

mag. **Dunja Šajn**, univ. dipl. inž.

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo,
Snežniška 5; SI-1000 Ljubljana; e-pošta: dunja.sajn@ntftex.uni-lj.si

izr. prof. dr. **Jelka Geršak**, univ. dipl. inž.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo,
Smetanova 17, SI-2000 Maribor; e-pošta: jelka.gersak@uni-mb.si
Oddelek za tekstilstvo, Smetanova ulica 17; SI-2000 Maribor

doc. dr. **Vili Bukošek**, univ. dipl. inž.

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo,
Snežniška 5; SI-1000 Ljubljana; e-pošta: vili.bukosek@ntftex.uni-lj.si

Študij odnosa med obremenitvijo in relaksacijo tkanin z dodanim elastanom*

V prispevku je posebna pozornost namenjena študiju odnosa med obremenitvijo in relaksacijo tkanin z dodanim elastanom. V prvem delu je obravnavan odnos med obremenitvijo in relaksacijo tkanine v navitku kot posledica navijanja, medtem ko je v drugem delu podan vpliv deformacij tkanine pri polaganju na relaksacijo krojnih slojev v krojni plasti. Poznavanje odnosov med obremenitvijo in relaksacijo tkanin z dodanim elastanom ima velik vpliv na razlago relaksacijskih pojavov v tovrstnih tkaninah glede na stopnjo deformacije.

Ključne besede: tkanine z dodanimi elastani, obremenitev, deformacija, relaksacija, »breznapetostno« odvijanje, polaganje

Study of the Relationship Between Loading and Relaxation of Fabrics Containing Elastane Yarns

In contribution is special attention intended to study of the relationship between loading and relaxation fabrics containing elastane yarns, where goes in the first part for trial of the relationship between loading and relaxation of wounded fabric, as consequence of winding. In the other part is banded impact of deformation of fabric in spreading on relaxation of layers in the lay. Expertise of the relationship between loading and relaxation fabrics containing elastane yarns has big impact on explanation relaxation phenomena in such fabrics as for degree of deformation.

Key words: fabrics containing elastane yarns, loading, deformation, relaxation, manually unwinding the fabric roll, spreading

UDK 677.074 : 539.3

1.0 UVOD

Proizvodnja elastanskih prej se je od leta 1959, ko je prvič prišla na tržišče Lycra, do leta 1999 povečala na 120.000 ton letno^[1]. Sorazmerno narašča tudi proizvodnja tkanin z dodanimi elastani za potrebe oblačilne industrije, predvsem za športna oblačila.

Izdelava oblačil iz tkanin z dodanim elastanom je pogostokrat zahtevna naloga, saj prihaja zaradi njihove povečane elastičnosti do problemov pri krojenju in šivanju. Osrednji problem krojenja tkanin z dodanim elastanom je njihovo nepredvidljivo obnašanje med

procesom polaganja v krojno plast in razrezom krojnih plasti v oblačilne dele. To se kaže v manjših ali večjih deformacijah materiala v vzdolžni (natezne obremenitve) in prečni smeri, ki nastanejo kot posledica delovanja tehnološko pogojenih sil polagalnega stroja. Poznavanje nateznih obremenitev in relaksacijskih pojavov, ki jim je med procesom polaganja izpostavljena tkanina, ima teoretičen in praktičen pomen za zagotavljanje kakovostnega strojnega polaganja.

Glede na navedeno problematiko je v prispevku v prvem delu obravnavan odnos med obremenitvijo in relaksacijo tkanine v navitku, medtem ko je v drugem

delu podan vpliv deformacij tkanine pri polaganju na relaksacijo krojnih slojev v krojni plasti.

2.0 ELASTIČNE LASTNOSTI IN DEFORMACIJE TKANIN Z DODANIM ELASTANOM

Elastične lastnosti oz. elastičnost tkanin z dodanim elastanom imajo na deformacijo tovrstnih tkanin velik vpliv. Pri nižjih obremenitvah je obnašanje skoraj vsakega tekstilnega materiala linearno elastično, kar pomeni linearen odnos med obremenitvijo in deformacijo. Material se pri nižji obremenitvi povrne v začetno lego, tako da je vrednost deformacije ob koncu razbremenitve enaka nič. Pri nadaljnjem večanju obremenitve nad mejo elastičnosti, zveza med obremenitvijo in deformacijo ni več linearna in pride do pojava plastičnih, nepovratnih deformacij. Poznavanje meje elastičnosti materiala je praktičnega pomena in predstavlja mejo dopustnih obremenitev, ki jim je lahko med proizvodnim procesom izpostavljen material [2].

Deformacija oz. raztezek tkanine pri nižjih obremenitvah (npr. pri 490,5 N/m po KES-FB merilnem sistemu) znaša za normalne tkanine od 3 do 10 %, medtem ko se raztezek tkanin z dodanimi elastani giblje od 10 do 30 %. Če je tkanina preveč elastična, kar velja za tkanine z dodanim elastanom, lahko nastopijo težave med procesi predelave tovrstnih tkanin [3].

Tako v procesu polaganja tkanin z dodanim elastanom v krojni plasti pride zaradi tehnološko pogojenih sil polagalnega stroja do manjšega ali večjega raztezanja.

Deformacija je odvisna od velikosti delujočih obremenitev in upora tkanine proti vlečni sili, ki učinkuje na gibajoč del tkanine pri polaganju. Upor tkanine proti nastalim obremenitvam je odvisen od njenih viskoelastičnih lastnosti. Ker imajo tkanine z dodanimi elastani nižje vrednosti modula elastičnosti, nudijo manjši upor proti nastalim obremenitvam.

Poleg modula elastičnosti E , so za obnašanje tkanine med polaganjem pri nižjih obremenitvah pomembni še parametri, kot so: napetost σ_y in raztezek ϵ_y v točki polzišča in delo do polzišča A_y (površina pod krivuljo napetost–raztezek $\sigma(\epsilon)$ do meje polzišča) [4].

Z naraščajočo razteznostjo tkanine narašča vrednost dela do polzišča in področje elastičnih deformacij tkanine na krivulji sila–deformacija.

2.1 Odnos med obremenitvijo in relaksacijo

Pri polaganju pride do deformacije tkanine zaradi delovanja vlečne sile. Po polaganju oz. razbremenitvi nastopi relaksacija tkanine, ki je odvisna od parametrov polaganja (vlečne sile), mase tkanine, površinskega trenja, dolžine položenih slojev, števila slojev in časa relaksacije.

Relaksacija tkanine se kaže kot njena deformacija, ki je sorazmerna z velikostjo učinkujoče vlečne sile oz. stopnje obremenitve, povzročene prek dovajalnih in odvajalnih valjev polagalnega stroja. Deformacija tkanine se lahko določi iz razmerja dolžine krojnega sloja takoj po polaganju in po določenem času relaksacije.

Relaksacija napetosti v tkanini se lahko kot posledica zaradi vlečne sile nastale deformacije pri polaganju določi na podlagi poznavanja odnosa med obremenitvijo in deformacijo. Ker gre za časovno obnašanje, se lahko odvisnost med obremenitvijo in deformacijo opiše na podlagi mehanskih modelov, kot so Maxwellov, Voight-Kelvinov in matematični model, kjer se vzame kot model za čisto elastično telo vzmet, za čisto plastično telo pa v viskoznem mediju gibajoč bat. Tako lahko na primer izrazimo odvisnost med obremenitvijo in deformacijo z Maxwellovim modelom, kjer gre za zaporedno vezano vzmet, ki predstavlja Hookovo področje na krivulji napetost–deformacija in dušilko, ki predstavlja viskozne lastnosti materiala, ustrezno Newtonovemu zakonu [5, 6, 7].

Odnosnost sile in deformacije je pri tem podana z izrazom [5, 6]:

$$\frac{d\epsilon}{dt} = \frac{1}{E_m} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta_m} \quad (1)$$

kjer je: $d\epsilon$ – sprememba raztezka,
 E_m – modul vzmeti,
 η_m – viskoznost dušilke,
 $d\sigma$ – sprememba napetosti,
 dt – čas.

Če želimo izraziti relaksacijo napetosti pri konstantnem raztezk, dobimo:

$$\frac{1}{E_m} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta_m} = 0 \quad (2)$$

Z integriranjem in upoštevanjem, da je $t = 0$ in $\sigma = \sigma_0$, dobimo [5, 6]:

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(\frac{-E_m}{\eta_m} t\right) \quad (3)$$

in izrazimo odvisnost modula vzmeti E_m in viskoznost tekočine v dušilki η_m , kot:

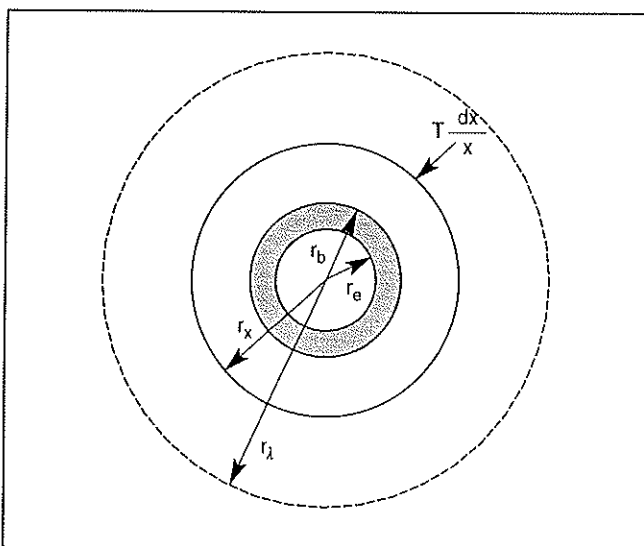
$$\frac{E_m}{\eta_m} = \tau \quad (4)$$

kjer je τ – čas relaksacije.

Izraz (3), ki ponazarja relaksacijo, napoveduje eksponentni padec napetosti v odvisnosti od časa relaksacije τ .

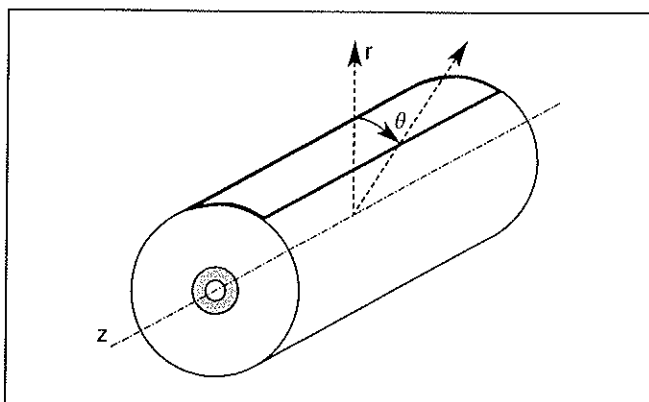
2.1.1 Obremenitev in relaksacija tkanin z dodanim elastanom v navitku

Med navijanjem tkanin z dodanim elastanom prihaja do obremenitve tkanine znotraj navitka v radialni smeri zaradi delovanja kompresijskih sil navitih slojev ($T \frac{dx}{x}$) iz zunanjega dela (s premerom r_λ) proti notranjosti navitka (s premerom r_e), medtem ko so obremenitve v tangencialni smeri (smer osnovnih niti) zanemarljive. Pri tem deluje na vsak navit sloj normalna oz. radialna sila v smeri proti središču navitka s kovinsko cevko, notranjega r_e in zunanjega premera r_b , ter tangencialna sila v smeri osnovnih niti tkanine, slika 1[8].



Slika 1: Prikaz delovanja kompresijskih sil znotraj navitka [8]

Tkanina pri navijanju na navitek izraža viskoelastične lastnosti in se obnaša na eni strani kot trdna elastična snov, kjer velja Hookov zakon, na drugi strani pa kot viskozna snov, ustrezno Newtonovemu zakonu. Zaradi značilnih viskoelastičnih lastnosti tkanine so napetosti v tangencialni smeri minimalne. To se kaže pri breznapetostnem odvijanju prvega sloja z navitka, kjer ne prihaja do večje spremembe dolžine po določenem času relaksacije tkanine [8, 9].



Slika 2: Prikaz navitka v polarnem koordinatnem sistemu [8]

Obremenitve, ki nastopijo pri navijanju, se lahko obravnavajo v polarnem koordinatnem sistemu, kjer z-os sovpada z osjo vrtenja, zato so obremenitve v smeri te osi enake nič. To omogoča obravnavo ravninskega stanja napetosti v polarnih koordinatah, slika 2 [8, 10].

Ravnotežje napetosti v radialni in tangencialni smeri v polarnem koordinatnem sistemu je podano z izrazom [10]:

$$r \frac{d\sigma_r}{dr} + \sigma_r + \sigma_\theta - r \cos \theta w_0 = 0 \quad (5)$$

kjer je: σ_r – napetost v radialni smeri,
 σ_θ – napetost v tangencialni smeri,
 r – premer navitka,
 w_0 – masa navitka.

Napetosti, ki se akumulirajo pri navijanju znotraj navitka, se sčasoma zmanjšujejo v odvisnosti od trenja med sloji in kompresijskih sil, s katerimi zunanji sloji delujejo na notranje.

Padec napetosti znotraj navitka se odvija ustrezno z Maxwellovim modelom, kjer napetost eksponentno pada s časom v smeri osnovnih in votkovnih niti in rahlo narašča od zunanjega dela proti središču navitka [6].

2.1.2 Obremenitev in relaksacija tkanin z dodanim elastanom pri polaganju

Pri polaganju materiala zaradi tehnološko pogojenih sil polagalnega stroja na tkanino deluje vlečna sila, ki povzroči natezne in strižne obremenitve materiala in s tem manjše ali večje deformacije materiala.

Nastale deformacije se kažejo v obliki nateznih deformacij v vzdolžni smeri (raztezanje v krojno plast položene tkanine) ter strižnih deformacij v prečni smeri kot posledica obremenitve, ki jo povzroči odvajalni valj z gumijasto oblogo v obliki vijačnice, ki izhaja iz sredine proti levemu oz. desnemu robu valja. Velikost nastale deformacije je odvisna od vlečne sile, s katero delujejo vodilni elementi in odvajalni valj na tkanino, vrste in lastnosti tkanine, konstrukcijskih parametrov tkanine, njenih mehanskih in fizikalnih lastnosti, dolžine v krojno plast položene tkanine, parametrov polaganja ter vrste in opremljenosti polagalnega stroja.

Po polaganju nastopi relaksacija tkanine v krojni plasti, ki se kaže v spremembi dimenzij tkanine v vzdolžni in prečni smeri oz. v spremembi dimenzij krojne plasti. Stopnja relaksacije v krojno plast položene tkanine je teoretično sorazmerna stopnji obremenitve, ki ji je izpostavljena tkanina med polaganjem.

Ker so spodnji sloji v krojno plast položene tkanine med relaksacijo obremenjeni preko mase položene slojev tkanine, se napetosti, ki se akumulirajo v posa-

meznih slojih v krojno plast položene tkanine, sčasoma zmanjšujejo v odvisnosti od trenja med sloji tkanine in kompresijskih sil, s katerimi zgornji sloji delujejo na notranje oz. spodnje sloje.

3.0 METODIKA

Na podlagi podanih teoretičnih osnov je bila preučena relaksacija tkanin z dodanim elastanom v navitku kot posledica pri navijanju nastalih deformacij in se kaže v spremembi dolžine po breznapetostnem odvijanju tkanine z navitka ter relaksacije po polaganju krojnih slojev v krojno plast.

V drugem delu raziskave je bila preučena relaksacija napetosti uporabljenih tkanin pri konstantni deformaciji.

Za analizo nateznih obremenitev v procesu polaganja krojnih slojev v krojno plast so bile uporabljene tri tkanine z dodanim elastanom, različne konstrukcije, gostote osnovnih in votkovnih niti, mase in surovinske sestave.

Splošne značilnosti uporabljenih tkanin so prikazane v preglednici 1, medtem ko so natezno elastične lastnosti analiziranih tkanin, določene s pomočjo KES-FB merilnega sistema, prikazane v preglednici 2.

3.1 Model raziskave

Raziskava odnosa med obremenitvijo in relaksacijo pri polaganju tkanin z dodanim elastanom je potekala v dveh delih. V prvem delu je bila izvedena analiza relaksacije tkanin pri polaganju krojnih slojev v krojno plast v proizvodnem procesu ter relaksacija tkanin po t. i. breznapetostnem odvijanju prvega in srednjega sloja tkanine iz navitka. V drugem delu je bila raziska-

na relaksacija napetosti v tkaninah na podlagi meritev relaksacije napetosti na dinamometru.

Raziskave pri polaganju nastalih deformacij so bile izvedene na podlagi merjenja spremembe dolžine krojnih slojev takoj po procesu polaganja in po 15-, 30-, 45- in 90-ih minutah ter po 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7-ih in po 24-ih urah, in sicer pri različnih dolžinah in oblikah krojnih plasti. Da bi lahko preučili vpliv zaostale relaksacije v navitku, so bile raziskane deformacije posamezne tkanine po breznapetostnem odvijanju določene dolžine prvega in srednjega sloja tkanine z navitka, takoj po odvijanju in po 15-, 30-, 45- in 90-ih minutah, ter po 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7- in po 24-ih urah.

4.0 REZULTATI

Rezultati študija odnosa med obremenitvijo in relaksacijo analiziranih tkanin med procesom polaganja v krojno plast so prikazani kot:

- rezultati merjenja relaksacije tkanin po procesu polaganja ter breznapetostnem odvijanju prvega in srednjega sloja in
- rezultati meritev relaksacije napetosti v tkanini pri konstantnem raztežku.

4.1 Rezultati meritev relaksacije tkanin

Rezultati meritev relaksacije tkanin oz. spremembe dolžine in širine krojnih slojev tkanine v krojni plasti takoj po polaganju in po 15-, 30-, 45- in 90-ih minutah, ter 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7- in 24-ih urah relaksacije so prikazani na slikah od 3 do 5.

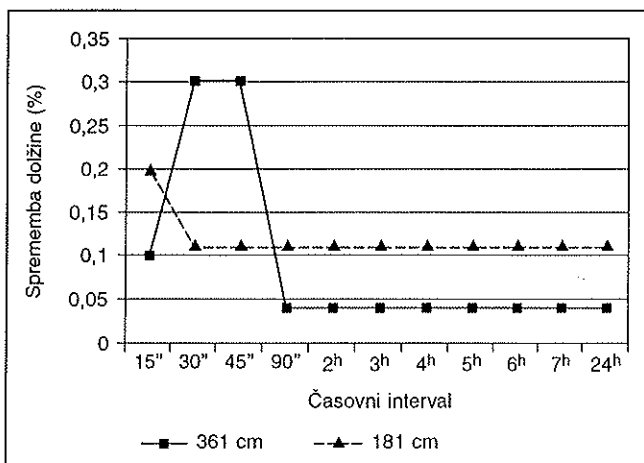
Preglednica 1: Splošne lastnosti uporabljenih tkanin

Oznaka tkanine	Surovinska sestava [11]	Gostota niti na 10 mm		Masa m/gm ⁻²	Debelina h/mm	Vezava	Pretržna sila F _{pr} /N		Pretržni raztezek ε _{pr} /%	
		Osnova	Votek				Osnova	Votek	Osnova	Votek
TK-1	CO/EL	34	28	298,3	0,59	keper	283,7	109,6	43,5	54,8
TK-2	CO/EL	57	33	307	0,62	keper	467,8	503,7	18,1	37,2
TK-3	WO/EL	30	24	156	0,32	platno	276,9	161,2	21,5	32,7

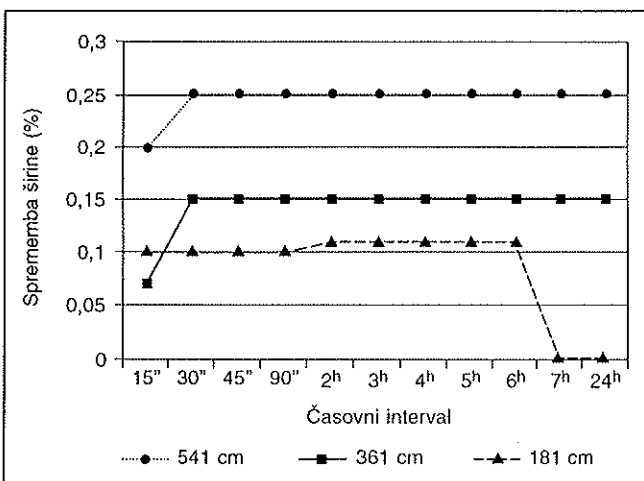
Preglednica 2: Natezno elastične lastnosti analiziranih tkanin

Oznaka tkanine	Vsebnost elastana	Natezne elastične lastnosti											
		Linearnost, LT			Deformacijsko delo WT/ Nm ⁻¹			Sposobnost relaksacije RT/ %			Raztezek pri obremenitvi 490,5 N/m; EMT/ %		
		Osnova	Votek	Povpr.	Osnova	Votek	Povpr.	Osnova	Votek	Povpr.	Osnova	Votek	Povpr.
TK-1	o+v	0,705	0,73	0,715	45,8	64,5	55,15	50,22	41,3	45,77	26	35,6	30,8
TK-2	v	0,656	0,72	0,688	11,4	27	19,2	44,05	39,1	41,56	6,95	15	10,98
TK-3	o+v	0,587	0,54	0,562	13,4	29,8	21,6	65,92	54	59,93	9,13	22,2	15,67

Rezultati spremembe dolžine in širine sloja tkanine, kot posledica notranjih napetosti tkanine v navitku, pri t. i. breznapetostnem odvijanju srednjega sloja po 15-, 30-, 45- in 90-minutah, ter 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7- in 24-ih



a

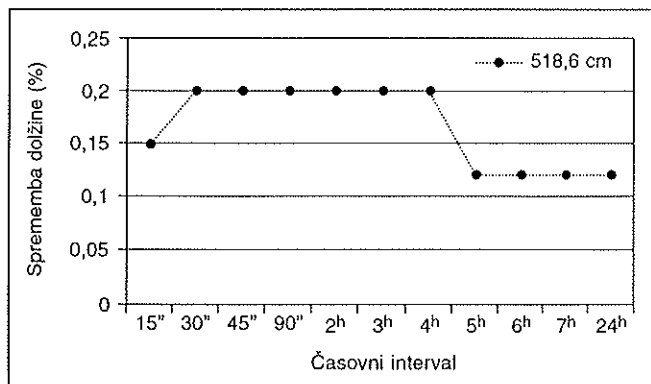


b

Slika 3: Relaksacija krojnih slojev tkanine z oznako TK-1, pri dolžinah krojne plasti, $L_1 = 181$ cm, $L_2 = 361$ cm, $L_3 = 541$ cm

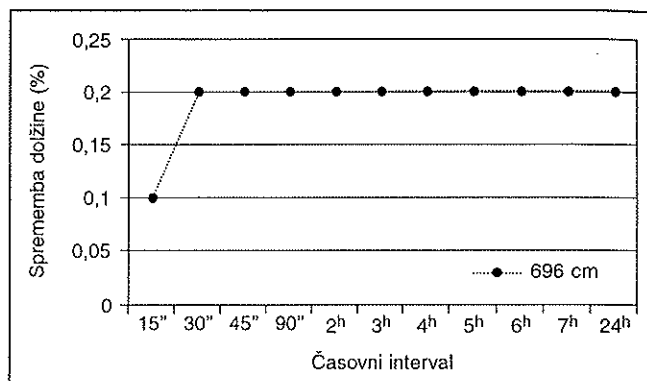
a - sprememba dolžine krojnih slojev

b - sprememba širine krojnih slojev

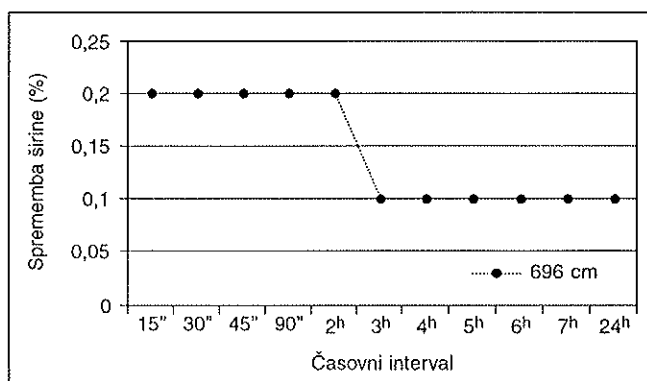


a

urah relaksacije so prikazani na sliki 6. Sprememb dimenzij v vzdolžni in prečni smeri prvega sloja ni bilo.



a

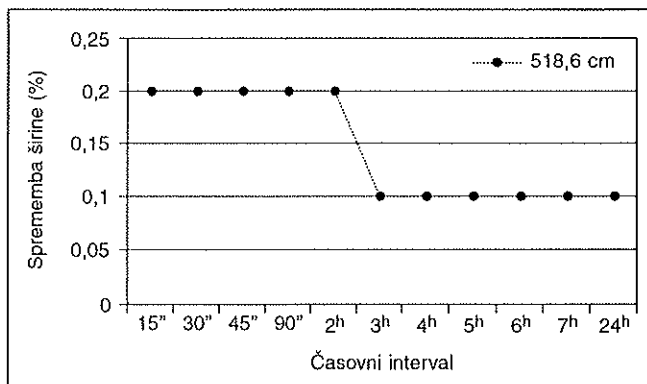


b

Slika 5: Relaksacija krojnih slojev tkanine z oznako TK-3, pri dolžini krojne plasti 696 cm

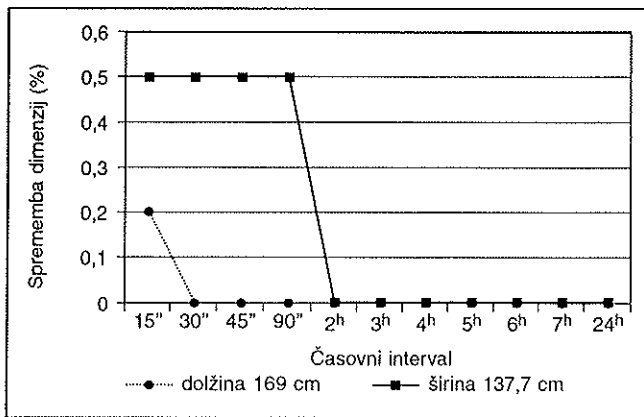
a - sprememba dolžine krojnih slojev

b - sprememba širine krojnih slojev

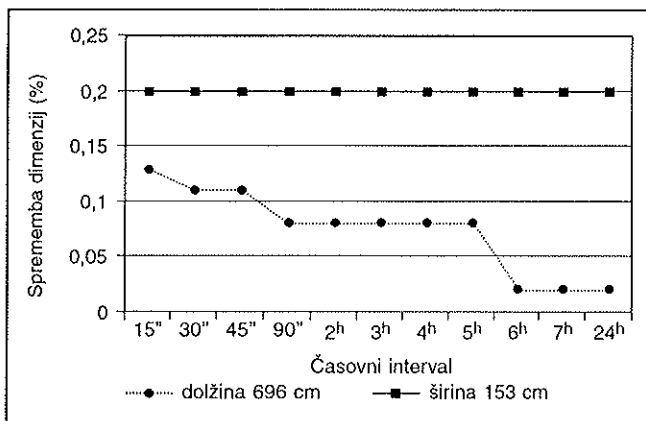


b

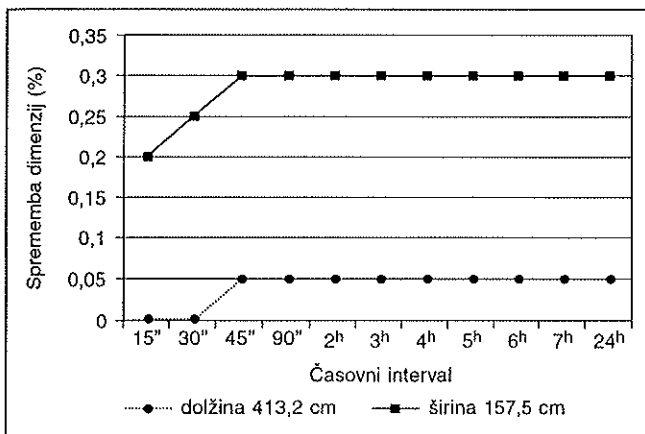
Slika 4: Relaksacija krojnih slojev tkanine z oznako TK-2, pri dolžini krojne plasti 518,6 cm; a - sprememba dolžine krojnih slojev; b - sprememba širine krojnih slojev



a



b

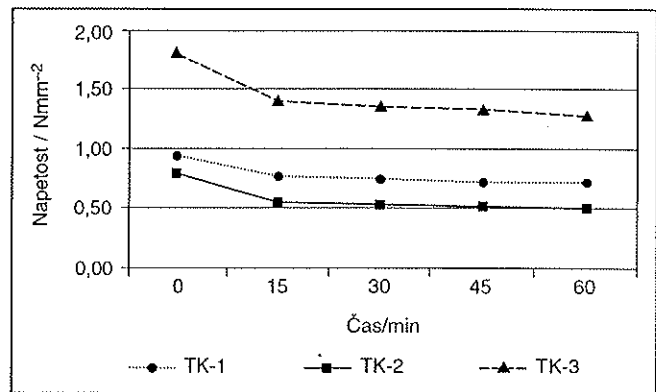


c

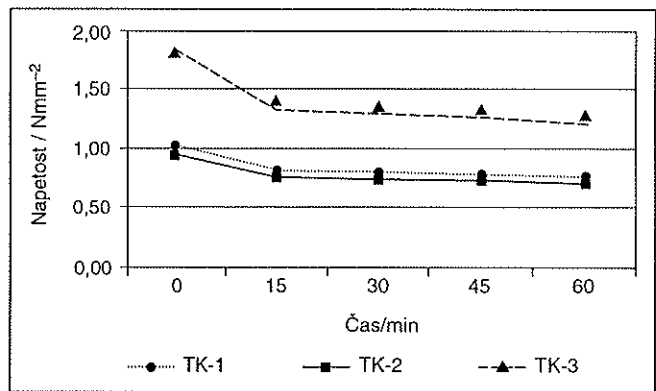
Slika 6: Relaksacija v krojno plast položenih tkanin pri breznapetostnem odvijanju srednjega sloja z navitka
 a - tkanina z oznako TK-1 (L = 169,0 cm, Š = 137,7 cm)
 b - tkanina z oznako TK-2 (L = 696,0 cm, Š = 153,0 cm)
 c - tkanina z oznako TK-3 (L = 413,2 cm, Š = 157,5 cm)

4.2 Rezultati meritev relaksacije napetosti pri konstantnem raztežu

Rezultati meritev relaksacije napetosti pri konstantnem raztežu, izraženi v Nmm^{-2} , po 15-, 30-, 45- in 60-ih minutah so prikazani v preglednici 3 in na sliki 7. Prikazane vrednosti se nanašajo na preskušance, preskušane v smeri osnove in votka.



a



b

-Slika 7: Relaksacija napetosti v tkaninah z oznako TK-1, TK-2 in TK-3 pri maksimalni obremenitvi $490,5 \pm 100 \text{ N/m}$ po 15-, 30-, 45- in 60-ih minutah
 a - tkanine v smeri osnovnih niti
 b - tkanine v smeri votkovnih niti

Preglednica 3: Rezultati meritev relaksacije napetosti pri konstantnem raztežu po 15-, 30-, 45- in 60-ih minutah

Oznaka tkanine	Maksimalna napetost, Nmm^{-2}		Relaksacija napetosti, Nmm^{-2}							
			po 15 min		po 30 min		po 45 min		po 60 min	
	Osnova	Votek	Osnova	Votek	Osnova	Votek	Osnova	Votek	Osnova	Votek
TK-1	1,01	0,93	0,8	0,75	0,78	0,73	0,77	0,71	0,74	0,71
TK-2	0,93	0,79	0,75	0,54	0,73	0,53	0,72	0,52	0,69	0,49
TK-3	1,85	1,81	1,34	1,39	1,31	1,34	1,29	1,31	1,22	1,26

5.0 ANALIZA REZULTATOV

Analiza rezultatov študija odnosa med obremenitvijo in relaksacijo analiziranih tkanin med procesom polaganja krojnih slojev v krojno plast je prikazana kot:

- analiza rezultatov relaksacije tkanine pri merjenju spremembe širine in dolžine krojnih slojev, po procesu polaganja in po breznepetostnem odvijanju prvega in srednjega sloja z navitka;
- analiza rezultatov meritev relaksacije napetosti pri konstantnem raztezk.

5.1 Analiza rezultatov relaksacije tkanine pri merjenju sprememb dolžine in širine po polaganju in po breznepetostnem odvijanju

Da bi lahko opredelili vpliv obremenitve na relaksacijo analiziranih tkanin pri polaganju krojnega sloja v krojno plast v vzdolžni in prečni smeri, je bila izvedena analiza spremembe dolžine in širine tkanine takoj po procesu polaganja in breznepetostnem odvijanju, po 15-, 30-, 45- in 90-ih minutah ter po 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7- in 24-ih urah.

Analiza dobljenih rezultatov je pokazala, da je sprememba dolžine in širine v krojno plast položene tkanine in tkanine pri breznepetostnem odvijanju odvisna od stopnje zaostale relaksacije tkanine v navitku in od obremenitve tkanine pri polaganju.

Največje spremembe dolžine takoj po polaganju v krojno plast so bile zaznane pri tkanini z oznako TK-1 po 30-ih minutah (0,3 % sprememba dolžine), tj. pri tkanini, ki ima najvišjo stopnjo raztezka (30,8 %) pri obremenitvi 490,5 N/m. Pri tkanini z oznako TK-3 že po 30 minutah po polaganju ni bilo opaženih nobenih sprememb dolžine, kar se lahko pripiše sorazmerno visoki sposobnosti relaksacije (RT-1 = 59,93 %) oz. sposobnosti vrnitve v začetni položaj. Sledita tkanini z oznako TK-1 in TK-2 z nižjo sposobnostjo relaksacije (RT-1 = 50,22 % oz. 44,05 %).

Dalje je analiza pokazala, da prihaja do večjih sprememb v dolžinah krojnih slojev pri daljših krojnih plasteh, kar se lahko pripiše večjim obremenitvam posameznih slojev med polaganjem, saj vlečna sila narašča z maso oz. dolžino krojnega sloja. Istočasno pa se pri daljših krojnih plasteh zaradi trenja med položenim in spodnjim slojem tkanine zmanjša možnost takojšnje delne relaksacije med polaganjem. To je bilo opaženo pri vseh treh tkaninah.

Dalje je na podlagi analize sprememb dimenzij po t. i. breznepetostnem odvijanju tkanine z navitka ugotovljeno, da nastopi največja relaksacija po breznepetostnem odvijanju pri sloju tkanine, položenem iz sredine navitka, kar se lahko pripiše večji napetosti, ki jo je tkanina akumulirala zaradi kompresijskih sil navitih slojev iz zunanjega dela proti notranosti navitka, medtem ko na prvem sloju ni bilo zaznanih sprememb dimenzij.

Največje spremembe dolžine, izmerjene po breznepetostnem odvijanju tkanine iz sredine navitka, so bile zaznane pri tkanini z oznako TK-1 (0,2 % relaksacija), tj. pri tkanini, ki izkazuje najvišji raztezek (raztezek v smeri osnove EMT = 26 %), kar kaže na večje deformacije zaradi tehnološko pogojenih sil pri navijanju tkanine v navitku in posledično na višjo stopnjo relaksacije, ki je nastopila zaradi sprostitve napetosti, akumulirane znotraj navitka.

Dalje je bilo na podlagi analize rezultatov meritev dimenzijskih sprememb krojnih slojev tkanine v prečni smeri ugotovljeno, da so zaznane razlike dimenzijskih sprememb večje. Pri tem je zanimivo spoznanje, da je prišlo do negativnih razlik, saj bi glede na relaksacijo v vzdolžni smeri pričakovali, da bodo nastopile pozitivne dimenzijske spremembe. To se lahko utemelji na podlagi relaksacijskih pojavov v tkanini.

Nastale negativne dimenzijske spremembe v prečni smeri se lahko pripišejo nateznim deformacijam tkanine v prečni smeri, ki jih je povzročil odvajalni valj z gumijasto oblogo v obliki vijačnice. Ker so največje dimenzijske spremembe v prečni smeri opažene v prvih dveh urah, kasneje se dimenzijske spremembe zmanjšajo, lahko menimo, da je po polaganju krojnih slojev v krojno plast nastopila relaksacija tkanine tako v vzdolžni kot v prečni smeri, vendar je bila relaksacija tkanine v prečni smeri izrazitejša, medtem ko je bila relaksacija v krojno plast položene tkanine v vzdolžni smeri zaradi dolžine krojne plasti in kompresijskih sil kot posledica mase, ki deluje od zgornjih proti spodnjim slojem, počasnejša in je prišla do izraza šele po relaksaciji tkanine v prečni smeri.

Pri procesu polaganja in navijanja deluje vlečna sila, ki vpliva na večjo deformacijo v smeri osnovnih (vzdolžno), kot pa v smeri votkovnih niti (prečno). Odzivi, ki se kažejo kot zmanjšanje dolžine takoj po polaganju in navijanju, so tako večji v smeri osnovnih niti.

5.2 Analiza rezultatov meritev relaksacije napetosti pri konstantnem raztezk

Na podlagi analize rezultatov meritev relaksacije napetosti pri konstantnem raztezk je ugotovljeno, da se napetost zmanjšuje s časom do določene vrednosti. Pri tem rezultati relaksacije napetosti kažejo, da nastopi največje zmanjšanje maksimalne sile, ki znaša $490,5 \pm 100$ N/m, v prvih 15-ih minutah. Po daljšem času (30-, 45- in 60-ih minutah) so te spremembe manjše, kot je vidno iz preglednice 3 in slike 7. Vzrok je v večji elastičnosti tkanin z dodanim elastanom, ki vpliva na hitrejše vračanje vlaken v tkanini po prenehanju obremenjevanja proti začetnemu položaju.

Dalje je zanimiva primerjava rezultatov relaksacije napetosti pri konstantnem raztezk in v krojno plast položene tkanine. Pri spremljanju spremembe dolžine

v krojno plast položene tkanine je vidno, da nastopijo največje spremembe dimenzij v časovnem intervalu od 45 minut do 2 ur. To se lahko pojasni na podlagi preko mase tkanine prisotnih kompresijskih sil (na vsak sloj v krojni plasti deluje normalna sila nanj položenih slojev), ki delujejo na posamezne sloje tkanine in zavirajo proces relaksacije. Tako položen sloj potrebuje več časa za povrnitev proti začetni legi.

Do največjega zmanjšanja napetosti pri konstantnem raztežku je prišlo v prvih 15 minutah pri tkanini z oznako TK-3, in sicer za $0,51 \text{ Nmm}^{-2}$ glede na ostali dve tkanini, kjer je znašala ta vrednost pri tkanini z oznako TK-1, $0,08 \text{ Nmm}^{-2}$ in pri tkanini z oznako TK-2, $0,14 \text{ Nmm}^{-2}$.

Iz analize rezultatov meritev sprememb dolžine in širine v krojno plast položenih tkanin in tkanin pri breznapetostnem odvijanju je ugotovljeno, da imajo elastične lastnosti tkanin z dodanim elastanom velik vpliv na stopnjo deformacije in relaksacije napetosti v tkanini pri konstantnem raztežku. Njihovo obnašanje je odvisno od parametrov natezno elastičnih lastnosti in odpora, ki ga nudijo proti delujočim deformacijam.

6.0 ZAKLJUČEK

Na podlagi študija odnosa med obremenitvijo in relaksacijo tkanin z dodanim elastanom lahko zaključimo, da prihaja pri tovrstnih tkaninah zaradi povečane elastičnosti pri navijanju na navitek in polaganju zaradi tehnološko pogojenih sil (delovanja vlečne sile) do večjih deformacij, ki znašajo do 0,5 %.

Stopnja deformacije tkanin z dodanim elastanom takoj po odvijanju in polaganju je odvisna od stopnje deformacije, sposobnosti in časa relaksacije.

Napetosti znotraj navitka, ki se kažejo kot deformacije po odvijanju tkanine z navitka, so zaradi kompresijskih sil navitih slojev iz zunanjega dela proti notranjosti navitka večje v sredini kot na začetku navitka.

Na podlagi analize meritev relaksacije napetosti v tkanini lahko zaključimo, da prihaja do največjega zmanjšanja napetosti ($0,51 \text{ Nmm}^{-2}$) v prvih 15 minutah relaksacije, medtem ko rezultati analize relaksacije v krojno plast položene tkanine kažejo največjo spremembo dimenzij krojne plasti po daljših časovnih intervalih. Do časovne zakasnitve pri tem prihaja zaradi preko mase tkanine prisotnih kompresijskih sil, ki delujejo na posamezne sloje tkanine, in tornih sil, ki delujejo med posameznimi sloji tkanine ter še dodatno zavirajo proces relaksacije.

Dobljena spoznanja o relaksacijskih pojavih tkanin z dodanim elastanom bodo služila za nadaljnja preučevanja relaksacijskih pojavov v tkaninah pri polaganju v krojne plasti, določanju časovne odvisnosti relaksacije in optimiranju parametrov polaganja glede na različno stopnjo deformacije pri izbrani obremenitvi.

Viri:

- [1] RUPP, J., BÖHRINGER, A. Elastanhaltige Garne und Stoffe. *International Textile Bulletin*, 1999, vol. 35, no.1, p. 10–30.
- [2] STANEK, M., TURK, G. *Osnove mehanike trdnih teles*. Ljubljana : Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 1998, str. 191–195.
- [3] GERŠAK, J. Objektivno vrednotenje fiksiranih dijelova odječe. *Tekstil*, 1997, let. 46, št. 4, str. 193–203.
- [4] BUKOŠEK, V. Računalniško vrednotenje viskoelastičnih lastnosti vlaken. *Tekstilec*, 1983, let. 26, št. 12, str. 24–29.
- [5] MURŠIČ, M. *Uvod v reologijo*. Ljubljana : Univerza v Ljubljani, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, 1973, str. 12–17.
- [6] AKLONIS, J.J., MACKNITH, W.J., MITCHEL, S. *Introduction to Polymer Viscoelasticity*. Edited by John Wiley & Sons. New York: Wiley-Interscience, 1972. str. 143–162.
- [7] GERŠAK, J. Vpliv reoloških lastnosti sukanca na njihove dinamične obremenitve v procesu oblikovanja vhoda. V *Mednarodna konferenca IMCEP'94: zbornik referatov*. Uredila J. Geršak in Z. Stjepanovič. Maribor : Tehniška fakulteta Maribor, Inštitut za tekstilne in konfekcijske procese, 1994, str. 88–95.
- [8] GHOSH, T.K., PENG, H., BANKS-LEE, P., HAMOUDA, H., SHIN, D.H. Analysis of Fabric Deformation in a Roll-Making Operation. Part I: A Static Case. *Textile Research Journal*, 1991, vol. 61, no. 3, p. 153–161.
- [9] GHOSH, T.K., PENG, H., BANKS-LEE, P. Analysis of Fabric Deformation in a Roll-Making Operation. Part II: Effect of Viscoelasticity. *Textile Research Journal*, 1992, vol. 62, no. 10, p. 669–676.
- [10] PRELOG, E. *Elasto in plastomehanika v strojništvu*. Ljubljana : Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 1966, str. 130–137.
- [11] ISO 2076: 1999 *Textiles – Man made fibres – Generic names*; 1999

*Prispevek je bil posredovan na 4. mednarodni konferenci IMCEP 2003 v Mariboru, 9.–10. oktober 2003 (Inoviranje in modeliranje procesov oblačilnega inženirstva)