

HRZZ UIP-2017-05-8780

HRZZ-DOK-2018-09-4254



**HPROTEX**

15.3.2018. – 14.9.2023.



# MODIFIKACIJA TKANINA ZA PRIMJENU U BOLNIČKOM OKRUŽJU

Sandra Flinčec Grgac

**Istraživački tim:** Tihana Dekanić, Anita Tarbuk, Snježana Brnada, Jasna Jablan, Ivana Kmetič, Teuta Murati, Marina Miletić, Rajna Malinar, Ivana Čorak, Katia Grgić, Franka Žuvela Bošnjak

**Konzultanti:** prof.dr.sc. Tanja Pušić, prof. dr. sc. Stana Kovačević, dr. sc. Andrea Katović

TSRC DAN

Zagreb, 24. rujan 2021.

# Tekstilije u bolničkom okružju

## TEKSTILIJE RAZLIČITIH PRIMJENA

- Odjeća zdravstvenih radnika
- Posteljno rublje
- Pokrivke, ručnici ...



## MEDICINSKE TEKSTILIJE

- tekstilni materijal dizajniran za neku od mnogobrojnih i raznovrsnih primjena u medicini, od zaštite, njege i higijene tijela, kurativne i implantatne medicine do izvantjelesne primjene.



# Generiranje tekstilne prašine



## Tekstilije stvaraju značajne količine tekstilne prašine

- Problematično za čisto okruženje
- Prijenosnik različitih mikroorganizama
- Mogući izvor bolničkih infekcija



**100 % pamuk WFK 10A izrađena u skladu sa DIN 53919/ISO2267  
mješavine pamuka i poliestera u omjeru 65/35 oznake WFK 20 A  
Standardni postupak pranja ISO 6330 pri 60 °C  
Standardni referentni deterdžent s fosfatima  
Perilica rublja Wascator FOM71 CLS (Electrolux)**



## Čvrstoća tkanine

HRN EN ISO 13934-1:2013 Tekstil - Vlačna svojstva plošnog tekstila - 1. dio: Određivanje maksimalne sile i istežanja pri maksimalnoj sili metodom trake

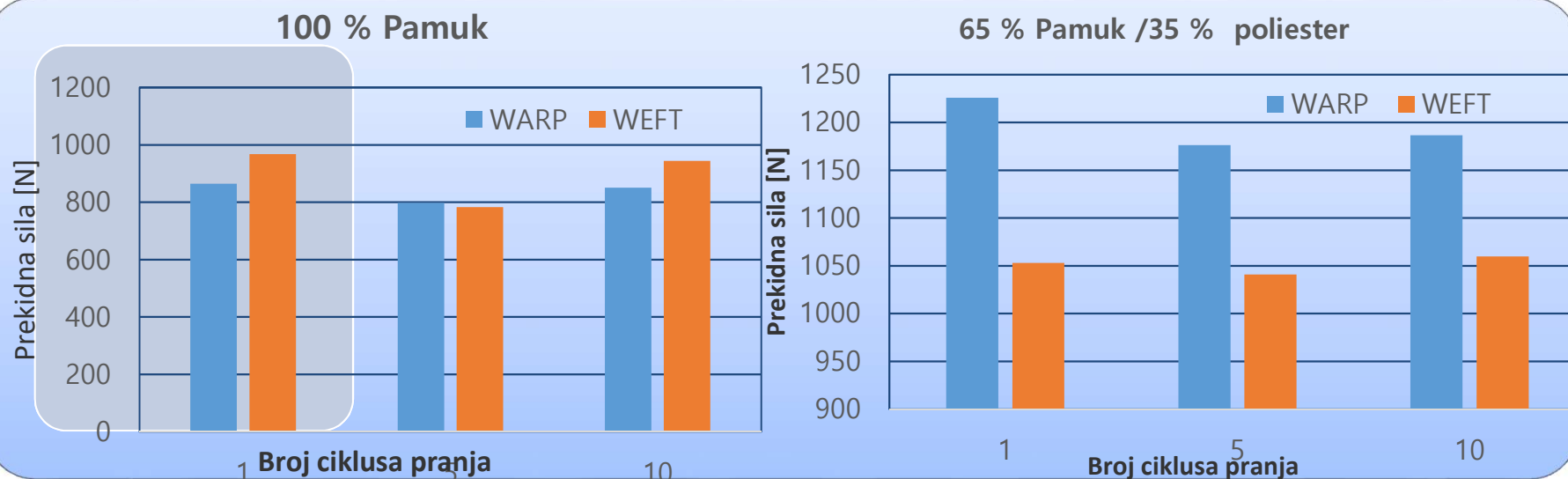
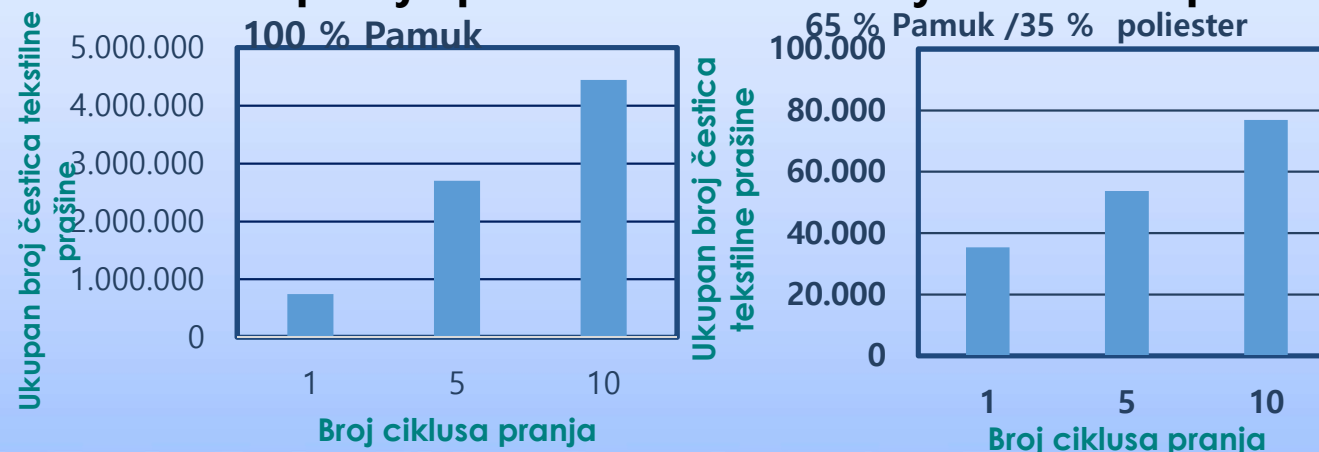
## Mjerenje otpuštanja tekstilne prašine

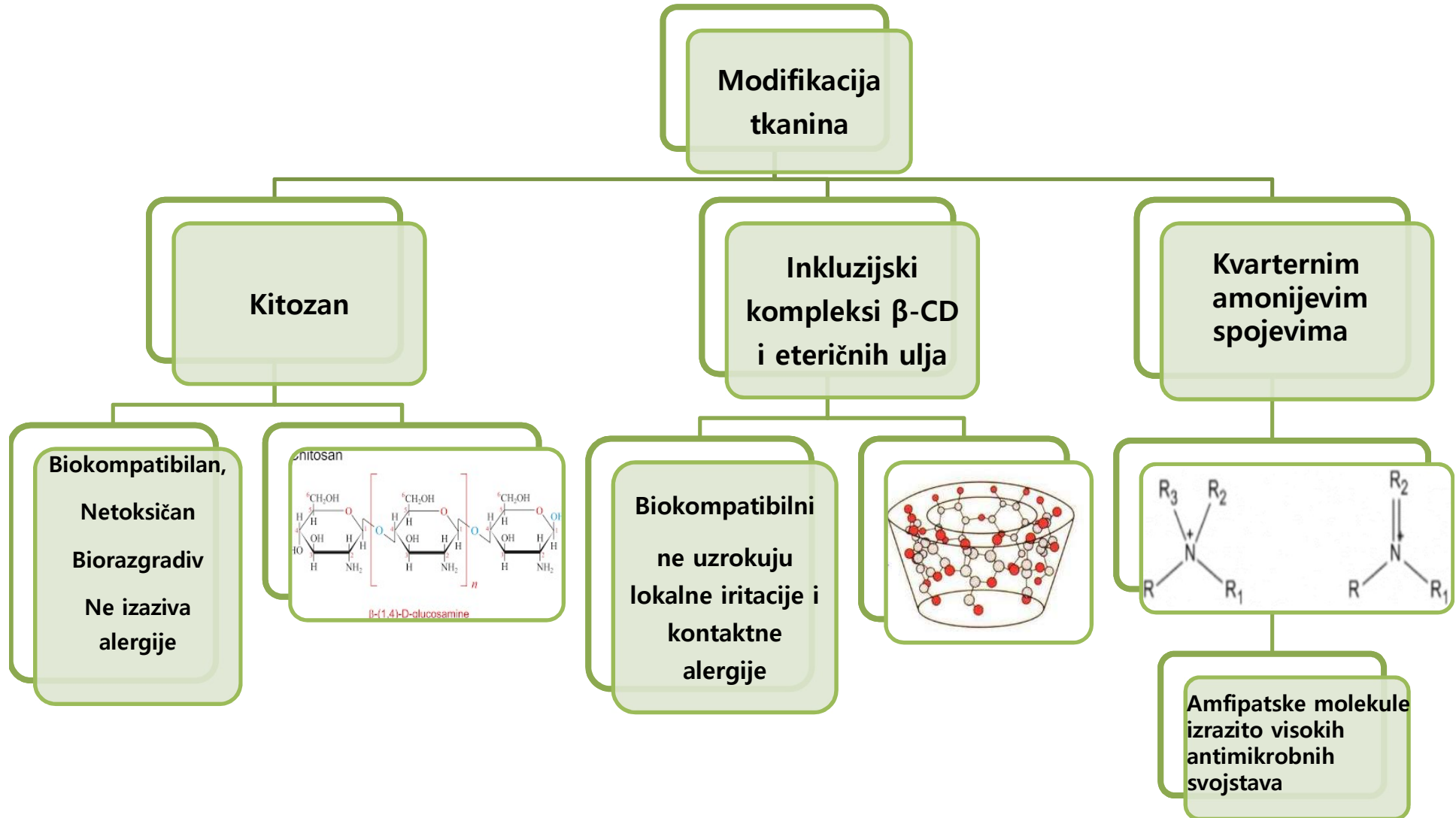
Generiranje čestica za tekstil prema ISO 9073-10, s modificiranim vremenom ispitivanja (30 min)

# Generiranje tekstilne prašine



## Višestruko pranje povećava oslobađanje tekstilne prašine







# Modifikacija tkanina

HPROTEX

## Bolničke

gaze i zavoji adsorbiraju ekstrudat rane i daju dodatnu fizičku zaštitu no nemaju učinak antimikrobnog djelovanja i ne pridonose brzom cijeljenju rana.

## zaštitne

Brojna istraživanja usmjerena su na modifikaciju tkanina s ciljem razvoja obloga za rane. Same obloge za rane razlikuju se prema utjecaju na cijeljenje rana ovisno o primijenjenoj aktivnoj tvari .

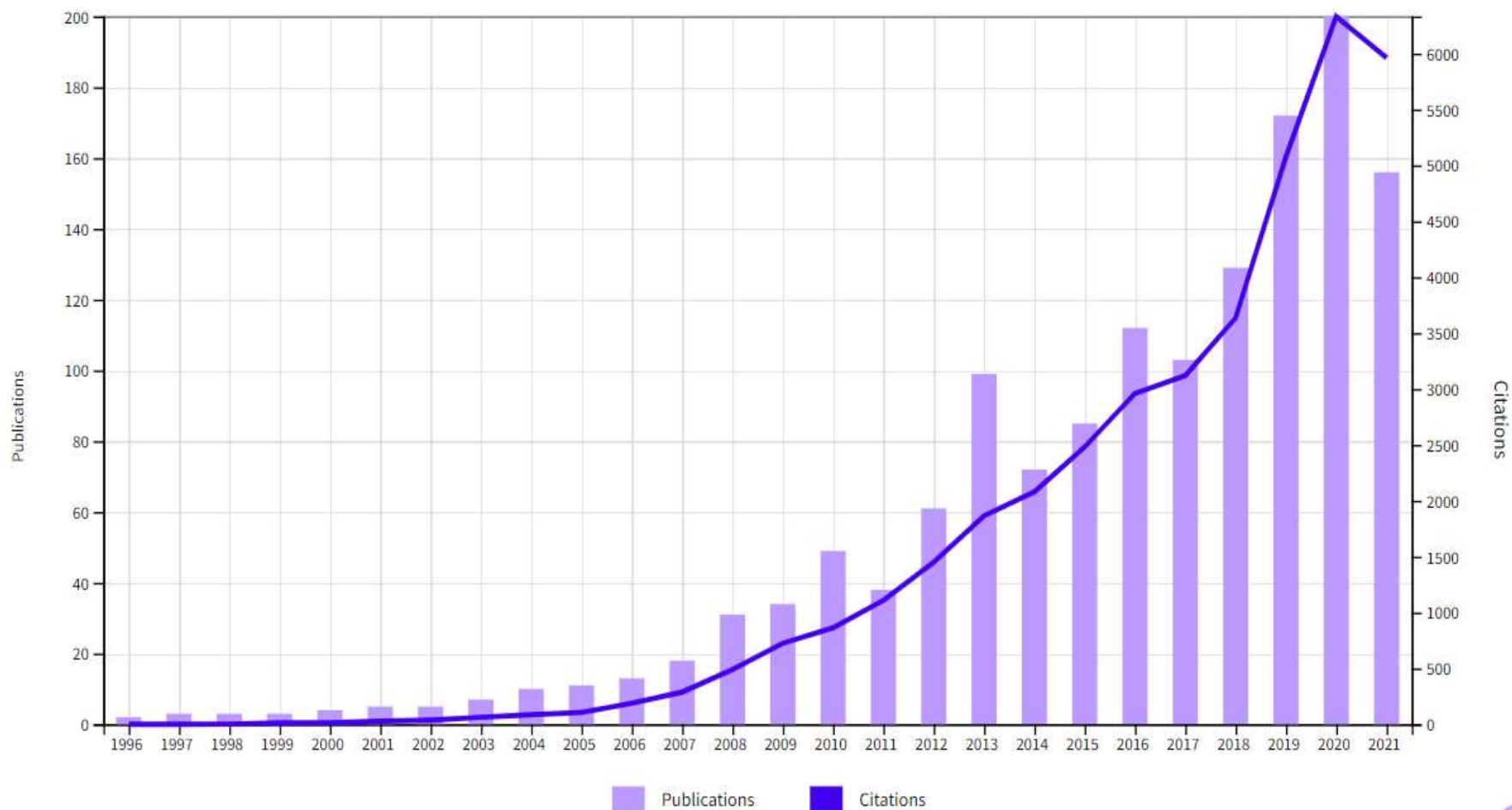
## tekstilije

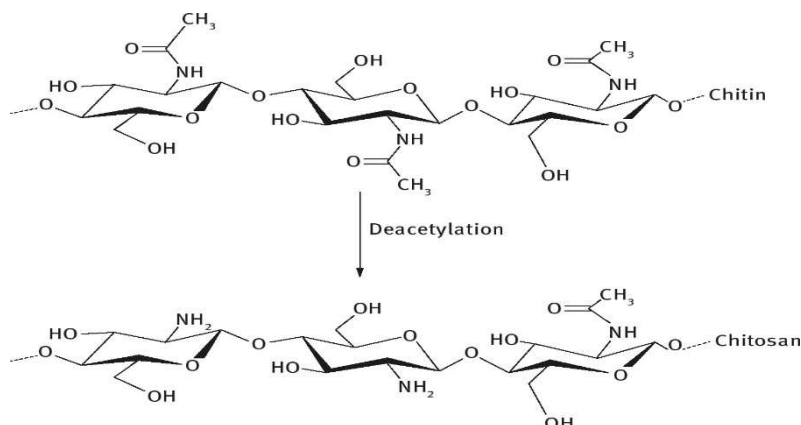
Razvoj oblog obuhvaća niz kompleksnih fizikalno-kemijskih i tehnoloških metoda, te niz provjera (antimikrobna učinkovitost, toksičnost, dermatološka istraživanja i dr.)  
Kitozan- promotor kod cijeljenja rana



# Primjena kitozana na tekstilu

HPROTEX



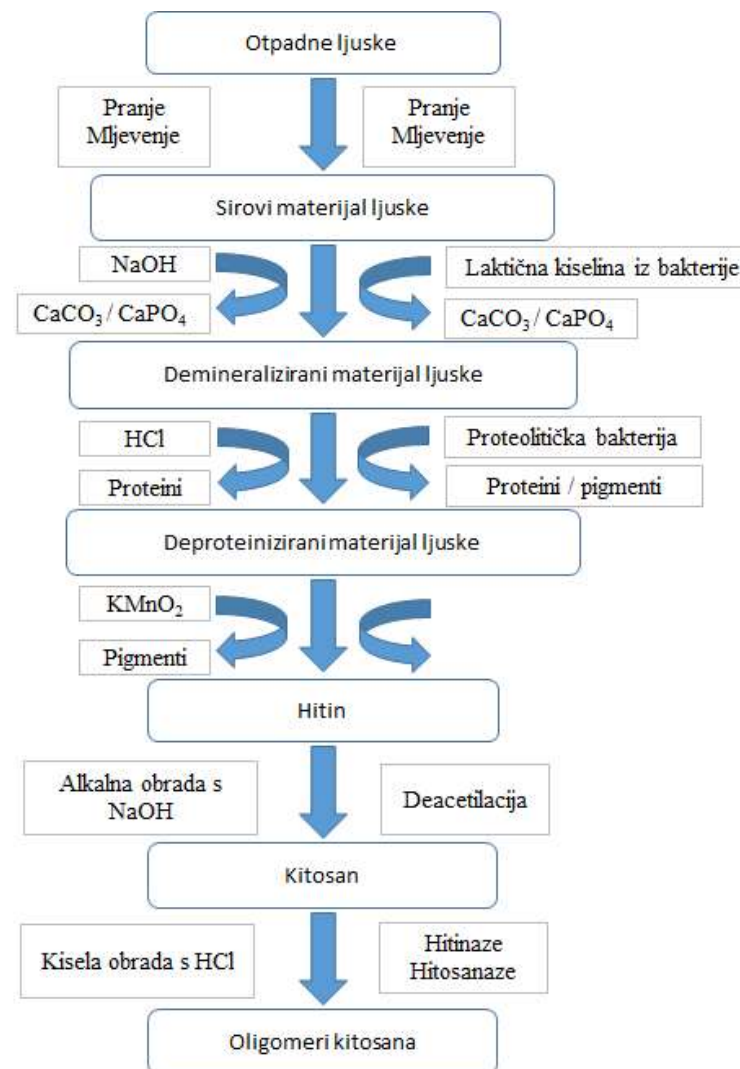


Nastaje alkalnom N-deacetilacijom hitina, visokomolekularnog polisaharida sastavljenog od  $\beta$ -(1,4)-D-glukozamina i N-acetil-D-glukozamina

- razlikuju se u molekularnoj masi, stupnju deacetilacije u topljivosti te viskoznosti i površinskoj napetosti otopina.
- Komercijalno kitozani molekulske mase između 10 i 100 kDa, stupnja deacetilacije između 70 % i 95 %

Kemijska metoda

Biološka metoda







# Kitozan

promotor kod cijeljenja rana



**Standardne tkanine 100 % pamuk WFK 10A izrađena u skladu sa DIN 53919/ISO 2267 i mješavine pamuka i poliesteru u omjeru 65/35 oznake WFK 20 A.**

## Obrada u džigeru

1. Mercerizacija na 25 C° , 10 pasaža kroz prvu kupelj sastava:

20 % NaOH

8 g/l Subitol MFL, CHT-Bezema

2. Implementacija kitosana na 25 °C 10 prolazaka kroz drugu kupelj sastava:

10 g/l kitosana u prahu, (Mathani Chitosan Pvt. Ltd)

**pH 2,334**

1 g/l Felosan NOF

65 g/l Natrijev hipofosfit monohidrat, Sigma Aldrich

70 g/l limunske kiseline, Sigma Aldrich

**pH 6**

Isprane vrućom vodom, hladnom vodom, te neutralizirane 0,1M octenom kiselinom te isprane do pH 7.

Sušenje na 100 C° u trajanju od 2 min , termokondenzacija na 150 C° u trajanju od 4 min na rasteznom sušioniku

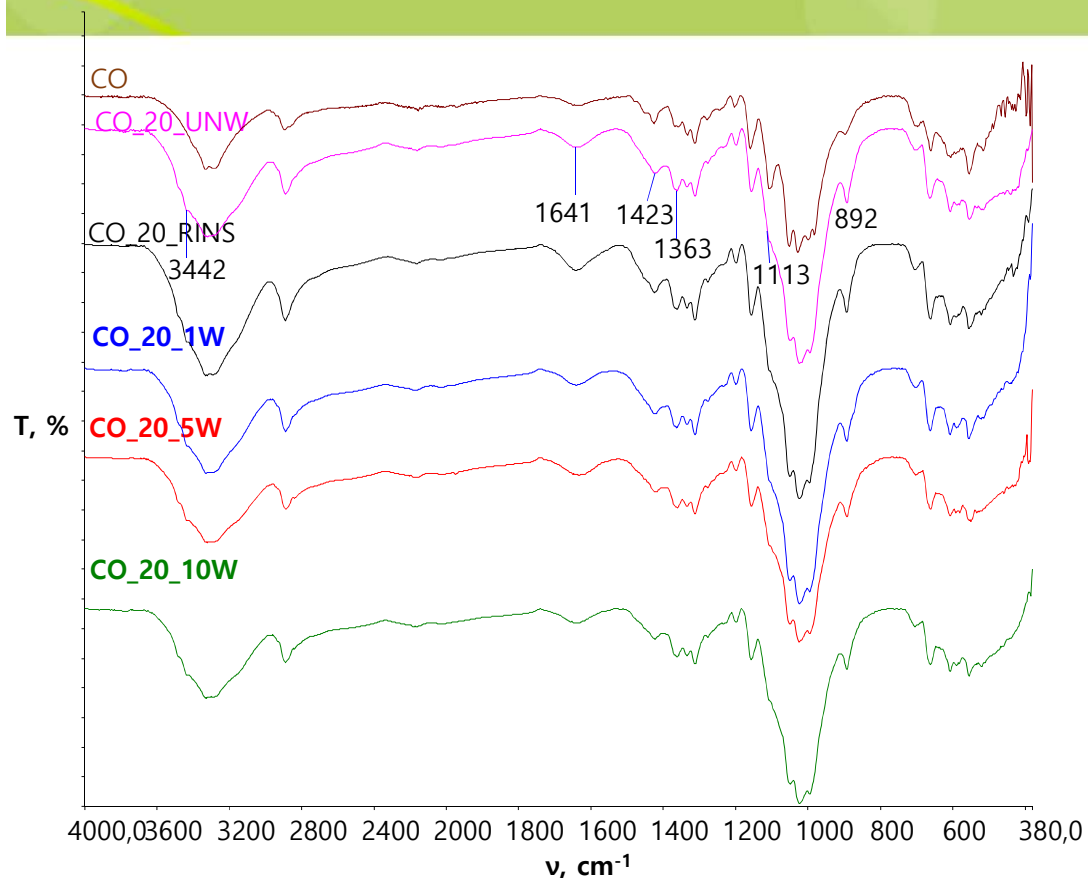
Pranje u skladu s ISO 6330 (2012): Textiles - Domestic washing and drying procedures for textile testing.

ECE deterdžent za ispitivanje postojanosti boje s fosfatima 2,5 g/L, pri 60 °C u trjanju 40 min

**Kitozan, Mathani Chitosan Pvt. Ltd**  
**Molekulska masa (Mn) 80 kDa**  
**stupnjem deacetiliranja (DDA) 90 %**

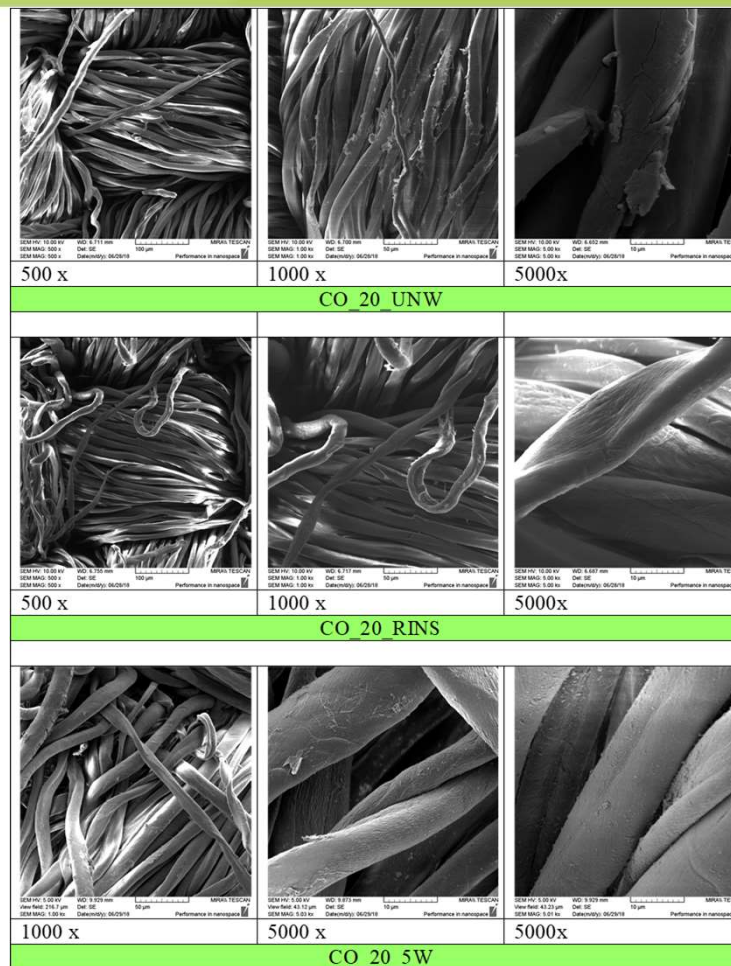
CO, PES/CO	100 % pamuk i 65% poliester/35% pamuk standardna tkanina
...20 %	Nakon obrade u 20% NaOH i kitozanu
..._RINSED	Nakon obrade ispran uzorak
..._1_WC	1 ciklus pranja
..._5_WC	5 ciklusa pranja
10 WC	10 ciklusa pranja

# Rezultati fizikalno-kemijskih svojstva primjenom FTIR-ATR-a i morfologije površine uzoraka primjenom FE-SEM-a



**Spektralne vrpce uzoraka predobrađenih u 20% NaOH te obrađeni s otopinom kitosana**

razlika između tretiranih uzoraka u usporedbi sa standardnim neobrađenim uzorkom na valnom broju  $3442\text{ cm}^{-1}$  zbog istežanja unutar OH grupe i amina, U području od  $1423\text{ cm}^{-1}$  detektirana je promjena izgleda pika koja nastaje uslijed simetričnog savijanja veze  $\text{CH}_2$  na C-6 atomu  $1113\text{ cm}^{-1}$  asimetrično istežanje unutar COC



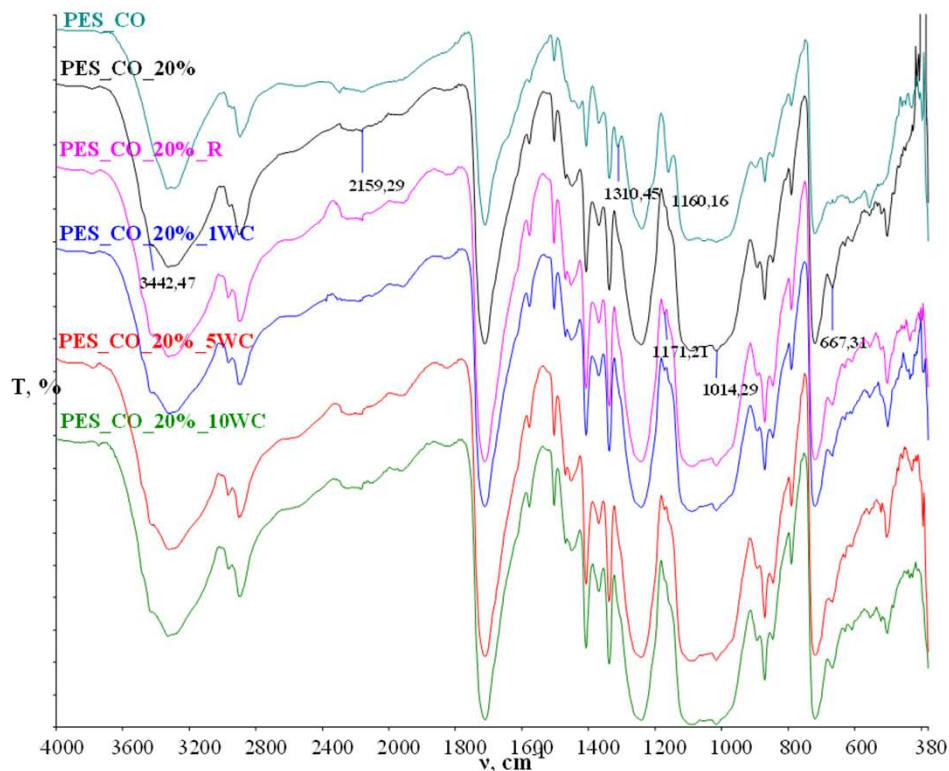
**SEM slike obrađene standardne pamučne tkanine: CO\_20\_UNW, CO\_20\_RINS, CO\_20\_1W, CO\_20\_5W**



**HPROTEX**



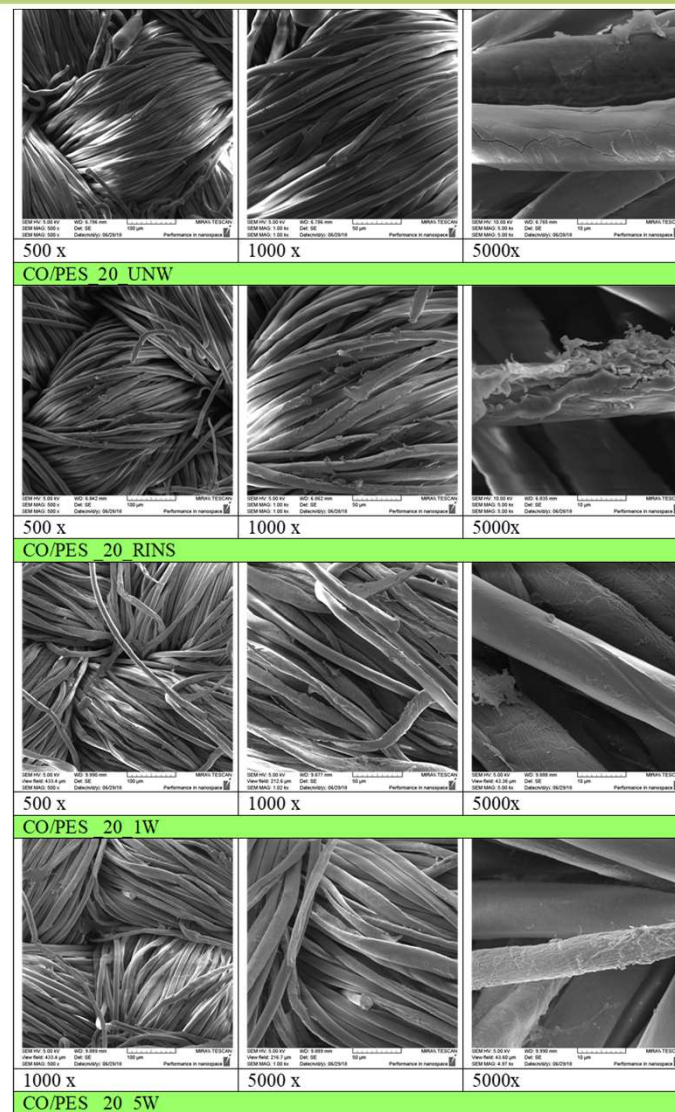
# Rezultati fizikalno-kemijskih svojstva primjenom FTIR-ATR-a i morfologije površine uzoraka primjenom FE-SEM-a



**Spektralne vrpce uzoraka predobrađenih u 20% NaOH te obrađeni s otopinom kitosana**

pikovi na  $1310\text{ cm}^{-1}$  (C-H mahanje) i  $1160\text{ cm}^{-1}$  (COC asimetrično istežanje), postaju slabiji i širi najvjerojatnije zbog prekrivanja i reakcije kitozana s PES/CO tkanina.

Vrlo zanimljiva promjena vidljiva je na području od  $1171\text{ cm}^{-1}$  (COC asimetričan istežanje) gdje vrh nakon završetka potpuno nestaje ali nakon ispiranja I ciklusa pranja pojavljuje se u vrlo malom intenzitetu što ukazuje na stalne promjene u uzorak.



**SEM slike obrađene standardne pamučne tkanine: PES/CO\_20\_UNW, PES/CO\_20\_RINS, PES/CO\_20\_1W, PES/CO\_20\_5W**



# Rezultati

HPROTEX

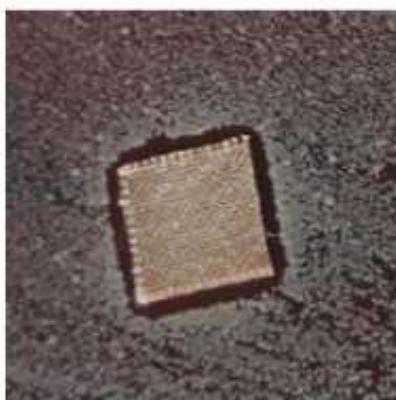


Antimikrobno djelovanje određeno je prema normi AATCC TM 147-2016, Antibacterial Activity Assessment of Textile Materials: Parallel Streak Method. Učinkovitost je određena na Gram pozitivnu bakteriju *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (*S. aureus*), Gram negativnu *Escherichia coli* ATCC 8739 (*E. coli*) i gljivicu *Candida albicans* ATCC 10231 (*C. albicans*).

## Ocjene prema AATCC TM 147-2016



-  
Bez reakcije



+  
Učinkovito (stvara se zona inhibicije)



+/-  
Učinkovito (nema zone inhibicije, ali niti rasta ispod tkanine)



# Rezultati antimikrobne učinkovitosti



Obrada	AATCC TM 147-2016		
	S. aureus	E. coli	C. albicans
CO	-	-	-
PES/CO	-	-	-
CO-20-R	+/-	+	-
PES/CO-20-R	+	+	+
CO-20-5W	+/-	+/-	-
PES/CO-20-5W	+/-	+	+
CO-20-10W	+/-	-	-
PES/CO-20-10W	+/-	+	+

# Generiranju tekstilne prašine materijala obrađenog sa kitozanom

Skлонost generiranju prašine ispitana je prema ISO 9073-10 s produljenim vremenom ispitivanja od 30 min. Prikazane su srednje vrijednosti od ukupno 5 mjerenja

<b>HIP-CO-20</b>	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
1W	403987,6	300941,8	234186,4	14151,0	3369,0	580,6
5W	1169951,2	840599,6	494416,4	18485,4	4346,0	685,2
10W	2156225,8	1290351,8	560287,2	18108,4	3630,2	516,6

<b>HIP-PC-20</b>	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm	10 µm	25 µm
1W	21532,6	13010,8	7236,2	440,4	104,2	48,2
5W	33463,6	17416,2	8342,0	438,0	162,4	64,4
10W	48900,4	21010,4	8104,4	376,0	115,6	55,6

Uzorak	Smjer ispitivanja	Prosječna prekidna sila [N]	Prosječno prekidno istežanje [%]
CO	osnova	864	14,70
	potka	967	27,10
HIP-CO-20-R	osnova	749,3	23,50
	potka	713,0	37,30
HIP-CO-20-1W	osnova	755,7	17,78
	potka	667,3	28,60
HIP-CO-20-5W	osnova	786,3	19,40
	potka	763,3	28,00
HIP-CO-20-10W	osnova	746,3	16,50
	potka	752,0	23,90

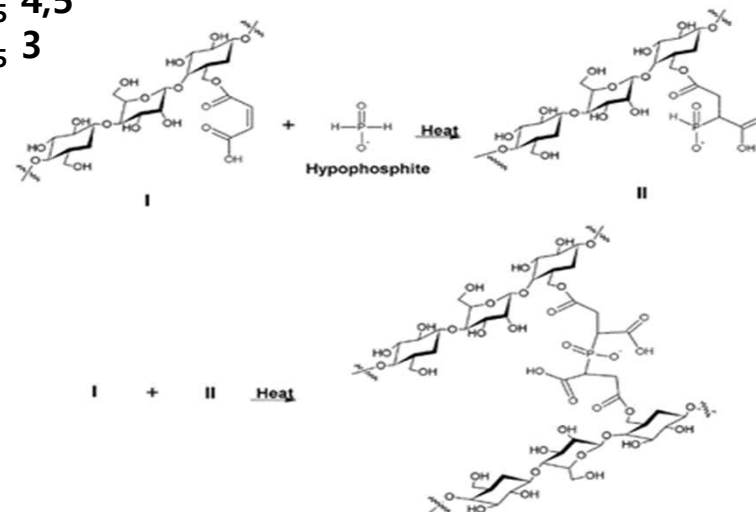
Uzorak	Smjer ispitivanja	Prosječna prekidna sila [N]	Prosječno prekidno istežanje [%]
HIP-PC-20-R	osnova	1225	17,40
	potka	1052	28,30
HIP-PC-20-1W	osnova	1016,0	22,99
	potka	915,0	40,90
HIP-PC-20-5W	osnova	996,0	18,69
	potka	853,3	35,90
HIP-PC-20-10W	osnova	1005,3	18,70
	potka	840,7	28,10



## 2. PRAĆENJE UTJECAJA KONCENTRACIJE POLIKARBOKSILNIH KISELINA NA USPJEŠNOST VEZIVANJA KITOSANA S CELULOZNYM I CELULOZNO POLIESTERSKIM TEKSTILNYM SUPSTRATOM

Kemijska komponenta	Količina g/ L
Maleinska kiselina, Scharla	15 i 25
Natrijev hipofosfit monohidrat, Sigma Aldrich	10
Kitosan, Mathani Chitosan Pvt. Ltd	15
Sredstvo za kvašenje NF-9	2

pH<sub>15</sub> 4,5  
pH<sub>25</sub> 3

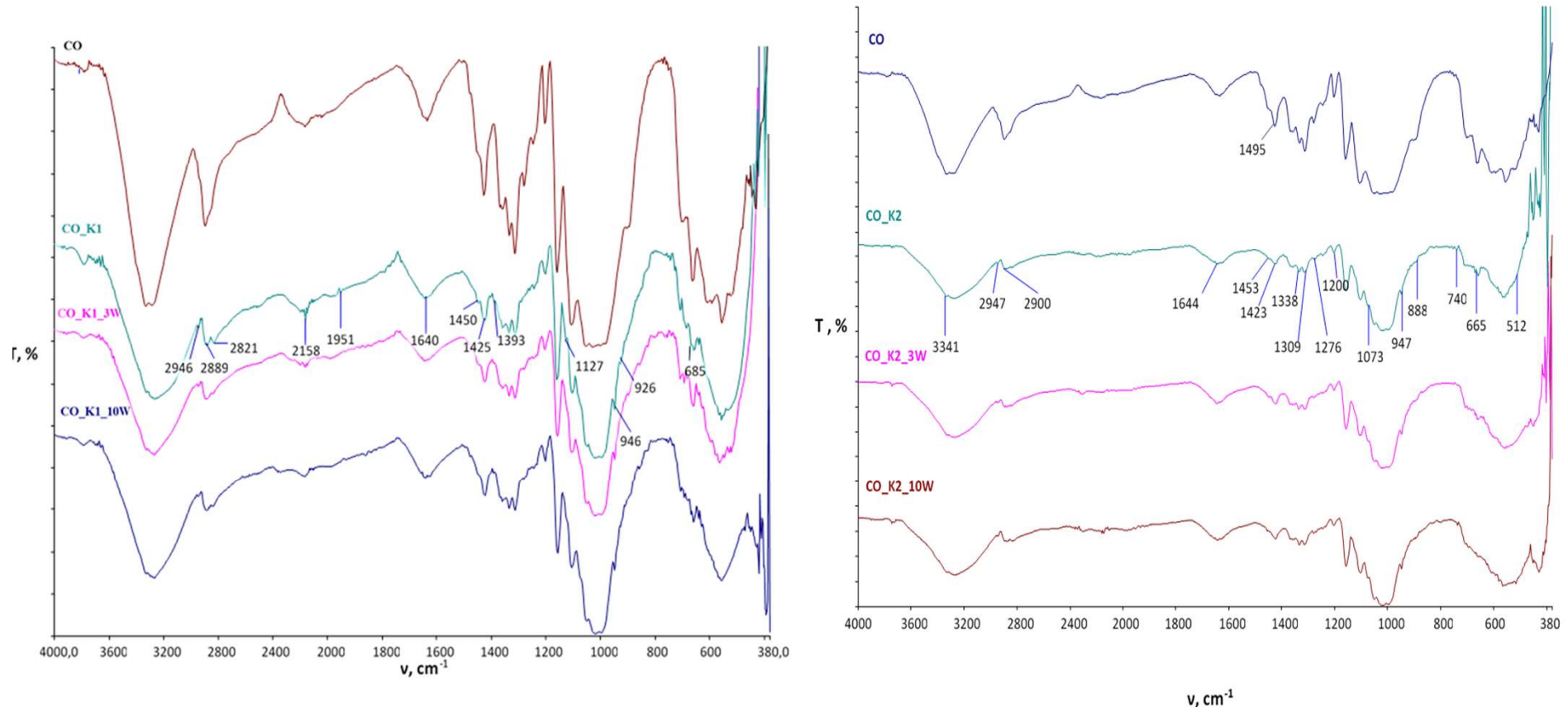


**Impregnacija Ec=100 % - odležali 20 sati - 5 minuta MW  
pri snazi od 80 W, cijedenje na fularu, sušeni 100 °C, 2  
min i termofiksiranje 150 °C.**

Uzorak	Obrada
CO	Neobrađeni pamuk
CO_K1	Pamuk obrađen s kupelji u kojoj je 15 % MA i kitozan
CO_K1_3W	Pamuk obrađen s kupelji u kojoj je 15 % MA i kitozan, 3 ciklusa pranja
CO_K1_10W	Pamuk obrađen s kupelji u kojoj je 15 % MA i kitozan, 10 ciklusa pranja
CO_K2	Pamuk obrađen s kupelji u kojoj je 25 % MA i kitozan
CO_K2_3W	Pamuk obrađen s kupelji u kojoj je 25 % MA i kitozan, 3 ciklusa pranja
CO_K2_10W	Pamuk obrađen s kupelji u kojoj je 25 % MA i kitozan, 10 ciklusa pranja



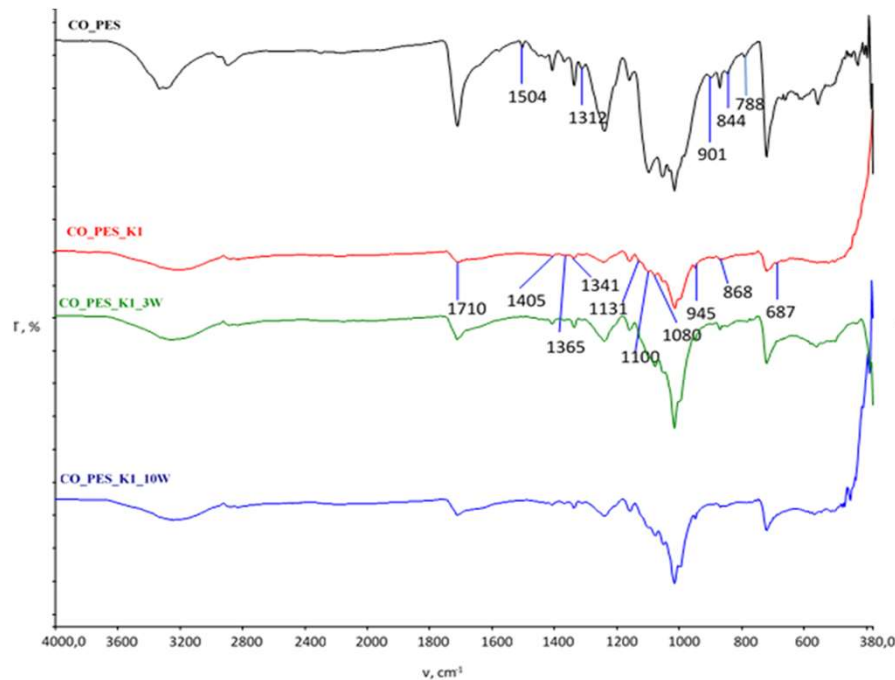
# Spektralne krivulje pamuka obrađenog s 15 i 25 % MA i kitozanom u usporedbi s neobrađenom tkaninom



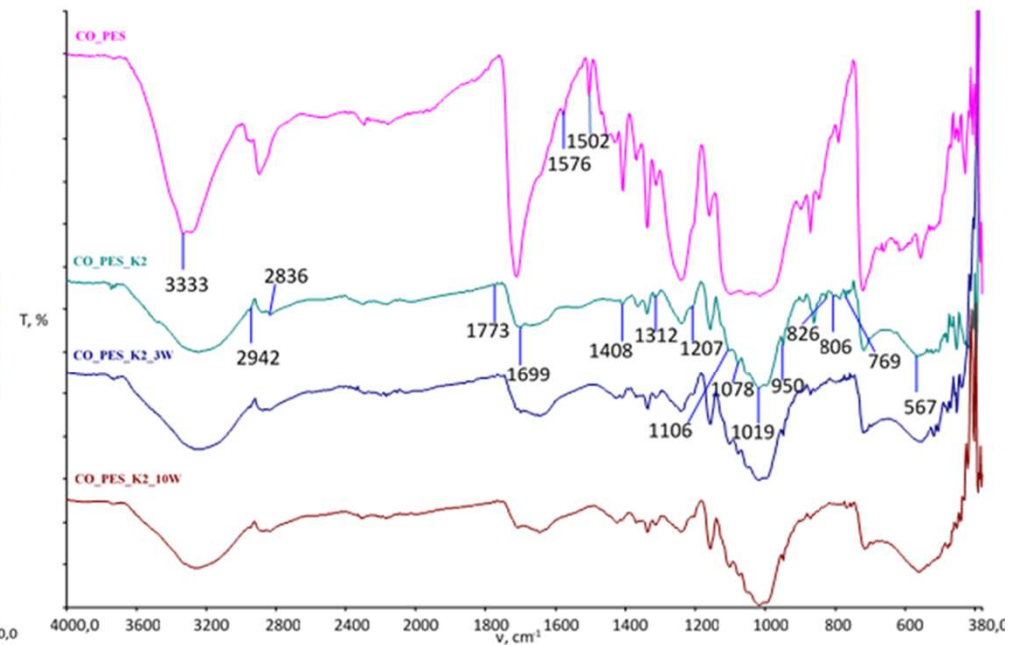
- ~ 3340  $\text{cm}^{-1}$  ukazuju na  $-\text{OH}$  istežanje koje prekriva  $\text{N-H}$  istežanje u istom području
- ~ 1640, 1340, 1309  $\text{cm}^{-1}$  - Istežanje  $\text{C=O}$  veze koje ukazuju na zaostale  $\text{N-acetilne}$  skupine
- ~ 1450  $\text{cm}^{-1}$  - vidljiv je pik nastao uslijed istežanja unutar  $\text{CH}_2$  skupine
- ~ 1425  $\text{cm}^{-1}$  i 1393  $\text{cm}^{-1}$  uz  $\text{CH}_2$  prisutne i  $\text{CH}_3$  skupine
- ~ 950  $\text{cm}^{-1}$  predstavlja vezanje  $\text{P-O}$  skupine na trimetilnu skupinu koja može biti prisutna u strukturi hitina



# Spektralne krivulje PES/pamuka obrađenog s 15 (a) i 25 % (b) MA i kitozanom u usporedbi s neobrađenom tkaninom



a



b

CO/PES 1710  $\text{cm}^{-1}$  vidljiv je oštar pik koji odgovara vibraciji unutar esterskih veza

K2, došlo je do pojava pika na valnom broju 1699  $\text{cm}^{-1}$  koji ukazuje na C = O istežanje amida I prisutnih u kitosanu  
1341  $\text{cm}^{-1}$  C=O istežanje - potvrđuje zaostale N-acetilne skupine koje su prisutne i kod neobrađene tkanine pri valnom broju 1312  $\text{cm}^{-1}$ .

Pri valnim brojevima 1131  $\text{cm}^{-1}$  i 1100  $\text{cm}^{-1}$  dolazi do vibracije -C-O-C-.

Pik na 1080  $\text{cm}^{-1}$  i 687  $\text{cm}^{-1}$  ukazuje na istežanje C-O veze

Pik na 1405  $\text{cm}^{-1}$  ukazuje na istežanje N-H veze.

CH<sub>2</sub> asimetrično istežanje vidljiva je na valnom broju 1365  $\text{cm}^{-1}$  dok je C-H vidljiva na 868  $\text{cm}^{-1}$  kod obrađenog uzorka i na 788  $\text{cm}^{-1}$  kod neobrađenog.

# Antimikrobna svojstva pamuka obrađenog s 15 i 25 % MA i kitozanom u usporedbi s neobrađenom tkaninom (prema normi AATCC TM 147-2016)



Uzorak	Staphylococcus aureus	Escherichia coli	Candida albicans
CO_K1	-	-	+/-
CO_K1_3W	-	-	+/-
CO_K1_10W	-	-	+/-
CO_K2	-	-	+/-
CO_K2_3W	-	-	+/-
CO_K2_10W	-	-	+/-
CO_PES_K1	-	-	+/-
CO_PES_K1_3W	-	-	+/-
CO_PES_K1_10W	-	-	+/-
CO_PES_K2	-	-	+/-
CO_PES_K2_3W	-	-	-
CO_PES_K2_10W	-	-	+/-

# Vidljivost projekta i diseminacija



1. Flinčec Grgac, Sandra; Tarbuk, Anita; Dekanić, Tihana; Sujka, Witold; Draczyński, Zbigniew, The Chitosan Implementation into Cotton and Polyester/Cotton Blend Fabrics // *Materials*, 13 (2020), 7; 1616, 18 doi:10.3390/ma13071616
2. Flinčec Grgac, Sandra; Biruš, Tea-Dora; Tarbuk, Anita; Malinar, Rajna; Draczyński, Zbigniew  
The influence of maleic acid concentration on the binding of chitosan with cotton cellulose // *Textile Science and Economy Chinese-Croatian Forum Book of Proceedings / Petrak, Slavenka (ur.)*. Zagreb: University of Zagreb Faculty of Textile Technology, 2020. str. 51-55 (ostalo, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)
3. Wasko, Joanna; Fraczyk, Justyna; Becht, Angelika; Kaminski, Zbigniew; Flinčec Grgac, Sandra; Tarbuk, Anita; Kaminska, Marta; Dudek, Mariusz; Gliscinska, Eulalia; Draczynski, Zbigniew; Kolesinska, Beata  
Conjugates of Chitosan and Calcium Alginate with Oligoproline and Oligohydroxyproline Derivatives for Potential Use in Regenerative Medicine // *Materials*, 13 (2020), 14; 3079, 29 doi:10.3390/ma13143079 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
4. Flinčec Grgac, Sandra; Dekanić, Tihana; Kiepiela, Patryk; Sujka, Witold; Tarbuk, Anita; Draczyński, Zbigniew  
THE CHITOSAN IMPLEMENTATION INTO COTTON/POLYESTER BLENDED FABRIC // *10th Central European Conference Fibre Grade Polymers, Chemical Fibres and Special Textiles - PROGRAMME (CD-ROM) / Krucińska, Izabella (ur.)*.  
Lodz: Lodz University of Technology, 2019. Session 1 - 6., 2 (predavanje, međunarodna recenzija, prošireni sažetak, znanstveni)

# Vidljivost projekta i diseminacija



5. Flinčec Grgac, Sandra; Malinar, Rajna; Inić, Sara: Generiranje tekstilne prašine s celuloznog materijala obrađenog limunskom kiselinom, 7. Međunarodni stručno-znanstveni skup "Zaštita na radu i zaštita zdravlja" ZBORNIK RADOVA Kirin, Snježana (ur.). Karlovac: Veleučilište u Karlovcu, 2018. str. 470-475 (predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)

6. Malinar, Rajna; Flinčec Grgac, Sandra; Tarbuk, Anita; Brkić, Branka: UTJECAJ PROCESA ODRŽAVANJA BOLNIČKIH TEKSTILIJA NA GENERIRANJE TEKSTILNE PRAŠINE, 7. Međunarodni stručno-znanstveni skup "Zaštita na radu i zaštita zdravlja" ZBORNIK RADOVA Kirin, Snježana (ur.). Karlovac: Veleučilište u Karlovcu, 2018. str. 502-506 (predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)

7. Brnada, Snježana; Malinar, Rajna; Dekanić, Tihana; Flinčec Grgac, Sandra: Influence of textile care processes on the mechanical properties of the woven fabric // Autex 2019 19th World Textile Conference, Ghent, Belgija, 2019. 1-3

8. Malinar, Rajna; Flinčec Grgac, Sandra, Textile dust generation from cotton and cotton/polyester blend fabrics // Textile Science and Economy Chinese-Croatian Forum Book of Proceedings / Petrak, Slavenka (ur.). Zagreb: University of Zagreb Faculty of Textile Technology, 2020. str. 271-274 (predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad)

**Rad je osvojio nagradu za najuspješniji znanstveno-istraživački rad iz područja tekstila u 2018. godini za mlade i istraživače Tekstilno-tehnološkog fakulteta.**

# ZAVRŠNI I DIPLOMSKI RADOVI



- Krepila, Patryk: Chitosan implementation into cotton/polyester fabric / završni rad - preddiplomski studij, Zagreb : Faculty of Material Technologies and Textile Design, 30.01. 2019, 50 str. Voditelj: Draczyński, Zbigniew ; Tarbuk, Anita.
- Laura Odak: Promjena topografske strukture tkanine uzrokovana utjecajem procesa pranja, završni rad - preddiplomski studij, 2019., Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb
- Tesla, Tea: Kapsuliranje kitozana eteričnim uljem uz praćenje utjecaja hidrotermalne sinteze na njegovo vezivanje s celulozom, 2020., diplomski rad, diplomski, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb
- Crnac, Hrvoje: tjecaj luženja pamučne tkanine na vezivanje kitosana, 2019., diplomski rad, preddiplomski, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb
- Milčić, Valentina: Praćenje utjecaja procesa luženja na uspješnost vezivanja kitosana posredstvom 2, 3-dihidroksi butandionske kiseline na celulozni i celuloza poliesterski tekstilni supstrat, 2019., diplomski rad, diplomski, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb
- Biruš, Tea-Dora: Praćenje utjecaja koncentracije polikarboksilnih kiselina na uspješnost vezivanja kitosana s celuloznim i celulozno poliesterskim tekstilnim supstratom, 2019., diplomski rad, diplomski, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb

# Hvala !

[sfincec@ttf.unizg.hr](mailto:sfincec@ttf.unizg.hr)

[https://hprotex.online/?page\\_id=404&lang=en](https://hprotex.online/?page_id=404&lang=en)

**Ovaj rad je sufinancirala Hrvatska zaklada za znanost projektom  
UIP-2017-05-8780 Bolničke zaštitne tekstilije.**

**Autori zahvaljuju tvornici Tricomed Łódź, Poljska i Mr. Witold SUJKA  
na doniranom kitozanu**