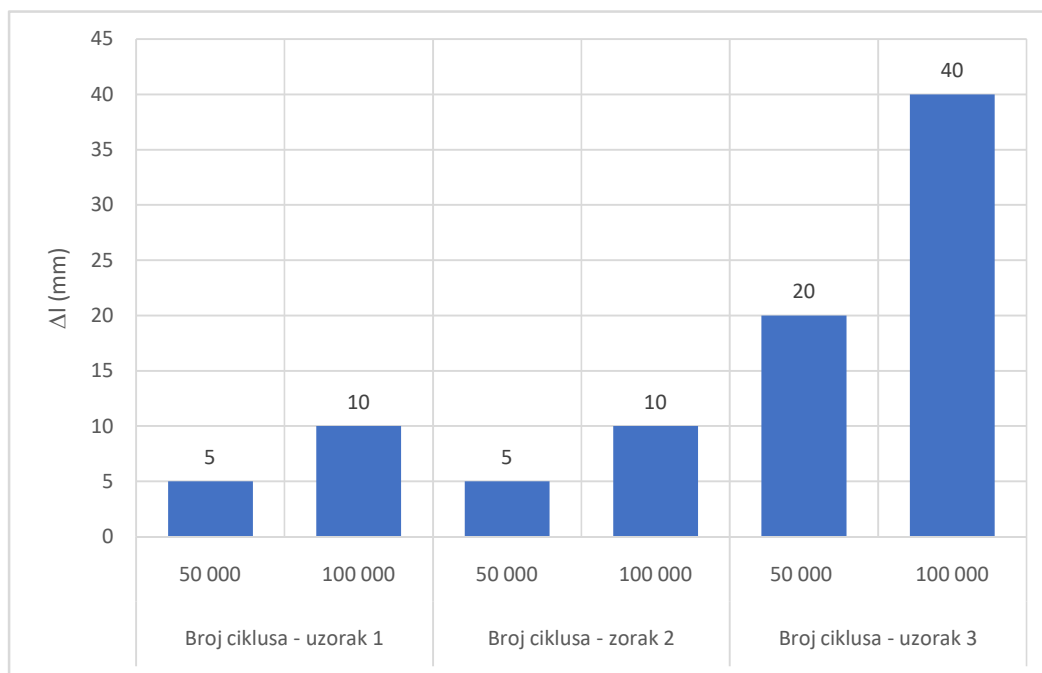
**Tab. 2** Rezultati produljenja uzorka nakon dvoosnog cikličkog naprezanja ( $\Delta l$ ) i povećanja vertikalnog (bočnog,  $L_{bp}$ ) pomaka uzorka

Uzorak	Broj ciklusa	$\Delta l$ (mm / %)	$L_{bp}$ (mm)
1.	50 000	5 / 0,01	25
	100 000	10 / 0,01	30
2.	50 000	5 / 0,01	25
	100 000	10 / 0,01	30
3.	50 000	20 / 0,04	40
	100 000	40 / 0,04	60

$L_{bp}$  – konačna visina pomaka tkanine (mm)

$$\Delta l = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100 \text{ (\%)} \quad (1)$$

Gdje je:  $\Delta l$  – produljenje uzorka nastalo cikličkim naprezanjem,  $L_1$ – duljina uzorka prije cikličkog naprezanja 200 mm constanta,  $L_2$ – duljina uzorka nakon cikličkog naprezanja (mm)



#### SI. 5 Produljenje uzoraka nastale cikličkim naprezanjem

Nepovratno istezanje materijala nakon cikličkog naprezanja može se definirati kao deformacija materijala, prikazano je na slici 5 i tablici 2.

Prema dobivenim rezultatima vidljiva je razlika između uzoraka koja su bila podvrgnuta cikličkom naprezanju 50 i 100 tisuća ciklusa. Svi uzorci doživjeli su veće deformacije kod 100 tisuća ciklusa. Razlika između prvog i drugog uzorka nije vidljiva kod 50 000 ciklusa (5 mm / 5 mm), kao niti kod 100 000 ciklusa (10 mm / 10 mm), dok je treći uzorak doživio znatno veće deformacije nakon 50 000 (20 mm) i nakon 100 00 (40 mm) ciklusa.



---

**Tab. 3** Rezultati sila probijanja prije cikličkog naprezanja - uzorak 1

Uzorak	F (kg)	F (N)	L()	L (%)
1	371	3710	59	20
2	400	4000	60	20
3	382	3820	59	20
<b>Ukupan prosjek</b>	384	3840	59	20

**Tab. 4** Rezultati sila probijanja prije cikličkog naprezanja - uzorak 2

Uzorak	F (kg)	F (N)	L(mm)	L (%)
1	313	3130	60	20
2	335	3350	62	21
3	310	3100	60	20
<b>Ukupan prosjek</b>	319	3190	61	20

**Tab. 5** Rezultati sila probijanja prije cikličkog naprezanja - uzorak 3

Uzorak	F (kg)	F (N)	L(mm)	L (%)
1	187	1870	58	19
2	191	1910	55	17
3	195	1950	55	17
<b>Ukupan prosjek</b>	191	1910	56	18

**Tab. 6** Probijanje kuglom nakon cikličkog naprezanja od 50 000 ciklusa/min - uzorak 1

Uzorak	F (kg)	F (N)	L(mm)	L (%)
1	385	3850	60	20
2	383	3830	60	20
3	391	3910	61	21
4	330	3300	66	25
5	385	3850	60	20
<b>Ukupan prosjek</b>	375	3750	61	21

---

**Tab. 7** Probijanje kuglom nakon cikličkog naprezanja od 100 000 ciklusa/min - uzorak 1

<b>Uzorak</b>	<b>F (kg)</b>	<b>F (N)</b>	<b>L(mm)</b>	<b>L (%)</b>
1	371	3710	60	20
2	386	3860	60	20
3	387	3870	60	20
4	348	3480	63	22
5	375	3750	60	20
<b>Ukupan prosjek</b>	373	3730	61	20

**Tab.8** Probijanje kuglom nakon cikličkog naprezanja od 50 000 ciklusa/min - uzorak 2

<b>Uzorak</b>	<b>F (kg)</b>	<b>F (N)</b>	<b>L(mm)</b>	<b>L (%)</b>
1	306	3060	60	20
2	313	3130	60	20
3	325	3250	60	20
4	321	3210	60	20
5	305	3050	60	20
<b>Ukupan prosjek</b>	314	3140	60	20

**Tab. 9** Probijanje kuglom nakon cikličkog naprezanja od 100 000 ciklusa/min - uzorak 2

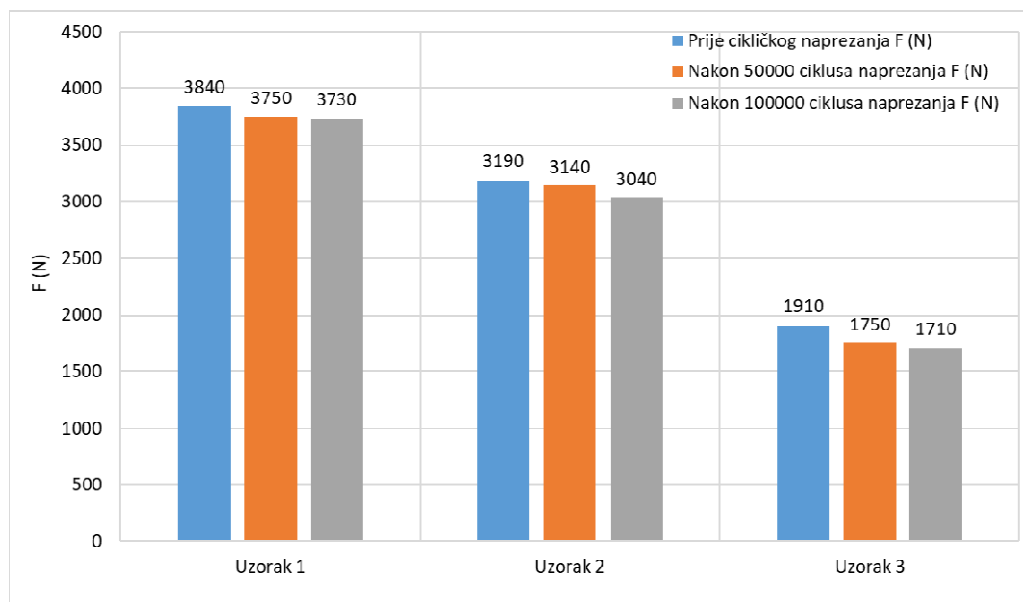
<b>Uzorak</b>	<b>F (kg)</b>	<b>F (N)</b>	<b>L(mm)</b>	<b>L (%)</b>
1	281	2810	58	18
2	314	3140	60	20
3	296	2960	58	18
4	309	3090	59	20
5	319	3190	60	20
<b>Ukupan prosjek</b>	304	3040	59	19

**Tab. 10** Probijanje kuglom nakon cikličkog naprezanja od 50 000 ciklusa/min - uzorak 3

Uzorak	F (kg)	F (N)	L(mm)	L (%)
1	176	1760	54	18
2	195	1950	55	19
3	165	1650	55	18
4	187	1870	54	18
5	154	1540	58	20
<b>Ukupan prosjek</b>	175	1750	55	19

**Tab. 11** Probijanje kuglom nakon cikličkog naprezanja od 100 000 ciklusa/min - uzorak 3

Uzorak	F (kg)	F (N)	L(mm)	L (%)
1	161	1610	51	17
2	188	1880	53	18
3	164	1640	56	19
4	186	1860	56	19
5	158	1580	54	18
<b>Ukupan prosjek</b>	171	1710	54	18

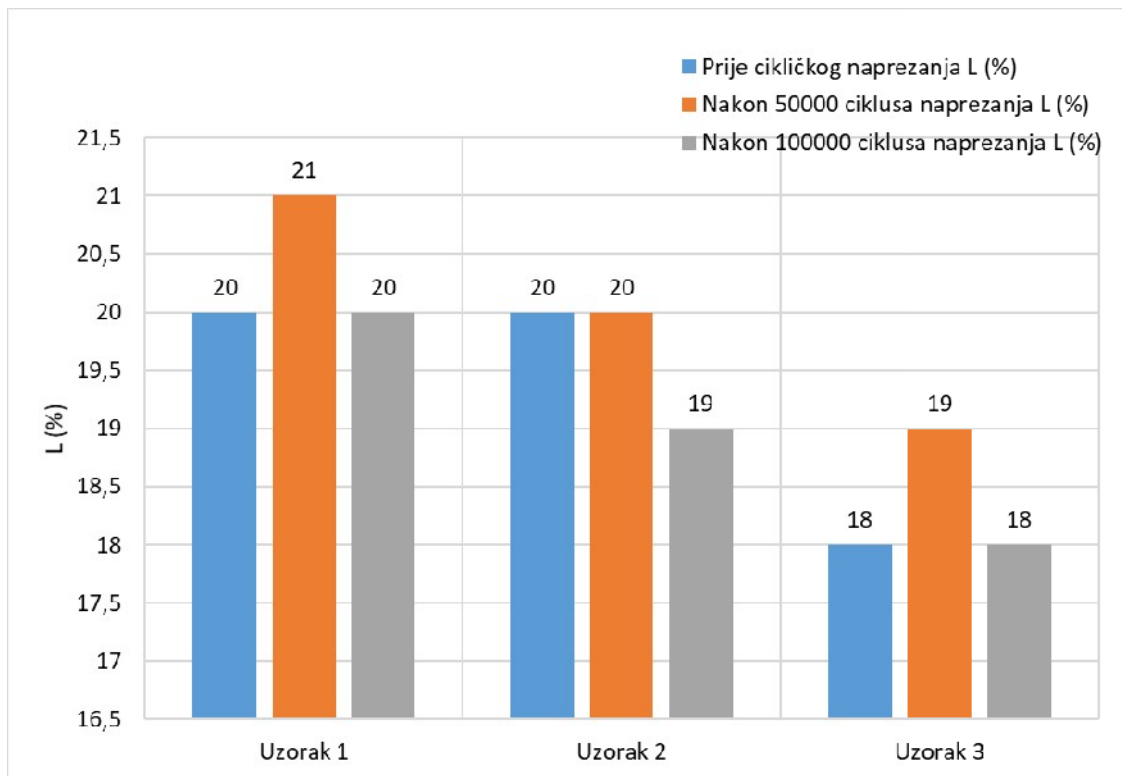


**SI. 6** Sile probijanja kuglom prije i nakon cikličkog naprezanja pobroju ciklusa i po uzorcima

Rezultati sile probijanja po uzorcima i uvjetima cikličkog naprezanja, prije i nakon cikličkog naprezanja prikazana su na slici 6 i tablicama 3-11. Promatrajući rezultate probijanja prije cikličkog naprezanja može se utvrditi da postoji razlika između uzoraka. Uzorak 1 ima najveću prekidnu silu (3840 N), uzorak 2 nešto manju (3190 N) i uzorak 3 najmanju (1910 N). Nakon cikličkog naprezanja svi uzorci su imali manje prekidne sile:

- Nakon 50 000 ciklusa uzorak 1 ima prekidnu silu 3750 N, uzorak 2 3140 N i uzorak 3 1750 N.
- Nakon 100 000 ciklusa uzorak 1 ima prekidnu silu 3730 N, uzorak 2 3040 N i uzorak 3 1710 N.

Može se utvrditi da uzorak 1 i 2 nemaju znatnu razliku u prekidnim silama, dok uzorak 3 znatno odstupa u nižim prekidnim silama. Razlog tomu je razlika u kompozitima, gdje uzorak 1 i 2 imaju istu tehnologiju izrade s 3 komponente (tkanina + PU + pletivo). Razlika je u strukturi tkanina i pletiva. Uzorak 3 sadrži druge komponente (umjetna koža + tkanina + netkani tekstil) koje su utjecale na niže prekidne sile kod probijanja kompozita s kuglom.



**SI.7** Prekidno produljenje kod probijanja kuglom po ciklusima i uzorcima

Prekidno istezanje kod ispitivanja na probijanje također pokazuje određene promjene nakon cikličkog naprezanja. Uzorak 1 i uzorak 3 pokazuju da se istezanje povećalo nakon 50 000 ciklusa naprezanja, i to za 1 mm (uzorak 1 s 20 mm na 21 mm, uzorak 3 s 18 mm na 19 mm), dok je uzorak 2 zadržao isto prekidno istezanje (20 mm). Uzorci 1 i 2 prije cikličkog naprezanja imaju isto prekidno istezanje (20 mm). Može se zaključiti da razlike između uzorka 1 i 2 u prekidnim istezanjima nisu velike s obzirom da se radi o 1 mm razlike na uzorcima nakon cikličkog naprezanja. Uzorak 3 odstupa od prethodna dva uzorka i rezultati pokazuju određenu razliku. Prekidna istezanja su ipak pratila u određenoj mjeri prekidne sile; veća prekidna sila – veće prekidno istezanje i obrnuto.

Generalno gledajući rezultate može se zaključiti da su mehanička svojstva kompozita preuzela svojstva komponenti u kompozitu i da njihova svojstva ovise o tehnologiji izrade kompozita. Detaljne analize materijala prije njihove primjene su od velike važnosti za procjenu njihove izdržljivost prilikom primjene. Posebno je to važno za autonavlake koje kod sjedenja doživljavaju znatna ciklička višesmjerna naprezanja i habanja. Razvojem novih materijala sa preciziranim i u naprijed određenim svojstvima moguće je dobiti materijal koji će odgovarati zahtjevima tržišta.

Ukoliko bismo usporedili svaku silu prije cikličkog naprezanja u odnosu na silu potrebnu za probijanje nakon cikličkog naprezanja očituje se pad navedene sile. Kako bi dobili relativnu veličinu pada prekidne sile ( $\Delta F$ ) na probijanje potrebno je znati prekidnu silu prije cikličkog naprezanja ( $F_0$ ) i prekidnu silu nakon cikličkog naprezanja ( $F_1$ ), konačna jednadžba je:

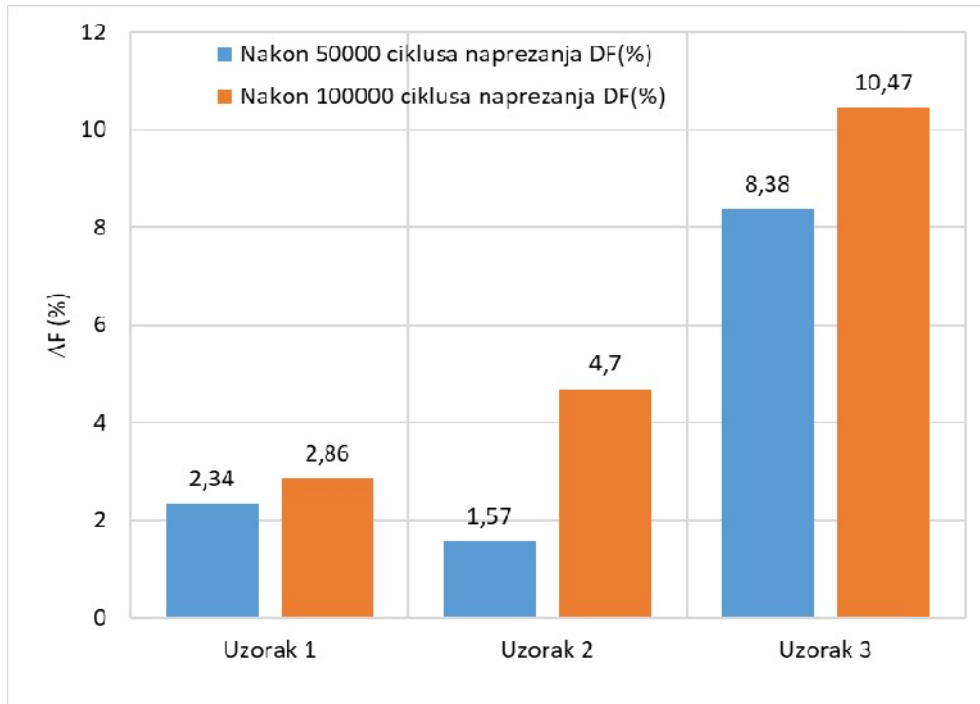
$$\Delta F = \frac{(F_0 - F_1)}{F_0} \times 100 \text{ (\%)} \quad (2)$$

**Tab. 12** Smanjenja sile nakon 50 000 ciklusa naprezanja

	<b>F<sub>0</sub> (N)</b>	<b>F<sub>1</sub>(N)</b>	<b>ΔF(%)</b>
<b>Uzorak 1</b>	3840	3750	2,34
<b>Uzorak 2</b>	3190	3140	1,57
<b>Uzorak 3</b>	1910	1750	8,38

**Tab. 13** Smanjenja sile nakon 100 000 ciklusa naprezanja

	$F_0$ (N)	$F_1$ (N)	$\Delta F$ (%)
<b>Uzorak 1</b>	3840	3730	2,86
<b>Uzorak 2</b>	3190	3040	4,70
<b>Uzorak 3</b>	1910	1710	10,47



**Sl. 8** Smanjenja sile probijanja na uzorcima nakon cikličkog naprezanja od 50 i 100 tisuća ciklusa

Zbog jasnijeg prikaza promjene prekidne sile na probijanje kompozita nakon dvoosnog cikličkog naprezanja na slici 8 i tablicama 12 i 13 prikazane su relativne veličine, izračunate prema jednadžbi 2. Veće veličine  $\Delta F$  znače veće smanjenje prekidnih sila nastalo kao posljedica cikličkog naprezanja. Može se utvrditi da su sva tri uzorka doživjela smanjenje prekidnih sila povećanjem ciklusa sa 50 000 na 100 000. Kod uzorka 1 prekidne sile su se smanjile nakon 50 000 ciklusa za 2,34%, a nakon 100 000 za 2,86%. Kod uzorka 2 prekidne sile su se smanjile nakon 50 000 ciklusa za 1,57%, a nakon 100 000 za 4,78%. Kod uzorka 3 prekidne sile su se smanjile nakon 50 000 ciklusa za 8,38%, a nakon 100 000 za 10,47%. Prema dobivenim rezultatima uzorak 2

---

je pokazao najveću razliku u prekidnim silama, što znači da je ovaj uzorak najosjetljiviji na ciklička naprezanja. Ipak je uzorak 3 doživio najveći pad prekidnih sila.

## 5. ZAKLJUČAK

Tehnički tekstil, gdje spadaju i kompoziti namijenjeni za autonavlake imaju sve važno mjesto u autoindustriji. Tekstilni kompoziti s tkaninom kao glavnim nosačem kompozita koji se koriste za autonavlake pružaju maksimalnu udobnost i omogućuju trajnost koja nadmašuje trajnost automobila. Kombiniranjem sirovina, tehnologija izrade materijala, njihovo sjedinjavanje u jednu cjelinu, odnosno kompozit, koji će zadovoljiti sve ekonomske i tehnološke zahtjeve zahtijeva kontinuirani razvoj. Auto navlake moraju zadovoljiti prvenstveno mehanička svojstva koja predstavljaju ključna svojstva kompozita.

Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti sljedeće:

- Deformacije kompozita koja je definirana nepovratnim istezanjem nakon cikličkog naprezanja, veće su kod uzoraka s većim brojem ciklusa kod naprezanja. Uzorak 3 ima najveće deformacije, što je pridonio netkani tekstil kao komponenta u kompozitu, manja plošna masa i manja debljina od ostalih uzoraka.
- Kompoziti sastavljeni od tkanine + PU pjene + pletiva imaju bolja mehanička svojstva prije i nakon cikličkog naprezanja od uzoraka koji su sastavljeni od umjetne kože + tkanine + netkanog tekstila, a što potvrđuje sljedeće:
- Rezultati prekidnih sila sfernim probijanjem kuglom prije i nakon cikličkog naprezanja može se zaključiti da svi uzorci imaju sličan trend pada.
- Strukturna razlika tkanine i pletiva, te razlika u debljini PU pjene kod uzoraka 1 i 2 utjecalo je na razlike u prekidnim silama. Uzorak 1 ima deblju PU pjenu, deblje pletivo i veći masu kompozita što je utjecalo na veće prekidne sile.
- Ciklička naprezanja znatno utječu na smanjenje prekidnih sila na sferno probijanje kod kompozita s netkanim tekstilom.

- 
- Prekidne istežanje pratile su u većoj mjeri trend prekidnih sila; veće prekidne sile – veća prekidna istežanja i obrnuto. Cikličkim naprežanjem s manjim brojem ciklusa javlja se kod nekih uzoraka veće prekidno istežanje nego prije cikličkih naprežanja. Sila je utjecala da niti zauzmu svoj najpovoljniji položaj u strukturi i da se to reflektira nastabiliziranje strukture kompozita.
  - Generalno gledajući rezultate, može se zaključiti da su mehanička svojstva kompozita preuzela svojstva od komponenti u kompozitu i da njihova svojstva ovise i o tehnologiji izrade kompozita. Detaljne analize materijala prije njihove primjene su od velike važnosti za procjenu njihove izdržljivost prilikom primjene. Posebno je to važno za autonavlake koje kod sjedenja doživljavaju znatna ciklička višesmjerna naprežanja i habanja. Razvojem novih materijala s preciziranim i u naprijed određenim svojstvima moguće je dobiti materijal koji će odgovarati zahtjevima tržišta.



---

## 6. LITERATURA

- [1] K. Phillip: Natural fiberreinforcedcompositematerials for automotiveinteriors, *Melliand International*, 11, 1 2004. 54-57.
- [2] S. Kovačević, D. Ujević: Seamsin car seatcoverings: propertiesandperformance, *JoiningTextiles, Principlesandapplications*, editedby: I. Jones, G.K.Stylios, Woodheadpublishingseriesintextiles, Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delhi, 2013. 478-506.
- [3] S. Kovačević, D. Ujević, I. Schwarz, B. BrlobašićŠajatović, S. Brnada: Analysisof Motor VehicleFabrics, *Fibres&TextilesinEastern Europe*, 71, 2009. 32-38.
- [4] W. Fung, M. Hardcastle: Fung W., Hardcastle M.: *Textilesinautomotiveengineering*, TheTextile Institute, WoodheadPublishingLimited, Cambridge, England455-474.,2001.
- [5] S. Pačavar: Utjecaj Parametara šivanja na kvalitetu izrade navlaka za autosjedala, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, 2015.
- [6] R. Kovar. AnisotropyinWovenFabricStressandElongation at Break, In *Wovenfabricengineering*, Dobnik Dubrovski P., Ed; Rijeka: INTECH Europe, 2010, pp 1–24.
- [7] H. Nosraty, A. A. A. Jeddi, R. Saremi: Investigation of Fatigue Behavior of Polyester Filament Woven Fabrics under Cyclic Loading, 2013.
- [8] Plain weave and its characteristics. [Online]. Available: <http://textileschool4u.blogspot.com/2013/11/plain-weave-and-itscharacteristics.html>. [Accessed: 09-May-2019]
- [9] J. Hu, B. Xin: Structure and mechanics of woven fabrics, in *Structure and Mechanics of Textile Fibre Assemblies*, 2008, 48-83
- [10] Ž. Šomođi: Osnove tehničke mehanike, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, 201
- [11] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=4751>, 20.05.2022.
- [12] Ronghua Y., Liangji L.: *Proceedings of 5th International Conference on Man-Made Fibre*, Beijing 1994., 475-484.
- [13] Nikolić G., Rogale D., Ujević D., Frišt-Rogale S.: *Textile Material Joining and Cutting Machines with New Technologies – IMB 2006.*, *Tekstil*, **56** (5) 308-317, 2007.

- 
- [14] S. Kovačević, K. Dimitrovski, J. Hadjina: Procesi tkanja, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet Zagreb, 2008.
- [15] Kovačević S, Schwarz I., Brnada S.: Tehničke tkanine, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet. Zagreb 2020.
- [16] W. Fung, M. Hardcastle: Textiles in automotive engineering, The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England 2001.
- [17] Albrecht W.: Netkane tekstilije-stare ali ipak suvremene i perspektive, Tekstil, 49 (2000.) 10, 568-570.
- [18] Ujević D., Kovačević S., Hađina J., Karabegović I.: Impact of Joined Place on the Fabric Intended for Manufacturing Car Seat Covers, 2<sup>nd</sup> AUTEX Conference, Bruges, Belgium, 1-3 July, 2002.
- [19] Skupina autora, poglavlje 4, NesrinSajbazKaraduman, YektaKaraduman, HuseyinOzdemir, GokceOdemir, Textile for Advanced Applications, InTech, Rijeka, Hrvatska, 2017.god.