

# UTJECAJ PARAMETARA ŠIVANJA NA KVALITETU IZRADE NAVLAKA ZA AUTOSJEDALA

---

**Pačavar, Samir**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**2015**

*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:201:344828>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**



*Repository / Repozitorij:*

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





Sveučilište u Zagrebu

TEKSTILNO -TEHNOLOŠKI FAKULTET

SAMIR PAČAVAR

**UTJECAJ PARAMETARA ŠIVANJA NA KVALITETU  
IZRADE NAVLAKA ZA AUTOSJEDALA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2015.



University of Zagreb

Faculty of Textile Technology

Samir Pačavar

**The influence of sewing parameters on the  
production quality of car seat covers**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2015.



Sveučilište u Zagrebu

TEKSTILNO -TEHNOLOŠKI FAKULTET

SAMIR PAČAVAR

**UTJECAJ PARAMETARA ŠIVANJA NA KVALITETU  
IZRADE NAVLAKA ZA AUTOSJEDALA**

DOKTORSKI RAD

Mentor:  
Prof.dr.sc. Darko Ujević

Zagreb, 2015.



University of Zagreb

Faculty of Textile Technology

Samir Pačavar

# **The influence of sewing parameters on the production quality of car seat covers**

DOCTORAL THESIS

Supervisor :  
Prof. Darko Ujević, Ph.D.

Zagreb, 2015.

## **Bibliografski podaci**

**Znanstveno područje:** Tehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Tekstilna tehnologija

**Znanstvena grana:** Odjevna tehnologija

**Institucija:** Tekstilno-tehnološki fakultet

**Mentor:** Prof.dr.sc. Darko Ujević

**Broj stranica:** 192

**Broj slika:** 171

**Broj tablica:** 54

**Broj literaturnih referenci:** 77

**Datum obrane:** 10.03.2015. godine

### **Sastav povjerenstva za obranu:**

1. Prof.dr.sc. Stana Kovačević, predsjednik, Tekstilno – tehnološki fakultet, Sveučilišta u Zagrebu
2. Prof.dr.sc. Vasilije Petrović, član, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanjin, Univerziteta u Novom Sadu, Srbija
3. Prof.dr.sc. Zenun Skenderi, član, Tekstilno – tehnološki fakultet, Sveučilišta u Zagrebu

### **Rad je pohranjen u:**

Knjižnici Tekstilno-tehnološkog fakulteta u Zagrebu, Prilaz baruna Filipovića 28a, Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Hrvatske bratske zajednice bb i Institutu informacijskih znanosti u Zagrebu, Trg maršala Tita 3.

## **Životopis mentora**

### **Prof. dr.sc. Darko Ujević, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

- Rođen 28. lipnja 1955. u Imotskom.
- 1990. – danas: redovni profesor na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu

Član suradnik Akademije tehničkih znanosti Hrvatske i član Znanstvenog vijeća za tehnološki razvoj u Hrvatskoj akademiji znanosti i umjetnosti

Glavni i odgovorni urednik časopisa Tekstil i predsjednik Savjeta za izdavačku djelatnost Dekan Tekstilno-tehnološkog fakulteta (2006.-2009.; 2009.-2012.)

Voditelj i glavni istraživač složenih tehnologijsko istraživačko-razvojnih projekata: Hrvatski antropometrijski sustav i Antropometrijska mjerenja i prilagodba sustava veličina odjeće financiran od Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta.

### **Nastavna djelatnost**

Nosilac je skupine kolegija vezanih za konstrukciju i modeliranje odjeće, tehnološke procese proizvodnje odjeće, organizaciju proizvodnje, prateća tehnička dokumentacija u proizvodnji odjeće, normizacije u odjevnoj tehnologiji, terminsko trgovanje i antropometrijski sustavi i odjevne veličine.

### **Znanstveno-istraživački rad**

- razvoj i unapređenje metodoloških postupaka u odjevnom inženjerstvu
- suvremene metode konstrukcije i modeliranja odjeće
- antropometrijska istraživanja i prilagodba sustava veličina
- antropometrija, pristalost i dizajn konvencionalne i inteligentne odjeće

Tema doktorske disertacije pod naslovom „Utjecaj parametara šivanja na kvalitetu izrade navlaka za autosjedala“ prihvaćena je na \_\_\_ redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta održanoj \_\_\_\_\_ godine u akad. god. \_\_\_\_\_, točka \_\_\_ dnevnog reda.

Senat Sveučilišta u Zagrebu donio je na svojoj \_\_\_ sjednici Senata održanoj \_\_\_\_\_ u \_\_. akademskoj godini (\_\_\_\_\_) Odluku o odobravanju pokretanja postupka stjecanja doktorata znanosti u okviru doktorskog studija predložnici \_\_\_\_\_ Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, tema: „\_\_\_\_\_“.



## **Zahvala**

*Želio bih se zahvaliti najprije Republici Hrvatskoj koja je mene i moju obitelj ugostila kada nam je bilo najteže u životu. Želio bih se potom zahvaliti Gradu Zagrebu i Gradu Splitu koji su meni i mome bratu osim nastavka školovanja omogućili da se osjećamo kao da smo u svome rodnom gradu. Posebno se želim zahvaliti najboljem fakultetu na svijetu, Tekstilno-tehnološkom fakultetu, svim profesorima, asistentima, studentima i svim ostalim zaposlenim. Svi su učinili da se na fakultetu osjećam sigurno i udobno kao kod svoje vlastite kuće. Ipak nekoga moram posebno spomenuti. Prije svega velikog čovjeka i prijatelja a tek onda moga mentora i profesora. dr.sc. Darka. Ujevića. Reći ću samo jednu rečenicu: Profesore, hvala Vam na svemu!*

*Malo neobično, ali želio bih se zahvaliti i svom doktorskom radu koji mi je omogućio da upoznam jednu plemenitu, vrijednu i dobru osobu što u današnjem svijetu u kojem živimo ima neprocjenjivu vrijednost. Ne postoje dovoljno velike riječi da izrazim svu zahvalnost profesorici dr.sc. Stani Kovačević na pomoći pri izradi ovoga rada.*

*Zahvaljujem se i članovima Povjerenstva prof.dr.sc. Zenunu Skenderiju i prof.dr.sc. Vasiliju Petroviću koji su pažljivo pregledali rad i značajno mi pomogli svojim savjetima.*

*Zahvaljujem se rukovodstvu poduzeća Prevent jer su mi omogućili istraživanje a svim uposlenim jer su mi nesebično pomagali i pored svojih svakodnevnih obaveza.*

*Na kraju, zahvaljujem se svojim roditeljima koji su svih ovih godina vjerovali u mene, svojoj dragoj supruzi i našoj slatkoj dječici koji su imali strpljenja dok sam ja danima sjedio ispred računala.*

*Samir Pačavar*

## **Sažetak**

Dizajn i udobnost, pored osnovne funkcije sjedala, često mogu biti odlučujući parametri za izbor automobila. Materijali koji se koriste za temeljne automobilske navlake za sjedala u autoindustriji najčešće su izrađeni iz različitih sirovina odnosno komponenata međusobno spojenih u jednu kompaktnu cjelinu kompozita.

Različitim brzinama lijepljenja komponenata u kompozit istraženi su optimalni uvjeti lijepljenja, koji omogućuju stabilniju i trajniju navlaku za auto sjedala. Sila razdvajanja komponenti ovisi o termičkoj brzini spajanja – veća brzina lijepljenja utjecala je na manju silu razdvajanja. Sila međusobnog razdvajanja komponenata ovisi o njihovoj brzini spajanja. Veća brzina spajanja tj. lijepljenja daje manju silu razdvajanja komponenta.

Manja debljina poliuretana i manja brzina termičkog spajanja komponenti u kompozit utječu na veće sile razdvajanja. Promjena brzine lijepljenja ipak nije značajno utjecala na mehanička svojstva kompozita s i bez šava (poput: prekidne sile šivaće igle, sile probijanja, otpornost na habanje). Brzina lijepljenja komponenti je izuzetno važna za stabilnost i trajnost kompozita. Brzina lijepljenja nije utjecala niti na probodne sile šivaće igle, usprkos tomu što se kod manjih brzina PU pjena više tali i ostavlja veću krutinu između komponenti kompozita. Ispitane brzine lijepljenja komponenti nisu značajno odstupale pa nisu niti utjecale bitno na veće promjene u svojstvima kompozita kao i u kvaliteti šava. No srednja brzina je najčešće imala najbolja svojstva kompozita.

Sustavna analiza dinamičke napetosti konca i debljine igala, na različitim debljinama PU pjene omogućila je odabir najboljih parametara koji su dali šav optimalnih parametara kvalitet.

Poseban značaj ovog istraživanja temelji se na mjerenjima probodnih sila šivaćih igala na mjernom uređaju na Institutu za tekstil i procesnu tehniku (ITV) u Denkendorfu, Njemačka, s promjenom debljine PU pjene i vrste šivaće igle u cilju poboljšanja izgleda i čvrstoće šivanog šava. Sustavnom analizom šivaćeg šava istražena je deformacija kompozita na mjestima uboda šivaće igle, kao i izgled te oštećenje šivaće igle. Na temelju toga odabrana je najpovoljnija šivaća igla koja najmanje oštećuje kompozit, s najmanjim probodnim silama, kao i najmanjim oštećenjima šivaće igle.

Na temelju dobivenih rezultata istraživanja može se utvrditi da je vrsta i debljina šivaće igle najvažniji parametar dobivanja kvalitetnog šivaćeg šava ispitanih kompozita za auto auto navlake-

## **Ključne riječi**

Kompozitni materijali, tehnički tekstil, navlake za automobile, probodna sila šivaće igle

## **Abstract**

The design and comfort, in addition to the basic functions of the seat, can often be the deciding parameters for selection of cars. The materials used for the core automotive seat covers in the automotive industry are usually made of different raw materials or components interconnected in one compact unit composites.

Optimal conditions bonding have investigated the different speeds of bonding components in the composite, which provides stable and durable car seat covers. The force of separation of components depends on its thermal speed connection - higher speed gluing has affected less force separation. The force of mutual separation of components is depending on their connection speeds. The higher speed connection respectively gluing gives less force separation of components.

The smaller thickness of the polyurethane and lower speed of thermal mergers of components in composite affect the larger forces of separation. Changing the speed of gluing was not significantly affected the mechanical properties of the composites with and without a seam (such as: breaking force of the sewing needle, force of spherical punching, abrasion resistance).

The systematic analysis of the thread tension and thick needles at various thicknesses PU foam enabled the selection of the best parameters to provide the highest quality seam.

The significance of this research is based on measurements of penetration force on an innovative device at the Institute of Textile and Process Engineering (ITV) in Denkendorf, Germany, with changing thickness PU foam and types of needles in order to improve the appearance and strength of the seam. A systematic analysis of the seam investigated the deformation of composites at the site of injection needles, as well as the appearance and damage to the pins. On this basis selected the cheapest needle is selected that causes the least damage composite, with the least penetrating forces, as well as the smallest damage of the needle.

Based on the results, it can be determined that the type and thickness of sewing needles is most important parameter to obtain high-quality sewing the seam surveyed composites for car covers.

## **Key words**

Composite material, technical textile, car seat coverings, needle penetration force

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b>	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b>	3
<b>2.1. Tehnički tekstil</b>	3
<b>2.2. Tekstilni materijali u automobilskoj industriji</b>	4
<b>2.3. Materijali za izradu auto navlaka</b>	6
2.3.1. Tkanina	8
2.3.2. Pletiva	9
2.3.3. Netkani tekstil	10
2.3.4. Umjetna koža	10
2.3.5. Prirodna koža	11
2.3.6. Poliuretanska spužva	11
2.3.7. Kompoziti	13
2.3.8. Šivaći konci	15
<b>2.4. Kvaliteta materijala za tekstilnu industriju i General Motors (GM) propisi</b>	16
<b>2.5. Šivaći strojevi za izradu auto navlaka</b>	19
2.5.1. Šivaće igle	20
2.5.1.1. Mehanizmi za pokretanja igle	26
2.5.2. Opterećenja igle	27
2.5.2.1. Zagrijavanje igle	28
2.5.3. Tehničko-tehnološka uloga šivaće igle u procesu šivanja odjeće	29
2.5.4. Probodne sile šivaće igle mjerene pomoću žičanih otpornika	31
2.5.5. Probodne sile šivaće igle mjerene pomoću vrška šivaće igle	33
2.5.6. Ispitivanje probodnih sila šivaćih igala pomoću piezo-kristala	37
2.5.7. Ispitivanje probodnih sila šivaćih igala pomoću tenzometarske vrpce	39
<b>2.6. Šivaći ubodi</b>	41
<b>2.7. Šivaći šavovi</b>	44
2.7.1. Šavovi u funkciji šivanja auto navlaka	45
2.7.2. Kvaliteta šavova kod auto navlaka	46
<b>2.8. Mehanizam za posmik (pomicanje) materijala</b>	48
2.8.1. Mehanizam pritisne nožice	59
2.8.2. Analiza sila pri posmiku materijala posmičnom letvom	62
<b>2.9. Utjecaj pletiva na šav prilikom šivanja auto navlaka</b>	68
<b>2.10. Utjecaj tkanine kao dio kompozita na šav prilikom šivanja auto navlaka</b>	69

2.10.1. Smicanje niti tkanine u šivaćem šavu	70
2.10.2. Mehaničko djelovanje vanjskih sila na tekstilni materijal	70
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b>	74
<b>3. 1. Plan ispitivanja</b>	74
<b>3. 2. Laboratoriji u kojima su se provela ispitivanja</b>	75
<b>3. 3. Materijali u kompozitu</b>	75
3.3.1. Osnovni parametri tkanine	75
3.3.2. Osnovni parametri pletiva	75
3.3.3. Osnovni parametri poliuretanske pjene (PU)	76
<b>3. 4. Strojevi za izradu tkanina, pletiva i kompozita</b>	76
<b>3. 5. Metode i uređaji za ispitivanje kompozita</b>	78
3.5.1. Priprema uzoraka za ispitivanje na dinamometru	79
3.5.2. Ispitivanje sile razdvajanja komponenti u kompozitu	79
3.5.3. Ispitivanje otpornosti na habanje	80
3.5.4. Ispitivanje probodne sile šivaće igle	81
<b>3.6. Ispitivanje sile razdvajanja komponenti u kompozitu i prekidna sila kompozita</b>	88
<b>3.7. Ispitivanje sile probijanja kompozita s kuglama</b>	89
<b>4. REZULTATI</b>	91
<b>4.1. Rezultati ispitivanja sile razdvajanja polikompozita i kompozita</b>	91
<b>4.2. Rezultati ispitivanja prekidne šivaće igle sile i prekidnog istezanja kompozita</b>	109
<b>4.3. Rezultati ispitivanja prekidne sile šivaće igle i prekidnog istezanja kompozita na šavu</b>	112
<b>4.4. Rezultati ispitivanja sfernim probijanjem materijala do prekida s različitim promjerima kugle</b>	121
<b>4.5. Rezultati ispitivanja otpornosti na habanje</b>	126
<b>4.6. Rezultati analize igala i probodnih mjesta šivaće igle</b>	129
<b>4.7. Utjecaj pritiska pritisne nožice na poprečni presjek šivanog mjesta</b>	132
<b>4.8. Rezultati ispitivanja probodnih sila šivaće igle</b>	133
<b>5. RASPRAVA</b>	180
<b>6. ZAKLJUČAK</b>	186
<b>7. LITERATURA</b>	188

## Popis simbola

$A / \text{mm}$	- promjer batića
$A / \text{mm}^2$	- površina poprečnog presjeka
$A_L / \text{mm}^2$	- prosječni presjek mjernog predmeta
$b / \text{mm}$	- veličina izlaznog dijela vrška igle.
$c / \text{Nm}^{-1}$	- krutost opruge
$CV / \%$	- koeficijent varijacije
$d / \text{mm}$	- promjer igle, promjer žice opruge
$D / \text{mm}$	- promjer cilindričnog tijela šivaće igle,
$E / \text{mm}^{-2}$	- modul elastičnosti
$F / \text{N}$	- sila
$F_{\text{max}} / \text{N}$	- maksimalna sila prodiranja
$F_n / \text{N}$	- sila pritiska opruge
$F_{T1}$	- sila trenja između posmičnog elementa i donjeg sloja materijala
$F_{T2}$	- sila trenja između gornjeg sloja materijala i pritisne nožice
$F_{T3}$	- sila trenja između gornjeg i srednjeg sloja materijala
$F_{T4}$	- sila trenja između donjeg i srednjeg sloja materijala
$G / \text{Nm}^{-1}$	- posmični modul čelika
$h / \text{mm}$	- debljina šivaćeg uzorka,
$l / \text{mm}$	- duljina vrška šivaće igle
$\Delta L / \text{mm}$	- apsolutno produljenje
$L_0 / \text{mm}$	- početna duljina
$k$	- koeficijent proporcionalnosti
$n / \text{uvoja na jed. dulj.}$	- broj zavojnica
$n / \text{Nm}^{-2}$	- modul smicanja
$m_{\text{pn}} / \text{kg}$	- masa pritisne nožice
$Nm$	- internacionalna oznaka numeracije ili finoće
$t / \text{min}$	- vrijeme
$T / ^\circ\text{C}$	- temperatura
$T_t / \text{tex}$	- finoća pređe
$x / \text{mm}$	- put sabijanja
$\bar{x}$	- srednja vrijednost
$Q / \text{N}$	- sila trenja
$z / \text{mm}$	- dubina prodiranja

$\alpha$ / stup.	- kut prvog brušenja vrška šivaće igle
$\alpha$ / stup.	- kut brušenja vrška šivaće igle
$\gamma$ / stup.	- kut brušenja vrška šivaće igle
$\delta$ / stup.	- kut trenja
$\varepsilon$ / %	- relativna deformacija šivaćeg uzorka, relativno produljenje
$\eta$	- korekcijski koeficijent, čvrstoća šava
$\lambda$ / mm	- skupljanje cilindrične opruge
$\mu$	- koeficijent trenja
$\tau$ / Nmm <sup>-2</sup>	- naprezanje
$\tau_t$ / N/mm <sup>2</sup>	- naprezanje tijela igle
$\varphi$ / stup.	- kut zakreta glavnog vratila šivaćeg stroja

## **1. UVOD**

Automobilska industrija je najveći korisnik tehničkog tekstila u svijetu. Mobilnost je osnovni preduvjet za sve ljudske aktivnosti te se predviđa se da će se u doglednoj budućnosti značajno povećati prodaja automobila, posebno u zemljama u razvoju. Ljudi u automobilima provode sve više vremena. Automobil je u stvari postao ured, dnevni boravak i šoping centar na kotačima. To je posebno značajno za proizvođače tekstila i dizajnere interijera u autima koji moraju ukomponirati dizajn, funkcionalnost i ekonomičnost. Jedan od najvažnijih dijelova svakog automobila predstavljaju auto navlake.

Auto navlake su neizostavni dio svakog automobila i čiji estetski izgled i udobnost nekad mogu biti presudni prilikom kupovine. Osim estetskog izgleda i udobnosti auto navlake moraju imati dobru uporabnu vrijednost. Opće je mišljenje da bi vijek trajanja temeljnih auto navlaka trebao bi biti barem koliki je vijek trajanja automobila. Auto navlake u automobilima se izrađuju od kompozita (tkanina + poliuretan + pletivo) čija uporabna vrijednost uveliko ovisi o sili razdvajanja pojedinih komponenata (tkanine i pletiva). Tkanina sa lica, pletivo sa naličja i poliuretan u sredini kao komponente unutar kompozita spajaju se termičkim putem uz pomoć valjaka na stroju za laminiranje. Na kvalitetu i čvrstoću spajanja izravno utječe i brzina kojom se proces spajanja odnosno lijepljenja komponenti odvija. Naravno, na kvalitetu spojenog kompozita utječe i debljina poliuretana.

Nedovoljno spojene komponente uočavaju se u razdvajanju tekstila od poliuretana prilikom uporabe što predstavlja prije svega veliki estetski nedostatak. Takav kompozit nije moguće naknadno ispraviti i predstavlja jedan od najvećih uzroka slabe kvalitete auto navlaka. Nedovoljno spojene komponente nije moguće vizualno primjetiti na materijalu, pa je potrebna kontrola sile razdvajanja nakon svake promjene uvjeta ili materijala kod termičkog spajanja komponenata. Optimiranje čvrstoće i kvalitete spoja ovisi i o mnogim drugim uvjetima ali i o praktičnom iskustvu poslužitelja stroja za spajanje i tehnologa.

Poliuretan na obje strane svoje površine ima sloj ljepila koje se tali prilikom termičkog spajanja. Kada je brzina prolaza komponenti između valjaka stroja za laminiranje manja dolazi do taljenja veće količine ljepila koje prijanja za površinu tekstila i pletiva. Nakon izlaska iz stroja za laminiranje kompozit se ohladi a ljepilo stvrdne. Takav kompozit postaje krut i stvara probleme prilikom šivanja i uporabe.

Optimiranje čvrstoće i kvalitete spoja ovisi i o mnogim drugim uvjetima ali i o praktičnom iskustvu poslužitelja stroja za spajanje i tehnologa.



Sjedala na koja se postavljaju auto navlake sve više nastoje pratiti liniju tijela i ispuniti sve ergonomske zahtjeve pa su zbog toga moderne auto navlake sastavljene iz mnogo više dijelova a time i više šavova nego što je to bilo ranije. Iskustva su pokazala da su šavovi ipak najslabije točke na auto navlakama. Najduži i najopterećeniji šavovi na sjedalima su svakako oni sa bočne strane koji i trpe najveće opterećenje prilikom uporabe.

Na kvalitetu šava u izradi auto navlaka utječe puno faktora a jedni od najznačajnijih su svakako probodna sila šivaće igle, vrsta i oblik vrha šivaće igle.

Svrha ovog rada jeste da se pokaže koja je optimalna brzina prolaza materijala u stroju za laminiranje i kojom vrstom šivaće igle se postiže najkvalitetniji šav prilikom izrade auto navlaka.

## **2. TEORIJSKI DIO**

U procesu izrade auto navlaka moraju biti zadovoljeni mnogi zahtjevi. Spajanje komponenata u kompozit i njihova optimizacija predstavljaju jedan od najvažnijih preduvjeta za izradu kvalitetnog materijala za auto navlake. Kompoziti za auto navlake pripadaju tehničkom tekstilu.

U procesu šivanja auto navlaka dolazi do različitih naprezanja komponenti unutar kompozita što utječe na kvalitet šava. U pregledu tematike prikazana je probodna sila i vrh šivaće igle koji imaju vrlo veliki značaj na kvalitetu šava. S obzirom da igla uvijek djeluje kao dio šivaćeg stroja bilo je potrebno prikazati njen utjecaj prilikom šivanja, sile pritisne nožice i sustav posmika materijala kao i tipove šivaćih uboda koji utiču na šivanje.

### **2.1. Tehnički tekstil**

U novije vrijeme, a posebno zadnjih desetak godina, udio tehničkog tekstila u ukupnoj proizvodnji i potrošnji tekstila neprestano se povećava. Premda ipak ne postoje posve egzaktni statistički pokazatelji o tome, ozbiljne procjene govore da je taj udio na svjetskoj razini narastao do prosječnih 25% i da će se i dalje povećavati. Za današnje vrijeme je karakteristično da je udio tehničkog tekstila u proizvodnji tekstila u razvijenim zemljama znatno veći nego u manje razvijenim, pa tako npr. u Njemačkoj doseže 45%, dok je za cijelu Europu procijenjen na 25%. Za razdoblje 2015. do 2020. g. se predviđa velika stopa godišnjeg rasta u zemljama u razvoju (4-7%), dok se u visokorazvijenim zemljama očekuje manji rast (oko 3.71%) proizvodnje tehničkog tekstila [1].

Tranzicijske zemlje i zemlje u razvoju osim proizvodnje klasičnog tekstila i proizvodnje odjeće pokušavaju usvojiti i proizvodnju tehničkog tekstila koji se proširuje na sve oblasti ljudskog djelovanja.

Pojam tehničkog tekstila odnosi se i na odjevne predmete koji ispunjavaju izuzetno visoke zahtjeve kada je riječ o osiguranju zaštite ljudskog tijela u teškim životnim uvjetima kao što je zaštita od vatre i visokih temperatura ili zaštita od opasnih zračenja. U slučajevima kada tekstil ima izuzetna svojstva kao što su termoizolacijska ili termoregulacijska, također se može govoriti o tehničkom tekstilu.

Proizvodnja tekstilija za razne namjene u stalnom je porastu. Takav tekstil izlazi iz djelokruga konvencionalne tekstilne primjene za odjeću, posteljno stolno rublje i drugi kućanski tekstil sa kojim smo se uglavnom ranije susretali.

Razvoj novih materijala koji posjeduju prilagodljiva svojstva predviđenoj namjeni, značajno je pridonio širenju tehničkog tekstila u Europi i svijetu.

Mnogi proizvođači tekstila danas vide svoju budućnost upravo u razvoju proizvodnje za takve nekonvencionalne primjene tekstila. Jedna od njih, svakako je, i proizvodnja tekstilnih materijala za primjenu u automobilskoj industriji [2].

## **2.2. Tekstilni materijali u automobilskoj industriji**

Tekstil osigurava mekoću na sjedalima i unutrašnjosti automobila, ali ima također i drugih funkcija. Tekstil također igra važnu ulogu u prigušivanju buke i vibracija. Posebni tipovi vlakana PA 6.6 služe kao ojačala za automobilske gume i kao materijal za zračne jastuke. Uporaba tekstila u gumama pridonosi trajnosti i sigurnosti. Inovacije u proizvodnji tekstilnih pređa se pomno prate jer se pređe sve više koriste i za remenje. Netkani tekstil intenzivno se koristi u filterima zraka i filterima ulja. Uporabom pojedinih tekstilnih vlakana nastoji se smanjiti težina automobila uz zadržavanje ili poboljšanje postojećih funkcija. Sigurnosni pojasevi i zračni jastuci doprinose sigurnosti na cestama a tu su i brojni drugi tekstilni predmeti koji se koriste u auto industriji kao što su izolatori na elektrodama akumulatora. Nedavno je čak došao prijedlog da se prednji dio automobila dijelom pravi od tekstila kako bi postao mekši i u slučaju automobilske nesreće da ozljede budu lakše [2].

U prosječnom automobilu ima 20 kg tekstila raspoređenog na slijedeći način: 3,5 kg za presvlake, 4,5 kg za podne prostirke, 6 kg za druge dijelove. Ima još i 6 kg staklenih vlakana u kompozitima. Ovdje nisu uzeti u obzir zračni jastuci kojih već u vozilima ima i do 10 kg što povećava težinu za 2-3 kg [3].

U budućnosti bi se udio vlakana u kompozitima također mogao povećati kako bi se zamijenili teži metali a automobili bili lakši i učinkovitiji. Osim toga, u nastojanju da se poboljša recikliranje dijelova interijera automobilima neke poliuretanske pjene pokušat će se zamijeniti s poliesterom ili nekim drugim vlaknima.

Ovisno o vrsti tekstilije koja se koristi u automobilu, na vlakna se postavljaju sasvim određeni zahtjevi u pogledu ispunjavanja određenih pojedinačnih svojstava.

Ipak općenito uzevši, poliesterska vlakna imaju najširu primjenu u automobilskoj industriji, prvenstveno zahvaljujući sljedećim svojstvima:

- odlična čvrstoća i otpornost na trošenje,
- vrlo dobra elastičnost,
- visoka postojanost obojenja,
- laka njega i održavanje,
- odlična otpornost na toplinske obrade pri oblikovanju elemenata odlijevanjem i prešanjem i,
- izvrsna preradivost u pređe, plošne i 3D tekstilije primjenom modernih tehnologija.

Uglavnom se upotrebljavaju razni tipovi vlakana velike čvrstoće i poboljšanih drugih svojstava. Posljednjih godina poliesterska vlakna zamjenjuju poliamidna vlakna, prije svega PA 6.6 i PA 6. Odlikuju se izvrsnim mehaničkim svojstvima, dobrom preradivošću i lakoćom njege, ali imaju nešto slabiju termičku otpornost i osjetljivija su na kiseline, zbog čega njihova primjena ponešto zaostaje za primjenom poliesterskih vlakana.

Sve veće značenje u izradi automobilskog tekstila imaju relativno jeftina polipropilenska vlakna u prvom redu zbog sljedećih prednosti [4]:

- ne upijaju vlagu pa se njihova mehanička svojstva ne smanjuju u mokrom stanju,
- zbog male gustoće bitno pridonose ekonomičnosti i
- jeftinija su od bilo kojih sintetskih vlakana usporedivih karakteristika.

Akrilna vlakna tekstilijama osiguravaju izvrsne estetske karakteristike i ugodan opip (dodir), ali zbog slabe otpornosti na trošenje habanjem njihova primjena u automobilskoj industriji je ostala mala [5].

U posljednjih nekoliko godina došlo je do oživljavanja interesa za prirodna vlakna kao što su juta, sisal i kapok za korištenje u automobilima, posebno u kompozitima. Samo u Njemačkoj se od kraja prošlog stoljeća povećala potrošnja prirodnih vlakana u automobilskoj industriji sa 10 000 t na 45 000 t, pri čemu se uglavnom radi o upotrebi lana, konoplje i jute kao ojačala u kompozitima, ali i pamuka od trganih krpa i drugog recikliranog tekstila. Odgovarajućim obradama i miješanjem s drugim vlaknima, takvim se materijalima osiguravaju specifični zahtjevi koje propisuje tehnička legislativa relevantna za automobilsku industriju. Specijalne varijante aramidnih i drugih vlakana su razvijene za određene dijelove u vozilima i taj se proces nastavlja. U ostvarenju trenda povratka prirodnim materijalima oživljava se i primjena vune za oblaganje sjedišta, ali zbog njene visoke cijene primjena je ograničena na skupe automobile [2].

### **2.3. Materijali za izradu auto navlaka**

Auto navlake prvih automobila bile su izrađene od kože i kožnih imitacija. Prije pojave sintetičkih vlakana, vuna i pamuk su najviše korišteni kao materijali za auto navlake. U 1940-im mnoga sjedala su prekrivena tkaninama izrađenim od vlakana ispređenih iz kopolimera vinil klorida (Tygan u Velikoj Britaniji, Velon ili Saran u SAD-u). Ovaj materijal obojen pigmentnim bojilima je imao vrlo visoku otpornost na utjecaj svjetla i lako se čistio. Nakon Drugog svjetskog rata počeo se koristiti poliamid u mješavini sa drugim prirodnim vlaknima, najčešće pamukom. Prve pisane enciklopedije iz oblasti tekstila u kasnim 1950-im navode glavne zahtjeve tkanina korištenih za izradu auto navlaka: održavanje, trajnost i postojanost boje [2].

U 1950-im PVC - obložene tkanine su se koristile za odjeću, prostirke u domaćinstvu, namještaj i navlake za autosjedala. Bili su dostupni u mnogim atraktivnim bojama i sa različitim reljefnim uzorcima. Daljnji razvoj omogućio je proizvodnju PVC materijala koji su bili sve sličniji pravoj koži. Imali su veliki udio u proizvodnji automobila do ranih 1970-ih kada su porastom životnog standarda povećani zahtjevi za više udobnosti u automobilu. Auto navlake od PVC materijala su bile tople i ljepljive, osobito tijekom vrućina. Pokušavala su se pronaći različita rješenja a jedno od njih je proizvodnja pletiva izrađena od niti dobivenih rezanjem listova PVC filma. Auto navlake izrađene od ovog materijala su bile prozračnije i udobnije [2].

Najlon, koji je već bio korišten u nekim materijalima za auto navlake, počeo se više koristiti u različitim konstrukcijama i bojama. Porastom standarda i povećanim zahtjevima za estetiku i udobnost u automobilima, konkurencija je postala intenzivnija. Drugi razlog, ništa manje značajan, je arapsko-izraelski rat koji je imao vrlo značajan utjecaj na industriju u tom vremenu. Cijena benzina na svjetskom tržištu se naglo udvostručila. Vanjski izgled automobila je već postao važan za privlačenje kupaca, ali sada i zbog rasta cijena pogonskog goriva [6].

Proizvođači automobila su se trudili da njihovi modeli budu što više aerodinamični s niskim koeficijentom otpora zraka. Promjene su bile vidljive i na vanjskom i na unutrašnjem izgledu automobila. Posebno su bila primjetna kosa stakla i veći prozori što je imalo za posljedicu više sunčeve svjetlosti u unutrašnjosti automobila. Staklo je odličan provodnik vidljivog svjetla a istovremeno snažno povećava toplotu u automobilu.

U vrijeme sunčanih dana temperatura u automobilu može dostići 100 ° C. Osim suhe toplote relativna vlaga može varirati od 0 do 100%. To su vrlo teški uvjeti za stabilnost bilo kojeg materijala.

Mnoge vrste najlona od kojih su se izrađivale auto navlake su gubile boju i čvrstoću. Ta iskustva su odvrtila mnoge proizvođače auto navlaka od korištenja najlona za proizvodnju auto navlaka.

Zbog toga su se počele koristiti razne vrste plošnih tekstilija a najčešće su to razne vrste tkanine i pletiva izrazitog tekstilnog karaktera. Razlog je prvenstveno u boljoj ugodnosti dodira koju pružaju takvi materijali, a nisu zanemarivi ni estetski i modni razlozi. Zbog specifičnih zahtjeva vezanih uz čvrstoću, istezljivost, postojanost na starenje, udobnost i estetiku, za izradu tih vrsta tekstilija većinom se upotrebljavaju teksturirane i razne efektne pređe.

Da bi se postigli i što trajnije osigurali specifični funkcionalni i estetski zahtjevi tih materijala te njihovo što lakše održavanje, ti se materijali u završnoj fazi proizvodnje podvrgavaju raznim obradama. Npr. provodi se oplemenjivanje s ciljem povećanja ugodnosti dodira, vodoodbojnosti, uljeoodbojnosti, otpornosti na prljanje i sl., ali i postizanja posebnih funkcionalnih svojstava od kojih posebno značenje ima otpornost na gorenje koje se postavlja kao važan parametar kvalitete materijala za ovu namjenu [7].

Kao vanjska tekstilna komponenta u izradi sjedala većinom se upotrebljavaju višeslojni materijali koji osiguravaju potrebnu kompaktnost i čvrstoću, a za ispunu uglavnom se koriste polimerni pjenasti materijali koji osiguravaju potrebnu poroznost radi propusnosti zraka i vlage. Zbog ekoloških zahtjeva te mogućnosti recikliranja sve više se zamjenjuju netkanim tekstilom učvršćenim tehnikom iglanja i prošivanja, najviše zbog bolje udobnosti koju takvi materijali mogu pružiti [8].

Sve raširenija ugradnja raznih elektroničkih sustava u automobil postavlja i nove zahtjeve na električna svojstva tekstilnih materijala (vodljivost) [9].

Kada je riječ o tekstilijama za izradu i oblaganje sjedala, općenito se može ustvrditi da su zahtjevi na materijale sve raznolikiji i određeniji, kako izgleda i estetike tako i funkcionalnosti te trajnosti njihovih karakterističnih svojstava tijekom korištenja automobila. Poseban se naglasak stavlja na zahtjeve kojima se osigurava udobnost, pri čemu se uz ugodnost dodira sve veća važnost pridaje sorpcijskim karakteristikama materijala, posebice propusnosti zraka, provođenju topline te apsorpciji i transportu vlage [10].

### **2.3.1. Tkanina**

Tkanina je sa svim svojim dobrim svojstvima i ugodnošću koju pruža čovjeku vjerni pratilac od samog rođenja pa do smrti. Osim toga u svakodnevnom životu susreće se s različitim vrstama tkanina u različitim namjenama, pa imaju vrlo različita svojstva koja su ciljano nametnuta kod njihovog projektiranja.

Tkanina za navlake za sjedala u prometlima je nezamjenjiv proizvod što znači da neka potrebna svojstva nije moguće postići drugim proizvodima. Najveći udio tkanina u prometlima je upravo za automobilske navlake za sjedala i tapeciranje unutarnjeg dijela interijera prometala i iznosi oko 85%. Udio tkanina u prometlima za sigurnost putnika je oko 11% za zračne jastuke, a oko 4% za sigurnosne pojaseve [11].

Tkanine za automobilske navlake su najčešće sintetičkog porijekla zbog svojih dobrih svojstava kao čvrstoće, otpornosti na habanje i sunčevu svjetlost, bolja stabilnost, lakše se održavaju, često su jeftinija od prirodnih itd. Prirodni materijali također se koriste za navlake, ali s osjetno manjem udjelom u odnosu na sintetičke materijale. Osim što zaostaju u nekim svojstvima u odnosu na sintetičke materijale koja su bitna za automobilske navlake njihov utjecaj na zdravlje ljudi se pogoršao. Uporaba pesticida i ostalih zagađivača koji se prenose na različite načine i to ne samo na vlakna biljnog porijekla nego i na životinjska putem ishrane. Stoga u nekim svojstvima prednjače sintetički materijali koji se izuzetno brzo razvijaju u cilju dobrih svojstava koja sve više prednjače u odnosu na prirodne materijale kao što je ugodan osjećaj pri dodiru. Posjeduju, također, antialergijska svojstva, ne stvaraju statički elektricitet i piling, lako se održavaju, prozirane su i udobne te imaju dobra fizikalno-mehanička svojstva, što je bilo nezamislivo za neka svojstva prije nekoliko desetljeća. Materijali za navlake za sjedala u nekim prometlima moraju biti negoriva. To znači da ne gore dok koncentracija kisika ne dosegne 25% odnosno, da se ugase kad se odstrani plamen ili tijelo koje je zagrijano na jako visokoj temperaturi [12].

Tkanina se najčešće koristi kao površinska komponenta višeslojnog materijala za automobilske navlake. Tako podstavljena tkanina daje udobnost i mekoću pri dodiru s tijelom, lakše se oblikuje u ergonomski oblik sjedala i ostalog interijera. Najvećim dijelom je na površini tkanina otkana u temeljnim vezovima ili njihovim izvedenicama s manjim jedinicama veza.

Mogu se susresti također i veluri te baršuni tkani u višebojnim osnovama i potkama sa žakarskim uzorcima. S obzirom da se ovi plošni proizvodi sastoje od vlaknaste strukture na licu otpornost im je na habanje manja od ostalih napomenutih vrsta tkanina. Zbog mekoće i ugodnosti pri dodiru ipak se jednim dijelom koriste ali je poželjna veća gustoća tkanja i dodatna obrada.

### 2.3.2. Pletiva

Prednost pletiva nije u čvrstoći već u elastičnosti i mekoći, pa je udobnije od tkanine, međutim zbog izrazito manje otpornosti na habanje i trajnosti, nestabilnosti i manje prekidne sile u odnosu na tkaninu, umjetnu kožu i prirodnu kožu koristi se najčešće kao treći sloj kompozitnog višeslojnog materijala za automobilske navlake za sjedala. S obzirom da je učvršćena na poleđini zaštićuje poliuretansku spužvu i doprinosi elastičnosti, čvrstoći i mekoći automobilske navlake. U novije vrijeme pletivo se koristi u dijelu navlake koji je u dodiru s glavom putnika i to kao dvodimenzionalno šupljikavo osnovino pletivo [13]. 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 (sl.1).



Sl. 1 Automobilska navlaka od različitih materijala



### **2.3.3. Netkani tekstil**

Netkani tekstil spada u tehnički tekstil i ima treće mjesto u proizvodnji tekstilnih plošnih proizvoda i to iza tkanina i pletiva. Zbog svojih specifičnih svojstava i velikim rasponima u debljini, masi, voluminoznosti, elastičnosti, krutosti, te 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 prednost kod opredjeljivanja za taj proizvod. Prema dosadašnjim praćenjima proizvodnje netkanog tekstila vidljiv je njegov kontinuirani porast i sve šira primjena. U automobilskoj industriji ima najveći udio od tekstilnih proizvoda i nezamjenjiv je za zvučnu i vibracijsku izolaciju.

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 [4].

Netkani tekstil koristi se i kao poledina sjedala i dio je navlaka za automobilska sjedala. Jedan od problema je spajanje netkanog tekstila šivanjem s drugim materijalom zbog nestabilnosti šava. Stoga se koristi netkani tekstil s optimalnom gustoćom vlakana, kompaktnošću ali i mekoćom [14-16].

### **2.3.4. Umjetna koža**

Umjetna koža ima izrazito visoku otpornost na habanje, ali se ponekad osjeća određena neudobnost (hladnoća), pri duljem sjedanju. Razvojem proizvodnje umjetne kože njezina svojstva se sve više mogu približiti uporabnim zahtjevima za automobilske navlake. Umjetna koža često se 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 automobilske navlake za sjedala su od velike važnosti [17]. Takvi proizvođači automobila ne štede na interijeru i koriste većinom skupe materijale za automobilske navlake jer žele ponuditi osim besprijekornog automobila, sigurnost, udobnosti ali i besprijekorni unutarnji interijer od umjetne kože koja se može danas proizvesti sa ciljanim svojstvima i po želji kupca.

Novе tehnologije za proizvodnju umjetne kože danas nude savršene brušene materijale vrlo ugodnog opipa i eko proizvode [18].

### **2.3.5. Prirodna koža**

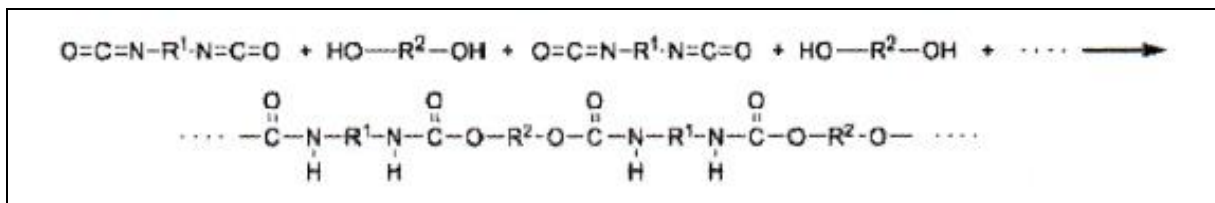
Predstavlja jedan od najskupljih materijala za automobilske navlake u automobilima. Kože koje se najčešće koriste za proizvodnju navlaka za automobilska sjedala u različitim putničkim vozilima su: goveđa, teleća, konjska, svinjska, kozja i ovčja i to zbog svoje visoke čvrstoće, elastičnosti i otpornosti na habanje. Mekane su i glatke i imaju dobru propusnost zraka. Prirodna koža se smatra da je najudobnija i najzdravija u dodiru s ljudskim tijelom, osobito ako je štavljena biljnim tvarima i u prirodnoj boji. Vachette goveđa koža biljno ili kromno uštavljena koristi se često za automobilske navlake i ubraja u tanje kože velike površine. Odlikuju se mekoćom i blagim opipom i lakim održavanjem. Velike prekidne sile, istežanje, otpornost na habanje i stabilnost daje garanciju da je koža vrlo trajan i otporan proizvod.

Zbog relativno visoke cijene i dobrih svojstava prava koža se kao i umjetna ugrađuje uglavnom u skuplja vozila renomiranih proizvođača i još uvijek je san mnogih vozača. Stoga će prirodna koža imati i u budućnosti zagantirani udio u uporabi za automobilske navlake za sjedala bez obzira na razvoj sintetičkih materijala. Odabirom smjera kože kod krojenja, duljine šivaćeg uboda, vrste konca i igle kod šivanja može se postići da i šivano mjesto ima dobra svojstva [19].

Postoji često puta kontinentalne udaljenosti (uzgoj goveda primjerice u Južnoj Americi, prerada, štavljenje i bojadisanje u Europi, konfencioniranje u Srednjoj i Istočnoj Europi te Aziji), koje se moraju uzeti u obzir prvenstveno zbog finalne kvalitete automobilske navlake.

### **2.3.6. Poliuretanska spužva**

Poliuretan, skraćeno PU, polimer je koji se sastoji od lanca organskih jedinica povezanih uretanskim vezama. Poliuretanski polimeri formiraju se reakcijom monomera koji sadrže dvije izocijanatne funkcionalne grupe s drugim monomerom koji sadrži dvije alkoholne grupe u prisutnosti katalizatora (sl. 2) [20].



Sl. 2 Poliuretanski polimer formiran reakcijom diizocijanata s poliolum

Fizikalni i kemijski karakter, struktura i molekularna veličina komponenata utječu na polimerizaciju, kao i konačna fizikalna svojstva dobivenog poliuretana. Dodatno, različiti katalizatori, površinsko-aktivne tvari, dodaci za protupožarnu zaštitu, zaštitu od svjetla i različita punila kontroliraju i modificiraju reakciju, kao i svojstva samog poliuretana. Svojstva poliuretana određuju se ponajviše pravilnim izborom poliola, ali i izbor diizocijanata utječe na mehanička svojstva i primjerice stabilnost na svjetlo. Mekši i elastičniji poliuretani dobivaju se izborom polieterskih poliola, dok se tvrdi dobivaju upotrebom polifunkcionalnih poliola, jer oni formiraju trodimenzionalne strukture koje mogu biti u obliku rijetke suhe pjene. Tvrđa pjena dobiva se uz pomoć katalizatora, a katalizatori utječu na konačna viskozno-elastična svojstva [21].

Prema tome, poliuretanska formula pokriva izrazito širok raspon krutosti, tvrdoće i gustoće. Poliuretanski materijali uključuju:

- fleksibilne pjene niske gustoće za upotrebu u industriji namještaja i automobilskoj industriji (sjedala),
- krute pjene niske gustoće za toplinsku izolaciju u građevini ili izolaciji hladnjaka,
- meke pune elastomere koji se upotrebljavaju kao jastučići od gela raznih primjena,
- tvrde pune plastike za npr. strukturalne dijelove različitih instrumenata,
- boje, lakovi i različiti adhezivi i,
- za tekstilnu industriju posebno važna elastanska vlakna kao i poliuretanski nanosi na tekstilne materijale.

Poliuretani imaju prednosti u odnosu na druge polimere jer su postojaniji na abraziju i cijepanje, čvršći su i trajniji, a mogu se prevlačiti na tekstil i kožu [22].

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 s većom hidrofilnošću a da joj se ne naruši mekoća, trajnost ali i 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 izuzetno ugodnu 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 1-11 mm. Na dijelovima navlake koja su izložena većem pritisku ušiva se materijal s debljom poliuretanskom spužvom.

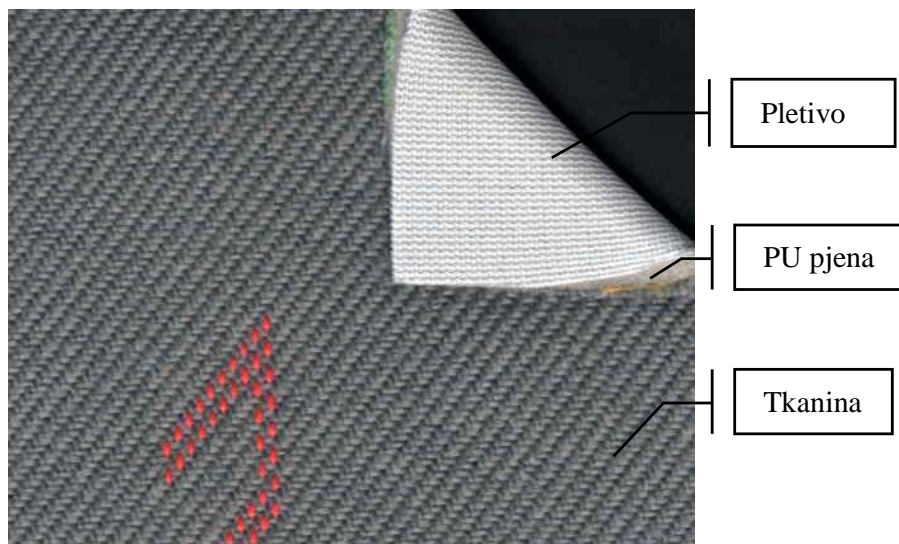
Dio navlake za sjedenje i naslanjanje imaju najdeblju spužvu, dok bočni i stražnji dijelovi navlake su od materijala s tanjom spužvom. Time se dobiva veća stabilnost navlake a udobnost se ne smanjuje [18].

### **2.3.7. Kompoziti**

Značaj kompozitnih materijala u izradi autonavlaka je od izuzetne važnosti zbog visokopostavljenih i složenih zahtjeva za interijer prometala. Sjedala u prometlima trebaju omogućiti putniku optimalan položaj tijela, te osigurati udobno sjedenje. Odabir materijala, preciznost krojenja i kvalitetno spajanje krojnih dijelova šivanjem ima za cilj da automobilske navlake traju barem do prosječnog vijeka trajanja prometala. 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 navlaka za autosjedala jeste spojiti kvalitetno krojne dijelove navlake koji su često iz različitih materijala, različite debljine i tvrdoće probadanja. Prilagođavanjem automobilske navlake sve složenijem ergonomskom obliku sjedala zahtjeva 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 navlaka za autosjedala. Nije moguće predvidjeti u skoroj budućnost 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.

Poželjno je da materijali za autosjedala kroz cijeli vijek trajanja prometala zadrže svoj izgled i udobnost pri sjedenju. Zbog toga su danas to materijali izrađeni u obliku kompozita gdje se plošno termički učvršćuje više različitih materijala.

Najčešće su to na licu tkanina, umjetna ili prirodna koža ili pletivo, potom poliuretanska spužva i na poledini tanko pletivo (sl. 3). Time se postiže maksimalna udobnost pri uporabi takvih materijala za navlake za sjedala, njihova dugotrajnost, stabilnost i elastičnost, prozračnost.



Sl. 3 Kompozitni materijal za auto navlake

Tkanina se najčešće koristi kao površinska komponenta višeslojnog materijala za automobilske navlake, koja daje udobnost i mekoću pri dodiru s tijelom, lakše se oblikuje u ergonomski oblik sjedala. Poliuretanska spužva kao unutarnja komponenta u automobilskim navlakama daje mekoću i udobnost pri sjedenju. Jedna od bitnih svojstava poliuretanske spužve je krutost navlake koja onemogućuje savijanje, nabiranje, gužvanje i rastezanje na mjestu sjedenja. Prednost pletiva kao treće komponente u kompozitu je visoka elastičnost, istovremeno i mekoća, pa je udobnije od tkanine. Zbog manje otpornosti na habanje i trajnosti, nestabilnosti i manje prekidne sile u odnosu na tkaninu, umjetnu kožu i prirodnu kožu koristi se najčešće kao treći sloj kompozitnog višeslojnog materijala za automobilske navlake.

Auto navlake spadaju u kompozitne materijale i predstavljaju dio svakog automobila i predstavljaju jedan od prvih dijelova s kojima se kupac, odnosno putnik susreće - vizualno i dodirrom. Kvaliteta auto navlaka je od izuzetne važnosti svakog automobila. Vijek trajanja temeljnih auto navlaka trebao bi biti barem koliki je vijek trajanja automobila. Uporabna vrijednost ovog kompozita (tkanina + poliuretan + pletivo) uveliko ovisi o sili razdvajanja pojedinih komponenata (tkanine i pletiva).

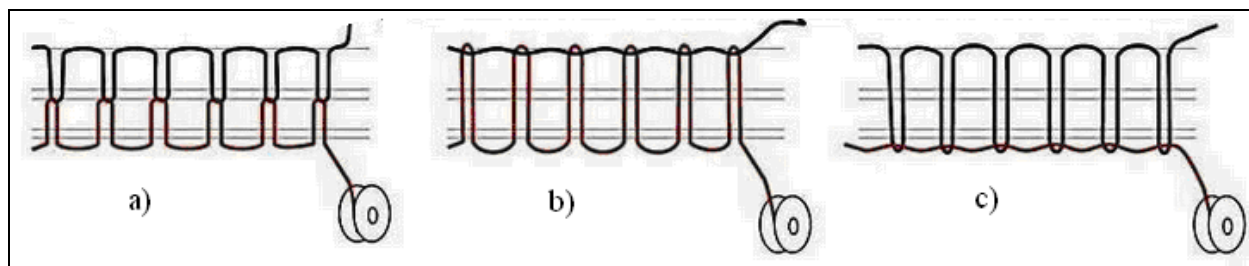
Budući se komponente spajaju termičkim putem, temperatura, brzina prolaza materijala i debljina poliuretana izravno utječu na kvalitetu i čvrstoću spajanja. No optimiranje čvrstoće i kvalitete spoja ovisi i o mnogim drugim uvjetima ali i o praktičnom iskustvu poslužitelja stroja za spajanje i tehnologa. Loše spojene komponente ne mogu se naknadno ispraviti i predstavljaju jednu od najnepoželjnijih pojava koje uzrokuju lošu kvalitetu auto navlake.

Loše spojene komponente nije moguće vizualno primjetiti na materijalu, pa je potrebna kontrola sile razdvajanja nakon svake promjene uvjeta ili materijala kod termičkog spajanja komponenata [23-27].

### 2.3.8. Šivaći konci

Značenje šivaćeg konca u suvremenim proizvodnim procesima za izradu navlaka za automobilska sjedala usmjerenim na smanjenje troškova često se zanemaruje. Kvaliteta, optimalni izbor boja i široka ponuda uzimaju se kao nešto razumljivo samo po sebi, a problemi u proizvodnji se pojavljuju ako jedan od ovih parametara ne udovolji. Finoća, sirovinski sastav, boja i čvrstoća konca moraju biti dobro odabrani da bi spojena mjesta mogla zadovoljiti u kvaliteti i trajnosti. Veća ili manja napetost konca ima za posljedicu nepravilan i loš izgleda šava te opasnost od oslabljenja šava i odvajanja krojnih dijelova (sl. 4).

Šivaći konci za automobilske navlake najčešće imaju sljedeće karakteristike: finoće 50-100 tex, prekidna čvrstoća 40-80 cN/tex, prekidno istezanje 20-30%, sirovinski sastav: poliester, poliamid, pamuk, smuđeni, mercerizirani i parafinirani. Dobra svojstva konca definirana su čvrstoćom, elastičnošću, rastezljivošću, mekoćom, jednoličnošću, sjajem i glatkoćom. Može biti „bondiran“ što znači da su komponente u koncu međusobno slijepljene i time je spriječeno "otvaranje" konca kod višesmjernog kretanja kod šivanja i relativno visokog habanja [28].



Sl. 4 a) optimalna napetost gornjeg i donjeg konca,  
b) povećana napetost gornjeg konca i  
c) povećana napetost donjeg konca.

Konci za šivanje automobilskih navlaka moraju imati iznimno visoku čvrstoću. Dobrim odabirom vrste uboda, šava i konca mogu se dobiti šivani šavovi točno određene čvrstoće i elastičnosti, što je osobito važno za automobilske navlake.

Osim toga šivači konac mora imati otpornost na habanje, atmosferske utjecaje i temperaturu u tijeku šivanja i u vrijeme korištenja navlaka. Cilj je da trajnost konca odnosno šivaćeg šava bude koliko i trajnost navlaka.

Tijekom procesa šivanja dolazi do dinamičkog opterećenja konca koja ovisi o ubodnoj brzini šivanja što uzrokuje promjene mehaničkih svojstava konca. Tijekom tvorbe uboda konac je izložen vlačnim, tarnim i pregibnim opterećenjima. Najveća opterećenja konca nastaju na mjestima i u trenutku presavijanja u području ušice igle i u području preplitanja donjeg i gornjeg konca. Osim dinamičkog opterećenja igleni se konac izlaže trenju i savijanju u malom promjeru, pritisku, istezanju i habanju, te velikim brzinama i ubrzanjima. Zbog cikličkog opterećenja pri različitim brzinama javljaju se i toplinska opterećenja konca. Mehanička svojstva konca za šivanje automobilskih navlaka ovisi osim konstrukcijskih parametara konca i o svojstvima materijala. Brzina šivanja rezultira veću vlačnu silu konca i veće trenje konca s elementima za vođenje. Posljedica toga su promjene čvrstoće konca nakon procesa šivanja. Višeslojni materijali koji se koriste za automobilske navlake različitih sirovinskih sastava, tvrdoće probijanja i tehnologija, zahtijevaju izrazito čvrsti i otporan konac na spomenuta opterećenja. Većina sila koje djeluju u koncu su ciklička pa stoga dolazi do zamora konca, povezanog sa zamorom pojedinačnih vlakana u koncu. Optimalan broj uvoja konca i komponenata u koncu, pravilno stupnjevito končanje, osigurava kružni oblik poprečnog presjeka konca, što znači minimalnu dodirnu površinu između konca i šivaće igle.

Optimalan broj uvoja i pravilno obavijanje niti u koncu osigurava odgovarajuća viskoelastična svojstva konca što je neophodno za postizanje otpornosti na dinamička opterećenja u procesu šivanja. Ako dinamičko opterećenje konca prelazi opterećenje u točki popuštanja dolazi do neželjene plastične deformacije konca [29].

#### **2.4. Kvaliteta materijala za automobilsku industriju i GME propisi**

Na kvalitetu tekstilnih materijala za automobilsku industriju i njezino ispitivanje i ocjenjivanje postavljaju se sve stroži zahtjevi.

Stoga se pojedine značajke i karakteristike ocjenjuju primjenom standardiziranih metoda, a mnoge dodatne pojedinosti utvrđuju i specificiraju pojedini proizvođači automobila i pokrivaju ih svojim internim propisima, koji u pojedinostima većinom nisu poznati izvan određenog poduzeća ili korporacije. Ipak, u novije vrijeme učinjeni su značajni pomaci u objedinjavanju zahtjeva i metoda ispitivanja tekstilija za automobilsku industriju po pojedinim regijama svijeta. Tako za europske proizvođače automobila posebno značenje dobivaju GME propisi.

GME je kratica od General Motors Europe, tj. dijela velike svjetske korporacije General Motors, koja obuhvaća europske proizvođače automobila, pri čemu se posebno ističu marke Opel, Vauxhalle, Saab, Cadillac i Chevrolet. Okupljanjem proizvođača moćne i dinamične automobilske industrije dobivena je mogućnost postavljanja jedinstvenih kriterija za razne aspekte kvalitete raznovrsnih materijala koji se koriste u izradi automobila, specifikacije testova, metoda i postupaka ispitivanja od laboratorijskih do ispitivanja probnim vožnjama. U tom se smislu za cjelokupnu grupaciju dogovaraju jedinstvene norme, a kako se radi o proizvodima kod kojih su osobito naglašeni sigurnosni zahtjevi, to podliježu i posebnim europskim direktivama.

Radi dostupnosti što širem krugu zainteresiranih za ovu industriju i proizvodnu granu, korporacija je osnovala i osigurala kvalitetan internetski uslužni portal (IHS Automotive - General Motors Standards) u okviru kojeg se može doći do brojnih korisnih informacija o tome koje norme valja primijeniti u proizvodnji i ugradnji raznovrsnih materijala kao i u ispitivanju kvalitete materijala, sastavnih dijelova i proizvoda [30].

Tab.1 GME propisi za ispitivanje osnovnih svojstava tekstilnih materijala za auto navlake[30]

Svojstvo	GME metoda	Izvorna metoda	GME zahtjev
Debljina (mm)	GME 60 303 1A	BS 4443, DIN 53 105, DIN 53 353, DIN 53 370, DIN 53 570, DIN 53 855	0,8-1.1 (min 0,75)
Plošna masa (gm <sup>-2</sup> )	GME 60 301	BS 7, DIN 53 104, DIN 53 352. DIN 53 854	min 310
Prekidna sila (N na 5 cm)	GME 60 325 D	BS 2782, BS 3424, DIN 53 112 DIN 53 354, DIN 53 455, DIN 53 857	uzdužno, suho/mokro - min 400/300 poprečno, suho/mokro -min 400/300
Prekidno istezanje (%)	GME 60 305	GM propisi	uzdužni smjer, 5-12 poprečni smjer. 15-30 zaostalo, maks. 5
Prekidna sila (N na 5 cm) (nakon 48 sati na +90 °C)	GME 60 325 D	BS 2782, BS 3424, DIN 53 112 DIN 53 354, DIN 53 455, DIN 53 857	uzdužni smjer, min 400 poprečni smjer, min 400
Prekidno istezanje (%) (nakon 48 sati na +90 °C)	GME 60 325 D	BS 2782, BS 3424. DIN 53 112 DIN 53 354. DIN 53 455, DIN 53 857	uzdužni smjer, 5-12 poprečni smjer, 20 -40
Sila pretrgavanja (N)	GME 60 334 A	BS 3424, DIN 53 356	uzdužni smjer, min 35 poprečni smjer, min 25



Otpor na šivaći ubod (N)	GME 60 329	DIN 54 301	uzdužni smjer, min 50 poprečni smjer, min 250
Čvrstoća šava (N na 5 cm)	GME 60 341	BS 1610, DIN 51 221	uzdužni smjer, min 400 poprečni smjer, min 400 dijagonalno, min 400
Promjena dimenzija pri zagrijavanju (%)	GMI 60 307 1C	GM propisi	u jednom smjeru, maks. 0,6 u oba smjera, maks. 1
Otpornost na hladnoću (na-30 °C)	GME 60 306	GM propisi	bez vidnog oštećenja, prekida ili laminacije
Mekoća (cm)	GME 60 302 A		uzdužni smjer, 10-15 poprečni smjer, 8-13
Broj mekoće	GME 60 302 A		uzdužni smjer, 110 – 200 poprečni smjer, 110 - 200
Postojanost na umjetno svjetlo	GME 60 292 A	DIN 57 202, DIN 54 001, DIN 54 004	min 6; bez promjene boje, sjaja i površine
Hlapivost organskih spojeva (na +90 °C)	GME 60 326 AB	DIN 67 530, DIN 75 201, TM 587 500	reflektometarska vrij., min 90 kondenzat, maks. 3 mg
Ocjena mirisa	GME 60 276	DIN 50011	A1 min 6 B1 min 6
Brzina gorenja (mm/min)	GME 60 261	US 571.362, US-FMV 55302 GMUTS L-T06-3026	ne gori, ili brzina fronte maks. 100
Otpornost na trenje	GME 60 366		250 prolaza bez oštećenja

U tom smislu navode se serije normi oznake ES. koje se većinom temelje na poznatim američkim (ASTM), britanskim (BS), njemačkim (DIN) i međunarodnim (ISO) normama, a u nekim pojedinostima su modificirane i prilagođene specifičnim zahtjevima koje trebaju ispunjavati vozila i mogućnosti njihove ocjene. Riječ je o velikom broju normi i zahtjeva, a grubo uzevši odnose se na sljedeća područja:

- GME specifikacije za inženjerske materijale - serija ES 100.

Ovaj normni niz obuhvaća metale, nemetale, mješovite materijale, plastiku, prirodnu i umjetnu kožu, izolacijske materijale, podne podmetače i obloge, tekstilne materijale koji se upotrebljavaju za unutrašnjost vozila i njihove kombinacije s drugim materijalima;

- GME specifikacije koje se odnose na testiranje - serije ES 115, 120 -145

Obuhvaćaju specifikaciju vrste testova - od laboratorijskih do cestovnih, metode i postupke ispitivanja raznovrsnih gradbenih materijala, korozije, sigurnosti i si. Iz tog opsežnog područja dat će se prikaz metoda ispitivanja jednog malog segmenta tekstilnih materijala koji se upotrebljavaju za unutrašnje uređenje vozila.

Jasno je da se u skladu s predviđenom namjenom od materijala očekuje zadovoljavanje odgovarajućih, često i specifičnih zahtjeva. Stoga se u skladu s time postavljaju i odgovarajući zahtjevi na kvalitetu i propisuju metode primjenom kojih valja provoditi ispitivanja pojedinih svojstava relevantnih za kvalitetu. Valja napomenuti da se u pogledu nekih svojstava i značajki metode ispitivanja ne razlikuju bitno od konvencionalnih metoda i postupaka ispitivanja specificiranim u pojedinim nacionalnim normama. Međutim, kod karakterizacije nekih drugih svojstava zahtjevi su brojniji i složeniji.

Riječ je u prvom redu o otpornosti na karakteristična opterećenja (npr. otpornost materijala na starenje i istežanje pri povišenim temperaturama, dugotrajnom djelovanju svjetla, hladnoće, postojanosti na intenzivne postupke čišćenja i održavanja i sl.). U tab.1 navedene su karakteristike i metode ispitivanja koje je za njihovu ocjenu specificirala GME korporacija, pa se navode kao njihov standard.

Gdje god je dostupnost informacije to omogućavala, uz oznaku GME norme navedene su i nacionalne ili regionalne norme koje su poslužile kao osnova pri stvaranju određene GME norme. U tablici su također navedeni GME zahtjevi za pojedino svojstvo te najosnovniji uvjeti ispitivanja.

Pored temeljnih ispitivanja za razna ispitivanja materijala posebnih sigurnosnih zahtjeva primjenjuju se sofisticirani postupci simulacije korištenja automobila u različitim uvjetima. Takve se simulacije najčešće rade računalnom tehnologijom, razvojem i primjenom složenih matematičkih modela, a za utvrđivanje pojedinih karakteristika takvih materijala razvijaju se i specijalne metode i postupci ispitivanja i ocjenjivanja moguće učinkovitosti zaštite, ali i eventualnih nepoželjnih efekata.

## **2.5. Šivaći strojevi za izradu auto navlaka**

Kod izrade navlaka za sjedenje od izuzetne važnosti je pravilno odabiranje vrste i duljine šava, što zahtijeva poštivanje normi (ASTM D6193). Šivanje navlaka zahtijeva specijalne šivaće strojeve koji su prilagođeni za šivanje višeslojnih debelih materijala (sl. 5). Šivaći stroj mora imati mogućnost šivanja višeslojnih materijala iz različitih sirovina bez oštećenja i zatezanja pojedinih komponenti.

Šivaći strojevi namijenjeni za šivanje automobilskih navlaka znatno su robusniji od konvencionalnih. Mogu biti izrađeni s produženom glavom i slobodnim rukavcem za lakšu manipulaciju materijala u vrijeme šivanja.

Na sl. 3 prikazanje pogon šivaone tt. Prevent iz Visokog za šivanje automobilskih navlaka gdje su vidljivi šivaći strojevi tt. Diirkopp Adler oznake 367. Ovi strojevi šivaju dvostrukim zrnčanim ubodom, imaju automatsko rezanje konca i učvršćuju početak i završetak šava [31]. Opremljeni su donjim, iglenim i gornjim promjenljivim posmikom materijala. Imaju nazivnu brzinu šivanja oko  $2800 \text{ min}^{-1}$ .



Sl. 5 Šivanje auto navlaka za sjedala u automobilima na šivaćem stroju tt. Durkopp Adler

U novije vrijeme posebna pažnja u proizvodnji šivaćih strojeva namijenjenih za šivanje višeslojnih materijala posvećena je ergonomskom oblikovanju, povećanju učinka, jednostavnijoj i lakšoj manipulaciji većih krojnih dijelova, većem podizanju papučice, jednoličnoj duljini uboda i fleksibilnošću.

### 2.5.1. Šivaće igle

Svi tehnološki parametri šivanja koji utječu na kvalitetu šava moraju se pažljivo međusobno uskladiti, počevši od materijala i namještanja stroja, preko vođenja i napetosti konca do igle. Oštećenje materijala tijekom šivanja nastaje neusklađenost finoće šivaće igle i oblik vrha s materijalom koji se šiva. Materijal, igla i konac su nedjeljivi trio koji izravno utječu na kvalitetu šava. Veličina ušice šivaće igle i debljina konca moraju biti međusobno precizno usklađeni da bi konac mogao prolaziti kroz ušicu sa što manjim trenjem.

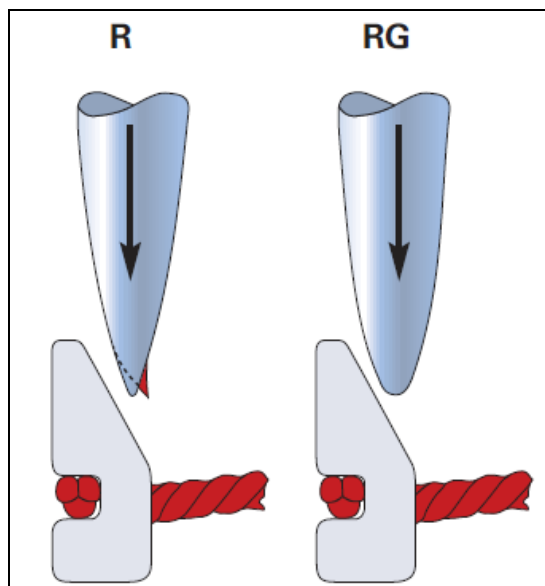
To je osobito jasno ako se predoči da se gornji konac na jednom mjestu kod dvostrukog zrnčanog uboda 25-60 puta povlači kroz ušicu naizmjenice u oba smjera dok se ne spoji u sredini materijala kao šav s donjim materijalom. Materijal je onaj koji odlučuje kojom debljinom igle se postiže probadanje bez oštećenja. Višeslojni materijali iz različitih sirovina kod šivanja navlaka za sjedala u automobilima povećavaju složenost odabira igle. Postoje neka pravila kao: što je finija struktura materijala to bi trebala biti i finija igla; što je manji promjer igle to se manje potiskuje ili proširuje ubodna rupa u materijalu.

Ako je nit elastičnija, a šivaća igla tanja oštećenje materijala biti će manje ako su i drugi parametri optimalno postavljeni.

Ako je nit neelastična i šivaća igla deblja povećava se trenje u ubodnim mjestima šivaće igle s materijalom koji se u tom dijelu oštećuje. Osim finoće šivaće igle vrlo važan je njen oblik vrška za kvalitetu šava i stupanj oštećenja materijala. Za šivanje automobilskih navlaka gdje igla probada više različitih materijala, različitih debljina i osjetljivosti, oblika vrška i debljinu šivaće igle je teže odabrati od šivanja istih materijala [31].

Šivaća igla je element koji uz hvatalo neposredno sudjeluje u oblikovanju šivaćeg uboda, ima zadatak da svojim vrhom probada materijal za šivanje, a zatim sama prolazi kroz njega, pomaže pri provlačenju konca potrebnog za oblikovanje uboda, a pri povlačenju igle u gornji položaj, usljed trenja konca s materijalom pripomaže da se oblikuje petlja konca. Tu petlju zahvaća hvatalo te na taj način počinje oblikovanje strojnog šivaćeg uboda [32].

Vršak igle predstavlja jedan od najbitnijih dijelova igle i o njemu ovise probodne sile te kvaliteta šivanog šava. Na sljedećoj slici vidljiva su dva vrška igle, gdje je vršak RG prihvatljiviji [33].



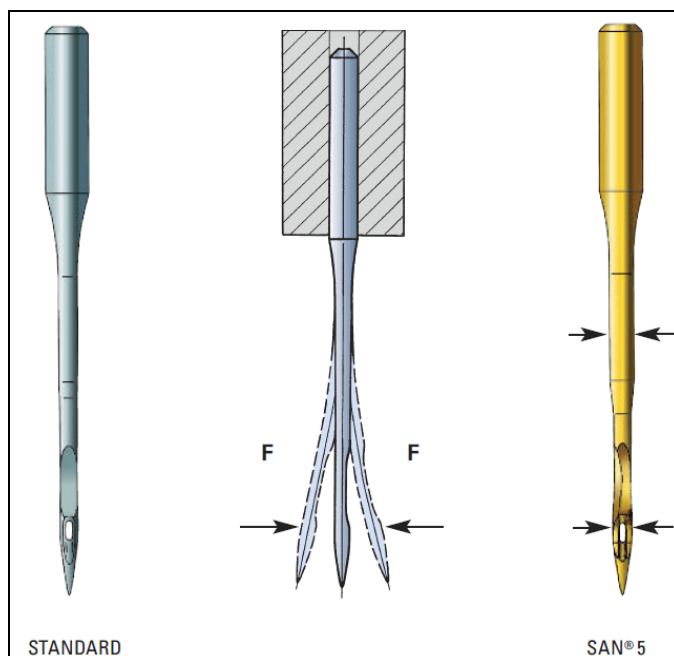
Sl. 6 Vršci igle R i RG tt. Groz Beckert

Tvrdoća šivaćih igala, površinska obrada i površinski nanos imaju izuzetno bitnu ulogu u kvaliteti šivanog šava, kao i probodnim silama. Na sljedećoj slici prikazane su različite tvrdoće šivaćih igala izrađene od različitih materijala.

Vršak šivaće igle koji ima manji promjer, prolazi kroz strukturu niti pređe tkanine odnosno pletiva s manjim trenjem, dok šivaća igla u području ušice šivaće igle poveća otpor i trenje te u nekim slučajevima dovodi do oštećenja niti pređe. Zbog toga se u procesu šivanja primjenjuju razni oblici i vršaka šivaćih igala, sl. 7, 8 [28].



Sl. 7 Različiti oblici igala tt.Groz Beckert

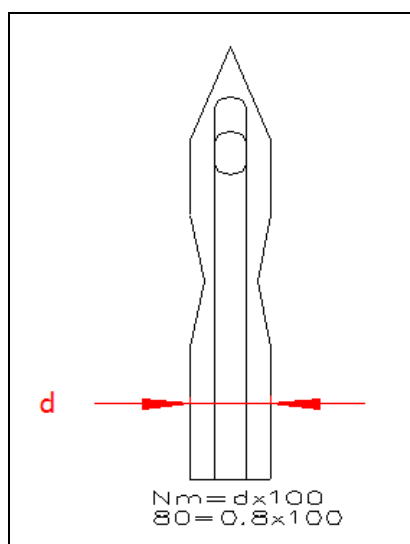


Sl. 8 Oblik standardne i SAN igla tt.Groz Beckert koje su korištene u ovom radu

Tijekom razvoja odjevnog inženjerstva u uporabi je dosada bilo više od 2000 različitih sustava označavanja igala spram njihove debljine, odnosno finoće, i oblika.

Tek je polovicom 20-tog stoljeća donesen standard koji je trebao zamijeniti tada dominantnih 40-tak sustava označavanja. Prema standardu DIN 5325 igle za strojno šivanje označavaju se na temelju debljine šivaće igle primjenom metričkog sustava, sa skraćenom oznakom Nm.

Metrički broj Nm odgovara stostrukom promjeru tijela šivaće igle "d" u mm, sl. 9, mjenom u cilindričnom području tijela igle iznad usjeka ili kratkog žljebića, ali ne u području zadebljanja igle. To znači da se debljina šivaće igle označava u 1/100 mm. Npr. igla debljine 0,9 mm nosi oznaku 90.

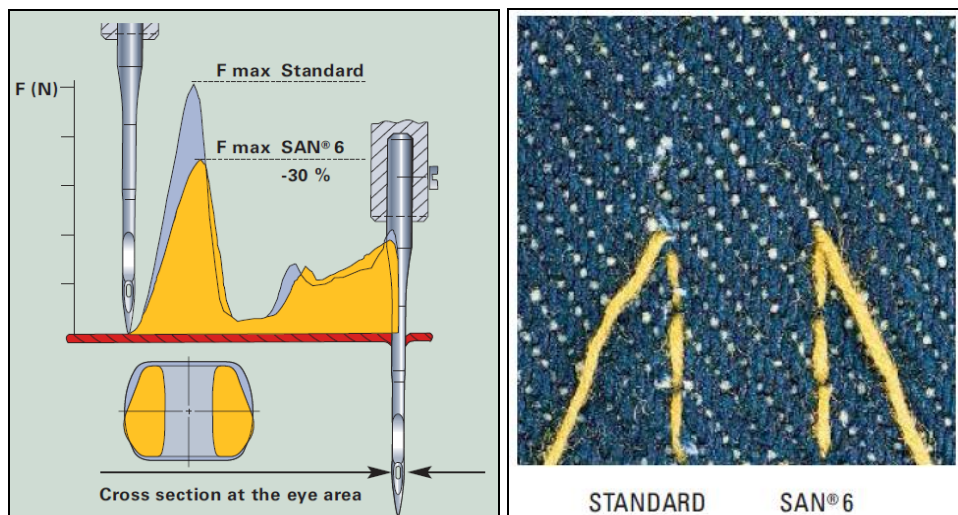


Sl 9. Određivanje finoće šivaće igle

Prema obliku vrha, igle se dijele u dvije osnovne grupe:

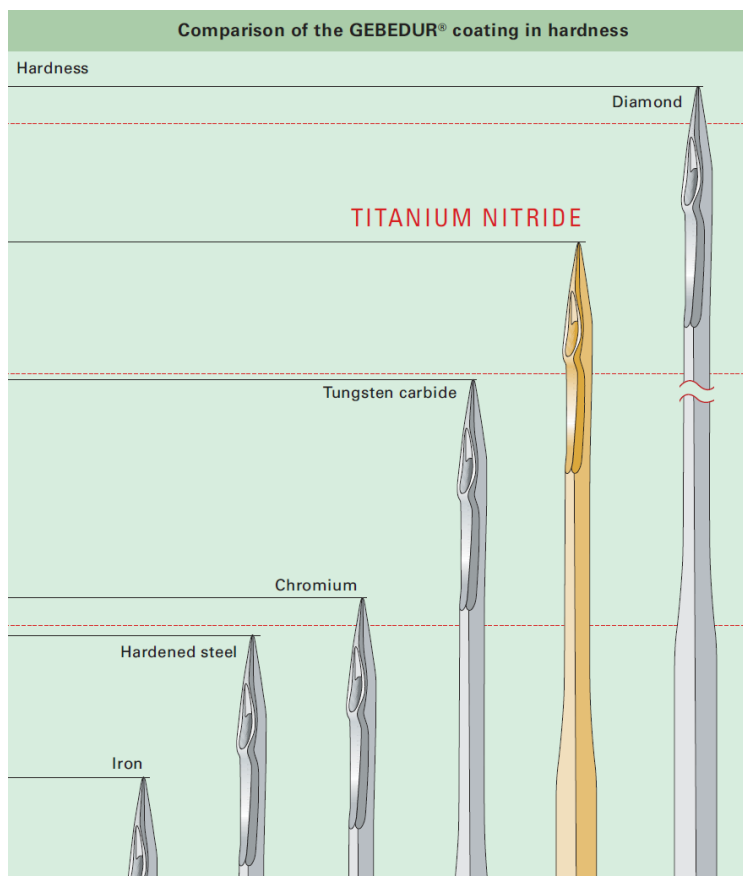
- Igle konusnog oblika sa zaobljenim ili zaoštrenim vrhom,
- Igle s vrhom za siječenje sa kožarskim vrhom.

Poduzeće „Prevent“ za šivanje autopresvlaka koristi uglavnom igle tt. Groz Beckert Nm 110. Tvrtka Groz-Beckert za šivanje teških materijala predlaže korištenje igala trgovačkog naziva SAN 6 koje se odlikuju izvanrednom otpornošću na savijanje, a ipak su potrebne manje prohodne sile nego kod standardnih igala (sl. 10). Poboljšani žljebić pruža savršenu zaštitu kod dodira s hvatačem konca. Igle ove oznake imaju potpuno glatke, ispolirane ušice. Zahvaljujući ovim svojstvima razvijena je igla koja ispunjava sve zahtjeve za šivanje teških materijala i kompozita. Ovakvom iglom se postižu maksimalne brzine šivanja bez krivih uboda, očuvanje materijala i šivaćeg konca [33, 34].



Sl. 10 Prikaz sile probadanja i šava sa standardnom i SAN iglom tt. Groz Beckert

Ova je šivaća igla proizvedena visokozahvatnim postupkom. Optički se razlikuje od konvencionalne šivaće igle po zlatnoj boji, koju dobiva od nanosa titannitrida. U mnogim područjima šivanja zanimljiva su prije svega tehnička svojstva ove šivaće igle. Usprkos ekstremnoj Vickersovoj tvrdoći površine iznad 2300, GEBEDUR igla je viskoelastična. U praksi to znači da podnosi najviša opterećenja, bez pojava zamora. Vršak igle je kod dodira s hvatačem konca ekstremno otporan na lomljenje, habanje ili deformiranje. Zahvaljujući glatkoći i neznatnom trenju, GEBEDUR igla se znatno manje zagrijava. Kod ove igle nema pojava adhezije. Otporna je na prljanje i lijepljenje. Zahvaljujući ovim svojstvima, igla se izvanredno ponaša kod najzahtjevnijih primjena, uz maksimalno očuvanje materijala i kod najviših brzina šivanja. Za GEBEDUR postupak najvažnija je povezanost između sloja titannitrida i čelika igle, a da se time ne mijenja geometrija ili mehanička svojstva igle (sl. 11) [33].



Sl. 11 Različite tvrdoće igala

Tab. 2 Oznake vrhova igala tt. Groz Beekert sa pripadajućim oznakama:

<p>FG/SUK</p>	<p>Srednji kuglasti vrh.</p>	<p>Za elastične, gumene i tkanine sa elasthanom.</p>
<p>G</p>	<p>Veliki kuglasti vrh</p>	<p>Za vrlo grube i visoko elastične pletenine kao što su džemperi i pletene jakne.</p>
<p>SKL</p>	<p>Tupi stožasti vrh</p>	<p>Za pletenu sa visokim udjelom elastana. Za ortopedsku odjeću.</p>



	Vitki stožasti vrh	Bluze, suknje, hlače i drugi odjevni predmeti .
	Normalni stožasti vrh	Košulje, hlače i haljine.
	Zaobljeni stožasti vrh	Za fine pletenine i mikrovlakna.
	Mali kuglasti vrh	T-shirt, fine pletenine i donji veš.

### 2.5.1.1. Mehanizmi za pokretanja igle

Mehanizam za pokretanje igle sastoji se od ploče ekscentra smještenog na glavnom vratilu šivaćeg stroja, ovojnice koja je jednim krajem vezan za ekscentrično smješteni svornjak, a drugim krajem na kriznu glavu u kojoj je učvršćena iglenjača.

Davalo konca ima zadaću da tokom oblikovanja strojnog šivaćeg uboda, dodaje konac u trenutku kad se proširuje petlja i gornji konac prebacuje preko vretenca s donjim koncem, te da nakon izvedenog prebacivanja oduzme suvišak konca. Davalo konca se giba sinhronizirano s gibanjem strojne šivaće igle pa su im i mehanizmi vrlo često zajednički.

Hvatalo je zbirno ime za sve strojne elemente raznih konstruktivnih oblika koji svojim vrškom zahvataju izbačenu petlju konca, a potom neposredno sudjeluju u ulančavanju i preplitavanju gornjeg i donjeg konca pri čemu oblikuju strojni šivaći ubod.

Prema vrsti uboda postoje hvatala za:

- zrnčani ubod i
- lančani ubod.

Prema obliku putanje po kojoj se kreću hvatala mogu biti:

- okretno oscilirajuća,
- dvostruko okretna i
- njihajuća.

Prema položaju u stroju hvatala mogu biti:

- vodoravna i
- okomita.

Regulator napetosti konca se fizički smješta ispod davala konca sa zadaćom da šivaćem koncu pruži potrebnu napetost za ispravno oblikovanje strojnog šivaćeg uboda.

### **2.5.2. Opterećenja igle**

Posljedice opterećenja igle prilikom šivanja su:

- savijanje,
- trošenje - habanje,
- zagrijavanje.

Kvalitet igle zavisi od kvaliteta specijalnog čelika iz kojega je izrađena, te postupaka obrade kojima je potrebno obezbijediti odgovarajuću elastičnost, jačinu i gipkost igle. Tanje i neobrađene igle završavaju isključivo lomljenjem, što je često posljedica i nestručnog rukovanja iglom. Deblje igle najčešće postanu neupotrebljive radi trošenja. Igle se jako zagrijavaju ako se šivaju teški i gusti materijali.

Savijanje igala moglo bi se sprečiti kad bi se slagale granice čvrstoće i loma materijala. Pri tome je veoma važan postupak kaljenja čelika.

Habanje igala može se smanjiti površinskom obradom. Posebno trajan i odgovarajuće pokazao se premaz čvrstim kromom.

Opterećenje igle zbog zagrijavanja se uzima u obzir već pri izradi oblika igle. (Zadebljanjem igle kod ušice se ubod proširi i tako se trenje između tijela igle i tkanine smanji. Smanjenje trenja kod izlaska igle iz šivanja postiže se time što se tijelo igle ojača (podeblja) na ovom mjestu, koje kod niskog položaja igle još ulazi u materijal. Tako urađena igla se naziva „Fe“ igla. Vrlo značajna je glatkoća površine igle, zbog čega su igle niklovane ili kromirane. Pored glatke površine, niklovanjem ili kromiranjem postiže se veća otpornost prema toplotnim utjecajima te bolja zaštita od korozije.

### **2.5.2.1. Zagrijavanje igle**

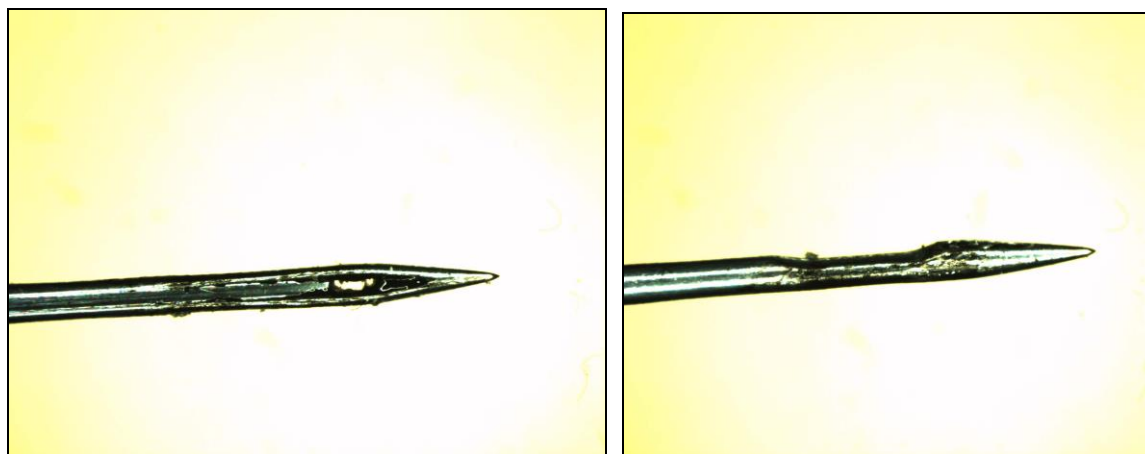
Prilikom šivanja na brzošivaćim strojevima površina igle se zagrijava do 400° C. Ta temperatura za kvalitetnu iglu nije opasna ako se šiva materijal od prirodnih vlakana. Prilikom šivanja sintetičkih vlakana visoke temperature igle nisu dozvoljene, jer se većina sintetičkih materijala topi već na 200 °C i lijepi materijal na iglu. Površina igle postaje hrapava, što prouzrokuje još veće trenje, odnosno temperaturu igle. Zbog toga konac sagori, igla se savije ili slomi.

Bitan utjecaj nastanka oštećenja zbog visoke temperature igle ima, prije svega, brzina šivanja. To potvrđuju sljedeće postavke:

- Prilikom šivanja srednje teških tkanina pri brzini 4000 uboda/min, standardna šivaća igla može postići temperature do 250° C.
- Kod većih brzina modernih šivaćih strojeva (od 8000 do 9000 uboda/min) temperatura igle u najkraćem vremenu penje se na više od 350° C. Tako visoka temperatura igle je štetna za jačinu igle i dovodi pored toga do nedopustivo visoke temperature konca, kao i materijala koji se šiva u području uboda igle.

Prilikom brzog porasta temperaturu igle od 350 °C javljaju se problemi sa apretiranim tkaninama od prirodnih vlakana. Apretura se istopi ili »izgori« i premaže površinu igle, što još nepovoljnije utječe na tok trenja. Još veće poteškoće se pojavljuju prilikom prerade tkanina od sintetičkih vlakana. Prilikom šivenja tkanina od sintetičkih vlakana ili prerade sintetičkog konca temperatura igle ne bi trebalo da pređe 200° C.

Sintetička vlakna imaju termoplastične osobine, što znači da još prije nego što dostignu tačku taljenja dolaze u stanje kada se plastično deformiraju. To je točka omekšavanja i leži za poliamide između 170° C i 235° C, kod poliestera oko 230° C do 240° C.



Sl. 12 Oštećenja igle nakon šivanja kompozita za auto navlake

Zbog toga se pojavljuju prilikom prerade sintetičkih tkanina i pletenina i njihovih mješavina uvijek iznova manje ili veće teškoće kao što su: prljanje igle ostacima otopine, prekidi konca zbog prekoračene točke taljenja i pomankanja uboda. Uzrok tih poteškoća je uglavnom u topljenju dijelova sintetičkih materijala koji dolaze na iglu. Plastično deformirani ostaci ostaju na iglama sve vrijeme rada igle i tako dolazi do još većeg utjecaja trenja između igle i tkanine. Zaustavljanjem šivaćeg stroja, pri čemu se igla odmah ohladi, ostaci taljevine se stvrdu i onemogućavaju upotrebljivost igle za dalji proces šivanja.

Temperaturu zagrijavanja igle možemo smanjiti:

- smanjenjem trenja posebnim konstrukcijskim oblicima igala i njene površine,
- pomoću specijalnih tečnosti (učešćem masnoće ili voskova), koji se mogu prenijeti preko konca ili neposredno preko igle na mjesto najvećeg trenja,
- hlađenjem igala pomoću zgusnutog zraka (Schmetzovo hlađenje).

### 2.5.3. Tehničko-tehnološka uloga šivaće igle u procesu šivanja odjeće

Šivaća igla je uz hvatalo element koji neposredno sudjeluje u oblikovanju šivaćeg uboda. Pored tipa šivaćeg uboda i šava, uređaja za napetost konca, sustava posmika materijala za šivanje te šivaćeg konca šivaća igla ima poseban utjecaj na izgled i čvrstoću šivaćeg šava.

Šivaća igla ima zadatak da svojim vrškom probada šivaći izradak, pri čemu njezin dio s vrškom prolazi kroz izradak u donji položaj te provlači konac za oblikovanje petlje. Nakon toga se šivaća igla izvlači iz šivaćeg izratka u gornji položaj, a zbog trenja konca s izratkom oblikuje se petlja konca. Tu petlju zahvaća hvatalo te se na taj način oblikuje strojni šivaći ubod [34].

Kod oblikovanja lančanog šivaćeg uboda šivaća igla još ima i ulogu da pri gibanju prema dolje prođe kroz prethodnu petlju, petlju konca hvatala, zbog čega šivaća igla za lančani šivaći ubod ima dulji vršak. Pri prolazu šivaće igle kroz šivaći izradak vršak šivaće igle koji dođe najprije u dodir s izratkom razmakne vlakna i utire put kroz strukturu niti pređe tkanine odnosno pletiva. Vršak šivaće igle, koji ima manji promjer, prolazi kroz strukturu niti pređe tkanine odnosno pletiva s manjim razmacima vlakana uz manji otpor niti pređe tkanine odnosno pletiva, dok ušica šivaće igle poveća otpor i trenje, pri čemu u nekim slučajevima dolazi do oštećenja niti pređe. Zbog toga se u procesu šivanja odjeće primjenjuju razni promjeri i oblici šivaćih igala s raznim profilima vršaka igala [35-42].

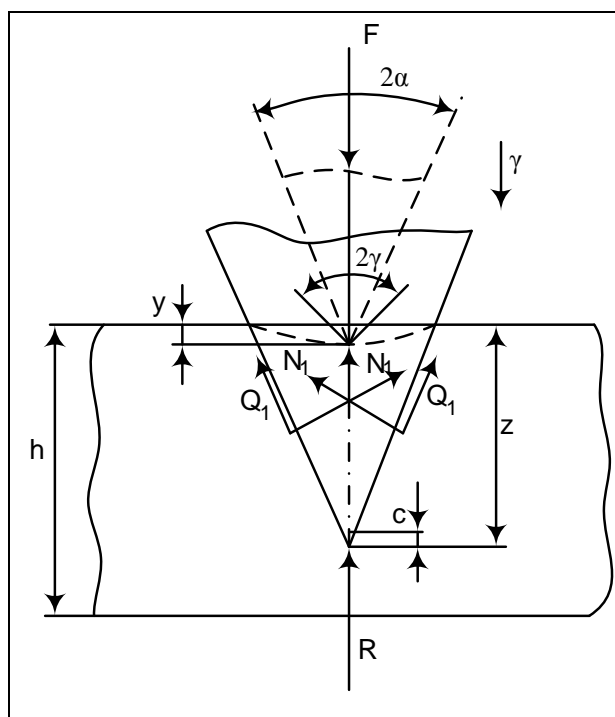
Tako se predmeti od tkanina pretežno šivaju sa šivaćim iglama s blagim kuglastim vrškom, koji prilikom ulaska u šivaći izradak ne oštećuje niti pređe, već ih razmiče u stranu. Kod pletiva niti su međusobno povezane u obliku petlje. Vršak šivaće igle prodire proširujući očice već prema rastućoj debljini kako raste promjer šivaće igle. Nit prede, odnosno očica kod toga dodiruje šivaću iglu u znatno većem kutu obavijanja nego što je to slučaj kod šivanja izratka od tkanine. Dok se probodna sila šivaće igle kod šivanja izratka od tkanine podijeli na četiri niti pređe, kod izratka od pletiva ona se koncentrira samo na jednu nit pređe. Nesrazmjer očica i promjer šivaće igle može tako dovesti do oštećenja očica. Zbog toga se za šivanje pletene odjeće najčešće upotrebljavaju šivaće igle manjih promjera i s malim kuglastim vrškom [43-45].

Općenito se može kazati da se ispitivanje prohodnih sila šivaćih igala temelji na fizikalnom načelu uzrokovanom trenjem između šivaće igle i šivaćeg izratka. Ispitivanja prohodnih sila šivaćih igala po nekim autorima se međusobno razlikuju po pristupu i načinu mjerenja kao i u obradi izmjerenih podataka. Postoji nekoliko načina ispitivanja probodnih sila šivaće igle.

## 2.5.4. Probodne sile mjerene pomoću žičanih otpornika

Dinamičke tokove probodnih sila (sila prodiranja) ispitivao je V. N. Garbaruk [46] pri prodiranju šivaće igle pomoću žičanih otpornika i utvrdio da se tijekom prolaza dijela šivaće igle kroz šivaći uzorak javljaju složeni mehanički procesi. Pri tom je razmatrao proces prodiranja šivaćeg uzorka šivaćom iglom s konusno brušenim vrškom. Vršak šivaće igle ima dva brušenja, pri čemu vršak drugog brušenja pod kutom  $2\gamma$  djeluje na šivaći uzorak samo u početnom momentu prodiranja. Šivaća igla s konusnim vrškom probada šivaći uzorak poput klina, jer baš vršak klina najprije pritišće šivaći uzorak, a zatim ušavši u njega razmiče njegova vlakna. Tada u trenutku prodiranja na šivaću iglu djeluju tri sile:

- sila suprotstavljanja prodiranju šivaćeg uzorka vrškom šivaće igle  $R$  koja je usmjerena prema gore i djeluje u cjelokupnom procesu prodiranja šivaćeg uzorka,
- tlačne sile  $2N_1$  koje djeluju okomito na površinu vrška šivaće igle od strane razmaknutih vlakana šivaćeg uzorka,
- sile trenja  $2Q_1$  šivaćeg uzorka o vršak šivaće igle, usmjerene okomito na prethodne sile i prema gore.



Sl.13. Sile koje djeluju na vršak šivaće igle za vrijeme prodiranja kroz uzorak za šivanje

Projekcijom na okomitu os, i uzevši u obzir da je  $2Q_1 = 2\mu N_1$ , može se odrediti sila prodiranja prema izrazu:

$$F = R + 2N_1 \sin \alpha + 2\mu N_1 \cos \alpha \quad (1)$$

gdje je:

$2\alpha$  - kut prvog brušenja vrška šivaće igle, u stupnjevima,

$\mu$  - koeficijent trenja.

Iz sl. 10 se uočava da visina  $c$  drugog brušenja vrška šivaće igle zauzima neznatan udio u cijeloj dužini vrška šivaće igle  $i$  da ne utječe na veličinu sila  $N_1$  i  $Q_1$ .

Sila  $F$  je sve veća kako se vršak šivaće igle približava najnižoj površini šivaćeg uzorka kroz koji prodire. U tom slučaju je [46]:

$$F = R + \frac{2k\pi t g^2 \alpha}{3\cos^2 \alpha} \cdot \frac{\sin(\alpha + \delta)}{\cos \delta} \cdot z^3 \quad (2)$$

gdje je:

$k$  - koeficijent proporcionalnosti, koji ovisi o karakteristikama elastičnosti šivaćeg uzorka

$\delta$  - kut trenja, u stupnjevima,

$z$  - dubina prodiranja, u mm.

Sila  $F$  je maksimalna kada je  $z = h$ , tada je:

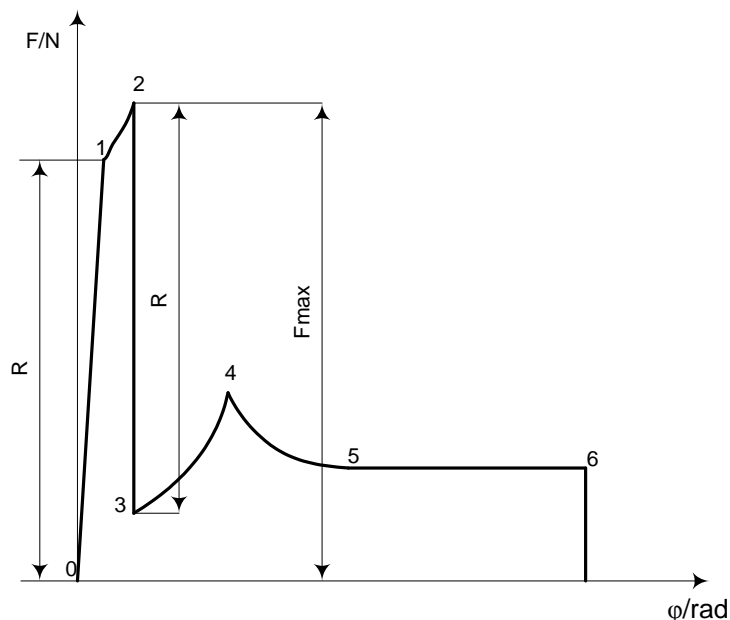
$$F_{\max} = R + \frac{2k\pi t g^2 \alpha}{3\cos^2 \alpha} \cdot \frac{\sin(\alpha + \delta)}{\cos \delta} \cdot h^3 \quad (3)$$

Na sl. 11 prikazane su očekivane promjene tijekom sile  $F$  za vrijeme prodiranja šivaćeg uzorka u ovisnosti o kutu zakreta glavnog vratila šivaćeg stroja  $\varphi$ .

Na početku pritiskivanja sila se povećava od  $O$  do  $R$  po prikazanoj krivulji (područje 0 do 1), kada vršak šivaće igle pritišće šivaći uzorak.

Zatim vršak šivaće igle ubada i prodire kroz šivaći uzorak i sila prodiranja dalje raste (područje 1 do 2).

Nakon probijanja šivaćeg uzorka probodna sila naglo pada za veličinu  $R$  (područje 2 do 3), jer je vršak šivaće igle izašao iz šivaćeg uzorka.



Sl. 14. Promjena tijeka sile  $F$  za vrijeme prolaza šivaće igle kroz šivaći uzorak u ovisnosti o kutu zakreta glavnog vratila  $\varphi$

Za vrijeme prolaza konusnog dijela vrška šivaće igle pod kutom  $2\alpha$  (područje 3 do 4) sila prodiranja opet nešto raste.

Zatim u šivaći uzorak počinje ulaziti cilindrični dio šivaće igle (područje 4 do 5) te sila prodiranja opada na najmanju veličinu i ostaje nepromijenjen sve dok šivaća igla ne dođe u najniži položaj (područje 5 do 6).

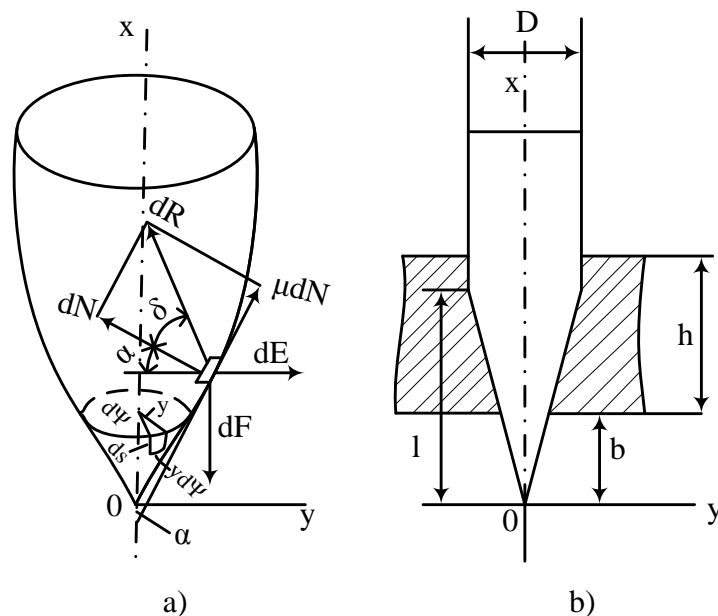
Eksperimentalnim radom [46] dobivena krivulja promjene tijeka sile prodiranja šivaće igle kroz šivaći uzorak potvrđuje prethodne teorijske postavke.

### 2.5.5. Probodne sile mjerene pomoću vrška šivaće igle

A. I. Nazarova i sur. [47] ispitivali su uzajamno djelovanje probodnih sila odnosno sila prodiranja pomoću vrška šivaće igle u obliku promjenjivog konusa. Oblik promjenjivog konusa definiran je krivuljom  $y = f(x)$ , sl. 12.

Ako se na površini vrška šivaće igle izdvoji beskonačno mali element, njegova površina može se odrediti pomoću izraza:





Sl. 15 Sile prodiranja vrška šivaće iglom

a) Aksonometrijski prikaz šivaće igle ; b) Poprečni presjek šivaće igle

$$dA = y \cdot d\psi \cdot \sqrt{1 + y'^2} dx \quad (4)$$

$d\psi$  - diferencijal kuta u radijanima

$y d\psi$  - duljina elemenata po obodu kružnice, u mm

$\sqrt{1 + y'^2} dx = ds$  - duljina elementa po krivulju  $y = f(x)$ , u mm.

D - promjer cilindričnog tijela šivaće igle,

h - debljina šivaćeg uzorka,

l - duljina vrška i

b - veličina izlaznog dijela vrška igle.

Prema ovim parametrima područje integriranja je: za vršak šivać igle od b do l, za cilindrično tijelo šivaće igle od l do b + h.

Iz toga slijedi da je [10]:

$$F_v = 2\pi \int_b^l \tau \cdot y \frac{y' + \mu}{1 - \mu y'} \cdot dx \quad (5)$$

$$F_t = 2\pi \int_b^{h+b} \tau \cdot y \frac{\mu \cdot y'}{1 - \mu y'} \cdot dx \quad (6)$$

Promatrajući tijelo šivaće igle kao cilindar promjera D tada je za:

$$y = \frac{D}{2}$$

$y' = 0$ , naprezanje  $\tau = \tau_t$  pa prema tome  $F_t$  je onda

$$F_t = 2\pi \int_1^{h+b} \tau_t \frac{D}{2} \mu dx = \pi \tau_t \cdot D \mu \cdot (b + h - 1) \quad (7)$$

gdje je:

$\tau_t$  - naprezanje tijela igle, u  $N/mm^2$

$\mu = \text{tg } \delta$  - koeficijent trenja.

Probodnu silu  $F$ , potrebno je umanjiti zbog dugog i kratkog žljebića pomoću dopunskog koeficijenta  $\eta$  [48]:

$$F_u = \pi \cdot \tau_t \cdot D \cdot \mu \cdot \eta \cdot (b + h - 1) \quad (8)$$

Ukupna probodna sila  $F_u$  jednaka je zbroju sila  $F_v$  i  $F_t$  tako da se dobije opći izraz:

$$F_u = 2\pi \int_b^1 \tau \cdot y \frac{y' + \mu}{1 - \mu y'} dx + \pi \cdot \tau_t \cdot D \cdot \mu \cdot \eta (b + h - 1) \quad (9)$$

U cilju daljnjeg utvrđivanja prohodne sile, potrebno je znati jednadžbu pravca  $y = f(x)$  koja određuje oblik brušenja vrška igle i poznavati zakon promjene naprežanja u ovisnosti o odgovarajućoj deformaciji vrška igle, tj.  $\tau = f(\epsilon)$ . Za primjenjive šivaće igle s brušenjem u obliku ravnog pravilnog konusa uzima se da je:

$$y = x \text{tg} \alpha \quad (10)$$

gdje je:

$\alpha$  - kut brušenja vrha šivaće igle

Kod neznatnih deformacija, kojima je šivaći uzorak izložen za vrijeme prodiranja, može se približno uzeti da je naprezanje proporcionalno deformaciji:

$$\tau = E \cdot \epsilon$$

gdje je:

$E$  - modul elastičnosti šivaćeg uzorka,  $N/mm^2$

$$(11)$$

$\varepsilon$  - pripadajuća relativna deformacija šivaćeg uzorka, u %.

Kod prodiranja šivaćom iglom kroz šivaći uzorak može se relativna deformacija izraziti omjerom produljenja  $\Delta D$  u odnosu na veličinu prodiranja  $D$ , odnosno:

$$\varepsilon = \frac{\Delta D}{D}$$

na osnovu čega se dobije izraz:

$$\tau = E \frac{\Delta D}{D}$$

Ukoliko se vršak šivaće igle može izraziti kao  $y = x \operatorname{tg} \alpha$ , a njegova derivacija  $y' = \operatorname{tg} \alpha$  duljinska vrška šivaće igle je:

$$l = \frac{D}{2 \operatorname{tg} \alpha},$$

a tangensi kutova nagiba

$$\operatorname{tg} \alpha + \mu = \frac{y + \mu}{1 - \mu y}.$$

Koristeći ove parametre prema [47] može se izračunati promjena probodne sile  $F$  u ovisnosti o veličini izlaska vrška šivaće igle  $b$  iz šivaćeg uzorka:

$$F = \pi \cdot E \left[ \frac{4}{3D} (\operatorname{tg} \alpha + \mu) \operatorname{tg}^2 \alpha \left( \frac{D^3}{\operatorname{tg}^3 \alpha} - b^3 \right) + D \mu \eta \left( b + h - \frac{D}{2 \operatorname{tg} \alpha} \right) \right] \quad (12)$$

U intervalu od trenutka ulaska vrška šivaće igle u šivaći uzorak do trenutka izlaska vrška šivaće igle iz šivaćeg uzorka, probodna sila za deblje šivaće uzorke ima maksimalnu vrijednost kada je prva derivacija jednaka nuli, tj:

$$\frac{dF}{dB} = 0,$$

$$b = \frac{D}{2 \operatorname{tg} \alpha} \sqrt{\frac{\mu \eta}{\operatorname{tg} \alpha + \mu}},$$

i tada vrijedi izraz:

$$F_{\max_1} = \pi E D \left[ \frac{D}{6} + \mu \eta h - \frac{\mu \eta D}{6 \operatorname{tg} \alpha} \left( 3 - \frac{1}{\eta} - 2 \sqrt{\frac{\mu \eta}{\operatorname{tg} \alpha + \mu}} \right) \right] \quad (13)$$

Za tanki šivaći uzorak kada je:

$$h \leq \frac{D}{2 \operatorname{tg} \alpha} - b,$$

i zadnji član u izrazu (12) jednak nuli a maksimalna probodna sila ovisi o otporu šivaćeg uzorka vršku šivaće igle, vrijedi slijedeći izraz [10]:

$$F_v = \frac{4\pi E}{3D} (\operatorname{tg} \alpha + \mu) \operatorname{tg}^2 \alpha \left( \frac{D^3}{8 \operatorname{tg}^3 \alpha} - b^3 \right) \quad (14)$$

Pretpostavljajući da je u izrazu (14):

$$b = \frac{D}{2 \operatorname{tg} \alpha} - h,$$

dobije se izraz za maksimalnu probodnu silu za tanke šivaće uzorke:

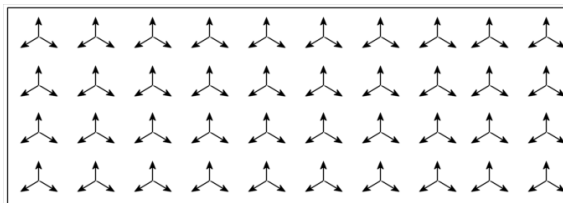
$$F_{max_2} = \frac{\pi E h}{3} (\operatorname{tg} \alpha + \mu) \left[ \frac{4h^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{D} \right] + 3D(D - 2h \cdot \operatorname{tg} \alpha). \quad (15)$$

Prvim i drugim brušenjem vrška šivaće igle postiže se veća čvrstoća igle a time i izdržljivost igle u procesu šivanja odjeće.

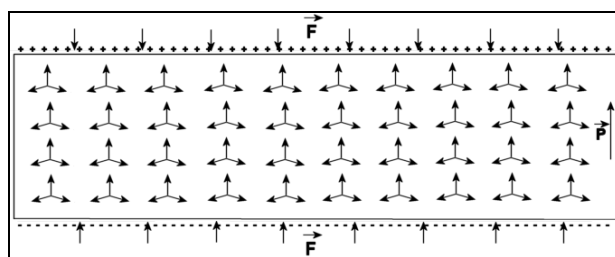
### 2.5.6. Probodne sile šivaće igle mjerene pomoću piezo-kristala

Piezelektrični efekt je pojava stvaranja vezanih električnih naboja na površini nekih čvrstih tvari prilikom njihove mehaničke deformacije. Takve tvari se nazivaju piezelektričkim tvarima ili piezelektricima.

Prema prikazu J. Geršak i sur. [48] po G. Spescha [49] poznato je da se kod mehaničkog opterećenja na određenim plohama kvarcnog kristala pojavljuje električki naboj, tzv. piezelektrički efekt. Za određivanje probodnih sila šivaćih igala prikladan je kristal s longitudinalnim piezo-električkim efektom (sl. 16, 17).



Sl. 16 Nedeformirani kristalni piezelektrik



Sl.17 Deformirani kristalni piezoelektrik, vektor polarizacije i površinski naboj

Na prethodnim slikama prikazani su dipolni momenti grupe iona od kojih se kristal sastoji.

U svakom čvorištu nalazi se anion naboja  $3^-$ , a svaka od strelica predstavlja jedan kation naboja  $1^+$ .

Budući da je kristal nepolaran, dipolni momenti su orijentirani simetrično na takav način da ukupan dipolni moment svake grupe iona nestaje. No, ako se taj kristal stlači kako je prikazano na slici, očito je da će u ukupnom zbroju dipolnih momenata preostati jedan dio vertikalne komponente. Dakle, svaka grupa od tri iona posjeduje neki dipolni moment. Tada električno polje inducira dodatni dipolni moment suprotno smjeru silnica električnog polja.

Budući da sustav iona teži ravnoteži, tj. poništavanju ukupnog dipolnog momenta (ako je kristal dovoljno elastičan), dolazi do širenja ili stezanja elementarnih ćelija kristala, što konačno rezultira mehaničkom deformacijom, čiji rad je obavljen na račun energije električnog polja koje potječe od dovedenih naboja.

U tijeku djelovanja probodne sile dolazi do pomicanja negativnih iona u mrežici kristala u odnosu na pozitivne. Time se poremeti ravnoteža u naboju i na plohi kristala pojavi se razlika u naboju. Tako nastalu razliku u naboju pojačalo ojačava i onda pretvara u napon koji dolazi u osciloskop. Dobivene vrijednosti pomoću svjetlosne pisaljke ispisuju se u obliku dijagrama. Za provođenje pokusa mjerenja probodnih sila šivaćih igala treba se ugraditi piezo-kristal na vrhu šivaće igle, koja je elastički stegnuta u iglenicu, i onda ga priključiti na odgovarajući mjerni sustav.

### 2.3.7. Probodne sile šivaće igle mjerene pomoću tenzometarske vrpce

R. Nestler i sur. [50-53] ispitivali su probodne sile šivaćih igala pomoću tenzometarske vrpce. Ovo mjerenje zahtijeva ugradnju mjerne pločice u ubodnu pločicu šivaćeg stroja. Na mjernu pločicu spojena je tenzometarska vrpca koja silu probadanja šivaće igle kroz šivaći uzorak pretvara u razlike električnog napona.

Tenzometarske vrpce su pasivna ticala i služe za mjerenje veoma malih promjena [53].

Djelovanjem probodne sile  $F$  dolazi ujedno do rastezanja žičice u tenzometarskoj vrpci, što onda ima za posljedicu promjenu njegovog otpora  $R$  u  $R'$ . Tada se zbog promjene otpora poremeti ravnoteža u Wheatstonovu mostu. Izmjereni napon  $U_A$  proporcionalan je u mjerenoj veličini i mjerilo je za nastalu promjenu. Za produljenje žičice tenzometarske vrpce vrijedi Hookeov zakon prema kojem je linearno rastezanje proporcionalno naprezanju:

$$\tau = \varepsilon \cdot E = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot E = \frac{F}{A_L}, \text{ gdje je:} \quad (16)$$

$\tau$  - naprezanje, u  $\text{Nmm}^{-2}$ ,

$\varepsilon$  - relativno produljenje, u %,

$\Delta L$  - apsolutno produljenje, u mm,

$L_0$  - početna duljina, u mm,

$E$  - modul elastičnosti, u  $\text{Nmm}^{-2}$ ,

$A_L$  - prosječni presjek mjernog predmeta, u  $\text{mm}^2$ ,

$F$  - probodna sila, u N,

Iz izraza (16) dobiva se izraz za probodnu silu  $F$ :

$$F = \frac{A_L \cdot \Delta L \cdot E}{L_0}, \text{ gdje je:} \quad (17)$$

$$\frac{A_L \cdot E}{L_0} = \text{konstanta.}$$

Povezanost između nastalog relativnog produljenja  $\varepsilon$  i relativne promjene otpora tenzometarske vrpce može se iskazati prema izrazu:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon, \text{ gdje je:} \quad (18)$$

$k$  - faktor proporcionalnosti, poznat kao »k-faktor« i eksperimentalno je utvrđen za korištene tenzometarske vrpce.

Nastali napon  $U_A$  kao posljedica promjene otpora  $R$ , zbog djelovanja sile  $F$  određen je prema izrazu:

$$\frac{U_A}{U} = \frac{R}{R+r} \quad (19)$$

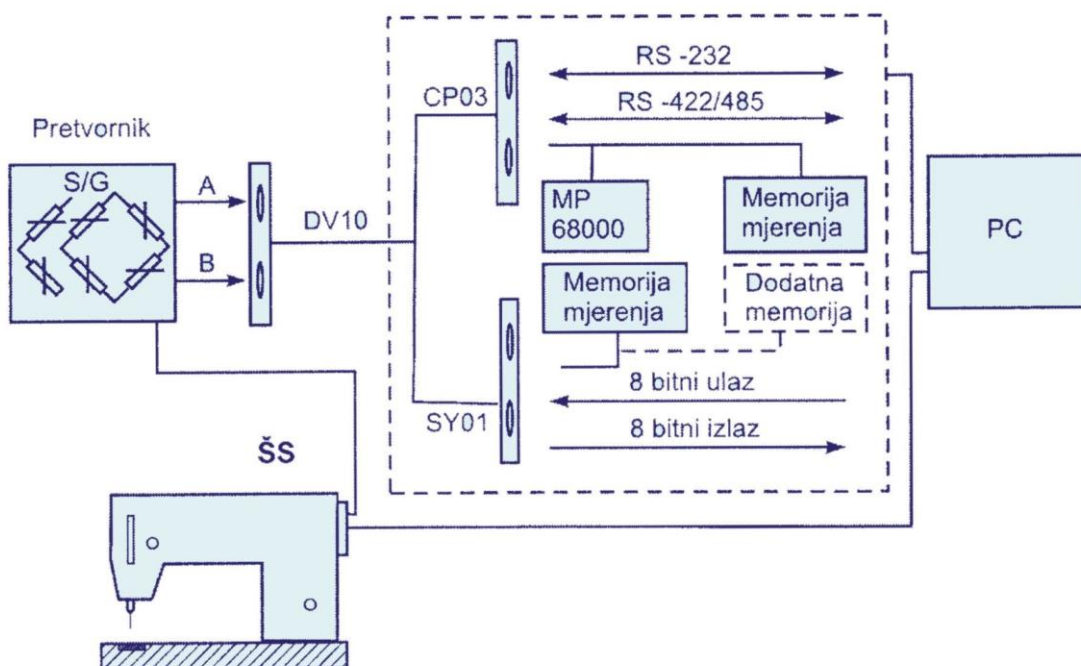
Pri tome je relativna promjena otpora  $r$  onda:

$$r = \frac{R'-R}{R} = \frac{\Delta R}{R}$$

Iz provedene prve derivacije i prema izrazu (19), te uz uvjet da je  $R = r$ , može se odrediti izraz promjene napona za polovicu Wheatstonova mosta:

$$\Delta U_A = \frac{U}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R} \quad (20)$$

Iz čega proizlazi da je odnos između ulaznog napona  $U$  i izlaznog napona iz mosta  $U_A$  (mjerni napon) proporcionalan omjer promjene otpora zbog deformacije i otpora tenzometarske vrpce. Probojna sila se određuje indirektno i mjeri se sila s kojom se pritiskuje šivaći uzorak prilikom prodiranja šivaće igle kroz šivaći uzorak na mjernu ubodnu pločicu, koja služi kao detektor. Dinamične tokove probodnih sila šivaće igle pri probadanju kroz šivaći uzorak određuje se pomoću mjernog sustava, prema slici 18.



Sl. 18 Shematski prikaz mjernog sustava za mjerenje probodnih sila šivaćih igala

Mjerni sustav za mjerenje probodne sile šivaće igle čine šivaći stroj (SS) s prerađenom ubodnom pločicom i mjernim listićima povezanim u Wheatstoneov most (S/G), pojačalo DMC plus, tt. HBM s programskom opremom CATMAN i osobno računalo (PC), koje signal zapiše kao seriju brojeva. Mjerni sustav za mjerenje probodne sile šivaće igle namijenjen je za mjerenje statične i dinamične sile s pojedinačno ili periodično impulsnim oblikom, čiji spektar sadrži frekvencije do 4kHz. Probodna sila šivaće igle prenosi se preko šivaćeg izratka na ubodnu pločicu koja je posebno konstruirana za mjerenje. Izrađena je iz nehrđajućeg čelika (CrNiCu). Ubodna pločica koja djeluje kao senzor, ima svojstveno visoku frekvenciju i primjerenu mjernu osjetljivost. Mjerni dio naprave u ubodnoj pločici predstavlja elastičnu obostrano učvršćenu vrpca s ubodnim otvorom za iglu u sredini. Na njoj su fiksirana četiri mjerna listića koji služe kao detektori rastezanja. Pod utjecajem sile šivaće igle, koja nastaje kod probadanja šivaćeg izratka, elastična vrpca u sredini savije se nadolje. To uzrokuje na donjoj strani u sredini mosta rastezanje uz oba kraja te savijanje. U području najvećih deformacija fiksirana su četiri mjerna listića otpornosti  $350\Omega$ , koji su povezani u Wheatstoneov most. U mostu su dva nasuprotno ležeća listića opterećena na rastezanje (otpor se povećá) i dva na pritisak (otpor se smanjuje). Rastezanja na čeliku prouzročena temperaturnim promjenama teoretski su kompenzirana ako se temperatura istodobno prenosi na sva četiri mjesta. Zbog toga su ugrađeni mjerni listići sa samokompensacijom temperaturnog rastezanja koje je usklađeno s temperaturnim koeficijentom upotrijebljenog čelika ( $\alpha = 10,8 \mu\text{m/K}$ ).

## **2.6. Šivaći ubodi**

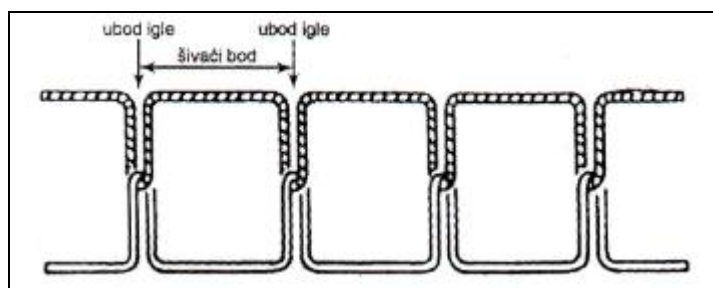
Danas se koriste različite tehnike spajanja krojnih dijelova, ali spajanje koncem i dalje je najzastupljenija i najvažnija tehnika spajanja, posebice zbog svoje specifične strukture i fizikalnih svojstava. Pri šivanju plošnih proizvoda neophodno je, zbog same konstrukcije šivaćeg stroja, kako bi se formirao šivaći ubod kao osnova šivaćeg šava, da se materijal koji se šiva pomiče točno definiranom dužinom kako bi se dobila jednakomjerna duljina uboda, što je osnovni uvjet za kvalitetan šav.



Dakako, pomicanje izratka moguće je jedino kad igla nije u materijalu, osim ako se ne radi o iglenom posmiku. Sustav posmika i nožica na stroju za šivanje djeluju na izradak različito, ovisno o svojstvu površine, debljini šivanog materijala, kompresibilnosti, rastezljivosti i smjeru šava. Kroz to nastaju različita pomicanja izratka koji se odražavaju na odstupanje i promjenu dužine uboda.

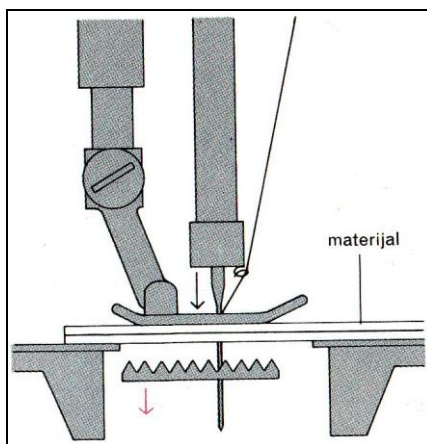
Na stabilnost duljine uboda u velikoj mjeri utječu uvjeti posmika izratka. Ti uvjeti ovise o opremi koja se koristi, kao i o svojstvima plošnih proizvoda koji se šivaju. Kod opreme se u prvom redu misli na sustav posmika izratka, preciznost definiranja duljine uboda, kao i o brzini šivanja [54-60].

Šivaći ubodi su elementarne vezne jedinice šivanog šava. Da bi nastao jedan šivaći bod, šivaća igla mora napraviti dva uboda (sl. 19).



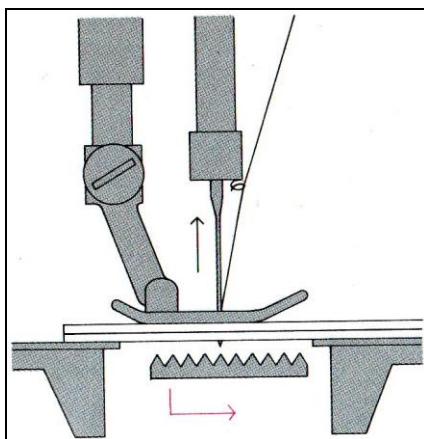
Sl.19 Prikaz uboda šivaće igle

Za vrijeme prodiranja igle i konca materijal pridržavaju pritisna nožica sa gornje strane i posmični zubci sa donje strane. Daljim prodiranjem igle posmični zubci se spuštaju.(sl. 20)



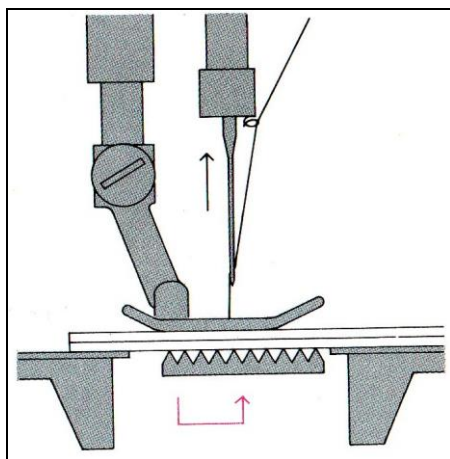
Sl. 20 Spuštanje posmičnih zubaca

Dok se igla izvlači iz materijala idući prema gore pritisna nožica pridržava materijal a posmični zubci se kreću prema naprijed. (sl.21)



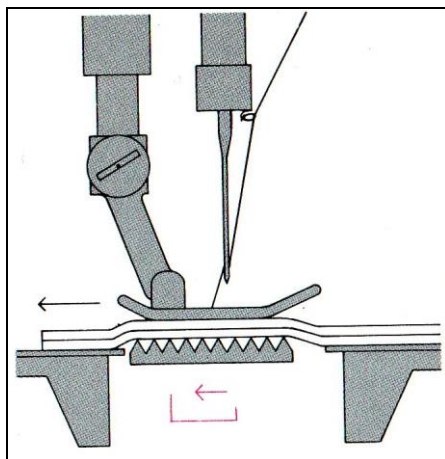
Sl.21. Posmični zubci se kreću prema naprijed

Nakon toga igla se i nadalje povlači prema gore, pritisna nožica pridržava materijal a posmični zubci idu prema gore. (sl.22)



Sl. 22 Posmični zubci idu prema gore

Tip šivaćeg uboda je karakterističan stvoreni šivaći ubod koji se može neprekidno pravilno ponavljati. (sl.23)



Sl. 23. Posmičnim sustavom materijal se pomiče nazad

Prema standardu ISO 4915 šivaći ubod je osnovna jedinica ulančavanja konca oblikovana od jednog ili više konaca ili petlji konaca koji su sami sa sobom, odnosno međusobno ulančani ili isprepleteni. Šivaći ubod po definiciji može se formirati bez materijala, unutar materijala, kroz materijal i na materijalu za šivanje.

## 2.7. Šivaći šavovi

Šivaći šav je definiran kao niz šivaćih uboda ili niz šivaćih uboda na jednom ili više slojeva materijala za šivanje [61, 62]. Slojevi materijala za šivanje mogu biti s ograničenjem ili bez ograničenja. Šivani šavovi su prema ISO 4916 s obzirom na tip i najmanji broj slojeva materijala za šivanje u šavu podijeljeni u osam skupina.

Svaka skupina šivaćih šavova obuhvaća odgovarajuće tipove šivaćih šavova. Tip šivaćeg šava po standardu ISO 4916 [63, 64] označava se peteroznamenkastim brojem:

- prva znamenka označava skupinu šivaćih šavova brojevima 1 do 8,
- druga i treća znamenka označavaju različite rasporede komponenti materijala za šivanje brojevima 01 do 99,
- četvrta i peta znamenka označavaju različit položaj uboda ili proboda igle i/ili zrcalne slike rasporeda komponenti materijala s daljnjim brojevima 01 do 99.

### **2.7.1. Šavovi u funkciji šivanja auto navlaka**

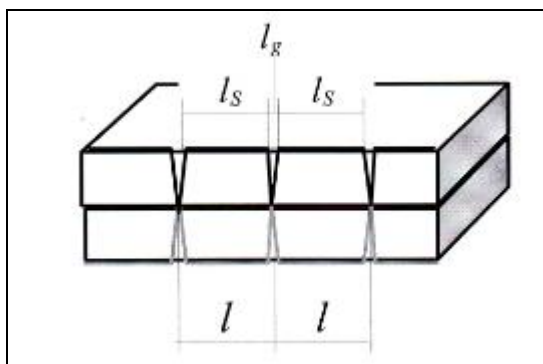
U procesu šivanja dolazi do određenog naprezanja materijala i nakon šivanja vanjske sile prestaju djelovati i slijedi faza relaksacije. Sile koje su djelovale na materijal u vrijeme šivanja nisu konstantne. Transportni zupci šivaćeg stroja kreću se po eliptičnoj putanji pa se u određenom rasponu mijenjaju sile pritiska i sile trenja u materijalu. To znači da se na materijal djeluje različitim silama u procesu šivanja, pa su i eventualne deformacije različite. S obzirom da su te sile u procesu šivanja relativno male i spadaju u područja elastičnosti i viskoelastičnosti nije ih moguće analizirati nakon šivanja. Stoga ih se često i zanemaruje premda mogu utjecati jednim dijelom na duljinu uboda. Oni su određeni vrstom materijala i konstrukcijskim parametrima pojedinog materijala koji se šiva. Dobar izgled šava te njegova učinkovitost kod šivanja automobilskih navlaka je jedan od najvažnijih čimbenika u kvaliteti automobilske navlake za sjedanje. Izuzetno je bitno optimirati duljinu i vrstu šava, čvrstoću i finoću konca te vrstu igle. Prema vrsti i debljini materijala odabire se duljina i vrsta uboda, konac i oblik igle. Da bi se dobio pravilan šav bitno je optimirati napetost donjeg i gornjeg konca te obostrani pomak materijala što je izuzetno složeno zbog različitih debljina materijala u tijeku šivanja (sl. 24).



Sl.24 Oštećenje tkanine na mjestu šava prilikom uporabe auto navlaka

Zbog izuzetno velikog naprezanja navlake u sjedećem i dijelu naslona osobito na mjestima šava u tom području. Na šavu dolazi do povlačenje niti i vlakana iz materijala i to na mjestu uboda.

Time se narušava konstrukcija materijala na mjestu uboda, osobito kod tkanina. Posljedica toga je pojava otvora odnosno rupa a potom i trganje šivanog materijala i konca (sl. 25) [65].



Sl.25 Vizuelna raščlamba duljine uboda  $l$  na ubod  $l_s$  i nastali otvor između uboda  $l_g$

Preskočen ubod također ima za posljedicu loš izgled i oslabljenje šava te odvajanje krojnih dijelova što predstavlja veliki problem ako greška nije na vrijeme uočena. Ponovno šivanje po istom mjestu materijala nije preporučljiv zbog tragova na materijalu u obliku rupa od prethodnog šivanja. Osim lošeg estetskog izgleda ovaj dio materijala je oštećen i ima lošavu kvalitetu. S obzirom da se automobilske navlake spajaju s različitim šavovima većinom radi estetskog izgleda, čvrstoća i istežanje materijala na mjestima šavova i bez šava se međusobno razlikuju.

### 2.7.2. Kvaliteta šavova kod auto navlaka

Tekstilni višeslojni materijal za automobilske navlake izlažu se čitavom nizu mehaničkih pa i termičkih opterećenja i prije uporabe kao termo fiksiranje pojedinih komponenata u jedan plošni proizvod, kod šivanja i navlačenja na sjedalicu. Zahtjevi za visokom i uvijek jednakom kvalitetom šava i pristalosti navlake na sjedalicu teško se mogu ispuniti bez predviđanja točnih vrijednosti skupljanja tijekom krojenja i šivanja i ne smiju se zanemariti. Kod opterećenja automobilske navlake u vrijeme korištenja oblik se mijenja. Većim pritiskom ako je putnik veće mase doći će do većih opterećenja i većih deformacija materijala osobito na šivanim mjestima u dijelu navlake za sjedenje. Ova promjena oblika je jednim dijelom privremena zbog elastičnosti materijala. Promjena oblika dijela automobilske navlake najčešće su vidljive na mjestima šava. Trajne deformacije nastaju kod dužeg i većeg opterećenja. Za smanjenje trajne deformacije materijala nastale različitim opterećenjima pojedinih dijelova automobilske navlake važno je odabrati odgovarajući materijal.

Stoga se za dijelove većeg i dužeg opterećenja koriste materijali veće čvrstoće i debljine od ostalih dijelova automobilske navlake za sjedenje [66].

U ocjenu trajnosti potrebno je uzeti u obzir i habanje materijala o tijelo putnika. Na habanje najviše su izloženi izbočeni dijelovi automobilske navlake kao i kutni dijelovi koji su najčešće mjesta šavova. Na mjestima šava automobilska navlaka je k tomu još i deblja pa je šav još više izložen habanju. Ovi dijelovi su prema istraživanjima autora i industrije za šivanje automobilskih navlaka i do 30% manje izdržljivi od šavova koji nisu izloženi habanju. Kvaliteta šava je važan parametar koji odlučuje o uporabnim svojstvima automobilskih navlaka [62].

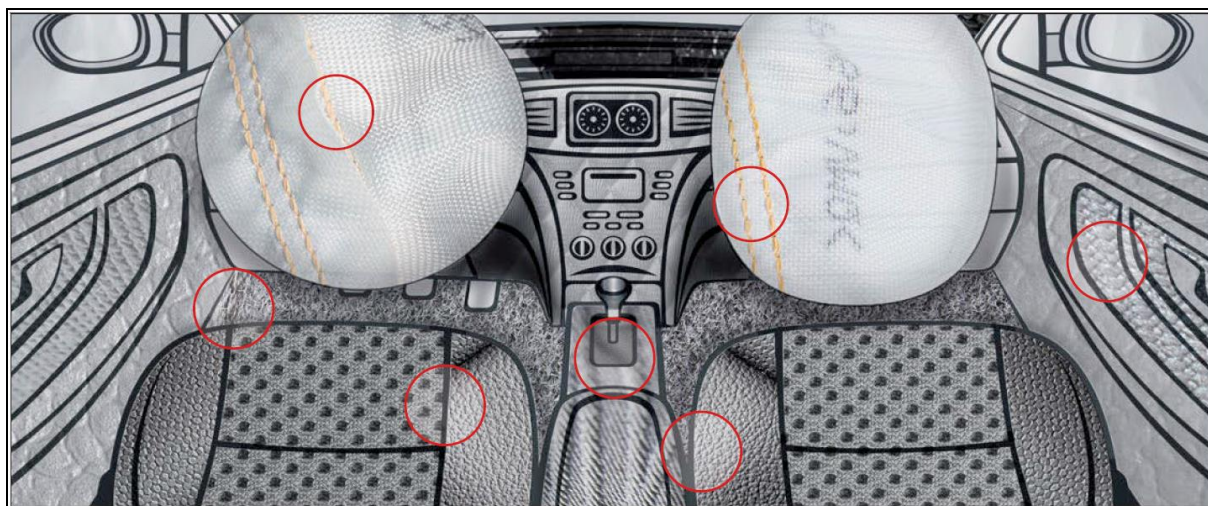
Neispravan šav smanjuje vijek trajanja automobilske navlake i narušava njen izgled. Na kvalitetu šava utječu mehanička i dimenzijska svojstva konca i materijala. Ova svojstva moraju se uzeti u obzir pri analizi materijala u pogledu šivanja. Dvije vrijednosti kojima se opisuje kvaliteta šivanja materijala su učinkovitost i pomicanje šava (sl. 26).



Sl. 26 Uporabna i estetska svojstva auto navlake ovisi o kvaliteti šava

Učinkovitost šava uvelike ovisi o prekidnom ponašanju materijala i šivaćeg konca, kombinaciji materijala i konca, vrsti i obliku igle te parametara šivaćeg stroja i procesa šivanja. Time se mogu optimirati uvjeti šivanja kao što su vrste šava, gustoća uboda i izbor konca i igala. Poznato je da na automobilske navlake djeluju različite statičke i dinamičke sile u različitim smjerovima koje nastaju u vrijeme sjedenja putnika. Kako je već navedeno, ove sile mogu uzrokovati deformaciju a potom i trganje automobilskih navlaka i to najčešće po šavu. Šivani spojevi s većom učinkovitošću šava opiru se ovim silama.

Ako šivači konac nije pravilno odabran s obzirom na konstrukciju materijala učinkovitost šava neće biti zadovoljavajući. Kompozitni materijali ubrajaju se u tehnički tekstil i koriste se za navlake u prometlima i međusobno se razlikuju po konstrukcijskim parametrima, izboru tehnološkog procesa i uvjetima izrade (sl. 27). Uloga ovakvih materijala je da zaštite unutarnje dijelove u prometlima, da ispunjavaju estetske zahtjeve, stvaraju ugodu pri dugom sjedanju, a da su pri tome otporni na habanje, UV zračenje i starenje.



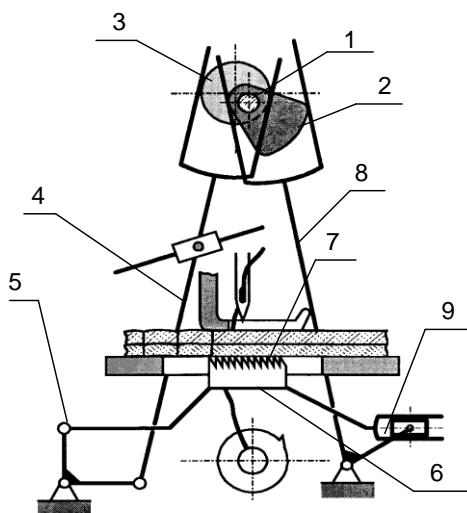
Sl. 27 Mjesto šivaćih šavova u unutrašnjosti automobila (Groz-Beckert)

## 2.8. Mehanizam za posmik (pomicanje) materijala

Skoro kod svih suvremenih strojeva za šivanje, posmik ili "posmik" materijala, obavlja se automatski u toku samog procesa šivanja. Zavisno od principa funkcioniranja, razlikujemo više različitih vrsta mehanizama za posmik, od kojih se najčešće koriste [67].

- mehanizam za običan donji posmik, pomoću poskakajućih zubaca, ili pomoću posmičnog riflovanog točka,
- mehanizam za donji diferencijalni posmik materijala, pomoću dvojnih poskakajućih zubaca,
- mehanizam za gornji posmik materijala pomoću poskakujuće nožice (stopice),
- mehanizam za gornji igleni posmik materijala,
- mehanizam za kombinirani posmik materijala,
- mehanizam za dodatni posmik materijala,
- mehanizam za specijalne i posebne načine posmika materijala.

Od svih naprijed navedenih mehanizama danas se najčešće upotrebljava mehanizam za običan donji posmik materijala sa poskakujućim posmičnim zupcima čiji je izgled shematski prikazan na sl. 28.

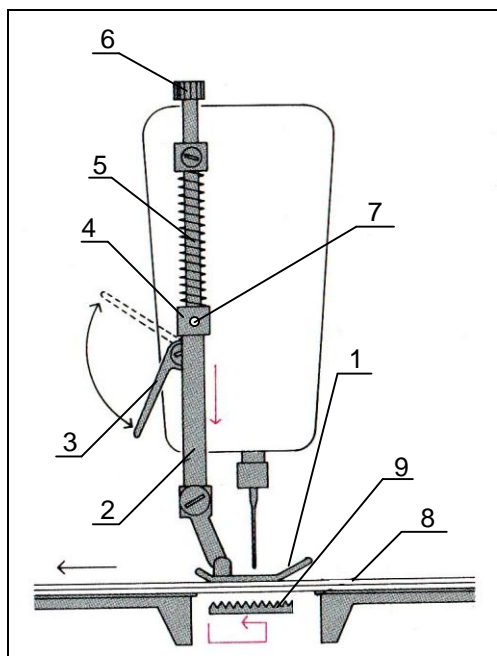


Sl 28. Mehanizam za donji posmik

Na glavnom vratilu stroja (1) pričvršćena su dva ekscentra, od kojih je jedan posmični (2), a drugi podizni ekscentar (3). Oni se obrću zajedno sa glavnim vratilom stroja. U toku obrtanja posmični ekscentar (2) svojim bregastim obodom naizmjenično njiše gornji krak viljuškaste poluge (4) naprijed-nazad i to njihanje se prenosi preko ugaonog kraka poluge (5) na nosač zubaca (6), a time na same poskakujuće posmične zupce (7), pri čemu zupci dobivaju horizontalno kretanje naprijed-nazad. U isto vrijeme podizni ekscentar (3) u toku svog obrtanja, svojim ekscentritetom podiže i spušta šipku (8) koja preko ugaone poluge (9) podiže i spušta nosač zubaca (6), a samim tim i zupce (7), koji se naizmjenično podižu i spuštaju gore-dole. Kombinacijom ovih dvaju kretanja (naprijed-nazad i gore-dole) vrši se posmik materijala koji se šiva, na taj način što se zupci (7) spuste ispod ubodne pločice za vrijeme dok se horizontalno kreću ka radniku koji šiva, a podignu se iznad ubodne pločice (samo 1 do 2 mm) za vrijeme dok se kreću horizontalno od radnika, pa tako zahvaćaju sa donje strane materijal koji se šiva i posmikiraju ga u smjeru suprotnom od smjera šivanja. Zbog takve svoje pravokutne ili eliptične putanje kretanja ovi zupci su dobili naziv "poskakujući posmični zupci". Od oblika posmičnog ekscentra (2) zavisi oblik putanje posmičnih zubaca (7), a samim tim i mekši ili tvrdi rad šivaće mašine [67].

Veoma je važan pritisni mehanizam, sl. 29



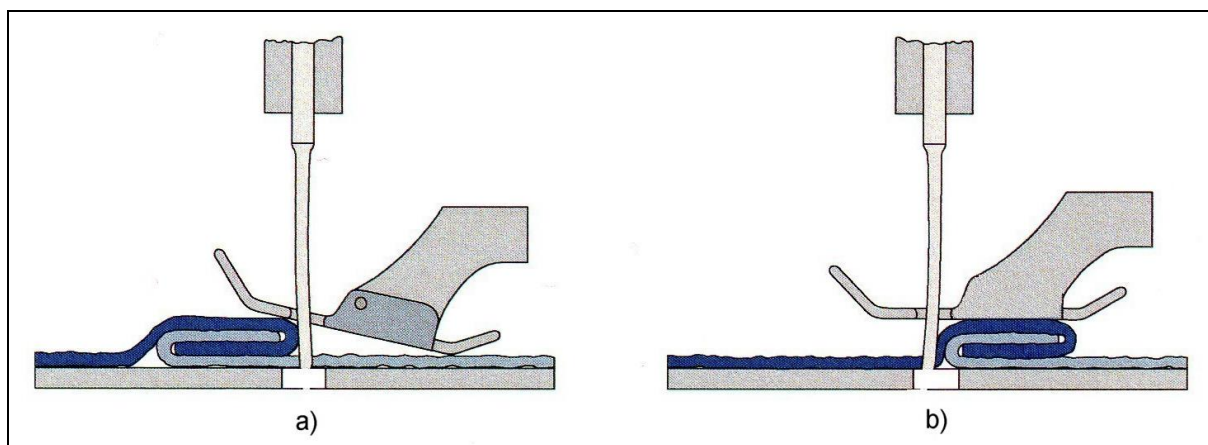


Sl.29 Pritisni mehanizam

Djelovi mehanizma su: pritisna nožica (stopica) (1), pritisna cilindrična šipka (2), podizač nožice (3), ograničitelj donjeg položaja (4), pritisne spiralne opruge (5) i cilindrične regulirajuće navrtke (6). Ovaj mehanizam funkcionira tako što spiralna čelična opruga (5) koja je sabijena između ograničitelja (4) i cilindrične regulirajuće navrtke (6), a slobodno namaknute na cilindričnu pritisnu šipku (2), vrši pritisak određenom silom svoje elastičnosti na ograničitelj (4) koji je pričvršćen na vertikalnu pritisnu šipku (2) malim zavrtnjem (7), te se taj pritisak posredno prenosi na pritisnu papučicu (stopicu) (1), koja priljubljuje materijal (8) uz posmične zupce (9). Intenzitet pritiska nožice na materijal koji se šiva, regulira se zatezanjem i popuštanjem cilindrične regulirajuće navrtke (6) u navoju koji je urezan u kućište glave mašine. Podizač nožice (3) služi da se podizanjem njegovog kraka a preko ograničitelja (4) prinudno sabije opruga (5) i tako podigne uvis cilindrična šipka (2), a sa njom pritisne nožica (stopica) (1), radi oslobađanja materijala i njegovog izvlačenja ispod nožice. Skoro svaka industrijska šivaći stroj ima koljenjaču, pomoću koje se koljenom može podizati pritisna nožica u toku procesa šivanja, naročito kad se pravac šivanja mijenja pod ostrim uglovima. Na taj način ne mora se rukom podizati i ponovo spuštati podizač (3), čime se i ruke radnika oslobađaju za druge radne operacije na šivaćem stroju, pa se time ubrzava rad u procesu šivanja. Ova koljenjača označena je na slici sa (5) [67].

U toku šivanja materijal mora biti pritisnut papučicom, ne samo radi uspješnijeg posmika nego i radi povećanja sile trenja između iglenog konca i materijala koji se šiva, kako bi se mogla izbaciti petlja iglenog konca. Ovo zbog toga, što se materijal pod pritiskom zgusne i postaje kompaktniji, pa su tada sile trenja znatno veće.

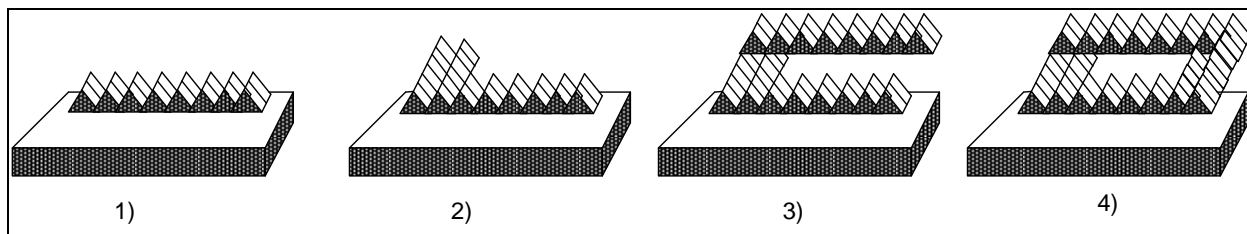
Osim toga, materijal se za vrijeme šivanja mora držati pod pritiskom da se ne bi nabirao i gužvao pri zatezanju konca za šivanje i pri konačnom oblikovanju uboda. Za pravilan rad šivaće mašine, osim intenziteta sile sa kojom se pritiska materijal u toku šivanja, važnu ulogu igra i površina stopala pritisne nožice, kao i sam konstruktivni oblik nožice. Danas postoji veliki broj vrlo različitih nožica (stopica) ali se najčešće upotrebljavaju dvije osnovne vrste, čiji je izgled prikazan na sl 30.



Sl. 30 Osnovni oblici pritisnih nožica

Kruta nožica (b) sastoj se iz jednog komada. Pogodna je za šivanje ravnih šavova na tankom materijalu, dok se za našivanje raznih aplikacija kao i za šivanje debljih materijala upotrebljava gibljiva ili zglobasta nožica čiji je izgled na slici označen sa (a). Ova nožica su sastoj i iz dva dijela koji se međusobno povezani zglobom, tako da se stopalo nožice može gibati. Kod nekih konstrukcija gibljivih nožica uz zglob stopala je ugrađena elastična opruga koja stalno podiže prednji dio stopica, pa tako olakšava prijelaz nožice sa nižeg na viši nivo materijala. Svaki oblik pa i veličina stopala pritisne nožice moraju biti u skladu sa oblikom, ozubljenjem i finoćom posmičnih zubaca, koji su različiti za različite vrste materijala koji se šivaju [67].

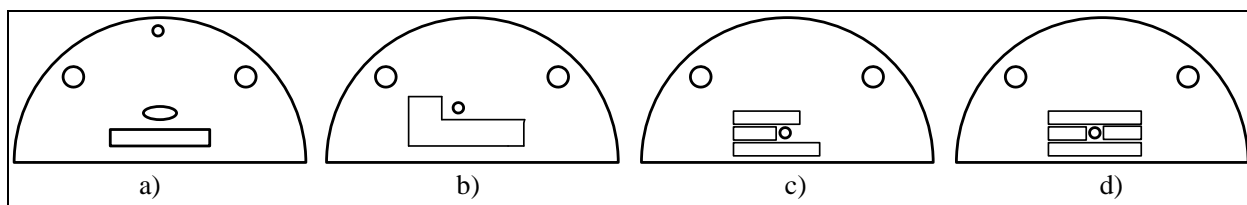
Na slici 31 prikazana su četiri različita oblika posmičnih zubaca.



Sl. 31 Različiti oblici posmičnih zubaca

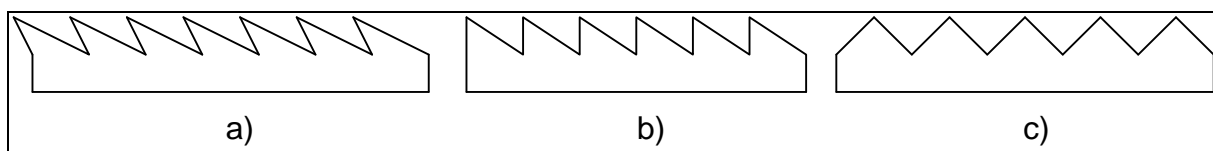
Sa (1) su označeni jednoredni, sa (2) ugaoni, sa (3) univerzalni i sa (4) troredni posmični zupci. Za svaki od ovih zubaca postoji odgovarajući oblik ubodne pločice (ubodnice) koja pokriva prostor sa hvatačem i posmičnim zupcima. Na sl. 32 su prikazana četiri oblika ubodnica koji odgovaraju naprijed prikazanim oblicima posmičnih zubaca [67].

Kroz pravougaoni prorez ubodnih pločica vire posmični zupci, a eliptični i kružni otvori na pločicama služe za prolaz strojne igle.



Sl. 32 Različiti oblici ubodnih pločica

Ubodne pločice lako se mijenjaju na osnovnoj ploči i pričvršćuju pomoću dva mala zavrtnja. Posmični zupci imaju oblik ozubljenja i gustoću zubaca (finoću) prema vrsti materijala koji se šiva. Na slici 33 prikazana su tri osnovna oblika ozubljenja posmičnih zubaca.

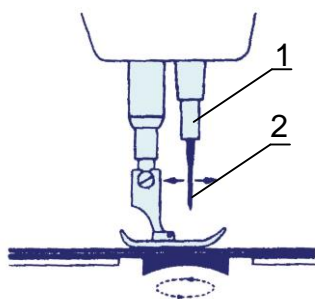


Sl. 33 Različita ozubljenja posmičnih zubaca

Na sl. 33 je sa (1) označeno grebenasto, sa (2) testerasto a sa (3) trouglasto ozubljenje. Prvi oblik ima najdrastičnije dejstvo pa se koristi za grube materijale, dok je treći oblik sa blagim dejstvom i namijenjen je za osjetljive i nježne materijale.

Za još osjetljivije sintetičke materijale, umjesto posmičnih zubaca, koriste se neozubljene posmične pločice, koje su sa gornje strane obložene slojem plastične mase koja ima veliki koeficijent trenja. Isto tako za neke vrste osjetljivih svilenih tkanina umjesto posmičnih zubaca koriste se blago-nazubljene (riflovane) posmični točak, koji se naizmjenično zakreće za pojedinačnu dužinu uboda pomoću tzv. malteškog krsta. Od dužine hoda posmičnih zubaca zavisi pojedinačna dužina uboda (1) na šivaćem stroju. Ta dužina se na običnoj šivaćem stroju može jednostavno mijenjati i podešavati u granicama od 0 do 5 mm.

Gornji posmik pomoću poskakujuće nožice (stopice) se također rijetko koristi sam za sebe, već samo u kombinaciji sa drugim vrstama posmika. pa će i njegovo funkcioniranje biti objašnjeno kod kombiniranog posmika. Glavni igleni posmik se najčešće kombinira sa običnim donjim posmikom, kako je to na slici 34 i prikazano [67].

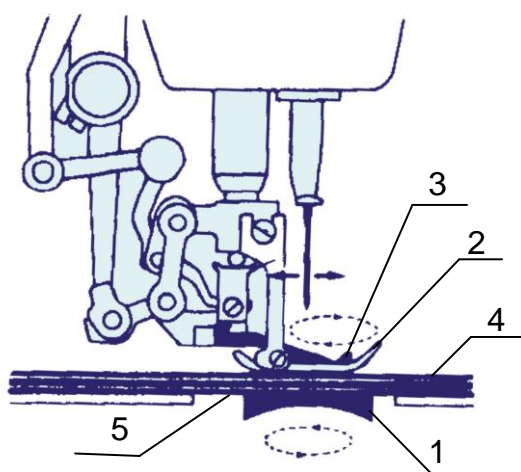


Sl. 34 Gornji igleni i donji običan posmik

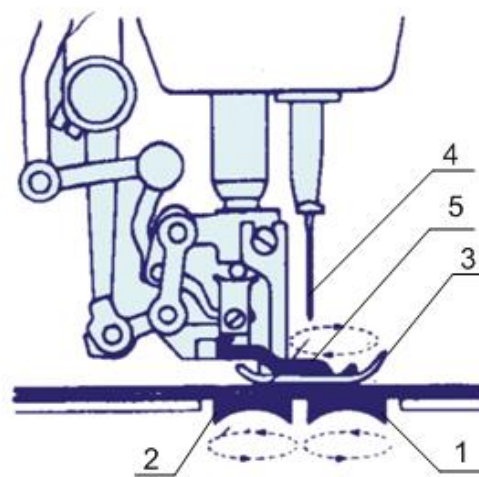
Kod ovog mehanizma iglenjača (1) koja nosi mašinsku iglu (2), osim pravolinijskog naizmjeničnog kretanja gore-dole, ima još i njihajuće kretanje naprijed-nazad. Posmik se ostvaruje kombiniranim kretanjem poskakujućih posmičnih zubaca i njihajućim kretanjem iglenjače (1) zajedno sa strojnom iglom (2). Kad posmični zupci krenu nazad u pravcu strelice, strojna šivaća igla nije izvan materijala, kao što je to slučaj kod običnog donjeg posmika, već se nalazi ubodena u materijal. Tada iglenjača krene u istom smjeru u kome se kreću i posmični zupci, pa igla običan posmik pomogne pomicanje materijala. Igljeni posmik se primjenjuje kod šivanja višeslojnih materijala koji imaju mali koeficijent trenja, pa se međusobno pomjeraju i raslojavaju, a njegov zadatak je da u toku posmika pri šivanju drži višeslojni materijal u kompaktnom stanju. Kombinirani posmik se najčešće sastoji iz pojedinačnih mehanizama za različite vrste posmika koji funkcioniraju kao jedna cjelina. Često se kombinira donji običan i gornji posmik pomoću poskakujuće nožice.

Loša strana ove kombinacije je u tome, što kod spuštanja donjih posmičnih zubaca mora podići i nazubljena nožica da bi se vratila u početni položaj pa materijal tada bude oslobođen pritiska, pa može da se pomiče iako se strojna šivaća igla za to vrijeme nalazi u materijalu. Ovo zbog toga što je igla elastična pa svako makar i najmanje pomicanje materijala štetno utječe na estetski izgled šava. Iz ovog razloga ova kombinacija donjeg i gornjeg posmika se izbjegava u tekstilnoj konfekciji naročito gdje se šivaju tanki i osjetljivi materijali sa tankim i elastičnim strojnim iglama. Umjesto nje se koristi jedna druga kombinacija donjeg i gornjeg posmika koja se sastoji iz običnog donjeg posmika pomoću poskakujućih zubaca i gornjeg posmika pomoću naizmjeničnih nožica (stopica) kako je to prikazano na sl. 35 Iz slike se vidi da ovaj mehanizam osim donjih poskakujućih zubaca (1) ima i dvije nožice od kojih je nožica (2) pritisna nožica sa glatkom donjom površinom svog stopala, dok je nožica (3) poskakujuća sa nazubljenom donjom površinom svog stopala.

Ovaj mehanizam funkcionira na taj način što se u trenutku kada donji zupci (1) zajedno sa gornjom poskakujućom nožicom (3) zahvata materijal (4) podigne pritisna nožica (2) i tako oslobodi materijal od pritiska, pa se on lakše može pomjeriti za jednu dužinu uboda. Međutim već u slijedećoj fazi kad se donji posmični zupci (1) spuste ispod ubodne pločice (5), a pokretna nožica (3) podigne u vis, radi povratka u svoj početni položaj, spusti se pritisna nožica (2) tako da svojim pritiskom stabilizira položaj materijala za vrijeme dok strojna šivaća igla ulazi u njega. Pošto se nožice (2) i (3) naizmjenično podižu i spuštaju, ovaj posmik je nazvan "posmik pomoću naizmjeničnih nožica".



Sl.35 Kombinirani posmik



Sl.36 Savršena kombinacija - osigurava precizno pomicanje materijala posmika

Savršena kombinacija (sl. 36), ali i najskuplja kombinacija donjeg i gornjeg posmika se sastoji iz: donjeg diferencijalnog posmika sa dvojnim zupcima, gornjeg iglenog i gornjeg posmika sa naizmjeničnim nožicama, koja je prikazana na slici. Iz slike se vidi da posmični mehanizam u ovoj kombinaciji ima slijedeće sastavne dijelove: prednje posmične zupce (1), zadnje posmične zupce (2), pritisnu nožicu (3), njihajući okretnu iglenjaču sa strojnom iglom (4) i gornju poskakujuću nožicu (5). Ova kombinacija je naročito pogodna za šivanje višeslojnih tekstilnih materijala, koji zahvaćeni ovim mehanizmom kao klještima, u toku posmika.

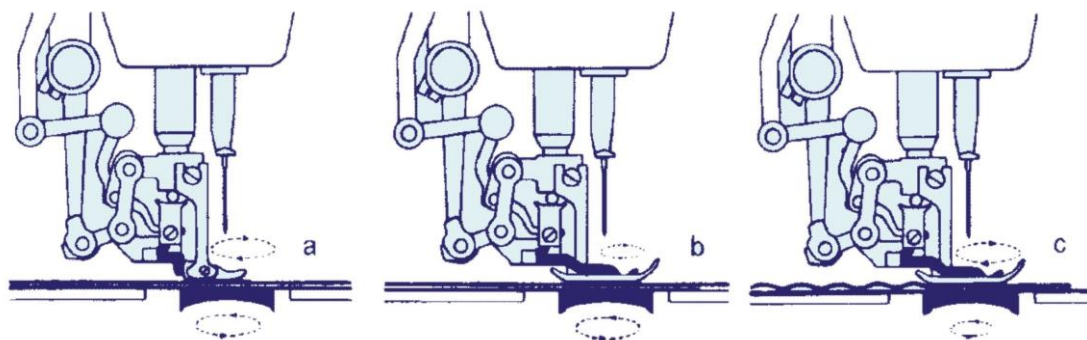
Pomoću dvojnih posmičnih zubaca, prednjih (1) i zadnjih (2), na donjem diferencijalnom posmiku, može se nadržavati ili istezati materijal koji se šiva. To se postiže promjenom hoda jednih i drugih zubaca. Ako je hod prednjih zubaca (1) duži, a hod zadnjih zubaca (2) kraći (kao na slici) onda će se materijal nabirati.

U obrnutom slučaju, materijal će se za vrijeme šivanja istezati. Ako se podese da dužina hoda i prednjih (1) i zadnjih (2) zubaca bude ista, onda će ovaj mehanizam raditi kao običan donji posmik sa poskakujućim zupcima. Dodatni posmik se po pravilu ugrađuje samo na šivaćim strojevima sa dvije i više strojnih igala (dvoiglovke i višeiglovke), jer su šavovi kod ovih strojeva široki uslijed čega i pritisne nožice moraju imati široka stopala, a to znatno povećava sile trenja pri posmiku, pa se on ne može uspješno ostvarivati bez dodatnih elemenata.

Dodatni posmik se najčešće sastoji iz jednog pritisnog točka ili valjka sa prinudnim obrtanjem koji se dodaje sa gornje strane materijala, pored ili iza pritisne nožice.

Donji i promjenjivi gornji posmik uz mogućnost sprječavanja proklizavanja slojeva omogućava i dvije nove tehnološke operacije: zadržavanje gornjeg i šivanje donjeg sloja u napetom stanju te nabiranje gornjeg sloja. Na sl. 37 prikazane su sve tri mogućnosti:

- a) glatko šivanje bez nabiranja (putanje gibanja gornje nazubljene nožice i donjih zubaca su potpuno jednake),
- b) zadržavanje gornjeg a šivanje donjeg sloja u napetom stanju (putanja gibanja gornje nazubljene nožice je kraća od putanje gibanja donjih zubaca) i
- c) nabiranje gornjeg sloja (putanja gibanja gornje, nazubljene nožice je veća od putanje gibanja zubaca).

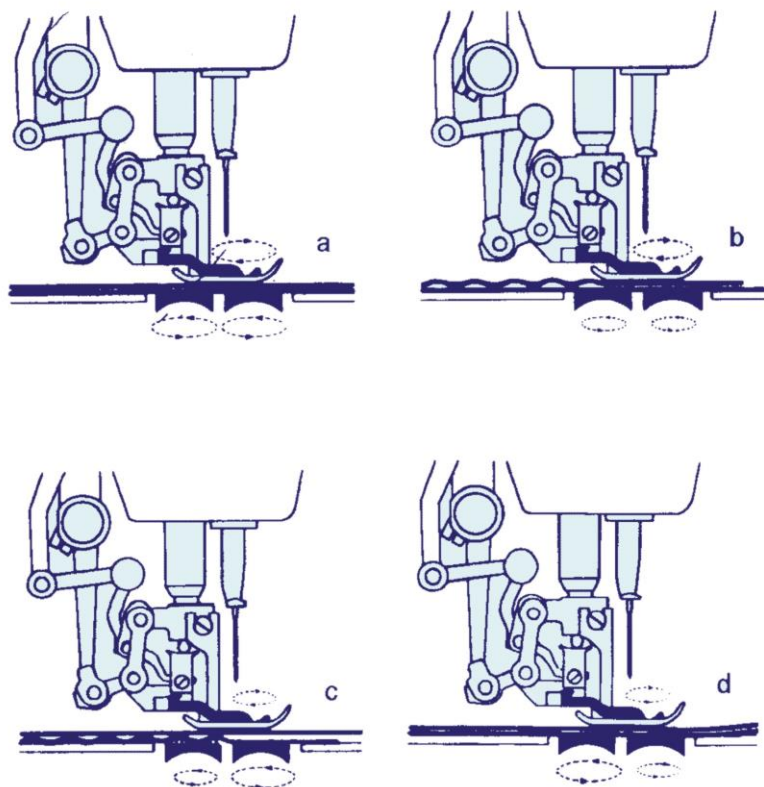


Sl. 37 Donji i promjenjivi gornji posmik

Donji diferencijalni i promjenjivi gornji posmik omogućava vrlo značajne varijante glatkog spajanja i kontroliranoga nabiranja, odnosno istezanja, gornjeg ili donjeg sloja materijala za šivanje (sl 38).

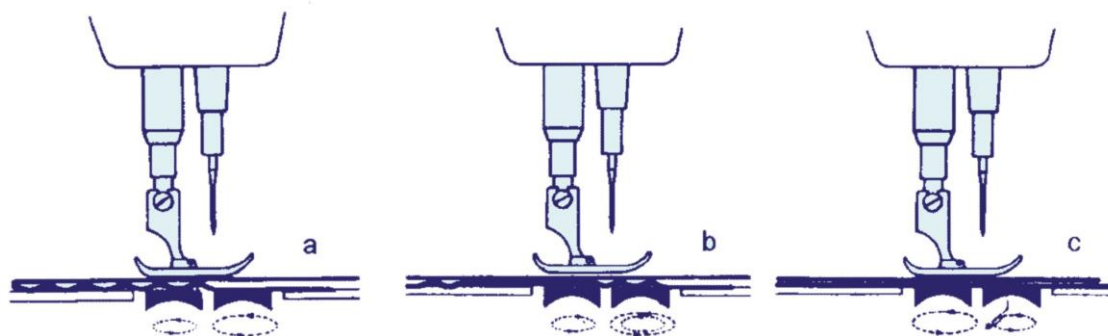
Ukoliko su putanje gibanja gornje nazubljene nožice i oba donja sustava posmika materijala jednake tada je moguće izvoditi glatko spajanje slojeva materijala (sl. 38 a).

Nabiranje gornjeg sloja materijala moguće je izvesti podešavanjem veće putanje gornje nazubljene nožice i jednakim, ali smanjenim putanjama oba sustava zubaca donjeg posmika (sl 38 b).



Sl.38 Donji diferencijalni i promjenjivi gornji posmik

Nadržavanje donjeg sloja materijala za šivanje moguće je izvesti u slučaju kada su podešene manje putanje gibanja gornje nazubljene nožice i zubaca donjeg posmika iza šivaće igle, uz istodobno povećanje putanje gibanja zubaca donjeg posmika koji se nalaze ispred šivaće igle (sl. 38 c). U tom slučaju prednji donji zupci dovode veće količine donjeg sloja materijala za šivanje, pa se izvodi nabiranje donjeg sloja. Istezanje, odnosno šivanje donjeg sloja materijala u rastegnutom stanju moguće je kada su podešene kratke putanje gibanja gornje nazubljene nožice i donjih posmičnih zubaca ispred igle, a povećanom putanjom gibanja donjih posmičnih zubaca iza igle (sl. 38 d). Donji posmik omogućava nabiranje donjeg sloja materijala za šivanje u slučaju da je podešena mala putanja gibanja donjih posmičnih zubaca koji se nalaze iza igle, a poveća putanja gibanja prednjih donjih posmičnih zubaca (sl. 36).



Sl.39 Diferencijalni donji posmik

Povremeno programirano nabiranje donjeg sloja materijala i povremeno glatko šivanja oba sloja materijala za šivanje postiže se promjenama putanja gibanja donjih prednjih posmičnih zubaca (sl. 39 b). Istezanje donjeg sloja može se postići povećanom putanjom gibanja posmičnih zubaca iza igle i smanjenom putanjom gibanja posmičnih zubaca ispred igle.

Donji i valjčasti posmik koristi se pri specijalnim šivaćim strojevima s dvije ili više igala. Na takvim strojevima postoji uobičajeni donji posmik materijala za šivanje, a valjčasti posmik predstavlja dodatnu vrstu posmika.

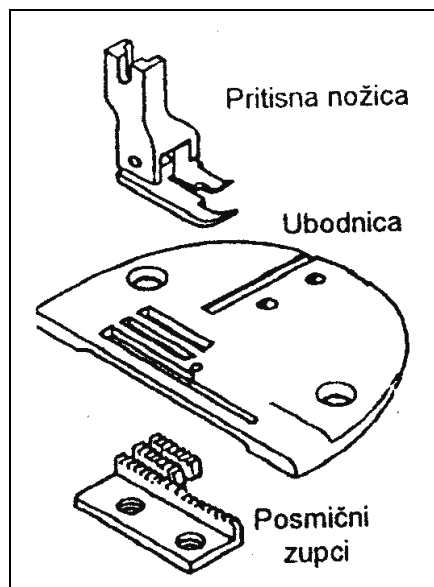
Na specijalnom šivaćem stroju s četiri igle koristi se dodatni valjčasti posmik, pričvršćen iza sustava igle i pritisne nožice. Valjak je nazubljen radi boljeg zahvaćanja materijala za šivanje, a pokretan je od sustava za posmik, odnosno posmika izratka, tako da je njegovo gibanje sinkronizirano s gibanjem donjeg posmika.



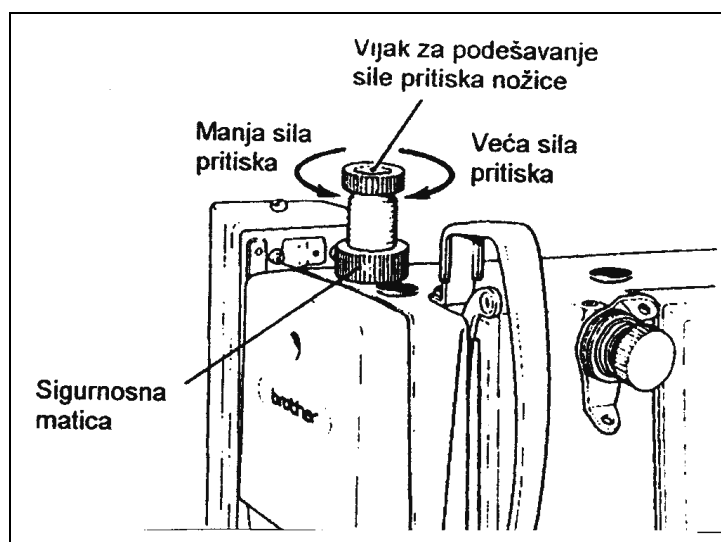
Donji i tračni posmik koristi se pri posmiku izradaka koji imaju veću površinu ili na mjestima gdje postoji mogućnost neravnomjernog posmika izratka. Za takav način posmika se koriste glatke vrpce ili nazubljeni remeni s povećanim koeficijentom trenja. Pokretanje tračnog posmika također je sinkronizirano s posmikom donjeg posmika, tako da je ostvaren ukupan pravilan posmik izratka.

Dijelovi mehanizama za posmik materijala za šivanje, koji su vidljivi na kućištu stroja i koji su najvažniji s aspekta materijala su:

- pritisna nožica,
- ubodna pločica i
- posmični zupci (sl. 40)



Sl.40 Važnji dijelovi mehanizma za posmik materijala



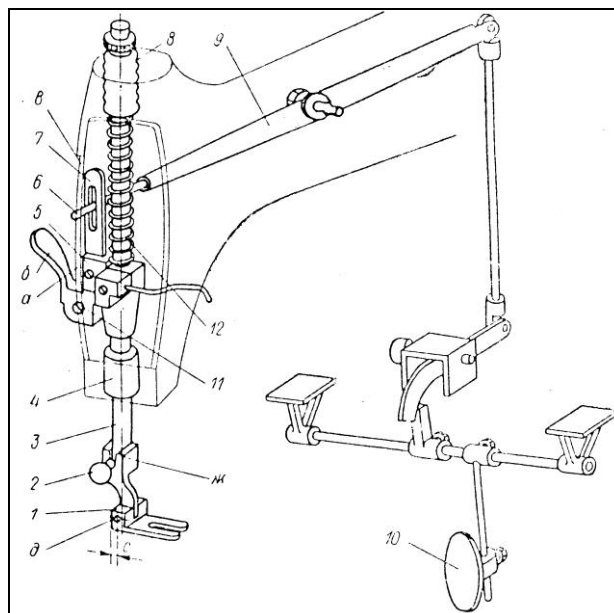
Sl. 41 Regulacija sile pritiska nožice

Tijekom šivanja je materijal za šivanje pritisnut pritisnom nožicom. Pritisna nožica je vijkom pričvršćena na pritisnu polugu na koju svojom silom djeluje pritisna opruga. Napetost opruge, a time i vrijednost pritisne sile, regulira se vijkom na vrhu glave šivaćeg stroja (sl. 38). Tokom posmika materijala se posmični zupci dižu iz ubodnice, utiskuju u materijal, izvode pomak prema naprijed za određenu vrijednost posmika, matice smještaju pod ubodnicu i vraćaju u početni položaj. Sustav donjeg posmika posjeduju gotovo svi univerzalni šivaći strojevi za spajanje slojeva materijala koji međusobno ne proklizavaju. Može se smatrati da je taj sustav posmika dominantan u skupini svih vrsta posmika.

### 2.8.1. Mehanizam pritisne nožice

Da bi posmična letva mogla premještati-posmicati šivane materijale, između nje i materijala mora se stvoriti dovoljna sila trenja. Tu silu omogućava pritisak pritisne nožice. Namjena pritisne nožice je i da zadržava šivane materijale na nivou iglene ploče kada se igla i zatezač konca dižu gore.

Osim toga pritisna nožica mora osigurati odgovarajuću zbijenost (stisnutost) šivanih materijala. To znatno olakšava zatezanje konca u ubodu i omogućava u stisnutim materijalima pojavu takvih sila elastičnosti koje u ubodima stvaraju dovoljnu zategnutost i nakon djelovanja pritisne nožice [68].



Sl.42 Položaj pritisne nožice šivaćeg stroja

Primjer uređaja pritisne nožice šivaćeg stroja dat je na sl. 42. Pritisna nožica 1 pričvršćuje se vijkom 2 s valjanom glavom za pokretnu vertikalnu osovinu 3. Osovina nožice može se pomicati paralelno s vođicom igle u usmjerivačima 8 i 4, montiranom na glavi šivaćeg stroja. Na osovinu se pričvršćuje konzola 5, koja ima usmjeravajuću izbočinu a. Ona se premješta pri podizanju nožice u uzdužnom prerezu na glavi šivaće mašine, kako bi se preduhitriло proizvoljno okretanje osovine oko svoje osi.

Da bi se šivani materijali doveli pod iglu, nožica se mora podići. Kod industrijskih šivaćih strojeva to se radi pomoću gazila ili koljenom, pritiskujući na krak 10, a kod kućnih šivaćih strojeva ručno. Za podizanje stopice od noge ili koljena, uz bočnu izbočinu konzole 5 pričvršćuje se poluga 7 koja u gornjem dijelu ima uzdužni prorez. U taj prorez ulazi zubac 6 zglobne poluge 9, uz čiju pomoć se i vrši podizanje nožice.

Kod ručnog podizanja poluge treba okrenuti iza izbočine b specijalnu izbočinu na osovini 11. U šivaćem stroju pritisak nožice na šivane materijale stvara se spiralnom oprugom 12, navučenom na osovinu (sl.42). Sila opruge može se kontrolirati prstenom 8 koji se uvrne na glavu šivaćeg stroja i istovremeno služi kao usmjerivač za osovinu. Kod nekih šivaćih strojeva, umjesto spiralne primjenjuje se ravna opruga. Ona nema nekih posebnih prednosti u odnosu na spiralnu oprugu [70,71].

Ovisno o namjeni, pritisne nožice mogu imati različit oblik ili dopunjavati različite uređaje koji olakšavaju rad na šivaćem stroju, na primjer zajedno s uređajima u obliku različitih usmjeravajućih ravnala-vodilica, prekidača i sl., radne nožice namijenjene za formiranje nabora, previjanje ruba tkanine, njegove obrade. U svim slučajevima, ma koji oblik imala nožica, njezina površina mora biti dovoljna da pritisne šivane materijale, ne samo uz transportnu letvu, već i uz iglenu površinu. Stoga širina nožice uvijek mora biti veća od širine posmične letve. Kad se mijenja posmična letva, mora se mijenjati i nožica.

Zbog boljeg pritiskanja materijala uz posmičnu letvu i iglenu ploču, nožica 1 mora se zglobom pričvrstiti uz osovinu 3. To olakšava njezin prelazak preko poprečnih šavova i zadebljanja šivanih materijala. Zglob d papučice mora zaostajati za zadnjim rubom njeine osnove ne više od  $c=5$  mm, jer će inače, pri okretu papučice, zadnji rub kočiti gornji sloj materijala pri njihovom prijenosu posmičnom letvom, što će dovesti do njegova neželjenog spuštanja.

Kod prelaska na obradu materijala druge debljine nožice treba premještati po visini. Zbog toga je na nožici ispod vijka 2 napravljen zarez da se nožica može podići.

Ako pritisna nožica ima spiralnu oprugu, sila pritiska  $F_n$  te opruge u njutnima može biti izračunata po jednadžbi [69]:

$$F_n = \frac{\lambda G d^4}{8 D^3 n} \quad (21)$$

gdje je:  $\lambda$  - skupljanje cilindrične opruge,  $G = 8 \cdot 10^4 \text{ MN/m}^2$  - posmični modul čelika;  $d$  je promjer žice opruge,  $D$ - srednji promjer,  $n$  - broj zavojnica

Kad je  $\lambda = \lambda_{\max}$  dobije se maksimalno mogući pritisak cilindrične opruge  $F_{n \max}$ . Primjerice, kod stroja 22-A kl. parametri opruge stopice su sljedeći:  $\lambda_{\max} = 36 \text{ mm}$ ;  $d=1,2 \text{ mm}$  (0,0012m);  $D=10 \text{ mm}$  (0,01m);  $n=24$ . Izračunavanja po formuli (21) daju da je  $F_{n \max} = 30 \text{ N}$  [69].

Neophodna sila pritiska nožice na materijale ovisi o njihovoj debljini. Dobivena sila  $F_{n \max} = 30 \text{ N}$  odgovara maksimalnoj debljini materijala koji se mogu šivati na razmatranom stroju. U ostalim slučajevima on će biti manji. Kod stroja teškog tipa, gdje debljina šivanih materijala može biti znatno veća nego kod univerzalnih, uzima se  $F_{n \max} = 50 \text{ N}$  [68].

Posebno je važno izabrati pritisak nožice kod šivanja pletiva. Kod prevelikog pritiska igla koja je dospjela u očicu pletiva ne može ju razvući.

Kao rezultat toga igla, prolazeći kroz očicu, kida ju stvarajući takozvano prosijecanje trikotaže. Stoga se pri šivanju pletiva uzima što manji pritisak nožice (na primjer držeći se postojećih praktičnih preporuka pri šivanju vunenog pletiva on ne smije biti veći od 20N).

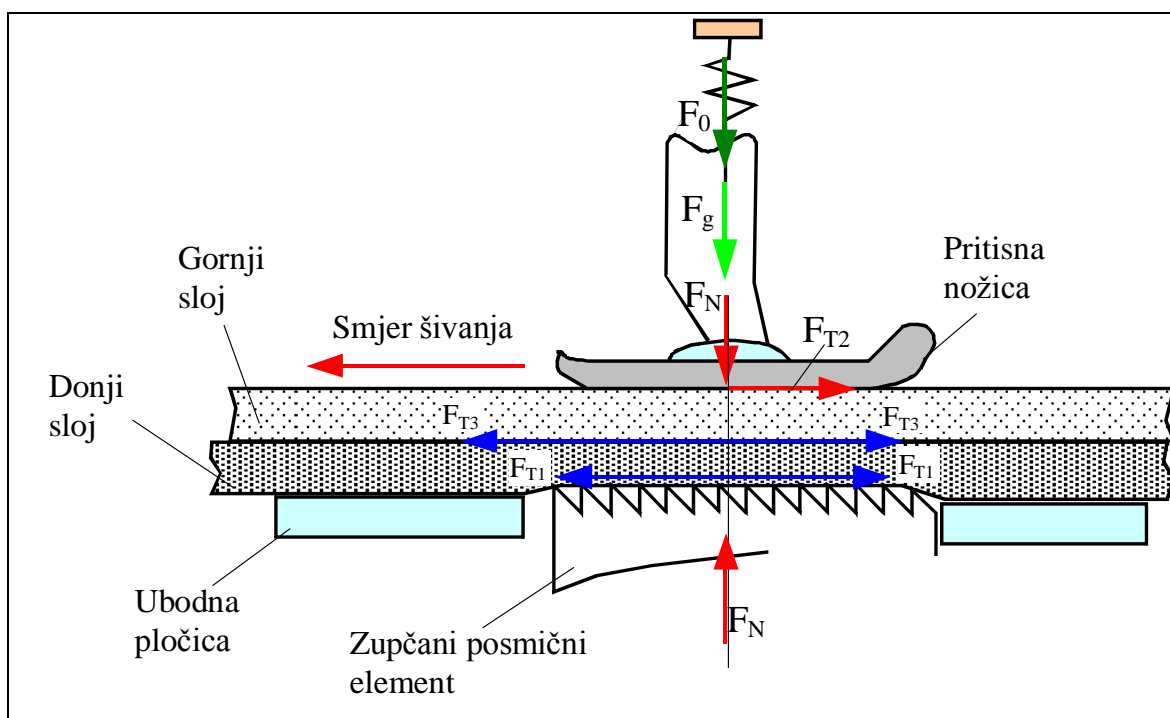
Karakteristično je da se izlaskom zubaca posmične letve ispod iglene ploče opruga nožice skuplja, zbog čega se povećava pritisak nožice na posmičnu letvu. Izračunavanja pokazuju da to povećanje ne prelazi 4% od ranije nađenog maksimalnog pritiska nožice.

### **2.8.2. Analiza sila pri posmiku materijala posmičnom letvom**

Posmik materijala jedan je od ključnih koraka u procesu šivanja, posebice kad se šiva težak ili klizav materijal velikom brzinom. U tim slučajevima parametri procesa zahtijevaju pravilno prilagođavanje da bi se izbjeglo nekontrolirano kretanje izratka te da se postigne simetričan šav a da se pritom ne oštete osjetljivi materijali. Ključni moment je ispravno podesiti silu pritisne nožice, kao i brzinu šivanja.

Vertikalni pritisak koji pritisna nožica vrši na izradak određuje se namještanjem pritisne poluge na koju je nožica pričvršćena i može se regulirati. To djelovanje, zajedno sa sustavom posmika, stvara horizontalnu i vertikalnu silu na posmičnim zupcima. Djelovanjem posmičnog uređaja, ubodne pločice i pritisne nožice, odvija se posmik izratka. To djelovanje ovisi o debljini, strukturi, rastezljivosti izratka kao i o smjeru šivanja. Povećanjem vertikalne i horizontalne sile dolazi do povećanja trenja, zbog čega je neophodno optimirati silu pritisne nožice kako bi se dobio posmik izratka odgovarajuće kakvoće. Sila pritisne nožice najčešće se statički namješta. Mijenja se impulsnim dodiranjem posmičnog uređaja na pritisnu nožicu. Taj udarni efekt povećava se kod većih brzina šivanja. Ukupnim djelovanjem sustava: iglenjača, pritisna nožica, sustava posmika i izratka za šivanje, nastaje stezna sila, izazvana titranjem, koja otežava posmik izratka. Bez odgovarajućeg posmika i odgovarajuće sile pritisne nožice šivanje bi bilo nemoguće.

Premala sila pritisne nožice uzrokuje nekontrolirano kretanje izratka, pri čemu kod povećanja brzine šivanja dolazi do posmičnog nabiranja donjeg sloja izratka, dok prevelika sila pritisne nožice uzrokuje oštećenja na izratku, pogotovo na osjetljivim finim materijalima kao što je i pletivo. Stvarni posmik materijala za šivanje uzrokuje potisna sila ili horizontalna sila. Tu silu daje sustav posmika [72]. Nasuprot potisnoj sili, preko materijala za šivanje djeluje tlačna ili vertikalna sila koja dolazi od dna pritisne nožice (sl. 43, 44).



Sl. 43 Sile koje djeluju na izradak tijekom posmika s dva sloja materijala



Sl.44 Sila pritiskne nožice na dva sloja materijala

Tlačna sila pritisne nožice:

$$F_{pn} = F_N = F_o + F_g \quad (22)$$

gdje je:

$F_{pn}$  - sila pritisne nožice,

$F_o$  - sila opruge,

$F_g$  - sila gravitacije.

Sila opruge  $F_o$  dana je u obliku:

$$F_o = cx \quad (23)$$

gdje je:

$c$  - krutost opruge,

$x$  - put sabijanja.

Sila gravitacije može se izraziti jednadžbom:

$$F_g = m_{pn}g \quad (24)$$

gdje je:

$m_{pn}$  - masa pritisne nožice.

Na osnovu izraza (24) sila trenja između gornjeg sloja materijala i pritisne nožice  $F_{T2}$  može se izraziti kao [73]:

$$F_{T2} = F_{pn}\mu_2 = (F_o + F_g)\mu_2 = (cx + m_{pn}g)\mu_2 \quad (25)$$

gdje je:

$\mu_2$  - koeficijent trenja između gornjeg sloja materijala i pritisne nožice.

Sila trenja između gornjeg i donjeg sloja materijala  $F_{T3}$  može se iskazati izrazom:

$$F_{T3} = F_{pn}\mu_3 = (F_o + F_g + G_{m_2})\mu_3 = (cx + m_{pn}g + m_2g)\mu_3 \quad (26)$$

gdje je:

$\mu_3$  - koeficijent trenja između gornjeg i donjeg sloja materijala,

$m_2$  - masa materijala 2.

Sila trenja između zupčastog posmičnog elementa i donjeg sloja materijala  $F_{T1}$ :

$$F_{T1} = [F_{pn} + (m_1 + m_2)g] \mu_1 = [F_o + F_g + (m_1 + m_2)g] \mu_1 = [cx + m_{pn} \cdot g + (m_1 + m_2)g] \mu_1 \quad (27)$$

gdje je:

- $(m_1 + m_2)g$  - sila gravitacije dijela materijala između pritisne nožice i posmičnih zubaca,
- $\mu_1$  - koeficijent trenja između posmičnog elementa i donjeg sloja materijala,
- $m_1$  - masa materijala 1.

Da bi se posmik mogao ostvariti, moraju biti zadovoljena u ovom slučaju dva uvjeta:

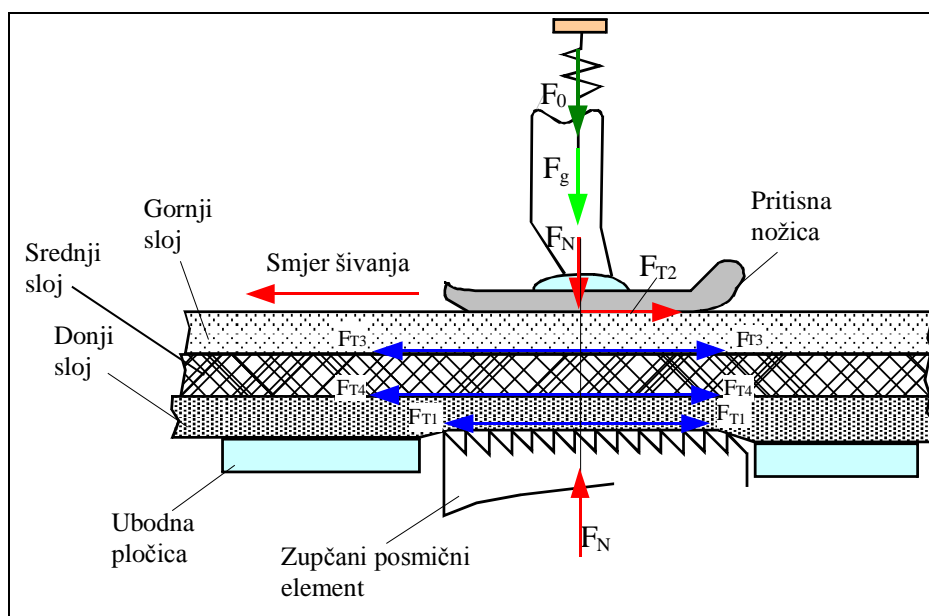
$$\text{I} \quad F_{T2} - F_{T3} = 0 \quad (28)$$

$$\text{II} \quad F > F_{T1} + F_{T2} \quad (29)$$

Gdje je:

- $F_{T2}$  - sila trenja između gornjeg sloja materijala i pritisne nožice,
- $F_{T3}$  - sila trenja između gornjeg i donjeg sloja materijala,
- $F$  - vlačna sila, odnosno sila potrebna za posmik materijala,
- $F_{T1}$  - sila trenja između zupčastog posmičnog elementa i donjeg sloja materijala.

Slično se događa pri šivanju tri sloja materijala, s tom razlikom što se pojavljuje više jedna sila  $F_{T4}$ , koja nastaje trenjem još jednog sloja materijala.



Sl.45 Sile koje djeluju na izradak tijekom posmika s tri sloja materijala

Kod slučaja kad se šivaju tri sloja materijala, kao što je prikazano na slici 45, sile koje djeluju na materijal :



Tlačna sila pritisne nožice  $F_{pn}$  iskazana sa (22), sila opruge  $F_o$  (23), sila gravitacije  $F_g$  (24), sila između gornjeg sloja materijala i pritisne nožice  $F_{T2}$  (25), sila trenja između gornjeg i srednjeg sloja materijala  $F_{T3}$  (26), sila trenja između donjeg i srednjeg sloja materijala  $F_{T4}$  :

$$F_{T4} = [F_{pn} + (m_2 + m_3)g] \mu_4 = [F_o + F_g + (m_2 + m_3)g] \mu_4 \quad (30)$$

Sila trenja između zupčastog posmičnog elementa i donjeg sloja materijala  $F_{T1}$  :

$$F_{T1} = [F_{pn} + (m_1 + m_2 + m_3)g] \mu_1 = [F_o + F_g + (m_1 + m_2 + m_3)g] \mu_1 \quad (31)$$

gdje je:

$(m_1 + m_2 + m_3)g$  - sila gravitacije dijela materijala između pritisne nožice i posmičnih zubaca,

$\mu_1$  - koeficijent trenja između posmičnog elementa i donjeg sloja materijala.

Da bi se posmik mogao ostvariti, moraju biti zadovoljena u ovom slučaju dva uvjeta:

$$I \quad F_{T2} - F_{T3} - F_{T4} = 0 \quad (32)$$

$$II \quad F > F_{T1} + F_{T2} \quad (33)$$

Gdje je:

$F_{T2}$  - sila trenja između gornjeg sloja materijala i pritisne nožice,

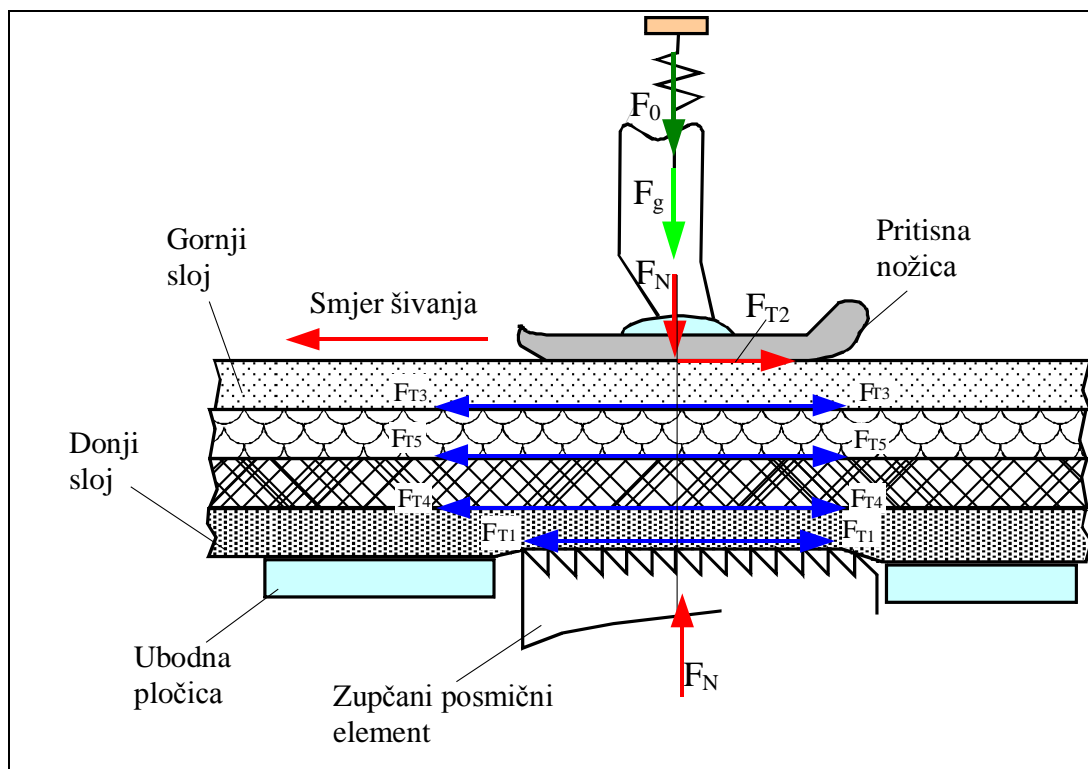
$F_{T3}$  - sila trenja između gornjeg i srednjeg sloja materijala,

$F_{T4}$  - sila trenja između donjeg i srednjeg sloja materijala,

$F$  - vlačna sila, odnosno sila potrebna za posmik materijala,

$F_{T1}$  - sila trenja između zupčastog posmičnog elementa i donjeg sloja materijala.

Kod analize djelovanja sila kod šivanja četiri sloja pletiva slično se dešava kao kod šivanja dva i tri sloja pletiva sa razlikom pojave još jedne sile trenja  $F_{T5}$  i naravno sila trenja između donjeg sloja pletiva i posmičnih zubaca  $F_{T1}$  je uvećana za težinu jednog sloja pletiva (sl. 46).



Sl.46 Sile koje djeluju na izradak tijekom posmika s četiri sloja materijala

Sila trenja između srednjih slojeva materijala  $F_{T5}$  može se iskazati izrazom:

$$F_{T5} = [F_{pn} + (m_2 + m_3 + m_4)g] \mu_5 = [F_o + F_g + (m_2 + m_3 + m_4)g] \mu_5 \quad (34)$$

Sila trenja između zupčastog posmičnog elementa i donjeg sloja materijala  $F_{T1}$ :

$$F_{T1} = [F_{pn} + (m_1 + m_2 + m_3 + m_4)g] \mu_1 = [F_o + F_g + (m_1 + m_2 + m_3 + m_4)g] \mu_1 = [cx + m_{pn}g + (m_1 + m_2 + m_3 + m_4)g] \mu_1 \quad (35)$$

gdje je:

$(m_1 + m_2 + m_3 + m_4)g$  - sila gravitacije dijela materijala između pritisne nožice i posmičnih zubaca,

$\mu_1$  - koeficijent trenja između posmičnog elementa i donjeg sloja materijala.

Da bi se posmik mogao ostvariti, moraju biti zadovoljena u ovom slučaju dva uvjeta:

$$\text{I} \quad F_{T2} - F_{T3} - F_{T4} - F_{T5} = 0 \quad (36)$$

$$\text{II} \quad F > F_{T1} + F_{T2} \quad (37)$$

Gdje je:

- $F_{T2}$  - sila trenja između gornjeg sloja materijala i pritisne nožice,
- $F_{T3}$  - sila trenja između gornjeg i srednjeg sloja materijala,
- $F_{T4}$  - sila trenja između donjeg i srednjeg sloja materijala,
- $F_{T5}$  - sila trenja između srednjih slojeva materijala,
- $F$  - vlačna sila, odnosno sila potrebna za posmik materijala,
- $F_{T1}$  - sila trenja između zupčastog posmičnog elementa i donjeg sloja materijala.

## **2.9. Utjecaj pletiva na šav prilikom šivanja auto navlaka**

Izrada pletiva je kompliciran dinamički proces. Raznolik strojni park kao i mnogobrojni proizvodi uz naglašen utjecaj modnih trendova ukazuju na veoma kompleksnu proizvodnju koja zahtijeva koordinirani i timski rad stručnjaka za dizajn, marketing i pletenje.

U procesima izrade auto navlaka pojavljuju se nedovoljno kvalitetni šavovi. Jedan od uzroka je nedovoljno obraćanje pozornosti na kvalitetu materijala koji se šiva, u ovom slučaju na pletivo. Posljedica takvog nekvalitetnog šava su prekasno uočene pogreške, što dovodi do velikih financijskih izdataka [13].

Probodna sila šivaće igle, napetost šivaćeg konca, posmik materijala za šivanje, izbor šivaćeg konca te finoća i oblik vrška šivaće igle vrlo su važni parametri prilikom šivanja auto navlaka a time i pletiva koji je dio kompozita. Među velikim brojem čimbenika koji utječu na proces proizvodnje, a time i na gotov proizvod, veliko značenje zauzima finoća šivaće igle. Finoća i oblik vrška šivaće igle tijekom šivanja vrlo su bitni. Prije odluke za oblik vrška šivaće igle potrebno je odrediti finoću šivaće igle jer ona u velikoj mjeri ovisi o upotrijebljenom šivaćem koncu. Šivaći konac ima utjecajnu ulogu u izvedbi šava jer se na njega postavlja zahtjev da ima sposobnost rastezanja zbog toga što samo pletivo ima svojstvo elastičnosti u smjeru nizova i redova. Veličina ušice šivaće igle i debljina konca moraju međusobno biti usklađeni da bi konac mogao prolaziti kroz ušicu šivaće igle sa što manjim trenjem [26].

Probodna sila šivaće igle jedan je od važnijih tehničko tehnoloških parametara u procesu šivanja na koji u procesu šivanja utječu razni faktori kao što su: vrsta i količina slojeva šivanog materijala, finoća šivaće igle, oblik vrška šivaće igle, ubodna brzina šivaćeg stroja, dorada šivanog materijala i neki drugi [42].

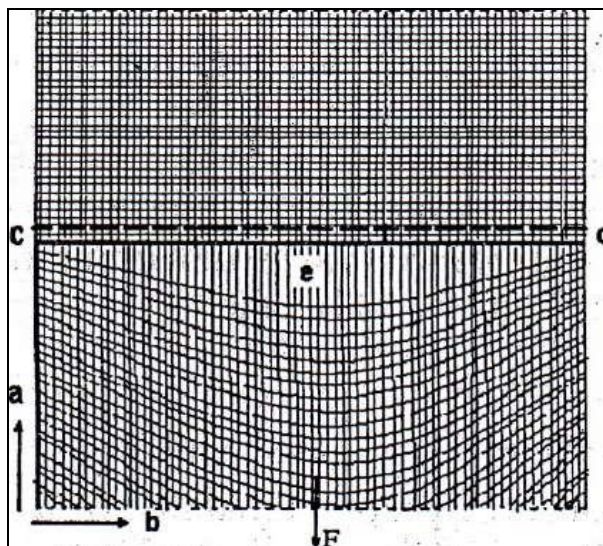
Najveća probodna sila šivaće igle nastane u trenutku kad ušica šivaće igle probada materijal. Ušica šivaće igle, koja ima veći promjer, prolazi kroz materijal pri većem razmaku pređe odnosno vlakana, zbog čega dolazi do većeg trenja i povećane sile otpora materijala protiv šivaće igle, odnosno do povećane probodne sile. Pri vraćanju šivaće igle iz tkanine trenje se smanji jer igla prolazi kroz prethodno oblikovani otvor, a posljedica je veliko smanjenje apsolutne vrijednosti probodnog dijela. Proizvođači šivaćih igala razvili su igle raznih oblika kako bi se olakšalo šivanje osjetljive strukture pletiva i time se izbjeglo oštećenje očica. Za šivanje pletenina sugerira se upotreba igle s malim kuglastim vrhom „SES“, a za voluminoznija pletiva upotreba igle sa srednjim kuglastim vrhom „SUK“ [74].

## **2.10. Utjecaj tkanine kao dio kompozita na šav prilikom šivanja auto navlaka**

Uporabom auto navlaka dolazi do oštećenja na šavovima. Smicanje niti tkanine je posljedica djelovanja vlačne sile. Smicanje niti počinje se uočavati nakon nekog vremena, a što daje lošu sliku o njihovoj uporabnoj vrijednosti. Auto navlake su usljed uporabe često kemijski čiste čime se odstranjuju i sredstva koja su prije smanjivala rizik od smicanja niti u šavu.

### **2.10.1. Smicanje niti tkanine u šivaćem šavu**

Auto navlake su nizom šavova prošivene šivaćim koncem pri čemu ne dolazi do vidljivog narušavanja njezine strukture. Kada je sila, koja za vrijeme nošenja i održavanja odjeće djeluje okomito na šav, veća od sile otpora tkanine na smicanje, dolazi do izvlačenja osnovinih ili potkinih niti iz šava. Uz šav se stvara deformacija tkanine tj. prostor bez jednog sustava niti, što se tretira kao smicanje niti. Prilikom smicanja niti ne dolazi do oštećenja odnosno razaranja niti u sistemu tkanine. Na slici 47 prikazani su učinci smicanja niti u šivaćem šavu.



Sl.47 Smicanje niti u šivaćem šavu

Najveća prosječna udaljenost niti od šava, mjerena mjerilom s intervalima od 0,5 mm, a nastala djelovanjem vlačne sile, naziva se smicanje niti.

### 2.10.2. Mehaničko djelovanje vanjskih sila na tekstilni materijal

Kada na tekstilni materijal djeluju vanjske sile jednakih iznosa ali suprotnih smjerova, s vektorskog gledišta izgleda da se ništa s materijalom neće dogoditi. Razlika ipak postoji između stanja kad na materijal djeluje spomenuti sustav sila i stanja kad na njega ne djeluju nikakve sile. U prvom slučaju, iako se vanjske sile poništavaju, one će prouzročiti njegovu deformaciju. Za opisivanje stanja deformacija uzorka podvrgnutog djelovanju vanjskih sila, vektorski aspekt ovdje nije dovoljan [75].

Deformacija koja će nastati u tkanini, neće ovisiti samo o sili, već i o sili na jedinicu površine. Takva sila zove se naprezanje, izražava se u  $\text{Nm}^{-2}$  i definira se kao sila  $F$  na jedinicu površine  $A$ :

$$\delta = \frac{F}{A} \quad (38)$$

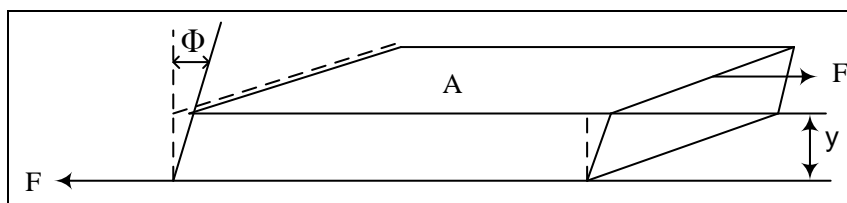
Ovako definirana veličina je složenija od vektora jer orijentacija jedinične površine može biti proizvoljna. Naprezanje će općenito u nekoj točki tkanine ovisiti o silama kojima su međusobno povezane pojedine niti u tkanini. Posljedica naprezanja se očituje u promjeni oblika i volumena tkanine, što rezultira njenom deformacijom. Poznate su tri vrste naprezanja koja uzrokuju određeni oblik deformacije. Djeluje li vanjska sila  $F$  na niti u tkanini, dolazi do linearnog istezanja, čiji je glavni učinak produljenje niti  $\Delta l$ . Ova se deformacija može izraziti kao relativno produljenje  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (39)$$

gdje je:

$l$  - početna duljina niti.

Ako na tekstilnu plošnu tvorevinu površine  $A$  djeluje moment sile, dolazi do naprezanja koje se zove smicanje (sl. 48).



Sl.48 Djelovanje momenta sile smicanja u tkanini

Deformacija na smicanja se javlja na mjestu gdje su dvije plohe tkanine šivaćim šavom pričvršćene jedna uz drugu, a sila  $F$  razvlači te plohe djelujući paralelno s dodirnom površinom.

Do smicanja dolazi i onda, kada je tekstilna plošna tvorevina jednim dijelom na podlozi a sila djeluje tangencijalno na gornju površinu. Naprezanje  $\sigma$  kod smicanja se također definira kao omjer sile na jedinicu površine. U ovom slučaju vektor sile leži u gornjoj površini tkanine na koju djeluje, a u donjoj plohi djeluje tangencijalno suprotna sila  $-F$ , zbog reakcije podloge.

Na tkaninu debljine  $y$  djeluje moment sile  $M_s$ :

$$M_s = Fy \quad (40)$$

Suprotnim momentom podloga sprečava rotaciju, no gornji sloj tkanine se zbog momenta  $M_s$  pomakne za pomak  $\Delta x$ . Odnos između pomaka  $x$  i debljine tkanine  $y$  je aproksimativno jednak kutu  $\Phi$ , sl.48. Kod naprezanja  $\sigma_s$  odgovarajuća deformacija će prouzročiti i promjenu volumena, koja se može izraziti relativnim smanjenjem volumena  $\Delta V/V$ . Predznak minus označava da kod povećanja naprezanja dolazi do smanjenja volumena.

Naprezanje smicanja proporcionalno je deformaciji smicanja  $\Phi$  tako da je:

$$\sigma_s = n \Phi, \quad (41)$$

gdje je  $n$  - modul smicanja.

Linearna proporcionalnost između  $\sigma_s$  i deformacije  $\Phi$  slijedi iz Hookovog zakona. U određenom intervalu naprezanja niti, odnos između naprezanja  $\sigma$  i rastezanja niti (relativno produljenje  $\Delta l/l$ ) je također linearan. Po Hookovom zakonu je normalno naprezanje proporcionalno rastezanju po jedinici duljine [75].

$$\sigma = E \frac{\Delta l}{l} = E \varepsilon, \quad \text{gdje je:} \quad (42)$$

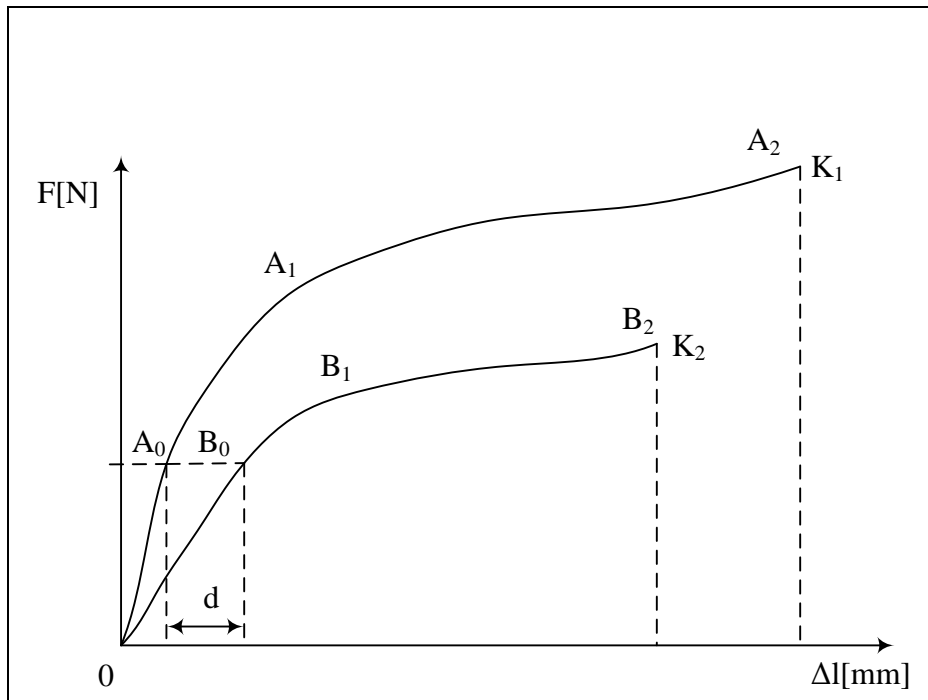
$E$  - Youngov modul elastičnosti.

Kako deformacija kao veličina nema dimenzije, jedinica za Youngov modul  $E$  iz relacije (42) i za modul smicanja  $n$  iz relacije (41) je  $\text{Nm}^{-2}$ . Iz relacije (42) slijedi da je linearno produljenje  $\Delta l$  proporcionalno s početnom duljinom niti  $l$  i silom  $F$ , a obrnuto proporcionalno površini presjeka  $A$ :

$$\Delta l = \frac{1}{E} \frac{l F}{A} \quad (43)$$

Na sl. 49 prikazane su u  $(F/\Delta l)$  dijagramu dvije krivulje;  $K_1$  za uzorak tkanine bez šava i  $K_2$  za uzorak iste tkanine sa šivaćim šavom podvrgnute djelovanju iste sile [7].

Krivulje  $K_1$  i  $K_2$  imaju zajedničku ishodišnu točku. Na svom početnom dijelu one slijede Hookov zakon do granica elastičnosti  $(A_0, B_0)$ , nakon čega nastupaju deformacija do točaka popuštanja  $(A_1, B_1)$ . Daljnjim povećanjem sile dolazi do popuštanja i konačno do kidana niti uzoraka, što odgovara točki  $A_2$  na krivulji  $K_2$ . Kod sile  $F_0$  u području šava, (točka  $B_0$ ), počinje se javljati fizičko izvlačenje niti tkanine iz šava. Ovo izvlačenje pri djelovanju sile  $F_0$  odgovara razmaku  $d$  na sl. 49, koji iznosi  $d = \Delta l_{A_0} - \Delta l_{B_0}$ .



Sl.49 Dijagram naprezanja tkanine bez šava i sa šavom

Rastezanje šava određuje se opterećenjem šava silom  $F$ . Kada dođe do njegova kidanja, izmjeri se iznos sile  $F_m$ . Ako dođe do kidanja tkanine prije nego što dođe do kidanja šava, izmjeri se sila  $F_p$  i relativno produljenje  $\Delta l/l$  [75]. Čvrstoća šava  $r_j$  se odredi iz omjera sile  $F_m$  i prekidne sile  $F_p$ .

$$\eta = \frac{F_n}{F_p} \quad (44)$$

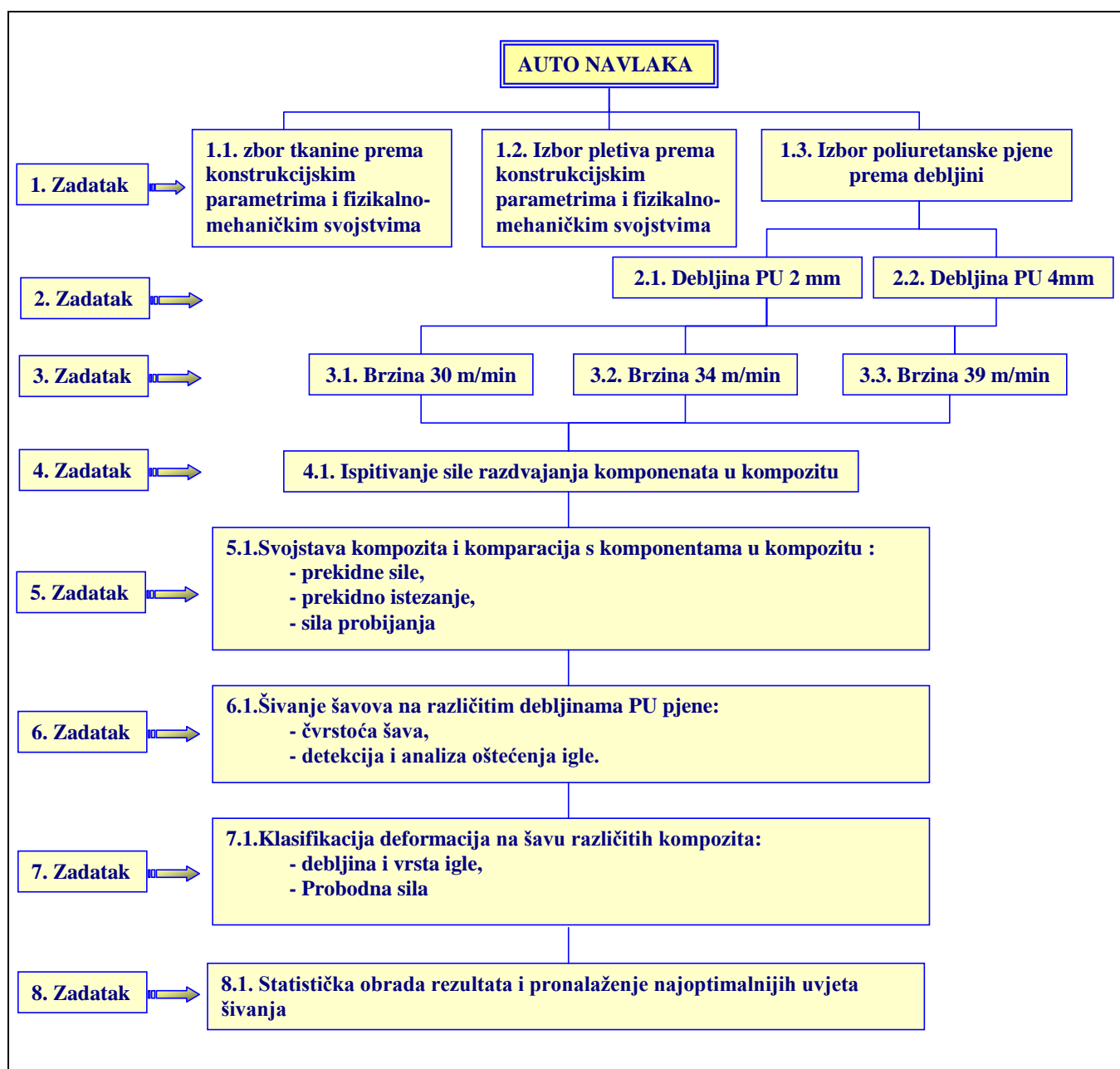
Povećanjem deformacije presjek niti se stalno smanjuje čime se odnos sile  $F$  i naprezanja  $\sigma$  također mijenja.



### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Plan ispitivanja

Ispitivanja su provedena na kompozitima namijenjenim za auto navlake s dvije debljine PU pjene. Kompozit se sastoji od tkanine na licu, PU pjene u sredini i pletiva na poledini kompozita. Provedena ispitivanja su prema sljedećoj shemi:



Schema 1 Plan ispitivanja

### **3.2 Laboratoriji u kojima su se provela ispitivanja**

Ispitivanja su provedena u:

- Tekstilnoj tvrtki Prevent Fabrics u Visokom u Bosni i Hercegovini,
- Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zagrebu i na
- Institutu za tekstilne tehnologije i procesno inženjerstvo (ITV), u Denkendorfu, Njemačka.

### **3.3. Materijali u kompozitu**

Ovo istraživanje je moguće i ponovljivo s prilagođenim proizvodnim uvjetima koja su za ovo istraživanje korišteni. Ispitat će se svojstva novorazvijene visokokvalitetne tkanine i pletiva te PU pjene u dvije debljine kao buduće komponente u kompozitu.

Termičkim lijepljenjem komponenti u kompozit s tri različite procesne brzine prolaska materijala (30, 34, 39 m/min) i dvije debljine PU pjene (2 i 4 mm) ispitat će se fizikalno-mehanička svojstva polukompozita (pletivo + PU) i konačnog kompozita (tkanina + pletivo + PU) te utjecaj svojstava komponenti na kompozit.

#### **3.3.1. Osnovni parametri tkanine**

Sirovinski sastav: 100% poliester (PES) multifilament,

vez: listovni,

gustoća osnova / potka: 290 / 205 (niti/10 cm),

finoća osnova / potka: 620 f 144 dtex/ 167 f 48×3 dtex.

#### **3.3.2. Osnovni parametri pletiva**

Sirovinski sastav: 100% poliester (PES) multifilament,

vez: kulirno podliježno pletivo 1+1,

gustoća nizovi / redovi: 130 / 110 (na 10 cm),

finoća pređe: 75-84 f 36 dtex.

### 3.3.3. Osnovni parametri poliuretanske pjene (PU pjene)

Za izradu kompozita u ovom radu koristile su se dvije debljine PU pjene i to: 2 mm i 4 mm.

Osnovni podaci PU pjene su:

- boja: bijela ;
- masa (DIN 12127): 46,342g/m<sup>2</sup> ;
- maksimalna sila istezanja (DIN 13934-1): osnova:101,7N, potka:105,8N ;
- prekidno izduženje (DIN 13934-1): osnova: 54,3%, potka: 49,6% ;
- statičko istezanje 25N (DIN 53360): uzdužno: 56,98%, vertikalno: 99,21 % ;
- konstantno izduženje (DIN 53360): uzdužno: 6,85 % , vertikalno: 36,85 % ;
- ponašanje pri gorenju (DIN 75200, FMVSS 302): L:NBR, T:NBR, ≤ 100 mm/min ;
- miris 80°C/2h i Miris 40°C/24h (PV 3900): 3.

### 3.4. Strojevi za izradu tkanina, pletiva i kompozita

Tkanina i pletivo za ovaj rad izrađeni su u tekstilnoj tvornici Prevent na sljedećim strojevima:



Sl.50 Tkalački stroj sa unosom potke pomoću hvatala i elektronskom listovkom  
tt. Dornier tip: S 220 cm,

Tkalački stroj (sl. 50) nalazi se u tvrtci Prevent, visoko BIH na kojem je otkana tkanina za kompozit koji će se koristiti u ovom radu kao materijal za auto navlake. Unošenje potke je krutim utkivnim šipkama po Dewas sustavu, što znači da se potka unosi u zijev s lijeve strane stroja u odnosu na položaj tkalca. Lijeve utkivne šipke unosi potku do polovice tkanine gdje se vrši primopredaja i desne utkivne šipke nose potku kroz zijev u drugoj polovici tkanine. Ovi strojevi se odlikuju stabilnošću, robusnošću, preciznošću primopredaje potke i mogućnošću tkanje do 12 različitih boja ili finoća potke s mogućnošću programiranja poretka boja. Nedostatak im je u odnosu na utkivne trake za unos potke, što zauzimaju veći prostor za smještaj krutih utkivnih šipki u trenutku kad nisu u zijevu. Ne razvijaju veće brzine upravo zbog zaustavljanja potke u trenutku primopredaje. Maksimalna radna širina stroja je 220 cm što omogućuje tkanje tehničkih tkanina. Svojom robusnošću, sigurnošću u radu i stabilnošću često se koriste za teške karirane tkanine. Opremljen je s elektronskom listovkom što upućuje na činjenicu da se radi o modernom tkalačkom stroju koji može razviti visoke brzine.



Sl.51 Pletaći stroj tt. Terrot tip: S296-1; E28 30``.

Jedan od modernijih pletaćih strojeva za kulirno pletenje Jersey pletiva prikazan je na slici 51. Ovaj pletaći stroj odlikuje se visokom učinkovitošću, pouzdanošću i fleksibilnošću. Elektronskim upravljanjem omogućena je brza promjena desena, visokokvalitetna proizvode sa visokom produktivnošću. Visoku pouzdanost osigurava preciznom i neprekidnom kontrolom procesa pletenja. Postiže obodnu brzinu do 2 m/s.



Sl. 52 Stroj za lijepljenje komponenata u kompozit sa plinskim plamenikom tt. Schmid, model: 1281/2200

### **3.5. Metode i uređaji za ispitivanje kompozita**

Ispitivanje po pojedinim metodama provodilo se u uvjetima strogo definiran prema normama i to: vlaga u zraku  $65\pm 2\%$  i temperatura zraka  $20\pm 2$  °C.

#### **3.5.1. Priprema uzoraka za ispitivanje na dinamometru**

Uzorci se prije ispitivanja klimatiziraju najmanje 24 h na  $2\pm 2$ °C i  $50\pm 6\%$  Prema normi DIN 53 357) relativne vlažnosti. Dužina uzoraka treba da bude cca 200 mm, a širina  $50\pm 1$  mm. Za ispitivanje je potrebno uzeti 3 uzorka u uzdužnom smjeru (u smjeru osnove) i 3 uzorka u poprečnom smjeru (u smjeru potke).



Sl. 53 Priprema uzoraka za ispitivanje

### 3.5.2. Ispitivanje sile razdvajanja komponenti u kompozitu

Ispitivanja su provedena u tvrtki Prevent, na dinamometru Pellizzato/Tinius Olsen, Tip. H5KS, prema normi DIN 53 357.

Sila razdvajanja ispitana je na kompozitima dobivenim različitim brzinama lijepljenja komponenata i debljinama poliuretana. Potražiti će se optimalna rješenja koja će dati najčvršći termički spoj među komponentama, ali ne na štetu kvalitete spoja. Loš spoj komponenata se vizualno elimirao ako se PU pjena vidjela na licu kompozita.

Ispitana je sile razdvajanja komponenti kompozita koje su termički spojene s tri različite procesne brzine (30, 34 i 39 m/min) i dvije debljine PU (2 mm i 4 mm). Najprije se ispitala sila razdvajanja između pletiva i (PU pjene + tkanina), a potom između pletiva + PU pjene i tkanine. Tražena su optimalna rješenja koja daju najčvršći kompozit i najčvršći spoj među komponentama kompozita.



Sl. 54 Dinamometar Pellizzato/Tinius Olsen, Tip. H5KS

### 3.5.3. Ispitivanje otpornosti na habanje

Ispitivanje kompozita na otpornost na habanje provedeno je na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zagrebu.

Najučestalija ispitivanja su ona koja se odnose na ispitivanje otpornosti na habanje prema [76]:

- HRN EN ISO 12 947 – 2:2008 – određivanje gubitka čvrstoće materijala nakon habanja,
- HRN EN ISO 12 947 – 3:2008 – određivanje gubitka mase,
- HRN EN ISO 12947 – 4:2008– ocjenjivanje izgleda habane površine (broj nopa, zadebljanja, grudica i sl.).

Habanje je relativno pokretanje tekstilije (uzorka) spram sredstva za habanje, pri čemu uslijed trenja dolazi do trošenja tekstilnog materijala. Proces habanja može se odvijati na određeno vrijeme (odnosno kroz određeni broj ciklusa), a da pritom nisu nastala vidljiva oštećenja. Za takav postupak koristi se termin nahabavanje.

Ako se proces habanja provodi do vidljivog oštećenja – prekida niti ili pojave rupice na plošnom proizvodu – govori se o prohabavanju [77].

Danas je razvijen cijeli niz postupaka ispitivanja i odgovarajućih aparata koji se uglavnom klasificiraju prema načinu izvođenja relativnog pokretanja ispitivane epruvete i habajućeg tijela, a posljedica čega je i način habanja. U praksi se najčešće koriste postupci plošnog i kružnog habanja, bilo da se radi o stalnom doticanju cijele ispitivane površine ili dijelova površine pri postupku s nepreferirajućim smjerom habanja [76]. U novije vrijeme najveći broj zahtjeva za ispitivanje otpornosti na habanje provodi se na uređaju po Martindaleu.

Ispitivanje otpornosti plošnih proizvoda na habanje po Martindaleu provodi se u skladu s nacionalnim i međunarodnim standardima (sl. 55).



Sl. 55 Martindale

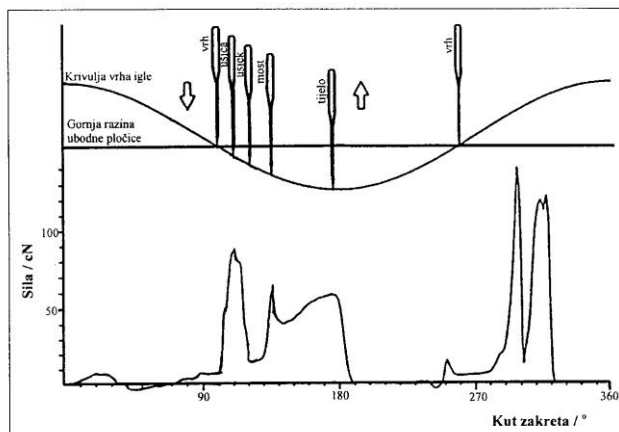
#### **3.5.4. Ispitivanje probodne sile šivaće igle**

Sigurnije programiranje i nadziranje tvorbe kvalitetnih šivaćih uboda i šavova bili su potrebni za dalji razvitak tehnološkog procesa šivanja. Zbog toga je bilo potrebno poboljšati i istražiti nove metode ispitivanja probodne sile šivaće igle.

G.Büchler i L. Hennrich su na Institutu za tekstil i procesnu tehniku u Denkendorfu, Njemačka razvili mjerni sustav (ITV mjerni sustav) za ispitivanje pojedinih čimbenika koji utječu na tvorbu šivaćih uboda i šavova s ciljem da se iznađu načini nadzora nad ispravnim funkcijama šivaćeg stroja [29]. Funkcija nadzora je postizanje optimalne kakvoće šava. Mjerni sustav omogućuje ispitivanje probodne sile šivaće igle, sile napetosti konca te horizontalne i vertikalne sile pritisne nožice šivaćeg stroja. Ovaj mjerni sustav čine: univerzalni šivaći stroj s dvostrukim zrnčanim šivaćim ubodom, tt Pfaff, klase 483, s ubodnom brzinom šivanja do 6000 uboda / min u razmacima po 10.



Broj uboda se može podešavati i pojedinačno. Dio mjernog sustava su: brojilo impulsa, signalni vod, zakretni kotač, analogno digitalni konvektor, računalo, zaslon, grafičko tiskalo, analogni filter, pojačalo signala, osjetilo probodne sile, osjetilo sile napetosti konca, pritisna nožica, osjetilo horizontalne sile pritisne nožice i osjetilo vertikalne sile pritisne nožice. Računalni program, posebno izrađen za praćenje rada mjernog sustava, koristi vremenske odnose i odnose koji ovise o kutu zakreta glavnog vratila šivaćeg stroja za najmanje četiri istovremeno snimana mjerna signala pri određenom broju okretaja glavnog vratila šivaćeg stroja. Rezultati mjerenja iskazuju se preko kompatibilnog računala a za iskaz podatak koriste se zaslon i tiskalo. Računalo putem računalnog programa analizira mjerne signale u ovisnosti o kutu zakreta i na zaslonu monitora grafički prikazuje rezultate u vidu „vodopada“ za skupinu 50 šivaćih uboda, pojedinačnih uboda po slobodnom izboru kao i srednjeg mjernog signala proboda. Za jedan okretaj glavnog vratila šivaćeg stroja nastaje krivulja signala senzora koja se za potrebe specifičnih iskaza u postupku tvorbe šivaćeg uboda može podijeliti na četiri područja i to:

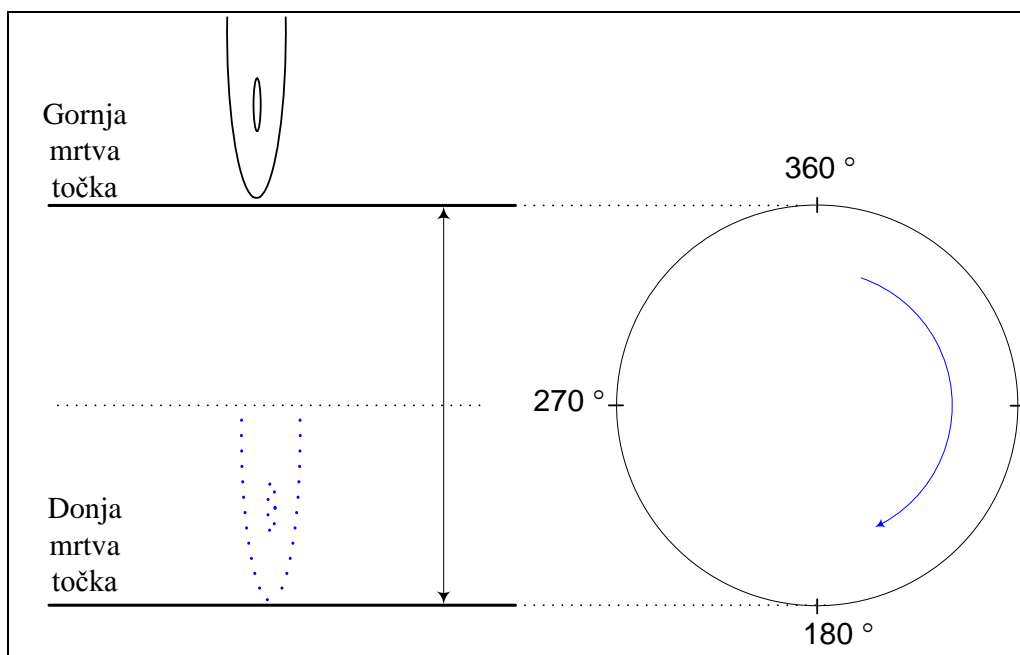


Sl. 56 Krivulja signala senzora sile kod jednog okretaja glavnog vratila šivaćeg stroja

1. Krivulja sile napetosti donjeg konca kod kutova zakreta od 10 do 100°,
2. Krivulja probodne sile vrha šivaće igle kod kutova zakreta od 100 do 102°,
3. Krivulja probodne sile šivaće igle kod kutova zakreta od 100 do 190°,
4. Krivulja sile napetosti iglenog konca kod kutova zakreta od 250 do 325°.

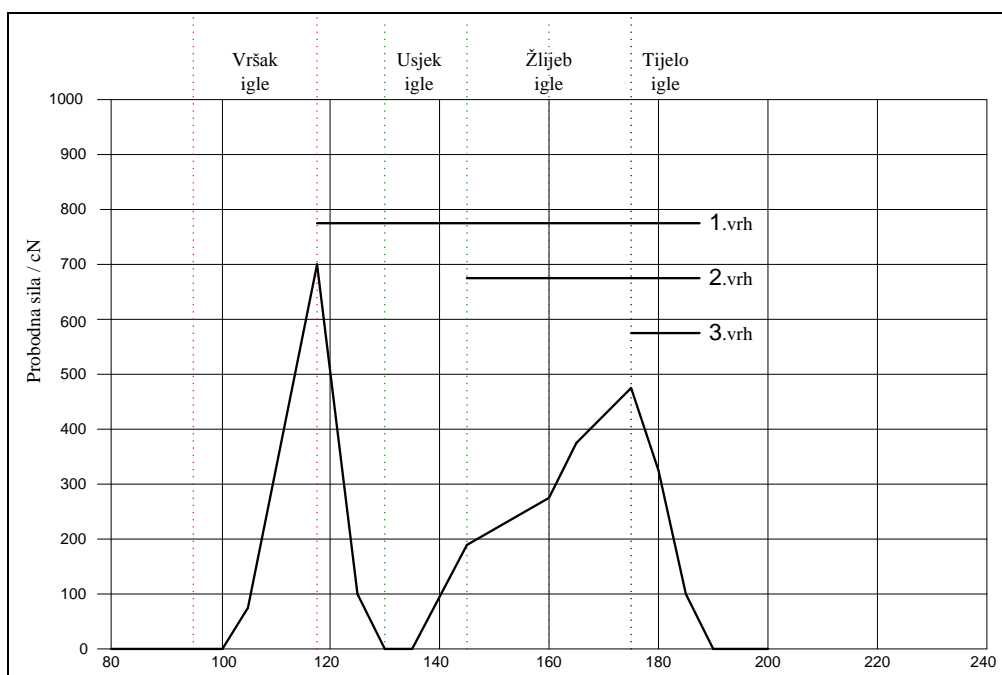
Geometrijski opis izvođenja šivaćeg uboda za vrijeme jednog okretaja glavnog vratila šivaćeg stroja prikazan je na sl. 57.

Gornja mrtva točka šivaće igle nalazi se kod 0 odnosno kod 360°, a donja mrtva točka kod 180°. Šivaća igla počinje prodirati u šivaći izradak otprilike pri 90°.



Sl. 57 Geometrijski opis šivaćeg uboda

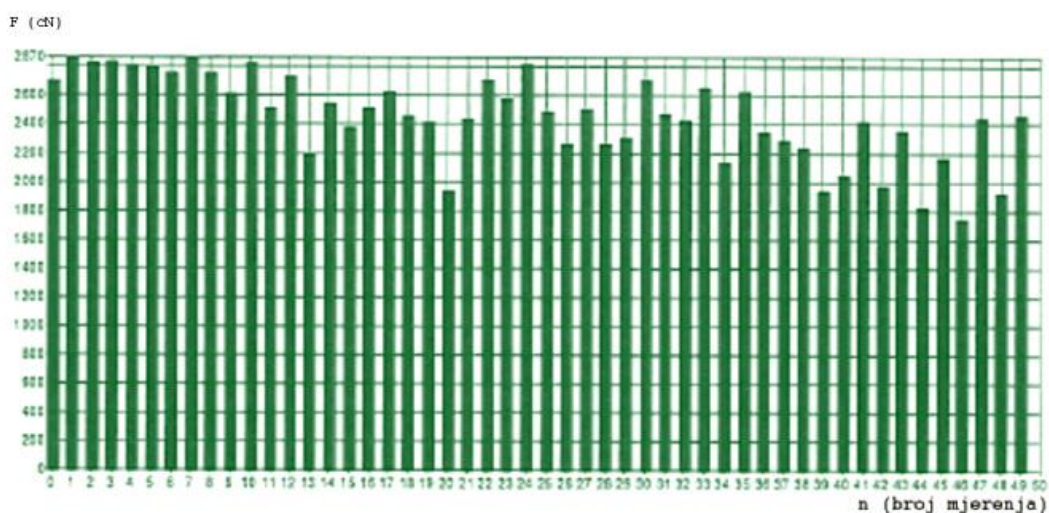
Vrijednosti probodnih sila šivaće igle koje se očituju kao tri vrha na sl. 58 predstavljaju geometriju igle.



Sl. 58 Povezanost geometrije i probodne sile šivaće igle

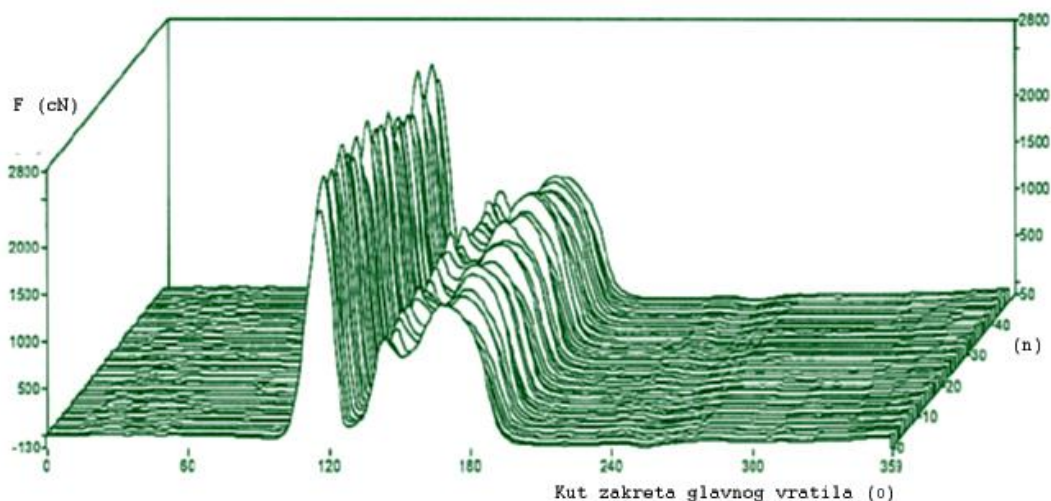
Prvi vrh jeste područje ušice igle. Žlijeb igle koji služi za prolaz hvatala konca smanjuje silu uboda u ovom području gotovo do nule. Kod prijelaza preko žlijeba do područja tijela igle nastaje drugi vrh. Zbog pojačanja u gornjem području tijela igle nastaje treći vrh.

Nakon mjerenja probodnih sila šivaće igle vrijednosti se mogu prikazivati na nekoliko načina: krivuljama, stupastim i vodopadnim dijagramima. Na stupastom dijagramu sl. 59 se vidi 50 izmjerenih probodnih sila šivaće igle za 50 uboda. Također se određuju i statističke veličine: srednja vrijednost, maksimalna vrijednost, koeficijent varijacije i područje pouzdanosti.



Sl. 59 Stupasti dijagram probodne sile šivaće igle za 50 uboda

Također se određuju i statističke veličine: srednja vrijednost, maksimalna vrijednost, koeficijent varijacije i područje pouzdanosti. Probodna sila šivaće igle pomoću vodopadnog dijagrama prikazana je na sl. 60:

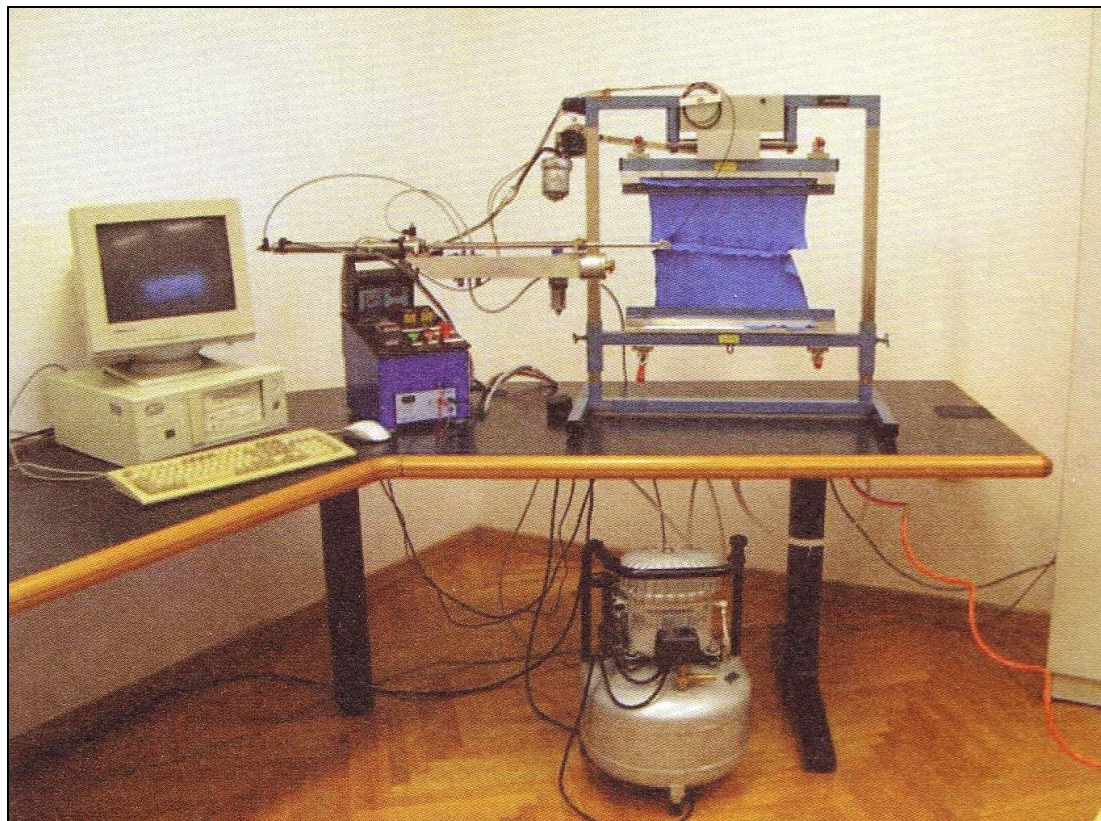


Sl. 60 Probodna sila šivaće igle prikazana vodopadnim dijagramom

Ovakav mjerni uređaj nalazi se na Tekstilno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u Zavodu za odjevnu tehnologiju u Laboratoriju za antropometrijska mjerenja i konstrukciju odjeće, a konstruiran je u suradnji sa ITV-Denkendorf (sl. 61). U današnje vrijeme šivaći strojevi rade na visokoj tehničkoj razini i automatizaciji u procesima proizvodnje odjeće međutim ponekada se pojavljuju nedovoljno kvalitetni šavovi. Zbog propuštenog i kasnog uočavanja oštećenja na šavu dolazi do povećanog broja proizvoda problematične kvalitete i reklamacija s tržišta što uzrokuje gubitak ugleda tvrtke a time i tržišta. Iz tog je razloga potrebno ispitivati oštećenja očica. Ujević, D., Nikolić G. i Brlobašić Šajatović B. su patentirali mjerni uređaj za ispitivanje oštećenja očica (patent broj 18446744073709551615, HR, PK 20080038 od 30.04.2010. godine) koji se također nalazi u Laboratoriju za antropometrijska mjerenja i konstrukciju odjeće prikazan na sl. 62.



Sl.61 Mjerni uređaj za mjerenje probodne sile šivaće igle na šivaćem stroju koji se nalazi na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Sveučilišta u Zagrebu



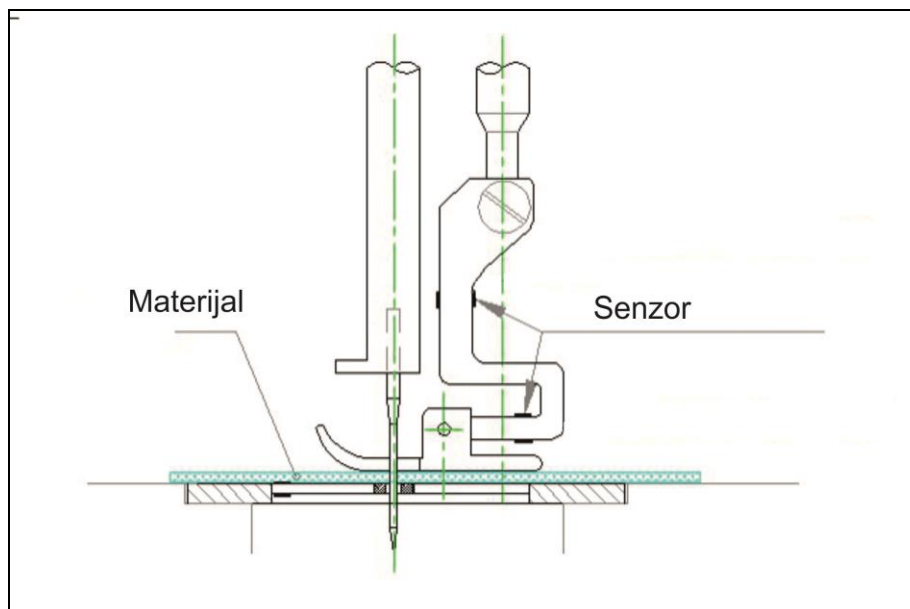
Sl. 62 Mjerni uređaj za ispitivanje oštećenja očica pletiva u Laboratoriju za antropometrijska mjerenja i konstrukciju odjeće.

U tehnološkom procesu šivanja obrada tehničkog tekstila iziskuje pravilan izbor finoće igle obzirom na debljinu materijala i pripadajuće finoće šivaćeg konca. U tablici 4 dana je podjela potrebne oznake ubodne ploče obzirom na finoću igle i konca.

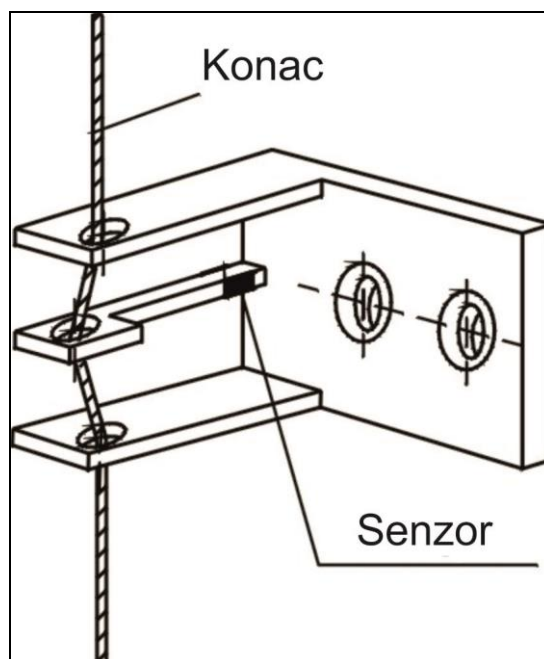
Tab. 3 Podjela oznake udodne ploče obzirom na finoći igle i konca

Oznaka ubodne ploče Pfaff 483	Finoća igle (Nm u 1/100 mm)	Finoća konca (PES)
<b>A</b> za fine, tanke materijale	60	200-150
	70	180-120
<b>B</b> za srednje materijale	80	120-100
	90	100-80
	100	80-60
<b>C</b> za teške, debele materijale	110	60-50
	120	50-40
	130	40-30
	140	30-20

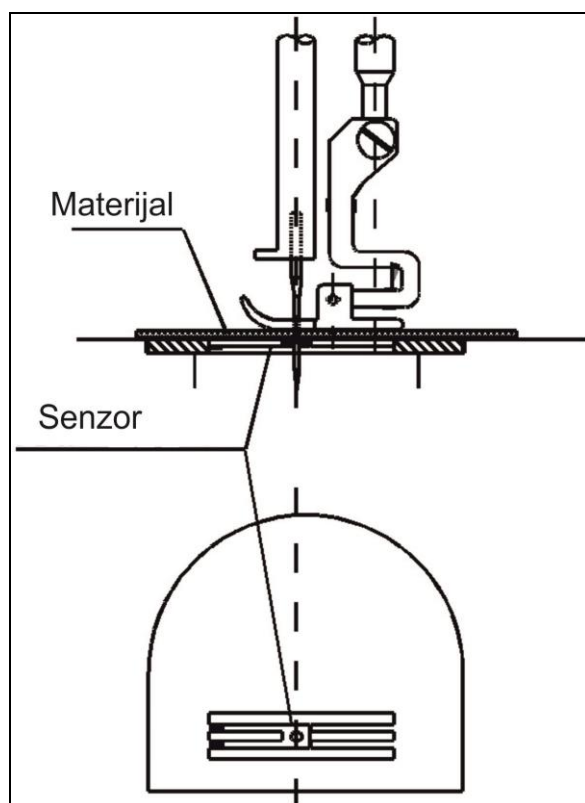
ITV mjerni sustav sastoji se od navedenog šivaćeg stroja, senzora za mjerenje napetosti gornjeg konca pomoću kojeg se analizira kvaliteta šivaćeg uboda, zatim ubodne ploče sa osjetilom probodne sile šivaće igle, mjernog Wheatstoneovog mosta, analognog filtera i pojačala signala, A/D pretloznika monitora, računala i tipkovnice. Vrednovanje mjernih signala obavlja se pomoću programa ITVSMP 2.1.



Sl. 63 (SENZOR) ZA mjerenje vertikalnih i horizontalnih sila pritise nožice, ITV



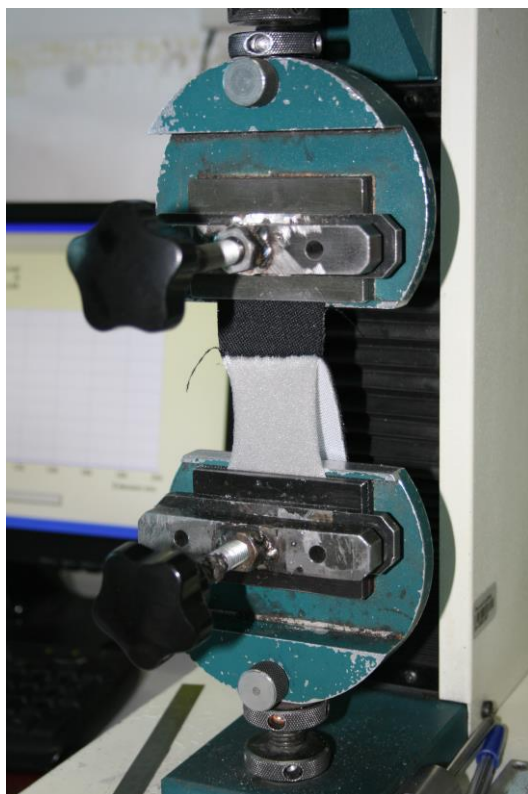
Sl. 64 (SENZOR) za mjerenje napetosti konca, ITV i tt Pfaff su razvile senzor za mjerenje napetosti gornjeg konca



Sl. 65 (SENZOR) za mjerenje probodnih sila, ITV

### 3.6. Ispitivanje sile razdvajanja komponenti u kompozitu i prekidna sila kompozita

Ispitivanje je provedeno u tekstilnoj tvrtci Prevent na dinamometru . Pellizzato/Tinius Olsen, Tip. H5KS, prema normama: DIN 53 357 (sila razdvajanja), prema normi ISO 13934 (prekidna sila)



Sl. 66 Uzorak u stezaljkama dinamometra – mjerenje sile razdvajanja kompozita



Sl.67 Prekidna sila i prekidno izduženje na šavu

### 3.7. Ispitivanje sile probijanja kompozita s kuglama

Ispitivanje je provedeno na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zagrebu na inovativnom uređaju koji je dogradni dio dinamometra za ispitivanje prekidnih sila plošnih proizvoda (sl. 68). Uređaj je razvijen upravo za ispitivanje tehničkih tkanina kako bi se dala što točnija ocjena materijala pri mehaničkim naprezanjima. Ispitivanje je provedeno s više promjera kugle (60, 40, 20, 10 mm), a istim promjerom prstena (100 mm). Ispitivanja su provedena po 3 uzorka od svakog kompozita.





Sl. 68 Uređaj za probijanje kompozita do prekida s različitim promjerima kugle (60, 40, 20, 10 mm), a istim promjerom prstena (100 mm)

#### 4. REZULTATI ISPITIVANJA

Na osnovu definiranih uvjeta ispitivanja dobiveni su rezultati podijeljeni u pet skupina:

1. Rezultati ispitivanja sile razdvajanja polikompozita i kompozita,
2. Rezultati ispitivanja prekidne sile i prekidnog istezanja materijala na šavu,
3. Rezultati ispitivanja probijanja materijala do prekida s različitim promjerima kugle,
4. Rezultati ispitivanja otpornosti na habanje,
5. Rezultati ispitivanja probodnih sila šivaće igle.

##### 4. 1. Rezultati ispitivanja sile razdvajanja polikompozita i kompozita

U ovom dijelu rada ispitana je sila razdvajanja komponenta polikompozita i kompozita (sl. 59-70). Ispitivanje je provedeno na uzorcima uzdužnom i poprečnom smjeru na dinamometru Pellizzato/Tinius Olsen, Tip. H5KS, prema normi DIN EN ISO 13934-1. Nakon ispitivanja dan je prikaz svih rezultata za sve brzine spajanja i obe debljine poliuretana. Nakon toga podaci su se složili u tabele i dat je grafički prikaz rezultata (sl. 69-80, tab. 17, 18) .

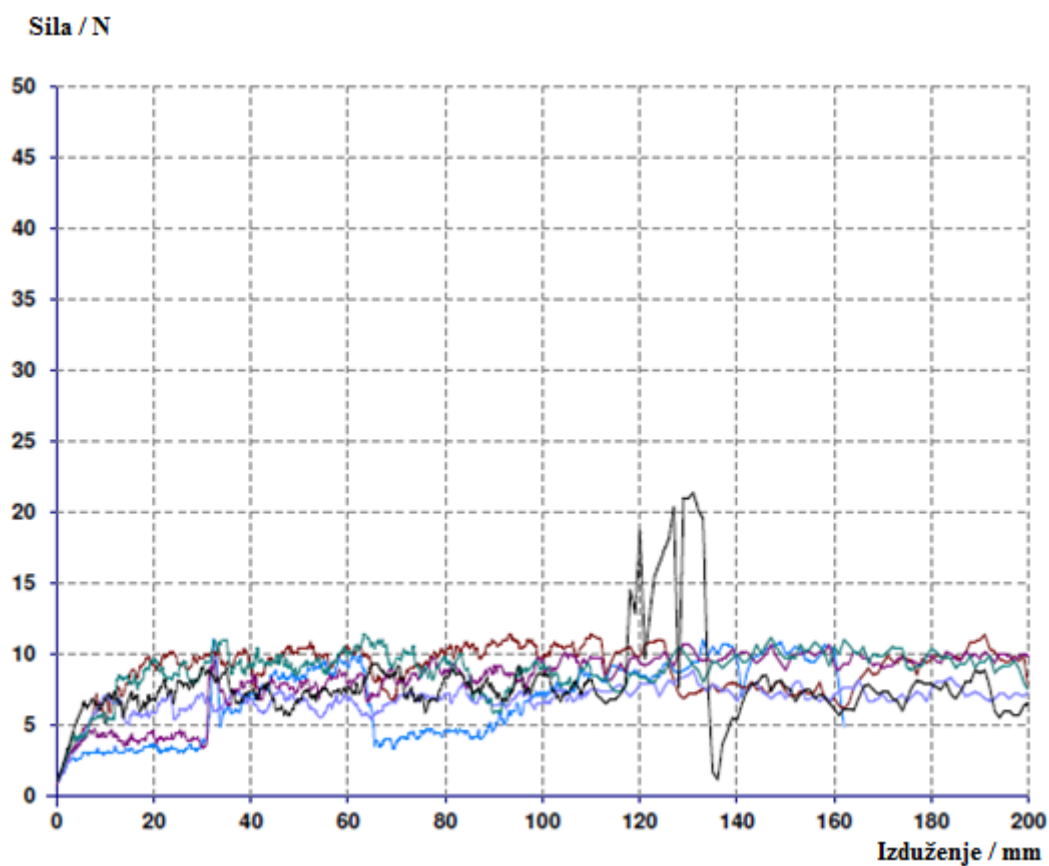
Tab. 4 Masa i debljina uzoraka izmjerena prije i nakon termičkog spajanja komponenti

Uzorci	Masa ( $\text{g}/\text{m}^2$ )		Razlika (smanjenje, %)	Debljina (mm)		Razlika (smanjenje, %)
	Izmjerene vrijednosti	Suma komponenti		Izmjerene vrijednosti	Suma komponenti	
Poliuretanska pjena (PU) 2 mm	76,5			0,70		
Poliuretanska pjena (PU) 4 mm	144			1,40		
Pletivo	51,4			0,22		
PU 2 mm + pletivo	124,5	127,9	2,73	0,88	0,92	4,55
PU 4 mm + pletivo	192,2	195,4	1,66	1,60	1,62	1,25
Tkanina	316,1			0,70		
Tkanina + PU 2 mm + pletivo	438,2	444	1,31	1,44	1,62	12,50
Tkanina + PU 4 mm + Pletivo	506,5	511,5	0,99	2,18	2,32	6,42

<b>Kompozit</b>	Tkanina + PU 2 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	50 N
<b>Brzina</b>	30 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	200%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	1,0 N

Tab. 5 Sila razdvajanja tkanine od (PU pjene 2 mm + pletiva) kod brzine lijepljenja 30 m/min.

Broj uzorka	Srednja vrijednost sile razdvajanja /N
1 _ 1	7,81
1 _ 2	9,36
1 _ 3	7,17
1 _ 4	8,89
1 _ 5	9,34
1 _ 6	7,63
Srednja vrijednost /N	8,37
Koeficijent varijacije /%	0,949
Standardna devijacija /N	11,34

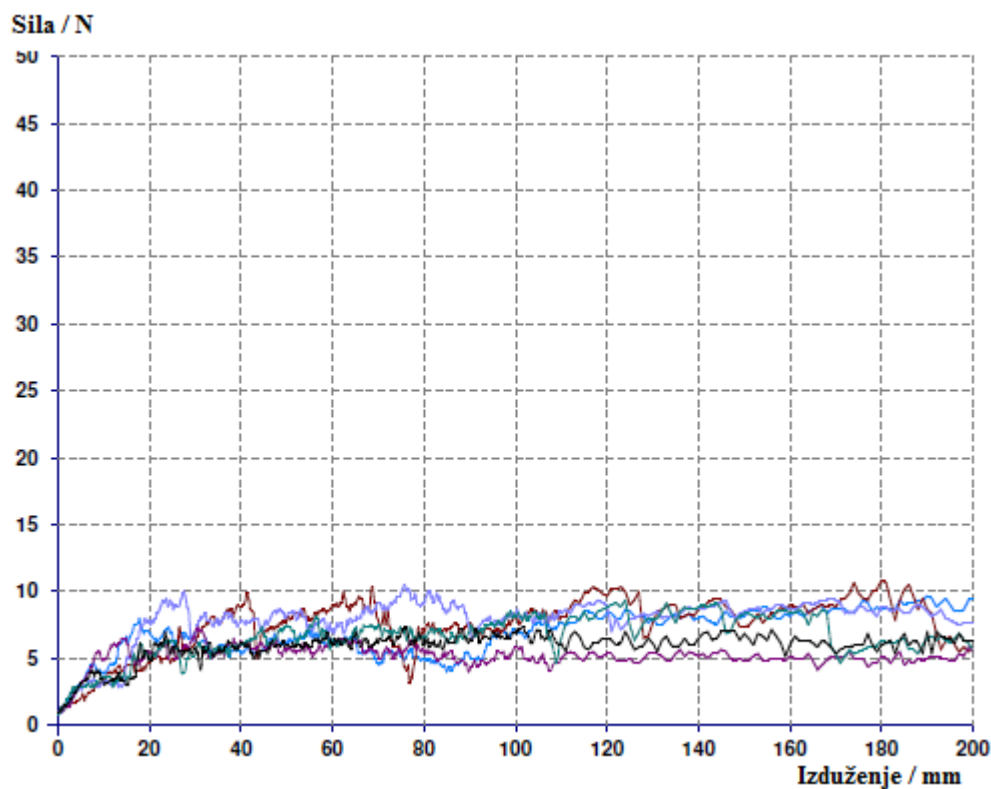


Sl. 69 Sila razdvajanja tkanine od (PU pjene 2 mm + pletiva) kod brzine lijepljenja 30 m/min

<b>Kompozit</b>	Tkanina + PU 2 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	50 N
<b>Brzina</b>	34 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	200%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	1,0 N

Tab. 6 Sila razdvajanja tkanine od (PU pjene 2 mm + pletiva) kod brzine lijepljenja 34 m/min.

Broj uzorka	Srednja vrijednost sile razdvajanja /N
1 _ 1	6,88
1 _ 2	8,06
1 _ 3	8,45
1 _ 4	5,34
1 _ 5	7,61
1 _ 6	6,29
Srednja vrijednost /N	7,11
Koeficijent varijacije /%	1,166
Standardna devijacija /N	16,41

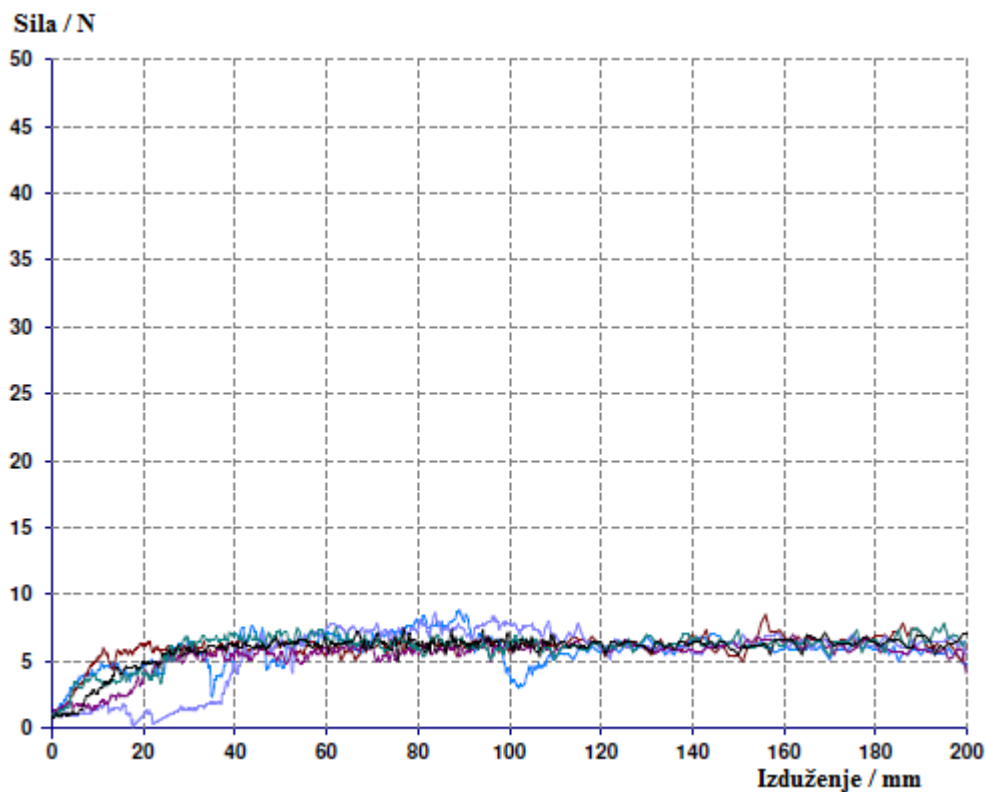


Sl. 70 Sila razdvajanja tkanine od (PU pjene 2 mm + pletiva) kod brzine lijepljenja 34 m/min

<b>Kompozit</b>	Tkanina + PU 2 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	50 N
<b>Brzina</b>	39 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	200%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	1,0 N

Tab. 7 Sila razdvajanja tkanine od (PU pjene 2 mm + pletiva) kod brzine lijepljenja 39 m/min.

Broj uzorka	Srednja vrijednost sile razdvajanja /N
1 _ 1	6,18
1 _ 2	6,18
1 _ 3	6,99
1 _ 4	5,89
1 _ 5	6,48
1 _ 6	6,27
Srednja vrijednost /N	6,33
Koeficijent varijacije /%	0,3725
Standardna devijacija /N	5,88

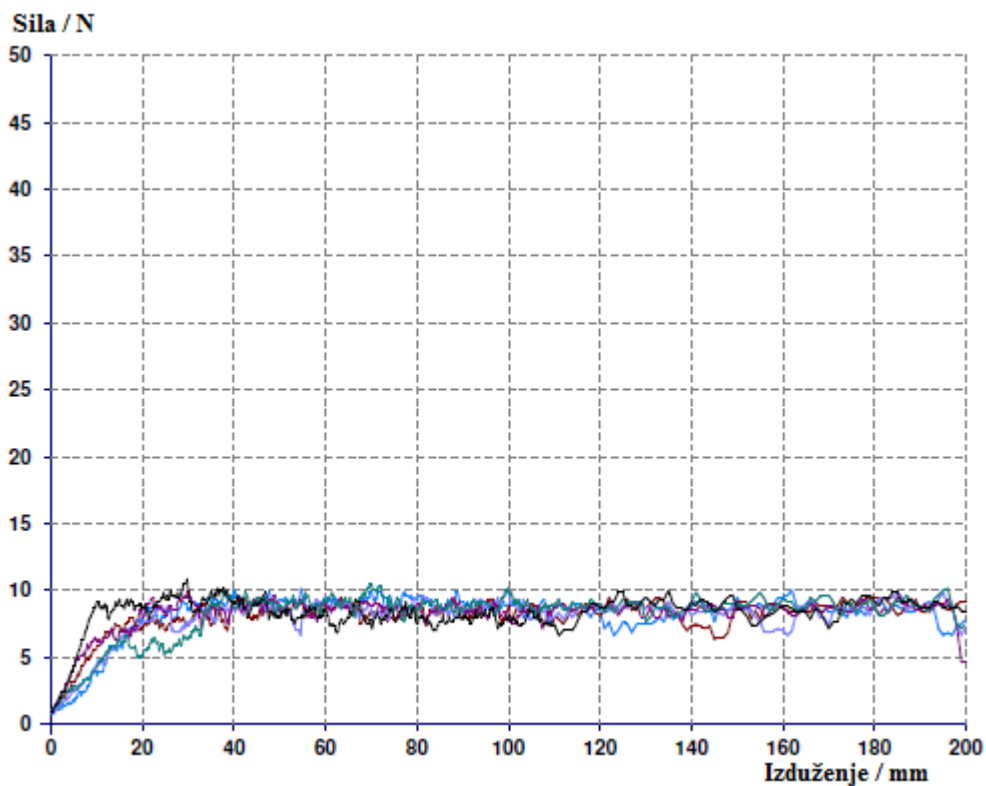


Sl. 71 Sila razdvajanja tkanine od (PU pjene 2 mm + pletiva) kod brzine lijepljenja 39 m/min

<b>Kompozit</b>	Tkanina + PU 4 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	50 N
<b>Brzina</b>	30 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	200%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	1,0 N

Tab. 8 Sila razdvajanja tkanine od (PU pjene 4 mm + pletiva) kod brzine lijepljenja 30 m/min.

Broj uzorka	Srednja vrijednost sile razdvajanja /N
1 _ 1	8,91
1 _ 2	8,59
1 _ 3	8,57
1 _ 4	8,59
1 _ 5	9,10
1 _ 6	8,07
Srednja vrijednost /N	8,64
Koeficijent varijacije /%	0,3492
Standardna devijacija /N	4,042

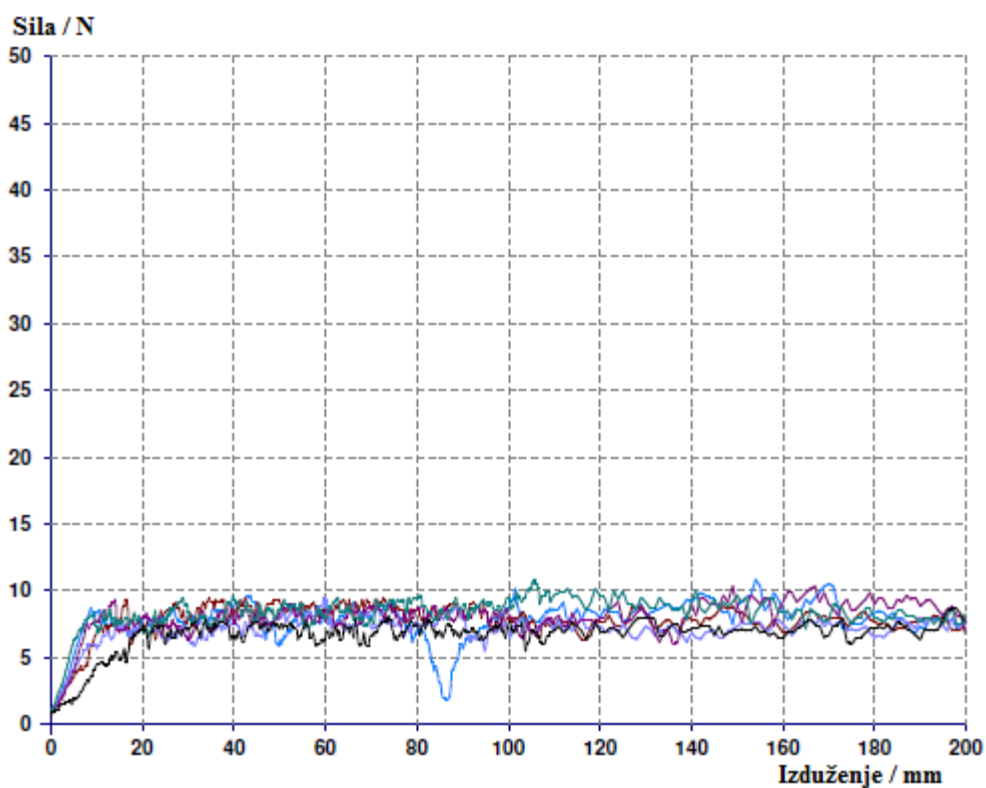


Sl. 72 Sila razdvajanja tkanine od (PU 4 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 30 m/min

<b>Kompozit</b>	Tkanina + PU 4 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	50 N
<b>Brzina</b>	34 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	200%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	1,0 N

Tab. 9 Sila razdvajanja tkanine od (PU pjene 4 mm + pletiva) kod brzine lijepljenja 34 m/min.

Broj uzorka	Srednja vrijednost sile razdvajanja /N
1 _ 1	8,06
1 _ 2	8,36
1 _ 3	7,08
1 _ 4	8,21
1 _ 5	8,95
1 _ 6	7,04
Srednja vrijednost /N	7,95
Koeficijent varijacije /%	0,753
Standardna devijacija /N	9,47

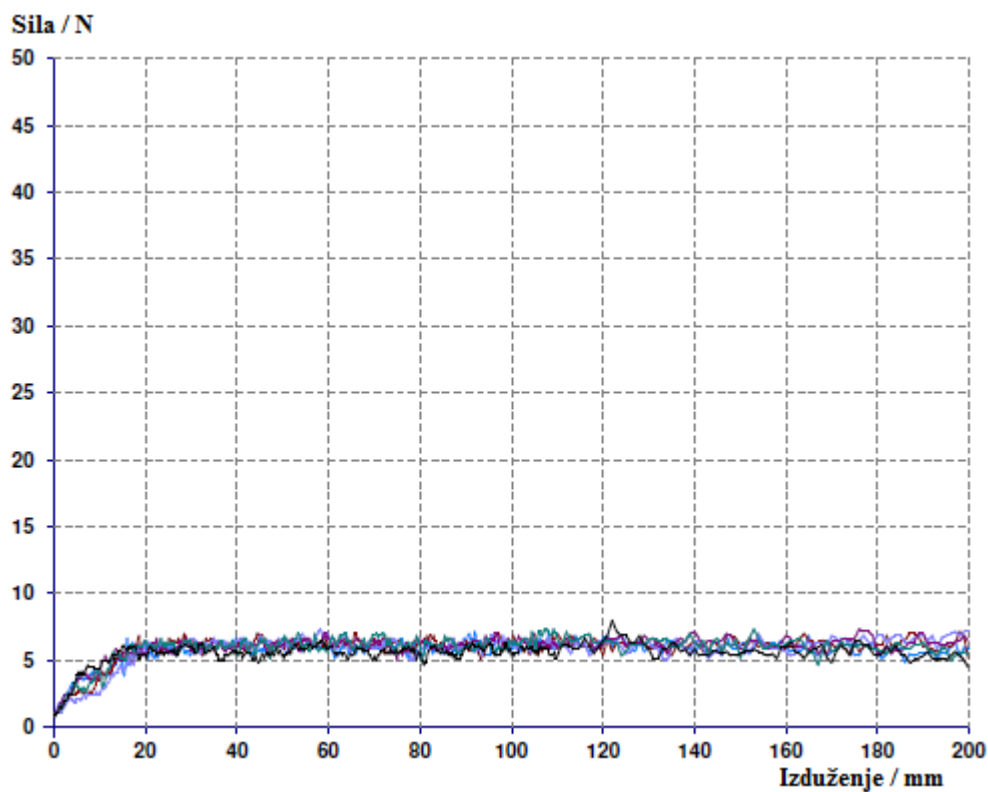


Sl. 73 Sila razdvajanja tkanine od (PU pjene 4 mm + pletiva) kod brzine lijepljenja 34 m/min

<b>Kompozit</b>	Tkanina + PU 4 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	50 N
<b>Brzina</b>	39 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	200%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	1,0 N

Tab. 10 Sila razdvajanja tkanine od (PU pjene 4 mm + pletiva) kod brzine lijepljenja 39 m/min.

Broj uzorka	Srednja vrijednost sile razdvajanja /N
1 _ 1	5,92
1 _ 2	6,05
1 _ 3	6,11
1 _ 4	6,41
1 _ 5	6,47
1 _ 6	5,94
Srednja vrijednost /N	6,13
Koeficijent varijacije /%	0,2581
Standardna devijacija /N	4,207



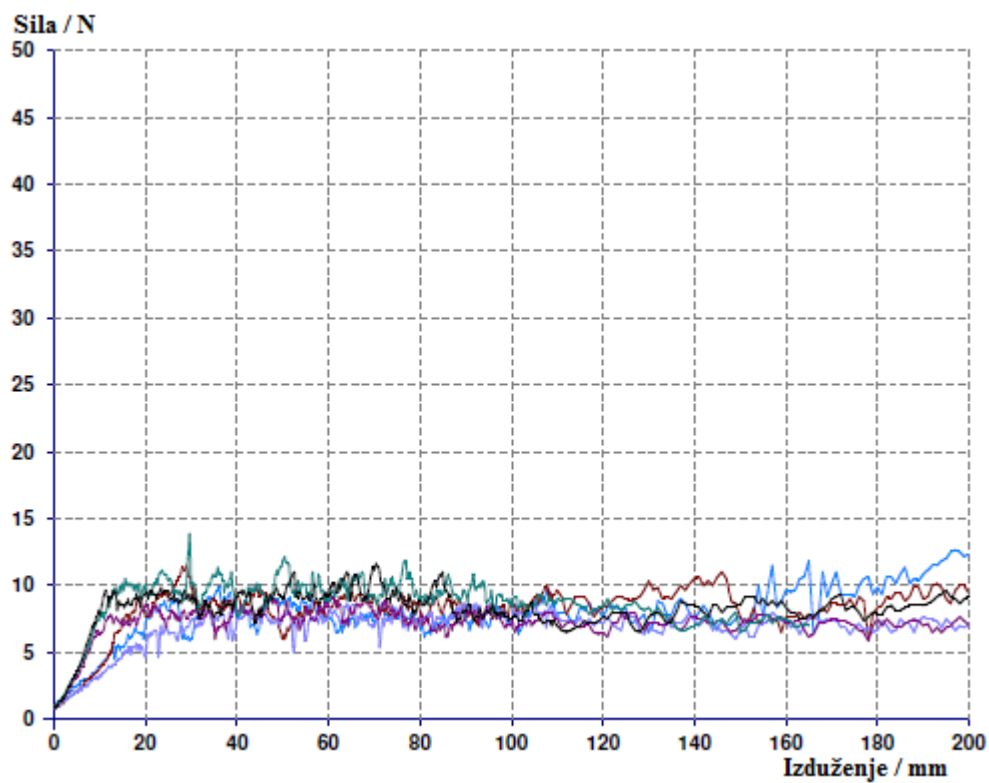
Sl. 74 Sila razdvajanja tkanine od (PU pjene 4 mm + pletiva) kod brzine lijepljenja 39 m/min



<b>Polukompozit</b>	PU 2 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	50 N
<b>Brzina</b>	30 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	200%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	1,0 N

Tab. 11 Sila razdvajanja pletiva od PU pjene 2 mm kod brzine lijepljenja 30 m/min

Broj uzorka	Srednja vrijednost sile razdvajanja /N
1 _ 1	7,85
1 _ 2	8,50
1 _ 3	7,47
1 _ 4	7,68
1 _ 5	8,80
1 _ 6	8,62
Srednja vrijednost /N	8,15
Koeficijent varijacije /%	0,555
Standardna devijacija /N	6,80

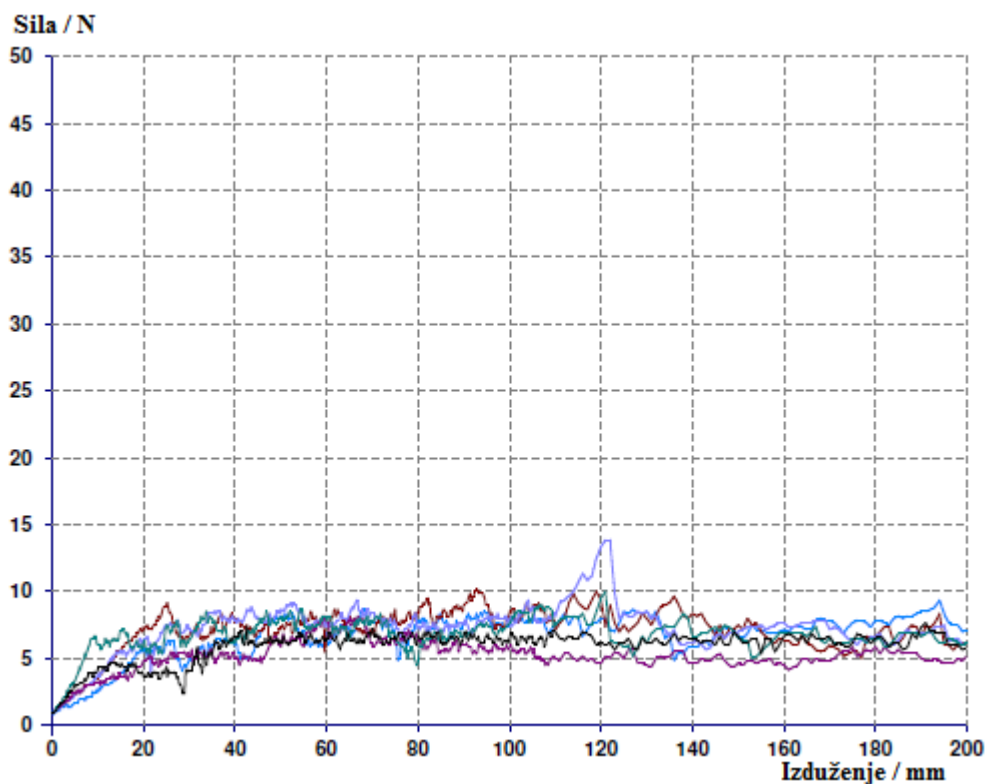


Sl. 75 Sila razdvajanja pletiva od PU pjene 2 mm kod brzine lijepljenja 30 m/min

<b>Polukompozit</b>	PU 2 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	50 N
<b>Brzina</b>	34 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	200%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	1,0 N

Tab. 12 Sila razdvajanja pletiva od PU pjene 2 mm kod brzine lijepljenja 34 m/min

Broj uzorka	Srednja vrijednost sile razdvajanja /N
1 _ 1	7,32
1 _ 2	8,15
1 _ 3	7,99
1 _ 4	5,49
1 _ 5	7,38
1 _ 6	6,34
Srednja vrijednost /N	7,11
Koeficijent varijacije /%	1,022
Standardna devijacija /N	14,37

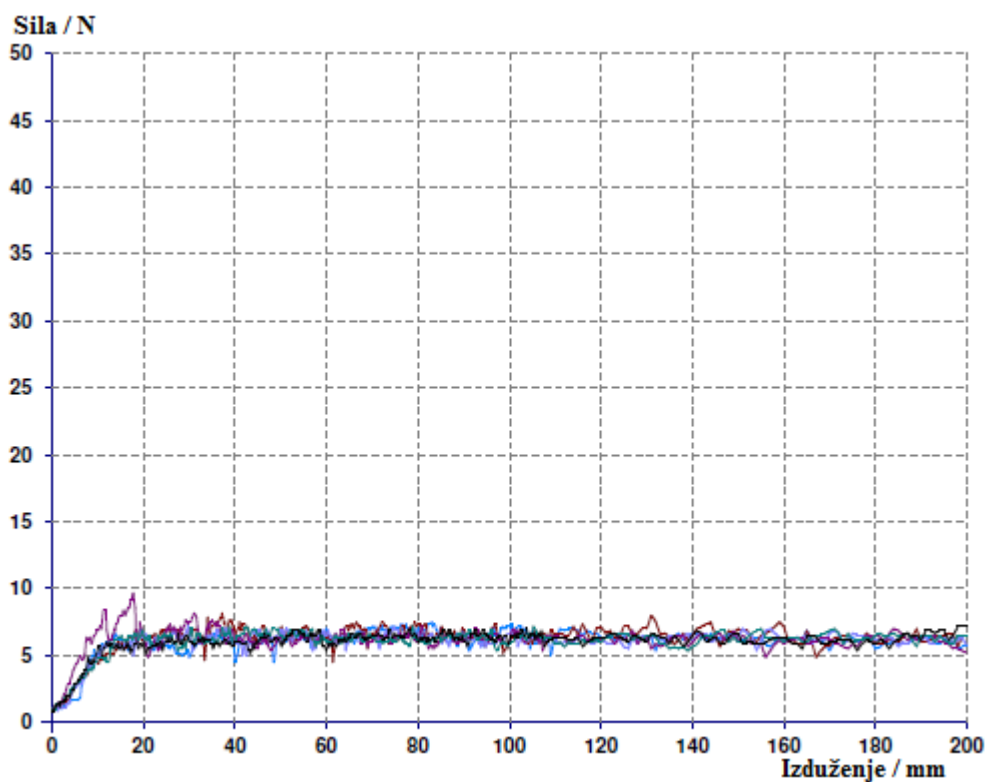


Sl. 76 Sila razdvajanja pletiva od PU pjene 2 mm kod brzine lijepljenja 34 m/min

<b>Polukompozit</b>	PU 2 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	50 N
<b>Brzina</b>	39 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	200%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	1,0 N

Tab. 13 Sila razdvajanja pletiva od PU pjene 2 mm kod brzine lijepljenja 39 m/min

Broj uzorka	Srednja vrijednost sile razdvajanja /N
1 _ 1	6,41
1 _ 2	6,70
1 _ 3	6,34
1 _ 4	6,08
1 _ 5	6,22
1 _ 6	6,22
Srednja vrijednost /N	6,33
Koeficijent varijacije /%	0,2141
Standardna devijacija /N	3,384

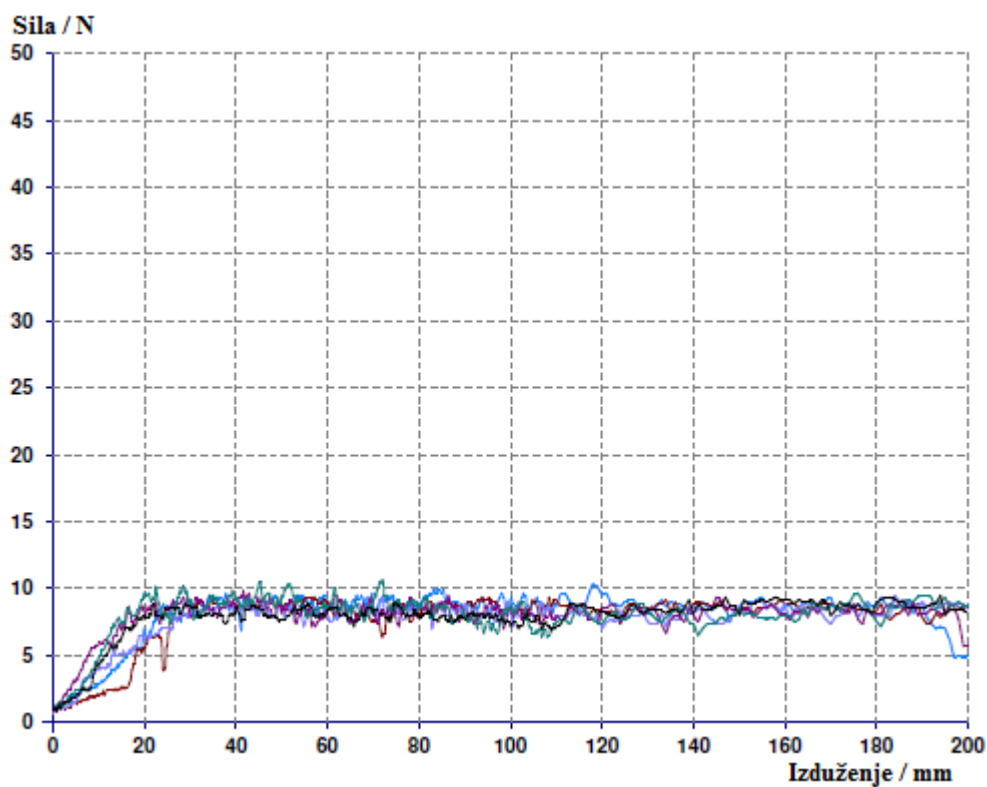


Sl.77 Sila razdvajanja pletiva od PU pjene 2 mm kod brzine lijepljenja 39 m/min

<b>Polukompozit</b>	PU 4 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	50 N
<b>Brzina</b>	30 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	200%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	1,0 N

Tab. 14 Sila razdvajanja pletiva od PU pjene 4 mm kod brzine lijepljenja 30 m/min

Broj uzorka	Srednja vrijednost sile razdvajanja /N
1 _ 1	8,91
1 _ 2	8,32
1 _ 3	8,26
1 _ 4	8,44
1 _ 5	8,49
1 _ 6	8,19
Srednja vrijednost /N	8,43
Koeficijent varijacije /%	0,2579
Standardna devijacija /N	3,058

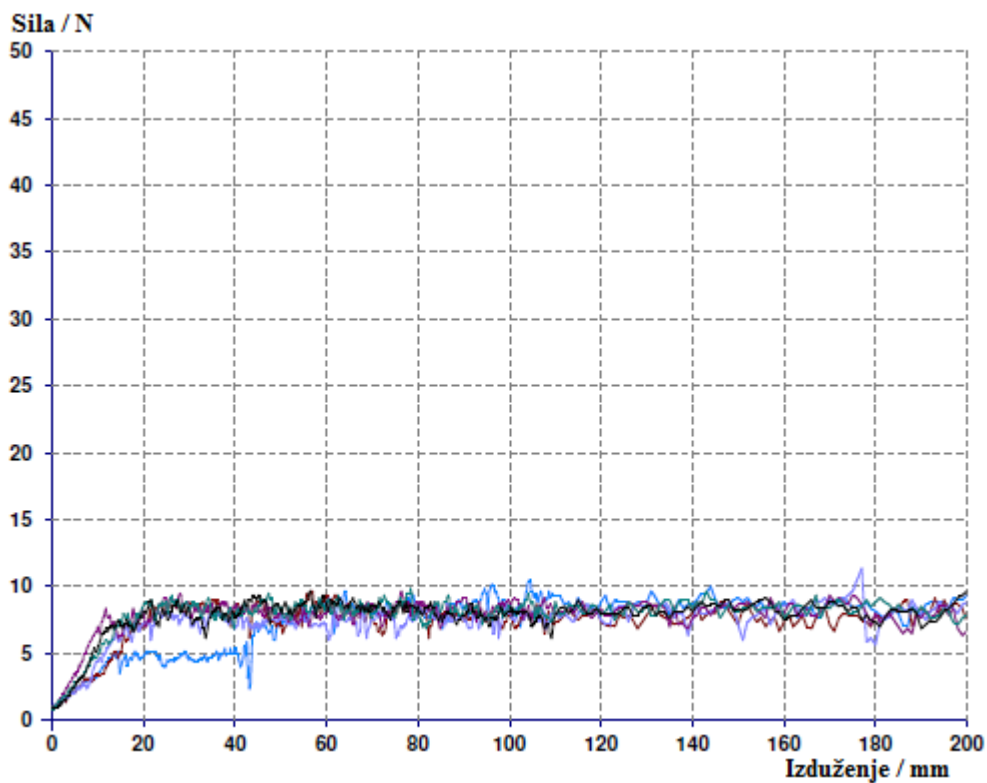


Sl. 78 Sila razdvajanja pletiva od PU pjene 4 mm kod brzine lijepljenja 30 m/min

<b>Polukompozit</b>	PU 4 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	50 N
<b>Brzina</b>	34 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	200%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	1,0 N

Tab. 15 Sila razdvajanja pletiva od PU pjene 4 mm kod brzine lijepljenja 34 m/min

Broj uzorka	Srednja vrijednost sile razdvajanja /N
1 _ 1	8,39
1 _ 2	7,53
1 _ 3	7,67
1 _ 4	8,08
1 _ 5	8,19
1 _ 6	8,11
Srednja vrijednost /N	7,99
Koeficijent varijacije /%	0,3284
Standardna devijacija /N	4,108

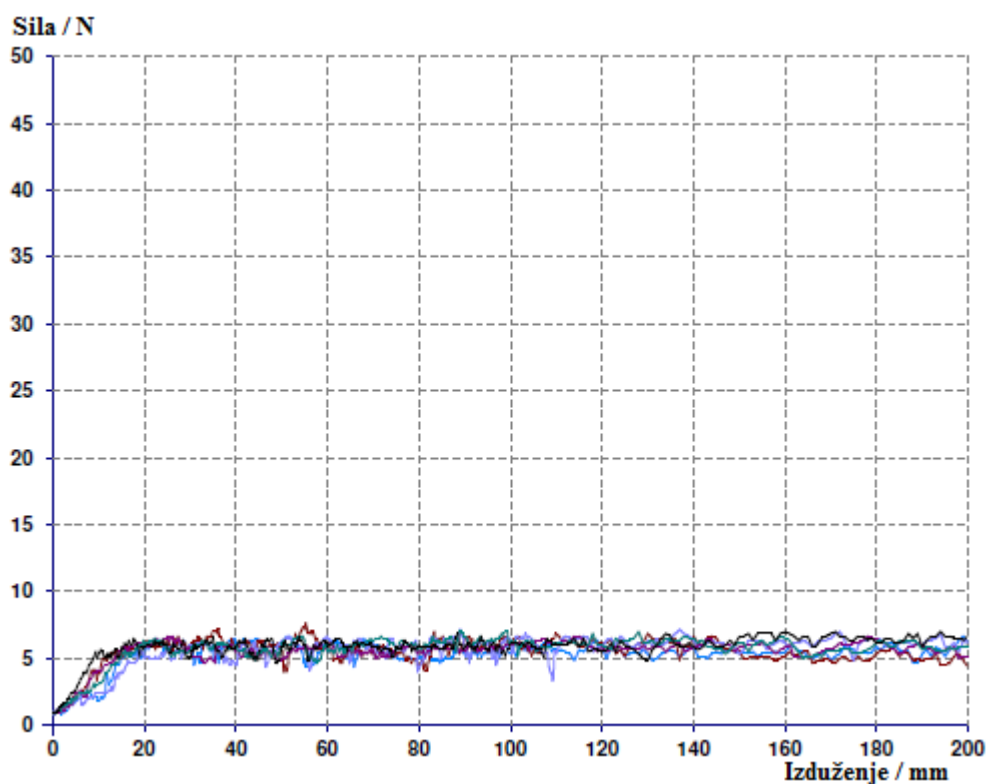


Sl. 79 Sila razdvajanja pletiva od PU pjene 4 mm kod brzine lijepljenja 34 m/min

<b>Polukompozit</b>	PU 4 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	50 N
<b>Brzina</b>	39 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	200%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	1,0 N






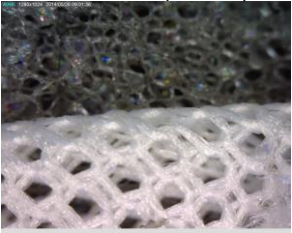
Tab. 16 Sila razdvajanja pletiva od PU pjene 4 mm kod brzine lijepljenja 39 m/min

Broj uzorka	Srednja vrijednost sile razdvajanja /N
1 _ 1	5,59
1 _ 2	5,82
1 _ 3	6,07
1 _ 4	5,71
1 _ 5	6,18
1 _ 6	5,93
Srednja vrijednost /N	5,98
Koeficijent varijacije /%	0,2228
Standardna devijacija /N	3,786



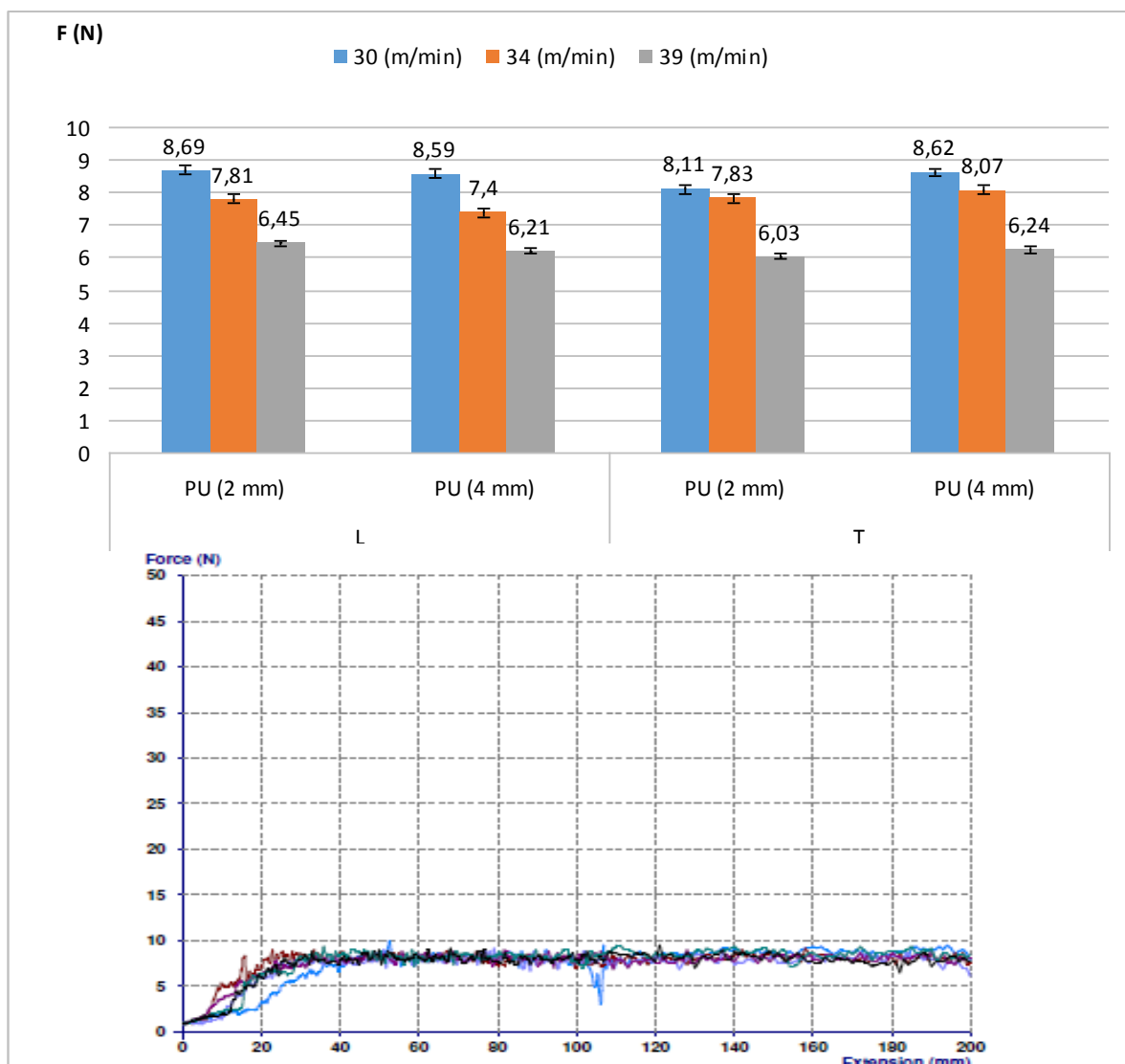
Sl. 80 Sila razdvajanja pletiva od PU pjene 4 mm kod brzine lijepljenja 39 m/min

Tab. 17 Sile razdvajanja komponenti po debljini PU i brzini lijepljenja

Parametri kod ispitivanja		PU debljine 2 mm		PU debljine 4 mm				
		L	T	L	T			
<p>Brzina 30 (m/min)</p>  <p>Brzina 34(m/min)</p>  <p>Brzina 39 (m/min)</p> 	<b>Razdvajanje tkanine od PU i pletiva</b>	$\bar{X}$ (N)	8,69	8,59	8,11	8,62		
		CV (%)	5,19	6,05	13,9	10,32		
		$\bar{X}$ (N)	7,81	7,40	7,83	8,07		
		CV (%)	10,51	7,81	8,56	11,95		
		$\bar{X}$ (N)	6,45	6,21	6,03	6,24		
		CV (%)	7,29	6,21	4,66	5,61		
		$R_1^2$	0,9849		0,9904			
		<p>Brzina 30 (m/min)</p>  <p>Brzina 34 (m/min)</p>  <p>Brzina 39 (m/min)</p> 	<b>Razdvajanje pletiva od PU i tkanine</b>	$\bar{X}$ (N)	7,94	8,37	8,50	8,67
				CV (%)	6,55	7,17	4,24	3,22
				$\bar{X}$ (N)	7,82	7,86	7,88	7,81
CV (%)	5,63			14,84	5,85	3,77		
$\bar{X}$ (N)	6,48			6,70	5,83	5,94		
CV (%)	5,93			5,3	4,12	4,04		
$R_2^2$	0,9487			0,9934				
$R_3^2$	0,8929			0,977				
$R_4^2$	L : T = 0,9328							

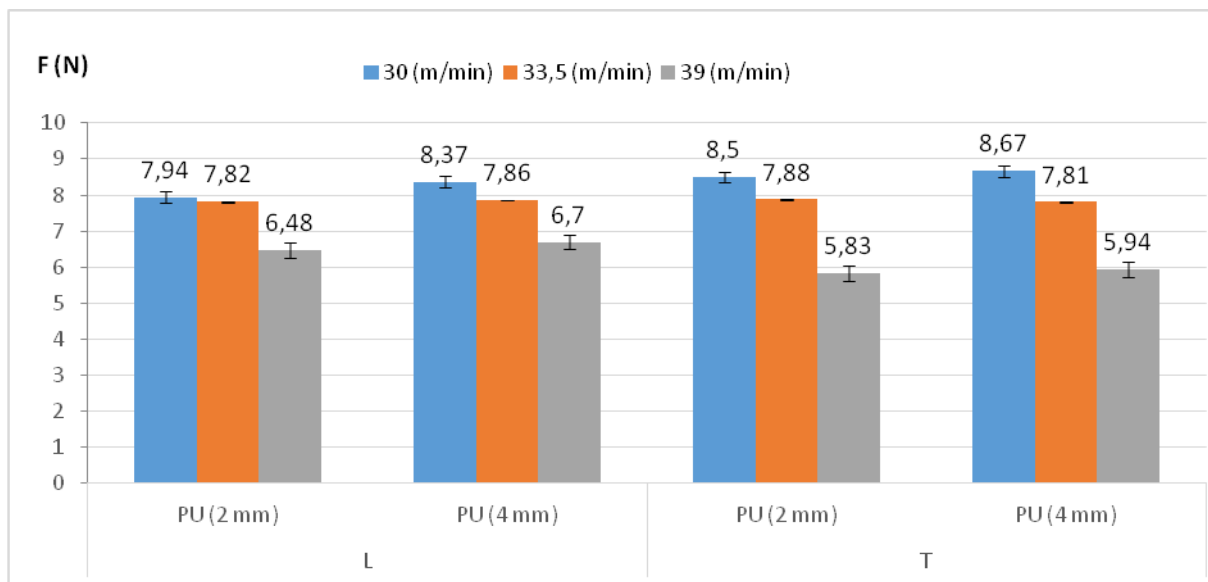
Gdje je:

$R_1$  - koeficijent korelacije sila razdvajanja tkanine od PU i pletiva između uzdužnog i poprečnog smjera,  $R_2^2$  - koeficijent korelacije sila razdvajanja pletiva od PU i tkanine između uzdužnog i poprečnog smjera,  $R_3^2$  - koeficijent korelacije sila razdvajanja uzoraka s PU 2 mm / PU 4 mm debljine između uzdužnog i poprečnog smjera,  $R_4^2$  - koeficijenta korelacije svih sila razdvajanja uzoraka između uzdužnog (L) i poprečnog (T) smjera, L- uzdužni smjer, T – poprečni smjer.

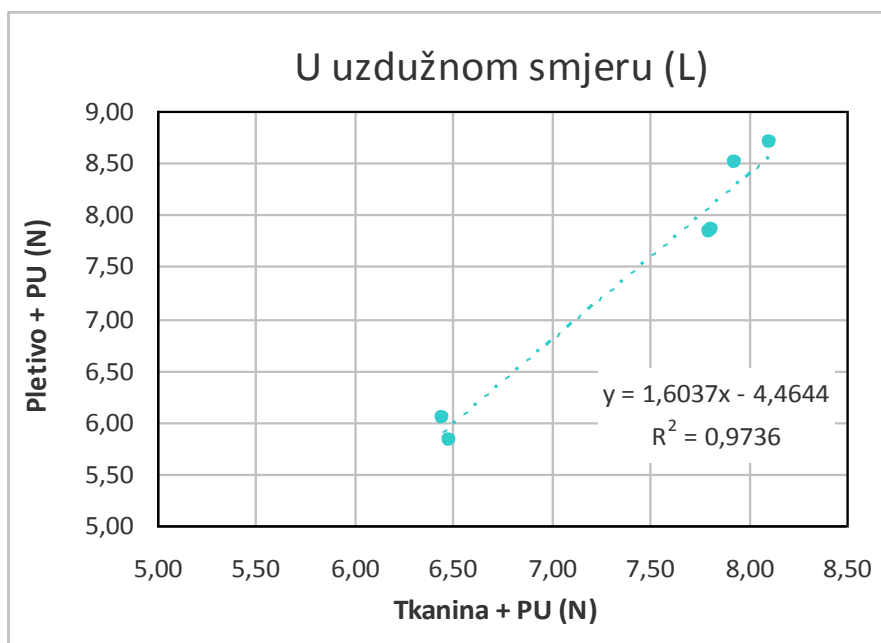


Sl. 81 Sile razdvajanja tkanine od PU pjene i pletiva

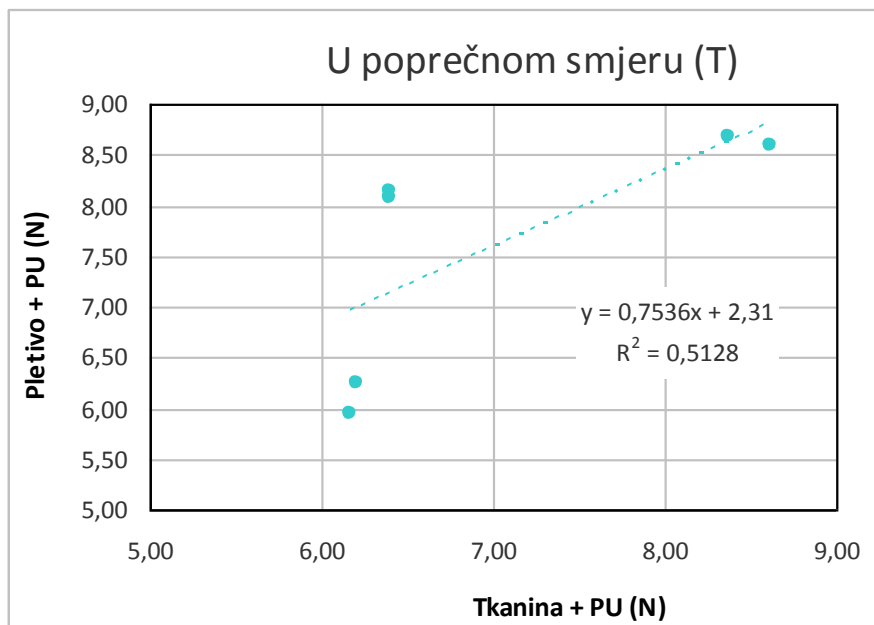




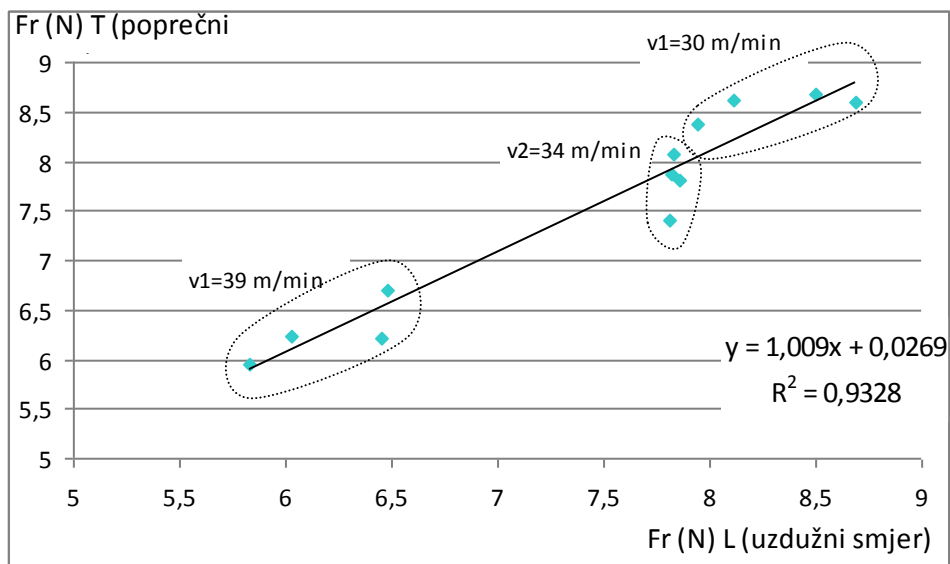
Sl. 82 Sile razdvajanja pletiva od PU pjene i tkanine  
L – uzdužni smjer, T – poprečni smjer



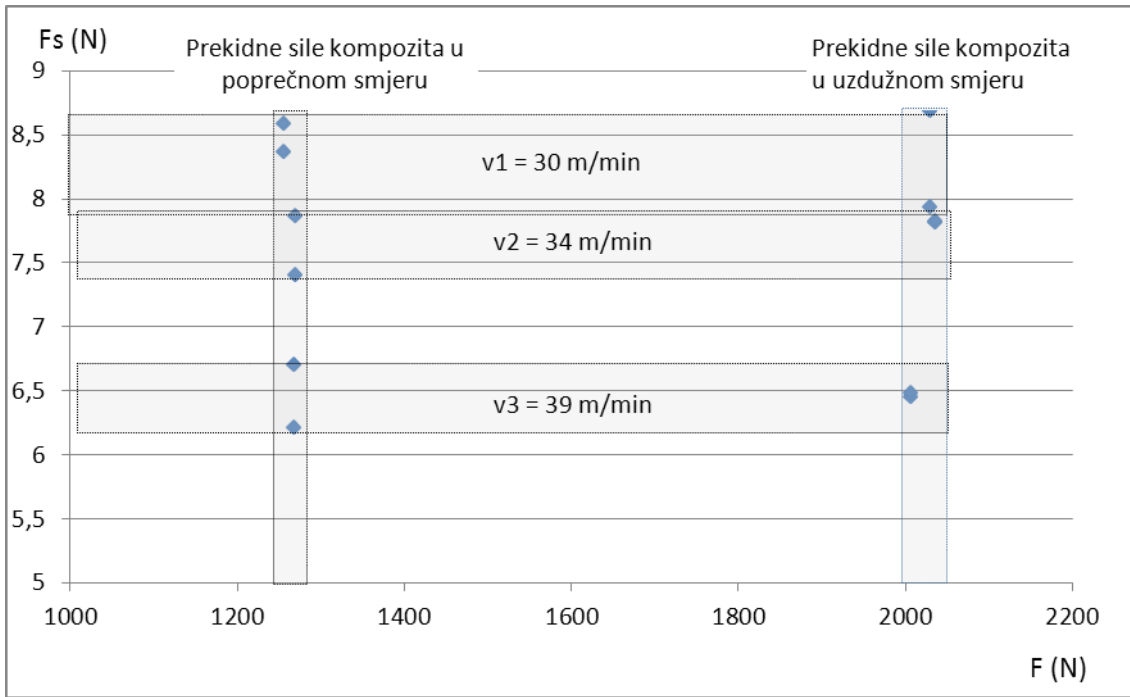
Sl. 83 Koeficijent korelacije i jednadžba regresije između sila razdvajanja tkanina + PU pjena i pletivo + PU pjena u uzdužnom smjeru za tri različite brzine i dvije debljine PU pjene



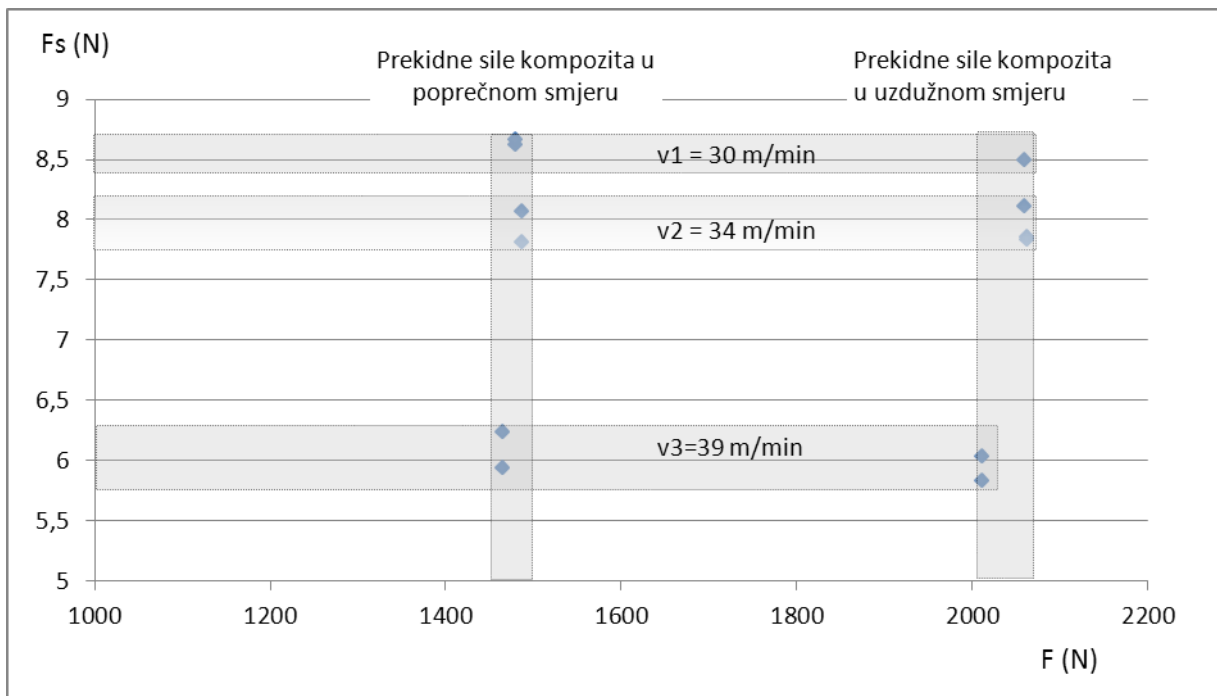
Sl. 84 Koeficijent korelacije i jednadžba regresije između sila razdvajanja tkanina + PU pjena + pletivo i PU pjena + pletivo u poprečnom smjeru odnosno u smjeru osnove



Sl. 85 Koeficijent korelacije sila razdvajanja uzoraka između uzdužnog i poprečnog smjera



Sl. 86 Prekidne sile (F) kompozita i sile razdvajanja ( $F_s$ ) tkanine s PU 2 mm



Sl. 87 Prekidne sile (F) kompozita i sile razdvajanja ( $F_s$ ) tkanine s PU 4 mm

#### 4.2. Rezultati ispitivanja prekidnih sila i prekidnog istežanja kompozita

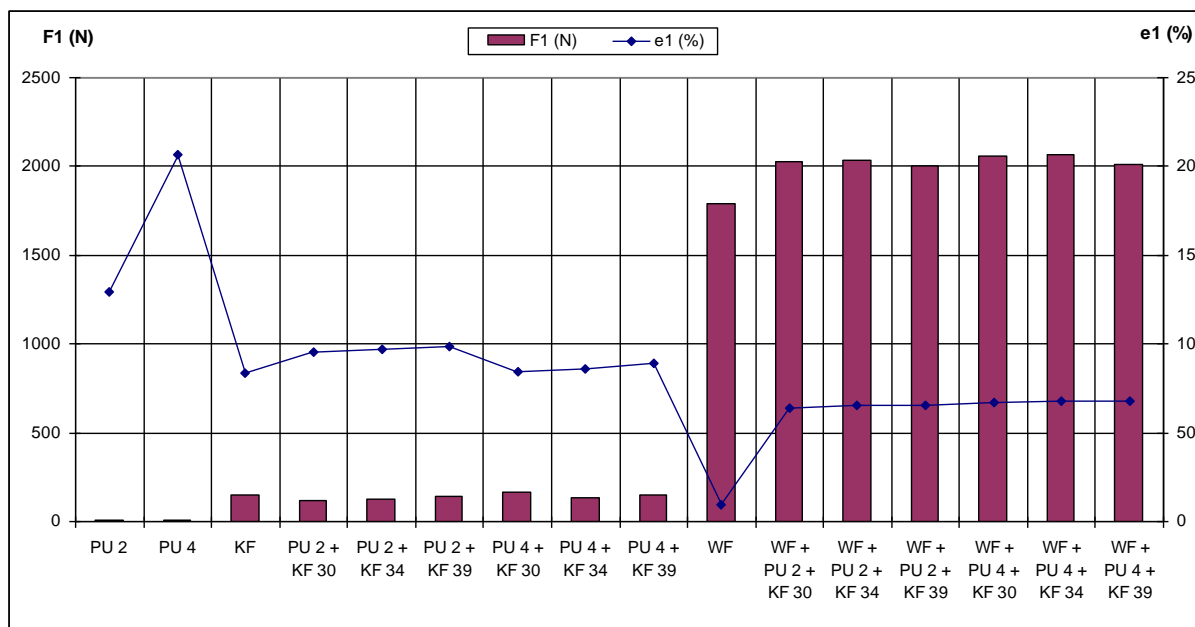
Rezultati provedenih ispitivanja tkanina, pletiva i PU kao komponenata u kompozitu, polukompozita (pletivo + PU) i kompozita (tkanina + PU + pletivo), relevantnih za analizu kvalitativnih značajki kompozita za auto navlake, prikazani su u tablici 18 i slikama 88 do 90.

Tab. 18 Prekidne sile, prekidno istežanje i čvrstoća po uzorcima

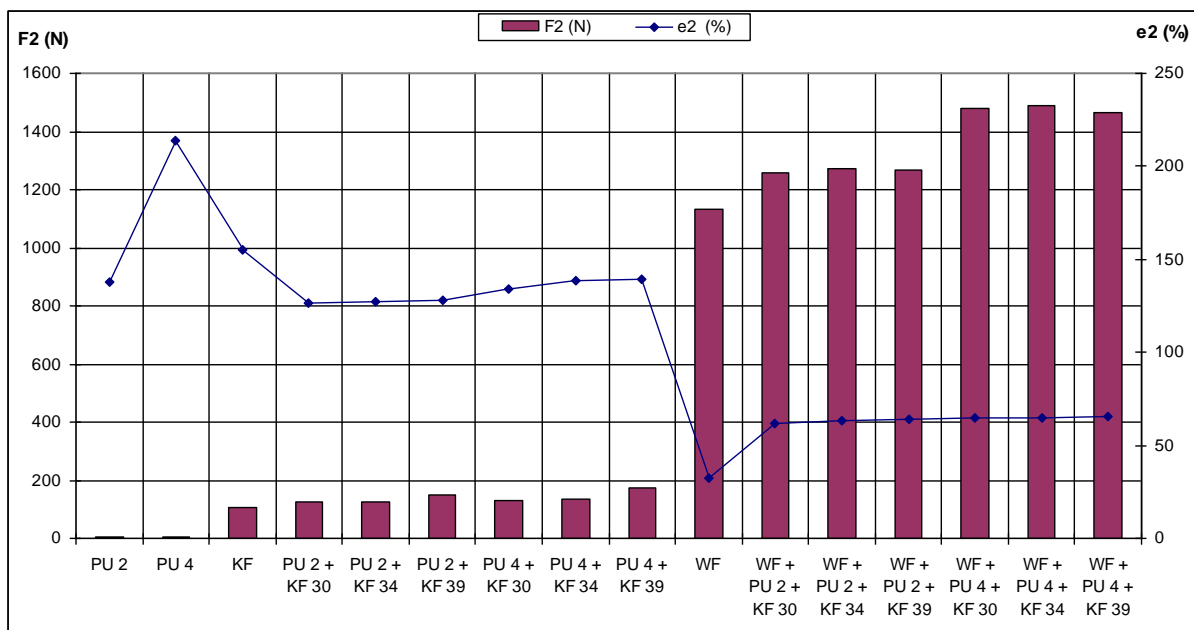
		Uzdužni smjer (L)				Poprečni smjer (T)			
		F <sub>1</sub> (N)	Fd <sub>1</sub> (%)	ε <sub>1</sub> (%)	σ <sub>1</sub> (F <sub>1</sub> /s <sub>1</sub> )	F <sub>2</sub> (N)	Fd <sub>2</sub> (%)	ε <sub>2</sub> (%)	σ <sub>2</sub> (F <sub>2</sub> /s <sub>2</sub> )
Tkanina	$\bar{X}$	1786,67		9,5	51,05	1133,33		32,33	32,23
	CV	6,14		5,19	5,81	6,24		0,89	6,22
Pletivo	$\bar{X}$	146,67		83,33	13,33	106		155	9,64
	CV	11,97		3,47	10,22	6,12		8,54	5,54
PU 2 mm	$\bar{X}$	4,35		129,04	0,12	4,31		137,99	0,12
	CV	0,06		0,14	0,01	0,02		0,04	0,06
PU 4 mm	$\bar{X}$	9,09		206,79	0,13	6,67		213,68	0,09
	CV	0,02		0,03	0,10	0,74		0,03	0,02
PU 2 mm + pletivo (30 m/min)	$\bar{X}$	118	-27,98	95,67	2,68	125,33	+11,98	126,67	2,85
	CV	5,56		6,03	4,58	9,54		6,91	7,06
PU 2 mm + pletivo (34 m/min)	$\bar{X}$	127,67	-18,29	97	2,90	127	+13,14	127,33	2,89
	CV	2,39		1,78	3,81	4,79		3,17	3,58
PU 2 mm + pletivo (39 m/min)	$\bar{X}$	134,67	-12,14	98,33	3,29	147,67	+25,30	127,88	3,36
	CV	7,62		2,94	7,33	6,52		2,72	7,44
PU 4 mm + pletivo (30 m/min)	$\bar{X}$	153,33	-1,56	84,33	2,04	130	+13,33	134	1,63
	CV	3,69		2,21	2,54	7,69		1,97	6,77
PU 4 mm + pletivo (34 m/min)	$\bar{X}$	153	-1,77	85,67	1,66	137,33	+17,96	138,67	1,72
	CV	5,68		0,67	4,77	9,67		1,67	5,77
PU 4 mm + pletivo (39 m/min)	$\bar{X}$	148,33	-5,01	89,33	1,85	175	+35,62	138,33	2,19
	CV	12,87		5,52	6,88	5,96		4,17	4,78
Tkanina + PU 2mm + pletivo (30 m/min)	$\bar{X}$	2030	+4,55	63,67	28,19	1256	+0,98	62	17,44
	CV	2,55		0,79	3,01	7,99		3,07	6,99
Tkanina + PU 2mm + pletivo (34 m/min)	$\bar{X}$	2036	+4,83	65,5	28,28	1270	+2,08	63,5	17,64
	CV	1,22		0,89	4,22	2,72		9,5	3,77
Tkanina + PU	$\bar{X}$	2007	+3,45	65,67	27,87	1268	+1,92	63,9	17,61

2mm + pletivo (39 m/min)	CV	2,04		2,07	3,20	3,97		14,15	3,79
Tkanina + PU 4mm + pletivo (30 m/min)	$\bar{X}$	2060	+5,71	67,11	18,90	1480	+15,81	64,66	13,58
	CV	0,97		0,76	3,41	3,57		5,23	3,27
Tkanina + PU 4mm + pletivo (34 m/min)	$\bar{X}$	2063	+5,84	67,5	18,93	1487	+16,21	64,67	13,64
	CV	2,1		0	3,22	5,39		3,75	4,20
Tkanina + PU 4mm + pletivo (39 m/min)	$\bar{X}$	2011	+3,41	67,84	18,45	1465	+14,95	65,17	13,44
	CV	2,72		4,38	6,59	0,7		2,18	3,77

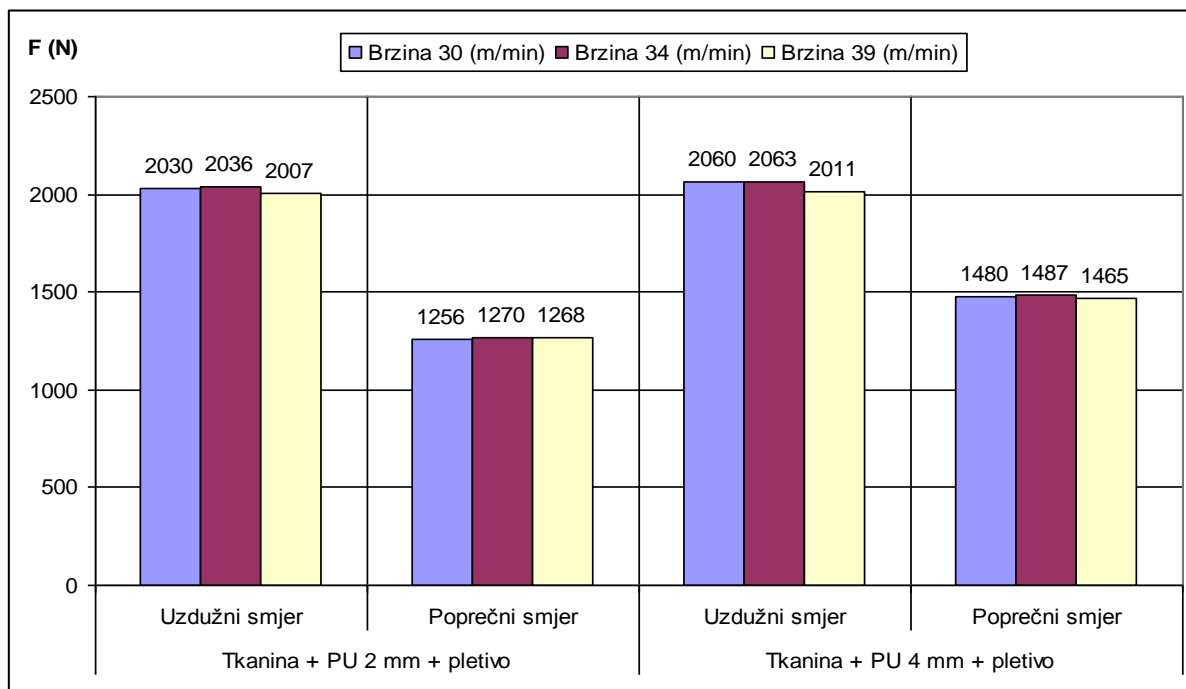
$F_1$  - prekidna sila u uzdužnom smjeru (N);  $F_1$  - prekidna sila u poprečnom smjeru (N);  $F_{d1,2}$  - razlika sila prije i nakon termičkog lijepljenja (%);  $\varepsilon_1$  - prekidno izduženje u uzdužnom smjeru (%);  $\varepsilon_2$  - prekidno izduženje u poprečnom smjeru (%);  $\sigma_1$  - prekidna čvrstoća u uzdužnom smjeru (F/s);  $\sigma_2$  - prekidna čvrstoća u poprečnom smjeru (F/s);  $s$  - poprečna površina ispitivanog uzorka, odnosno 50 mm × debljina uzorka (mm<sup>2</sup>);  $\bar{X}$  - srednja vrijednost (N);  $S$  - standardna devijacija (N); CV - koeficijent varijacije (%).



Sl. 88 Prekidne sile i prekidno istezanje u uzdužnom smjeru



Sl. 89 Prekidne sile i prekidno istežanje u poprečnom smjeru



Sl. 90 Prekidna sila kompozita (tkanina + PU + pletivo) u smjeru osnove i potke u tri brzine lijepljenja komponenti

#### **4.3. Rezultati ispitivanja prekidne sile i prekidnog istezanja kompozita na šavu**

U ovom dijelu rada na dinamometru je ispitivana prekidna sile i prekidno istezanje materijala na šavu s dvije različite debljine poliuretana (PU 2 mm i PU 4 mm) u smjeru osnove i potke (sl. 91 do 96).

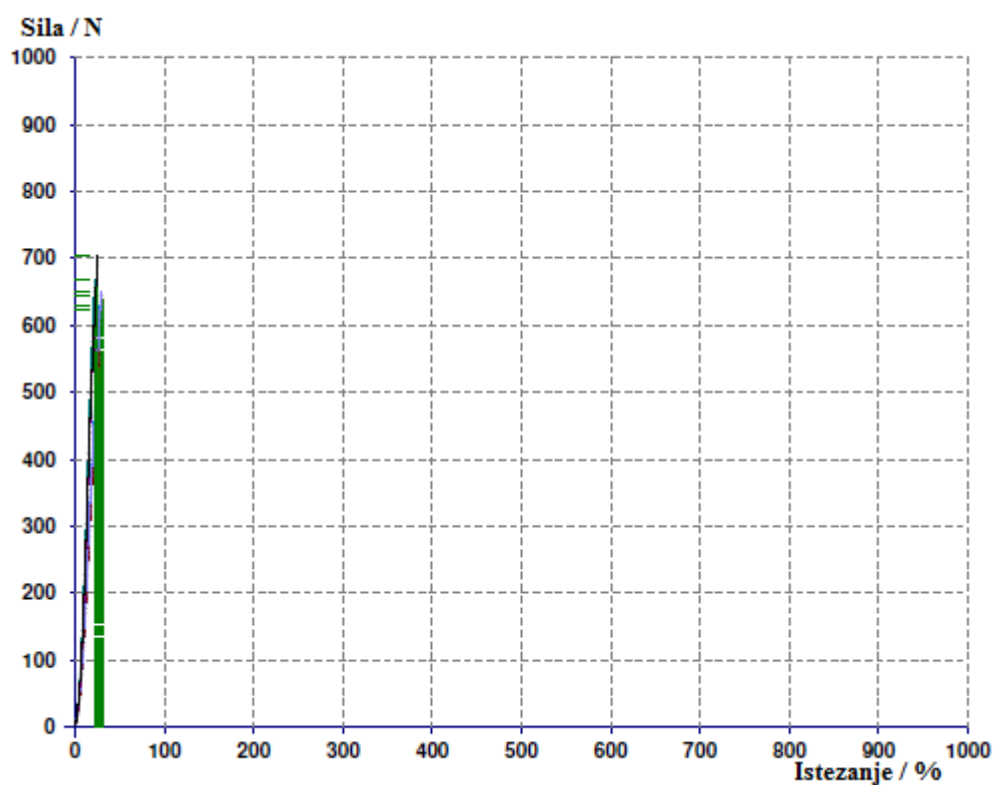
Ispitana je prekidna sila materijala na šavu promjenom napetosti konca i promjenom debljine igle (sl. 97, 98, tab. 25).

Nakon ispitivanja dan je prikaz svih rezultata za sve brzine spajanja i obe debljine poliuretana. Nakon toga podaci su složeni u tablice i dani su grafički prikaz rezultata.

<b>Kompozit</b>	Tkanina + PU 2 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	1000 N
<b>Brzina</b>	30 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	1000%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	5,0 N

Tab. 19 Prekidna sila i prekidno istezanje na šavu kompozita (tkanina + PU 2 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 30 m/min.

Broj uzorka	Prekidna sila / MPa	Prekidno istezanje /%
1 _ 1	12,59	27,60
1 _ 2	12,90	29,92
1 _ 3	12,98	28,80
1 _ 4	12,44	24,40
1 _ 5	13,36	22,00
1 _ 6	14,07	25,52
Srednja vrijednost /MPa	13,06	26,37
Koeficijent varijacije /%	0,594	2,957
Standardna devijacija /N	4,547	11,21



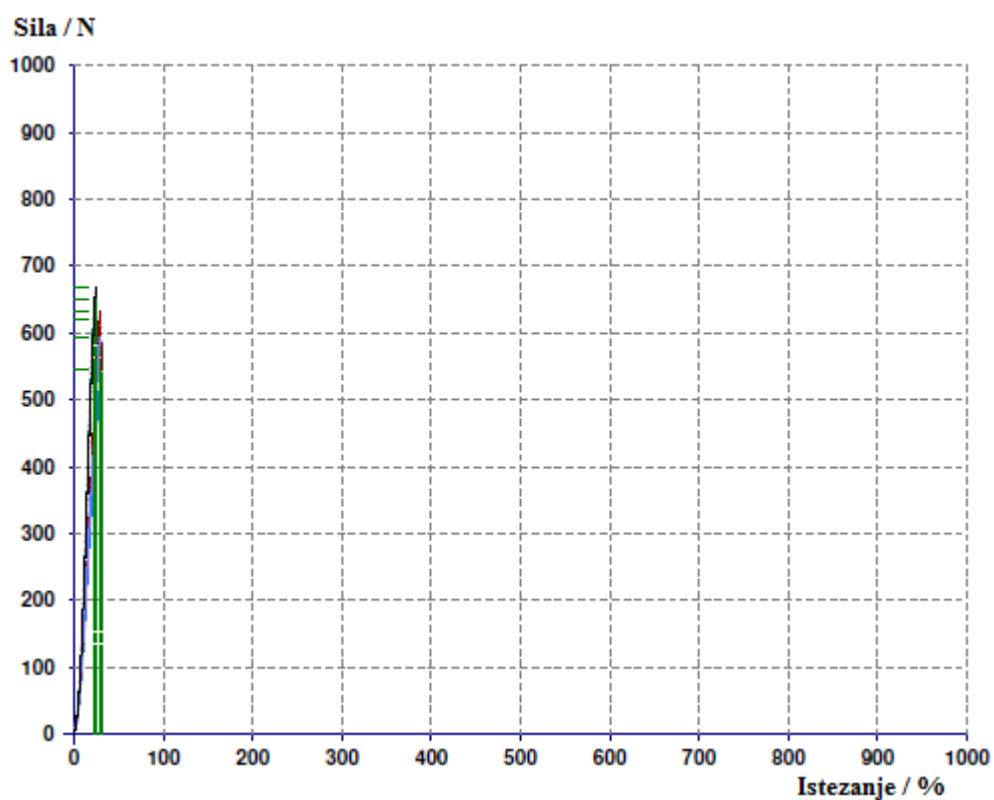
Sl. 91 Prekidna sila i prekidno istezanje na šavu kompozita (tkanina + PU 2 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 30 m/min.



<b>Kompozit</b>	Tkanina + PU 2 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	1000 N
<b>Brzina</b>	34 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	1000%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	5,0 N

Tab. 20 Prekidna sila i prekidno istezanje na šavu kompozita (tkanina + PU 2 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 34 m/min.

Broj uzorka	Prekidna sila / MPa	Prekidno istezanje /%
1 _ 1	10,92	29,92
1 _ 2	12,66	31,28
1 _ 3	11,88	28,32
1 _ 4	12,98	22,50
1 _ 5	12,39	21,60
1 _ 6	13,35	24,00
Srednja vrijednost /MPa	12,36	26,25
Koeficijent varijacije /%	0,966	4,073
Standardna devijacija /N	7,01	15,52

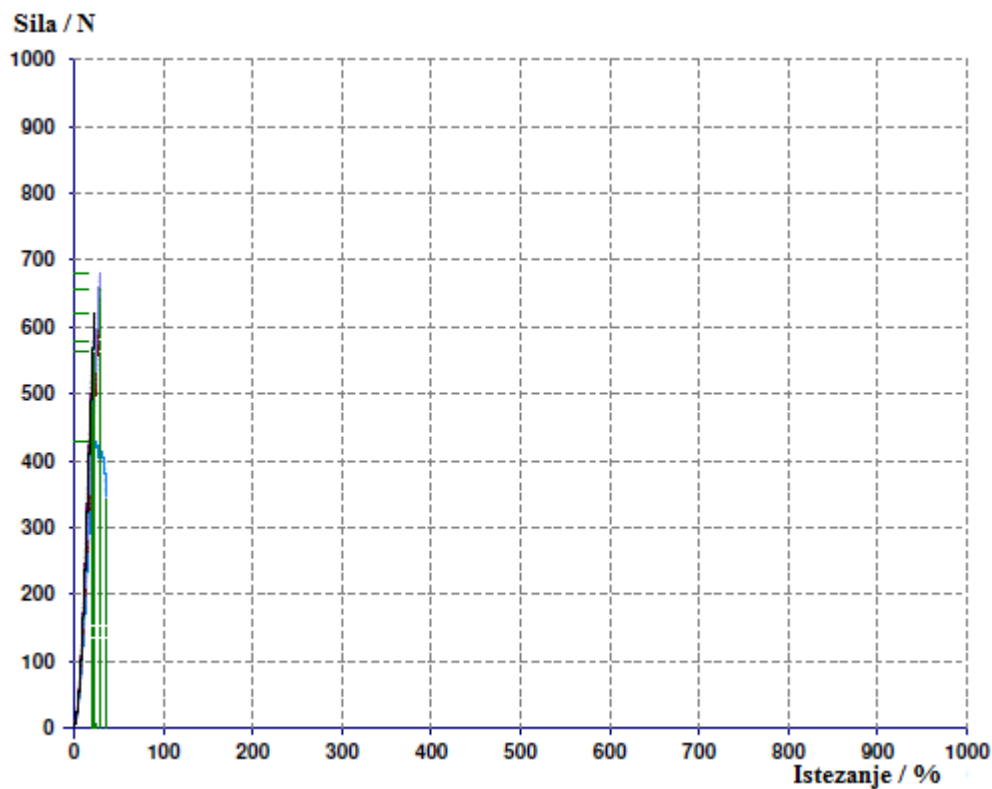


Sl. 92 Prekidna sila i prekidno istezanje na šavu kompozita (tkanina + PU 2 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 34 m/min

<b>Kompozit</b>	Tkanina + PU 2 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	1000 N
<b>Brzina</b>	39 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	1000%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	5,0 N

Tab. 21 Prekidna sila i prekidno istezanje na šavu kompozita (tkanina + PU 2 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 39 m/min.

Broj uzorka	Prekidna sila / MPa	Prekidno istezanje /%
1 _ 1	8,59	35,52
1 _ 2	13,10	29,40
1 _ 3	13,62	28,48
1 _ 4	11,27	20,70
1 _ 5	11,60	21,40
1 _ 6	12,39	22,90
Srednja vrijednost /MPa	11,76	26,40
Koeficijent varijacije /%	1,787	5,77
Standardna devijacija /N	15,19	21,84

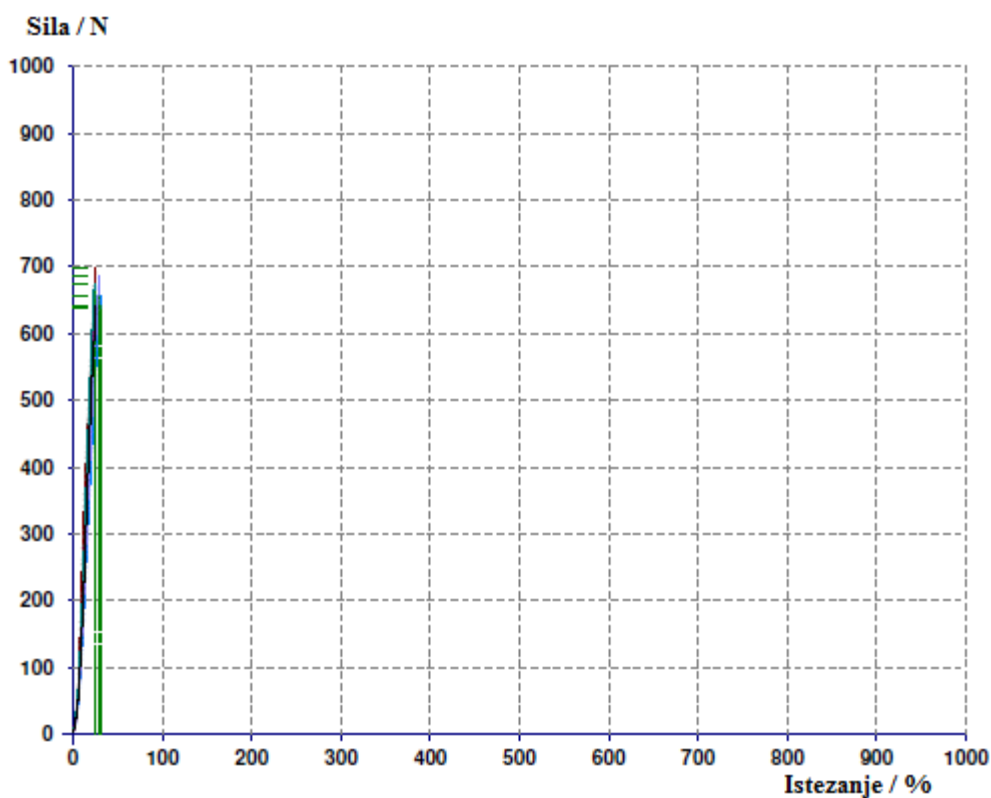


Sl. 93 Prekidna sila i prekidno istezanje na šavu kompozita (tkanina + PU 2 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 39 m/min

<b>Kompozit</b>	Tkanina + PU 4 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	1000 N
<b>Brzina</b>	30 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	1000%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	5,0 N

Tab. 22 Prekidna sila i prekidno istezanje na šavu kompozita (tkanina + PU 4 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 30 m/min.

Broj uzorka	Prekidna sila / MPa	Prekidno istezanje /%
1 _ 1	13,10	31,00
1 _ 2	13,95	25,00
1 _ 3	13,69	28,72
1 _ 4	12,78	25,00
1 _ 5	13,47	23,60
1 _ 6	12,81	25,20
Srednja vrijednost /MPa	13,30	26,42
Koeficijent varijacije /%	0,4816	2,819
Standardna devijacija /N	3,621	10,67

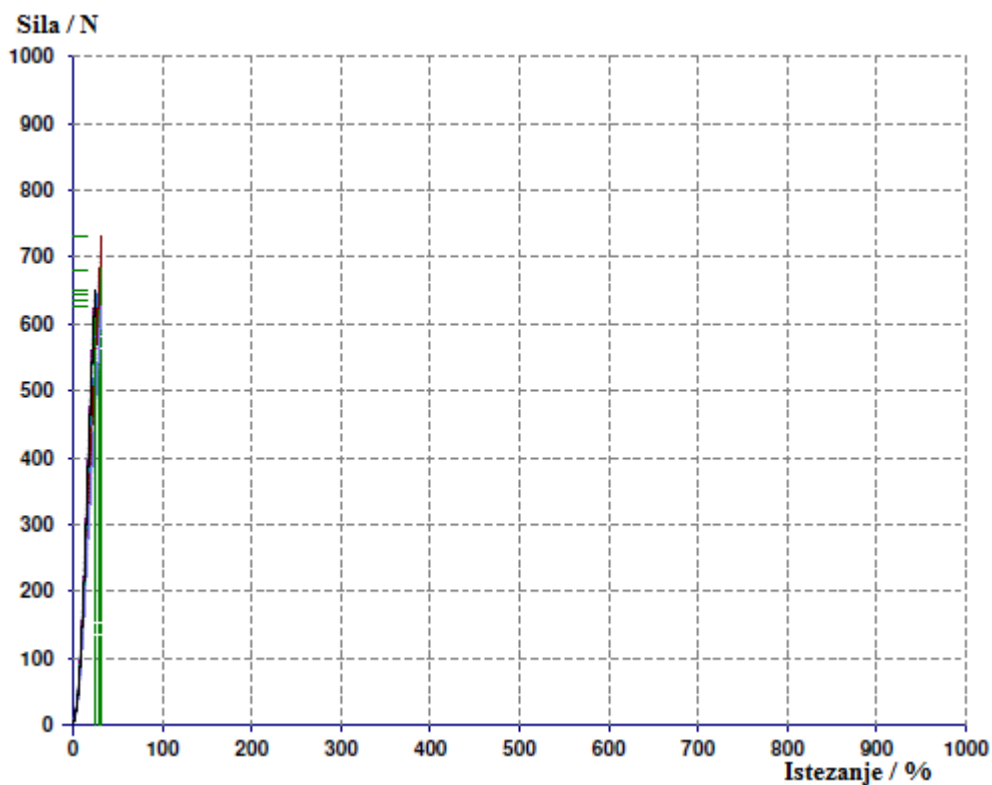


Sl. 94 Prekidna sila i prekidno istezanje na šavu kompozita (tkanina + PU 4 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 30 m/min

<b>Kompozit</b>	Tkanina + PU 4 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	1000 N
<b>Brzina</b>	34 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	1000%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	5,0 N

Tab. 23 Prekidna sila i prekidno istezanje na šavu kompozita (tkanina + PU 4 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 34 m/min.

Broj uzorka	Prekidna sila / MPa	Prekidno istezanje /%
1 _ 1	13,59	28,88
1 _ 2	14,61	31,60
1 _ 3	12,52	31,40
1 _ 4	12,85	24,00
1 _ 5	12,72	24,70
1 _ 6	13,02	24,70
Srednja vrijednost /MPa	13,22	27,55
Koeficijent varijacije /%	0,771	3,517
Standardna devijacija /N	5,94	12,77

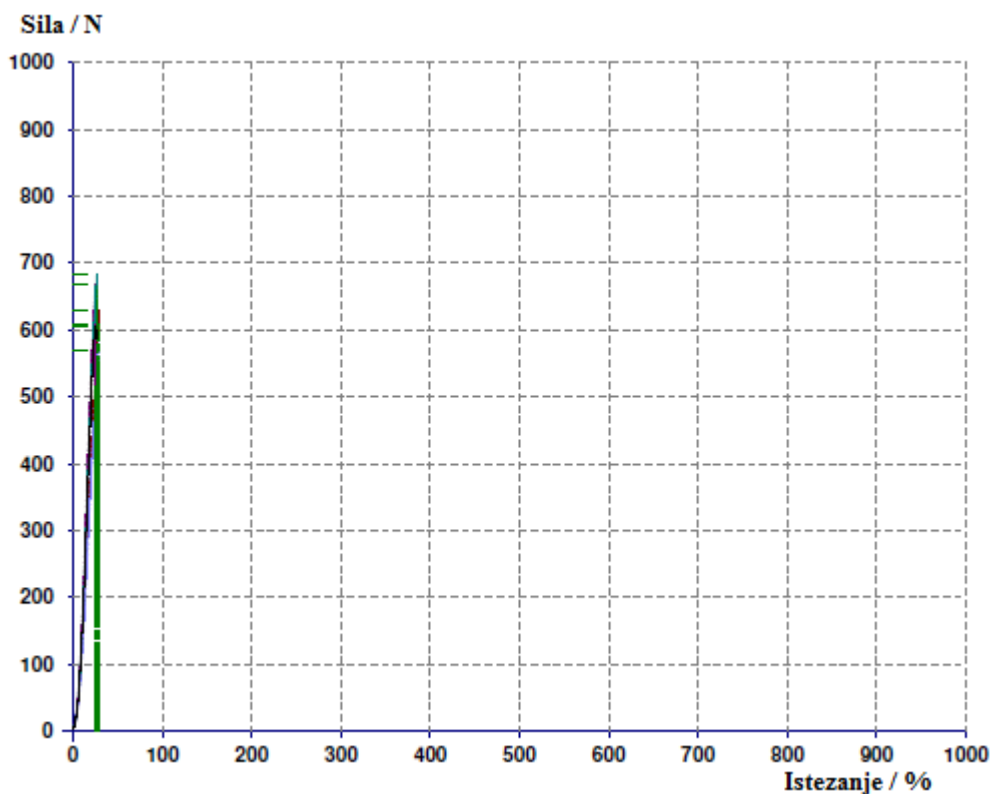


Sl. 95 Prekidna sila i prekidno istezanje na šavu kompozita (tkanina + PU 4 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 34 m/min

<b>Kompozit</b>	Tkanina + PU 4 mm + Pletivo	<b>Raspon sila</b>	1000 N
<b>Brzina</b>	39 m/min	<b>Raspon istezanja</b>	1000%
<b>Temperatura</b>	24 °C	<b>Brzina ispitivnja</b>	100 mm/min
<b>Relativna vlažnost</b>	48%	<b>Predopterećenje</b>	5,0 N

Tab. 24 Prekidna sila i prekidno istezanje na šavu kompozita (tkanina + PU 4 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 39 m/min.

Broj uzorka	Prekidna sila / MPa	Prekidno istezanje /%
1 _ 1	12,16	29,90
1 _ 2	12,56	28,32
1 _ 3	11,40	27,60
1 _ 4	13,38	25,00
1 _ 5	13,66	26,40
1 _ 6	12,14	26,40
Srednja vrijednost /MPa	12,55	27,09
Koeficijent varijacije /%	0,846	1,415
Standardna devijacija /N	6,74	5,23

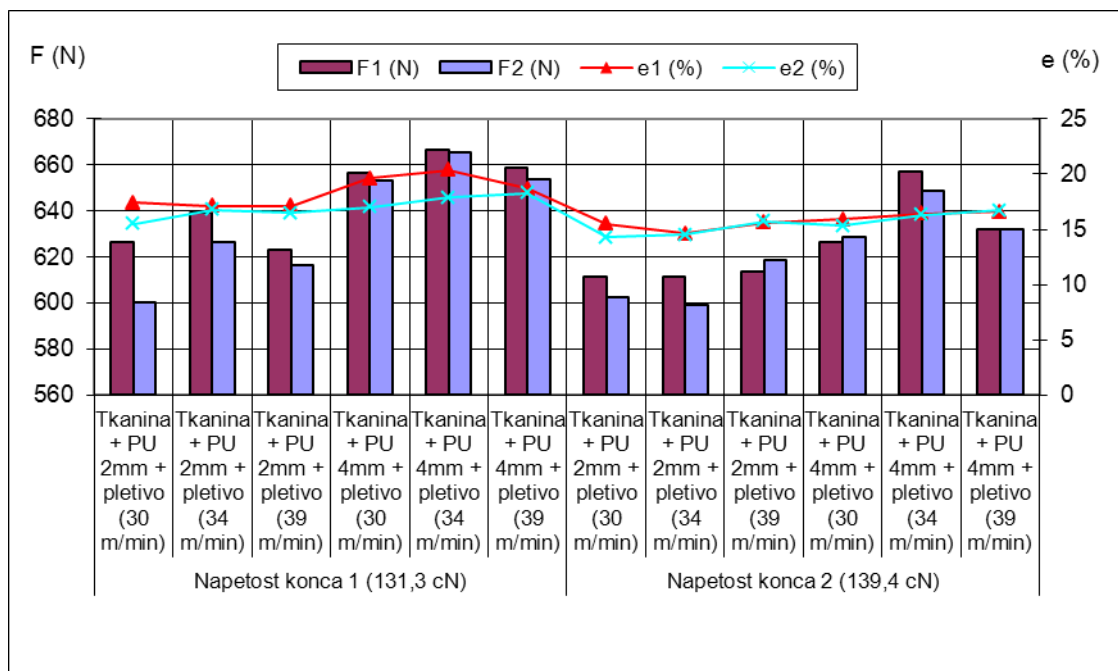


Sl. 96 Prekidna sila i prekidno istezanje na šavu kompozita (tkanina + PU 4 mm + pletivo) kod brzine lijepljenja 39 m/min

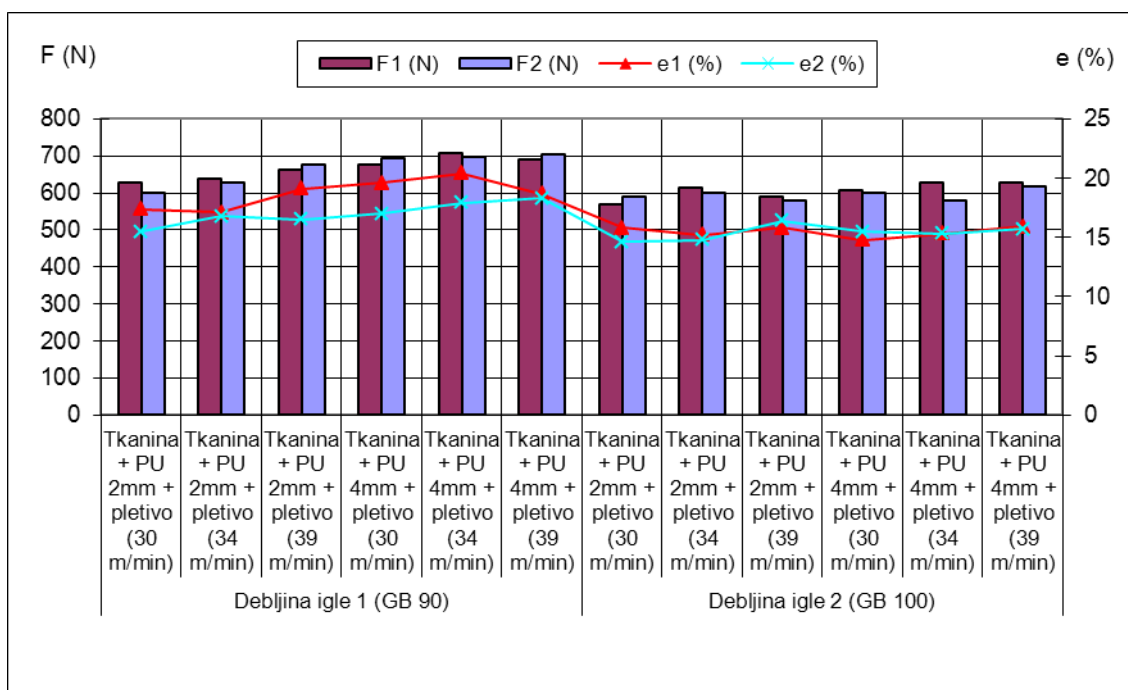
Tab. 25 Prekidne sile i prekidno istezanje uzoraka na šavu uz promjenu napetosti konca i uz promjenu debljine igle

			U smjeru potke ili poprečni smjer		U smjeru osnove ili uzdužni smjer	
			F1 (N)	$\epsilon_1$ (%)	F2 (N)	$\epsilon_2$ (%)
Napetost konca 1 (131,3 cN)	Tkanina + PU 2mm + pletivo (30 m/min)	$\bar{X}$	626,6	17,4	600,5	15,5
		CV	4,5	6,8	3,2	7,4
	Tkanina + PU 2mm + pletivo (34 m/min)	$\bar{X}$	639,1	17,1	626,7	16,8
		CV	3,5	4,8	2,6	6,9
	Tkanina + PU 2mm + pletivo (39 m/min)	$\bar{X}$	623,3	17,1	616,6	16,5
		CV	4,9	6,1	3,8	5,8
	Tkanina + PU 4mm + pletivo (30 m/min)	$\bar{X}$	656,6	19,6	653,2	17
		CV	3,7	7,5	2,7	6,6
	Tkanina + PU 4mm + pletivo (34 m/min)	$\bar{X}$	666,4	20,4	665,5	17,9
		CV	4,2	4,7	4,9	4,8
	Tkanina + PU 4mm + pletivo (39 m/min)	$\bar{X}$	658,9	18,7	653,9	18,3
		CV	3,3	4,9	3,5	4,1
Napetost konca 2 (139,4 cN)	Tkanina + PU 2mm + pletivo (30 m/min)	$\bar{X}$	611,3	15,5	602,5	14,3
		CV	4,7	5,1	5,2	5,2
	Tkanina + PU 2mm + pletivo (34 m/min)	$\bar{X}$	611,5	14,6	599,2	14,5
		CV	5	4,6	4,3	5,9
	Tkanina + PU 2mm + pletivo (39 m/min)	$\bar{X}$	613,4	15,6	618,4	15,7
		CV	3,5	8,5	5,8	7,3
	Tkanina + PU 4mm + pletivo (30 m/min)	$\bar{X}$	626,4	15,9	628,7	15,3
		CV	3,6	4,4	3,5	6,3
	Tkanina + PU 4mm + pletivo (34 m/min)	$\bar{X}$	657,1	16,4	649	16,3
		CV	4,8	5,2	4,2	4,8
	Tkanina + PU 4mm + pletivo (39 m/min)	$\bar{X}$	632,1	16,6	632,1	16,7
		CV	3,2	4,9	2,9	4,9
Debljina igle 1 (GB 90)	Tkanina + PU 2mm + pletivo (30 m/min)	$\bar{X}$	600,5	15,5	626,6	17,4
		CV	4,5	6,8	3,2	7,4
	Tkanina + PU 2mm + pletivo (34 m/min)	$\bar{X}$	626,7	16,8	639,1	17,1
		CV	3,5	4,8	2,6	6,9
	Tkanina + PU 2mm + pletivo (39 m/min)	$\bar{X}$	663,3	19,1	676,6	16,5
		CV	4,9	6,1	3,8	5,8
	Tkanina + PU 4mm + pletivo (30 m/min)	$\bar{X}$	676,6	19,6	693,2	17
		CV	3,7	7,5	2,7	6,6
	Tkanina + PU 4mm + pletivo (34 m/min)	$\bar{X}$	706,4	20,4	695,5	17,9
		CV	4,2	4,7	4,9	4,8
	Tkanina + PU 4mm + pletivo (39 m/min)	$\bar{X}$	688,9	18,7	703,9	18,3
		CV	3,3	4,9	3,5	4,1

Debljina igle 2 (GB 100)	Tkanina + PU 2mm + pletivo (30 m/min)	$\bar{X}$	568,9	15,8	588,3	14,6
		CV	5,3	5,7	4,6	7,9
	Tkanina + PU 2mm + pletivo (34 m/min)	$\bar{X}$	615,4	15,2	601,8	14,8
		CV	4,8	7,8	6,4	5,4
	Tkanina + PU 2mm + pletivo (39 m/min)	$\bar{X}$	588,7	15,8	579,5	16,4
		CV	6,7	7	6,3	7,2
	Tkanina + PU 4mm + pletivo (30 m/min)	$\bar{X}$	606,6	14,8	599	15,5
		CV	4,4	6,7	3,9	6,6
	Tkanina + PU 4mm + pletivo (34 m/min)	$\bar{X}$	626,5	15,3	578,9	15,3
		CV	5,7	4,9	6,8	5,4
	Tkanina + PU 4mm + pletivo (39 m/min)	$\bar{X}$	628	15,9	619,1	15,7
		CV	3,2	5,7	5,9	7,7



Sl. 97 Prekidne sile i prekidno istežanje uz napetost konca od 131.3 cN i 139,4 cN



Sl. 98 Prekidne sile i prekidno istežanje uz debljine igle od GB 90 i GB 100

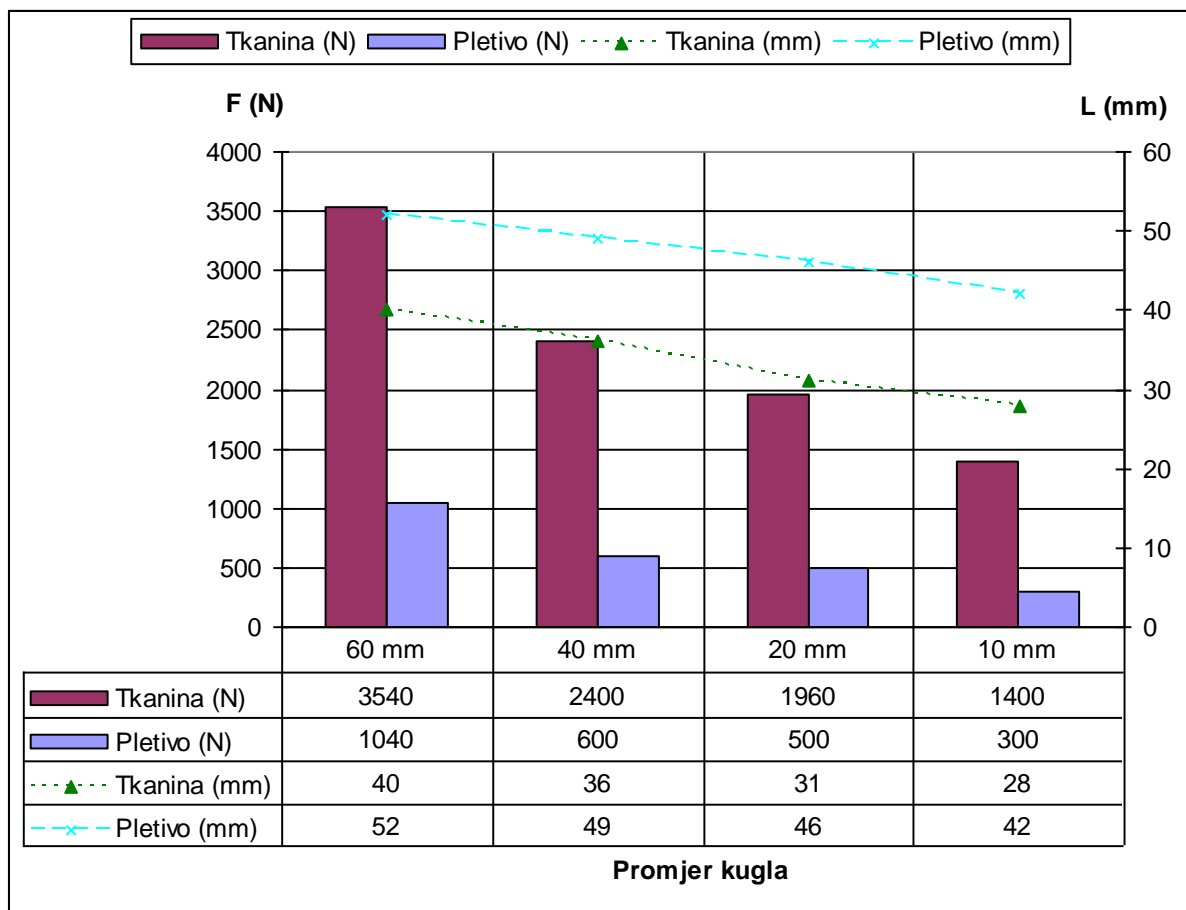
#### 4.4. Rezultati ispitivanja probijanja materijala do prekida s različitim promjerima kugle

Probijanje materijala do prekida s različitim promjerima kugle (60, 40, 20, 10 mm), a istim promjerom prstena (100 mm) provedeno je na inovativnom uređaju kao dogradnom dijelu dinamometra za ispitivanje plošnih proizvoda. Rezultati ispitivanja prikazani su u tablicama 26 do 30 i slikama 99 do 103.

Tab. 26 Sile probijanja i prekidno istežanje tkanine i pletiva s različitim promjerima kugle

	Promjer kugle (mm)															
	60				40				20				10			
	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)
Tkanina	3540	6,7	40	3,0	2400	5,8	36	4,2	1960	4,6	31	2,6	1400	7,8	28	2,5
Pletivo	1040	8,4	52	4,7	600	8,7	49	6,6	500	5,8	46	4,3	300	6,9	42	3,4

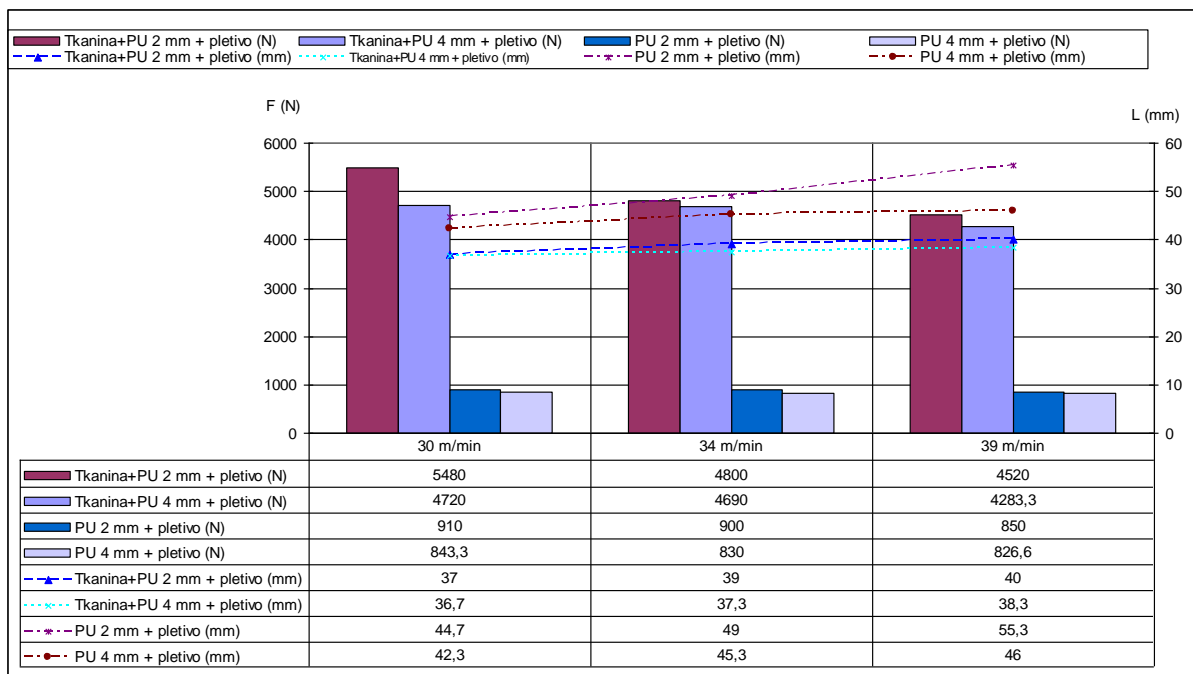




Sl. 99 Sile probijanja tkanine i pletiva promjerima kugli 60, 40, 20 i 10 mm, te istežanje do prekida; F – sila probijanja do prekida (N), L – istežanje do prekida (mm)

Tab. 27 Sile probijanja s promjerom kugle 60 mm i istežanje do prekida

	Brzina (m/min)										
	30				34			39			
	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)	F (N)	CV (%)	L (mm)	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)
Tkanina + PU 2 mm + pletivo	5480	3,1	37	1,3	4800	2,8	39	4520	2,7	40	2,0
Tkanina + PU 4 mm + pletivo	4720	2,4	36,7	1,5	4690	2,5	37,3	4283,3	2,9	38,3	2,6
PU 2 mm + pletivo	910	3,0	44,7	0,6	900	2,2	49	850	4,5	55,3	4,2
PU 4 mm + pletivo	843,3	3,6	42,3	1,1	830	1,5	45,3	826,6	3,1	46	3,5

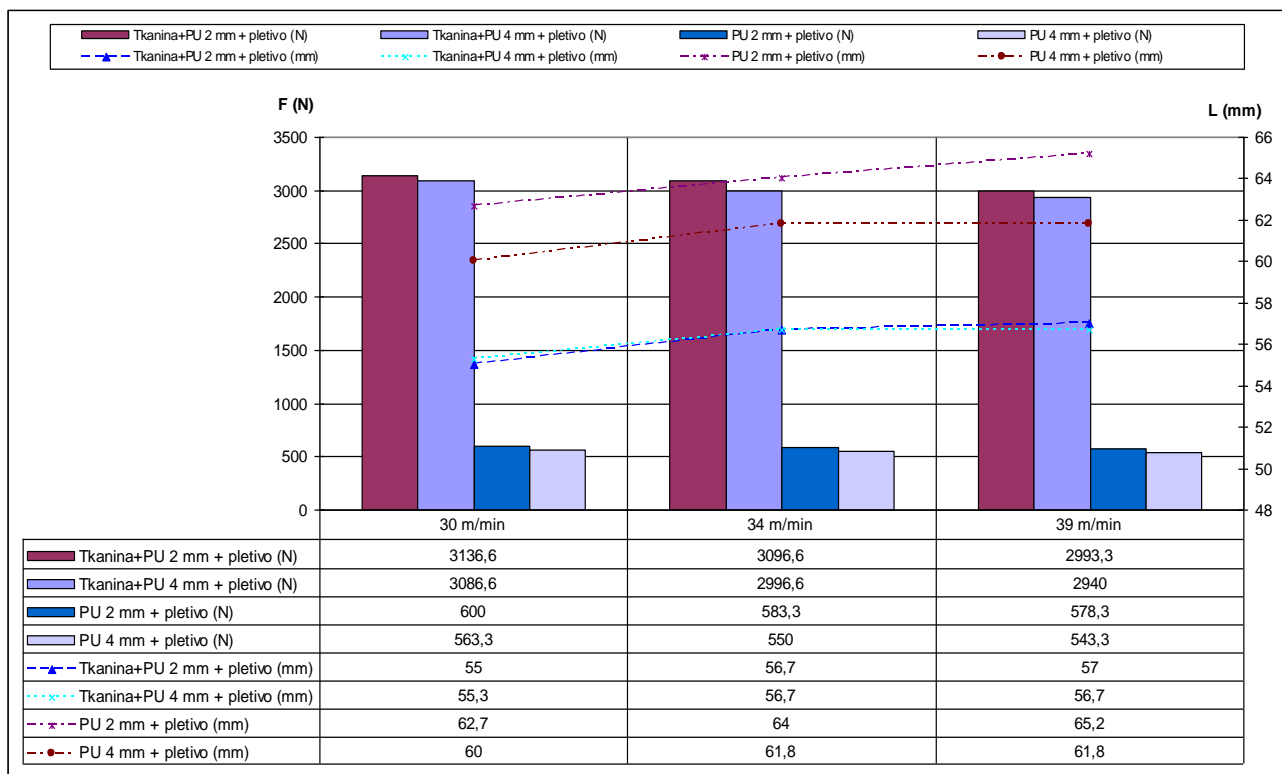


Sl. 100 Sile probijanja s promjerom kugle 60 mm i istežanje do prekida

F – sila probijanja do prekida (N), L – istežanje do prekida (mm)

Tab. 28 Sile probijanja s promjerom kugle 40 mm i istežanje do prekida

	Brzina (m/min)											
	30				34				39			
	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)
Tkanina + PU 2 mm + pletivo	3136,6	1,8	35	1,4	3096,6	2,2	37	1,8	2993,3	1,8	37,3	0,4
Tkanina + PU 4 mm + pletivo	3086,6	1,6	35,3	0,5	2996,6	2,1	36,7	2,5	2940	2,3	37	1,0
PU 2 mm + pletivo	600	3,3	42,7	3,4	583,3	2,3	44	0,9	578,3	3,3	45,2	2,5
PU 4 mm + pletivo	563,3	2,5	40	2,3	550	2,3	41,2	1,7	543,3	2,5	41,8	2,8

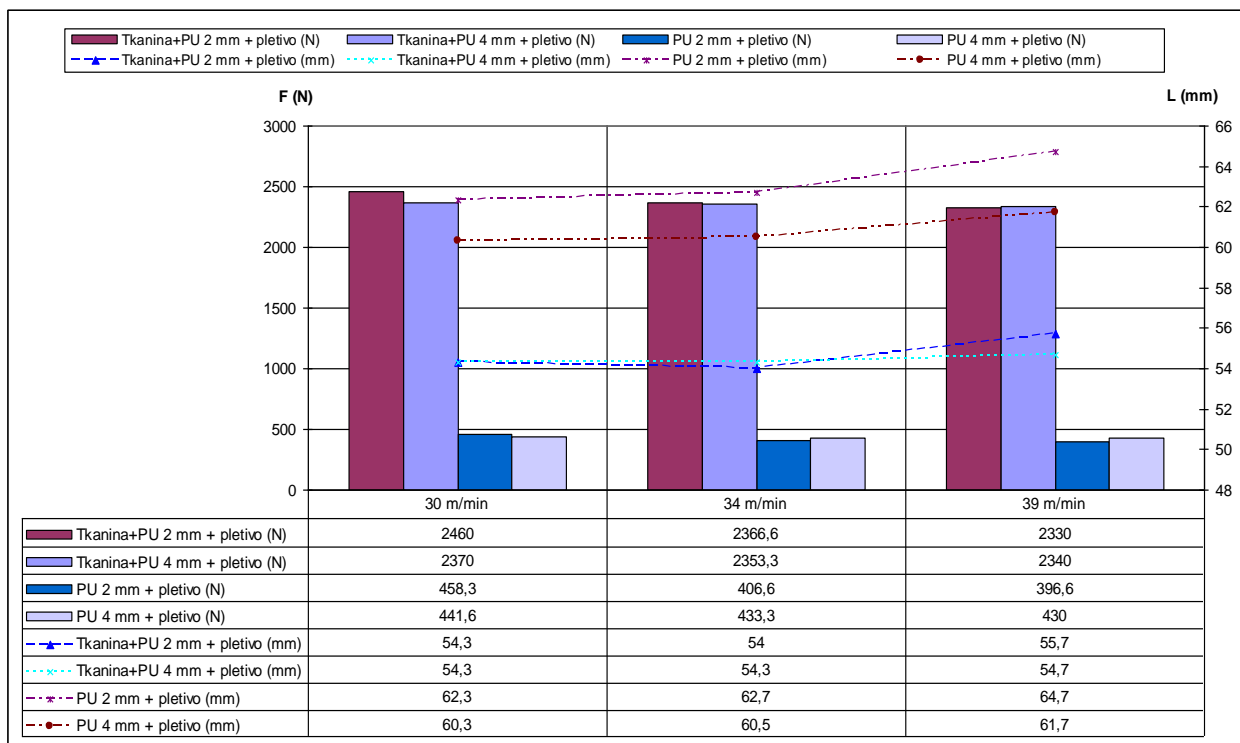


Sl. 101 Sile probijanja s promjerom kugle 40 mm i istežanje do prekida

F – sila probijanja do prekida (N), L – istežanje do prekida (mm)

Tab. 29 Sile probijanja s promjerom kugle 20 mm i istežanje do prekida

	Brzina (m/min)											
	30				34				39			
	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)
Tkanina + PU 2 mm + pletivo	2460	1,9	34,3	0,6	2366,6	1,1	34	2,0	2330	1,5	35,7	1,4
Tkanina + PU 4 mm + pletivo	2370	1,6	34,3	1,4	2353,3	1,4	34,3	1,8	2340	0,9	34,7	1,2
PU 2 mm + pletivo	458,3	2,4	42,3	2,7	406,6	1,7	42,7	2,5	396,6	1,6	44,7	3,1
PU 4 mm + pletivo	441,6	2,4	40,3	2,3	433,3	1,8	40,5	2,3	430	2,5	41,7	2,4

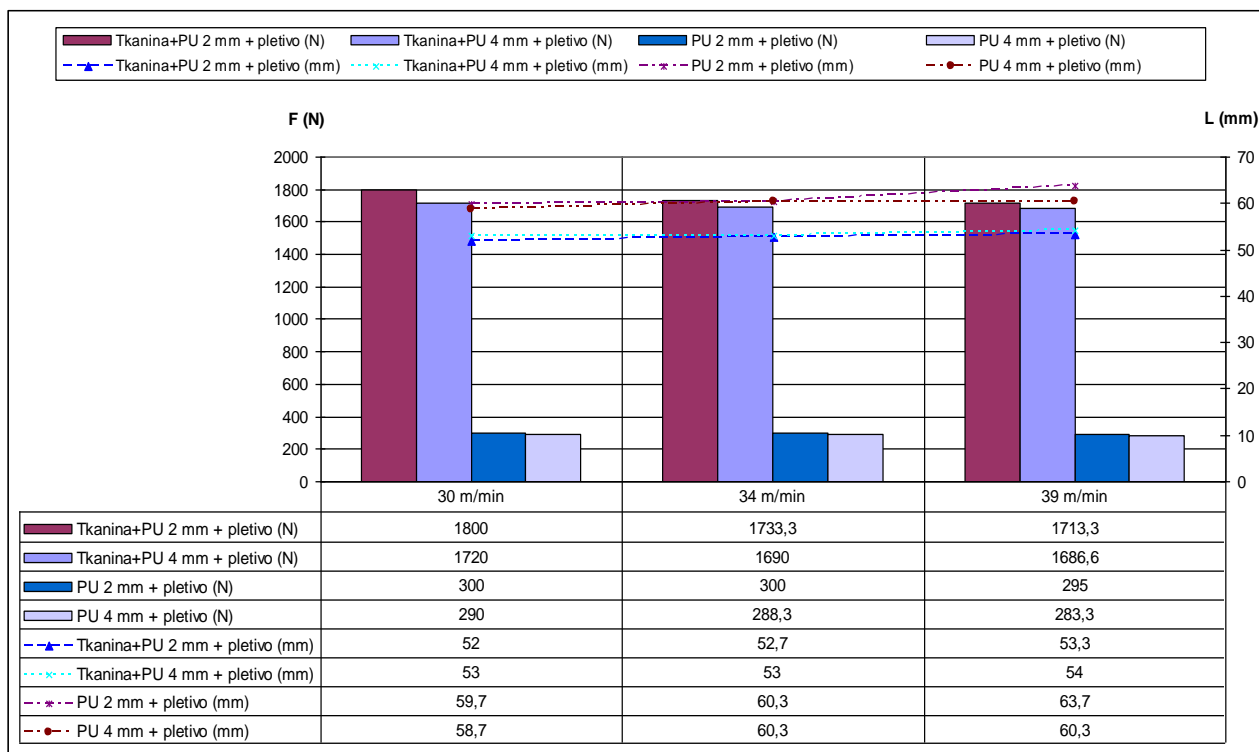


Sl. 102 Sile probijanja s promjerom kugle 20 mm i istežanje do prekida

F – sila probijanja do prekida (N), L – istežanje do prekida (mm)

Tab. 30 Sile probijanja s promjerom kugle 10 mm i istežanje do prekida

	Brzina (m/min)											
	30				34				39			
	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)	F (N)	CV (%)	L (mm)	CV (%)
Tkanina + PU 2 mm + pletivo	1800	0,6	32	0,5	1733,3	0,8	32,7	0,5	1713,3	1,1	33,3	1,4
Tkanina + PU 4 mm + pletivo	1720	1,1	33	0,1	1690	0,4	33	0,3	1686,6	0,7	34	0,2
PU 2 mm + pletivo	300	0,4	39,7	1,4	300	2,1	40,3	1,7	295	1,1	43,7	2,0
PU 4 mm + pletivo	290	0,9	38,7	2,1	288,3	1,2	40,3	0,4	283,3	1,9	40,3	1,8



Sl. 103 Sile probijanja s promjerom kugle 10 mm i istežanje do prekida

F – sila probijanja do prekida (N), L – istežanje do prekida (mm)

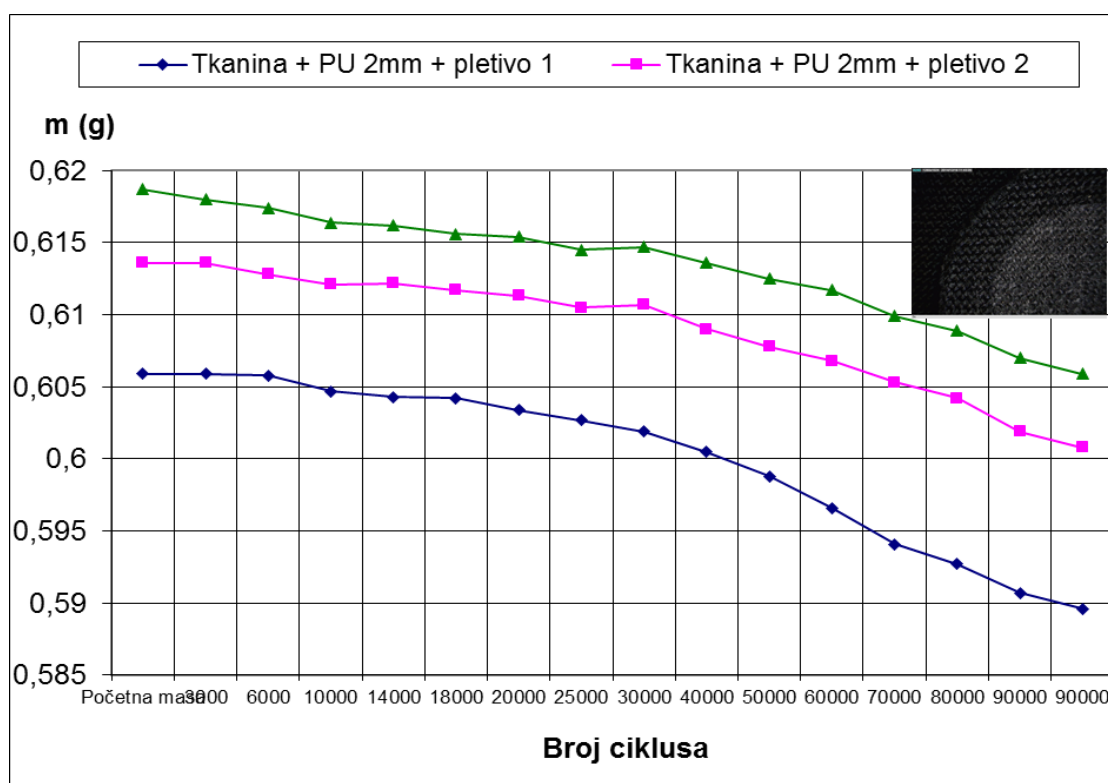
#### 4.5. Rezultati ispitivanja otpornosti na habanje

Otpornost materijala na habanje provedeno je na uređaju Martindale, ispitivanje otpornosti na habanje i piling, norme: ISO 12947 1-4, ASTM D4966-89. Opterećenje pri ispitivanju je 12 kPa. Ispitivanje je provedeno do 10000 ciklusa s mjerenjem gubitkamase svakih 3000 ciklusa. Rezultati ispitivanja prikazani su u tablici 31 i slikama 104 do 106.

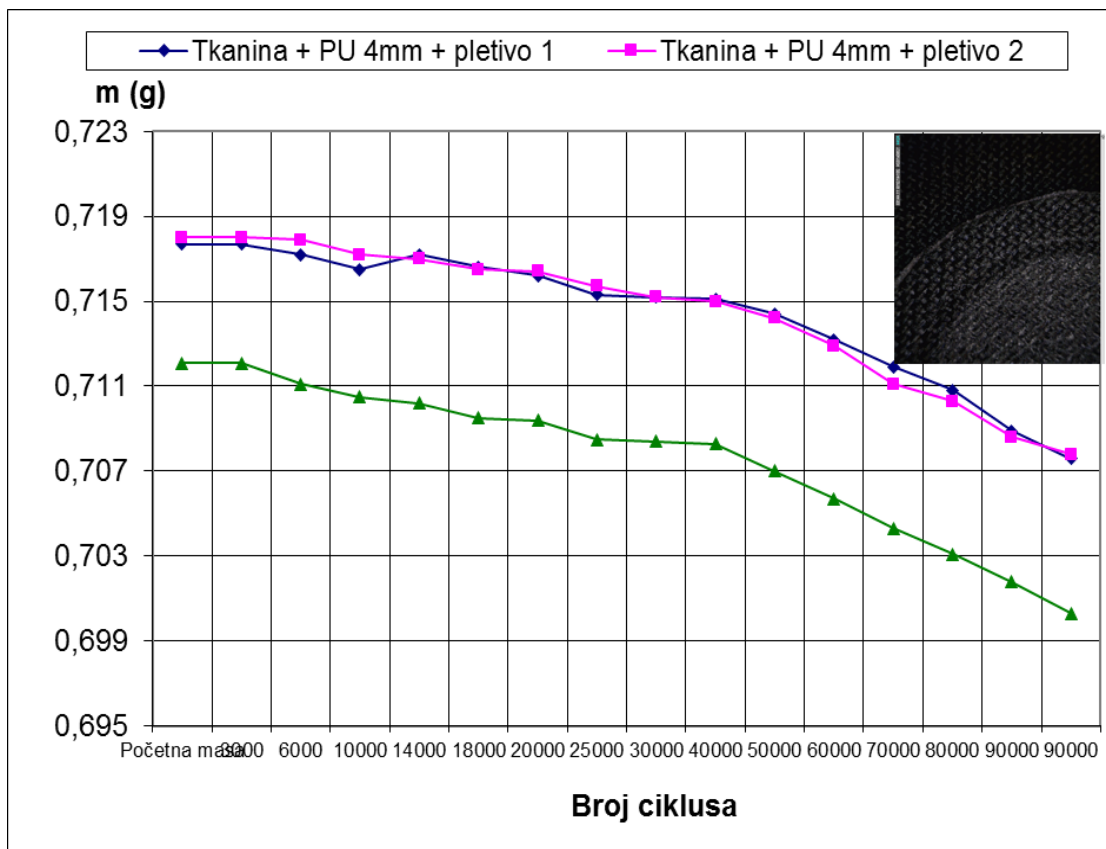
Tab. 31 Habanje za različite vrste kompozita

	Tkanina + PU 2mm + pletivo			Tkanina + PU 4mm + pletivo		
	1	2	3	1	2	3
Početna masa (g)	0,6059	0,6136	0,6187	0,7177	0,7180	0,7121
Nakon 3000 ciklusa	0,6059	0,6136	0,6180	0,7177	0,7180	0,7121
Nakon 6000 ciklusa	0,6058	0,6128	0,6174	0,7172	0,7179	0,7111
Nakon 10000 ciklusa	0,6047	0,6121	0,6164	0,7165	0,7172	0,7105
Nakon 14000 ciklusa	0,6043	0,6122	0,6162	0,7172	0,7170	0,7102
Nakon 18000 ciklusa	0,6042	0,6117	0,6156	0,7166	0,7165	0,7095
Nakon 20000 ciklusa	0,6034	0,6113	0,6154	0,7162	0,7164	0,7094
Nakon 25000 ciklusa	0,6027	0,6105	0,6145	0,7153	0,7157	0,7085
Nakon 30000 ciklusa	0,6019	0,6107	0,6147	0,7152	0,7152	0,7084
Nakon 40000 ciklusa	0,6005	0,6090	0,6136	0,7151	0,7150	0,7083

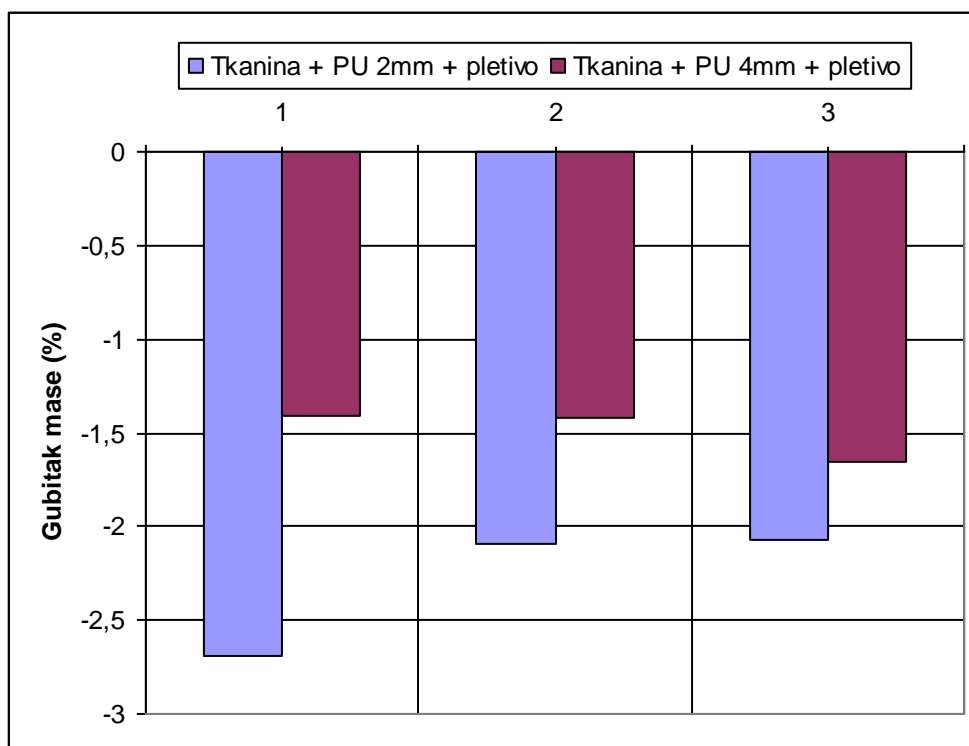
Nakon 50000 ciklusa	0,5988	0,6078	0,6125	0,7144	0,7142	0,7070
Nakon 60000 ciklusa	0,5966	0,6068	0,6117	0,7132	0,7129	0,7057
Nakon 70000 ciklusa	0,5941	0,6053	0,6099	0,7119	0,7111	0,7043
Nakon 80000 ciklusa	0,5927	0,6042	0,6089	0,7108	0,7103	0,7031
Nakon 90000 ciklusa	0,5907	0,6019	0,6070	0,7089	0,7086	0,7018
Nakon 90000 ciklusa	0,5896	0,6008	0,6059	0,7076	0,7078	0,7003
Gubitak mase (%)	-2,69	-2,09	-2,07	-1,41	-1,42	-1,66



Sl. 104 Gubitak mase (g) po ciklusima na tri uzorka: tkanina + PU 2 mm + pletivo



Sl. 105 Gubitak mase (g) po ciklusima na tri uzorka: tkanina + PU 4 mm + pletivo

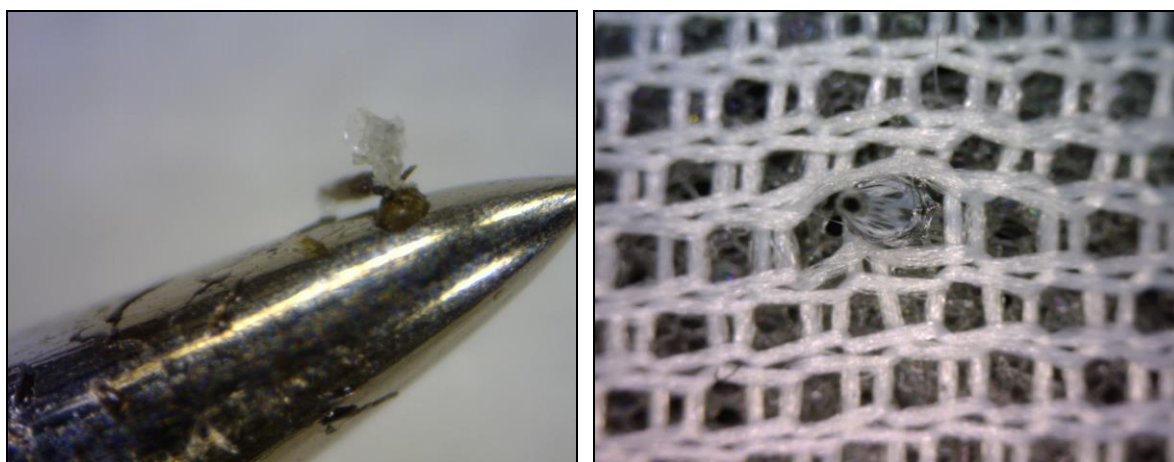


Sl. 106 Gubitak mase (%) za tri uzorka kompozita: tkanina + PU 2mm + pletivo i tkanina + PU 4mm + pletivo

#### **4.6. Rezultati analize igala i probodnih mjesta**

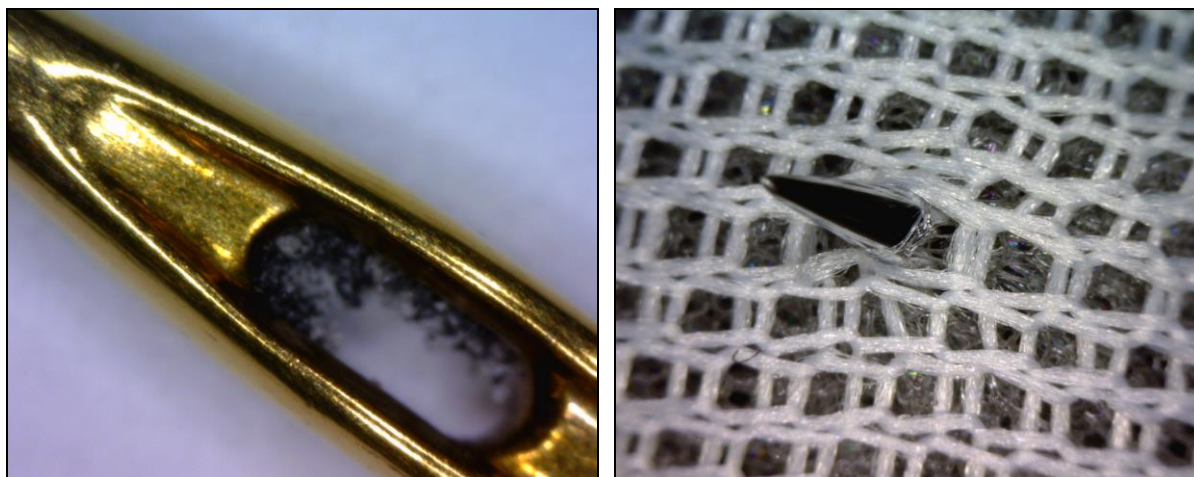
Cilj šivanja krojnih dijelova nije samo spojiti krojne dijelove nego i postići što približnija svojstva materijala na šivanim mjestima s materijalom bez šava. Na ubodnim mjestima šava igla ne smiju oštetiti materijal i izazvati veći pomak niti i vlakana u materijalu. Optimiranje napetosti konca, te odgovarajuće vrste i finoće igle, pridonosi minimalnom oštećenju materijala na mjestu uboda. Čvrstoća tekstilnog materijala na mjestima šavova je najčešće manja od prosječne čvrstoće materijala bez šava, pa šivana mjesta predstavljaju kritična mjesta o kojima ovisi trajnost automobilskih navlaka. Stoga se ovaj rad temelji na kvaliteti šava šivanjem kompozita za auto navlake.

U ovom dijelu rada ispitani su tri vrste šivaćih igala NM110R (sl. 107), NM110Rgeb (sl. 108), NM110RGSAN6Geb (sl. 109) i dvije vrste PU 2 mm, brzina 30, 34, 39 i PU 4 mm, brzina 30,34,39. Istražena su oštećenja materijala na ubodnim mjestima i promjena igle nakon šivanja. Prema dobivenim rezultatima utvrđene su razlike među iglama.



Sl. 107 Šivaća igla NM110R s ostacima učvršćene PU pjene

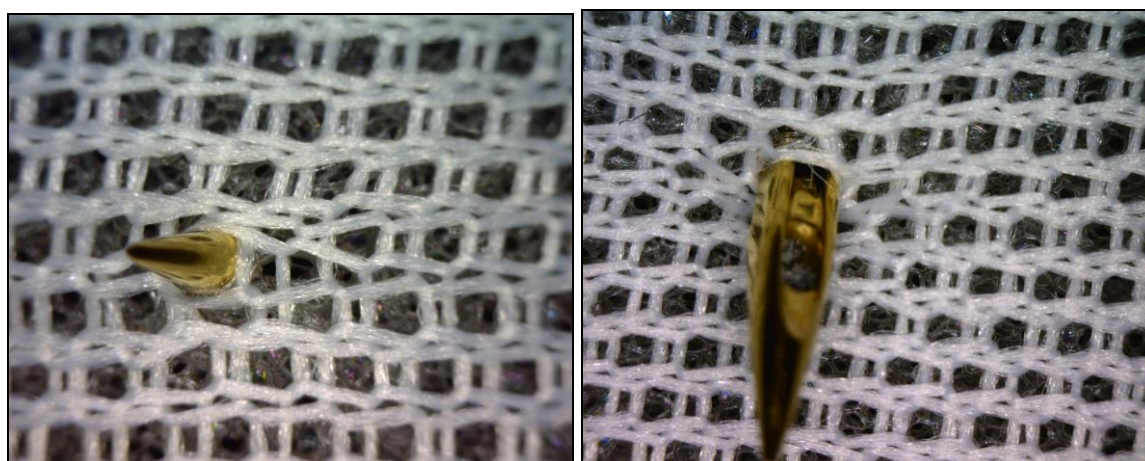




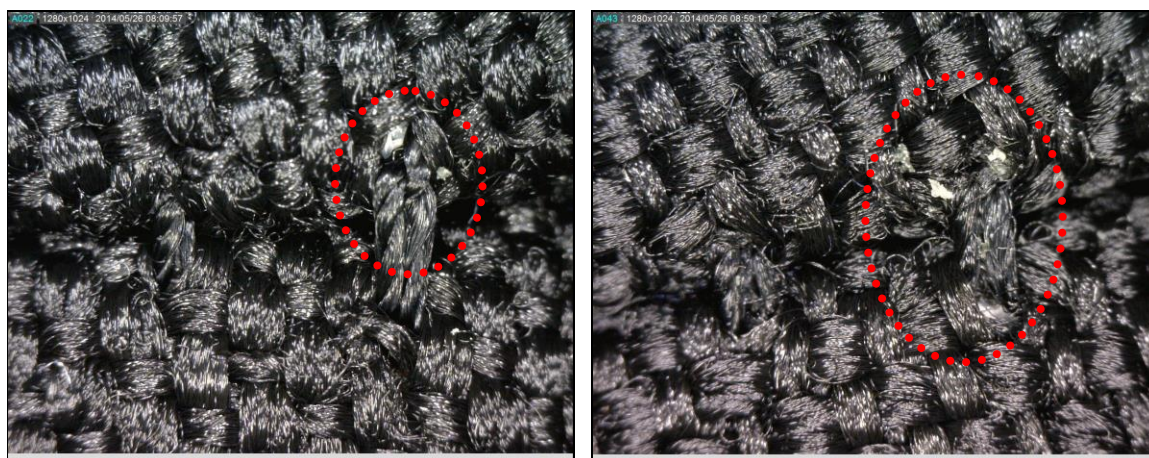
a)

b)

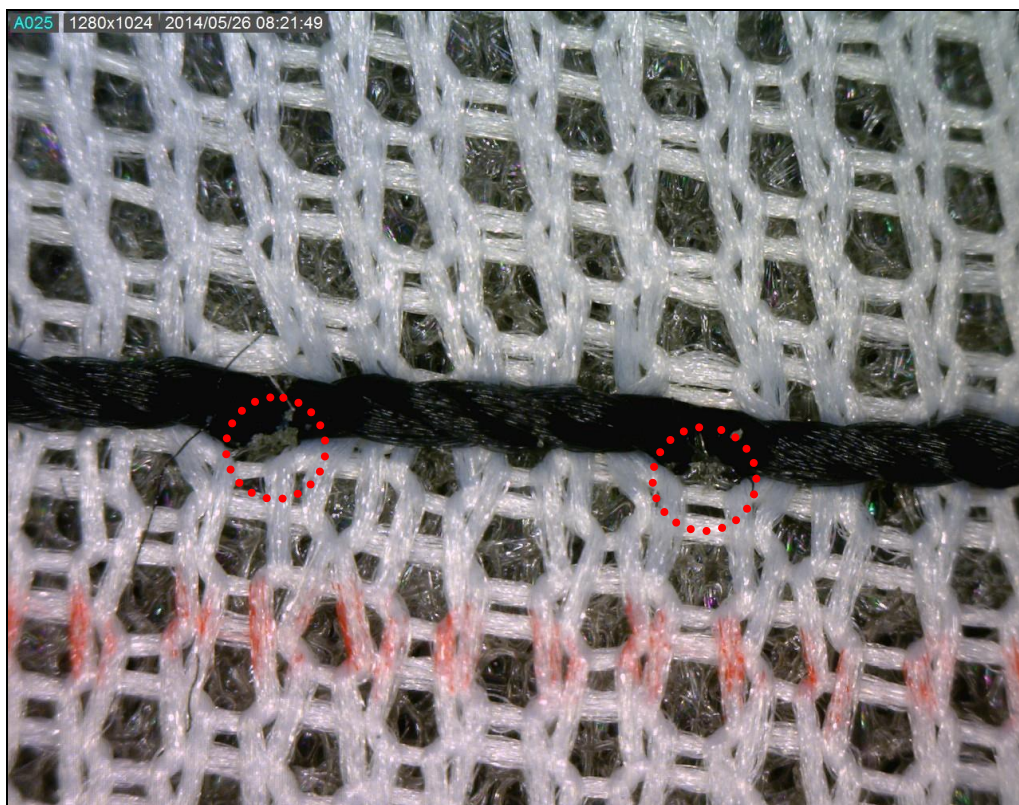
Sl. 108 Šivaća igla NM110Rgeb a) Nakon uporabe, b) Promjena boje nakon uporabe



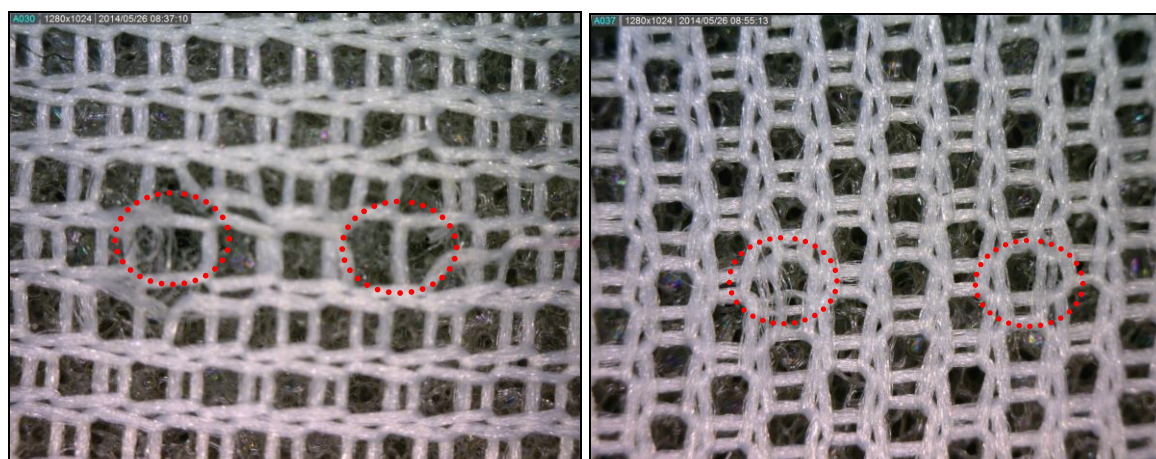
Sl. 109 Šivaća igla M110 RG SAN6 Geb – besprijeckorno probijanje kroz materijal



Sl. 110 Probodno mjesto kroz tkaninu s ostatkom PU



Sl. 111 Probodno mjesto kroz pletivo s ostatkom PU

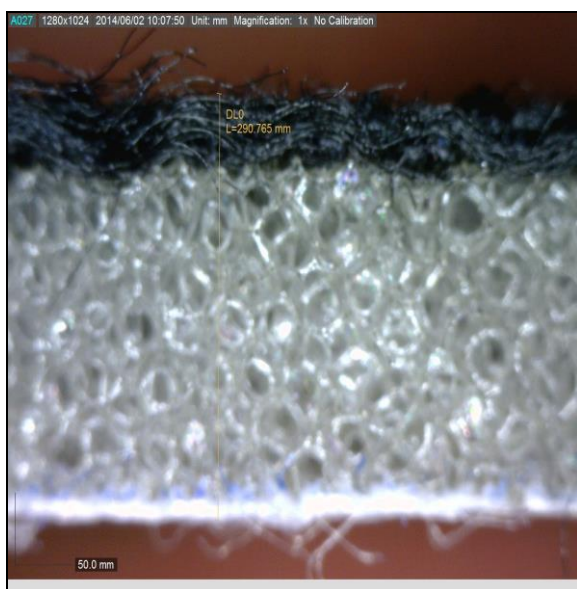


Sl. 112 Oštećenja pletiva na ubodnim mjestima

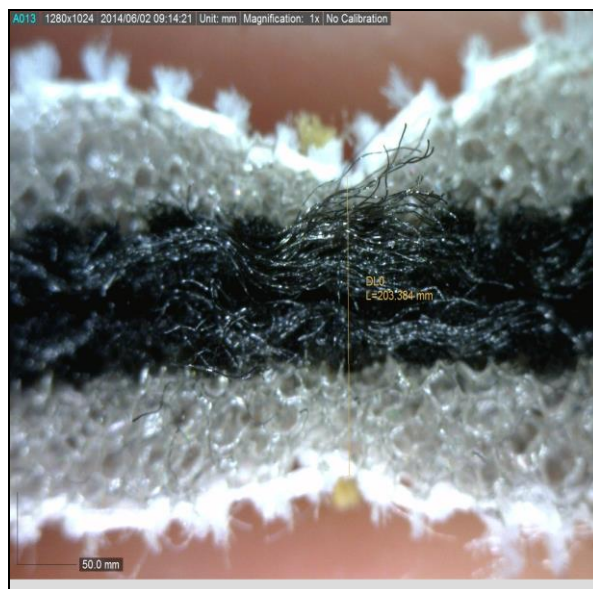
#### 4.7. Utjecaj pritiska pritisne nožice na poprečni presjek šivanog mjesta

Budući su kompoziti s poliuretanskom pjenom izrazito osjetljivi na pritisak pritisne nožice, a time i na izgled i kvalitetu šava od izuzetne važnosti je istražiti optimalne vrijednosti pritiska pritisne nožice kao i napetosti konca. Pritisak pritisne nožice za vrijeme šivanja kompozita s PU pjenom uveliko utječe na debljinu šivanog mjesta.

Budući je PU pjena na šivanom mjestu dvostruka dolazi do „utapljanja“ pritisne nožice u kompozit i znatnog stanjenja materijala na mjestu šivanja (sl. 113, 114). To može prouzročiti veće naprezanje konca na mjestima šava tijekom uporabe, osobito ako se on nalazi na pregibnim mjestima i mjestima s većim naprezanjima. Posljedica toga su oštećenja materijala na mjestima uboda već nakon kratke uporabe. Na ovim kompozitima nije bilo moguće mijenjati pritisak pritisne nožice zbog otežanog i neravnomjernog posmika materijala prilikom većeg ili manjeg pritiska od optimalnog. Isto tako, kvaliteta šava se pogoršavala promjenom pritiska pritisne nožice.



Sl. 113 Poprečni presjek kompozita prije pritiska pritisne nožice



Sl. 114 Poprečni presjek kompozita na šivanom mjestu

#### **4.8. Rezultati ispitivanja probodnih sila**

Automobilska industrija postavlja sve veće zahtjeve u pogledu funkcionalnih i ukrasnih šavova. Bilo da se radi o luksuznim sportskim automobilima ili obiteljskim limuzinama kvaliteta šavova mora zadovoljavati osnovne standardne zahtjeve u cilju pružanja maksimalne sigurnosti putnicima. Kompozitni materijali često predstavljaju spoj materijala različitih svojstava, u ovom primjeru pletiva s donje strane, PU pjene u sredini i tkanine s gornje strane. Iz tog razloga u tehnološkom procesu šivanja nastaju problemi vezani za:

- a) Oštećenja na mjestima šavova zbog neprikladne debljine šivaće igle,
- b) Tragovi papučice i ne odgovarajuća debljina šava zbog ne odgovarajuće vertikalne sile pritisne nožice,
- c) Nepravilan izgled šava zbog neadekvatnog izbora šivaćeg konca

Kvalitetu šivaćeg šava moguće je osigurati usklađivanjem parametara finoće i oblika vrha igle sa pripadajućom finoćom šivaćeg konca, odabir optimalne vertikalne sile pritisne nožice obzirom na broj prošivanih slojeva u odnosu na izbor kompozitnog materijala koji se koristi za izradu navlaka u auto sjedalima.

Rezultati probodnih sila napravljeni su na novorazvijenom mjernom uređaju na Institutu za tekstil i procesnu tehniku u Denkendorfu, Njemačka (ITV).

Za ispitivanja korišten je univerzalni šivači stroj oznake Pfaff 483 sa ugrađenom ubodnom pločom oznake B za šivanje srednje teških materijala i šivaće igle 90 Nm i ubodnom pločom C za šivanje teških, debelih materijala i šivaće igle Nm 110. Iz rezultata dobivenih mjerenjem probodne sile šivaće igle vidljivo je da se radi o velikim naprezanjima i da oprema u Zavodu za odjevnu tehnologiju na Tekstilno-tehnološkom fakultetu nije namijenjena za ispitivanja materijala koji se koristio u ovom radu. Stoga je bilo neophodno ispitivanja provesti na ITV.

U tehnološkom procesu šivanja obrada tehničkog tekstila iziskuje pravilan izbor finoće igle obzirom na debljinu materijala i pripadajuće finoće šivaćeg konca.

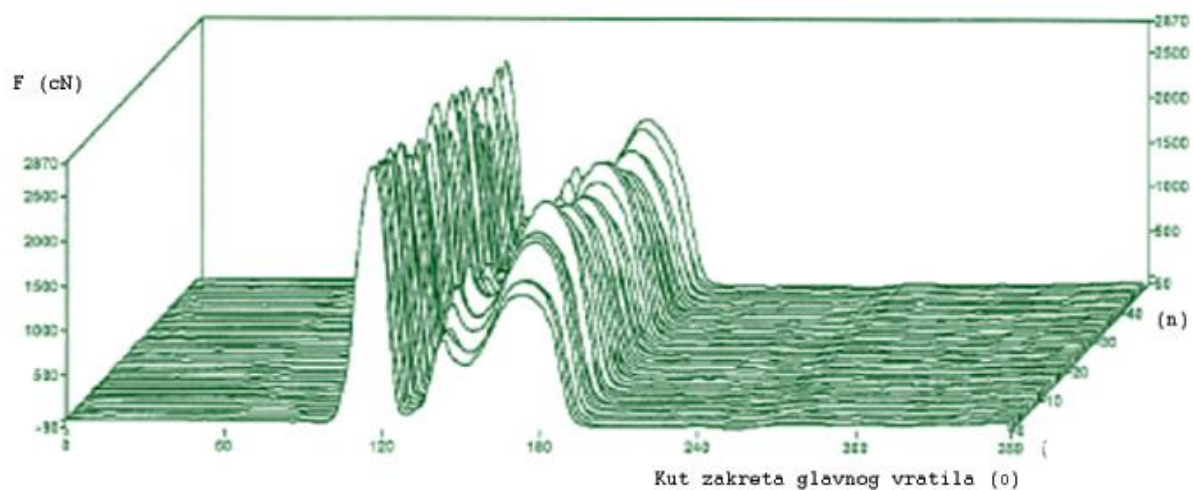
#### **Rezultati ispitivanja probodnih sila šivaćih igala**

Ispitivanja su provedena na uređaju ITV u Denkendorfu. Ispitano je 50 uboda po uzorku. Uvjeti za vrijeme ispitivanja su: vlažnost zraka je 60%, temperatura 22 °C. Dobiveni rezultati sačinjavaju statističke podatke u tablicama 32 do 49 i slikama 115 do 168 na kojima (F / cN) predstavlja probodnu silu šivaće igle a (n) predstavlja broj mjerenja.

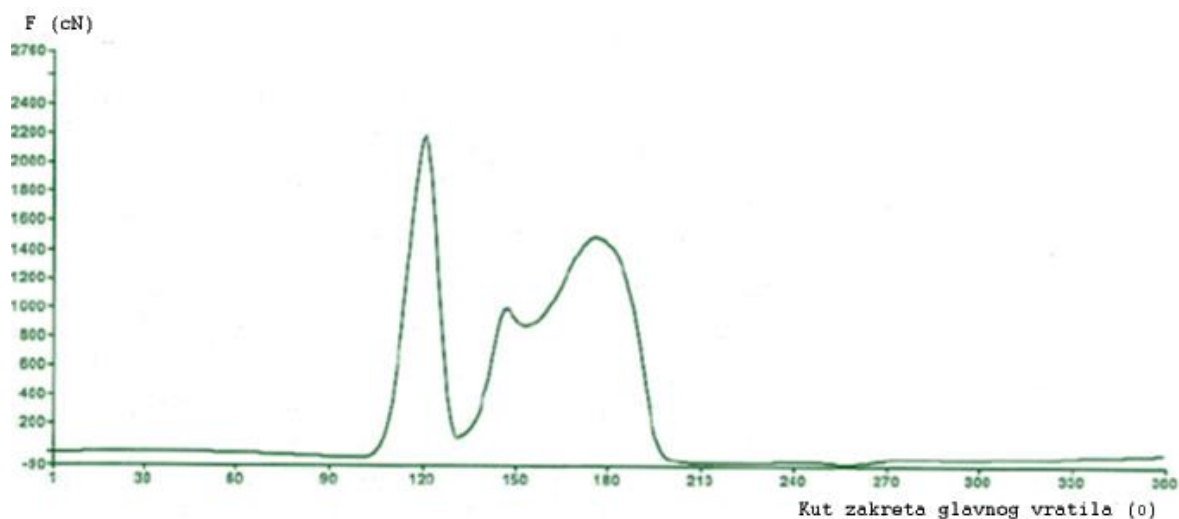
U tab. 50 prikazani su skupni rezultati statistički obrađeni.

Tab. 32 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne) PU 2mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur

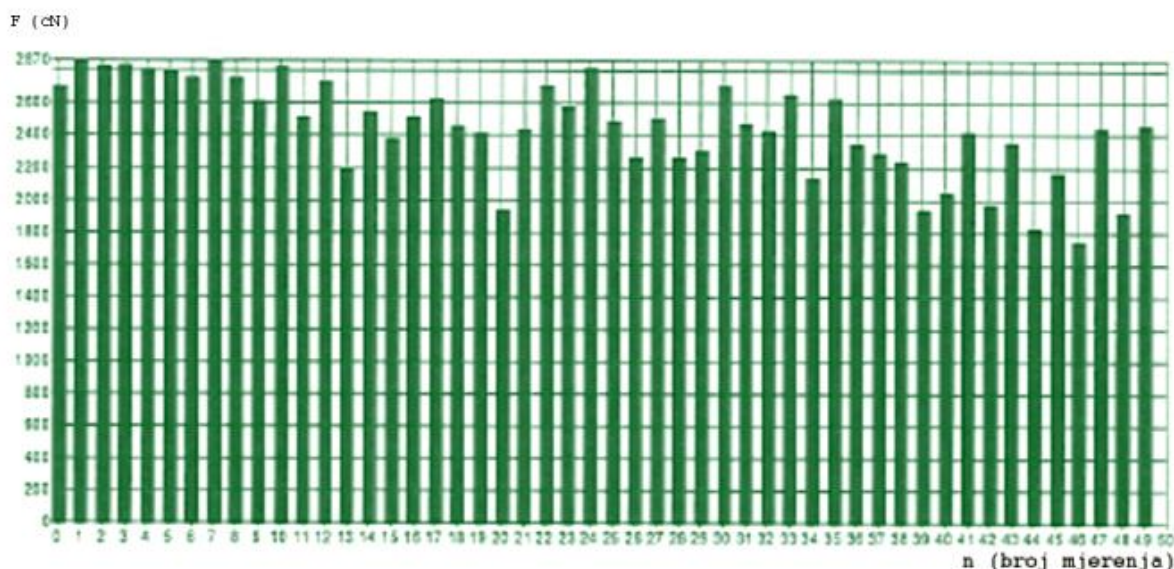
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2665,3	2199,3	2904,9	15,0	199,7
NM110R 002	2450,1	1869,2	2874,9	19,8	220,0
NM110R 003	2450,1	1737,3	2861,2	35,4	294,5
NM110R 004	2467,5	1865,1	2883,6	33,3	286,6
NM110R 005	2412,2	1691,3	2893,1	25,1	245,8
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2489,0</b>	<b>1872,5</b>	<b>2883,5</b>	<b>25,7</b>	<b>249,3</b>
Standardna devijacija (S/cN)	90	198,73	16,74	8,68	41,13



Sl. 115 Probadne sile šivaće igle, PU 2 mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)



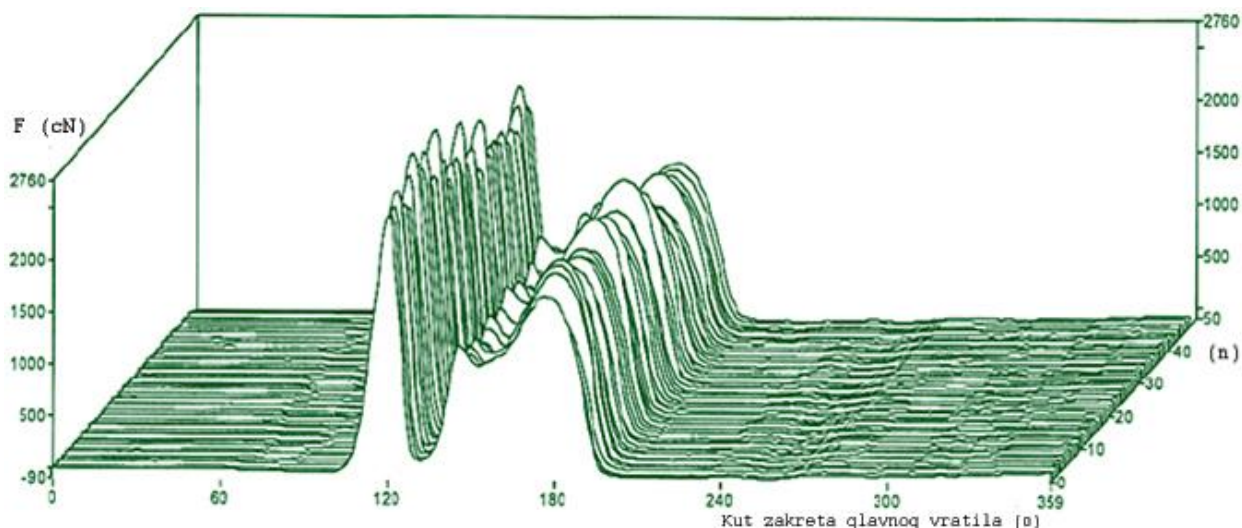
Sl. 116 Prosječne probadne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 2mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)



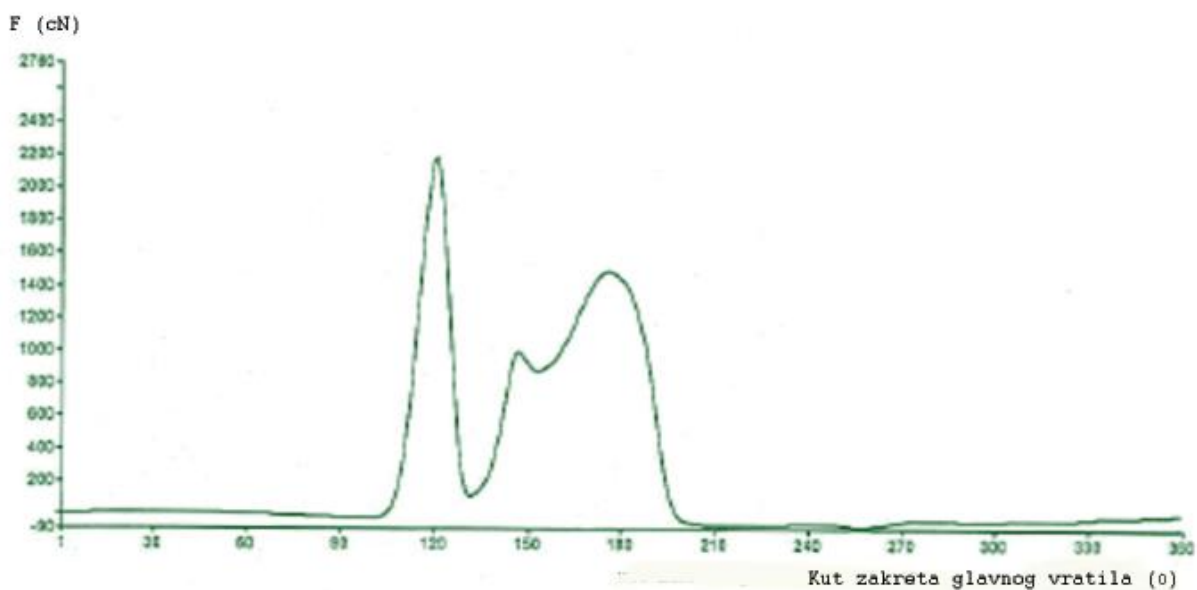
Sl. 117 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 2mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)

Tab. 33 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2526,0	1850,6	2907,3	27,3	262,4
NM110R 002	2331,3	1770,6	2846,8	38,3	298,8
NM110R 003	2245,9	1690,3	2830,3	37,6	290,6
NM110R 004	2191,1	1504,6	2759,7	37,4	286,4
NM110R 005	2319,7	1674,0	2837,9	35,4	286,5
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2322,8</b>	<b>1698,0</b>	<b>2836,4</b>	<b>35,2</b>	<b>285,0</b>
Standardna devijacija (S/cN)	113,7	129,03	52,58	4,55	13,57

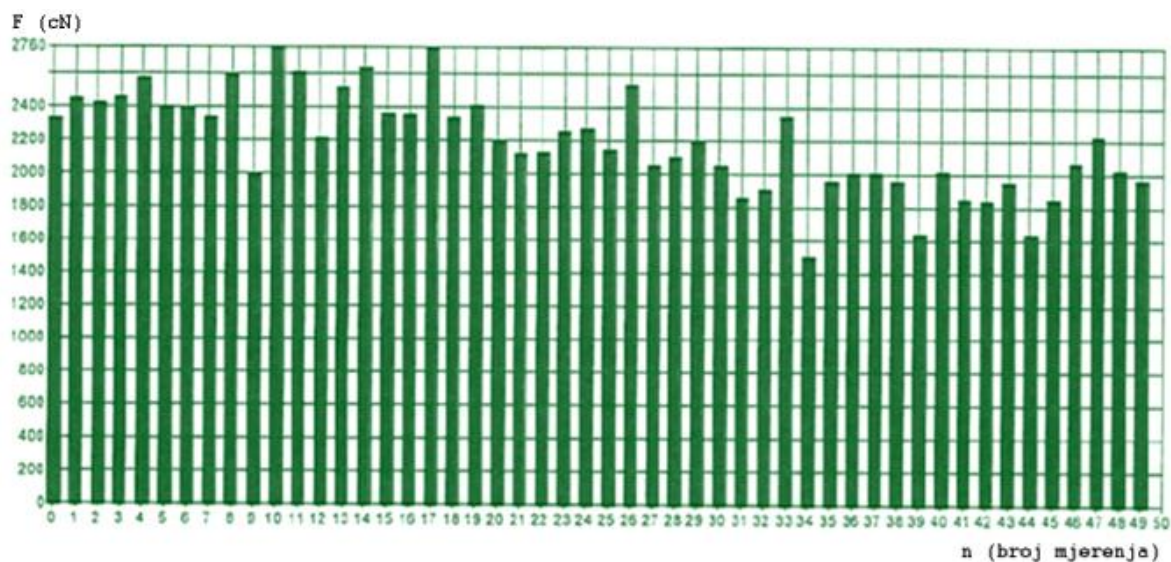


Sl.118 Probodne sile šivaće igle, PU 2 mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)



Sl. 119 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 2mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)

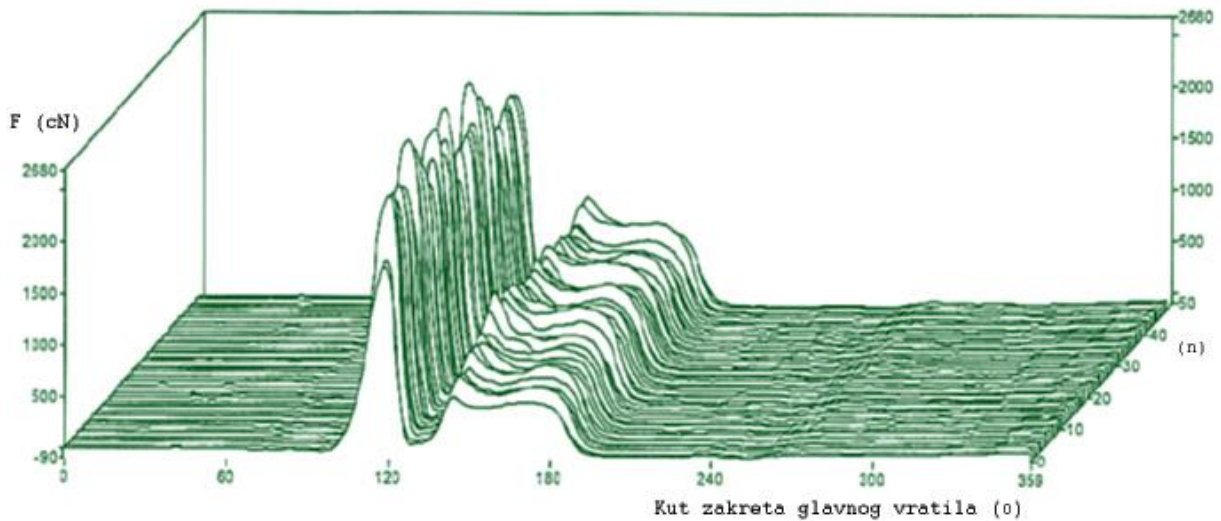




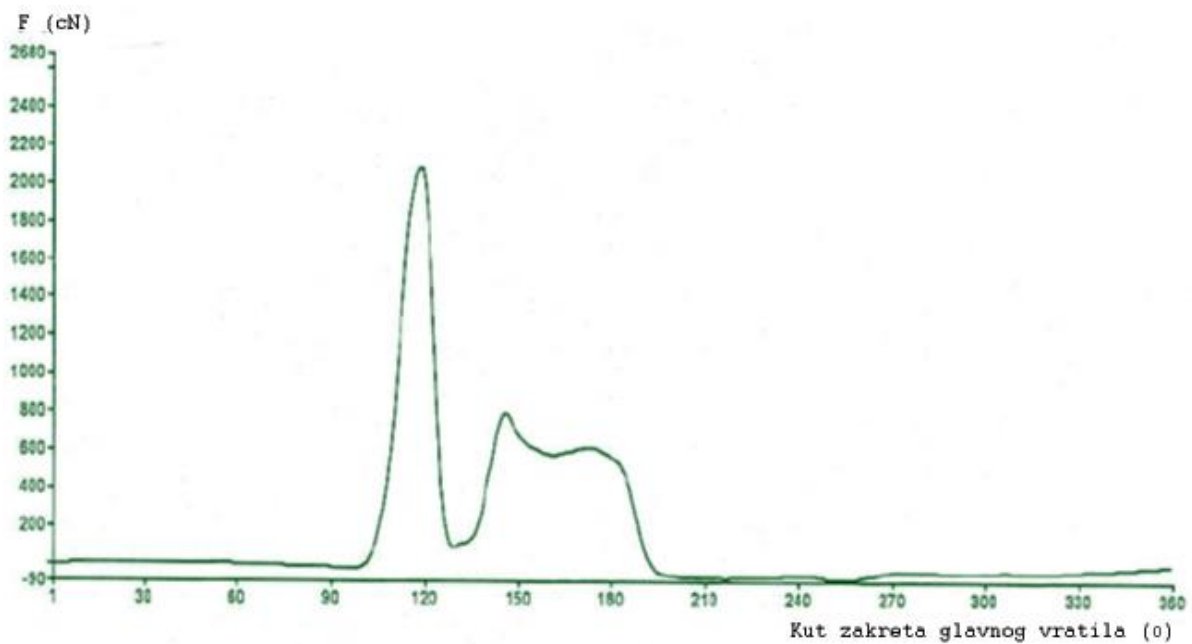
SI. 120 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 2mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)

Tab. 34 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

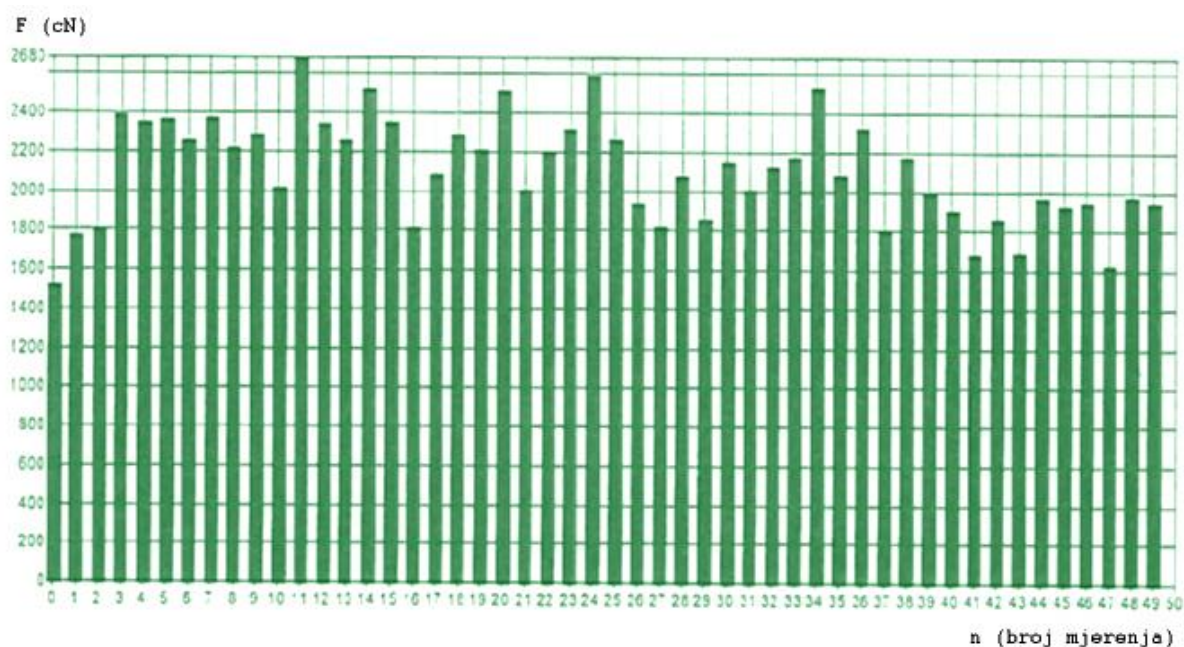
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2455,3	1919,1	2912,9	33,7	287,8
NM110R 002	2194,7	1752,7	2613,0	20,3	211,0
NM110R 003	2234,2	1701,5	2639,5	19,6	209,3
NM110R 004	2104,5	1513,9	2674,8	33,1	263,9
NM110R 005	2144,3	1560,7	2768,7	27,8	244,0
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2226,6</b>	<b>1689,6</b>	<b>2720,0</b>	<b>26,9</b>	<b>243,2</b>
Standardna devijacija (S/cN)	122,5	161,46	122,00	6,75	33,93



Sl. 121 Probodne sile šivaće igle, PU 2 mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beekert)



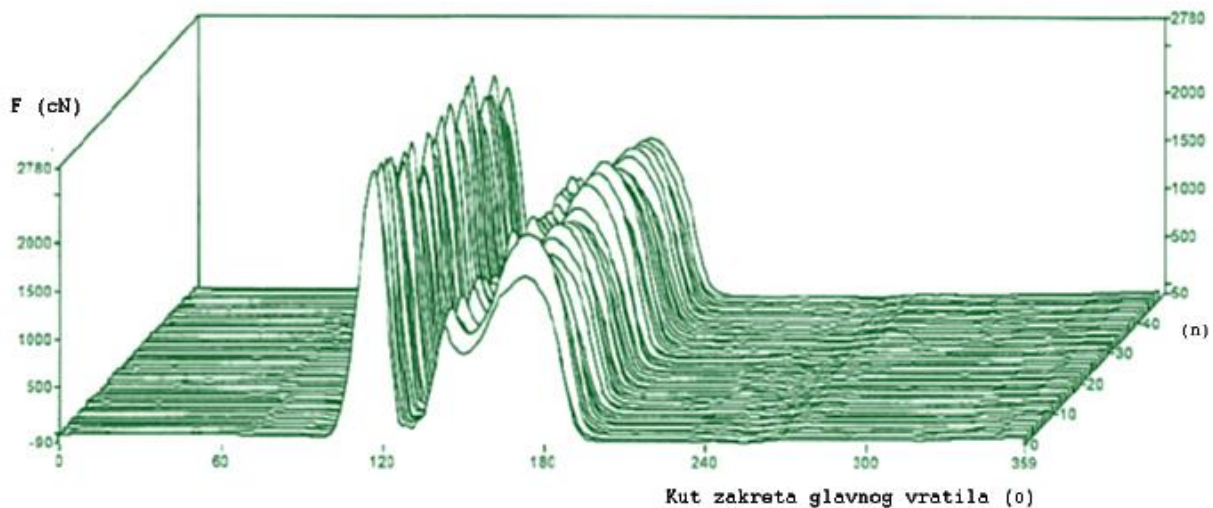
Sl. 122 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 2mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beckert)



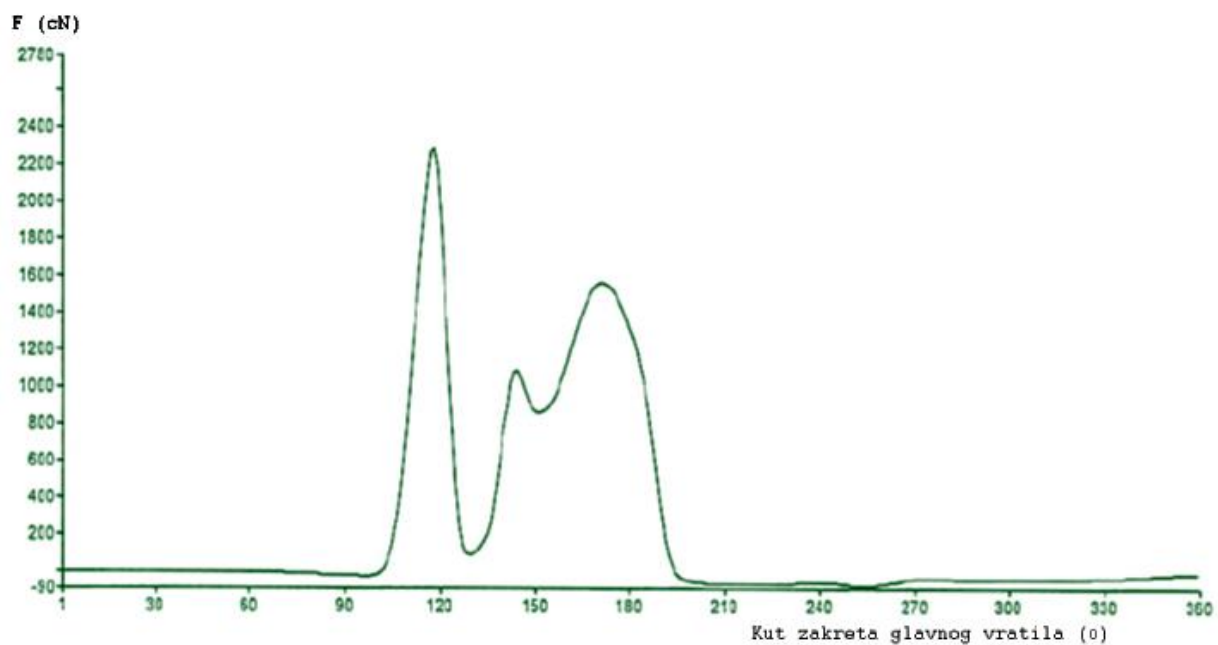
Sl. 123 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 2mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beekert)

Tab. 35 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

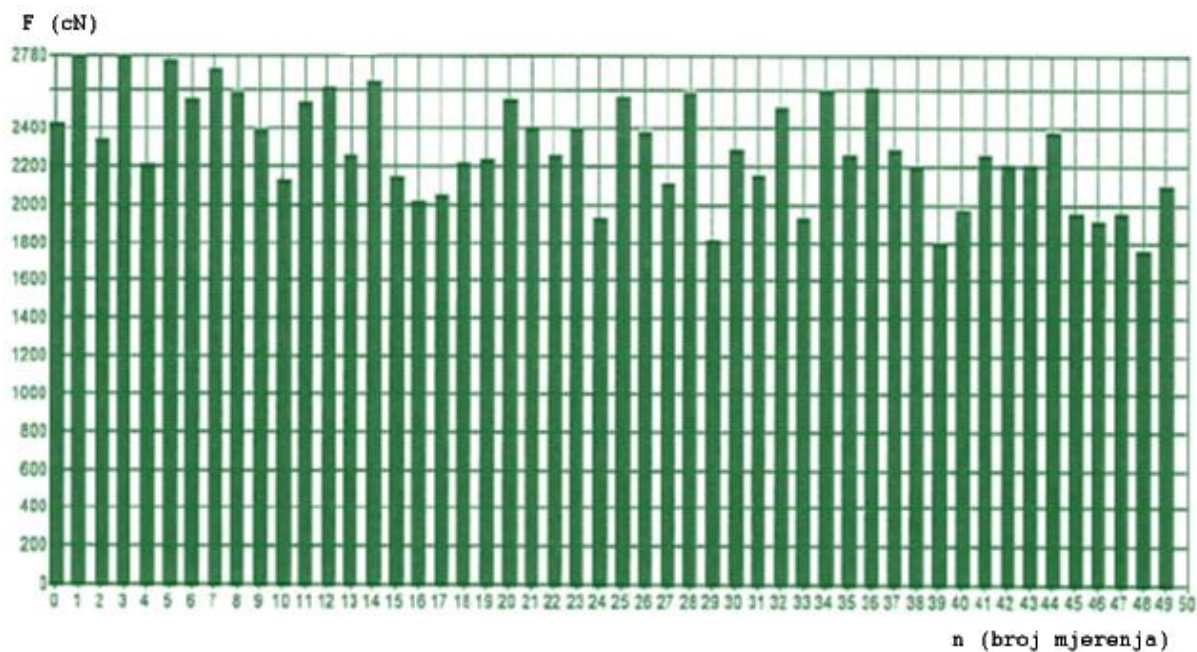
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2647,9	2212,5	2910,7	12,4	181,5
NM110R 002	2421,5	1848,9	2844,7	31,5	276,1
NM110R 003	2370,3	1771,0	2835,7	37,0	296,1
NM110R 004	2292,1	1757,9	2775,8	31,7	269,5
NM110R 005	2401,2	1907,6	2373,2	19,1	214,1
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2426,6</b>	<b>1899,6</b>		<b>26,3</b>	<b>247,4</b>
Standardna devijacija (S/cN)	119,1	185,17	214,92	10,19	47,79



Sl. 124 Probodne sile šivaće igle, PU 2 mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beekert)



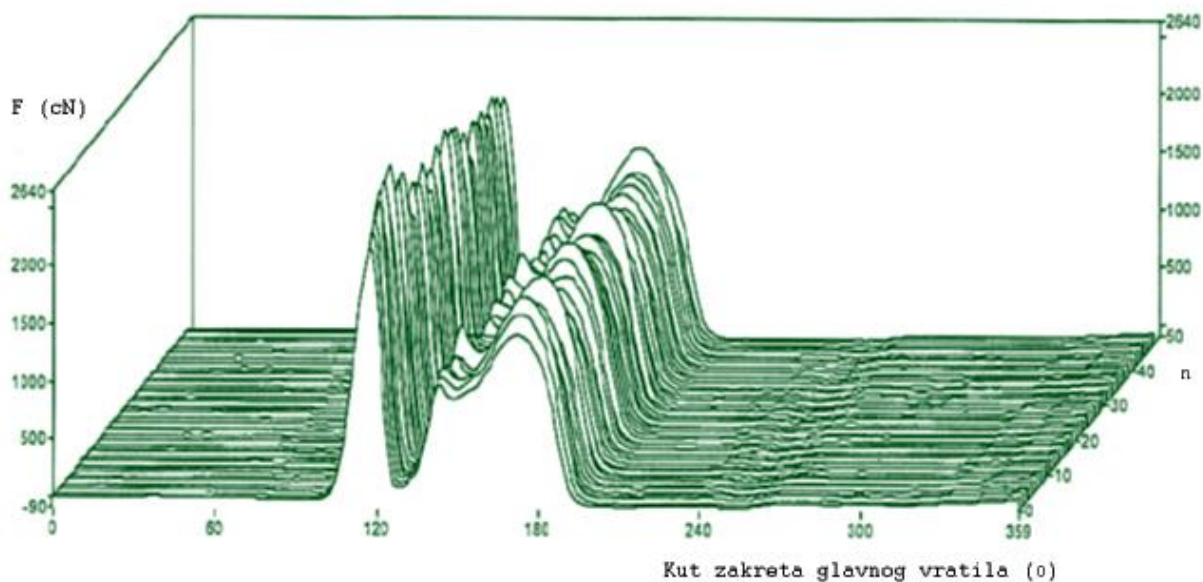
Sl. 125 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 2mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beekert)



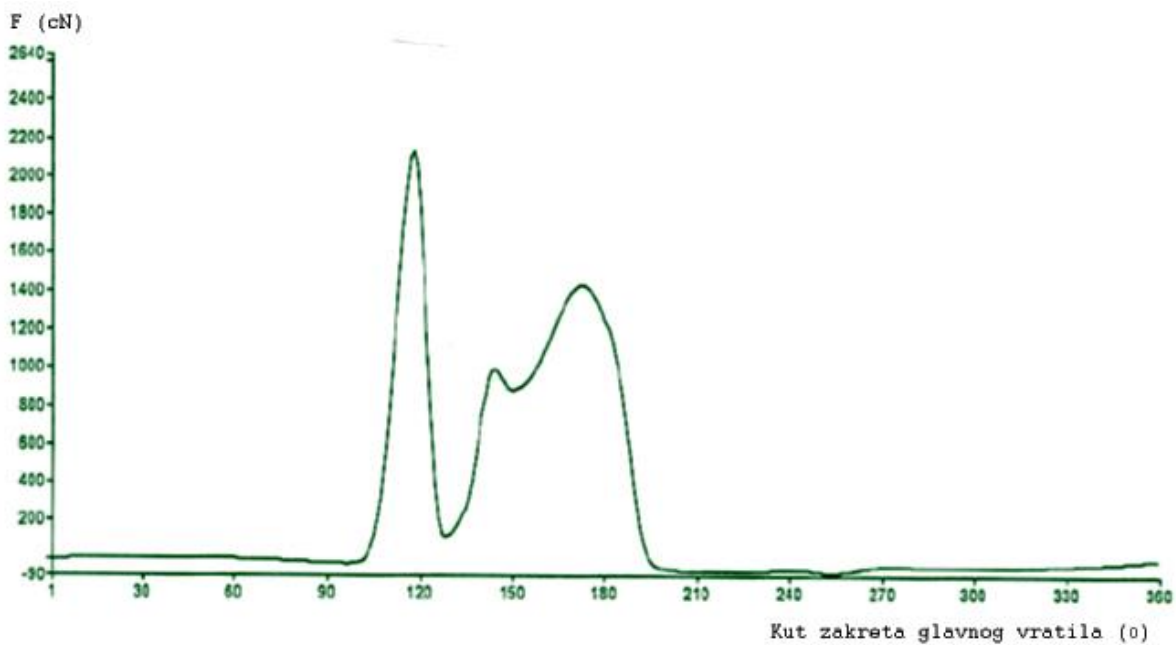
Sl. 126 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 2mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)

Tab. 36 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

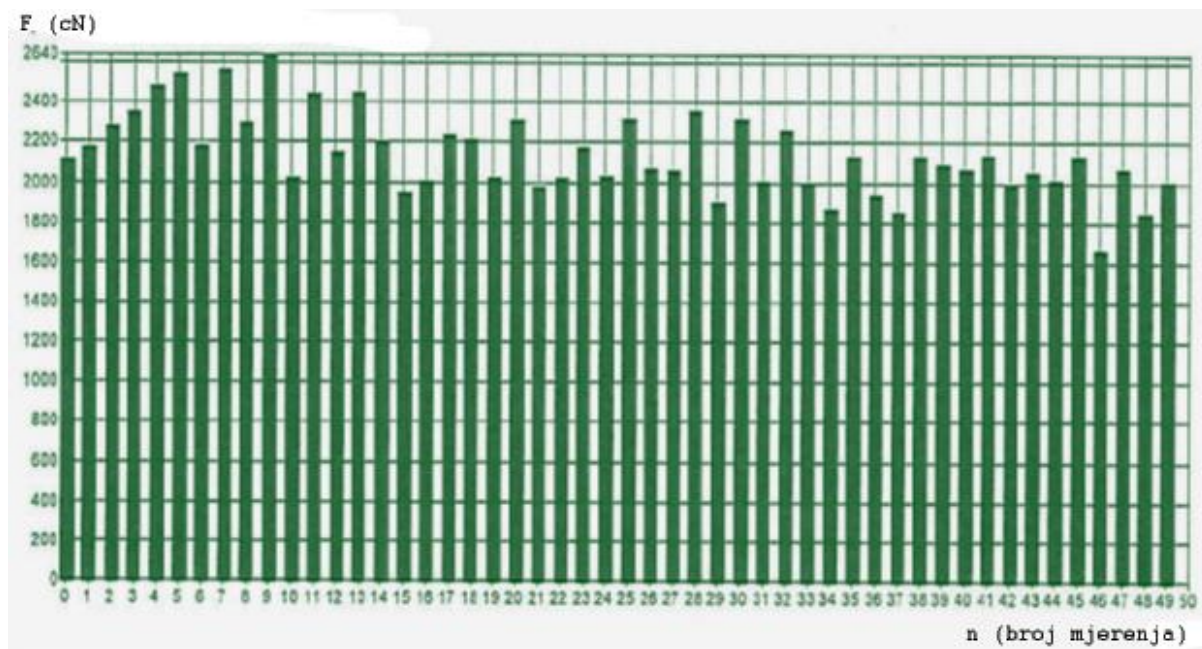
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2511,8	1599,0	2903,7	38,7	311,8
NM110R 002	2315,0	1910,5	2851,7	28,8	258,0
NM110R 003	2181,4	1599,3	2752,9	36,6	282,6
NM110R 004	2140,5	1657,2	2633,7	18,7	200,3
NM110R 005	2037,7	1545,1	2529,7	28,1	239,1
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2237,3</b>	<b>1662,2</b>	<b>2734,4</b>	<b>30,2</b>	<b>258,4</b>
Standardna devijacija (S/cN)	163,5	144,34	153,95	7,93	42,38



Sl. 127 Probodne sile šivaće igle, PU 2 mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)



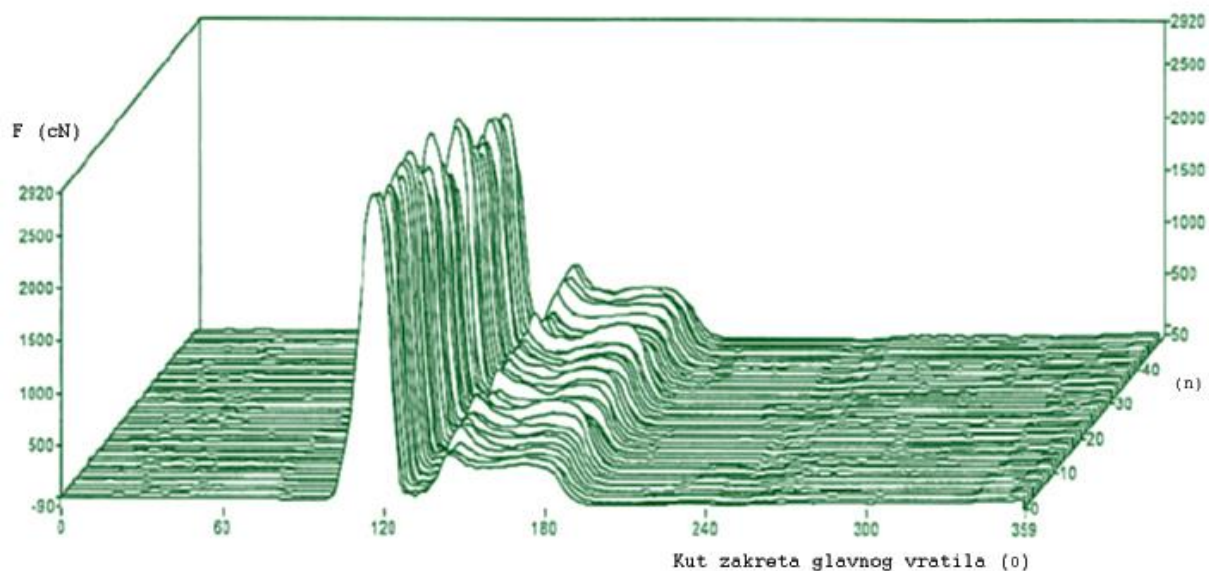
Sl. 128 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 2mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)



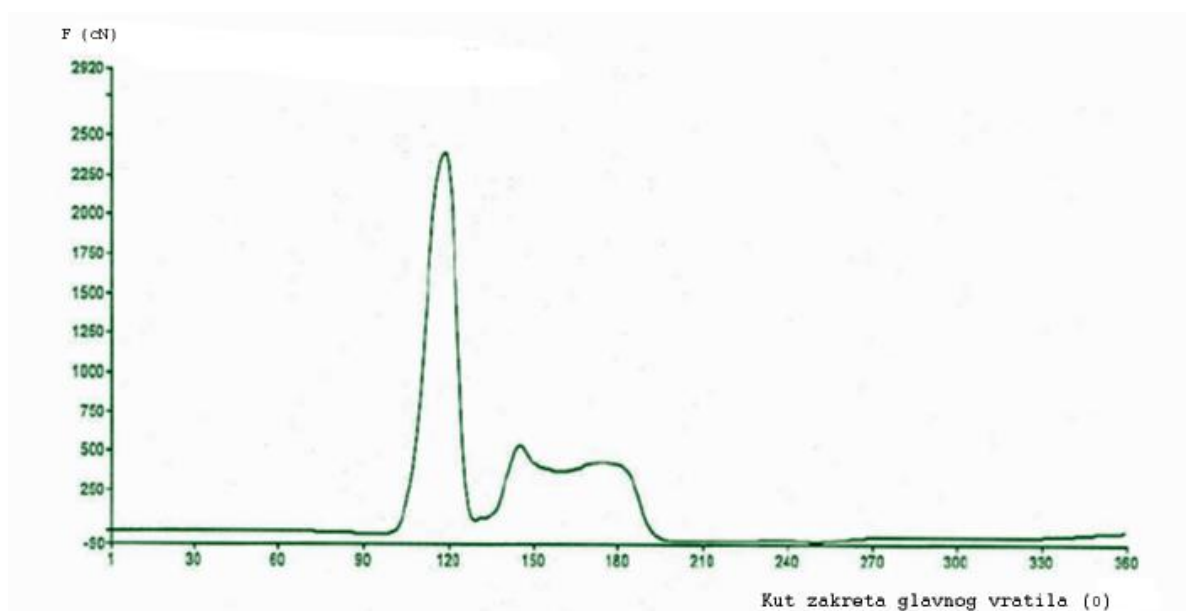
Sl. 129 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 2mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)

Tab. 37 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2412,9	1545,8	2917,4	53,8	360,3
NM110R 002	2186,9	1669,3	2749,2	24,5	231,3
NM110R 003	2057,7	1500,4	2715,6	32,9	260,1
NM110R 004	2048,4	1661,7	2557,4	26,7	233,9
NM110R 005	2110,3	1208,7	2728,7	46,2	312,1
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2163,2</b>	<b>1517,2</b>	<b>2733,7</b>	<b>36,8</b>	<b>279,5</b>
Standardna devijacija (S/cN)	134,2	187,27	127,89	12,71	55,61

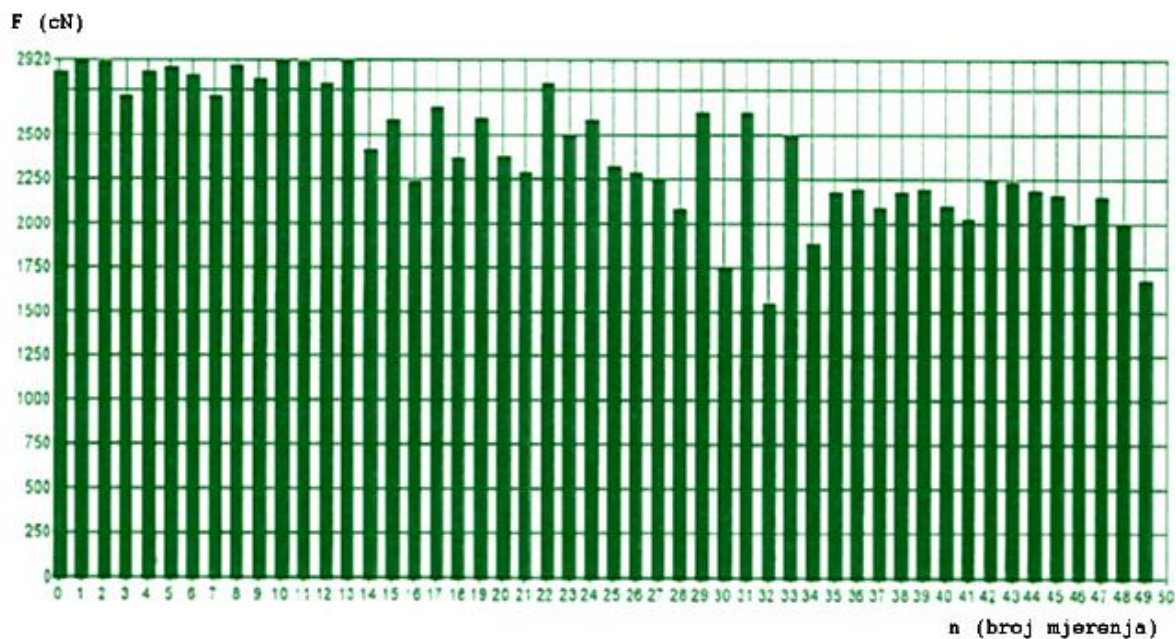


Sl. 130 Probodne sile šivaće igle, PU 2 mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beckert)



Sl. 131 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 2mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beckert)

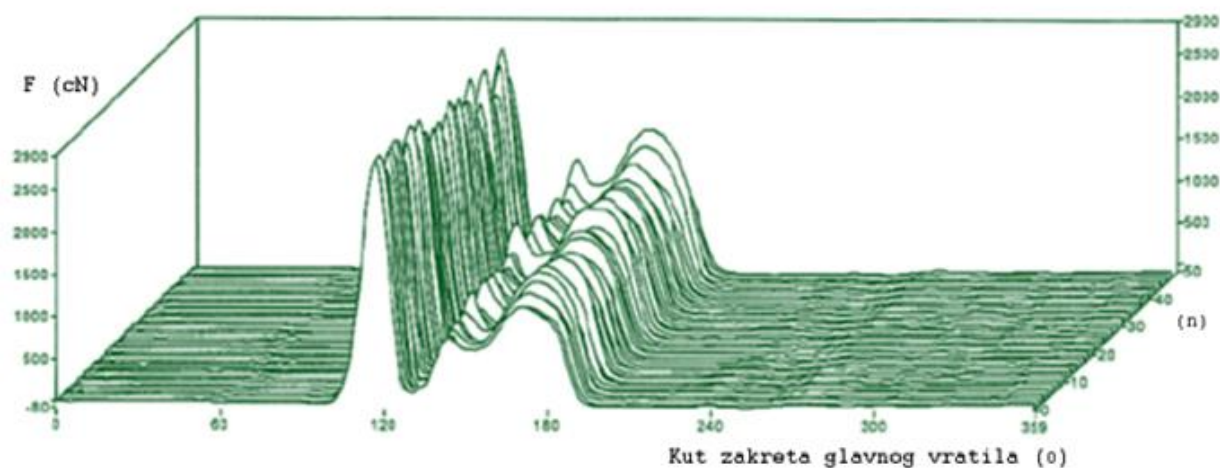




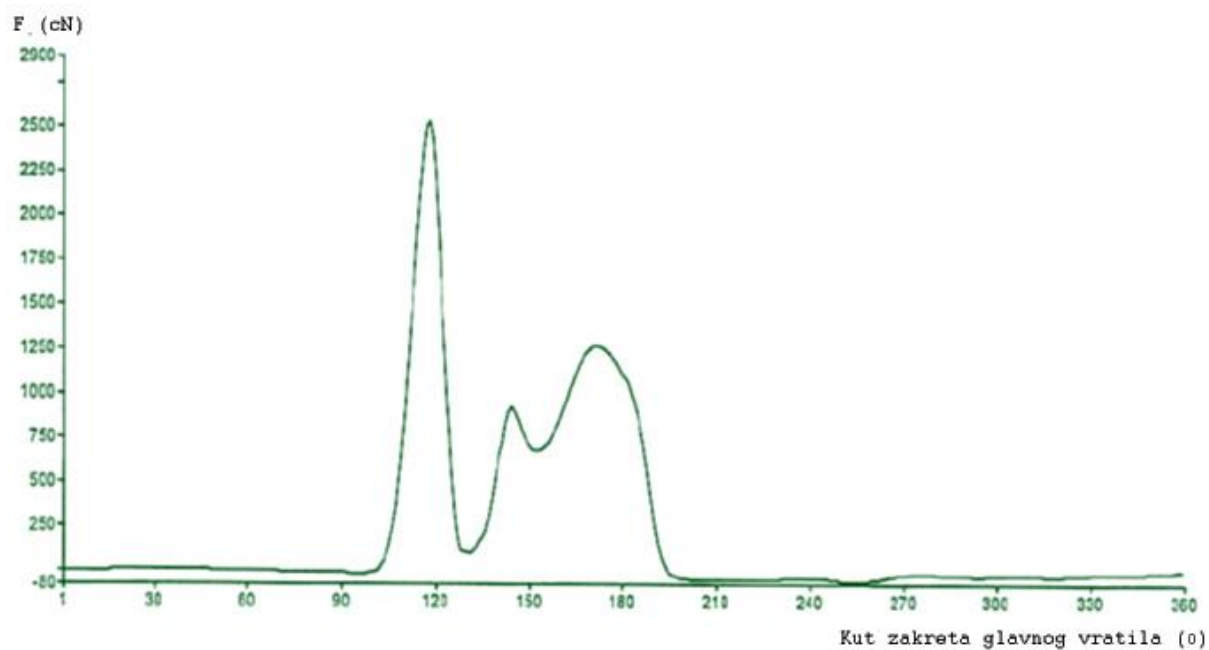
Sl. 132 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 2mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beckert)

Tab. 38 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

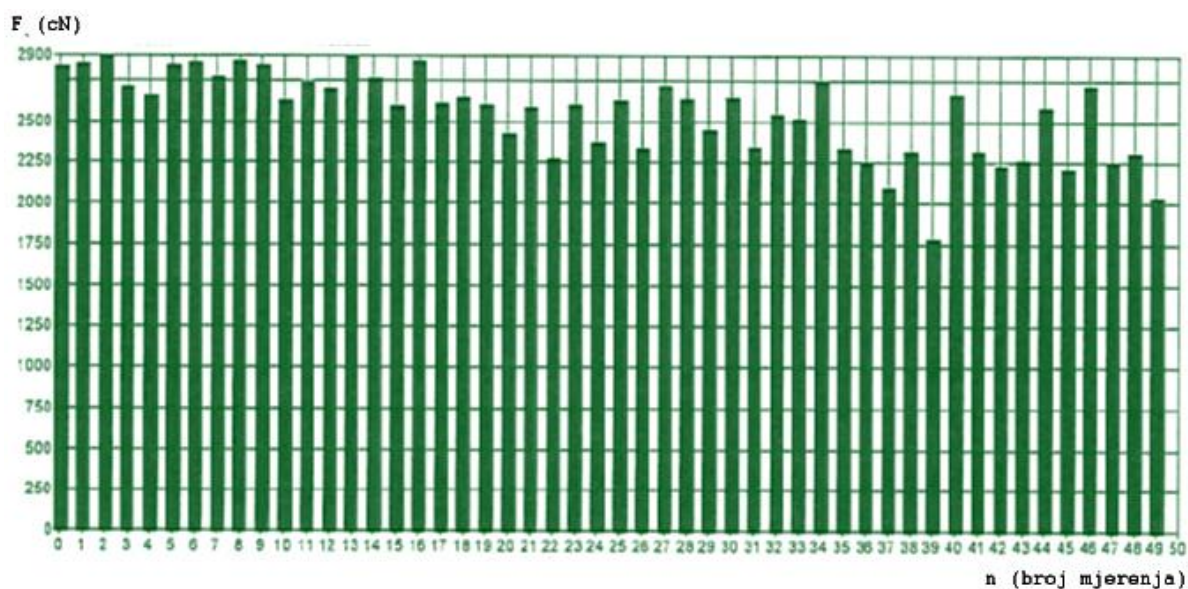
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2671,9	2077,0	2918,3	17,2	214,2
NM110R 002	2532,0	1899,1	2905,1	23,0	241,5
NM110R 003	2438,1	1887,6	2822,5	18,9	214,7
NM110R 004	2543,9	1784,9	2893,8	25,0	252,2
NM110R 005	2432,5	1659,0	2907,9	34,9	291,5
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2523,7</b>	<b>1861,5</b>	<b>2889,5</b>	<b>23,8</b>	<b>242,8</b>
Standardna devijacija (S/cN)	87,3	154,44	38,47	6,94	31,90



Sl. 133 Probodne sile šivaće igle, PU 2 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)



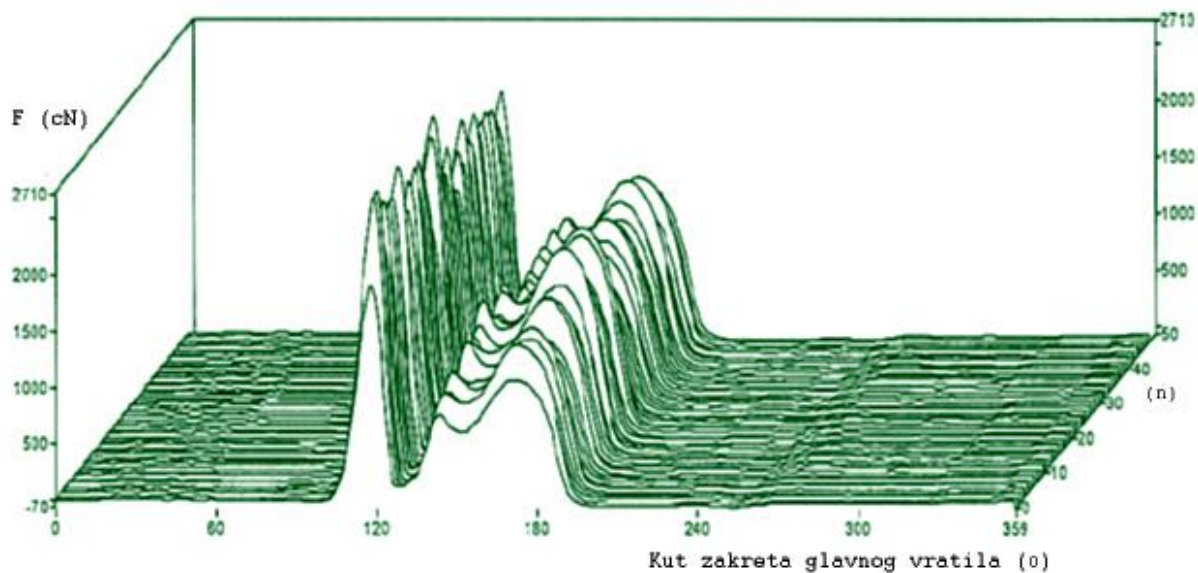
Sl. 134 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 2mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)



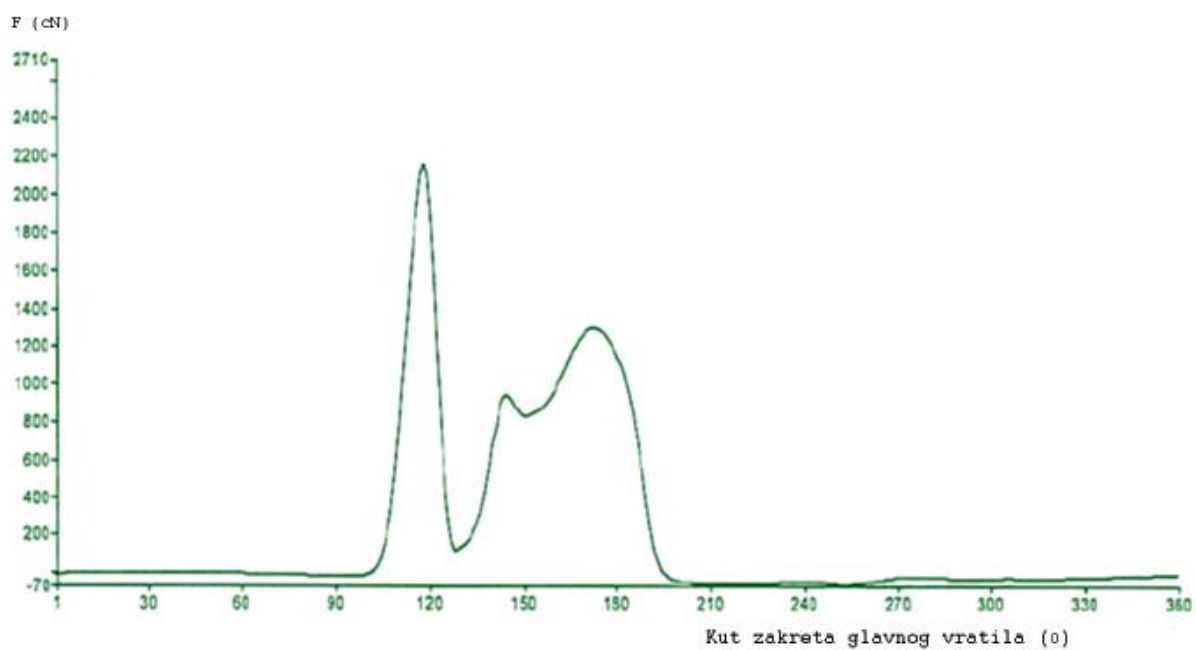
Sl. 135 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 2mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)

Tab. 39 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

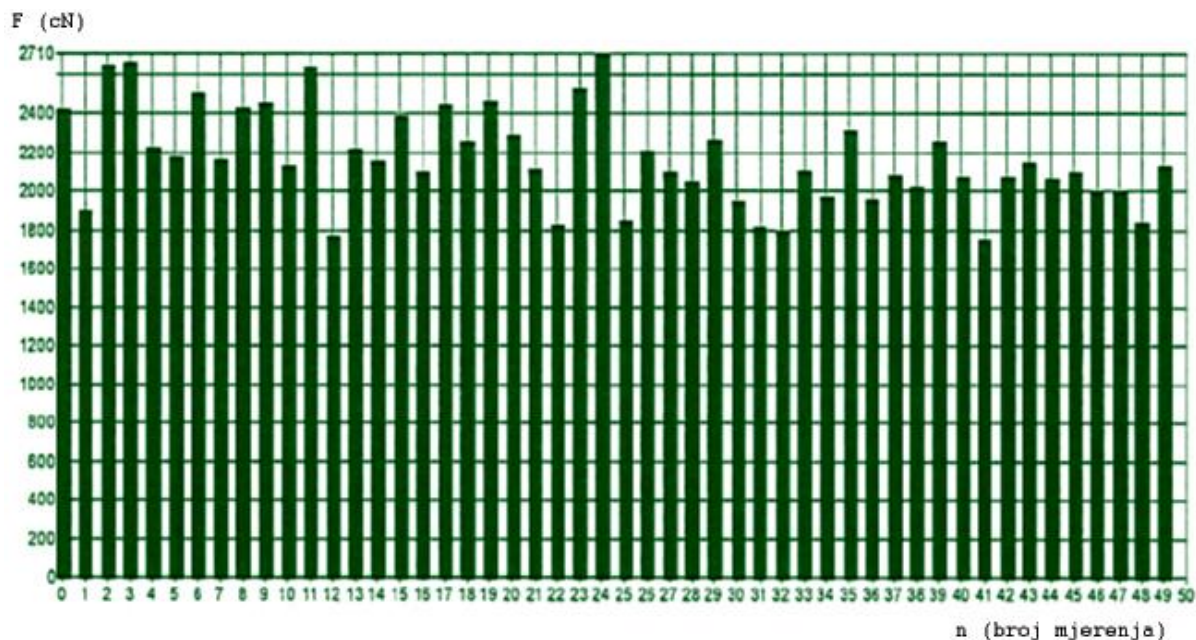
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2521,0	1786,1	2914,5	30,8	278,6
NM110R 002	2243,9	1608,2	2701,5	23,7	230,7
NM110R 003	2213,4	1418,8	2863,6	31,7	264,9
NM110R 004	2168,7	1750,7	2701,0	27,7	245,1
NM110R 005	2217,3	1793,2	2872,8	26,6	243,0
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2272,9</b>	<b>1671,4</b>	<b>2810,7</b>	<b>28,1</b>	<b>252,5</b>
Standardna devijacija (S/cN)	216,4	159,75	101,72	3,24	19,07



Sl. 136 Probodne sile šivaće igle, PU 2 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beekert)



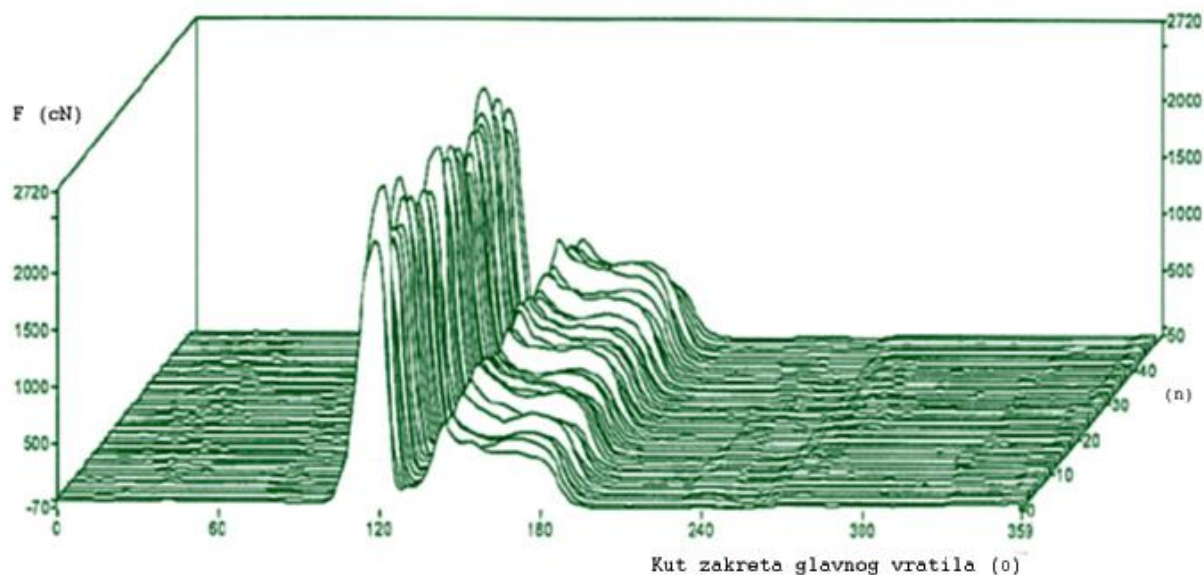
Sl. 137 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 2mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beekert)



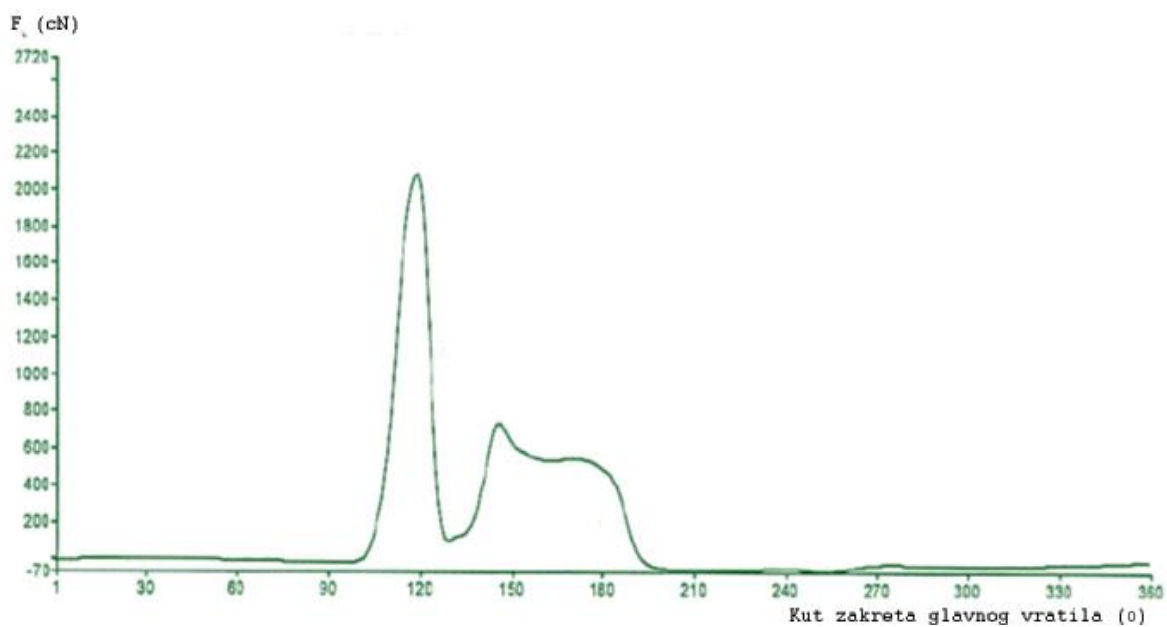
Sl. 138 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 2mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)

Tab. 40 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

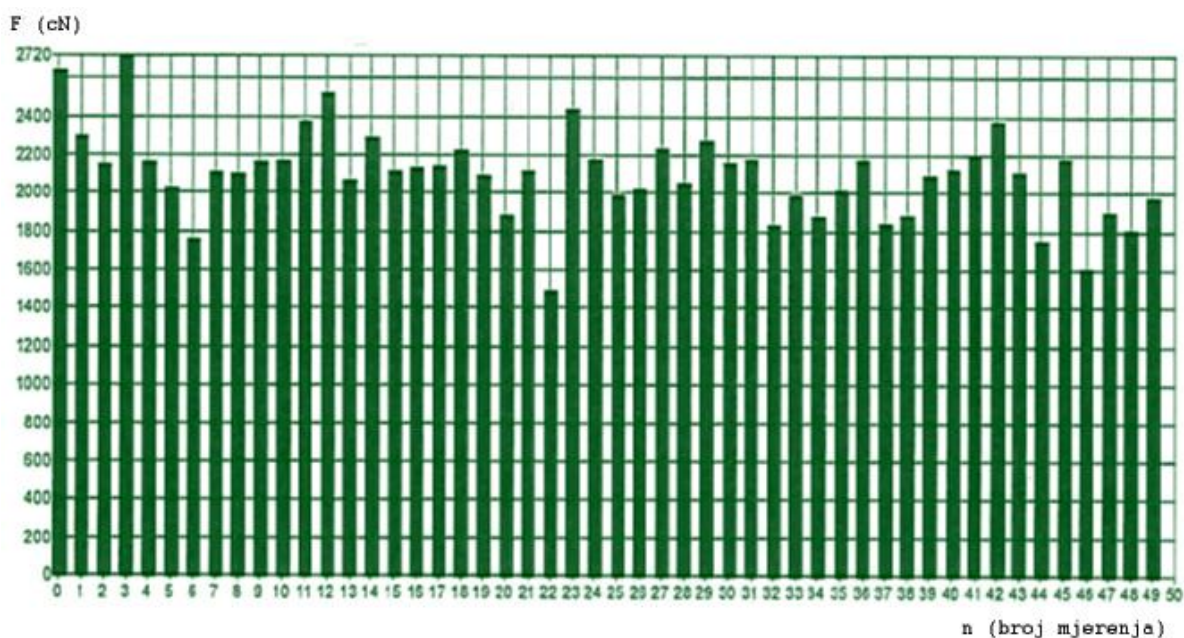
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2492,6	1979,3	2924,5	26,5	257,0
NM110R 002	2240,3	1731,1	2826,5	34,3	277,0
NM110R 003	2241,9	1440,8	2910,9	42,0	306,9
NM110R 004	2097,9	1486,9	2719,4	25,1	229,6
NM110R 005	2121,0	1644,6	2629,1	28,6	246,2
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2238,7</b>	<b>1656,6</b>	<b>2802,1</b>	<b>31,3</b>	<b>263,3</b>
Standardna devijacija (S/cN)	140,1	215,17	126,67	6,93	29,82



Sl. 139 Probodne sile šivaće igle, PU 2 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beekert)



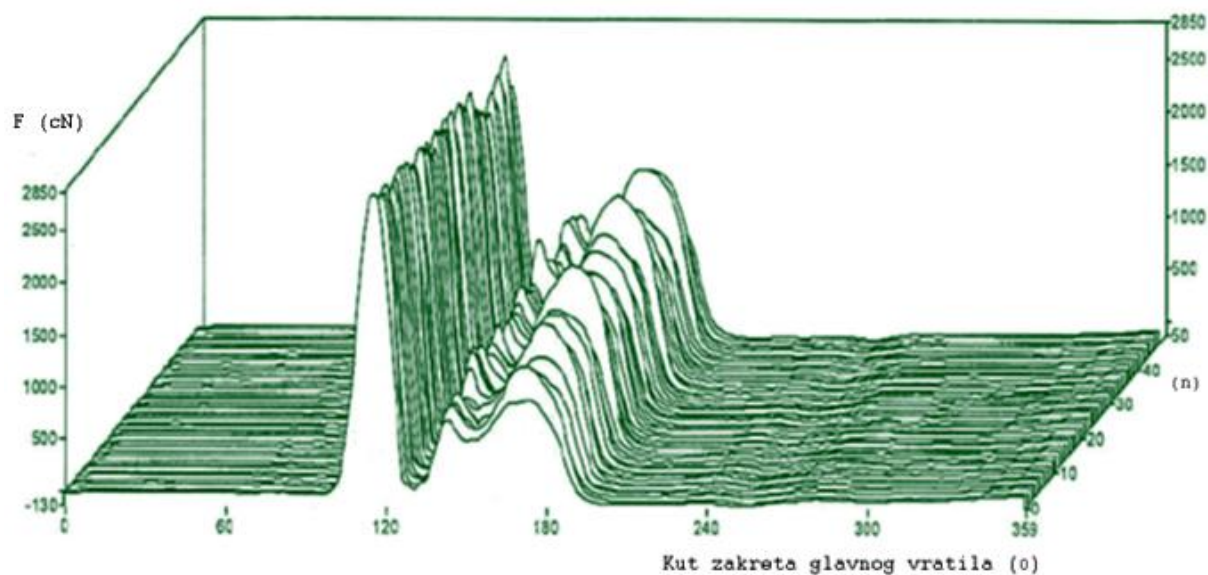
Sl. 140 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 2mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beekert)



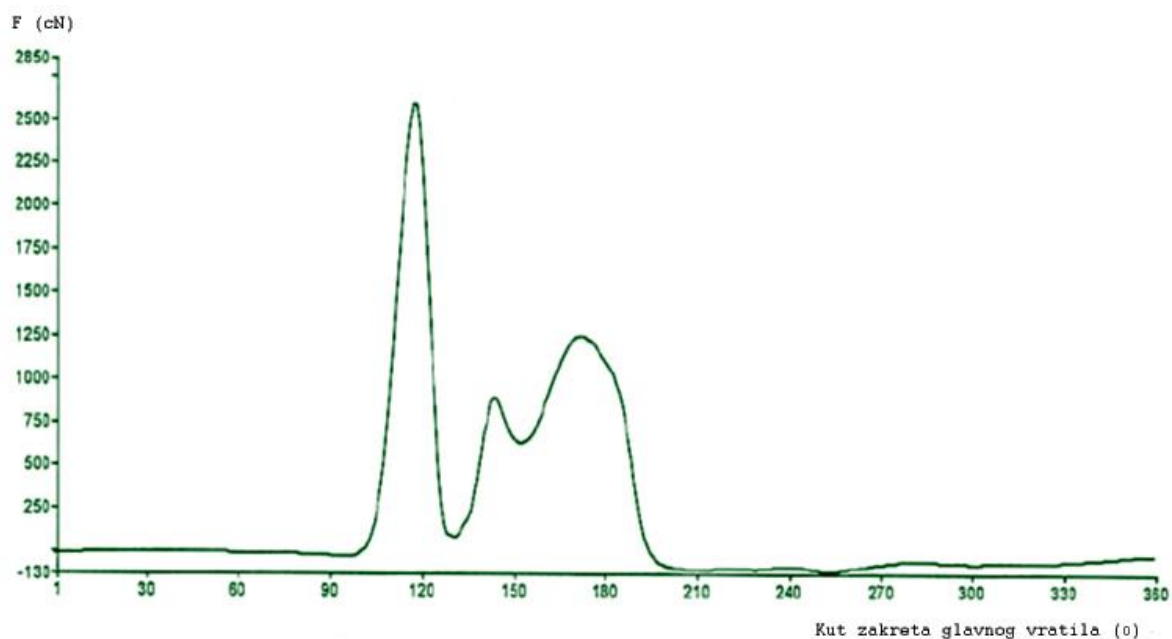
Sl. 141 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 2mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beckert)

Tab. 41 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2604,5	2116,2	2844,4	15,9	203,4
NM110R 002	2456,3	1703,5	2822,7	21,4	229,4
NM110R 003	2379,8	1931,0	2730,7	15,7	193,5
NM110R 004	2358,0	1857,3	2781,0	24,7	241,5
NM110R 005	2345,3	1706,9	2803,5	31,4	271,6
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2428,8</b>	<b>1863,0</b>	<b>2796,5</b>	<b>21,8</b>	<b>227,9</b>
Standardna devijacija (S/cN)	95,9	172,17	43,59	6,57	31,15

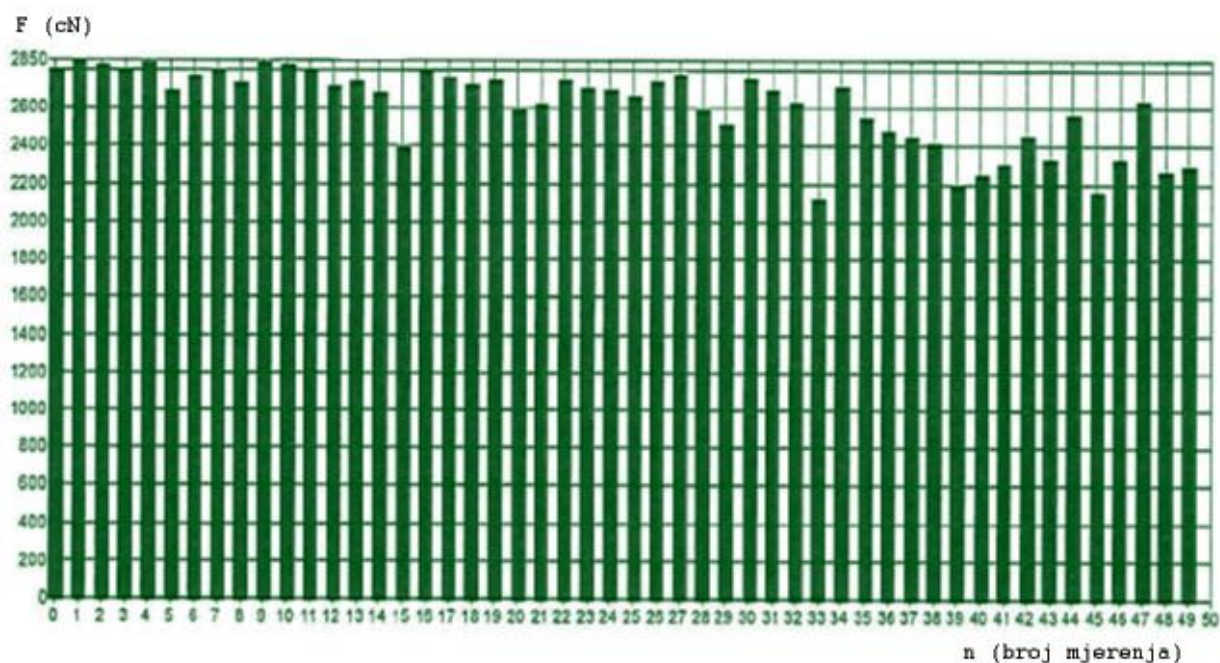


Sl. 142 Probodne sile šivaće igle, PU 4 mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)



Sl. 143 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 4 mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)

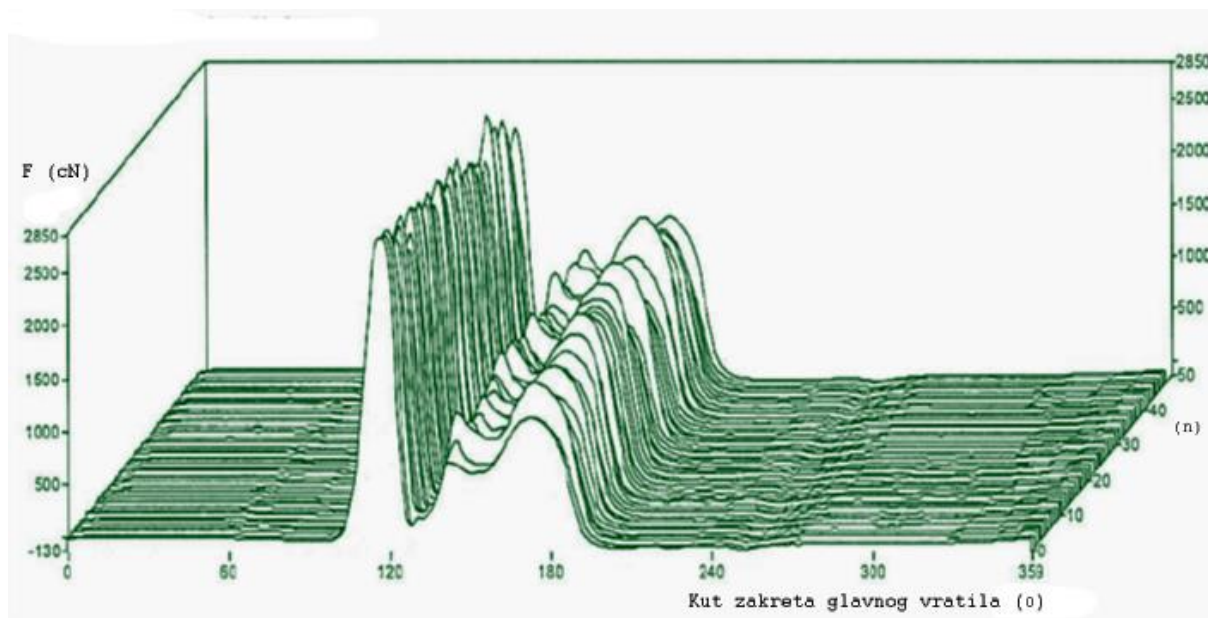




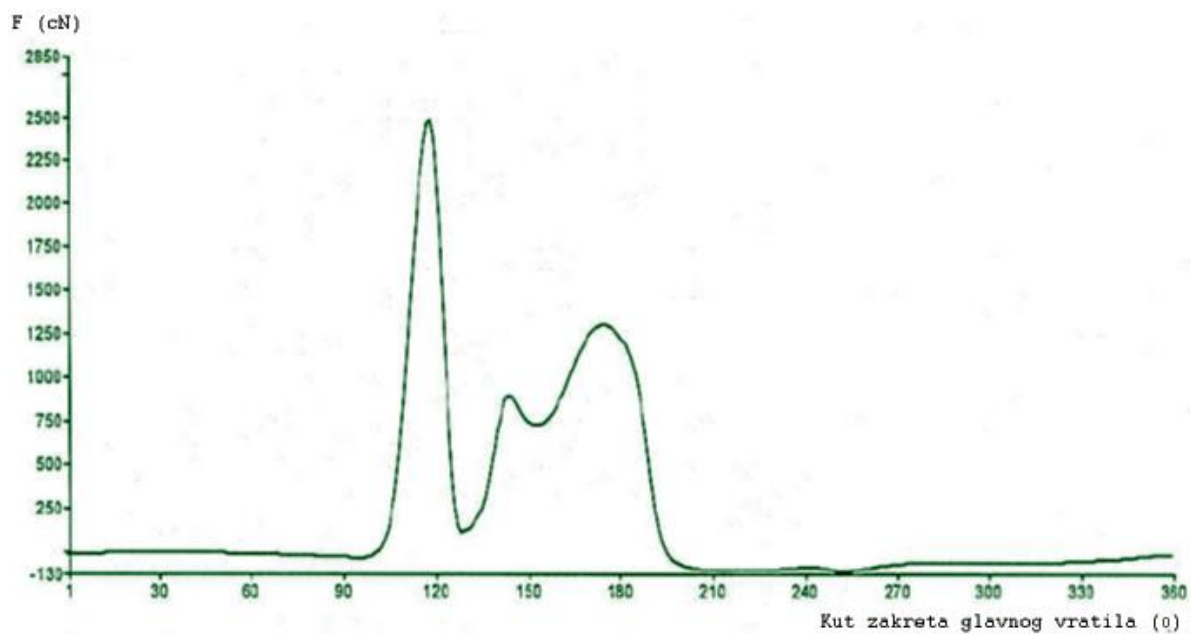
Sl. 144 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 4 mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)

Tab. 42 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

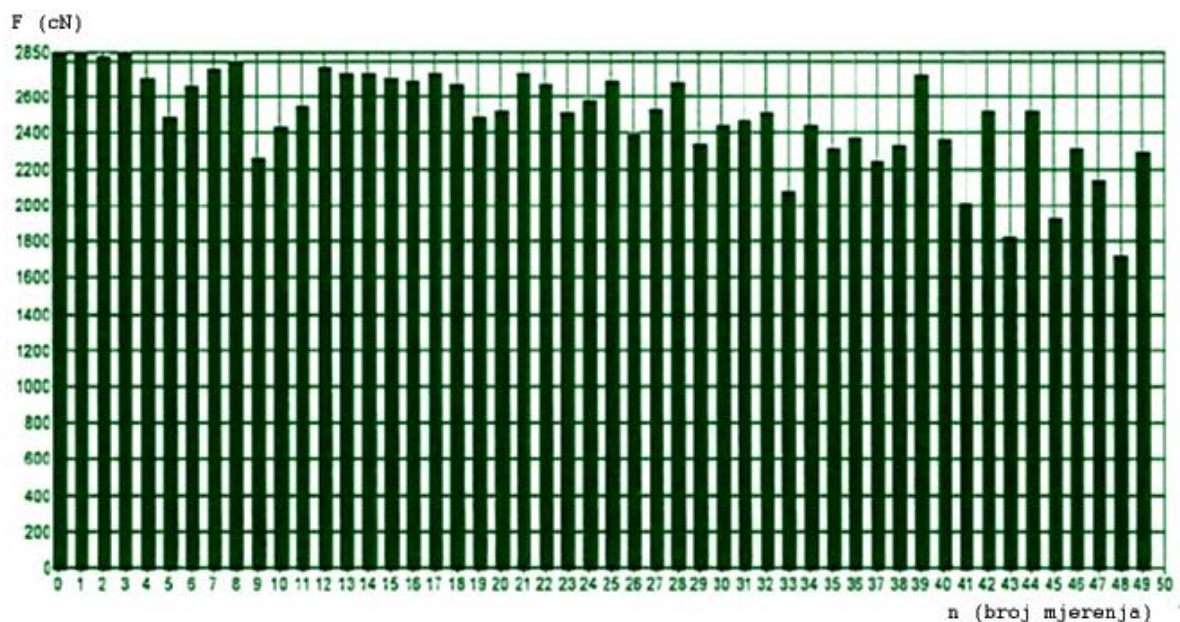
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2491,0	1716,9	2840,6	28,3	265,7
NM110R 002	2255,8	1795,6	2803,9	18,6	204,7
NM110R 003	2169,6	1750,2	2723,0	21,4	215,7
NM110R 004	2218,3	1724,8	2704,6	23,6	228,8
NM110R 005	2203,5	1672,8	2776,3	27,8	247,3
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2267,7</b>	<b>1732,1</b>	<b>2769,7</b>	<b>23,9</b>	<b>232,4</b>
Standardna devijacija (S/cN)	115,1	45,17	56,26	4,15	24,44



Sl. 145 Probodne sile šivaće igle, PU 4 mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)



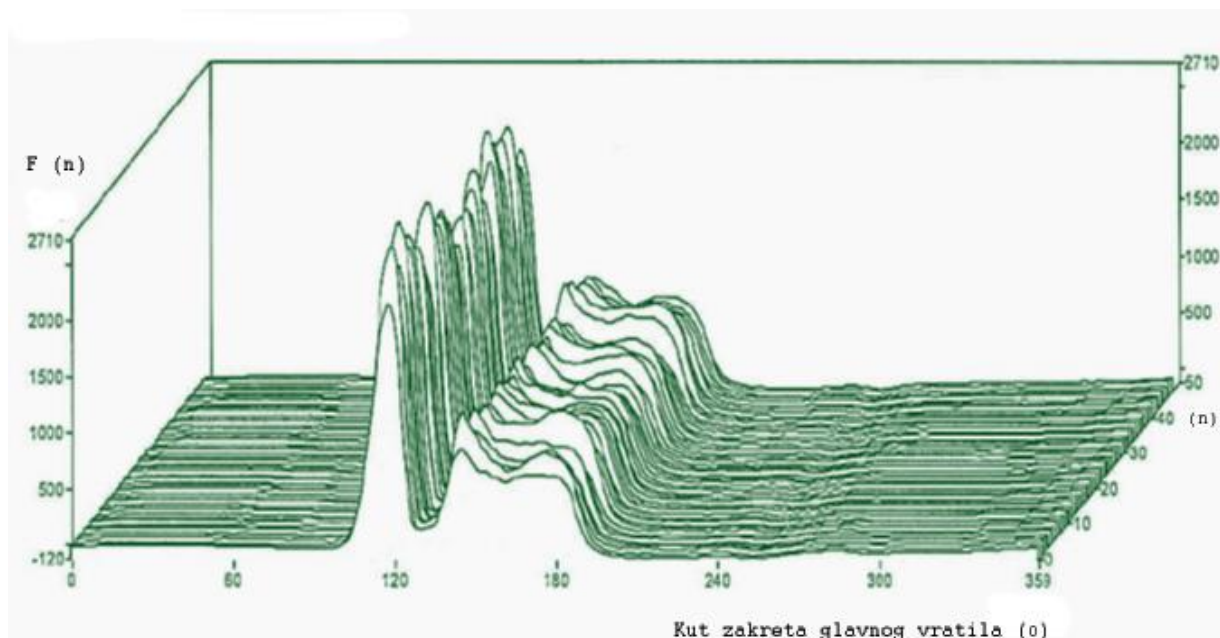
Sl. 146 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 4 mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)



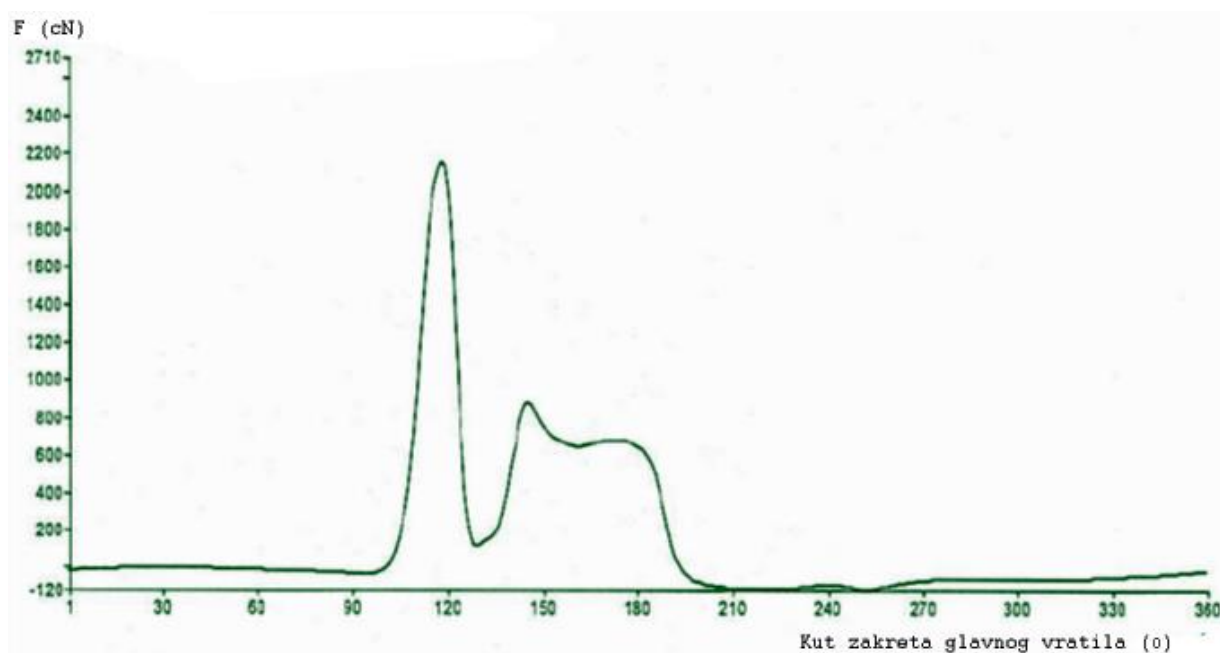
Sl. 148 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 4 mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)

Tab. 43 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

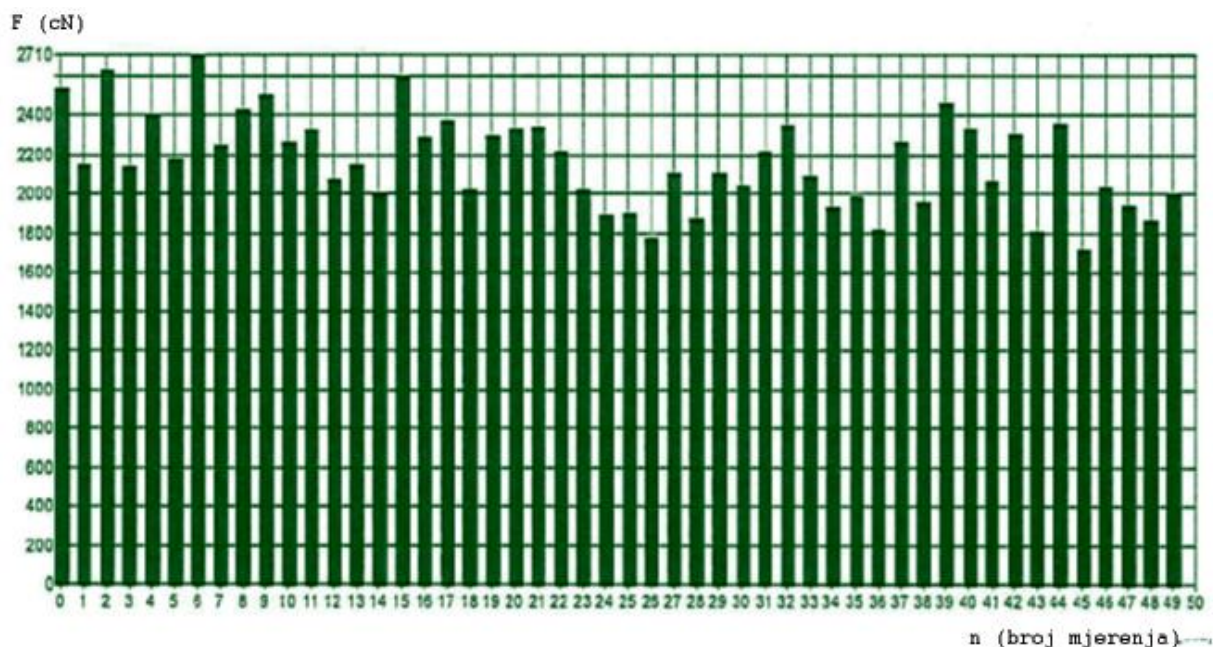
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2427,3	1916,6	2843,4	25,9	250,8
NM110R 002	2114,3	1608,6	2553,2	18,0	195,2
NM110R 003	2167,0	1714,7	2705,3	25,3	234,3
NM110R 004	2148,3	1719,4	2691,7	23,9	226,6
NM110R 005	2111,8	1639,2	2803,7	26,5	236,5
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2193,7</b>	<b>1719,7</b>	<b>2719,4</b>	<b>23,9</b>	<b>228,6</b>
Standardna devijacija (S/cN)	118,6	120,02	112,99	3,45	20,66



Sl. 148 Probodne sile šivaće igle, PU 4 mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beckett)



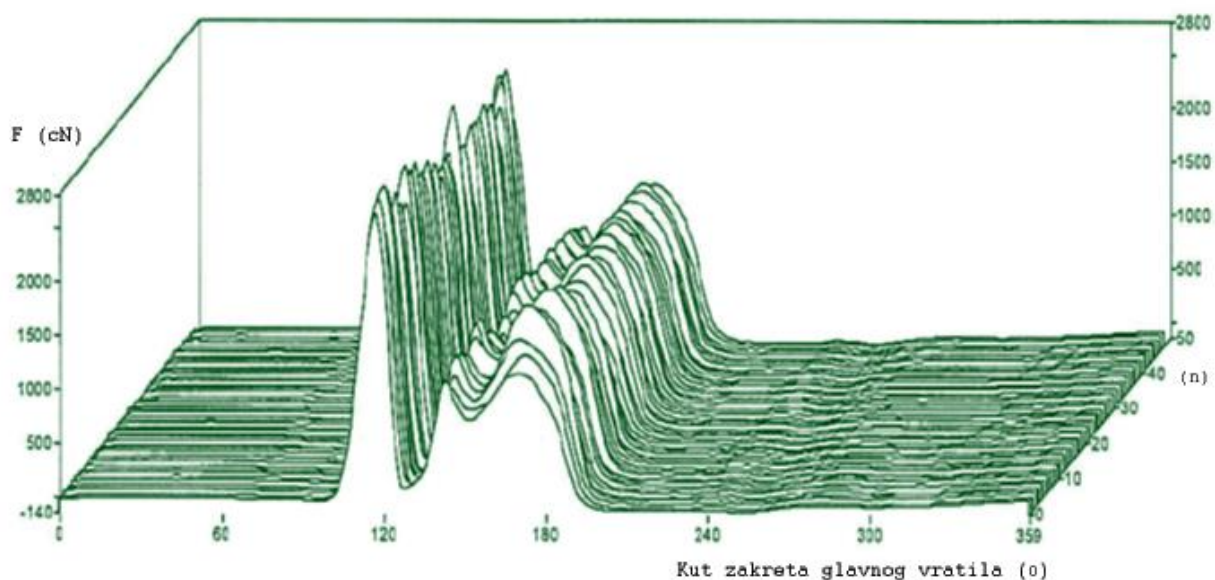
Sl. 149 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 4 mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beckett)



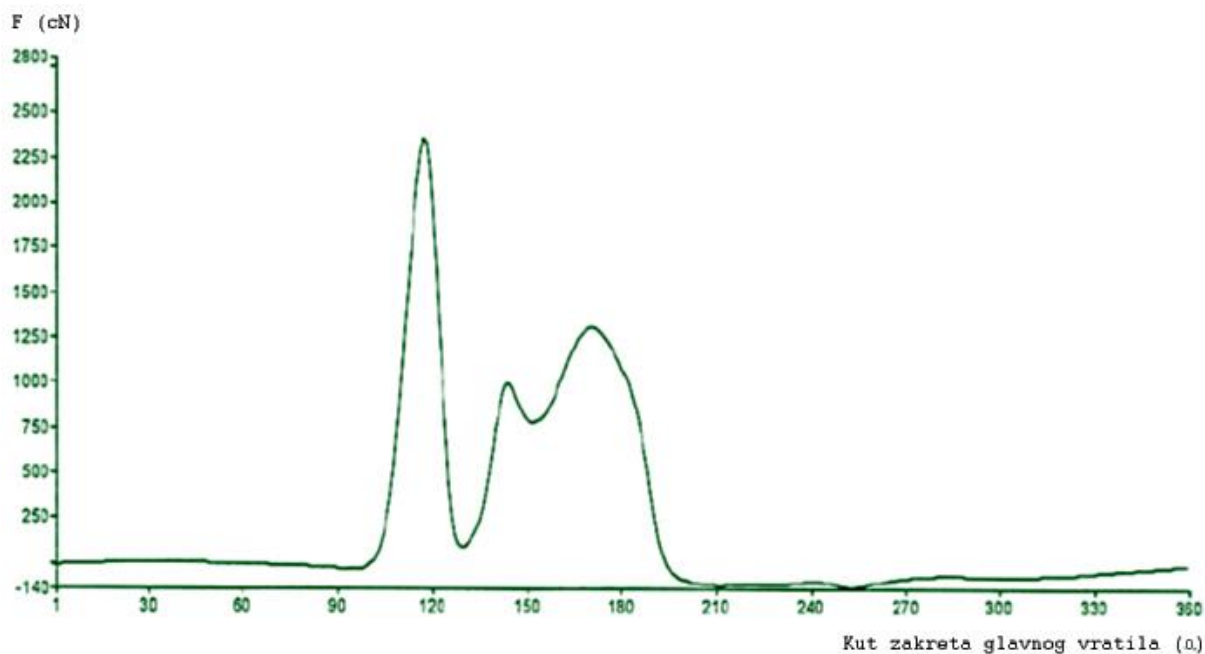
Sl. 150 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 4 mm, brzine 30 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beckert)

Tab. 44 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

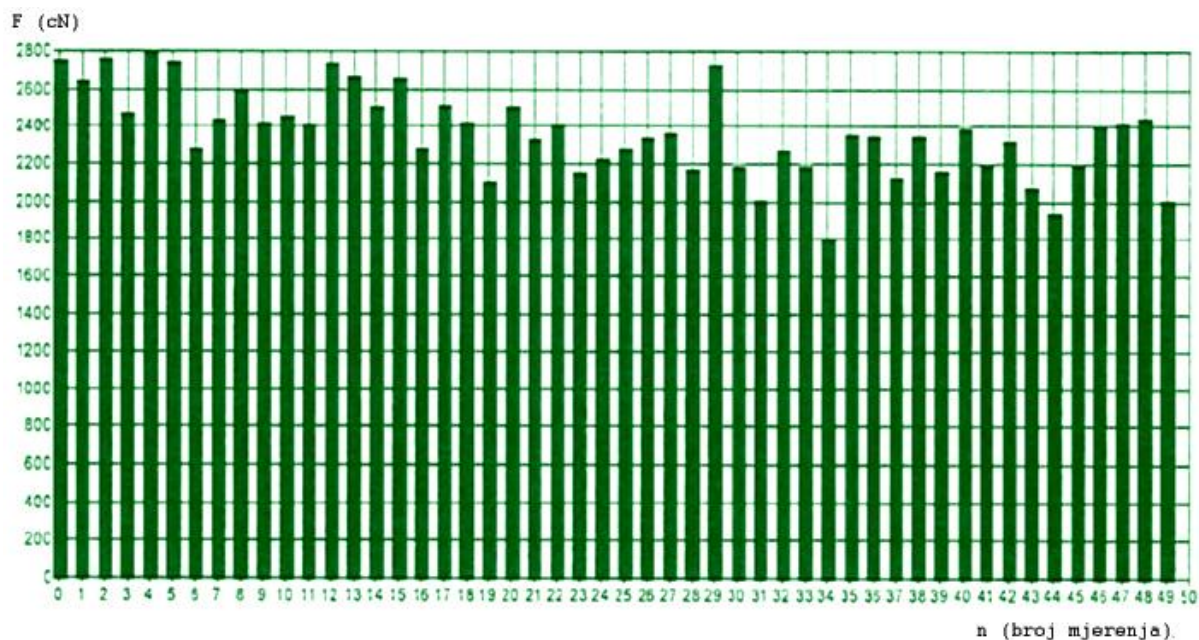
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2555,9	2127,1	2826,5	16,1	202,6
NM110R 002	2364,5	1802,2	2796,4	21,9	227,4
NM110R 003	2325,8	1837,3	2691,5	19,9	215,2
NM110R 004	2382,3	1954,2	2764,2	16,3	197,2
NM110R 005	2384,0	1766,1	2791,2	24,7	242,6
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2402,5</b>	<b>1897,4</b>	<b>2774,0</b>	<b>19,8</b>	<b>217,0</b>
Standardna devijacija (S/cN)	79,5	146,55	51,13	3,69	18,48



Sl. 151 Probodne sile šivaće igle, PU 4 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)



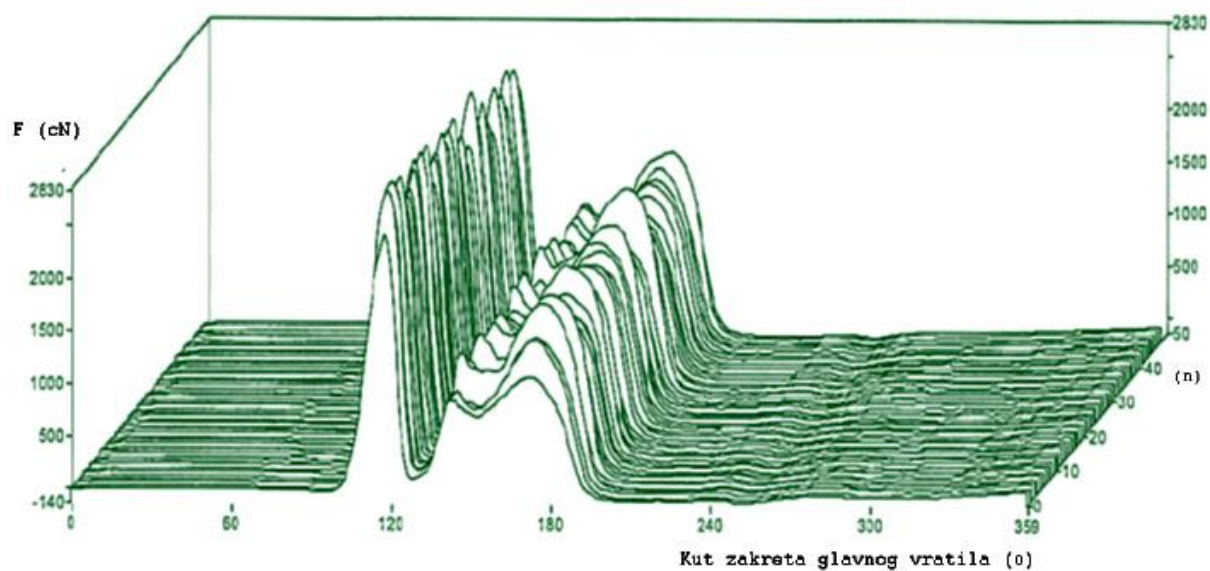
Sl. 152 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 4 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)



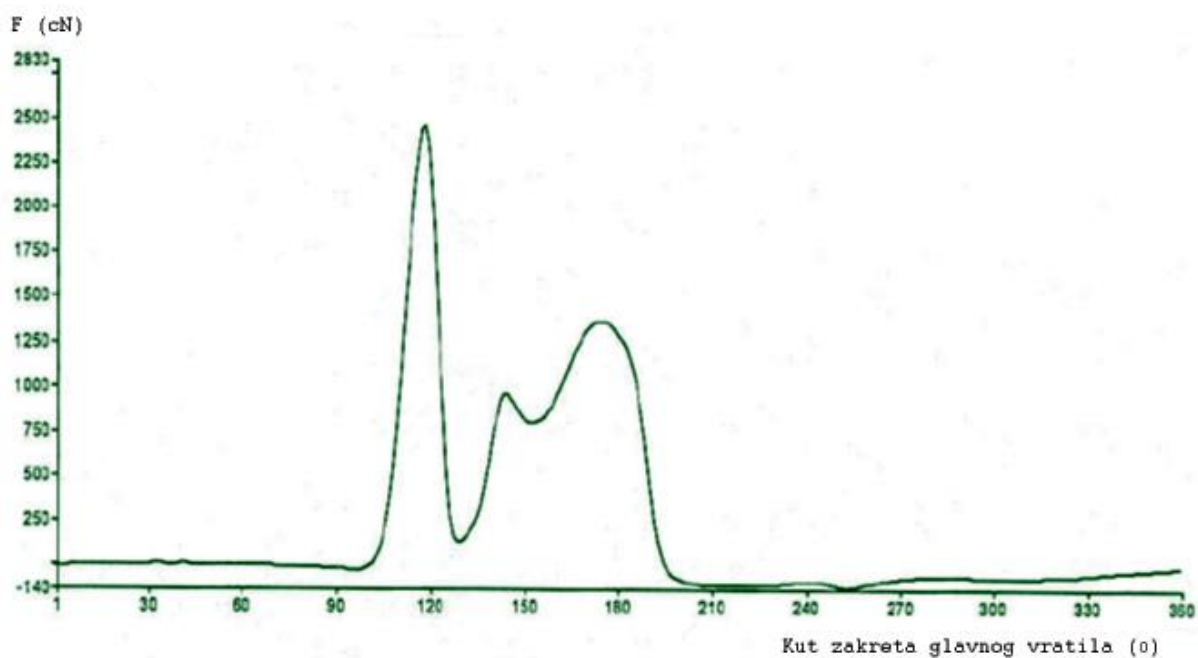
Sl. 153 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 4 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)

Tab. 45 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2472,4	1887,9	2821,9	21,5	230,5
NM110R 002	2235,5	1644,5	2730,2	33,7	274,6
NM110R 003	2229,2	1831,3	2660,1	16,5	192,0
NM110R 004	2191,6	1782,3	2694,1	17,1	193,6
NM110R 005	2202,7	1778,9	2634,8	20,4	211,8
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2266,3</b>	<b>1785,0</b>	<b>2708,2</b>	<b>21,8</b>	<b>220,5</b>
Standardna devijacija (S/cN)	104,3	90,16	72,99	6,96	34,05

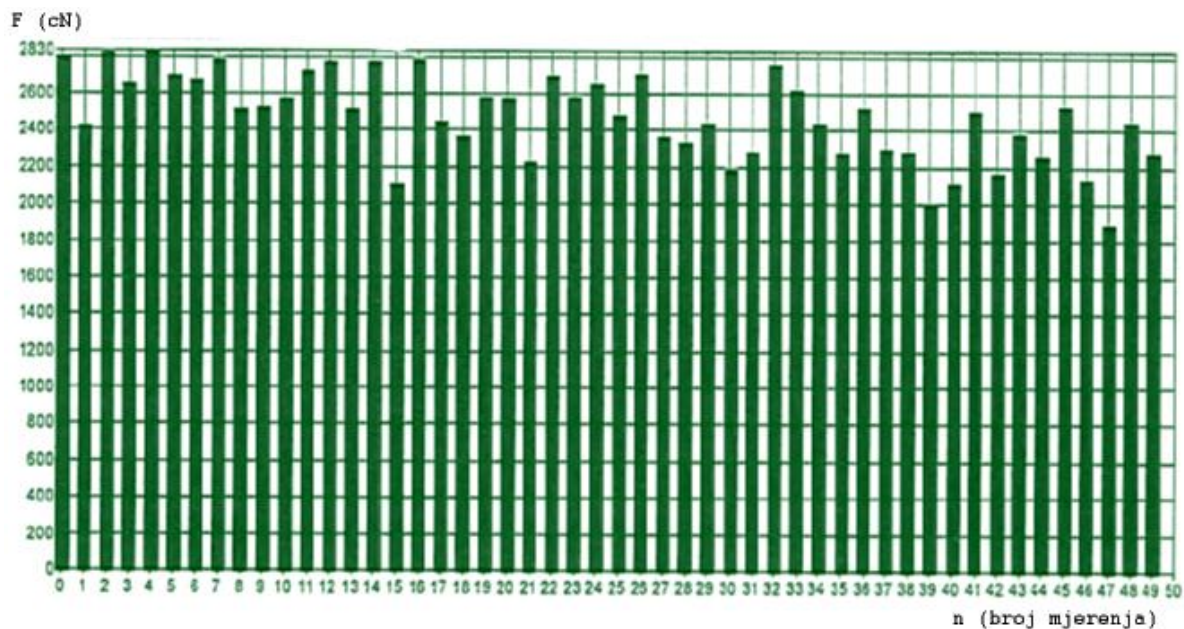


Sl. 154 Probodne sile šivaće igle, PU 4 mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)



Sl. 155 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 4 mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)

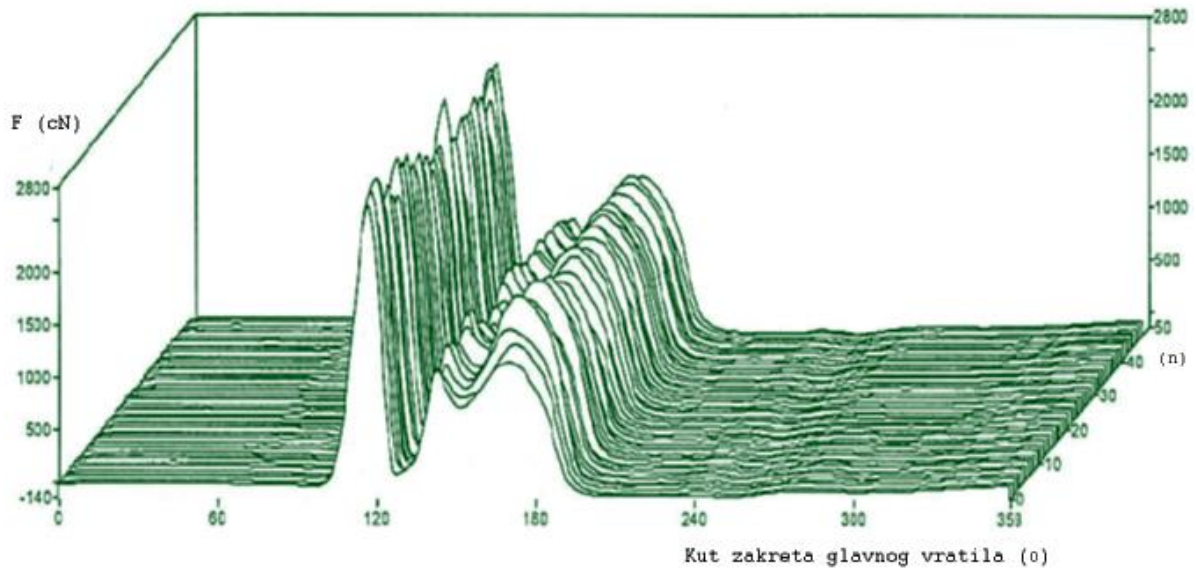




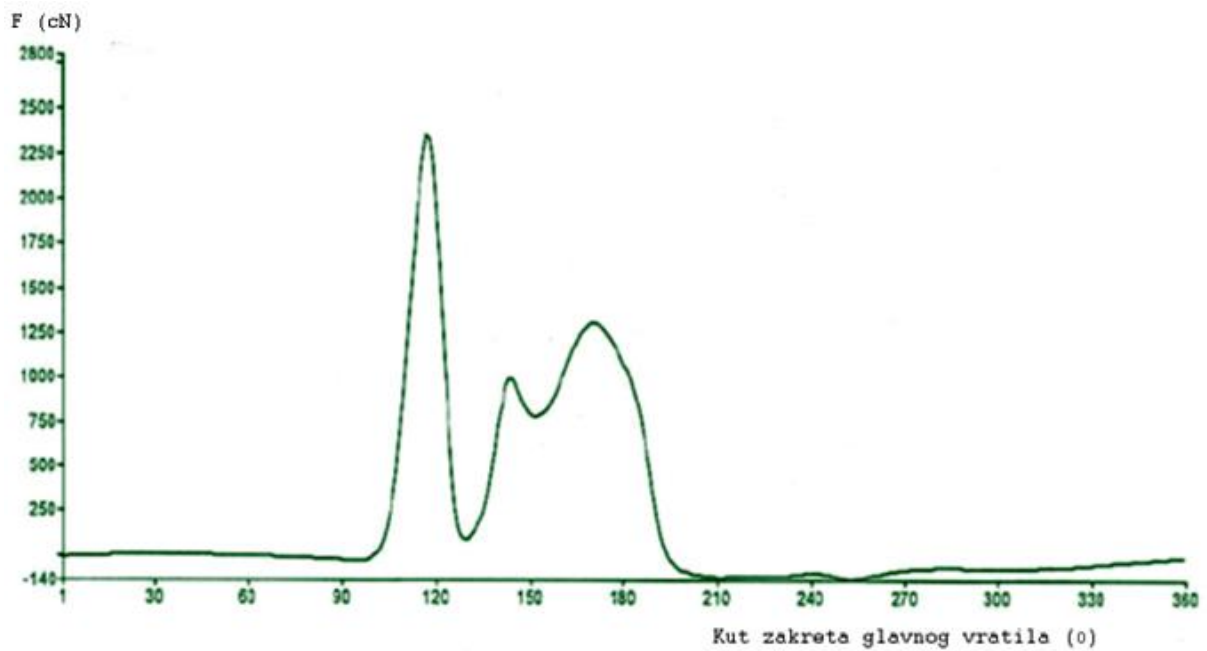
Sl. 156 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 4 mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)

Tab. 46 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

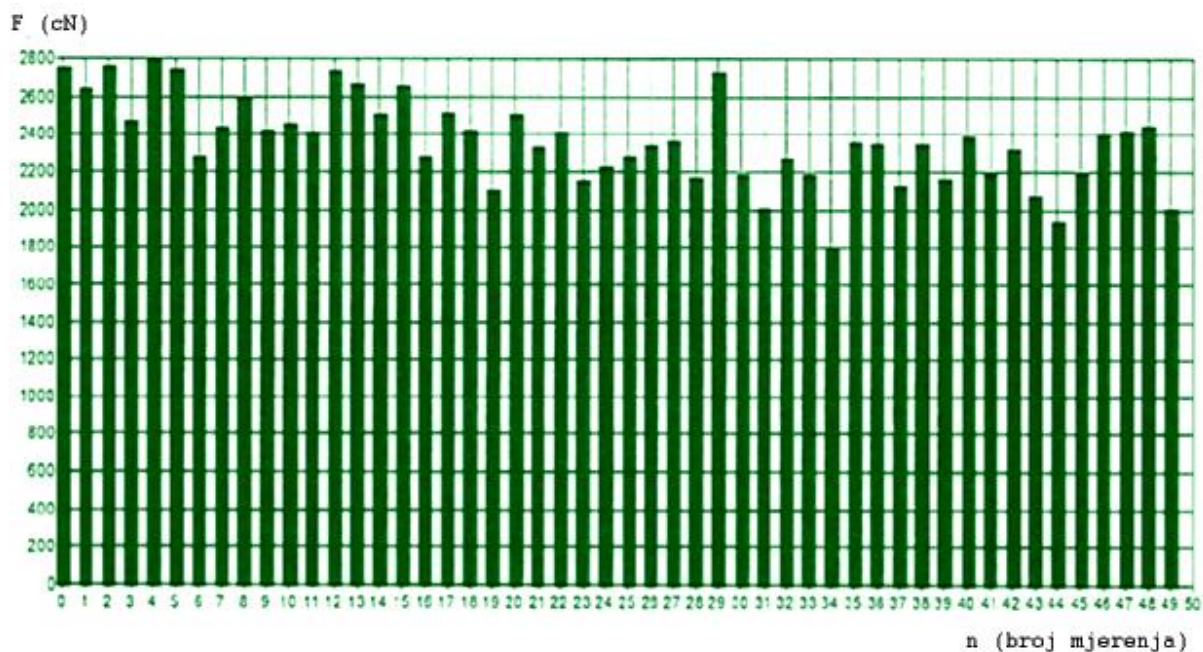
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2555,9	2127,1	2826,5	16,1	202,6
NM110R 002	2364,5	1802,2	2796,4	21,9	227,4
NM110R 003	2325,8	1837,3	2691,5	19,9	215,2
NM110R 004	2382,3	1954,2	2764,2	16,3	197,2
NM110R 005	2384,0	1766,1	2791,2	24,7	242,6
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2402,5</b>	<b>1897,4</b>	<b>2774,0</b>	<b>10,8</b>	<b>217,0</b>
Standardna devijacija (S/cN)	79,5	146,55	51,13	3,69	18,48



Sl. 157 Probodne sile šivaće igle, PU 4 mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)



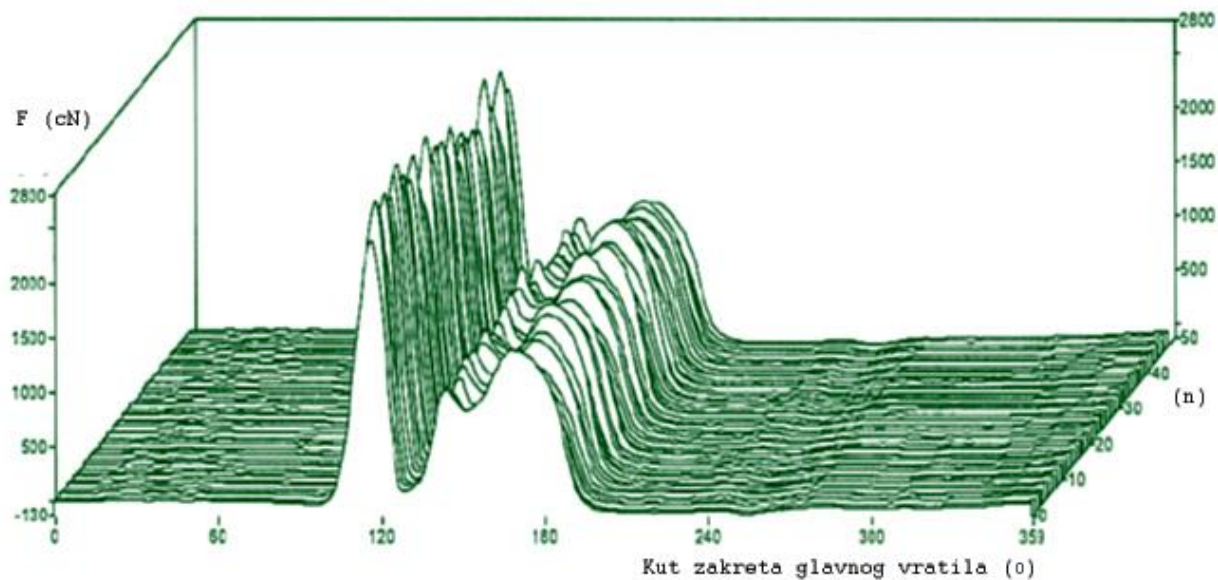
Sl. 158 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 4 mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)



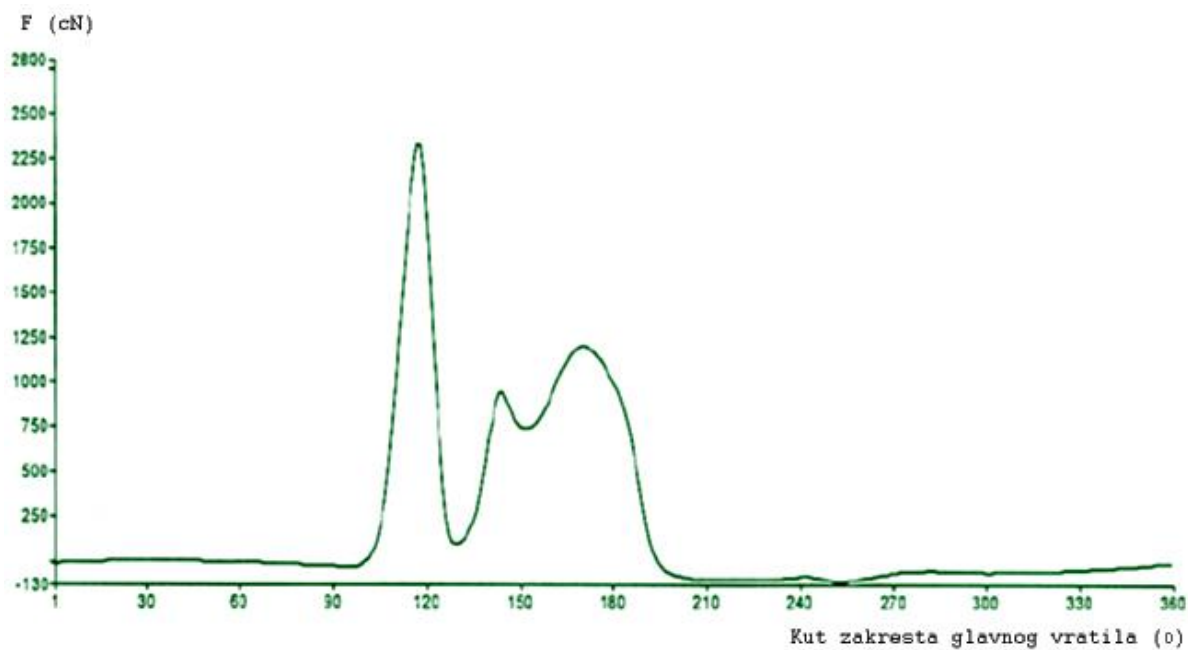
Sl. 159 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 4 mm, brzine 34 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)

Tab. 47 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

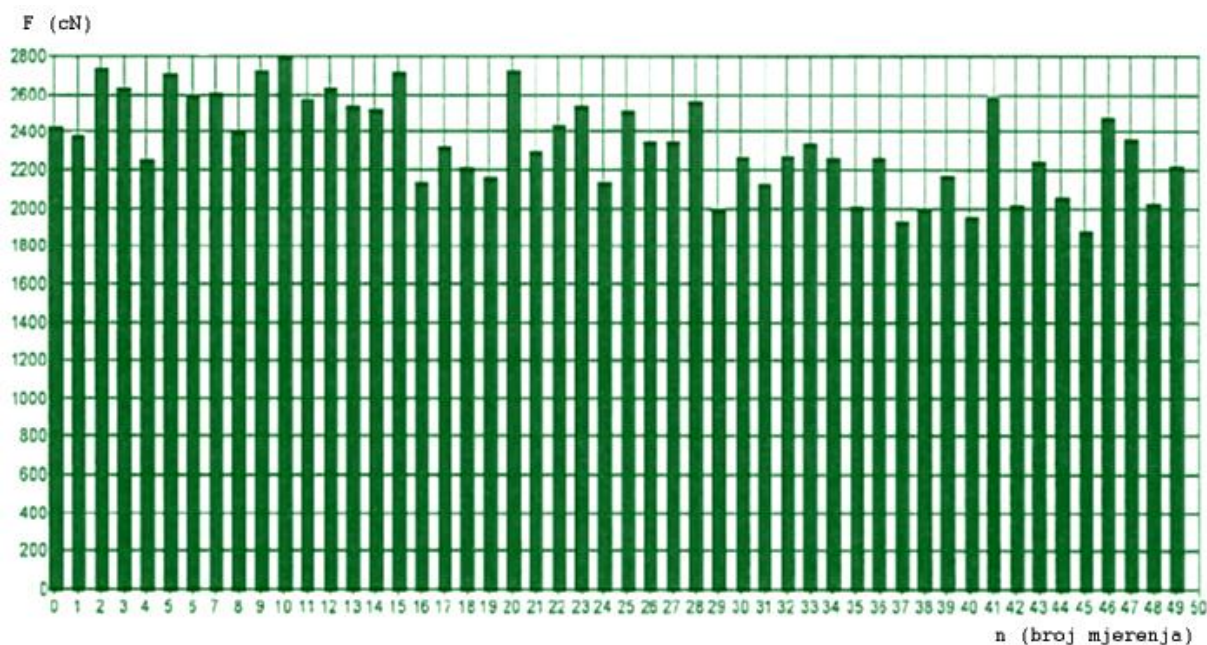
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2620,0	2145,2	2839,4	14,0	191,8
NM110R 002	2368,9	1739,6	2819,3	26,6	250,9
NM110R 003	2345,2	1874,4	2797,2	25,7	245,5
NM110R 004	2306,5	1798,4	2748,8	32,1	272,3
NM110R 005	2324,5	1617,4	2805,5	28,4	256,7
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2393,0</b>	<b>1835,0</b>	<b>2802,0</b>	<b>25,4</b>	<b>243,4</b>
Standardna devijacija (S/cN)	115,4	197,21	33,78	6,81	30,56



Sl. 160 Probodne sile šivaće igle, PU 4 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)



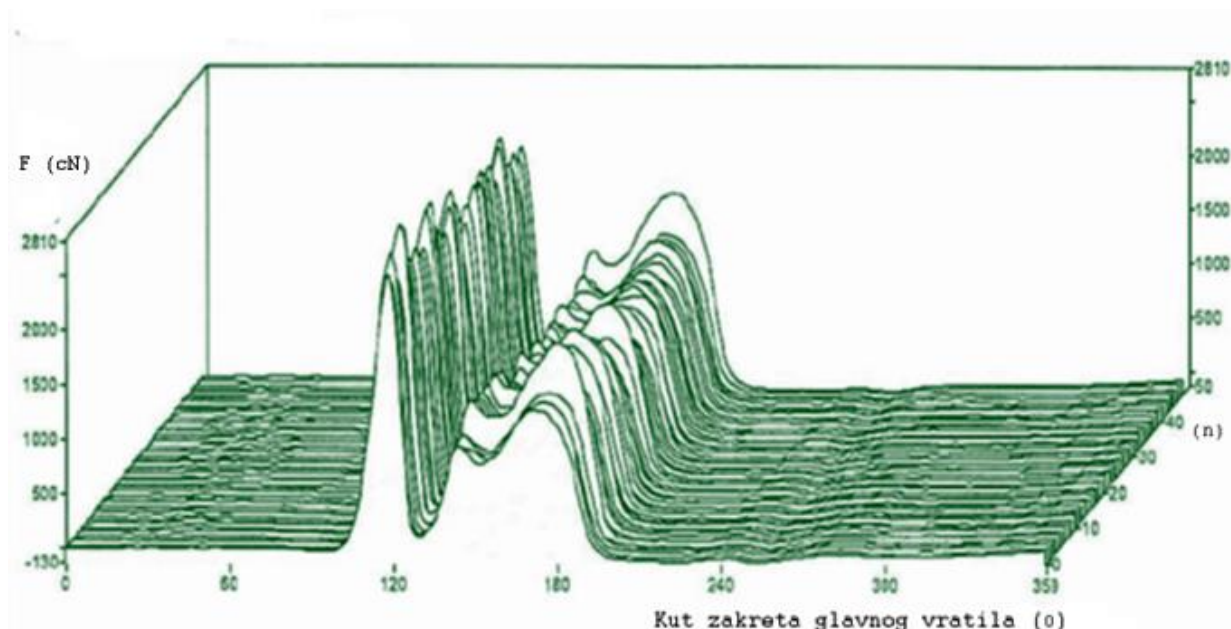
Sl. 161 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 4 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)



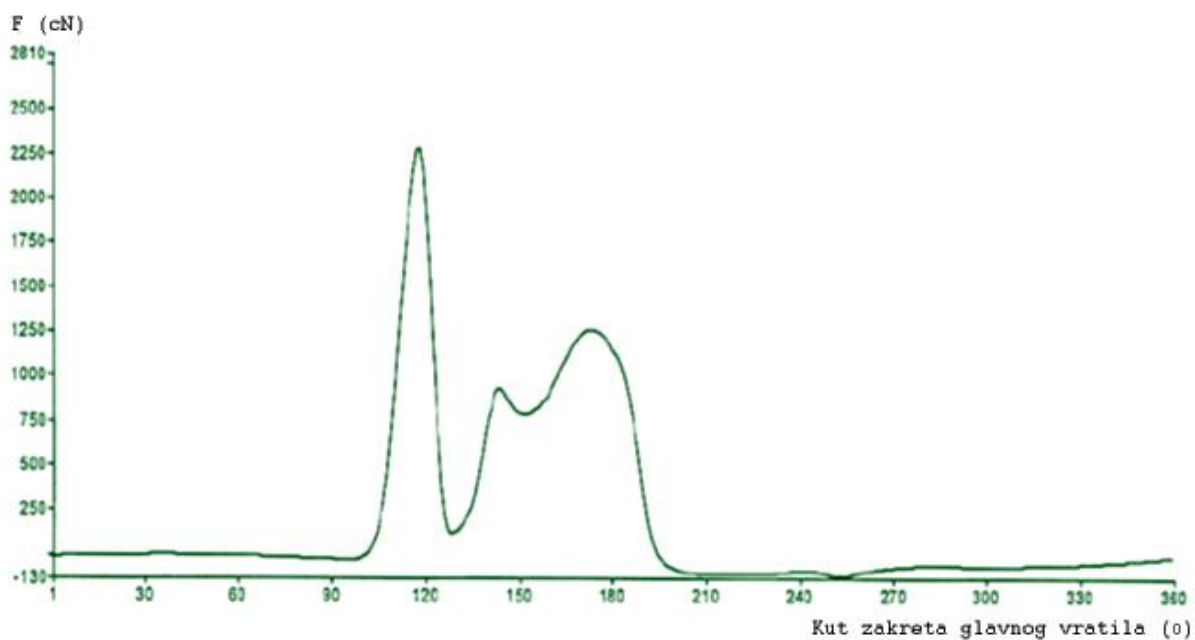
Sl. 162 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 4 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R (Groz – Beckert)

Tab. 48 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

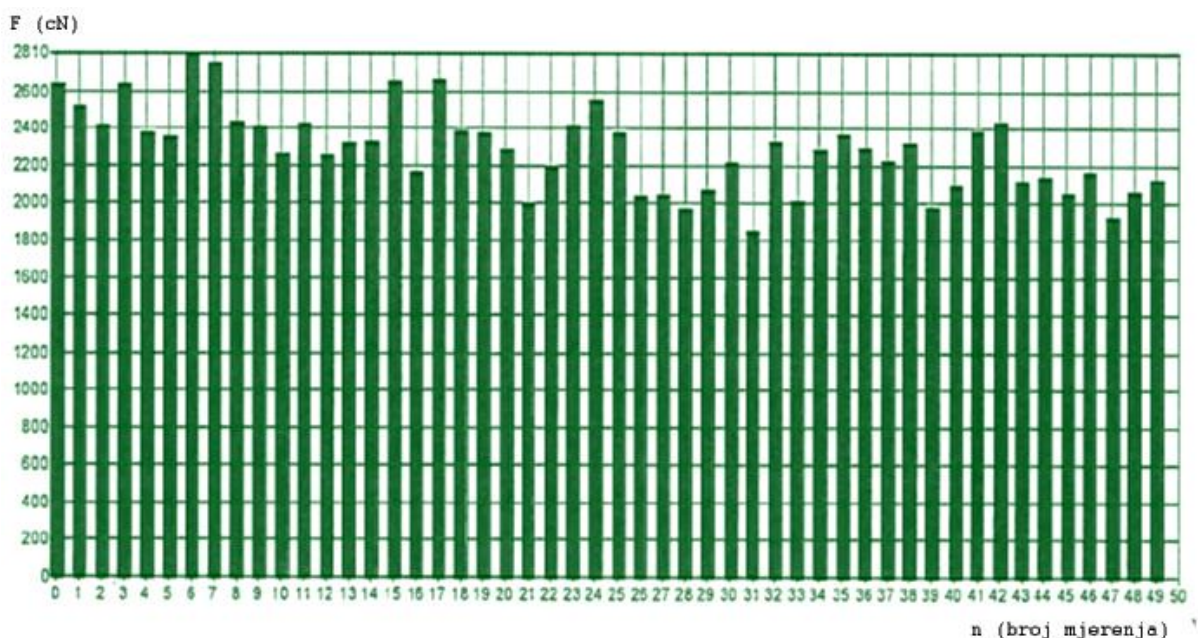
Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2479,8	1955,4	2838,9	25,2	250,0
NM110R 002	2290,6	1850,5	2803,2	21,1	219,7
NM110R 003	2251,9	1709,2	2696,6	24,3	234,0
NM110R 004	2220,8	1719,0	2637,0	17,5	197,3
NM110R 005	2274,2	1851,3	2724,8	22,6	226,7
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2303,5</b>	<b>1817,1</b>	<b>2740,1</b>	<b>22,1</b>	<b>225,5</b>
Standardna devijacija (S/cN)	91,2	103,29	81,39	3,035	19,38



Sl. 163 Probodne sile šivaće igle, PU 4 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)



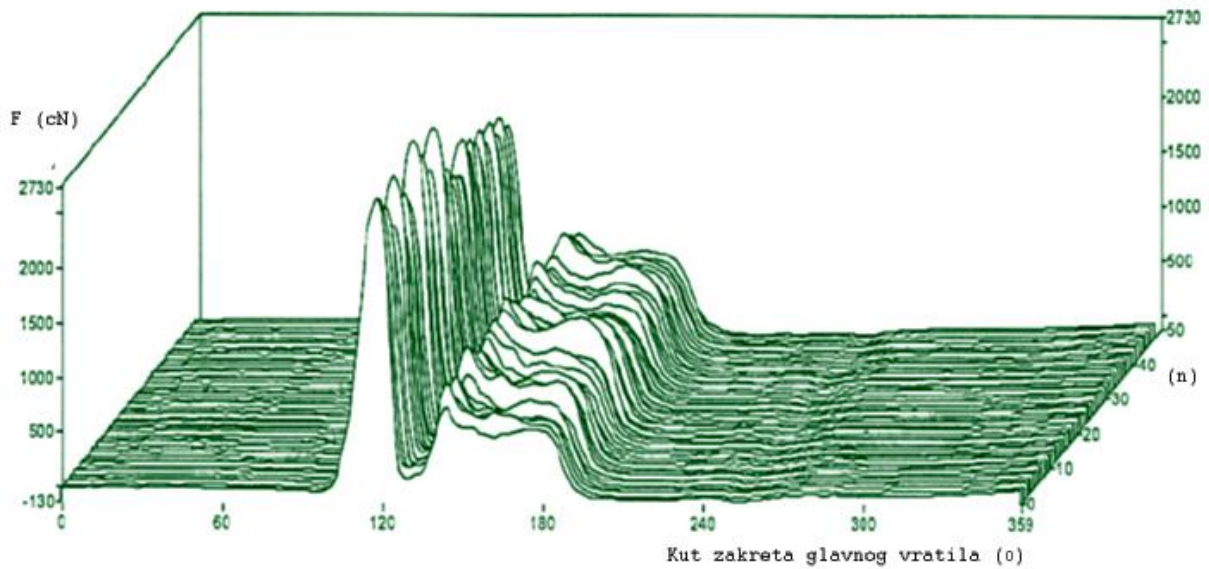
Sl. 164 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 4 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)



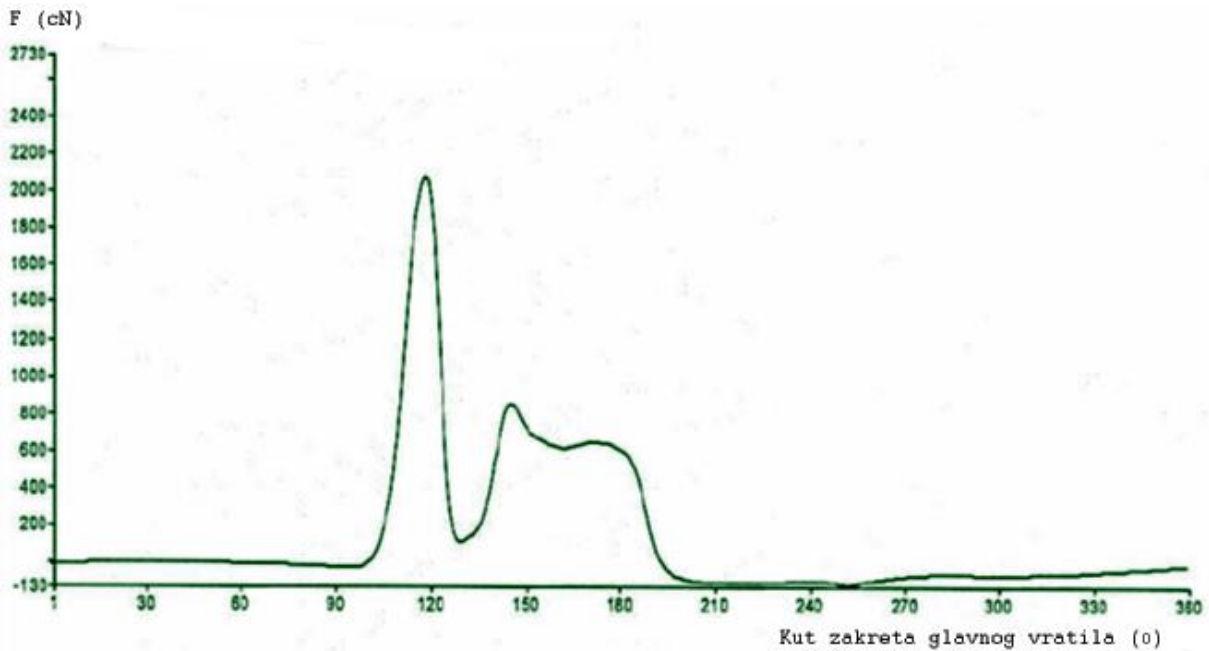
Sl. 165 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 4 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 R Gebedur (Groz – Beckert)

Tab. 49 Probodne sile šivaće igle (srednje vrijednosti, minimalne i maksimalne)

Oznaka uzorka	Srednja vrijednost (X/cN)	Minimalne vrijednosti (min./cN)	Maksimalne vrijednosti (max./cN)	Koeficijent varijacije (CV/%)	Standardna devijacija (S/cN)
NM110R 001	2401,8	1768,7	2846,6	34,4	287,4
NM110R 002	2085,8	1587,4	2722,0	34,8	269,3
NM110R 003	2115,9	1667,5	2724,0	27,1	239,5
NM110R 004	2147,7	1730,3	2661,5	22,7	221,0
NM110R 005	2098,8	1632,5	2580,0	27,4	239,8
<b>Srednja vrijednost (X/cN)</b>	<b>2170,0</b>	<b>1677,3</b>	<b>2706,8</b>	<b>29,3</b>	<b>251,4</b>
Standardna devijacija (S/cN)	117,7	73,05	97,73	5,20	26,54

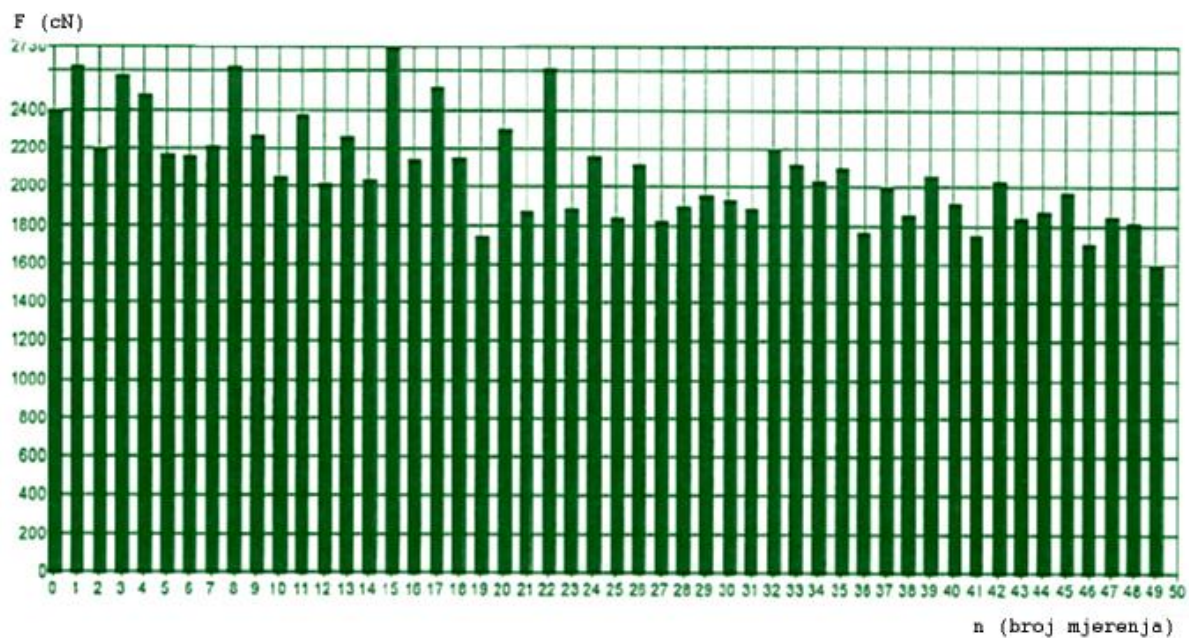


Sl. 166 Probodne sile šivaće igle, PU 4 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beckert)



Sl. 167 Prosječne probodne sile šivaće igle za jedan ubod, PU 4 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beckert)

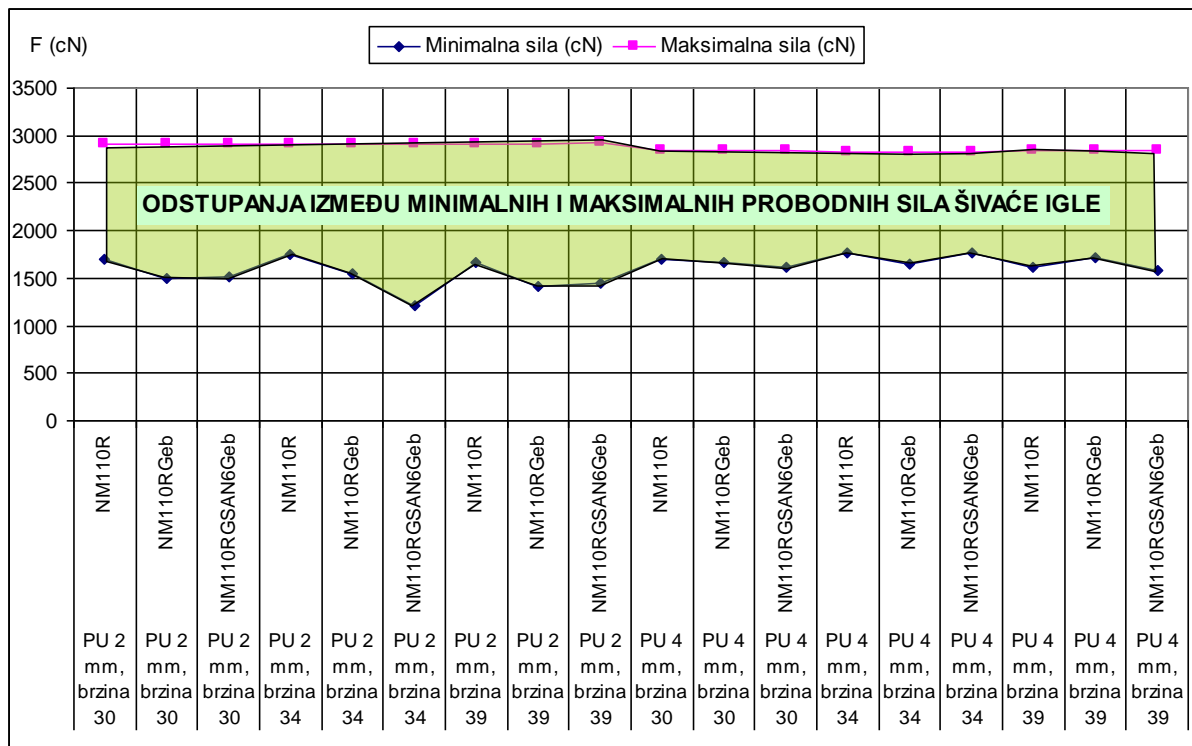




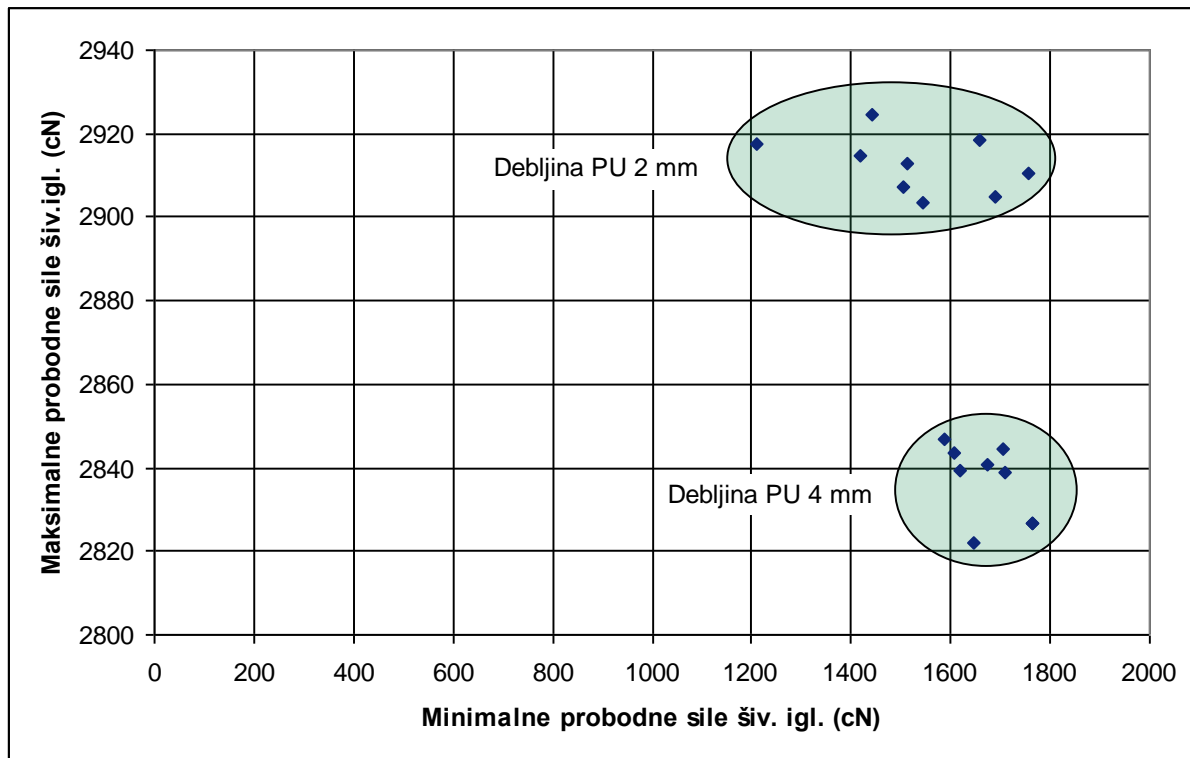
Sl. 168 Maksimalne probodne sile šivaće igle za svaki ubod, PU 4 mm, brzine 39 m/min, za iglu NM 110 RG SAN6 Gebedur (Groz – Beekert)

Tab. 50 Probodne sile šivaćih igala

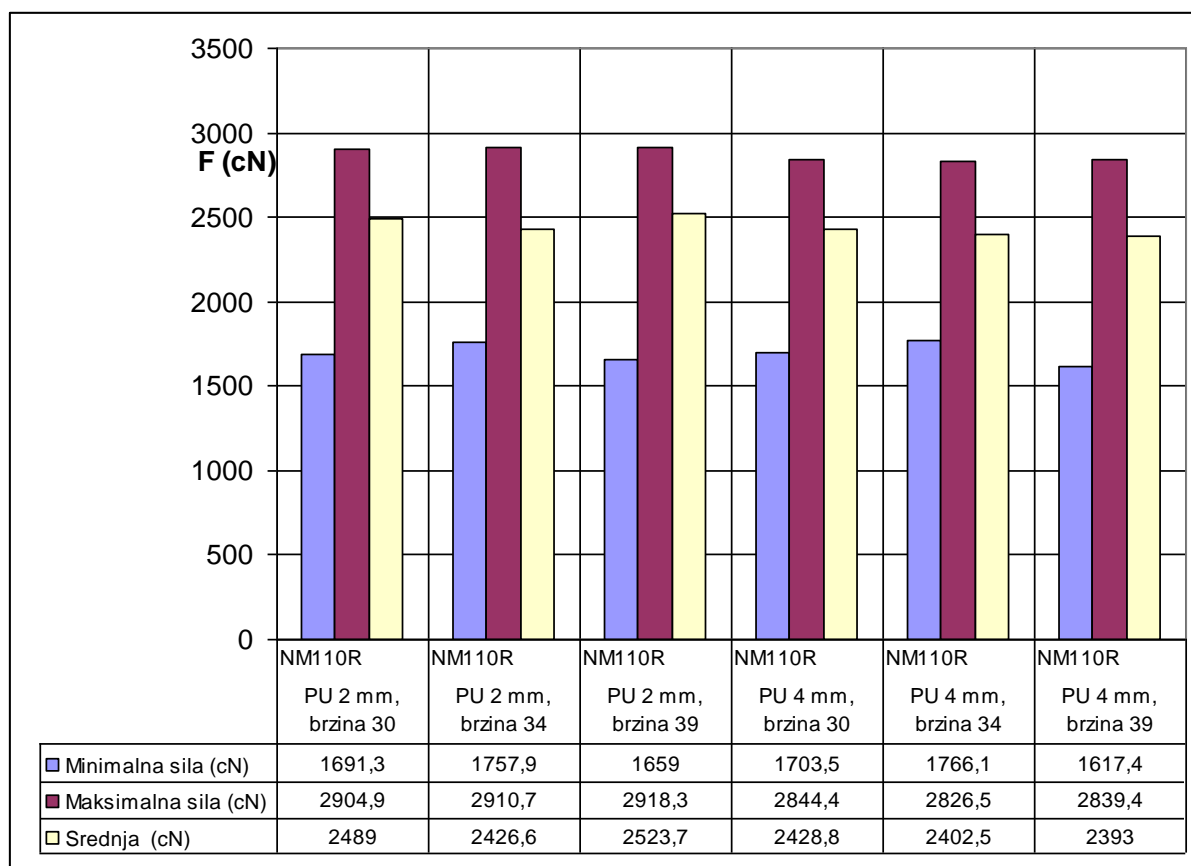
PU, brzina	Vrsta igle	Probodne sile šivaćih igala			Varijanca	Standardna devijacija
		Srednja (cN)	Minimalna (cN)	Maksimalna (cN)		
PU 2 mm, brzina 30	NM110R	2489,0	1691,3	2904,9	28,8	267,6
PU 2 mm, brzina 30	NM110RGeb	2322,8	1504,6	2907,3	40,6	307,0
PU 2 mm, brzina 30	NM110RGSAN6Geb	2226,6	1513,9	2912,9	33,7	274,0
PU 2 mm, brzina 34	NM110R	2426,6	1757,9	2910,7	31,8	277,9
PU 2 mm, brzina 34	NM110RGeb	2237,3	1545,1	2903,7	42,4	308,1
PU 2 mm, brzina 34	NM110RGSAN6Geb	2163,2	1208,7	2917,4	45,6	314,0
PU 2 mm, brzina 39	NM110R	2523,7	1659,0	2918,3	26,7	259,6
PU 2 mm, brzina 39	NM110RGeb	2272,9	1418,8	2914,5	35,2	282,9
PU 2 mm, brzina 39	NM110RGSAN6Geb	2238,7	1440,8	2924,5	40,1	299,5
PU 4 mm, brzina 30	NM110R	2428,8	1703,5	2844,4	25,5	248,8
PU 4 mm, brzina 30	NM110RGeb	2267,7	1672,8	2840,6	29,9	260,3
PU 4 mm, brzina 30	NM110RGSAN6Geb	2193,7	1608,6	2843,4	30,4	258,2
PU 4 mm, brzina 34	NM110R	2402,5	1766,1	2826,5	16,1	202,6
PU 4 mm, brzina 34	NM110RGeb	2266,3	1644,5	2821,9	26,7	245,8
PU 4 mm, brzina 34	NM110RGSAN6Geb	2402,5	1766,1	2826,5	22,3	231,7
PU 4 mm, brzina 39	NM110R	2393,0	1617,4	2839,4	30,6	270,8
PU 4 mm, brzina 39	NM110RGeb	2303,5	1709,2	2838,9	25,8	243,9
PU 4 mm, brzina 39	NM110RGSAN6Geb	2170,0	1587,4	2846,6	35,8	278,6



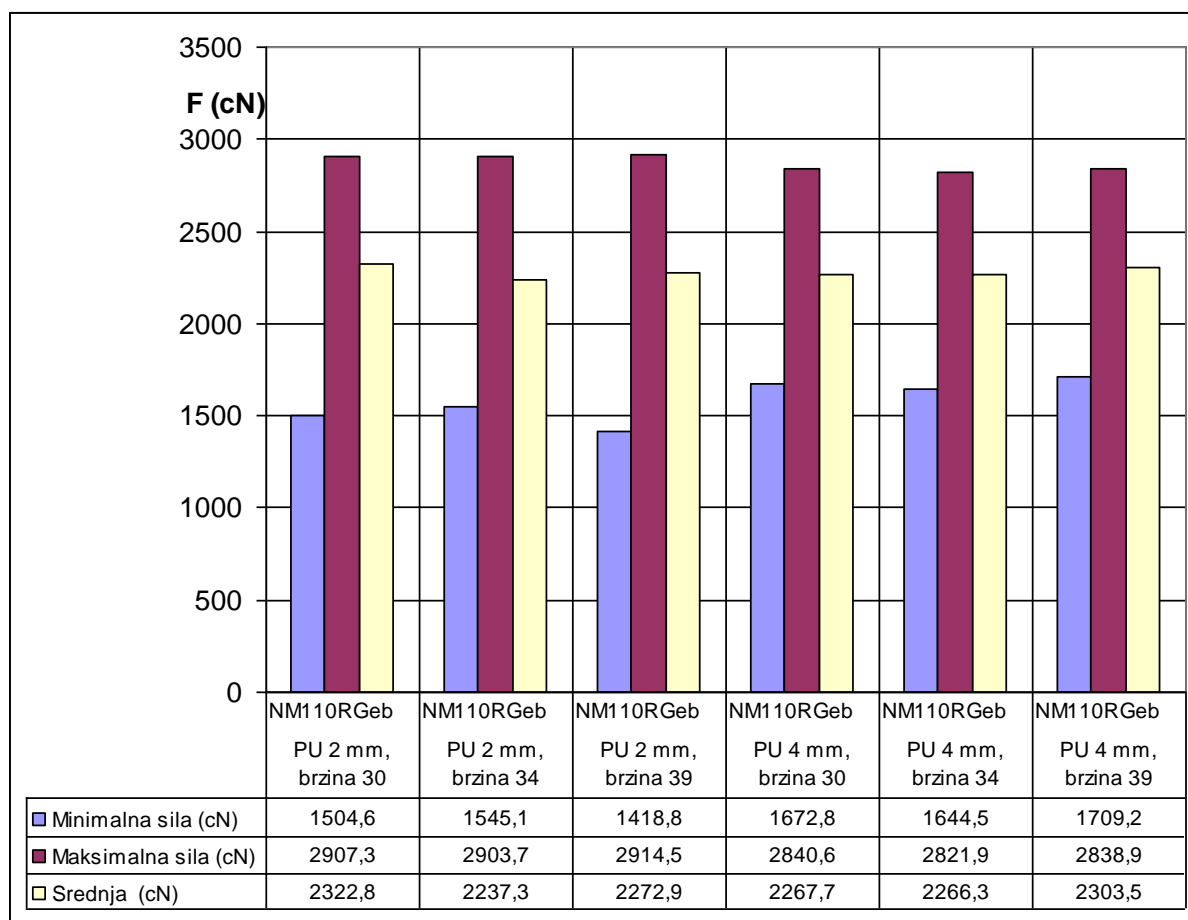
Sl. 169 Minimalne i maksimalne probodne sile šivaćih igala



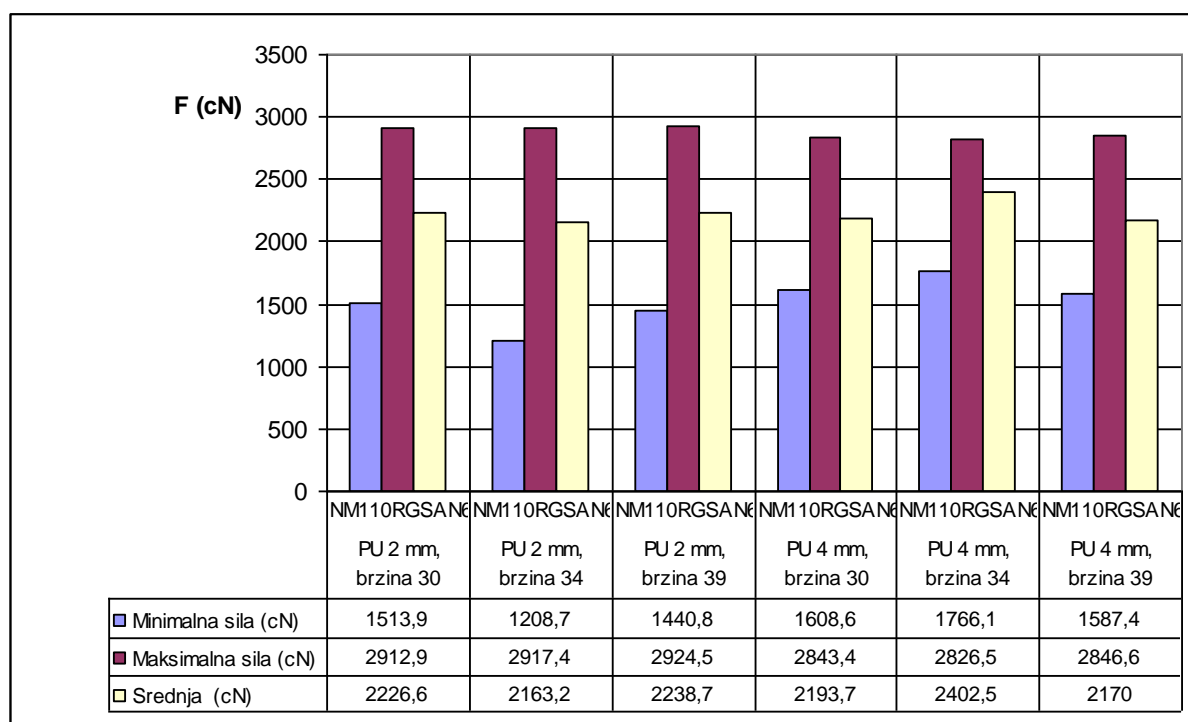
Sl. 170 Rasipanje minimalnih i maksimalnih probodnih sila šivaćih igala po debljini PU pjene



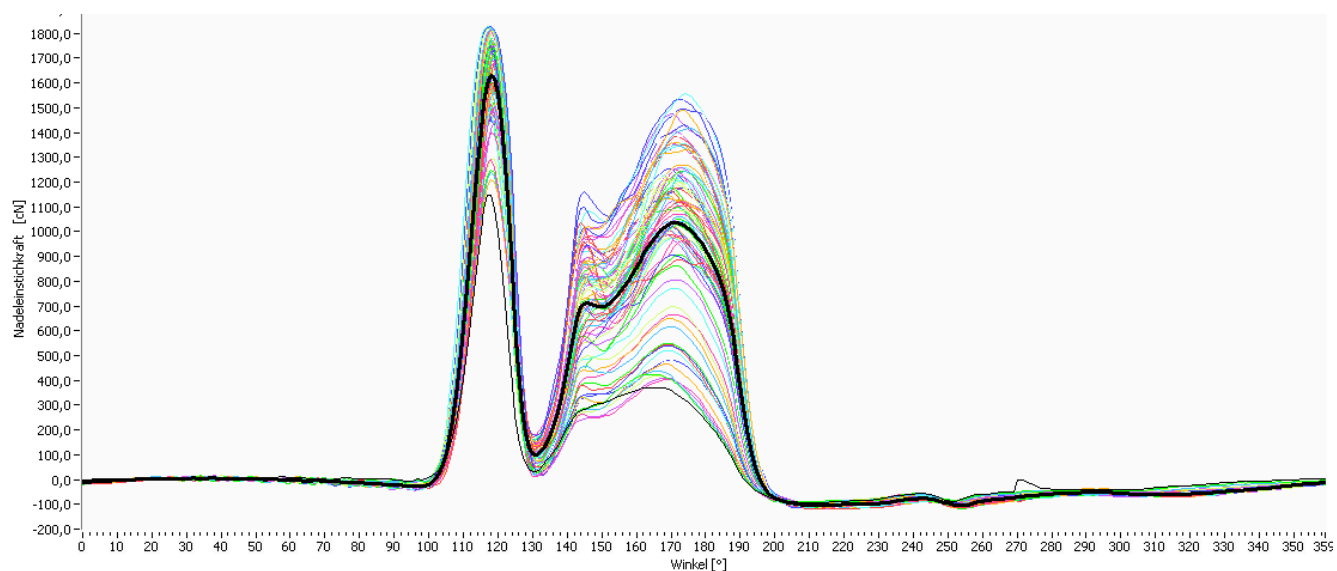
Sl. 171 Minimalne, maksimalne i srednje probodne sile šivaće igle NM110R



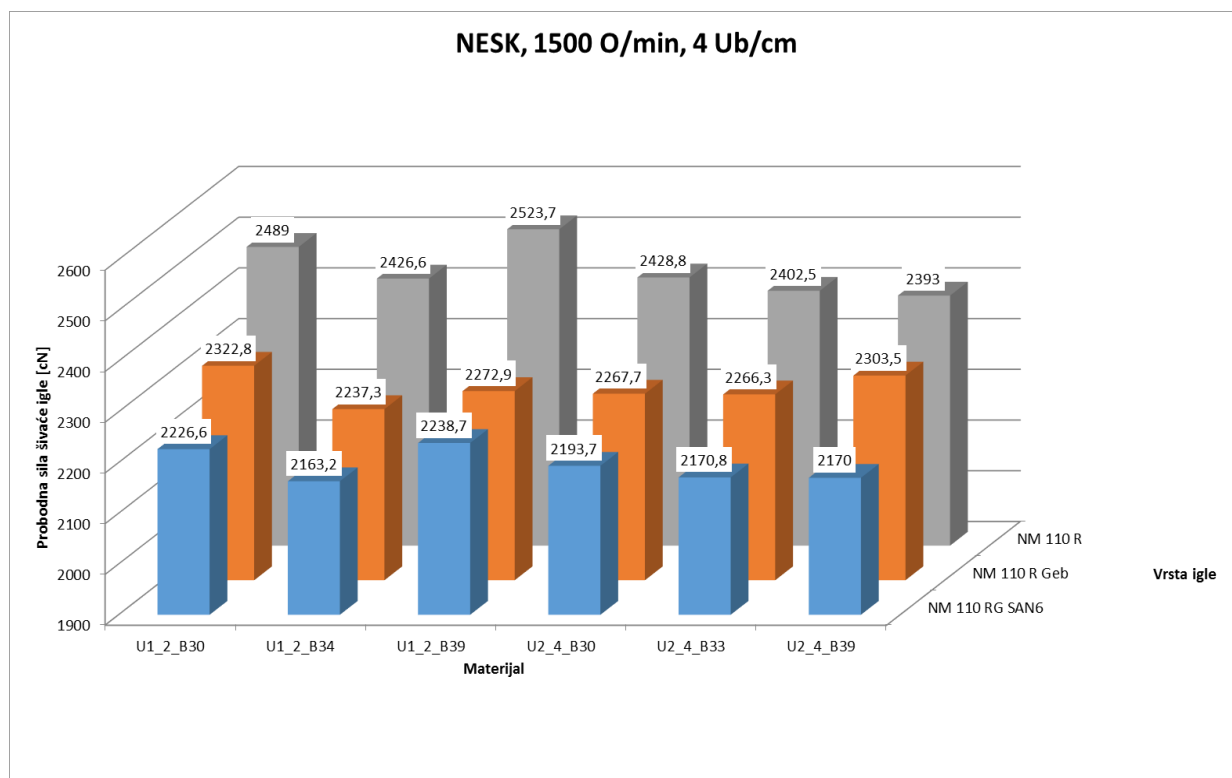
Sl. 168 Minimalne, maksimalne i srednje probodne sile šivaće igle NM110R Geb



Sl. 169 Minimalne, maksimalne i srednje probodne sile šivaće igle NM110RG SAN6 Geb



Sl. 170 Grafički prikaz probodnih sila



Sl. 171 Probodne sile kod tri različite vrste igala po uzorcima kompozita

## Multifaktorska ANOVA analiza

Tab. 51 Probodne sile šivaće igle po vrstama igala i pri različitim brzinama lijepljenja komponenti u kompozitu debljina PU pjene 2 mm

brzina lijepljenja, m/min	Oznaka igle		
	Nm110 R	Nm110 RGeb	Nm110 RGSAN6
30	2526,0	2665,3	2455,3
	2331,3	2450,1	2194,7
	2245,9	2450,1	2234,2
	2191,1	2467,5	2104,5
	2319,7	2412,2	2144,3
34	2511,8	2647,9	2412,9
	2315,0	2421,5	2186,9
	2181,4	2370,3	2057,7
	2140,5	2292,1	2048,4
	2037,7	2401,2	2110,3
39	2521,0	2671,9	2492,6
	2243,9	2532,0	2240,3
	2213,4	2438,1	2241,9
	2168,7	2543,9	2097,9
	2217,3	2432,5	2121,0

### Postavljene hipoteze za višefaktorsku analizu varijance za kompozit debljine PU pjene 2 mm:

#### Hipoteza 0:

1. Vrijednosti probodnih sila šivaće igle između različitih brzina lijepljenja komponenti u kompozitu debljine PU pjene 2 mm bitno se ne razlikuju.
2. Vrijednosti probodnih sila šivaće igle između različitih vrsta šivaćih igala bitno se ne razlikuju.

#### Hipoteza 1:

1. Vrijednosti probodnih sila šivaće igle između različitih brzina lijepljenja komponenti u kompozitu debljine PU pjene 2 mm bitno se razlikuju.
2. Vrijednosti probodnih sila između različitih vrsta šivaćih igala bitno se razlikuju.

Tab 52. Višefaktorska analiza varijance za kompozit debljine PU pjene 2mm

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	Nm110 R	Nm110 RGeb	Nm110 RGSAN6	Total
<i>30</i>				
Count	5	5	5	15
Sum	11614	12445,2	11133	35192,2
Average	2322,8	2489,04	2226,6	2346,147
Variance	16157,65	10117,148	18765,19	25459,63
<i>34</i>				
Count	5	5	5	15
Sum	11186,4	12133	10816,2	34135,6
Average	2237,28	2426,6	2163,24	2275,707
Variance	33430,687	17726,2	22504,868	34222,7
<i>39</i>				
Count	5	5	5	15
Sum	11364,3	12618,4	11193,7	35176,4
Average	2272,86	2523,68	2238,74	2345,093
Variance	19970,963	9521,242	24538,983	32731,01
<i>Total</i>				
Count	15	15	15	
Sum	34164,7	37196,6	33142,9	
Average	2277,646667	2479,773333	2209,526667	
Variance	21192,37267	12404,55067	19976,64495	

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	48887,06311	2	24443,53156	1,273595	0,29213	3,259446
Columns	592643,9231	2	296321,9616	15,43943	1,4E-05	3,259446
Interaction	10211,16889	4	2552,792222	0,13301	0,96922	2,633532
Within	690931,724	36	19192,54789			
Total	1342673,879	44				

Razlike u probodnim silama šivaće igle s različitim brzinama ljepljenja, nisu signifikantne

Razlike u probodnim silama šivaće igle s različitim vrstama igala su signifikantne



Tab. 53. Probodne sile šivaće igle po vrstama igala i pri različitim brzinama ljepljenja komponenti u kompozitu debljina PU pjene 4 mm

brzina ljepljenja, m/min	Oznaka igle		
	Nm110 R	Nm110 RGeb	Nm110 RGSAN6
30	2491,0	2604,5	2427,3
	2255,8	2456,3	2114,3
	2169,6	2379,8	2167,0
	2218,3	2358,0	2148,3
	2203,5	2345,3	2111,8
34	2472,4	2555,9	2555,9
	2235,5	2364,5	2364,5
	2229,2	2325,8	2325,8
	2191,6	2302,3	2382,3
	2202,7	2384,0	2384,0
39	2479,8	2620,0	2401,8
	2290,6	2368,9	2085,8
	2251,9	2345,2	2115,9
	2220,8	2306,5	2147,7
	2274,2	2324,5	2098,8

Postavljene hipoteze za višefaktorsku analizu varijance za kompozit debljine PU pjene 4 mm:

**Hipoteza 0:**

1. Vrijednosti probodnih sila šivaće igle između različitih brzina ljepljenja komponenti u kompozitu debljine PU pjene 4 mm bitno se ne razlikuju.
2. Vrijednosti probodnih sila šivaće igle između različitih vrsta šivaćih igala bitno se ne razlikuju.

**Hipoteza 1:**

1. Vrijednosti probodnih sila šivaće igle između različitih brzina ljepljenja komponenti u kompozitu debljine PU pjene 4 mm bitno se razlikuju.
2. Vrijednosti probodnih sila između različitih vrsta šivaćih igala bitno se razlikuju.

Tab 54. Višefaktorska analiza varijance za kompozit debljine PU pjene 4mm

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	Nm110 R	Nm110 RGeb	Nm110 RGSAN6	Total
<i>b30</i>				
Count	5	5	5	15
Sum	11338,2	12143,9	10968,7	34450,8
Average	2267,64	2428,78	2193,74	2296,72
Variance	16547,523	11503,157	17588,743	23357,82457
<i>b34</i>				
Count	5	5	5	15
Sum	11331,4	11932,5	12012,5	35276,4
Average	2266,28	2386,5	2402,5	2351,76
Variance	13606,827	9990,185	7902,185	12959,85829
<i>b39</i>				
Count	5	5	5	15
Sum	11517,3	11965,1	10850	34332,4
Average	2303,46	2393,02	2170	2288,826667
Variance	10402,108	16642,287	17328,605	21674,48638
<i>Total</i>				
Count	15	15	15	
Sum	34186,9	36041,5	33831,2	
Average	2279,126667	2402,766667	2255,413333	
Variance	11905,0921	11265,99952	23924,69695	

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	35261,55378	2	17630,77689	1,305858584	0,283466	3,259446
Columns	187810,8831	2	93905,44156	6,955293444	0,002792	3,259446
Interaction	138033,0062	4	34508,25156	2,555922339	0,055363	2,633532
Within	486046,48	36	13501,29111			
Total	847151,9231	44				

Razlike u probodnim silama šivaće igle s različitim brzinama ljepljenja, nisu signifikantne.

Razlike u probodnim silama materijala s različitim vrstama igala su signifikantne.

## **5. RASPRAVA**

Prema rezultatima dobivenim u eksperimentalnom dijelu (tab. 4 do 50 i sl. 69 do 171) može se utvrditi sljedeće:

- Izmjerene vrijednosti mase i debljine po uzorcima s različitim procesnim brzinama lijepljenja komponenti u kompozit prikazane su u (tab. 5). Termičkim spajanjem komponenti u kompozit masa i debljina kompozita se smanjila u odnosu na zbroj mase i debljine komponenti u kompozitu prije termičkog spajanja. Veće razlike među masama kompozita prije i nakon termičkog spajanja su kod manje debljine PU (smanjenje mase PU 2 mm je za 1,31%, PU 4 mm za 0,99%). Jednako tako, debljine kompozita su se smanjivale termičkim spajanjem u odnosu na debljine čega dodati (PU 2 mm za 12,50%, PU 4 mm za 6,42%). Time se može zaključiti da termičko spajanje komponenti utječe na smanjenje mase (0,99% do 1,31%) i debljine kompozita (6,42% do 12,5%), osobito kod manje debljine PU.

- Sile razdvajanja komponenti u kompozitu prikazane su u tablici 17 i slikama 69 do 80. Prema dobivenim rezultatima vidljiva je razlika po brzinama termičkog spajanja kao i prema smjeru ispitivanja.

Sila razdvajanje tkanine od pletiva i PU u kompozitu s PU 2 mm, u uzdužnom smjeru je od 6,45 N (kod brzine 39 m/min) do 8,69 N (kod brzine 30 m/min), dok je u poprečnom smjeru od 6,21 N (kod brzine 39 m/min) do 8,59 N (kod brzine 30 m/min). Sila razdvajanja pletiva od PU 2 mm i tkanine u uzdužnom smjeru je od 6,48 N (kod brzine 39 m/min) do 7,94 N (kod brzine 30 m/min), dok je u poprečnom smjeru od 6,70 N (kod brzine 39 m/min) do 8,37 N (kod brzine 30 m/min). Kompoziti s debljim PU ne pokazuju veću razliku u sili razdvajanja i kreće se kod razdvajanja tkanine od PU i pletiva u uzdužnom smjeru 6,03 N (kod brzine 34 m/min) do 8,11 N (kod brzine 30 m/min), dok je u poprečnom smjeru sila razdvajanja od 6,24 N (kod brzine 39 m/min) do 8,62 N (kod brzine 30 m/min). Sila razdvajanja pletiva od PU 4 mm i tkanine u uzdužnom smjeru je od 5,83 N (kod brzine 39 m/min) do 8,5 N (kod brzine 30 m/min), a u poprečnom smjeru od 5,94 N (kod brzine 39 m/min) do 8,67 N (kod brzine 30 m/min).

Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da je sila razdvajanja najmanja kod uzoraka kod kojih su termički spajane komponente u kompozitu na 39 m/min, a najveća kod uzoraka koja su termički spajana na 30 m/min. Dakle, manja brzina termičkog lijepljenja utječe na jači spoj komponenata, što je pridonijelo većim taljenjem PU i prodiranjem u tkaninu i pletivo.

- Koeficijent korelacije između uzdužnih i poprečnih sile razdvajanja je vrlo visok i iznosi od  $R^2 = 0,9487$  (sile razdvajanja pletiva od PU 2 mm i tkanine) do  $R^2 = 0,9934$  (sile razdvajanja pletiva od PU 4 mm i tkanine). Veći koeficijent korelacije između uzdužnih i poprečnih sile razdvajanja je kod debljeg PU. Koeficijent korelacije sila razdvajanja između uzdužnog i poprečnog smjera, po debljini PU, je također vrlo visok i iznosi za PU 2 mm  $R^2 = 0.8929$ , a za kompozit s PU 4 mm  $R^2 = 0,977$ , kao i kod uključenja svih uzoraka (L:T)  $R^2 = 0.9328$ . Promatrajući odnos sila razdvajanja između pletivo+PU i tkanina+PU u smjeru osnove, koeficijent korelacije je također vrlo visok ( $R^2=0,9736$ ), dok u poprečnom smjeru iznosi  $R^2=0,5128$ . Promatrajući sve uzorke (uzdužni smjer: poprečni smjer) koeficijent korelacije je ipak vrlo visok i iznosi  $R^2=0,9328$ .
- Prekidne sile komponenti (tkanina, pletivo, PU), polukompozita (pletivo + PU) i kompozita prikazane su u tablici 25 i slikama 91 do 96. Promjenom brzine termičkog spajanja prekidne sile polukompozita i kompozita su se mijenjale. Prvo termičko spajanje pletiva i PU debljine 2 mm u polukompozit utjecalo je na smanjenje prekidne sile u uzdužnom smjeru i to od 12,14% kod brzine 39 m/min do 27,98% kod brzine 30 m/min, dok se prekidna sila povećavala u poprečnom smjeru i to od 11,98% kod brzine 30 m/min do 25,30% kod brzine 39 m/min. Termičkim spajanjem pletiva i PU 4 mm prekidna sila se u uzdužnom smjeru također smanjivala ali osjetno manje u odnosu na tanji PU i to od 1,77% kod brzine 34 m/min do 5,01% kod brzine 39 m/min, dok se u poprečnom smjeru prekidna sila osjetno povećavala u odnosu na tanji poliuretan i to od 13,33% kod brzine 30 m/min do 35,62% kod brzine 39 m/min.
- Promatrajući prekidne sile konačnog kompozita u komparaciji s prekidnim silama komponenata u kompozitu prije termičkog spajanja, vidljiv je porast prekidnih sila u uzdužnom i poprečnom smjeru. Termičkim spajanje kompozita s PU 2 mm u uzdužnom smjeru povećanje prekidnih sila je od 3,45% kod brzine 39 m/min do 4,83% kod brzine 34 m/min, što ne predstavlja veliku razliku među brzinama.

U poprečnom smjeru vidljiv je porast prekidnih sila u istom kompozitu i to od 0,98% kod brzine 30 m/min do 2,08% kod brzine 34 m/min. Najveći porast prekidnih sila kod kompozita s tanjim PU u uzdužnom i poprečnom smjeru je kod srednje brzine, odnosno kod 34 m/min.

- Prekidne sile kompozita s debljim PU su također veće u odnosu na sumu prekidnih sila komponenti i to u oba smjera i to s većim razlikama nego kod kompozita s tanjim PU, osobito u poprečnom smjeru. U uzdužnom smjeru kompozita s debljim PU prekidne sile su se povećale od 3,41% (kod brzine 39 m/min) do 5,84% (kod brzine 34 m/min), dok je u poprečnom smjeru od 14,95% (kod brzine 39 m/min) do 16,21% (kod brzine 34 m/min). Time se može utvrditi da je veća debljina PU utjecala na povećanje prekidne sile kompozita, osobito u poprečnom smjeru. Prekidno istežanje se povećavalo s povećanjem brzine termičkog spajanja. Ova pojava se može protumačiti da je veća brzina spajanja utjecala na manju količinu taljevine PU, manju krutost materijala, a time i veće istežanje. Polukompoziti (PU+pletivo) imaju veće prekidno istežanje od konačnog kompozita (PU+pletivo+tkanina), ta razlika je osobito izražena u poprečnom smjeru. Ovi rezultati su logični zbog toga što je pletivo elastičnije i istežljivije od tkanine. Naprezanje materijala prilikom termičkog spajanja u poprečnom smjeru je manje što je utjecalo kasnije na veće istežanje.
- Promatrajući prekidne sile i prekidno istežanje kompozita na mjestima šava s debljinom PU pjene 2 i 4 mm, s tri različite brzine lijepljenja (30, 34 i 39 m/min) kod promjene napetosti konca (131,3 / 139,4 cN) i debljine igle (90 i 100 GB), može se utvrditi sljedeće (tab. 25, sl. 97 i 98):  
Promjenom napetosti konca mijenjale su se i prekidne sile kompozita na šavu. Manja napetost konca uzrokovala je većim prekidnim silama kod svih uzoraka u smjeru osnove i potke. Isto tako, manja napetost konca uzrokovala je i veće prekidno istežanje na mjestu šava. Promatrajući kompozite prema brzini spajanja komponenta moguće je uočiti da su prekidne sile kao i prekidno istežanje većinom najveće kod srednje brzine (34 m/min). Isto tako, mahom su veće prekidne sile i prekidno istežanje u smjeru osnove, odnosno po dužini kompozita, gotovo kod svih uzoraka.  
Promjenom debljine igle došlo je do određenih promjena u prekidnim silama na šavu kompozita. Veće prekidne sile i prekidna istežanja su kod uzoraka s 4 mm PU.

Brzina lijepljenja komponentu u kompozit utjecala je na prekidne sile i prekidno istežanje ali se ne može polučiti neki zaključak, no ipak je većinom prekidna sila najveća na srednjoj brzini. Interesantni su rezultati promatrajući debljinu igle, gdje je kod deblje igle prekidna sila i prekidno istežanje manje kod svih uzoraka. Time se pouzdano može tvrditi da je deblja igla izazvala veće deformacije niti na mjestima uboda. Smjer kompozita također je utjecao na prekidne sile. Veće prekidne sile su primjećene u smjeru osnove, odnosno po dužini uzorka.

- Rezultati probijanja materijala do prekida s različitim promjerima kugle i s istim promjerom prstena prikazani su u tablicama 26 do 30 i slikama 99 do 103.

Veći promjer kugle izazvao je veće sile na probijanje i veće istežanje kod svih ispitanih uzoraka. Interesantno je to što su prekidne sile na probijanje kompozita s tanjom PU pjenom. Razlog takvom ponašanju kompozita kod sfernog naprežanja do prekida je zasigurno njegova krutost koja se povećava s debljinom kompozita. Ovoj pojavi je zasigurno doprinijeo relativno mali promjer prstena koji nije dozvolio jednolično istežanje debelog kompozita po cijelom opsegu prstena. To upućuje na činjenicu da bi se trebali ovakvi kompoziti ispitivati na većim promjerima prstena.

Razlike među uzorcima s različitim brzinama lijepljenja komponenti u kompozit nisu izrazite, no ipak postoji određena ponovljivost koja se može nazrijeti da su kompoziti s manjom brzinom lijepljena imali nešto veću silu na probijanje od ostale dvije drzine.

- Otpornost na habanje kompozita koji su namijenjeni za auto navlake je izuzetno važna. Ovo ispitivanje vršilo se samo na licu kompozita, odnosno na tkanini. Prema dobivenim rezultatima otpornost na habanje je izuzetno visoke, što se može potkrijepiti prikazanim izgledom tkanine nakon 100000 ciklusa i relativno malim gubitkom mase (1,41 do 2,69%). (tab. 14, sl. 94 do 96) Vrijedno je spomenuti relativno veliku razliku među kompozitima s PU pjenom 2 i 4 mm. Uzorci s debljom PU pjenom su mekanija i njihov dodir s materijalom kojim se haba je nešto ipak manja, pa je površinska sila koja djeluje tijekom ispitivanja također manja.
- Probodne sile šivaće igle prilikom šivanja različitih kompozita s različitim vrstama šivaćih igala predstavljaju temeljni dio u optimiranju kvalitativnih značajki kompozita na mjestima šava. Prema dobivenim analizama i rezultatima može se zaključiti slijedeće: (sl. 115 do 171, tab. 50). Na probodnim mjestima šivaća igla oštećuje kompozit.

Najveće oštećenje je na pletivu i tkanini gdje je šivaća igla probadala kroz najmanje dva kompozita, odnosno kroz 6 komponenti različitih struktura. Šivaća igla teže probada kroz PU pjenu gdje usljed visokih temperatura i brzine probadanja povlači za sobom oštećeni dio PU pjene i provlači je zajedno sa vrškom šivaće igle kroz pletivo i tkaninu. Na taj način dolazi do većeg oštećenja kompozita i vidljivih dijelova oštećene PU pjene (sl. 110 do 112). Osim toga na šivaćoj igli s oznakom NM 110 R primjećen je ostatak PU pjene koji se termički učvrstio na iglu i nije ga moguće odvojiti (sl. 107). Dodatni problem navedene igle je i njezino površinsko oštećenje nakon kratke uporabe što dovodi do dodatnog oštećenja materijala na ubodnim mjestima. Ova igla imala je najveće prosječne probodne sile koje su iznosile od 2393 cN (uzorak s debljinom PU 4 mm i brzinom 39 m/min) do 2523,7 cN (uzorak s debljinom PU 2 mm i brzinom 39 m/min).

Igla s oznakom NM110 R Geb imala je osjetno bolje rezultate kod svih ispitanih uzoraka u odnosu na prvu iglu (sl. 108). Probodne sile su manje i iznosile su od 2237,3 (uzorak s debljinom PU 2 mm i brzinom 34 m/min) do 2322,8 cN (uzorak s debljinom PU 2 mm i brzinom 30 m/min).

- Igla s oznakom NM110 RG SAN6 imala je najbolje rezultate kod šivanja. Kod probadanja igle nije primjećeno oštećenje PU pjene niti njezino povlačenje s iglom kroz pletivo i tkaninu (sl. 109). Igla je besprijekorno probadala kompozit s relativnomalim probodnim silama koje su se kretale od 2163,2 cN (uzorak s debljinom PU 2 mm i brzinom 34 m/min) do 2238,7 cN (uzorak s debljinom PU 2 mm i brzinom 39 m/min). Izgled šava je besprijekoran i nije pronađeno niti jedno oštećenje kompozita.
- Na slici 169 istaknuta je popunjena površina koja oslikava razliku između minimalne i maksimalne probodne sile šivaće igle. Prema rezultatima može se utvrditi razlike među probodnim silama po uzorcima ispitivanja, osobito kod minimalnih probodnih sila šivaće igle (tab. 50). Zanimljivo je istaknuti da su minimalne probodne sile većinom manje kod tanje (2 mm) PU pjene u odnosu na deblju (4 mm) PU pjenu (sl. 170). Dok je kod maksimalnih probodnih sila šivaće igle manje probodne sile su kod deblje PU pjene. Veće razlike između minimalnih i maksimalnih probodnih sila su kod tanje PU pjene. Veće varijacije minimalnih probodnih sila šivaće igle su kod tanje PU pjene. Maksimalne sile kod obje PU pjene su ujednačene i nema velikih varijacija. Generalni zaključak je da su maksimalne sile probodnih sila šivaće igle veće kod tanje PU pjene. Ova pojava može se konstatirati da igla teže probija tanji PU pjenu u vrijeme šivanja ako se pritisak pritisne nožice ne razlikuje u odnosu na šivanje kompozita s debljom PU pjenom.

Deblja PU pjena je kod istog pritiska pritisne nožice i dalje je deblja pa igla lakše probada PU pjenu s dužim probadanjem i ostvaruje manju silu probadanja. No minimalne probodne sile šivaćih igala ipak su veće kog kompozita s debljom PU pjenom. Promatrajući minimalne i maksimalne probodne sile šivaćih igala po vrstama igala može se utvrditi da su minimalne prekidne sile većinom namjanje kod svih uzoraka kod igle NM110RG SAN6 Geb, potom kod igle NM110R Geb, a najveće kod igle NM110R. Maksimalne sile se nisu bitno razlikovale po vrstama igala, no ipak je većinom isti tijek probodnih sila šivaćih igala kao i kod minimalnih (tab. 50, sl. 168-170). Minimalne i maksimalne probodne sile šivaćih igala mijenjale su se s brzinama spajanja komponenti u kompozit, osobito minimalne sile. Nije moguće uvijek postaviti određeni zaključak koja brzina spajanja komponenti je imala veću ili manju probodnu silu.

- Višefaktorskom analiza varijance za kompozit debljine PU pjene 2 mm može se utvrditi da: razlike u probodnim silama šivaće igle na različitim brzinama ljepljenja, nisu signifikantne, a da su razlike u probodnim silama šivaće igle s različitim vrstama igala signifikantne (sl.171, tab. 52).
- Višefaktorskom analizom varijance za kompozit debljine PU pjene 4 mm može se utvrditi da razlike u probodnim silama šivaće igle s različitim brzinama ljepljenja, nisu signifikantne, da su razlike u probodnim silama materijala s različitim vrstama igala signifikantne (sl. 171, tab. 54).



## **6. ZAKLJUČAK**

Zaključni rezultati dobiveni termičkim spajanjem komponenata u kompozit s različitim brzinama su:

- a) Termičko spajanje pletiva i PU, a potom dobivenog polukompozita i tkanine u konačni kompozit, uzrokovalo je smanjenju debljine i mase kompozita u odnosu na debljinu i masu koju sačinjavaju komponente prije spajanja. To upućuje na da se tkanina i pletivo u vrijeme površinskog taljenja PU utapali u nastalu taljevinu, te je na taj način ostvaren čvrsti spoj. Spajanjem pletiva i PU u polukompozit utjecalo je na smanjenje prekidne sile u uzdužnom smjeru polukompozita u odnosu na zbroj prekidnih sila pletiva i PU, dok je u poprečnom smjeru dobivene veća prekidna sila u polukompozitu u odnosu na zbroj prekidnih sila pletiva i PU. Uzork ovome može biti da je uzdužna napetost tkanine, pletiva i PU u vrijeme termičkog spajanja utjecala na istezanje i određenu deformaciju kompozita.
- b) Analizirajući rezultate prekidnih sila konačnog kompozita u uspoređujući sa zbrojem prekidnih sila komponenata prije termičkog spajanja, utvrđen je porast prekidnih sila kompozita u uzdužnom i poprečnom smjeru kod svih brzina termičkog spajanja i kod obje debljine PU. Promjenom brzine termičkog spajanja komponenti u kompozit, prekidne sile nisu se osjetno mijenjale, no ipak se ponavljala najveća prekidna sila na srednjoj korištenoj brzini (34 m/min).
- c) Sila razdvajanja tkanine od PU i pletiva je veća od sile razdvajanja pletiva od PU i tkanine kod svih uzoraka u oba smjera i obje debljine PU. Manja debljina poliuretana i manja brzina termičkog spajanja daju veće sile razdvajanja. Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da se sila razdvajanja povećavala smanjenjem brzine termičkog spajanja, pa je najmanja kod uzoraka kod kojih su termički spajane komponente u kompozitu na 39 m/min, a najveća kod uzoraka koja su termički spajana na 30 m/min.
- d) Koeficijent korelacije između uzdužne i poprečnih sila razdvajanja je vrlo visok kako pojedinačno po ispitanim uzorcima, tako i uključivanjem svih uzoraka zajedno.
- e) Prema dobivenim rezultatima može se utvrditi da su kompoziti s najvećom prekidnom silom oni koji su imali srednju brzinu termičkog spajanja, a najvećom silom razdvajanja kompoziti koji su imali najmanju brzinu termičkog spajanja.

- f) Povećanjem brzine lijepljenja komponenti u kompozit smanjuje se sile probijanja a povećava prekidno istezanje kod svih uzoraka.
- g) Veći promjer kugle za probijanje utjecao je na veće sile probijanja i veće prekidno istezanje.
- h) Uzorci s tanjim poliuretanom (2 mm) većinom su imali veću silu probijanja i veće prekidno istezanje.
- i) Otpornost kompozita na habanje na licu je od velike važnosti za procjenjivanje trajnosti auto navlake, osobito na mjestima dodira s putnicima. Ovi materijali pokazali su vrlo visoku otpornost na habanje.
- j) Korištenjem novih standardiziranih mjernih uređaja, kao i inovativnih za složena ispitivanja tijekom šivanja kao što su mjerenje probodnih sila šivaće igle i napetost konca kod različitih vrsta igala i različitih debljina PU, došlo se do korisnih praktičnih rezultata koji određuju svojstva kvalitete šivanog šava složenih kompozita za auto navlake. Prema dobivenim rezultatima oblik vrška igle, materijal i površinska obrada igle, kao i podmazivanje, u velikoj mjeri utječu na kvalitetu šava. PU pjena predstavlja ne samo problem u stanjenju materijala u poprečnom presjeku nego i stvara određeni otpor pri probadanju igle, a kod neodgovarajuće igle s većim habanjem zadržava se na igli, te zbog visokih temperatura i sljepljuje za iglu. Probadanjem igle s ostacima PU na vršku ili tijelu dolazi do stvaranja većih rupa što može oštetiti tkaninu i pletivu u kompozitu.
- k) Odabiranjem odgovarajuće igle probodne sile se značajno smanjuje a smanjuje se i oštećenje materijala. Višefaktorskom analizom varijance za kompozit debljine PU pjene 2 i 4 mm, utvrđeno je da razlike u probodnim silama šivaće igle na različitim brzinama lijepljenja, nisu signifikantne, a da su razlike u probodnim silama šivaće igle s različitim vrstama igala signifikantne.

## 7. LITERATURA

- [1] D. Righy: Tehnički i netkani tekstil - Predviđanja razvoja svjetskog tržišta, Tekstil, 52, 2003. 646 - 654
- [2] T. Rowe: Interior textiles Design and developments, The textile Institute, Woodhead publishing in textiles, Oxford, Cambridge, New Delhi, book, 2009.
- [3] S. K. Mukhopadhyay: High Performance Textiles, Textile Progress, The Textile Institute Manchester, 25, 3/4, 1993.
- [4] E. Pezelj i sur.: Suvremeni tehnički tekstil - specifični zahtjevi na vlakna, Tekstil, 51, 6, 2002. 261-277.
- [5] R. Čunko: Umjetna vlakna - meri nvažni poliovoga doba, Polimeri 23, 6, 2002. 129 - 139.
- [6] S. Kovačević, D. Ujević: Seams in car seat coverings: properties and performance, Joining Textiles, Principles and applications, edited by: I. Jones, G.K.Stylios, Woodhead publishing series in textiles, Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delhi, 2013. 478-506.
- [7] A. R. Horrocks, M. Tune, D. Priče: The burning behaviour of textiles and its assessment by oxygen index methods, Textile Progress, The Textile Institute Manchester, 18, 2/3, 1989.
- [8] J. Bredmeyer: Kettengewirke und Nahgewirke - die Alternative für Schaumstoffilamente in der Automobilenausstattung, Melliand Textilberichte 75, 6, 1994. 488- 494.
- [9] K. Karisen: New functionality in yarns for automotive textiles, 44<sup>th</sup> Man-Made Fibers Congress, Dornbirn, 2005.
- [10] J. Dutkiewicz: Some advances in nonwoven structures for absorbency, comfort and aesthetics, AU- TEXRes. Journal 2, 3, 2002.153- 165.
- [11] S. Kovačević, D. Ujević, I. Schwarz, B. Brlobašić Šajatović, S. Brnada: Analysis of Motor Vehicle Fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 71, 2009. 32-38.
- [12] W. Fung, M. Hardcastle: Textiles in automotive engineering, Cambridge, Woodhead, 2001. 455-474.
- [13] D. Ujević: Problematika proizvodnje pletene odjeće, Tekstil, 41, 1, 1992. 19-23.

- [14] W. Albrecht: Netkane tekstilije-stare ali ipak suvremene i perspektive, *Tekstil*, 49, 2000. 568-570.
- [15] D. Hoffer: Netkane tekstilije, Savez inženjera i tehničara tekstilaca hrvatske, Zagreb, Croatia, 1976.
- [16] ...(2001), Netkani tekstil u zapadnoj Europi, *Tekstil*, 50, 99-106.
- [17] K. Phillip: Natural fiberreinforced composite materials for automotive interiors, *Melliand International*, 11, 1 2004. 54-57.
- [18] M.M. Schwartz: New materials, Processes, and Methods Technology, Boca Raton, FL: Tylor & Francis/CRS Press 2006. 32-38.
- [19] D. Ujević i sur.: 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.
- [20] Z. Skenderi, V. M. Potočić Matković, J. Jaklin, D. Vitez: Kompoziti od pletiva i poliuretana, Zbornik radova: 3.međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo, Zagreb, 2010. 121-124.
- [21] R. Čunko, M. Andrassy: Vlakna, Zrinski d.d., Zagreb, 2005.
- [22] M. Poje-Stella: Razvoj i primjena poliuretanskog presvlačenja za specijalne svrhe, *Tekstil*, 51, 10, 2002. 470-477.
- [23] Y. E. Mogahzy: Engineering textiles, Integrating the design and manufacture of textile products, Cambridge, Woodhead, 2009. 254-322.
- [24] S. K. Mukhopadhyay, J. E. Patridge: Automotive Textiles, Textile progress, The Textile Institute Manchester, 29, 1999.
- [25] D. Ujević, S. Kovačević., C. L. Wadsworth: Textile in a Function of Car Industry, The 5th International Scientific Conference of Producing Engineering, Development and Modernization of Production, University of Bihać, RIM 2005.
- [26] S Hayes, J. Mcloughlin: The sewing of textiles, Joining Textiles, Principles and applications, edited by: I. Jones, G.K.Stylios, Woodhead publishing series in textiles, Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delhi, 2013. 62-122.
- [27] S. M. Kawabata, M. Niwa: Fabric performance in clothing and clothing manufacture, *Journal of Textile Institute*, 80, 1989. 19-50.
- [28] ...IMB Koln, Technical information firm Schmetz and Dtirckopp Adler, 2006.
- [29] A. Rudolf, J. Geršak: Influence of Sewing Speed on the Changes of Mechanical Properites of Differently Tvvised and Lubricated Threads During the Process of Sewing, *Tekstil*, 56, 2007. 271-277.

- [30] R. Čunko: Tekstilije - važna komponenta u suvremenoj proizvodnji automobila, *Tekstil*, 55, 2006. 279-290.
- [31] D. Rogale i sur.: Tehnologija proizvodnje odjeće sa studijem rada, 2. dopunjeno izdanje, Tehnički fakultet Univerziteta, Bihać, Bosna i Hercegovina, 2005.
- [32] I. Karabegović, D. Ujević, S. Kovačević, B. Bolić: Konstrukcija izvedbe strojno šivaćih igala, RaDMI, Zlatibor, 2004..
- [33]...Prospekti tvtko Groz Beckert 2014.
- [34] D Ujević i sur.: Prikaz strojeva, *Tekstil*, 42, 7, 1993. 400 – 403.
- [35] M. Tartilaité, J. Vobolis: Effect of Fabric Tensile Stiffness and of External Friction to the Sewing Stitch Length *Materials Science, Medžiagotyra*, 7, 2001. 57-61.
- [36] J. Geršak: Dinamičko naprezanje konca kao posljedica tehnološki uvjetovanih sila u procesu oblikovanja uboda, *Tekstil* 40, 5, 1991. 213-222.
- [37] E. Vujasinović, D. Rogale: Properties and performance of welded or bonded seams: *Joining Textiles, Principles and applications*, edited by: I. Jones, G.K.Stylios, Woodhead publishing series in textiles, Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delhi, 2013. 435-463.
- [38] L. H. Scott: Some problems relating to sewing, *Journal of the Textile Institute*, 42, 8, 1951. 653-660.
- [39] S. Simmons: An analysis of forces in a fabric-needle sewing system, *Clothing Research Journal*, 7, 2, 1979. 51-77.
- [40] J. Geršak: Smjernice razvoja tehnika šivanja i odjevnog inženjerstva, *Tekstil*, 50, 2001. 221-229.
- [41] V. Dobilaité, M. Juciené: Influence of Sewing Machine Parameters on Seam Pucker, *Tekstil*, 56, 2007. 286-292.
- [42] D. Ujević, B. Knez: Razvoj šivaćih strojeva za odjevnu industriju, *Tekstil*, 41, 6 1992. 267-275.
- [43] B. Knez: Tehnološki procesi proizvodnje odjeće, Sveučilišna naklada d.o.o., Zagreb, 1990. 106.
- [44] M. Braun: Einfluss der Nadelgeometrie auf die Vernahbarkeit von Maschenwa-re, *Melliand Textilberichte*, 58, 9, 1977. 734-739.
- [45] W. D. Maltitz: Utjecaj šivaće igle na oštećenja pletiva, *Tekstil*, 39, 10, 1990. 611-613.
- [46] V. N. Garbaruk: Probadanje tekstilnih materijala iglom, *Tehnologija Legkoje promišljenosti, Izvjestija viših učevnih zajednica*, Lenjingrad, 1975. 84.

- [47] A. I. Nazarova i sur.: Tehnologija švejnih izdelij po individualnim zakazam, Legkaja industrija, Moskva, 1975. 118.
- [48] J. Geršak, B. Knez: Određivanje prohodnih sila šivaćih igala u procesu šivanja odjeće, *Tekstil*, 34, 10, 1985. 759-768.
- [49] G. Spescha, E. Volle: Piezoelektrische Messgarate, Sonderdruck »Messen und Prüfen«, Heft 2, 3, 1967.
- [50] R. Nestler, J. Arnold: Messtechnische Untersuchungen zum Nadeldurchstechkraftverhalten während des Na- hprozesses, *Bekleidung und Maschenware*, 18, 3, 1979. 132-136.
- [51] R. Nestler, J. Arnold: Ugotavljenje iglene temperature in prebodne sile med šivalnim postopkom, *Tekstilec*, 26, 6, 1980.16-23.
- [52] R. Nestler, J. Arnold: Warmetechnische Betrachtungen zur Nahmaschinennadel beim Nahprozess, Teil 2: Nadeldurchstecharbeit und Energiebilanzen, *Textiltechnik* 36, 3, 1986.158-159.
- [53] R. Nestler, J. Arnold: Teoretska razmatranja toplinsko-tehnološkog ponašanja šivaće igle u procesu šivanja, *Tekstil*, 35, 8, 1986. 593-600.
- [54] T. Koren., S. Doležal: Utvrđivanje utroška konca za konkretni šav u procesu šivanja odjeće, *Zbornik radova: 3.međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo*. Zagreb, 2010. 189-192.
- [55] W. Schröer: Naslojavanje tekstila poliuretanima, *Tekstil*, 38, 1989. 147-154.
- [56] D. Robak: A model of Fabric Transport in a Sewing Machine Using a Feed Dog Covered with a Supple Material of Increased Friction, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 7-9, 2002. 59-62.
- [57] B. Bolić, I. Karabegović, D. Ujević: Prilog analizi sila na šivaćoj igli pri prolazu kroz materijal, RIM, Bihać, 2004.
- [58] R. A. Khan, S. P. Hersh, L. P. Grady: Simulation of needle-fabric interactions in sewing operations, *Textile Research Journal*, 40, 6, 1970. 489-498.
- [59] G. Stylios, D.W. Loyd: Prediction of seam pucker in garments by measuring fabric and thread mechanical properties and geometrical relationships, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2, 1, 1990. 6-15.
- [60] D. Ujević, B. Knez: Probodne sile šivaćih igala u procesu šivanja odjeće, *Tekstil*, 42, 7, 1993. 394-399.
- [61] *Progress in Textile Coating and Lamination, BTTG Conference, Chester*, 2-3

- July, Chester, Manchester, BTTG.
- [62] I.F. Obratsov and V.V. Vasiliev, Optimal design of composite structures. In Handbook of Composites: Vol. 2, Structure and Design (C.T. Herakovich and Yu, M. Tarnopol'skii, eds.). Elsevier, Amsterdam, 1989. 3-84.
- [63] ISO 4916: Sewing Machines, Seam Types, Classification and Terminology, 1992.
- [64] ISO 4915: Sewing Machines, Stitch Types, Classification and Terminology, 1981.
- [65] M. Juciene, J. Vobolis: Analysis of Seam Parameters in Upholstery of Upholstered Furniture, *Tekstil*, 57, 2008. 352-356.
- [66] J. Obolis: Quality Estimation of Sewing Machine V-belt Drive, *Mechanika*, 2000. 32-36.
- [67] G. Nikolić: Mehanizmi strojeva za proizvodnju odjeće, Zrinski d.d. Čakovec, 2000. 113-117.
- [68] V. N. Garbaruk: Konstrukcija osnovnih mehanizama mašina za šivanje, Lenjingrad, 1977.
- [69] B. Knez: Tehnologija izrade odjeće, Skripta, SIZ Odgoja i usmjerenog obrazovanja za tekstilnu i odjevnu industriju Hrvatske, Zagreb, 1979. 129-154.
- [70] J. Geršak, B. Knez: Određivanje probodnih sila šivaćih igala u procesu šivanja odjeće, *Tekstil*, 34, 10, 1985. 759-768.
- [71] K. Gotlih, J. Geršak: Analiza delovanja sil na elemente oblikovanja šivalnega vboda, II. međunarodna konferenca IMCEP '94, Zbornik referatov, Tehniška fakulteta Maribor, ITKP Maribor, 1994. 214-220.
- [72] E.A. Marakušev: Eksperimentalno-analitička metoda djelovanja valjaka na materijal, Tehnika Kiev, 1976.
- [73] I. Karabegović: Statika, Tehnički fakultet, Bihać, 2002.
- [74] D. Ujević: Utjecaj probodnih sila šivaćih igala u procesu šivanja pletene odjeće, doktorska disertacija, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1998.
- [75] V. Strmečki, T. Koren, M. Cerovec: Utjecaj konstrukcije tkanine na smicanje niti u području šivaćeg šava, *Tekstil*, 48, 2, 1999. 71-76.
- [76] R. Čunko: Ispitivanje tekstila, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 1989.
- [77] HRN EN ISO 12947-1:2008; Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method, Part 1: Martindale abrasion testing apparatus