



ČASOPIS ZA TEKSTILNU I ODJEVNU TEHNOLOGIJU

UREDNIŠTVO: HR-10001 Zagreb, Novakova ulica 8/II - p.p. 829 - telefon: +385 (01) 4818 252, 4818 253, telefaks: 4818 242, e-mail: hist@zg.t-com.hr, www.Tekstil.hist.hr
 IZDAVAČ I VLASNIK: HRVATSKI INŽENJERSKI SAVEZ TEKSTILACA, ZAGREB, ZEITSCHRIFT FÜR TEXTILTECHNOLOGIE UND BEKLEIDIGUNGSTECHNIK Herausgeber: Kroatisher Verband der Textilingenieure Zagreb, Kroatien, JOURNAL FOR TEXTILE AND CLOTHING TECHNOLOGY Publisher: Croatian Association of Textile Engineers, Zagreb, Croatia

Tekstil Vol. 59 br. 11 str. 483-534

Zagreb, studeni 2010.

Glavni urednik/Editor in Chief: Zvonko Dragčević (Zagreb),
 e-mail: zvonko.dragcevic@tff.hr
 Direktor / Director: Anđelko Švaljek (Zabok)
 Urednica / Editor: Agata Vinčić (Zagreb)
 Urednik on-line izdanja / On-line Editor: Željko Penava (Zagreb)

Savjet za izdavačku djelatnost /
 Publishing Council
 Predsjednik / President: Darko Ujević (Zagreb)

Uredništvo / Editorial Board: Maja Andrassy, Zvonko Dragčević, Zlatka Mencl-Bajs, Alka Mihelić-Bogdanić, Gojko Nikolić, Đurđica Parac-Osterman, Željko Penava, Dinko Pezelj, Emira Pezelj, Tanja Pušić, Nina Režek-Wilson, Dubravko Rogale, Zenun Skenderi, Ivo Soljačić, Darko Ujević, Agata Vinčić, Zlatko Vrljić, Edita Vujasinović, koji su ujedno i članovi Savjeta - svi iz Zagreba.
 Ostali članovi Savjeta časopisa: Sonja Bešenski (Duga Resa); Sonja Racan (Pula); Ivan Klanac (Osijek); Miroslav Raljević (Omiš); Božo Tomić (Čakovec); Damir Vitez (Varaždin); Ivan Labaš (Varaždin); Marija Šutina (Pregrada); Mirjana Gambiroža-Jukić, Ivan Kovač, Zdenko Brodić, Mirsad Avdagić, Karlo Pavičić i Verica Čengić (svi iz Zagreba).

Članovi Međunarodnog savjeta za izdavačku djelatnost / Members of the International Publishing Council: Anton Marcinčin (SK); George K. Stylios (UK); Larry C. Wadsworth (USA).

Lektorica / Language Editor: Alice Bosnar (Zagreb)

Časopis izlazi mjesečno u 800 primjeraka.

Časopis sufinancira Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske

Časopis se referira u sjedećim publikacijama / Articles are abstracted by or indexed in: Research Alert, Materials Science Citation Index, Chemical Abstracts, World Textiles Abstracts, Textile Technological Abstracts, Textile Technology Digest, Art & Archaeology Technical Abstracts, Bulletin Signalétique, Referativny sbornik, Investigación e Información y de Tensioactivos, publikacije Institute of Textile Technology, CAB Abstracts, World Textiles, Energy Science & Technology, Pascal, Paperchem, PIRA, World Translations Index, EBSCO Publishing

Godišnja pretplata za ustanove i poduzeća 600,00 kn, za inozemstvo 110,- EUR, pojedinačno broj za: učenike i studente, članove DIT-a 10,00 kn, nečlanove DIT-a 190,00 kn.

Pretplata se plaća unaprijed, najkasnije 8 dana nakon primitka računa. Žiro-račun: 2360000-1101547886

Grafička priprema i tisak: Denona d.o.o., Zagreb

SADRŽAJ / CONTENTS

Izvorni znanstveni radovi / Original scientific papers:

M. Dorđević, V. Gligorijević:
 Yarn tension forces in the loop creation process in flat weft machines..... 483

Sile napetosti pređe u fazama stvaranja očica kod ravno kulirnih strojeva 488

A. Pavko Čuden, Y. Angelova, A. Hladnik:
 Analysis of loop length basic weft knitted structures with elastane..... 493

Analiza duljine očice temeljnih kulirnih pletiva s elastanom..... 501

Pregled / Review:

I. Gudelj, J. Hrenović, T. Landeka Dragičević, F. Delaš, V. Šoljan:
 Primjena metoda obrade otpadnih voda sa sadržajem sintetskih bojila / Application of methods for wastewaters consisting synthetic dye..... 509

Gospodarstvo i tržište:

V. Petrović:
 Prikaz stanja tekstilne i odjevne industrije Srbije 516

Z. Vrljić, K. Krstović:
 Proizvodnja pamuka u Turskoj 519

Prikazi strojeva:

Andritz Perfojet - narudžbe postrojenja za izradu netkanog tekstila tehnologijom učvršćivanja vodenim mlazom za Kinu 526

Karl Mayer stroj DJ 4/2 El za izradu rupičastih pletiva za elegantne proizvode bez šava 527

Kalendar kongresa, simpozija, izložbi i sajmovi 528

Domaće vijest 531

Vijesti iz inozemstva 532

Yarn tension forces in the loop creation process in flat weft machines

Prof. Miodrag Đorđević, PhD
Prof. Vojislav Gligorijević, PhD*
High Professional School of Textile
Leskovac, Serbia
*Faculty of Technology
Leskovac, Serbia
e-mail: miodrag@59 yahoo.com
Received April 8, 2010

UDK
Original scientific paper

In this paper, presented are the investigation results of yarn tensioning dynamics, i.e. the yarn tension as time dependent in flat weft knitting machines. The investigation results have shown that the yarn tension forces have an oscillatory character in the loop creation process, which is a function of the wefting depth, the type and fineness of the yarn used, as well as individual phases of the loop creation process. The maximum values of yarn tension, as well as the maximum oscillations, occur in the laying and wefting stages of the loop creation cycle. That means that the probability of unwanted yarn deformation and breakage is the greatest within these stages. In flat weft knitting machines, the input tension of the yarn can be used for the analysis of the loop creation process, i.e., as a means of control of the knitting process in order to achieve the adequate adjustment of technological parameters, to analyze the error conditions, and to insure high quality knitting process.

Key words: tension forces, knitting zone, loop, knitwear, wefting depth

1. Introduction

1.1. Yarn tension in the wefting phase

The tension of the yarn passing through the knitting machine is a very important technological parameter. Especially, the dynamic characteristics of the yarn pulling force contain the information on the quality of the knitting process. Therefore, it is of great importance to determine the yarn tension force values in every phase of the loop creation process, as well as the dependence of yarn tension between the knitting needles [1, 2] in view of obtaining uniform knitwear

structure in flat weft knitting machines with negative yarn feed.

In the loop creation process, the wefting phase has a dominant role in the forming of the loop itself, and in the determination of its geometric model. The yarn tension values in the loop creation process, and especially in the wefting phase, where they reach their maximum, can be reduced only by reducing the values of the input yarn tension to values that enable continuous execution of the knitting process [3]. Therefore, it is necessary to develop the optimal values of input tension based on the physical-mechanical properties of the yarn, the type and structure of the knitwear. Figure

1 shows the weft knitting model with weft sinkers [4] where (P) is knitting machine gauge, (d_i) needle diameter and (β) wefting angle.

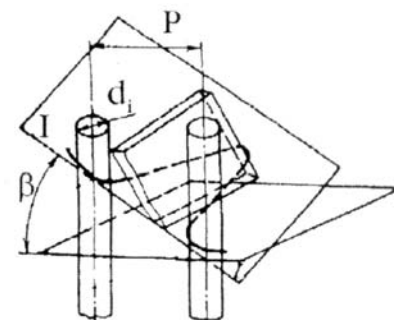


Fig.1 Weft knitting model

The basic requirement of the modern knitwear production is to maintain

constant the projected length of yarn in the loop. To achieve that, the yarn at the knitting system entry point should have a constant tension, which is very hard to achieve in flat weft knitting machines with negative yarn feed [5].

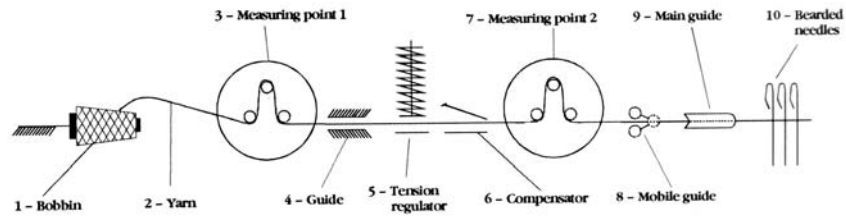


Fig.2 Measuring points layout

2. Experimental

2.1. Testing materials and methods

The practical measurements of the yarn tension force were made on a Cotton flat weft knitting machine with No = 9 gg fineness. The samples of Single Jersey knitwear were knit at different wefting depths, using yarn of the same length but with different structure, composed of 70% PAC/30% wool: $Tt_1 = 166 \text{ tex}$, $Tt_2 = 83.3 \text{ tex} \times 2$. During the tension force testing, Single Jersey knitwear samples were made of each yarn type with three different weft depths (density 1, 2, and 3) at constant knitting speed of 40 rows/min, the parameter values of which are given in Tab.1.

2.2. Measuring equipment

The measurements of the yarn tension force were made on top of the balloon (measuring point 1), and at the entry of the knitting zone (measuring point 2), Fig.2. To measure the yarn tension force a HBM Q 11/100 (cN) inductive force generator was used. The function of the compensator (6), Fig.2, is to provide constant yarn tensioning between the needles and the end position of the yarn guide. This prevents the forming of a balloon and, as a result, regular forming of end loops is obtained.

2.3. Analysis of the yarn tension force at the measuring point 1

In Fig.3 given is the diagram of the yarn tension forces variations at the measuring point 1, for yarn with $Tt_1 = 166.6 \text{ tex}$ for knitwear sample I of density 1.

Analysis of the yarn tension force values (Fig.3) shows that, in the beginning of the period, the yarn tension force has the value of 15.54 cN, and 15.57 cN at the end of the period. The minimum and maximum values of the yarn tension force range in the interval from 15.3 to 15.8 cN. The yarn tension interval is 0.5 cN. At maximum wefting depth (density 3) there occurs an increase in the yarn oscillation amplitude, these oscillations being more pronounced in twisted yarns (Tab.2).

2.4. Analysis of the yarn tension force at the measuring point 2

In Fig.4, 5, and 6 are given the diagrams of the yarn tension force variations for knitwear sample I, density 1, 2, and 3. In Fig.7 shown is the inductive force generator (IDS) at the measuring point 2.

For knitwear sample I, density 1, (Fig.1) the time required for the formation of a single loop is 1.54 sec. The minimum and maximum values of the yarn tension force are in the interval from 10 to 15.2 cN. With the increase of the wefting depth (density 2), the axial movement of the weft sinkers is increased, and as a result the length of the yarn in the loop is greater, and the time of loop formation is also increased to 1.55 s (Fig.5). In Tab.3, given are the statistical cha-

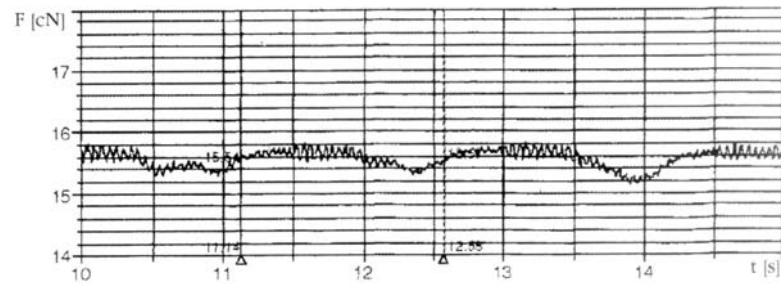


Fig.3 Diagram of yarn tension force variations for sample I, density 1

Tab. 1 Structural parameters of Single Jersey knitwear

Knitwear parameters	Parameter symbols	$Tt_1 = 166.6 \text{ tex}$			$Tt_2 = 83.33 \text{ tex}$		
		1	2	3	1	2	3
Vertical density	Gv (cm ⁻¹)	4.9	4.3	3.8	5.1	4.4	3.7
Horizontal density	Gh (cm ⁻¹)	3.5	3.3	3.3	3.4	3.1	3.2
Loop length	l_p (mm)	9.8	10.7	11.3	9.5	11.1	11.8
Area mass	Q (g/m ²)	280	253	236	275	252	233
Length module	m_l	16.66	18.19	19.21	16.15	18.87	20.6
Interference yarn	U	3.438	3.531	3.729	3.264	3.441	3.776

Tab. 2 Analysis of yarn tension force for knitwear samples I and II of various knitting densities

Yarn linear mass	Density 1			Density 2			Density 3		
	F_{min} (cN)	F_{max} (cN)	R (cN)	F_{min} (cN)	F_{max} (cN)	R (cN)	F_{min} (cN)	F_{max} (cN)	R (cN)
$Tt_1 = 166 \text{ tex}$	15.3	15.8	0.5	15.5	15.8	0.3	15.0	15.8	0.8
$Tt_2 = 83.33 \text{ tex} \times 2$	15.2	15.7	0.5	15.2	15.7	0.5	14.6	16.0	1.4

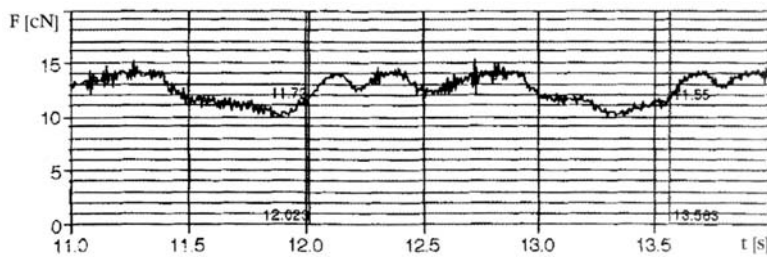


Fig.4 Diagram of yarn tension force for sample I, density 1

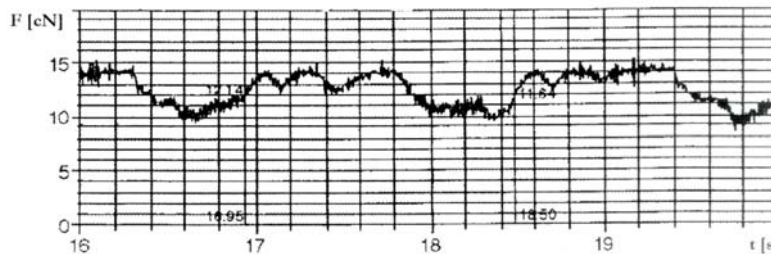


Fig.5 Diagram of yarn tension force for sample I, density 2

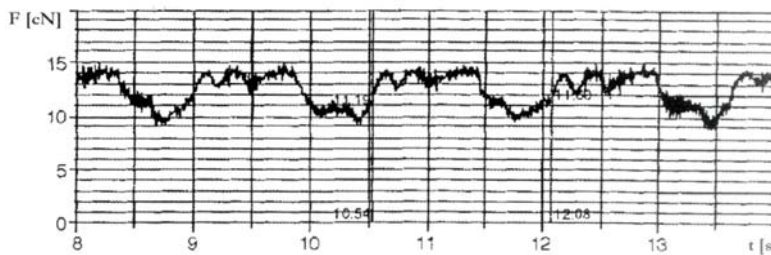


Fig.6 Diagram of yarn tension force for sample I, density 3

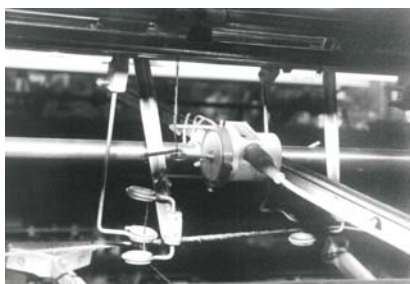


Fig.7 Inductive force generator at the measuring point 2

characteristics of yarn tensioning at measuring points 1 and 2.

2.5. Analysis of the yarn tension force in the loop creation phases

The variations of the yarn tension force can be monitored through the loop creation phases by the shaft 360° revolutions, which is the time required for the formation of a single loop, i.e. a row of loops. In Tab.4 given are the

yarn tension force values over the phases of the loop creation process, and the duration times of individual phases.

Within the loop creation cycle, the maximum values of the yarn tension force of 15.2 cN, as well as the maximum oscillations, occur in the laying and wefting phases. The period of duration of the laying and wefting phases is 0.855 sec, or 55.5% of the total time required for the forming of a single loop. After the wefting phase, the yarn tension values decrease due to the stop of the yarn feed and the decrease of the tension in the yarn due to the return of the weft sinkers into the initial position. The yarn oscillation amplitude in the loop creation process has a value of 5.2 cN, and with respect to the loop creation phases, the maximum oscillations occur in the laying and wefting phases with the oscillation amplitude of 3.5 cN (Tab.3). The minimum values of yarn tension within the loop creation cycle, amounting to 10 cN, and the minimal oscillation of 0.8 cN, occur in the casting off and shaping phases. These phases are the shortest ones in the loop creation cycle and they last 0.14 s.

The occurrence of minimal yarn tension forces in the above phases is a consequence of weakening of the yarn tension in the half loop due to the movement of the sinkers towards the presses, whereby the loops are set free by the tension throat, creating thereby a basis for free casting off of the half loops over the needle heads. The investigations [6] show that the time needed for the forming of a single loop in a TEROT RH 116 circular knitting machine at $n = 16 \text{ min}^{-1}$ is 69.444 ms, and in COTTON flat interlacing machine it amounts to 1.54 s.

Tab.3 Statistical characteristics of yarn tensioning forces

Measuring point	\bar{X} (cN)	SD(cN)	CV(%)
Measuring point 1	15.56	0.942	6.06
Measuring point 2	12.90	4.419	34.26

Tab.4 The yarn tension force values by the loop forming phases

THE LOOP FORMING PHASES	φ	T	F_{min}	F_{max}	R
	[$^{\circ}$]	[s]	[cN]	[cN]	[cN]
CLOSING, LAYING, WEFTING	0 - 200	0.855	11.7	15.2	3.5
LOADING	200 - 240	0.170	11.3	13.6	2.3
PRESSING	240 - 264	0.107	10.6	11.7	1.1
TRANSFER	264 - 299	0.149	10.4	11.3	0.9
CASTING OFF	299 - 316	0.072	10.0	10.8	0.8
SHAPING	316 - 332	0.068	10.4	11.4	1.0
CLOSING	332 - 360	0.119	10.6	11.5	0.9

The yarn tension force variation diagram (Fig.4) is represented by characteristic yarn tension force peaks as a function of main shaft revolutions, the time needed for the forming of a single loop, and the loop creation phases (Fig.8).

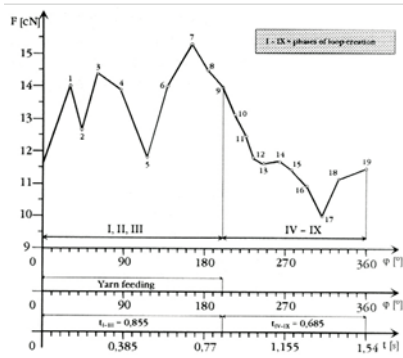


Fig.8 Yarn tension forces as the function of loop creation time and loop creation phases

2.6. Comparative analysis of the yarn tension forces at the measuring points 1 and 2

Based on the yarn tension force diagram (Fig.3 and 4), a comparative analysis of the yarn tension forces in the compensation and knitting zones (Fig.9).

The oscillations of the yarn tension on top of the balloon (measuring point 1) depend on the technical-te-

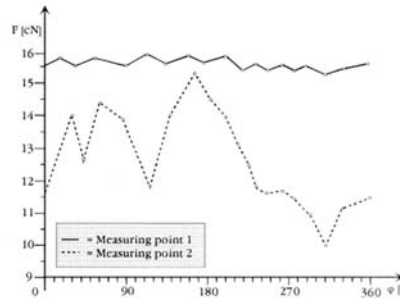


Fig. 9 Yarn tension peaks layout at the measuring points 1 and 2

chnological characteristics of the bobbin, the type of the yarn used for knitting, the wefting depth, and the loop creation phase. In single filament and twisted yarn knitting (Tab. 2) the maximum oscillation amplitudes occur at maximum wefting depth (density 3), and they are more pronounced in twisted yarns, having the value of 1.4 cN. The loop creation phases, which determine the position of the needles and sinkers in the loop creation process, also have a certain influence on the yarn tension force values, as well as on the values of their oscillations at the measuring point 1. As a result, the minimum and maximum values of yarn tension force occur in the same phases of the loop creation process (Fig.9). On its passage from the bobbin to the knitting system input, the yarn is subjected to additional strain, overcoming the friction resistance at contact points, as well as in the loop creation process itself due to the direct contact of the yarn with the needles and sinkers, whereby the additional tension controller impedes the occur-

ce of higher yarn tension force values at the measuring point 1, while at the measuring point 2, the yarn oscillation amplitudes are much more marked, their values being 5-6 cN, which to some extent affects the uniformity of the knitwear structure. Apart from these parameters, the yarn negative feed also has an influence on the oscillations of yarn tensioning at the measuring point 2.

3. Conclusions

The yarn tension oscillations in the loop creation process are a function of the input yarn tension, the wefting depth, the type of yarn used, as well as the loop creation phases. With the increase of the wefting depth, the yarn tension oscillations increase due to the increased length of the yarn in the loop and the increased oscillation frequency occurring in the yarn feeder. The maximum values of yarn tension, as well as the maximum oscillations always occur in the yarn laying and wefting phases, which means that in these phases there exist possibilities for the unwanted deformations and breaking of the yarn. With the increase of the wefting depth, also increases the time needed for the forming of a single loop, i.e. a row of loops. The yarn tension forces in the knitting zone (measuring point 2) have very pronounced oscillations compared to the measuring point 1. The marked oscillation amplitudes of the yarn in the knitting zone, whose values increase with the increase of the wefting depth, combined with the yarn negative feed, have an effect on

the structure uniformity of the Single Jersey knitwear.

References:

- [1] Munden D.J.: The geometry and Dimensional Properties of Plain - Knit Fabric, *J. Text. Inst.* 50 (1959) T448-T471
- [2] Knapton J.J.F., D.J. Munden: A Study of the Mechanism of Loop Formation on Weft - Knitting Machinery, *Textile Research Journal* 36 (1966) 12, 1072-1081
- [3] Dias T.: Neue Fadenfuehrungstechnologie fur Flachstrickmaschinen, *Melliand Textilberichte* 78 (1997) 3, 150-152
- [4] Oks B.S.: Optimizacija procesa petleobrazovanja na trikotažnih mašinah, Moskva 1983, 66-68
- [5] Kovar R.: Flachstricktechnik, *Maschen - Industrie* (2002) 3, 52-53
- [6] Đorđević M., V. Gligorijević: The Influence of Yarn Tension Force in the Compensation and Knitting Zones of the Double-Jersey Knitting Structure / Utjecaj sile napetosti pređe u kompenzacijskoj i pletačkoj zoni na strukturu desno-desnih pletiva, *Tekstil* 57 (2008.) 6, 281-287/288-296

Sile napetosti pređe u fazama stvaranja očica kod ravno kulirnih strojeva

Prof.dr. **Miodrag Đorđević**, dipl.ing.
 Prof.dr. **Vojislav Gligorijević**, dipl.ing.*
 Visoka strukovna škola za tekstil
 Leskovac, Srbija
 *Tehnološki fakultet
 Leskovac, Srbija
 e-mail: miodrag@59 yahoo.com
 Prispjelo 8.4.2010.

UDK
 Izvorni znanstveni rad

U radu su prikazani rezultati istraživanja dinamike napetosti pređe, tj. vremenske ovisnosti napetosti pređe kod ravno kulirnih pletaćih strojeva. Istraživanja su pokazala da sile napetosti pređe u procesu stvaranja očica imaju oscilatorni karakter, koji je u funkciji dubine kuliranja, vrste i finoće upotrijebljene pređe, te pojedinih zahvata u procesu stvaranja očica. Maksimalne vrijednosti napetosti pređe, te maksimalne oscilacije, u okviru ciklusa stvaranja očica javljaju se pri zahvatima polaganja i kuliranja. To znači da u okviru ovih zahvata postoji najveća vjerojatnost pojave neželjenih deformacija i prekida pređe. Kod ravno kulirnih strojeva, ulazna napetost pređe se može upotrijebiti za analizu procesa stvaranja očica, odnosno kao sredstvo kontrole procesa pletenja radi pravilne podešenosti tehnoloških parametara, analize pogrešaka i osiguravanja kvalitetnog procesa pletenja.

Ključne riječi: sile napetosti, pletaća zona, očica, pletivo, dubina kuliranja

1. Uvod

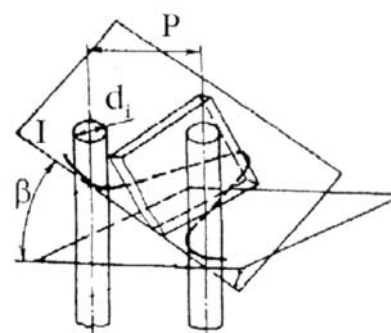
1.1. Napetost pređe u fazi kuliranja

Napetost pređe koja se kreće u pletaćem stroju je vrlo važan tehnološki parametar. Posebno dinamička svojstva vlačne sile pređe sadrže informacije o kvaliteti procesa pletenja. Određivanje vrijednosti sila napetosti pređe u svakoj od faza procesa stvaranja očica, kao i ovisnosti napetosti pređe u zoni između pletaćih igala [1, 2], također je zanimljivo sa stajališta dobivanja ravnomjerne strukture pletiva kod ravno kulirnih pletaćih strojeva s negativnim dodavanjem pređe.

U procesu stvaranja očica, faza kuliranja ima dominantno mjesto u

oblikovanju same očice i u određivanju njenog geometrijskog modela. Vrijednosti napetosti pređe u procesu stvaranja očica, a pogotovo u fazi kuliranja, gdje one dostižu svoj maksimum, mogu se smanjiti jedino smanjenjem vrijednosti ulazne napetosti pređe, do vrijednosti koje omogućuju nesmetano izvođenje procesa pletenja [3]. Iz tog razloga potrebno je projektirati optimalne vrijednosti ulazne napetosti na temelju fizikalno-mehaničkih karakteristika pređe, vrste i strukture pletiva. Na sl.1 prikazan je model kuliranja pomoću kulirnih platina [4], gdje P predstavlja podjelu stroja, d_i promjer igle i β kut kuliranja.

Osnovni zahtjev suvremene proizvodnje pletiva je održati konstantnu



Sl.1 Model kuliranja

projektiranu duljinu pređe u očici. Da bi se to postiglo, potrebno je osigurati konstantnu napetost pređe na ulazu u pletaći sustav, što je izuzetno teško postići kod ravno kulirnih strojeva s negativnim dodavanjem pređe [5].

2. Eksperimentalni dio

2.1. Materijal i metode ispitivanja

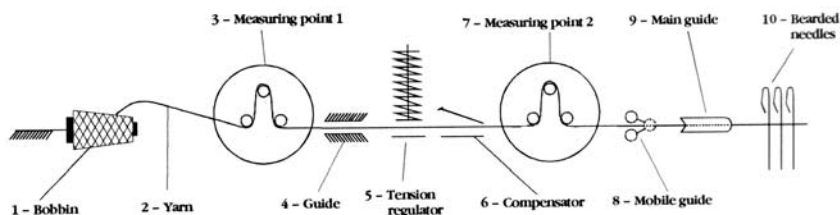
Mjerenja sile napetosti pređe provedena su na ravno kulirnom stroju Cotton finoće No 9gg. Uzorci desno-lijevog pletiva pleteni su pri različitim dubinama kuliranja, korištenjem pređa različitih konstrukcijskih rješenja jednakih duljinskih masa odnosno finoća, sirovinskog sastava 70 % PAC / 30 % vuna : $Tt_1 = 166,6 \text{ tex}$, $Tt_{2k} = 83,3 \times 2 \text{ tex}$. Pri ispitivanju sile napetosti svake pređe, izrađeni su uzorci desno-lijevog pletiva sa tri različite dubine kuliranja, (gustoće 1, 2 i 3) pri konstantnoj brzini pletenja od 40 redova/min, strukturnih parametara prikazanih u tab.1.

2.2. Mjerna oprema

Mjerenje sile napetosti pređe vršeno je u vrhu balona (mjerna točka 1) i na ulazu u zoni pletenja (mjerna točka 2), sl.2. Za mjerenje vlačne sile pređe upotrijebljen je induktivni davač sile HBM Q 11/100 (cN). Funkcija kompenzatora (6), je u tome da osigura konstantnu napetost pređe na dijelu između igala i krajnjeg položaja vodiča pređe, sl.2. Na taj način sprječava se stvaranje balona, a rezultat toga je pravilno oblikovanje rubnih očica na pletivu.

2.3. Analiza sile napetosti pređe u mjernoj točki 1

Na sl.3 prikazan je dijagram promjena sile napetosti pređe u mjernoj točki 1, za pređu finoće 166 tex, za uzorak pletiva I, gustoće 1.



Sl.2 Prikaz mjernih točaka sile napetosti pređe na ulazu i u zoni pletenja

Analizom vrijednosti sile napetosti pređe, sl.3, vidljivo je da sile napetosti pređe u početku periode imaju vrijednost 15,54 cN, a na kraju periode 15,57 cN. Minimalne i maksimalne vrijednosti napetosti pređe kreću se u intervalu od 15,3 do 15,8 cN. Raspon intervala napetosti pređe iznosi 0,5 cN. Pri maksimalnoj dubini kuliranja (gustoća 3) dolazi do povećanja amplitude osciliranja pređe, s tim da su te oscilacije više izražene kod končanih pređa, tab.2.

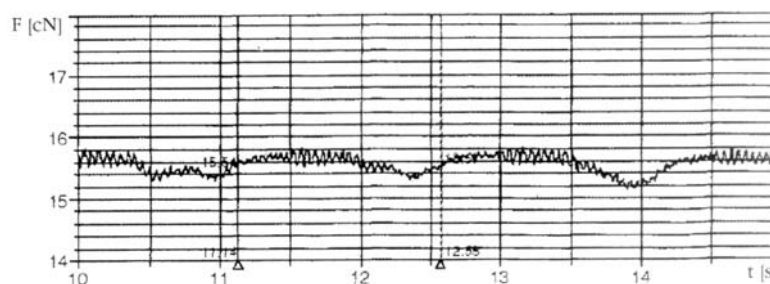
2.4. Analiza sile napetosti pređe u mjernoj točki 2

Na sl.4, 5 i 6 prikazani su dijagrami promjene vlačne sile pređe za uzorak pletiva I, gustoće 1, 2 i 3. Na sl.7 prikazan je induktivni davač sile (IDS) u mjernoj točki 2.

Kod uzorka pletiva I gustoće 1, sl.4, vrijeme potrebno za oblikovanje jedne očice iznosi 1,54 s. Minimalne i maksimalne vrijednosti sile napetosti pređe kreću se u intervalu od 10 do 15,2 cN. S povećanjem dubine kuliranja (gustoća 2), aksijalno kretanje kulirnih platina se povećava, a to rezultira većom duljinom pređe u očici, kao i povećanim vremenom oblikovanja jedne očice u iznosu od 1,55 s, sl.5. U tab.3 date su statističke karakteristike napetosti pređe u mjernim točkama 1 i 2.

2.5 Analiza vlačne sile pređe po zahvatima u oblikovanju očica

Promjena sile napetosti pređe po fazama stvaranja očica može se pratiti na bazi okretaja vratila osovine od 360°, jer se za to vrijeme oblikuje je-



Sl.3 Dijagram promjena sile napetosti pređe za uzorak pletiva I, gustoće 1

Tab.1 Strukturni parametri desno-lijevog pletiva

Parametri pletiva	Oznake parametara	$Tt_1 = 166,6 \text{ tex}$			$Tt_{2k} = 83,33 \times 2 \text{ tex}$		
		1	2	3	1	2	3
Vertikalna gustoća	$Gv \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	4,9	4,3	3,8	5,1	4,4	3,7
Horizontalna gustoća	$Gh \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	3,5	3,3	3,3	3,4	3,1	3,2
Duljina očice	$l_p \text{ (mm)}$	9,8	10,7	11,3	9,5	11,1	1,8
Površinska masa	$Q \text{ (g/m}^2\text{)}$	280	253	236	275	252	233
Duljinski modul	m_l	16,66	18,19	19,21	16,15	18,87	20,6
Uvojitost pređe	u/m	3 438	3 531	3 729	3 264	3 441	3 776

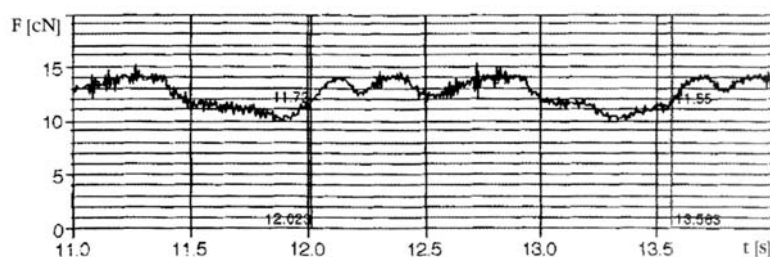
Tab.2 Analiza sila napetosti pređe za uzorke pletiva I i II različitih gustoća pletenja

Finoća pređe	Gustoća 1			Gustoća 2			Gustoća 3		
	F_{min} (cN)	F_{maks} (cN)	R (cN)	F_{min} (cN)	F_{maks} (cN)	R (cN)	F_{min} (cN)	F_{maks} (cN)	R (cN)
166 tex	15,3	15,8	0,5	15,5	15,8	0,3	15,0	15,8	0,8
83,33 x 2 tex	15,2	15,7	0,5	15,2	15,7	0,5	14,6	16,0	1,4

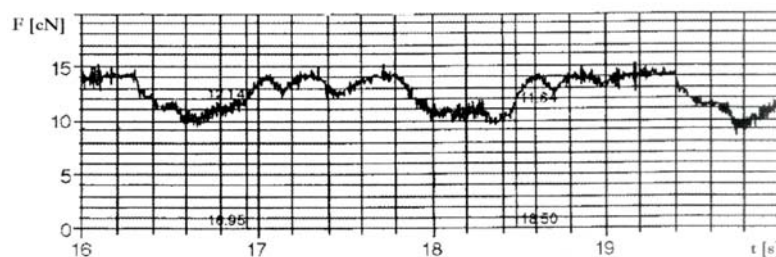
dna očica odnosno red očica. U tab.4 date su vrijednosti sila napetosti pređe po fazama stvaranja očica, kao i vremena trajanja pojedinih faza.

U okviru ciklusa stvaranja očica, maksimalne vrijednosti sila napetosti pređe od 15,2 cN, kao i maksimalne oscilacije, javljaju se u fazama polaganja i kuliranja. Faze polaganja i kuliranja vremenski traju 0,855 s, ili 55,5 % od ukupnog vremena potrebnog za oblikovanje jedne očice. Nakon faze kuliranja, vrijednosti napetosti pređe opadaju, zbog prestanka dodavanja pređe i smanjenja napetosti u pređi zbog vraćanja kulirnih platina u početni položaj. Amplituda osciliranja pređe u okviru ciklusa stvaranja očica ima vrijednost 5,2 cN, a promatrano po fazama stvaranja očica, maksimalne oscilacije se javljaju u fazama polaganja i kuliranja s amplitudom osciliranja 3,5 cN, tab.3. Minimalne vrijednosti napetosti pređe u okviru ciklusa stvaranja očica, veličine 10 cN, kao i minimalne oscilacije od 0,8 cN, javljaju se u fazama zbacivanja i oblikovanja očica. Ove faze u okviru ciklusa stvaranja očice vremenski traju najmanje, i to 0,14 s. Pojava minimalnih sila napetosti pređe u navedenim fazama posljedica je slabljenja napetosti pređe u poluočici uslijed kretanja odbojnih platina prema prešama, čime zatezno grlo oslobađa poluočicu i na taj način stvara osnovu za nesmetano prebacivanje poluočice preko glave igala. Na temelju istraživanja [6] vidljivo je da vrijeme oblikovanja jedne očice kod kružnopletačkog stroja TEROT RH 116 pri $n = 16 \text{ min}^{-1}$, iznosi 69,444 ms, a kod ravnopletačkog stroja COTTON ima vrijednost 1,54 s.

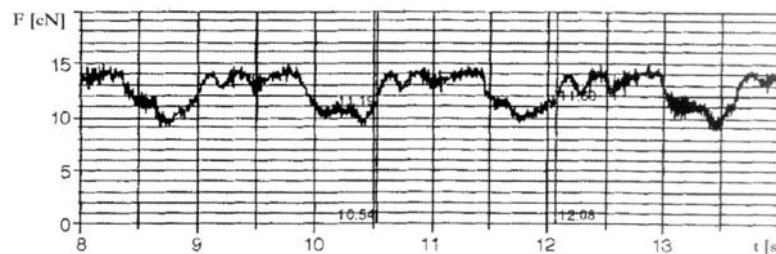
Dijagram varijacije sile napetosti pređe, sl.4 može se prikazati pomoću karakterističnih pikova sile napetosti



Sl.4 Dijagram sila pređe za uzorak pletiva I, gustoće 1



Sl.5 Dijagram sila napetosti pređe za uzorak pletiva I, gustoće 2



Sl.6 Dijagram sila napetosti pređe za uzorak pletiva I, gustoće 3

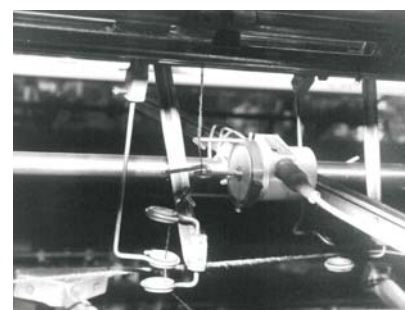
pređe u funkciji okretaja glavnog vratila osovine, vremena potrebnog za oblikovanje jedne očice i faza stvaranja očica, sl.8.

2.6. Usporedna analiza sila napetosti pređe u mjernim točkama 1 i 2

Na temelju dijagrama sila napetosti pređe, sl.3 i 4 izrađena je usporedna analiza sila napetosti pređe u kompenzacijskoj i pletačkoj zoni, sl.9.

Tab.3 Statističke karakteristike napetosti pređe

Mjerno mesto	\bar{X} (cN)	SD (cN)	CV (%)
Mjerna točka 1	15,56	0,942	6,06
Mjerna točka 2	12,90	4,419	34,26

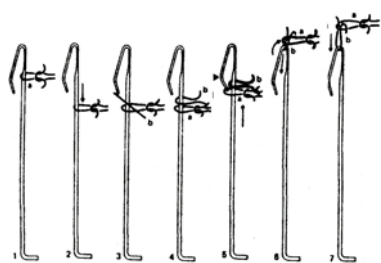
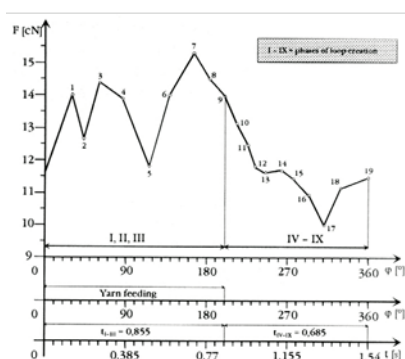


Sl.7 Induktivni davač sile u mjernoj točki 2

Tab.4 Vrijednosti sila napetosti pređe po fazama stvaranja očica

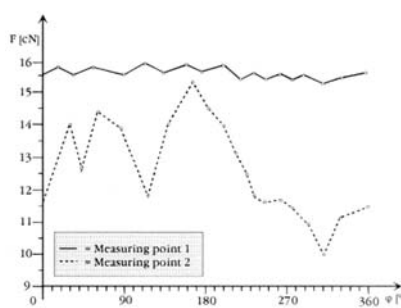
Faze stvaranja očice	φ	T	F_{min}	F_{maks}	R
	[$^{\circ}$]	[s]	[cN]	[cN]	[cN]
Završavanje, polaganje i kuliranje	0 - 200	0,855	11,7	15,2	3,5
Unošenje	200 - 240	0,170	11,3	13,6	2,3
Prešanje	240 - 264	0,107	10,6	11,7	1,1
Nanošenje	264 - 299	0,149	10,4	11,3	0,9
Zbacivanje	299 - 316	0,072	10,0	10,8	0,8
Oblikovanje	316 - 332	0,068	10,4	11,4	1,0
Završavanje	332 - 360	0,119	10,6	11,5	0,9

Oscilacije napetosti pređe u vrhu balona (mjerna točka 1) su u funkciji:



Sl.8 Sile napetosti pređe u funkciji vremena stvaranja očice i faza stvaranja očice

tehničko-tehnoloških karakteristika namotke, vrste upotrijebljene pređe za pletenje, dubine kuliranja i faze stvaranja očica. Pri pletenju jednonitnih i končanih pređa, tab.2, maksimalne amplitude osciliranja se javljaju pri maksimalnoj dubini kuliranja (gustoća 3), s tim što su više izražene kod končanih pređa i imaju vrijednost 1,4 cN. Faze stvaranja očica, koje određuju položaj igala i platina u procesu njenog oblikovanja, također imaju određeni utjecaj na vrijednosti sila napetosti pređe i na veličinu njihovih oscilacija u mjernoj točki 1. Rezultat toga je pojava minimalnih i maksimalnih vrijednosti na-



Sl.9 Raspored pikova napetosti pređe u mjernim točkama 1 i 2

petosti pređe u istim fazama procesa stvaranja očica, sl. 9. Na putu od namotke do ulaza u pletaći sustav, pređa je izložena dodatnim naprezanjima u savladavanju svih otpora trenja u dodirnim točkama, kao i u samom procesu stvaranja očica uslijed neposrednog kontakta pređe s iglama i platinama, pri čemu djelovanjem aditivnog zatezača nema pojave većih vrijednosti sila napetosti pređe u odnosu na mjernu točku 1, ali nasuprot tome, u mjernoj točki 2, izražene su amplitude osciliranja pređe veličine 5,6 cN, koje se u određenoj mjeri manifestiraju na ravnomjernost strukture pletiva. Osim navedenih parametara, negativno dodavanje pređe također ima utjecaj na izraženu oscilatornost napetosti pređe u mjernoj točki 2.

3. Zaključak

Oscilacije napetosti pređe u procesu stvaranja očica su u funkciji ulazne napetosti pređe, dubine kuliranja, vrste upotrijebljene pređe, kao i faze stvaranja očice. S povećanjem dubine kuliranja povećavaju se oscilacije napetosti pređe zbog povećanja duljine pređe u očici i povećanja frekvencije osciliranja u lepezi dodavača pređe.

Maksimalne vrijednosti napetosti pređe i maksimalne oscilacije javljaju se uvijek u fazama polaganja i kuliranja pređe, što znači da u ovim fazama postoji mogućnost pojave neželjenih deformacija i eventualno prekida pređe. S povećanjem dubine kuliranja dolazi do povećanja vremena potrebnog za oblikovanje jedne očice, odnosno reda očica. Sile napetosti pređe u pletačkoj zoni (mjerna točka 2) imaju veoma izražene oscilacije u odnosu na mjernu točku 1. Izražene amplitude osciliranja pređe u zoni pletenja, čije se vrijednosti povećavaju s povećanjem dubine kuliranja, uz negativno dodavanje pređe imaju utjecaj na ravnomjernost strukture desno-lijevog pletiva.

Literatura:

- [1] Munden D.J.: The geometry and Dimensional Properties of Plain - Knit Fabric, J. Text. Inst. 50 (1959) T448-T471
- [2] Knapton J.J.F., D.J. Munden: A Study of the Mechanism of Loop Formation on Weft - Knitting Machinery, Textile Research Journal 36 (1966) 12, 1072-1081
- [3] Dias T.: Neue Fadenführungstechnologie für Flachstrickmaschinen, Melliand Textilberichte 78 (1997) 3, 150-152
- [4] Oks B.S.: Optimizacija procesa petleobrazovanja na trikotažnih mašinah, Moskva 1983, 66-68
- [5] Kovar R.: Flachstricktechnik, Maschinen - Industrie (2002) 3, 52-53
- [6] Đorđević M., V. Gligorićević: The Influence of Yarn Tension Force in the Compensation and Knitting Zones of the Double-Jersey Knitting Structure / Utjecaj sile napetosti pređe u kompenzacijskoj i pletačkoj zoni na strukturu desno-desnih pletiva, Tekstil 57 (2008.) 6, 281-287/288-296

SUMMARY**Yarn tension forces in the loop creation process in flat weft machines***M. Dorđević, V. Gligorijević**

In this paper, presented are the investigation results of yarn tensioning dynamics, i.e. the yarn tension as time dependent in flat weft knitting machines. The investigation results have shown that the yarn tension forces have an oscillatory character in the loop creation process, which is a function of the wefting depth, the type and fineness of the yarn used, as well as individual phases of the loop creation process. The maximum values of yarn tension, as well as the maximum oscillations, occur in the laying and wefting stages of the loop creation cycle. That means that the probability of unwanted yarn deformation and breakage is the greatest within these stages. In flat weft knitting machines, the input tension of the yarn can be used for the analysis of the loop creation process, i.e., as a means of control of the knitting process in order to achieve the adequate adjustment of technological parameters, to analyze the error conditions, and to insure high quality knitting process.

Key words: tension forces, knitting zone, loop, knitwear, wefting depth

High Professional School of Textile

Leskovac, Serbia

*Faculty of Technology

Leskovac, Serbia

e-mail: miodrag@59 yahoo.com

Received April 8, 2010

Garnspannungskräfte im Maschenbildungsprozess auf Flachstrickmaschinen

In diesem Artikel werden die Untersuchungsergebnisse der Dynamik der Garnspannung, d.h. der Zeitabhängigkeit der Garnspannung auf Flachstrickmaschinen dargestellt. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Garnspannungskräfte im Maschenbildungsprozess einen oszillatorischen Charakter haben, der in der Funktion der Kuliertiefe, der Art und der Feinheit des verwendeten Garnes, sowie einzelner Eingriffe im Maschenbildungsprozess ist. Die Maximalwerte der Fadenspannung, sowie die maximalen Schwingungen treten im Maschenbildungsprozess während der Legung und Kulierung auf. Das bedeutet, dass im Rahmen dieser Eingriffe die höchste Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von unerwünschten Verformungen und Garnbrüchen besteht. Auf den Flachstrickmaschinen kann die Garneingangsspannung für die Analyse des Maschenbildungsprozesses, bzw. als das Mittel zur Kontrolle des Strickprozesses verwendet werden, um die richtige Einstellung des technologischen Parameters, der Fehleranalyse und der Sicherung des hochwertigen Strickprozesses sicherzustellen.

Analysis of loop length basic weft knitted structures with elastane

Alenka Pavko Čuden¹,
Yordanka Angelova²,
Aleš Hladnik¹

¹ University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles
Ljubljana, Slovenia

² Technical University of Gabrovo, Department of Textile Machines and Technologies
Gabrovo, Bulgaria

e-mail: alenka._cuden@yahoo.com

Received

UDK

Original scientific paper

Knitting with elastane core-spun yarns results in a compact, or very compact structure because of the yarn extension in the knitting zone, fabric relaxation in unloaded state after relaxation and yarn compression within the knitted structure. This results in knitted loop geometry changes and hence results in changes of knitted fabric structural parameters. The purpose of the investigation was to evaluate the most frequently applied loop models for the loop length calculations. As anticipated, the structures made from conventional yarns without elastane show the best agreement with the studied geometrical loop models. Structures made from the elastane core-spun yarns do not correspond to geometrical loop models for individual structures. The investigated loop models cannot be generally applied, when designing both conventional and elasticised knitted fabrics in various structures. The research objective was also to define new loop models based on multiple linear regression.

Key words: weft knitted fabric, knitted loop model, knitted structure, knitting, multiple linear regression

1. Introduction

Knitting with elastane core-spun yarns results in a compact, or very compact structure because of the yarn extension in the knitting zone, fabric relaxation in unloaded state, after relaxation and yarn compression within the knitted structure. This results in knitted loop geometry changes and hence results in changes to knitted fabric structural parameters. These depend on numerous factors, eg. material composition, yarn structure, knitted fabric structure, knitting process, after-treatment, relaxation level and similar.

Geometrical properties of knitted fabrics, made from conventional yarns and those incorporating elastane core-spun yarns, differ considerably. Knitted loop models exhibiting the geometry and mechanical properties of knitted fabrics were developed mainly for knitted structures from conventional yarns. Geometrical properties of knitted structures were extensively researched for conventional knitted fabrics and the most significant basic single and double knitted structures [1-9]. As for knitted fabrics with incorporated elastane, in most cases only the basic single structure

has been investigated in detail [10-13].

The purpose of this investigation was to study the geometrical parameters of the basic single and double weft knitted structures, made from elastane core-spun yarns (yarn diameter, loop width, loop height, loop length), compared to equivalent structures made from conventional yarns. Furthermore, the objective was to evaluate the most frequently applied loop models for the loop length calculations and to define new loop models based on multiple linear regression.

2. Theoretical

2.1. Basic knitted loop parameters

2.1.1. Yarn diameter

The yarn diameter is the basic yarn parameter and is dependent on yarn linear density, yarn structure and its material composition. The yarn theoretical diameter d_{prt} is the diameter of the yarn comprising no air pockets amongst the individual fibres within the yarn. In the real knitted fabric, the real yarn diameter d_{pr} is greater than the theoretical yarn diameter d_{prt} because of the yarn voluminosity [14]. With unchanged loop width and loop height, the yarn diameter influences the loop length and the knitted fabric porosity/compactness.

2.1.2. Loop width and knitted fabric horizontal density

The loop width A is the distance between the bisectors of the loop needle arcs of two adjacent loops, within the same course. The horizontal density is inversely proportional to the loop width. The horizontal density D_h indicates the number of wales in a horizontal unit of length of the knitted fabric. It is defined by the knitting machine gauge and yarn input tension, which changes minutely with changes of the yarn input tension on the knitting machine [15]. The changes depend mainly on yarn extensibility and elasticity. Major changes of the knitted fabric horizontal density can be achieved by the knitting machine gauge change, ie. by using the knitting machine with a higher, or lower gauge.

With an identical horizontal density value, a knitted fabric made from thicker yarn is more compact. With an identical yarn diameter value, a knitted fabric with a higher horizontal density becomes more compact. The horizontal density influences the mass per unit area of the knitted fabric.

2.1.3. Loop height and knitted fabric vertical density

The loop height or more precisely, the knitted course height, is the distance between the needle arcs of the two adjacent knitted loops, within the same wale. The vertical density is inversely proportional to the loop height. The vertical density indicates the number of courses in a vertical unit of length of the knitted fabric. This may be changed by the couliering depth change.

With an identical vertical density value, a knitted fabric made from a thicker yarn is more compact. With an identical yarn diameter value, a knitted fabric with a higher vertical density becomes more compact. The vertical density influences the mass per unit area of the knitted fabric.

2.1.4. Loop length

According to Munden [16], the loop length is the basic parameter of knitted fabric. It is only dependent on the knitted fabric density, hence only on loop width and loop height. With the Munden loop model, the ratio between knitted fabric density and loop length is independent of the structure, ie. compactness/openness of the knitted fabric, whilst the loop width and loop height are inversely proportional to the loop length. Munden established the interdependence of the individual loop parameters by so-called 'Munden constants'.

According to F.T. Peirce [17] and A.S. Dalidovic [18], the loop length depends on loop width, loop height and yarn diameter. The interdependence of the basic loop parameters can be defined by the general equation (1):

$$\ell = x \cdot A + y \cdot B + z \cdot d_{pr} \quad (1)$$

where: ℓ - the length of the yarn within the loop, ie. the loop length; A - loop width; B - loop height; d_{pr} - real yarn diameter; x , y and z - coefficients.

The coefficients differ for the various knitted structures.

For the basic single knitted structure, the dependence among loop width A , loop height B and real yarn diameter d_{pr} is (2) [18]:

$$\ell = 1.57 \cdot A + 2 \cdot B + \pi \cdot d_{pr} \quad (2)$$

For the single knitted structure derivative which is composed of loops and floats in every course, the loop length is [14, 19]:

$$\ell = 2.57 \cdot A + 2 \cdot B + \pi \cdot d_{pr} \quad (3)$$

The investigated miss structure differs from the abovementioned single knitted structure derivative equation (3). Within the examined structure, courses composed exclusively of loops alternate with courses composed of loops and floats (Tab.1).

For the single tuck structures, it holds (4) [18, 19]:

$$A_z = A_g + 2 \cdot d_{pr} \cdot n_z \quad (4)$$

where: A_z - tuck loop width, A_g - single loop width and n_z - number of tucks over one single loop.

The average loop width A is (5) [18, 19]:

$$A = \frac{n \cdot A_g + p \cdot A_z}{n + p} \quad (5)$$

where: n - number of single loops and p - number of tuck loops.

The coefficient of the surface efficiency is (6) [18, 19]:

$$\beta = \frac{M - m}{M} \quad (6)$$

where: M - number of loop in repeat and m - number of tucks in repeat.

For the half cardigan structure, it holds (7) [19]:

$$\ell = 0.785 \cdot A + 2 \cdot B + \pi \cdot d_{pr} \quad (7)$$

For the cardigan structure, it holds (8) [19]:

$$\ell = 0.785 \cdot A + 1.5 \cdot B + 3.6 \cdot d_{pr} \quad (8)$$

For the basic 1x1 rib knitted structure, the loop length is (9) [18]:

$$\ell = 1.57 \cdot A + 2 \cdot B + \pi \cdot d_{pr} \quad (9)$$

For the basic 1x1 purl knitted structure, it holds (10) [19, 20]:

$$\ell = 1.57 \cdot A + 2\sqrt{B^2 + 5 \cdot d_{pr}^2} \quad (10)$$

3. Experimental

3.1. Elasticised knitted fabrics investigation

3.1.1. Sample preparation

For the study of the structural single and double weft knitted fabrics, basic structures were selected. Single structures were composed of knitted loops, tucks and floats: single miss structure - labelled SM, single half cardigan - labelled SHC and single full cardigan - labelled SFC. Considering double structures, basic structures comprised exclusively of knitted loops were selected: 1x1 purl structure - labelled P, and 1x1 rib structure - labelled R.

For the preparation of knitted samples, ring spun yarns made from two types of fibres were used, namely viscose and polyacrylonitrile fibres. Viscose and polyacrylonitrile (acrylic) fibres were selected because of their different origins (natural and synthetic polymer) and consecutive differences in moisture absorbency and shrinking during wet treatment [21]. Mechanical properties of knitted fabrics influencing knitted loop parameters [22], and extensive research of dimensional stability of knitted fabrics with identical material composition [2, 3, 9] were also considered.

From each raw material, elastane core yarns were custom-made to order, under the same processing and environment conditions (samples labelled - ELAST), displaying the same linear density and material composition 97.8 % CV/2.2 % EL and 97.8 % PAN/2.2 % EL, respectively (samples labelled

CV-EL in PAN-EL). For comparison, two ring-spun yarns without elastane (samples labelled CONV), were made from the same 100 % viscose fibres (samples labelled - CV) and 100 % polyacrylonitrile fibres (samples labelled PAN), showing the same nominal linear density as the elastane core-spun yarns. The linear density of all yarns was 100 tex. The yarn twist was 221Z for conventional yarns without elastane and 281Z for elastane core-spun yarns.

The knitted samples were produced on the electronic flat weft knitting machine STOLL CNCA, gauge E8. The yarn was on bobbins, neither wound, nor waxed. All samples were knitted with an equal yarn input tension, equal knitted fabric take-off and in identical environment conditions. The knitted samples were produced in two couliering depths in order to prepare more open (sample labelling - O) and a more close structure (sample labelling - C).

To enable a comparison of results, investigated samples needed to be in the reference state [23-28]. A dry static relaxation (samples labelling DR) was one-phase: knitted samples were placed unloaded to the standard environment for 72 hours. A two-phase knitted fabric consolidation was executed first by dry relaxation (as described) and further by dynamic wet relaxation (samples labelling WR), ie. with laundering in a domestic wash-dryer ELECTROLUX EW 1247W at the delicate laundry programme, followed by short spinning, 40-min drying at the delicate laundry programme, four cycles of short rin-

sing and 40-min tumble drying at the delicate laundry programme. The wet-relaxed samples were placed flat to the standard environment, for at least 24 hours, after drying was finished.

For the yarn parameters measurements, the yarns were dry and wet relaxed as well. Dry relaxed yarns were placed unloaded to the standard environment for 72 hours; they were unwound from the bobbins without any loss of turns. To avoid ruffling the yarns in the laundering machine drum during rotation, the yarns were dynamically wet relaxed by a 2-hour soaking of the threads in the water at 30°C, with occasional stirring. They were then dried simultaneously with the investigated knitted fabrics in the wash-dryer ELECTROLUX EW 1247W at the delicate laundry programme.

3.1.2. Measured parameters of knitted fabrics and research methods

Basic yarn parameters influencing the characteristics of the knitted loop within the knitted fabric and similarly, the basic characteristics of knitted fabrics were measured.

The yarn diameter was measured by image analysis. The samples were prepared so that from the dry or wet relaxed yarn, a 50 cm piece was cut without the turn loss. Each upper end of the yarn was glued to the cardboard, using a glue gun. The cardboards with the glued upper ends of the yarn were fastened to the stand with a vertical clamp. The lower ends were loaded by a minimum load of

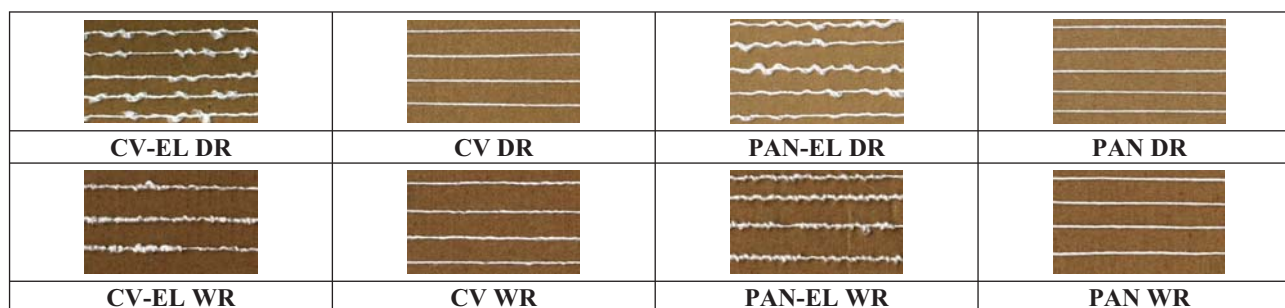
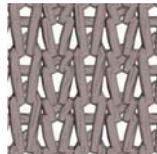


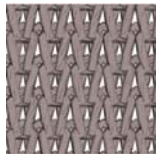

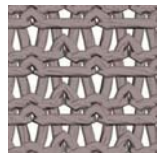



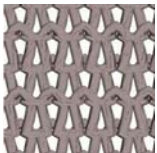
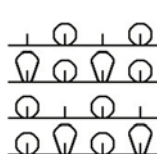
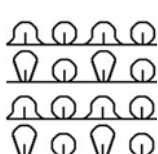
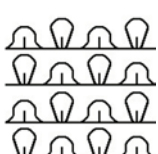
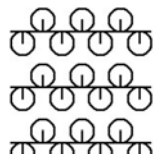
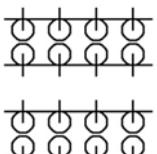


Fig.1 Dry and wet relaxed yarns

Tab.1 Investigated knitted structures

Knitted structures				
Single			Double	
miss	half cardigan	cardigan	1x1 rib	1x1 purl
SM	SHC	SFC	R	P
				
				
				

0.3 cN [29] and glued to the cardboard, with the aid of the glue gun. The yarn samples were observed and snapshot by a stereomicroscope Nikon SMZ800. The yarn diameter was measured by the Infinity Software tools. The number of measurements made was 50.

The loop width and the loop height were established by measuring the dimensions of 20 wales and 20 courses and calculating the measured dimensions to the unit of one loop. The number of measurements was 20 for each sample.

The loop length was measured on the HATRA tester. The knitted fabric was cut within a distance of 100 wales. The length of the individual unravelled threads at a load of 10g was measured. From this, the length of one loop was calculated. Number of measurements for each sample was 20. The lengths of the unravelled knitting courses with all loops, loop and tucks and also, loops and floats were measured separately.

The knitted fabric thickness was measured by Mitutoyo apparatus at the load 20 gcm⁻². The number of measurements was 10 for each sample.

3.2. Statistical analysis

3.2.1. Multiple linear regression

It was established that the theoretical models for the average loop length calculation defined for various knitted structures are not adequate for knitted fabrics with incorporated elastane. Consequently, the impact of independent variables to the loop length ℓ was studied by the multiple linear regression [30].

Preliminarily, a linear model with four predictors: A -loop width, B -loop height, d_{pr} - real yarn diameter and d_{pl} - knitted fabric thickness, was used for all the knitted fabrics. The model was very good, as it exhibited more than 99 % ($R^2 = 99,44$ %) variability of the loop length ℓ . For the use of this model, the knitted fabric thickness measurements are needed. Subsequently, linear models with three predictors: A - loop width, B - loop height and d_{pr} - real yarn diameter were investigated regarding the Equation (1). On the basis of this model, it is possible to calculate the loop length ℓ in dependence of the loop width and the loop height and the real yarn diameter, as stated hereafter.

4. Results and discussion

4.1. Knitted fabric parameters

4.2. Adequacy of the loop models for the knitted fabrics in different structures made from elastane core-spun yarns

To evaluate the adequacy of loop models for knitted fabrics in different structures, the Pearson correlation coefficient was calculated for all yarns and also separately, for conventional yarns without elastane and elastane core-spun yarns, respectively. For the single miss structure, the correlation coefficient was not calculated as the structure of the investigated miss structure differs from the structure of the single miss structure derivative discussed in the literature (Equation 3). From Table 8, it can be seen that as anticipated, structures made from conventional yarns without elastane, correspond most closely to the studied geometrical loop models (Equations 2-10), especially single half cardigan structure (correlation coefficient > 0,95). Single cardigan and double 1x1 purl

Tab.2 Real yarn diameter d_{pr}

Yarn samples	d_{pr}	
	\bar{X} (mm)	CV (%)
PAN DR	0.69	10.14
PAN WR	0.71	9.47
PAN-EL DR	0.73	9.49
PAN-EL WR	0.79	9.53
CV DR	0.61	10.23
CV WR	0.63	8.23
CV-EL DR	0.69	10.04
CV-EL WR	0.70	9.99

Tab.3 Loop width (A), loop height (B) and loop length (ℓ) of the single miss knitted fabric (SM)

Single knitted fabric – miss SM	Knitted fabric	A		B		ℓ	
		\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)
		O	C	O	C	O	C
PAN DR	O	2.38	2.03	1.84	2.81	8.70	0.59
	C	2.02	2.66	1.35	5.39	7.17	0.34
PAN WR	O	2.34	1.75	1.66	2.23	8.59	0.62
	C	1.96	2.34	1.32	2.65	7.12	0.49
PAN-EL DR	O	2.12	3.73	1.42	2.91	8.48	0.83
	C	1.96	1.89	1.22	2.91	7.03	0.55
PAN-EL WR	O	1.79	2.20	1.08	3.29	8.60	0.71
	C	1.60	2.55	1.90	2.15	6.89	0.96
CV DR	O	2.43	3.40	1.93	1.84	8.63	0.37
	C	2.18	1.63	1.43	1.85	7.07	0.42
CV WR	O	2.76	2.53	1.46	2.10	8.30	0.52
	C	2.22	3.99	1.14	5.39	6.97	0.52
CV-EL DR	O	2.03	2.10	1.29	7.57	8.73	0.43
	C	1.89	2.18	1.20	3.09	7.40	0.82
CV-EL WR	O	1.44	2.35	0.73	3.54	8.10	0.59
	C	1.29	1.88	0.72	6.71	7.14	1.09

Tab.4 Loop width (A), loop height (B) and loop length (ℓ) of the single half cardigan knitted fabric (SHC)

Single knitted fabric – half cardigan SHC	Knitted fabric	A		B		ℓ	
		\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)
		O	C	O	C	O	C
PAN DR	O	3.95	1.52	1.41	2.80	10.88	0.44
	C	3.09	1.84	1.13	2.34	8.86	0.45
PAN WR	O	3.68	2.33	1.30	6.01	10.86	0.43
	C	2.95	1.13	1.04	3.79	8.76	0.45
PAN-EL DR	O	2.83	2.25	1.22	5.15	10.50	0.47
	C	2.59	1.83	1.09	4.37	8.72	0.48
PAN-EL WR	O	2.42	1.70	0.99	4.64	10.43	0.59
	C	2.17	1.56	0.64	3.29	8.58	0.74
CV DR	O	3.91	1.18	1.57	3.42	10.80	0.24
	C	3.15	2.05	1.25	3.77	8.59	0.24
CV WR	O	4.30	2.09	1.36	5.70	10.44	0.41
	C	3.33	3.41	1.12	4.25	8.76	0.53
CV-EL DR	O	2.62	4.04	1.30	6.16	11.24	0.51
	C	2.50	1.99	1.18	4.60	9.10	0.52
CV-EL WR	O	1.84	1.32	0.70	4.08	10.04	0.63
	C	1.69	1.87	0.69	4.93	8.64	0.73

structure correlate less and the double 1x1 rib structure corresponds least of all. Structures made from elastane core-spun yarns, do not correspond to the geometrical loop models for the individual structures. The investigated loop models cannot be generally applied for all knitted structures, both conventional and elasticised.

4.4. Influence of independent variables on the loop length: multiple linear regression

The dependance of the loop length ℓ on the loop width – A, the loop height – B and the real yarn diameter – d_{pr} was defined by multiple linear regression.

4.4.1. Loop length of the various knitted structures made from the conventional yarns without elastane and elastane core-spun yarns

First, linear models with three predictors: A – loop width, B – loop height and d_{pr} – real yarn diameter were discussed, separately for the knitted fabrics made from conventional yarns without elastane and knitted fabrics from elastane core-spun yarns. The equations for the average loop length within a repeat of the defined knitted structure are given:

single miss structure - conventional yarns without elastane

$$\ell = 1.31822 \cdot A + 1.93884 \cdot B + 2.84222 \cdot d_{pr} \quad (11)$$

$R^2 = 99.94$

single miss structure - elastane core-spun yarns

$$\ell = 9.00858 \cdot A - 9.02476 \cdot B + 2.17772 \cdot d_{pr} \quad (12)$$

$R^2 = 99.11$

single half cardigan structure - conventional yarns without elastane

$$\ell = 1.07584 \cdot A + 2.52142 \cdot B + 4.15396 \cdot d_{pr} \quad (13)$$

$R^2 = 99.82$

single half cardigan structure - elastane core-spun yarns

$$\ell = -2,99884 \cdot A + 6,84359 \cdot B + 13,6933 \cdot d_{pr} \quad (14)$$

$R^2 = 99.15$

Tab.5 Loop width (A), loop height (B) and loop length (ℓ) of the cardigan knitted fabric (SFC)

Single knitted fabric – full cardigan SFC	Knitted fabric		A		B		ℓ	
			(mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)
PAN DR	O		3.72	4.49	1.40	4.91	10.90	0.86
	C		3.11	1.83	1.05	3.89	8.87	1.03
PAN WR	O		3.65	2.54	1.30	5.29	10.73	0.92
	C		3.01	2.91	1.04	4.58	8.75	1.10
PAN-EL DR	O		2.96	4.12	1.10	1.44	10.50	0.96
	C		2.59	3.54	0.93	3.76	8.67	1.03
PAN-EL WR	O		2.37	1.48	0.82	3.15	10.60	0.93
	C		2.12	1.14	0.59	3.57	8.61	1.08
CV DR	O		4.21	6.57	1.48	5.59	10.70	0.94
	C		3.44	4.90	1.19	3.47	7.08	1.31
CV WR	O		4.90	2.50	1.20	4.81	10.73	0.82
	C		3.41	3.58	1.12	3.69	8.81	1.09
CV-EL DR	O		2.87	2.47	1.12	2.31	11.14	2.40
	C		2.51	2.89	1.04	7.45	9.21	2.27
CV-EL WR	O		1.90	1.24	0.60	4.77	10.14	2.03
	C		1.77	1.91	0.57	4.27	8.58	3.03

Tab.6 Loop width (A), loop height (B) and loop length (ℓ) of the 1x1 rib knitted fabric (R)

Double knitted fabric – 1x1 rib R	Knitted fabric		A		B		ℓ	
			\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)
PAN DR	O		1.74	3.34	2.49	4.42	11.19	0.61
	C		1.62	7.59	1.95	2.56	9.71	0.97
PAN WR	O		2.00	3.82	2.31	2.24	10.95	0.82
	C		1.82	2.65	1.84	2.50	9.77	0.79
PAN-EL DR	O		1.46	3.54	1.88	1.37	10.66	0.82
	C		1.30	2.85	1.82	2.61	9.36	1.07
PAN-EL WR	O		1.59	1.52	1.48	1.79	10.85	0.78
	C		1.38	2.57	1.37	1.88	9.53	1.01
CV DR	O		1.59	4.40	2.88	3.49	10.75	1.81
	C		1.52	4.44	2.10	3.07	9.46	2.49
CV WR	O		3.43	2.59	1.80	5.94	10.64	0.87
	C		2.75	1.48	1.72	5.51	9.17	1.04
CV-EL DR	O		1.51	2.91	1.99	3.09	11.05	2.71
	C		1.35	3.26	1.73	3.13	10.00	1.75
CV-EL WR	O		1.38	1.92	0.97	3.50	10.15	2.20
	C		1.34	1.57	0.94	3.36	9.53	1.56

single cardigan structure - conventional yarns without elastane

$$\ell = 0.897692 \cdot A + 2.65933 \cdot B + 4.62776 \cdot d_{pr} \quad (15)$$

$$R^2 = 99.05$$

single cardigan structure - elastane core-spun yarns

$$\ell = -0.591103 \cdot A + 4.07131 \cdot B + 10.4916 \cdot d_{pr} \quad (16)$$

$$R^2 = 98.84$$

double 1x1 rib structure - conventional yarns without elastane

$$\ell = 0.695706 \cdot A + 1.91765 \cdot B + 7.12003 \cdot d_{pr} \quad (17)$$

$$R^2 = 99.91$$

double 1x1 rib structure - elastane core-spun yarns

$$\ell = 8.98491 \cdot A + 0.439199 \cdot B - 4.35272 \cdot d_{pr} \quad (18)$$

$$R^2 = 99.89$$

double 1x1 purl structure - conventional yarns without elastane

$$\ell = 0.858758 \cdot A + 2.83987 \cdot B + 4.83021 \cdot d_{pr} \quad (19)$$

$$R^2 = 99.67$$

double 1x1 purl structure - elastane core-spun yarns

$$\ell = 5.04267 \cdot A - 2.32843 \cdot B + 1.85177 \cdot d_{pr} \quad (20)$$

$$R^2 = 99.05$$

Then, linear models with three predictors: A - loop width, B - loop height and d_{pr} - real yarn diameter were discussed for all knitted structures, regardless of yarn structure. The equations for average loop length within the repeat of the defined knitted structure are given:

single miss structure

$$\ell = 0.773469 \cdot A + 0.94233 \cdot B + 7.23281 \cdot d_{pr} \quad (21)$$

$$R^2 = 98.35$$

single half-cardigan structure

$$\ell = -0.0598832 \cdot A + 3.36942 \cdot B + 8.78209 \cdot d_{pr} \quad (22)$$

$$R^2 = 99.40$$

single cardigan structure

$$\ell = 0.430253 \cdot A + 1.48724 \cdot B + 9.80272 \cdot d_{pr} \quad (23)$$

$$R^2 = 98.99$$

double 1x1 rib structure

$$\ell = 0.453025 \cdot A + 1.17308 \cdot B + 10.4958 \cdot d_{pr} \quad (24)$$

$$R^2 = 99.59$$

double 1x1 purl structure

$$\ell = 1.00597 \cdot A + 0.911984 \cdot B + 8.80496 \cdot d_{pr} \quad (25)$$

$$R^2 = 99.33$$

Finally, a general linear model with three predictors: A - loop width, B - loop height and d_{pr} - real yarn diameter was discussed for all knitted fabrics, ie. for all investigated single and double knitted structures. A general equation for the average loop length is given, as follows (26) :

$$\ell = 0.669672 \cdot A + 1.38899 \cdot B + 8.61947 \cdot d_{pr} \quad (26)$$

This general model is also very good, as it is able to explain more than 98%

Tab.7 Loop width (A), loop height (B) and loop length (ℓ) of the 1x1 purl knitted fabric (P)

	Knitted fabric	A		B		ℓ		
		\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)	
Double knitted fabric – 1x1 purl P	PAN DR	O	3.00	2.89	1.51	5.06	10.82	1.70
		C	2.41	2.36	1.26	2.51	8.81	3.43
	PAN WR	O	2.99	1.90	1.47	3.24	10.73	2.53
		C	2.39	1.92	1.23	4.37	8.82	3.44
	PAN-EL DR	O	2.34	1.76	1.28	4.94	10.66	2.28
		C	2.14	1.58	1.09	3.62	8.73	3.37
	PAN-EL WR	O	2.30	1.24	1.07	3.17	10.56	2.10
		C	2.11	1.35	0.91	4.33	8.72	3.72
	CV DR	O	3.22	4.46	1.65	4.85	10.83	2.62
		C	2.57	3.58	1.47	3.29	8.94	2.99
	CV WR	O	3.74	3.38	1.60	4.89	10.61	3.02
		C	2.85	2.98	1.42	4.45	8.76	3.79
	CV-EL DR	O	2.46	6.75	1.27	3.75	11.19	2.49
		C	2.16	1.32	1.05	4.49	9.26	2.82
	CV-EL WR	O	1.81	2.18	0.77	3.35	10.04	2.73
		C	1.69	1.25	0.70	3.37	8.62	3.45

Tab.8 Loop models adequacy

Correlation coefficient		CONV+ELAS	CONV	ELAS
Knitted structure				
SHC	single half cardigan	0.54	0.97	0.48
SFC	single cardigan	0.41	0.84	0.51
R	double 1x1 rib	0.41	0.65	0.53
P	double 1x1 purl	0.55	0.87	0.53

($R^2 = 98,78\%$) of variability of the loop length ℓ value.

5. Conclusions

As anticipated, the structures made from conventional yarns without elastane show the best agreement with the studied geometrical loop models. Structures made from the elastane core-spun yarns do not correspond to geometrical loop models for individual structures. The investigated loop models cannot be generally applied, when designing both conventional and elasticised knitted fabrics in various structures.

For both conventional and elasticised knitted fabrics planning, the following models may be applied for individual knitted structures:

single miss knitted structure
 $\ell = 0.773469 \cdot A + 0.94233 \cdot B + 7.23281 \cdot d_{pr}$

single half cardigan knitted structure
 $\ell = -0.0598832 \cdot A + 3.36942 \cdot B + 8.78209 \cdot d_{pr}$

single cardigan knitted structure
 $\ell = 0.430253 \cdot A + 1.48724 \cdot B + 9.80272 \cdot d_p$

double 1x1 rib knitted structure
 $\ell = 0.453025 \cdot A + 1.17308 \cdot B + 10.4958 \cdot d_p$

double 1x1 purl knitted structure
 $\ell = 1.00597 \cdot A + 0.911984 \cdot B + 8.80496 \cdot d_{pr}$

The general equation for the loop length calculation is:

$$\ell = 0.669672 \cdot A + 1.38899 \cdot B + 8.61947 \cdot d_{pr}$$

References:

[1] Doyle P.J.: Fundamental aspects of the design of knitted fabrics, Journal of the Textile Institute 44 (1953) 1, 561-578

[2] Fletcher H.M., S.H. Roberts: The geometry of plain and rib knit cotton fabrics and its relation to shrinkage in laundering, Textile Research Journal 22 (1952) 2, 84-88

[3] Fletcher H.M., S.H. Roberts: The geometry of knit fabrics made of staple rayon and nylon and its relationship to shrinkage in laundering, Textile Research Journal 22 (1952) 7, 466-471

[4] Fletcher H.M., S.H. Roberts: Relationship of the geometry of plain knit cotton fabric to its dimensional change and elastic properties, Textile Research Journal 24 (1954) 8, 729-737

[5] Munden D.L., M.W.A. Fletcher: Processing and properties of knitted stretch fabrics, Journal of the Textile Institute 47 (1956), 638-669

[6] Leaf G.A.V.: Models of the plain-knitted loop, Journal of the Textile Institute 51 (1960) 2, T49-T58

[7] Nutting T.S.: Changes in the dimensions of plain-knitted wool fabrics with variation of moisture regain, Journal of the Textile Institute 52 (1961), T407-T415

[8] Munden D.L. et al.: Dimensional changes during washing of fabrics knitted from wool/man-made fibre blends, Journal of the Textile Institute 54 (1963) 2, 135-145

[9] Hurley R.B.: The dimensional stability of acrylic knit fabrics, Textile Research Journal 36 (1966) 11, 989-993

[10] Pavko-Čuden A.: Študij zanke votkovnega pletiva, Study of the welt knitted loop, Doctoral thesis, University of Ljubljana, Slovenia, 2005

[11] Stjepanovič Z. et al.: Research on the effect of some knitting parameters on properties of cotton/Lycra knitted fabrics during relaxation process, Tekstilna industrija 58 (2010) 1, 22-31

[12] Bayazit Marmarali A.: Dimensional and Physical Properties of Cotton/Spandex Single Jersey Fabrics, Textile Research Journal 73 (2003) 1, 11-14

[13] Pavko-Čuden A., G. Lumpert: Analiza pletene strukture iz opredene preje z elastanskim jedrom, Analysis of knitted structure from

- core-spun elastomeric yarn, *Tekstil* **46** (2003) 11/12, 354-360
- [14] Gligorijevič V.R.: Tehnologija pletenja, 1. deo, Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu, Leskovac, 1996
- [15] Bešker M. et al.: Projektiranjem duljine očice do kvalitetnijeg pletiva, *Tekstil* **45** (1996.) 5, 263-268
- [16] Munden D.L.: The geometry and dimensional properties of plain-knitted loop, *Journal of the Textile Institute* 50 (1959) 7, T448-T471
- [17] Peirce F.T.: Geometrical principles applicable to the design of functional fabrics, *Textile Research Journal* 17 (1947) 3, 123-147
- [18] Dalidovič A.S.: Osnovi teorije vježanja, Legakaja industrija, Moskva, 1970
- [19] Kudriavin L. (ed): Laboratory practice in knitting technology, Mir Publishers, Moskva, 1985
- [20] Lasić V.: Vezovi pletiva, vlast. nakl., Zagreb, 1998.
- [21] Cook J.G.: Handbook of Textile Fibres, Man-made fibres, 5th Ed, Merrow technical library, Shildon, 1993
- [22] Kawabata S., T.W. Chou (ed), F.K. Ko (ed): Textile structural composites, Nonlinear mechanics of woven and knitted materials, North-Holland, 1989, 67-102
- [23] Munden D.L.: Dimensional stability of plain-knit fabrics, *Journal of the Textile Institute* 51 (1960) 4, 200-209
- [24] Hurley R.B.: The tumble-drying process and acrylic knitted fabrics, *Textile Research Journal* 37 (1967) 8, 746-751
- [25] Knapton J.J.F. et al.: The dimensional properties of knitted wool fabrics, Part 1, The plain knitted structure, *Textile Research Journal* 38 (1968) 10, 999-1012
- [26] Black D.H.: Shrinkage control for cotton and cotton blend knitted fabrics, *Textile Research Journal* 44 (1974) 8, 606-611
- [27] Lord P.R. et al.: The performance of open-end, twistless and ring yarns in weft knitted fabrics, *Textile Research Journal* 44 (1974) 10, 405-414
- [28] Heap S.A. et al.: Prediction of finished relaxed dimensions of cotton knits-the Starfish project, Part 2, Shrinkage and the reference state, *Textile Research Journal* 55 (1985) 4, 211-222
- [29] Kobljakov A. (Ed): Laboratory practice in the study of textile materials, Mir, Moskva, 1989
- [30] Bona M.: Statistical methods for the textile industry, Textilia, Biella, 1993

Analiza duljine očice temeljnih kulirnih pletiva s elastanom

Prof.dr.sc. **Alenka Pavko Čuden**, dipl.ing.¹

Dr.sc. **Yordanka Angelova**, dipl.ing.²

Doc.dr.sc. **Aleš Hladnik**, dipl.ing.¹

¹Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

Oddelek za tekstilstvo,

Ljubljana, Slovenija

²Technical University of Gabrovo

Department of Textiles

Gabrovo, Bugarska

e-mail: alenka.cuden@ntf.uni-lj.si

Prispjelo 17.9.2010.

UDK

Izvorni znanstveni rad

Pletenje uporabom elastičnih pređa s jezgrom odražava se u zbijenoj, odnosno vrlo zbijenoj strukturi pletiva što je posljedica istezanja pređe u pletačkoj zoni, relaksacije pletiva u neopterećenom stanju nakon pletenja i kompresije pređe u pletenoj strukturi. Time dolazi do promjena u geometriji očice i do promjena strukturnih parametara pletiva. Istraživanje je provedeno kako bi se ocijenila primjerenost najčešće upotrebljivanih modela za izračun duljine očice. Primijenjenim geometrijskim modelima najviše odgovaraju strukture ispletene od konvencionalnih pređa, što je u skladu s očekivanjima. Strukture ispletene od elastičnih pređa s elasanskom jezgrom ne odgovaraju geometrijskim modelima očica za pojedine strukture. Ispitivani geometrijski modeli očica ne mogu se primijeniti za projektiranje konvencionalnih i elastičnih pletiva u pojedinim strukturama. Svrha istraživanja također je bila definirati nove modele duljine očice na temelju višestruke linearne regresije.

Ključne riječi: kulirno pletivo, model pletene očice, pletena struktura, pletenje, višestruka linearna regresija

1. Uvod

Pletenje uporabom elastičnih pređa s jezgrom odražava se u zbijenoj, odnosno vrlo zbijenoj strukturi pletiva, što je posljedica istezanja pređe u pletačkoj zoni, relaksacije pletiva u neopterećenom stanju nakon pletenja i kompresije pređe u pletenoj strukturi. Time dolazi do promjena u geometriji očice i do promjena strukturnih parametara pletiva. Na strukturne parametre pletiva utječu brojni čimbenici, kao što su sirovinski sastav i struktura pređe, struktura pleti-

va, procesni parametri pletenja, parametri okoline, postupci oplemenjivanja, stupanj relaksacije, itd.

Geometrijska svojstva pletiva od konvencionalnih pređa bitno se razlikuju od geometrijskih svojstava pletiva od pređa s elastanskom jezgrom. Modeli očice, koji objašnjavaju geometriju i mehanička svojstva pletiva, bili su razvijeni u prvom redu za pletiva izrađena od konvencionalnih pređa. Geometrijska svojstva pletenih struktura temeljito su istražena za konvencionalna pletiva i najznačajnije lijevo-desne i desno-desne strukture

[1-9], dok je kod pletiva od s ugrađenim elastanom detaljnije istražena jedino jednostavna lijevo-desna struktura [10-13].

Svrha istraživanja bila je proučiti osnovne geometrijske parametre jednostavnih lijevo-desnih i desno-desnih kulirnih struktura pletiva izrađenih od pređa s elastanskom jezgrom u usporedbi sa strukturama jednakog pletiva ispletenog od konvencionalnih pređa (promjer pređe, te korak, visina i duljina očice). Također se željela ocijeniti primjerenost najčešće upotrebljivanih modela za izračun

duljine očice i definirati nove modele duljine očice na temelju višestruke linearne regresije.

2. Teoretski dio

2.1. Parametri očice

2.1.1. Promjer pređe

Promjer pređe je osnovni parametar pređe, koji ovisi o duljinskoj masi (finoći) pređe, strukturi pređe i sirovinskom sastavu pređe. Teoretski promjer pređe d_{pr} je promjer pređe bez zračnih prostora između pojedinih vlakana pređe. U stvarnom pletivu je zbog voluminoznosti stvarni promjer pređe d_{pr} veći od teoretskog d_{pr} [14]. Pri jednakom koraku i visini očice, promjer pređe utječe na duljinu očice i na poroznost odnosno zbijenost pletiva.

2.1.2. Korak očice i horizontalna gustoća pletiva

Korak očice A je razmak između središnjica iglenih lukova dviju susjednih očica. Horizontalna gustoća D_h pletiva, obrnutoproporcionalno je ovisna o koraku očice. Izražava broj nizova očica na horizontalnoj jedinici duljine pletiva. Određena je finoćom stroja i ulaznom napetošću pređe. Promjenom ulazne napetosti pređe na istom stroju, horizontalna gustoća pletiva neznatno se mijenja [15]. Promjene najviše ovise o istezljivosti i elastičnosti pređe. Veće promjene horizontalne gustoće moguće su promjenom finoće stroja, što znači pletenjem na pletaćem stroju veće ili manje finoće.

Pri jednakoj horizontalnoj gustoći, zbijenije je pletivo koje je izrađeno od deblje pređe. Pri jednakom stvarnom promjeru pređe, zbijenije je ono pletivo koje ima veću horizontalnu gustoću. Horizontalna gustoća utječe na površinsku masu pletiva.

2.1.3. Visina očice i vertikalna gustoća pletiva

Visina očice B , odnosno preciznije, visina reda očica je razmak između

iglenih lukova susjednih očica istog niza očica. Vertikalna gustoća D_v pletiva obrnuto je proporcionalna o visini očice. Izražava broj redova očica na vertikalnoj jedinici duljine pletiva. Veće promjene vertikalne gustoće moguće su promjenom dubine kuli-ranja.

Pri jednakoj vertikalnoj gustoći, zbijenije je pletivo koje je izrađeno od deblje pređe. Pri jednakom stvarnom promjeru pređe, zbijenije je ono pletivo koje ima veću vertikalnu gustoću. Vertikalna gustoća utječe na površinsku masu pletiva.

2.1.4. Duljina očice

Prema L.D. Mundenu [16], osnovni parametar pletiva je duljina očice ℓ koja ovisi jedino o gustoći pletiva, znači samo o koraku i visini očice. Odnos između gustoće pletiva i duljine očice u Mundenovom modelu neovisan je o strukturi, tj. zbijenosti/labavosti pletiva, a korak i visina očice odnosno horizontalna i vertikalna gustoća pletiva su obrnuto proporcionalni odnosu prema duljini očice. Munden je definirao ovisnost pojedinih parametara očice pomoću takozvanih Mundenovih konstanta. Prema F.T. Peircu [17] i A.S. Dalidoviču [18], duljina očice ovisi o koraku i visini očice te debljini pređe. Međusobna ovisnost osnovnih parametara očice može se opisati općom jednačicom (1) [14]:

$$\ell = x \cdot A + y \cdot B + z \cdot d_{pr} \quad (1)$$

gdje je: ℓ - duljina pređe u očici, tj. duljina očice; A - korak očice; B - visina očice; d_{pr} - stvarni promjer pređe; x , y i z - koeficijenti. Koeficijenti su različiti za različite pletene strukture.

2.2. Jednačbe duljine očice osnovnih kulirnih pletiva

Za jednostavno lijevo-desno pletivo važi ovisnost između koraka očice A , visine očice B i stvarnog promjera pređe d_{pr} (2) [18]:

$$\ell = 1.57 \cdot A + 2 \cdot B + \pi \cdot d_{pr} \quad (2)$$

Za izvedeno lijevo-desno pletivo, koje se u svakom redu sastoji od očica i podliježnih (podstavne) niti važi ovisnost (3) [14, 19]:

$$\ell = 2.57 \cdot A + 2 \cdot B + \pi \cdot d_{pr} \quad (3)$$

Struktura istraživanog podliježnog pletiva razlikuje se od navedenog izvedenog lijevo-desnog pletiva jednačicom (3); u istraživanom pletivu se izmjenjuju glatki redovi s uzorkastim podliježnim redovima koji se sastoje jedino od očica i podliježnih niti, tab.1.

Za lijevo-desna zahvatna pletiva važi ovisnost (4) [18, 19]:

$$A_z = A_g + 2 \cdot d_{pr} \cdot n_z \quad (4)$$

gdje je: A_z - korak zahvatne očice, A_g - korak očice glatkog pletiva (glatke očice) i n_z - broj zahvatnih očica na jednoj očici.

Prosječni korak očice A izračunava se jednačicom (5) [18, 19]:

$$A = \frac{n \cdot A_g + p \cdot A_z}{n + p} \quad (5)$$

gdje je: n - broj glatkih očica i p - broj zahvatnih očica.

Koeficijent iskorištenja površine određuje se izrazom (6) [18, 19]:

$$\beta = \frac{M - m}{M} \quad (6)$$

gdje je: M - broj očica u raportu i m - broj zahvatnih očica u raportu.

Za poluzahvatno pletivo važi ovisnost (7) [19]:

$$\ell = 0.785 \cdot A + 2 \cdot B + \pi \cdot d_{pr} \quad (7)$$

Za zahvatno pletivo važi [19]:

$$\ell = 0.785 \cdot A + 1.5 \cdot B + 3.6 \cdot d_{pr} \quad (8)$$

Za glatko rebrasto pletivo važi ovisnost [18]:

$$\ell = 1.57 \cdot A + 2 \cdot B + \pi \cdot d_{pr} \quad (9)$$

Za glatko lijevo-lijevo pletivo važi ovisnost [19, 20]:

$$\ell = 1.57 \cdot A + 2\sqrt{B^2 + 5 \cdot d_{pr}^2} \quad (10)$$

3. Eksperimentalni dio

3.1. Ispitivanje pletiva od pređa s elastanskom jezgrom

3.1.1. Priprema uzoraka

Za ispitivanje svojstava strukturnih jednoigleničnih i dvoigleničnih kulirnih pletiva odabrani su jednostavni strukturni vezovi. Jednoiglenični vezovi uključivali su očice, zahvatne petlje i podliježne niti: jednostavno podliježno pletivo (engl. single miss - oznaka uzoraka SM), lijevo-desno poluzahvatno pletivo (engl. single half cardigan - oznaka uzoraka SHC) i lijevo-desno zahvatno pletivo (engl. single full cardigan - oznaka uzoraka SFC). Među dvoigleničnim vezovima odabrana su dva osnovna veza sastavljena isključivo od očica: glatko lijevo-lijevo pletivo (engl. purl - oznaka uzoraka P) i glatko rebrasto pletivo (engl. rib - oznaka uzoraka R).

Za pripremu uzoraka pletiva upotrijebljene su prstenaste pređe od dviju vrsta vlakana - viskoznih i poliakrilnitrilnih. Viskozna i poliakrilnitrilna vlakna odabrana su zbog različitog podrijetla, odnosno kemijskog sastava, te posljedicom toga i različitih svojstava, npr. različite hidrofilnosti i skupljanja pri obradi u mokrom [21], različitih mehaničkih svojstava pletiva koja utječu na parametre očice [22] te opsežnih ispitivanja dimenzijske stabilnosti pletiva takvog sirovinskog sastava [2, 3, 9]. U Predilnici Litija su na temelju narudžbe i u kontroliranim uvjetima od svake sirovine ispređena je pređa s elastanskom (elastičnom) jezgrom (oznaka uzoraka ELAST) jednake nazivne

duljinske mase (finoće), sa sirovinskim sastavom 97,8 % CV / 2,2 % EL i 97,8 % PAN / 2,2 % EL (oznake uzoraka CV-EL i PAN-EL). Radi usporedbe proizvedene su jednake pređe od 100 % viskoznih vlakana (oznaka uzoraka CV), odnosno 100 % poliakrilnitrilnih vlakana (oznaka uzoraka PAN) te još dvije prstenaste pređe bez elastanske jezgre (oznaka uzoraka CONV) jednake nazivne duljinske mase (finoće) kao pređe s elastanskom jezgrom. Duljinska masa (finoća) svih pređa iznosila je 100 tex. Uvojitost pređa bila je 221 Z za konvencionalne pređe bez elastana, odnosno 281 Z za pređe s elastanskom jezgrom.

Uzorci pletiva bili su ispleteni na elektroničkom ravnopletačem stroju za kulirno pletenje STOLL CNCA, finoće E 8, pređa je bila na predioničkim namocima, što znači neuvijena i neparafinirana. Svi uzorci bili su ispleteni uz jednake uvijete: podešenošću pletaćeg stroja, ulaznom napetošću pređe, odvođenjem pletiva i jednake uvjete okoline. Uzorci pletiva izrađeni su u dvije dubine kuliranja, tako da je za svaku vrstu pređe i svaku strukturu pletiva izrađena rjeđa (engl. open - oznaka uzoraka O) i gušća (engl. close - oznaka uzoraka C) struktura.

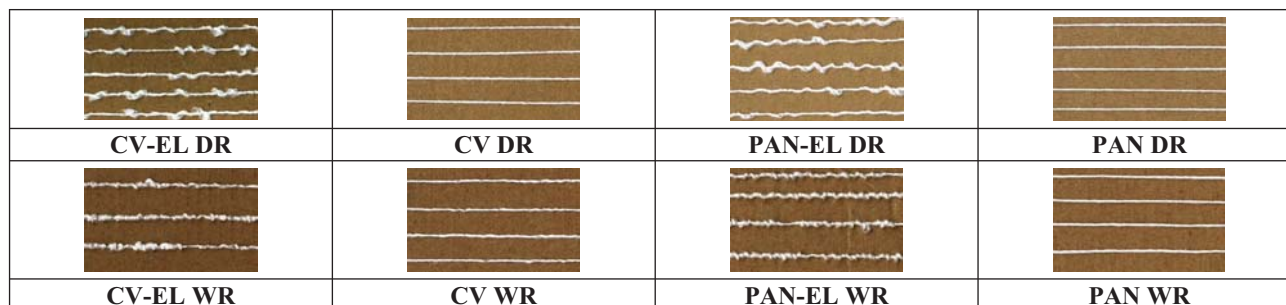
Da bi se moglo uspoređivati rezultate mjerenja parametara pletiva, trebalo je ispitivana pletiva dovesti u relaksirano referentno stanje [23-28]. Statička relaksacija u suhom (engl. dry relaxation - oznaka uzoraka DR) bila je jednofazna: uzorci pletiva odležali su 72 sata u neopterećenom stanju sa standardnim uvjetima. Kon-

solidacija pletiva bila je dvofazna, provedena dinamičkom relaksacijom u mokrom (engl. wet relaxation - oznaka uzoraka WR) nakon suhe relaksacije, pranjem u kućnoj perilici-sušilici Electrolux na programu za osjetljivo rublje. Slijedilo je kratko centrifugiranje, 40-minutno sušenje na programu za osjetljivo rublje, četiri ciklusa kratkog ispiranja i 40-minutnog sušenja (program za osjetljivo rublje) te na kraju odležavanje uzoraka u standardnim uvjetima najmanje 24 sata nakon završenog sušenja.

Za mjerenja parametara pređa, pređe su također bile relaksirane u suhom i mokrom stanju. Pređe relaksirane u suhom odležavale su 72 sata u standardnoj okolini u neopterećenom stanju: pređe su bile odmotane s predioničkog namotka bez gubitka uvoja. Da se niti tijekom prevrtanja u bubnju perilice ne bi zamrsile, podvrgnute su dinamičkoj relaksaciji mokrom 2-satnim namakanjem u vodi na temperaturi od 30 °C uz povremeno miješanje. Nakon toga sušile su se zajedno s ispitivanim pletivom u perilici-sušilici Electrolux na programu za osjetljivo rublje.




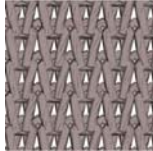

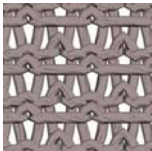
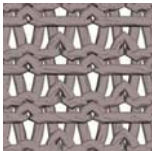


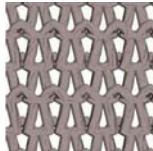
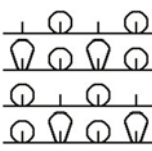
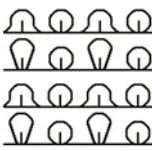
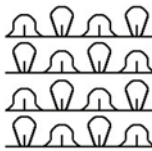
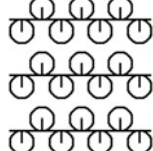
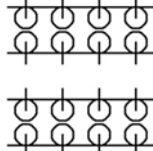
3.1.2. Mjereni parametri pletiva i metode ispitivanja

Mjereni su bili osnovni parametri pređa koji utječu na parametre očice u pletivu i osnovni parametri pletiva. Debljina pređe bila je mjerena pomoću slikovne analize. Uzorci pređa bili su pripremljeni tako da je od pređa (relaksiranih u suhom i mokrom) izrezano bez gubitka uvoja 50 cm pređe. Gornji kraj pređe bio je



Sl.1 Uzorci relaksiranih pređa u suhom (DR) i mokrom (WR)

Tab.1 Ispitivane pletene strukture

Pletene strukture				
	Jednoiglenične		Dvoiglenične	
Podliježna	poluzahvatna	zahvatna	glatka rebrasta	glatka lijevo-lijeva
SM	SHC	SFC	R	P
				
				
				

zajedno s podlogom od kartona učvršćen na stalak pomoću vertikalne hvataljke. Gornji kraj pređe bio je prilijepljen na karton pomoću pištolja za lijepljenje. Donji kraj pređe bio je opterećen minimalnim predopterećenjem od 0,3 cN [29] i pomoću pištolja za lijepljenje prilijepljen na karton. Uzorci pređe promatrani su i snimani stereomikroskopskim mikroskopom Nikon SMZ800; promjer pređe određen je pomoću alata programa Infinity Software, a provedeno je 50 mjerenja.

Korak i visina očice određena su mjerenjem dimenzija 20 nizova, odnosno redova očica te izračunom dimenzija na jednu očicu. Za svaki uzorak provedeno je 20 mjerenja.

Duljina očice mjerena je na HATRA aparatu. Pletivo je zarezano na udaljenosti od 100 nizova očica, izmjerena je duljina pojedinih izdvojenih niti pri preopterećenju od 10 g. Izračunata je duljina jedne očice. Provedeno je 20 mjerenja za svaki uzorak. Odvojeno su zabilježene duljine izdvojenih niti u redovima s očicama i dugim očicama te očicama i zahvatnim petljama, odnosno podliježnim nitima.

Debljina pletiva izmjerena je na aparatu Mitutoyo pri predopterećenju od

20 gcm⁻². Provedeno je 10 mjerenja za svaki uzorak.

3.2. Statistička analiza

3.2.1. Višestruka linearna regresija

Budući da je utvrđeno da teoretski modeli za izračun duljine prosječne očice u različitim vezovima nisu pogodni za pletiva s elastanom, proučavan je utjecaj nezavisnih varijabli na duljinu očice ℓ pomoću višestruke linearne regresije [30].

Preliminarno je ispitan linearni model s četiri prediktora: A - korak očice, B - visina očice, d_{pr} - stvarni promjer pređe i d_{pl} - debljina pletiva za sva pletiva. Model se pokazao vrlo uspješnim budući da se njime može objasniti više od 99 % ($R^2 = 99,44$ %) varijabilnosti vrijednosti duljine očice ℓ . Upotreba tog modela zahtijeva mjerenja debljine pletiva. Nakon toga su na temelju jednadžbe (1) ispitani linearni modeli s tri prediktora: A - korak očice, B - visina očice i d_{pr} - stvarni promjer pređe, bez prediktora - debljina pređe. Pomoću tih modela moguće je izračunati duljinu očice ℓ_{osn} u ovisnosti o koraku i visini očice te stvarnom promjeru pređe, kao što se navodi u nastavku.

4. Rezultati i rasprava

4.1. Parametri pletiva

4.2. Primjerenost modela očice za pletiva različitih struktura od pređa s elastanskom jezgrom

Za ocjenjivanje primjerenosti modela očica za različite strukture izračunat je Pearsonov korelacijski koeficijent za sve pređe te posebno za konvencionalne pređe bez elastanske jezgre i pređe sa elastanskom jezgrom. Za podliježno pletivo korelacijski koeficijent nije bio izračunat jer se struktura ispitanog pletiva razlikuje od strukture modela izvedenog pletiva spomenutog u literaturi (jednadžba 3). U tab.8 vidljivo je da geometrijskim modelima očice (jednadžbe 2-10), kao što se i očekivalo, najviše odgovaraju strukture koje su ispletene od konvencionalnih pređa: najviše poluzahvatno pletivo (korelacijski koeficijent $> 0,95$), manje zahvatno i glatko lijevo-lijevo pletivo, a najmanje glatko rebrasto pletivo. Strukture pletene od elastičnih jezgrastih pređa ne odgovaraju geometrijskim modelima očica za pojedine vezove. Ispitani modeli očica nisu općenito

Tab.2 Stvarni promjer pređe d_{pr}

Oznaka pređe	d_{pr}	
	\bar{X} (mm)	CV (%)
PAN DR	0.69	10.14
PAN WR	0.71	9.47
PAN-EL DR	0.73	9.49
PAN-EL WR	0.79	9.53
CV DR	0.61	10.23
CV WR	0.63	8.23
CV-EL DR	0.69	10.04
CV-EL WR	0.70	9.99

Tab.3 Korak (A), visina (B) i duljina očice (ℓ) jednoigleničnog podliježnog pletiva (SM)

Jednoiglenično podliježno pletivo - SM	Oznaka pletiva	A		B		ℓ	
		\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)
		PAN DR	O	2.38	2.03	1.84	2.81
	C	2.02	2.66	1.35	5.39	7.17	0.34
PAN WR	O	2.34	1.75	1.66	2.23	8.59	0.62
	C	1.96	2.34	1.32	2.65	7.12	0.49
PAN-EL DR	O	2.12	3.73	1.42	2.91	8.48	0.83
	C	1.96	1.89	1.22	2.91	7.03	0.55
PAN-EL WR	O	1.79	2.20	1.08	3.29	8.60	0.71
	C	1.60	2.55	1.90	2.15	6.89	0.96
CV DR	O	2.43	3.40	1.93	1.84	8.63	0.37
	C	2.18	1.63	1.43	1.85	7.07	0.42
CV WR	O	2.76	2.53	1.46	2.10	8.30	0.52
	C	2.22	3.99	1.14	5.39	6.97	0.52
CV-EL DR	O	2.03	2.10	1.29	7.57	8.73	0.43
	C	1.89	2.18	1.20	3.09	7.40	0.82
CV-EL WR	O	1.44	2.35	0.73	3.54	8.10	0.59
	C	1.29	1.88	0.72	6.71	7.14	1.09

Tab.4 Korak (A), visina (B) i duljina očice (ℓ) jednoigleničnog poluzahvatnog pletiva (SHC)

Jednoiglenično poluzahvatno pletivo - SHC	Oznaka pletiva	A		B		ℓ	
		\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)
		PAN DR	O	3.95	1.52	1.41	2.80
	C	3.09	1.84	1.13	2.34	8.86	0.45
PAN WR	O	3.68	2.33	1.30	6.01	10.86	0.43
	C	2.95	1.13	1.04	3.79	8.76	0.45
PAN-EL DR	O	2.83	2.25	1.22	5.15	10.50	0.47
	C	2.59	1.83	1.09	4.37	8.72	0.48
PAN-EL WR	O	2.42	1.70	0.99	4.64	10.43	0.59
	C	2.17	1.56	0.64	3.29	8.58	0.74
CV DR	O	3.91	1.18	1.57	3.42	10.80	0.24
	C	3.15	2.05	1.25	3.77	8.59	0.24
CV WR	O	4.30	2.09	1.36	5.70	10.44	0.41
	C	3.33	3.41	1.12	4.25	8.76	0.53
CV-EL DR	O	2.62	4.04	1.30	6.16	11.24	0.51
	C	2.50	1.99	1.18	4.60	9.10	0.52
CV-EL WR	O	1.84	1.32	0.70	4.08	10.04	0.63
	C	1.69	1.87	0.69	4.93	8.64	0.73

uporebljivi za sve vrste pletiva, konvencionalna i elastična.

4.4. Utjecaj neovisnih varijabli na duljinu očice: višestruka linearna regresija

Pomoću višestruke linearne regresije određena je ovisnost duljine očice ℓ o koraku očice A, visini očice B i stvarnom promjeru pređe d_{pr} .

4.4.1. Duljina očice različitih pletivih struktura od pređa bez elastana te pređa s elastanskom jezgrom

Najprije su bili obrađeni linearni modeli s tri prediktora: A - korak očice, B - visina očice i d_{pr} - stvarni promjer pređe za svaki vez, posebno za pletiva od pređa bez elastana i pletiva od pređa s elastanom. Date su jednadžbe duljine prosječne očice u raportu pletiva određene strukture.

Podliježno pletivo - konvencionalne pređe bez elastanske jezgre

$$\ell = 1.31822 \cdot A + 1.93884 \cdot B + 2.84222 \cdot d_{pr} \quad (11)$$

$R^2 = 99.94$

Podliježno pletivo - pređe s elastanskom jezgrom

$$\ell = 9.00858 \cdot A - 9.02476 \cdot B + 2.17772 \cdot d_{pr} \quad (12)$$

$R^2 = 99.11$

Poluzahvatno pletivo – konvencionalne pređe bez elastanske jezgre

$$\ell = 1.07584 \cdot A + 2.52142 \cdot B + 4.15396 \cdot d_{pr} \quad (13)$$

Poluzahvatno pletivo - pređe s elastanskom jezgrom

$$\ell = -2,99884 \cdot A + 6,84359 \cdot B + 13,6933 \cdot d_{pr} \quad (14)$$

$R^2 = 99.15$

Zahvatno pletivo - konvencionalne pređe bez elastanske jezgre

$$\ell = 0.897692 \cdot A + 2.65933 \cdot B + 4.62776 \cdot d_{pr} \quad (15)$$

$R^2 = 99.05$

Zahvatno pletivo - pređe s elastanskom jezgrom

$$\ell = -0.591103 \cdot A + 4.07131 \cdot B + 10.4916 \cdot d_{pr} \quad (16)$$

$R^2 = 98.84$

Tab.5 Korak (A), visina (B) i duljina očice (ℓ) jednoigleničnog zahvatnog pletiva (SFC)

Jednoiglenično zahvatno pletivo – SFC	Oznaka pletiva		A		B		ℓ	
			(mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)
	PAN DR	O	3.72	4.49	1.40	4.91	10.90	0.86
C		3.11	1.83	1.05	3.89	8.87	1.03	
PAN WR	O	3.65	2.54	1.30	5.29	10.73	0.92	
	C	3.01	2.91	1.04	4.58	8.75	1.10	
PAN-EL DR	O	2.96	4.12	1.10	1.44	10.50	0.96	
	C	2.59	3.54	0.93	3.76	8.67	1.03	
PAN-EL WR	O	2.37	1.48	0.82	3.15	10.60	0.93	
	C	2.12	1.14	0.59	3.57	8.61	1.08	
CV DR	O	4.21	6.57	1.48	5.59	10.70	0.94	
	C	3.44	4.90	1.19	3.47	7.08	1.31	
CV WR	O	4.90	2.50	1.20	4.81	10.73	0.82	
	C	3.41	3.58	1.12	3.69	8.81	1.09	
CV-EL DR	O	2.87	2.47	1.12	2.31	11.14	2.40	
	C	2.51	2.89	1.04	7.45	9.21	2.27	
CV-EL WR	O	1.90	1.24	0.60	4.77	10.14	2.03	
	C	1.77	1.91	0.57	4.27	8.58	3.03	

Tab.6 Korak (A), visina (B) i duljina očice (ℓ) dvoigleničnog glatkog rebrastog pletiva (R)

Dvoiglenično glatko rebrasto pletivo - R	Oznaka pletiva		A		B		ℓ	
			\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)
	PAN DR	O	1.74	3.34	2.49	4.42	11.19	0.61
C		1.62	7.59	1.95	2.56	9.71	0.97	
PAN WR	O	2.00	3.82	2.31	2.24	10.95	0.82	
	C	1.82	2.65	1.84	2.50	9.77	0.79	
PAN-EL DR	O	1.46	3.54	1.88	1.37	10.66	0.82	
	C	1.30	2.85	1.82	2.61	9.36	1.07	
PAN-EL WR	O	1.59	1.52	1.48	1.79	10.85	0.78	
	C	1.38	2.57	1.37	1.88	9.53	1.01	
CV DR	O	1.59	4.40	2.88	3.49	10.75	1.81	
	C	1.52	4.44	2.10	3.07	9.46	2.49	
CV WR	O	3.43	2.59	1.80	5.94	10.64	0.87	
	C	2.75	1.48	1.72	5.51	9.17	1.04	
CV-EL DR	O	1.51	2.91	1.99	3.09	11.05	2.71	
	C	1.35	3.26	1.73	3.13	10.00	1.75	
CV-EL WR	O	1.38	1.92	0.97	3.50	10.15	2.20	
	C	1.34	1.57	0.94	3.36	9.53	1.56	

Glatko rebrasto pletivo - konvencionalne pređe bez elastanske jezgre

$$\ell = 0.695706 \cdot A + 1.91765 \cdot B + 7.12003 \cdot d_{pr} \quad (17)$$

$$R^2 = 99.91$$

Glatko rebrasto pletivo - pređe s elastanskom jezgrom

$$\ell = 8.98491 \cdot A + 0.439199 \cdot B - 4.35272 \cdot d_{pr} \quad (18)$$

$$R^2 = 99.89$$

Glatko lijevo-lijevo pletivo - konvencionalne pređe bez elastanske jezgre

$$\ell = 0.858758 \cdot A + 2.83987 \cdot B + 4.83021 \cdot d_{pr} \quad (19)$$

$$R^2 = 99.67$$

Glatko lijevo-lijevo pletivo - pređe s elastanskom jezgrom

$$\ell = 5.04267 \cdot A - 2.32843 \cdot B + 1.85177 \cdot d_{pr} \quad (20)$$

$$R^2 = 99.05$$

Nakon toga obrađeni su linearni modeli sa tri prediktora: A - korak očice, B - visina očice i d_{pr} - stvarni promjer pređe za sve strukture, bez obzira na strukturu pređe. Date su jednadžbe duljine prosječne očice u raportu pletiva određenog veza.

Podliježno lijevo-desno pletivo

$$\ell = 0.773469 \cdot A + 0.94233 \cdot B + 7.23281 \cdot d_{pr} \quad (21)$$

$$R^2 = 98.35$$

Poluzahvatno lijevo-desno pletivo

$$\ell = -0.0598832 \cdot A + 3.36942 \cdot B + 8.78209 \cdot d_{pr} \quad (22)$$

$$R^2 = 99.40$$

Zahvatno lijevo-desno pletivo

$$\ell = 0.430253 \cdot A + 1.48724 \cdot B + 9.80272 \cdot d_{pr} \quad (23)$$

$$R^2 = 98.99$$

Glatko rebrasto pletivo

$$\ell = 0.453025 \cdot A + 1.17308 \cdot B + 10.4958 \cdot d_{pr} \quad (24)$$

$$R^2 = 99.59$$

Glatko lijevo-lijevo pletivo

$$\ell = 1.00597 \cdot A + 0.911984 \cdot B + 8.80496 \cdot d_{pr} \quad (25)$$

$$R^2 = 99.33$$

Na kraju je obrađen i opći linearni model sa tri prediktora: A - korak očice, B - visina očice i d_{pr} - stvarni promjer pređe za sva pletiva, tj. za sve ispitivane jednoiglenične i dvoiglenične strukture. Opća jednadžba za izračun duljine očice je:

$$\ell = 0.669672 \cdot A + 1.38899 \cdot B + 8.61947 \cdot d_{pr} \quad (26)$$

Opći model sa tri prediktora se također pokazao vrlo uspješnim, budući da je moguće njime objasniti više od 98 % ($R^2 = 98,78$ %) varijabilnosti vrijednosti duljine očice ℓ .

5. Zaključci

Ispitivanim geometrijskim modelima najviše odgovaraju strukture ispletene od konvencionalnih pređa, što je u skladu s očekivanjima. Strukture ispletene od elastičnih jezgrastih pređa ne odgovaraju geometrijskim modelima očica za pojedine vezove. Ispitivani geometrijski modeli očica nisu općenito upotrebljavani za projekti-

Tab.7 Korak (A), visina (B) i duljina očice (ℓ) dvoigleničnog glatkog lijevo-lijevog pletiva (P)

Dvoiglenično glatko lijevo-lijevo pletivo - P	Oznaka pletiva		A		B		ℓ	
			\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)	\bar{X} (mm)	CV (%)
	PAN DR	O	3.00	2.89	1.51	5.06	10.82	1.70
C		2.41	2.36	1.26	2.51	8.81	3.43	
PAN WR	O	2.99	1.90	1.47	3.24	10.73	2.53	
	C	2.39	1.92	1.23	4.37	8.82	3.44	
PAN-EL DR	O	2.34	1.76	1.28	4.94	10.66	2.28	
	C	2.14	1.58	1.09	3.62	8.73	3.37	
PAN-EL WR	O	2.30	1.24	1.07	3.17	10.56	2.10	
	C	2.11	1.35	0.91	4.33	8.72	3.72	
CV DR	O	3.22	4.46	1.65	4.85	10.83	2.62	
	C	2.57	3.58	1.47	3.29	8.94	2.99	
CV WR	O	3.74	3.38	1.60	4.89	10.61	3.02	
	C	2.85	2.98	1.42	4.45	8.76	3.79	
CV-EL DR	O	2.46	6.75	1.27	3.75	11.19	2.49	
	C	2.16	1.32	1.05	4.49	9.26	2.82	
CV-EL WR	O	1.81	2.18	0.77	3.35	10.04	2.73	
	C	1.69	1.25	0.70	3.37	8.62	3.45	

Tab.8 Loop models adequacy

Correlation coefficient		CONV+ELAS	CONV	ELAS
SHC	single half cardigan	0.54	0.97	0.48
SFC	single cardigan	0.41	0.84	0.51
R	double 1x1 rib	0.41	0.65	0.53
P	double 1x1 purl	0.55	0.87	0.53

ranje konvencionalnih i elastičnih pletiva u pojedinim vezovima.

Za projektiranje konvencionalnih i elastičnih pletiva mogu se za pojedine vezove uporabiti sljedeći modeli:

Podliježno lijevo-desno pletivo
 $\ell = 0.773469 \cdot A + 0.94233 \cdot B + 7.23281 \cdot d_{pr}$

Poluzahvatno lijevo-desno pletivo
 $\ell = -0.0598832 \cdot A + 3.36942 \cdot B + 8.78209 \cdot d_{pr}$

Zahvatno lijevo-desno pletivo
 $\ell = 0.430253 \cdot A + 1.48724 \cdot B + 9.80272 \cdot d_p$

Glatko rebrasto pletivo
 $\ell = 0.453025 \cdot A + 1.17308 \cdot B + 10.4958 \cdot d_p$

Glatko lijevo-lijevo pletivo
 $\ell = 1.00597 \cdot A + 0.911984 \cdot B + 8.80496 \cdot d_{pr}$

Opća jednadžba za izračun duljine očice je:

$$\ell = 0.669672 \cdot A + 1.38899 \cdot B + 8.61947 \cdot d_{pr}$$

Literatura:

- [1] Doyle P.J.: Fundamental aspects of the design of knitted fabrics, Journal of the Textile Institute 44 (1953) 1, 561-578
- [2] Fletcher H.M., S.H. Roberts: The geometry of plain and rib knit cotton fabrics and its relation to shrinkage in laundering, Textile Research Journal 22 (1952) 2, 84-88
- [3] Fletcher H.M., S.H. Roberts: The geometry of knit fabrics made of staple rayon and nylon and its relationship to shrinkage in laundering, Textile Research Journal 22 (1952) 7, 466-471
- [4] Fletcher H.M., S.H. Roberts: Relationship of the geometry of plain knit cotton fabric to its dimensional change and elastic properties,

Textile Research Journal 24 (1954) 8, 729-737

- [5] Munden D.L., M.W.A. Fletcher: Processing and properties of knitted stretch fabrics, Journal of the Textile Institute 47 (1956), 638-669
- [6] Leaf G.A.V.: Models of the plain-knitted loop, Journal of the Textile Institute 51 (1960) 2, T49-T58
- [7] Nutting T.S.: Changes in the dimensions of plain-knitted wool fabrics with variation of moisture regain, Journal of the Textile Institute 52 (1961), T407-T415
- [8] Munden D.L. et al.: Dimensional changes during washing of fabrics knitted from wool/man-made fibre blends, Journal of the Textile Institute 54 (1963) 2, 135-145
- [9] Hurley R.B.: The dimensional stability of acrylic knit fabrics, Textile Research Journal 36 (1966) 11, 989-993
- [10] Pavko-Čuden A.: Študij zanke votkovnega pletiva, Study of the weft knitted loop, Doctoral thesis, University of Ljubljana, Slovenia, 2005
- [11] Stjepanović Z. et al.: Research on the effect of some knitting parameters on properties of cotton/Lycra knitted fabrics during relaxation process, Tekstilna industrija 58 (2010) 1, 22-31
- [12] Bayazit Marmarali A.: Dimensional and Physical Properties of Cotton/Spandex Single Jersey Fabrics, Textile Research Journal 73 (2003) 1, 11-14
- [13] Pavko-Čuden A., G. Lumpert: Analiza pletene strukture iz određene preje z elastanskim jedrom, Analysis of knitted structure from core-spun elastomeric yarn, Tekstilec 46 (2003) 11/12, 354-360
- [14] Gligorijević V.R.: Tehnologija pletenja, 1. deo, Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu, Leskovac, 1996
- [15] Bešker M. et al.: Projektiranjem duljine očice do kvalitetnijeg pletiva, Tekstil 45 (1996.) 5, 263-268
- [16] Munden D.L.: The geometry and dimensional properties of plain-knitted loop, Journal of the Textile Institute 50 (1959) 7, T448-T471
- [17] Peirce F.T.: Geometrical principles applicable to the design of function-

- nal fabrics, *Textile Research Journal* 17 (1947) 3, 123-147
- [18] Dalidovič A.S.: *Osnovi teorije vjazanja*, Legakaja industrija, Moskva, 1970
- [19] Kudriavin L. (ed): *Laboratory practice in knitting technology*, Mir Publishers, Moskva, 1985
- [20] Lasić V.: *Vezovi pletiva*, vlast. nakl., Zagreb, 1998.
- [21] Cook J.G.: *Handbook of Textile Fibres, Man-made fibres*, 5th Ed, Merrow technical library, Shildon, 1993
- [22] Kawabata S., T.W. Chou (ed), F.K. Ko (ed): *Textile structural composites, Nonlinear mechanics of woven and knitted materials*, North-Holland, 1989, 67-102
- [23] Munden D.L.: Dimensional stability of plain-knit fabrics, *Journal of the Textile Institute* 51 (1960) 4, 200-209
- [24] Hurley R.B.: The tumble-drying process and acrylic knitted fabrics, *Textile Research Journal* 37 (1967) 8, 746-751
- [25] Knapton J.J.F. et al.: The dimensional properties of knitted wool fabrics, Part 1, The plain knitted structure, *Textile Research Journal* 38 (1968) 10, 999-1012
- [26] Black D.H.: Shrinkage control for cotton and cotton blend knitted fabrics, *Textile Research Journal* 44 (1974) 8, 606-611
- [27] Lord P.R. et al.: The performance of open-end, twistless and ring yarns in weft knitted fabrics, *Textile Research Journal* 44 (1974) 10, 405-414
- [28] Heap S.A. et al.: Prediction of finished relaxed dimensions of cotton knits-the Starfish project, Part 2, Shrinkage and the reference state, *Textile Research Journal* 55 (1985) 4, 211-222
- [29] Kobljakov A. (Ed): *Laboratory practice in the study of textile materials*, Mir, Moskva, 1989
- [30] Bona M.: *Statistical methods for the textile industry*, Textilia, Biella, 1993

SUMMARY

Analysis of loop length basic weft knitted structures with elastane

A. Pavko Čuden¹, Y. Angelova², A. Hladnik¹

Knitting with elastane core-spun yarns results in a compact, or very compact structure because of the yarn extension in the knitting zone, fabric relaxation in unloaded state after relaxation and yarn compression within the knitted structure. This results in knitted loop geometry changes and hence results in changes of knitted fabric structural parameters. The purpose of the investigation was to evaluate the most frequently applied loop models for the loop length calculations. As anticipated, the structures made from conventional yarns without elastane show the best agreement with the studied geometrical loop models. Structures made from the elastane core-spun yarns do not correspond to geometrical loop models for individual structures. The investigated loop models cannot be generally applied, when designing both conventional and elasticised knitted fabrics in various structures. The research objective was also to define new loop models based on multiple linear regression.

Key words: weft knitted fabric, knitted loop model, knitted structure, knitting, multiple linear regression

¹University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles

Ljubljana, Slovenia

²Technical University of Gabrovo, Department of Textile Machines and Technologies

Gabrovo, Bulgaria

e-mail: alenka.cuden@ntf.uni-lj.si

Received September 17, 2010

Analyse der Maschenlänge der Kulierware mit Elasthan

Stricken mit elastischen Kerngarnen ergibt einen kompakten bzw. einen sehr kompakten Maschenwarenaufbau, weil sich das Garn in der Strickzone dehnt und sich in unbelastetem Zustand nach dem Stricken und der Garnverdichtung innerhalb der Strickstruktur relaxiert. Dadurch kommt es zu Veränderungen der Maschengometrie und der Strukturparameter der Maschenware. Die Untersuchung wurde durchgeführt, um die Angemessenheit der am meisten eingesetzten Modelle zur Berechnung der Maschenlänge zu bewerten. Wie erwartet, weisen die aus herkömmlichen Garnen hergestellten Strukturen die beste Übereinstimmung mit den untersuchten geometrischen Modellen auf. Die aus elastischen Kerngarnen gestrickten Strukturen entsprechen nicht den geometrischen Maschenmodellen für einzelne Strukturen. Die untersuchten Maschenmodelle können in der Regel nicht für die Gestaltung von sowohl konventionellen als auch elastischen Maschenwaren in verschiedenen Strukturen verwendet werden. Das Forschungsziel war auch, neue auf vielfacher linearer Regression basierende Maschenmodelle zu definieren.

Primjena metoda obrade otpadnih voda sa sadržajem sintetskih bojila

Dr.sc. **Ivana Gudelj**, dipl.ing.¹

Doc.dr.sc. **Jasna Hrenović**, dipl.ing.²

Doc.dr.sc. **Tibela Landeka Dragičević**, dipl.ing.³

Prof.dr.sc. **Frane Delaš**, dipl.ing.³

Dr.sc. **Vice Šoljan**, dipl.ing.⁴

¹Hipalab d.o.o.

Zagreb, Hrvatska

²Prirodoslovno-matematički fakultet

Zagreb, Hrvatska

³Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Zagreb, Hrvatska

⁴Ekološki inženjering d.o.o.

Poreč, Hrvatska

e-mail: ivana.gudelj@hipalab.hr

Prispjelo 13.8.2010.

UDK
Pregled

Otpadne vode koje nastaju industrijskom proizvodnjom i primjenom bojila predstavljaju značajan ekološki problem, zbog svoje obojenosti i sadržaja teško razgradljivih organskih sastojaka, čije dospjeće u okoliš je nepoželjno. Tako onečišćene ne mogu biti ispuštene u okoliš bez prethodne odgovarajuće obrade. Primjena tehnoloških postupaka uklanjanja bojila iz otpadnih voda se temelji uglavnom na fizikalno kemijskim metodama. Takve metode su učinkovite za rad s malim volumenima, često vrlo skupe, a unatoč postizanju uklanjanja bojila koncentrirani toksični mulj koji pri tome nastaje značajan je sekundarni problem zbog potrebe odlaganja. Nalaže se potreba za pronalaskom alternativnih tehnoloških postupaka, kao što su to biološki procesi, koji su učinkoviti te ekonomski i ekološki prihvatljivi za uklanjanje bojila iz velikih volumena industrijskih obojenih otpadnih voda.

ključne riječi: sintetska bojila, obojene otpadne vode, biološko obezbojenje, biotehnologija

1. Uvod

Voda se smatra onečišćenom ako su joj promijenjena fizikalna, kemijska i biološka svojstva, odnosno ako se ne može koristiti u svom prirodnom stanju. Voda se onečišćuje akumuliranjem tekućih, plinovitih ili krutih onečišćivača i može se onečistiti do te mjere da postaje opasna za ljudsko zdravlje, uporabu u kućanstvu, uporabu u industriji i kao stanište flore i

faune. Najveće količine otpadne vode nastaju u kućanstvima, dok su otpadne vode, koje nastaju kao posljedica industrijskog djelovanja, znatno više opterećene sadržajem organskih tvari. Pojedini sastojci prisutni u otpadnim vodama čine otpadnu vodu obojenom. Obojena voda mijenja prijenos svjetla, te na taj način ometa fotosintezu i bioraznolikost vodenog ekosustava [1]. Iako obojenje indu-

strijskih otpadnih voda može biti uzrokovano cijelim nizom sastojaka, posebna pozornost se posvećuje prisutnosti bojila i njihovim razgradnim sastojcima koji se zbog složene kemijske strukture ne mogu razgraditi u okolišu prirodnim putem uz pomoć mikroorganizama [2]. Posebno značajni onečišćivači voda su one grane industrije koje proizvode sintetska bojila ili u tehnološkom proce-

su upotrebljavaju bojila: tekstilna industrija, kožarska industrija, industrija papira, prehrambena industrija [3], kemijske čistionice i bojadisaonice, proizvodnja plastike [4], farmaceutska i kozmetička industrija [5]. Od industrija u kojima nastaju najveće količine obojene otpadne vode su tekstilna industrija i kemijska industrija proizvodnje bojila [2]. Prvo sintetsko bojilo otkrio je William Henry Perkin 1856. godine [6]. Danas je poznato oko 8 000 kemijski različitih tipova bojila [2], na tržištu je dostupno više od 100 000 bojila, a godišnje se u svijetu proizvede gotovo mil. t bojila [5]. Otpadne vode porijeklom iz industrije proizvodnje bojila i tekstilne industrije karakterizirane su visokom: biološkom potrošnjom kisika, kemijskom potrošnjom kisika i koncentracijom suspendiranih tvari, a glavni problem koji se povezuje s ovim tipom otpadnih voda je postojanost bojila, odnosno njihova teška razgradljivost i njihov nepovoljni učinak na okoliš [7]. Otpadne vode sa sadržajem bojila predstavljaju značajan problem današnjice i unatoč tehnološkim naporima koji se ulažu u povećanje iskoristivosti procesa te smanjenja količine bojila ispuštenih u otpadnu vodu, te unatoč poboljšanjima postupaka uklanjanja bojila iz otpadne vode [8]. U području industrije i znanstveno istraživačkog rada potrebno je preuzeti još veću odgovornost glede smanjenja nastanka otpadnih voda sa sadržajem bojila, kao i što učinkovitije obrade obojenih otpadnih voda čiji nastanak nije moguće izbjeći.

2. Postojanost sintetskih bojila i njihov utjecaj na okoliš

Sintetska bojila pripadaju skupini ksenobiotičkih sastojaka koji se teško mogu razgraditi u prirodnom okolišu [9]. Azo bojila su najznačajnija skupina sintetskih bojila, karakterizira ih jedna ili više dušičnih veza -N=N- između aromatskih prstena, a čine oko 70 % od ukupne količine bojila

koje se koriste. Sintetska bojila se dizajniraju tako da budu postojana tijekom pranja, na kemijsko i mikro-biološko djelovanje te na djelovanje svjetlosti [5]. Zahvaljujući tim svojstvima teško su biorazgradljiva i pokazuju sklonost nakupljanja u prirodi [2]. Mnoga sintetska bojila kao i neki njihovi razgradni produkti su kancerogeni, mutageni, intenzivnog obojenja i izazivaju alergijske reakcije kod čovjeka [1, 5]. Poznato je da toksičnost sastojaka raste s povećanjem broja benzenskih prstena u strukturi [10]. Azo bojila su najznačajniji onečišćivač voda tekstilne industrije i najznačajnija su skupina sintetskih bojila [11]. Budući da su sintetska bojila ksenobiotičke prirode i teško razgradljiva u prirodi, njihovo uklanjanje iz otpadne vode privlači sve veću pozornost istraživača koji djeluju u zaštiti okoliša [9]. Teško se obezbojavaju zbog sintetskog porijekla, izrazito su složene strukture, izražene postojanosti, te kao takve moraju nužno biti uklonjene iz vode prije njenog dospjeća u prirodni prijemnik. Tijekom posljednjih nekoliko godina u mnogim zemljama su postavljeni strogi zakonski uvjeti glede zbrinjavanja obojenih otpadnih voda, a u razvijenim zemljama i zemljama u razvoju ti uvjeti doživljavaju stalne preinake u smislu pooštavanja [2]. Procjenjuje se da više od 10 % bojila koja se koriste u obradi tekstila biva ispušteno u okoliš zbog neučinkovitog vezanja na tekstilna vlakna [5]. Sve više razvijena svijest o očuvanju okoliša, tzv. eko-oznake tekstilnih proizvoda i sve stroži zakonski uvjeti o sastavu otpadnih voda, rezultira sve većom ponovnom uporabom otpadne vode i kemikalija u tekstilnoj industriji [12].

Osnovni načini negativnog djelovanja bojila su sljedeći:

- ovisno o koncentraciji i vremenu izloženosti nekog organizma utjecaju bojila može doći do manifestacije akutnih i/ili toksičnih pojava,
- već malom zastupljenosti u vodi izazivaju intenzivno obojenje koje izaziva veliku pozornost javnosti,

- svojom prisutnošću u vodi i utjecajem na prijenos svjetla i fotosintezu izazivaju promjene na samom početku hranidbenog lanca u prirodi.

Stoga, uklanjanje bojila iz otpadnih voda treba nastojati provoditi u cilju postizanja:

- ponovne uporabe pročišćene otpadne vode, što nije prednost samo s ekološkog aspekta, nego i s aspekta ekonomske isplativosti,
- smanjenja onečišćenja površinskih voda,
- umanjenja mogućnosti nakupljanja bojila i kemikalija u okolišu, kojima je popraćena njihova proizvodnja i primjena [13].

Tijekom posljednjih nekoliko godina u mnogim su zemljama određeni strogi zakonski uvjeti glede zbrinjavanja obojenih otpadnih voda. Ti uvjeti u razvijenim zemljama i zemljama u razvoju doživljavaju stalne preinake u smislu njihove zahtjevnosti do te mjere da primoravaju industrije, čijim radom nastaju otpadne vode sa sadržajem bojila, da ih pročišćavaju do stupnja propisanog zakonskom regulativom u skladu s ekološkom prihvatljivošću [13, 2]. Budući da zakonski uvjeti postaju sve stroži, nalaže se potreba za što skorijim pronalaskom tehnički izvedivih i ekonomski prihvatljivih metoda obrade otpadnih voda sa sadržajem sintetskih bojila [14, 15]. Aktualni znanstveni izazov u kontekstu primjene bojila i zadovoljenja sve strožih ekoloških zakonskih kriterija predstavlja veliki izazov za istraživanje mogućnosti primjene prirodnih bojila i ophođenje s čimbenicima koji ograničavaju njihovu intenzivniju primjenu [16].

3. Postupci obrade otpadnih voda sa sadržajem sintetskih bojila

Zbog postojanosti i otpornosti sintetskih bojila njihovo je uklanjanje vrlo složen i dugotrajan postupak [2]. Danas je dostupan niz fizikalnih, kemijskih i bioloških metoda za obradu

obojenih otpadnih voda, a sve više se uvažava i primjena enzima za obradu posebnih onečišćivača kao što su bojila. Fizikalno-kemijske metode uklanjanja bojila, odnosno obezbojavanje otpadne vode kao što su: flokulacija, koagulacija, adsorpcija, elektrokemijska oksidacija, fotokatalitička oksidacija, elektro-Fenton oksidacija dosežu svoja tehnička i ekonomska ograničenja [1]. Zajednički nedostatak primjene fizikalno-kemijskih metoda uvjetovan je visokom cijenom koštanja, često nedovoljnom učinkovitosti, te nastankom toksičnih muljeva i sastojaka razgradnje [17]. Sve stroži zakonski uvjeti i nedostaci fizikalno-kemijskih metoda za uklanjanje bojila čimbenici su koji potiču sve veće zanimanje za opsežnije istraživanje mikrobioloških postupaka razgradnje sintetskih bojila i njihovog uklanjanja iz otpadnih voda [5].

3.1. Fizikalno-kemijski postupci obrade otpadnih voda sa sadržajem sintetskih bojila

Fizikalnim postupcima sastojci iz otpadne vode se uklanjaju bez odvijanja kemijskih reakcija. Najučestaliju primjenu nalaze postupci filtracije, adsorpcije i taloženja, koji se temelje na fizikalnim čimbenicima filtrabilnosti, adsorpcijskom afinitetu vezanja na adsorbens, odnosno svojstvu taloženja sastojaka iz otpadne vode. Koriste li se u procesu obrade kemijska sredstva kojima se intenzivira odstranjivanje suspendiranih čestica ili organskih sastojaka, odvijanjem kemijskih reakcija, u tom slučaju radi se o fizikalno-kemijskom postupku

obrade otpadne vode [18, 40]. Takvi postupci uklanjanja bojila iz otpadnih voda temelje se na poticanju taloženja bojila ili na potpunom razaranju molekule bojila [1]. U uporabi je velik broj fizikalno-kemijskih procesa koji se koriste za obradu otpadnih voda sa sadržajem organskih bojila, kao što su: adsorpcija, flokulacija, koagulacija, taloženje, membranski procesi, ionska izmjena, zračenje, Fentonov proces i kemijska oksidacija [19, 20, 2]. Cilj nekih od tih procesa, kao što su napredni oksidacijski procesi, je postizanje potpune mineralizacije bojila do CO_2 , H_2O , NO_3^- i SO_4^{2-} . Kako je veliki broj bojila postojan prema svjetlosti i dobro topljiv u vodi, navedeni procesi nisu uvijek učinkoviti u uklanjanju bojila do zakonom propisane koncentracije. Proces koji u posljednje vrijeme u području fizikalno-kemijske obrade otpadnih voda sa sadržajem sintetskih bojila daju najbolje rezultate, su napredni oksidacijski procesi (eng. Advanced Oxidation Processes - AOPs) [21, 19]. Zajednički nedostatak aktualnih fizikalno-kemijskih metoda, navedenih u tab.1, uvjetovan je visokom cijenom koštanja, često nedovoljnom učinkovitosti, kao i nastankom toksičnih sastojaka razgradnje [22, 17].

Značajan nedostatak fizikalno-kemijskih metoda je i nastanak značajne količine mulja, koji može biti razlogom sekundarnog onečišćenja ako ga se primjereno ne zbrine. Slijedom tih činjenica nalaže se potrebnim pronalazak i razvoj alternativnih tehnologija baziranih na primjeni bioloških procesa zbog mogućnosti ekonomične

provedbe i ekološke prihvatljivosti [23].

3.2. Biološki postupci obrade obojenih otpadnih voda

Biotehnologija je sve zastupljenija u području obrade otpadnih voda svih grana industrije. Niža cijena koštanja, te relativno jednostavno prenošenje iz manjeg u veće mjerilo, prednosti su bioloških postupaka obrade otpadnih voda [1, 41]. Biološki postupci obrade otpadnih voda se temelje na biološkoj sposobnosti mikroorganizama da koriste otopljene organske sastojke iz otpadnih voda kao izvore ugljika i energije, prevodeći ih u aerobnom procesu u staničnu biomasu kao osnovni produkt, ugljik-(IV)-oksid, amonijak i vodu, odnosno u anaerobnom procesu u bioplin (metan, ugljik-(IV)-oksid, vodik, dušik i dušikove okside) i neznatnu količinu biomase mikroorganizama [18].

Tijekom postupka obrade otpadne vode aktivnim muljem odvijaju se sljedeći procesi:

- sorpcija otopljenih koloidnih i suspendiranih organskih tvari u i na pahuljicama aktivnog mulja,
- biorazgradnja organskih tvari i sinteza nove mikrobn biomase,
- oksidacija amonijaka nitrificirajućim bakterijama do nitrita i nitrata,
- kompeticija mikroorganizama u aktivnom mulju,

vautoliza biomase aktivnog mulja, a u slučaju manjeg onečišćenja otpadnih voda i pomanjkanja hranjivih tvari oksidiraju stanične rezerve, zbog čega dolazi do mineralizacije aktivnog mulja [24].

Tab.1 Fizikalno-kemijski procesi i tehnologije uklanjanja bojila iz otpadnih voda [8]

Fizikalna i/ili kemijska metoda	Prednosti	Nedostaci
Oksidacija	Brzina procesa	Energetska zahtjevnost i nastanak produkata razgradnje
Adsorpcija	Učinkovitost uklanjanja velikog broja bojila	Adsorber zahtijeva regeneraciju ili zbrinjavanje
Membranska tehnologija	Uklanjanje svih tipova bojila	Nastanak koncentrata bojile
Koagulacija/flokulacija	Ekonomska isplativost	Nastanak velike količine mulja

Sposobnost mikroorganizama da uklone ili razgrade bojila u posljednje vrijeme je postalo predmetom velikog zanimanja. Mikrobno obezbojavanje je ekonomski povoljan postupak uklanjanja bojila iz otpadne vode [17]. Uklanjanje obojenja ne podrazumijeva uvijek i uklanjanje toksičnosti. Nepotpuna razgradnja i nastanak neželjenih sastojaka razgradnje (eng. toxic end products) može u konačnici čak povećati toksičnost. Stoga je važno da mikrobna razgradnja bude popraćena provedbom ekotoksikoloških testova na raznim organizmima i provedena tako da omogući potpunu mineralizaciju sastojaka koji su predmet biološke obrade [25].

Tehnologija bazirana na primjeni klasičnog aktivnog mulja ne zadovoljava u kontekstu biorazgradnje teško biorazgradivih sastojaka kao što su sintetska bojila. Javlja se potreba za osmišljavanjem specifičnih mješovitih mikrobnih kultura sposobnih za biorazgradnju teško biorazgradljivih sastojaka. Odabrane mješovite mikrobne kulture su podobnije za uklanjanje teško biorazgradivih sastojaka iz otpadnih voda nego čiste kulture, zbog sinergističkog odnosa mikrobnih vrsta. Složenost sastava mikrobne zajednice omogućuje učinkovito djelovanje na biorazgradnju većeg broja onečišćivača. Osim toga lakše je prenošenje iz laboratorijskog u realni sustav onih procesa koji se temelje na djelovanju mješovitih mikrobnih kultura u odnosu na djelovanje čistih kultura [17, 1]. Osim klasičnih postupaka izolacije i odabira mikroorganizama, koriste se također mutacije i drugi genetički postupci preinake mikroorganizama, s ciljem postizanja što uspješnije biološke razgradnje teško biorazgradivih spojeva kao što su sintetska bojila [26].

3.2.1. Čimbenici koji utječu na učinkovitost biološkog uklanjanja bojila iz otpadnih voda

Učinkovitost biološkog procesa uklanjanja bojila iz otpadne vode je pro-

mjenjiva. Trud, koji je potrebno uložiti za uspješnu biološku razgradnju molekula bojila, mora pratiti trend sinteze molekula boja sve postojanijih na biorazgradnju. Učinkovitu biorazgradnju bojila nije moguće postići tradicionalnim metodama primjene tehnologije aktivnog mulja [3]. Istraživanja pokazuju da bojila nisu lako biorazgradljiva i da mikroorganizmi nisu u mogućnosti kao hranjivo iskoristiti komponente od kojih su bojila sačinjena [2].

Za postizanje učinkovite biorazgradnje složenih sastojaka prisutnih u otpadnoj vodi, u aktivnom mulju trebaju biti zastupljeni mikroorganizmi specifičnog enzimskog potencijala. Aktivni mulj uobičajenog sastava je siromašna mikrobna zajednica s obzirom na sadržaj mikroorganizama potrebnih za biorazgradnju teško biorazgradivih sastojaka, poput bojila [27, 24]. Tehnološkim razvojem i poboljšanjem bioloških procesa obrade otpadne vode, velika pažnja se pridaje istraživanju mikrobne kakvoće aktivnog mulja i ulozu članova mikrobne zajednice u procesu biorazgradnje vrlo postojanih ksenobiotičkih sastojaka kao što su i bojila. Za razliku od genetički modificiranih mikroorganizama, oni mikroorganizmi koji se izoliraju putem prilagodbe aktivnog mulja na specifične ksenobiotičke sastojke uspijevaju opstati unutar aktivnog mulja, istovremeno poboljšavajući aktivnost za biorazgradnju ksenobiotičkih sastojaka [28]. Glavni čimbenici koji utječu na proces biorazgradnje su: temperatura, pH, koncentracija kisika, dostupnost hranjiva, biološka iskoristivost sastojaka koji su predmet biorazgradnje, te toksičnost razgradnih produkata nastalih njihovom biorazgradnjom [10]. Kemijska struktura bojila je važna za uspješnost biorazgradnje, a još uvijek nije određen jasan odnos između složenosti kemijske strukture i koncentracije bojila te selektivnosti mikroorganizama za biorazgradnju [29, 30].

Učinkovito biološko pročišćavanje obojenih otpadnih voda zahtijeva iz-

dvajanje i uporabu onih mikroorganizama koji će obogatiti sastav i enzimsku aktivnost aktivnog mulja, te ovladavanje znanjem o biokemijskim, inženjerskim i mikrobiološkim čimbenicima potrebnim za razumijevanje i vođenje procesa [28]. Sustavi obrade, koji se temelje na uporabi mješovite mikrobne zajednice, učinkoviti su zbog zajedničke metaboličke aktivnosti mikrobne zajednice [31]. Istraživanjem mikrobiološke i enzimske kakvoće aktivnog mulja došlo se do spoznaje da osim čimbenika vođenja bioloških procesa obrade otpadnih voda (pH, temperatura, koncentracija otopljenog kisika, koncentracija mikroorganizama, koncentracija organskih sastojaka, parcijalni tlak plina, redoks potencijal i hidrauličko vrijeme zadržavanja) na poboljšanje biološke aktivnosti aktivnog mulja (i s obzirom na biorazgradnju složenih sastojaka prisutnih u otpadnoj vodi) utječe i prisutnost specifičnih vrsta mikroorganizama u aktivnom mulju. Njihovu zastupljenost i postojanost u aktivnom mulju moguće je ostvariti dugotrajnom prilagodbom na određeni tip otpadne vode i umnažanjem tako prilagođenih stanica mikroorganizama [32]. Za biološku obradu otpadnih voda u kojima je prisutno bojilo, osim složene strukture bojila, veliki problem predstavljaju promjene u izlaznom toku vode iz prizvodnog procesa, s obzirom na koncentraciju bojila, pH, kemijsku potrošnju kisika i temperaturu, što ima veliki utjecaj na enzimsku aktivnost i inhibiciju radne mikrobne kulture, a time i na stabilnost i učinkovitost cjelovitog sustava biološke obrade [7]. Radi prevencije problema, koje u sustavu biološke obrade otpadnih voda izazivaju sastojci koji imaju toksični učinak na biomasu, u posljednje vrijeme se koriste specijalni biološki senzori, kao laboratorijski bioreaktor sa nosačima biomase i detektorima vođenja procesa povezanim sa računalom, koji operateru zaduženom za nadzor sustava biološke obrade omogućuju da pravovremeno prepozna problem, te izbjegne inhibicijski učinak [33, 7].

Uporaba bioloških senzora svoju primjenu nalazi i u testiranju da li neko bojilo inhibitorno ili toksično djeluje na aktivnu biomasu sustava za biološku obradu otpadnih voda [7].

Metabolička aktivnost mikrobne zajednice je limitirajući čimbenik uspješnosti procesa obezbojenja obojenih voda. Biorazgradnju teško biorazgradljivih spojeva moguće je pospješiti primjenom nosača. Za ovu svrhu primjenjivi su nosači namjenski proizvedeni u različitim oblicima i od različitih materijala, a isto tako i ostaci iz agroindustrije [34]. Mikroorganizmi su, ovisno o uvjetima uzgoja, u mogućnosti aktivirati različite enzimske sustave [35].

Nije moguće definirati univerzalnu metodu koja bi bila učinkovita za uklanjanje svih bojila iz otpadnih voda. Odgovornost je svake industrijske grane da odabere onu metodu pročišćavanja koja odgovara proizvodnom procesu tijekom kojeg nastaje otpadna voda specifične kakvoće. Bilo bi poželjno da se u budućnosti iznađe rješenje u skladu s kojim bi bilo moguće odabrati najprimjereniju metodu s obzirom na strukturu bojila. Sredstvo koje bi pri tome moglo biti od pomoći je i matematičko modeliranje [13].

Očekuje se da će za uklanjanje postojanih sintetskih bojila iz otpadnih voda u budućnosti posebnu važnost imati tehnologije temeljene na kombinaciji mikrobioloških, kemijskih i fizikalnih metoda, kako bi se udružile dobre strane svake od metoda te postigla razgradnja bez nastanka toksičnih sastojaka ili toksičnog mulja [3]. Novija istraživanja ukazuju i na to da bi u budućnosti rekombinantni sojevi mikroorganizama dobiveni metodama genetičkog inženjerstva mogli doprinijeti postizanju veće učinkovitosti biorazgradnje. Osim kriterija učinkovitosti, mikroorganizmi dobiveni genetičkom modifikacijom moraju zadovoljiti i kriterij opstanka i održavanja u aktivnom mulju u zajedništvu s nativnim mikroorganizmima mješovite mikrobne zajednice. Smatra se kako se uporabom

rekombinanta takvih svojstava može povećati učinkovitost biorazgradnje postojećih tehnologija [3]. Postoji niz laboratorijskih istraživanja o biološkom uklanjanju bojila čistim kulturama, no one ne nalaze značajniju primjenu u sustavima obrade industrijskih otpadnih voda čija kakvoća varira ovisno o tijeku proizvodnog procesa [31]. Daljnji razvoj procesa biološke obrade otpadnih voda sa sadržajem sintetskih bojila bi se trebao temeljiti na određivanju najučinkovitijih mikroorganizama, pripravi mješovitih mikrobnih kultura, smanjenju vremena trajanja procesa te obogaćivanju aktivnog mulja odgovornim mikroorganizmima primjenom metode bioaugmentacije [38, 39].

4. Zaključak

Otpadne vode sa sadržajem sintetskih bojila, zbog složenosti sastava i količine u kojoj industrijskim privredivanjem nastaju, predstavljaju problem današnjice, zbog čega se nalaže potreba za stalnim pospješivanjem postupaka njihove obrade. Za obradu manjih volumena ekonomski i tehnološki opravdana rješenja se mogu naći u fizikalno-kemijskim postupcima obrade. Za obradu velikih volumena sve je zastupljenija primjena biotehnoških metoda temeljenih na primjeni mješovitih mikrobnih kultura, zahvaljujući mogućnostima ekonomične provedbe i postizanja potpune mineralizacije veoma postojanih onečišćivača kao što su sintetska bojila, kao ekološki najprihvatljiviji proces obrade otpadnih voda.

Literatura:

- [1] Cristovao O. et al.: Kinetic modelling and simulation of laccase catalyzed degradation of reactive textile dyes, *Bioresource Technology* 99 (2008), 4768-4774
- [2] Anjaneyulu Y. et al.: Decolourization of industrial effluents – available methods and emerging technologies - a review, *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 4 (2005) 245-273

- [3] Forgacs E. et al.: Removal of synthetic dyes from wastewaters, *Environmental International* 30 (2004) 953-971
- [4] Urta J. et al.: Screening of static culture and comparison of batch and continuous culture for the textile dye biological decolorization by *Phanerochaete chrysosporium*, *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 23 (2006) 281-290
- [5] Adedayo O. et al.: Decolourization and detoxification of methyl red by aerobic bacteria from a wastewater treatment plant, *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 20 (2004) 545-550
- [6] Wesenberg D.: White roth fungi and their enzymes for the treatment of industrial dye effluents, *Biotechnology Advances* 22 (2003) 161-187
- [7] Georgiou D. et al: Use of a microbial sensor-inhibition effect of azo-reactive dyes on activated sludge, *Bioprocess and Biosystems Engineering* 25 (2002) 2, 79-83
- [8] Pearce C.I. et al: The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells, *Dyes and Pigments* 58 (2003) 179-196
- [9] Yu Z. and Wen X.: Screening and identification of yeast for decolorizing synthetic dyes in industrial wastewater, *International Biodeterioration and Biodegradation* 56 (2005) 109-114
- [10] Bamforth S.M. and Singleton I.: Bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons - current knowledge and future directions, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 80 (2005) 734-736
- [11] Elizalde-Gonzalez M.P. et al: Degradation of immobilized azo dyes by *Klebsiella* sp. UAP-b5 isolated from maize bioadsorbent, *Journal of Hazardous Materials* 161 (2009) 769-774
- [12] Vandervivere P.C. et al.: Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry: review of emerging technologies, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 72 (1998) 289-302
- [13] Slokar Y.M. and Le Marechal M.: Methods of decolorization of tex-

- tile wastewaters, *Dyes and Pigments* 37 (1998) 4, 335-356
- [14] Robinson T. et al.: Remediation of dyes in textile effluent – a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative, *Bioresource Technology* 77 (2001) 247-255
- [15] Pandey A. et al.: Bacterial decolorization and degradation of azo dyes, *International Biodeterioration and Biodegradation* 59 (2007) 2, 73-84
- [16] Siva R.: Status of natural dyes and dye-yielding plants in India, *Current Science* 92 (2007) 7, 916-925
- [17] Asgher M. and Bhatti H.N.: Decolorization potential of mixed microbial consortia for reactive and disperse textile dyestuffs, *Biodegradation* 18 (2007) 311-316
- [18] Clark B.J., Morris M.: *Wastewater engineering, treatment, disposal and reuse*, 3rd Edition, Metcalf & Eddy Inc., New York 1991
- [19] Koprivanac N., Vujević D.: Degradation of an azo dye by Fenton type processes assisted with UV irradiation, *International Journal of Chemical reactor Engineering* 5 (2007), A56
- [20] Oakes J., Gratton P.: Kinetic investigations of azo dye oxidation in aqueous media, *Journal of the Chemical Society-Perkin Transactions* 9 (1998) 1857-1864
- [21] Carey J.H.: An introduction to advanced oxidation processes (AOP) for destruction of organics in wastewater, *Water Pollution Research Journal of Canada*, 27 (1992) 1, 1-21
- [22] Sandhya S. et al.: Microaerophilic-aerobic sequential batch reactor for treatment of azo dyes containing simulated wastewater, *Process Biochemistry* 40 (2005) 2, 885-890
- [23] Supaka N. et al.: Microbial decolorization of reactive azo dyes in a sequential anaerobic-aerobic system, *Chemical Engineering Journal* 99 (2004), 169-176
- [24] Junkins, R. et al.: Activated sludge process, *Fundamentals of operation*, Ann Arbor Science, Weston Inc., Pennsylvania (1993) 24-38
- [25] Eichlerova I. et al.: Decolorization of Orange G and Remazol Brilliant Blue R by the white rot fungus *Dichomitus squalens*: Toxicological evaluation and morphological study, *Chemosphere* 69 (2007) 795-802
- [26] Dafale N. et al.: Decolorization of azo dyes and simulated dye bath wastewater using acclimatized microbial consortium – biostimulation and halo tolerance, *Bioresource Technology* 99 (2008), 2552-2558
- [27] Cloete T.E., Muyima N.Y.O.: Microbial community analysis – The key to the design of biological wastewater treatment systems, Scientific and technical report no. 5, IAWQ, London 1997
- [28] Glancer Šoljan M. et al.: Granulated mixed microbial culture suggesting successful employment of bioaugmentation in the treatment of process wastewaters, *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly* 15 (2001) 3, 87-94
- [29] Novotný C. et al.: Capacity of *Irpep lacteus* and *Pleurotus ostreus* for decolorization of chemically different dyes, *Journal of Biotechnology* 89 (2001), 113-122
- [30] Ambrósio S.T. and Campos-Takaki G.M.: Decolorization of reactive azo dyes by *Cunninghamella elegans* UCP 542 under cometabolic conditions, *Bioresource Technology* 91 (2004) 1, 69-75
- [31] Khehra M.S. et al.: Biodegradation of azo dye CI Acid Red 88 by anoxic-aerobic sequential bioreactor, *Dyes and Pigments* 70 (2006) 1, 1-7
- [32] Pretorius W.A.: A conceptual basis for microbial selection in biological wastewater treatment, *Water Research* 21 (1987) 891-894
- [33] Aivasidis A. et al.: New concepts for process monitoring and control in biological nitrogen elimination 5 (1992), 48-55
- [34] Barragán B.E. et al.: Biodegradation of azo dyes by bacteria inoculated on solid media, *Dyes and Pigments* 75 (2007) 1, 73-81
- [35] Silva I.S. et al.: Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (2-7 rings) under microaerobic and very-low-oxygen conditions by soil fungi, *International Biodeterioration & Biodegradation* 63 (2009) 2, 123-244
- [36] Fang H. et al.: Biodegradation mechanisms and kinetics of azo dye 4BS by a microbial consortium, *Chemosphere* 57 (2004), 293-301
- [37] Thompson I.P. et al.: Bioaugmentation for bioremediation – the challenge of strain selection, *Environmental Microbiology* 7 (2005), 909-915
- [38] Van Limbergen H. et al.: Bioaugmentation in activated sludge: current features and future perspectives, *Applied Microbiology and Biotechnology* 50 (1998), 16-23
- [39] Khalid A. et al.: Accelerated decolorization of structurally different azo dyes by newly isolated bacterial strains, *Applied Microbiology and Biotechnology* 78 (2008) 361-369
- [40] Parac Osterman Đ. et al.: Pročišćavanje otpadnih voda bojadisaonice fizikalno-kemijskom metodom i biosorpcijom – mogućnost recikliranja vode, *Tekstil* 59 (2010) 307-316
- [41] Bokić Lj., Rezić I.: Biološko pročišćavanje otpadnih voda tekstilne industrije, *Tekstil* 52 (2003) 621-629

SUMMARY

Application of methods for wastewaters consisting synthetic dyes

I. Gudelj¹, J. Hrenović², T. Landeka Dragičević³, F. Delaš³, V. Šoljan⁴

Wastewaters from industries which produce or use colours present a significant ecological problem due to their intensive colouration and consistence of recalcitrant organic compounds. Those wastewaters can not be discharged into the environment without prior adequate treatment. Application of processes for removal of dyes from effluents is based mostly on physiochemical methods. Such methods are effective only if the effluent volume is small, often very costly and, although the dyes are removed, accumulation of concentrated toxic sludge creates a significant secondary disposal problem. There is a need to find low cost and environmentally friendly alternative treatment processes that are effective in removing dyes from large volumes of industrial effluents such as biological systems.

Key words: synthetic dyes, coloured wastewaters, biological decolourisation, biotechnology

¹*Hipalab d.o.o.*

Zagreb, Croatia

²*University of Zagreb, Faculty of Science*

Zagreb, Croatia

³*University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology*

Zagreb, Croatia

⁴*Environmental Engineering d.o.o.*

Poreč, Croatia

e-mail: ivana.gudelj@hipalab.hr

Received August 13, 2010

Methoden zur Behandlung von synthetische Farbstoffe enthaltenden Abwässern

Abwässer, die in der Industrieherstellung und bei der Anwendung von Farbstoffen entstehen, stellen ein bedeutendes ökologisches Problem dar, weil sie farbig sind und schwer abbaubare organische Substanzen enthalten, deren Präsenz in der Umwelt unerwünscht ist. Als solche können sie nicht in die Umwelt ohne entsprechende Behandlung abgeleitet werden. Die Anwendung von technologischen Verfahren zur Entfernung von Farben aus Abwässern beruht hauptsächlich auf physikalisch-chemischen Methoden. Solche Methoden sind wirkungsvoll für die Arbeit mit kleinen Mengen, oft sind sie aber sehr teuer. Trotz der Farbstoffentfernung stellt der dabei entstehende konzentrierte giftige Schlamm ein bedeutendes Entsorgungsproblem dar. Es wird deshalb nach kostengünstigen und umweltfreundlichen alternativen Behandlungsverfahren gesucht, die effektiv bei der Beseitigung von Farbstoffen aus großen Mengen von industriellen Abwässern sind, wie z.B. biologische Systeme.

Gospodarstvo i tržište

Prikaz stanja tekstilne i odjevne industrije Srbije

Prof.dr.sc. **Vasilije Petrović**, dipl.ing.
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Univerziteta u Novom Sadu
Zrenjanin, Srbija

1. Uvod

Tekstilna i odjevna industrija Srbije pretrpjele su značajan pad proizvodnje. Problemi s kojima se u današnje vrijeme susreću ove industrije vrlo su specifični i vezani za dulje vremensko razdoblje nepovoljnih uvjeta privređivanja. Teška situacija u kojoj se nalaze tekstilna i odjevna industrija Srbije u velikoj mjeri je povezana i s globalnom svjetskom krizom. Naime, poremećaji na svjetskom financijskom tržištu i recesija svjetske privrede snažno utječu na teške uvjete poslovanja ovih industrija.

Prema nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti, sektor tekstilne i odjevne industrije obuhvaća proizvodnju tekstila i tekstilnih proizvoda i proizvodnju odjevnih predmeta i krzna. Proizvodnja tekstila i tekstilnih proizvoda danas se odvija u 631 tvrtki, dok se proizvodnja odjevnih predmeta i krzna odvija u 956 tvrtki. Prema veličini tvrtki u ovom sektoru posluje 1459 malih, 78 srednjih i 17 velikih tvrtki. Broj zaposlenih radnika u malim tvrtkama iznosi 13 748, u srednjim 10 225, a u velikim 10 306.

Prvi Sporazum o slobodnoj trgovini Srbija je potpisala s Ruskom Federacijom, koji je stupio na snagu 2000. godine. To je doprinijelo da je veliki broj maloprodajnih objekata iz Rusije u međuvremenu iskazao velik interes za plasiranje srpskih visokodizajnerskih gotovih odjevnih predmeta na ovo tržište.

Prvi bilateralni sporazum koji je Srbija potpisala i ratificirala s EU bio je

Sporazum o slobodnoj trgovini tekstilom s EU. Ovaj Sporazum je stupio na snagu 1. srpnja 2005. godine. Zahvaljujući ovom Sporazumu postignuti su dosta dobri rezultati u ovoj grani gospodarstva. Tako se suficit u vanjskotrgovinskom prometu Srbije gotovim odjevnim predmetima s EU od nekoliko desetina mil. USD konstantno bilježi u proteklih pet godina.

Osim ovog Sporazuma s Europskom unijom potpisan je i Sporazum o slobodnoj trgovini s Turskom. Ovi sporazumi daju mogućnost primjene dijagonalne kumulacije porijekla roba Turska, Srbija, EU, CEFTA. Velika je prednost što će to osigurati pristup poduzetnicima ovog sektora tržištu od blizu 800 mil. potrošača. Pri tome treba imati u vidu da je Turska jedan od glavnih dobavljača repromaterijala. Stoga primjena pan-europskih pravila o porijeklu robe dobiva na značenju, jer gotovi odjevni predmeti, koji su proizvedeni od turskih materijala u Srbiji, moći će se izvoziti bez carinskih opterećenja u zemlje Europske unije i CEFTA-e.

Ključna prednost koju nude ovi sporazumi o slobodnoj trgovini je data mogućnost primjene dijagonalne kumulacije porijekla roba. To znači da će se odjevni predmeti, napravljeni od osnovnih materijala iz Turske, zemalja CEFTA-e, u EU izvoziti bez carina i obratno. U skladu s tim treba imati u vidu dvije činjenice. Prvo, proizvođači osnovnih materijala i dodatnog pribora iz Turske, zemalja

CEFTA-e, EU, shodno pravnim regulativama koje su na snazi, moraju tržištu ponuditi certificiranu robu, što znači da je kvantitativan, kvalitativan prijam robe, obveza isporučioaca. Druga činjenica govori o tome da je proizvođač pređa, osnovnih materijala i dodatnog pribora, pored atesta, dužan pridržavati se i REACH Uredbe Europske unije o kemikalijama i njihovom sigurnom korištenju, koja je stupila na snagu 1. lipnja 2007. godine.

Osim spomenutih sporazuma, Srbija ima i status najpovlaštenije nacije, koji joj je Amerika dodijelila početkom 2005. godine. Time je američko tržište postalo atraktivno za srpske poduzetnike, jer američka pravila o porijeklu robe govore da se za zemlju porijekla uzima zemlja u kojoj je proizvod u potpunosti načinjen, „wholly obtained“, bez obzira na komponente koje ga čine.

2. Proizvodnja, zalihe gotovih proizvoda i realizacija

Za promatrano razdoblje, siječanj - prosinac 2010. godine, proizvodnja u prerađivačkoj industriji ostvarila je rast proizvodnje za 3,9% u odnosu na isto razdoblje 2009. godine. U istom razdoblju zalihe su smanjene za 5,9%, a realizacija je povećana za 5,9%.

Proizvodnja tekstila i tekstilnih proizvoda je povećana za 1,1% u odnosu na isto razdoblje 2009. godine. Zalihe su smanjene za 4,3%, a realizacija povećana za 2,6%.

Proizvodnja tekstilnih pređa i tkanina, u promatranom razdoblju je povećana za 7,6%, u odnosu na isto razdoblje 2009. godine. Zalihe su smanjene za 3,4%, a realizacija je povećana za 8,5%.

Proizvodnja odjevnih predmeta i krzna u promatranom razdoblju imala je pad od 5,2% u odnosu na isto razdoblje u 2009. godini. Zalihe su smanjene za 6,6%, a realizacija je također smanjena za 6,7%. Razloge pada obujma proizvodnje ovih proizvoda treba tražiti u poništenim privatizacijama u četiri velika poduzeća: NITEKSU iz Niša, PRVOM MAJU iz Pirota, JAVORU iz Ivanjice i RUDNIKU iz Gornjeg Milanovca.

U tab.1 prikazani su indeksi proizvodnje, zaliha gotovih proizvoda i realizacije tekstilne i odjevne industrije Srbije u razdoblju siječanj - prosinac 2010. godine.

3. Vanjskotrgovinska razmjena

Ukupan izvoz prerađivačke industrije, u vremenskom razdoblju sije-

čanj - prosinac 2010. godine, ostvaren je u vrijednosti od 9120 mil. USD, što je za 15% više nego u istom razdoblju 2009. godine.

U istom razdoblju izvezeno je tekstila i tekstilnih proizvoda u vrijednosti od 302,7 mil. USD, što predstavlja povećanje za 5% u usporedbi s istim razdobljem 2009. godine.

U istom razdoblju izvezeno je odjevnih predmeta u vrijednosti od 210,2 mil. USD, što je 36% manje u odnosu na isto razdoblje 2009. godine.

U razdoblju siječanj - prosinac 2010. godine uvezeno je tekstila i tekstilnih tkanina u vrijednosti od 540,1 mil. USD, što je za 2% manje, nego u istom razdoblju 2009. godine.

Odjevnih predmeta, je uvezeno u vrijednosti od 246,0 mil. USD, što predstavlja 15% manje, nego u istom razdoblju 2009. godine.

To znači da je tekstilna industrija za dvanaest mjeseci 2010. godine, uvezla robe u vrijednosti 786,6 mil. USD ili 5% manje u usporedbi s istim razdobljem 2009. godine.

Deficit vanjskotrgovinske razmjene u tekstilnoj industriji iznosio je 273,6 mil. USD, što je za 34% više nego u istom razdoblju 2009. godine. Osnovni uzrok ovako visokog rasta deficita je prije svega pad izvoza u vrijednosti od 18%.

Vrijednosti izvoza i uvoza izraženi u tis. USD prikazane su u tab.2.

4. Vanjskotrgovinska razmjena po zemljama u razdoblju siječanj – prosinac 2010.

4.1. Izvoz

Najveći plasman svoje robe industrija tekstilnih pređa i tkanina ostvarila je na talijanskom tržištu u iznosu od 159 933 mil. USD, što čini 31,2% ukupnog izvoza industrije tekstila Srbije. U tab.3 prikazane su vrijednosti izvoza industrije tekstilnih pređa i tkanina u razdoblju siječanj – prosinac 2010. godine, izraženih u tis. USD.

Najveći plasman svoje robe industrija odjevnih predmeta i krzna ostvarila je

Tab.1 Indeksi proizvodnje, zaliha gotovih proizvoda i realizacije tekstilne i odjevne industrije Srbije u razdoblju siječanj - prosinac 2010. godine

	Proizvodnja			Zalihe krajem XII.2010.	Realizacija I.-XII.2010.
	XII.2010. XII.2009.	I.-XII.2010. I.-XII.2009.	XII.2010. XI.2010.		
PRERAĐIVAČKA INDUSTRIJA	111,5	103,9	97,2	94,1	105,9
Proizvodnja tekstila i tekstilnih proizvoda	105,6	101,1	104,8	95,7	102,6
Proizvodnja tekstilnih pređa i tkanina	111,5	107,6	95,2	96,6	108,5
Proizvodnja odjevnih predmeta i krzna	99,8	94,8	86,3	93,4	93,3

Tab.2 Vrijednosti izvoza i uvoza izražene u tis. USD

	Izvoz			Uvoz			Saldo I.-XII.2010.
	I.-XII. 2009.	I.-XII. 2010.	Ind.	I.-XII.2009.	I.-XII.2010.	Ind.	
Prerađivačka industrija	7 935 562	9 120 048	115	13 384 028	13 728 252	103	-4 608 204
Proizvodnja tekstila i tekstilnih proizvoda	289 398	302 756	105	542 134	540 564	98	-237 808
Proizvodnja odjevnih predmeta	330 860	210 223	64	288 353	246 011	85	-35 788
Ukupno tekstilna industrija	626 258	512 979	82	830 487	786 576	95	-273 597

Tab.3 Prikaz vrijednosti izvoza industrije tekstilnih pređa i tkanina u razdoblju siječanj – prosinac 2010. godine, u tis. USD

Zemlja	Vrijednost u tis. USD	Udio u ukupnom izvozu tekstilne industrije Srbije %
Italija	159 933	31,2
Njemačka	41 784	8,2
Ruska Federacija	17 598	3,4
BiH	15 345	3,1
Rumunjska	12 897	2,5
Nizozemska	8 247	1,7
Belgija	8 176	1,6

Tab.4 Prikaz vrijednosti izvoza industrije odjevnih predmeta i krzna u razdoblju siječanj – prosinac 2010. godine, u tis. USD

Zemlja	Vrijednost u tis. USD	Udio u ukupnom izvozu tekstilne industrije Srbije (%)
Italija	64 696	12,6
Njemačka	47 210	9,2
BiH	20 102	3,9
Francuska	18 110	3,5
Crna Gora	14 496	2,8
Austrija	7 344	1,4
Slovenija	6 596	1,3

Tab.5 Prikaz vrijednosti uvoza industrije tekstilnih pređa i tkanina u razdoblju siječanj - prosinac 2010. godine, u tis. USD

Zemlja	Vrijednost u tis. USD	Udio u ukupnom uvozu tekstilne industrije Srbije (%)
Italija	84 906	10,7
Turska	20 527	2,6
Njemačka	20 593	2,6
Kina	19 348	2,4
Francuska	9 584	1,2
Slovenija	7 617	1,2
Indija	6 277	0,9
Belgija	2 628	0,3

Tab.6 Prikaz vrijednosti uvoza industrije odjevnih predmeta i krzna u razdoblju siječanj - prosinac 2010. godine izraženih u tis. USD

Zemlja	Vrijednost u tis. USD	Udio u ukupnom uvozu tekstilne industrije Srbije %
Kina	95 618	12,1
Italija	27 871	3,3
Turska	16 848	2,1
Indija	5 099	0,6
Bangladeš	11 525	1,4
Slovenija	8 065	1,0
Njemačka	4 489	0,5
Tunis	2 628	0,3
Vijetnam	2 441	0,2

na talijanskom tržištu u iznosu od 64 696 mil. USD, što je 12,6% ukupnog izvoza industrije tekstila Srbije. U tab.4 prikazane su vrijednosti izvoza industrije odjevnih predmeta i krzna u razdoblju siječanj – prosinac 2010. godine, izraženih u tis. USD.

4.2. Uvoz

Industrija tekstilnih pređa i tkanina Srbije u 2010. godini ostvarila je najveći uvoz sa tržišta Italije, u iznosu od 84 906 mil. USD. Udio ovog uvoza u odnosu na ukupni uvoz tekstilne industrije iznosi 10,7%. Udio uvoza za Tursku i Njemačku iznosi 2,6%, a za Kinu 2,4% udjel, a u ukupnom uvozu tekstilne industrije. U tab.5 prikazane su vrijednosti uvoza industrije tekstilnih pređa i tkanina u razdoblju siječanj - prosinac 2010. godine, izraženo u tis. USD.

Industrija odjevnih predmeta i krzna ostvarila je u 2010. godini najveći uvoz u iznosu od 95 618 mil. USD sa tržišta Kine. Udio ovog uvoza u odnosu na ukupni uvoz tekstilne industrije iznosi 12,1%. Slijedi uvoz iz Italije uz udio u ukupnom uvozu tekstilne industrije od 3,3% i Turske od 2,1%. U tab.6 prikazane su vrijednosti uvoza industrije odjevnih predmeta i krzna u razdoblju siječanj - prosinac 2010. godine, izraženih u tis. USD.

5. Proizvođačke cijene

Proizvođačke cijene u prerađivačkoj industriji Srbije su u prosincu 2010. godine, u odnosu na isti mjesec 2009. godine, povećane za 13,7%.

Prerađivačke cijene i u tekstilnoj industriji u istom razdoblju znatno su porasle, pa je u prosincu 2010. u odnosu na prosinac 2009. godine, rast cijena proizvođača tekstila i tekstilnih proizvoda iznosio 25,6%. U proizvodnji pređa i tkanina taj rast je iznosio 30,5%, a u proizvodnji odjevnih predmeta i krzna povećanje je iznosilo 15%. U tab.7 prikazani su indeksi cijena proizvođača industrijskih proizvoda.

Tab.7 Prikaz indeksa cijena proizvođača industrijskih proizvoda (u %)

	XII.2010. XII.2009.	Ø 2010. Ø 2009.
Prerađivačka industrija	113,7	110,1
Industrija tekstila i odjeće	125,6	107,4
Proizvodnja pređa i tkanina	130,5	107,4
Proizvodnja odjevnih predmeta i krzna	115,0	107,6

Tab.8 Prikaz vrijednosti indeksa zarada, u postocima, u prosincu 2010./2009.

	Nominalne	Realne
Republika Srbija - ukupno	107,5	97,4
Gospodarstvo Srbije	109,9	99,5

Tab.9 Prikaz vrijednosti prosječno isplaćenih zarada, u dinarima, za prosinac 2010./2009.

	Bruto (u dinarima)	Neto (u dinarima)
Prerađivačka industrija	45 831	33 322
Proizvodnja tekstilnih pređa i tkanina	30 746	22 738
Proizvodnja odjevnih predmeta i krzna	24 592	18 084

6. Zaposlenost i zarade

Prosječno isplaćena neto zarada u prerađivačkoj industriji Srbije iznosila je 33 322 dinara u prosincu 2010. godine. Ova zarada je u proizvodnji tekstilnih pređa i tkanina manja za oko trećinu, a u proizvodnji odjevnih predmeta i krzna manja je za oko 50%.

U tab.8 prikazane su vrijednosti indeksa zarada, u postocima, u prosincu 2010./2009.

U tab.9 prikazane su vrijednosti prosječno isplaćenih zarada, u dinarima, za prosinac 2010./2009.

Literatura:

[1] www.pks.rs, pristupljeno 01.03.2011. godine

Proizvodnja pamuka u Turskoj

Prof.dr.sc. **Zlatko Vrljićak**, dipl.ing.
Katarina Krstović, studentica
Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zagreb, Hrvatska
e-mail: zlatko.vrljicak@ttf.hr

U posljednjih 50 godina Turska pripada među deset najvećih svjetskih proizvođača pamučnog vlakna. U ovom su radu navedena osnovna obilježja turskog gospodarstva, s naglaskom na uzgoj pamuka te tekstilnu i odjevnu industriju. Također su navedeni značajniji svjetski proizvođači pamučnog vlakna i njihovi udjeli u svjetskoj proizvodnji. Kao baza podataka korišteni su izvodi UN-a. Cijene pamučnih vlakana ovise o mnogim parametrima, a navedene cijene su preuzete iz burzovnih izvješća.

Ključne riječi: Turska, svijet, pamuk, cijene

1. Uvod

Republika Turska je država u zapadnoj Aziji i s otprilike 3 % se proteže u jugoistočnoj Europi, jugoistočni dio Balkanskog poluotoka. Glavni grad Turske je Ankara, a zemlja se svrstava u red srednje razvijenih zemalja, s ukupnim BDP od 920 mil. USD ili oko 13 000 USD/stanovniku (kao i Hrvatska). Turska ima oko 73 mil. stanovnika, pri čemu je gustoća naseljenosti 92 stanovnika/km². Prosječna stopa prirasta stanovništva je 1,6 %. Više od 50 % turske populacije je mlađe od 25 godina što je svrstava u zemlje s mladom populacijom. U Turskoj živi oko 80 % Turaka, 15 % Kurda, a 5 % su ostali narodi. Od ukupnog stanovništva njih gotovo 99 % se izjašnjavaju kao muslimani. Između 80 i 85 % muslimana su suniti, a ostalih 15 do 20 % čine većinom šiitski Aleviti. Danas u Turskoj živi i oko 125 tis. kršćana (0,2 %) i 23 tis. židova (0,04 %). Pismenost stanovništva je oko 87 %, dok je radno sposobno oko 23 milijuna stanovnika. Od ukupno zaposlenih u

poljoprivredi radi oko 35 %, u industriji 18 % i u uslugama 47 %. Ključni sektori turskog gospodarstva su: bankarstvo, turizam, poljoprivreda, građevinarstvo i tekstilna industrija. Turska ima 28 mil. ha njiva i oko 13 mil. ha travnjaka i pašnjaka. Uzgajaju se žitarice (ječam, pšenica i kukuruz), povrće (mahunarke i krumpir) te industrijske biljke (duhan i pamuk - hrvatski naziv pamuk je posuđenica iz turskog pamuk, istog značenja), tab.1. Oko 65 % stanovništva živi u gradovima, najveći broj u Istanbulu - 10 mil., Ankari - 4,5 mil., Izmiru - 3,8 mil., Konya -2,5 mil. Pored Turskog, govori se arapski, jermenski, grčki, a u poslovnoj komunikaciji dominira engleski [1,2].

2. Tekstilna industrija Turske

Tekstilna industrija Turske počela se razvijati 1960-ih godina i jedna je od vodećih industrijskih grana čiji je udio u BDP-u oko 10 %. Turska ima oko 40 000 različitih proizvodnih poduzeća, pri čemu je oko 3 mil. zaposlenih vezano za uzgoj i proizvodnju pamuka, tekstilija, odjeće, tepiha

i dr. U proizvodnji tekstila i odjeće je zaposleno oko 600 000 djelatnika. U privatnom sektoru nalazi se oko 95 % tekstilnih poduzeća, od kojih su njih 25 % aktivni izvoznici. Odjevnu industriju sačinjava oko 80 % malih i srednjih poduzeća. Velika tekstilna poduzeća u Turskoj su uglavnom u vlasništvu stranih tvrtki. Danas u Turskoj od 500 najvećih tvrtki, njih oko 20 % pripada tekstilnoj industriji. Niski troškovi rada, jeftina radna snaga i jeftine sirovine najznačajniji su čimbenici naglog razvitka turske tekstilne industrije. U 2007. godini turska tekstilna industrija najviše je izvozila u Njemačku 11,2 %, Veliku Britaniju 8,1 %, Italiju 7 %, Francusku 5,6 %, Rusiju 4,4 %, Španjolsku 4,3 %, i dr. Najviše uvozi iz Rusije 13,8 %, Njemačke 10,3 %, Kine 7,8 %, Italije 5,9 %, Amerike 4,8 % i Francuske 4,6 %. Zbog svjetske recesije, u posljednje tri godine turska tekstilna industrija ima sve više problema s izvozom. Turska ima razvijenu proizvodnju svih vrsta pamučnih pređa, tkanina, odjeće, kućnog tekstila i drugih gotovih proizvoda. Kao

Tab.1 Deset proizvoda koji se najviše proizvode u Turskoj [2]

Rang	Proizvod	Proizvodnja (t)	Proizvodnja u tis. USD
1	Kravlje mlijeko	11255200	2993207
2	Pšenica	17782000	2428920
3	Rajčica	10985355	2212343
4	Grožđe	3918440	1817764
5	Pileće meso	1086683	1266757
6	Pamučno vlakno	673000	999055
7	Lješnjaci	800791	782028
8	Goveđe meso	369836	764244
9	Masline	1464248	732519
10	Jabuke	2504490	719339

veliki proizvođač pamuka ima prednost u proizvodnji tekstila i odjeće. Nalazi se na sedmom mjestu svjetske proizvodnje pamuka s oko 673 tis. t godišnje. U Turskoj ima oko 2400 tekstilnih tvrtki, od kojih se njih 200 bavi proizvodnjom pamučnih vlakana. Pokrajina i istoimeni grad Adana je središte turske tekstilne industrije. Proizvodnja tkanina, prerada pamuka i kože glavne su aktivnosti unutar tekstilne industrije [3-6].

3. Svjetska proizvodnja pamuka

U svijetu različite ustanove prate svjetske promjene i kontinuirano izvještavaju o prosječnim statističkim podacima, koji se ponekad značajno razlikuju. Kao osnovica, često se koriste podaci koje službeno objave Ujedinjeni narodi [2]. Za prikupljanje relevantnih podataka potrebne su mnoge kontrole, a time i vrijeme, pa se podaci za posljednje tri godine često korigiraju. Danas postoje podaci za svjetsku proizvodnju vlakana do 2005. godine, kada je proizvedeno oko 65 mil. t vlakana, od čega oko 40 % bilo prirodnih vlakana, a oko 60 % umjetnih vlakna. Od prirodnih vlakana najzastupljenije je pamučno vlakno s udjelom od oko 38 % te vuneno sa 2 %. Ostala prirodna vlakna su zastupljena u manjim iznosima. Od umjetnih vlakana, oko 55 % otpada na sintetska vlakna, a svega 5 % na umjetna vlakna od prirodnih polimera [7]. Prema mnogim procjenama, danas se u Svijetu ukupno proizvodi

oko 70 mil. t vlakana, od čega na pamučna vlakna otpada 33 %, vunena 1,6 %, lanena 1 % i svilena 0,2 %. Umjetnih i celuloznih vlakana ima oko 65 %, [7-11]. S povećanjem svjetske populacije povećava se i proizvodnja vlakana pa je u posljednjih nekoliko godina prosječna potrošnja vlakana oko 10,5 kg/stanovniku. Međutim, u ranijim godinama potrošnja vlakana bila je znatno manja. Tako je 2000. godine potrošnja vlakana iznosila oko 8,7 kg/stanovniku, 1990., oko 7,7 kg/stanovniku, 1980. oko 7,7 kg/stanovniku i 1950. oko 3,7 kg/stanovniku [7, 12]. Usprkos snažnom razvitku tehnike i tehnologije, uvijek će u svijetu biti siromašnog stanovništva za koje je daleko značajnija proizvodnja hrane od proizvodnje tekstila. Analizirajući svjetsku razvojnu politiku, uočavaju se problemi i tendencija sve većeg zapošljavanja radno sposobnog stanovništva i što dulji čovjekov radni vijek. Također se uočavaju sve veći zahtjevi za proizvodnjom prirodne hrane, za koju su sve više potrebna čista i pesticidima nekontaminirana tla, [13, 14]. Povećavaju se državne subvencije za svrhovito korištenje nekontaminiranih površina, a time i za proizvodnju kvalitetne hrane. Napreći u tehnici i tehnologiji se koriste u izgradnji modernijih i učinkovitijih postrojenja, koja će omogućiti veću proizvodnju umjetnih vlakana. Prema mnogim procjenama, nekontaminirana će se tla sve više koristiti za uzgoj kvalitetne hrane, a sve manje za uz-

goj pamuka pa je za očekivati da će se i dalje postupno smanjivati svjetska proizvodnja pamučnih vlakana. Ili, ovisno o klimatskim, tehnološkim, ekonomskim i dr. uvjetima, određene će se površine naizmjenično koristiti za različite usjeve. Npr. pet godina će se koristiti za uzgoj pamuka, a naredne tri godine za uzgoj kukuruza. Prema statističkim podacima, oko 1900. godine u svijetu je korišteno 80 % pamučnih, 19 % vunelih i 1 % ostalih vlakana. Oko 1975. godine udio potrošnje pamučnih vlakana pao je ispod 50 %, oko 2000. godine ispod 40 %, a danas ih ima oko 33 % [7]. Kina i Indija su u posljednjih deset godina najveći svjetski proizvođači pamuka, tab.2. Ove dvije države proizvode polovicu svjetske proizvodnje pamuka. Turska je na sedmom mjestu s udjelom oko 3 %. Statistički podaci Ujedinjenih naroda o svjetskoj proizvodnji pamuka nešto su drugačiji i znatno niži od podataka koje prikazuju različite druge institucije ili udruge. Podaci UN-a su prikupljeni na osnovi jednih kriterija, dok su podaci različitih institucija vezani za registrirane površine na kojima se uzgaja pamuk, kvote na skladištima, promet na burzama, obavljene uplate za prodani pamuk, prijavljene poreze i sl. Na osnovi proizvedene količine pamuka i prosječne svjetske cijene pamuka za analiziranu godinu, UN izračunaju ili procijene prosječnu vrijednost proizvedenog pamuka. Tako je prosječna cijena pamučnog vlakna u 2008. godini iznosila je 1,48 USD/kg. Na osnovi te cijene, UN je procijenio koliki je promet s uzgojom pamuka ostvarila pojedina država. Međutim, pojedine države ostvare profit prodajom pamuka. Tako je npr. Njemačka u prvoj polovici 2007. godine uvezla 36 900 t pamuka čija je prosječna cijena iznosila 1,11 eura/kg, od toga je dio izvezla u druge zemlje, normalno, po višim cijenama i na taj način ostvarila određenu dobit [2, 15, 16]. Nije jednostavno prikupljanje podataka o svjetskoj proizvodnji pamučnog vlakna. U različitim dijelovima svije-

Tab.2 Dvadeset najvećih proizvođača pamuka u svijetu u 2008. godini [2]

Rang	Država	Proizvedeno,		Vrijednost (tis. USD)
		Količina (t)	Udio (%)	
1	Kina	7500000	33,2	11133600
2	Indija	3787000	16,7	5621725
3	SAD	2790200	12,3	4141996
4	Pakistan	2010000	8,9	2983804
5	Brazil	1315984	5,8	1953551
6	Uzbekistan	1226200	5,4	1820269
7	Turska	673000	3,0	999055
8	Grčka	290000	1,3	430499
9	Turkmenistan	280000	1,2	415654
10	Sirija	244000	1,1	362213
11	Burkina Faso	226000	1,0	334480
12	Nigerija	167000	0,8	247160
13	Egipat	160000	0,7	236800
14	Argentina	136000	0,6	201280
15	Australija	132800	0,6	196544
16	Benin	125300	0,6	185444
17	Meksiko	125000	0,6	185000
18	Tadžikistan	116500	0,5	172420
19	Mozambik	112232	0,5	166103
20	Kazahstan	105000	0,4	155400
21	Ostali	1095403	4,8	1632407
Ukupno		22617619	100	33575404

ta koriste se drugačije mjerne jedinice i evidentiranje količine proizvedenog pamuka. Prvi se problem javlja kod skladištenja obranog pamučnog vlakna, a drugi kod transporta. Za dulji i trajniji transport pamučna vlakna se prešaju u bale, koje u pojedinim zemljama imaju različitu masu. Uobičajna masa bale je 220 kg, a može biti od 180 do 380 kg [15]. Manje razvijene zemlje iskazuju svoju proizvodnju pamuka u količini proizvedenih bala. Međutim, ako je statističaru/analičičaru nepoznata masa pojedine bale, tada se dobiju netočni podaci o proizvodnji pamuka u pojedinoj regiji, pokrajini, državi, kontinentu, a time i u svijetu. U tab.3 navedeni su podaci UN o svjetskoj proizvodnji pamuka. Poredak zemalja proizvođača je sastavljen na osnovi proizvodnje u 2008. godini. Prvo se navodi ukupna proizvodnja pamučnog vlakna izražena u tonama, a u zagradi se navodi redoslijed zemlje za određenu godinu u količinskoj proizvodnji. Kao što je uočljivo, svjetska proizvodnja pamučnih vlakana povećana je oko 2,5 puta od 1961. do 2008. godine.

4. Klimatski uvjeti za proizvodnju pamuka u Turskoj

Turska kao mediteranska zemlja ima povoljne klimatske uvjete za uzgoj pamuka srednje i visoke kvalitetnog. Zbog planskog razvoja i praćenja proizvodnje pamuka, Turska je ustanovila četiri glavne regije uzgaja pamuka, a to su: Aegean u okolici Izmir, Antaliya, Cukurova i Anatolija ili Gornja Mezopotamija, koja graniči sa Sirijom i Irakom, sl.1. U regiji Cukurova i gradu Adani se nalazi glavni Istraživački institut za pamuk u kojem se razrađuje strategija uzgoja, kontrole i prodaje pamuka [3-6, 17, 18].



Sl.1 Turske četiri osnovne regije u uzgoju pamuka

Pretpostavlja se da se u Turskoj pamuk uzgaja na 600 do 900 tis. ha, ili na oko 0,8 % ukupne površine države. Oko 25 tis. ha se koristi u Antaliji, oko 200 tis. ha u Aegeanu i okolici Izmira, oko 150 tis. ha u Cukurovoj regiji i oko 250 tis. ha u Anatoliji. U težnji za što ekonomičnijom proizvodnjom, usjevi pamučnih polja tretiraju se različitim fungicidima, insekticidima, pesticidima i dr. preparatima koji znatno utječu na povećanje uroda, ali i na onečišćenje pamučnog vlakna. U posljednjih desetak godina, urod pamuka u Turskoj iznosi 0,8 do 1,2 t/ha, što je u usporedbi s Indijom gotovo dvostruko više. Zbog navedenih tretiranja usjeva, pamučni odjevni predmeti sve više djeluju alergijski na ljudsku kožu pa se teži uzgoju organskog pamuka. Turska ima plodno zemljište, povoljne klimatske uvjete i jeftinu radnu snagu za uzgoj pamuka pa je međunarodna zajednica ponudila Turskoj projekt uzgoja organskog pamuka, kojeg Turska vrlo uspješno realizira u Anatoliji, područje Sanliurfa. Kroz ovaj projekt realizira se poseban sustav navodnjavanja kod uzgoja pamuka. Organski pamuk je uzgojen na prirodan, ekološki prihvatljiv način, od genetski nemodificiranog sjemena te bez primjene otrovnih fungicida, insekticida i pesticida. Mnogi ne znaju da je pamuk jedna od najzagađenijih biljaka. Od ukupne količine insekticida i pesticida koji se koriste u svjetskoj poljoprivredi, oko 25 % insekticida i 10 % pesticida koristi se upravo za njegov uzgoj. Za proizvodnju pamuka potrebnog za samo jednu majicu potroši se oko 150 grama pesticida i umjetnih gnojiva [13-15,19]. Često je glavna zadaća

Tab.3 Proizvodnja pamuka u svijetu u posljednjih 50 godina u 20 najznačajnijih država [2]

Država	Proizvodnja u tonama						
	1961	1971	1981	1991	2001	2005	2008
Kina	800462 (4)	2105513 (3)	2968042 (2)	5675002 (1)	5323510 (1)	5714000 (1)	7500000 (1)
Indija	884000 (3)	1258000 (4)	1339600 (4)	1651400 (5)	1699490 (4)	3145000 (3)	3787000 (2)
SAD	3109754 (1)	2281096 (2)	3406432 (1)	3835000 (2)	4420459 (2)	5198970 (2)	2790200 (3)
Pakistan	324100 (8)	707484 (6)	748000 (5)	2180930 (4)	1805200 (3)	2214475 (4)	2010000 (4)
Brazil	423481 (6)	710400 (5)	571000 (6)	686000 (6)	872150 (7)	1210528 (6)	1315984 (5)
Uzbekistan	-	-	-	-	1015000 (5)	1250000 (5)	1226200 (6)
Turska	212000 (9)	522000 (7)	488000 (8)	559426 (7)	914404 (6)	863700 (7)	673000 (7)
Grčka	93800 (16)	117000 (13)	125000 (11)	198000 (14)	455600 (9)	410600 (9)	290000 (8)
Turkmenistan	-	-	-	-	360000 (10)	330000 (10)	280000 (9)
Sirija	120649 (12)	156000 (11)	131000 (10)	205000 (12)	335000 (11)	329000 (11)	244000 (10)
Burkina Faso	-	-	-	-	-	250386 (12)	226000 (11)
Nigerija	51000 (19)	-	-	103000 (19)	148000 (15)	193000 (14)	167000 (12)
Egipat	335658 (7)	510000 (8)	499000 (7)	299000 (10)	330000 (12)	202000 (13)	160000 (13)
Argentina	120777 (11)	84100 (16)	83559 (19)	323600 (9)	167000 (14)	160000 (16)	136000 (14)
Australija	-	-	98900 (15)	447000 (8)	819000 (8)	645100 (8)	132800 (15)
Benin	-	-	-	-	141000 (17)	-	125300 (16)
Meksiko	424490 (5)	396657 (9)	321405 (9)	202189 (13)	-	138000 (20)	125000 (17)
Tadžikistan	-	-	-	-	145000 (16)	151300 (18)	116500 (18)
Mozambik	-	-	-	-	-	-	112232 (19)
Kazahstan	-	-	-	-	-	156270 (17)	105000 (20)
Ukupno Svijet	9461289	12762881	15281088	20691319	21086876	24494474	22617619

pri uzgoju pamuka, dobiti kvalitetno sjeme. Iz 100 kg obranog pamuka, oko 35 kg otpada na pamučno vlakno, 62 kg na sjeme, a oko 3 kg je otpad [15]. U posljednjih desetak godina u Turskoj se proizvodi 670 tis. t do gotovo 1 mil. t pamučnog vlakna godišnje, tab.4. Vidljivo je da su najrodnije bile 2002., 2006. i 2004. godina. Prema izvještajnim analizama Istraživalačkog instituta za pamuk

u Adani, Turska prosječno godišnje proizvodi oko 30 % kvalitetnog pamuka duljine vlaska iznad 32 mm, a ostatak je pamuk srednje kvalitete. Navedene količine i kvaliteta pamučnih vlakana, te za europske uvjete niski troškovi proizvodnje pamuka, osnovni su preduvjeti za izradu jeftinih telstilija i odjeće kojom Turska konkurrira na europskom tržištu. To su u prvom redu: posteljina, različiti

krevetni i stolni prekrivači, ručnici, ogrtači, zastori, deke, jastuci, jastučnice, popluni, perina i dr. Danas oko 80 % turske tekstilne proizvodnje i izvoza ovisi o proizvodnji pamuka. Zahvaljujući razvijenim računalnim tehnologijama koje rade u CAD/CAM sustavu, a koje Turska tekstilna industrija sve više koristi, osim klasičnih proizvoda na tržište je plasirano i petnaestak tzv. nusproizvoda

koji se koriste u različitim granama privređivanja, npr. građevinarstvu, uzgoju gljiva i sadnica, pakiranju proizvoda, skladištima i dr. [2-6, 17, 18].

Tab.4 Proizvodnja pamučnog vlakna u Turskoj u posljednjih 10 godina [2]

God.	Proizvodnja (t)	Proizvodnja (tis. USD)
1999.	791298	1174666
2000.	879940	1306253
2001.	914404	1357414
2002.	988120	1466844
2003.	919531	1365025
2004.	935928	1389366
2005.	863700	1282145
2006.	976540	1449654
2007.	867716	1288107
2008.	673000	999055

5. Cijene pamučnih vlakana

Troškovi uzgoja pamuka ovise o mnogim čimbenicima. Turska ima pogodne klimatske uvjete za uzgoj pamuka i jeftinu radnu snagu koja radi na pamučnim poljima. To su dva osnovna preduvjeta koji značajno utječu na tursku prodajnu cijenu pamuka. Zbog opće svjetske krize koja se itekako osjeća u Turskoj, strateško je pitanje u kolikim količinama zasijati pamuk? U posljednjih nekoliko godina, turskim poljoprivrednicima se više isplati zasijati žitarice nego pamuk. Na žitaricama i proizvodnji hrane oni ostvare više profita nego na uzgoju pamuka. Zbog toga se u Turskoj u posljednjih nekoliko godina smanjuje uzgoj proizvodnje pamučnog vlakna. Trenutačno je u Turskoj veoma niska cijena pamučnog sjemena i iznosi svega 0,42TL/kg (0,26 USD/kg, odnosno 0,18 eura/kg) [6]. Ako se pokaže potrebnim i ekonomski isplativim, Turska u svakoj sezoni može i do 20 % povećati uzgoj pamučnog vlakna. Međutim, zbog sve veće svjetske konkurencije i težnje za što višim profitom, Turska već nekoliko godina investira u nerazvijene zemlje poput Etiopije, Tanzanije i Kenije te Egipta, u koje želeli



Sl.2 Cijene određenog pamučnog vlakna u posljednjih 25 godina: CTY00 – oznaka za pamučno vlakno koje se prodaje na navedenoj burzi; ordinata; cijena pamuka u trenutku pretrage na burzi, 144,40 centi/kg = 1,4440 USD/kg, [20, 21]



Sl.3 Cijene pamučnog vlakna u posljednjih 5 godina



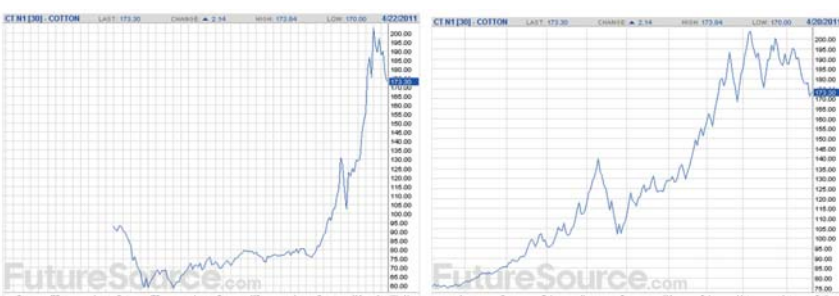
Sl.4 Cijene pamučnog vlakna u posljednjih pola godine

do 2015. godine preseliti jedan dio svoje tekstilne industrije [8]. U razvijenom svijetu postoje različite burze koje se bave prodajom pamuka.

Prva burza koja je trgovala pamukom osnovana je 1781. godine u New Orleansu. Kasnije su osnovane burze u Liverpoolu New Yorku i Bremenu. U



Sl.5 Cijene pamučnog vlakna u posljednjih pet i jedne godine; CT K1 [30] - oznaka za pamučno vlakno koje se prodaje na navedenoj burzi; ordinata; cijena pamuka u trenutku interakcije s burzom, 192,60 centa/kg = 1,926 USD/kg [22,23]



Sl.6 Cijene pamučnog vlakna u posljednjih pet i jedne godine; CT N1[30] – oznaka za pamučno vlakno koje se prodaje na navedenoj burzi; ordinata; cijena pamuka u trenutku interakcije s burzom, 173,30 centa/kg = 1,733 USD/kg



Sl.7 Cijene pamučnog vlakna posljednje godine i pola godine; CT Z12 - oznaka za pamučno vlakno koje se prodaje na navedenoj burzi; ordinata; cijena pamuka u trenutku interakcije s burzom, 100,5 centa/kg = 1,005 USD/kg



Sl.8 Cijene pamučnog vlakna u posljednjih pet i jednu godinu izražene u HRK; A0-FX – oznaka za pamučno vlakno koje se prodaje na navedenoj burzi; ordinata; cijena pamuka u trenutku interakcije s burzom 5,1427 kn/kg

Europi je za trgovinu pamukom najznačajnija Bremenska burza, koja uspješno djeluje više od 130 godina [15]. Dio pamučnih vlakana prodaje se posredstvom burzi, dok se drugi

dio prodaje direktnim pregovaranjem. Na slobodnom tržištu cijene pamučnih vlakana ovise o mnogim parametrima kao što su kvaliteta pamuka, odnos ponude i potražnje, način i vrijeme

transporta, godina berbe, i sl. Za tekstilne tehnologe, a naročito za prelice, značajna je prosječna duljina pamučnog vlakna. Na mnogim burzama pamuk se klasira u četiri osnovne skupine s obzirom na duljinu vlakna. U prvu skupinu ulaze pamučna vlakna kratkog vlakna, tj. vlakna duljine do 24 mm. Drugoj skupini pripadaju vlakna srednje duljine vlakna koja iznosi 24 do 31 mm. U treću skupinu ubrajaju se vlakna dugačke duljine vlakna koja iznosi 32 do 35 mm, i u četvrtu grupu spadaju veoma dugačka vlakna koja su dulja od 35 mm. Ovisno o klasiranju pamuka u praksi, i uređenju burze, moguće su i drugačije podjele s obzirom na duljinu vlakna, zrelost, prisutnost medene rose i sl. Oko 90 % svjetske proizvodnje pamučnih vlakana pripada skupini kratkih i srednje dugog vlakna, tj. prosječne duljine do 31 mm. Pamučnih vlakana dugog vlakna ima 7 do 8 % a vrlo dugih oko 2 do 3 %. Kvalitetna i vrlo dugačka vlakna uzgajaju se u Egiptu, Sudanu i USA, nešto malo u Peruu i Izraelu [15].

Izračunati svjetsku prosječnu cijenu pamučnog vlakna nije jednostavno. Na sl.2 prikazan je dijagram cijena određenog tipa pamuka u posljednjih 25 godina [20, 21]. Dijagram je nastao analizom podataka jedne burze. Sve su burze programski veoma dobro opremljene i nude cijene pamučnih vlakana u bilo kojim vremenskim intervalima. Prema navedenim podacima, cijena pamučnog vlakna od 1987. do 2010. godine nalazila se u granicama od 0,2 do 1 USD/kg. Na sl.3 prikazane su cijene pamučnog vlakna za posljednjih pet godina. Sredinom 2010. godine, cijena pamučnog vlakna prelazi granicu 0,8 USD/kg, a početkom posljednjeg kvartala cijena raste iznad 1 USD/kg. Na sl.4 prikazano je kretanje cijena pamučnih vlakana posljednje pola godine, i na dan interakcije s burzom. Na sl.5 predstavljene su cijene s druge burze za kvalitetniji, a time i skuplji pamuk čija cijena iznosi 1,926 USD/kg [23, 24]. Na sl.6 su prikazane cijene za nešto jeftiniji pamuk čija

je cijena na dan interakcije s burzom bila 1,733 \$/kg. Na sl.7 prikazane su za različite vremenske intervale niže cijene pamučnih vlakana (cijena dosegla 1,005 USD/kg) [21]. Na sl.8 cijene su izražene u hrvatskim kunama za pamučno vlakno oznake A0-FX, za petogodišnji i godišnji period. Uočljivo je da je cijena ovog pamučnog vlakna varirala od 4,55 do 6,05 kn/kg. Kada se detaljnije analiziraju cijene pamuka koje se realiziraju na burzama, tada su uočljivi određeni ciklusi kretanja cijena koji su ovisni o mnogim parametrima. Iskusni brokeri znaju povoljne trenutke za kupnju određenih sirovina pa tako i pamučnog vlakna.

6. Zaključak

Bez obzira da li će Turska uskoro biti ili ne članica EU, ona je sa svojim prirodnim resusima sasvim blizu EU. Mnogi tzv. laki proizvodi dolaze iz Turske na europsko tržište, u prvom redu voće i povrće, a potom tekstil i odjeća. U posljednjih 50 godina Turska se nalazi među deset najvećih svijetskih proizvođača pamuka s udjelom oko 3 %. Turska ima 73 mil. stanovnika i 23 mil. radno aktivnog stanovništva te 50 % stanovništva mlađeg od 25 godina što je čini radno veoma sposobnom i snažnom. Zbog povoljnih klimatskih

uvjeta i jeftine radne snage, turski pamuk može biti znatno jeftiniji na europskom tržištu od pamuka iz drugih zemalja. Ovisno o društvenim i ekonomskim kretanjima, potrebama i strategijama na svjetskom tržištu, Turska može vrlo brzo, gotovo iz sezone u sezonu, usmjeriti razvitak svoje poljoprivrede na proizvodnju pamuka, voća i povrća ili pak žitarica. Ono što joj bude donosilo najveći profit, to će se u Turskoj proizvoditi. Za hrvatske tekstilne, ali i ostale potrebe, tursko će tržište ostati još dugo zanimljivo i obostrano privlačno.

Literatura:

- [1] <http://hr.wikipedia.org/wiki/Turska>
- [2] <http://faostat.fao.org>
- [3] http://www.textileworldasia.com/Articles/2009/June_Issue/Features/Turkey_Textile_Industry_Profile.html
- [4] http://www.apparesearch.com/World_Clothing_Industry/turkey/turkey.htm
- [5] <http://ezinearticles.com/?Textile-and-Apparel-Industry-in-Turkey&id=373807>
- [6] <http://www.adanatb.org.tr/index.php/en/news-articles/2093-pamukta-hem-fyat-hem-ueretm-artiyor>
- [7] Koslowski H.J. Chemifaser Lexikon, Deutsche Fachverlag, 2008., ISBN 978-3-87150-876-9
- [8] <http://www.oerlikontextile.com; Oerlikon: The Fiber Year 2009/10, A World Survey on Textile and Nonwovens Industry, Arbon 2010.>
- [9] IWTO: IWTO Market Information 2010, Brussels 2010
- [10] Vujasinović E. i sur.: 2009. godina – Međunarodna godina prirodnih vlakana, Tekstil, 58(2009.)6, 288-294
- [11] Čunko R. i M. Andrassy: Vlakna, Zrinski d.d., Čakovec, 2005.
- [12] <http://www.worldometers.info>
- [13] <http://www.baumwollboerse.de/index.php?l=1&n=16,0,0>
- [14] <http://www.baumwollboerse.de/index.php?l=1&n=16,28,0>
- [15] <http://www.baumwollboerse.de>
- [16] ... ; Melliand Textilberichte, 88(2007),10, 716
- [17] http://www.fas.usda.gov/pecad2/highlights/2002/02/turkey/tur_cot_02.htm
- [18] <http://ffas.usda.gov/pecad2/highlights/2000/07/turkeycotton.htm>
- [19] http://shop.ekobebe.hr/index.php?p=page&page_id=about_us
- [20] <http://www.barchart.com>
- [21] <http://www.barchart.com/chart.php?sym=CTH14&t=LINE&size=M&v=2&g=1&p=WN&d=X&q=1&style=technical>
- [22] <http://futuresource.quote.com>
- [23] <http://futuresource.quote.com/quotes/chart.action?symbol=CT+Z1>