ISTRAŽIVANJE MEĐUPODSTAVA SA ZAŠTITNIM DJELOVANJEM OD MIKROVALNOG ZRAČENJA U ODJEVNOM PREDMETU TIJEKOM ODRŽAVANJA

Šaravanja, Bosiljka

Doctoral thesis / Disertacija

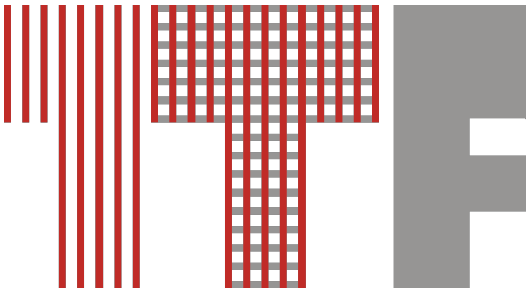
2015

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:201:983241

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-23**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository

Sveučilište u Zagrebu

Tekstilno-tehnološki fakultet

Bosiljka Šaravanja

ISTRAŽIVANJE MEĐUPODSTAVA SA ZAŠTITNIM DJELOVANJEM OD MIKROVALNOG ZRAČENJA U ODJEVNOM PREDMETU TIJEKOM ODRŽAVANJA

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu

Tekstilno-tehnološki fakultet

Bosiljka Šaravanja

ISTRAŽIVANJE MEĐUPODSTAVA SA ZAŠTITNIM DJELOVANJEM OD MIKROVALNOG ZRAČENJA U ODJEVNOM PREDMETU TIJEKOM ODRŽAVANJA

DOKTORSKI RAD

Mentori:
Prof. dr. sc. Darko Ujević
Prof. dr. sc. Krešimir Malarić

Zagreb, 2015.

University of Zagreb

Faculty of Textile Technology

Bosiljka Šaravanja

INVESTIGATION OF INTERLININGS WITH MICROWAVE SHIELDING CHARACTERISTICS IN A GARMENT TEXTILE CARE

DOCTORAL THESIS

Supervisors:
Professor Darko Ujević, Ph. D.
Professor Krešimir Malarić, Ph. D.

Zagreb, 2015

Znanstveno područje:	Tehničke znanosti
Znanstveno polje:	Tekstilna tehnologija
Znanstvena grana:	Odjevna tehnologija
Institucija:	Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet
Mentori:	Prof. dr. sc. Darko Ujević Prof. dr. sc. Krešimir Malarić
Broj stranica:	231
Broj slika:	140
Broj tablica:	52
Broj priloga:	5
Broj literaturnih referenci:	198
Jezik teksta:	Hrvatski
Datum obrane:	16. prosinac 2015.

Povjerenstvo za ocjenu i obranu:

Prof. dr. sc. **Dubravko Rogale**, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet,

Prof. dr. sc. **Tanja Pušić**, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet,

Prof. dr. sc. **Stana Kovačević**, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet,

Akademik prof. emeritus dr. sc. **Zijad Haznadar**, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva,

Izv. prof. dr. sc. **Martin Dadić**, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva.

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

ŽIVOTOPIS MENTORA

Prof. dr. sc. Darko Ujević rođen je u Imotskom 1955. godine. Diplomirao je na Tehnološkom fakultetu 1977. god., magistrirao 1984. god., a doktorirao 1998. god., na Tekstilno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Radno iskustvo stječe zapošljavanjem u tt. „Pionirka“ - kasnije „Trimot“ d.d. iz Imotskog u kojem je radio do kraja 1989. god. na poslovima tehničkog direktora i potpredsjednika poslovnog odbora. Kao vanjski suradnik sudjeluje u nastavnom procesu Više tehničke škole u Bihaću od 1988. god., a kasnije, od 1996. god., na Tehničkom fakultetu Univerziteta u Bihaću. Od strane Znanstveno-nastavnog vijeća Tehnološkog fakulteta u Zagrebu 1987. god., izabran je u znanstveno-istraživačko zvanje: znanstveni asistent iz tehničke oblasti, područje kemijskog inženjerstva. Od 1. siječnja 1990. god., zaposlen je na Tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u svojstvu asistenta. U znanstveno-nastavno zvanje predavača izabran je 30. studenog 1992. god., u zvanje docenta izabran je 9. studenoga 1998. god., te u zvanje izvanrednog profesora izabran je 2003. god. Bio je Dekan u dva mandata od 01.10.2006. do 30.09.2012. god. Nositelj je više nastavnih kolegija na preddiplomskom i diplomskom studiju Tekstilna tehnologija i inženjerstvo i Tekstilnog i modnog dizajna, kao i tri kolegija na doktorskom studiju Tekstilna znanost i tehnologija. U zvanje redovitog profesora izabran je 2009. god. a u trajno zvanje redovitog profesora 2014. god. Stručno se usavršavao u Njemačkoj, Poljskoj i SAD-u. Bio je glavni istraživač i voditelj značajnih znanstvenih i tehnologijskih projekata te složenog tehnologijskog istraživačko- razvojnog projekta (STIRP) „Hrvatski antropometrijski sustav“ (HAS). Izradio je prvi Hrvatski tehnički izvještaj: Antropometrijski sustav – Mjerenje tijela i označivanje veličina odjeće i obuće, HRI 1148:2012 hr, HZN, veljača 2012. Objavio je 18 znanstvenih radova u CC časopisima, 19 znanstvenih radova u ostalim časopisima, 26 radova u ostalim časopisima, 109 radova u zbornicima skupova s međunarodnom recenzijom, 58 ostalih radova u zbornicima skupova i ima 3 patenta. Također je objavio 10 sveučilišnih udžbenika, 25 poglavlja u knjizi, 2 znanstveno-stručne knjige, 1 monografiju, 7 stručnih knjiga, 6 zbornika radova, 4 povijesno-športske knjige, 5 knjiga iz popularne psihologije i 2 priručnika za antropometrijska mjerenja. Za potrebe tekstilne i odjevne industrije izradio je preko 100 stručnih studija. Glavni je urednik i voditelj znanstveno-stručnog savjetovanja „Kulturno nasljeđe Ujević“ (1-3). Osnivač je i potpredsjednik Kulturno-umjetničke udruge Ujević. Pod njegovim mentorstvom obranjeno je više od 200 diplomskih radova. Bio je mentor šest doktorskih i pet magistarskih radova. Redovito piše za župni listić „Marijin glas“. Instruktor je i nositelj crnog pojasa 6. Dan Budokai.

ŽIVOTOPIS MENTORA

Prof dr. sc. Krešimir Malarić rođen je u Zagrebu 1969. godine. Diplomirao je, magistrirao i doktorirao u polju elektrotehnike na Sveučilištu u Zagrebu Fakultetu elektrotehnike i računarstva, 1991., 1994. odnosno 2000. godine.

Od siječnja 1992. godine do prosinca 1995. godine radi na Zavodu za Osnove elektrotehnike i električna mjerenja, a od siječnja 1996. godine na Zavodu za Radiokomunikacije Fakulteta elektrotehnike i računarstva.

Bio je gostujući istraživač na Sveučilištu u Bologni, Italija (od veljače do travnja 2005. godine). U ožujku 2011. godine izabran je u zvanje redovitog profesora. Sudjelovao je na četiri, te vodio tri znanstvena projekata Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske. Objavio je više od 130 radova u časopisima i zbornicima konferencija u području satelitskih komunikacija, elektromagnetske kompatibilnosti, bioloških učinaka elektromagnetskih polja i mjerenja u elektrotehnici. Bio je mentor na dva doktorska i jednom magistarskom radu. Prof. dr. sc. Krešimir Malarić član je stručne udruge IEEE i Akademije tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ). Sudjelovao je u nekoliko međunarodnih programskih odbora znanstvenih konferencija, član je dva urednička odbora znanstvenih časopisa te sudjeluje kao recenzent u većem broju inozemnih časopisa. Godine 2005. primio je medalju "Marconi" sveučilišta u Bologni za izuzetni znanstveni doprinos.

Tema doktorskog rada *Istraživanje međupodstava sa zaštitnim djelovanjem od mikrovalnog zračenja u odjevnom predmetu tijekom održavanja* prihvaćena je na *7. redovitoj sjednici* Fakultetskog vijeća Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta *u akademskoj godini 2011/2012 održanoj 09. srpnja 2012. godine pod 12. točkom dnevnog reda.*

Pokretanje postupka stjecanja doktorata znanosti na navedenu temu odobreno je od Senata Sveučilišta u Zagrebu *na 15. sjednici održanoj 11. srpnja 2013. godine.*

Fakultetsko vijeće Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta na *7. izvanrednoj sjednici u akademskoj godini 2014/2015 održanoj 17. 07. 2015. godine imenuje Povjerenstvo za ocjenu i obranu doktorskog rada.*

Fakultetsko vijeće Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta *na 2. redovitoj sjednici u akademskoj godini 2015/2016 održanoj 07. prosinca 2015.* godine prihvatilo je izvješće Povjerenstva o ocjeni doktorskog rada.

Zahvaljujem svojim mentorima prof. dr. sc. Darku Ujeviću na korisnim savjetima, primjedbama i pomoći tijekom izrade doktorskog rada i prof. dr. sc. Krešimiru Malariću na nesebičnoj pomoći i savjetima tijekom eksperimentalnog dijela i cjelovite izrade doktorskog rada.

Zahvaljujem prof. dr. sc. Tanji Pušić na nesebičnoj pomoći i prijateljskim savjetima tijekom cjelovite izrade doktorskog rada.

Zahvaljujem prof. dr. sc. Dubravku Rogale na korisnim savjetima pri izradi doktorskog rada.

Zahvaljujem prof. dr. sc. Stani Kovačević na pomoći i savjetima oko cjelokupnog doktorskog studija, a posebno oko izrade doktorskog rada.

Zahvaljujem prof. emeritusu dr. sc. Zijadu Haznadar na korisnim savjetima pri izradi doktorskog rada.

Zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Martinu Dadiću na korisnim savjetima i primjedbama pri izradi doktorskog rada.

Zahvaljujem prof. dr. sc. Zvonku Dragčeviću, izv. prof. dr. sc. Ivanu Novaku i prof. dr. sc. Editi Vujasinović na korisnim savjetima i primjedbama.

Zahvaljujem Predstojnici Zavoda za odjevnu tehnologiju doc. dr. sc. Anici Hursa Šajatović i svim članovima ZOT-a na prijateljskim savjetima i razumijevanju tijekom izrade doktorskog rada.

Svakako dugujem zahvalnost Zavodu za tekstilnu kemiju i ekologiju (Savska 16), Zavodu za projektiranje i menadžment, Fakultetu elektrotehnike i računarstva, Zavodu za radiokomunikacije na velikoj pomoći i suradnji pri izvođenju eksperimentalnog djela doktorskog rada.

Zahvaljujem Dušanki Brlenić, inž. i ostalim djelatnicima tt. Varteks d.d. Varaždin na svesrdnoj pomoći i susretljivosti pri izradi uzoraka za mjerenje, tt. Lemia Hypo centar gđi. Miroslavi, tt. Manateks d.o.o.Varaždin (Tomislav Sukner, dipl. oec.) i tt. Čateks d.d. Čakovec (Stjepan Vinko, dipl.inž. i Nino Kerman, dipl.inž.).

Hvala Špeli, Kseniji, Blaženki, Renati, Marijani, Ruži, Emiliji, Aleni, Zorani, Tihani, Branki,……

I na kraju dolaze oni bez čije ljubavi, podrške i pomoći ne bi bilo ni ovoga rada: moja obitelj. Velika hvala na svemu!

Ovaj doktorski rad posvećujem svom najvećem životnom postignuću, mojoj Luciji.

SAŽETAK

U doktorskom radu su istražena zaštitna svojstva funkcionalnih tekstilnih proizvoda za zaštitu od elektromagnetskog zračenja. U tu svrhu su odabrane međupodstavne tkanine s nanosom bakra i pletivo s posrebrenim nitima, te tkanina s inox vlaknima. Budući da odjevni predmet ugradnjom međupodstava sa zaštitnim svojstvima dobiva višu dodanu vrijednost, u radu je ispitana i imitacija prednjeg dijela muškog sakoa načinjena od osnovne tkanine, ljepljive međupodstave, međupodstave s zaštitnim svojstvima od elektromagnetskog zračenja i podstave. Učinkovitost zaštite navedenih tekstilija od elektromagnetskog zračenja su provedena prije obrada, nakon glačanja i prešanja, te nakon profesionalne njege obzirom na potrebu utvrđivanja svojstava i otpornosti proizvoda tijekom tehnološkog procesa njihove izrade i održavanja. Zaštitna svojstva navedenih proizvoda kao i njihova postojanost nakon obrade u vodenom mediju i perkloretilenu su ispitana na frekvencijama mikrovalnog zračenja, 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz. Dodatno je načinjena karakterizacija površine svih ispitivanih proizvoda primjenom skenirajuće elektronske mikroskopije i ispitana su njihova vlačna svojstva. Rezultati istraživanja su potvrdili dobra zaštitna svojstva međupodstava s nanosom bakra i s posrebrenim nitima od elektromagnetskog zračenja u ispitivanom frekvencijskom rasponu. Utvrđena je loša postojanost zaštitnih svojstava ispitivanih uzoraka nakon obrade u vodenom mediju i perkloretilenu. Mikroskopske slike površine uzoraka su potvrdile pucanje nanosa bakra i oštećenja nanosa srebra u navedenim medijima, što je za posljedicu imalo promjenu zaštitnih svojstava funkcionalnih međupodstava. Kumulativan utjecaj otapala kroz 10 ciklusa je rezultirao gotovo potpunim gubitkom zaštitnih svojstava međupostava s bakrenim nanosom, te slabljenjem zaštitnih svojstava pletiva s posrebrenim nitima. Funkcionalna tkanina s ugrađenim inox vlaknima u smjeru potke posjeduje zaštitna svojstva, čiji je stupanj zaštite kao i postojanost slabija u odnosu na zaštitna svojstva međupodstava koje štite od elektromagnetskog zračenja na ispitivanim frekvencijama.

Ključne riječi: međupodstava, odjevni predmet, zaštitna svojstva, elektromagnetsko zračenje, kemijsko čišćenje, mokro čišćenje, skenirajuća elektronska mikroskopija

ABSTRACT

The doctoral thesis deals with investigating protective properties of functional textile products to be used for the protection against electromagnetic radiation of various types. Interlining fabrics with copper coatings have been selected for the purpose, as well as knitted fabrics with silver-treated yarns and a fabric with inox fibres. Since the article of clothing acquired added value with the incorporation of interlinings with protective properties, the investigations described included the imitation of men's jacket front, constructed from basic fabric, adhesive interlining, and interlining with functional properties from the impact of electromagnetic radiation and conventional lining. The protective efficiency of the textiles against electromagnetic radiation was tested prior to processing, after ironing and pressing and after professional care, as it was necessary to establish product properties and resistance in the course of the manufacturing process and subsequent care. Protective properties of the products described, as well as their fastness after a treatment in an aqueous medium and perchlorethylene were tested at the microwave frequencies of 0.9 GHz, 1.8 GHz, 2.1 GHz and 2.4 GHz. Surface characterisation of all the tested samples was additionally made, using scanning electron microscopy, and their tensile properties were also tested. The results obtained confirmed good protective properties from the impact of electromagnetic radiation of the copper-coated interlinings and silver-treated yarns in the frequency range tested. Rather poor fastness of the protective properties on the tested samples after treatment in aqueous medium and perchlorethylene was noted. Microscopic images of sample surface showed cracks in copper coating and damages in silver coatings occurring in the media, which resulted in reduction of protective properties of the functional interlinings. Cumulative impact of solvents in 10 cycles of care resulted in practically complete loss of protective properties in the copper-coated interlining, and reduction of the properties in knitted fabric with silver-treated yarns. Functional woven fabric with inox fibres incorporated in the weft direction exhibited protective properties of the level and fastness inferior to the properties of interlinings which protect, at the tested frequencies of electromagnetic radiation.

Key words: interlining, article of clothing, protective properties, electromagnetic radiation, dry cleaning, wet cleaning, scanning electron microscopy

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. Cilj istraživanja i metodologija 4
1.2. Znanstveni doprinos 6
2. TEORIJSKI DIO 7
2.1. Osnovne značajke i svojstva tekstilnih materijala 7
2.2. Mehanička svojstva tekstilnih materijala 8
2.3. Metalna i metalizirana vlakna 12
2.4. Djelovanje elektromagnetskog zračenja 14
2.5. Elektromagnetske smetnje (EMI) 19
2.6. Tekstilni materijali s zaštitnim svojstvima od elektromagnetskog zračenja 21
2.7. Povijesni pregled razvoja odjeće 32
2.7.1. Zaštitna odjeća 39
2.8. Ugradbeni materijali 44
2.8.1. Osnovni materijali 45
2.8.2. Osnovne tkanine za izradu odjevnih predmeta 48
2.8.3. Međupodstave 49
2.8.4. Podstava 53
2.9. Tehnološki proces krojenja odjeće 54
2.9.1. Frontalno fiksiranje 54
2.9.1.1. *Parametri frontalnog fiksiranja* 57
2.9.1.2. *Strojevi za frontalno fiksiranje* 60
2.10. Tehnološki proces šivanja odjeće 62
2.11. Tehnološki proces dorade odjeće 64
2.11.1. Tehnološki postupak glačanja odjeće 64
2.12. Održavanje odjevnih predmeta – profesionalna njega 67
2.12.1. Kemijsko čišćenje 68
2.12.2. Mokro čišćenje 69
2.13. Statistička obrada podataka 71
3. EKSPERIMENTALNI DIO 75
3.1. Tekstilni materijali 75

3.2. Postupci obrade uzoraka 86
3.2.1. Tehnološki proces krojenja odjeće 86
3.2.1.1. *Frontalno fiksiranje* 86
3.2.2. Tehnološki proces šivanja odjeće 88
3.2.3. Tehnološki postupak glačanja odjeće 89
3.2.4. Kemijsko čišćenje 91
3.2.5. Mokro čišćenje 92
3.3. Mjerne metode i aparati 94
3.3.1. Značajke tekstilnih plošnih proizvoda 94
3.3.2. Ispitivanje mehaničkih svojstava plošnih proizvoda 96
3.3.3. Značajke površine 98
3.3.3.1. *Skenirajući elektronski mikroskop (SEM) s energodisperzivnim detektorom X-zraka (EDS)* 98
3.3.4. Mjerenje učinkovitosti zaštite (SE) od mikrovalnog zračenja 102
4. REZULTATI 106
4.1. Međupodstavna poliamidna tkanina s bakrenim nanosom, MP1 106
4.1.1. Karakterizacija površine SEM-om uzoraka međupodstave MP1 106
4.1.2. Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka MP1 u zaštiti od mikrovalnog zračenja 115
4.2. Uzorci sendviča s MP1 120
4.2.1. Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka sendviča s MP1 u zaštiti od mikrovalnog zračenja 120
4.3. Međupodstavna poliesterska tkanina s bakrenim nanosom, MP2 128
4.3.1. Karakterizacija površine SEM-om uzoraka međupodstave MP2 128
4.3.2. Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka MP2 u zaštiti od mikrovalnog zračenja 133
4.4. Uzorci sendviča s MP2 138
4.4.1. Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka sendviča s MP2 u zaštiti od mikrovalnog zračenja 138
4.5. Međupodstavno poliamidno pletivo s posrebrenim nitima, MP3 145
4.5.1. Karakterizacija površine SEM-om uzoraka međupodstave MP3 145
4.5.2. Učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka MP3 u zaštiti od mikrovalnog zračenja 150
4.6. Uzorci sendviča s MP3 155
4.6.1. Učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka sendviča s MP3 od mikrovalnog zračenja 155
4.7. Tkanina s inox vlaknima, MP4 162
4.7.1. Karakterizacija površine SEM-om uzoraka MP4 162

4.7.2. Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka MP4 u zaštiti od mikrovalnog zračenja 173
4.8. Prekidne sile i prekidna istezanja ispitivanih uzoraka 186
5. RASPRAVA 194
5.1. Karakterizacija površine međupodstavne tkanine MP1 skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM) 197
5.2. Zaštitna svojstva (SE) međupodstavne tkanine MP1 u zaštiti od mikrovalnog zračenja 198
5.2.1. Zaštitna svojstva (SE) međupodstavne tkanine MP1 u prednjici muškog sakoa 200
5.3. Karakterizacija površine međupodstavne tkanine MP2 skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM) 201
5.4. Zaštitna svojstva (SE) međupodstavne tkanine MP2 u zaštiti od mikrovalnog zračenja 202
5.4.1. Zaštitna svojstva (SE) međupodstavne tkanine MP2 u prednjici muškog sakoa 203
5.5. Karakterizacija površine međupodstavnog pletiva MP3 skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM) 205
5.6. Zaštitna svojstva (SE) međupodstavnog pletiva MP3 u zaštiti od mikrovalnog zračenja 205
5.6.1. Zaštitna svojstva (SE) međupodstavnog pletiva MP3 u prednjici muškog sakoa ... 206
5.7. Karakterizacija površine tkanine MP4 skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM) 207
5**.8. Zaštitna svojstva (SE) tkanine MP4 od mikrovalnog zračenja** 208
5.9. Vlačna svojstva ispitivanih uzoraka 210
6. ZAKLJUČCI 214
7. LITERATURA 217

PRILOZI
PRILOG I - POPIS SLIKA XI
PRILOG II - POPIS TABLICA XVII
PRILOG III - POPIS SIMBOLA XX
PRILOG IV - ŽIVOTOPIS XXII
PRILOG V - POPIS RADOVA XXIII

1. UVOD

1. UVOD

Razvitak pokretnih komunikacijskih sustava i nagli porast instaliranih baznih postaja kao izvora elektromagnetskog zračenja aktualizirao je istraživanja utjecaja elektromagnetskih polja u brojnim znanstvenim disciplinama. Polja i valovi bežične tehnologije su neionizirajuća mikrovalna elektromagnetska (EM) zračenja [1].

Elektromagnetsko zagađenje se ne može osjetiti na bilo koji način, nema boje, okusa ni mirisa [2]. Negativne zdravstvene posljedice mogu se manifestirati tek nakon dužeg vremenskog razdoblja izloženosti i obično se ne dovode u vezu s elektromagnetskim zagađenjem već s drugim čimbenicima (stres, loša prehrana, brzi tempo života i sl.) [3].

Posljednjih je godina javnost širom svijeta, izuzetno senzibilizirana glede pitanja o mogućoj štetnosti EM zračenja za ljude i ostale žive organizme uključujući i biljni pokrov. Često korištenje elektroničkih uređaja može utjecati na zdravlje ljudi odnosno može izazvati razne zdravstvene smetnje kao što su: promjene u ponašanju, povećanje stresa, nesanice, srčane aritmije i slične poteškoće. Rezultati istraživanja utjecaja elektromagnetskog zračenja (GSM, mikrovalne pećnice i sl.) na štakorima su potvrdila promjene u njihovu metabolizmu, radu mozga i živčanim aktivnostima [4, 5]. Djelovanjem na metaboličke aktivnosti povećava se opasnost obolijevanja od raka što su pokazala medicinska istraživanja [6]. Epidemiološke studije razmatraju eventualno povećanje rizika od određenih tumora glave kod korisnika mobilnih i GSM uređaja u redovitoj primjeni [7].

Sve studije o biomedicinskim učincima radijskih valova u pokretnim komunikacijskim sustavima GSM na 0,9 i 1,8 GHz pokazale su da su toplinski učinci dominantni, jer u tim frekvencijskim područjima izmjenična elektromagnetska polja izazivaju samo vibracije i rotacije dipolnih molekula vode koja se u velikom postotku nalazi u ljudskom tijelu. Stoga se pri istraživanju učinaka elektromagnetskih valova na žive organizme kao jedan od najvažnijih elektromagnetskih parametara uzima gustoća zračene snage [8]. Dostupna literatura ne isključuje promjene zdravstvenog stanja, posebno bioloških funkcija, nakon izloženosti jačem intenzitetu elektromagnetskog zračenja.

Elektromagnetske smetnje (EMI) su postale izuzetno ozbiljne u raznoj elektroničkoj opremi kao što su osobna računala (nekoliko GHz), mobilni uređaji (0.9 - 2.4 GHz) i drugi uređaji i oprema [9]. Do ogromne ekspanzije u upotrebi visokog i vrlo visokog frekvencijskog spektra u mikrovalnom opsegu dolazi razvojem IT komunikacijskih tehnologija. Kako bi se smanjio učinak ovih radijacija razvijene su različite metode. Jedna od metoda je u zaštiti kroz različite tehnologije korištene opreme i osoblja koje radi u EM zagađenom okruženju. Materijali koji se preporučuju za zaštitu su svi oni s visokom elektro vodljivosti i magnetskom propusnosti. Faktor EM zaštite je definiran kao omjer između intenziteta EM polja (E_0) mjerenog bez testiranog materijala i intenzitet EM polja (E_1) s materijalom postavljenim između izvora zračenja (radijacije) i risivera [10].

Intenzivan razvoj novih tehnologija i proizvoda, npr. električnih i elektroničkih uređaja, nameće potrebu kontrole negativnog utjecaja i mogućnosti njihove prevencije. Kada EM val dođe u organizam on vibrira molekule da emitiraju toplinu i sprječava regeneraciju DNA i RNK stanica [11]. Stoga se postavljaju granice EM emisije svih električnih i elektroničkih uređaja kako bi se minimalizirala mogućnost interferencije s radio i bežičnim komunikacijama. Među brojnim ponuđenim rješenjima pažnju istraživača privlače tekstilni proizvodi i kompozitni tekstilni materijali zbog svoje raznolike i široke primjene [12-16].

Ubrzani razvoj tekstilnih proizvoda koji imaju zaštitna svojstva od EM zračenja pobuđuje interes znanstvenika, te stručnjaka iz tekstilne i odjevne industrije koji pokušavaju proizvoditi tkanine, pletiva i odjeću sa zaštitnim svojstvima [17-20]. Koriste se vodljivi materijali, tkanine i pletiva s metalnim vlaknima i metalnom žicom, metalne folije, vodljive boje, lakovi i nikalni premazi kako bi smanjili transmisiju EM zračenja koja utječe na ljude odnosno uređaje [21-29].

Za različite zaštitne funkcije u električnoj i elektroničkoj industriji u svrhu zaštite od EM zračenja proizvode se i razvijaju vodljive tekstilne površine, koje su lagane i fleksibilne, a cilj im je povećati životni vijek i učinkovitost električnih i elektroničkih uređaja [30-34].

Znanstvenici iz različitih područja proveli su brojna istraživanja tekstilnih proizvoda s udjelom elektrovodljivih metala koji imaju zaštitna svojstva od EM zračenja. U tim tekstilijama su varirani različiti konstrukcijski i doradni parametri [35-40].

U ovom doktorskom radu je istražena učinkovitost zaštite od EM zračenja funkcionalnih međupodstavnih materijala koji se ugrađuju u/na odjevne predmete s ciljem zaštite od mikrovalnog zračenja mobilnih uređaja i njihovim slojevitim sendvič strukturama (imitacije prednjih dijelova muškog sakoa načinjene od osnovne tkanine, ljepljive međupodstavne tkanine, zaštitnih međupodstava i podstavne tkanine) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2.4 GHz.

Također je ispitana učinkovitost zaštite od EM zračenja tkanina s inox vlaknima koje se koriste za izradu zaštitne radne odjeće radnika koji rade u područjima povećane izloženosti EM zračenju. Ispitivanja učinkovitosti zaštite od EM mikrovalnog zračenja su napravljena prije obrada, nakon glačanja i prešanja (na sendič strukturama), te nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja. Načinjena je i karakterizacija površine skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM) svih ispitivanih uzoraka funkcionalnih zaštitnih međupodstava i tkanine s inox vlaknima prije i nakon profesionalne njege.

1.1 Cilj istraživanja i metodologija

Cilj doktorskog rada je istraživanje međupodstava sa zaštitnim svojstvima od EM zračenja kroz postupak profesionalne njege koja uključuje kemijsko i mokro čišćenje.

Istraživanja su se temeljila na ugradnji (ušivanju) funkcionalnih zaštitnih međupodstava koje štite od EM mikrovalnog zračenja mobilnih uređaja. Funkcionalne međupodstave koje štite od elektromagnetskog mikrovalnog zračenja mobilnih uređaja mogu se ugrađivati u različite vrste džepova u/na odjevnim predmetima (sako, hlače, jakne, suknje, kaputi, sportska odjeća).

Budući da odjevni predmet ugradnjom međupodstava sa zaštitnim svojstvima dobiva višu dodanu vrijednost, u radu je ispitana i imitacija prednjeg dijela muškog sakoa načinjena od osnovne tkanine, ljepljive međupodstave, međupodstave s zaštitnim (oklopnim) svojstvima od elektromagnetskog zračenja i podstave.

Učinkovitost zaštite navedenih tekstilija od elektromagnetskog zračenja su provedena prije obrada, nakon glačanja i prešanja, te nakon profesionalne njege obzirom na potrebu utvrđivanja svojstava i otpornosti proizvoda tijekom tehnološkog procesa njihove izrade i održavanja.

Istraživanja su provedena na zaštitnim međupodstavama i njihovim slojevitim sendvič strukturama (imitacijama prednjih dijelova muškog sakoa), kao i na tkaninama koje se koriste u odjevnoj industriji za izradu zaštitne odjeće, a služe za zaštitu od EM mikrovalnog zračenja, i to:

- poliamidnoj tkanini s bakrenim nanosom,
- poliesterskoj tkanini s bakrenim nanosom,
- poliamidnom pletivu sa srebrnim nitima,
- njihovim slojevitim sendvič strukturama,
- tkanini od mješavine modakrila i pamuka s inox vlaknina i
- tkanini od mješavine poliestera i pamuka s ugljikovim vlaknima.

Načinjena je karakterizacija površine navedenih materijala prije i nakon profesionalne njege primjenom skenirajuće pretražne mikroskopije (SEM).

Izvedena su mjerenja učinkovitosti zaštite neobrađenih i obrađenih uzoraka prije i nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog kemijskog i mokrog čišćenja na frekvencijama od 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz; i 2,4 GHz.

Prema planu istraživanja rad se izvodio na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u laboratorijima Zavoda za odjevnu tehnologiju, Zavoda za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju i Zavoda za projektiranje i menadžment tekstila, te na Fakultetu elektrotehnike i računarstva, u Mikrovalnom laboratoriju Zavoda za radiokomunikacije.

Dio eksperimentalnog rada proveden je u proizvodnim pogonima tt. Varteks d.d. Varaždin i u profesionalnoj kemijskoj čistionici Lemia d.o.o.

1.2 Znanstveni doprinos

Znanstveni doprinos očituje se u činjenici da se u ovom doktorskom radu po prvi puta:

- sustavno obrađuju međupodstave sa zaštitnim svojstvima od mikrovalnog zračenja za odjevne predmete prije i nakon profesionalne njege u kojoj su obuhvaćeni kemijsko i mokro čišćenje,
- istražuju zaštitna svojstava međupodstavnih tkanina od poliamida i poliestera s nanosom bakra, te poliamidnog pletiva s posrebrenim nitima od EM mikrovalnog zračenja mobilnih uređaja, za odjevne predmete u frekvencijskom području od 0,9 do 2,4 GHz,
- učinkovitost zaštite navedenih tekstilija od EM zračenja su provedena prije obrada, nakon tehnoloških postupaka glačanja i prešanja, te nakon profesionalne njege obzirom na potrebu utvrđivanja svojstava i otpornosti odjevnih predmeta tijekom tehnološkog procesa njihove izrade i održavanja.

Kroz utvrđivanje postojanosti zaštitnih svojstava navedenih tekstilnih proizvoda od elektromagnetskog mikrovalnog zračenja nakon profesionalne njege ostvaren je dodatan doprinos ovog rada.

Na temelju pretražene literature i spoznaja, tema koja je obrađivana u ovom doktorskom radu da sada nije bila istraživana.

2. TEORIJSKI DIO

2. TEORIJSKI DIO

U poglavlju teorijski dio dan je pregled osnovnih značajki i nekih svojstava tekstilnih materijala. U potpoglavljima su dane osnove elektromagnetskog zračenja i tekstilnih proizvoda koji imaju zaštitna svojstva. Obzirom da je problematika zaštitnih svojstava tekstilnih proizvoda u ovom radu vezana za međupodstave, ukratko je opisan razvoj odjeće i ugradbenih materijala, te proces proizvodnje odjeće.

2.1. Osnovne značajke i svojstva tekstilnih materijala

Osnovne značajke tkanina i pletiva su važne radi utvrđivanja njihove kvalitete, a određuju se pomoću:

- finoće pređe od kojih je plošni proizvod napravljen,
- broja niti osnove i potke na jediničnoj duljini tkanine,
- broja nizova i redova na jediničnoj duljini pletiva,
- postotka utkanja osnovinih i potkinih niti uslijed tkanja po određenom vezu,
- duljine niti potrošene za tvorbu jedne očice u pletivu,
- površinske i duljinske mase plošnog proizvoda i
- debljine plošnog proizvoda.

Finoća pređe je osnovni čimbenik strukture tkanine i ovisi o finoći vlakana od kojih je napravljena, te njihovog broja u poprečnom presjeku pređe. Izražava se duljinskom masom prema izrazu (2.1) [41]:

$$T_t = \frac{m}{l} \tag{2.1}$$

gdje je:

T_t - finoća pređe (tex),

m - masa pređe (g),

l - duljina pređe (mm).

Gustoća niti u tkanini izražava se kao broj osnovinih i potkinih niti na duljini od 10 cm.

Gustoća pletiva definira se kao broj nizova i redova na duljini od 10 cm.

Površinska masa predstavlja masu jednog kvadratnog metra plošnog proizvoda izraženu u gramima. Jedinica za površinsku masu je g/m^2, a izračunava se prema izrazu (2.2) [41, 42]:

$$m_A = \frac{m}{P} \tag{2.2}$$

gdje je:

m_A - površinska masa uzorka (g/m^2),

m - masa uzorka (g),

P - površina uzorka (m^2).

Debljina plošnih proizvoda definirana je kao razmak između dvije ravne metalne paralelne ploče razmaknute plošnim proizvodom. Gornja ploča nalazi se pod pritiskom i naziva se pritiskivač. Uređaj za mjerenje debljine naziva se debljinomjer [41].

2.2. Mehanička svojstva tekstilnih materijala

Tekstilni materijali su nehomogeni, diskontinuirani, izrazito anizotropni i deformabilni. Prenose velike deformacije i pomake u ravnini pri malim opterećenjima. Ti materijali su u procesima izrade, prerade i daljnje uporabe izloženi djelovanju različitih elastičnih opterećenja koja su podijeljena kao:

- jednostavna (vlačna, tlačna, smična, torzijska i opterećenja na savijanje),
- složena (kombinacija jednostavnih opterećenja), od kojih su npr. torzijska opterećenja povezana s konstrukcijom i strukturom pređa, dok su ostali tipovi opterećenja važni za ponašanja tekstilnih materijala kao dvodimenzionalnih struktura [43].

Ako se tekstilni materijal podvrgne djelovanju sile u njemu će se pojaviti naprezanje, kao otpor kojim se vlakno suprotstavlja djelovanju vanjske sile. Kao posljedica djelovanja te sile dolazi do promjene oblika odnosno deformacije. Deformacija će se očitovati u povećanju duljine vlakana tj. produljenju, koje je veće što je vlačna sila veća, sve dok ne dođe do prekida [41].

Tkanine su izložene jednoosnom vlačnom opterećenju. Ako se pretpostavi da je tkanina izložena djelovanju opterećenja u uzdužnom smjeru (u smjeru osnove), utjecaju vanjskih sila opiru se unutarnje sile koje u određenom presjeku tkanine uzrokuju unutarnja naprezanja. Budući da je smjer djelovanja sile pod pravim kutom na površinu presjeka, normalno naprezanje se izračunava prema izrazu (2.3) [43]:

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{2.3}$$

gdje je:

σ - naprezanje (N/mm^2),

F - vlačna sila (N),

A - površina presjeka tkanine (mm^2).

U području elastičnosti gdje vrijedi Hookeov zakon, naprezanje se izračunava prema izrazu (2.4) [43]:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \tag{2.4}$$

gdje je:

E - modul elastičnosti (MPa),

ε - relativno produljenje (%).

Čvrstoća vlakana je važno svojstvo vlakana koje odražava ponašanje vlakana pri djelovanju raznih sila i opterećenja, iz čega proizlazi da što su vlakna čvršća mogu podnijeti veća opterećenja, a da se pri opterećenju ne oštete. Čvrstoća mora biti tolika da omogući neometanu preradbu vlakana u različite složenije tekstilne proizvode i da osigura dovoljnu trajnost tih proizvoda u daljnjoj uporabi. Ispitivanje čvrstoće odnosno najveće sile koju vlakno može izdržati mjeri se na dinamometrima [41].

Tekstilni materijali najčešće imaju nepravilne oblike poprečnih presjeka, te postoji poteškoća pri njihovom kvantitativnom iskazivanju, te se čvrstoća vlakana i pređe odnosno njihovo naprezanje pri maksimalnoj sili iskazuje prema izrazu (2.5):

$$\sigma_s = \frac{F_{max}}{T_t} \qquad (2.5)$$

gdje je:

F_{max} - maksimalna sila (N),

T_t - finoća pređe (tex).

Čvrstoća materijala gdje spadaju tkanine, pletiva i netkani tekstil, je granično naprezanje koje odgovara maksimalnoj sili tj. maksimalno naprezanje koje materijal može podnijeti, a da ne dođe do loma. Izračunava se prema izrazu (2.6) [41]:

$$\sigma_M = \frac{F_{max}}{A_0} \qquad (2.6)$$

Prekidna sila je sila pri kojoj se vlakno ili pređa prekida, a izražava se u cN.

Kako se čvrstoća vlakana i pređa izražava omjerom sile i duljinske mase (finoće), jedinica za čvrstoću je cN/tex ili cN/dtex. Vlakna se mogu dalje prerađivati u pređu i druge složenije tekstilije ukoliko im je čvrstoća veća od 25 cN/tex ili 2,5 cN/dtex. Ovisno o raznolikosti vlakana razlikuju im se i čvrstoće.

Veličina deformacije koju vlakno može podnijeti pri djelovanju sile bitno utječe na trajnost tekstilnih proizvoda. Ukoliko na vlakno djeluje vlačna sila ono se produljuje dok neka druga sila izaziva i drugačiji način deformacije. Prekidno produljenje je produljenje vlakna ili pređe u momentu neposredno prije prekida vlakna. Predstavlja razliku između duljine vlakna pri prekidu (l_p) i početne duljine (l_o) prije djelovanja sile, a izražava se u mm prema izrazu (2.7):

$$\Delta l = l_p - l_o \qquad (2.7)$$

To se produljenje može izraziti i kao postotak (%) od početne duljine uzoraka, te se naziva prekidno istezanje (Ɛ) i mjerilo je najveće moguće deformacije kod koje se vlakno ili pređa prekida. Izračunava se prema izrazu (2.8) [45]:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} \cdot 100 \qquad (2.8)$$

Ukoliko vlakno ili pređa može podnijeti veću deformaciju, proizvod koji se izrađuje od njega biti će trajniji [41, 45].

Iz Tab. 2.1 može se vidjeti da unutar jedne vrste vlakana postoje tipovi različite čvrstoće, što je osobito izraženo kod sintetskih vlakana od kojih se uz tipove vlakana za tekstilnu preradbu proizvode i tipovi vlakana vrlo visoke čvrstoće za različite tehničke primjene.

Tablica 2.1. Čvrstoća vlakana u normalnim uvjetima [45]

Vlakno	**Čvrstoća (cN/dtex)**	**Vlakno**	**Čvrstoća (cN/dtex)**
Pamuk sirovi	3,0 – 4,9	Viskozna-standardni tip	0,7 – 3,2
Laneno	2,6 – 7,7	Viskozna- HWM tip	2,5 – 5,0
Konopljino	5,8 – 6,8	Poliesterska (PES)	4,6 – 9,5
Jutino	3,0 – 5,8	Poliamidna (PA)	2,5 – 8,3
Ramijino	5,5	Akrilna (PAN)	2,0 – 4,5
Svila	2,4 – 5,1	Modakrilna (MAC)	2,5 – 3,5
Vuna	1,0 – 1,7	Polipropilenska (PP)	3,0 – 7,5
Azbestno	2,5 – 3,1	Staklena (GF)	6,3 – 7,2

Mnoga vlakna u mokrom stanju postaju manje otporna na djelovanje sila (npr. vuna, svila, umjetna celulozna vlakna), kod drugih vlakana čvrstoća u mokrom stanju se gotovo ne mijenja (npr. polipropilenska i poliesterska vlakna), dok su prirodna celulozna vlakna u mokrom stanju čvršća (npr. pamuk, lan). Stoga se uvijek uz čvrstoću navodi i stanje vlakna [44, 45].

2.3. Metalna i metalizirana vlakna

Metalna vlakna spadaju u skupinu umjetnih anorganskih vlakana, izrađenih od metala (čelik, aluminij, bakar, srebro, berilij, volfram i dr.) pri čemu je njihov promjer ~ 10 μm. Prema strukturi metalna vlakna su polikristalasta, sastoje se od mnoštva međusobno čvrsto sraslih kristalita. Iznimku čine volframova vlakna u kojima postoje područja velikih kristala te pojedini kristali mogu obuhvaćati cijelu površinu presjeka vlakna. Uz mehanička svojstva (čvrstoću i modul elastičnosti) glavne značajke koje određuju specifična područja primjene metalnih vlakana su velika električna i termička vodljivost (Tab. 2.2.) [44].

Tablica 2.2. Svojstva metalnih vlakana [44]

Metalna vlakna	**Talište (^{0}C)**	**Gustoća (g/cm^3)**	**Promjer (μm)**	**Čvrstoća (kN/mm^2)**	**E-modul (kN/mm^2)**
Čelična (za autokord)	1400	7,8	150	2,5	205
Čelična (fina vlakna)	1400	8	7	3,8	210
Aluminijska	660	2,7	20	0,7	7
Volframova	3400	19,3	12	3 – 4	350 – 420
Berilijeva	1280	1,8	127	1,3	250

U području tekstila kao sredstvo za uklanjanje statičkog elektriciteta koriste se vlakna od nehrđajućeg čelika. Aluminijska vrpčasta vlakna primjenjuju se u tekstilnoj industriji za izradu metalnih ukrasnih ornamenata na odjevnim predmetima [44]. Uz metalna vlakna primjenjuju se i metalizirana vlakna koja imaju dobra svojstva električne vodljivosti, a mogu se rabiti i za zaštitu od elektromagnetskih zračenja. Ova svojstva ovise o vrsti metala kojim je vlakno metalizirano (bakar, nikal, srebro, zlato i sl.). Metalizirana vlakna koriste se u proizvodnji modne odjeće za mlade, antistatičkog tekstila (radna odjeća za prostor u kojem se ne smije dopustiti iskrenje), za izradu tepiha, zavjesa, međupodstava za zaštitu od elektromagnetskog zračenja i dr. [44].

Statički elektricitet može se pojaviti kao rezultat gibanja koje uključuje razdvajanje ili raskidanje površina u kontaktu, obično od različitih tvari, od kojih jedna mora biti loš vodič elektriciteta. Postojeći statički naboj na odjeći može prouzročiti neudobnost, lijepljenje odjeće za tijelo, povećanu brzinu zaprljanja, a u eksplozivnim atmosferama može biti potencijalno opasan, pa bi se stoga zaštitna odjeća koja se nosi u zonama gdje postoji vjerojatnost nagomilavanja statičkih naboja trebala u cijelosti imati antistatička svojstva, uključujući i šavove. Takav vid zaštite ostvaruje se pomoću tkanina koje sadrže vodljiva metalna vlakna na površini (integrirana u tkaninu od koje je odjeća izrađena) ili vlaknima (poliester PES ili poliamid PA), s vodljivom jezgrom od ugljika ili metala. Na ovaj način tkanina dobiva sposobnost apsorpcije električnog naboja mehanizmom indukcije, te transporta naboja u atmosferu. Kod odjevnih predmeta u kojima se tijekom nošenja nakupio statički naboj, mogu se osjetiti iskre i manji udari u trenutku uspostavljanja kontakta s nekim drugim električki vodljivim objektom [46, 47]. Električni luk pojavljuje se prilikom atmosferskog sijevanja i na energetskoj električnoj opremi, rasklopnim postrojenjima i transformatorima te generira mnogo više razine energije nego požarni buktaj, ali kroz puno kraće vrijeme. Intenzivno oslobađanje toplinske energije u električnom luku može generirati temperature više nego dvostruke u odnosu na temperaturu površine Sunca. Električni luk proizvodi električni udar, silu i veliku količinu toplinske energije (od čega je vjerojatno čak 90% energija zračenja), te mogu nastati ozbiljna oštećenja i opekline kože, iako nema plamena [46].

U Tab. 2.3. prikazane su usporedne značajke najvažnijih električnih i toplinskih svojstava metala koji se koriste za izradu vodiča od bakra, aluminija, srebra, zlata i željeza [48].

Tablica 2.3. Električna vodljivost metala [48]

Metal	**Elek. otpor. ρ ($\Omega mm^2/m$)**	**Temp. koef. otpor. α (1/K)**	**Elek. provod. γ ($10^7 S/m$)**	**Topl. provod. λ (W/mK)**
Srebro	0,0162	0,0036	6,15	453
Bakar	0,0169	0,0040	5,82	385
Zlato	0,0240	0,0037	4,09	312
Aluminij	0,0262	0,0042	3,55	209
Željezo	0,0971	0,0057	0,01	80,2

Bakrena vlakna dobivaju se bakar-amonijačnim postupkom mokrog ispredanja iz otopine. Odlikuju se plemenitim sjajem i finoćom, te ugodnim opipom. Najčešće se koriste pri izradi modnih tkanina i pletiva, a šuplja bakrena vlakna imaju primjenu u izradi mikroporoznih membrana za uporabu u medicini [44].

Ugljikova vlakna se dobivaju pirolizom organskih vlakana ili ugljikovih spojeva, a u svojoj masi sadrže najmanje 90 % ugljika. Koriste se za sprječavanje nabijanja statičkog elektriciteta na zaštitnoj odjeći za vatrogasce i radnike u eksplozivnom okruženju, te kao implatanti u medicini [44].

2.4. Djelovanje elektromagnetskog zračenja

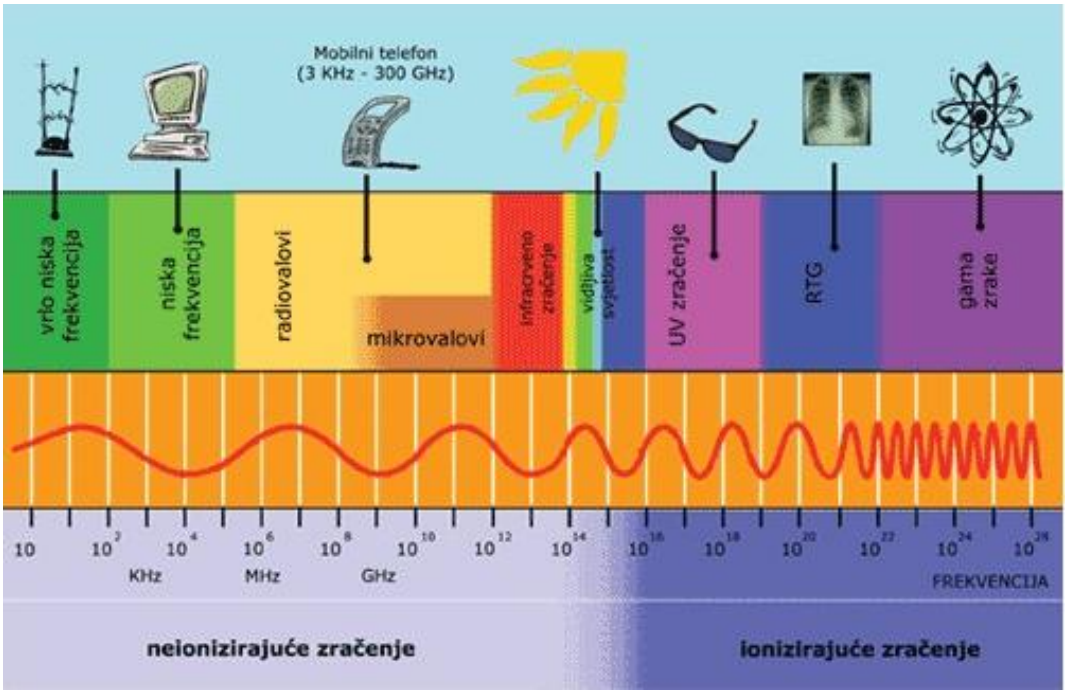
Elektromagnetsko (EM) zračenje je fizikalna pojava širenja električnih i magnetskih valova, odnosno fotona koji se gibaju brzinom svjetlosti i sadrže određenu energiju. Može se podijeliti na ionizirajuće i neionizirajuće elektromagnetsko zračenje (sl. 2.1). Bilo koja vrsta elektromagnetskog zračenja koja ne posjeduje dovoljnu energiju po kvantu da može izazvati ionizaciju odnosno ukloniti elektron iz atoma ili molekule, već samo preći u više energetsko stanje, zove se neionizirajuće zračenje. Neionizirajuće zračenje uključuje slijedeće [49]:

- ultraljubičasto (*Ultaviolet* – UV) zračenje,
- vidljivu svjetlost,
- infracrveno (*Infrared* – IR) zračenje,
- radiofrekvencijska (*Radiofrequency* – RF) zračenja,
- mikrovalna (*Microwave* – MW) zračenja,
- polja ekstremno niskih frekvencija (*Extremely Low Frequency* – ELF) i
- statična električna i magnetska polja.

Bežični komunikacijski sustavi koriste samo neionizirajući dio EM spektra. Mobiteli druge generacije rade na frekvencijama od 0,8 do 2,2 GHz, treća generacija na frekvencijama oko 2 GHz, mikrovalne pećnice na 2,5 GHz, radarski sustavi za vojne i civilne namjene djeluju na frekvencijama od 0,5 do 10 GHz, a na još višim frekvencijama djeluju parabolične antene za mikrovalne komunikacije [50].

Ionizirajuće zračenje je EM zračenje s dovoljnom energijom za ionizaciju atoma kisika i vodika (koja iznosi 12 eV). Ionizirajući dio spektra uključuje:

- *X* - zrake,
- γ - zrake i
- kozmičke zrake.



Slika 2.1. Spektar elektromagnetskog zračenja [50]

Interakcija biološke materije s elektromagnetskim izvorom ovisi o frekvenciji izvora. *X* zrake su kao i *RF* dio elektromagnetskog spektra, a njegovi se dijelovi razlikuju po frekvenciji. Izuzetno visoka frekvencija *X* zraka ima dovoljno snage za prekidanje kemijske veze između molekula biološkog tkiva stvarajući ionizirane kemijske elemente, a cijeli proces se naziva ionizacijom. Na taj način *X* zrake oštećuju genetski materijal stanica, potencijalno dovodeći do raka ili defekata kod novorođenčadi. *RF* zračenje nižih frekvencija je daleko slabije i ni izbliza nema snage za prekid kemijske veze. Zbog toga postoji ogromna razlika između utjecaja neionizirajućeg i ionizirajućeg zračenja na biološku materiju [1, 49, 50].

EM polje je prostor u kojem se opaža energetsko međudjelovanje s električnim nabojem odnosno drugim elektromagnetskim poljem. Ovo međudjelovanje je obostrano, EM polje

djeluje na naboj, a naboj stvara EM polje. U elektromagnetskom polju međudjelovanje se odvija putem elektromagnetskih valova koji predstavljaju prostorno širenje međusobno povezanih i vremenski promjenjivih električnih i magnetskih komponenti polja, koji se šire brzinom svjetlosti što se naziva elektromagnetsko zračenje u prostoru [51].

Slijede referentne mjerne jedinice u mjerenjima EM polja za određivanje intenziteta zračenja. *Jakost električnog polja E* (V/m) je vektorska veličina koja pokazuje razinu električnog polja. Određena je silom na mirujući električni naboj i iskazana izrazom (2.9):

$$E = \frac{F}{Q} \tag{2.9}$$

gdje je:

E - jakost električnog polja (V/m),

F - sila na probni naboj (N),

Q - iznos probnog naboja (C).

Gustoća magnetskog toka B (T) je vektorska veličina koja pokazuje razinu magnetskog polja. Određena je silom na električki naboj koji se kreće. Određuje se prema izrazu (2.10):

$$B = \frac{\Phi}{S} \tag{2.10}$$

gdje je:

B - gustoća magnetskog toka (T),

Φ - magnetski tok (Wb),

S - površina (m^2).

Jakost magnetskog polja H (A/m) pokazuje razinu magnetskog polja, a s gustoćom magnetskog toka u slobodnom prostoru povezana je magnetskom konstantom μ_0. Izračunava se prema izrazu (2.11):

$$H = \frac{B}{\mu_0} \tag{2.11}$$

gdje je:

H - jakost magnetskog polja (A/m),

μ_0 - magnetska propustljivost, permeabilnost (H/m).

Gustoća struje J (A/m^2) je vektorska veličina čiji je integral po nekoj površini jednak struji koja teče kroz tu površinu. Rabi se kao temeljna veličina u frekvencijskom području do 10 MHz. Izračunava se prema izrazu (2.12):

$$J = \frac{N \cdot q_e}{S \cdot t} \tag{2.12}$$

gdje je:

J - gustoća struje (A/m^2),

N - broj elektrona (-),

q_e - naboj elektrona (C),

S - površina presjeka vodiča (m^2),

t - vrijeme (s).

Gustoća snage P_D (W/m^2) je omjer snage i površine okomite na smjer širenja elektromagnetskog vala. Izračunava se u slobodnom prostoru prema izrazu (2.13):

$$P_D = \frac{E^2}{Z_0} = \frac{E^2}{120\pi} = \frac{E^2}{377} \tag{2.13}$$

gdje je:

P_D - gustoća snage (W/m^2),

Z_0 - valna impendencija slobodnog prostora (377 Ω).

Specifična apsorbirana energija SA (J/kg) je apsorbirana energija elektromagnetskog vala po jedinici mase biološkog tkiva rabi se kao temeljna veličina u frekvencijskom području od 300 MHz do 10GHz. Izračunava se prema izrazu (2.14) [1]:

$$SA = \frac{dW}{dm} = \frac{dW}{\rho \cdot dV} \tag{2.14}$$

gdje je:

SA - specifična apsorbirana energija (J/kg),

dW- apsorbirana energija (J),

dm - masa biološkog tkiva (kg),
ρ – gustoća (kg/m^3),
dV – volumen (m^3).

Specifična gustoća apsorbirane snage SAR (W/kg) je mjera brzine apsorbiranja energije po jedinici mase biološkog tkiva. Rabi se kao temeljna veličina u frekvencijskom području od 100 kHz do 10 GHz [13]. Izračunava se prema izrazu (2.15):

$$SAR = C\frac{dT}{dt} \tag{2.15}$$

Izražen preko električnog polja SAR se može izraziti kao (2.16):

$$SAR = \frac{\sigma|E|^2}{\rho} \tag{2.16}$$

gdje je:
SAR - specifična gustoća apsorbirane snage (W/kg),
C - specifični toplinski kapacitet (J/(kg K)),
T - temperatura (K),
σ - vodljivost tkiva (W/(m K)),
ρ - gustoća tkiva (kg/m^3),

Temeljne veličine se izravno povezuju uz potvrđene zdravstvene učinke EM polja na koja se postavljaju temeljna ograničenja. Zaštita od potvrđenih štetnih zdravstvenih učinaka zahtijeva da temeljna ograničenja ovisno o frekvenciji nisu prekoračena na fizikalnim veličinama, koje se i postavljaju (gustoća struje, specifična apsorbirana snaga, specifična apsorbirana energija, gustoća snage) [52].

Svrha odašiljačke antene je učinkovito pretvaranje električkog signala u energiju zračenja, a prijamne antene učinkovito primanje zračene energije i pretvaranje u električni signal za daljnju obradu u prijamni.
Frekvencijsko područje kod kojih se promatra širenje vala može se podijeliti u četiri područja:

- *Vrlo niske frekvencije* (VLF) 3- 30 kHz - val se širi kao valovod koristeći zemljinu površinu i ionosferu kao granice. Gušenje je relativno malo, te se mogu koristiti za daljinske komunikacije (telegrafija i komunikacija za podmornice)
- *Niske frekvencije* (LF) 30-300 kHz - zbog veće širine pojasa moguća je AM radiodifuzija. EM energija prenosi se površinskim valom.
- *Visoke frekvencije* (HF) 3-30 MHz - koristi se za radiodifuziju na velike udaljenosti pomoću refleksija nebeskog vala i odbijanja od ionosfere.
- *Više frekvencije* > 30 MHz - koriste se za komunikaciju, FM radio i TV kanali, radar i navigacijski sustavi, satelitske komunikacije, bežične komunikacije itd. Kod ovih frekvencija treba paziti na refleksije od zemlje, raspršenje zbog hidrometeora, višestruki put, utjecaj zgrade, drveća, brda, i sl. [1].

2.5. Elektromagnetske smetnje (EMI)

Elektromagnetsko zagađenje kao posljedica ubrzanog tehnološkog i tehničkog razvoja možda je u današnje vrijeme najveća prijetnja čovječanstvu i prirodi. Elektromagnetsko zagađenje se ne može osjetiti na bilo koji način, nema boje, okusa ni mirisa [52]. Negativne zdravstvene posljedice mogu se manifestirati tek nakon dužeg vremenskog razdoblja izloženosti i obično se ne dovode u vezu sa samim elektromagnetskim zagađenjem već s drugim čimbenicima (stres, loša prehrana, ubrzani tempo života i sl.) [53].

Slika 2.2. Okruženje elektroničkim uređajima [54]

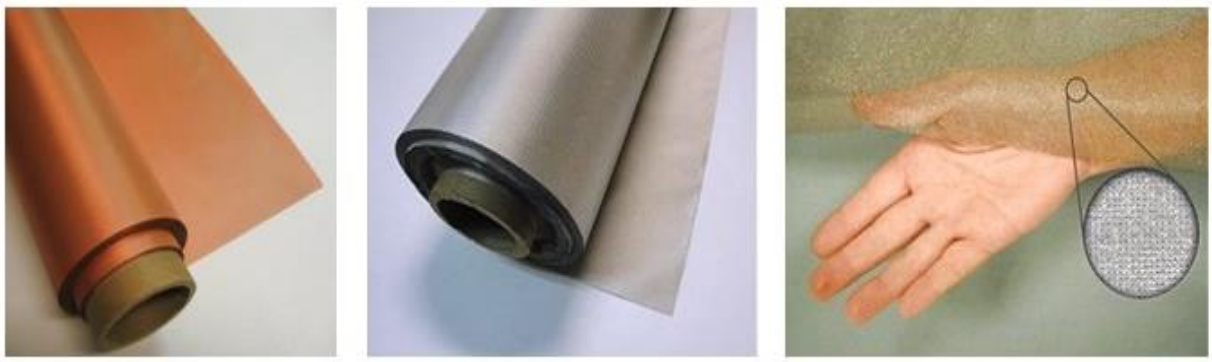
Službena medicina i krovne organizacije koje brinu o zdravlju ljudi kao npr. Svjetska zdravstvena organizacija (*World Health Organization* - WHO) opovrgavaju ili umanjuju opasnost od raznih električnih i elektroničkih naprava koje su postale neizostavan dio života modernog čovjeka (sl. 2.2) [54].

Elektromagnetske smetnje (EMI) mogu se promatrati kao vrsta zagađenja okoliša s značajnim posljedicama po zdravlje ljudi. Elektromagnetski spektar je prirodni izvor koji se jako iskorištavao u zadnjem stoljeću pa stoga novije tehnologije koriste sve više i više frekvencije. Prevelika izloženost EM zračenju može dovesti do ozbiljnih ozljeda, bolesti, pa čak i smrti. Interakcija ljudskog tijela i vanjskog EM polja u današnjem svijetu je neizbježna, jer u svijetu kojem živimo svi su ljudi na neki način izloženi djelovanju EM polja preko raznih električnih ili elektroničkih uređaja (mobiteli, računala, električni uređaji, radio i TV-prijemnici, i sl.). EMI uvodi neželjene napone i struje u sklopovlje opreme. Što je veća razina napona ili struje biti će veća i razina zračene (*radiated*) ili vođene (*conducted*) smetnje [1, 55]. EM polje se koristi u razne svrhe kao što je npr. medicina. U medicini se elektromagnetska polja koriste u raznim dijagnostičkim (EEG, EKG, EMG, MEG, NMR isl) kao i terapijskim svrhama. EM polja se ne mogu osjetiti ljudskim osjetilima, ali se u pojedinim slučajevima mogu osjetiti neizravno npr. u jakim magnetskim ili električnim poljima na niskim frekvencijama (nekoliko ili desetak Hz) izložena osoba može imati vizualne senzacije (tzv. *magneto-* ili *elektrofosfen*) ili kod izloženosti impulsnim mikrovalnim poljima može izazvati slušne senzacije (tzv. Freyov učinak). Stoga je neophodna prevencijska zaštita. Interakcija ljudskog tijela i EM polja se odvija u oba smjera odnosno električno i magnetsko polje utječu na ljudsko tijelo, ali i ljudsko tijelo u EM polju utječe na vanjsko polje. Vektorska veličina koja pokazuje razinu električnog polja, a određena je silom na mirujući električni naboj zove se jakost električnog polja (E) i izražava se u voltima po metru (V/m) [52, 56, 57].

Razna medicinska istraživanja su pokazala kako često korištenje elektroničkih i električnih uređaja može utjecati na povećanje stresa, nesanice, glavobolje, srčane aritmije, povećanje postotka obolijevanja od raka, promjene u ponašanju i sl. [4-6, 11, 58].

2.6. Tekstilni materijali sa zaštitnim svojstvima od EM zračenja

S brzim porastom električnih i elektrotehničkih uređaja koji zrače EM energiju u različitim frekvencijskim područjima postaje neophodno ograničiti i zaštititi elektroničke uređaje od svih izvora interferencije zbog različitih EM energija. Postoji stalna potreba da se postave granice EM zračenja ovih uređaja da bi se minimalizirala mogućnost interferencije s radijskim i žičanim komunikacijama. Među različitim ponuđenim rješenjima pozornost istraživača su privukli tekstilni proizvodi i kompozitni materijali na bazi tekstila i to zbog svoje raznolike primjene i sukladnosti [19, 22, 35-37]. Povećana svijest o elektromagnetskom zračenju je dovela do uvođenja novih regulativa širom svijeta za proizvođače električnih i elektroničkih uređaja koji moraju biti u skladu sa zahtjevima elektromagnetske kompatibilnosti (zahtjev za EMC). Izlaganju EM zračenja doprinose uređaji kao što su mobiteli s frekvencijom 900 i 1800 MHz, mikrovalne pećnice od 2450 MHz, signali „radarske" komunikacije od 1 - 10000 MHz i FM/AM radio odašiljači od 30 - 300 MHz. U današnje vrijeme uporaba mobitela naročito je raširena kod svih populacija pa čak i kod djece. Stoga bi bilo važno smanjiti negativne učinke prouzročene elektromagnetskim valovima na ljude, životinje i okoliš. Ozljede ljudskog tijela elektromagnetskim valovima su vrhunski prioritet mnogih profesionalaca i znanstvenika, koji su zaokupljeni rješavanjem ovog problema. Zbog toga se neki vodljivi materijali, tkanine s metalnim vlaknima i metalnom žicom (sl. 2.3), metalne folije, vodljive boje, lakovi i nikalni premazi koriste kako bi smanjili transmisiju elektromagnetskog zračenja koja utječe na ljude i uređaje [21-29].



a. b. c.

Slika 2.3. Međupodstavni materijali s metalnim nanosima za zaštitu od EM zračenja: a) s nanosom bakra; b) s nanosom nikla i bakra; c) s posrebrenim nitima [59]

Umjesto elektrovodljivih metala ili zaštitnih materijala od žičane mreže za različite zaštitne funkcije u električnoj i elektroničkoj industriji u svrhu zaštite od elektromagnetskih zračenja proizvode se i razvijaju vodljive tekstilne površine, koje su lagane i fleksibilne. Životni vijek i učinkovitost elektroničkih uređaja može se povećati učinkovitom zaštitom od elektromagnetskih smetnji [12, 30-32, 34, 38].

Tekstilni proizvodi s udjelom elektrovodljivih metala koji imaju zaštitna svojstva od elektromagnetskog (EM) zračenja pobuđuje interes znanstvenika, sektora tekstilne industrije i korisnika. Provedena su brojna istraživanja takvih proizvoda u kojima su varirani različiti konstrukcijski i doradni parametri.

Ispitivanja zaštitnih svojstava materijala (papir, bakarne folije i poliesterske folije) su provedena kako bi se simulirale tkanine s različitim brojem i gustoćom niti, brojem otvora na cm^2 i brojem slojeva. Bakar je izabran kao metal s visokim potencijalom zaštite od EMZ. Navedeni materijali imaju bolja zaštitna svojstva ukoliko se smanjuje finoća, povećava broj slojeva i debljina, dok povećanje broja otvora negativno utječe na potencijal zaštite [9].

Ispitivanja su rađena i na tkaninama od pređe s inox vlaknima obavijene pamukom, tkane u platnenom, satenskom i kepernom vezu; u dvije gustoće potke (13 niti/cm i 15 niti/cm) i gustoći osnove od 15 niti/cm. Mjerenja su izvedena u frekvencijskom području od 15 do 3000 MHz. Najbolji učinci elektromagnetske zaštite postignuti su u frekvencijskom području od 1000 do 2400 MHz. Značajan utjecaj na učinkovitosti elektromagnetske zaštite ima gustoća potke i vrsta veza. S povećanjem gustoće potke povećava se učinkovitosti elektromagnetske zaštite, a najbolji stupanj zaštite pružaju uzorci u satenskom vezu [12].

Izmjerena su zaštitna svojstva tkanine od pamučne pređe različite finoće 118, 59 i 39 tex s bakrenom jezgrom promjera 0,05 mm; 0,07 mm i 0,1 mm u frekvencijskom području od 200 do 5800 MHz. Stupanj zaštite od elektromagnetskog zračenja se mijenja s promjerom bakra u jezgri pređe, a najveća zaštita od 44,4 dB je postignuta u frekvencijom području od 200 do 950 MHz. Tkanina načinjena od pređe finoće 118 tex i promjera bakrene jezge 0,07 mm pruža zaštitu od 31,6 dB u frekvencijom području od 1200 do 5800 MHz. Ispitivane tkanine su pogodne za primjenu u širokom spektru proizvoda vojnog i medicinskog sektora [18].

Ispitivane su netkane tekstilije s elektrovodljivim vlaknima premazane polimernim slojem od poliuretana, feromagnetskog pudera i grafita za bolju čvrstoću i apsorpciju. Mjerenja izvedena u frekvencijskom području od 100 do 2000 MHz pokazala su da netkane tekstilije s elektrovodljivim vlaknima premazane polimernim slojem imaju dobra zaštitna svojstva od mikrovalnog i kratkovalnog zračenja [20].

Istražena su zaštitna svojstva tkanina u keper vezu (1/3) i kariranih tkanina od elektrovodljive pređe s nehrđajućom čeličnom jezgrom utkane u određenim intervalima na automatskom tkalačkom stroju. Istražen je utjecaj gustoće odnosno broja elektrovodljivih potkinih niti po jedinici duljine na stupanj zaštite od EMZ. Karirane tkanine s gušćim rasporedom potkinih niti s čeličnom jezgrom i većim brojem veznih točaka između okomitih i vodoravnih niti imaju bolja zaštitna svojstva naročito u visokofrekvencijskom području. Povećani sadržaj metalne pređe u visokofrekvencijskom području kod okomitih mjerenja povećava stupanj zaštite. Uzorci keper i kariranih tkanina s manjom gustoćom rasporeda potki s čeličnom jezgrom pokazale su bolja zaštitna svojstva nego uzorci tkanine koji su otkani s gušćim rasporedima metalne potke u svim frekvencijskim područjima zbog male gustoće elektrovodljivih osnovinih niti koje su u smjeru polarizacije antene tijekom mjerenja. Zaključno, karirane tkanine pružaju dobra zaštitna svojstva u frekvencijskom području od 800 do 3000 MHz, te se mogu koristiti kao materijali za elektromagnetsku zaštitu u proizvodima kao *Wi-Fi*, radio telefoni i *baby* monitori [21].

Na tkaninama od metalnih i poliesterskih filamenata u platnenom vezu ispitivana je zaštita od EMZ u frekvencijskom području od 30 do 1500 MHz, primjenom postupka koaksijalne prijenosne linije. Učinkovitost od EMZ povećavala se s povećanjem udjela metala, a različita frekvencijska ovisnost povezana je s ispitivanim udjelom metala u strukturi [22].

Elektrovodljive pređe s bakrenom jezgrom i pamučnim vlaknom kao omotačem su korištene za tkanine u platnenom i keper vezu. Mjerena su zaštitna svojstva od EMZ tkanina u frekvencijskom području od 20 do 18 000 MHz pomoću koaksijalne prijenosne opreme. Rezultati mjerenja su potvrdili da se povećanjem broja slojeva elektrovodljive tkanine, finoće pređe, gustoće osnove, gustoće potke i faktora pokrivanja povećava zaštita od EMZ [23].

Pri mjerenju zaštitnih svojstava elektrovodiljive tkanine u platno i keper vezu od hibridne pređe od nehrđajućeg čelika korištena je oprema za koaksijalni prijenos u frekvencijskim područjima od 9 kHz do 3 GHz. Rezultati mjerenja pokazali su da gušće tkanine imaju bolji stupanj zaštite. Tkanine izrađene od pređa s čeličnom jezgrom imale su bolju zaštitu nego tkanine izrađene od obavijenih i končanih pređa. Potvrđen je utjecaj vrste veza na stupanj zaštite, pri čemu platneni ima bolji učinak zaštite od kepernog veza [24].

Mjerenja zaštitnih svojstava keper tkanina (3/1) s bakrenim nitima provedena su u frekvencijskom području od 144 do 3000 MHz primjenom koaksijalne prijenosne linije. Utvrđeno je da se povećanjem broja slojeva elektrovodljive tkanine, te gustoće osnove i potke povećavaju zaštitna svojstva, dok se povećanjem promjera žice smanjuje učinkovitost zaštite [25].

Mjerena su zaštitna svojstva keper tkanina (2/2) od bakrenih žica i pređe koja ima jezgru od poliamida obavijenu polipropilenom i laminiranih kompozita, pri čemu su četiri ili šest slojeva tkanine laminirani pod različitim kutevima u različitim debljinama u frekvencijskom području od 30 do 1500 MHz primjenom postupka koaksijalne prijenosne linije. Utvrđeno je da su laminirani višeslojni kompoziti imali bolji stupanj zaštite [26].

Tkanine u kepernom vezu (3/1), u kojima je osnova od pamuka, a potka u dvije kombinacije (jedna potka od mješavine pamuka s jezgrom od bakra, a druga od pamuka). Zaštitna svojstva ovih tkanina su mjerena u frekvencijskom području od 0,2 do 1 GHz. Rezultati mjerenja su pokazali da tkanine od pamučnih pređa s bakrenom jezgrom imaju značajno više vrijednosti zaštite nego tkanine s potkom od pamuka [27].

Istražena su zaštitna svojstva tkanine u platnenom vezu čija je osnova od PES pređe, a potka u tri različite kombinacije. Elektrovodljive pređe su utkane u tri različite varijante: prva od 25 potki PES i jedne potke PES/inox; druga od 49 potki PES uz dodatak jedne potke PES/inox i treća od 71 potka PES uz dodatak jedne potke PES/inox. Kao kontrolna tkanina koristila se tkanina od PES pređe bez inoxa u potki. Rezultati su pokazali kako veća količina elektrovodljivih potkinih niti povećava učinkovitost elektromagnetske zaštite [28].

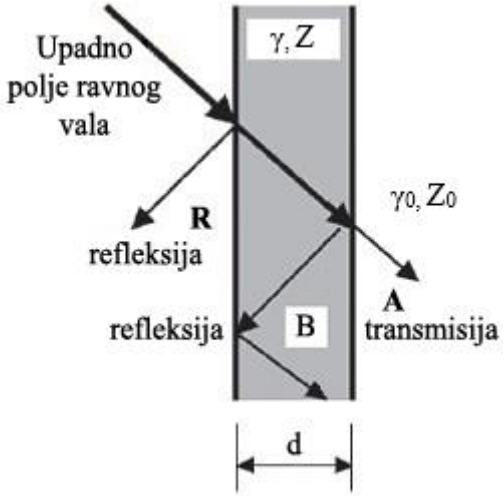
Pomoću držača koaksijalne prijenosne linije u frekvencijskom području od 300 kHz do 3,6 GHz, ispitivano je pet elektrovodljivih tkanina i netkani tekstil. Količina nikla za metalizaciju nije imala tako velik utjecaj na učinkovitost elektromagnetske zaštite, jer geometrijska svojstva osnove i potke u tkanini imaju značajan utjecaj na učinkovitost zaštite. Rezultati su pokazali da je niska vrijednost specifičnog otpora površine izravno utjecala na niži učinak elektromagnetske zaštite [29].

Studija zaštitnih svojstava pletenih kompozitnih struktura od ravnog glatkog i ravnog podstavnog pletiva načinjenih od pređa s udjelom inox vlakana je pokazala da glatko podstavno pletivo posjeduje bolja zaštitna svojstva od EMZ kao i da se učinak zaštite poveća s povećanjem broja slojeva u kompozitu [36].

Istraživani su kompozitni laminati načinjeni od osam slojeva četiri vrste pletiva (glatko dvostruko, glatko dvostruko podstavno, 1x1 desno-desno i 1x2 desno-desno pletivo) izrađenih od Cu/PP (bakar/polipropilen) pređa, pri čemu je varirana finoća bakrene žice. Utvrđeno je da veća finoća bakrenih žica kao i veći broj podstavnih pletiva u kompozitu poboljšava njegova zaštitna svojstva [37].

Učinak zaštite netkanog tekstila od PES-a, površinske mase 60 g/m^2, debljine 210 μm i promjera niti 40 μm, s premazom od metala (nikal/željezo) u frekvencijskom području od 1-13 GHz je 90% [38].

Jakost signala u nekom mediju ovisi o više parametara vezanih za svojstva materijala, primarno električna i magnetska svojstva, svojstva provodljivosti na površini i u unutrašnjosti, debljina materijala i sastav. Na slici 2.4 shematski je prikazano širenje signala kroz sloj materijala sa svojstvom zaštite [40, 60].



Slika 2.4. Transmisija valova kroz tankoslojni medij [40]

gdje je:

$\omega = 2\pi f$ - kružna frekvencija,

$\mathcal{E}, \mathcal{E}_0$ - dielektrična konstanta,

μ, μ_0 - magnetska permeabilnost,

γ, γ_0 - konstante širenja,

Z, Z_0 - valne impedancije sredstava,

σ - vodljivost,

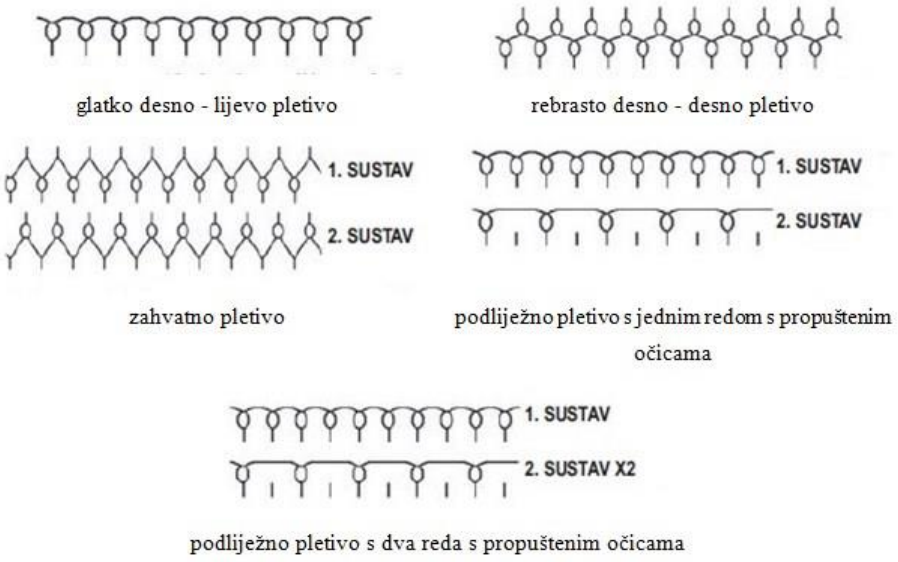
d - debljina sloja.

Zaštitni učinak (SE) je definiran kao omjer između snage polja pri određenoj udaljenosti od izvora bez zaštite i jačine polja sa zaštitom. Zaštitni efekt provodljive barijere SE u dB je suma gubitka refleksije (R), gubitka apsorpcije (A) i gubitka ponovne refleksije (R_r), a izračunava se prema izrazu (2.17) [9]:

$$SE = R + A + R_r \qquad (2.\ 17)$$

Decibel (dB), decimalna jedinica brojčane jedinice bel. Bel je brojčana jedinica za izražavanje dekadnoga logaritma omjera dviju vrijednosti iste veličine, tj. razine veličine [61].

Zaštitna svojstva pletiva od čistih neobavijenih elektrovodljivih bakrenih i čeličnih žica su mjerena u frekvencijskom području od 750 do 3000 MHz. Ispitivana je učinkovitost primijenjenih žica na zaštitna svojstva pletenih uzoraka (utjecaj ispuštenih očica u pletenoj strukturi - podliježna pletiva, utjecaj pletiva veće gustoće očica - rebrasto desno-desno pletivo, zahvatno pletivo), odnosno utjecaj strukture pletiva na zaštitna svojstva (sl. 2.5).



Slika 2.5. Strukture ispitivanih uzoraka pletiva [40]

Uzorci glatkih pletiva od jednostruke žice su pokazala bolja zaštitna svojstva u frekvencijskim područjima od 2000 MHz, dok vrlo slabu zaštitu imaju u frekvencijskim područjima od 950 do 1200 MHz. Kod glatkih pletiva od dvostruke žice učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja je veća i u širem frekvencijskom području, a kod podliježnog pletiva s jednim redom s propuštenim očicama dolazi do povećanja učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja. Može se zaključiti da podliježno pletivo ima bolju zaštitu od glatkih pletiva, što se može objasniti povećanjem duljine očice po jediničnoj duljini pletiva. Propuštanje očice žica tvori vertikalnu liniju što povećava elektrovodljivost pletiva. Kod uzoraka podliježnog pletiva s dva reda s propuštenim očicama nije uočena značajna razlika kod vertikalnih mjerenja, dok su kod horizontalnih mjerenja dobivene razlike. Pletiva s dva reda s propuštenim očicama imaju bolja zaštitna svojstva od pletiva s jednim redom s propuštenim očicama u frekvencijskom području od 2000 do 2300 MHz [40].

U rezultatima kod horizontalnih mjerenja uzoraka rebrastog i glatkog pletiva od jednostrukih žica nisu dobivene značajnije razlike. Kod vertikalnih mjerenja za rebrasta pletiva (koja po jedinici duljine imaju veći broj žica), uočene su veće razlike u odnosu na glatka pletiva, ali samo u visokim frekvencijskim područjima [40].

Postupci mjerenja učinkovitosti elektromagnetske zaštite, njihova ograničenja i mogućnosti usporedbe rezultata su razmatrane preko skupine vezova. Skupine vezova koji nastaju tako da se element veza podijeli na četvrtine i mijenja smjer, čime se oblikuju suprotne površine i smjerovi u svakoj četvrtini stvarajući jasne granice između odsječaka su karirani uzorci. Uzorci kariranog veza se ponavljaju na relativno malim površinama, ali moguće su i verzije s većim uzorcima. Rezultati mjerenja zaštitnih svojstava ovise o metodi mjerenja, frekvencijskom opsegu, veličini uzoraka i svojstvima samog materijala. Istraživanje je usmjereno na raspravu o primjeni MIL-STD-285, IEEE Std 299-1997 i ASTM D 4935-99 normi, njihovim ograničenjima i mogućnostima usporedbe rezultata. Rezultati mjerenja dobiveni korištenjem navedenih normi ne ovise samo o svojstvima zaštitnih materijala, nego i o veličini mjerenih uzoraka, geometriji postava i izvoru elektromagnetskog zračenja [60].

Amorfni magnetski materijali se mogu koristiti za zaštitu unutar visokih frekvencija. Žice imaju prednost u odnosu na magnetske trake jer se lakše ugrađuju u tekstilnu strukturu. Eksperimentalni podaci potvrđuju da se amorfne magnetske mikro žice mogu tkati ako se uviju zajedno s pamučnom pređom te tako dobiveni materijal sadrži specifična svojstva tekstilnih materijala, kao što su otpornost na pranje, te mehanička i elastična svojstva. Kompozitni tekstilni materijali s amorfnom žicom su pogodni za izradu zaštitne odjeće, zaštitne opreme, zavjesa, zaslona, zaštitnih presvlaka, omotača itd. Kompozitne tekstilne strukture imaju prednost jer su elastične i lako poprimaju oblik različitih površina. Metoda ispitivanja i fantom potvrdili su da tekstilni materijali s amorfnim žicama imaju učinkovitost EM zaštite između 12-25 dB. Zaštitna svojstva se ne smanjuju u postupcima čišćenja (ni u mokrom stanju) što znači da se mogu primjenjivati i u vlažnim uvjetima. Frekvencijski opseg unutar kojeg ovi materijali imaju najveću učinkovitost je ultra visokih frekvencija što odgovara mobilnoj komunikaciji i mikrovalnoj frekvenciji [62].

Ispitivana je učinkovitost zaštite desno-desnog pletiva od elektromagnetskog zračenja (EMSE - *electromagetic shielding effectiveness*). Pletiva su ispletena od tri različite vrste pređa:

mješavine nehrđajućeg čelika i poliestera (*stainless steel*-SS/PES), mješavine nehrđajućeg čelika/čelične žice i poliestera (SS/*stainless steel wire* SW/PES) i pređa s jezgrom od mješavine u različitim omjerima čelične žice i poliestera (SW/PES). Ispitivan je utjecaj pređe i omjera inoxa u mješavinama. Povećan udio inoxa u pređi povećava zaštitna svojstva pletiva, pri čemu su najbolji rezultati dobiveni kod 1x2 desno-desnih pletiva [63].

Povećana gustoća glatkog rebrastog i interlok pletiva izrađenog od pređe s jezgrom od Cu/Co i različite finoće bakra rezultira boljim zaštitnim svojstvima. Interlok pruža bolji učinak zaštite od glatkog rebrastog pletiva. Povećanjem poprečnog presjeka bakrene žice u pletivu se smanjuje učinak zaštite od EMZ [64].

Elektrovodljiva glatka pletiva i tkanine u platnenom vezu su načinjene od pređe u mješavini pamuk/bakar i pamuk/bakar/srebro u različitim omjerima. Zaštitna svojstva jednostrukih glatkih pletiva u frekvencijskom području od 860 do 960 MHz i 1750 do 1850 MHz se u prosjeku manje smanjuju u odnosu na zaštitna svojstva tkanina. U istom frekvencijskom području dvostruki uzorci imaju bolji učinak zaštite od jednostrukih uzoraka [65].

Izmjerena su zaštitna svojstva glatkih pletiva, kulirnih podstavnih pletiva, 1x1 rebrastih desno-desnih pletiva i kulirnih podstavnih pletiva 1x1 rebraste strukture od dvostruke strukane pređe finoće 20/2 od pamuka i bakrene žice promjera: 0,1 mm; 0,15 mm i 2x0,15 mm, u frekvencijskom području od 27 do 3000 MHz [64]. Rezultati su pokazali da konstrukcija materijala nije utjecala na svojstva zaštite pletenih uzoraka od EMZ u frekvencijskom području od 800 do 3000 MHz. U frekvencijskom području od 27 do 400 MHz najučinkovitijim se pokazalo glatko kulirno podstavno pletivo dok je u frekvencijskom području od 600 do 800 MHz, najučinkovitiju zaštitu pruža rebrasto kulirno podstavno pletivo. U frekvencijskom području od 400 do 3000 MHz nema znatnih razlika u učinkovitosti zaštite glatkih podstavnih kulirnih i glatkih pletiva dok su glatka pletiva izrađena od bakrene žice 2 x 0,15 mm imala bolja svojstva zaštite od pletiva izrađenih od bakrene žice promjera 0,15 mm u frekvencijskom području od 800 do 3000 MHz [66].

Zaštitno odijelo koje se sastoji od kombinezona s kapuljačom, rukavica i nadčarapa izrađeno od elektrovodljive tkanine ispitivano je u frekvencijskom području od 200 kHz do 4 GHz.

Dobiveni rezultati mjerenja su potvrdili da kod mikrovalnih frekvencija zaštitno odijelo osigurava zaštitu do 20 dB [67].

Daljnja istraživanja obuhvaćaju pletene strukture tri vrste pletiva (lijevo-desni bod (I), dvostruko pletivo (II), te dvoslojno pletivo s dodatnim ispunama (III)). Pletiva sadrže feromagnetski električki materijal za zaštitu od opasnosti na radu. Feromagnetik se sastoji od dva upletena filamenata nehrđajućeg čelika i elektrovodljivog materijala, koji su omotani oko pamučnih niti i tvore hibridnu pređu. Provedeno je ispitivanje zaštitnih svojstava (SE) navedenih pletenih struktura. Feromagnetski (nehrđajući čelik) i elektrovodljivi materijali (bakar, srebro), u pletenoj strukturi pružaju zaštitu od elektromagnetskog zračenja. Stoga su pletene strukture prikladne za primjenu u pojedinim kombinezonima ili drugim odjevnim predmetima čija je svrha zaštita od EMZ. Tijekom istraživanja ustvrdilo se da s povećanjem postotka pamuka u hibridnoj pređi u pletenoj strukturi može značajno poboljšati opip, mekoća, osjetilnost i udobnost odjevnih predmeta. Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja kod pletenih struktura ovisi o rasporedu feromagnetnog i elektrovodljivog materijala u pletenoj strukturi [68].

Daljnja istraživanja obuhvaćaju sedam pletiva i 10 tkanina koje se razlikuju po vrsti i količini vodljivih niti. Pletiva su od mješavine PES-a i pamuka u omjer 8:92%, s vodljivim inox vlaknima (dugačkim 700 mm i promjera 12 μm) upletenim u strukturu prema određenim specificiranim intervalima. Tkani uzorci su od PES-a i pamuka u omjeru 65:35% s utkanim vodljivim inox vlaknima prema određenim specificiranim intervalima. Nakon pet ciklusa pranja ispitivani uzorci su izgubili zaštitna svojstva. Tijekom ispitivanja uočeno je kako se pleteni materijali skupljaju više nego tkani, ali maju bolja elektrostatička svojstva [69].

Ispitivane su tkanine od dvostrukih i trostrukih niti pamuka s vodljivim bakrenim nitima. Povećanjem gustoće pamučnih i bakrenih niti u smjeru osnove i potke povećavaju se zaštitna svojstva u frekvencijskom području od 20 do 18000 MHz. Tkanine od trostrukih niti pamuk/bakar imaju prigušenje od 40 do 74 dB u frekvencijskom području od 700 do 5000 MHz. Savijanje bakrene niti s povećanjem promjera postaje teže što dovodi do otvaranja strukture materijala i smanjenja zaštite od EMZ [70].

Mjerenja zaštitnih svojstava šest vrsta pletiva s vodljivim nitima od inoxa su provedena u frekvencijskom području od 750 do 3000 MHz. Pleteni uzorci su načinjeni od akrilnih niti 35,7 x 2 tex, u različitim duljinama i razmacima, prepletima i stupnjem čvrstoće. Na naličju su korištene vodljive inox niti finoće 500 tex i linearne otpornosti 14 Ω/m. Učinkovitost elektromagnetske zaštite na frekvencijama od 2475 do 2947 MHz je bila veća pri vertikalnoj nego pri horizontalnoj polarizaciji. Najbolji rezultati zaštite su postignuti kod pletiva koji na naličju imaju vodljive inox niti na frekvenciji od 2640 GHz pri horizontalnoj polarizaciji [71].

Mjerenja pet vrsta netkanih tekstilija od inoxa i PES vlakana u različitim omjerima su provedena u frekvencijskom području od 15 - 3000 MHz. Mjerenjem je ustanovljeno da se apsorpcijske vrijednosti netkanih tekstilija smanjuju, izuzev kad tekstilije sadrže 0,5 i 5% inox vlakana. U frekvencijskom području od 300-1200 MHz apsorpcijske vrijednosti se smanjuju uz izuzeće uzoraka s 0,5 % inox vlakana, dok vrijednosti refleksije kontinuirano rastu. Vrijednosti apsorpcije svih tekstilija se povećavaju u frekvencijskom području 1200-3000 MHz, dok je povećanje refleksijskih vrijednosti varijabilno. Učinkovitost elektromagnetske zaštite netkanih tekstilija pokazuje linearno ponašanje u svim frekvencijskim područjima, a najveći rast ima u području visoke frekvencije [72].

2.7. Povijesni pregled razvoja odjeće

Odijevanje je svojstveno samo čovjeku, a izrada odjeće spada u jednu od najranijih svjesnih aktivnosti ljudske vrste. Odijevanje je nastalo iz potrebe da se ljudsko tijelo zaštiti od štetnih vanjskih, klimatskih utjecaja. Odjeća štiti od više vanjskih utjecaja nego što su ljudi svjesni. Pod odijevanjem se podrazumijeva zaštita cijeloga tijela ili pojedinih dijelova tijela raznovrsnim pokrivalima od prirodnih i umjetnih materijala. Najraniji nađeni sačuvani ostaci, koji upućuju na ručnu izradu odjeće datiraju iz vremena 20 000 godina prije Krista. Odjeća se izrađivala od prirodnih materijala (životinjskih koža – sl. 2.6.) koji su skloni raspadanju uslijed prirodnih utjecaja [73].

Slika 2.6. Prva odjeća od životinjskih koža [74]

Razvojem ljudske vrste dolazi i do razvoja u načinu i stilu odijevanja pa je tako u antičkom Rimu glavni komad odjeće bila tunika (sl. 2.7), iako se smatra da to mjesto pripada togi. Tuniku koja je bila izrađena od vune ili lana u različitim dužinama nosili su gotovo svi. Obilježje rimskog državljanstva bila je toga koja se nosila preko tunike. Veličina i stil toge znatno su se mijenjali tijekom godina. Toge su bile vrlo jednostavne i nosile su se s oba kraja prebačena preko lijevog ramena. Cjelokupno odijevanje prvih Rimljana bilo je vrlo jednostavno [75]. U antičkoj Grčkoj za izradu odjeće (tunika) u najvećoj mjeri su se koristili materijali od vune i lana. Dvije vrste odjeće su nalikovale na tuniku, *peplos* i *hiton*. *Peplos* je bio cjevasti komad odjeće koji se na vrhovima savijao i pričvršćivao na ramenima pribadačama. Postupno ga je zamijenio *hiton* kojeg su muškarci nosili do visine koljena, a

žene do stopala (sl. 2.7). Preko svog lanenog *hitona* Grkinje su nosile topli omotač poput velikog šala koji se zvao *himation* [75, 76].

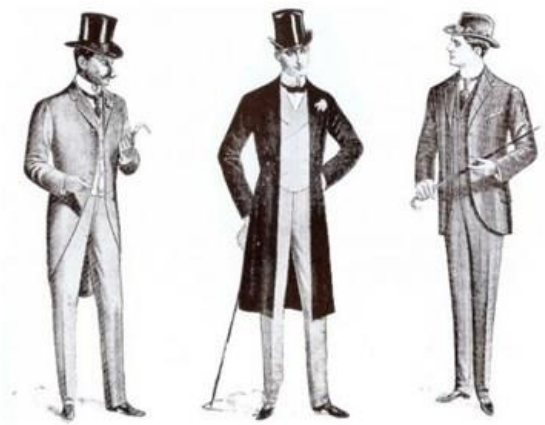
Slika 2.7. Odjeća starih Rimljana i Grka [77, 78]

Starodrevni Egipćani su nosili laganu i oskudnu odjeću izrađenu od lanenog materijala u platnenom vezu (sl. 2.8.). Nosili su uglavnom malo odjeće, čiji se osnovni oblik nije mijenjao stoljećima. Odjeća se obogaćivala ukrasnim detaljima koji su se tijekom vremena mijenjali. Članovi kraljevskih obitelji ili svećenici umatali su tijelo u vrlo fine tkanine, poput velova, većinom bijelih, radi osjećaja čistoće i udobnosti. Vuna se koristila u vrlo malim količinama radi životinjskog porijekla [75, 76].

Slika 2.8. Odjeća starih Egipćana i Rimljana [79]

Do početka srednjeg vijeka tehnike izrade odjeće malo su bile poznate. Prvi zapisi o krojaču odijela sežu iz 1152. godine. Razvoj krojačke struke počinje u XIV stoljeću, kada se zanatski način izrade odjeće usavršava s podjelom rada na izradu krojeva, krojenje, šivanje i glačanje. U daljnjem razvoju izrade odjeće još više se raščlanjuje podjela rada te se postupno stvaraju uvjeti za njeno konfekcioniranje. Pronalaskom šivaćeg stroja s elektromotorom (1887. god.) bio je omogućen industrijski način proizvodnje odjeće [80]. S vremenom je odjeća postala znak civiliziranosti, dokaz nadmoći razuma nad osjetilima i udobnosti. Poslije se javila i potreba da se uljepša izgled i naglasi estetska funkcija, što je utjecalo na česte promjene stilova i mode. Značajni čimbenici odijevanja su materijali, tehnološki, socijalni status, migracije i tradicija [81]. Procvatom romantizma u prvoj polovici XIX stoljeća žensku modu obilježila je krinolina kružnog tlocrta, koja se narednih godina pretvorila u elipsu, da bi se 70-tih godina XIX stoljeća sva količina tkanine donjeg dijela odjevne kompozicije koncentrirala na stražnjem dijelu [82].

Najznačajniji doprinos u oblikovanju pojedinih odjevnih predmeta i konstrukciji muškog odijela donosi pojava *dandya* krajem XVIII stoljeća u Engleskoj. *Dandy* odgovara građanskom načinu odijevanja bez pretjeranog ukrašavanja. Cilindar je bio najizrazitiji simbol krutosti za muškarce. Jedini naglasak koji je dopuštao slobodu u iskazivanju individualnosti bila je kravata (sl. 2.9). Statusni simbol je predstavljala mogućnost svakodnevnog mijenjanja uštirkane košulje, čemu je modna industrija doskočila proizvodnjom košulja s odvojenim ovratnicima. Ručno izrađena skupocjena odijela po mjeri su šivana samo za viši društveni sloj dok su konfekcijska odijela bila namijenjena nižim slojevima [82].



Slika 2.9. Muška odjeća početkom XX stoljeća [83]

Početkom prošlog stoljeća muška moda je bila luksuzna i elegantna. Muškarci su kao i žene posvećivali pozornost na izbor tkanina i elegantne modne dodatke, te na savršeno prilagođavanje i usklađivanje svih odjevnih predmeta. U društvu su se kroz norme oblačenja mogli razlikovati socijalni i vjerski status, spolovi, te muzičke preferencije. Ženske odjevne predmete početkom prošlog stoljeća čine suknje, haljine i cipele s povišenom petom [84].

Odjeća predstavlja i kulturni fenomen, odraz osobnosti pojedinca, sinonim ljepote, ima svoje estetske i logične razloge. Prema austrijskoj povjesničarki mode i kostimografije Ingrid Loschek odjeća je *sredstvo identifikacije i socijalizacije, simboličke komunikacije s ostatkom svijeta, te obveza prestiža, predmet užitka i primijenjena umjetnost* [85].

Pored zaštitnih svojstava odjeća predstavlja i oblik komunikacije. Specijalna odjeća poput službenih odora policajaca, vojnika i medicinskih sestara označava njihov status i ulogu u društvu. Odijevanje predstavlja presliku jednog vremena koje se kontinuirano mijenja pod utjecajem društvenih, političkih i umjetničkih događaja. Ono je i prikaz načina života i mišljenja barem jedne grupe ljudi u određenom vremenu [85].

Odjevni predmet je skup elemenata od kojih svaki ima svoju funkciju i značaj, međutim uzimajući ljudsko tijelo kao polazište, forma se izdvaja po značaju kao osnovno, okvirno obilježje odjevnog predmeta, te kao trodimenzionalni element najbliži ljudskom tijelu. Pojava odijevanja nije vezana isključivo na fiziološku funkciju zaštite čovjeka od hladnoće, kiše, snijega i ostalih prirodnih pojava. Zaštitna funkcija osobito gornje modne odjeće, sve više nestaje, prevladavaju estetska svojstva i osjećaj ugodnosti. Težnju za promjenom čovjek najlakše ostvaruje izborom nove odjeće. Ta odjeća uz zaštitnu funkciju predstavlja izraz ljudskog unutarnjeg doživljavanja kojim on želi ostvariti dojam na druge stvarajući svojom odjećom osobni pečat koji pokazuje ili maskira njegov temperament i ukus, njegov status i ambicije u društvu. Odjeća čini važan sastojak opće kulture, te stoga se u odjeću uvijek unosi pečat vremena, karaktera i ljepote osjećaja [86].

Razvojem odjeće kroz povijest pojavljuje se i pojam mode. Stil odijevanja koji je široko prihvaćen postaje moda. Osnovne determinante mode su: klima, društveni odnosi, stupanj civilizacije, ekonomski moment, kultura i sl. Procvatom tekstilne industrije u drugoj polovici XIX stoljeća, moda doseže svoj vrhunac, a odlikuje je iznimna kratkoća trajanja, s

intenzitetom promjena posebno na ženskim siluetama. Hit je ekstremni, nepostojeći element mode. Tradicijsko odijevanje (narodne nošnje) i razne uniforme (vojne, medicinske i dr.) s aspekta mode smatraju se anti-modom [82].

Kroz Viktorijansko razdoblje presudnu ulogu imala je odjeća, odražavajući strogo razdvojene sfere muškog i ženskog iskustva. Učinak industrijske revolucije se očitovao kroz uspostavu rodnih uloga koje se manifestiraju kao muškarac *jednako* hlače, žena *jednako* suknja (duga). Tek sredinom XIX stoljeća dolazi do pokušaja uvođenja hlača u žensku garderobu u Engleskoj i Americi. Pokušaji su odgovor na *Dress Reform* pokret koji se javlja sredinom XIX stoljeća u Engleskoj i Americi kao reakcija na tadašnju modu. *Dress Reform* pokret kritizira uske korzete, teške krinoline i brojne podsuknje ukazujući na njihovu nefunkcionalnost opisujući ih kao uzročnike tjelesnih deformacija [87].

Modna odjeća se mijenjala s razvojem tehnike i tehnologije, što se vidi kroz modne stilove po desetljećima prošlog stoljeća. U drugom desetljeću prošlog stoljeća kod muške mode kaputе zamjenjuju jakne s remenom, a svečana odjeća uključuje frak, prsluk, hlače i leptir kravatu koja je i do danas ostala prisutna u formalnim prilikama. Šeširi su i dalje bili sastavni dio muške mode (sl. 2.10 a). U četvrtom desetljeću muška moda je bila skromnija u kvaliteti tkanina i izradi odijela kao rezultat recesije, svijetle boje su zamijenile tamne poput sive, tamnozelene i smeđe. Promjena je bila na kravatama koje su postale šire i s više grafičkih uzoraka [83].

a. b. c.

Slika 2.10. Muška moda u kroz tri značajnija razdoblja: a) od 1910. - 1919.; b) 1950.- 1959.; c) 1990. - 1999. godine [83]

Krajem petog desetljeća pojavljuju se i dizajneri koji su obilježili modni svijet poput Christian Diora. Odijela postaju kvalitetnija, bolje krojena, a nakon ratnog razdoblja muška moda postaje ponovno bitna. Veliki utjecaj na odijevanje mlađih osoba i izbor frizura u ovom razdoblju je imao utjecaj *rock and rolla* (sl. 2.10 b). Osamdesetih godina prošlog stoljeća trendovi su se brzo pojavljivali i nestajali. Devedesetih godina muška moda postaje opuštenija i udaljava se od klasičnog poslovnog izgleda. Dolazi do popularizacije poslovno ležerne odjeće (flanel košulje, traperice i traper jakne svijetlih boja od ispranog trapera). U prošlom desetljeću ovog stoljeća ponovno se vratio napredniji izgled muške mode (sl. 2.10 c) [83].

U četrdesetim godinama prošlog stoljeća ženska modna odjeća bila je jednostavna i elegantna. Zbog ograničenih količina materijala i smanjenih zaliha (ratno razdoblje) mnoge su žene nosile uniforme (sl. 2.11 a). Radna odjeća većinom se sastojala od suknje do koljena ili hlača, bluze i jakne, uz šal, maramu i šešir. Svršetkom rata pedesetih godina, moda je krenula u smjeru luksuza i ekstravagancije. Hlače su postale prihvatljive za žene iako su žene i dalje većinom nosile suknje. Rukavice i šeširi su davali elegantan i inteligentan izgled. U šestom desetljeću žene su sve više ulazile u poslovni svijet, te se pred poslovnu modu postavljao i zahtjev udobnosti. Poslovna odjeća sastojala se od podsuknje, suknje ili haljine do koljena i jednostavne bluze. Ovratnik je često bio naglašen krznom ili vunom [83].

Slika 2.11. Moda za žene: a) 1940-te god.; b) 1970-te god.; c) 2000-te god. [83]

Sedamdesetih godina cvijeće i grafika bili su uobičajeni na *casual* odjeći. U trendu su bile siluete pješčanog sata i *retro* trendovi. Odjeća se izrađivala od mekanijih materijala i opuštenijih linija (sl. 2.11 b). Krajem osamdesetih i početkom devedesetih moderna su bila kožna odijela. Kasnijih devedesetih suknje se skraćuju, izrezi produbljuju i popularne postaju

tkanine od *lycre* i kašmira. Ženska poslovna moda postala je potpuno opuštena i ženstvena u prvom desetljeću XXI stoljeća (sl. 2.11 c). Sve manje tvrtki ima norme poslovnog odijevanja, te je skoro sve dozvoljeno odjenuti na posao [88].

Kada se govori o poslovnoj odjeći kao pojmu vizualnog doživljaja zaposlenika određenog poslovnog segmenta, ne mora se nužno podrazumijevati strogost i uniformiranost u njihovu izgledu. Ovisno o vrsti djelatnosti razlikuje se i stupanj potrebne ozbiljnosti u okviru poslovne politike određene tvrtke ili grupacije. Turističke djelatnosti odnosno turističke agencije, hoteli, kampovi i sl., svakako su kategorija u kojoj je odnos prema izgledu djelatnika svakako *slobodniji* [89].

Slika 2.12. Poslovna odjeća [90]

Za razliku od financijskih institucija, poput banaka ili osiguravajućih društava gdje imidž zaposlenika ima prvenstveno funkciju ulijevanja povjerenja i sigurnosti, u uslužnoj djelatnosti turizma postoje potpuno drugi zahtjevi. Odjeća i izgled tih ljudi trebaju prenositi poruku ležernosti, ugode, veselja i svega onoga što se od njih i očekuje (sl. 2.12) [89, 91].

Vrlo često odjeća zaposlenika ima bitan utjecaj na poslovni uspjeh u koji je potrebno svakim danom sve više ulagati. Dizajniranje poslovne odjeće koja ispunjava visoke zahtjeve i norme specifičnih radnih mjesta i uvjeta, a da pri tom zadrži moderan i napredan izgled, predstavlja veliki izazov. Izgled i profesionalan pristup osoblja prva je i vrlo važna karika u uspostavljaju povjerenja, a prikladno dizajniranje korporativne odjeće ima značajnu ulogu za stabilniji i uspješniji poslovni rezultat tvrtke [92, 93].

Upravo je i tema istraživanja ovog doktorskog rada indirektno povezana s poslovnom odjećom (muški sako) u koju se mogu ugraditi zaštitne međupodstave koje štite od EM zračenja mobilnih uređaja koji su postali neizbježni u današnjem vremenu.

2.7.1. Zaštitna odjeća

Radna odjeća nekada je bila prvenstveno funkcionalna dok danas mora zadovoljavati i stroge estetske kriterije, jer njezin izgled doprinosi zadovoljstvu radnika koji je nose. Odjeća mora radniku omogućavati lagano kretanje, štiti ga i čuvati mu dostojanstvo svojim lijepim izgledom [94].

Zaštitna odjeća prekriva ili zamjenjuju osobnu odjeću, štiti ljude u različitim rizičnim pa čak i po život opasnim situacijama (zaštita od visoke temperature i vatre, mehaničkih utjecaja, različitih izvora zračenja, bioloških i kemijskih agensa i sl.) [95]. Osobna zaštitna odjeća uz udobnost mora zadovoljiti estetske, ergonomske, i fiziološke funkcije nošenja [96].

Funkcionalnu zaštitnu odjeću koriste mnogi profesionalci, kao što su: vatrogasci, policajci, medicinsko osoblje, znanstvenici u kemijskim i biološkim laboratorijima, zdravstveni radnici, radnici za zaštitu okoliša, radnici koji rukuju s pesticidima i drugim opasnim tvarima, radnici koji rade u elektroničkoj industriji, vojnici i sl. Ova odjeća obično uključuje: respirator ili zaštitnu masku, jaknu s kapuljačom, hlače ili jednodijelni kombinezon, rukavice i čizme, koje se nose zasebno ili u kompletu. Svaki dio zaštitne odjeće mora ispuniti odgovarajuće norme, kao što su stupanj zaštite, otpornost na habanje i / ili puknuća, zapaljivosti, vrijeme i stupanj osnovnih značajki gubitka, kao i načina održavanja i skladištenja su uključeni u normama, što je učinjeno u EU smjernicama 2000 / 54EC i normi EN 14126 : 2003 za zaštitnu opremu (uključujući i odjeću) protiv infektivnih agensa - bakterija, virusa i drugih mikroorganizama [95].

Proizvođači radne odjeće su obvezni zadovoljiti normama propisane uvjete kvalitete odjevnog predmeta, udobnost takve odjeće i promjene s obzirom na uvjete okoline u kojoj se odjeća primjenjuje. Zaštitni učinak odjeće uglavnom ovisi o značajkama materijala od kojih je ona izrađena, ali isto tako i od načina izrade odjeće (Tab. 2.4).

Tablica 2.4. Piktogrami za primjenu zaštitne odjeće [97, 98]

HRN EN 510:2001 Zaštita od zahvaćanja pokretnim dijelovima		HRN EN 14058:2005; HRN EN 342:2005 Zaštita od hladnoće	
HRN EN 14605:2010; HRN EN ISO 13982-1:2005; HRN EN 13034:2010; HRN EN ISO 13982-1:2005/A1:2011 Zaštita od kemikalija		HRN EN 343:2008 Zaštita od kiše	
HRN EN 1149-5:2008 Zaštita od statičkog elektriciteta		HRN EN 381-5: 2003 i HRN EN 381-11: 2003 Zaštita pri radu s motornom pilom	
HRN EN ISO 14116:2008; HRN EN ISO 11612:2009; EN 469; EN ISO 1486 Zaštita od topline i plamena		HRN EN ISO 13998:2004 Zaštita od posjeklina i uboda ručnim nožem	
EN 1703 Zaštita od radioaktivne kontaminacije		Zaštita od mikroorganizama	
HRN EN ISO 11611:2008 Zaštita kod zavarivanja		HRN EN 471:2008; HRN EN 1150:2001 Upozoravajuća odjeća visoke uočljivosti	
HRN EN 15614:2008 Zaštitna odjeća za vatrogasce		HRN EN ISO 14877:2003 Odjeća za zaštitu pri radu s mlazom abraziva	

Zaštitna odjeća koja dizajnom i sirovinskim sastavom nije prilagođena radnim uvjetima može prouzročiti dodatne poteškoće. Opća norma za zaštitnu odjeću u Republici Hrvatskoj je HRN EN 340:2004 i definira zaštitnu odjeću kao odjeću koja pokriva ili zamjenjuje osobnu odjeću, i pruža zaštitu od jednog ili više rizika koji mogu ugrožavati sigurnost i zdravlje osoba na radu. Navedena norma ne može se koristiti samostalno, već isključivo u kombinaciji s nekom drugom normom koja sadrži zahtjeve za specifičnim svojstvima odjeće koja mora pružiti željenu zaštitu. Osnovni zahtjevi za zaštitnu odjeću prema HRN EN 340 su [98]:

- *Neškodljivost* - Odjeća ne smije nepovoljno utjecati na zdravlje korisnika, mora biti izrađena od materijala kao što su tekstil, koža, guma, plastika i drugi koji su dokazano kemijski prikladni. Materijali od kojih je izrađena odjeća ne smiju za vrijeme uporabe propuštati ili razgrađivanjem propuštati tvari za koje je poznato da su otrovne, kancerogene, mutagene, alergene, reproduktivno otrovne ili na drugi način štetne.
- *Dizajn* - Odjeća treba biti dizajnirana i izrađena tako da, veličinom i oblikom što bolje prati dimenzije i oblik tijela korisnika, te da u svakom trenutku prati statičku i dinamičku morfologiju čovjeka. Dizajnom se mora osigurati da prilikom očekivanih kretnji korisnika, niti jedan dio tijela nije nepokriven, te da postoji odgovarajuće preklapanje dijelova odjeće.

- *Udobnost* - To je subjektivan osjećaj koji se najčešće definira kao odsutnost boli odnosno odsutnost neudobnosti. Opterećenost odjećom najčešće se izražava pojmovima neudobnosti: pretoplo, prehladno, prevlažno, prekruto.

Oznake koje se našivaju na zaštitnu odjeću trebaju sadržavati: naziv, trgovačku marku, tvorničku oznaku tipa odjeće i/ili tvorničko ime, oznaku veličine, broj specifične norme, piktogram koji prikazuje specifičnu opasnost, dizajn odjeće, razinu zaštitnog djelovanja i upute o načinu održavanja odjeće [98].

Zaštitnu odjeću koriste vatrogasci, vojnici, automehaničari, radnici na benzinskim crpkama, na izgradnji i održavanju prometnica i specijalnih građevinskih objekata, spasioci pri spašavanju ljudi i imovine pri prirodnim katastrofama, prometnim nesrećama, ratnim prilikama, zaštitarskim djelatnostima i sl.

Obzirom da se radi o specijalnoj odjeći potrebno je poznavati od kojih materijala se izrađuje zaštitna odjeća, kakva je struktura suvremene zaštitne odjeće, sredstva i strojeve za njegu, postupci obrade, kakvi se zahtjevi na nju postavljaju, kako bi se na temelju svih tih znanja mogli uspješno provoditi postupci njege specijalne zaštitne odjeće i produljiti vijek trajanja. Za izradu zaštitne odjeće koriste se materijali koji se razlikuju od tekstilnih materijala za izradu konvencionalne odjeće po:

- sirovinskom sastavu,
- otpornosti na djelovanje (vode, topline, vatre, štetnih kemikalija, zračenja, mikroorganizama),
- sklonosti nabijanju statičkim elektricitetom i sl.

Navedena svojstva postižu se odgovarajućim odabirom materijala ciljanih svojstava od koje se izrađuje zaštitna odjeća kao i različitim obradama gotove odjeće i sl. U današnje vrijeme traži se multifunkcionalna odjeća koja mora imati veći broj specifičnih značajki koje je ponekad teško ostvariti na jednom odjevnom predmetu.
Zaštitna odjeća za specijalne namjene (športska odjeća, odjeća za vatrogasce, vojsku, policiju i sl.) najčešće se izrađuje od laminata koji su višeslojne konstrukcije i mogu biti izrađeni od tekstilnih materijala ili u kombinaciji s netekstilnim slojevima. Prilikom izrade zaštitne odjeće od takvih materijala treba poštivati funkcionalnost dizajna koji mora odgovarati zahtjevima

nošenja, uporabe i udobnosti. Navedena odjeća obuhvaća odijela, parke, jakne, prsluke, kombinezone, pelerine i drugo s ili bez uloška za zimsku uporabu. Zbog toga se sve češće izrađuje iz 2-slojnih i 3-slojnih laminatnih tekstilnih materijala. Najčešće je vodonepropusna i vjetronepropusna s vanjske strane, a istovremeno paropropusna za znoj i stvara ugođaj topline pri vlažnom i vjetrovitom vremenu. Ovakvim značajkama postiže se kompleksnost termofizioloških svojstava odjeće i udobnost nošenja. Tehnološka izvedba šavova na ovoj odjeći nije napravljena na konvencionalni način već su šavovi spojeni naprednim tehnikama spajanja (sl. 2.13) [99].

Slika 2.13. Zaštitna odjeća [100]

Vatrogasna odjeća za zaštitu od visokih temperatura bi trebala zaštititi korisnika od mogućih kontakata s plamenom, od visokih temperatura zraka, radijacijske topline i slučajnog kontakta s kemikalijama, dozvoljavajući mu istovremeno obavljanje zadataka bez suvišnog toplinskog stresa uzrokovanog odjećom. Navedena se zaštita pri nošenju vatrogasne intervencijske odjeće može postići jedino uporabom višeslojne odjeće, gdje svaki od materijala ima svoja specijalna zaštitna svojstva, koja se međusobno usklađuju u skladu sa zahtjevima. Najčešće se izrađuje od četiri vrste sloja [101]:

- vanjski sloj,
- prepreka za vlagu,
- toplinska međupodstava i
- unutarnja podstava.

Odjeća za zaštitu od topline i plamena gotovo se uvijek nosi preko druge odjeće, pa bi trebala biti konstruirana tako da ima dobru pristalost, odnosno da ne sputava korisnika pri obavljanju radnih aktivnosti. Potrebna razina zaštite može se postići većim brojem odjevnih predmeta

koji se nose jedan preko drugoga ili jednim odjevnim predmetom koji sadrži navedenu četveroslojnu kombinaciju. Od iznimne važnosti je da razina zaštite cijelog tijela bude jednaka.

Međupodstavni materijali koji se ugrađuju u višeslojnu vatrogasnu odjeću (jakne i hlače) služe za sprječavanje prijenosa tekućine iz vanjskog sloja odjeće na unutarnji sloj odjeće, po rubovima ili uz rubove odjeće. Ugrađuju se kao rubni dio unutarnje podstave, npr. na krajevima rukava, nogavica ili uz donji rub jakne. Ovi međupodstavni materijali kao i ostatak odjeće u koju se postavljaju moraju ispunjavati svojstva zaštite od širenja plamena, prijelaza topline i otpornosti na prodor vode [101].

Kako bi se izbjeglo pregrijavanje čovjeka tijekom rada u okolini u ekstremno vrućim uvjetima, odjevnim predmetima se dodaje tekstilni sloj s funkcijom hlađenja, a namijenjen je održavanju normalne tjelesne temperature čovjeka i sprječava pregrijavanje u trenutku duže izloženosti okolini s visokim temperaturama. Iako postoji više od 160 normi, ispitivanje s ispitanicima daje najkorisnije rezultate za razvoj funkcionalnih odjevnih predmeta ili sustava [102].

Odjevni sustavi s cjelokupnom opremom su od osnovnog značaja za zaštitu od topline i plamena koji utječu na njihovu učinkovitost pri obavljanju radnih aktivnosti (sl. 2.14). Uz optimalnu zaštitnu opremu kod vatrogasaca bitna je i određena razina njihove vještine kao i psihofizičke sposobnosti kod obavljanja rada u akcidentnim situacijama [103].

Slika 2.14. Zaštitna odjeća za vatrogasce [104, 105]

Uz funkcionalnost i udobnost zaštitna odjeća treba biti zdravstveno i fiziološki prihvatljiva, te izrađena od kvalitetnih i prikladnih materijala. Uz stvaranje barijere između čovjeka i okoline

(kako bi se regulirala tjelesna temperatura u odnosu na okolinu), odjeća treba zaštiti čovjeka od ozljeđivanja a pri tome biti ergonomski oblikovana, osigurati udobnost kod nošenja, visok stupanj slobode pokreta i trajnost. Prilikom isporuke svako zaštitno odijelo mora imati dokaz da je ispitano, te da zadovoljava odgovarajuće propise i norme. Zaštitnu odjeću za trajnu uporabu treba propisno održavati i odlagati po uputama i preporukama proizvođača, a odjeću koja je namijenjena za jednokratnu uporabu zbrinuti na odgovarajući način [97].

Odjeća za zaštitu od električnog naboja mora biti izrađena od tkanina s posebnim svojstvima, jer se očekuje da štiti od opasnosti električnog udara i nagomilavanja statičkog elektriciteta koji se pojavljuje na mjestima ugroženim od eksplozivnih smjesa od plinova, para i prašine u zraku, pri radu s eksplozivnim materijalima i municijom, te u proizvodnim procesima gdje se statički elektricitet nagomilava na strojevima, materijalima i na radnoj odjeći radnika. Ova odjeća mora ispunjavati zahtjeve hrvatske norme HRN EN 1149-5:2008 [106]. Na temelju ispitivanja površinskog i vertikalnog otpora četiri vrste sirovih tkanina s različitim dodatnim udjelima i rasporedom bikomponentnih ugljikovih vlakana namijenjenih za izradu zaštitne odjeće može se zaključiti da se površinska i vertikalna statička vodljivost razlikuje na licu i naličju tkanine. Položaj ugljika u bikomponentnim vlaknima i količina ugljikovih vlakana u tkanini ima utjecaj na statičku vodljivost. Tkanine s bikomponentnim vlaknima s ugljikovom jezgrom i polimernim omotačem u osnovi i potki imaju veći vertikalni i manji površinski otpor u odnosu na uzorke s bikomponentnim vlaknom s polimernom jezgrom i ugljikovim omotačem [107].

Razvoj tekstilnih proizvoda koji imaju zaštitna svojstva od elektromagnetskog (EM) zračenja senzibilizira znanstvenike tekstilne i odjevne industrije, koji nastoje proizvoditi tkanine, pletiva, tekstilne proizvode, kompozitne materijale te u konačnici i razne odjevne predmete sa zaštitnim svojstvima [108].

2.8. Ugradbeni materijali

Odjevni predmeti su industrijski ili ručno izrađeni proizvodi od tekstilnih ili netekstilnih materijala. Pod ugradbenim materijalima u odjevnoj industriji se podrazumijevaju:

- osnovni materijali (tkanine, pletiva, netkane tekstilije, koža ili krzno),
- međupodstave (ljepljive, neljepljive, zaštitne),

- podstave (tkanine ili pletiva),
- pomoćni materijali i pribor (konac, gumbi, zatvarači, kopče, rameni jastučići, razne ukrasne trakice i sl.).

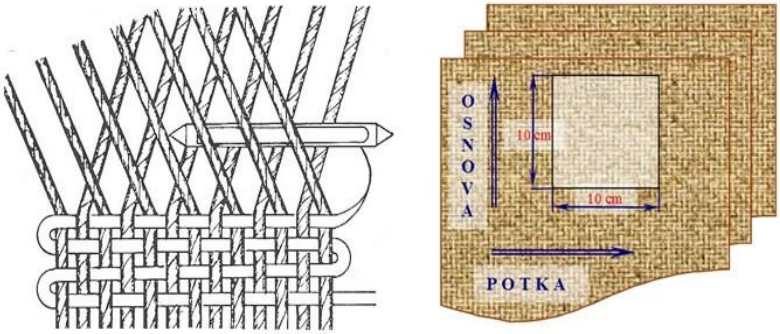
Izrada kvalitetnog odjevnog predmeta je složen proces pri čemu je potrebno uskladiti brojne tehnološke parametre. Potrebno je postići usklađenost osnovnog materijala, međupodstave (ljepljive, ušivne, zaštitne), podstavnog materijala kao i ostalih pomoćnih materijala. Svojstva ljepljive međupodstave je potrebno prilagoditi svojstvima osnovnog materijala i konstrukciji odjevnog proizvoda u svrhu postizanja postojanosti oblika bez deformacija tijekom nošenja i njege [73, 86].

2.8.1. Osnovni materijali

Tekstil je naziv za sve linearne i plošne tekstilne tvorevine, kao i za vlakna te sve proizvode proizvedene od vlakana tkanjem, pletenjem, pustenjem, čipkanjem, iglanjem i drugim tehnikama i tehnologijama [44, 109].

Osnovni materijali za izradu odjevnih predmeta mogu biti: tkanine, pletiva, netkani tekstil, kože ili krzna.

Tkanine su tekstilne plošne tvorevine koje se dobivaju tkanjem, a sastoje se od dva međusobno okomita sustava niti, uzdužnog ili osnove (dužina tkanine) i poprečnog ili potke (širina tkanine), međusobno isprepletenih po pravilima veza (sl. 2.15).



Slika 2.15. Postupak tkanja i prikaz smjera osnove i smjera potke [110, 111]

Vez tkanine naziva se vrsta i način ispreplitanja osnovinih i potkinih niti tijekom tkanja. Postoji veliki broj mogućnosti međusobnog povezivanja osnovinih i potkinih niti u tkanju tj. veliki broj vezova, ali su svi izvedeni od tri temeljna veza: platna, kepera i atlasa [109].

Platneni vez je najjednostavniji s najmanjom jedinicom veza (dvije osnove i dvije potke) gdje se niti osnove i potke isprepliću u svakoj veznoj točki tako da prelaze s lica na naličje ili obrnuto. Ovaj vez postiže najstabilniju i najčvršću tkaninu s najmanjom poroznošću ako se usporedi s ostalim vezovima istih gustoća i finoća pređe. Zbog svojih dobrih svojstava koristi se za široku namjenu, odnosno tamo gdje se traže iznimne čvrstoće, nepropusnost zraka i tekućine, otpornost na habanje i stabilnost dimenzija [109].

Keperni vez je tzv. dijagonalni vez, koji je na tkanini prepoznatljiv po koso položenim, rebrastim prugama. Temeljni keper ima najmanju jedinicu veza tri osnove i tri potke s osnovinim ili potkinim efektom na licu tkanine. Kod kepernog veza je učestalost preplitanja osnove i potke na veznim mjestima manja, što znači da na nekim veznim točkama osnova i/ili potka flotira. Keperni vez može se opisati tako da potkina nit u jednom redu prolazi ispod jedne osnovine niti, zatim iznad dvije do tri osnove i ponavlja se po cijeloj širini tkanine. U sljedećem redu sve se ponavlja, samo s pomakom za jednu nit u desnu ili u lijevu stranu, kako bi se osigurala potrebna kompaktnost i povezanost. Razlikuje se *lijevi S* i *desni Z* keper, ovisno o smjeru pružanja kosih pruga.

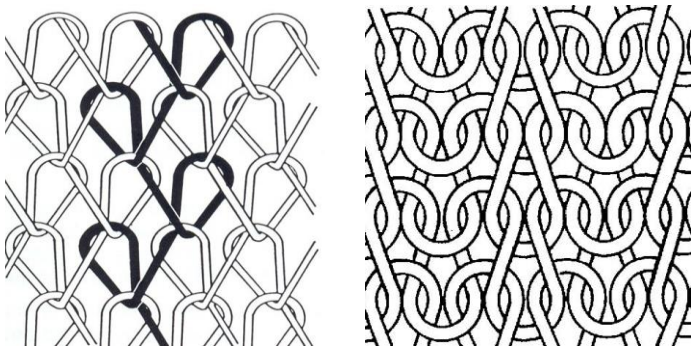
Atlasni vez je treća vrsta temeljnog veza kod kojeg osnovina nit povezuje najmanje svaku petu potku, što znači da potka u jednom redu prolazi iznad najmanje četiri osnovine niti, pa zatim ispod jedne (pete), te ponovo iznad četiri osnove i potom ispod pete i tako redom, time se dobiva temeljni potkin atlas ili 5-vezni atlas.

Tkanine otkane u atlasnom vezu ne odlikuju se često velikom čvrstoćom zbog manje učestalosti preplitanja osnove i potke na veznim mjestima. No, tkanine u atlas vezu postižu najveće gustoće što omogućuje povećanje čvrstoće i kompaktnost tkanine. Ovaj vez najčešće se koristi kod tkanja svilenih tkanina na kojima se želi istaknuti uzorak (kravate, fine svilene tkanine (*saten*) za laganu žensku odjeću i sl.) [109, 110].

Tkanine različitih strukturnih značajki mogu se proizvesti varijacijom temeljnih vezova te njihovom različitom kombinacijom uz primjenu raznovrsnih tehnika tkanja. Značajke svih tkanina su mala rastezljivost u smjeru osnove i potke, te mogućnost većih istegnuća, ali i deformacija u dijagonalnom smjeru [44].

Netkani tekstil je naziv za raznolike plošne proizvode koji se izrađuju različitim postupcima stvaranja runastih tkiva potrebne kompaktnosti. Izrađuju se uglavnom od vlakana malih duljina. Mogu se izrađivati i od filamenata, pređa i polimernih traka, gdje se prvo stvaraju runasta tkiva koja se učvršćuju prikladnim tehnološkim postupcima. Tijekom postupka među vlaknima se stvaraju različite veze, a runo se povezuje u kompaktnu cjelinu [44].

Pletiva su tekstilni plošni proizvodi načinjeni od jedne ili više niti odnosno jednog ili više sustava niti, tvorbom očica povezanih prema pravilima određene vrste prepleta. Pletiva se sastoje od nizova i redova (sl. 2.16). Razlikuju se dvije osnovne vrste pletiva i to potkina ili kulirna pletiva i osnovina ili lančana pletiva. Kod kulirnih pletiva nit od koje se oblikuje očica i stvara pletivo prolazi kroz pletivo u poprečnom smjeru, a kod lančanih pletiva niti prolaze kroz pletivo u uzdužnom smjeru. Jedno od važnijih svojstava pletiva je rastezljivost i elastični oporavak nakon rastezanja odnosno postojanost oblika pletenih odjevnih predmeta što dopušta laku pokretljivost tijela pri nošenju pletene odjeće [44, 109].



a. b.

Slika 2.16. Prikaz pletiva: a) lančanog; b) kulirnog [112]

Koža je prvi materijal koji se uporabljivao za odjeću kao zaštita od hladnoće od pradavnih vremena i ima izvanredna izolacijska i mehanička svojstva. Odličan je izolator, otporna je na vodu i propušta isparavanje iz tijela, što znači da je vodonepropusna i paropropusna. Te značajke su važna odlika za uporabu u odjevnoj industriji. Najčešće se prerađuje koža

odnosno krzno sisavaca, ptica, reptila i riba, koje se štave (oko 85%) mineralnim štavilima. Koža se može obraditi na različite načine, a najpoznatiji nazivi kožnih obrada koji se koriste u odjevnoj industriju su: *napa, velur, nubuk, napalan* životinja, *anilinska koža*, *dvostruko lice*, *pork, polu-anilinska*, *iscijepana koža, reptil koža* [113].

Krzno je lice prirodne životinjske dlake, a najčešće vrste su: plemenito krzno (kuna, nerc, tvor, polarna lisica, srebrna lisica i dr.), činčila i dekoracijsko krzno (ovčje, goveđe, kozje, konjsko) [113].

2.8.2. Osnovne tkanine za izradu odjevnih predmeta

Osnovne tkanine mogu biti izvedene u različitom vezu, gustoći (po osnovi i potci), površinskoj masi, boji, debljini i uzorku. Tijekom procesa proizvodnje odjeće osnovni cilj je da se od tkanine oblikuje i izradi tijelu prilagodljiva trodimenzionalna struktura odjeće, koja mora ispunjavati kriterije kakvoće, izgleda i udobnosti [114]. Osnovne tkanine mogu biti jednobojne, s uzdužnim ili poprečnim linijama, karo uzorak, različitih cvjetnih uzoraka ili s obrubima (sl. 2.17), što ima veliki utjecaj na uklapanje i iskrojavanje krojnih dijelova odnosno utrošak osnovne tkanine tijekom izrade odjevnih predmeta.

Slika 2.17. Različite vrste uzoraka osnovnih tkanina [115, 116]

Osnovne tkanine sastoje se od prirodnih i kemijskih vlakana različitih kemijskih sastava, finoće i kovrčavosti, kao i od njihovih mješavina. Prilikom fiksiranja osnovnih tkanina s ljepljivim međupodstavama važna je tekstilna struktura (vez), karakter površine, površinska masa, obrada i apreture osnovnog materijala. Silikoni ili fluorkarbonski spojevi, apretirane tkanine, materijali osjetljivi na tlak (baršun, pliš), tanki tropikali i materijali osjetljivi pri višoj

temperaturi (polipropilen, lureks i sl.) mogu se fiksirati samo uz izvanredne uvijete s kopoliamidima koji imaju osobito nisko područje taljenja te viskoznost taline [117, 118].

2.8.3. Međupodstave

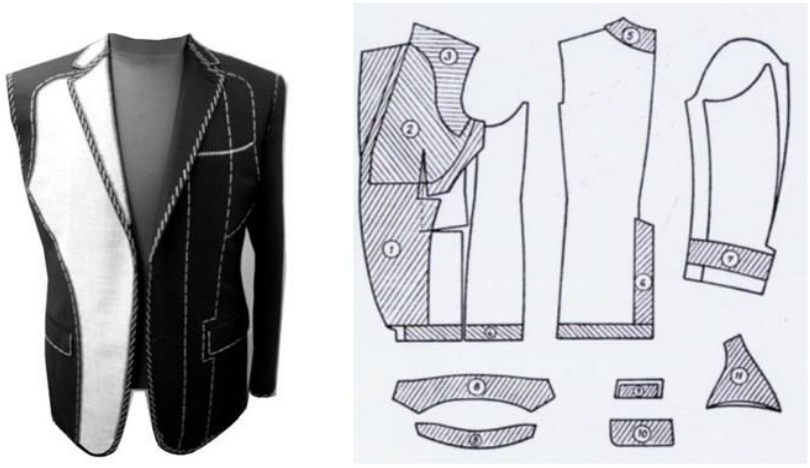
Međupodstava je dio odjevnog predmeta o kojem ovise uporabna, zaštitna i modno-estetska svojstva odjeće, a nalazi se između osnovne tkanine i podstave i najčešće je nevidljivi dio odjeće (sl. 2.18.). Kako daju postojanost oblika i ljepši pad, a neke imaju i zaštitna svojstva, međupodstave se smatraju jednom od važnijih komponenti odjevnog predmeta. Mehanička i termička svojstva ljepljive međupodstave ovise o strukturi osnovnog ili nosivog materijala, te vrsti i nanosu termoplasta [118, 119].

Slika 2.18. Odjevni predmeti s ljepljivom međupodstavom [120]

Termoplast pod povišenom temperaturom i tlakom omekša i omogućava lijepljenje međupodstave na osnovni materijal. Međupodstave se primjenjuju u proizvodnji različitih odjevnih predmeta, modnih dodataka (kravate, šeširi i kape), muškog i ženskog rublja, cjelokupne dječje konfekcije, te u industriji obuće koja se može prati u stroju za pranje, kožne odjeće, galanterije i razne pozamanterije. Ugrađena međupodstava mora biti stabilna u postupcima prerade, uporabe i naknadne njege [121, 122].

U odjevne predmete (sako, hlače, suknje, jakne, košulje, haljine i bluze) se prilikom konstrukcijske pripreme planira ugradnja većeg broja različitih međupodstava, npr. u muški

sako ugrađuje se oko 25 vrsta različitih međupodstava, koje se u pravilu odjednom fiksiraju na osnovni materijal [123].

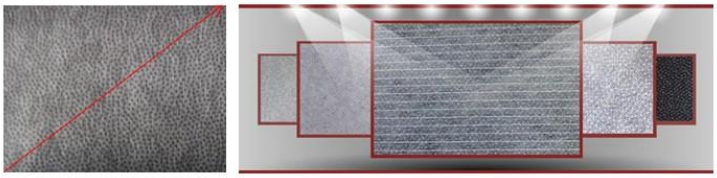


Slika 2.19. Međupodstave u muškom sakou [111]

gdje je:

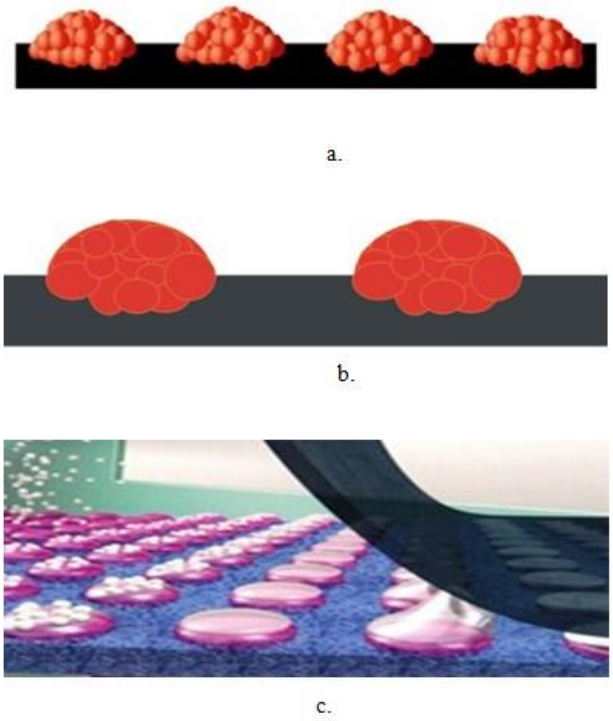
1. osnovna međupodstava,
2. pojačanje međupodstave,
3. pojačanje ramena i rukavnog izreza,
4. međupodstava poruba,
5. međupodstava vratnog izreza,
6. međupodstava raspora,
7. međupodstava rukava,
8. međupodstava ovratnika,
9. međupodstava letvice prsnog džepa,
10. međupodstava poklopca džepa,
11. međupodstava ramenog uloška (sl. 2.19).

Ljepljiva međupodstava je plošni proizvod na koji je po jednom od mogućih načina naneseno termoplastično ljepilo i s njim povezano tako da se ne može odlijepiti pod utjecajem normalnih opterećenja kod transporta, slaganja, krojenja i drugih manipulacija, kojima je izložen prije postupka lijepljenja [118]. Nakon nanosa termoplast se taljenjem spaja s površinom međupodstave. Najčešći oblik nanosa je u obliku jednakomjerno raspoređenih točaka jednake veličine, gdje se često koristi termin raster ili broj *mesha* koji predstavlja broj ljepljivih točaka na dijagonali jednoga *inch-a* odnosno broj ljepljivih točaka na 2,5 cm dužine (sl. 2.20). *Mesh* stabilizira i daje trodimenzionalnost odjevnom predmetu [123].



Slika 2.20. Određivanje *mesh*-a na ljepljivim međupodstavama [124]

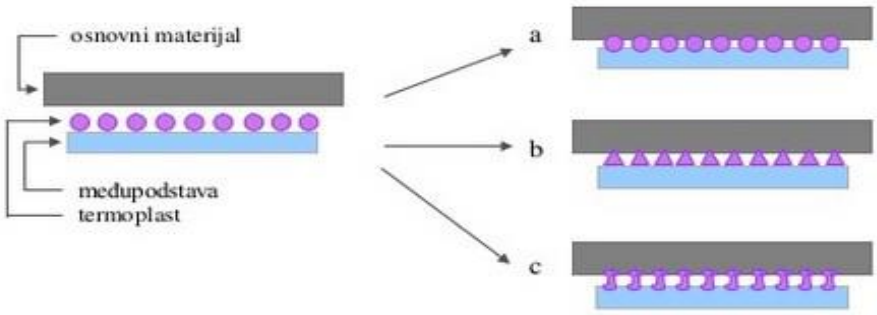
Kao nosivi materijali za međupodstave koriste se tkanine, pletiva ili netkane tekstilije. Kod tkanih međupodstava nosioci ljepljivog nanosa su na bazi PA, PES i viskoznih vlakana [118]. Termoplastično ljepilo nanosi se na nosivi materijal na način: točka puder (niska temperatura topljenja, termoplast probija u strukturu materijala), točka pasta (termoplast se nanosi putem sitotiska), dupla točka (niska temperatura topljenja termoplasta, ne probija na drugu stranu materijala) (sl. 2.21), posebni nanos (koristi se kod međupodstava za muške košulje) [123].



Slika 2.21. Nanos termoplasta: a) točka-puder; b) pasta-točka; c) dupla točka-*PowerDot* [111]

Bitna značajka međupodstave određuje se kod izbora vlakna, izrade pređe i konstrukcije nosivog materijala za nju. Na svojstva međupodstave (osobito kod tkanina) u velikoj mjeri utječu i razni postupci obrada [125].

Lijepljenje kao rezultat adhezije ljepila do vlakna i kohezije samog ljepila je bolja što je veća specifična površina lijepljenja. Na postupak fiksiranja utječu: uvjeti fiksiranja, način nanosa termoplasta, količina i vrsta nanosa, geometrijski raspored-razmještaj točaka ljepila (*mesh),* oblik ljepljive točke, vrsta nosivog materijala za međupodstavu, vrsta osnovne tkanine. Međusobno i pravilno postavljeni osnovni materijal i međupodstava uvode se u stroj za fiksiranje, gdje se griju na određenu temperaturu, zatim se između valjaka prešaju, hlade, odležavaju, te nakon toga dalje prerađuju. Postupak frontalnog fiksiranja se provodi tako da se na donju stranu stavlja osnovni materijal, a na njega međupodstava s ljepljivim nanosom okrenuta prema dolje. Ljepljivi nanos mora uvijek biti okrenut na naličje materijala (sl. 2.22) [126, 127].



Slika 2.22. Postupak polaganja komponenata za frontalno fiksiranje [111]

gdje je :

a) ispravno lijepljenje (ujednačenost adhezije i kohezije),

b) loše lijepljenje (masa prianjanja pretvrda - slaba adhezija),

c) loše lijepljenje (masa prianjanja premekana - slaba kohezija).

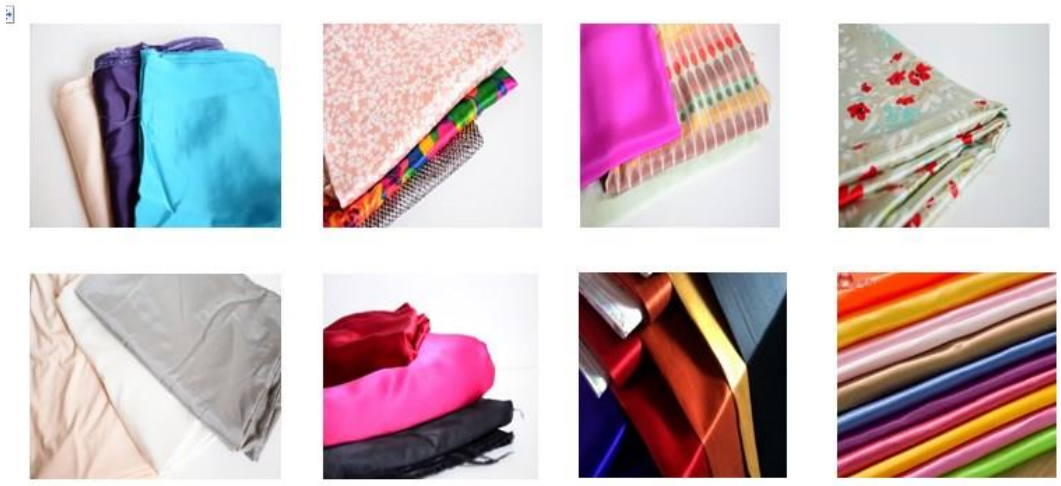
Kod odabira međupodstave mora se voditi računa da su to tekstilna vlakna koja se mogu obrađivati na temperaturama od 120 do 180^0C. Razvoj novih funkcionalnih materijala i obrada otvara brojne probleme kod fiksiranja ljepljivih međupodstava jer se njihov odabir često temelji na praktičnom znanju i iskustvu, što za posljedicu ima nedovoljno jaku povezanost osnovne i ljepljive međupodstave. Navedena problematika iziskuje objektivno vrednovanje i predviđanje ponašanja ljepljivih funkcionalnih međupodstava u kombinaciji s osnovnim materijalima posebnih svojstava. O izboru međupodstave i načinu njezina

učvršćivanja (ušivanja ili sljepljivanja) u odjevni predmet u mnogome ovisi njegov izgled, uporabna vrijednost pri nošenju i njezi (pranju i kemijskom čišćenju) [114, 128-130].

2.8.4. Podstava

Podstava je unutarnji dio odjevnih predmeta. To je tekstilni plošni proizvod koji može biti tkanina (najčešće), pletivo ili netkani tekstil. Podstavne tkanine su naziv za glatke tkanine koje se najčešće izrađuju od umjetnih celuloznih vlakana (viskoznih i acetatnih) u platnenom ili atlasnom vezu. Spadaju u lagane vrlo guste sintetičke tkanine finih najčešće filamentnih niti [44, 109].

Kako bi se postigla gustoća i kompaktnost tkanine najčešće se materijali za podstavu tkaju u atlas vezu. Kao i osnovni materijal, podstava može biti jednobojna, s uzdužnim i poprečnim linijama, karo uzorak, cvjetni ili neki drugi uzorak (sl. 2.23). Podstavne tkanine su najčešće glatkog, svilenkastog opipa. Izrađuju se od PES-a, acetata, viskoznih vlakana, a nekada čak i od svilenih vlakana, te rijetko od pamučnih vlakana.



Slika 2.23. Podstave različitih dezena i vrsta [116]

Ako je podstavna tkanina s uzdužnim ili poprečnim prugama, način uklapanja, polaganja i iskrojavanja krojnih dijelova puno je zahtjevniji od načina uklapanja jednobojnih podstava.

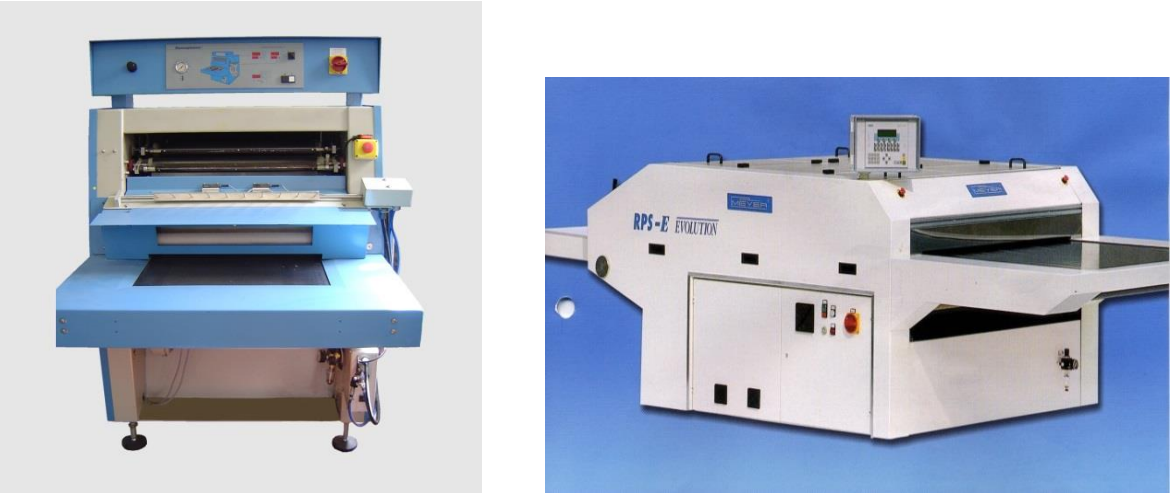
2.9. Tehnološki proces krojenja odjeće

Tehnološki proces krojenja odjeće je prvi u tijeku proizvodnje odjeće iza kojeg slijede tehnološki procesi šivanja i dorade odjeće. Tehnološke aktivnosti koje se odvijaju unutar procesa krojenja odjeće su: priprema krojnih slika, materijala, strojeva i tehnoloških uvjeta, polaganje krojnih listova u krojne naslage, postavljanje krojnih slika na krojne naslage, iskrojavanje krojnih naslaga i označavanje sastavnih točaka, frontalno fiksiranje, obilježavanje dijelova odjeće i sastavljanje svežnjeva [131, 132].

2.9.1. Frontalno fiksiranje

Frontalno fiksiranje je postupak lijepljenja ljepljivih međupodstava na naličje tekstilnih materijala radi povećanja postojanosti oblika, ljepšeg pada, povećanja voluminoznosti i elastičnosti, sposobnosti podnošenja većeg opterećenja gotovih odjevnih predmeta tijekom nošenja i profesionalne njege. Fiksiranje predstavlja heterogeni sustav fizikalnih postupaka, koji pravilnim odvijanjem određuju svojstva gotovog proizvoda odnosno s osnovnom tkaninom zalijepljene međupodstave [118, 133, 134]. Provedbom postupka frontalnog fiksiranja javljaju se i problemi kao što su: kvaliteta ljepljive međupodstave, neusklađenost parametara fiksiranja (tlak, temperatura i vrijeme), prilagodba ljepljive međupodstave mehaničkim i fizikalnim svojstvima osnovnih tkanina, kao i mogućnosti strojeva za frontalno fiksiranje [128, 129, 133].

Prvi strojevi za frontalno fiksiranje bili su diskontinuirane pneumatske ili hidraulične preše, a nakon njih slijede diskontinuirani i kontinuirani strojevi za frontalno fiksiranje, koji se godinama razvijaju u visoko napredne strojeve. Proizvođači strojeva za frontalno fiksiranje pristupaju razvoju novih tehnologija kao i tehnološkom razvoju ugradbenih strojnih elemenata (grijača, valjaka, beskonačnih prijenosnih traka i sl). Najveća postignuća u razvoju i usavršavanju strojeva su postignuta u Njemačkim tt. *Kannegiesser* i *Meyer* (sl. 2.24) [135-139].



a. b.

Slika 2.24. Kontinuirani strojevi za fiksiranje: a) *Kannegiesser CH 600* [137]; b) *Mayer RPS-EVOLUTION* [140, 141]

Postupak kvalitetnog lijepljenja zahtjeva poznavanje kemijskog i fizikalnog ponašanja spoja između osnovnog materijala i ljepljive međupodstave, kao i djelovanje vlage na kvalitetu fiksiranja. Ukoliko se pojave problemi kod fiksiranja, posljedica su procesa u proizvodnji tekstila i odjeće ili u uporabi ili u postupcima profesionalne njege. Najčešći problemi koji se javljaju na frontalno fiksiranim odjevnim predmetima su:

- neusklađenost svojstava osnovnog i međupodstavnog materijala,
- slaba veza u spojnim točkama osnovnog i međupodstavnog materijala,
- osnovni materijali na koje je u apreturi nanesen polimerni film (otežano vezivanje termoplasta za osnovni materijal, slaba adhezija i kohezija odnosno slabija postojanost u uporabi i njezi),
- različito skupljanje osnovnog i međupodstavnog materijala,
- nepostojanost termoplasta prema pojačivačima i sredstvima za detaširanje,
- loše odabrani parametri fiksiranja (nastajanje valovitosti na površini osnovnog, materijala, dolazi do odljepljivanja međupodstave u uporabi i njezi),
- stvaranje mjehurića na frontalno fiksiranom odjevnom predmetu zbog nedovoljne, postojanosti veziva međupodstave prema perkloretilenu (PER-u),
- probijanje termoplasta na površinu osnovne tkanine,
- sjaj tkanine (neusklađenost temperature prema osnovnom materijalu),
- *moire* efekt,
- promjena boje osnovnog materijala,

- promjena opipa [114, 118, 133, 134].

Tkanine za međupodstavu prije nanošenja termoplasta treba očistiti, oprati, bijeliti, bojadisati i stabilizirati dimenzije po osnovi i potki (odrediti postotak skupljanja). Međupodstave mogu biti i od netkanih tekstilija različitih mješavina prirodnih i kemijskih vlakana uz primjenu različitih veziva. Sve međupodstave moraju imati usklađena svojstva s osnovnom tkaninom u pogledu skupljanja, elastičnosti, opipa, termičkih i mehaničkih svojstava te postupka njege [142 - 148].

Mehanička i fizikalna svojstva spojnog kompozita su funkcija međusobnog djelovanja mehaničkih i fizikalnih svojstava osnovne tkanine i ljepljive međupodstave. Kako se ne može znatno utjecati na poboljšanje svojstava spojnog kompozita odnosno na deformacije već fiksiranih dijelova odjeće, prethodnim objektivnim vrednovanjem mehaničkih i fizikalnih svojstava i optimiranjem procesnih parametara u tehnološkom postupku fiksiranja, potrebno je unaprijed odrediti potrebna svojstva spojnog kompozita. Za ocjenjivanje opipa tkanine najčešće se koriste dva razvijena mjerna sustava: KES (*Kawabata Evaluation System*) i FAST (*Fabric Assurance by Simple Testing*), koji se temelje na objektivnom vrednovanju mehaničkih i fizikalnih svojstava [127-130, 149, 150]. Svojstva ljepljive međupodstave u najvećoj mjeri određuju vrsta i struktura nosećeg materijala te vrsta i nanos termoplasta. Na konačni izgled fiksiranih dijelova odjeće znatno utječu i mehanička svojstva: krutost savijanja i smična krutost, natezno elastična svojstva, krutost savijanja i smična krutost, te sposobnost oblikovanja fiksiranih dijelova odjeće. U postupku frontalnog fiksiranja povećava se krutost savijanja i smična krutost osnovnoj tkanini, a smanjuju se elastična svojstva i sposobnost oblikovanja. Čvrstoća nastalog spoja između ljepljive međupodstave i osnovne tkanine je rezultat adhezije termoplasta na vlakno i kohezije unutar termoplasta. Čvrstoća spoja ovisi o vrsti i nanosu termoplasta, površinskim svojstvima osnovne tkanine te konstrukciji supstrata nosećeg materijala međupodstave i odabranim parametrima fiksiranja. Vrlo važan čimbenik je izbor odgovarajuće međupodstave koji se temelji u prvom redu na funkciju koju će imati na odjevnom predmetu, nakon toga slijedi određivanje parametara frontalnog fiksiranja, koji se određuju na osnovu čvrstoće spoja, opipa te bojadisarskih i dimenzijskih promjena fiksiranih dijelova [43, 150-153].

Obzirom da se u postupku pojavljuje mnoštvo najrazličitijih vrsta osnovnih materijala međupodstava i vanjskih utjecaja na fiksiranje (vrsta i kvaliteta stroja, uvjeti lijepljenja, vanjska atmosfera, naknadna obrada slijepljenih dijelova itd.), teško je kvalitetne zahtjeve svesti na jedinstveni nazivnik. Pored subjektivne ocijene opipa i izgleda fiksiranih dijelova primjenjuju se razne metode za ispitivanje čvrstoće spoja i njegove otpornosti prema kemijskom čišćenju i pranju, za što se koriste razni oblici dinamometara od ručnih proizvodnih do naprednih laboratorijskih (sl. 2.25) [154, 155].

a. b.

Slika 2.25. Prikaz: a) mali ručni dinamometar *Vilene*; b) laboratorijski dinamometar za ispitivanje kvalitete - sile razdvajanja spoja [156]

Pomoću dinamometra mjeri se sila razdvajanja slijepljene međupodstave za osnovnu tkaninu, na epruvetama duljine 20 x 5 cm, slijedom tri paralelna mjerenja. Čvrstoća i trajnost spoja ovise i o kvaliteti osnovnog i međupodstavnog materijala [156].

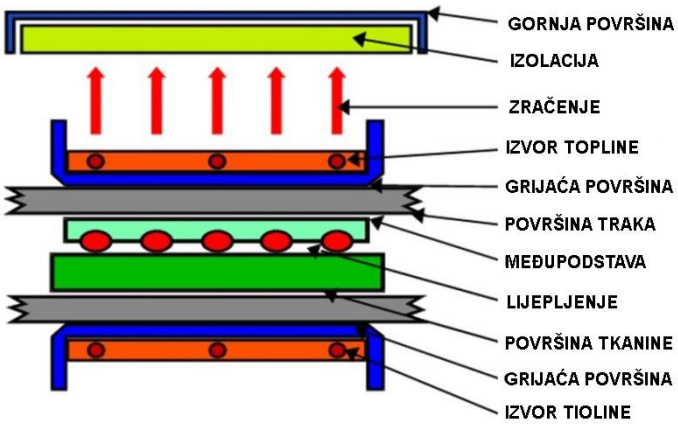
2.9.1.1. Parametri frontalnog fiksiranja

Pri frontalnom fiksiranju na nanošeni termoplast djeluje se s četiri osnovna parametara: temperatura frontalnog fiksiranja, tlak pri fiksiranju, vrijeme fiksiranja i hlađenje nakon izvedenog tlačenja [73].

Temperatura frontalnog fiksiranja

Talište termoplastičnih ljepila je između 115 i 125^0 C, a lijepljenje se primjenjuje na temperaturi od oko 130^0 C. Djelovanjem topline omekšava se termoplast koji se uz primjeren

i jednoličan tlak utisne u strukturu osnovnog materijala, te se na taj način ostvaruje dovoljno čvrsta međusobna veza (sl. 2.26). Temperatura lijepljenja treba biti jednakomjerna po cijeloj površini, a ako nije jednakomjerna može doći do nejednolikog lijepljenja, što dovodi do stvaranja mjehurića i slabe postojanosti na čišćenje. Odstupanja od zadane temperature moraju biti manja od ± 5^0 C. Kod strojeva za frontalno fiksiranje najčešće se ugrađuje više malih grijača, ili se koristi posredno grijanje uljem radi jednoličnosti zagrijavanja kalupa [73, 147, 148].



Slika 2.26. Djelovanje temperature pri frontalnom fiksiranju [157]

Kod frontalnog fiksiranja potrebno je stalno kontrolirati temperaturu fiksiranja koja se obavlja s električnim kontaktnim termometrom ili pomoću termopapira koji se stavlja između tkanina u procjep za fiksiranje. Termopapir je duguljasti odrezak papira s nizom sivkastih nanosa od kojih svaki odgovara određenoj temperaturi. Siva boja nanosa mijenja se kod određene temperature i prelazi u crnu, kako bi se ustanovila temperatura unutar stroja. Temperatura lijepljenja se mjeri na više mjesta unutar stroja za frontalno fiksiranje kako bi se provjerila ravnomjernost zagrijavanja unutar stroja. Unutar postupka frontalnog fiksiranja na slojevima se mijenja temperatura pojedine komponente. Promjena temperature u postupku fiksiranja bitna je i za proučavanje promjene temperature pri glačanju odjeće nakon pranja i kemijskog čišćenja, pa stoga čvrstoća spoja, trajnost i uporabna vrijednost spoja i ukupna kvaliteta fiksiranog dijela odjeće, kao i kvaliteta odjeće ovise o malim temperaturnim promjenama [158].

Tlak pri frontalnom fiksiranju

Pri frontalnom fiksiranju tlačenje ima zadatak da utisne omekšano termoplastično lijepilo u međuprostore između tekstilnih vlakana i da se tamo ugradi. Tlak lijepljenja kreće se u rasponu od 0,8 do 15 × 10^4 Pa, i to je specifičan tlak na jedinicu površine, što znači da će se morati, obzirom na površinu lijepljenja, svaki put namještati veličina sile koja pritišće kalup. Specifični tlak se izračunava preko izraza (2.18) i (2.19) [139]:

$$p_1 = \frac{F}{A_1} \tag{2.18}$$

$$p_2 = \frac{F}{A_2} \tag{2.19}$$

Za isti F je: $p_1 < p_2$ (2.20)

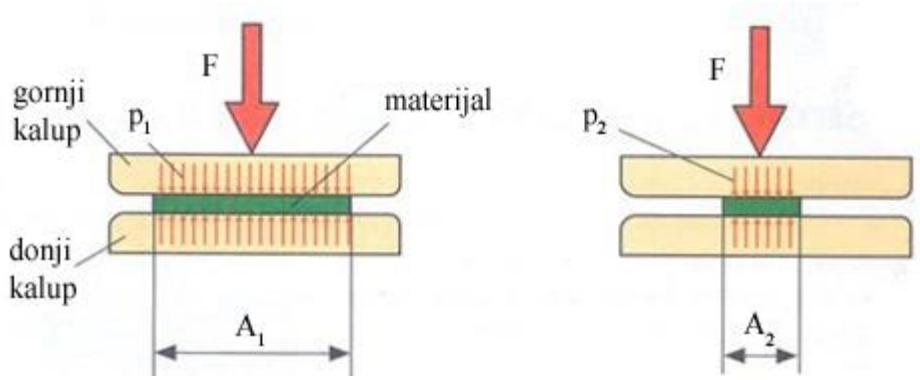
gdje je:

F - sila koja djeluje na gornji kalup (N),

A_1 - površina prvog izratka (manja) (m^2),

A_2 - površina drugog izratka (veća) (m^2),

p_1, p_2 - specifični tlak (Pa).



Slika 2.27. Specifični tlak obzirom na različite površine [139]

Kod frontalnog fiksiranja regulacija tlaka ovisi o popunjenosti površine za fiksiranje na stroju, što znači ako je površina u cijelosti popunjena dijelovima odjevnog predmeta, tada će se regulirani tlak ravnomjerno prenositi na sve fiksirane krojne dijelove (sl. 2.27) [139].

Vrijeme kod frontalnog fiksiranja

Vrijeme u kojem toplina i tlak djeluju na krojne dijelove koji se fiksiraju je vrijeme frontalnog fiksiranja i treba biti točno određeno prema ostalim parametrima fiksiranja i mogućnostima kontrole. Za uspješan postupak frontalnog fiksiranja, prije početka proizvodnje potrebno je:

- za svaku novu osnovnu tkaninu odabrati odgovarajuću međupodstavu,
- utvrditi optimalne uvijete frontalnog fiksiranja za svaku kombinaciju osnovne tkanine i ljepljive međupodstave,
- tijekom postupka frontalnog fiksiranja stalno kontrolirati ispravnost i jednakomjernost rada stroja.

Vrijeme lijepljenja ovisi o vrsti materijala koji se lijepi (koeficijentu prolaza topline), tlaku, vrsti ljepila i temperaturi lijepljenja [139].

Hlađenje nakon izvedenog tlačenja

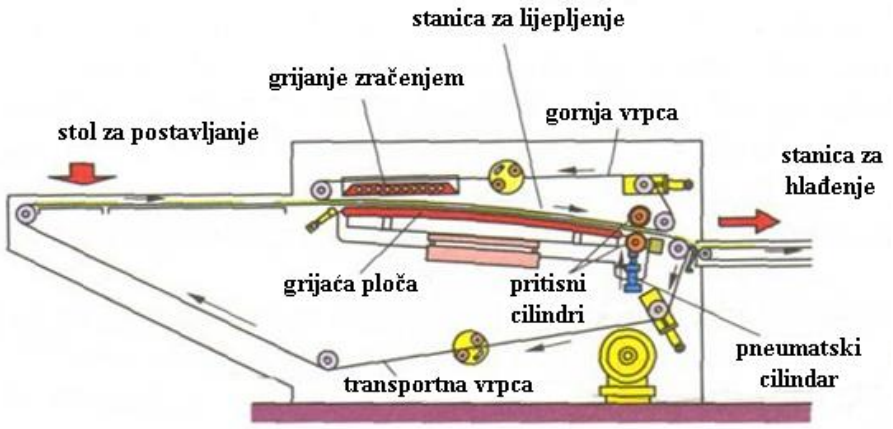
Hlađenje nakon izvedenog tlačenja mora se obaviti prije pomicanja izradaka ili uzimanja iz stroja za frontalno fiksiranje. Izradci se fiksiraju na vrlo visokim temperaturama na kojima se otapa ljepljivi termoplast, te je nužno hlađenje radi daljnjeg rukovanja kroz postupak pripreme svežnjeva za proizvodnju [139].

2.9.1.2. Strojevi za frontalno fiksiranje

Strojevi za frontalno fiksiranje se prema postupku rada mogu podijeliti u dvije skupine i to diskontinuirani i kontinuirani strojevi za frontalno fiksiranje [159].

Diskontinuirani strojevi imaju dva ravna kalupa, kod kojeg se gornji spušta nakon pozicioniranja izradaka. Zatvoreni su određeno vrijeme (djelovanje temperature i tlaka), te se potom otvaraju. Koriste se za fiksiranje manjih krojnih dijelova (orukvice, ovratnici, džepni poklopci).

Kontinuirani strojevi za frontalno fiksiranje imaju teflonsku transportnu vrpcu na koju se nalažu izradci, vrpca ih unosi u stroj gdje prolaze kroz zonu predgrijanja, glavnog grijanja, prešanja i hlađenja, zatim izlaze iz stroja na površinu za odlaganje [139].



Slika 2.28. Shema kontinuiranog stroja za frontalno fiksiranje [139]

Strojevi za frontalno fiksiranje imaju pouzdan upravljački i regulacijski sustav za automatsku stabilizaciju radne temperature, tlačne mehanizme donjih tlačnih valjaka te dvotračne teflonske trake za posluživanje i premještanje izradaka od postavljanja do odlaganja (sl. 2.28).

Na slici 2.29 prikazan je stroj tt. Kannegiesser marke Veit FX DIAMOND CLF jedan od trenutno najnaprednijih strojeva za frontalno fiksiranje vrlo modernog dizajna. Na stroju se nalazi kontrolna ploča sa zaslonom u boji osjetljivim na dodir. Kontrola temperature fiksiranja izvosi se direktno na beskonačnoj prijenosnoj traci [160].

Slika 2.29. Kontinuirani stroj za fiksiranje marke *Veit* FX DIAMOND CLF [160]

Unutar stroja se nalaze dupli *flexo* valjci i dvije zone grijanja (ispod i iznad trake), koje omogućavaju kontinuirani prijenos topline i djelovanja tlaka tijekom procesa fiksiranja (sl. 2.30). Vrijeme prolaza materijala kroz stroj je smanjeno za 30 do 40%.

Slika 2.30. Zone grijanja (gornje i donje) i dupli *flexo* valjci [160]

Programi fiksiranja za svaki materijal unose se preko bar koda skeniranjem. Strojevi se proizvode u dvije radne širine (perforirane beskonačne trake) od 1000 mm i 1400 mm. Stroj je dizajniran tako da omogućava jednostavno čišćenje valjaka i uklanjanje ostataka termoplasta [160].

2.10. Tehnološki proces šivanja

Elias Howe je 1846. godine patentirao prvi šivaći stroj s brzinom šivanja od 300 min^{-1}, koji je kasnije usavršen do 700 min^{-1}. Usavršavanje šivaćeg stroja objedinio je 1851. godine Isaac Merrit Singer, na čijem stroju se mogao šivati ravni šav željene duljine [73].

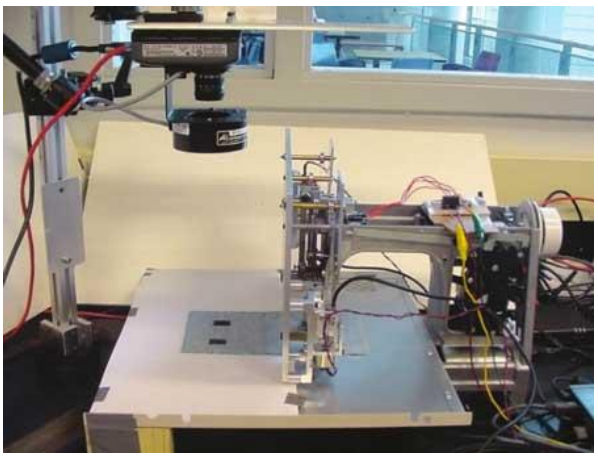
Singer-ovi šivaći strojevi bili su namijenjeni za industrijsku uporabu, s tim da nešto kasnije pokreće vlastitu tvornicu za proizvodnju šivaćih strojeva pod nazivom *Singer Corporation*. 1887. godine P. Diehl ugrađuje prvi elektromotor u Singerov šivaći stroj [161].

Šivaći strojevi su se sve više usavršavali, mijenjao se njihov pogon od ručnog, nožnog, mehaničkog s elektromotorom pa do integriranog pogona. Razvoj strojarstva, elektrotehnike i elektronike omogućio je da se u tehnološki proces šivanja pored univerzalnih šivaćih strojeva uvedu specijalni šivaći strojevi, šivaći automati, šivaći agregati, numerički vođeni strojevi, integrirani šivaći strojevi i šivaći roboti, koji omogućavaju brzo i kvalitetno izvođenje niza tehnoloških postupaka zamjenjujući rad čovjeka [73, 162, 163]. Šivaći strojevi se mogu

podijeliti prema: namjeni, ubodnoj brzini šivanja, vrsti uboda, vrsti materijala, broju igala, načinu podmazivanja, obliku kućišta, sustavu posmika i stupnju tehničke opremljenosti te načinu vođenja izratka. Prema namjeni i stupnju tehničke opremljenosti šivaći strojevi mogu biti: univerzalni šivaći strojevi (sl. 2.31a), specijalni šivaći strojevi (sl. 2.31b), šivaći automati, šivaći agregati, NC vođeni šivaći strojevi, šivaći roboti (sl. 2.32) i inteligentni šivaći strojevi [73].

a. b.

Slika 2.31. Šivaći strojevi: a) univerzalni šivaći stroj; b) specijalni šivaći stroj



Slika 2.32. Šivaći robot u odjevnoj industriji [164]

Šivaći ubod je osnovna jedinica ulančavanja konca oblikovana od jednog ili više konaca ili petlji konaca, koji su sami sa sobom odnosno međusobno ulančani ili isprepleteni bez materijala, unutar materijala, kroz materijal, na materijalu za šivanje [73]. Normizacija obilježja svih šivaćih uboda je detaljno opisana u međunarodnoj normi ISO 4915 [165].

Šivani šav je definiran normom ISO 4916 [166], kao niz šivaćih uboda ili niz tipova šivaćih uboda na jednom ili više slojeva materijala za šivanje. Prema navedenoj normi šivani šavovi su razvrstani u osam skupina s obzirom na tip i najmanji broj slojeva materijala za šivanje u šavu.

2.11. Tehnološki proces dorade odjeće

Tehnološki proces dorade ubraja se u završni postupak proizvodnje odjeće gdje se izvode tehnološke aktivnosti: priprema odjevnih predmeta, strojeva i opreme za tehnološki proces dorade, našivanje gumbi, završno glačanje odjeće, završna kontrola izrade, sastavljanje višedjelnih odjevnih predmeta, razvrstavanje odjeće, opremanje odjeće i otpremanje u skladište gotove robe. Odjevni predmeti završnim glačanjem postižu konačan i trajan izgled za što su potrebni kvalitetni strojevi, uređaji i oprema, kako bi se ispravile eventualne sitne pogreške nastale tijekom krojenja i šivanja, te postigla visoka kvaliteta završne obrade [73, 132].

2.11.1. Tehnološki postupak glačanja odjeće

U tehnološkom procesu proizvodnje odjeće glačanje se može provoditi kao: međufazno prije i u procesu šivanja, međufazno glačanje na sašivenim dijelovima odjeće i kao završno glačanje u doradi odjeće. Prije procesa šivanja na iskrojenim dijelovima odjevnog predmeta provodi se međufazno glačanje radi zaglačavanja rubova. U međufazno glačanje na sašivenim dijelovima odjeće ubrajaju se tehnološke operacije razglačavanje i zaglačavanje šavova, razglačavanje i zaglačavanje ušitaka, glačanje prednjih rubova odjevnih predmeta, glačanje poruba, glačanje dijelova odjevnih predmeta i glačanje podstave. Za kvalitetno završno glačanje potrebno je provesti pravodobnu pripremu strojeva i opreme kroz pripremu programa glačanja prema obilježjima materijala i odabir primjerenih obloga za kalupe strojeva za glačanje, koje će osigurati najbolji izgled izglačanih površina. Potrebno je osigurati potrebne energente, instalacije, prostor i sustav međufaznog transporta, te odabrati vrijednosti parametara: temperaturu glačanja, tlak glačanja, količinu vlage tijekom glačanja, vakumiranje izglačane površine, vremensko trajanje glačanja, naparivanja, propuhivanja i vakumiranja [167].

Temperatura glačanja u prvom redu ovisi o vrsti tekstilnog materijala. Upravlja se termostatom ukoliko se za zagrijavanje površina za glačanje koristi električna energija. Ako se za postupak glačanja koristi tehnološka para teža je regulacija temperature obzirom da temperatura tehnološke pare izravno ovisi o tlaku [73, 139].

U tablici 2.5 dan je pregled ovisnosti temperature glačanja o vrsti materijala koji se najčešće koriste u procesu izrade odjeće.

Tablica 2.5. Temperature glačanja ovisno o vrsti materijala [73]

Temp. glačanja (^{0}C)	**Materijal za glačanje izrađen od tekstilnih vlakana**
80 - 120	Poliamidna vlakna (PA 6.6; PA 6), akrilna vlakna
120 - 140	Viskozna vlakna, acetatna vlakna, cel-vlakna
140 - 165	Vuna, prirodna svila
165 - 190	Poliesterska vlakna
190 - 210	Pamuk
210 - 320	Lan

U tehnološkom procesu proizvodnje odjeće glačanje se provodi pomoću [167]:

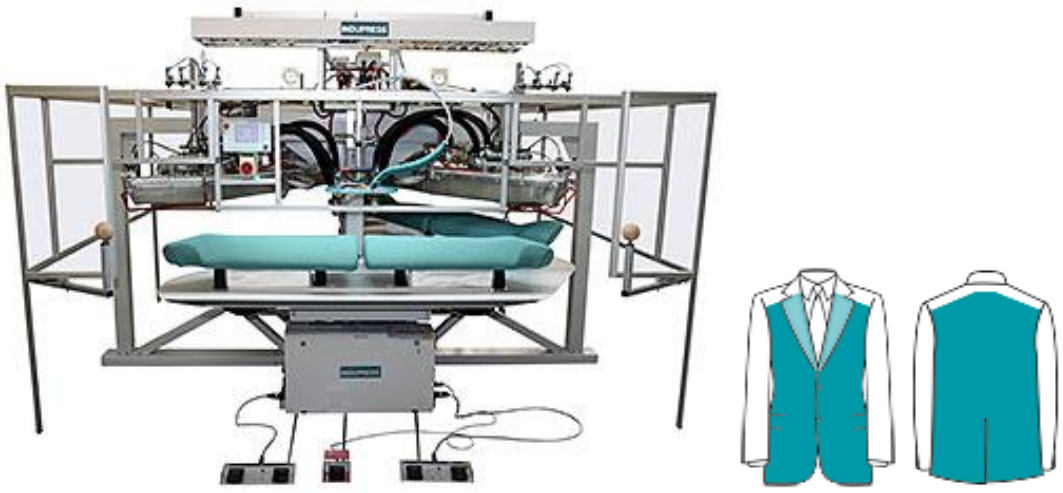
- ručnih glačala,
- stolova za glačanje,
- strojeva za glačanje,
- strojeva za glačanje propuhivanjem tehnološke pare i
- strojeva za tunelno glačanje.

Ručna glačala su najstarija sredstva za glačanje, koja se koriste i u današnjim suvremenim tehnologijama za izvođenje tehnoloških operacija glačanja na stolovima za glačanje, strojevima za razglačavanje šavova i za završno dotjerivanje, a mogu biti: električna, elektroparna, parna i ručna glačala posebnih namjena. Glačanje ručnim glačalima provodi se na stolovima za glačanje čije se radne površine zagrijavaju pomoću električne energije ili tehnološke pare. Radne površine obzirom na zagrijavanje dijele se na električne, elektroparne i parne stolove za glačanje. Mogu biti ravnih površina za univerzalne namjene ili posebno oblikovanih površina za izvođenje specijaliziranih tehnoloških operacija glačanja [73]. Na slici 2.33 dan je prikaz stola za završno glačanje muškog sakoa tt. *Indupress* IPN-1230-FIN-UNI-L.

Slika 2.33. Stol za završno glačanje muškog sakoa tt. *Indupress* IPN-1230-FIN-UNI-L [168]

Znatno složenije strukture od stolova za glačanje su strojevi za glačanje, koji su bolje opremljeni, a suvremenije izvedbe imaju i pneumatsko upravljačko sklopovlje i programator za vođenje postupka glačanja koji upravlja svim važnim parametrima za glačanje (vremenskim trajanjem glačanja, naparivanja materijala s gornje ili donje strane, propuhivanja i vakumiranja, te tlakom glačanja). Strojevi za glačanje mogu biti izravno ručno upravljani, posredno ručno i automatski upravljani, a imaju više izvedbi kao npr. za završno glačanje muške i ženske gornje odjeće s primjereno oblikovanim kalupima za svaku tehnološku operaciju glačanja. S obzirom na namjenu i izvedbe kalupa razlikuju se: strojevi za glačanje prednjih rubova, strojevi za glačanje ramenih šavova, strojevi za glačanje prednjih i stražnjih dijelova s kutom zaokreta stola od 120^0, strojevi za glačanje prednjih i stražnjih dijelova s kutom zaokreta stola od 180^0, strojeve za glačanje ovratnika, strojeve za glačanje rukava i dr. [73].

Na sl. 2.34 prikazan je stroj tt. Indupress IPK-K24-23-09A/13A_10A/13C za završno glačanje prednjih i stražnjih dijelova muškog sakoa. Kontrola i upravljanje radom stroja obavlja se mikroprocesorom. Tlak se programira digitalno, kao i ostali čimbenici (vremensko trajanje glačanja, naparivanja materijala s gornje ili donje strane, propuhivanje i vakumiranje). Stroj je opremljen sigurnosnim uređajem [169].



Slika 2.34. Stroj tt. *Indupress* IPK-K24-23-09A/13A-10A/13C za završno glačanje prednjih i stražnjih dijelova muškog sakoa [169]

U odjevnoj industriji sve veću primjenu pronalaze računalno upravljani strojevi za glačanje kojima se postiže smanjenje udjela čovjekova rada u postupku glačanja. Sustavi upravljanja strojevima mogu biti pneumatski, električko i upravljanje programibilnim logičkim uređajem (PLC- om).

Strojevi za glačanje propuhivanjem tehnološke pare koji nemaju tlačnih kalupa rade na principu napuhavanja i propuhivanja vrućim zrakom i vodenom parom. Prednost ovih strojeva je što na izglačanim odjevnim predmetima ne mogu ostati otisci kalupa, kao ni sjaj glačane površine zbog prevelikog pritiska kalupa.

Strojevi za tunelno glačanje rade na sličnom principu kao i strojevi za glačanje na bazi propuhivanja pare s tim da su kod ovih strojeva odjevni predmeti u pokretu. Odjevni predmeti ulaze u tunel gdje se nalaze okomito postavljeni mekani grijani valjci, komora za naparivanje, komora za propuhivanje, ventilatorska jedinica i uređaj za toplinsko iskorištenje otpadnog zraka i na kraju izlaze izglačani odjevni predmeti [73].

2.12. Održavanje odjevnih predmeta – profesionalna njega

Svaki odjevni predmet nakon izvjesnog broja nošenja potrebno je podvrgnuti postupcima održavanja, pranja, kemijskom ili mokrom čišćenju.

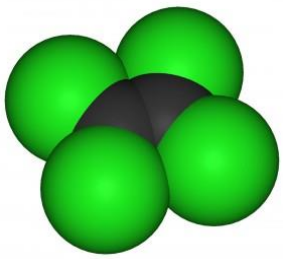
2.12.1. Kemijsko čišćenje

Pod kemijskim čišćenjem (engl. *Dry Cleaning*) podrazumijeva se pranje u organskim otapalima uz dodatak pojačivača, čiji je zadatak da još dodatno koloidno otopi male količine vode u organskom otapalu. Kod kemijskog čišćenja odjeća se ne pere u vodenim medijima i vlakna pri čišćenju nisu namočena vodom. Prednost kod kemijskog čišćenja je što organska otapala imaju nižu površinsku napetost od vode, dipolni moment im je nizak ili jednak nuli, molekule im ne agregiraju, imaju veću pokretljivost molekula od vode pa brže prodiru u tekstil i brže odvode sa sobom otopljene prljavštine, što ubrzava postupak. Obrada je uvijek u hladnim kupeljima. Osnovna razlika između kemijskog čišćenja i pranja je u tome što se u pranju pomoću kemijskih sredstava, topline i mehaničke energije nastoje iz tekstila ukloniti prljavštine, pri čemu se masne prljavštine najvećim dijelom uklanjaju emulgiranjem, a vodotopive se otapaju [113].

Otapala su mediji u kojima se provodi kemijsko čišćenje. Izbor optimalnog otapala je vrlo značajan jer otapala imaju primarnu ulogu u postupku čišćenja. U otapalima u kojima je bitno smanjeno bubrenje vlakana provode se klasični postupci kemijskog čišćenja. Odabir optimalnog otapala za kemijsko čišćenje je vrlo zahtjevan postupak zbog sve većih zahtjeva za očuvanje okoliša i zdravlja radnika, te uštede energije. Kako bi otapalo moglo naći široku primjenu mora zadovoljiti niz zahtjeva kao što su [170]:

- ekološki neopasno,
- da nije otrovno,
- može se nabaviti uz relativno nisku cijenu,
- postoji mogućnost ekonomski opravdane regeneracije,
- kemijski inertno prema tekstilnim vlaknima, kemikalijama i uređajima koji se primjenjuju u kemijskom čišćenju,
- kemijski vrlo stabilno, neupaljivo i neeksplozivno u dugotrajnoj primjeni i regeneraciji,
- ima povoljnu temperaturu ledišta i vrelišta,
- slabo se miješa s vodom,
- rukovanje u praktičnoj primjeni jednostavno.

Voda je najuniverzalnije i osnovno otapalo za pranje kao i za mokro čišćenje, koje je alternativni postupak uz kemijsko čišćenje u profesionalnoj njezi [170]. Perkloretilen (PER) pripada u skupinu halogeniranih ugljikovodika s malom dielektričnom konstantom.



Slika 2.35. Molekula PER-a [171]

Molekula PER-a je simetrične građe (sl. 2.35) [171], gdje veliki atomi klora štite vrlo reaktivnu dvostruku vezu, te je ovaj spoj relativno stabilan. Tijekom primjene PER prodestilira i preko 50 puta, prije nego što se potroši, čime se postavljaju ekstremni zahtjevi za stabilnost. Molekule PER-a su u tekućem stanju u gustom kuglastom pakiranju. PER se mora čuvati od dnevnog svijetla. Značajno je napomenuti i izvanrednu moć kvašenja tekstila PER-om, koja je daleko veća od moći kvašenja vodom uz dodatak tenzida. Negativne strane PER-a su to što je otrovan i nije biorazgradiv [113].

2.12.2. Mokro čišćenje

Ekološki zahtjevi glede kemijskog čišćenja postaju sve stroži, pa je čišćenje u organskim otapalima sve skuplje, jer se prema novim propisima dozvoljava sve manje ispuštanje otapala u atmosferu što zahtijeva dodatne zaštitne mjere. Osim toga treba zbrinjavati talog koji zaostaje nakon kemijskog čišćenja u destilatoru, što dodatno poskupljuje postupak kemijskog čišćenja [113].

Mokro čišćenje ili *wet-cleaning* je profesionalni način čišćenja u vodi, uz pomoć posebnih strojeva, programa i ekoloških deterdženata, što omogućuje čišćenje izuzetno osjetljivih odjevnih predmeta, koji su namijenjeni za njegu ručnim pranjem ili čak i kemijskim čišćenjem. Mokrim čišćenjem se postiže čistoća i svježina odjevnih predmeta. Kao osnovno navodi se da se mokrim čišćenjem roba pere nježno kao da je ručno prana [172], ukoliko se nabavi stroj koji pere u naročito blagim uvjetima i koji ima mogućnost reguliranja

mehaničkog pokretanja te odnosa pokretanja i mirovanja u točno zadanim uvjetima. Centrifugiranje treba biti uz postepeno ubrzanje kako bi se za vrijeme ocjeđivanja roba jednoliko posložila u bubnju čime se izbjegava pretjerano gužvanje. Sušenje treba biti u specijalnoj sušilici na zadanu vrijednost vlage koja se mijenja ovisno o osjetljivosti robe i automatski se regulira na zadanu vrijednost vlage [173]. Uloga deterdženta je da ukloni fine prljavštine i masnoće s najrazličitijih vrsta tekstilija, a zatim ih treba održati u kupelji da se ne povrate na tekstil čime bi učinak čišćenja bio umanjen. Deterdženti su složeno sastavljeni od smjese anionskih i neionskih tenzida, sekvestranata, enzima, inhibitora pjene, sredstva za zaštitu vlakana, optičkih bjelila, mirisa i raznih drugih dodataka. Mokrim čišćenjem se mogu čistiti različiti odjevni predmeti poput razne sportske odjeće, skijaških odijela, svečanih haljina, vjenčanica, pulovera, pletenih jakni, zaštitne odjeće i odjeće s reflektirajućim obilježjima [173].

U današnje vrijeme između 30-50 % tekstilija koje su nekad bile namijenjene za kemijsko čišćenje može se čistiti u vodi. Glavni uzroci za to su:

- proizvodi od vune i njenih mješavina, zahvaljujući obradi protiv pustenja, sve se više prodaju kao perive tekstilije,
- moda je više ležernija, odjevni predmeti su jednostavnijih sportskih konstrukcija, od podatnijih tekstilija, manje osjetljivih na čišćenje,
- sintetska vlakna i njihove mješavine sve više zamjenjuju osjetljive materijale od vune i prirodne svile,
- voda je ekološki povoljnija nego organska otapala [174].

U dosadašnjem razmatranju postupak mokrog čišćenja nije toliko našao primjenu koliko je mogao. Pojedine čistionice uspješno peru u postupku mokrog čišćenja i do 50% tekstilija namijenjenih kemijskom čišćenju, odnosno taj postupak varira od 20 do 40% ovisno o sezoni. Mokro čišćenje će se u budućnosti još više primjenjivati, prema modnim trendovima koji nalažu ležerniju odjeću koja se može obrađivati i u vodenim kupeljima. Sve više se smanjuje udio odjeće s podstavom i frontalno fiksiranom međupodstavom koja se mora čistiti u otapalima. Čišćenjem u vodenom mediju uz dodatak omekšivača i mirisa dobiva se fini mekani opip i svjež miris, dok iza kemijskog čišćenja često ostaje miris otapala, svjetlija odjeća čišćenjem u vodenom mediju zadržava svježinu koja se kod višekratnog čišćenja u otapalima gubi [173].

Od posebne su važnosti ušivene etikete s internacionalnim oznakama za njegu tekstilija. Na svaki odjevni predmet se tijekom proizvodnje ušiva etiketa o održavanju na kojoj se nalaze simboli koji označuju propise za održavanje. Etiketa održavanja označava dopuštene uvjete pranja koji se odnose na tekstilni dio predmeta i ostale ugradbene materijale (puceta, zatvarači i sl.). Etikete znatno olakšavaju izbor postupaka i pojedinih uvjeta pranja [173].

2. 13. Statistička obrada podataka

Statističkom analizom su izračunate vrijednosti: aritmetičke sredine ($\bar{x}$), standardna devijacija (s), koeficijent varijacije (CV), koeficijent korelacije (r), kvadrat koeficijenta korelacije (r^2) i koeficijent determinacije (R^2). Aritmetička sredina se definira kao prosječna vrijednost dobivena zbrojem svih vrijednosti podijeljena s brojem mjerenja, prema izrazu (2.21) [175]:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \tag{2.21}$$

gdje je:

x_i - vrijednost mjerenja,

n – broj mjerenja.

Standardna devijacija ili standardno odstupanje definira se kao prosječno odstupanje od aritmetičke sredine, koje se izračunava prema izrazu (2.22):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{2.22}$$

Koeficijent varijacije predstavlja postotni udio standardne devijacije u odnosu na vrijednost aritmetičke sredine, a izračunava se prema izrazu (2.23):

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \tag{2.23}$$

gdje je:
CV - koeficijent varijacije,
s - standardna devijacija,
$\bar{x}$ - aritmetička sredina.

Regresijska analiza podrazumijeva korištenje dvije varijable, kojima se izražava odnos između dvije pojave. Zavisnom varijablom (Y), predstavljene su vrijednosti pojave čije se varijacije objašnjavaju samim modelom regresijske analize, dok je nezavisna varijabla (X) predstavlja stvarne vrijednosti pojave kojom se objašnjavaju varijacije zavisne varijable [175, 176].

Jednostavna linearna regresija predstavlja odnos između dviju pojava i to takav da promjenu jedne pojave prati približna linearna promjena druge. Izračunava se prema izrazu (2.24):

$$Y = f(X) + u \tag{2.24}$$

gdje je:
X – nezavisna varijabla,
Y – zavisna varijabla,
u – greška relacije.

Zadaća regresijske analize je da pronađe analitičko-matematički oblik veze između jedne ovisne ili regresand varijable i jedne ili više neovisnih ili regresijskih varijabli. Razliku između korelacije i regresije je u tome što regresijska analiza na temelju utvrđene povezanosti i poznavanja vrijednosti nezavisne varijable nastoji kreirati predviđanja vrijednosti zavisne varijable. Regresijska se analiza dijeli na jednostavnu (u kojoj se promatra utjecaj promjene jedne varijable na promjenu druge) te višestruku (koja podrazumijeva odnos više nezavisnih varijabla s jednom zavisnom).

Korelacija omogućuje utvrđivanje povezanosti promatranih varijabli, te objašnjava povezanost između pojedinih varijabli što omogućuje preciznije predviđanje ponašanja varijabli.

Koeficijent korelacije (r_{xy}) je brojčani pokazatelj jakosti i smjera veze između varijabli. Koeficijent korelacije između dvije slučajne varijable *x* i *y* s aritmetičkim sredinama $\bar{x}$ i $\bar{y}$, te standardnim devijacijama s_x i s_y definiran je izrazom (2.25) [175]:

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}^2}{\sqrt{s_{xx}^2 \cdot s_{yy}^2}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}} \tag{2.25}$$

Koeficijent korelacije poprima vrijednosti između -1 i 1. Apsolutna vrijednost koeficijenta korelacije ukazuje na jačinu povezanosti između varijabli (Tab. 2.6).

Tablica 2.6. Jačina povezanosti između varijabli u ovisnosti o apsolutnoj vrijednosti koeficijenta korelacije

Apsolutna vrijednost koeficijenta korelacije	**Jačina povezanosti između varijabli**
$\lvert r \rvert = 1$	Potpuna korelacija
$0{,}8 \leq \lvert r \rvert < 1$	Jaka korelacija
$0{,}5 \leq \lvert r \rvert < 0{,}8$	Srednje jaka korelacija
$0{,}2 \leq \lvert r \rvert < 0{,}5$	Relativno slaba korelacija
$0 < \lvert r \rvert < 0{,}2$	Neznatna korelacija
$\lvert r \rvert = 0$	Potpuna odsutnost korelacije

Koeficijent determinacije definira se kao omjer sume kvadrata odstupanja protumačene regresijom i sume kvadrata ukupnih odstupanja. Izračunava se prema izrazu (2.26) [175]:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{Y})^2} \tag{2.26}$$

gdje je:

$\hat{y}_i$ - jednadžba modela regresije,

$\overline{Y}$ - aritmetička sredina varijable Y,

y_i - vrijednost zavisne varijable.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu opisani su tekstilni materijali, postupci obrade, mjerne metode i uređaji na kojima su izvedena istraživanja problematike iz ovog doktorskog rada.

3.1. Tekstilni materijali

Opisani su tekstilni materijali koji su korišteni u doktorskom radu kao i njihove konstrukcijske značajke i to:

- poliamidna tkanina s bakrenim nanosom, oznake MP1,
- poliesterska tkanina s bakrenim nanosom, oznake MP2,
- poliamidno pletivo s posrebrenim nitima, oznake MP3,
- tkanina od mješavine modakrila i pamuka s inox vlaknima, oznake MP4,
- tkanina od mješavine poliestera i pamuka s ugljikovim vlaknima, oznake MP5.

Konstrukcijske značajke ispitivanih uzoraka prikazane su u Tab. 3.1. do Tab. 3.5.

Poliamidna tkanina s bakrenim nanosom, MP1

Funkcionalna međupodstavna tkanina s bakrenim nanosom, MP1 patentirana od *Kufner GmbH*, Njemačka (sl. 3.1), čije su značajke dane u Tab. 3.1.

Tablica 3.1. Značajke međupodstavne poliamidne tkanine s bakrenim nanosom, MP1

Značajke	**MP1**
Sirovinski sastav (%)	100 % poliamidni filament
Površinska masa (g/m^2)	57
Gustoća niti osnove (niti /10 cm)	500
Gustoća niti potke (niti /10 cm)	250
Finoća pređe osnove (tex)	6,35
Finoća pređe potke (tex)	6,1
Debljina tkanine - neobrađene (mm)	0,11
Debljina tkanine -10 kemijskih čišćenja (mm)	0,07
Debljina tkanine -10 mokrih čišćenja (mm)	0,072
Vez tkanine	Platno (P1/1)

Slika 3.1. Međupodstavna tkanina s bakrenim nanosom, MP1 otkana u platnu (P1/1)

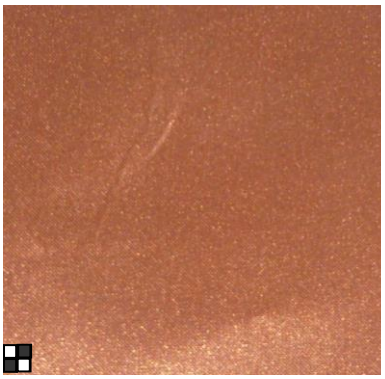
Osnovna namjena međupodstavne tkanine MP1 je zaštita (oklapanje) od elektromagnetskog mikrovalnog zračenja. Predviđena je za ušivanje u džepove odjevnih predmeta (sakoa, jakni, hlača i drugih odjevnih predmeta) u kojima se najčešće nose mobilni uređaji.

Poliesterska tkanina s bakrenim nanosom, MP2

Značajke međupodstavne poliesterske tkanine s bakrenim nanosom (MP2) prikazane su u Tab. 3.2. Međupodstavna tkanina s bakrenim nanosom posjeduje veću površinsku masu za cca 28 g/m^2 od međupostave s oznakom MP1. Namjena ove međupodstavne tkanine je zaštita (oklapanje) od elektromagnetskog mikrovalnog zračenja. Tkanina je otkana u platnu (P1/1), ton boje bakra, dobavljač *Less EMF Inc*. USA (sl. 3.2).

Tablica 3.2. Značajke međupodstavne poliesterske tkanine s bakrenim nanosom, MP2

Značajke	**MP2**
Sirovinski sastav (%)	100 % poliestersko vlakno
Površinska masa (g/m^2)	84,75
Gustoća niti osnove (niti/10 cm)	580
Gustoća niti potke (niti/ 10 cm)	400
Finoća pređe osnove (tex)	7,36
Finoća pređe potke (tex)	9,71
Debljina tkanine - neobrađene (mm)	0,08
Debljina tkanine -10 kemijskih čišćenja (mm)	0,07
Debljina tkanine -10 mokrih čišćenja (mm)	0,075
Vez tkanine	Platno (P1/1)



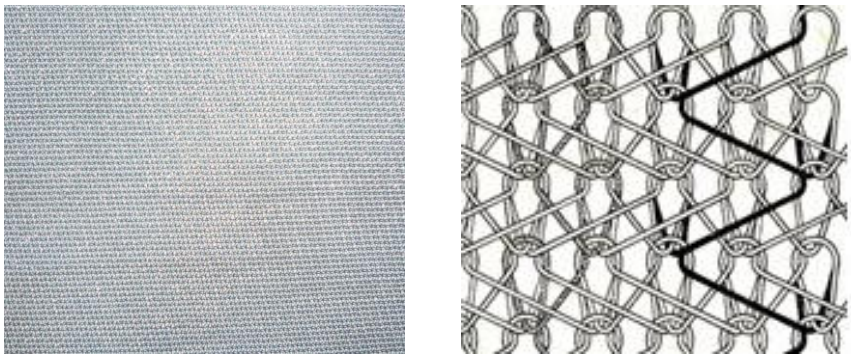
Slika 3.2. Međupodstavna tkanina s bakrenim nanosom, MP2 otkana u platnu (P1/1)

Poliamidno pletivo s posrebrenim nitima, MP3

Značajke međupodstavnog poliamidnog pletiva s posrebrenim nitima (MP3) prikazane su u Tab. 3.3. Međupodstavno poliamidno pletivo s posrebrenim nitima je vrlo lagana međupodstava (35,85 g/m^2), ispletena u charmeuse prepletu, tona boje srebra (sl. 3.3). Pletivo je namijenjeno za zaštitu (oklapanje) od mikrovalnog zračenja. Može se koristiti i u medicinske svrhe obzirom na antimikrobna svojstva srebra. Dobavljač pletiva je tvrtka *Less EMF Inc.*, USA.

Tablica 3.3. Značajke međupodstavnog poliamidnog pletiva s posrebrenim nitima, MP3

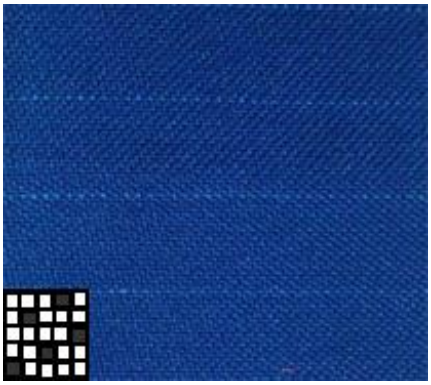
Značajke	**MP3**
Sirovinski sastav	100 % poliamid
Površinska masa (g/m^2)	35,85
Gustoća pletiva nizova (očica /10 cm)	150
Gustoća pletiva redova (očica /10 cm)	125
Debljina pletiva- neobrađeno (mm)	0,15
Debljina pletiva -10 kemijskih čišćenja (mm)	0,162
Debljina pletiva- 10 mokrih čišćenja (mm)	0,165
Preplet pletiva	*Charmeuse*



Slika 3.3. Međupodstavno pletivo s posrebrenim nitima MP3 u *charmeuse* prepletu

Tkanina od mješavine modakrila i pamuka s inox vlaknima, MP4

Značajke tkanine od mješavine modakrila i pamuka s inox vlaknima (MP4) prikazane su u Tab. 3.4. Zaštitna tkanina s inox vlaknima otkana u atlasu (A1/4 (2)) proizvedena je u tt. Čateks d.d. Čakovec. Ton boje je tamno plavi. Inox vlakna su utkana u nit svakih 1 cm u smjeru potke, što tkanini daje zaštitna svojstva (sl. 3.4). Tkanina je proizvedena na zračno-mlaznom tkalačkom stroju tt. *Picanol*, tipa OMNI + 800, radne širine 190 cm i brzine 750-900 pritkaja min^{-1}, što ovisi o tipu pređe i gustoći. Površinska masa tkanine s oznakom MP4 je 258 g/m^2, pa se može koristiti za izradu zaštitne odjeće radnika koji rade u područjima povećane izloženosti elektromagnetskim zračenjima.



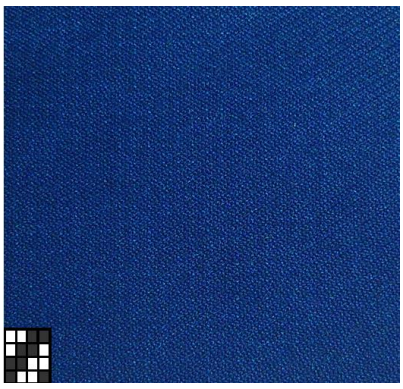
Slika 3.4. Zaštitna tkanina s inox vlaknima, MP4 otkana u atlasu (A1/4 (2))

Tablica 3.4. Značajke tkanine od mješavine modakrila i pamuka s inox vlaknima, MP4

Značajke	**MP4**
Sirovinski sastav osnova	54 % modakrilno vlakno (MAC); 46 % pamuk;
Sirovinski sastav potka	54 % modakrilno vlakno (MAC); 44 % pamuk; 2 % inox vlakno
Površinska masa (g/m^2)	258
Gustoća niti osnove (niti /10 cm)	360
Gustoća niti potke (niti /10 cm)	240
Finoća pređe osnove (tex)	38
Finoća pređe potke (tex)	39
Debljina tkanine - neobrađene (mm)	0,48
Debljina tkanine -10 kemijskih čišćenja (mm)	0,45
Debljina tkanine -10 mokrih čišćenja (mm)	0,452
Vez tkanine	Atlas (A1/4 (2))

Tkanina od mješavine poliestera i pamuka s ugljikovim vlaknima, MP5

Značajke tkanine od mješavine poliestera i pamuka s ugljikovim vlaknima MP5 prikazane su u Tab. 3.5. Tkanina s antistatičkim vlaknom ugljika otkana je u keperu (K2/2 D), gdje je u svaku petu nit u smjeru potke utkana nit s ugljikovim vlaknima. Ispitivana tkanina proizvedena u tt. Čateks d.d. Čakovec. Ton boje je tamnoplavi (sl. 3.5). Tijekom ispitivanja načinjena su preliminarna mjerenja učinkovitosti zaštite od mikrovalnog zračenja. Nakon mjerenja zaštitnih svojstava i obrade rezultata na uzorcima MP5 utvrđena su loša zaštitna svojstva (niske SE vrijednosti) neobrađenih uzoraka, te se nisu radila daljnja mjerenja, kao ni ciklusi kemijskih i mokrih čišćenja.



Slika 3.5. Tkanina s ugljikovim vlaknima MP5 otkana u keperu (K2/2 D)

Tablica 3.5. Značajke tkanine od mješavine poliestera i pamuka s ugljikovim vlaknima MP5

Značajke	**MP5**
Sirovinski sastav osnova	50 % poliestersko vlakno; 50 % pamuk;
Sirovinski sastav potka	49 % poliestersko vlakno; 50 % pamuk; 1 % ugljikova vlakna
Površinska masa (g/m^2)	251
Gustoća niti osnove (niti /10 cm)	320
Gustoća niti potke (niti /10 cm)	230
Finoća pređe osnove (tex)	40
Finoća pređe potke (tex)	36
Debljina tkanine (mm)	0,47
Vez tkanine	Keper (K2/2 D)

Sendvič strukture

Za potrebe ispitivanja na zaštitnim međupodstavama izrađene su višeslojne sendvič strukture (imitacije prednjih dijelova muškog sakoa) s međupodstavama MP1, MP2 i MP3. Tijek izrade uzoraka sendviča odvijao se na sljedeći način:

- izbor osnovne tkanine,
- izbor ljepljive međupodstave,
- izbor podstavne tkanine,
- iskrojavanje uzoraka,
- frontalno fiksiranje osnovne tkanine i ljepljive međupodstave,
- slaganje sendviča s MP1, MP2 i MP3 (fiksirana osnovna tkanina s ljepljivom međupodstavom, međupodstave MP1, MP2 ili MP3, podstava),
- šivanje - spajanje svih ugradbenih materijala u višeslojnu sendvič strukturu.

U Tab. 3.6 dane su značajke ugradbenih materijala (osnovne tkanine, ljepljive međupodstave i podstave), koji s međupodstavnim materijalima MP1, MP2 i MP3 čine višeslojne sendvič strukture.

Tablica 3.6. Značajke osnovne tkanine, ljepljive međupodstave i podstave

Značajke	Osnovna tkanina	Ljepljiva međupodstava	Podstava
Sirovinski sastav (%)	53% poliestersko vlakno; 43% vuna; 4% elastansko vlakno	100 % poliestersko vlakno	100% viskoza
Površinska masa (g/m^2)	184	82,5	72
Gustoća osnove (niti/10 cm)	400	280	540
Gustoća potke (niti/10 cm)	320	140	280
Finoća pređe osnove (tex)	33	9,75	8
Finoća pređe potke (tex)	20	31	14,65
Debljina tkanine (mm)	0,34	0,15	0,13
Vez tkanine	Keper (K2/1 D)	Keper (K3/1 D)	Platno (P1/1)

Kao što je već prije naglašeno, međupodstave s zaštitnim svojstvima od EM zračenja su predviđene za ušivanje u džepove različitih vrsta odjevnih predmeta (muški sako, ženski sako, hlače, suknje, kapute, jakne, sportska odjeća i sl.). Na slici 3.6 dan je prikaz muškog sakoa i detalja unutarnjeg džepa koji je predviđen za nošenje mobilnih uređaja, u koji je ušivena funkcionalna zaštitna međupodstava, a u Tab. 3.7. konstrukcijske mjere za muški sako odjevne veličine 50 [177].

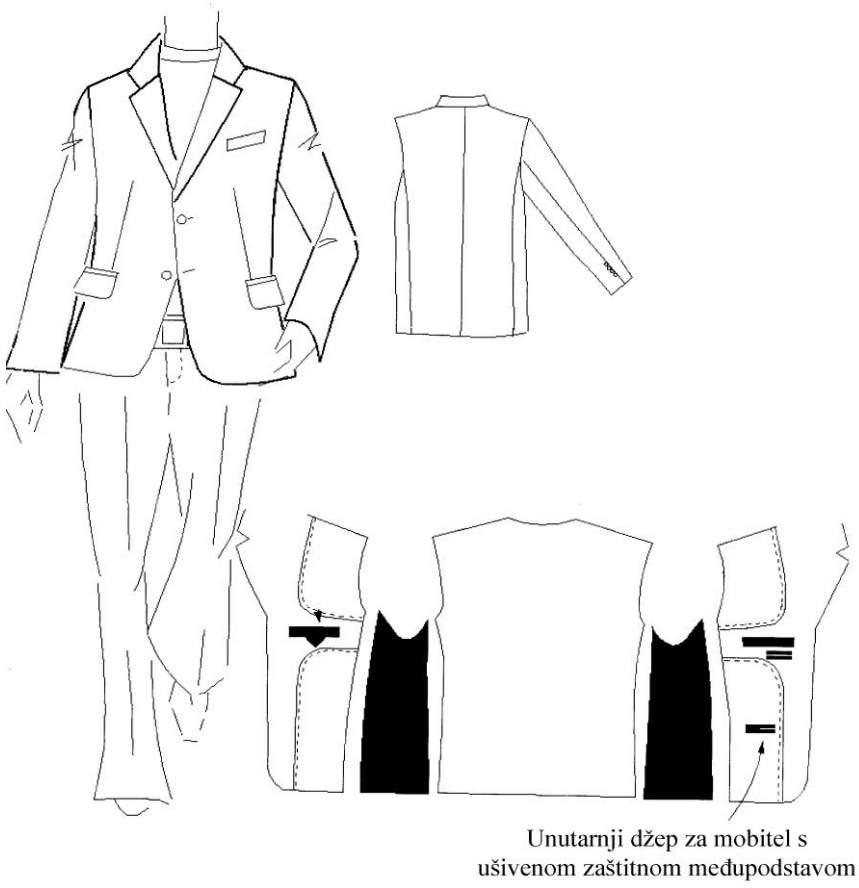
Oznaka odjevne veličine 50

Glavne tjelesne mjere:

1. Tjelesna visina (Tv) = 177 cm
2. Opseg grudi (Og) = 100 cm
3. Opseg struka (Os) = 90 cm
4. Opseg bokova (Ob) = 104 cm

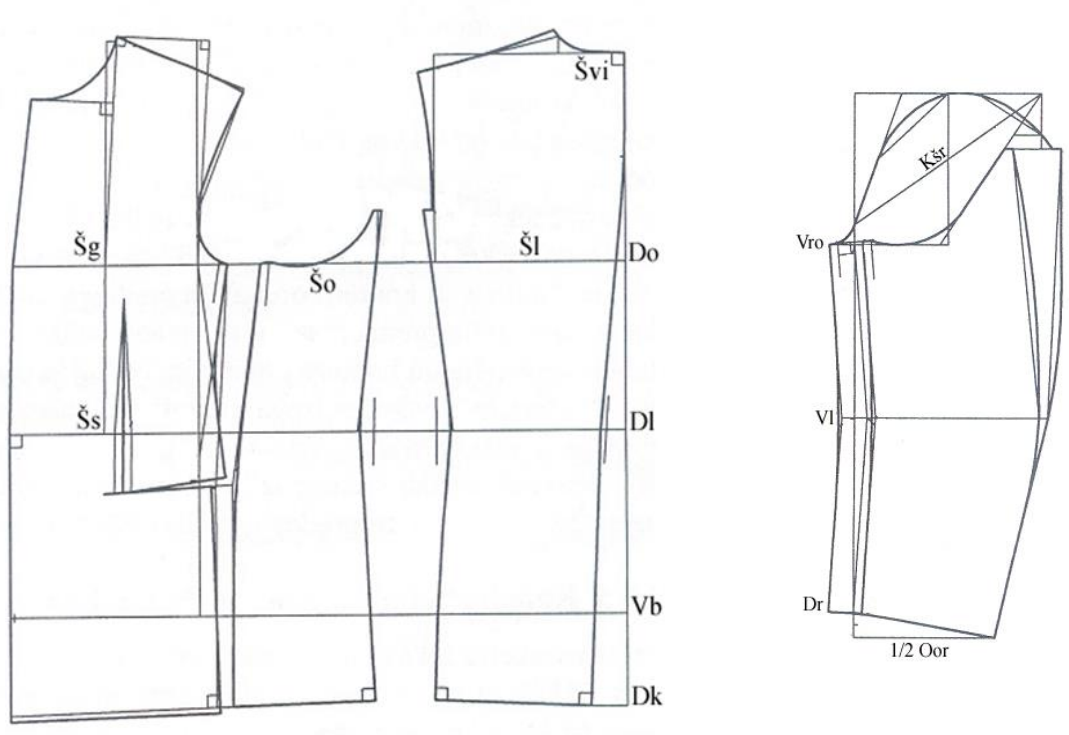
Tablica 3.7. Konstrukcijske mjere

Oznaka	Opis	Matematički izraz	Iznos (cm)
Do	Dubina orukavlja	1/8 Og + 12 do 12,5 cm	24,50
Dl	Duljina leđa	1/4 Tv	44,25
Vb	Visina bokova	3/8 Tv	66,30
Dk	Duljina kroja	1/2 Tv – 10 cm	78,50
Švi	Širina vratnog izreza	1/20 Og + 3 cm	8,00
Vpd	Visina prednjeg dijela	Do + 2 do 2,5 cm	26,50
Šl	Širina leđa	2/10 Og + 1,5 do 2 cm	22,00
Šo	Širina orukavlja	1/8 Og + 5,5 cm	18,00
Šg	Širina grudi	2/10 Og + 2,5 do 3 cm	22,50
Šs	Širina struka	1/4 Os + 0,5 cm	23,00



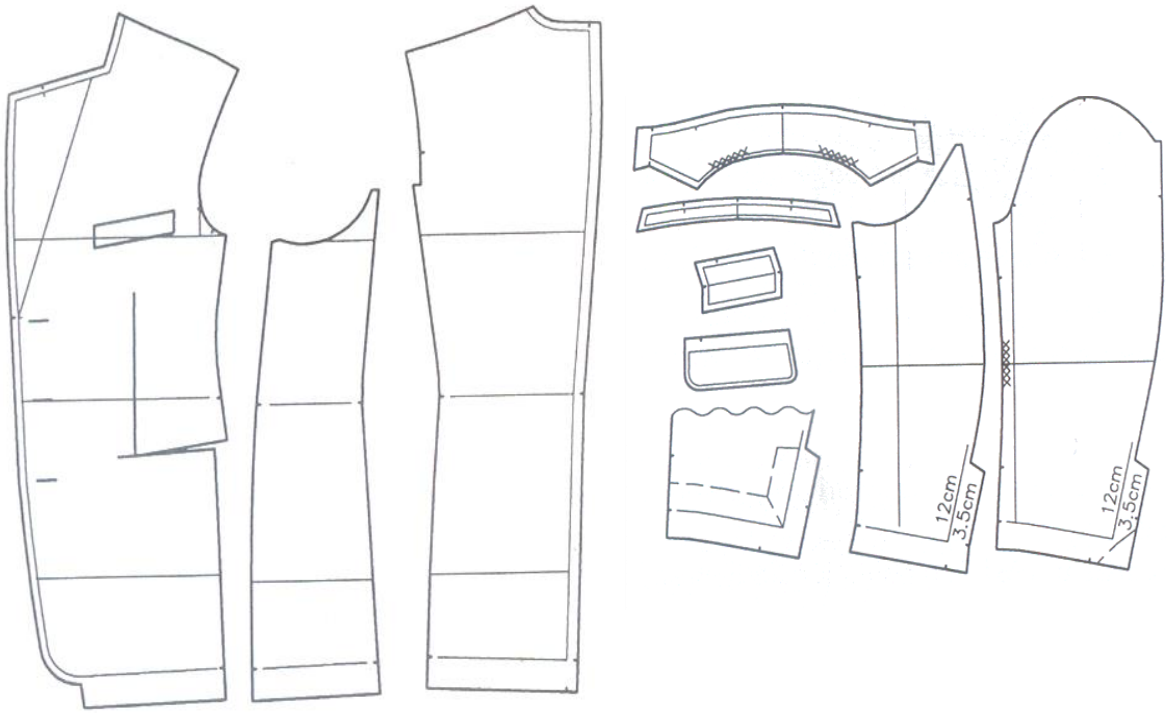
Slika 3.6. Muški sako s unutarnjim džepom s ušivenom zaštitnom međupodstavom

Konstrukcija odjeće se temelji na izradi temeljnog kroja koji se mijenja ovisno o obliku kroja i materijala od kojeg se izrađuje odjevni predmet. Konstrukcija temeljnog kroja racionalizira se postupcima modeliranja tako da slijedeći model relativno sličnog odjevnog predmeta ne iziskuje novu konstrukciju, već se na temelju postojećeg kroja mogu izvesti konstrukcijski zahvati i potrebne promjene. Pod postupcima modeliranja se podrazumijeva premještanje ušitaka i šavova, određivanje novih razdjelnih šavova, dodavanje nabora, raznih dodataka i sl. Na temelju glavnih tjelesnih mjera izračunate su konstrukcijske mjere, te je pristupljeno izradi konstrukcije temeljnog kroja muškog sakoa (sl. 3.7.). Konstrukcija temeljnog kroja muškog sakoa (osnovne tkanine, podstavne tkanine i međupodstave) temelji se na pravilima konvencionalne konstrukcije [177].

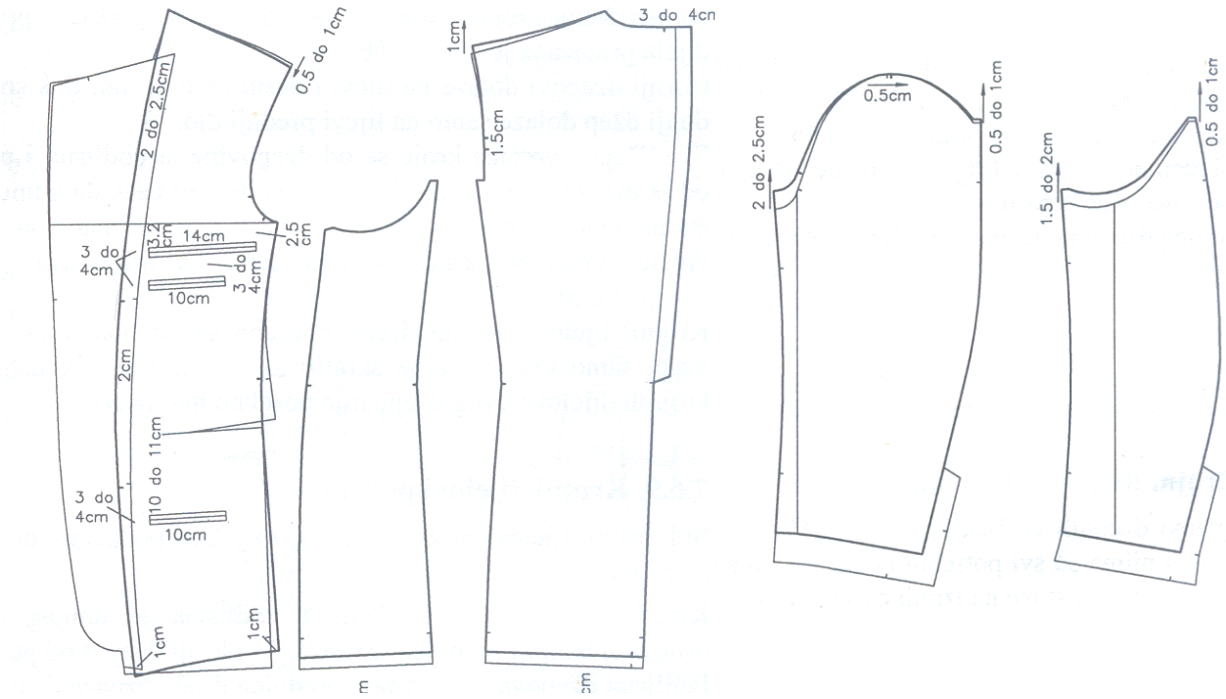


Slika 3.7. Konstrukcija temeljnog kroja muškog sakoa

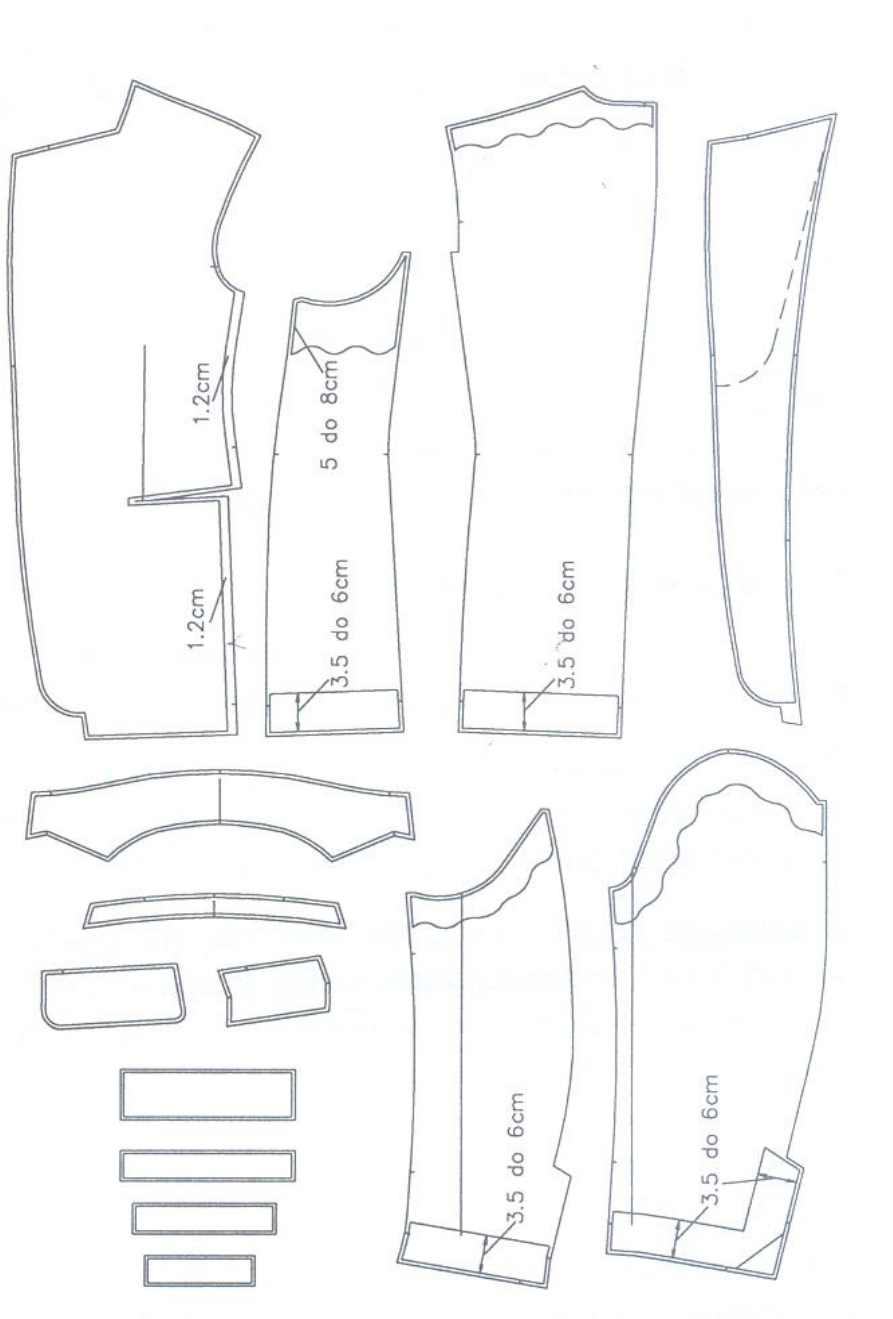
Krojnim dijelovima muškog sakoa dodani su šavni dodaci (sl. 3.8.). Konstrukcija podstave muškog sakoa prikazana je na sl. 3.9., a na sl. 3.10. prikazana je konstrukcija međupodstave za muški sako.



Slika 3.8. Krojni dijelovi muškog sakoa s dodanim šavnim dodacima



Slika 3.9. Konstrukcija podstave za muški sako



Slika 3.10. Konstrukcija međupodstave za muški sako

3.2. Postupci obrade uzoraka

Tijekom pripreme uzoraka i ispitivanja, na uzorcima su korišteni slijedeći tehnološki postupci:

- krojenje,
- frontalno fiksiranje,
- šivanje,
- glačanje,
- kemijsko čišćenje i
- mokro čišćenje.

Tehnološki postupci (krojenje, frontalno fiksiranje, šivanje i glačanje) izvedeni su u stvarnim tehnološkim uvjetima procesa proizvodnje odjeće tt. Varteks d.d., Varaždin. Postupci profesionalne njege (kemijsko i mokro čišćenje) provedeni su u kemijskoj čistionici Lemia d.o.o., Zagreb.

3.2.1. Tehnološki proces krojenja

U tehnološkom procesu proizvodnje odjeće tt. Varteks d.d., Varaždin, u krojnici je izvedeno ručno krojenje svih ispitivanih uzoraka ugradbenih materijala (osnovne tkanine, ljepljivih međupodstava, međupodstava sa zaštitnim svojstvima MP1, MP2 i MP3, podstava, tkanina od mješavine modakrila i pamuka s inox vlaknima MP4 i tkanina od mješavine poliestera i pamuka s ugljikovim vlaknima MP5, veličine 110 x 110 cm. Tijekom izrade sendviča s MP1, MP2 i MP3, nakon krojenja pristupilo se tehnološkom postupku frontalnog fiksiranja.

3.2.1.1. Frontalno fiksiranje

Iskrojeni uzorci osnovne tkanine i ljepljive međupodstave podvrgnuti su tehnološkom postupku frontalnog fiksiranja u tt. Varteks d.d., na stroju za kontinuirano fiksiranje *Meyer RPS JUNIOR* (sl. 3.11.).

Slika 3.11. Kontinuirani stroj za frontalno fiksiranje *Meyer RPS JUNIOR*

Za postizanje kvalitetno fiksiranih izradaka na stroju *Meyer RPS JUNIOR*, potrebno je zadane parametre (temperaturu, tlak i vrijeme fiksiranja), programirati na kontrolnoj ploči (sl. 3.12) i naknadno provjeriti.

Slika 3.12. Kontrolna ploča na stroju za frontalno fiksiranje *Meyer RPS JUNIOR*

Nakon provjere, parametri na stroju za frontalno fiksiranje su iznosili:

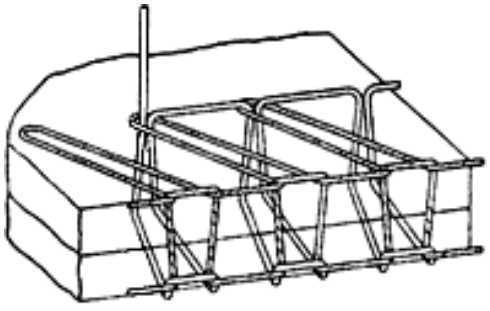
- temperatura - zadana na stroju za fiksiranje: 127^0C,
- temperatura - unutar stroja za fiksiranje: 125^0C,
- vrijeme fiksiranja: 16 s,
- brzina prolaza tkanine kroz stroj za fiksiranje: 4 m/min,
- tlak fiksiranja: 5,8 N/cm^2.

3.2.2. Tehnološki proces šivanja

Za spajanje svih ugradbenih materijala u višeslojnu sendvič strukturu, korišten je specijalni šivaći stroj za obamitanje rubova materijala marke Brother EF4 V71 / V72 (sl. 3.13). Svi rubni šivaći ubodi porijeklo izvode od lančanih uboda kod kojih se petlja konca hvatala prenosi oko ruba materijala na gornju površinu materijala gdje ju ponovno zahvaća igla tijekom izvedbe slijedećeg uboda [73]. Prepoznatljiv oblik blok kućišta imaju glave specijalnih šivaćih strojeva za obamitanje, što se vidi na slici 3.13.

Slika 3.13. Specijalni šivaći stroj za obamitanje Brother EF4 V71 / V72

Specijalni šivaći stroj za obamitanje tt. Brother EF4 V71 / V72 ima jednu iglu i tri konca, tip uboda 504, širina uboda 5 mm, diferencijalni transport zupcima od 0,7 do 2 mm. Stroj postiže najveću brzinu šivanja do 6700 min^{-1} s izravnim pogonom iglenjače i poboljšanim središnjim podmazivanjem stroja.



Slika 3.14. Tip uboda 504 [178]

Na slici 3.14 [178, 179] prikazan je tip šivaćeg uboda 504 koji je korišten za sastavljanje višeslojnih struktura sendvič uzoraka.

3.2.3. Tehnološki postupak glačanja odjeće

Nakon mjerenja učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja na neobrađenim uzorcima sendviča, sendvič uzorci su ponovno vraćeni u proizvodnju gdje se načinjeni postupci glačanja i prešanja, što je uobičajeni slijed tehnoloških operacije tijekom izrade muškog sakoa. Glačanje je izvodeno na stolu za glačanje (sl. 3.15) s parnim glačalom marke *Veit*. Glačanje je izvedeno na parnom glačalu marke *Veit* pri:

- temperaturi od 200^0C i
- vremenu od 14 s (uz prisutnost pare).

Slika 3.15. Stol za glačanje i glačalo marke *Veit*

Nakon glačanja na stolu za glačanje, uslijedile su tehnološke operacije glačanja (prešanja) na stroju marke *Hoffman* (sl. 3.16), zatim na stroju marke *Brisay*, (prema planu tehnoloških operacija za proizvodnju muškog sakoa). Glačanje (prešanje) na strojevima je izvedeno pod slijedećim uvjetima:

- temperatura: 140^0C,
- tlak: 4 N/cm^2,
- vrijeme naparivanja: 6s.

Slika 3.16. Stroj za glačanje (prešanje) marke *Hoffman*

Tijekom tehnološkog procesa izrade na prednjem dijelu muškog sakoa prvo glačanje (prešanje) izvodi se međufazno (tijekom procesa šivanja). Na sašivenom sakou u tehnološkom procesu dorade izvodi se tehnološka operacija glačanja (prešanja) prednjih dijelova sakoa na stroju za glačanje (sl. 3.17).

Slika 3.17. Stroj za glačanje (prešanje) marke *Brisay*

Nakon glačanja i prešanja na uzorcima sendviča je izmjerena učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja, a zatim su podvrgnuti postupcima profesionalne njege.

3.2.4. Kemijsko čišćenje

Mjerenja zaštitnih svojstava uzoraka (MP1, MP2, MP3 i MP4), kao i na sendvičima s MP1, MP2 i MP3 izvedena su nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa kemijskog čišćenja. Kemijsko čišćenje odjevnih predmeta sastoji se od:

- pripreme (pregled i sortiranje),
- preddetaširanja (lokalno uklanjanje mrlja prije postupka kemijskog čišćenja),
- strojnog čišćenja (postupak čišćenja s perkloretilenom - PER-om),
- kontrole čišćenja (pregled odjeće nakon kemijskog čišćenja),
- detaširanja (nakon kemijskog čišćenja),
- glačanja (glačanje očišćene odjeće),
- kontrole i
- evidencije o kretanju odjeće.

Stroj za kemijsko čišćenje je sukladno tehničkim zahtjevima redovito kontroliran i pripremljen za proces. Pri tome je potrebno napomenuti da je proces racionalno vođen uz uštedu energije i otapala, uz potrebne ekološke i sigurnosne smjernice [180, 181].

Ispitivanje postojanosti odabranih uzoraka na kemijsko čišćenje je načinjeno prema normi HRN EN ISO 3175-2:2010 [182]. Postupak kemijskog čišćenja je proveden u profesionalnoj kemijskoj čistionici Lemia d.o.o., Zagreb, u stroju PROGRESS – Renzacci (sl. 3.18) po dvokupeljnom postupku prema Tab. 3.7.

Slika 3.18. Stroj za kemijsko čišćenje *Renzacci*

U Tab. 3.8 dani su uvjeti postupka kemijskog čišćenja (koji se odvijao kroz tri faze) i temperatura glačanja.

Tablica 3.8. Proces kemijskog čišćenja

Kemijsko čišćenje	**PRVA FAZA Predčišćenje s pojačivačem**	**DRUGA FAZA Čišćenje**	**TREĆA FAZA Sušenje**	**GLAČANJE**
Temperatura (^{0}C)	20	20	60	110
Vrijeme (min)	4	6	30 (5/5)	-
Broj okretaja (^{0}/min)	300	360	-	-
PER (l)	20	40	-	-
Mega super star (%)	2	-	-	-
OK	1:2	1:4	-	-

Omjer kupelji (OK) predstavlja odnos količine suhog rublja u kilogramima prema volumenu kupelji za pranje u litrama i iskazan je izrazom (3.1):

$$OK = \frac{rublje}{volumen}\left[\frac{kg}{l}\right] \tag{3.1}$$

3.2.5. Mokro čišćenje

Za potrebe istraživanja uzorci MP1, MP2, MP3 i MP4, kao i sendviči s MP1, MP2 i MP3 bili su podvrgnuti postupku mokrog čišćenja. Postupak mokrog čišćenja je proveden u profesionalnoj kemijskoj čistionici Lemia, u nekoliko faza:

- predobrada,
- obrada – mokro čišćenje,
- naknadna dorada i
- sušenje.

Na slici 3.19 prikazan je stroj Renzacci za mokro čišćenje u Lemia d.o.o., u kojem je proveden postupak mokrog čišćenja na svim uzorcima (MP1, MP2, MP3 i MP4 i sendviči s MP1, MP2 i MP3).

Slika 3.19. Stroj za mokro čišćenje *Renzacci*

U Tab. 3.9 dani su uvjeti programa čišćenja za vrlo osjetljive tkanine.

Tablica 3.9. Program čišćenja za vrlo osjetljive tkanine

Element	**Okretanje bubnja**	**OK**	**Temperatura (^{0}C)**	**Vrijeme (min)**	**Sredstvo (ml/kg)**
Pranje bez vrtnje za vrijeme uzimanja vode	A (3 s) P (24 s)	Niski 1:4	20	10	Oldopal B*asic* 15
Odvođenje vode - ispust	Bez okretanja	-	-	1	-
Centrifuga	400 o/min	-	-	1	-
Ispiranje bez vrtnje za vrijeme uzimanja vode	A (3 s) P (24 s)	Niski 1:4	hladno	4	-
Odvođenje vode - ispust	Bez okretanja	-	-	1	-
Ispiranje bez vrtnje za vrijeme uzimanja vode	A (3 s) P (24 s)	Niski 1:4	hladno	3	Oldopal *Prefinish* 20
Odvođenje vode - ispust	Bez okretanja	-	-	1	-
Centrifuga	400 o/min	-	-	2	-
Sušenje na 50-60^{0}C, 2 min u sušilici, a zatim na zraku ***A – djelovanje; P – stanka; R - promjena smjera***					

Centrifugalna sila je proporcionalna radijusu srednjeg prstena pranja odnosno promjeru centrifuge i raste s kvadratom broja okretaja. Centrifugalna sila koja djeluje na rublje izražava se izrazom (3.2) [113]:

$$F_c = m \cdot r \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 = \frac{m \cdot v^2}{r} \qquad (3.2)$$

gdje je:

m - masa centrifugirane vlažne robe (kg),

r - radijus središnjeg prstena pranja (m),

n - broj okretaja (min^{-1}),

v - obodna brzina (ms^{-1}).

3.3. Mjerne metode i aparati

U ovom radu na uzorcima su ispitane:

- konstrukcijske značajke plošnih proizvoda,
- mehanička svojstava,
- karakterizacija površine i
- učinkovitost zaštite od elektromagnetskog mikrovalnog zračenja.

3.3.1. Značajke tekstilnih plošnih proizvoda

Tijekom utvrđivanja osnovnih značajki tekstilnih plošnih proizvoda osnovno je odrediti pripadnost jednoj od osnovnih vrsta plošnih proizvoda (tkanina, pletivo, netkana tekstilija) i način povezivanja niti pređe u plošni proizvod tj. vez ili preplet ili vrstu netkane tekstilije [41].

Na ispitivanim uzorcima tkanina i pletiva utvrđeni su konstrukcijski parametri:

- površinska masa (g/m^2),
- gustoća niti osnove (niti/10 cm) / broj nizova (očica/nizu 10 cm),
- gustoća niti potke (niti/10 cm) / broj redova (očica/redu 10 cm),
- finoća pređe osnove (tex),
- finoća pređe potke (tex),
- debljina (mm),
- vez i
- preplet.

Površinska masa predstavlja masu jednog kvadratnog metra plošnog proizvoda izraženu u gramima. Jedinica za površinsku masu je g/m^2. Površinska masa se utvrđuje prema normi HRN ISO 3801:2003 [183].

Gustoća niti u tkanini utvrđuje se brojanjem i prikazuje se kao broj osnovinih i broj potkinih niti na duljini od 10 cm. Za brojanje se može koristiti povećalo (tekstilna lupa) kvadratnog oblika dimenzija 1x1 cm. Rade se najmanje 3 paralelna mjerenja, a kao krajnji rezultat daje se aritmetička sredina tih mjerenja zaokružena na 1/2 niti. Mjerenja se izvode na epruvetama veličine:

- 10 cm za tkanine gustoće do 100 niti/10 cm,
- 5 cm za tkanine gustoće od 100 do 500 niti/10 cm,
- 2 cm za tkanine gustoće iznad 500 niti/10 cm.

Gustoća niti u tkanini [broj/cm] utvrđen je prema normi HRN EN 1049-2:2003 [184].

Gustoća pletiva definira se kao broj nizova i redova na duljini od 10 cm prema normi HRN EN 14971:2008 [185]. Izmjerena je paranjem epruvete određene duljine uz pomoć povećala. Povećalom površine 1x1 cm određena je tzv. orijentacijska gustoća. Na temelju dobivenog rezultata određena je potrebna veličina epruvete čijom je dekompozicijom određena točna gustoća.

Veličina epruvete ovisi o gustoći, i to:

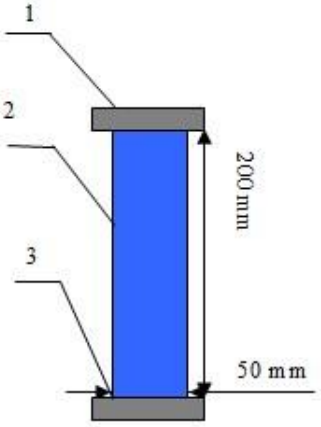
- 10 cm, za gustoću do 100 niti/10 cm,
- 5 cm, za gustoću od 100 do 500 niti/10 cm,
- 2 cm, za gustoću iznad 500 niti/10 cm.

Za određivanje gustoće pletiva, napravljena su tri paralelna mjerenja, a kao rezultat prikazana je aritmetička sredina zaokružena na 1/2 niti.

Debljina plošnih proizvoda određena je mjernim postupkom kao razmak između dvije ravne metalne paralelne ploče. Gornja ploča nalazi se pod pritiskom i naziva se pritiskivač. Uređaj za mjerenje debljine naziva se debljinomjer. Konačni rezultat se dobije nakon 10 ponovljenih mjerenja i izražava se u mm. Određivanje debljine izvedeno je prema normi HRN EN ISO 5084:2003 [186].

3.3.2. Ispitivanje mehaničkih svojstava plošnih proizvoda

Pod prekidnom silom podrazumijeva se najveća sila koja djeluje na epruvetu do kidanja prve niti tekstila. To je otpor koji proizvod određenih dimenzija pruža kidanju u pravcu djelovanja sile. Promjena duljine u trenutku prekida zove se prekidno istezanje [41]. Postupak kidanja epruvete za ispitivanje proveden je tako da su iz ispitivanih uzoraka (MP1, MP2 i MP4) izrezane epruvete dimenzija 350x50 mm, s različitih dijelova uzoraka. Mjerenja su izvedena na pet epruveta u smjeru osnove i pet epruveta u smjeru potke za svaki uzorak. Pripremljene epruvete, kondicionirane su na normalne okolnosti, a zatim su podvrgnute djelovanju vlačne sile do prekida. Kondicioniranje je provedeno tako da su epruvete odstajale najmanje 16 sati na uvjetima temperature od 20±2 °C i relativne vlažnosti od 65±5 %. Uzorci su umetnuti u donju stezaljku dinamometra koja je pokretna i gornju koja je nepokretna. Razmak između stezaljki namješten je na 200 mm, s tim da je prije zatezanja donje stezaljke epruveta opterećena predopterećenjem koje ovisi o površinskoj masi tkanine i kreće se u intervalu od 2 do 15 N. Svrha predopterećenja je osiguravanje uvijek jednake mjerne duljine pri ponovljenim mjerenjima. Brzina opterećenja ili istezanja bila je namještena tako da se prekid dogodio unutar 60±10 s, odnosno brzina kretanja donje stezaljke iznosila je 100 mm/min. U trenutku prekida, na dinamometru je očitana prekidna sila u N i prekidno istezanje u %. Na sl. 3.20 prikazan je kondicionirani uzorak u stezaljkama dinamometra.



Slika 3.20. Pripremljeni uzorak u stezaljkama dinamometra

gdje je: 1 – gornja nepokretna stezaljka dinamometra;

2 – ispitivani uzorak;

3 – donja pomična stezaljka dinamometra.

Za razliku od tkanina, pletiva se sastoje od nizova i redova. Prekidna sila mjerena je u smjeru nizova i redova odnosno dužine i širine uzoraka. Kod uzorka MP3 ispitivanja su izvedena na pet epruveta u smjeru nizova i pet epruveta u smjeru redova prema normi [187]. Rezultati ispitivanja dani su posebno za širinu i duljinu, i to srednja vrijednost mjernih rezultata i statistički pokazatelji rasipanja mjernih vrijednosti.

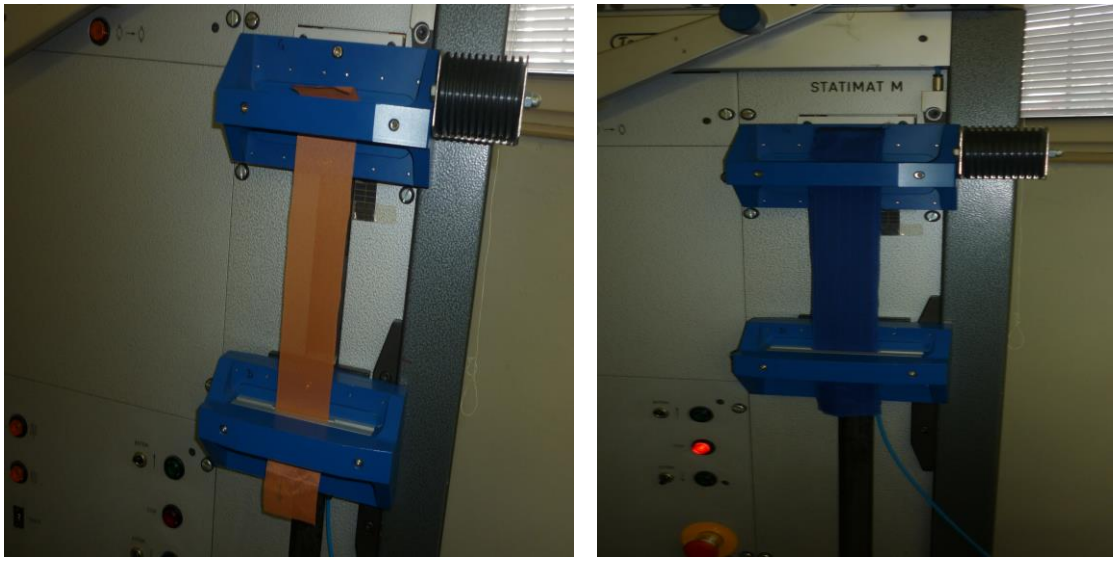
Ispitivanje mehaničkih svojstava (prekidne sile i istezanja) za tkanine provedeno je prema normi HRN ISO 13934/1 [187] u Zavodu za projektiranje i menadžment tekstila. Ispitivanje prekidne sile i istezanja mjereno je na dinamometru Statimat M tt. Textechno (sl. 3.21) u skladu s navedenom normom na pripremljenim kondicioniranim uzorcima.

Slika 3.21. Dinamometar za pređu i plošne proizvode *Statimat M, Textechno*

Glavni dio dinamometra je mikroprocesorski sustav kojim se programiraju uvjeti ispitivanja, upravlja samim tijekom ispitivanja, te statistički obrađuju dobiveni podaci. Brzina je podesiva od 3 do 10 000 mm/min. Maksimalni razmak između stezaljki iznosi 980 mm. Dinamometar ima uređaj za snimanje sila: F 10N, F 100N, F 1000N, te uređaj za odsisavanje [188].

Dinamometar je potpuno automatiziran, mikroprocesorski upravljan i radi po principu konstantne brzine istezanja (tzv. CRE metoda). Ispitivanje se izvodi pomoću dvije pneumatski aktivirane stezaljke od kojih je gornja statična, a donja pričvršćena na klizač za rastezanje.

Na slici 3.22. prikazan je postupak mjerenja prekidne sile i prekidnog istezanja na ispitivanim uzorcima tkanina MP1 i MP4.



a. b.

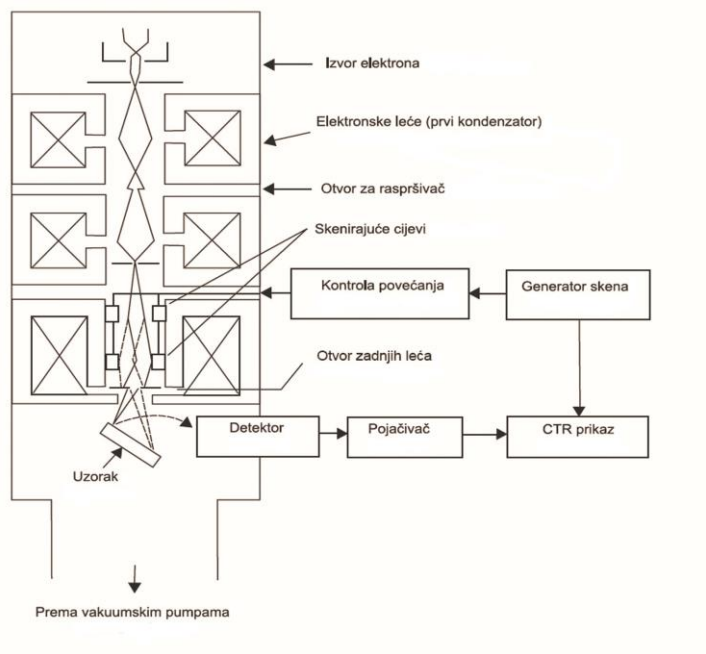
Slika 3.22. Mjerenje prekidne sile i prekidnog istezanja uzoraka tkanina: a) MP1; b) MP4

3.3.3. Značajke površine

Površinski izgled uzoraka načinjen je pomoću skenirajuće ili pretražne elektronske mikroskopije (SEM) u Zavodu za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju, Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta.

3.3.3.1. Skenirajući elektronski mikroskop (SEM) s energodisperzivnim detektorom X-zraka (EDS)

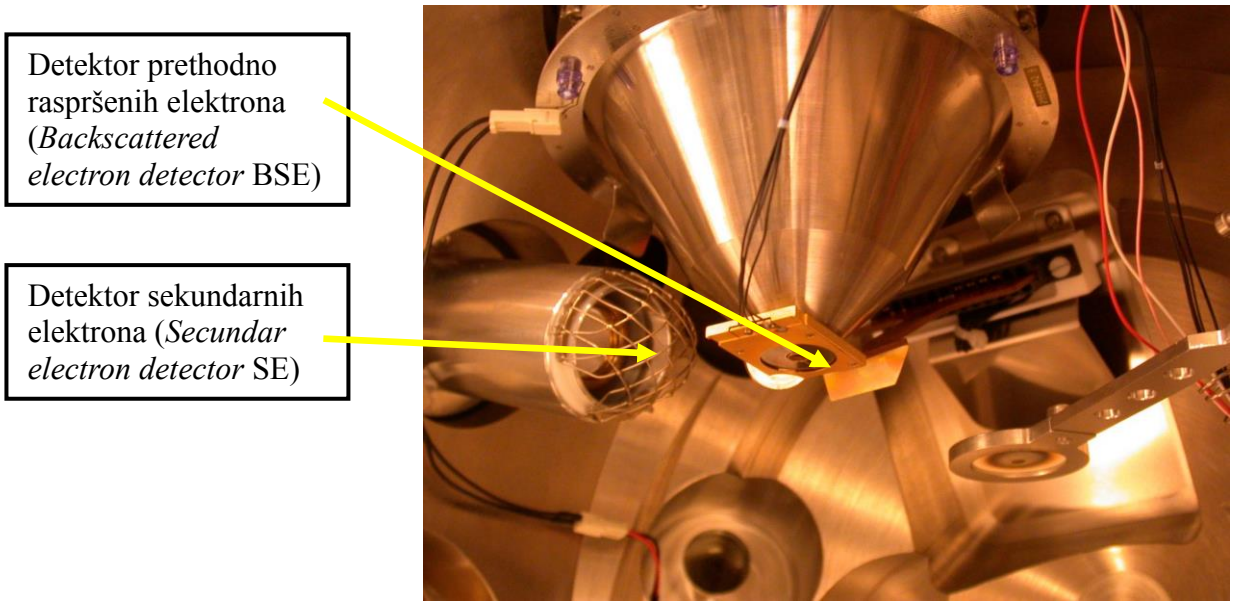
SEM se sastoji od elektronske kolone koja stvara snop elektrona; komore za uzorke, gdje snop elektrona "pada" na uzorak; detektore koji promatraju varijabilnost signala koji dolaze od interakcije uzorka i snopa; sustava za gledanje koji pretvara signale u vidljivu sliku (sl. 3.23).



Slika 3.23. Shematski prikaz glavnih dijelova SEM-a [189]

Komora elektronskog topa u kojoj se stvara snop elektrona nalazi se na vrhu kolone, u njoj elektrostatsko polje usmjerava elektrone koji se emitiraju iz vrlo malog dijela površine elektrode, kroz mali otvor na Wehnhelt-ovom cilindru, nakon čega elektronski top ubrzava elektrone niz kolonu prema uzorku s energijama koje se kreću u rasponu od nekoliko stotina do nekoliko desetaka tisuća eV [190]. Snop elektrona pobuđuje (izbijaju) elektrone u sastavu atoma uzorka. Energija elektrona iz snopa u izravnoj je proporciji s interaktivno pobuđenim elektronima iz uzorka. Energije proizašlih elektrona iz uzorka skupljaju se i mjere specijalnim detektorima i uz pomoć mikroprocesora stvara se pseudotrodimenzionalna slika valnih duljina elektrona jedinstvena za element koji se nalazi u uzorku. Snop elektrona izlazi iz kolone u komoru s uzorcima. U komori se nalazi ploča (*stage*) koja omogućuje manipulaciju s uzorkom, vrata, odnosno ladica, koja je ujedno i hermetički zabrtvljena, a služi za umetanje i uklanjanje uzorka, ulazni konektori za umetanje raznih detektora signala i ostalih dodatnih uređaja. Kako elektroni iz snopa prodiru na uzorak, tako predaju energiju, koja se emitira iz uzorka na nekoliko načina. Svako emitiranje znači i potencijalni signal za detektore, koji iz njih mogu kreirati odgovarajuću sliku. SEM konstruira virtualnu sliku iz signala koji su emitirani iz uzorka. Uređaj radi na način da elektronskim snopom skenira liniju po liniju preko kvadratnog predloška na površini uzorka. SEM za oblikovanje slike koristi elektrone umjesto svjetlosti. Zraka elektrona se proizvodi na vrhu mikroskopa zagrijavanjem metalnog filamenta ili djelovanjem snažnog električnog polja.

Zraka elektrona slijedi vertikalni put kroz kolonu te prolazi kroz elektromagnetske leće koje je usmjeravaju dalje prema uzorku. Jednom kad udari u uzorak, ostali elektroni (prethodno raspršeni ili sekundarni) se istjeraju iz uzorka. Detektori skupljaju elektrone i pretvaraju ih u signal pomoću kojeg nastane slika. Tipični promjer fokusirajućeg elektronskog snopa je promjera 5 nm i struja snopa oko 10-11 A [190]. Upadni elektroni se vraćaju bilo kao primarno raspršeni prema natrag (*Backscattered electrons* - BSE) ili kao sekundarno raspršeni (*Secundary electron* - SE) koji se najviše koriste za istraživanje površinskih karakterizacija (sl. 3.24).



Slika 3.24. Detektori SEM-a s BSE i SE elektronima

Sekundarni elektroni su niskih energija (manje od 50 eV) tako da samo oni stvoreni nekoliko nanometara ispod površine uzorka mogu izaći i biti detektirani. Najlakše se detektiraju sekundarni elektroni jer su vrlo brojni i malih energija [191].

Skenirajući elektronski mikroskop (SEM) omogućavaju istraživanje mikrostruktura nevidljivih ljudskom oku uvećanjem i do 1.000.000 puta. Zbog niske prodorne snage elektrona, uzorci za elektronsko mikroskopiranje moraju biti iznimno tanki. Za tu svrhu koristi se ultramikrotom koji je opremljen dijamantnim nožićem i može rezati presjeke debljine do 20 nm. Pažljivo pripremljeni i prethodno naslojeni uzorci (naslojavanje se izvodi s Au, Pt, Pd ili C radi stvaranja stabilnog filma električki vodljivih metala na površini uzorka),

površinu uzoraka pri čemu se reflektiraju elektroni visoke energije koji se prikazuju kao varijacije svjetline na katodnoj cijevi [192].

Postojeći deblji pripravci se također mogu promatrati elektronskim mikroskopom, ali je u tom slučaju potreban znatno veći pogonski napon kako bi se primjereno povećala prodorna snaga elektrona [190].

Karakterizacija površine na ispitivanim uzorcima izvedena je pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa tt. Tescan, MIRA/LMU (sl. 3.25).

Slika 3.25. Skenirajući elektronski mikroskop SEM tt. *Tescan*, MIRA/LMU, Češka, 2009. godine

Pripremljeni uzorci za elektronsko mikroskopiranje naslojeni su zlatom (Au) i paladijem (Pd). Vrijeme naslojavanja iznosilo je 90 s.

3.3.4. Mjerenje učinkovitosti zaštite (SE) od mikrovalnog zračenja

Faktor EM zaštite je određen kao omjer između intenziteta EM polja (E_0) mjerenog bez ispitivanog materijala i intenziteta EM polja (E_1) s materijalom postavljenim između izvora zračenja (radijacije) i mjernog uređaja.

Učinkovitost zaštite (*Shield Effect)* SE (dB) računa se prema izrazu (3.3):

$$SE = 20 \log \frac{E_0}{E_1} \tag{3.3}$$

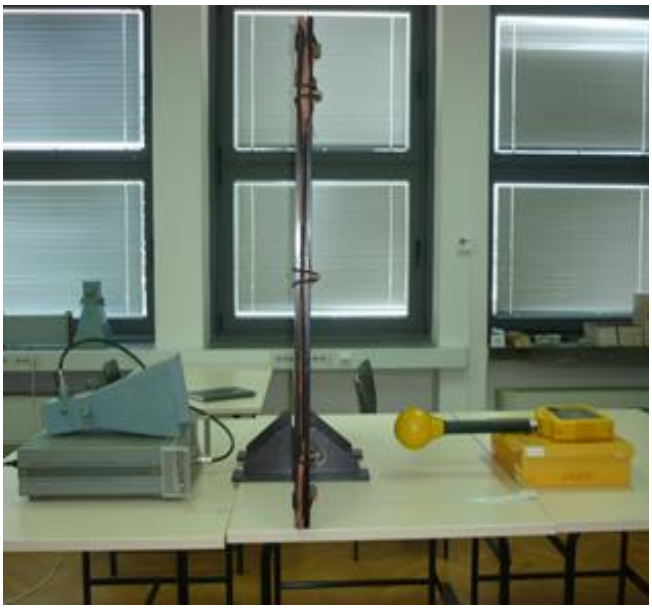
gdje su:

E_0 - razina polja bez zaštite (oklopa),

E_1 - razine polja sa zaštitom (oklopom).

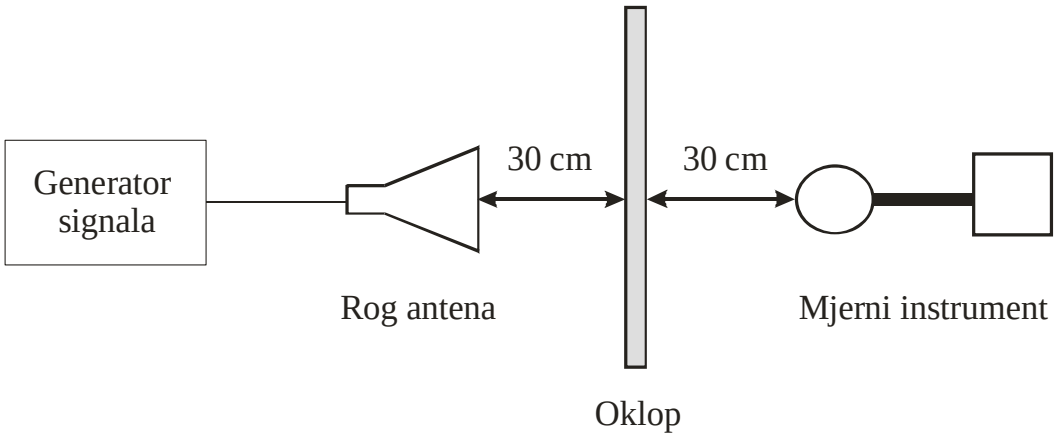
Zaštitna svojstva ispitivanih uzoraka su istražena primjenom metode koja je razvijena na Sveučilištu u Zagrebu, Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Mikrovalnom laboratoriju Zavoda za radiokomunikacije, pod uvjetima radne okoline:

- temperatura 23 ± 1^0C,
- relativna vlažnost 50±10%.



Slika 3.26. Mjerni postav za mjerenje zaštitnih svojstava tekstilnih uzoraka

Prema preporukama međunarodnih normi IEE-STD 299-97 [193], MIL STD 285 [194] i ASTM D-4935-89 [195], osmišljen je i postavljen mjerni postav (sl. 3.26 i sl. 3.27):



Slika 3.27. Shematski prikaz mjernog postava

Mjerni postav se sastoji od:

- mjernog instrumenta NARDA SRM 3000 (sl. 3.28),
- generatora signala HP 8350 B (sl. 3.29),
- rog antene IEV – Industrija za elektrozveze, Ljubljana, Tip A12 (sl. 3.30) i
- drvenog okvira dimenzija 1m x 1m u koji se stavljaju uzorci (sl. 3.31).

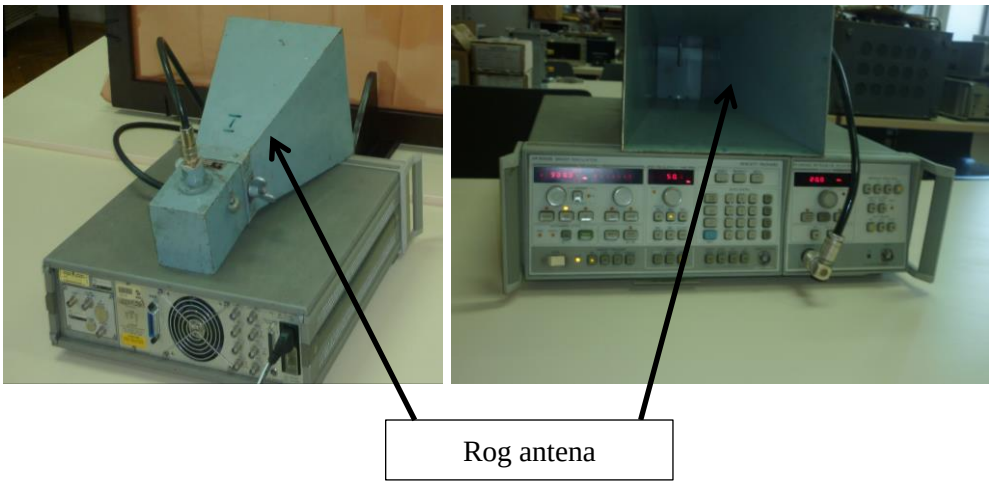
Slika 3.28. Mjerni instrument *NARDA SRM 3000*

Analizatori spektra su uskopojasni instrumenti koji mjere jakosti mjerenog polja na frekvenciji koristeći prebrisavanje na širem frekvencijskom opsegu i imaju mogućnost obrade i pohranjivanja rezultata. Mjerni instrument *NARDA SRM 3000* je prijenosni analizator spektra koji uz pomoć sonde mjeri polje izotropno, tj. iz bilo kojeg smjera i bilo koje polarizacije, što čini mjerenja praktičnijima i jednostavnima. Namijenjen je za mjerenja EM polja u frekvencijskom području između 80 i 3000 MHz, gdje daje iznimno linearan odziv. Instrument je potrebno redovito kalibrirati kako bi pokazivao točnu vrijednost mjerenog polja. Mjeriti je moguće samo vrste polja za koja je instrument konstruiran i kalibriran. Mjerenja je potrebno provoditi pri temperaturi i vlažnosti unutar radnih uvjeta navedenih uz mjerni uređaj [196].

Slika 3.29. Generator signala HP 8350 B

Generator signala je instrument koji služi kao izvor elektromagnetskog zračenja. Ponekad se mora rabiti zajedno s mikrovalnim pojačalom za dobivanje većih vrijednosti elektromagnetskog polja. U radu je rabljen generator kontinuiranog sinusnog signala na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz.

Rog (*horn*) ili lijevak antena dobila je ime po svom obliku, a služi za prijam i odašiljanje mikrovalnih signala. Kod prijama služi za prikupljanje i usmjeravanje radio valova prema valovodu, a kod odašiljanja služi za usmjeravanje radio valova iz valovoda u prostor. Najčešći oblik rog antene je piramidalni. Prednost antene je što pruža značajni stupanj usmjerenosti i dobitka. Za veći dobitak antene, rog bi trebao imati i veći otvor. Unutarnje stranice antene napravljene su od vodljivog materijala kao što su bakar, mesing, aluminij, srebro i dr. [197].
Rog antena IEV, tip A12 (sl. 3.30) ima dobitak (G u dBi): na frekvenciji 1,8 GHz dobitak 12,1 dBi; na frekvenciji 2,1 GHz dobitak 13,4 dBi; na frekvenciji 2,4 GHz dobitak 14,5 dBi.



Slika 3.30. Rog antena IEV – Industrija za elektrozveze , Ljubljana, Tip A12 (f = 2,1 GHz)

Drveni okvir je napravljen za potrebe ispitivanja učinkovitosti zaštite od mikrovalnog zračenja međupodstavnih tekstilnih materijala MP1, MP2, MP3, MP4 i MP5, te sendvič struktura s MP1, MP2 i MP3. Unutarnji dio okvira u koji se umeću tekstilni uzorci je dimenzije 1m x 1m. Drveni okvir za uzorke je napravljen od dva okvira koji se spajaju drvenim držačima kako bi tekstilni uzorci ostali fiksni tijekom mjerenja (sl. 3.31).

Slika 3.31. Drveni okvir za tekstilne uzorke

Tijekom mjerenja drveni okvir s uzorcima se umetne u drveno postolje i učvrsti kako bi ostao u vertikalnom položaju.

4. REZULTATI

4. REZULTATI

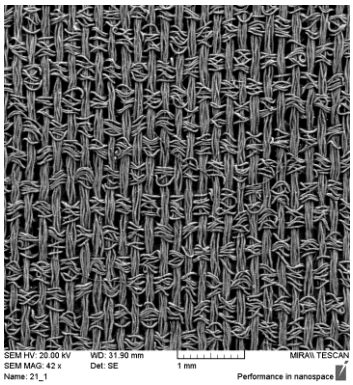
U ovom poglavlju dan je prikaz rezultata mjerenja na svim uzorcima koji su opisani u eksperimentalnom dijelu. Karakterizacija površine neobrađenih uzoraka, te uzoraka nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja prikazana je SEM slikama. Nadalje su prikazani rezultati učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja neobrađenih uzoraka u ovisnosti o broju ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja, kao i slijedu tehnoloških operacija glačanja i prešanja. Vlačna svojstva svih uzoraka su ocijenjena na temelju mjerenja prekidne sila i prekidnog istezanja uzoraka prije i nakon 10 ciklusa kemijskih i mokrih čišćenja. Svi prikazani rezultati su obrađeni u programu Microsoft Excel.

4.1. Međupodstavna poliamidna tkanina s bakrenim nanosom, MP1

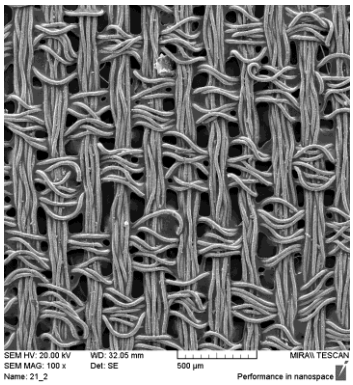
Na uzorcima međupodstavne poliamidne tkanine s bakrenim nanosom prije i nakon kemijskih i mokrih čišćenja napravljena je karakterizacija površine primjenom SEM-a (sl. 4.1. - 4.5). Nakon toga dan je prikaz vrijednosti učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja (SE) neobrađenih uzoraka i uzoraka nakon provedenih postupaka profesionalne njege.

4.1.1. Karakterizacija površine SEM-om uzoraka međupodstave MP1

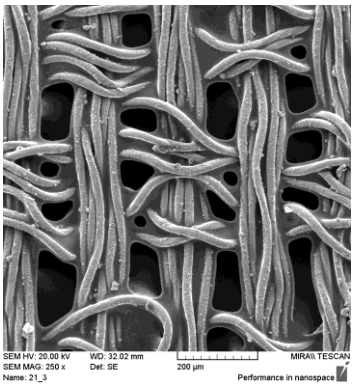
Karakterizacija površine **neobrađenih uzoraka MP1** uz povećanja 42x, 100x, 250x i 500x prikazana je na sl. 4.1.



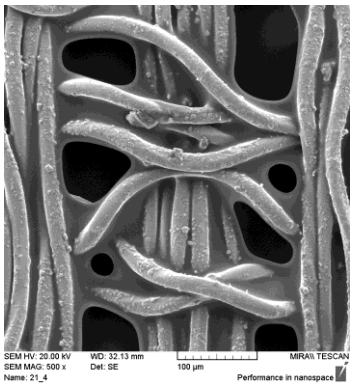
a.



b.



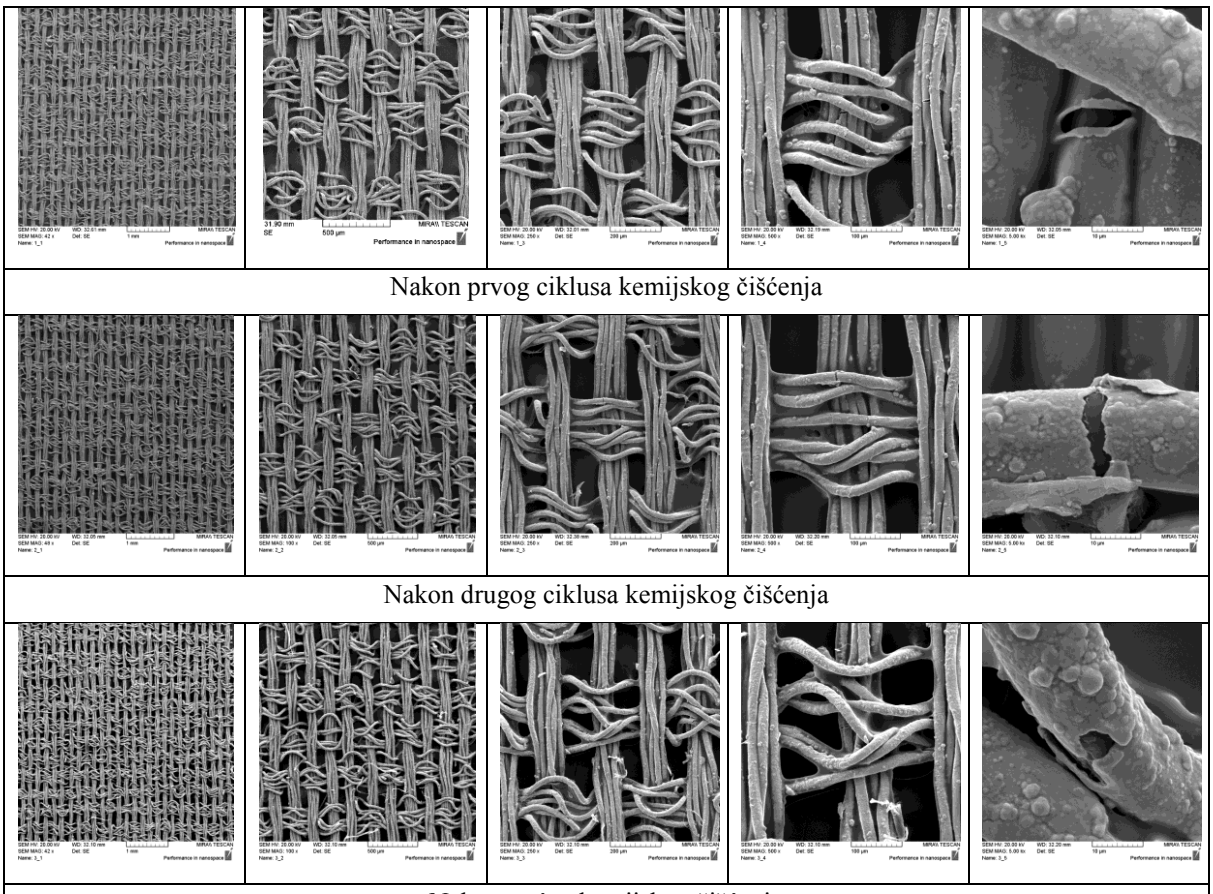
c.



d.

Slika 4.1. SEM slike neobrađenih uzoraka MP1 s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x

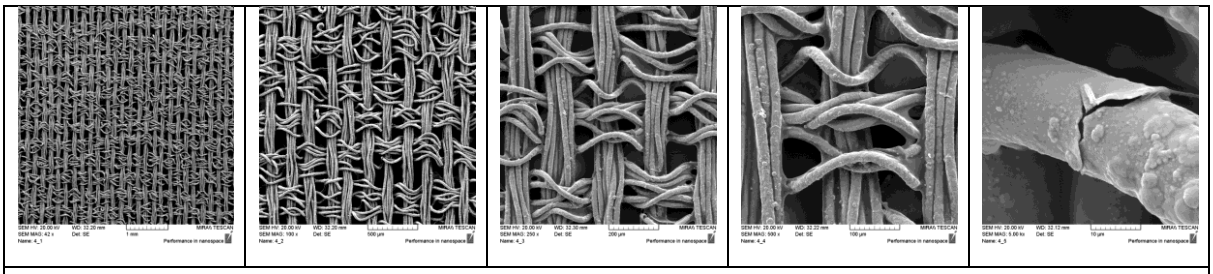
Na sl. 4.2 dane su SEM slike **uzoraka MP1 nakon svakog pojedinačnog ciklusa kemijskog čišćenja** s različitim povećanjima 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00 kx.



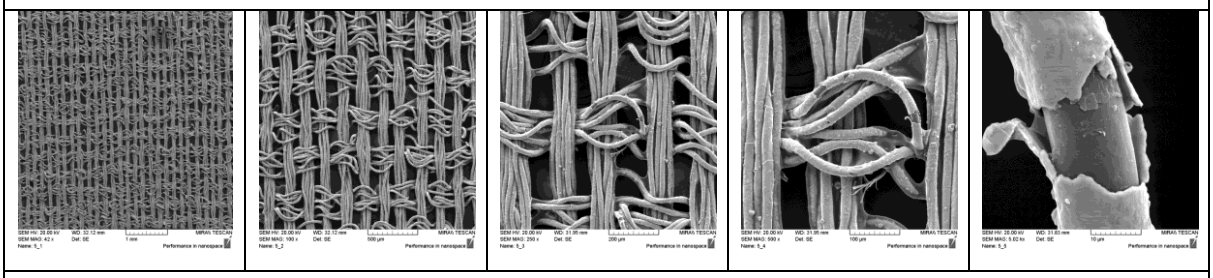
Nakon prvog ciklusa kemijskog čišćenja

Nakon drugog ciklusa kemijskog čišćenja

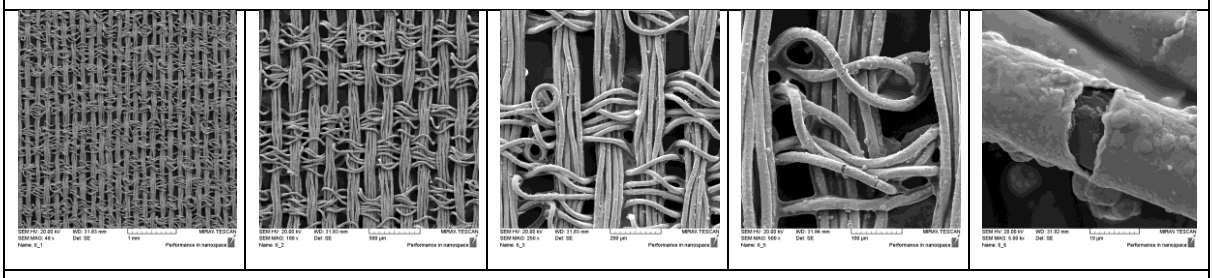
Nakon trećeg kemijskog čišćenja



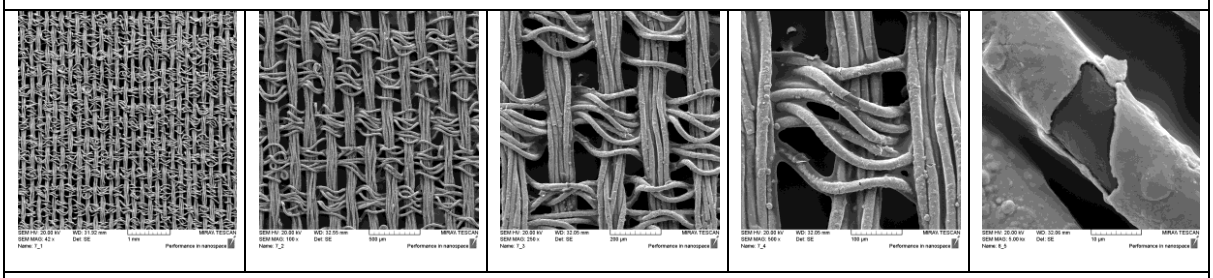
Nakon četvrtog ciklusa kemijskog čišćenja



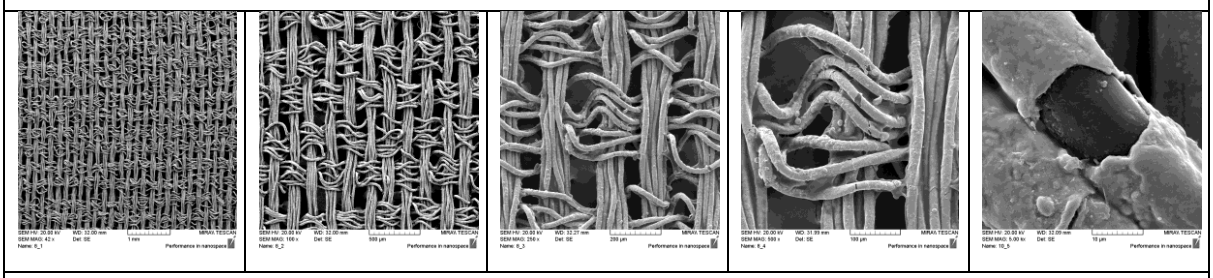
Nakon petog ciklusa kemijskog čišćenja



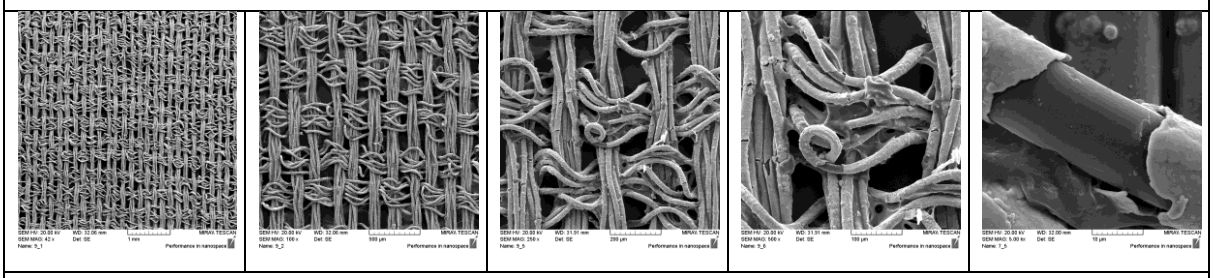
Nakon šestog kemijskog čišćenja



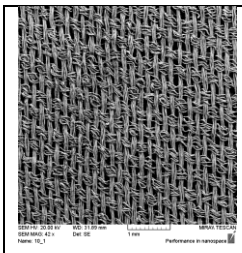
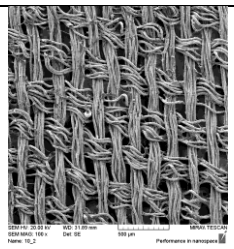
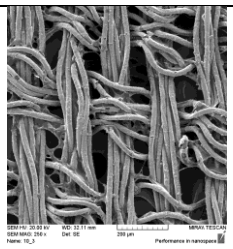
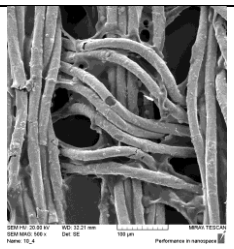
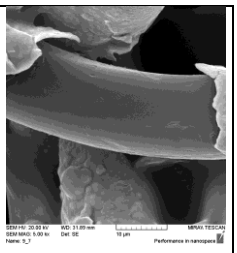
Nakon sedmog kemijskog čišćenja



Nakon osmog kemijskog čišćenja

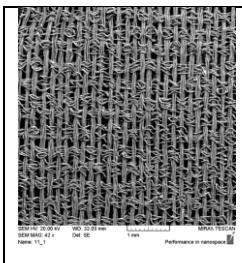
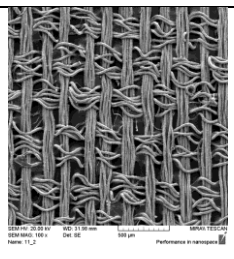
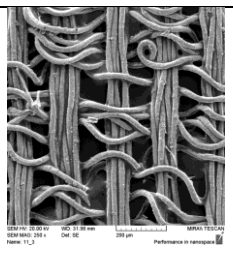
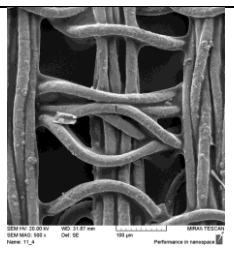
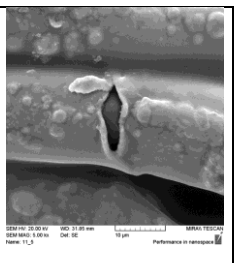
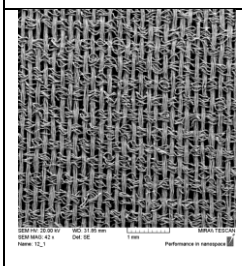
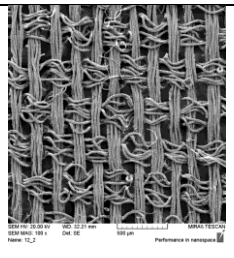
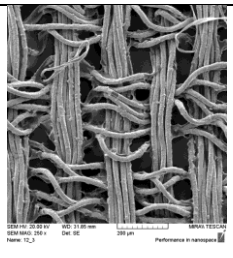
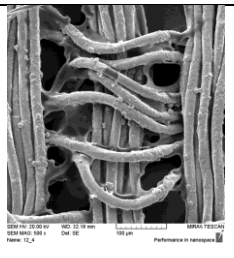
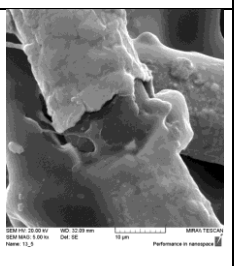
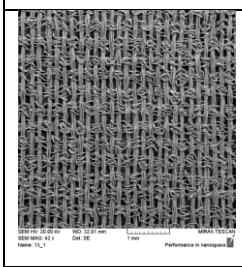
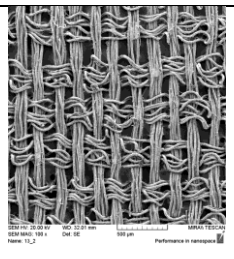
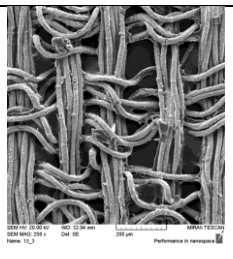
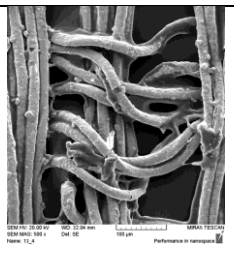
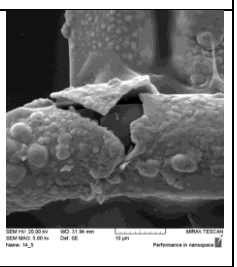


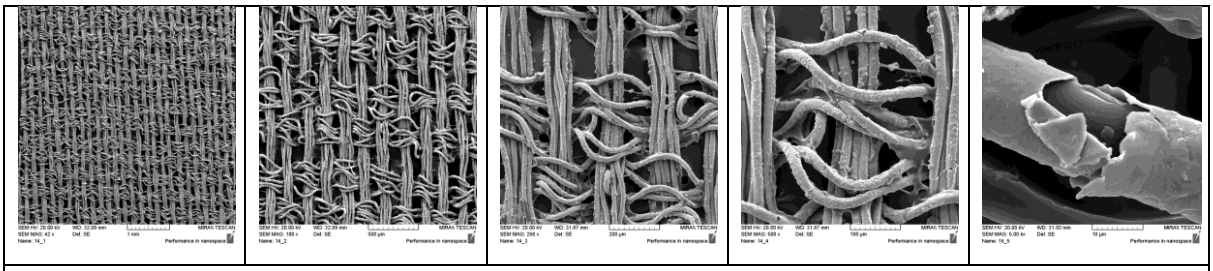
Nakon devetog kemijskog čišćenja

				
Nakon desetog kemijskog čišćenja				
a.	b.	c.	d.	e.

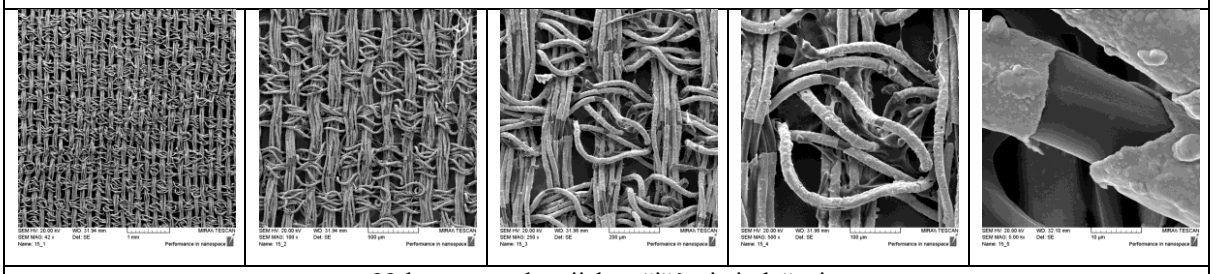
Slika 4.2. SEM slike uzoraka MP1 nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja (od prvog do desetog), s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00 kx

Na slici 4.3. prikazane su slike površine **uzoraka MP1 nakon svakog pojedinačnog ciklusa kemijskog čišćenja i glačanja** snimljene uz povećanja 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00 kx.

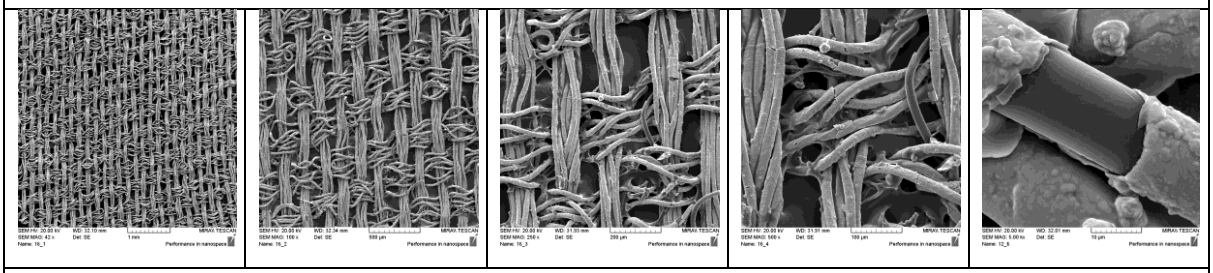
				
Nakon prvog kemijskog čišćenja i glačanja				
				
Nakon drugog kemijskog čišćenja i glačanja				
				
Nakon trećeg kemijskog čišćenja i glačanja				



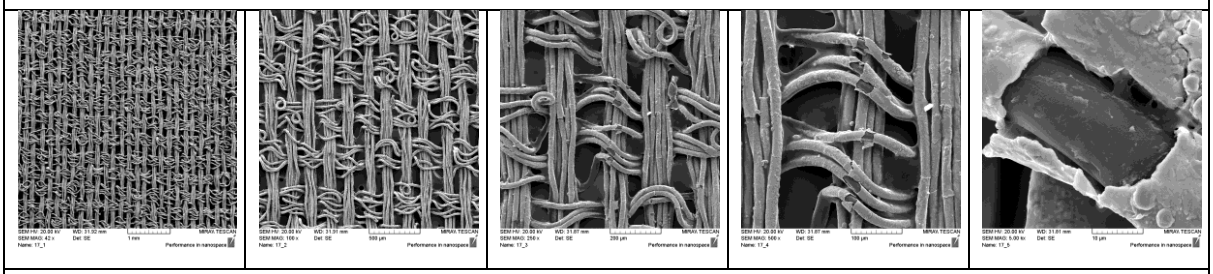
Nakon četvrtog kemijskog čišćenja i glačanja



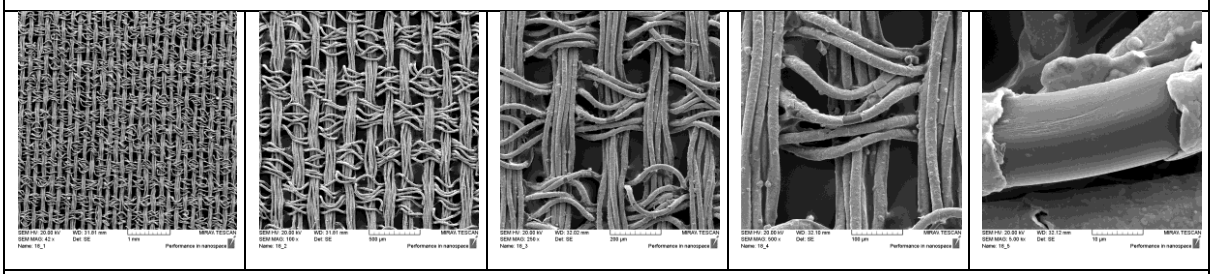
Nakon petog kemijskog čišćenja i glačanja



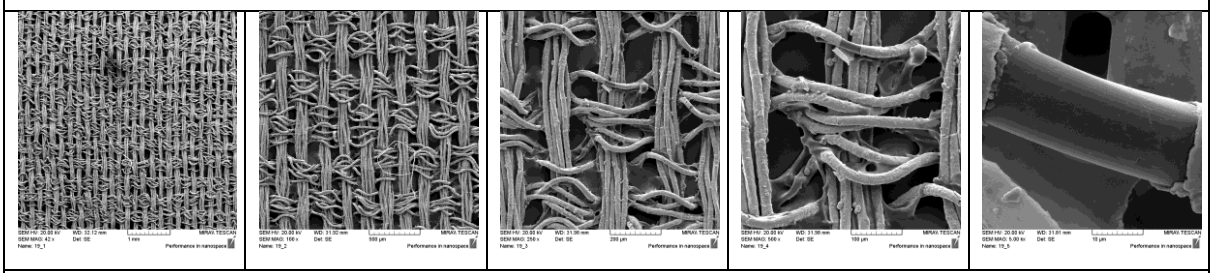
Nakon šestog kemijskog čišćenja i glačanja



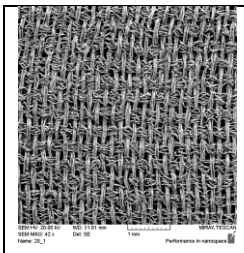
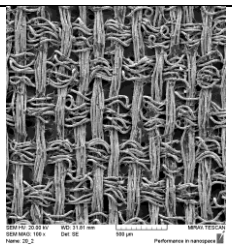
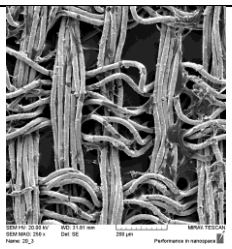
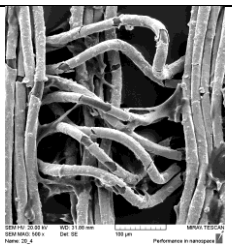
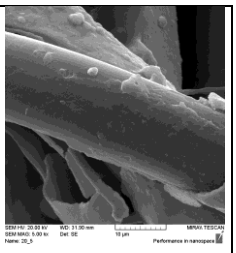
Nakon sedmog kemijskog čišćenja i glačanja



Nakon osmog kemijskog čišćenja i glačanja

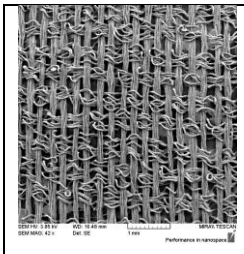
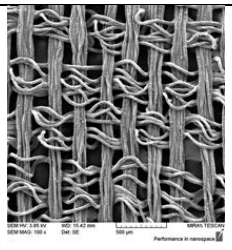
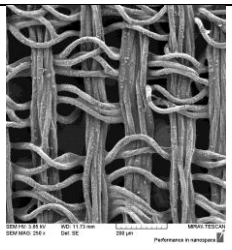
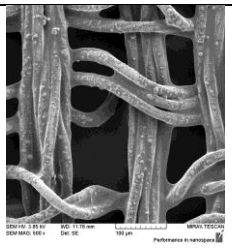
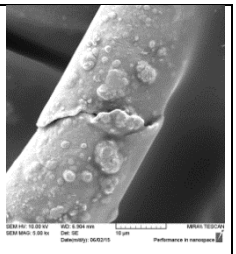
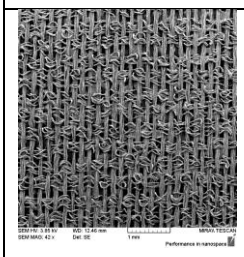
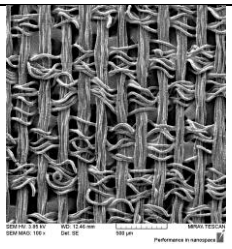
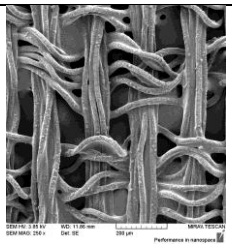
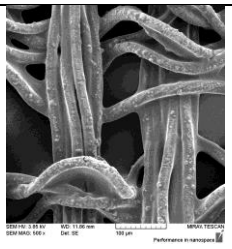
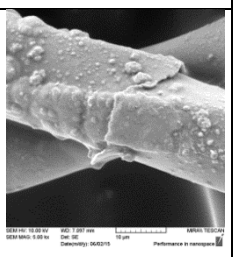
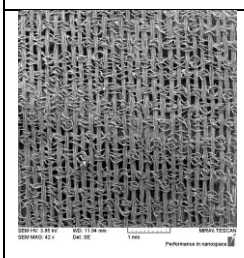
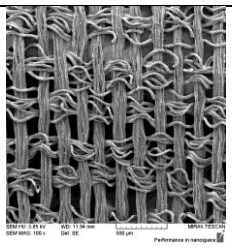
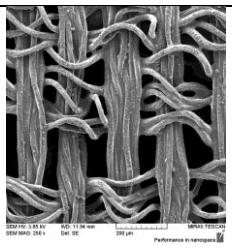
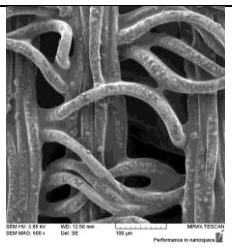
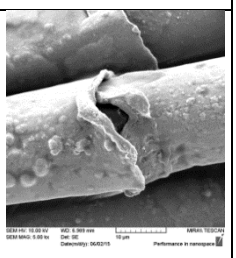


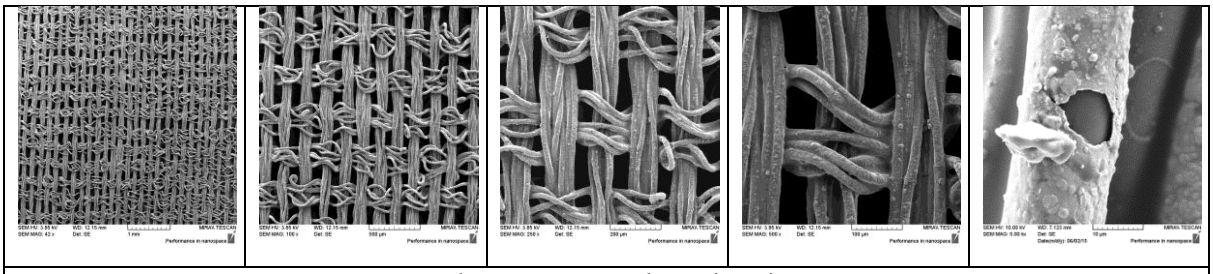
Nakon devetog kemijskog čišćenja i glačanja

				
Nakon desetog kemijskog čišćenja i glačanja				
a.	b.	c.	d.	e.

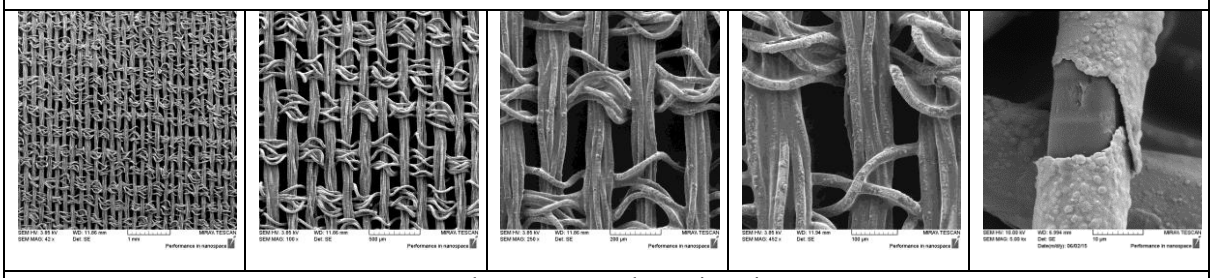
Slika 4.3. SEM slike uzoraka MP1 nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja i glačanja (od prvog do desetog), s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00 kx

Na slici 4.4. prikazane su SEM slike **uzoraka MP1 nakon svakog pojedinačnog ciklusa mokrog čišćenja** (od prvog do desetog), s povećanjima 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00 kx.

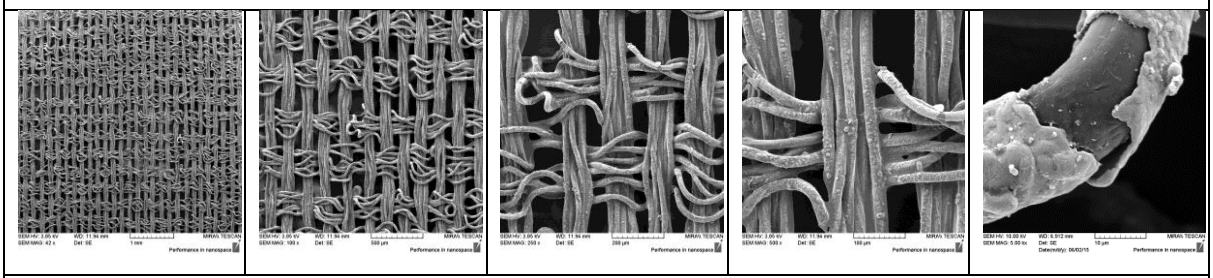
				
Nakon prvog mokrog čišćenja				
				
Nakon drugog mokrog čišćenja				
				
Nakon trećeg mokrog čišćenja				



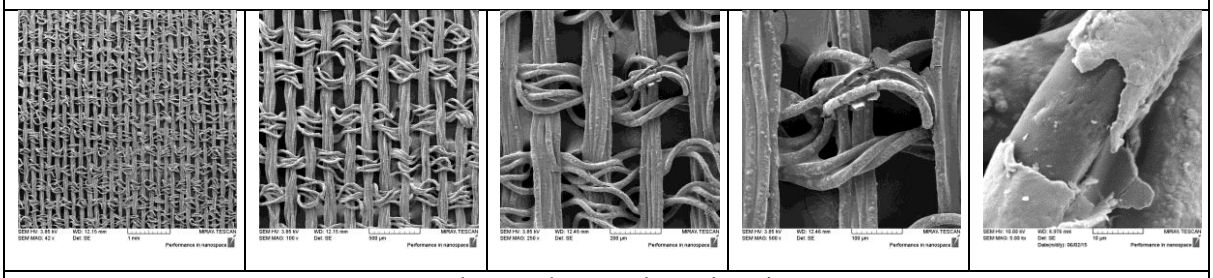
Nakon četvrtog mokrog čišćenja



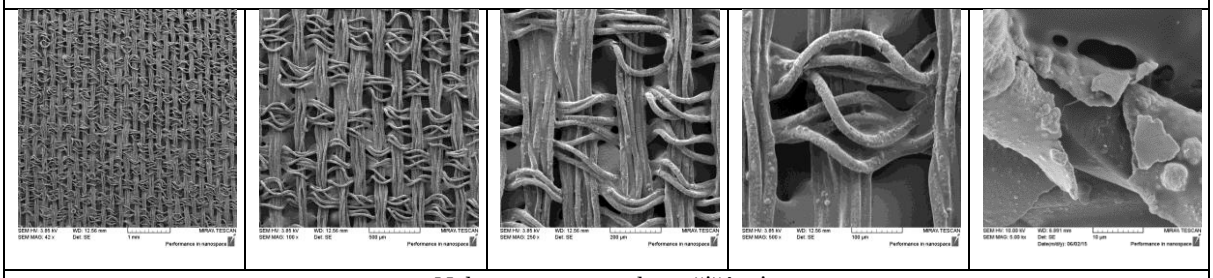
Nakon petog mokrog čišćenja



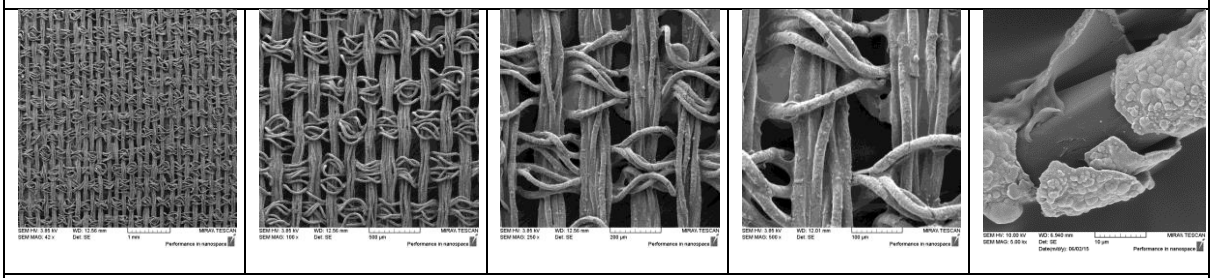
Nakon šestog mokrog čišćenja



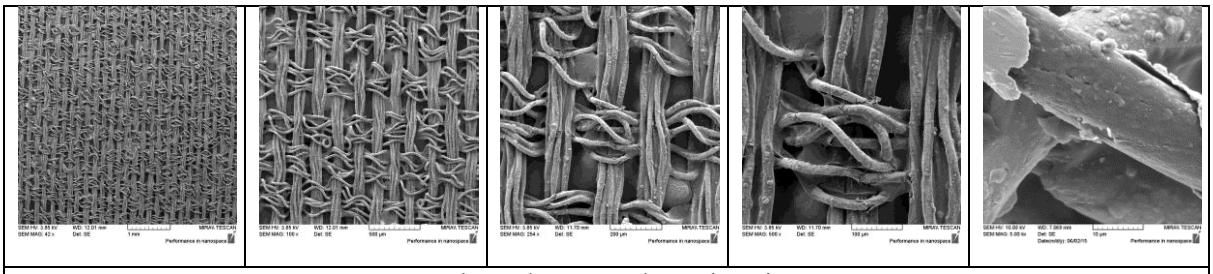
Nakon sedmog mokrog čišćenja



Nakon osmog mokrog čišćenja



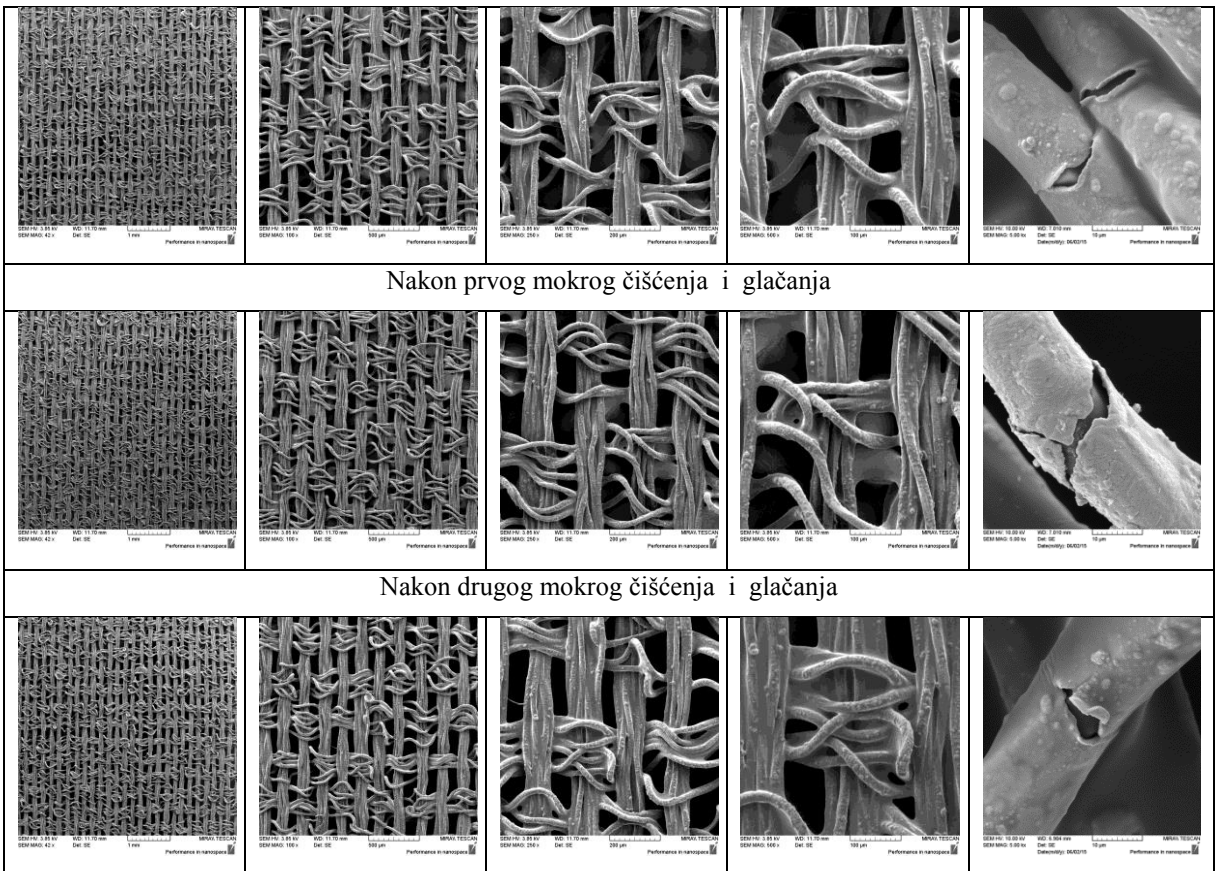
Nakon devetog mokrog čišćenja



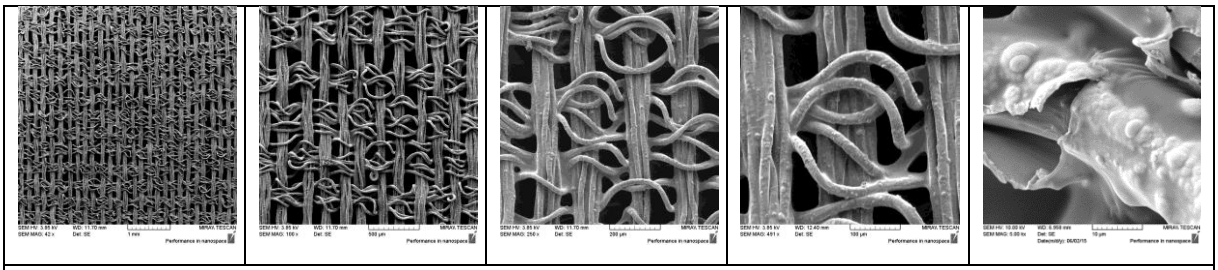
Nakon desetog mokrog čišćenja				
a.	b.	c.	d.	e.

Slika 4.4. SEM slike uzoraka MP1 nakon 10 ciklusa mokrog čišćenja (od prvog do desetog) s povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00 kx

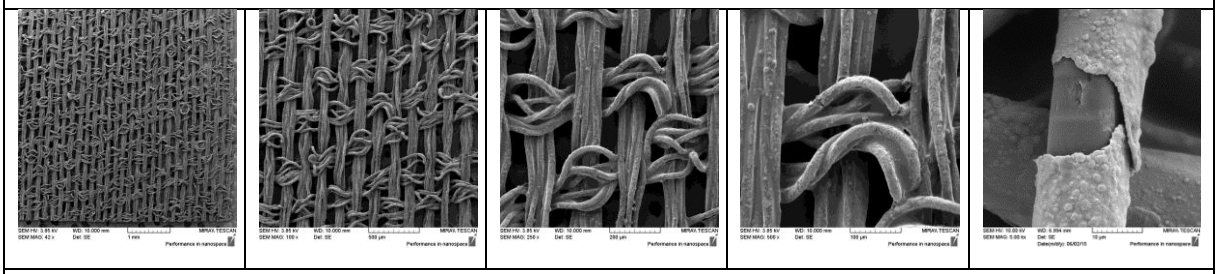
SEM slike uzoraka **MP1 nakon svakog pojedinačnog ciklusa mokrih čišćenja i glačanja** (od prvog do desetog) s različitim povećanjima 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00 kx prikazane su na slici 4.5.



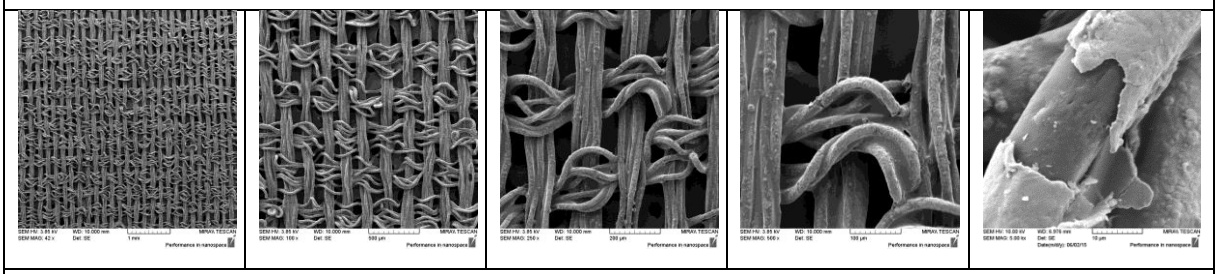
Nakon prvog mokrog čišćenja i glačanja
Nakon drugog mokrog čišćenja i glačanja
Nakon trećeg mokrog čišćenja i glačanja



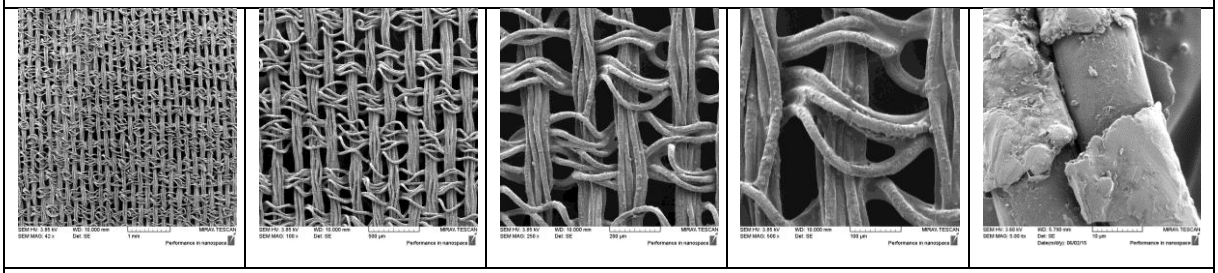
Nakon četvrtog mokrog čišćenja i glačanja



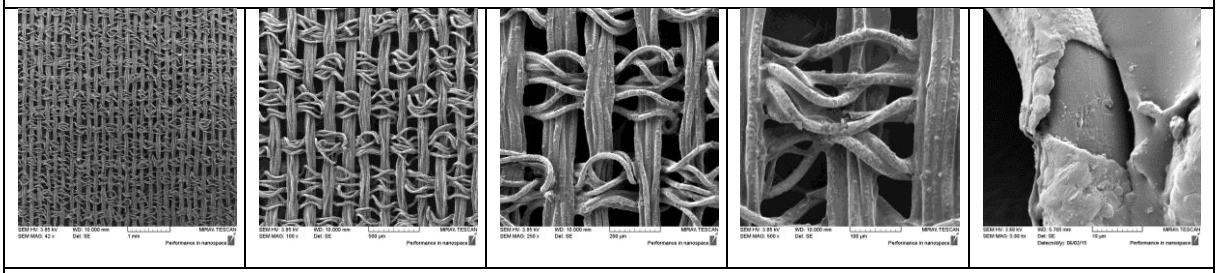
Nakon petog mokrog čišćenja i glačanja



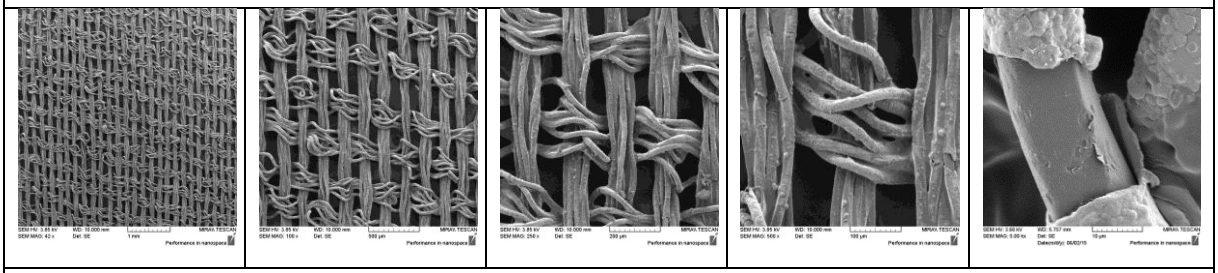
Nakon šestog mokrog čišćenja i glačanja



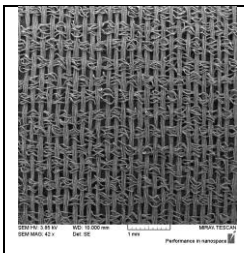
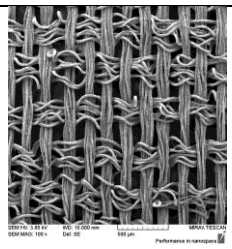
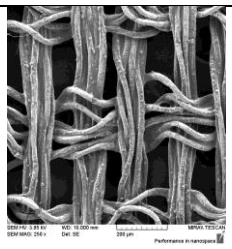
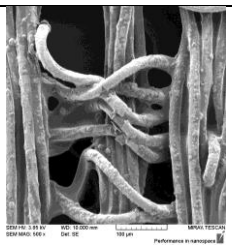
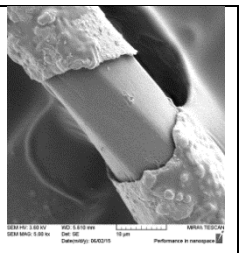
Nakon sedmog mokrog čišćenja i glačanja



Nakon osmog mokrog čišćenja i glačanja



Nakon devetog mokrog čišćenja i glačanja

				
Nakon desetog mokrog čišćenja i glačanja				
a.	b.	c.	d.	e.

Slika 4.5. SEM slike uzoraka MP1 nakon 10 ciklusa mokrog čišćenja i glačanja (od prvog do desetog) s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00 kx

4.1.2. Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka MP1 u zaštiti od mikrovalnog zračenja

U ovom potpoglavlju dan je pregled rezultata učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja SE neobrađenih uzoraka MP1 (lice i naličje), te nakon pojedinačnih ciklusa (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) kemijskog i mokrog čišćenja.

Nakon provedenih mjerenja učinkovitosti zaštite tkanine MP1, izrađena je slojevita „sendvič“ struktura koja se sastoji od osnovne tkanine (vuna/PES/elastan), ljepljive međupodstave, zaštitne tkanine MP1 i podstavne tkanine (viskoza). Učinkovitost zaštite načinjene strukture u zaštiti od elektromagnetskog zračenja izmjerena je prije i nakon postupaka glačanja i prešanja (sl. 4.11). Ova struktura je također tretirana u postupcima kemijskog i mokrog čišćenja, Tab. 4.5 do 4.8.

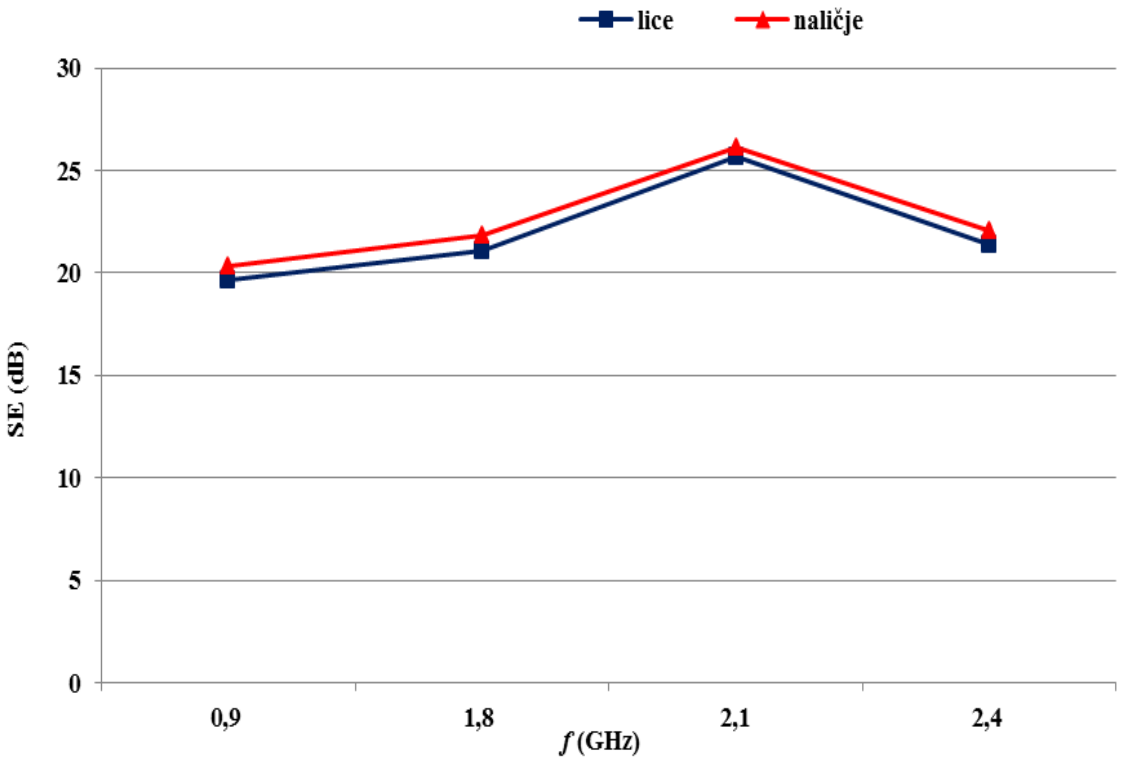
U Tab. 4.1 i 4.2. dan je pregled rezultata **zaštitnih svojstava (SE) uzoraka** MP**1 (lice i naličje)** prije i nakon pojedinačnih ciklusa kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

Tablica 4.1. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP1 (lice) prije i nakon kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

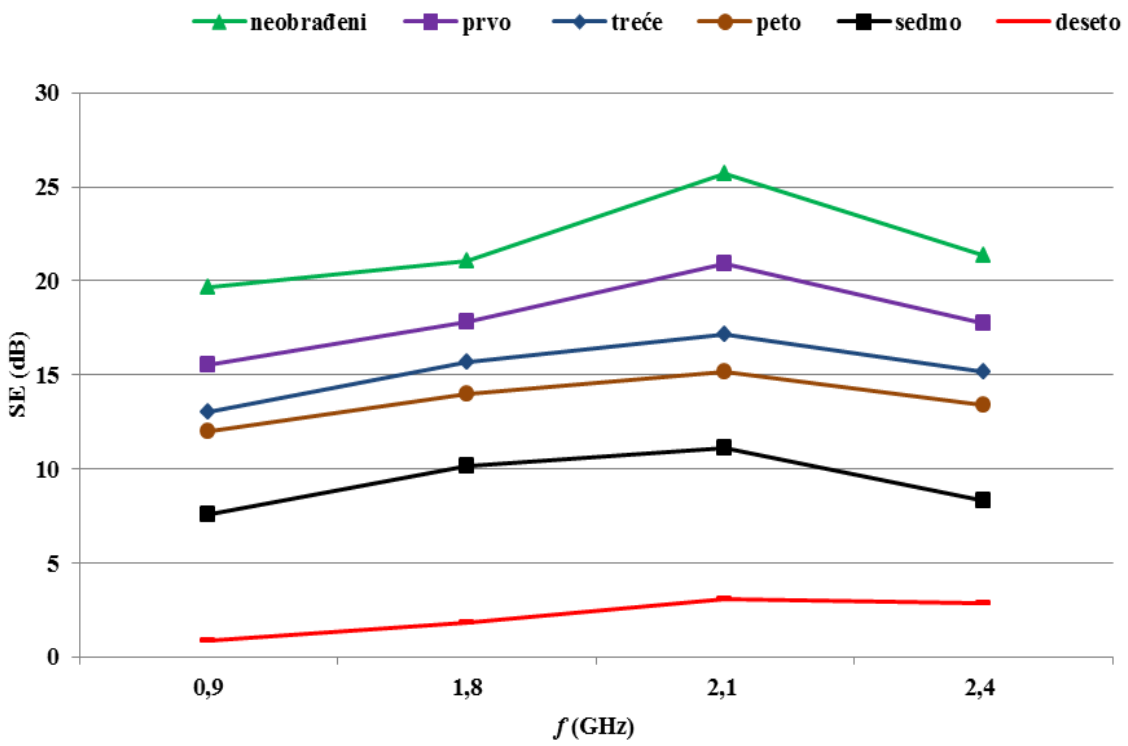
MP1 (LICE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	19,66	21,07	25,68	21,36
prvi	15,53	17,83	20,88	17,77
treći	13,04	15,71	17,14	15,13
peti	11,96	14,02	15,19	13,41
sedmi	7,58	10,18	11,13	8,29
deseti	0,85	1,85	3,11	2,85

Tablica 4.2. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP1 (naličje) prije i nakon kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

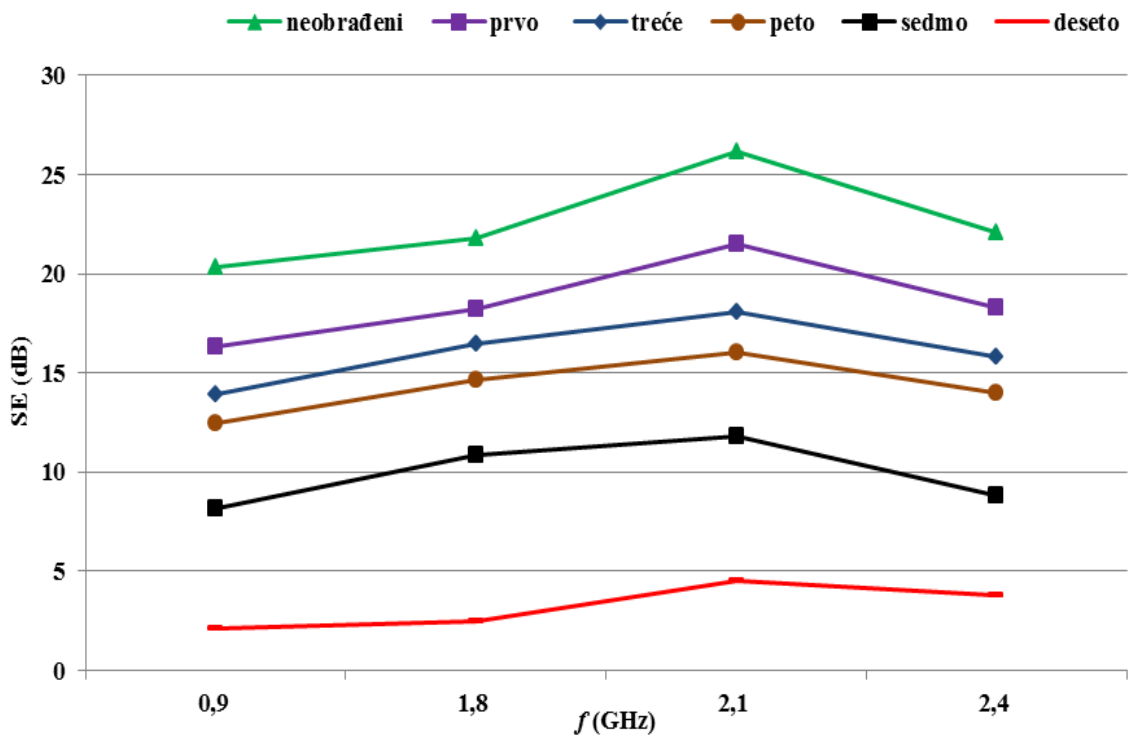
MP1 (NALIČJE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	20,31	21,82	26,13	22,08
prvi	16,29	18,24	21,52	18,29
treći	13,95	16,48	18,08	15,82
peti	12,49	14,62	16,03	13,98
sedmi	8,14	10,82	11,79	8,81
deseti	2,12	2,46	4,49	3,82



Slika 4.6. SE neobrađenih uzoraka MP1 (lice i naličje) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.7. SE uzoraka MP1 (lice) prije i nakon ciklusa kemijskih čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.8. SE uzoraka MP1 (naličje), prije i nakon ciklusa kemijskih čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

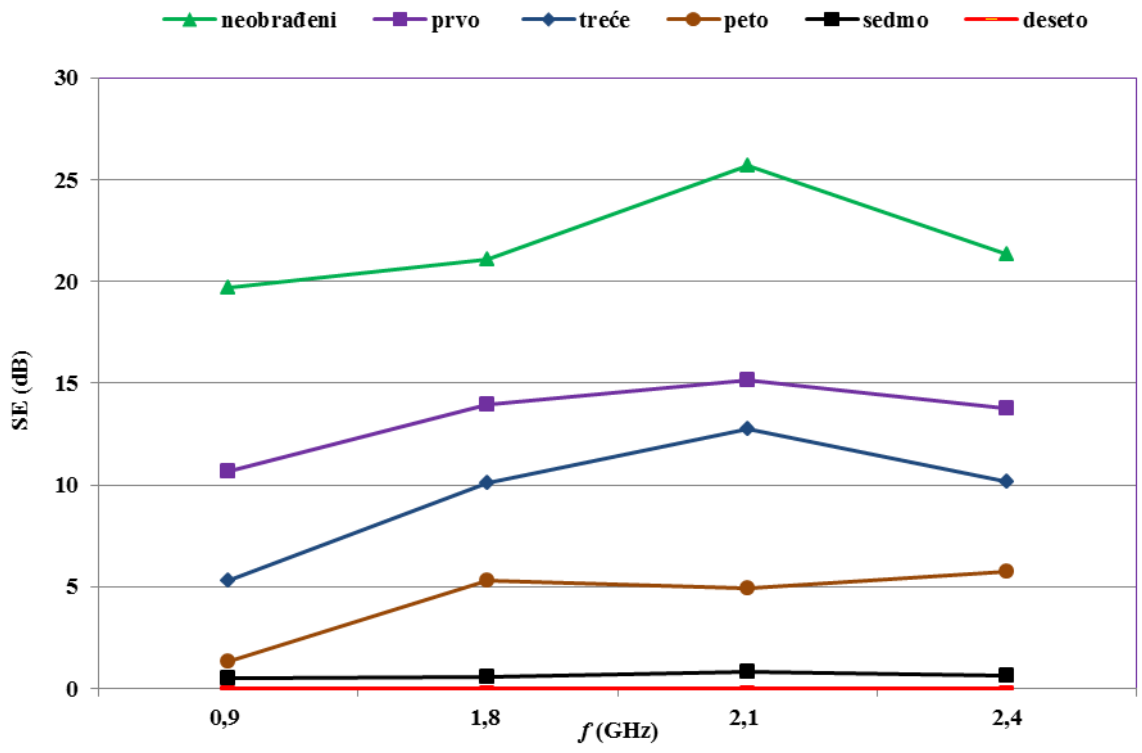
U Tab. 4.3 i 4.4 dan je prikaz rezultata učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja (SE) **uzoraka MP1, prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja** (lice i naličje) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

Tablica 4.3. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP1 (lice) prije i nakon mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

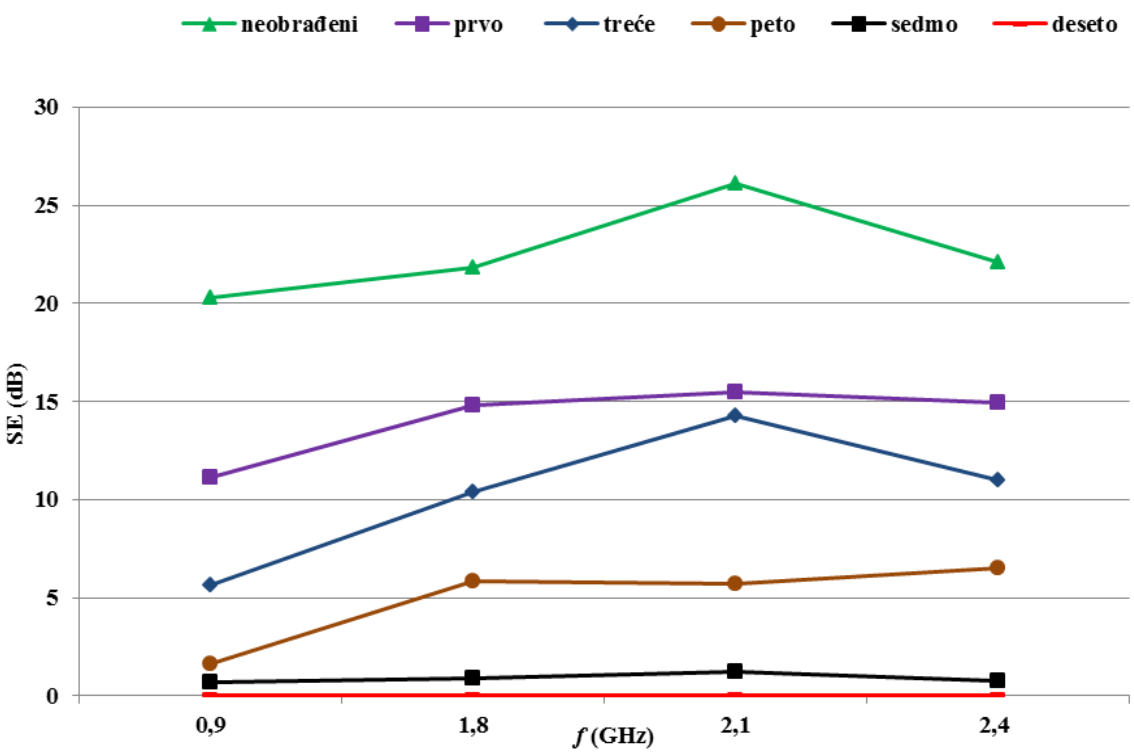
MP1 (LICE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	19,66	21,07	25,68	21,36
prvi	10,65	13,96	15,13	13,77
treći	5,28	10,12	12,73	10,14
peti	1,32	5,29	4,91	5,74
sedmi	0,48	0,59	0,8	0,61
deseti	0,05	0,07	0,06	0,02

Tablica 4.4. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP1 (naličje) prije i nakon mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

MP1 (NALIČJE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	20,31	21,82	26,13	22,08
prvi	11,13	14,82	15,48	14,93
treći	5,62	10,42	14,28	10,98
peti	1,64	5,87	5,73	6,52
sedmi	0,71	0,92	1,25	0,79
deseti	0,07	0,10	0,21	0,09



Slika 4.9. SE uzoraka MP1 (lice), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.10. SE uzoraka MP1 (naličje), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

4.2. Uzorci sendviča s MP1

U ovom potpoglavlju dan je prikaz rezultata učinkovitosti zaštite (SE) od elektromagnetskog zračenja neobrađenih uzoraka sendviča s MP1, te nakon glačanja i prešanja i ciklusa kemijskih i mokrih čišćenja.

4.2.1. Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka sendviča s MP1 u zaštiti od mikrovalnog zračenja

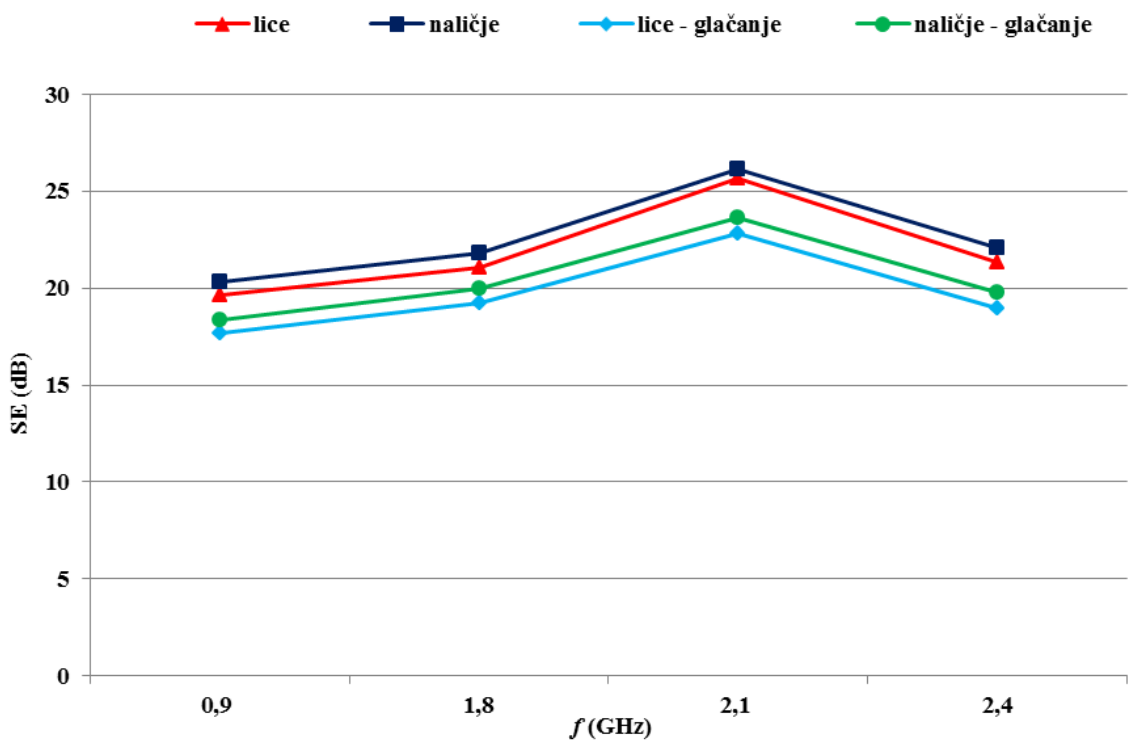
U Tab. 4.5 i 4.6 prikazane su vrijednosti učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja (SE) uzoraka sendviča s MP1(lice i naličje), **prije i nakon glačanja i prešanja i ciklusa kemijskog čišćenja** na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz**.**

Tablica 4.5. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP1 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

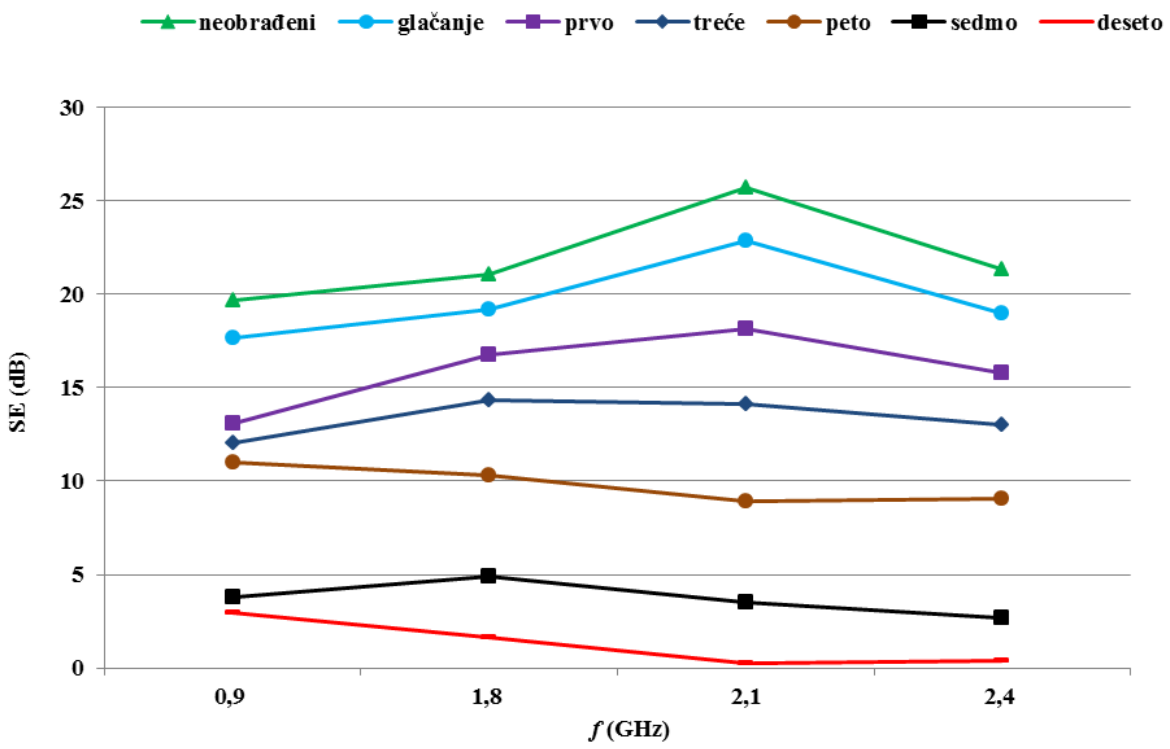
Sendvič s MP1 (LICE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	19,66	21,07	25,68	21,36
nulti / glačanje i prešanje	17,65	19,21	22,88	18,99
prvi	13,11	16,76	18,14	15,81
treći	12,03	14,34	14,14	13,04
peti	10,97	10,29	8,92	9,06
sedmi	3,78	4,92	3,53	2,71
deseti	2,95	1,67	0,24	0,41

Tablica 4.6. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP1 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

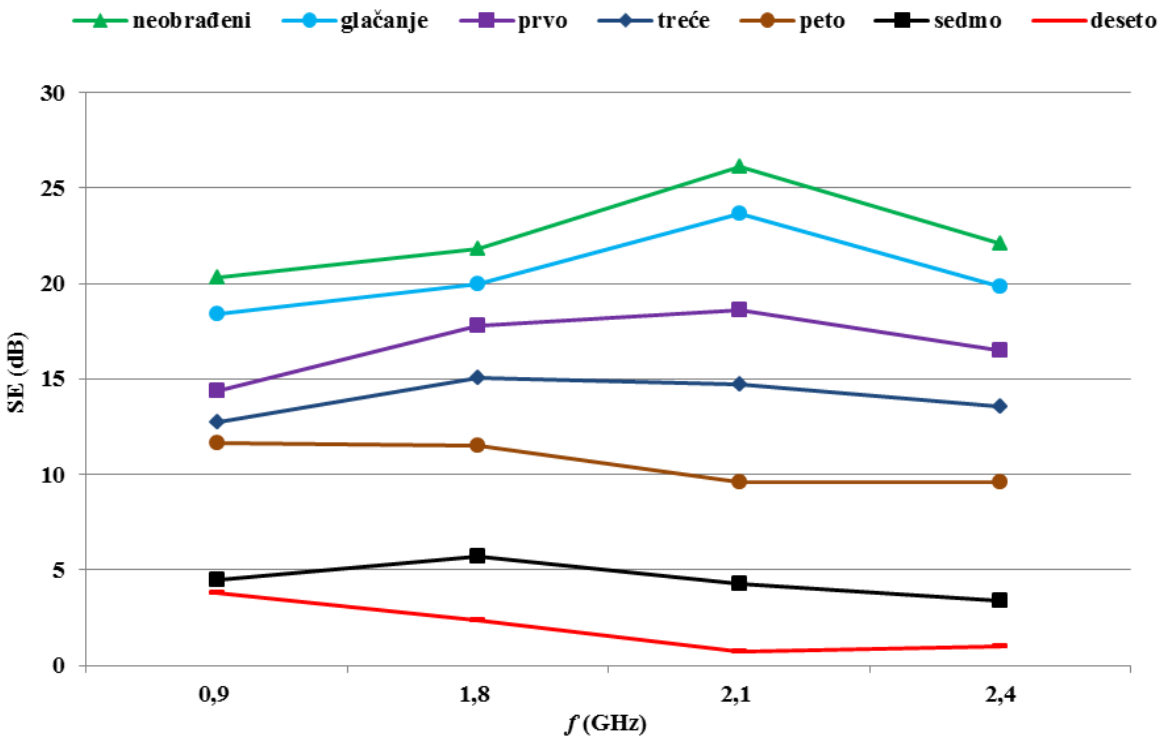
Sendvič s MP1 (NALIČJE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	20,31	21,82	26,13	22,08
nulti / glačanje i prešanje	18,38	19,98	23,65	19,81
prvi	14,37	17,77	18,61	16,47
treći	12,71	15,06	14,72	13,57
peti	11,64	11,51	9,63	9,58
sedmi	4,49	5,72	4,28	3,39
deseti	3,78	2,36	0,76	1,02



Slika 4.11. SE uzoraka sendviča s MP1 (lice i naličje) prije i nakon glačanja i prešanja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.12. SE uzoraka sendviča s MP1 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.13. SE uzoraka sendviča s MP1 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

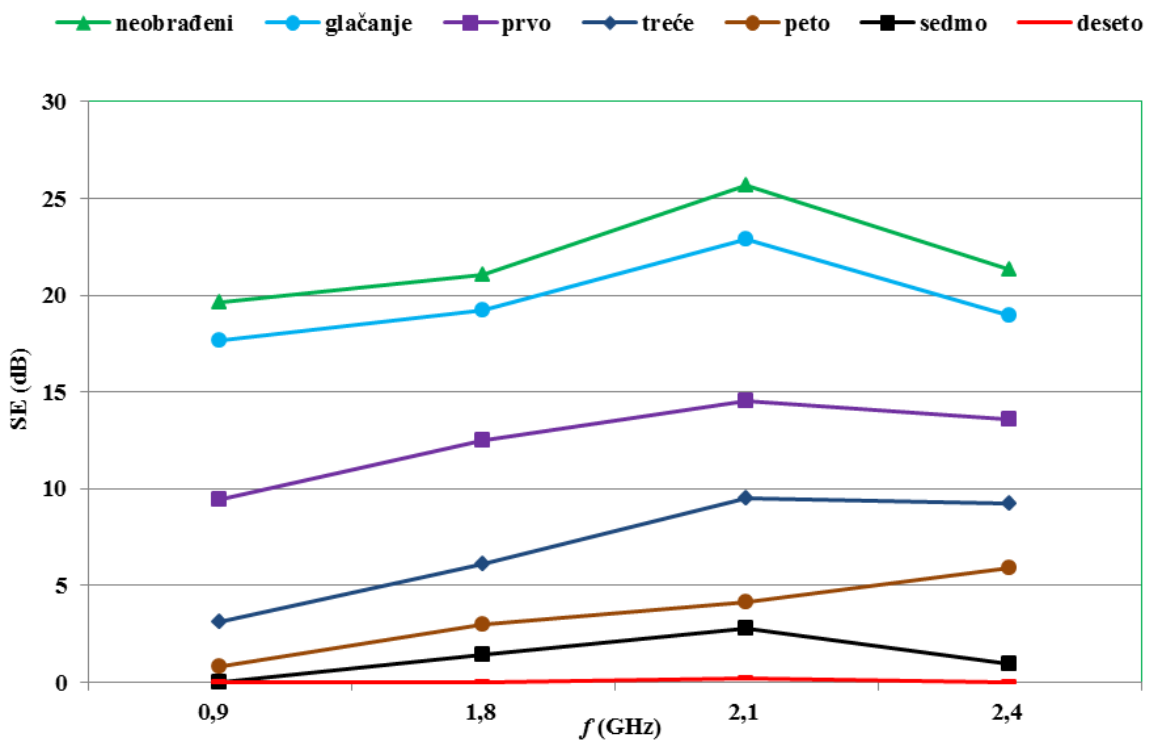
U Tab. 4.7 i 4.8 dan je prikaz vrijednosti učinkovitosti zaštite (SE) od elektromagnetskog zračenja uzoraka sendviča s MP1(lice i naličje), **prije i nakon glačanja i prešanja i cilusa mokrog čišćenja** (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

Tablica 4.7. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP1 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

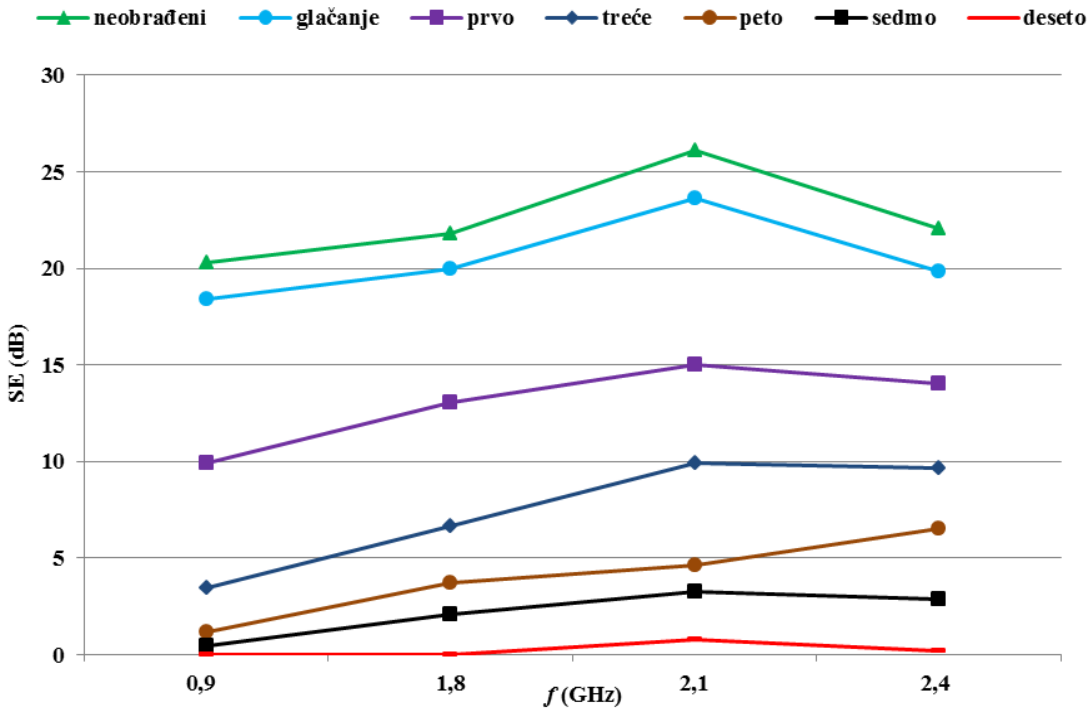
Sendvič s MP1 (LICE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrih čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	19,66	21,07	25,68	21,36
nulti / glačanje i prešanje	17,65	19,21	22,88	18,99
prvi	9,45	12,52	14,52	13,62
treći	3,11	6,09	9,51	9,25
peti	0,79	2,98	4,12	5,88
sedmi	0,21	1,45	2,79	0,97
deseti	0,02	0,07	0,18	0,04

Tablica 4.8. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP1 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

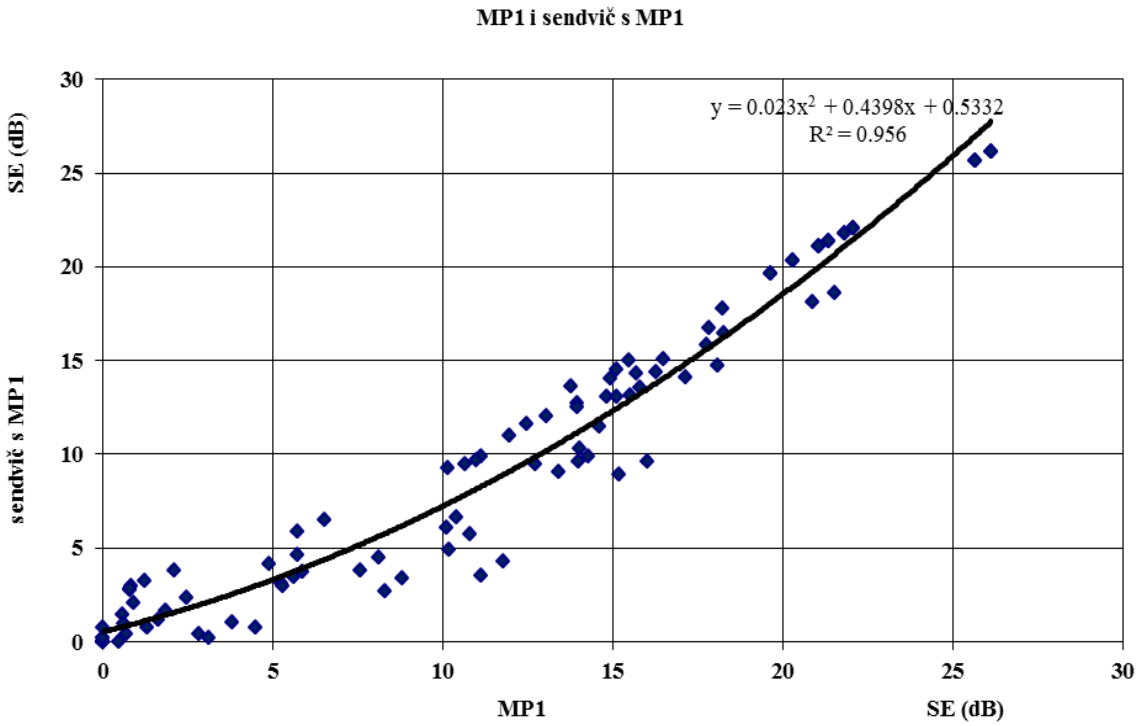
Sendvič s MP1 (NALIČJE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrih čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	20,31	21,82	26,13	22,08
nulti / glačanje i prešanje	18,38	19,98	23,65	19,81
prvi	9,89	13,04	15,48	14,06
treći	3,48	6,64	14,28	9,68
peti	1,15	3,72	5,73	6,49
sedmi	0,42	2,11	1,25	2,84
deseti	0,02	0,14	0,06	0,21



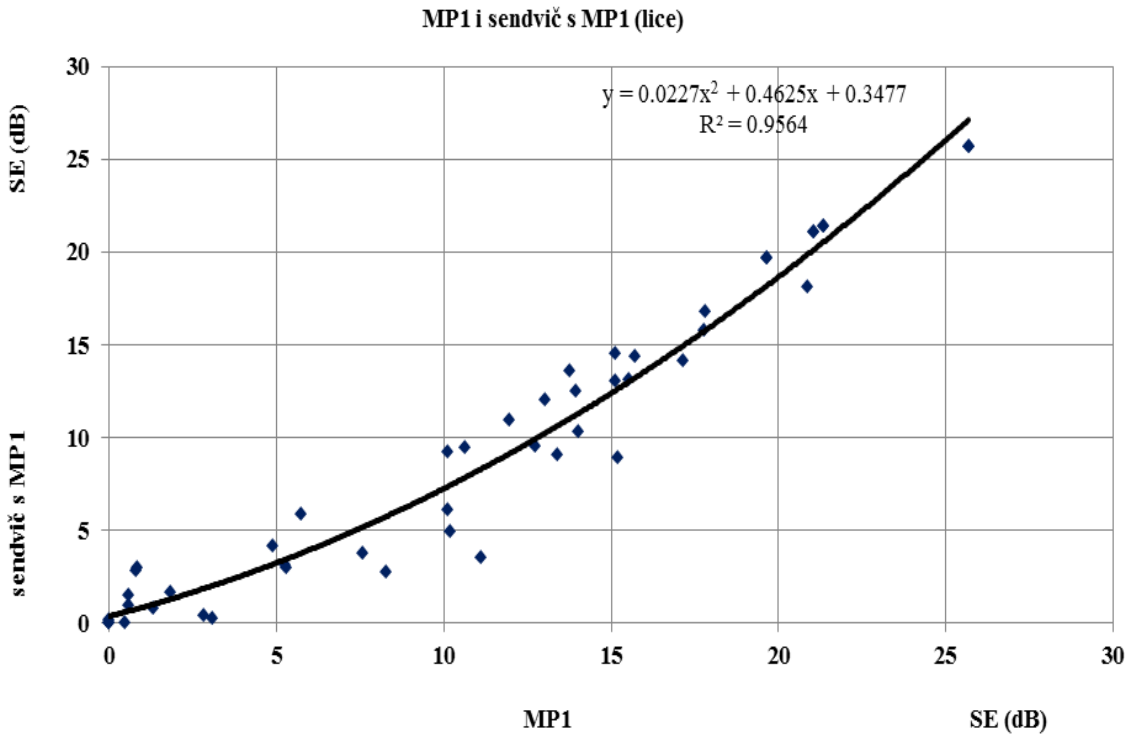
Slika 4.14. SE uzoraka sendviča s MP1 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



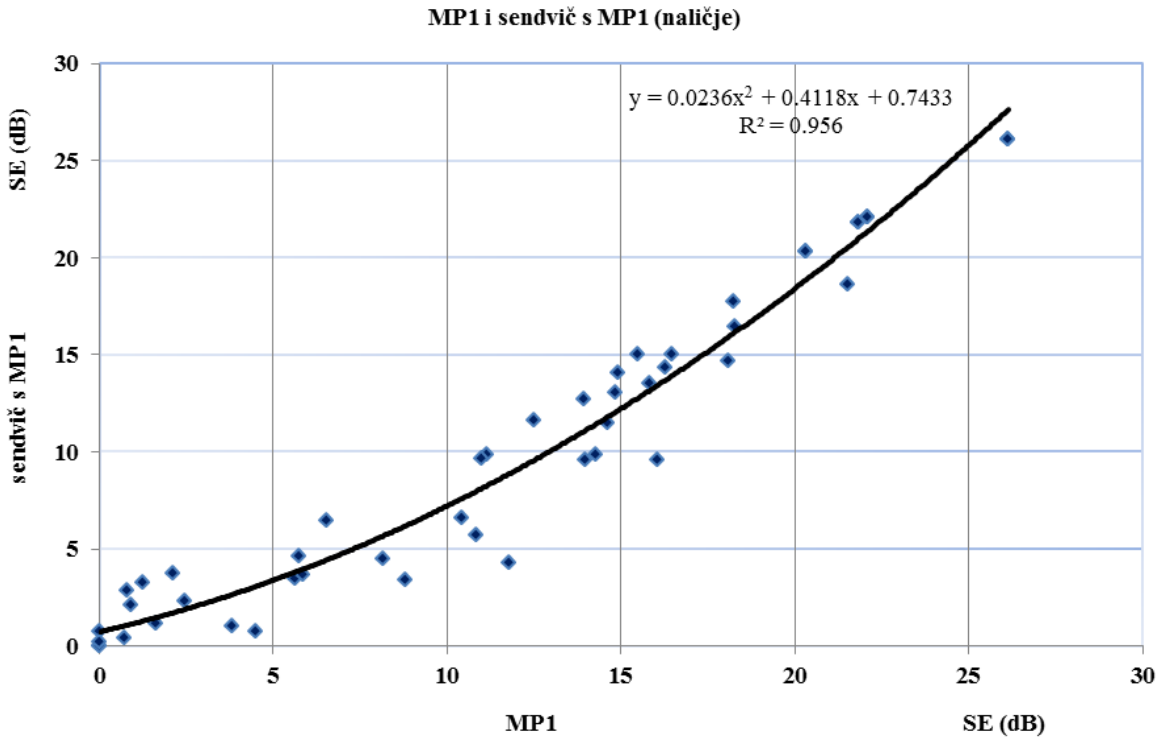
Slika 4.15. SE uzoraka sendviča s MP1 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.16. Regresijski polinom i točke rasipanja SE uzoraka MP1 i sendviča s MP1 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (lice i naličje)



Slika 4.17. Regresijski polinom i točke rasipanja SE uzoraka MP1 i sendviča s MP1 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (lice)



Slika 4.18. Regresijski polinom i točke rasipanja SE uzoraka MP1 i sendviča s MP1 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (naličje)

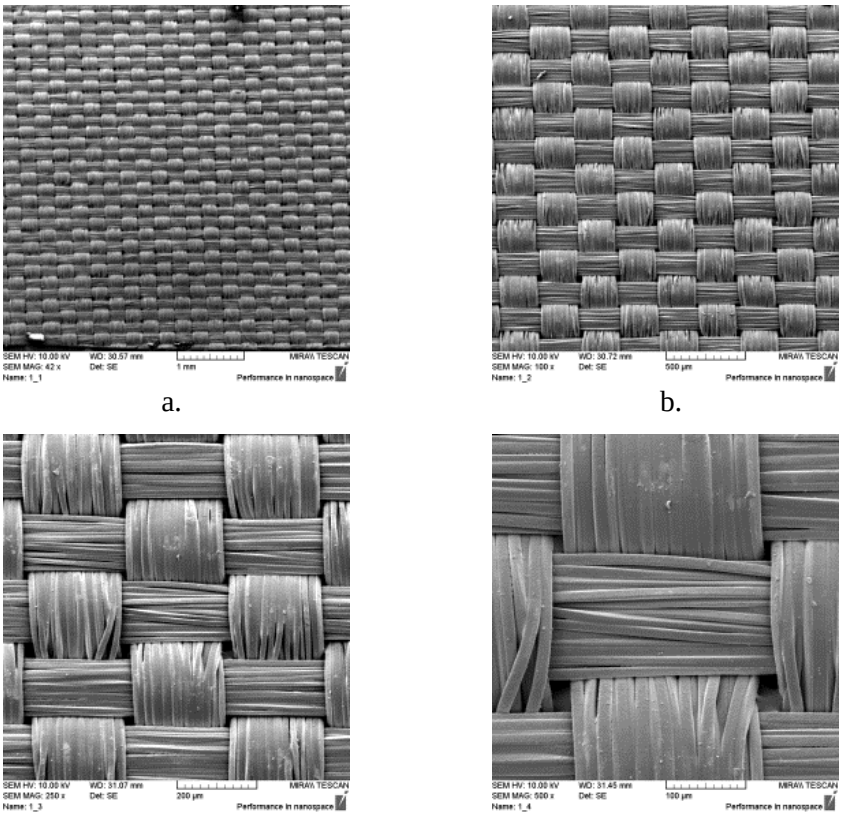
4.3. Međupodstavna poliesterska tkanina s bakrenim nanosom, MP2

Na ispitivanim uzorcima međupodstavne poliesterske tkanine s bakrenim nanosom MP2 napravljena je karakterizacija površine neobrađenih uzoraka primjenom SEM-a, te nakon ciklusa kemijskih i mokrih čišćenja. Nakon toga dan je prikaz vrijednosti učinkovitosti zaštite SE od elektromagnetskog zračenja, prije i nakon izlaganja postupcima kemijskog i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

4.3.1. Karakterizacija površine SEM-om uzoraka međupodstave MP2

Karakterizacija površine SEM-om neobrađenih uzoraka MP2

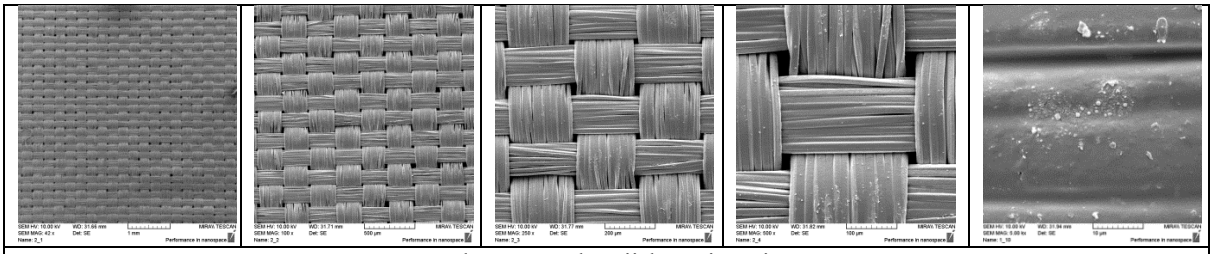
Napravljena je karakterizacija površine SEM-om, **neobrađenih uzoraka MP2** uz različita povećanja 42x, 100x, 250x i 500x, koja je prikazana na sl. 4.19.



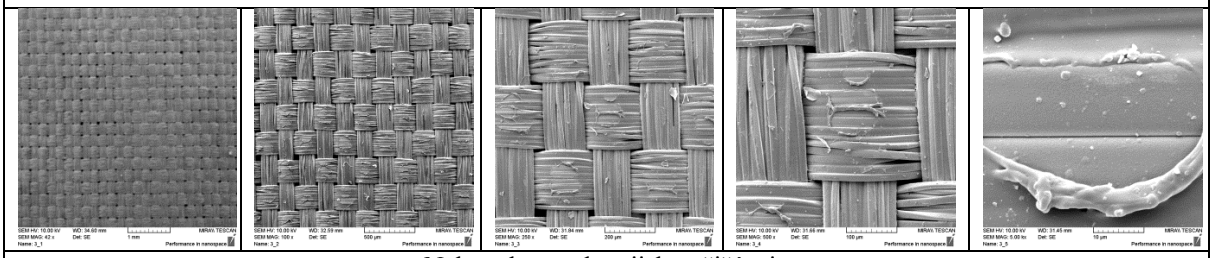
a. b. c. d.

Slika 4.19. SEM slika neobrađenog uzorka MP2 s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x

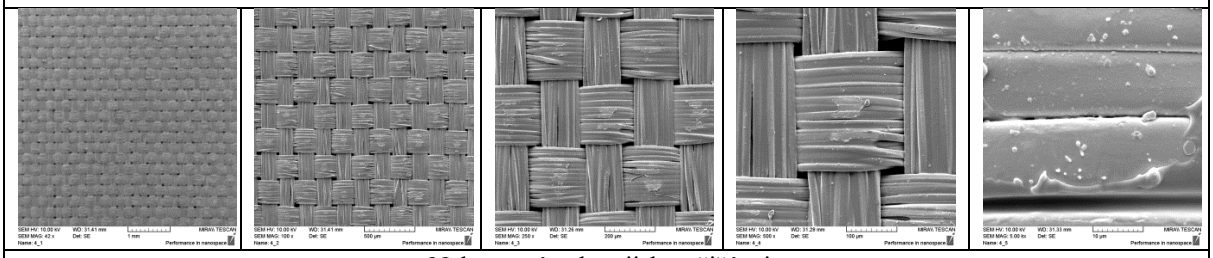
Dan je prikaz karakterizacije površine **SEM-om uzoraka MP2 nakon svakog pojedinačnog kemijskog čišćenja** (od prvog do desetog), s različitim povećanjima 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00 kx. (sl. 4.20).



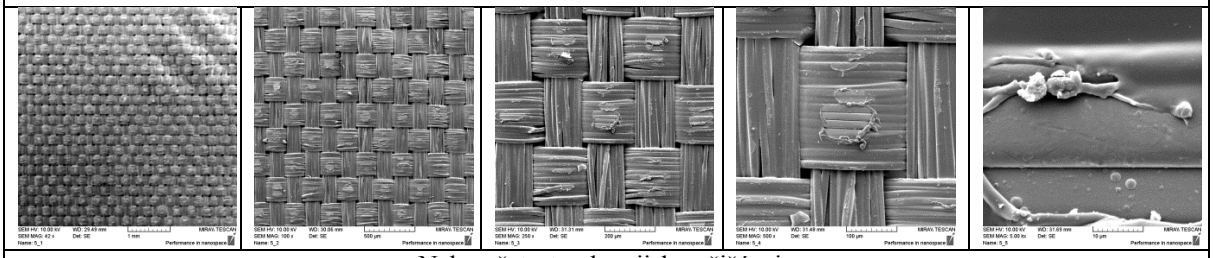
Nakon prvog kemijskog čišćenja



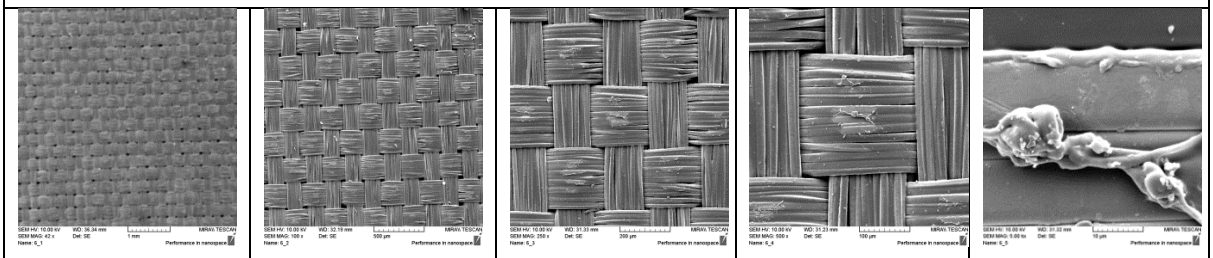
Nakon drugog kemijskog čišćenja



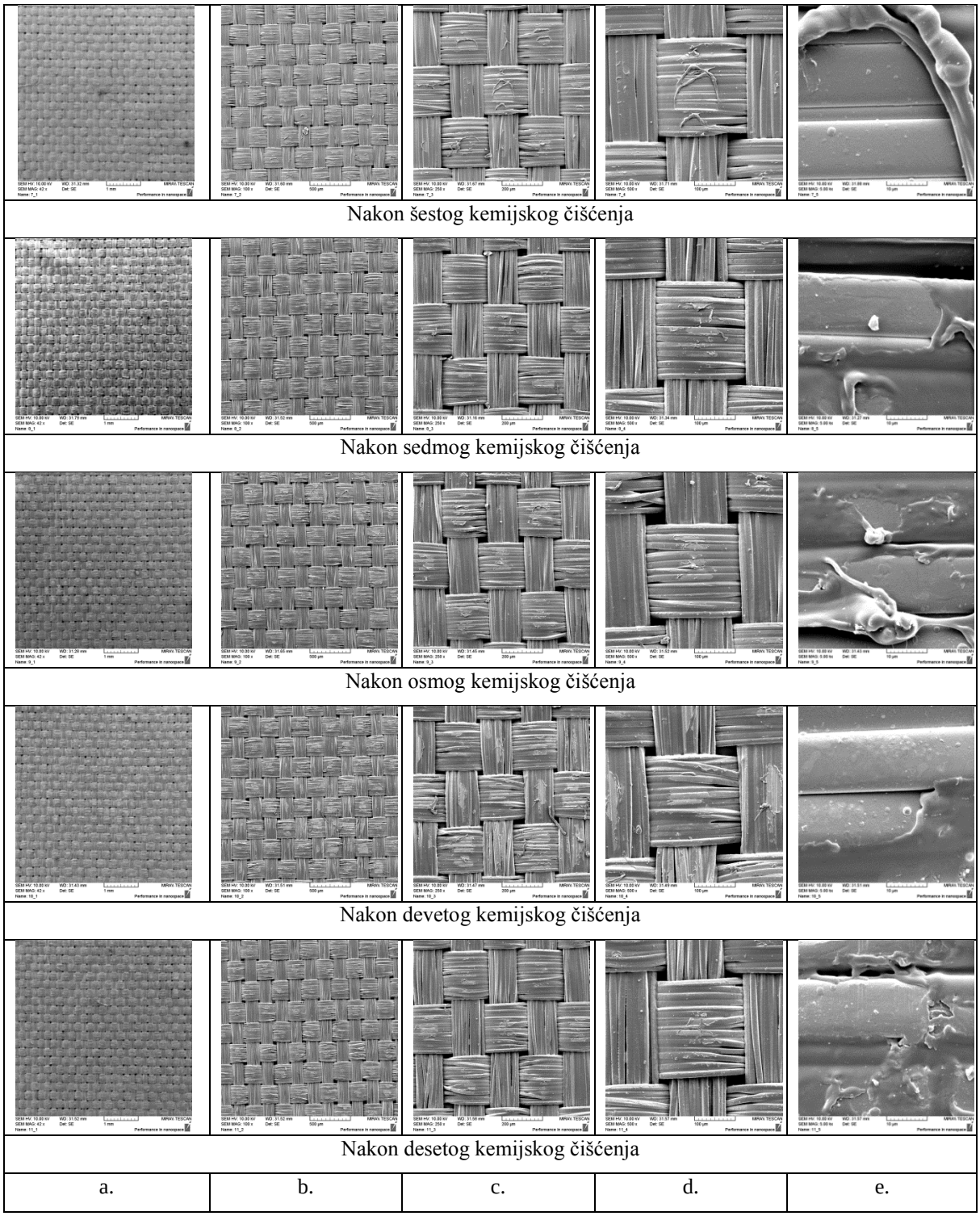
Nakon trećeg kemijskog čišćenja



Nakon četvrtog kemijskog čišćenja

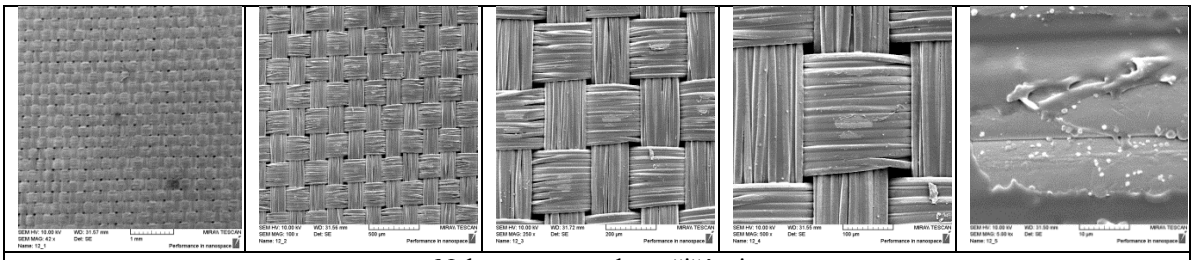


Nakon petog kemijskog čišćenja

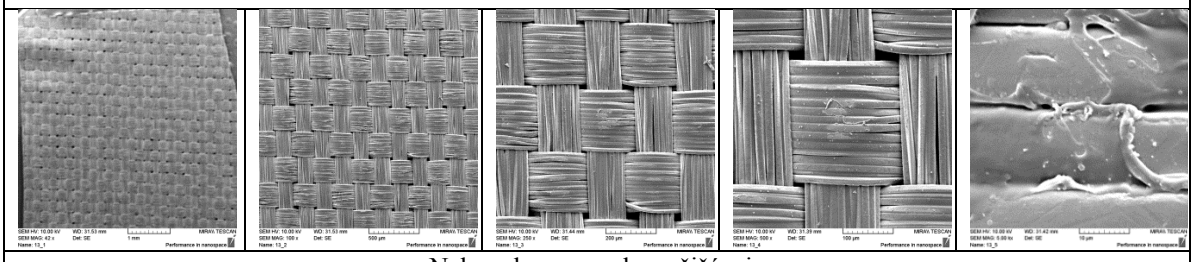


Slika 4.20. SEM slike uzoraka MP2 nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja (od prvog do desetog), s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00kx

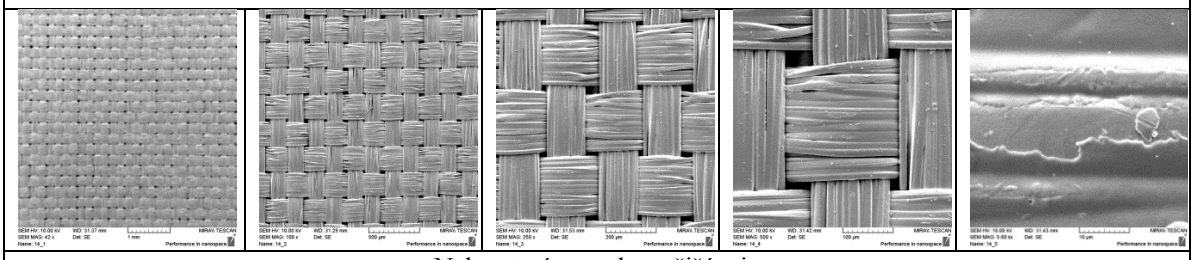
Dan je prikaz karakterizacije površine **SEM-om uzoraka MP2 nakon svakog pojedinačnog mokrog čišćenja** (od prvog do desetog) s različitim povećanjima 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00 kx (sl. 4.21).



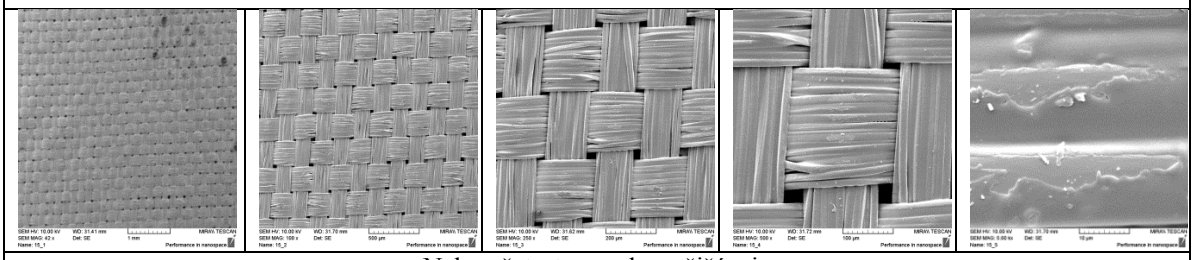
Nakon prvog mokrog čišćenja



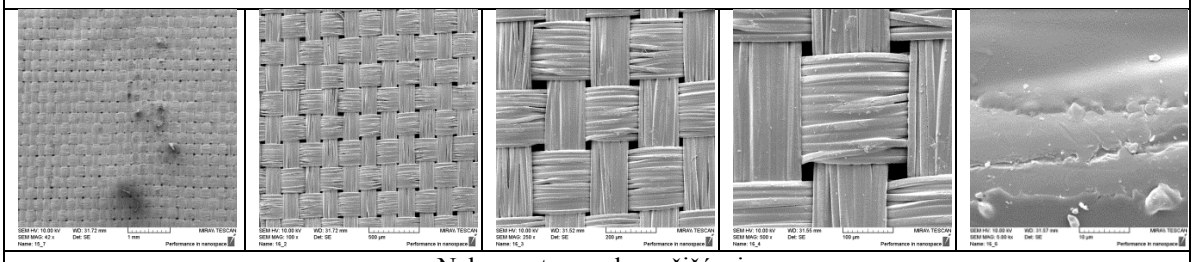
Nakon drugog mokrog čišćenja



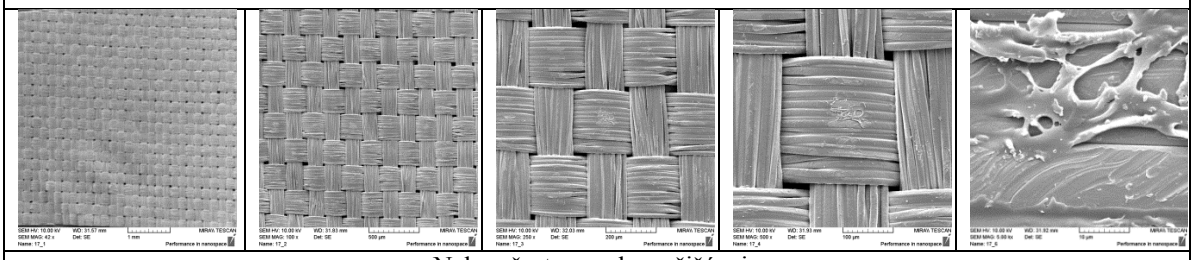
Nakon trećeg mokrog čišćenja



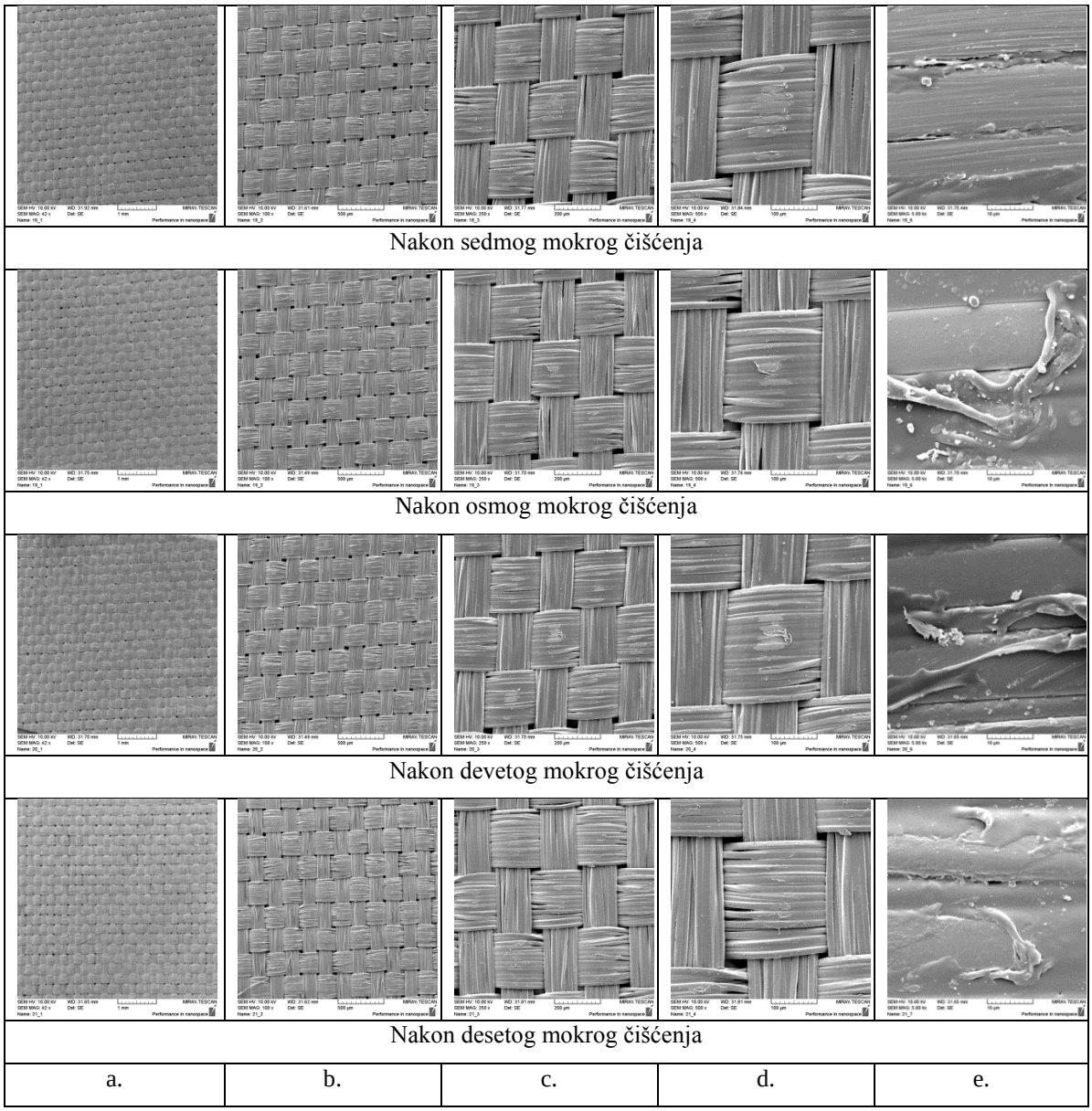
Nakon četvrtog mokrog čišćenja



Nakon petog mokrog čišćenja



Nakon šestog mokrog čišćenja



Slika 4.21. SEM slike uzoraka MP2 nakon 10 ciklusa mokrog čišćenja (od prvog do desetog) s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00kx

4.3.2. Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka MP2 u zaštiti od mikrovalnog zračenja

U ovom potpoglavlju dan je pregled rezultata učinkovitosti zaštite (SE) neobrađenih uzoraka MP2 (lice i naličje), te nakon utjecaja prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

Rezultati učinkovitosti zaštite (SE) od MP2 nakon utjecaja kemijskog čišćenja

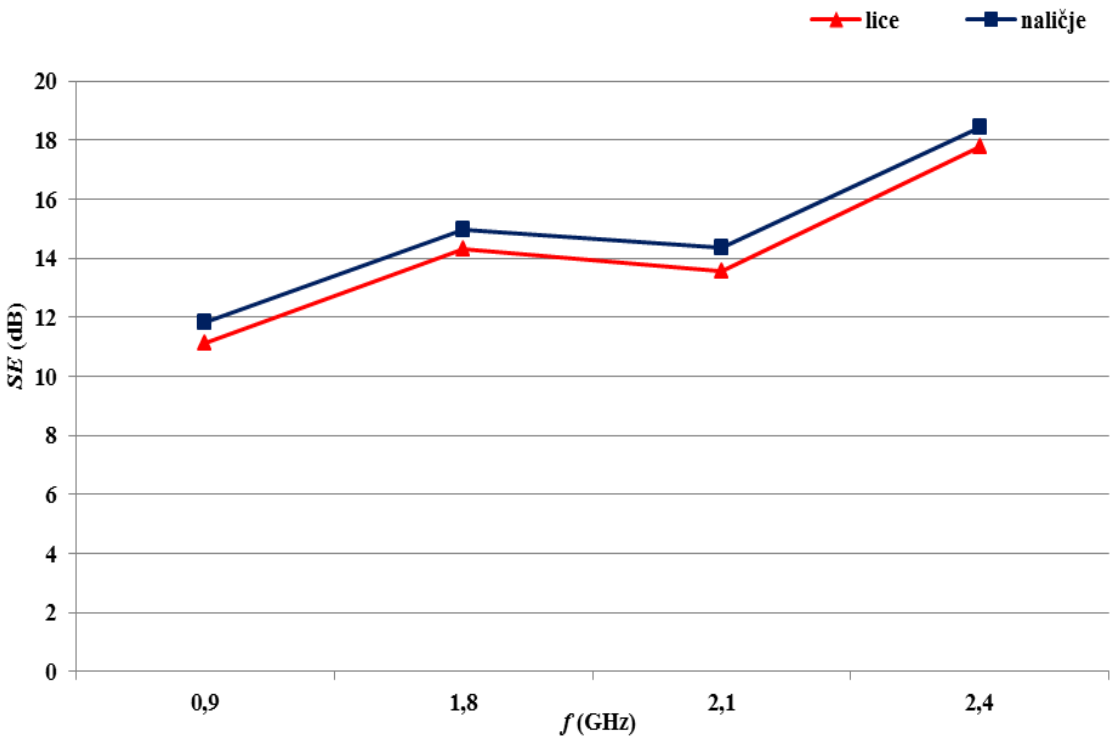
U Tab. 4.9 i 4.10 dani su rezultati vrijednosti učinkovitosti zaštite SE uzoraka MP2 (lice i naličje), **prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja** (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8G Hz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

Tablica 4.9. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP2 (lice) prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

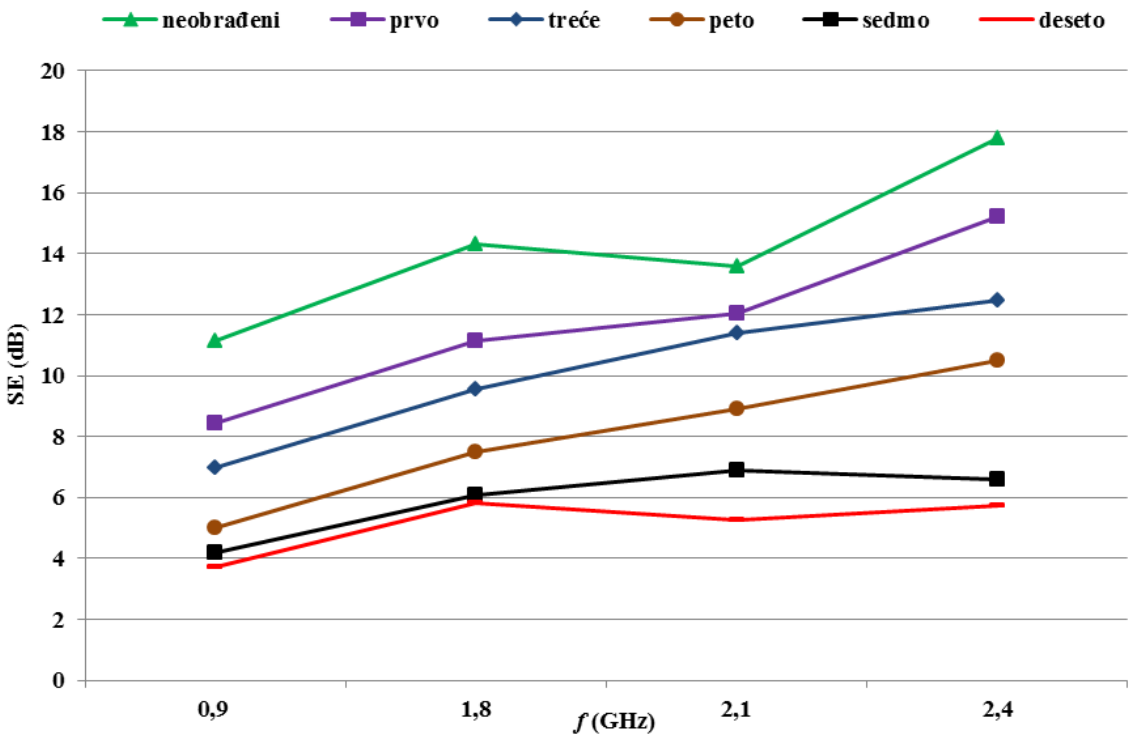
MP2 (LICE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	11,13	14,32	13,58	17,78
prvi	8,44	11,15	12,06	15,23
treći	6,98	9,53	11,39	12,48
peti	5,01	7,49	8,92	10,49
sedmi	4,21	6,09	6,89	6,59
deseti	3,73	5,81	5,26	5,74

Tablica 4.10. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP2 (naličje) prije i nakon kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

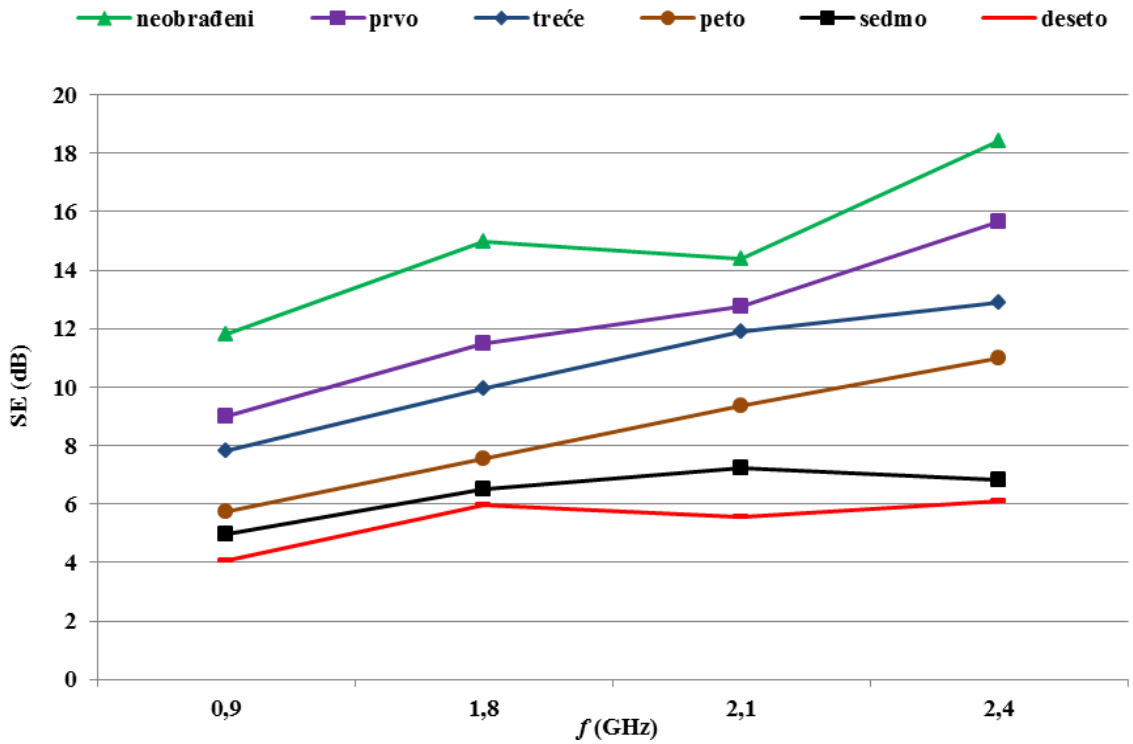
MP2 (NALIČJE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	11,82	14,96	14,37	18,43
prvi	8,98	11,49	12,77	15,68
treći	7,81	9,94	11,89	12,88
peti	5,75	7,55	9,38	11,01
sedmi	4,96	6,49	7,23	6,82
deseti	4,08	5,95	5,56	6,12



Slika 4.22. SE neobrađenih uzoraka MP2 (lice i naličje) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.23. SE uzoraka MP2 (lice), prije i nakon kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.24. SE uzoraka MP2 (naličje), prije i nakon kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

Rezultati učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja SE uzoraka MP2 nakon utjecaja mokrih čišćenja

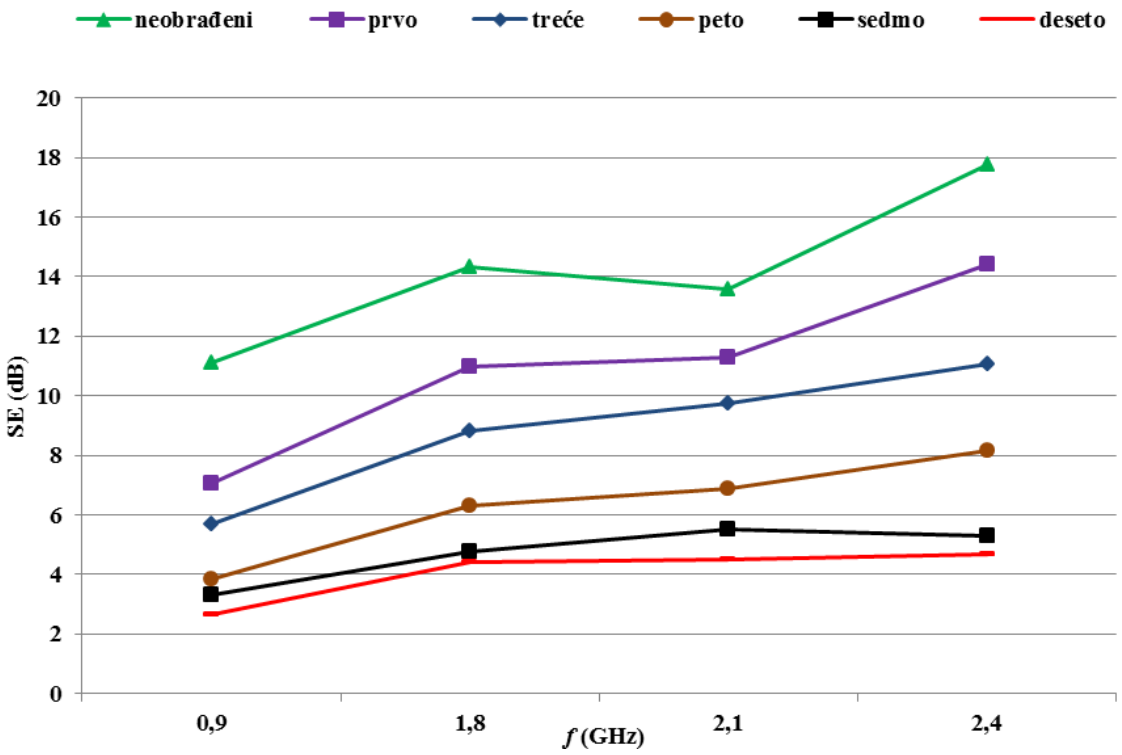
U Tab. 4.11. dan je prikaz vrijednosti učinkovitosti zaštite (SE) od elektromagnetskog zračenja za uzorke MP2 (lice), a u Tab. 4.12. prikaz rezultata SE na uzorcima MP2 (naličje), **prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja** (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

Tablica 4.11. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP2 (lice), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

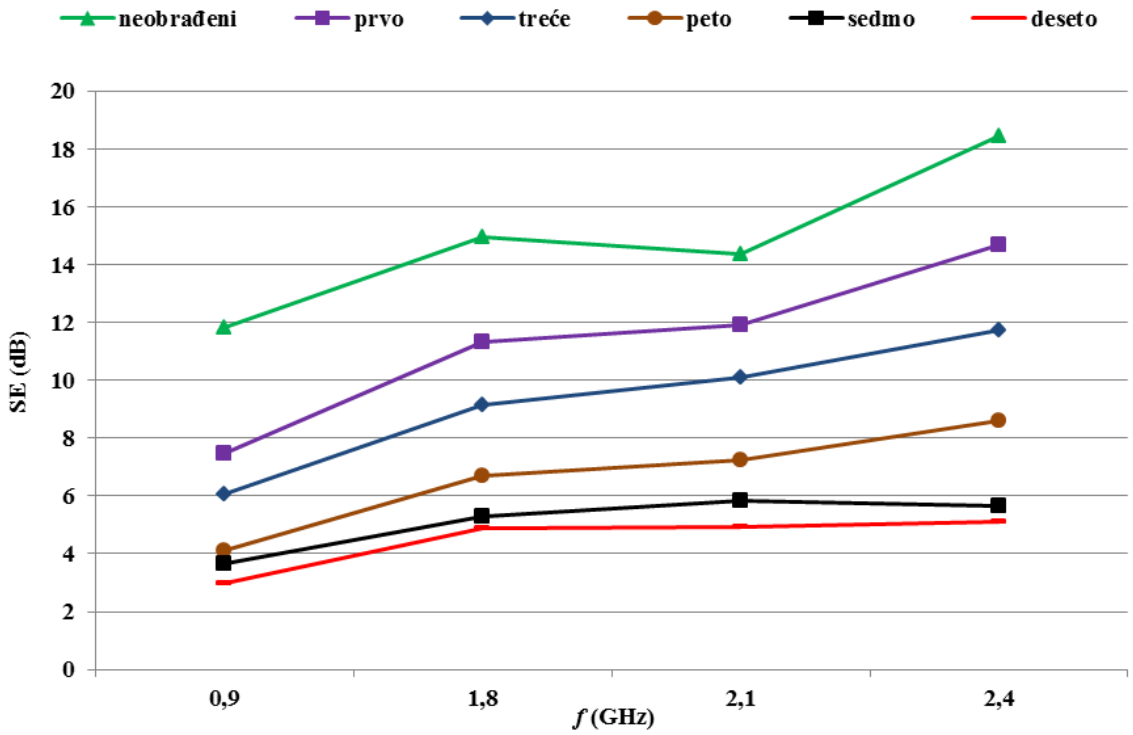
MP2 (LICE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	11,13	14,32	13,58	17,78
prvi	7,07	10,96	11,28	14,42
treći	5,68	8,82	9,76	11,07
peti	3,83	6,29	6,89	8,18
sedmi	3,32	4,75	5,51	5,28
deseti	2,63	4,42	4,49	4,67

Tablica 4.12. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP2 (naličje), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

MP2 (NALIČJE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	11,82	14,96	14,37	18,43
prvi	7,49	11,31	11,93	14,67
treći	6,05	9,14	10,09	11,73
peti	4,11	6,68	7,24	8,61
sedmi	3,67	5,31	5,82	5,65
deseti	2.98	4.89	4.91	5.13



Slika 4.25. SE uzoraka MP2 (lice), prije i nakon mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.26. SE uzoraka MP2 (naličje), prije i nakon mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

4.4. Uzorci sendviča s MP2

Na uzorcima sendviča s MP2 izvršena su mjerenja učinkovitosti zaštite SE od elektromagnetskog zračenja, neobrađenih uzoraka te nakon glačanja i prešanja i ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja.

4.4.1. Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka sendviča s MP2 u zaštiti od mikrovalnog zračenja

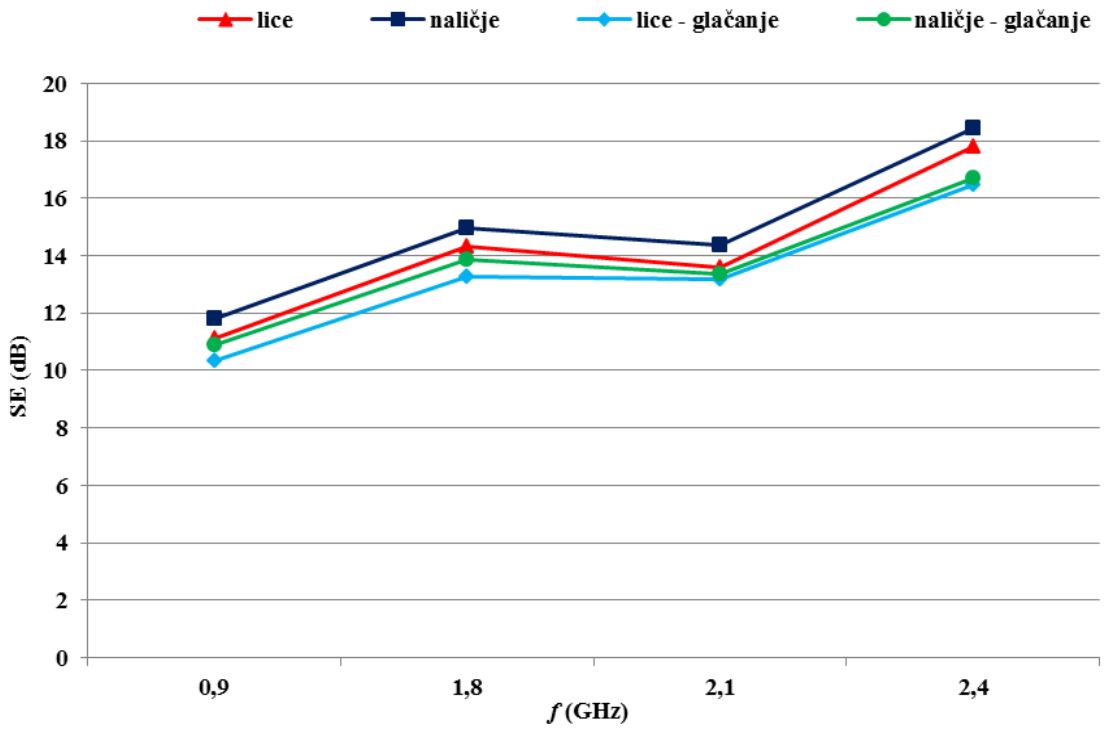
U ovom potpoglavlju prikazani su rezultati učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka sendviča s MP2 (lice i naličje), **prije i nakon glačanja i prešanja i ciklusa kemijskog čišćenja** na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz (Tab. 4.13 i Tab. 4.14).

Tablica 4.13. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP2 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

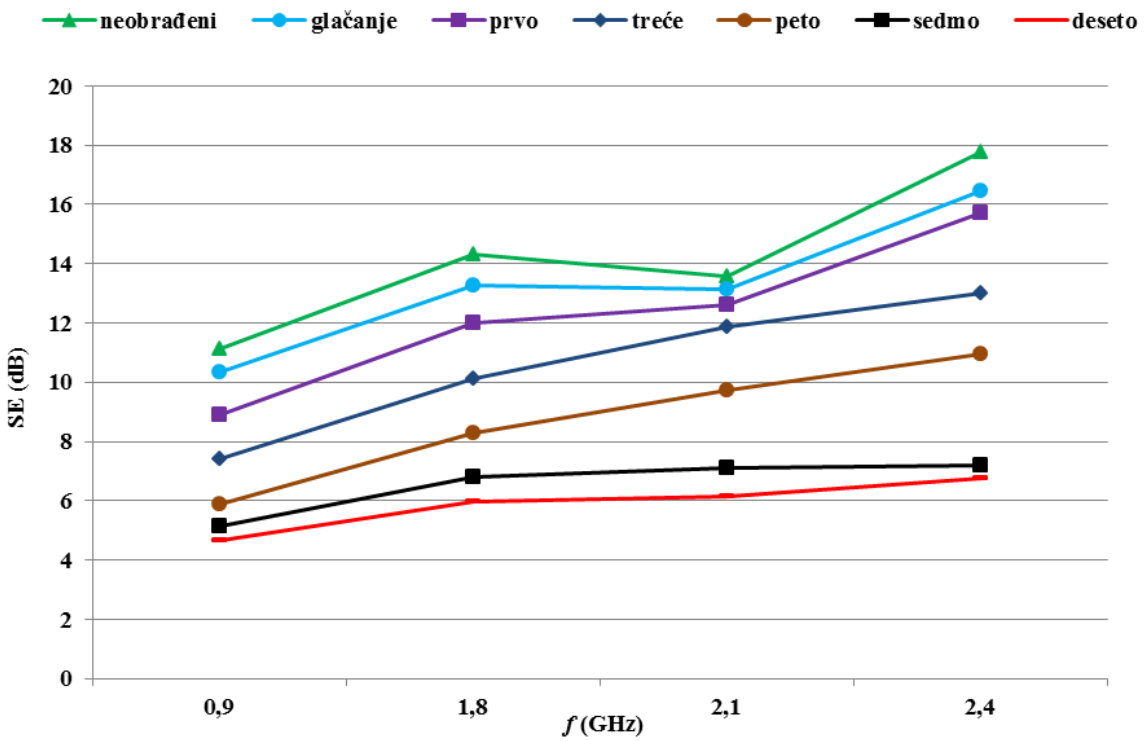
Sendvič s MP2 (LICE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	11,13	14,32	13,58	17,78
nulti / glačanje i prešanje	10,34	13,29	13,16	16,48
prvi	8,92	12,01	12,61	15,72
treći	7,42	10,14	11,85	12,99
peti	5,89	8,29	9,74	10,97
sedmi	5,13	6,8	7,09	7,21
deseti	4,65	5,99	6,13	6,75

Tablica 4.14. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP2 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

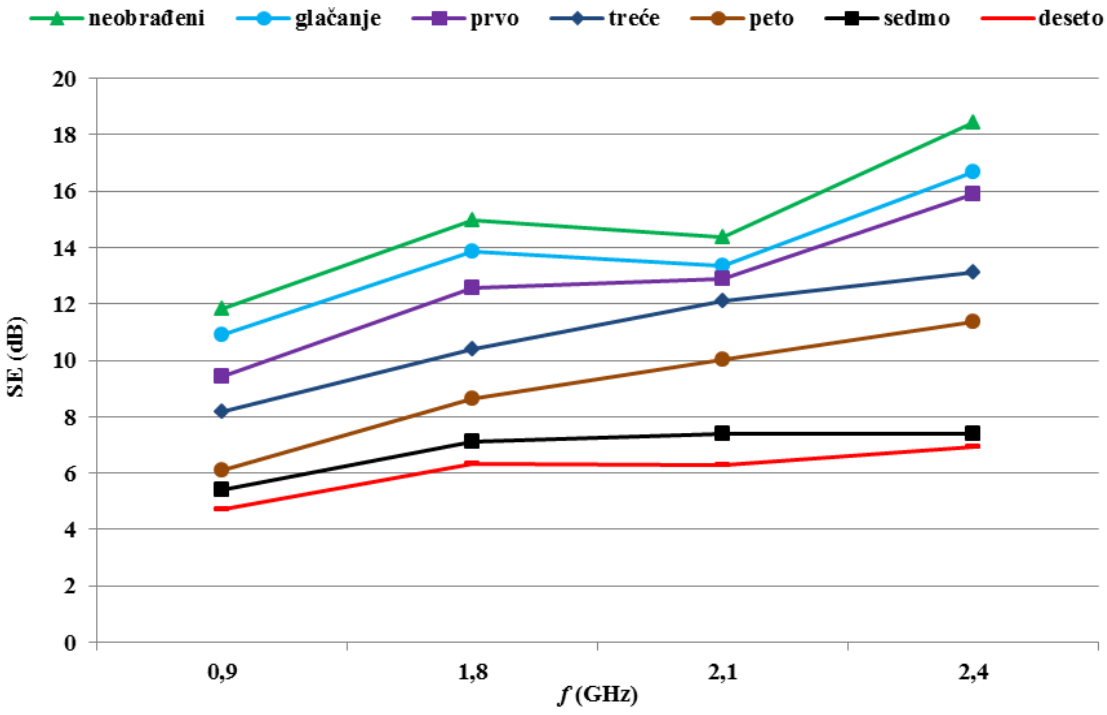
Sendvič s MP2 (NALIČJE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	11,82	14,96	14,37	18,43
nulti / glačanje i prešanje	10,89	13,88	13,34	16,69
prvi	9,45	12,56	12,89	15,92
treći	8,18	10,42	12,13	13,14
peti	6,08	8,62	10,02	11,36
sedmi	5,41	7,13	7,41	7,38
deseti	4,69	6,31	6,29	6,92



Slika 4.27. SE neobrađenih uzoraka sendviča s MP2 (lice i naličje), prije i nakon glačanja i prešanja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.28. SE uzoraka sendviča s MP2 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.29. SE uzoraka sendviča s MP2 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka sendviča s MP2 u zaštiti od mikrovalnog zračenja nakon mokrih čišćenja

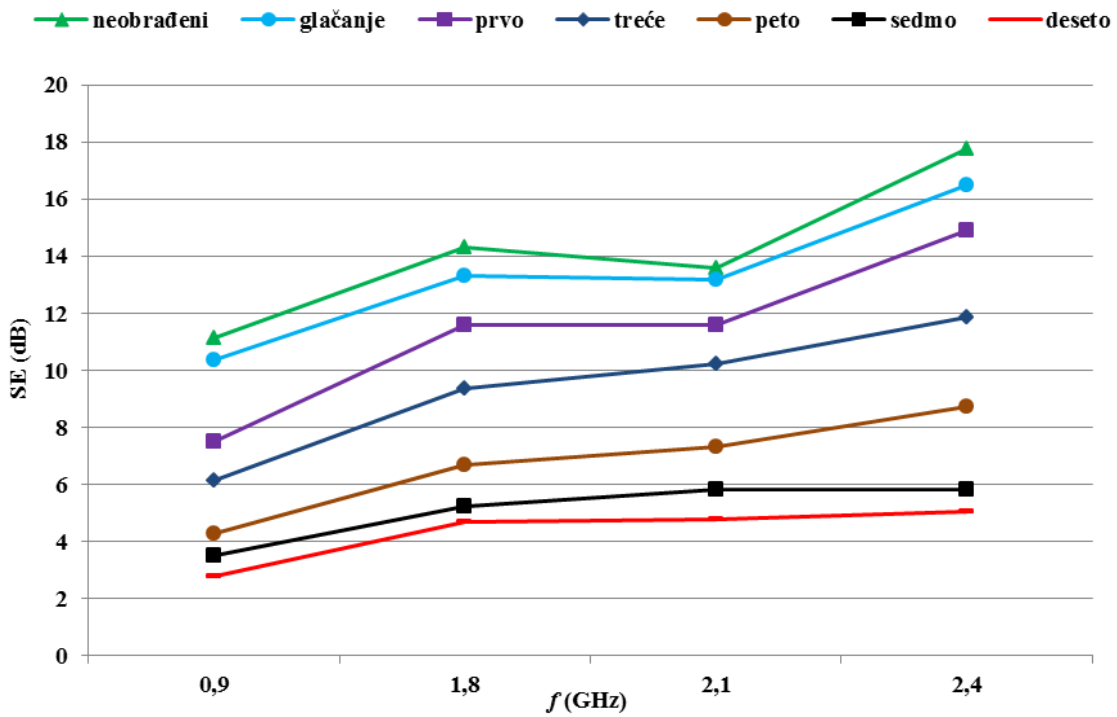
Dani su rezultati učinkovitosti zaštite (SE) od elektromagnetskog zračenja uzoraka sendviča s MP2 (lice i naličje), **prije i nakon utjecaja glačanja i prešanja i ciklusa mokrog čišćenja** na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz (Tab. 4.15 i 4.16).

Tablica 4.15. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP2 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

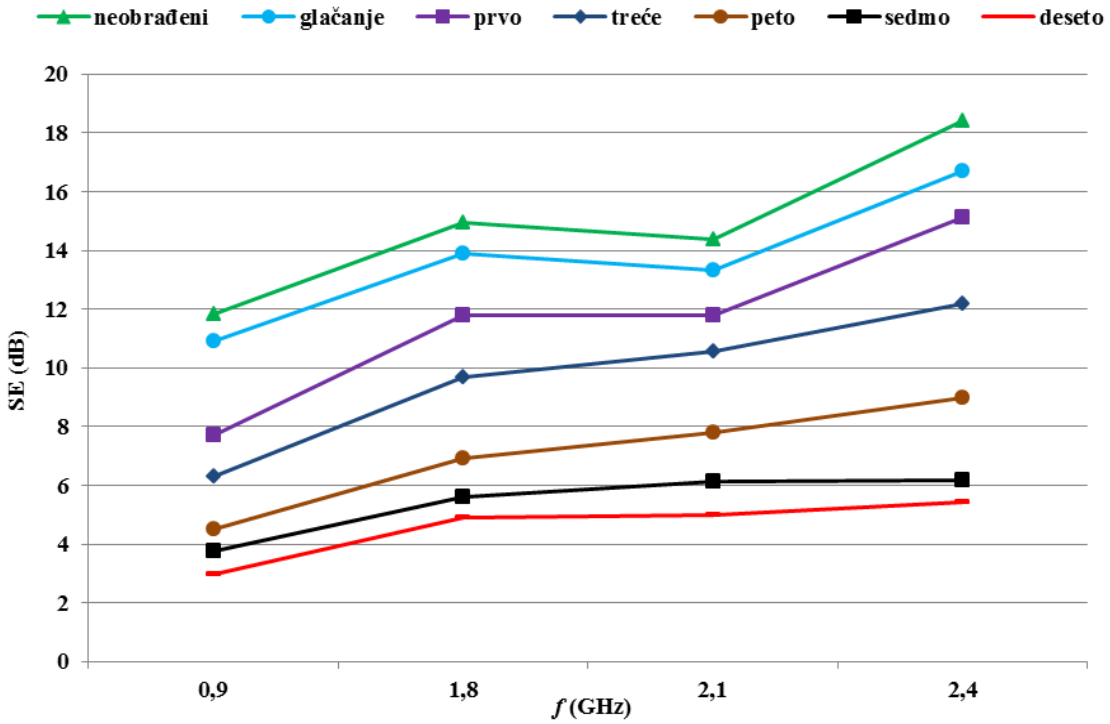
Sendvič s MP2 (LICE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	11,13	14,32	13,58	17,78
nulti / glačanje i prešanje	10,34	13,29	13,16	16,48
prvi	7,48	11,58	11,59	14,92
treći	6,13	9,38	10,24	11,84
peti	4,26	6,69	7,31	8,73
sedmi	3,52	5,21	5,81	5,84
deseti	2,79	4,67	4,77	5,07

Tablica 4.16. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP2 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

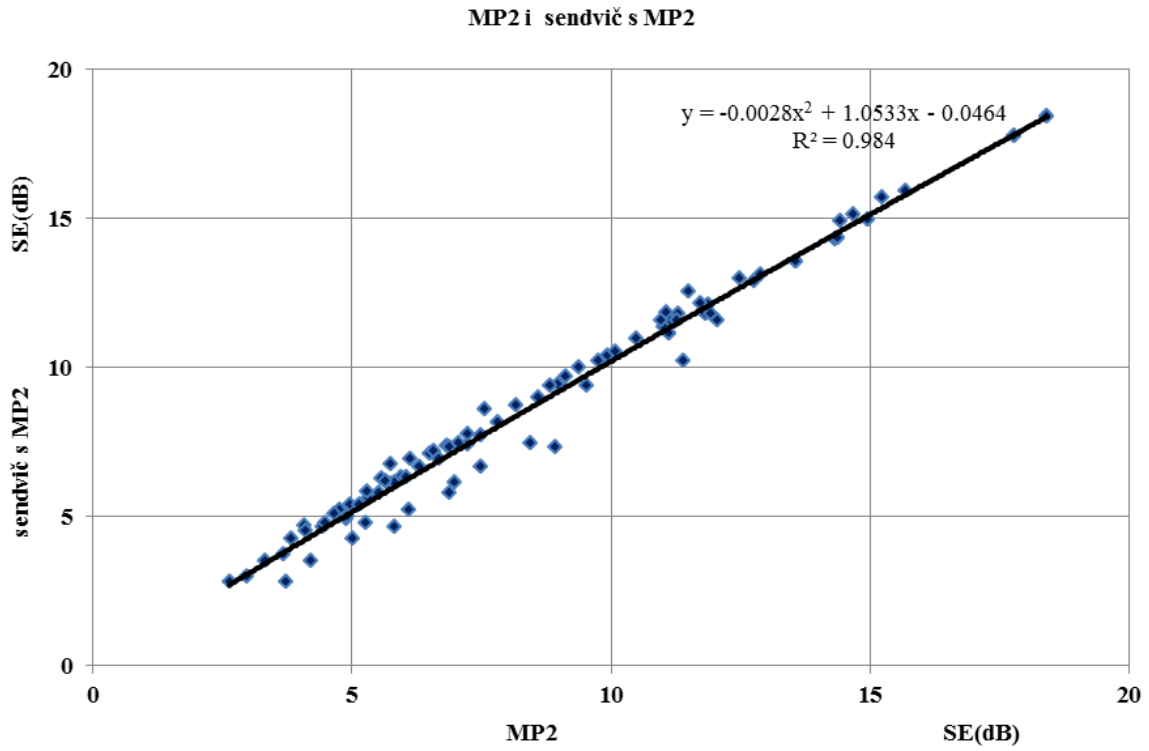
Sendvič s MP2 (NALIČJE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	11,82	14,96	14,37	18,43
nulti / glačanje i prešanje	10,89	13,88	13,34	16,69
prvi	7,72	11,79	11,97	15,14
treći	6,31	9,7	10,55	12,18
peti	4,52	6,94	7,78	8,99
sedmi	3,74	5,62	6,13	6,17
deseti	2,98	4,91	4,99	5,42



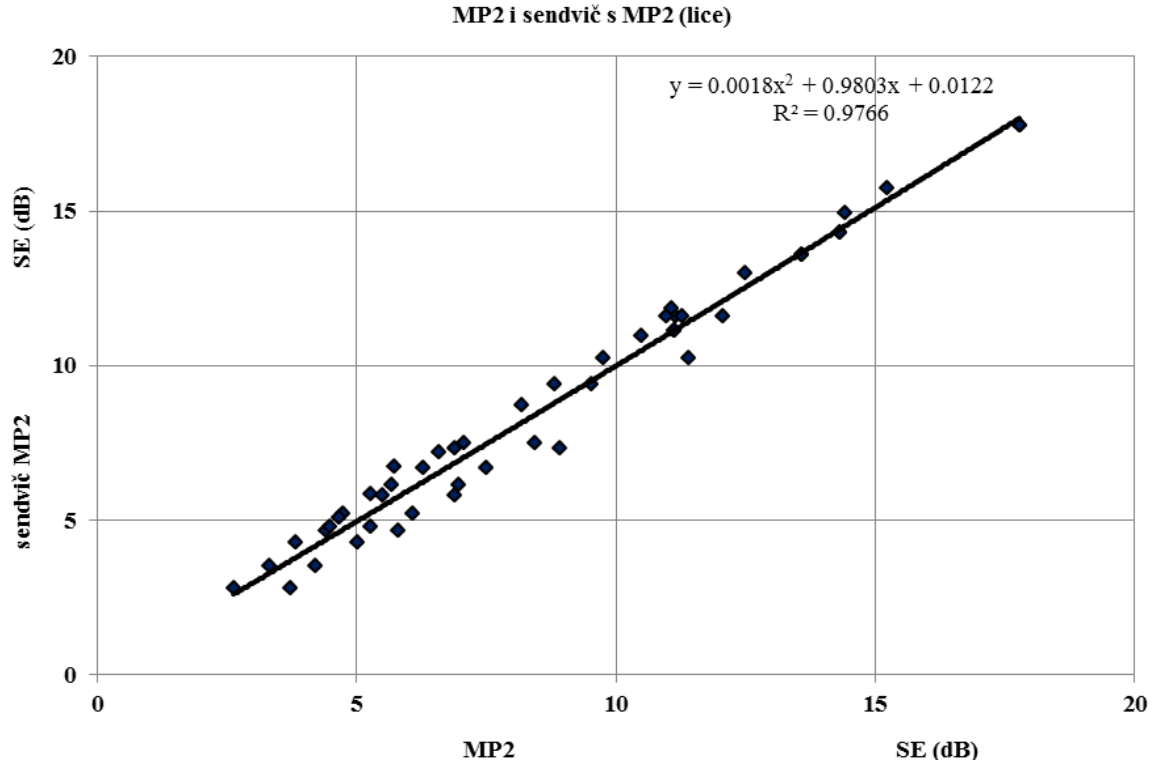
Slika 4.30. SE uzoraka sendviča s MP2 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



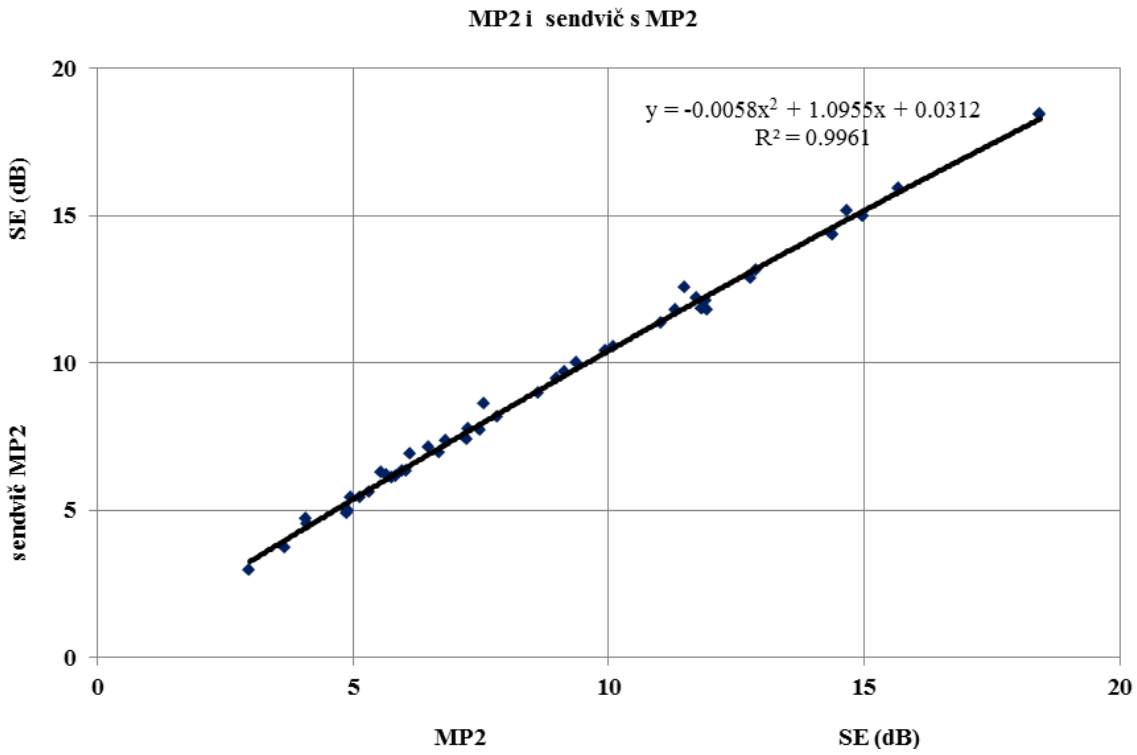
Slika 4.31. SE uzoraka sendviča s MP2 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.32. Regresijski pravac i točke rasipanja SE uzoraka MP2 i sendviča s MP2 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (lice i naličje)



Slika 4.33. Regresijski pravac i točke rasipanja SE uzoraka MP2 i sendviča s MP2 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (lice)



Slika 4.34. Regresijski pravac i točke rasipanja SE uzoraka MP2 i sendviča s MP2 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (naličje)

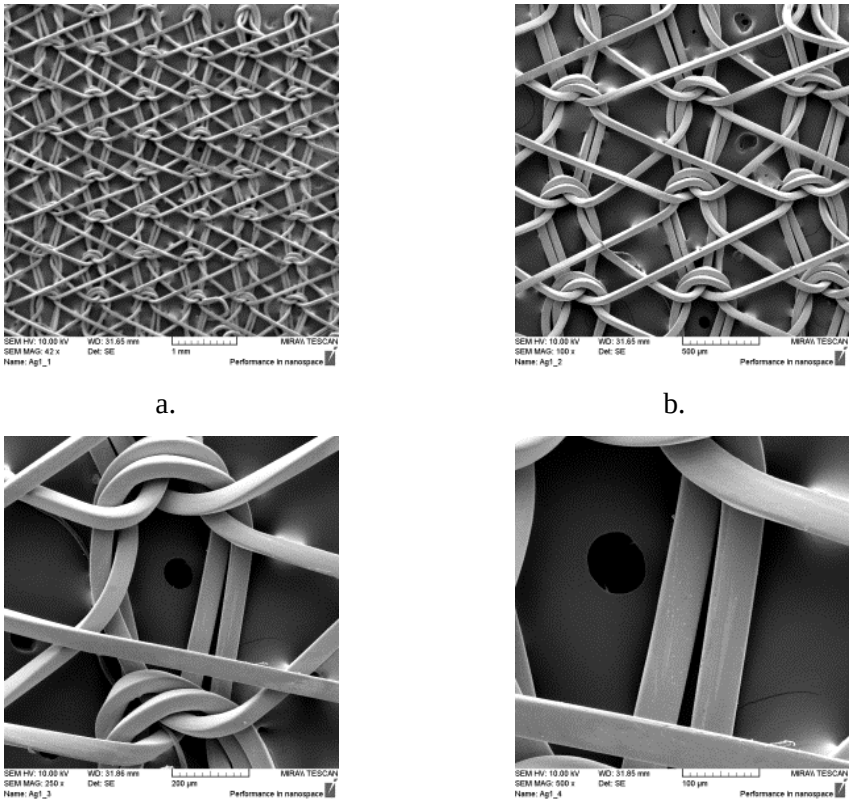
4.5. Međupodstavno poliamidno pletivo s posrebrenim nitima, MP3

Na uzorcima međupodstavnih poliamidnih pletiva sa posrebrenim nitima MP3 napravljena je karakterizacija površine SEM-om neobrađenih uzoraka, te nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja. Zatim su izvršena mjerenja učinkovitosti zaštite SE od elektromagnetskog zračenja neobrađenih uzoraka, te nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

4.5.1. Karakterizacija površine SEM-om uzoraka MP3

Karakterizacija površine SEM-om neobrađenih uzoraka MP3

Dan je prikaz karakterizacije površine SEM-om **neobrađenih uzoraka MP3** (sl. 4.35), s različitim povećanjima 42x, 100x, 250x i 500x.



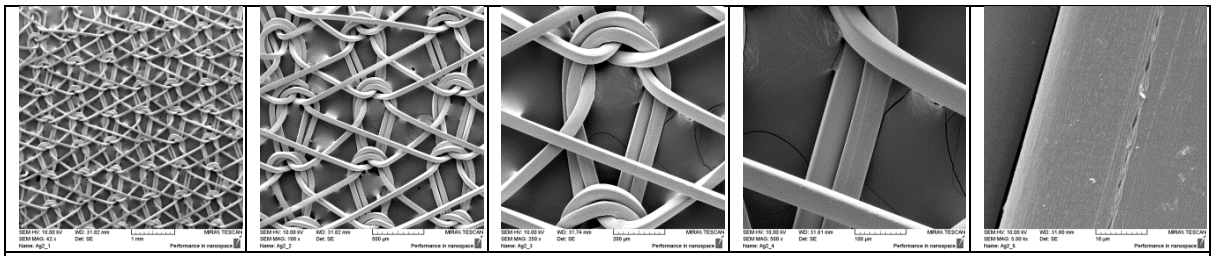
a. b.

c. d.

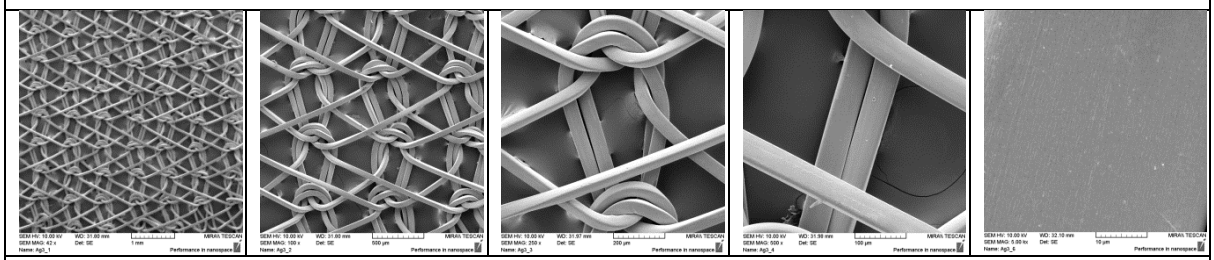
Slika 4.35. SEM slike neobrađenih uzoraka MP3 s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x

Karakterizacija površine SEM-om uzoraka MP3 nakon kemijskog čišćenja

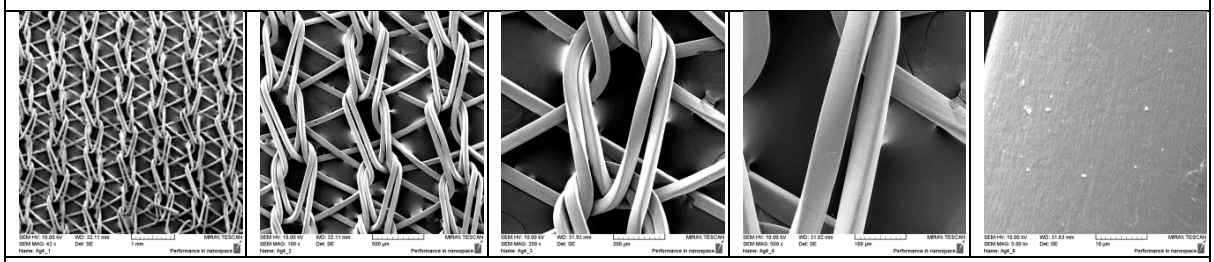
Dan je prikaz karakterizacije površine SEM-om **uzoraka MP3 nakon svakog pojedinačnog ciklusa kemijskog čišćenja** (od prvog do desetog), s različitim povećanjima 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00 kx. (sl. 4.36).



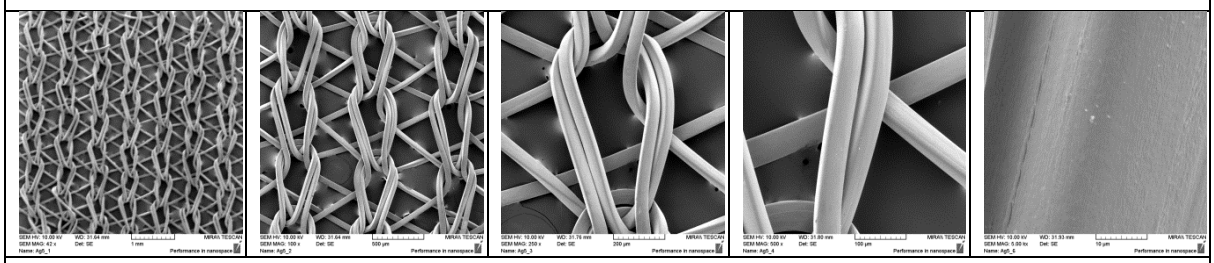
Nakon prvog kemijskog čišćenja



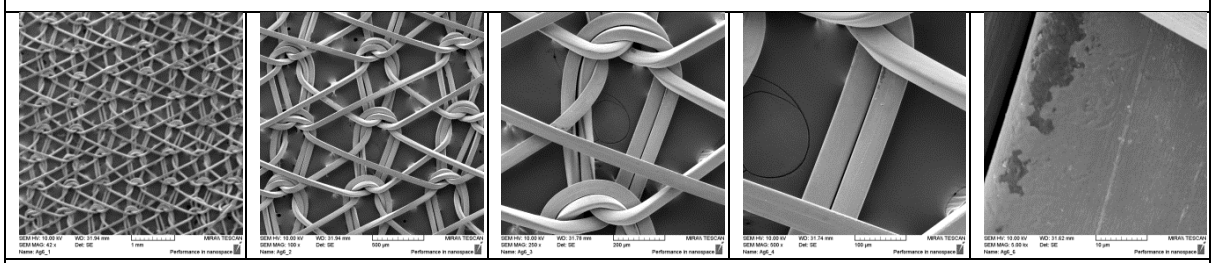
Nakon drugog kemijskog čišćenja



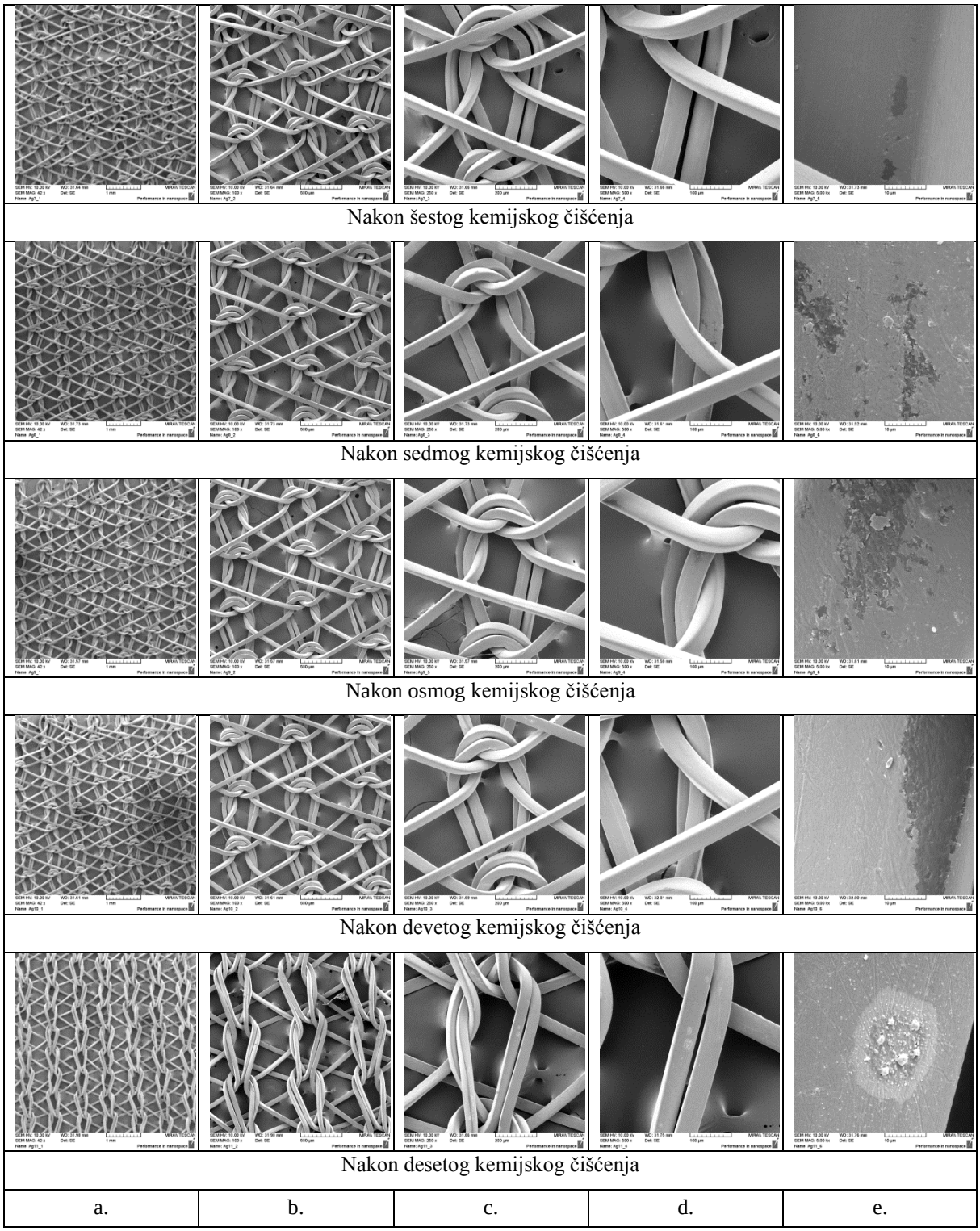
Nakon trećeg kemijskog čišćenja



Nakon četvrtog kemijskog čišćenja



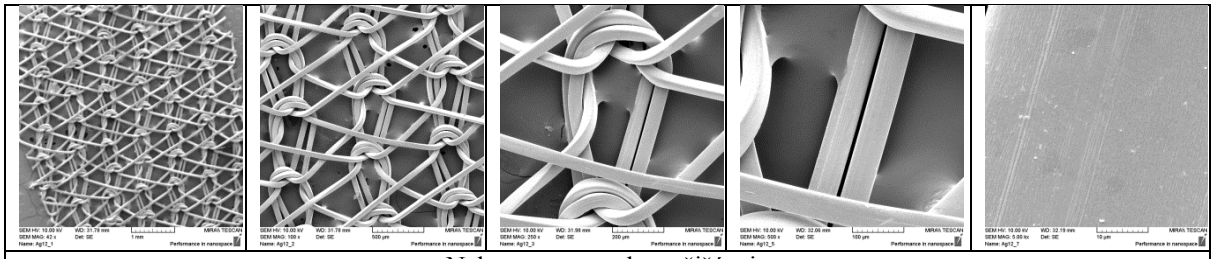
Nakon petog kemijskog čišćenja



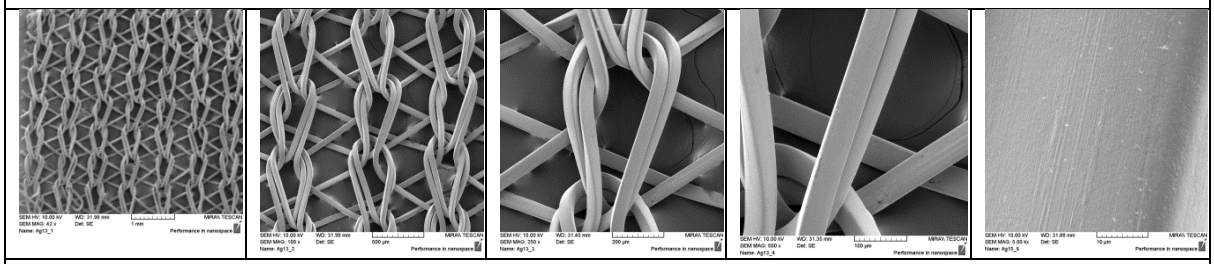
Slika 4.36. SEM slike uzoraka MP3 nakon kemijskog čišćenja (od prvog do desetog), s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00kx

Karakterizacija površine SEM-om uzoraka MP3 nakon mokrog čišćenja

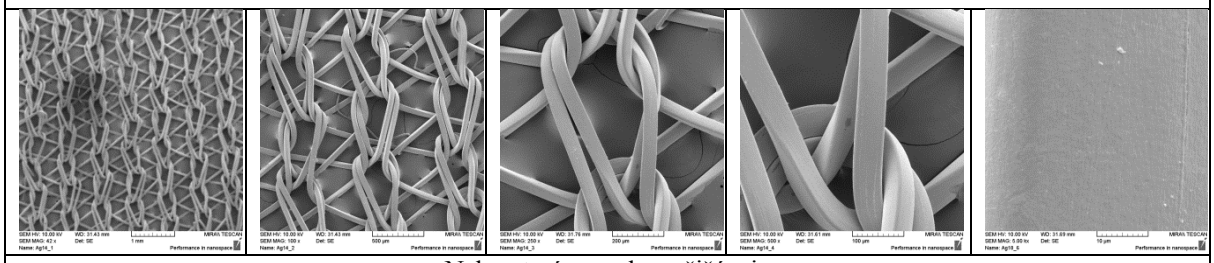
Dan je prikaz morfološke karakterizacije SEM-om **uzoraka MP3 nakon svaog pojedinačnog ciklusa mokrog čišćenja** (od prvog do desetog), s različitim povećanjima 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00 kx. (sl. 4.37).



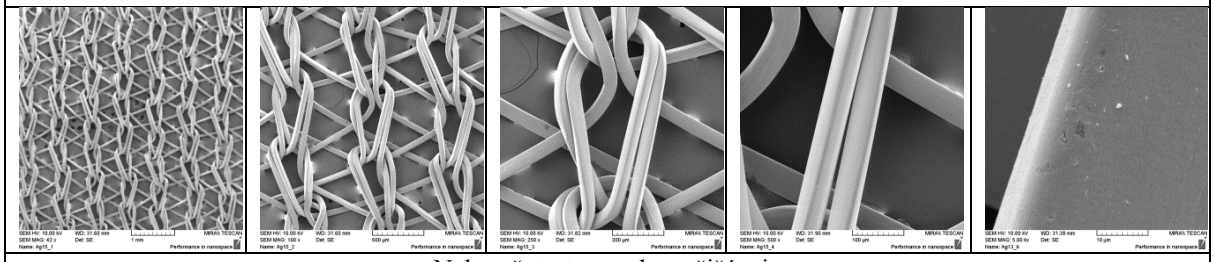
Nakon prvog mokrog čišćenja



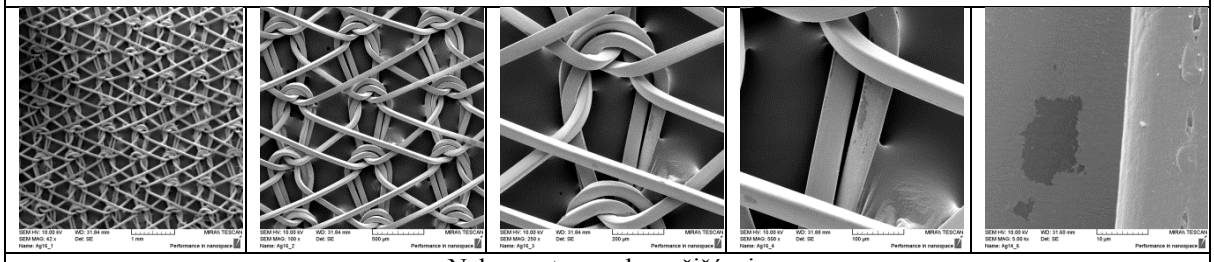
Nakon drugog mokrog čišćenja



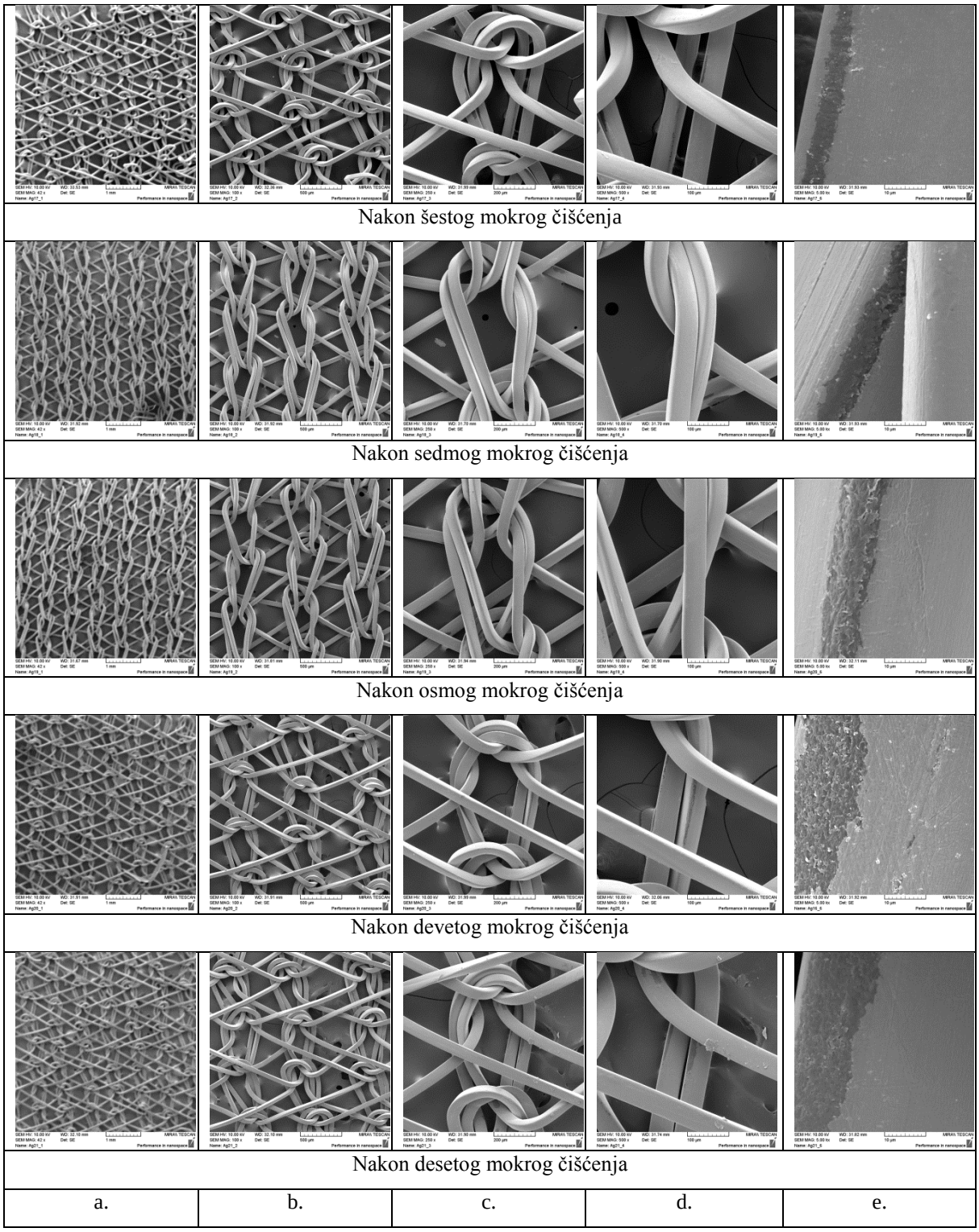
Nakon trećeg mokrog čišćenja



Nakon četvrtog mokrog čišćenja



Nakon petog mokrog čišćenja



Slika 4.37. SEM slike uzoraka MP3 nakon mokrog čišćenja (od prvog do desetog) s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00kx

4.5.2. Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka MP3 u zaštiti od mikrovalnog zračenja

U ovom potpoglavlju dan je pregled rezultata učinkovitosti zaštite SE od elektromagnetskog zračenja neobrađenih uzoraka MP3 na licu i naličju, te nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz .

Učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka MP3 u zaštiti od mikrovalnog zračenja nakon kemijskog čišćenja

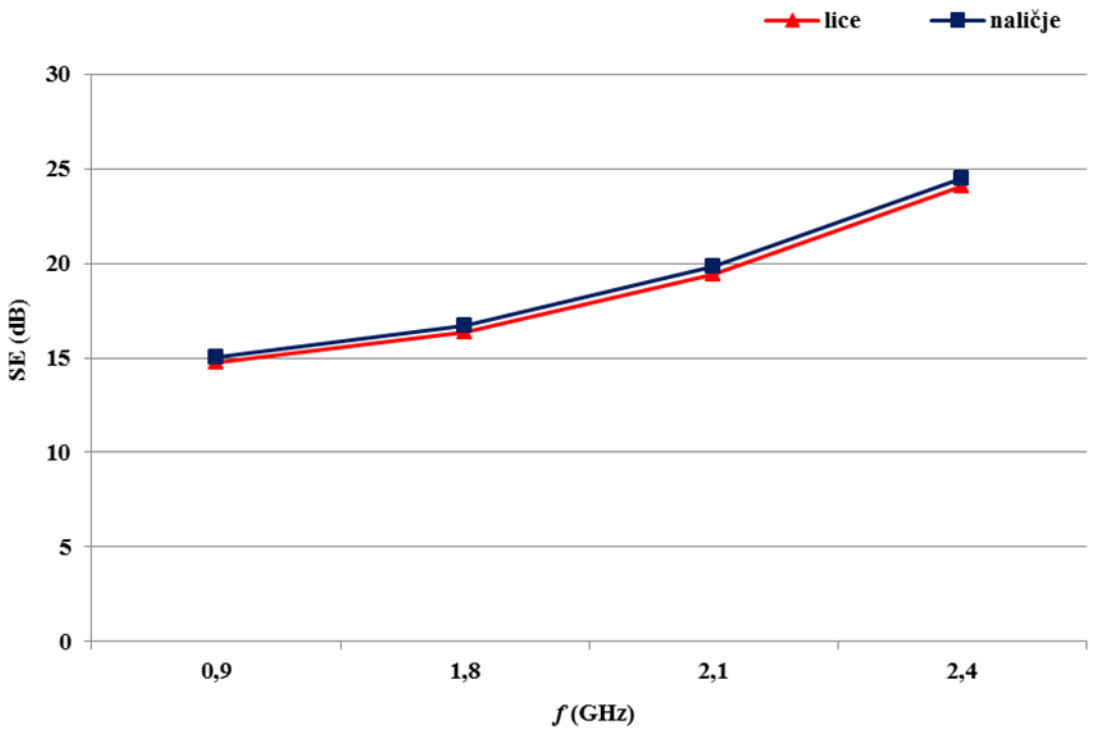
Prikazane su vrijednosti učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka MP3 (lice i naličje), **prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja** (Tab. 4.17 i 4.18), na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

Tablica 4.17. Zaštitna svojstva (SE) uzorka MP3 (lice), prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

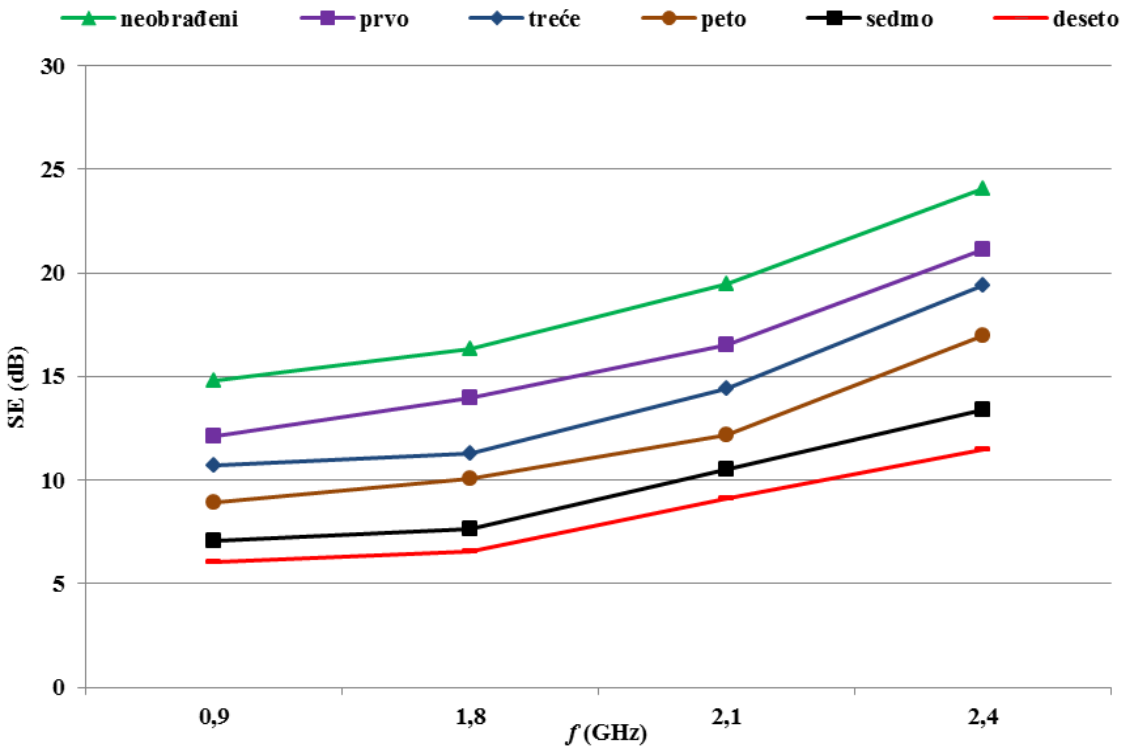
MP3 (LICE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemjskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	14,77	16,34	19,45	24,08
prvi	12,11	13,94	16,52	21,13
treći	10,68	11,28	14,43	19,37
peti	8,95	10,06	12,19	16,97
sedmi	7,04	7,65	10,52	13,42
deseti	6,07	6,56	9,09	11,48

Tablica 4.18. Zaštitna svojstva (SE) uzorka MP3 (naličje), prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

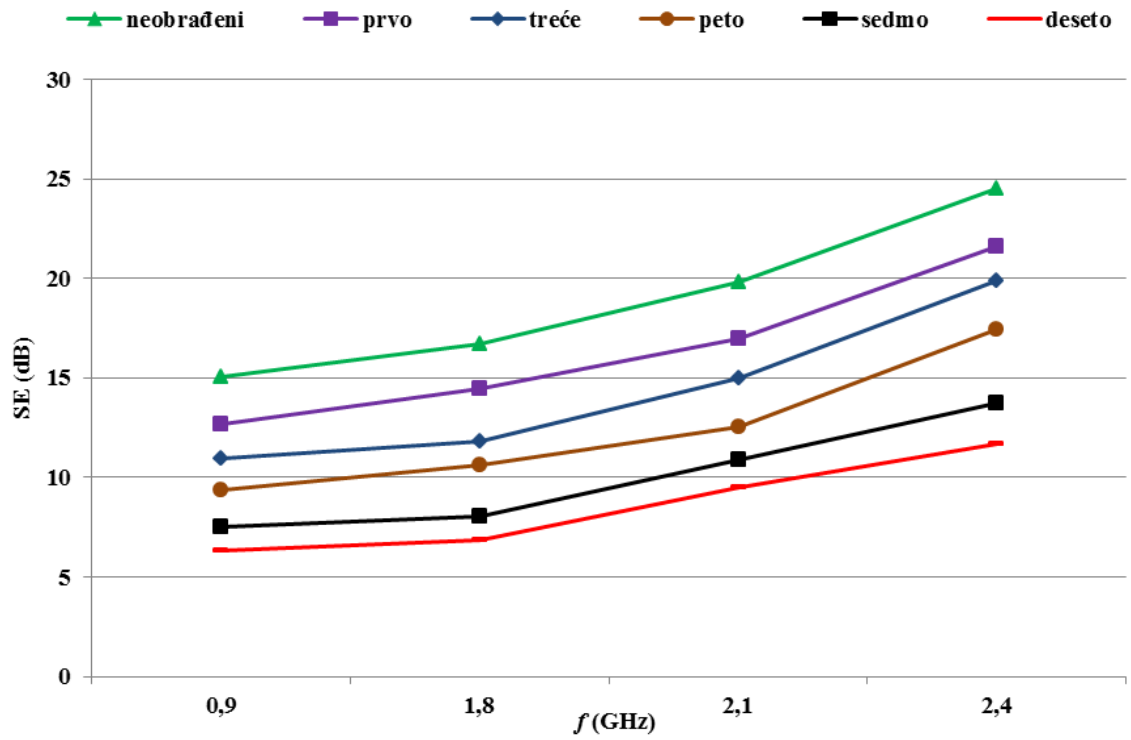
MP3 (NALIČJE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemjskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	15,06	16,68	19,83	24,52
prvi	12,68	14,45	16,98	21,62
treći	10,97	11,84	14,97	19,91
peti	9,34	10,61	12,55	17,44
sedmi	7,51	8,04	10,88	13,71
deseti	6,33	6,86	9,49	11,69



Slika 4.38. SE neobrađenih uzoraka MP3 (lice i naličje) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.39. SE uzorka MP3 (lice), prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.40. SE uzorka MP3 naličju, prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

Učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka MP3 u zaštiti od mikrovalnog zračenja nakon mokrog čišćenja

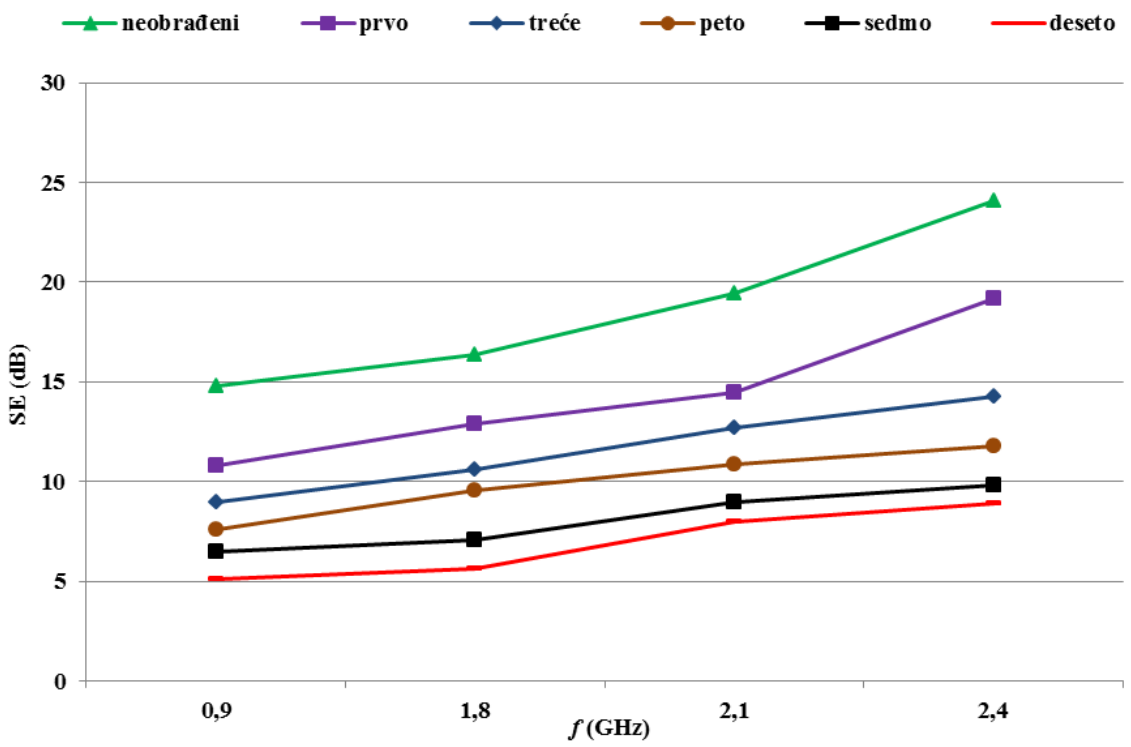
Prikazane su vrijednosti učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka MP3 **prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja** na licu uzoraka (Tab. 4.19) i na naličju uzoraka (Tab. 4.20) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

Tablica 4.19. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP3 (lice), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

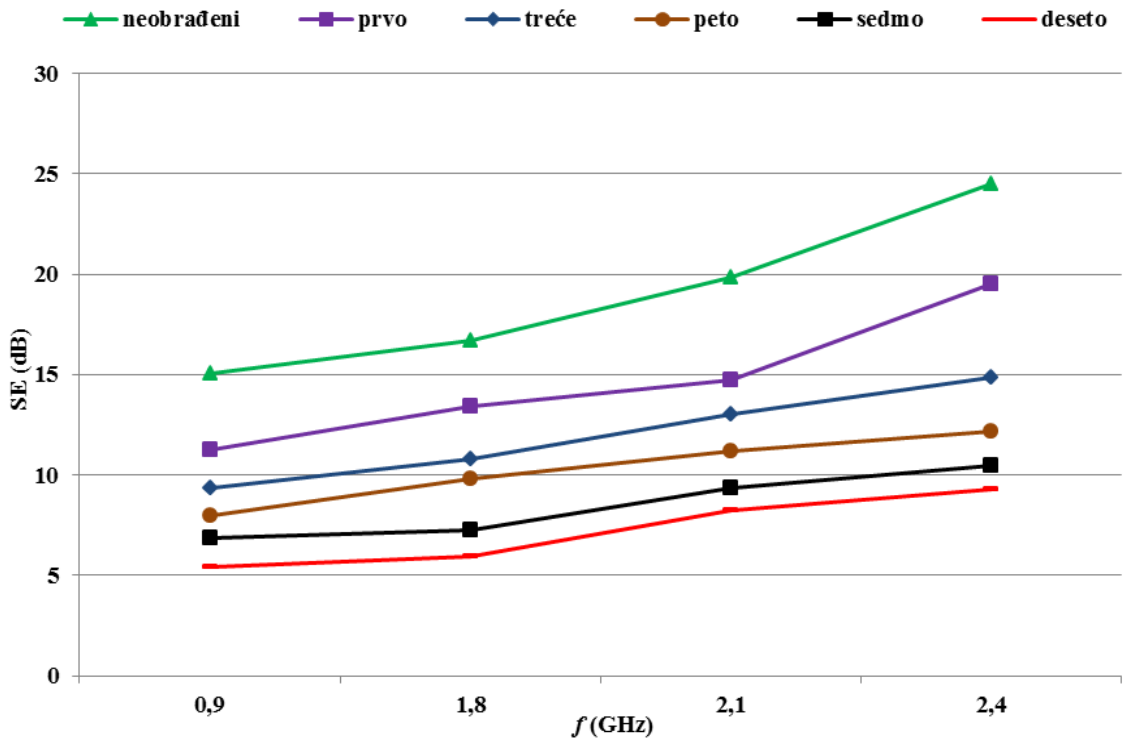
MP3 (LICE)	**SE (dB)**			
	f (GHz)			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	14,77	16,34	19,45	24,08
prvi	10,82	12,9	14,43	19,14
treći	8,98	10,58	12,7	14,28
peti	7,56	9,57	10,87	11,79
sedmi	6,46	7,06	8,98	9,81
deseti	5,13	5,62	7,97	8,92

Tablica 4.20. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP3 (naličje), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

MP3 (NALIČJE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	15,06	16,68	19,83	24,52
prvi	11,28	13,41	14,75	19,51
treći	9,36	10,79	13,04	14,87
peti	7,99	9,82	11,19	12,19
sedmi	6,87	7,28	9,34	10,47
deseti	5,42	5,98	8,26	9,28



Slika 4.41. SE uzoraka MP3 (lice), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.42. SE uzoraka MP3 (naličje), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

4.6. Uzorci sendviča s MP3

Na uzorcima sendviča s MP3, izvršena su mjerenja učinkovitosti zaštite SE od mikrovalnog zračenja neobrađenih uzoraka, nakon glačanja i prešanja, te nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

4.6.1. Učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka sendviča s MP3 od mikrovalnog zračenja

Učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka sendviča s MP3 od mikrovalnog zračenja nakon kemijskog čišćenja

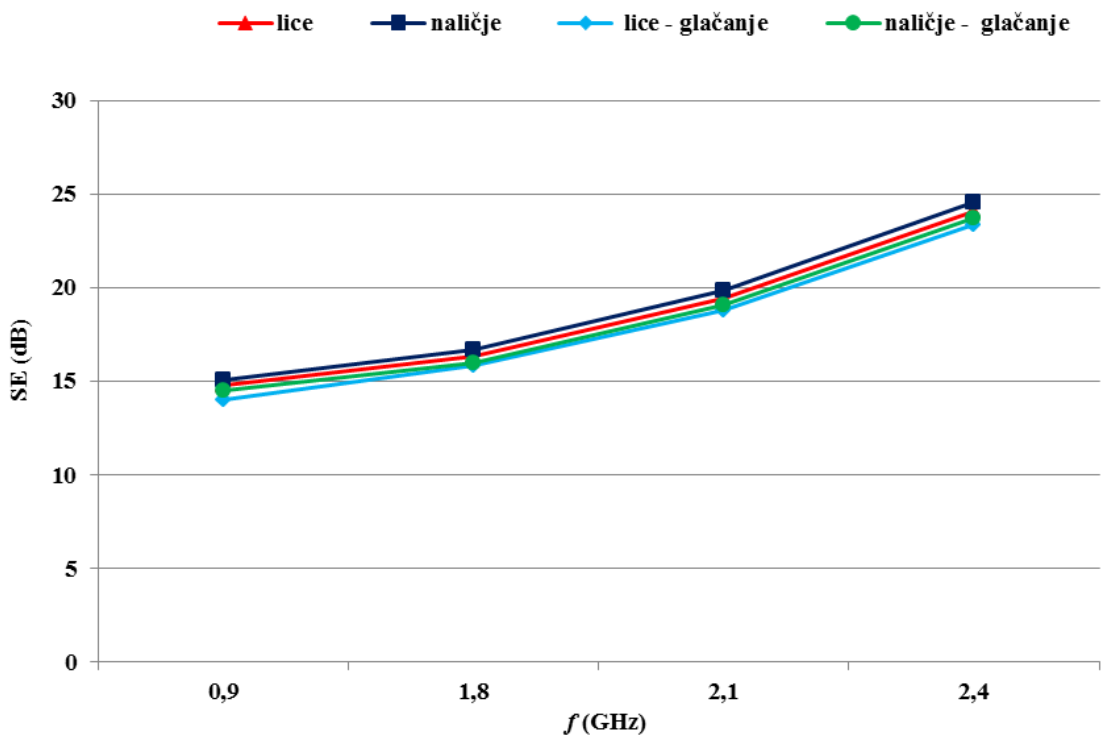
Prikazane su vrijednosti učinkovitosti zaštite (SE) od elektromagnetskog zračenja uzoraka sendviča s MP3 (lice i naličje), **prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja** (Tab. 4.21 i 4.22), na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

Tablica 4.21. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP3 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

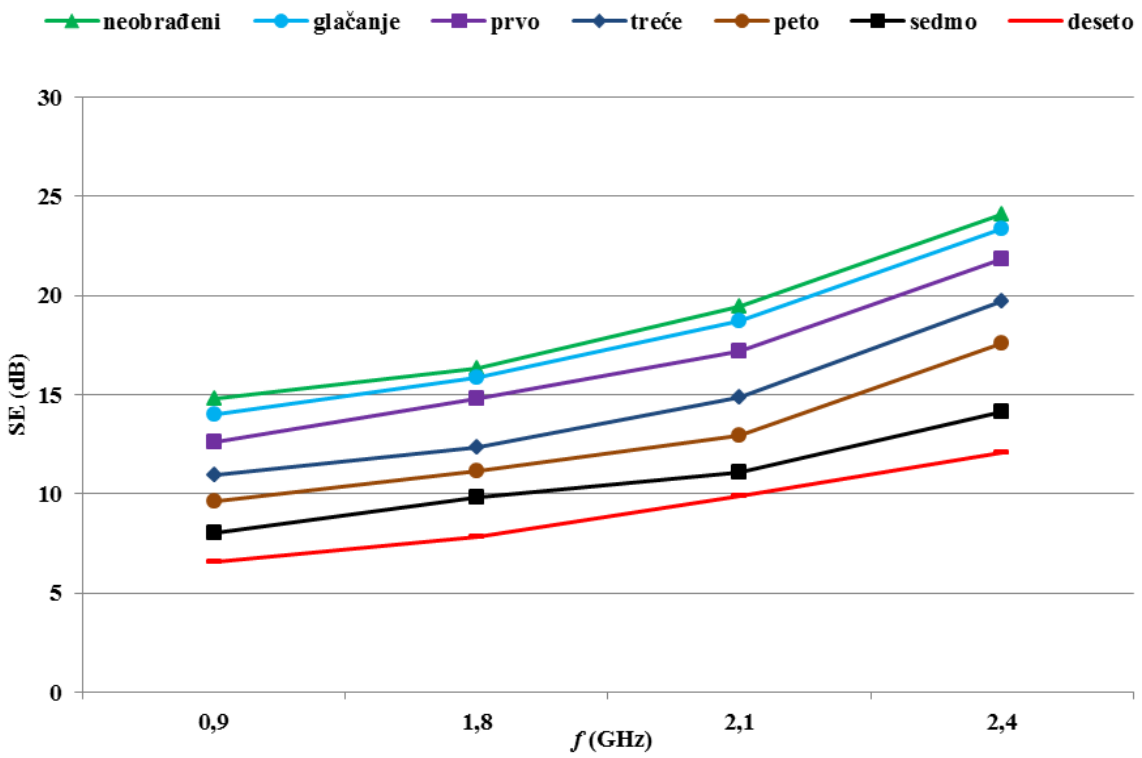
Sendvič s MP3 (LICE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	14,77	16,34	19,45	24,08
nulti / glačanje i prešanje	13,99	15,86	18,75	23,39
prvi	12,61	14,79	17,19	21,87
treći	10,98	12,34	14,89	19,74
peti	9,62	11,18	12,92	17,56
sedmi	8,03	9,85	11,09	14,12
deseti	6,59	7,86	9,92	12,09

Tablica 4.22. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP3 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

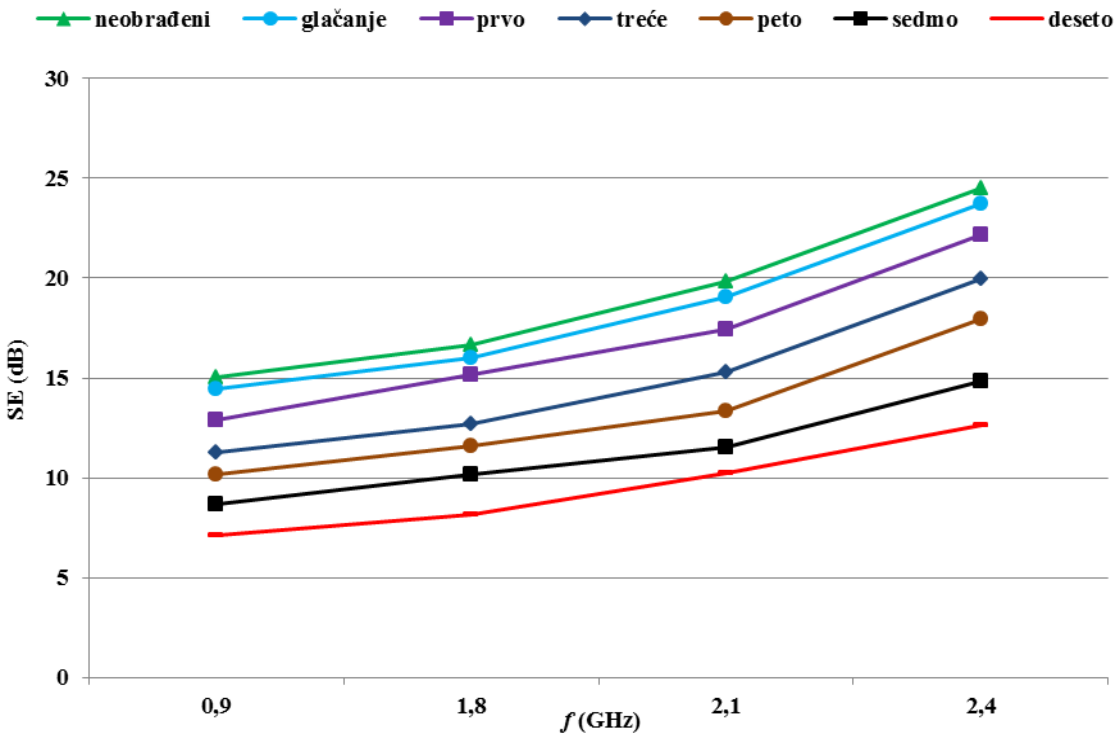
Sendvič s MP3 (NALIČJE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	15,06	16,68	19,83	24,52
nulti / glačanje i prešanje	14,46	15,99	19,04	23,74
prvi	12,92	15,18	17,45	22,19
treći	11,26	12,68	15,28	19,99
peti	10,14	11,62	13,33	17,93
sedmi	8,69	10,14	11,51	14,81
deseti	7,13	8,12	10,24	12,62



Slika 4.43. SE uzoraka sendviča s MP3 (lice i naličje) prije i nakon glačanja i prešanja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.44. SE uzoraka sendviča s MP3 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.45. SE uzoraka sendviča s MP3 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

Učinkovitost zaštite (SE) sendviča s MP3 od mikrovalnog zračenja nakon mokrog čišćenja

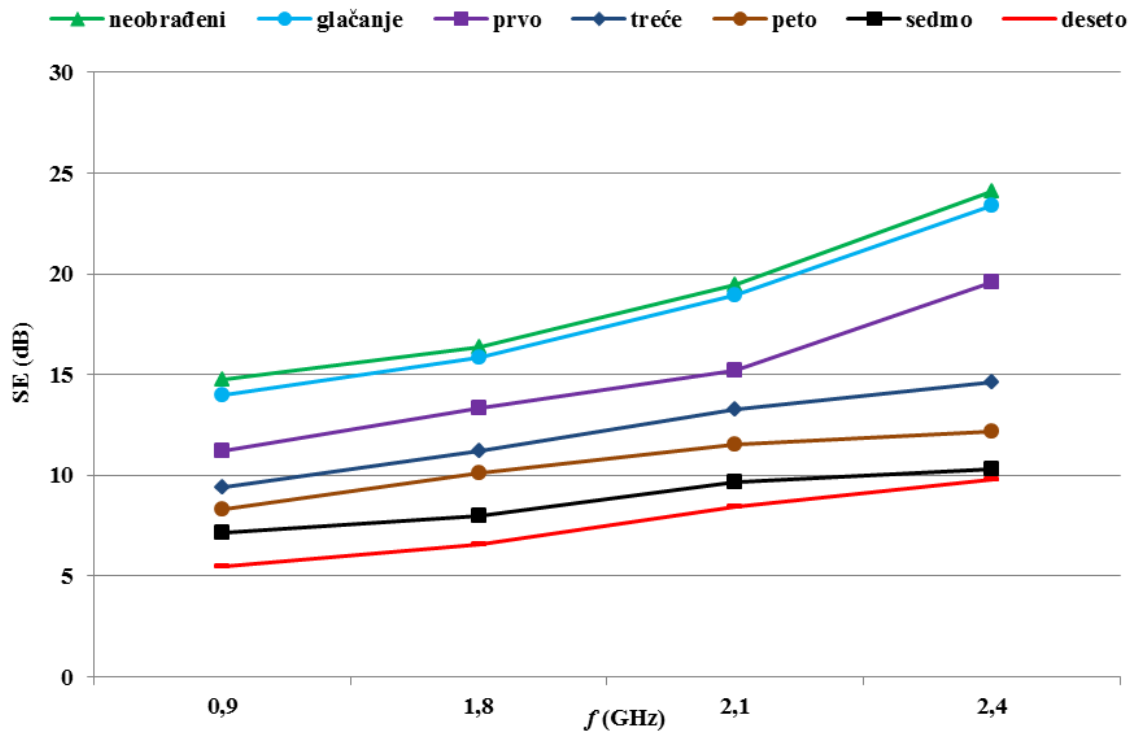
Prikazane su vrijednosti učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka sendviča s MP3 (lice i naličje) **prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja** (Tab. 4.23 i 4.24), na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

Tablica 4.23. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP3 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

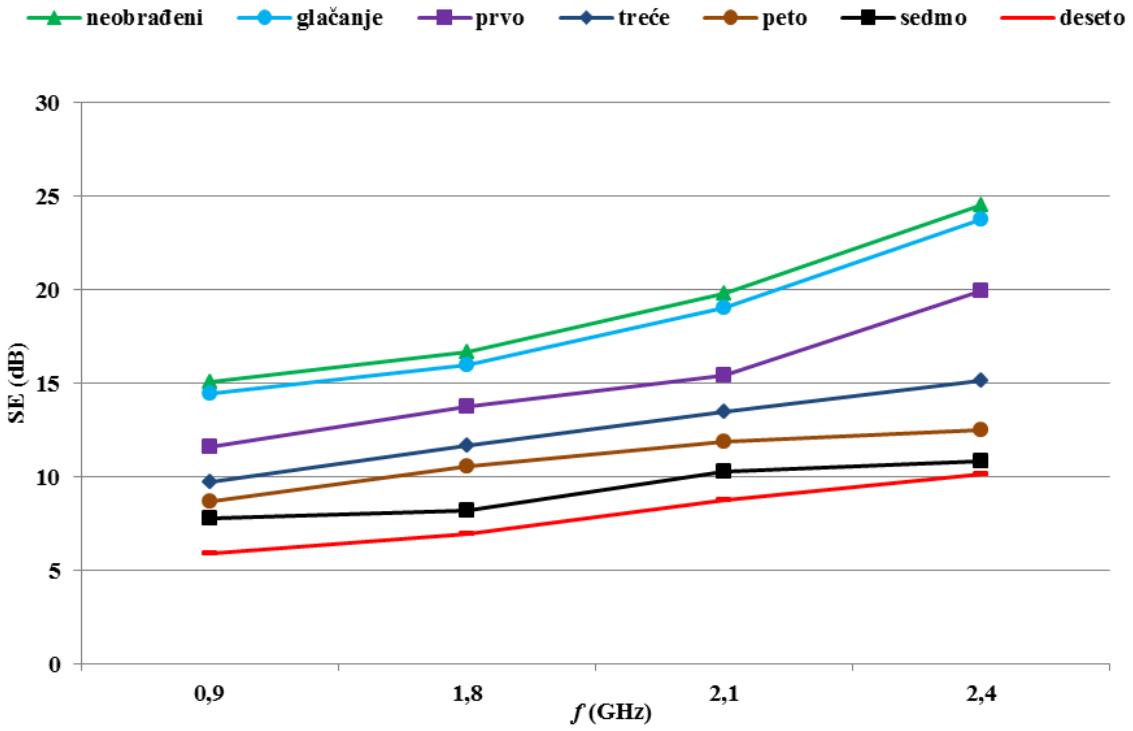
Sendvič s MP3 (LICE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	14,77	16,34	19,45	24,08
nulti / glačanje i prešanje	13,99	15,86	18,93	23,39
prvi	11,21	13,34	15,18	19,59
treći	9,39	11,19	13,28	14,61
peti	8,32	10,14	11,51	12,17
sedmi	7,15	7,99	9,65	10,28
deseti	5,48	6,59	8,46	9,78

Tablica 4.24. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP3 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

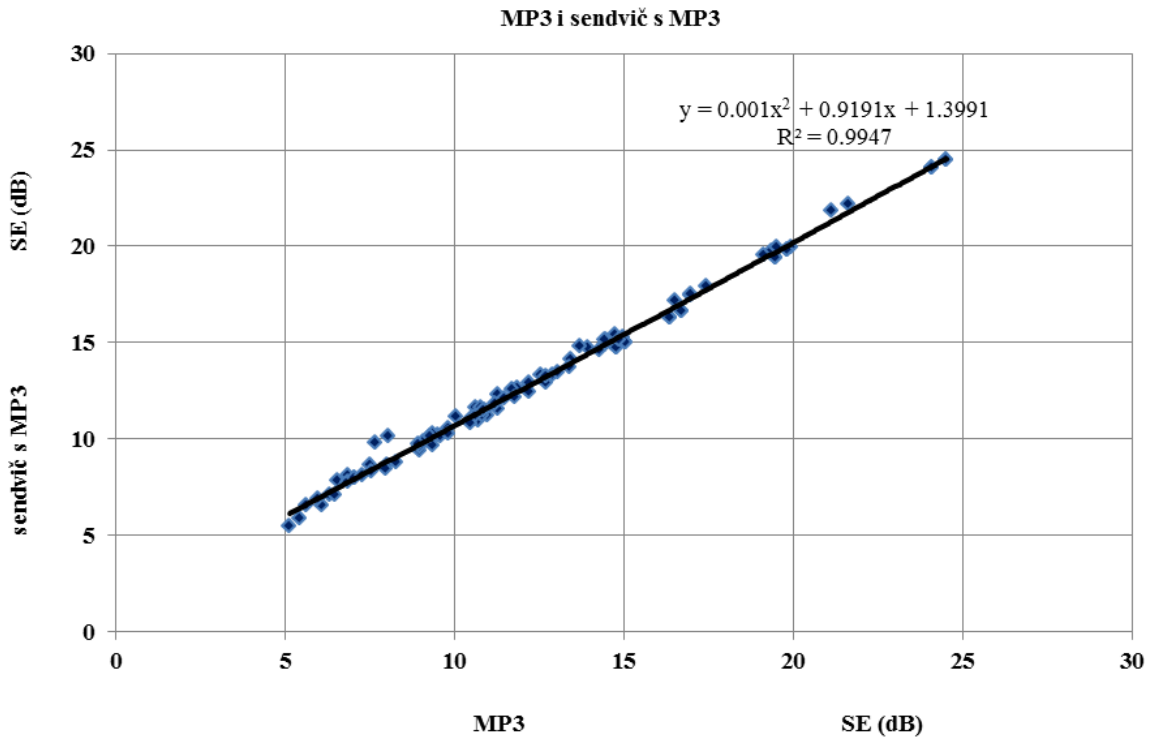
Sedvič s MP3 (NALIČJE)	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	15,06	16,68	19,83	24,52
nulti / glačanje i prešanje	14,46	15,99	19,04	23,74
prvi	11,59	13,73	15,42	19,96
treći	9,72	11,68	13,5	15,16
peti	8,69	10,56	11,85	12,49
sedmi	7,77	8,16	10,31	10,81
deseti	5,89	6.94	8,78	10,14



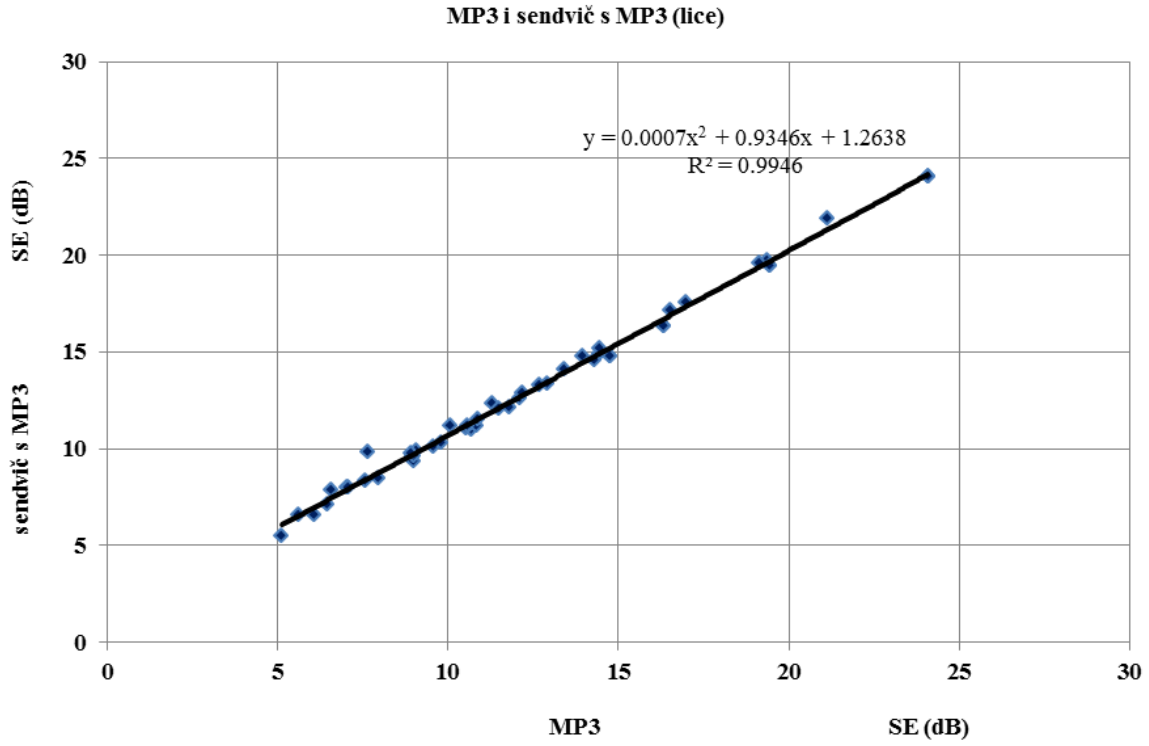
Slika 4.46. SE uzoraka sendviča s MP3 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



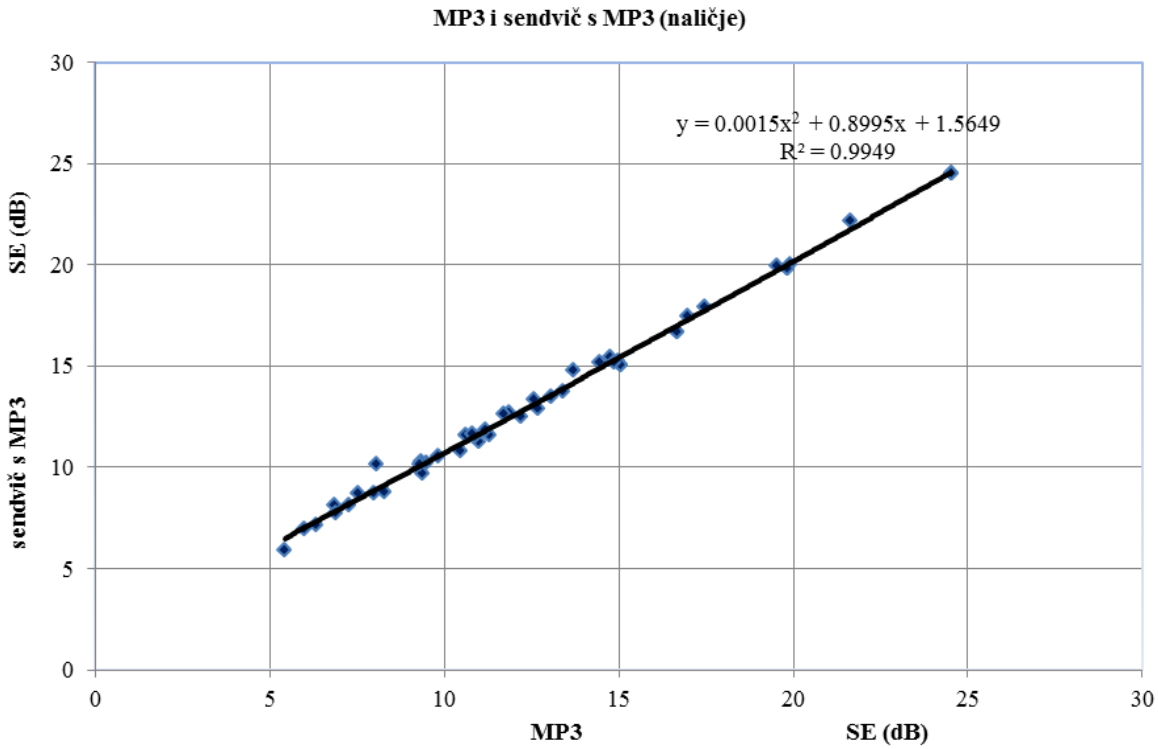
Slika 4.47. SE uzoraka sendviča s MP3 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.48. Regresijski pravac i točke rasipanja SE uzoraka MP3 i sendviča s MP3 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (lice i naličje)



Slika 4.49. Regresijski pravac i točke rasipanja SE uzoraka MP3 i sendviča s MP3 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (lice)



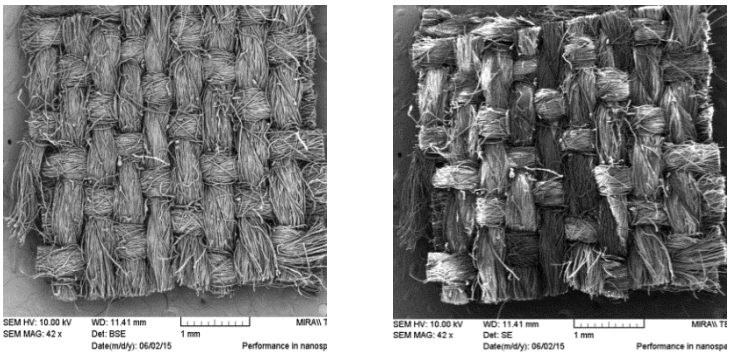
Slika 4.50. Regresijski pravac i točke rasipanja SE uzoraka MP3 i sendviča s MP3 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (naličje)

4.7. Tkanina s inox vlaknima, MP4

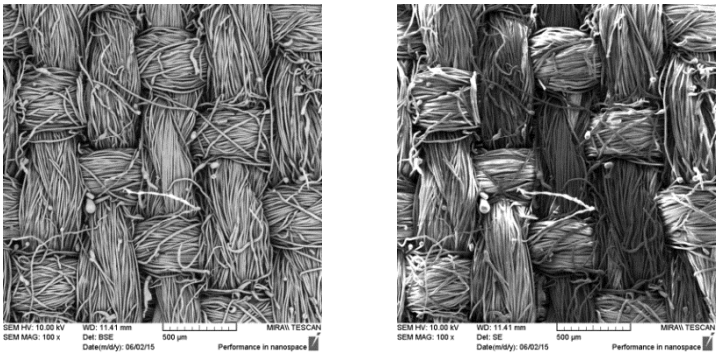
U ovom potpoglavlju napravljena je morfološka karakterizacije SEM-om neobrađenih uzoraka s inox vlaknima MP4, te nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja. Nakon toga su izvršena mjerenja učinkovitosti zaštite SE od elektromagnetskog zračenja neobrađenih uzoraka, te nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

4.7.1. Karakterizacija površine SEM-om uzoraka MP4

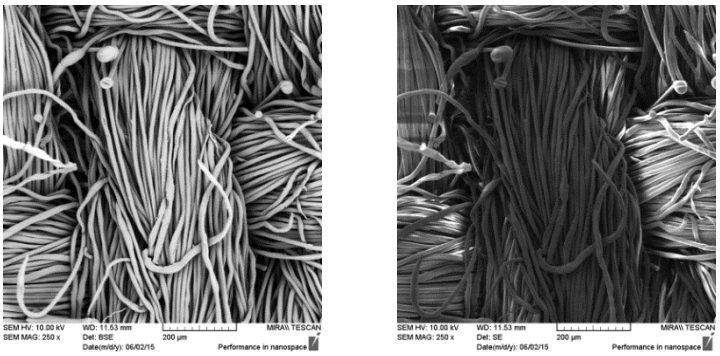
Na sl. 4.51 prikazana je karakterizacija površine **neobrađenog uzorka tkanine s inox vlaknima MP4** s različitim povećanjima (42x, 100x, 250x i 500x) uslikane sa sekundarnim elektronima (SE) i pozadinski raspršenim elektronima (BSE).



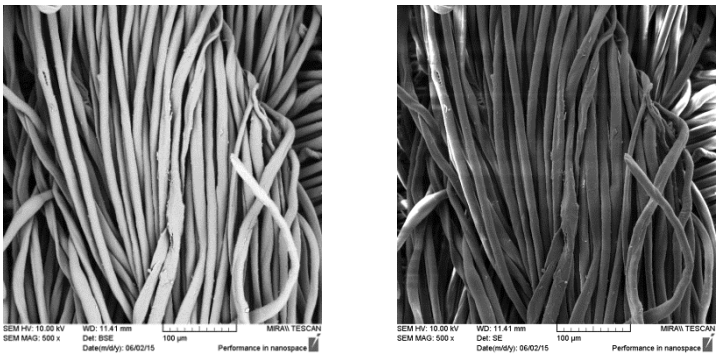
a. b.



c. d.



e. f.

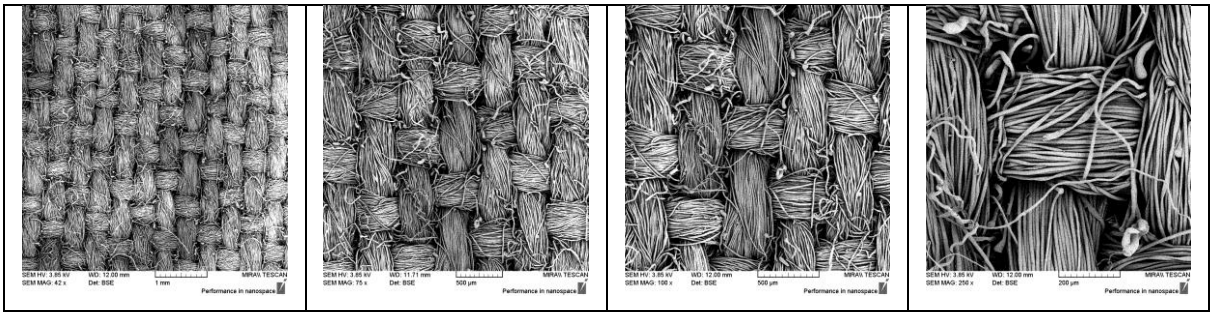


g. h.

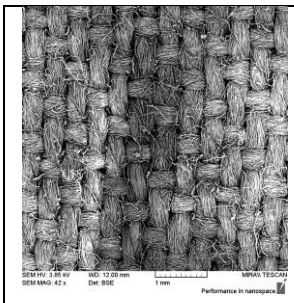
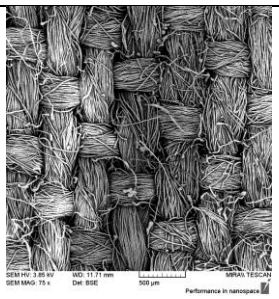
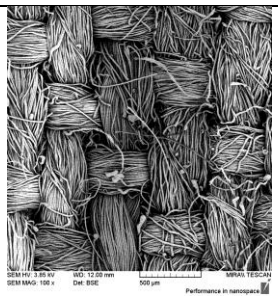
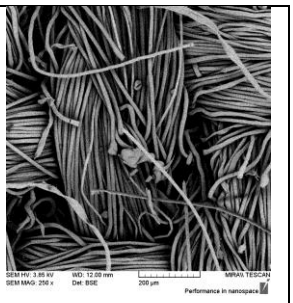
Slika 4.51. SEM slike neobrađenih uzoraka MP4: a) 42x (BSE); b) 42x (SE); c) 100x (BSE); d) 100x (SE); e) 250x (BSE); f) 250x (SE); g) 500x (BSE); h) 500x (SE)

Karakterizacija površine SEM-om uzoraka MP4 nakon kemijskog čišćenja

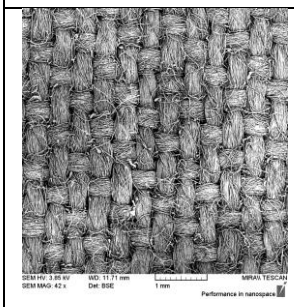
Dan je prikaz karakterizacije površine SEM-om uzoraka **MP4 nakon svakog pojedinačnog ciklusa kemijskog čišćenja** (sl. 4.52), s različitim povećanjima 42x, 75x, 100x i 250x (BSE).

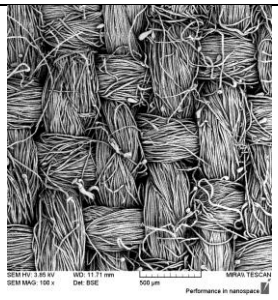
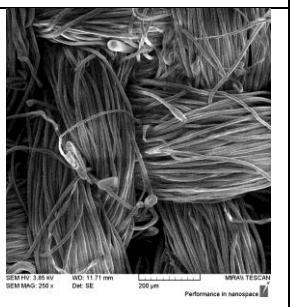


Nakon prvog kemijskog čišćenja

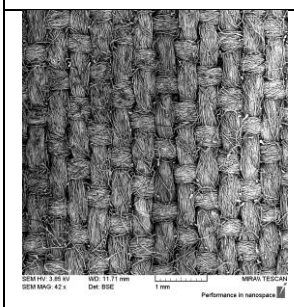
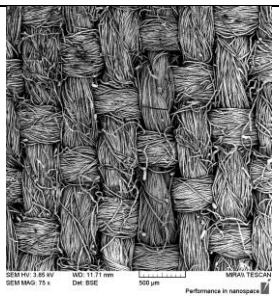





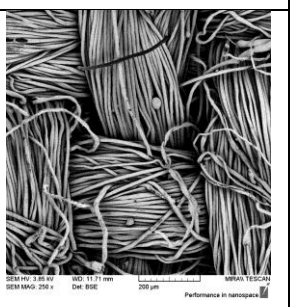
Nakon drugog kemijskog čišćenja



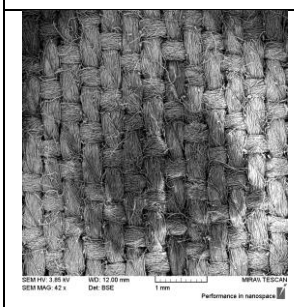
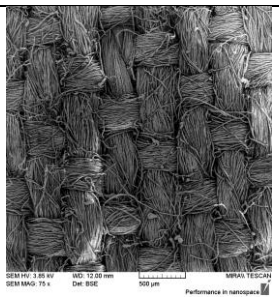
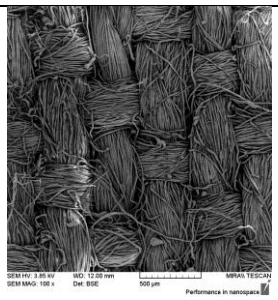
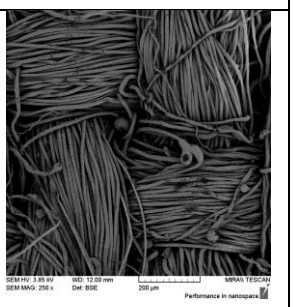



Nakon trećeg kemijskog čišćenja

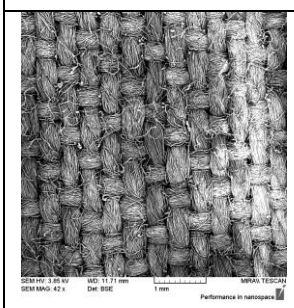
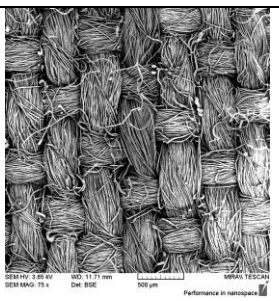
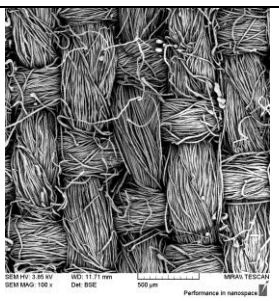
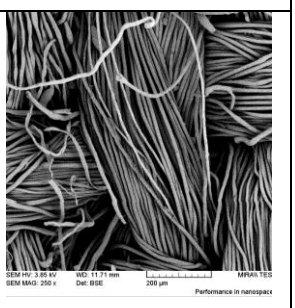





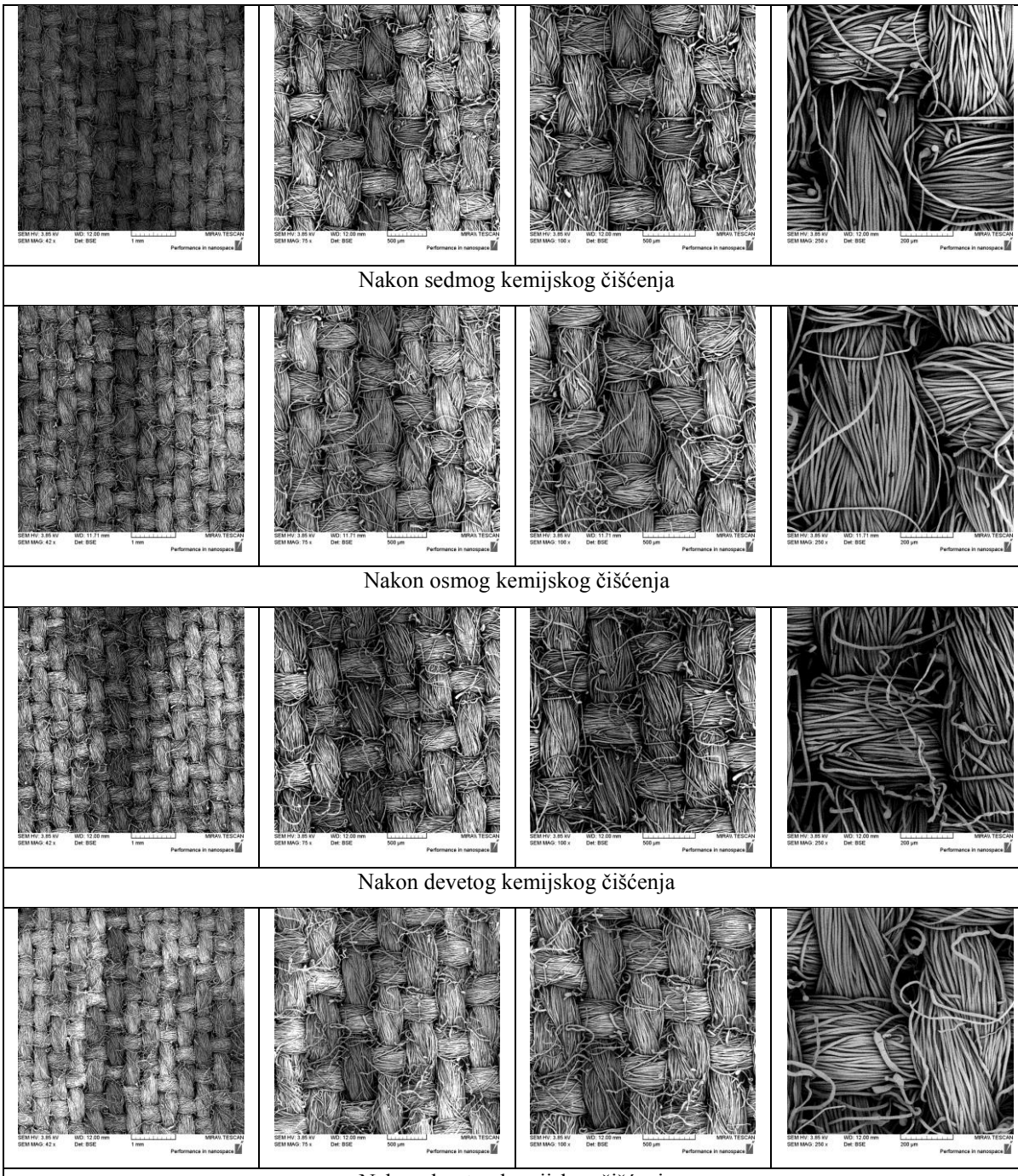
Nakon četvrtog kemijskog čišćenja

Nakon petog kemijskog čišćenja

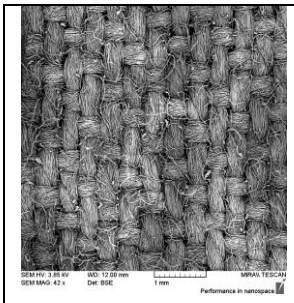
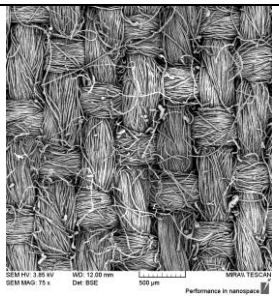
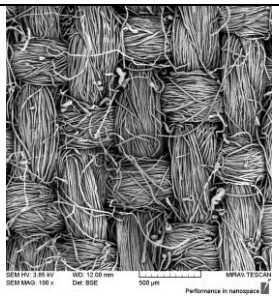
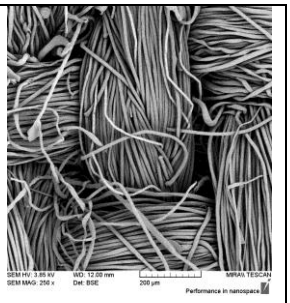
Nakon šestog kemijskog čišćenja



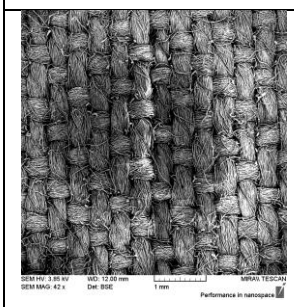
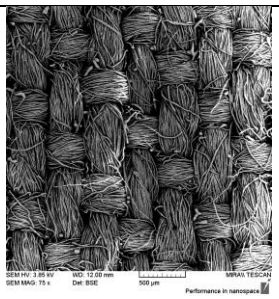
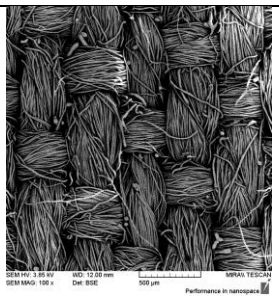
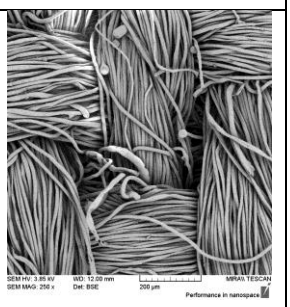
Slika 4.52. SEM slike uzoraka MP4 nakon kemijskog čišćenja (od prvog do desetog) s različitim povećanjima: a) 42x; b) 75x; c) 100x; d) 250x, pomoću raspršenih elektrona (BSE)

Karakterizacija površine SEM-om uzoraka MP4 nakon kemijskih čišćenja i glačanja

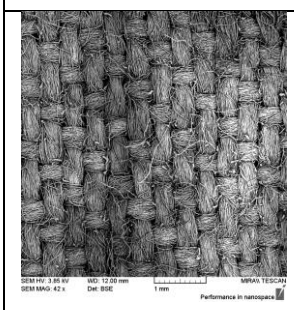
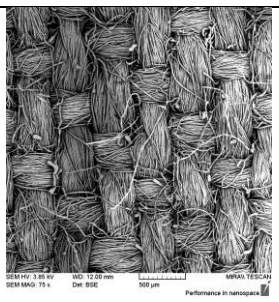
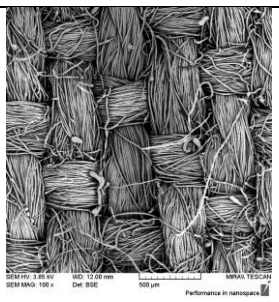
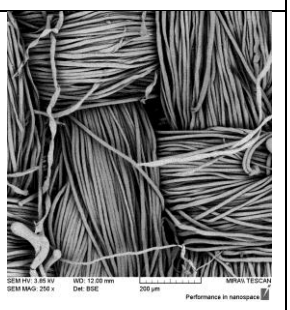
Prikazana je karakterizacije površine SEM-om uzoraka **MP4 nakon svakog pojedinačnog ciklusa kemijskog čišćenja i glačanja** (sl. 4.53), s različitim povećanjima 42x, 75x, 100x i 250x (BSE).

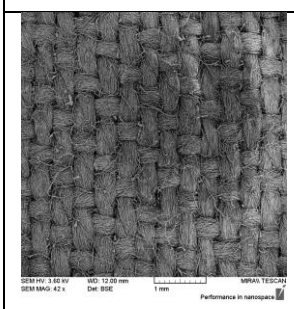
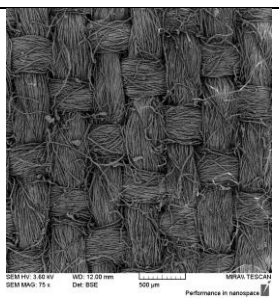
Nakon prvog kemijskog čišćenja i glačanja

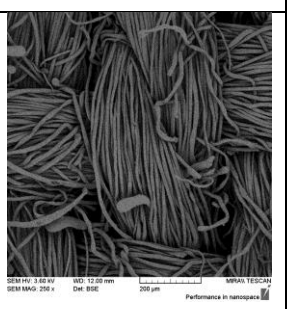





Nakon drugog kemijskog čišćenja i glačanja

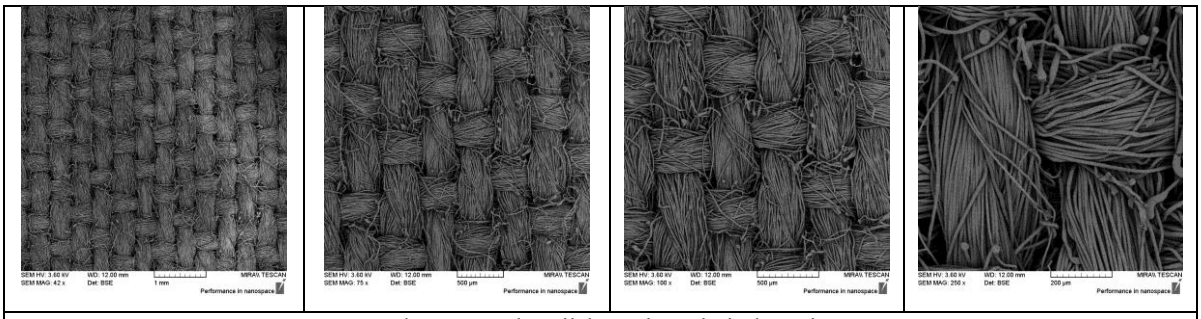





Nakon trećeg kemijskog čišćenja i glačanja

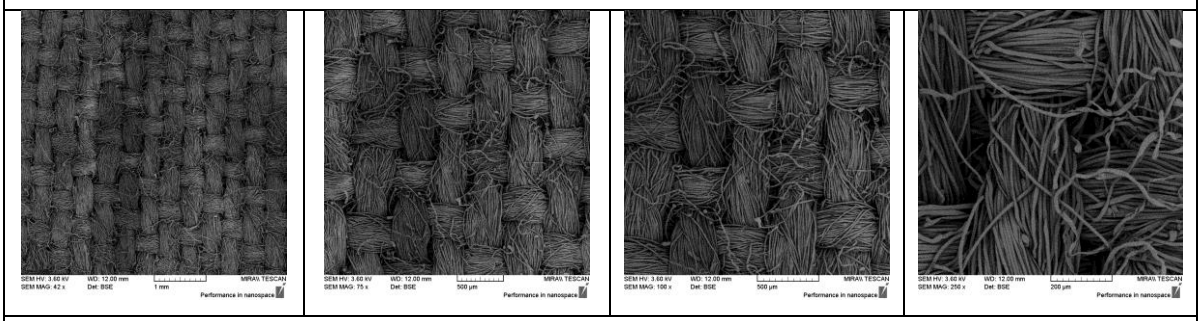


Nakon četvrtog kemijskog čišćenja i glačanja

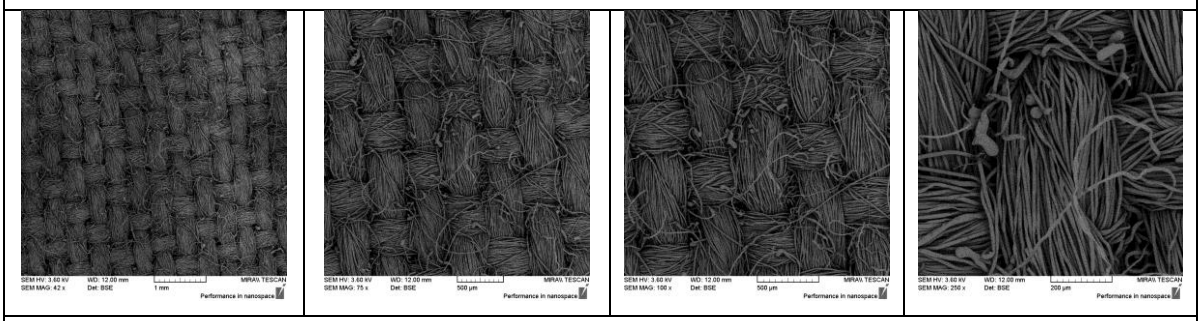


Nakon petog kemijskog čišćenja i glačanja

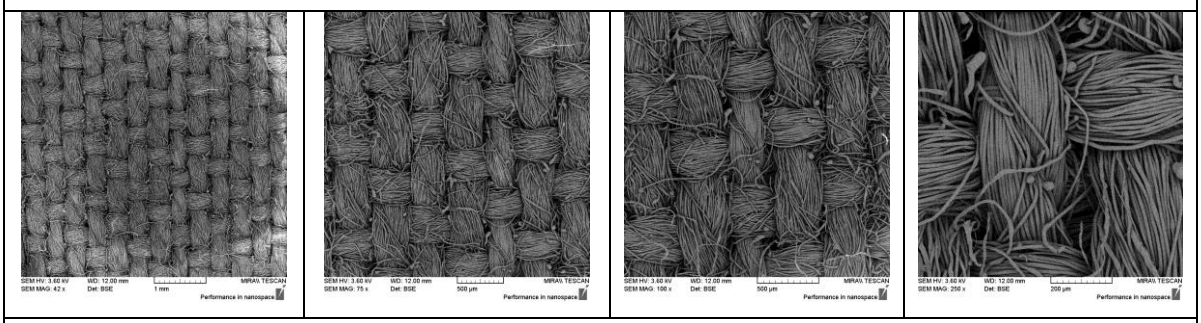
Nakon šestog kemijskog čišćenja i glačanja



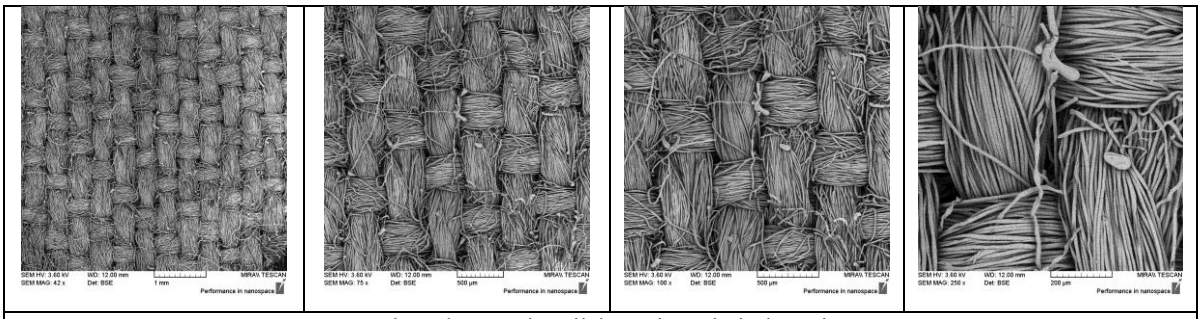
Nakon sedmog kemijskog čišćenja i glačanja



Nakon osmog kemijskog čišćenja i glačanja



Nakon devetog kemijskog čišćenja i glačanja

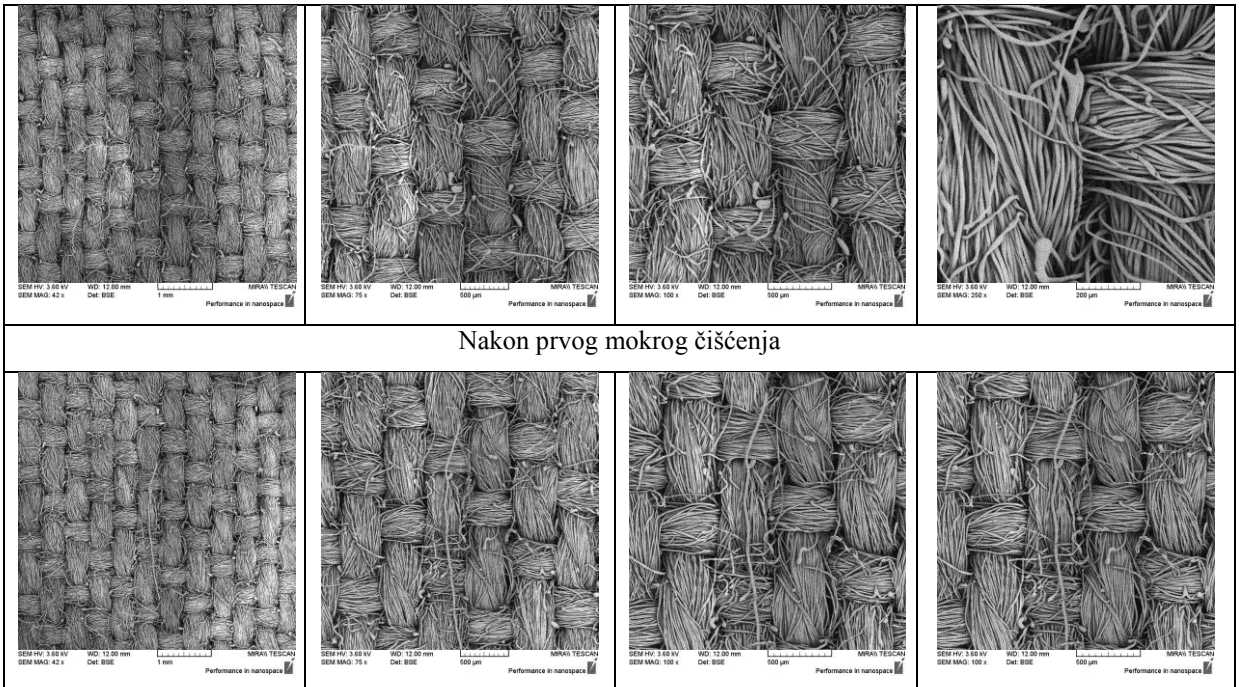


Nakon desetog kemijskog čišćenja i glačanja			
a.	b.	c.	d.

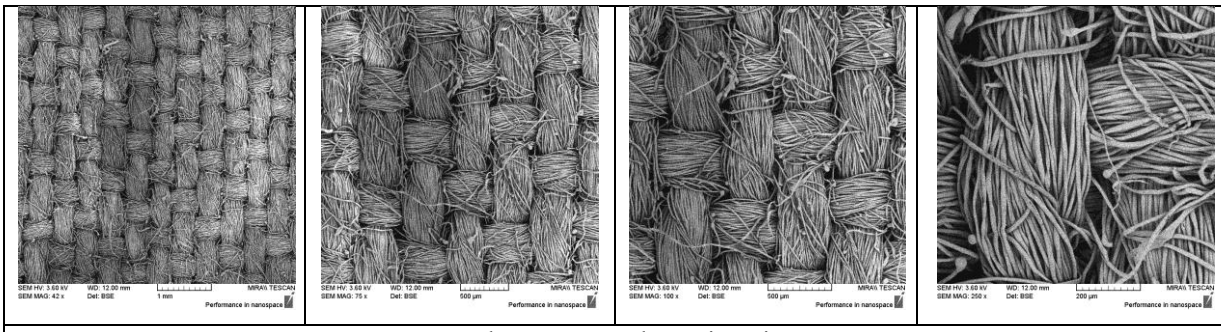
Slika 4.53. Morfološke karakterizacije SEM-om uzoraka MP4 nakon utjecaja kemijskog čišćenja i glačanja s različitim povećanjima a) 42x, b) 75x, c) 100x i d) 250x

Karakterizacija površine SEM-om uzoraka MP4 nakon mokrih čišćenja

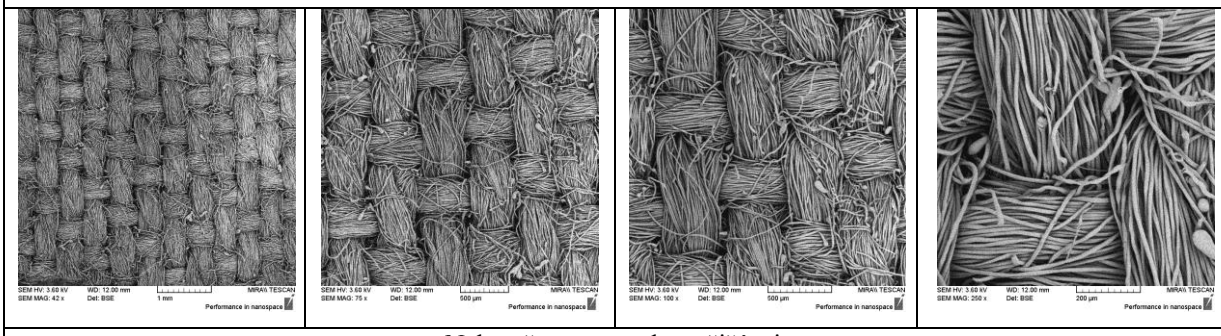
Napravljena je morfološke karakterizacije SEM-om uzoraka **MP4 nakon svakog pojedinačnog ciklusa mokrih čišćenja** (sl. 4.54) s različitim povećanjima 42x; 75x; 100x i 250x.



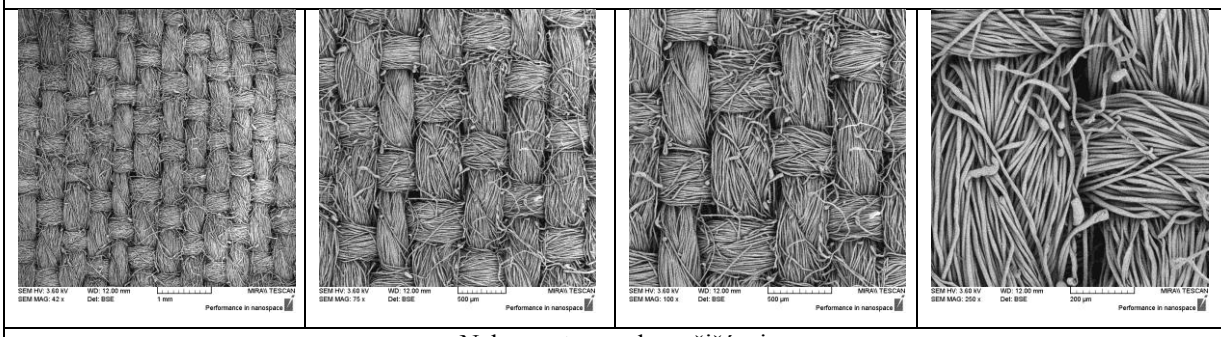
Nakon prvog mokrog čišćenja			
Nakon drugog mokrog čišćenja			



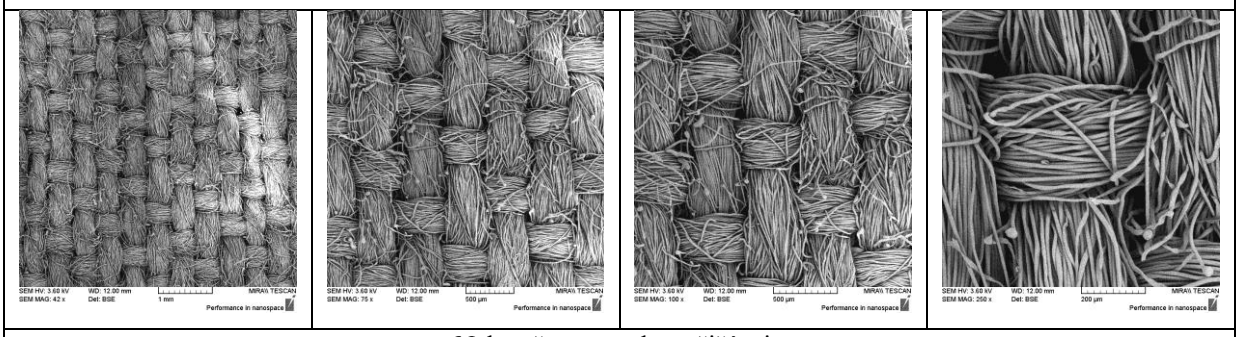
Nakon trećeg mokrog čišćenja



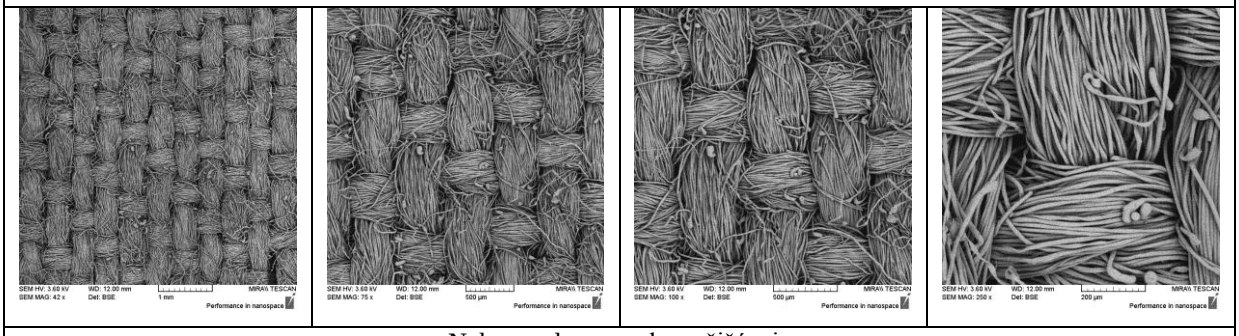
Nakon četvrtog mokrog čišćenja



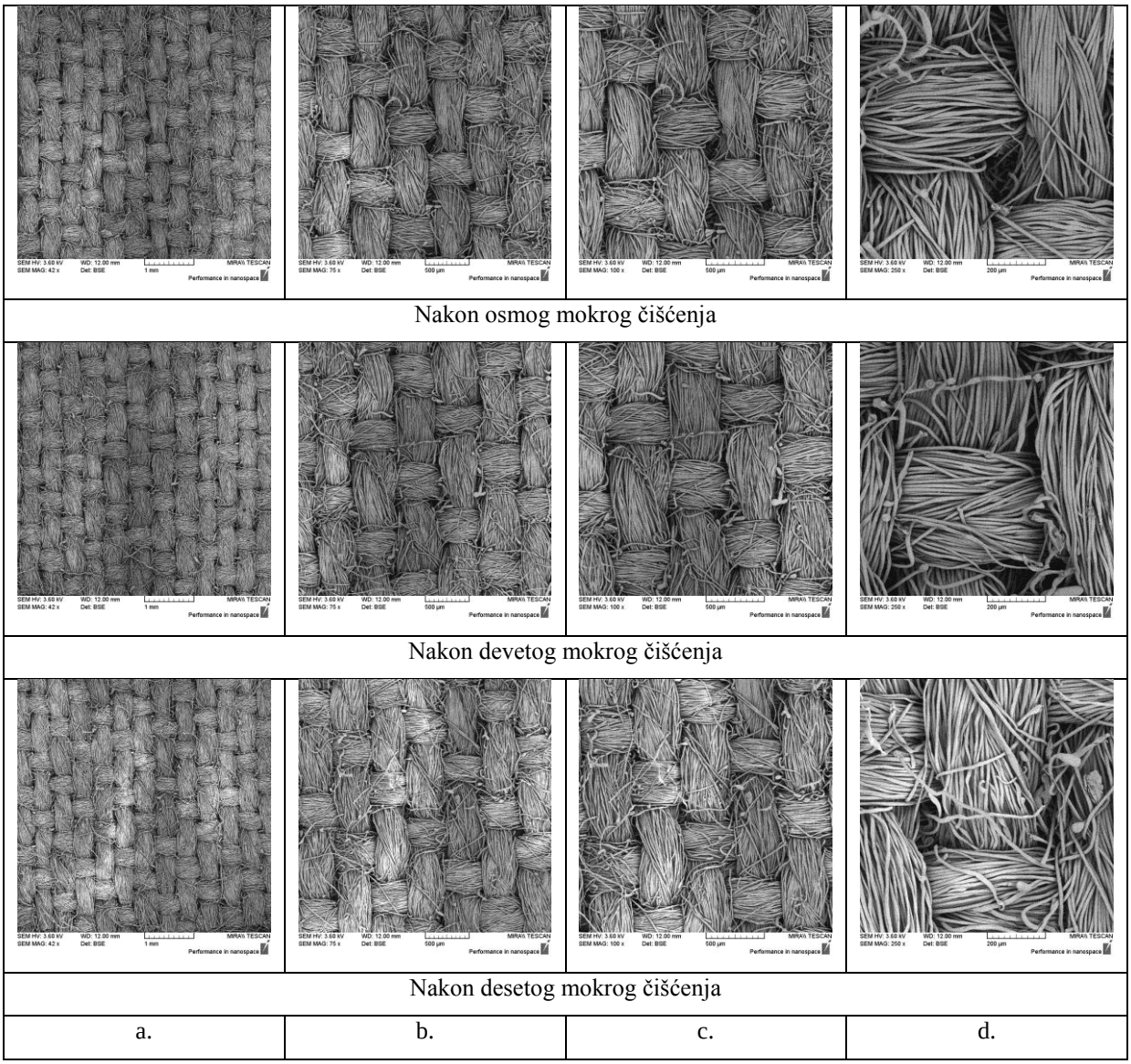
Nakon petog mokrog čišćenja



Nakon šestog mokrog čišćenja



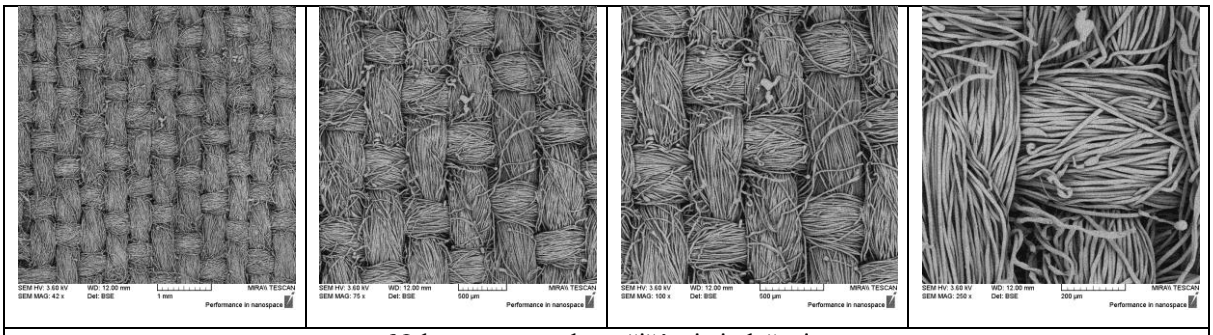
Nakon sedmog mokrog čišćenja



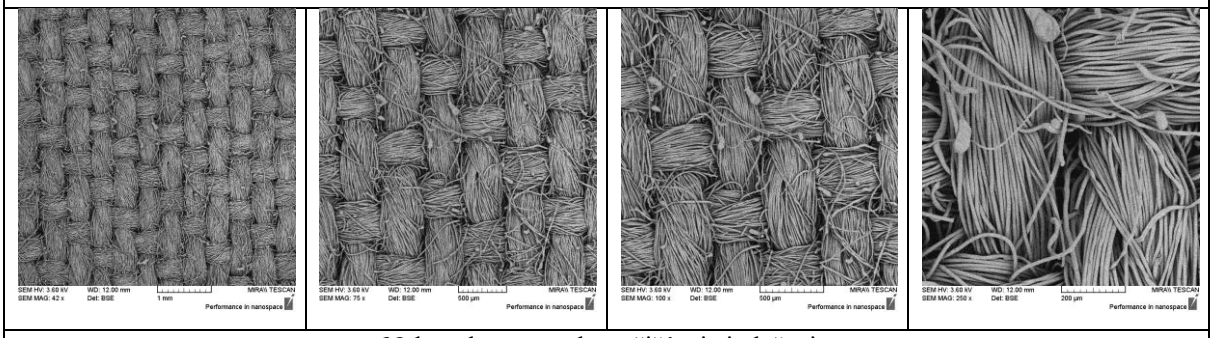
Slika 4.54. SEM slike uzoraka MP4 nakon mokrih čišćenja (od prvog do desetog), s različitim povećanjima: a) 42x, b) 75x, c) 100x i d) 250x

Karakterizacija površine SEM-om uzoraka MP4 nakon mokrih čišćenja i glačanja

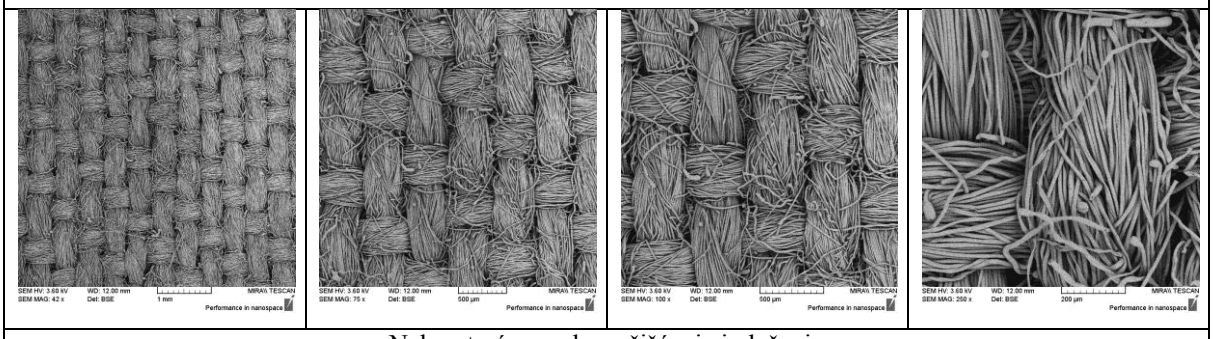
Prikazana je karakterizacija površine SEM-om uzoraka **MP4 nakon svakog pojedinačnog ciklusa mokrog čišćenja i glačanja** (sl. 4.55), s različitim povećanjima 42x; 75x; 100x i 250x.



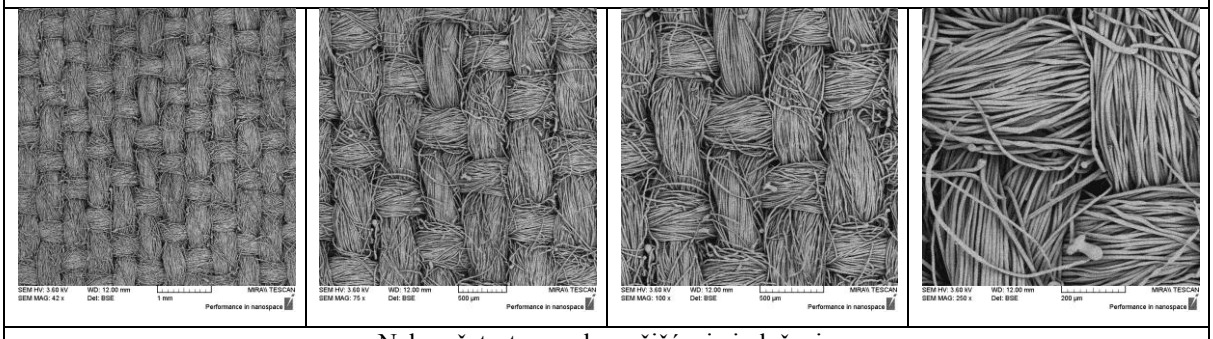
Nakon prvog mokrog čišćenja i glačanja



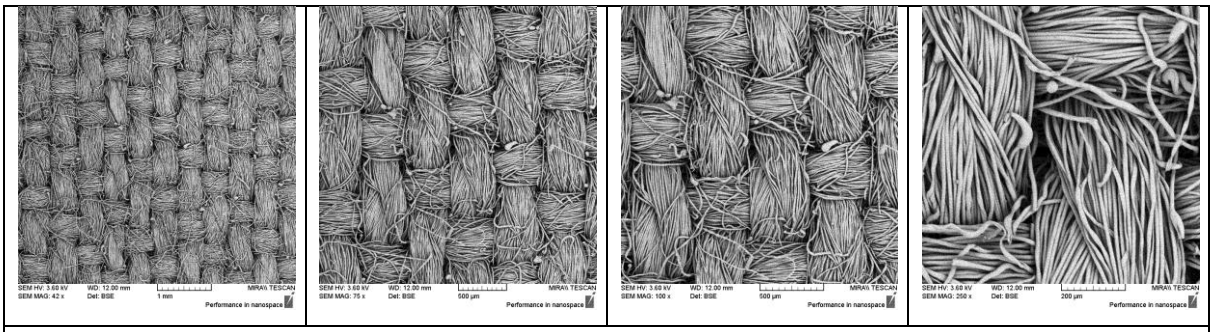
Nakon drugog mokrog čišćenja i glačanja



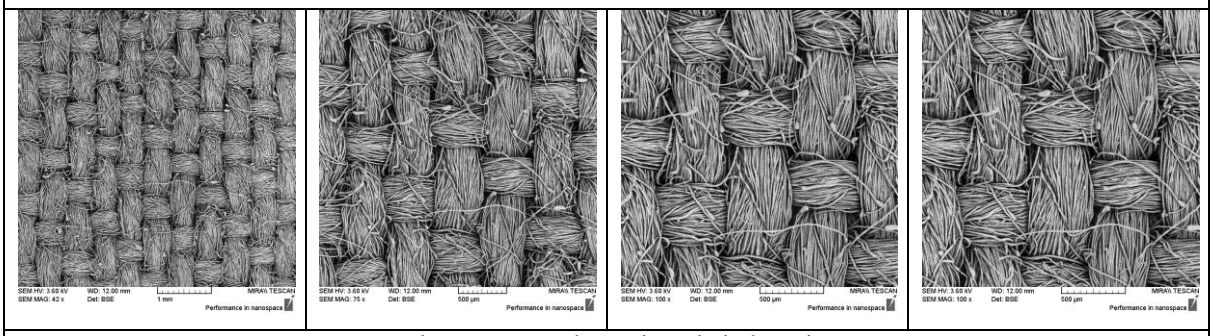
Nakon trećeg mokrog čišćenja i glačanja



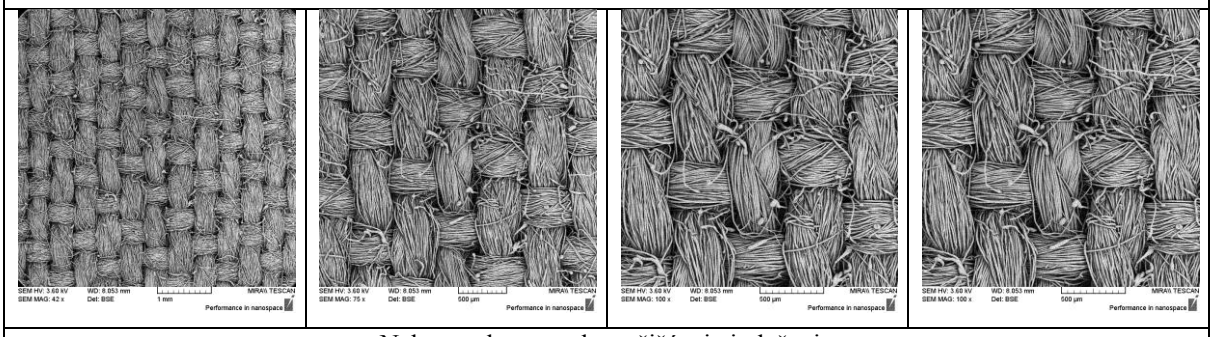
Nakon četvrtog mokrog čišćenja i glačanja



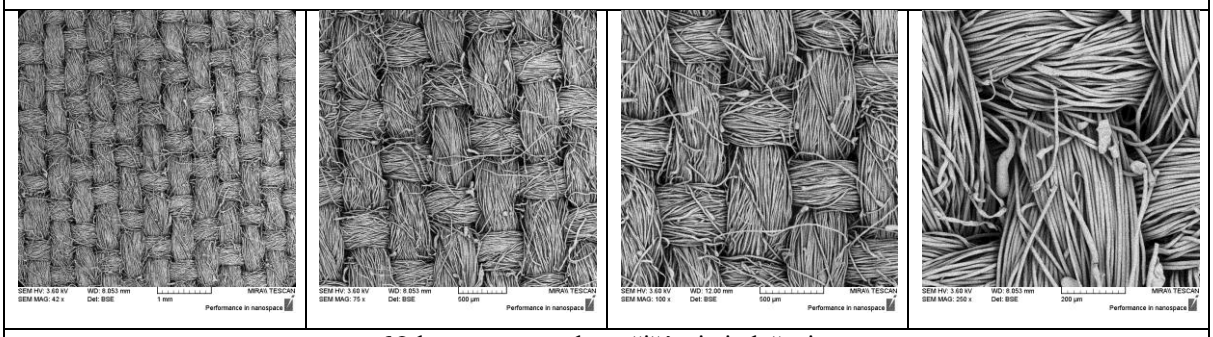
Nakon petog mokrog čišćenja i glačanja



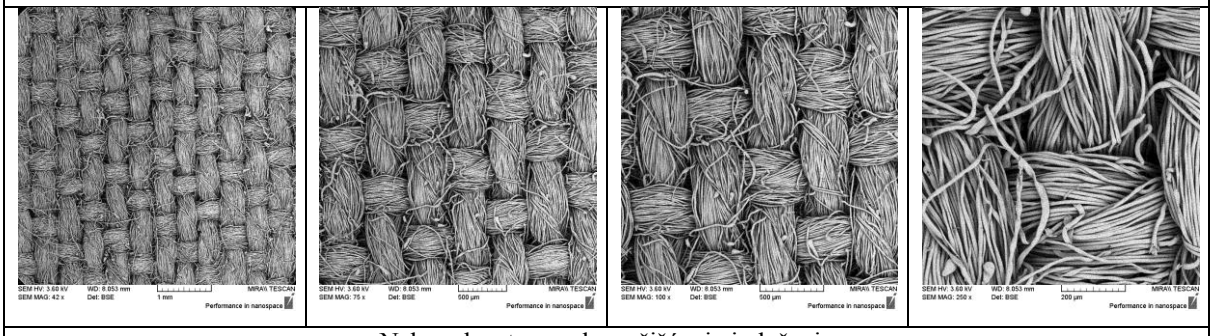
Nakon šestog mokrog čišćenja i glačanja



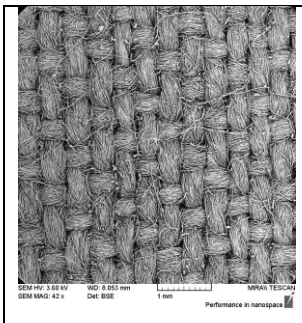
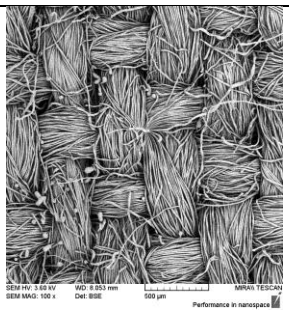
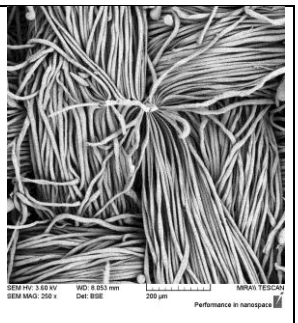
Nakon sedmog mokrog čišćenja i glačanja



Nakon osmog mokrog čišćenja i glačanja



Nakon devetog mokrog čišćenja i glačanja

			
Nakon desetog mokrog čišćenja i glačanja			
a.	b.	c.	d.

Slika 4.55. SEM slike uzoraka MP4 nakon mokrog čišćenja i glačanja (od prvog do desetog) s različitim povećanjima: a) 42x, b) 75x, c) 100x i d) 250x (BSE)

4.7.2. Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka MP4 u zaštiti od mikrovalnog zračenja

U ovom potpoglavlju dani su rezultati učinkovitosti zaštite SE neobrađenih uzoraka MP4, te nakon utjecaja kemijskih i mokrih čišćenja u smjeru potke i u smjeru osnove.

Učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka MP4 nakon kemijskih čišćenja u smjeru potke

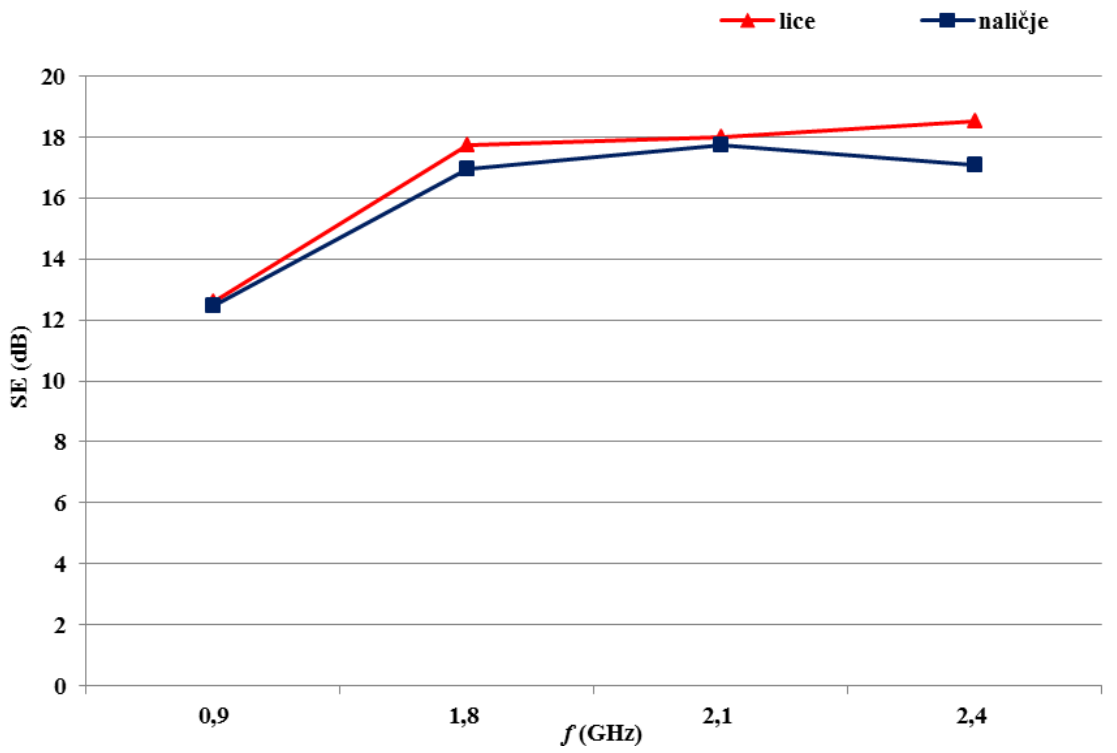
Prikazane su vrijednosti učinkovitosti zaštite (SE) od elektromagnetskog zračenja uzoraka MP4 (lice i naličje), **prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja u smjeru potke** (Tab. 4.25 i 4.26), na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

Tablica 4.25. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (lice) u smjeru potke, prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

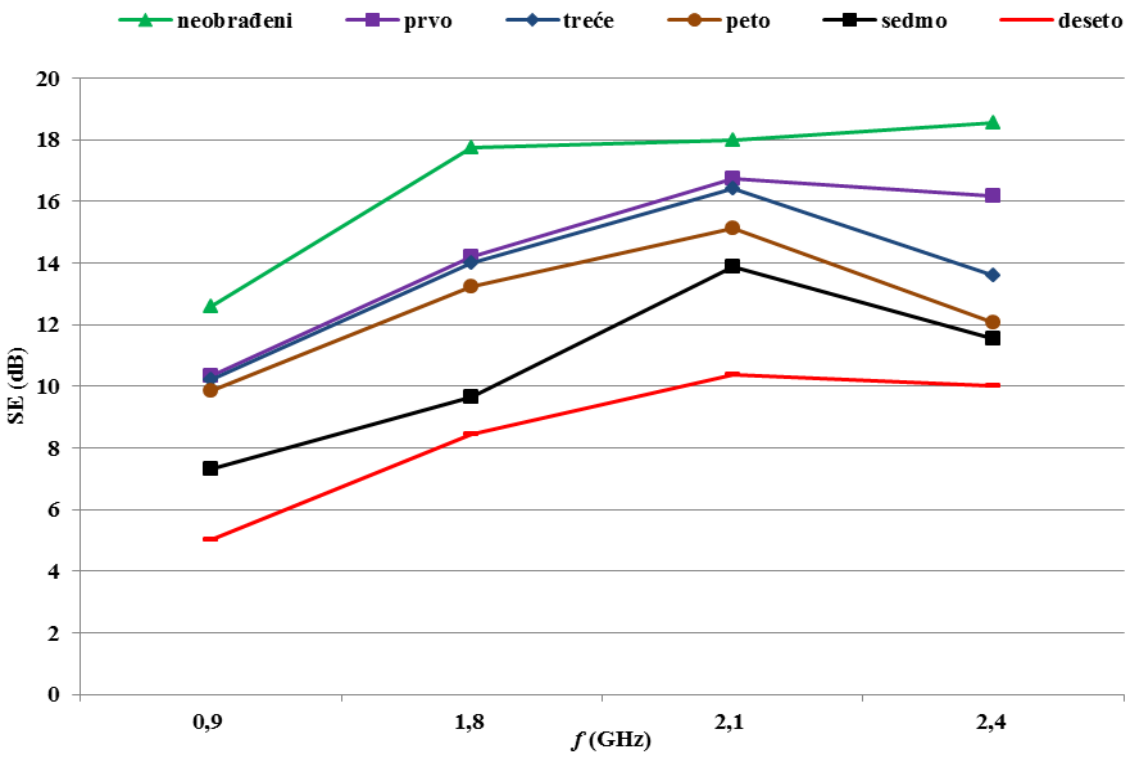
MP4 (LICE) u smjeru potke	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	12,60	17,73	17,98	18,53
prvi	10,33	14,21	16,73	16,19
treći	10,20	14,01	16,40	13,58
peti	9,84	13,22	15,14	12,08
sedmi	7,30	9,65	13,87	11,54
deseti	5,01	8,46	10,39	10,01

Tablica 4.26. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (naličje) u smjeru potke, prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

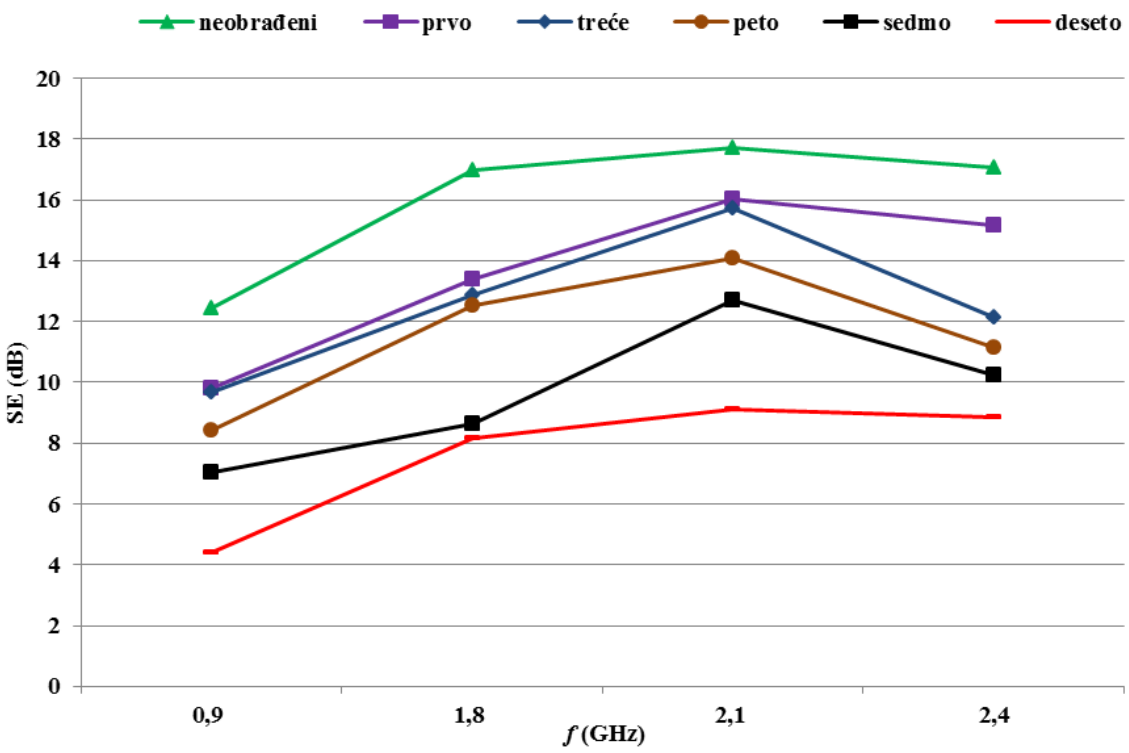
MP4 (NALIČJE) u smjeru potke	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	12,42	16,96	17,73	17,08
prvi	9,81	13,38	16,03	15,15
treći	9,65	12,88	15,71	12,13
peti	8,41	12,52	14,06	11,16
sedmi	7,04	8,62	12,71	10,25
deseti	4,42	8,14	9,13	8.86



Slika 4.56. SE neobrađenih uzoraka MP4 (lice i naličje) u smjeru potke na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.57. SE uzoraka MP4 (lice) u smjeru potke, prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.58. SE uzoraka MP4 (naličje) u smjeru potke, prije i nakon kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka MP4 nakon kemijskog čišćenja u smjeru osnove

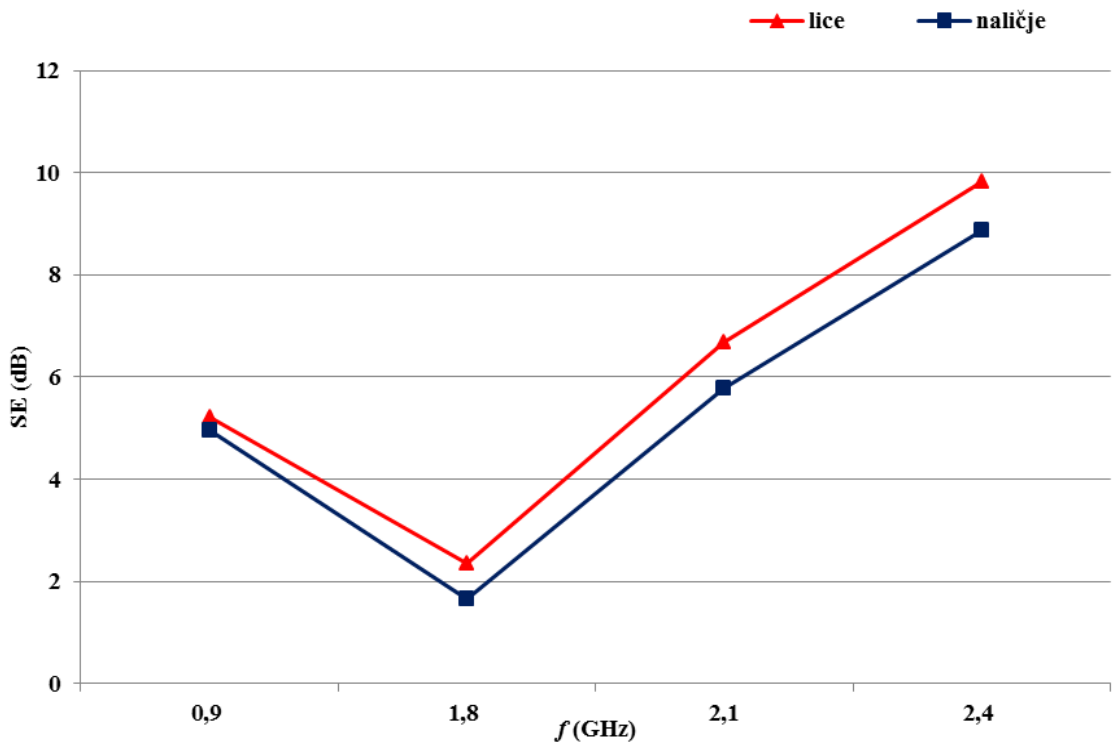
Prikazane su vrijednosti učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka MP4 (lice i naličje), **prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja u smjeru osnove** na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz (Tab. 4.27 i 4.28),

Tablica 4.27. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (lice) u smjeru osnove, prije i nakon kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

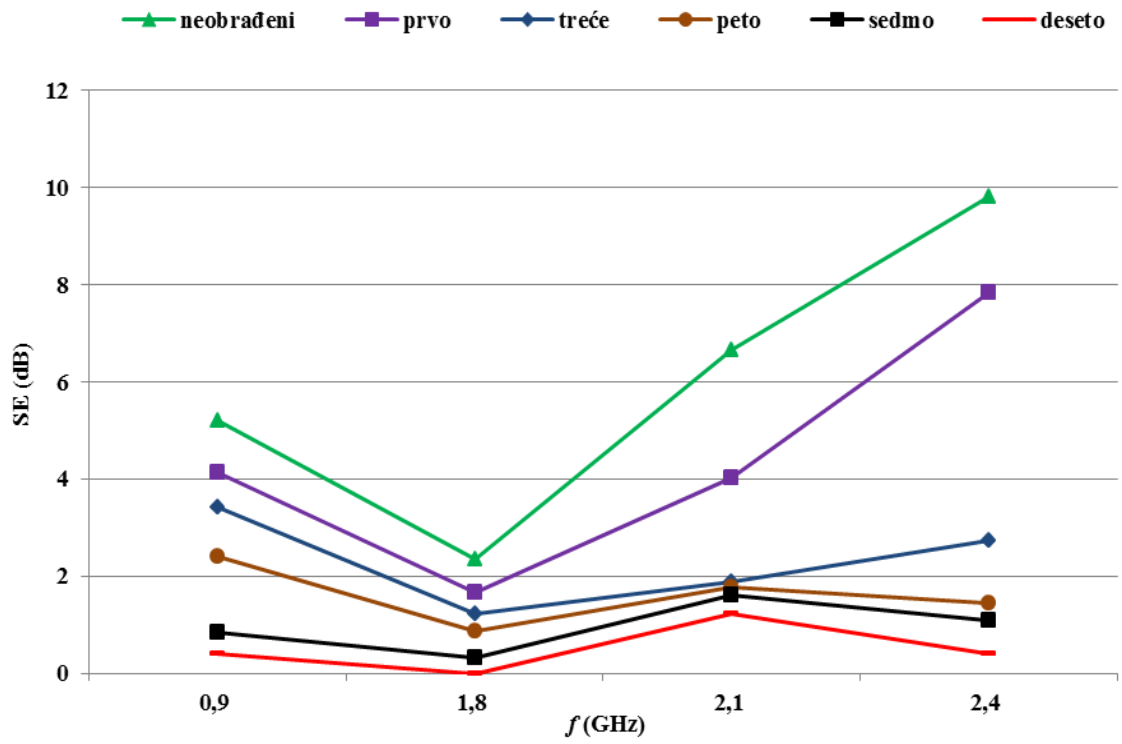
MP4 (LICE) u smjeru osnove	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	5,21	2,34	6,67	9,82
prvi	4,12	1,66	4,02	7,84
treći	3,41	1,22	1,87	2,73
peti	2,4	0,86	1,77	1,45
sedmi	0,84	0,32	1,62	1,08
deseti	0,41	0	1,23	0,41

Tablica 4.28. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (naličje) u smjeru osnove, prije i nakon kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

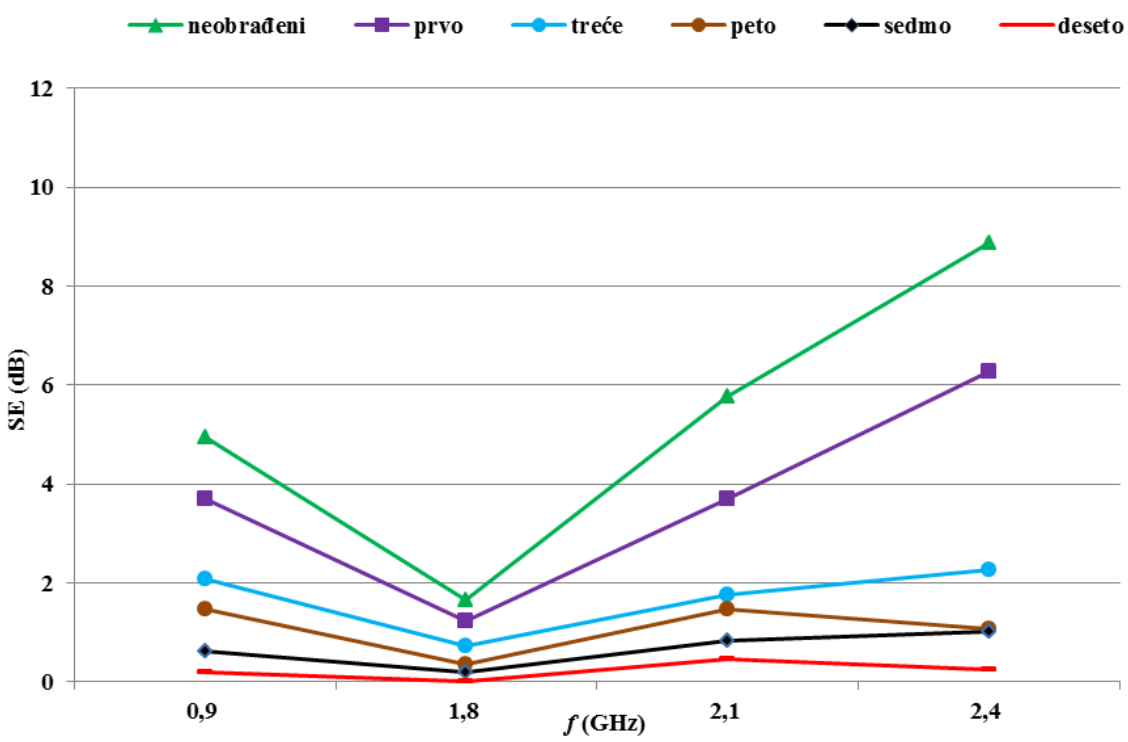
MP4 (NALIČJE) u smjeru osnove	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus kemijskog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	4,95	1,66	5,78	8,87
prvi	3,71	1,23	3,69	6,27
treći	2,07	0,72	1,77	2,26
peti	1,47	0,36	1,46	1,08
sedmi	0,62	0,2	0,83	1,01
deseti	0,21	0	0,46	0,25



Slika 4.59. SE neobrađenih uzoraka MP4 (lice i naličje) u smjeru osnove na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.60. SE uzoraka MP4 (lice) u smjeru osnove, prije i nakon kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.61. SE uzoraka MP4 (naličje) u smjeru osnove, prije i nakon kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka MP4 nakon mokrog čišćenja u smjeru potke

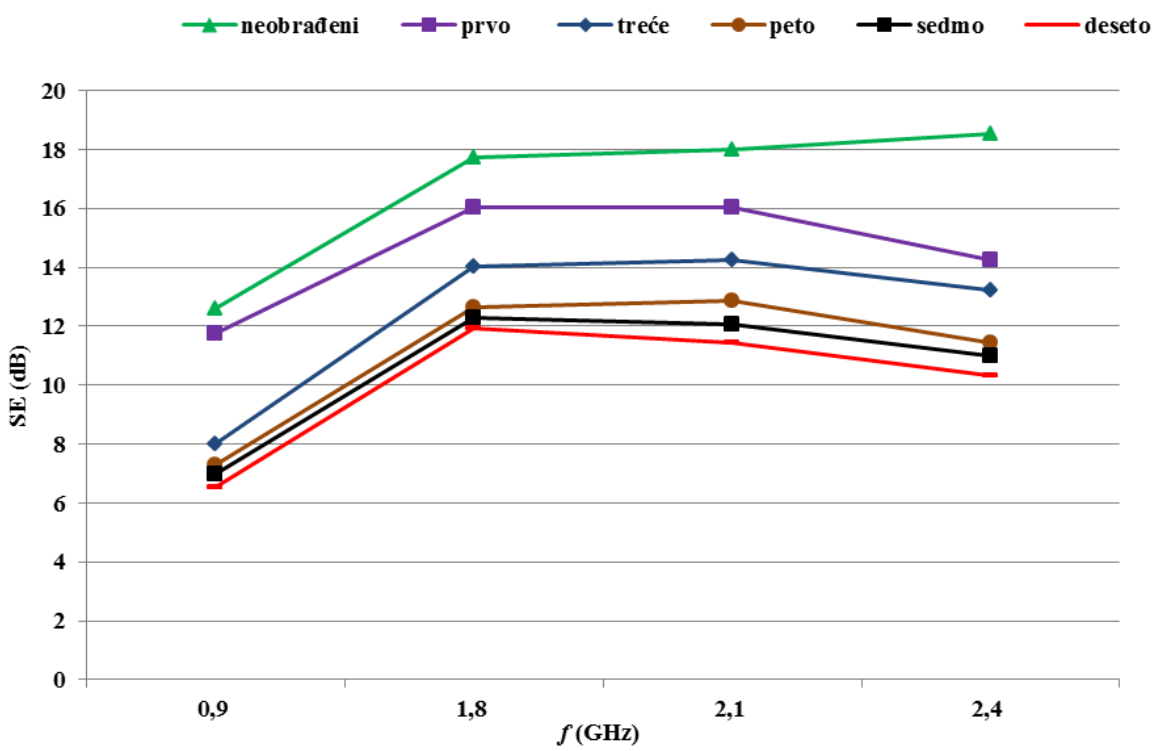
Prikazane su vrijednosti učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka MP4 (lice i naličje), **prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja u smjeru potke** (Tab. 4.29 i 4.30), na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

Tablica 4.29. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (lice) u smjeru potke, prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

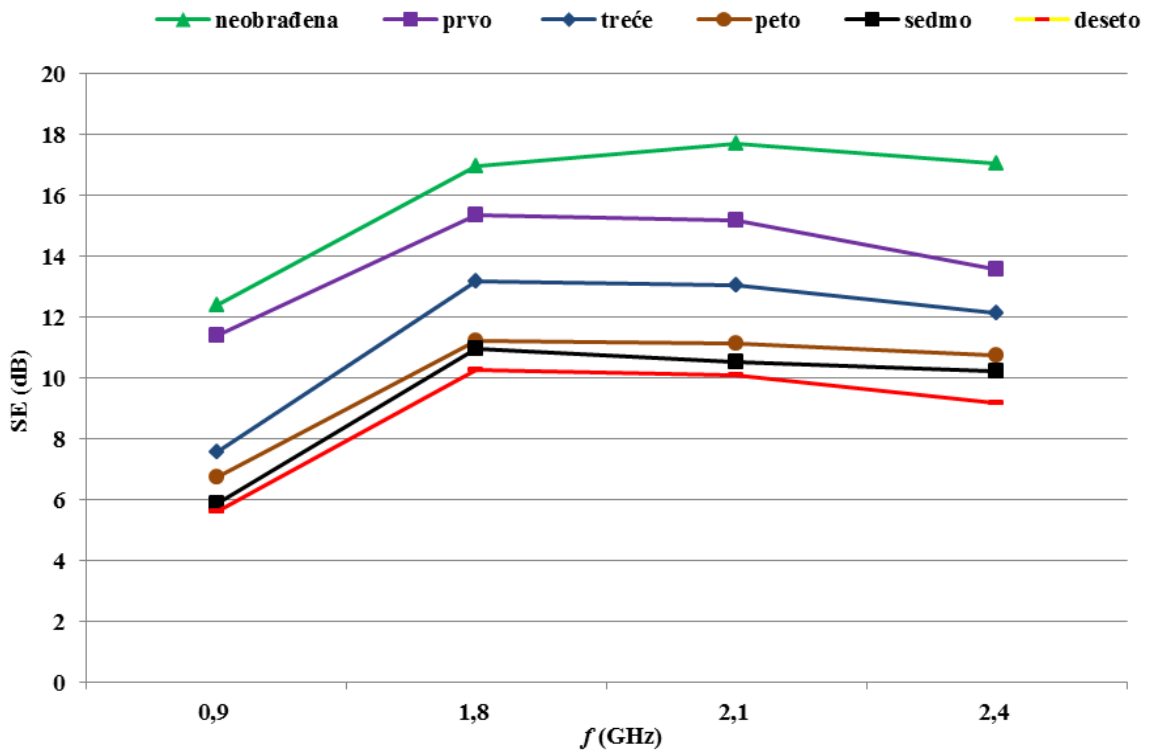
MP4 (LICE) u smjeru potke	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	12,6	17,73	17,98	18,53
prvi	11,74	16,03	16,05	14,25
treći	8	14,02	14,23	13,24
peti	7,29	12,64	12,85	11,46
sedmi	6,96	12,31	12,08	10,98
deseti	6,51	11,91	11,44	10,32

Tablica 4.30. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (naličje) u smjeru potke, prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

MP4 (NALIČJE) u smjeru potke	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	12,42	16,96	17,73	17,08
prvi	11,41	15,36	15,2	13,59
treći	7,56	13,18	13,07	12,12
peti	6,75	11,23	11,13	10,74
sedmi	5,89	10,98	10,55	10,22
deseti	5,61	10,28	10,09	9,19



Slika 4.62. SE uzoraka MP4 (lice), prije i nakon mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) u smjeru potke na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.63. SE uzoraka MP4 (naličju), prije i nakon mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) u smjeru potke na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka MP4 nakon mokrog čišćenja u smjeru osnove

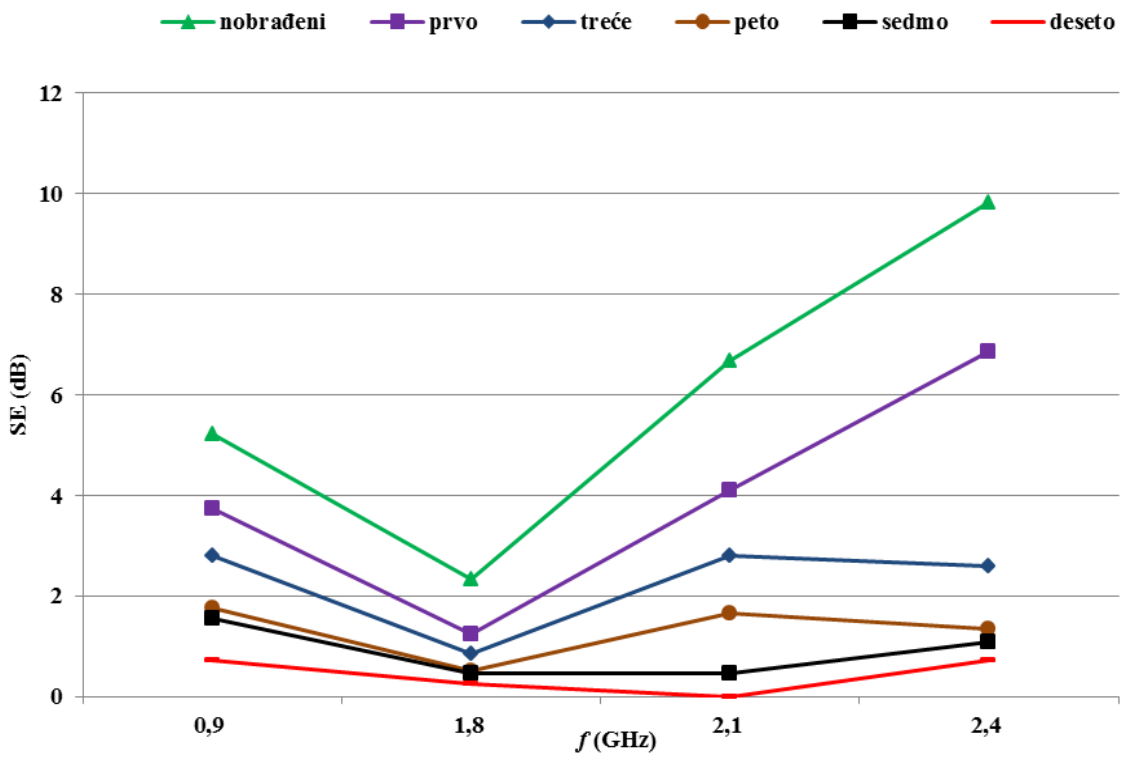
Prikazane su vrijednosti učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka MP4 (lice i naličje), **prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja u smjeru osnove** na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz (Tab. 4.31 i 4.32).

Tablica 4.31. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (lice) u smjeru osnove, prije i nakon ciklusa mokrih čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

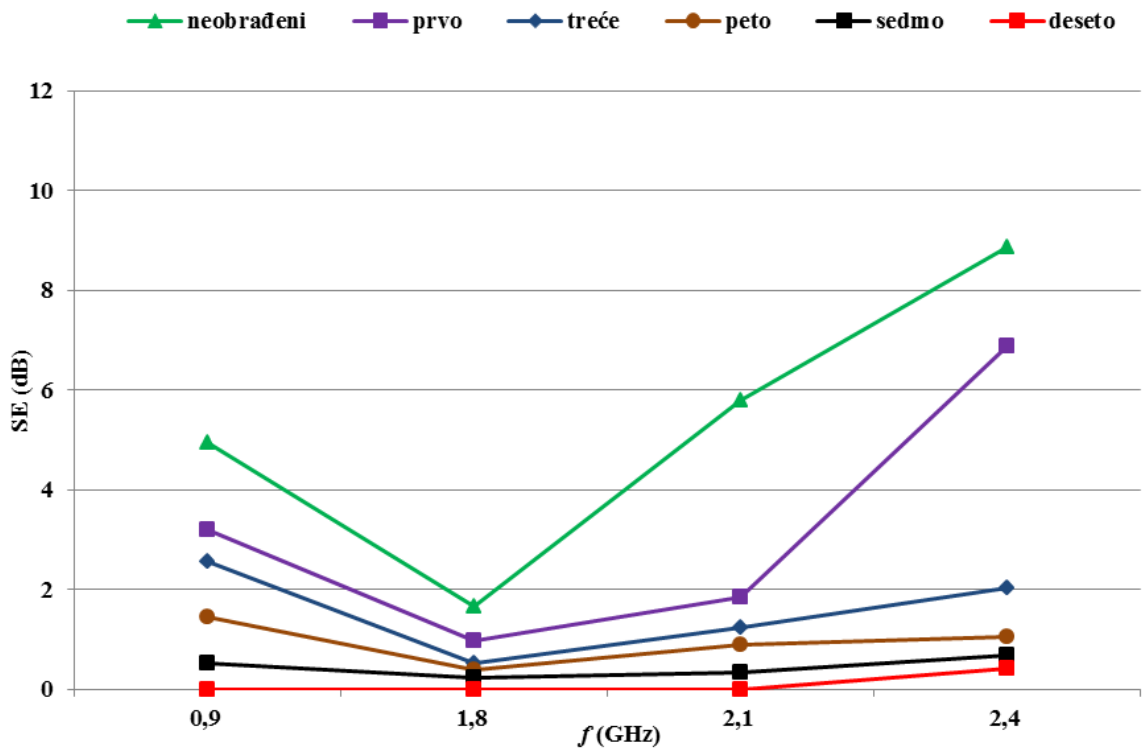
MP4 (LICE) u smjeru osnove	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	5,21	2,34	6,67	9,82
prvi	3,74	1,23	4,1	6,87
treći	2,8	0,84	2,81	2,6
peti	1,75	0,5	1,66	1,35
sedmi	1,55	0,46	0,46	1,08
deseti	0,73	0,26	0,12	0,71

Tablica 4.32. Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (naličje) u smjeru osnove, prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz

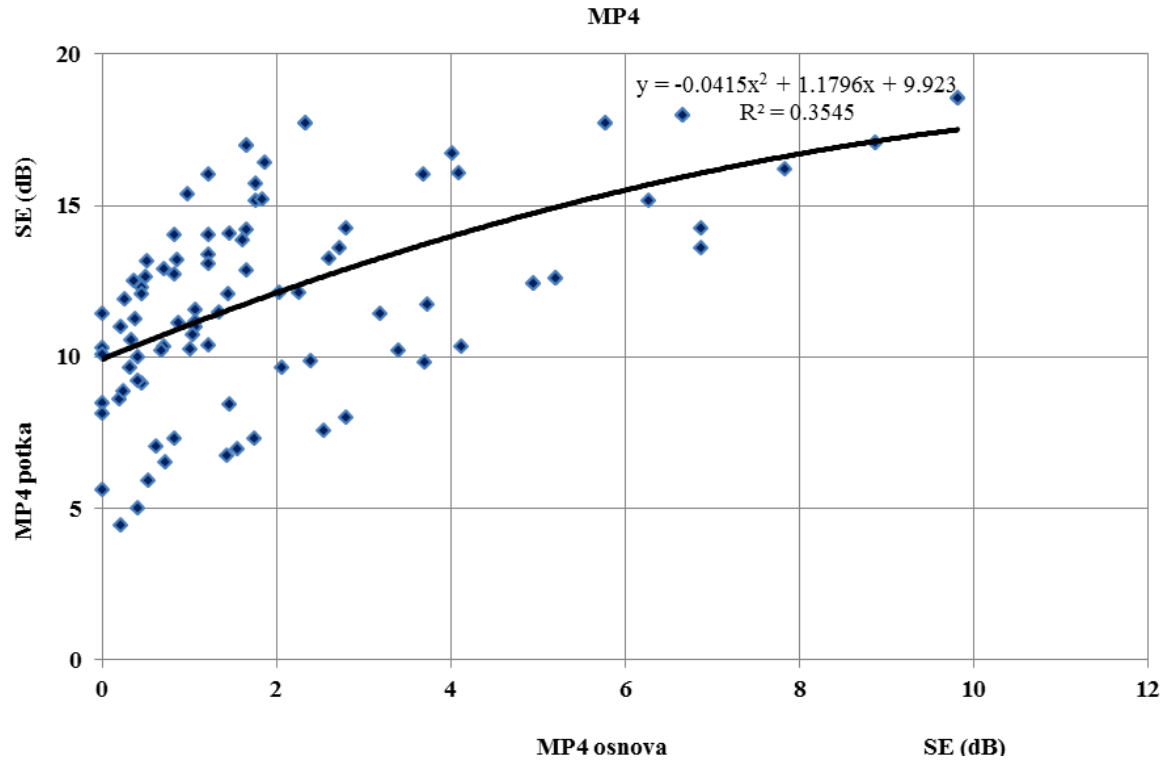
MP4 (NALIČJE) u smjeru osnove	**SE (dB)**			
	***f* (GHz)**			
ciklus mokrog čišćenja	**0,9**	**1,8**	**2,1**	**2,4**
nulti	4,95	1,66	5,78	8,87
prvi	3,2	0,98	1,84	6,87
treći	2,55	0,51	1,23	2,04
peti	1,44	0,38	0,88	1,04
sedmi	0,53	0,22	0,33	0,69
deseti	0,05	0,02	0,04	0,41



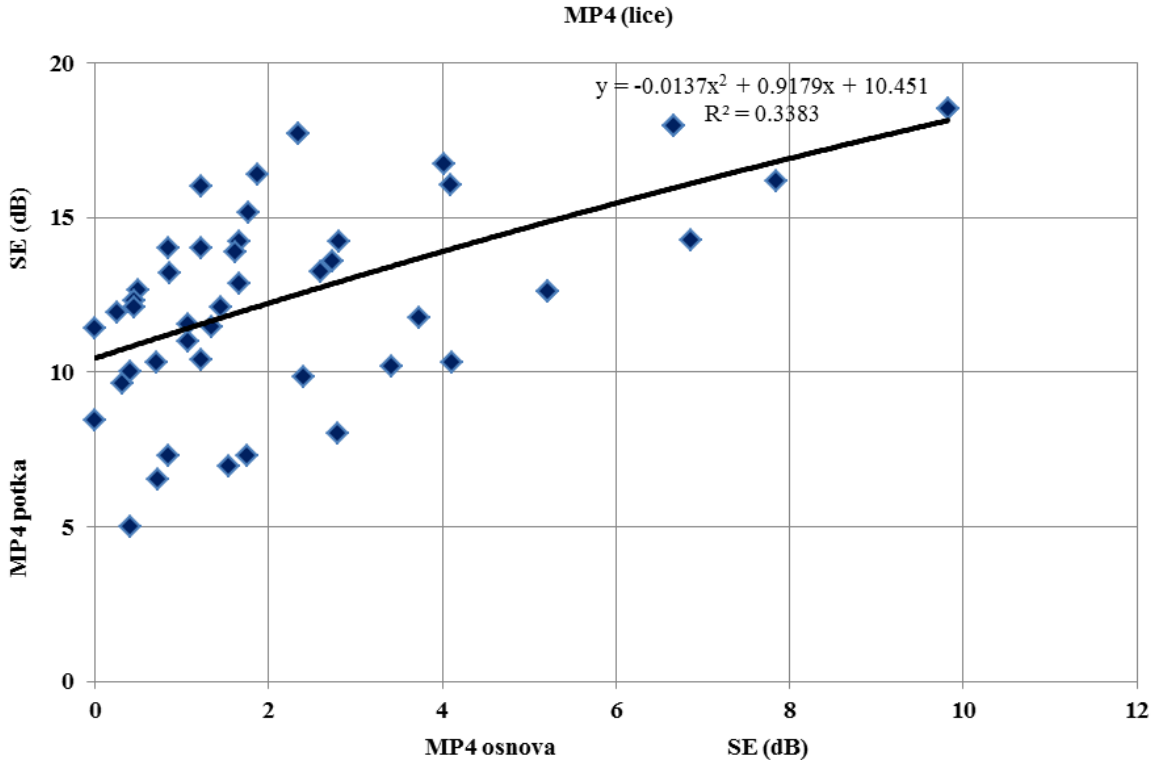
Slika 4.64. SE uzoraka MP4 (lice) u smjeru osnove, prije i nakon mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



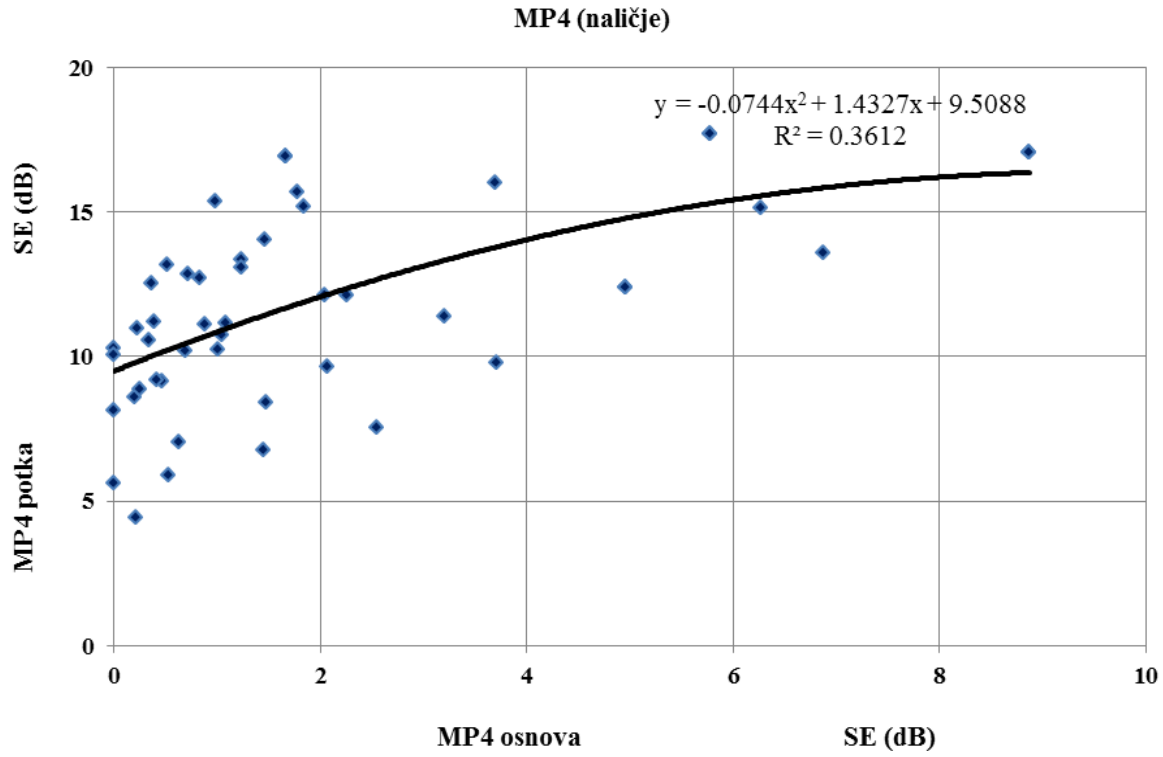
Slika 4.65. SE uzoraka MP4 (naličje) u smjeru osnove, prije i nakon mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz



Slika 4.66. Regresijski polinom i točke rasipanja SE uzoraka MP4 (lice i naličje) prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja, te u smjeru osnove i smjeru potke



Slika 4.67. Regresijski polinom i točke rasipanja SE uzoraka MP4 (lice) prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja u smjeru osnove i smjeru potke



Slika 4.68. Regresijski polinom i točke rasipanja SE uzoraka MP4 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (naličje) u smjeru osnove i potke

4.8. Prekidne sile i prekidna istezanja ispitivanih uzoraka

U ovom potpoglavlju je dan pregled rezultata prekidnih sila, prekidnog istezanja i prekidne čvrstoće za sve ispitivane uzorke prije i nakon profesionalne njege (kemijskog i mokrog čišćenja).

U Tab. 4.33 dani su razultati mehaničkih svojstava (prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća) uzoraka MP1 u smjeru osnove i u smjeru potke, te nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja.

Tablica 4.33. Prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća uzoraka MP1, prije i nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja, u smjeru osnove i u smjeru potke

Uzorak	Prekidna sila		Prekidno istezanje		Prekidna čvrstoća	
MP1	**F (N)**	**CV (%)**	**ε (%)**	**CV (%)**	**σ (N/mm)**	**CV (%)**
Osnova	114,40	7,82	15,36	10,85	20,8	8,95
Potka	39,48	4,73	41,94	3,11	7,18	3,87
10 ciklusa kemijskog čišćenja						
Osnova	95,24	11,24	14,36	12,01	23,66	11,52
Potka	30,84	6,61	29,95	4,70	8,81	5,72
10 ciklusa mokrog čišćenja						
Osnova	108,28	5,52	13,90	7,68	30,08	6,82
Potka	34,38	5,18	34,06	3,60	9,55	4,94

U Tab. 4.34 dani su razultati mehaničkih svojstava (prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća) uzoraka MP2 u smjeru osnove i u smjeru potke, te nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja.

Tablica 4.34. Prekidna sila, prekidno istezanje, prekidna čvrstoća uzoraka MP2, prije i nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja, u smjeru osnove i u smjeru potke

Uzorak	Prekidna sila		Prekidno istezanje		Prekidna čvrstoća	
MP2	**F (N)**	**CV (%)**	**ε (%)**	**CV (%)**	**σ (N/mm)**	**CV (%)**
Osnova	572,07	2,84	17,28	7,78	143,02	12,28
Potka	313,63	15,15	24,32	13,42	78,41	14,27
10 ciklusa kemijskog čišćenja						
Osnova	517,87	7,33	15,31	9,51	147,96	8,85
Potka	337,79	3,66	24,76	4,79	96,51	4,32
10 ciklusa mokrog čišćenja						
Osnova	524,22	8,16	15,91	11,19	139,79	9,58
Potka	338,75	7,93	27,42	10,00	90,33	8,84

U Tab. 4.35 dani su razultati mehaničkih svojstava (prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća) uzoraka MP3 u smjeru osnove i u smjeru potke, te nakon utjecaja 10 ciklusa kemijskih i mokrih čišćenja.

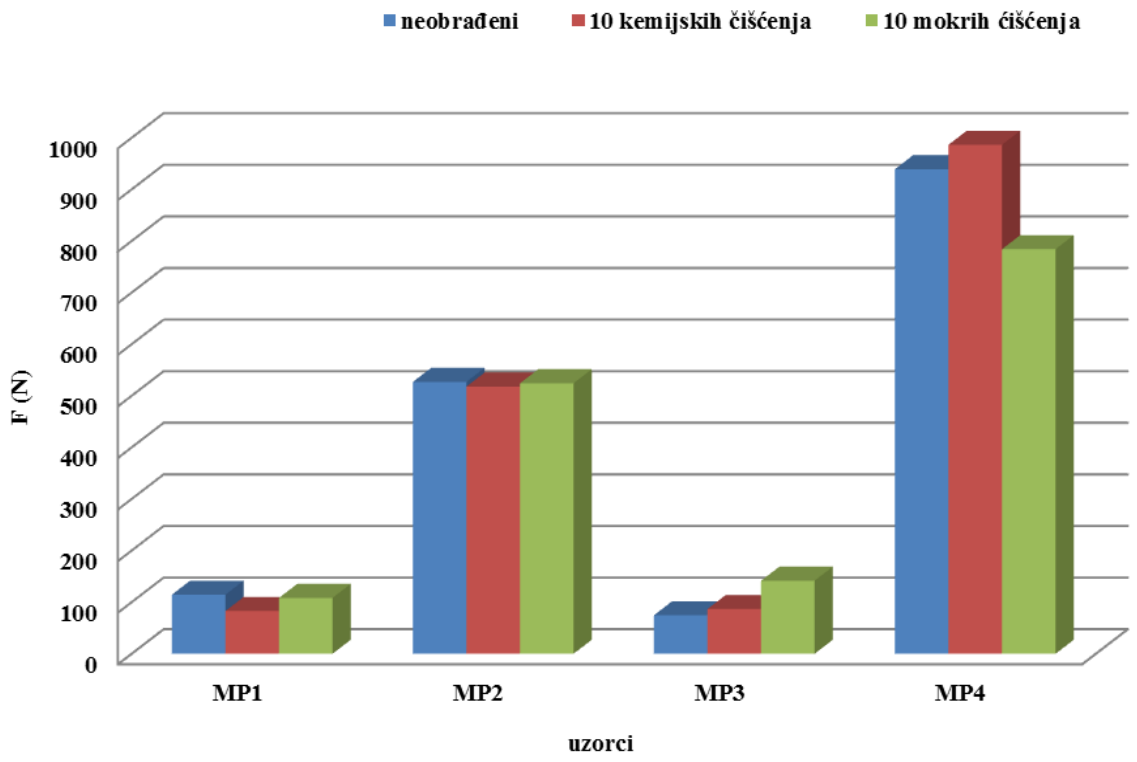
Tablica 4.35. Prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća uzoraka MP3, prije i nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja, u smjeru nizova i u smjeru redova

Uzorak	Prekidna sila		Prekidno istezanje		Prekidna čvrstoća	
MP3	**F (N)**	**CV (%)**	**ε (%)**	**CV (%)**	**σ (N/mm)**	**CV (%)**
Nizovi	74,67	4,01	96,10	2,97	9,96	4,18
Redovi	112,24	7,59	49,38	5,86	14,97	6,31
10 ciklusa kemijskog čišćenja						
Nizovi	86,71	6,17	102,58	2,82	10,70	4,96
Redovi	130,62	5,92	56,38	3,39	16,13	4,78
10 ciklusa mokrog čišćenja						
Nizovi	141,58	7,43	62,54	3,21	17,16	5,15
Redovi	112,83	10,07	54,02	8,62	13,68	10,36

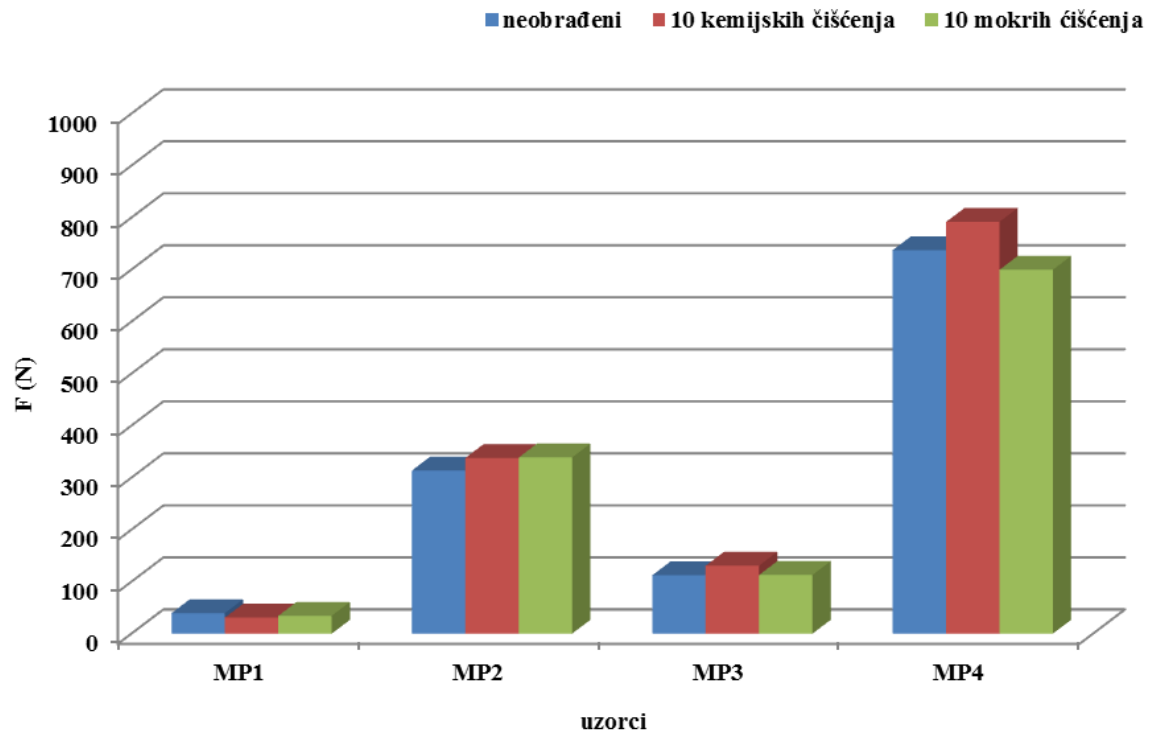
U Tab. 4.36 dani su rezultati mehaničkih svojstava (prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća) uzoraka MP4 u smjeru osnove i u smjeru potke, te nakon utjecaja 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja.

Tablica 4.36. Prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća uzoraka MP4, prije i nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja, u smjeru osnove i u smjeru potke

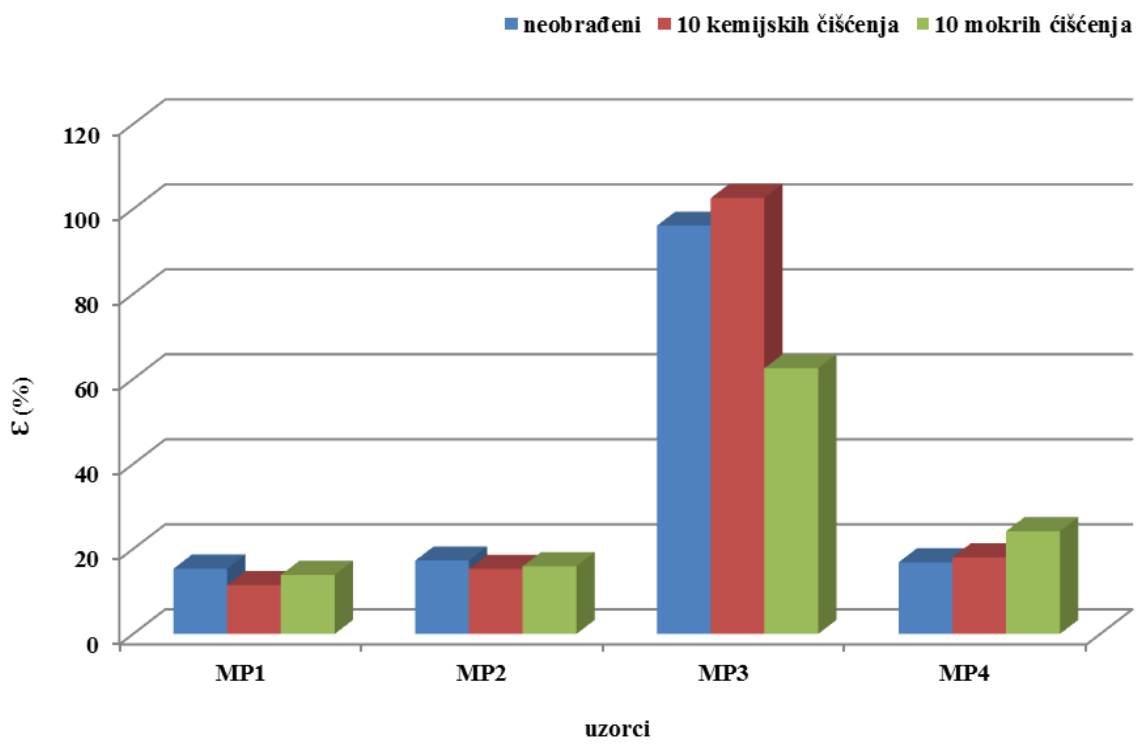
Uzorak	Prekidna sila		Prekidno istezanje		Prekidna čvrstoća	
MP4	**F (N)**	**CV (%)**	**Ɛ (%)**	**CV (%)**	**σ (N/mm)**	**CV (%)**
Osnova	939,19	4,03	16,88	4,29	39,13	5,12
Potka	737,21	2,93	16,90	4,05	30,72	3,98
10 ciklusa kemijskog čišćenja						
Osnova	986,46	3,86	18,01	4,28	43,84	3,99
Potka	791,60	3,25	18,20	1,84	35,18	2,98
10 ciklusa mokrog čišćenja						
Osnova	784,18	2,83	24,18	5,58	34,70	4,32
Potka	699,58	2,39	19,70	4,13	30,95	3,59



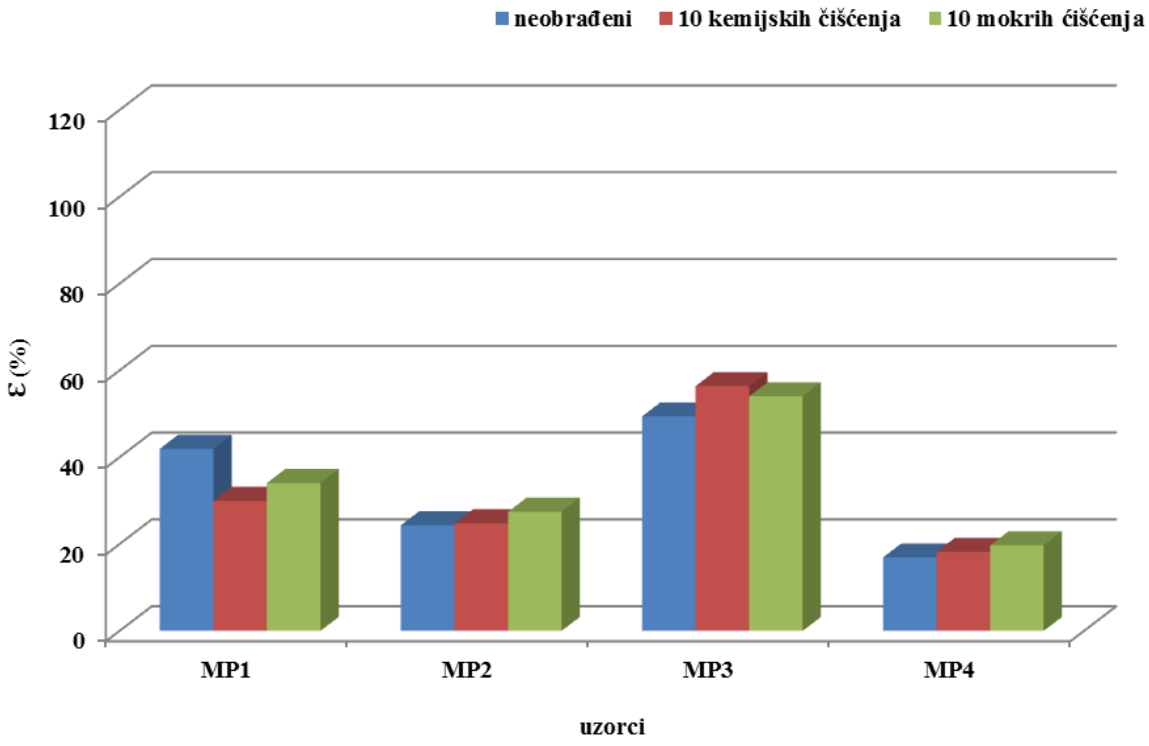
Slika 4.69. Prekidne sile za uzorke u smjeru osnove (MP1, MP2, MP4) i u smjeru nizova (MP3)



Slika 4.70. Prekidne sile za uzorke u smjeru potke (MP1, MP2, MP4) i u smjeru redova (MP3)



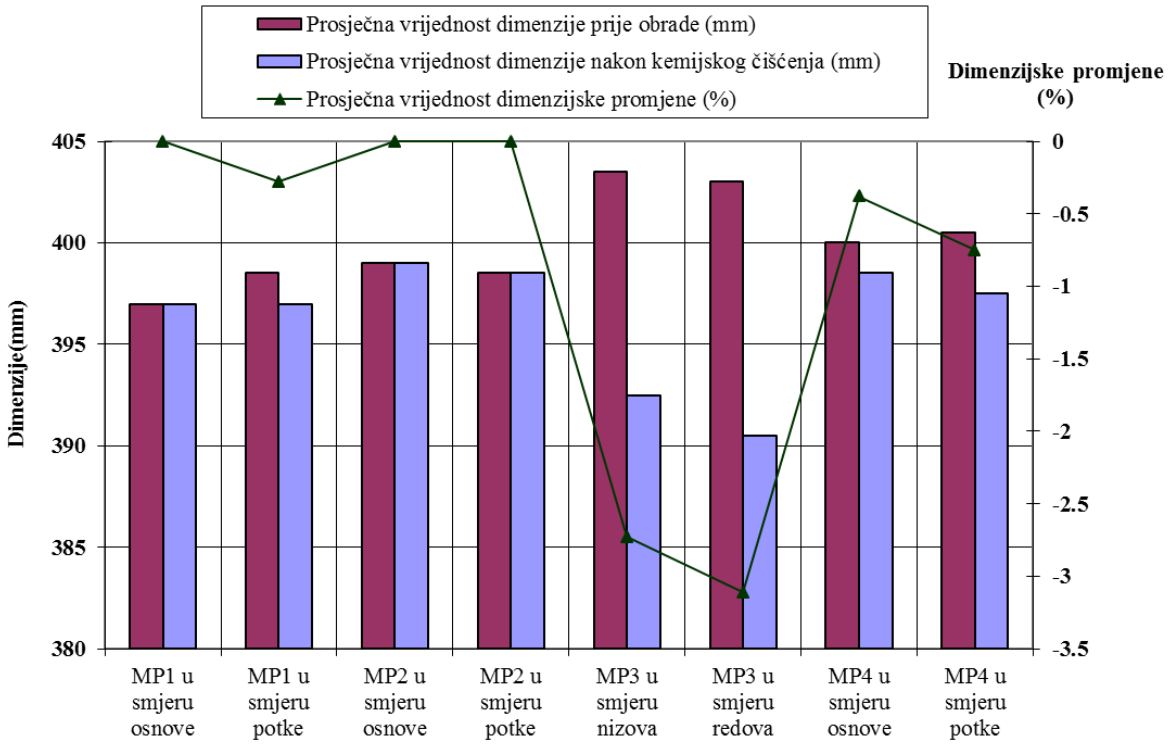
Slika 4.71. Prekidna istezanja uzoraka u smjeru osnove (MP1, MP2, MP4) i u smjeru nizova (MP3)



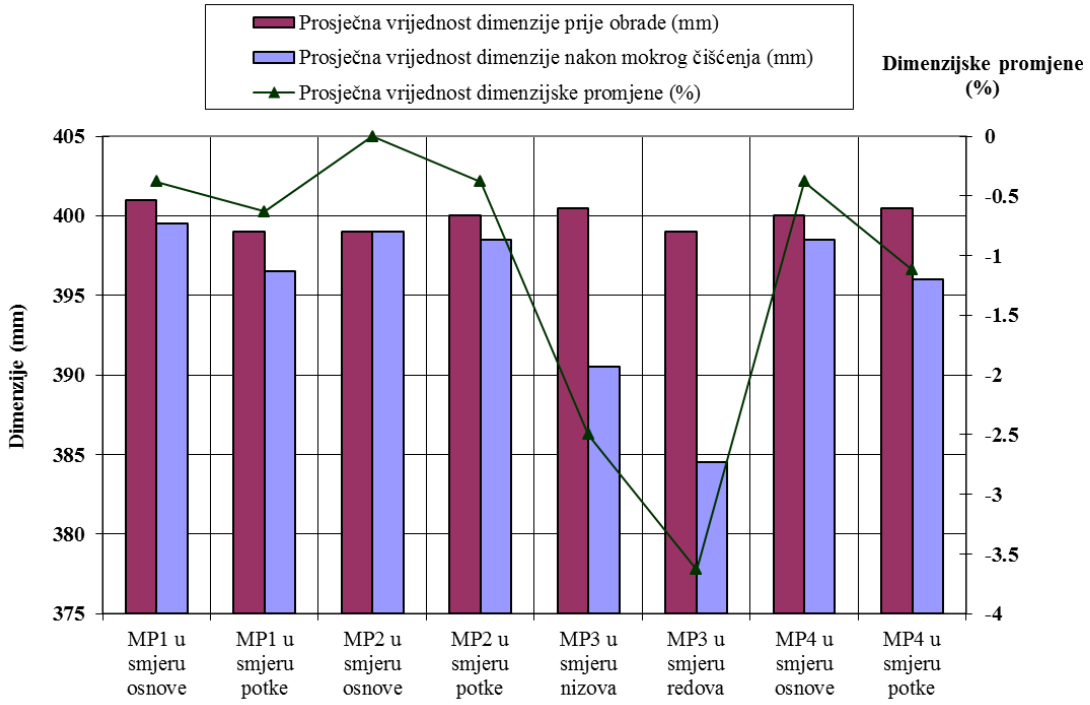
Slika 4.72. Prekidna istezanja uzoraka u smjeru potke (MP1, MP2, MP4) i u smjeru redova (MP3)

Tablica 4.37. Promjena dimenzijskih značajki uzoraka (MP1 - MP4) nakon kemijskog i mokrog čišćenja

Uzorci	Prosječna vrijednost dimenzije prije obrade $\overline{x}_0$ (mm)	Prosječna vrijednost dimenzije nakon kemijskog čišćenja $\overline{x}_{1k.č.}$ (mm)	Prosječna vrijednost dimenzijske promjene $\overline{x}$ (%)	Prosječna vrijednost dimenzije prije obrade $\overline{x}_0$ (mm)	Prosječna vrijednost dimenzije nakon mokrog čišćenja $\overline{x}_{1m.č.}$ (mm)	Prosječna vrijednost dimenzijske promjene $\overline{x}$ (%)
MP1 u smjeru osnove	397	397	0	401	399,5	-0,38
MP1 u smjeru potke	398,5	397	-0,38	399	396,5	-0,63
MP2 u smjeru osnove	399	399	0	399	399	0
MP2 u smjeru potke	398,5	398,5	0	400	398,5	-0,38
MP3 u smjeru nizova	403,5	392,5	-2,73	400,5	390,5	-2,5
MP3 u smjeru redova	403	390,5	-3,11	399	384,5	-3,63
MP4 u smjeru osnove	400	398,5	-0,38	400	398,5	-0,38
MP4 u smjeru potke	400,5	397,5	-0,75	400,5	396	-1,12



Slika 4.73. Dimenzijske promjene uzoraka (MP1 - MP4) nakon kemijskog čišćenja



Slika 4.74. Dimenzijske promjene uzoraka (MP1 - MP4) nakon mokog čišćenja

5. RASPRAVA

5. RASPRAVA

U ovom radu je istražen utjecaj 10 ciklusa profesionalne njege, kemijskog i mokrog čišćenja, na funkcionalna svojstva međupodstava MP1- MP3 i vodljive tkanine s inox vlaknima MP4. Utjecaj ovih procesa je analiziran nakon svakog pojedinog ciklusa kroz ispitivanje zaštitnih svojstava navedenih uzoraka u zaštiti od EMZ-a. Obzirom da su međupodstave MP1-MP3 ugradbeni materijali odjevnih predmeta, dodatno je izložena i struktura načinjena od osnovne tkanine, ljepljive međupodstave, zaštitne međupodstave (MP1-MP3) i podstave, profesionalnoj njezi.

Svi navedeni materijali posjeduju visoku vodljivost, primarno zbog sadržaja bakra u MP1 i MP2, srebra u MP3 te inoxa u MP4. Upravo metalni nanosi na površini ovih materijala su omogućili njihovu funkcionalizaciju u svrhu postizanja zaštitnih svojstava ovih materijala u zaštiti od EMZ. Bakar i srebro posjeduju izvrsna električna svojstva u odnosu na neke druge metale [198], ali njihov sadržaj na tekstilnom proizvodu ograničava način održavanja radi osjetljivosti, primarno na proces pranja. Poznato je da ovakve tekstilije nije poželjno prati jer postoji opasnost gubitka njihovih svojstava radi djelovanja alkalnih deterdženata i jakog mehaničkog pokretanja u procesu. Upravo to je razlog zašto navedeni materijali kao sastavni dijelovi odjeće nisu izloženi pranju već kemijskom čišćenju koji je znatno prikladniji za zadržavanje njihovih vodljivih i zaštitnih svojstava.

Originalnost ovog rada se može sagledati kroz činjenicu da je provedeno i mokro čišćenje kao proces koji se u posljednje vrijeme također provodi za održavanje odjevnih predmeta s navedenim ugradbenim elementima. Prednost ovog procesa u odnosu na kemijsko čišćenje je ekološke naravi, jer se proces provodi blagim sredstvima u vodenom mediju.

Proces kemijskog čišćenja je proveden u perkloretilenu kroz tri faze: čišćenje, centrifugiranje i sušenje. U procesu čišćenja navedenih materijala uvijek je korišten isti program, ista količina i vrsta materijala pri temperaturi od 20^0 C (Tab. 3.7). U procesu je korišteno čisto otapalo perkloretilen kojemu je tijekom ciklusa čišćenja kontrolirana pH vrijednost. Bitno je istaknuti da je pH kupelji iznosio 8, što je izuzetno važno za kvalitetan proces i postojanost funkcionalnih svojstava. Otapalo je tijekom ciklusa prolazilo filtracijsku jedinicu, a centrifugiranje i sušenje također je provedeno uvijek na isti način.

Proces mokrog čišćenja je proveden kroz fazu čišćenja, centrifugiranja, naknadne obrade i sušenja u izdvojenom sušioniku (Tab. 3.8). Važno je napomenuti da je također kontrolirana pH vrijednost kupelji koja je kroz svih 10 ciklusa iznosila 5,5.

Početni uzorci MP1-MP4 kao i uzorci nakon svakog provedenog ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja karakterizirani su putem SEM-a (površina), mjernog postava za mjerenje zaštitnih svojstava materijala u zaštiti od EMZ i vlačnih svojstava.

Načinjena je karakterizacija površine SEM-om, neobrađenih uzoraka (MP1-MP4), te nakon postupaka kemijskog i mokrog čišćenja i glačanja.

Interakcijom elektronskog snopa i površine uzorka nastaju različiti fenomeni koji uključuju emisiju sekundarnih elektrona (SE), pozadinski raspršene elektrone (BSE), Augerove elektrone, karakteristično rendgensko zračenje te fotone različitih energija. Ti signali koriste se za proučavanje mnogih svojstva kao što su: površinska topografija, kemijski sastav, pa i kristalna struktura.

Najčešće korišteni signali za dobivanje slike na SEM-u su oni od sekundarnih i povratno raspršenih elektrona. Interakcijom elektrona snopa s elektronom atoma uzorka, može doći do izbacivanja elektrona uzorka iz ljuske. Ti emitirani sekundarni elektroni su rezultat neelastičnog raspršenja. Oni su izbačeni iz dijela uzorka blizu površine i male su energije 2-50 eV. Ako se upadni elektron snopa sudari s jezgrom atoma uzorka, elektron će se odbiti od uzorka, kao pozadinsko raspršen elektron. Ti elektroni su rezultat elastičnog raspršenja i velike su energije.

Unatoč velikim energijskim razlikama tih signala uspjelo se osmisliti detektor koji ih može sakupiti. Prikupljeni signali konvertirani su u električni signal koji se koristi za moduliranje intenziteta slike. Kod snimanja detektorom sekundarnih elektrona (SE), ako elektronski snop dođe do depresije na uzorku, smanji se količina sekundarnih elektrona koji mogu izaći s površine, te to područje vidimo kao tamnije na slici. Isto tako, ako snop dođe do ispupčenja na uzorku, tada više sekundarnih elektrona može napustiti površinu uzorka, te to područje vidimo kao svjetlije na slici. Iz tih razloga signal detektora sekundarnih elektrona (SE) znatno ovisi o topografiji uzorka, te nam daje bolju informaciju o topografiji od signala detektora pozadinsko raspršenih elektrona (BSE).

Kod snimanja detektorom pozadinsko raspršenih elektrona (BSE), područja uzorka s malim atomskim brojem će emitirati manji broj pozadinsko raspršenih elektrona te će ta područja biti tamnija na slici za razliku od područja s većim atomskim brojem. Topografija u nekoj količini utječe i na emisiju pozadinsko raspršenih elektrona, stoga slika dobivena detektorom pozadinsko raspršenih elektrona je spoj topografskih i kompozicijskih karakteristika. Razlika u intenzitetu signala koja je vidljiva na slikama odgovara razlici gustoće uzorka.

Zaštitna svojstva (SE) funkcionalnih međupodstava MP1 - MP3 (lice i naličje) i funkcionalne tkanine MP4 prije i nakon pojedinačnih ciklusa kemijskih i mokrih čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) su izmjerena na frekvencijama 0,9; 1,8; 2,1 i 2,4 GHz na mjernom postavu koji je osmišljen i postavljen na Fakultetu za elektrotehniku i računarstvo Zagreb, u Mikrovalnom laboratoriju Zavoda za radiokomunikacije (pri temperaturi 23 ± 1^0C i relativnoj vlažnosti 50±10%). Mjerni postav je složen prema preporukama međunarodnih normi IEE-STD 299-97 [193], MIL STD 285 [194] i ASTM D-4935-89 [195], a sastoji se od mjernog instrumenta NARDA SRM 3000, generatora signala, rog antene i drvenog okvira dimenzija 1 x 1 m u koji se stavljaju uzorci. Mjerni instrument *NARDA SRM 3000* je prijenosni analizator spektra koji mjeri polje izotropno, tj. iz bilo kojeg smjera i bilo koje polarizacije, a namijenjen je za mjerenja EM polja u frekvencijskom području između 80 i 3000 MHz. Generator signala je instrument koji služi kao izvor elektromagnetskog zračenja. U radu je rabljen generator kontinuiranog sinusnog signala na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz. Rog antena služi za prijame i odašiljanje mikrovalnih signala. Drveni okvir za uzorke dimenzija 1 x 1 m je napravljen od dva dijela koji se spajaju drvenim držačima kako bi se tekstilni uzorci mogli umetnuti i učvrstiti za vrijeme mjerenja.

Faktor EM zaštite je određen kao omjer između intenziteta EM polja (E_0) mjerenog bez ispitivanog materijala i intenziteta EM polja (E_1) s materijalom postavljenim između izvora zračenja (radijacije) i mjernog uređaja.

5.1. Karakterizacija površine međupodstavne tkanine MP1 skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM)

Površina neobrađenog uzorka MP1 snimljena je uz SE detektor uz povećanja 42x, 100x, 250x i 500x (sl. 4.1. a-d) potvrđuje platno vez osnovne tkanine načinjene od poliamidnog filamenta koji je jednolično naslojen bakrom (sl. 4.1.d).

U svrhu analize utjecaja procesa kemijskog čišćenja su također snimljene slike površine ovog uzorka nakon svakog pojedinog ciklusa kemijskog čišćenja uz povećanja 42x, 100x, 250x, 500x i 5000x. Slike uzoraka pri povećanjima od 42x do 500x ne prikazuju značajne promjene površine ovog uzorka nakon prvog ciklusa kemijskog čišćenja. Međutim snimak načinjen pri povećanju od 5,0kx dokazuje da u prvom ciklusu dolazi do laganog otvaranja (pucanja) nanosa bakra na poliamidnom filamentu (sl. 4.2. e).

Promjene površine uvjetovane procesom kemijskog čišćenja se produbljuju u daljnjim ciklusima, te je blaga dezintegracija površine vidljiva i pri povećanju od 250x već nakon drugog ciklusa. Nastalo oštećenje je kumulativno, tako se pojačava svakim daljnjim ciklusom, a nakon devetog i desetog ciklusa bakreni nanos se gotovo u potpunosti oljuštio s poliamidnog filamenta. Ova pojava je najuočljivija na slici površine uzorka pri povećanju 5,0 kx (sl. 4.2 e).

Dodatno je istražen utjecaj kemijskog čišćenja s glačanjem nakon pojedinačnih ciklusa (od prvog do desetog), s različitim povećanjima 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00 kx (sl. 4.3). Detaljna analiza prikazanih površina uzoraka MP1 nakon kemijskog čišćenja i glačanja potvrđuje jači stupanj oštećenja u odnosu na uzorke MP1 nakon kemijskih čišćenja. Ovaj raniji stupanj degradacije odnosno pucanja se uočava već pri malim povećanjima kao posljedica djelovanja pare, tlaka i topline kojem je materijal izložen tijekom glačanja. Na povećanjima od 5.00 kx (sl. 4.3 e), vidi se da već nakon prvog kemijskog čišćenja i glačanja dolazi do otvaranja (pucanja) bakrenog nanosa, koje postaje sve veće s povećanjem broja ciklusa. Nakon petog i šestog ciklusa bakreni nanos se već djelomično oljuštio s pojedinih vlakana.

Na slici 4.4. prikazane su SEM slike uzoraka MP1 nakon 10 ciklusa mokrog čišćenja (od prvog do desetog), s povećanjima 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00kx. SEM slike uzoraka MP1 nakon pojedinačnih ciklusa mokrog čišćenja potvrđuje promjenu površine uzoraka već nakon prvog ciklusa. Stupanj nastalih promjena površine nije identičan promjenama nastalim u kemijskom čišćenju. Slike površine materijala snimljene uz povećanje 5,0kx (sl. 4.4 e) nakon svih pojedinačnih ciklusa najjasnije pokazuju degradaciju nanosa, a oblik i smjer ljuštenja nije identičan degradaciji ovog nanosa u kemijskom čišćenju. Bakreni nanos na poliamidnom filamentu je voluminozniji, što ukazuje na blago bubrenje poliamidnog filamenta. To se može povezati s prethodno istaknutim značajkama procesa mokrog čišćenja koje se provodi blagim sredstvima za pranje u vodenom mediju uz blago mehaničko djelovanje, te dodatnu činjenicu da su poliamidne tekstilije osjetljive na mehaniku u mokrim procesima obrade.

U procesima kemijskog i mokrog čišćenja dolazi do abrazije i pucanja nanosa bakra što ukazuje na posljedicu fizikalne adsorpcije nanosa na osnovni poliamidni filament, a ne na kemijsko vezivanje ovog nanosa. Ova činjenica implicira promjenu električne vodljivosti i zaštitnih svojstava funkcionalnih proizvoda u procesima profesionalne njege, što je vidljivo na sl. 4.6 - 4.10 i Tab. 4.1 - 4.4.

5.2. Zaštitna svojstva (SE) međupodstavne tkanine MP1 u zaštiti od mikrovalnog zračenja

U Tab. 4.1 i 4.2. dan je pregled rezultata zaštitnih svojstava (SE) uzoraka MP1 (lice i naličje) prije i nakon pojedinačnih ciklusa kemijskih čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz.

Zaštitna svojstva (SE) neobrađenih uzoraka MP1 (lice) na frekvenciji 0,9 GHz su karakterizirana vrijednošću 19,66 dB, dok su na frekvencijama 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz te vrijednosti više od 20 dB (Tab. 4.1). SE vrijednosti neobrađenih uzoraka MP1 (naličje) na svim ispitivanim frekvencijama su iznad 20 dB (Tab. 4.2).

Najbolja zaštitna svojstva (SE=26,13 dB) međupodstave MP1 (naličje) postignuta su na frekvenciji 2,1 GHz. Usporedba zaštitnih svojstava MP1 (naličje) na svim frekvencijama su bolja za prosječno 1 dB od zaštitnih svojstava MP1 (lice). Ova mjerenja pokazuju da je međupodstava od poliamidnog filamenta s bakrenim nanosom (lice i naličje) najučinkovitija u

zaštiti od EMZ na frekvenciji 2,1 GHz. Na sl. 4.6. vidi se da su zaštitna svojstva MP1 (lice i naličje) približno jednaka, što ukazuje na jednoličnost bakrenog nanosa na poliamidnom filamentu.

Već nakon prvog ciklusa kemijskog čišćenja zaštitna svojstva MP1 (lice i naličje) se smanjuju. Ovo smanjenje ovisi isključivo o frekvenciji pri čemu su zaštitna svojstva tkanine (naličje) na frekvenciji 1,8 GHz smanjena za 3,58 dB, a na frekvenciji 2,1 GHz za 4,61dB. Zaštitna svojstva tkanine (lice) na frekvenciji 1,8 GHz se smanjuju za 3,24 dB, a na frekvenciji 2,1 GHz za 4,8 GHz. Ova promjena zaštitnih svojstava tkanine je jednoznačna, obzirom da je tkanina obostrano izložena utjecaju otapala koje ima brzi prodor u materijal u procesu kemijskog čišćenja.

Tendencija smanjenja zaštitnih svojstava MP1 se nastavlja i u daljnjim ciklusima, tako da se nakon desetog ciklusa ova svojstva gotovo u potpunosti gube. Slaba zaštitna svojstava MP1 (lice i naličje) nakon 10 ciklusa potvrđuju niske SE vrijednosti (Tab. 4.1, Tab. 4.2, sl. 4.2 e i 4.3 e). Ove SEM slike MP1 nakon devetog i desetog ciklusa čišćenja pokazuju jako ljuštenje bakrenog nanosa s pojedinih vlakana. Posljedica pucanja bakrenog nanosa u početnim ciklusima i njegovog ljuštenja u završnim ciklusima je gubitak zaštitnih svojstava međupodstavne tkanine MP1. Pucanjem bakrenog nanosa na poliamidnom filamentu (sl. 4.2) dolazi do većeg prolaza EMZ-a i smanjenja zaštitnih svojstava MP1. Završno, pad zaštitnih svojstava MP1 kroz povećan broj ciklusa je posljedica stupnja oštećenja bakarnog nanosa radi utjecaja otapala i mehaničkog djelovanja. Slike 4.7. i 4.8. zorno prikazuju da se zaštitna svojstva MP1 najviše gube nakon 7 ciklusa kemijskog čišćenja.

Vrijednosti SE uzoraka MP1 (lice i naličje) prije i nakon mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa) su prikazane u Tab. 4.3 i 4.4. SE vrijednosti uzoraka već nakon prvog ciklusa mokrog čišćenja su niže nego nakon kemijskog čišćenja. Pet ciklusa mokrog čišćenja jako narušava zaštitna svojstva MP1, tako da je vrijednost SE na frekvenciji 0,9 GHz ispod 2 dB. Zaštitna svojstva poliamidnog filamenta s bakrenim nanosom (lice i naličje) se nakon sedmog i desetog ciklusa mokrog čišćenja gube u potpunosti. Pojačano ljuštenje bakrenog nanosa s površine poliamidnog filamenta (sl. 4.4 e, 4.5 e) uvjetuje prolaz EMZ-a i gubitak zaštitnih svojstava MP1, sl. 4.9 i 4.10.

Na temelju dobivenih rezultata zaštitnih svojstava MP1 prije i nakon profesionalne njege se može zaključiti da je kemijsko čišćenje povoljnije za zadržavanje zaštitnih svojstava zaštitne međupodstavne tkanine MP1 nego mokro čišćenje.

5.2.1. Zaštitna svojstva (SE) međupodstavne tkanine MP1 u prednjici muškog sakoa

Daljnja ispitivanja postojanosti zaštitnih svojstava međupodstavne tkanine MP1 integrirane u prednjicu muškog sakoa su provedena ovisno o tehnološkom procesu izrade (glačanje i prešanje) i načinu profesionalne njege.

Nakon provedenih mjerenja učinkovitosti zaštite tkanine MP1 je izrađena slojevita („sendvič“) struktura koja se sastoji od osnovne tkanine (vuna/PES/elastan), ljepljive međupodstave, zaštitne tkanine MP1 i podstavne tkanine (viskoza). Učinkovitost zaštite načinjene strukture u zaštiti od EMZ je izmjerena prije i nakon postupaka glačanja i prešanja uzoraka na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz, (sl. 4.11). Ova struktura je također tretirana u postupcima kemijskog i mokrog čišćenja, Tab. 4.5 do 4.8.

U Tab. 4.5 i 4.6 prikazane su vrijednosti učinkovitosti zaštite (SE) uzoraka sendviča s MP1 prije i nakon glačanja i prešanja (lice i naličje), te utjecaja ciklusa kemijskih čišćenja u zaštiti od EMZ-a. Vrijednosti zaštitnih svojstava (SE) imitacije prednjice (lice) dobivene na svim frekvencijama su nakon glačanja i prešanja niže u rasponu od 1,85 do 2,8 dB u odnosu na početne vrijednosti (Tab. 4.5). To pokazuje da se zaštitna svojstva MP1 u načinjenoj slojevitoj strukturi pod utjecajem temperature, pare i tlaka u tehnološkom procesu glačanja i prešanja već narušavaju.

Nakon prvog kemijskog čišćenja zaštitna svojstva slojevite sendvič strukture s MP1 na frekvenciji 0,9 GHz su smanjena za 6,55 dB. Ovo smanjenje zaštitnih svojstava veće je u odnosu na gubitak zaštitnih svojstava MP1 nakon prvog ciklusa kemijskog čišćenja za 2,42 dB. Najveći gubitak zaštitnih svojstava imitacije prednjice uvjetovan glačanjem i prešanjem je na frekvenciji 2,1 GHz i iznosi 7,54 dB (sl. 4.12).

Zaštitna svojstva ove strukture se svakim narednim ciklusom na svim ispitivanim frekvencijama smanjuju, (Tab. 4.5 i 4.6). Sedam ciklusa kemijskog čišćenja utječu na značajan pad vrijednosti SE ispod 5 dB na svim frekvencijama, što upućuje na slaba zaštitna

svojstva. Istaknute promjene zaštitnih svojstava imitacije prednjice (lice i naličje) su gotovo identične, sl. 4.12 i 4.13.

Glačana i prešana imitacija prednjice su bile izložene postupcima mokrog čišćenja (prvom, trećem, petom, sedmom i desetom). Njena zaštitna svojstva prikazana su u Tab. 4.7 i 4.8. Prvi ciklus mokrog čišćenja jače utječe na pad zaštitnih svojstava u odnosu na prvi ciklus kemijskog čišćenja. Nakon petog ciklusa mokrog čišćenja zaštitna svojstva ove strukture na frekvenciji 0,9 GHz su vrlo niska, SE je ispod 2 dB. Potpuni gubitak zaštite od EMZ-a na svim frekvencijama nastupa nakon sedmog odnosno 10-tog ciklusa mokrog čišćenja.

Na temelju dobivenih rezultata je razvidno da zaštitna svojstva MP1 i MP1 u imitaciji prednjice nisu postojana u uvjetima mokrog čišćenja.

Načinjena regresijska analiza uzoraka MP1 i slojevite sendvič strukture s MP1 je potvrdila da je koeficijent korelacije između uzoraka MP1 i sendviča s MP1, obuhvaćajući vrijednosti SE na licu i naličju, kao i zasebno vrijednosti SE na licu i naličju, relativno velik i iznosi od R^2 = 0,956 do R^2 = 0,9564. To upućuje na činjenicu da ova dva parametra, uzorak MP1 i sendvič s MP1, vrlo čvrsto koreliraju, uzimajući u obzir krivulju polinoma korelacije (sl. 4.16 – 4.18).

5.3. Karakterizacija površine međupodstavne tkanine MP2 skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM)

Na uzorcima međupodstavne poliesterske tkanine s bakrenim nanosom napravljena je karakterizacija površine neobrađenih uzoraka primjenom SEM-a (sl. 4.19 a-d) gdje se vidi pravilnost ispreplitanja osnove i potke u platnenom vezu. Također je načinjena karakterizacija površine uzoraka MP2 nakon ciklusa kemijskog čišćenja (od prvog do desetog) s različitim povećanjima 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00 kx (sl. 4.20 a-e).

Poliesterska vlakna u neutralnim vodenim otopinama imaju negativniji naboj površine (zeta potencijal) nego poliamidna, čime bi mehanizam vezivanja pozitivnih čestica bakra iz otopine bio jači na poliester nego na poliamid, ukoliko je vezanje ostvareno elektrostatskim privlačnim silama. Negativan naboj površine vlakana je ključan u početnoj fazi adsorpcije. U

tehnologiji nanašanja emulzija s funkcionalnim česticama prema dostupnoj literaturi, vezanje nanosa na tkanine se najčešće pripisuje adheziji. Neovisno o tome, elektronegativnost poliesterskih vlakana je bila pokretač u početnoj adsorpciji. Oštećenje bakrenog nanosa na tkanini MP1 je posljedica obrade u otapalu tijekom kemijskog čišćenja.

SEM snimak načinjen pri povećanju od 5,0 kx (sl. 4.20 e) dokazuje da u prvom ciklusu dolazi do neznatne promjene površine MP2. Na manjim povećanjima također su vidljiva oštećenja površine uzoraka MP2 (sl. 4.20 b-d) već nakon drugog ciklusa kemijskog čišćenja. Način skidanja i oštećenja bakrenog nanosa s poliesterske osnove je različit od skidanja nanosa s tkanine od poliamidnog filamenta. Poliesterska vlakna su oleofilna i posjeduju bolju izdržljivost u vodenom i navedenom mediju od poliamidnih vlakana. Kemijsko čišćenje MP2 kumulativno pojačava degradaciju bakrenog nanosa, čime i poliesterska osnova postaje vidljivija jer otapalo utječe na povlačenje nanosa bakra. Oštećenja površine se povećavaju s rastućim brojem ciklusa čišćenja (sl. 4.20).

Karakterizacije površine uzoraka MP2 nakon provedenih ciklusa mokrog čišćenja (od prvog do desetog) s različitim povećanjima 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00kx SEM-om prikazana je na sl. 4.21. Na slici je vidljiva da dolazi do blage abrazije bakrenog nanosa koja nastupa s prvim ciklusom mokrog čišćenja. Djelovanje vode i sredstava za mokro čišćenje kroz višestruke cikluse izaziva jači stupanj degradacije u odnosu na kemijsko čišćenje, što je vidljivo na slikama snimljenim pod povećanjima od 100x do 5 000x, sl. 4.21.

Obzirom na različitu morfologiju oštećenja bakrenog nanosa s poliamidne i poliesterske tkanine, zanimljivo je načiniti usporedbu zaštitnih svojstava MP1 i MP2 nakon kemijskog čišćenja. Na temelju ovih razmatranja i utvrđenih promjena na površini uzorka MP1 i njenih zaštitnih svojstava u kemijskom čišćenju je za očekivati da će ove promjene također utjecati na veći prolazak EMZ-a na ispitivanim frekvencijama.

5.4. Zaštitna svojstva (SE) međupodstavne tkanine MP2 u zaštiti od mikrovalnog zračenja

Tkanina MP2 je načinjena od poliesterskih vlakana koja su također naslojena bakrom, pri čemu je bitno naglasiti da je znatno kompaktnija od MP1. Rezultati zaštitnih svojstava (SE)

uzoraka MP2 (lice i naličje) prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) su prikazani u Tab. 4.9 - Tab. 4.12 i sl. 4.22. do 4.26.

Rezultati zaštitnih svojstava (SE) uzoraka MP2 (lice i naličje) prije i nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja na svim ispitivanim frekvencijama su prikazani u Tab. 4.9 i 4.10.

Zaštitna svojstva (SE) neobrađene MP2 na svim frekvencijama su ispod 20 dB, što ukazuje na niži stupanj zaštite od EMZ-a u odnosu na MP1. Već prvi ciklus kemijskog čišćenja MP2 (lice) narušava zaštitna svojstva na svim ispitivanim frekvencijama, pri čemu je najveći gubitak SE=3,17 dB utvrđen na frekvenciji 1,8 GHz (Tab. 4.9). Svaki naredni ciklus utječe na daljnji pad zaštitnih svojstava (sl. 4.23). Nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja SE na frekvenciji 0,9 GHz iznosi 3,73 dB, dok su te vrijednosti na frekvencijama 1,8; 2,1 i 2,4 GHz iznad 5 dB. Usporedba zaštitnih svojstava MP1 i MP2 nakon kemijskog čišćenja jasno pokazuje da kemijsko čišćenje manje narušava zaštitna svojstva MP2 u odnosu na MP1. Dobivena su približno jednaka zaštitna svojstva MP2 (lice i naličje) prije i nakon kemijskog čišćenja (Tab. 4.10 i sl. 4.24).

U Tab. 4.11. i 4.12. prikazane su vrijednosti zaštitnih svojstava SE uzoraka MP2 (lice i naličje) neobrađenih uzoraka te nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog mokrog čišćenja na svim frekvencijama (0,9; 1,8, 2,1 i 2,4 GHz). Zaštitna svojstava MP2 se narušavaju nakon prvog ciklusa mokrog čišćenja gotovo jednako na licu i naličju tkanine (sl. 4.25 i 4.26). Pad vrijednosti SE je gotovo identičan nakon svakog narednog ciklusa. Zadržana zaštitna svojstva nakon 10 ciklusa su također približno jednaka na licu i naličju i iznose iznad 4 dB na frekvencijama 1,8; 2,1 i 2,4 dB, osim na frekvenciji 0,9 GHz gdje su te vrijednosti ispod 3 dB. Zadržavanje zaštitnih svojstava MP2 u mokrom čišćenju su također bolja od svojstava MP1. Prethodno utvrđena činjenica da je postupak kemijskog čišćenja bolji za zadržavanje zaštitnih svojstava MP1 od mokrog čišćenja je potvrđena i kod MP2.

5.4.1. Zaštitna svojstva (SE) međupodstavne tkanine MP2 u prednjici muškog sakoa

Rezultati učinkovitosti zaštite (SE) imitacije prednjice muškog sakoa s integriranom MP2 (lice i naličje) u zaštiti od elektromagnetskog zračenja nakon tehnoloških postupaka glačanja i prešanja i 10 ciklusa kemijskog čišćenja dani su u Tab. 4.13 i 4.14.

Usporedbom rezultata SE slojevitih sendvič struktura s MP2 može se vidjeti da je nakon tehnoloških postupaka glačanja i prešanja došlo do manjeg gubitka zaštitnih svojstava (manje od 1 dB) uslijed djelovanja temperature, pare i tlaka u odnosu na istu strukturu s MP1. Ovaj odnos potvrđuje bolju postojanost zaštitnih svojstava međupodstave MP2 u odnosu na MP1, unatoč nižim početnim vrijednostima.

Nakon prvog ciklusa kemijskog čišćenja SE vrijednosti sendviča s MP2 (lice i naličje) na svim ispitivanim frekvencijama su veće nego kod međupodstave MP2, što znači da je slojevita struktura uspjela zadržati (sačuvati) zaštitna svojstva u ovim uvjetima. Ovaj trend je nastavljen tijekom daljnjih ciklusa kemijskog čišćenja (sl. 4.28 i 4.29). Prikazane vrijednosti potvrđuju veći pad zaštitnih svojstava (SE > 3 dB) strukture s MP2 (lice i naličje) na frekvenciji od 2,4 GHz nakon pet ciklusa kemijskog čišćenja. Provođenjem svih ciklusa čišćenja, učinkovitost zaštite imitacije prednjice se smanjila u odnosu na početnu, uz napomenu da su ove zadržane vrijednosti veće od SE vrijednosti MP2 nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja.

Rezultati učinkovitosti zaštite neobrađenih uzoraka sendviča s MP2 (lice i naličje) u zaštiti od elektromagnetskog zračenja SE nakon glačanja i prešanja i mokrih čišćenja prikazani su u Tab. 4.15 i 4.16

Nakon prvog ciklusa mokrog čišćenja, bez obzira na narušena zaštitna svojstva tehnološkim postupcima glačanja i prešanja, SE vrijednosti sendvič struktura s MP2 su veće od vrijednosti MP2 u istim uvjetima. Svaki naredni ciklus smanjuje zaštitna svojstva kao i kod prethodno ispitanih uzoraka (sl. 4.30 i 4.31). Nakon 10 ciklusa mokrog čišćenja, zaštitna svojstva sendvič strukture su gotovo jednaka neobrađenoj MP2. Zaključno, međupodstavna poliesterska tkanina s bakrenim nanosom MP2 u slojevitoj sendvič strukturi u mokrom čišćenju ima ista svojstva kao i MP2 u zadržavanju zaštitnih svojstava.

Koeficijent korelacije između uzoraka MP2 i sendviča s MP2 obuhvaćajući vrijednosti SE na licu i naličju kao i zasebno vrijednosti SE na licu i na naličju ima iznimno velike vrijednosti od $R^2 = 0,9766$ do $R^2 = 0,9964$, što upućuje na činjenicu da ova dva parametra uzoraka MP2 i sendviča s MP1 vrlo čvrsto koreliraju uzimajući u obzir krivulju korelacije pravca, (sl. 4.32. – 4.34).

5.5. Karakterizacija površine međupodstavnog pletiva MP3 skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM)

Na uzorcima neobrađenom međupodstavnom poliamidnom pletivu s posrebrenim nitima MP3 snimljena je površina SEM-om s različitim povećanjima 42x, 100x, 250x i 500x, sl. 4.35,

SEM slike pokazuju pravilan raspored redova i nizova u poliamidnom pletivu charmeuse prepleta, sl. 4.35. Početni utjecaj otapala u kemijskom čišćenju se vidi kroz malu deformaciju očica u pletivu MP3 nakon tri ciklusa, sl. 4.36. a, b. To se može pripisati kemijskom djelovanju otapala u sinergiji s mehanikom tijekom procesa čišćenja. Povećanjem broja ciklusa na pletivu zapažaju se oštećenja srebrnog nanosa na nitima, koje je posebno izraženo od petog do 10-og ciklusa, pri čemu parametri procesa djeluju abrazivno i izazivaju jače lokalno oštećenje nanosa srebra na nitima, sl. 4.36 e.

Karakterizacija površine pletenih uzoraka MP3 nakon mokrog čišćenja (od prvog do desetog) SEM-om s različitim povećanjima 42x, 100x, 250x, 500x i 5,00 kx prikazana je na sl. 4.37. Uočljive promjene na površini međupodstavnog pletiva MP3 su zapažene nakon četvrtog ciklusa mokrog čišćenja (sl. 4.37 e). S povećanjem broja ciklusa vidljiva su veća oštećenja srebrnog nanosa na nitima pletiva MP3, koja su nastala uslijed djelovanja sredstva (prvenstveno pH) i mehanike u vodenom mediju tijekom procesa mokrog čišćenja.

5.6. Zaštitna svojstva (SE) međupodstavnog pletiva MP3 u zaštiti od mikrovalnog zračenja

Učinkovitost zaštite (SE) uzoraka MP3 (lice i naličje) u zaštiti od EMZ-a prije i nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja prikazani su u Tab. 4.17 i 4.18. Zaštitna svojstva neobrađenih uzoraka poliamidnog pletiva s posrebrenim nitima MP3 (lice) su najveća na frekvenciji 2,4 GHz i iznose 24,08 dB. Najslabija zaštita ovog pletiva postignuta je na frekvenciji 0,9 GHz (SE=14,77 dB), Tab. 4.17. Prvi ciklus kemijskog čišćenja smanjuje zaštitna svojstva (SE) MP3 na svim frekvencijama za približno 3 dB. Naredni ciklusi (treće, peto, sedmo i deseto) linearno smanjuju zaštitna svojstva na svim frekvencijama (0,9; 1,8; 2,1 i 2,4 GHz) sl. 4.39 i 4.40. Nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja

zaštitna svojstva MP3 su smanjena, ali još uvijek pružaju veći stupanj zaštite nego međupodstave MP1 i MP2 na svim ispitivanim frekvencijama.
Vrijednosti učinkovitosti zaštite uzoraka pletiva MP3 (lice i naličje) u zaštiti od EMZ-a prije i nakon ciklusa mokrih čišćenja prikazuju Tab. 4.19 i 4.20. Prvi ciklus mokrog čišćenja pletiva MP3 uzrokuje smanjenje stupnja zaštite za približno 4 dB na svim frekvencijama. Ovo je smanjenje zaštitnih svojstava veće u odnosu na kemijsko čišćenje, gdje je zabilježen pad od 2dB. Svakim narednim ciklusom zaštitna svojstva MP3 pletiva se smanjuju, tako da nakon 10 ciklusa stupanj zaštite MP3 (lice i naličje) na svim frekvencijama je veći od 5 dB. Najbolja zaštitna svojstva ovo pletivo nakon svih ciklusa pokazuje na frekvenciji 2,4 GHz (sl. 4.41 i 4.42).

Usporedba zaštitnih svojstava ispitivanih međupodstava MP1, MP2 i MP3 nakon profesionalne njege pokazuje da najbolja zaštitna svojstva ima međupodstava MP3.

5.6.1. Zaštitna svojstva (SE) međupodstavnog pletiva MP3 u prednjici muškog sakoa

Učinkovitost zaštite (SE) imitacije prednjice muškog sakoa s ugrađenom MP3 (lice i naličje) prije i nakon glačanja, prešanja i ciklusa kemijskog čišćenja u zaštiti od EMZ-a je prikazana u Tab. 4.21 i 4.22. Utjecaj tlaka, temperature, vremena i pare u tehnološkom postupku glačanja i prešanja sendviča s MP3 na njegova zaštitna svojstva je blaži u odnosu na ugrađene MP1 i MP2 u istu strukturu. U ovom slučaju pad vrijednosti SE je manji od 1 dB.

Zaštitna svojstva MP3 (sl. 4.39 i 4.40) prije i nakon ugradnje u opisanu strukturu s MP3 kroz višestruke cikluse kemijskog čišćenja linearno se smanjuju (sl. 4.44 i 4.45). Pri tome je važno naglasiti da je zadržavanje zaštitnih svojstava MP3 u sendvič strukturi nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja veće u odnosu na pletivo MP3.

Učinkovitost zaštite slojevite sendvič strukture s MP3 (lice, naličje) prije i nakon glačanja i prešanja, te nakon ciklusa mokrih čišćenja u zaštiti od EMZ-a prikazana je u Tab. 4.23 i 4.24. Zaštitna svojstva slojevite sendvič strukture s MP3 (lice i naličje) u navedenim tehnološkim operacijama i postupcima su najveća na frekvenciji 2,4 (sl. 4.46 i 4.47). Vidljivo je kako prvi ciklus mokrog čišćenja utječe na pad zaštitnih svojstava za gotovo 4 dB, što je u odnosu na prvi ciklus kemijskog čišćenja dvostruko više. Smanjenje stupnja zaštite nastavlja se kroz daljnje cikluse čišćenja, pri čemu se vidi je nakon 10 ciklusa zadržavanje zaštitnih svojstava

(SE=12,09 dB) najbolje na frekvenciji 2,4 GHz, a najlošije na frekvenciji 0,9 GHz (SE=6,59 dB).

Koeficijenti korelacije vrijednosti SE pletenih uzoraka MP3 (lice i naličje) u odnosu na vrijednosti SE u sendvič strukturi s MP3 (lice i naličje), kao i zasebno vrijednosti SE za lice i naličje MP3 i sendvič s MP3 su od R^2 = 0,9946 do R^2 = 0,9949. Dobivena zakonitost iskazanih vrijednosti SE gotovo u potpunosti je linearna (sl. 4.48. – 4.50.).

5.7. Karakterizacija površine tkanine MP4 skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM)

U teorijskom dijelu ovog rada su opisana brojna rješenja i mogućnosti postizanja zaštitnih svojstava tekstilnih proizvoda, gdje su proizvodi s inox vlaknima visokopozicionirani po kriteriju zaštite i njene trajnosti, odnosno postojanosti. Upravo iz tog razloga je odabrana tkanina MP4 koja je namijenjena za izradu zaštitne radne odjeće za rad u uvjetima povećane izloženosti statičkom elektricitetu i EMZ-u. Funkcionalna tkanina oznake MP4 je načinjena od mješavine modakrila, pamuka i inox vlakana utkanim u smjeru potke. Površina uzoraka ove tkanine je zbog specifičnosti njene strukture i uvedene inox niti s razmakom 1 cm snimljena uz obadva detektora, SE (sl. 4.51 b, d, f, h) i BSE (sl. 4.51 a, c, e, g). Slike uzoraka MP4 snimljene detektorom s disperzno raspršenim elektronima (BSE) su se pokazale prihvatljivijim za specifičnost promjena materijala u procesima profesionalne njege. Ova tkanina ima visoku površinsku masu i kompaktna je. SEM slike neobrađenih uzoraka MP4 snimljene pri povećanjima 42, 75, 100 i 250 x pokazuju kompaktnu strukturu, s vidljivim fibrilima, sl. 4.51. Na slikama 4.52 i 4.53 je vidljivo da dolazi do oštećenja vlakana na površini tkanine nakon povećanja broja kemijskih čišćenja, odnosno do oštećenja inox vlakana.

Utjecaj kemijskog čišćenja na površinu uzoraka tkanine MP4 nije značajan. Minorne promjene površine tkanine od modakrila, pamuka i inoxa u malom udjelu mogu biti posljedica djelomičnog uklanjanja preparacija u procesu čišćenja i blagog sabijanja strukture u procesu sušenja.

Prethodno istaknuti sirovinski sastav tkanine MP4 (modakril, pamuk i inox vlakna) namijenjene radnoj odjeći je prikladan za proces pranja, koji nije proveden sukladno planu eksperimenta ovog rada. Mokro čišćenje ove tkanine je jače utjecalo na promjene površine nego kemijsko čišćenje, sl. 4.54 i 4.55. Sastavni dio sredstva za mokro čišćenje je komponenta na bazi kolagena, koja djeluje kao zaštitni koloid vunenih tekstilnih proizvoda u procesu mokrog čišćenja. Unatoč ovoj komponenti, blago kiseli medij ovih sredstava za mokro čišćenje (pH 5,5), izaziva oštećenje i jači stupanj fibrilacije pamučne komponente u mješavini (sl. 4.54 i 4.55).

5.8. Zaštitna svojstva (SE) tkanine MP4 od mikrovalnog zračenja

Prisutnost inox niti koje su utkane u smjeru potke s razmakom 1 cm, čine ovu tkaninu funkcionalnom u zaštiti od statičkog elektriciteta i EMZ-a. U razmatranju zaštitnih svojstava je bitno istaći da ove niti nisu zastupljene u smjeru osnove, pa je iz tog razloga izvedeno ispitivanje od EM zračenja u smjeru osnove i potke.

U Tab. 4.25 su prikazani SE vrijednosti zaštitne tkanine u smjeru potke na ispitivanim frekvencijama 0,9; 1.8; 2,1 i 2,4 GHz prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja. Vrijednosti SE funkcionalne tkanine MP4 (lice) na frekvenciji od 2,4 GHz pokazuje najbolja zaštitna svojstva (SE=18,53 dB) u zaštiti od EMZ-a. Zaštitna svojstva ove tkanine MP4 u smjeru potke se smanjuju s povećanim brojem ciklusa (sl. 4.57). Nakon provedenih deset ciklusa kemijskog čišćenja najveći stupanj zaštite je zadržan na frekvenciji od 2,1 GHz, što se očituje kroz vrijednost SE=10,39 dB.

Tab. 4.26. prikazuje vrijednosti učinkovitosti zaštite tkanine MP4 (naličje) u smjeru potke na u zaštiti od EMZ-a. S povećanjem broja ciklusa kemijskih čišćenja također dolazi do pada zaštitnih svojstava (sl. 4.58), pri čemu su najveće vrijednosti SE (9,13 dB) dobivene na frekvenciji 2,1 GHz, a najniže na frekvenciji 0,9 GHz, SE=4,42 dB.

Sl. 4.57 jasno pokazuje da je utjecaj 10 ciklusa kemijskog čišćenja na zaštitna svojstva (SE) tkanine MP4 (lice) u smjeru potke najjače izražen u mjerenju na frekvenciji 2,4 GHz i iznosi 8,52 dB prikazuje.

Sl. 4.58 prikazuje zaštitna svojstva (SE) uzoraka tkanine s inox vlaknima (naličje) u smjeru potke prije i nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa kemijskog čišćenja. Najniži

stupanj zaštite od EMZ pružaju uzorci na frekvenciji 0,9 GHz, SE=4,42 dB. Odabir ove tkanine nije pogodan za zaštitu od EMZ-a jedino na ovoj frekvenciji. Zaštitna svojstva tkanine MP4 prije i nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 1,8; 2,1 i 2,4 GHz se gotovo ne razlikuju.

Prikazane su vrijednosti učinkovitosti zaštite neobrađenih uzoraka (lice i naličje) u smjeru osnove prije i nakon kemijskog čišćenja od EMZ-a, licu uzoraka, Tab. 4.27. i 4.28.

Inox niti utkane u smjeru potke su doprinijele dobrim zaštitnim svojstvima tkanine MP4. Zaštitna svojstva MP4 (lice) u smjeru osnove ispitana na svim frekvencijama su vrlo niske u odnosu na iste uzorke u smjeru potke, Tab. 4.27. Slika 4.59 prikazuje usporedbu neobrađenih uzoraka tkanine s inox vlaknima MP4 (lice i naličje) na svim ispitivanim frekvencijama gdje se vidi kako su najniže vrijednosti SE na frekvenciji od 0,9 GHz. Dobivena slabija zaštitna svojstva ove tkanine u smjeru osnove se nakon kemijskog čišćenja dodatno smanjuju, tako da se gotovo u potpunosti gubi njena funkcionalnost u zaštiti od EMZ-a. Zaštitna svojstva tkanine MP4 (naličje) kao i gubitak tih svojstava u procesu kemijskog čišćenja su vrlo slična stupnju zaštite MP4 (lice), Tab. 4.28.

Zaštitna svojstva MP4 u smjeru potke (lice) već nakon prvog ciklusa mokrog čišćenja se smanjuju za 4,28 dB na frekvenciji od 2,4 GHz, dok to smanjenje kod MP4 (naličje) iznosi 3,49 dB. Gubitak zaštitnih svojstava MP4 (lice i naličje) u zaštiti od EMZ-a je manji u mokrom čišćenju nego u kemijskom čišćenju, sl. 4.62. i 4.63. Najveći pad zaštitnih svojstava MP4 u smjeru potke nakon deset ciklusa mokrih čišćenja je zabilježen na frekvenciji 2,4 GHz (lice, 8,21 dB) i (naličje, 7,89 dB), Tab. 4.29. i 4.30.

Učinkovitost zaštite MP4 u smjeru osnove (lice i naličje) u zaštiti od EMZ-a prije, sl. 4.59 i nakon mokrog čišćenja je iskazana u Tab. 4.31. i 4.32. Dobivena su slaba zaštitna svojstva MP4 radi nepostojanja inox niti u smjeru osnove. U mokrom čišćenju se dodatno smanjuje stupanj zaštite, tako da su nakon pet ciklusa SE vrijednosti tkanine MP4 (lice i naličje) na svim ispitivanim frekvencijama ispod 2 dB. Nakon 10 ciklusa se u potpunosti gube zaštitna svojstva MP4 (sl. 4.64. i 4.65).

Kod uzoraka (MP4) je primijećeno preveliko rasipanje vrijednosti SE u smjeru osnove što je bilo i za pretpostaviti jer nema utkanih inox vlakana u nitima osnove.

Veliko rasipanje vrijednosti SE od pravca (polinoma) i u smjeru osnove i u smjeru potke je prisutno zbog konstrukcije tkanine gdje je nakon svake 24 niti utkana jedna nit s inox vlaknima u nit pređe u smjeru potke. To rasipanje se očitovalo na MP4 (licu i naličju) što potvrđuje koeficijent korelacije (od $R^2 = 0,3383$ do $R^2 = 0,3612$), sl. 4.66. – 4.68.

5.9. Vlačna svojstva ispitivanih uzoraka

Ispitivanje prekidne sile i prekidnog istezanja tkanina MP1, MP2 i MP4 prije i nakon 10 ciklusa profesionalne njege je provedeno u skladu s normom [187]. Rezultati su iskazani u Tab. 4.33., Tab. 4.34. i Tab. 4.36.

S obzirom da su funkcionalne međupodstave načinjene od poliamidnog filamenta i poliestera, važno je pri analizi promjene vlačnih svojstava uzeti u obzir skupljanje materijala, poglavito u mokrom čišćenju jer se provodi u vodenom mediju. Rezultati skupljanja svih ispitivanih materijala nakon jednog ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja iskazani su u Tab. 4.37. Iz rezultata je vidljivo da se poliamidna tkanina MP1 u kemijskom čišćenju skupila (-0,38%) samo u smjeru potke dok je u mokrom čišćenju došlo do skupljanja i u smjeru osnove (-0,38%) i u smjeru potke (-0,63%). Na temelju ovih rezultata je razvidno da je dimenzijska stabilnost MP1 u procesu mokrog čišćenja slabija u odnosu na kemijsko čišćenje. Mokro čišćenje se provodi u vodenom mediju uz dodatak sredstava koji posjeduju specijalne aditive koji smanjuju skupljanje vune i osjetljivih materijala. Unatoč tome u ovom procesu je MP1 pokazala dimenzijsku nestabilnost, što je imalo utjecaj i na dobivene rezultate prekidnih sila. Kemijsko čišćenje se provodi u otapalu uz dodatak pojačivača, čime je u procesu prisutna mala količina vode koja je solubilizirana, te ne izaziva veliko skupljanje materijala u procesu.

Rezultati prekidne sile pokazuju da je tkanina MP1 u smjeru osnove izdržljivija (114,40 N) nego u smjeru potke (39,48 N). Prekidno istezanje je u smjeru osnove (15,36 %), a u smjeru potke (41,94%), što upućuje na to da je elastičnost MP1 u smjeru potke znatno bolja nego u smjeru osnove. U procesu kemijskog čišćenja (nakon 10 ciklusa) dolazi do promjena vlačnih svojstava MP1. Prekidna sila MP1 u smjeru osnove iznosi 95,24 N, a u smjeru potke 30,84 N. U mokrom čišćenju nakon 10 ciklusa prekidna sila u smjeru osnove iznosi 108,28 N, a u smjeru potke 34,38 N. Iz iznesenog je razvidno da je pad prekidne sile veći u kemijskom nego u mokrom čišćenju. To je razumljivo jer je dimenzijska stabilnost MP1 manja u mokrom

čišćenju, što ukazuje da se uzorak skupio više nego u kemijskom čišćenju. Skupljanjem uzorka povećava se i broj niti u epruveti za ispitivanje prekidnih sila, što otežava tumačenje promjena vlačnih svojstava MP1 nakon profesionalne njege. Stoga je važno razmotriti prekidnu čvrstoću (σ), koja može jasnije opisati nastale promjene. Na temelju ovih veličina je vidljivo da MP1 u procesima profesionalne njege gubi mehanička svojstva i taj gubitak je jači u kemijskom nego u mokrom čišćenju. Manji pad mehaničkih svojstava MP1 u mokrom čišćenju se može razjasniti činjenicom da se ovaj proces odvija kroz čišćenje i naknadnu obradu. Naknadna obrada se provodi uz specijalna sredstva, najčešće omekšivače (u ovom slučaju Oldopal *Prefinish*), koji doprinosi mekoći, elastičnosti i elastičnom oporavku. U prilog ovim razmatranjima idu i rezultati prekidnog istezanja, slijedom: neobrađeni MP1 u smjeru osnove 15,36%, u smjeru potke 41,94%; MP1 nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja u smjeru osnove 14,36% i u smjeru potke 29,95%; MP1 nakon 10 ciklusa mokrog čišćenja u smjeru osnove 13,90% i u smjeru potke 34,06% (Tab. 4.33). Poznato je da funkcionalni i modni proizvodi s udjelom metalnih niti ili nanosa mijenjaju elastična svojstva u profesionalnoj njezi koja se u pravilu narušavaju. Prikazani rezultati promjena MP1 u profesionalnoj njezi (10 ciklusa) potvrđuju ove promjene uz napomenu da je upravo radi naknadne obrade promjena elastičnosti MP1 u mokrom čišćenju manja nego u kemijskom čišćenju.

U Tab. 4.34 dani su rezultati mehaničkih svojstava (prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća) uzoraka MP2 u smjeru osnove i u smjeru potke, prije i nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja. Paralelno je ispitana dimenzijska stabilnost MP2 u jednom ciklusu kemijskog i mokrog čišćenja. Rezultati u Tab. 4.37. pokazuju da MP2 posjeduje izvrsnu stabilnost u kemijskom čišćenju, dok u mokrom čišćenju MP2 u smjeru osnove nema skupljanja, a u smjeru potke se skuplja za -0,38%. MP2 je znatno kompaktnija nego MP1 (veća površinska masa) i posjeduje bolja mehanička svojstva. Prekidna sila MP2 u smjeru osnove je 572,07 N, a u smjeru potke 313,63 N. Na temelju vlačnih svojstava vidi se da je kroz 10 ciklusa profesionalne njege došlo do promjena prekidne sile, slijedom: MP2 nakon kemijskog čišćenja u smjeru osnove iznosi 517,87 N, a u smjeru potke 337,79 N; MP2 nakon mokrog čišćenja u smjeru osnove iznosi 524,22 N, a u smjeru potke 338,75 N. Na temelju iskazanih vrijednosti prekidne sile je vidljivo da je 10 ciklusa profesionalne njege utjecao na pad prekidne sile MP2 u smjeru osnove, a razlike u promjeni prekidne sile MP2 u kemijskom i mokrom čišćenju su neznatne. Prekidne sile MP2 u smjeru potke povećavaju se nakon profesionalne njege za 25 N. Analiza prekidnog istezanja ukazuje da MP2 u smjeru osnove

(17,28%) blago gubi prekidno istezanje u kemijskom (15,31%) i mokrom čišćenju (15,91%). Međutim MP2 u mjeru potke ima prekidno istezanje 24,32%, nakon kemijskog čišćenja 24,76% te nakon mokrog čišćenja 27,42%, što pokazuje da uslijed naknadne obrade MP2 u mokrom čišćenju ima nešto veće prekidno istezanje.

U Tab. 4.35 dani su rezultati mehaničkih svojstava (prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća) uzoraka MP3 u smjeru redova i nizova, te nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja.

Na uzorcima pletiva MP3 ispitana je dimenzijska stabilnost u jednom ciklusu kemijskog i mokrog čišćenja. Rezultati skupljanja MP3 u smjeru redova nakon jednog kemijskog čišćenja su -3,11%, u smjeru nizova -2,73%. Skupljanje MP3 nakon jednog mokrog čišćenja u smjeru redova je -3,64%, a u smjeru nizova -2,50%. Ovi rezultati pokazuju dimenzijsku nestabilnost pletiva MP3 nakon ciklusa profesionalne njege, koja se može potvrditi s promjenom debljine pletiva. Debljina neobrađenog MP3 iznosi 0,15 mm, nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja je 0,162 mm, a nakon 10 ciklusa mokrog čišćenja 0,165 mm. Provođenjem ciklusa profesionalne njege na pletivu MP3 razvidno je i povećanje broja očica po cm. Neobrađeno pletivo MP3 u smjeru nizova ima 150 očica/10 cm, a u smjeru redova 125 očica/10 cm. Nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja u smjeru nizova ima 150 očica/10 cm, a u smjeru redova 130 očica/10 cm, dok nakon 10 ciklusa mokrog čišćenja u smjeru nizova ima 155 očica/10 cm, a u smjeru redova 140 očica/10 cm. Iz prikazanih rezultata je razvidno kako dolazi do promijene broja očica/10 cm i u smjeru nizova i u smjeru redova.

MP3 pletivo je vrlo lagano (35,85 g/m^2) i posjeduje lošija mehanička svojstva od tkanina. Prekidna sila u smjeru nizova iznosi 74,67 N, a u smjeru redova 112,24 N. Na temelju vlačnih svojstava vidi se da je kroz 10 ciklusa profesionalne njege došlo do promjena, slijedom: MP3 nakon kemijskog čišćenja u smjeru nizova iznosi 86,71 N, a u smjeru redova 130,62 N, dok nakon mokrog čišćenja u smjeru nizova iznosi 141,58 N i u smjeru redova 112,83 N. Na temelju iskazanih vrijednosti prekidne sile vidljivo je da je 10 ciklusa profesionalne njege utjecalo na povećanja prekidne sile MP3 i u smjeru nizova i u smjeru redova. Analiza prekidnog istezanja ukazuje da MP3 u smjeru nizova ima 96,10%, u smjeru redova 49,38%. Prekidno istezanje nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja u smjeru nizova iznosi 102,58%, u smjeru redova 56,38% i kod mokrog čišćenja u smjeru nizova 62,54% a u smjeru redova

54,02%. Razlog povećanja prekidne sile i prekidnog istezanja MP3 je radi promjene dimenzijskih vrijednosti (skupljanja) nastale uslijed utjecaja profesionalne njege.

U Tab. 4.36 dani su rezultati mehaničkih svojstava (prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća) uzoraka MP4 u smjeru osnove i u smjeru potke, te nakon utjecaja 10 ciklusa kemijskih i mokrih čišćenja.

Dimenzijska stabilnost tkanine MP4 je također ispitana u jednom ciklusu kemijskog i mokrog čišćenja. Rezultati skupljanja MP4 u smjeru osnove nakon kemijskog čišćenja iznosi -0,38%, u smjeru potke -0,75%, a skupljanje MP4 nakon mokrog čišćenja u smjeru osnove iznosi -0,38%, a u smjeru potke -1,13%. Ovi rezultati pokazuju dimenzijsku nestabilnost u smjeru potke, što je očekivano obzirom da su inox niti utkane samo u smjeru potke. Vlačna svojstva iskazana preko prekidne sile i prekidnog istezanja pokazuju manje razlike u smjeru osnove (939,19 N) i u smjeru potke (737,21 N). To je razumljivo s obzirom da je tkanina namijenjena za izradu zaštitne radne odjeće. Nakon 10 ciklusa profesionalne njege mijenjaju se prekidna sila i prekidno istezanje, slijedom: MP4 u smjeru osnove nakon kemijskog čišćenja dolazi do povećanja prekidne sile u smjeru osnove (986,46 N) i u smjeru potke (791,60 N), dok se u mokrom čišćenju prekidna sila smanjuje, u smjeru osnove je 784,18 N a u smjeru potke 699,58 N. Ovo smanjenje je posljedica oštećenja pamučne komponente u mješavini s modakrilom zbog djelovanja pH kupelji za čišćenje i mehaničkih naprezanja. Prekidno istezanje MP4 u smjeru osnove iznosi 16,88%, a u smjeru potke 16,90%, dok je nakon 10 ciklusa profesionalne njege povećano u smjeru osnove i u smjeru potke. Povećanje u smjeru osnove je očekivano, dok je povećanje u smjeru potke posljedica oštećenja inox niti. Veće prekidno istezanje MP4 nakon mokrog čišćenja je očekivano s obzirom na prethodna tumačenja utjecaja omekšivača u naknadnoj obradi.

6. ZAKLJUČCI

6. ZAKLJUČCI

Temeljem dobivenih rezultata istraživanja i rasprave o međupodstavama sa zaštitnim djelovanjem od mikrovalnog zračenja u odjevnom predmetu tijekom održavanja proizlaze zaključne postavke ovog doktorskog rada:

- Svi navedeni materijali posjeduju visoku vodljivost, primarno zbog sadržaja bakra u međupostavama MP1 i MP2, te srebra u MP3 i inoxa u MP4. Udio metala u ovim materijalima im je osigurao zaštitna svojstava i funkcionalnost u zaštiti od EMZ-a, međutim, njihov sadržaj u tekstilnom proizvodu radi osjetljivosti ograničava način održavanja, primarno u procesu pranja. Poznato je da ovakve tekstilije nije poželjno prati jer postoji opasnost gubitka njihovih svojstava radi djelovanja alkalnih deterdženata i jakog mehaničkog pokretanja u procesu. Upravo to je razlog zašto navedeni funkcionalni materijali kao sastavni dijelovi odjeće nisu izloženi pranju već kemijskom čišćenju koje bi koncepcijski trebalo biti prikladnije za zadržavanje njihovih vodljivih i zaštitnih svojstava.

- Početna zaštitna svojstva MP1 (lice i naličje) su približno jednaka, što ukazuje na kvalitetno naslojavanje i obostranu jednoličnost bakrenog nanosa na poliamidnom filamentu. U procesima kemijskog i mokrog čišćenja dolazi do abrazije i pucanja nanosa bakra, što implicira promjenu električne vodljivosti i posljedično pad zaštitnih svojstava funkcionalnih proizvoda u procesima profesionalne njege. Ova promjena zaštitnih svojstava tkanine je jednoznačna, obzirom da je tkanina obostrano izložena utjecaju otapala brzim prodorom u materijal i mehanike u procesu kemijskog čišćenja.

- Zaštitna svojstva MP1 najviše se gube nakon sedam ciklusa kemijskog čišćenja. Zaštitna svojstva MP1 u načinjenoj slojevitoj strukturi imitacije prednjice muškog sakoa pod utjecajem temperature, pare i tlaka u tehnološkom postupku glačanja i prešanja se već narušavaju. Svojstva MP1 i MP1 u imitaciji prednjice u zaštiti od EMZ-a nisu postojana u uvjetima mokrog čišćenja.

- Zaštitna svojstva (SE) neobrađene MP2 na svim frekvencijama su ispod 20 dB, što ukazuje na niži početni stupanj zaštite od EMZ-a u odnosu na MP1. Usporedba

zaštitnih svojstava MP1 i MP2 nakon kemijskog čišćenja jasno pokazuje da kemijsko čišćenje manje narušava zaštitna svojstva MP2 u odnosu na MP1. Zadržavanje zaštitnih svojstava MP2 u mokrom čišćenju su također bolja od svojstava MP1 u mokrom čišćenju. Prethodno utvrđena činjenica da je postupak kemijskog čišćenja bolji za zadržavanje zaštitnih svojstava MP1 od mokrog čišćenja je potvrđena i kod MP2. Usporedbom vrijednosti SE slojevitih sendvič struktura s MP2 može se vidjeti da je nakon tehnoloških postupaka glačanja i prešanja došlo do manjeg gubitka zaštitnih svojstava (manje od 1 dB) uslijed djelovanja temperature, pare i tlaka u odnosu na istu strukturu s MP1. Ovaj odnos potvrđuje bolju postojanost zaštitnih svojstava međupodstave MP2 u odnosu na MP1, unatoč nižim početnim vrijednostima.

- Funkcionalno pletivo MP3 sa srebrenim nitima u kemijskom i mokrom čišćenju gubi funkcionalna svojstva, a oštećenja srebrnog nanosa su veća u mokrom čišćenju, primarno radi djelovanja sredstva i mehanike u vodenom mediju.

- Zaštitna svojstva MP3 su smanjena nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja, ali još uvijek pružaju veći stupanj zaštite nego međupodstave MP1 i MP2 na svim ispitivanim frekvencijama.

- Prisutnost inox niti, koje su utkane u smjeru potke s razmakom 1 cm, čine tkaninu MP4 funkcionalnom u zaštiti od statičkog elektriciteta i EMZ-a. Inox niti utkane u smjeru potke su doprinijele dobrim zaštitnim svojstvima tkanine MP4. Zaštitna svojstva MP4 (lice) u smjeru osnove ispitana na svim frekvencijama su vrlo niske u odnosu na iste uzorke u smjeru potke. Slabija zaštitna svojstva ove tkanine u smjeru osnove se nakon kemijskog čišćenja dodatno smanjuju, tako da se gotovo u potpunosti gubi njena funkcionalnost u zaštiti od EMZ-a. Zaštitna svojstva tkanine MP4 (naličje) kao i gubitak tih svojstava u procesu kemijskog čišćenja su vrlo slična stupnju zaštite MP4 (lice). Mokro čišćenje je jače utjecalo na promjene površine nego kemijsko čišćenje. Blago kiseli medij sredstava za mokro čišćenje (pH 5,5), izaziva oštećenje i jači stupanj fibrilacije pamučne komponente u mješavini. Međutim, gubitak zaštitnih svojstava MP4 (lice i naličje) u zaštiti od EMZ-a je manji u mokrom čišćenju nego u kemijskom čišćenju.

- MP1 u procesima profesionalne njege gubi mehanička svojstva i taj gubitak je jači u kemijskom nego u mokrom čišćenju. To se može razjasniti činjenicom da se ovaj proces odvija kroz čišćenje i naknadnu obradu. Naknadna obrada se provodi uz specijalna sredstva, najčešće omekšivače koji doprinosi mekoći, elastičnosti i elastičnom oporavku.

- Nakon 10 ciklusa kemijskih čišćenja kod pletenih uzoraka (MP3) i tkanih (M4) došlo je do povećanja prekidne sile dok su smanjenja uočena kod tkanih uzoraka (MP1 i MP2). Prekidne sile uzoraka tkanina (MP1, MP2, MP4) nakon 10 ciklusa mokrog čišćenja su smanjene dok su kod pletiva (MP3) povećane. Utjecaj povećanja prekidne sile (F) nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja je povezan s dimenzijskom nestabilnosti pletiva MP3 (skupljanjem). Prekidno istezanje ne prati vrijednosti prekidnih sila kod uzoraka (MP3 i MP4) dok kod tkanih uzoraka (MP1 i MP2) prekidno istezanje i prekidna sila se smanjuju nakon utjecaja kemijskih i mokrih čišćenja.

- U tehnološkom procesu proizvodnje odjeće, nakon postupaka glačanja i prešanja uslijed djelovanje procesnih parametara (temperatura, tlak i vrijeme) narušavaju se zaštitna svojstva funkcionalnih međupodstava, čime je dan znanstveni doprinos u području ušivnih međupodstava koje štite od elektromagnetskog mikrovalnog zračenja.
- U radu je utvrđen utjecaj profesionalne njege na učinkovitost oklapanja (SE) funkcionalne međupodstave s bakrenim i srebrnim nanosom u zaštiti od elektromagnetskog zračenja prije i nakon ugradnje u odjevni predmet.
- Izvornost ovog rada se može sagledati kroz činjenicu da je sustavno istražen utjecaj mokrog čišćenja koje se u novije vrijeme primjenjuje za održavanje odjevnih predmeta s funkcionalnim ugradbenim elementima.

7. LITERATURA

7. LITERATURA

[1] Malarić, K.: Zaštita radiokomunikacijskih sustava, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2005., Zagreb.

[2] Dostupno na: http://www.livescience.com/38169-electromagnetism.html, pristupljeno 17.12.2014.

[3] Dostupno na: http://www.mandrilo.com/index.php/elektromagnetsko-zagadjenje, pristupljeno 04.01.2015.

[4] Ammari, M. et al: Exposure to GSM 900 MHz Electromagnetic Fields Affects Cerebral Cytochrome Coxidase Activity, Toxicology, 250, 2008, 70-74.

[5] Sage, C., Carpenter, D. O.: A Rationale for Biologically-based Exposure Standards for Low-Intensity Electromagnetic Radiation, BioInitiative, December 31st 2012, USA.

[6] Ahamed V.I.T. et al: Effect of Mobile Phone Radiation on Heart Rate Variability, Computers in Biology and Medicine 38, 6, 2008, 709-712.

[7] Vanderstraeten J.: GSM fields and health: an updated literature review, Rev Med Brux, 30, 4, 2009, 416-424.

[8] ….Bartolić, J.; Bonefačić, D.: Mjerenje i procjena utjecaja elektromagnetskog polja CRONET GSM 900 sustava na zdravlje ljudi, Zavod za radiokomunikaciju i visokofrekvencijsku elektroniku, Zagreb, 2002., pdf.

[9] Das, A. et al: Effect of Various Parameters on Electromagnetic Shielding Effectivenes of Textile Fabrics, Indian Journal of Fibers & Textile Research, 34, 6, 2009, 144-148.

[10] Usta, I. et al: Effect of Metal Filament Wire Containing Knitting Fabrics on Electromagnetic Shielding Effectiveness (EMSE), Book of Proceedings of the 5th International Textile, Clothing & Design Conference 2010 - Magic World of Textile, Dragčević Z., Hursa Šajatović A., Vujasinović E. (ed.), Zagreb, Faculty of Textile Technology University of Zagreb, October 3rd -6th, 2010, 271-276.

[11] Shangcheng, X. et al: Exposure to 1800 MHz Radiofrequency Radiation Induces Oxidative Damage to Mitochondrial DNA in Primary Cultured Neurons, Brain Research 1311, 2010, 189-196.

[12] Ozen, M. S. et al: An Investigation of Electromagnetic Wave Absorption Potential of Woven Fabrics with Stainless Steel Wire, RMUTP International Conference Textiles

& Fashion 2012., July 3-4, 2012., Bangkok Thailand.

[13] Mistik, S.I. et al: Investigation of Electromagnetic Shielding Properties of Boron and Carbon Fibre Woven Fabrics and their Polymer Composites, RMUTP International Conference Textiles & Fashion 2012., July 3-4, 2012., Bangkok Thailand.

[14] Rajendrakumar, K., Thilagavathi, G.: Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper/PET Composite Yarn Fabrics, Indian Journal of Fibre&Textile Research, 37, 6, 2012, 133-137.

[15] Ortlek, H.G., Kilic, G.: Electromagnetic Shielding Characteristics of Different Fabrics Knitted from Yarns Containing Stainless Steel Wire, Industria Textila, 62, 6, 2011, 304-308.

[16] Maity, S. et al: Textiles in Electromagnetic Radiation Protection, Journal of Safety Engineering, 2 (2), 2013, 11-19.

[17] Zhu, X., Li, X., Sun, B.: Study on Electromagnetic Shielding Efficacy of Knitting Clothing, Electrical Review, 88, 3, 2012, 42-43.

[18] Duran, D., Kadoglu, H.: A Research on Electromagnetic Shielding with Copper Core Yarns, Tekstil ve Konfeksiyon, 4, (2012.), 354-359.

[19] Brzezinski, S. et al: Textile Multi-layer Systems for Protection against Electromagnetic Radiation, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 17, 2 (73), 2009, 66-71.

[20] Koprowska, J., Pietranik, M., Stawski, W.: New Type of Textiles with Shielding Properties, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 12, 3 (47), 2004, 39-42.

[21] Ozdemir, H., Ozkurt, A.: The Effects of Fabric Structural Parameters on the Electromagnetic Shielding Effectieveness, Tekstil, **62**, 3-4, (2013.), 134-144.

[22] Roh, J.S. et.al: Electromagnetic shielding effectiveness of multifunctional metal composite Fabrics, Textile Research Journal 78, 9, 2008, 825-835.

[23] Perumalraj, R. et al: Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper Core-Woven fabrics, The Journal of the Textile Institute, 100, 6, 2009, 512-524.

[24] Su, C.I., Chern, J.T.: Effect of stainless, steel – containing fabrics on electromagnetic shielding effectiveness, Textile Research Journal, 74, 1, 2004, 51-54.

[25] Cheng, K.B. et al: Electromagnetic shielding effectiveness on the twill copper woven fabrics, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 25, 2006, 7, 699-709.

[26] Chen, H.C. et al: Fabrication of Conductive Woven Fabric and Analysis of Electromagnetic Shielding via Measurement and Empirical Equation, Journal of

Materials Processing Technology, 2007, 184, 124-130.

[27] Duran, D. et al: Electromagnetic Shielding Effectiveness of Woven Fabrics Produced with Conductive Core Yarns, Book of Proceedings Autex World Textile Conference, Cesme, Izmir, Turkey, 26-28 May 2009.

[28] Varnaite, S. et al: The features of electric charge decay in the polyester fabric containing metal fibres, Materials Science (Medžiagotyra), 14, 2008, 2, 157-161.

[29] Sandrolini, L., Reggiani, U.: Investigation on the shielding effectiveness properties od electrically conductive textiles, Asia Pacific Microwave Conference, Hong Kong, December 2008, 16-19.

[30] Chen, H. C. et al: Comparison of Electromagnetic Shielding Effectiveness Properties of Diverse Conductive Textiles via Various Measurement Techniques, Journal of Materials Processing Technology, 192-193, 2007, 549-554.

[31] Wang, X., Liu, Z., Jiao, M.: Computation Model of Shielding Effectiveness of Symmetric Partial for Anti- Electromagnetic Radiation Garment, Progress in Electromagnetic Research B, 47, 2013, 19-35.

[32] Kim, H. R., et al: Lightweight Nanofibrous EMI Shielding Nanowebs Prepared by Electrospinning and Metallization, Composites Science and Technology, 72, 2012, 1233-1239.

[33] Sonehara, M. et al: Preparation and Characterization of Nanofiber Nonwoven Textile for Electromagnetic Wave Shielding, IEEE Transactions on Magnetics, 44, 2008, 11.

[34] Proudnik, A. et al: Electromagnetic Interference Shielding Properties of the Cu, Ti and Cr Coatings Deposited by Arc – PVD on Textile Materials, Electrical Review, 6, 2012, 81-83, ISSN 0033-2097.

[35] Hakansson, E., Amiet, A., Kaynak, A.: Electromagnetic Shielding Properties of Polypyrrole/Polyester Composites in the 1-18 GHz frequency range, Synthetic metals, 156, 14-15, 2006, 917-925.

[36] Cheng, K.B. et al: Development of Conductive Knitted Fabric Reinforced Thermoplastic Composites for Electromagnetic Shielding Applications, Journal of Thermoplastic Composite Materials, 2000, 13, 378-399.

[37] Cheng, K.B., Ramakrishna S., Lee K.C.: Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper Glass Fiber Knitted Fabric Reinforced Polypropylene Composites, Composites, Part A 2000, 31, 1039-1045.

[38] Sonehara, M. et al: Development of an Electromagnetic Wave Shielding Textile by

Electroless Ni-Based Alloy Plating, IEEE Transactions on Magnetics, 45, 2009, 10, 4173-4175.

[39] Ozen, M. S. et al: Investigation of electromagnetic shielding properties of needle-punched nonwoven fabrics with stainless steel and polyester fiber, Textile Research Journal, 5, 2013, 83, 849-858.

[40] Ceken, F. et al: The electromagnetic shielding properties of copper and stainless steel knitted fabrics, Tekstil, **60**, 7, (2011.), 295-354.

[41] Čunko, R.: Ispitivanje tekstila, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 1995, ISBN 86-329-0180-X.

[42] Wang, X., Liu, X., Hurren, C.: Fabric testing, Chapter 4: Physical and mechanical testing of textiles, Hu, J., (ed.), Woodhead Publishing in Textiles with The Textile Institute, 2008, ISBN 978-1-84569-297-1.

[43] Geršak, J.: Mehanske in fizikalne lasnosti tekstilnih materijalov, Sveučilišni udžbenik, Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru, Maribor, 2006, ISBN 86-435-0754-7.

[44] Čunko, R., Andrasy, M.: Vlakna, Zrinski, Čakovec, 2005, ISBN 978-953-1-550895.

[45] Čunko, R., Friščić, V.: Tekstilna vlakna, Tekstilna škola Zabok, Zabok 1998, ISBN 953-96996-3-0.

[46] ….Zaštitna odjeća za zaštitu od statičkog elektriciteta, dostupno na http://www.hzzzsr.hr/images/documents/sigurnost%20na%20radu/Za%C5%Altitna%20 odj%C4%87a.pdf, pristupljeno 15.12.2014.

[47] Rijavec, T.: Tekstilne surovine (osnove), Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška Fakulteta, Odelek za tekstilstvo, 2000, Ljubljana, ISBN 961-6045-13-X.

[48] ….Šunde, V., Benčić, Z., Filetin, T.: Materijali u elektrotehničkim proizvodima, Sveučilište u Zagrebu Fakultet za elektrotehniku i računarstvo, pristupljeno 15.02.2015.

[49] Zavelić, M.: Utjecaj neionizirajućeg zračenja na zdravlje radnika, Stručni skup, Hrvatska udruga za zdravo radno mjesto, Zaštita zdravlja i sigurnost na radu, Zaštita od neionizirajućeg zračenja, Zagreb, 12. ožujak 2015, 2-6.

[50] Dostupno na http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/cavar/EMzracenje.htm, pristupljeno 17.12.2014.

[51] Hajdinjak, M., Prlić, I., Surić Mihić, M.: Referentne mjerne veličine u mjerenju elektromagnetskih polja – osnova za procjenu rizika izloženosti, Stručni skup, Hrvatska udruga za zdravo radno mjesto, Zaštita zdravlja i sigurnost na radu, Zaštita

od neionizirajućeg zračenja, Zagreb, 12. ožujak 2015, 19-25.

[52] Malarić, K.; Šimunić, D.; Zenter, R.: Ekonomija i ekologija radiokomunikacijskih sustava, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2011, Zagreb.

[53] Dostupno na: http://2012-transformacijasvijesti.com/alternativna medicina/elektromagnetsko-zagadenje, pristupljeno 04.01.2015.

[54] Dostupno na: http://2012-transformacijasvijesti.com/manipulacije/elektromagnetsko-zagadenje-zelite-li-djelovati-na-sve-ribe-u-moru-istovremeno-djelovat-cete-na-more-u-kojem-plivaju, pristupljeno: 17.12.2014.

[55] Malarić, K.: EMI Protection for Communication Systems, Boston, USA, Artech House, 685 Canton Street, Norwood, MA 02062, 2010, ISBN 13: 978-1-59693-313-2.

[56] Šaravanja, B. et al: Impact of dry cleaning on the electromagnetic shield characteristics of interlining fabric, Fibres & textiles in Eastern Europe, 23, 2015 , 1(109), pp. 104-108.

[57] Šaravanja, B. et al: Shield Effect of Functional Interlining Fabric, AUTEX Research Journal 15 (2015) , 2; 93 - 98

[58] Saini, B. S.; Pandey A.: Effect of Mobile Phone and BTS Radiation on Heart Rate Variability, International Journal of Research in Engineering and Technology, 2, 4, 2013, 662 – 666, ISSN 2319 – 1163.

[59] …..Shielding & Conductive Fabrics dostupno na http://www.lessemf.com/fabric.html, Pristupljeno: 10.12.2012.

[60] Wieckowski, T. W., Janukiewicz, J. M.: Methods for Evaluating the Shielding Effectivenesso of Textiles, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 14, 2006, 5, 18-22.

[61] Tehnički leksikon, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 2007.

[62] Rau, M. et al: The Study of the Electromagnetic Shielding Properties of a Textile Material with Amorphous Microwire, Advances in Electrical and Computer Engineering, 11, 1. 2011, 17-22.

[63] Cheng, K. B.: Production and Electromagnetic Shielding Effectiveness of the Knitted Stainless steel/Polyester Fabrics, J. Text. Eng. 46, 2000, 2, 42-52.

[64] Perumalraj, R., Dasaradan, B.S.: Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper Core Yarn Knitted Fabric, Indian Journal of Fibre and Textile Research, 34, 2009, 149-154.

[65] Palamutcu, S. et al: Electrically Conductive Textile Surfaces and their Electromagnetic Shielding Efficiency Measurement, Tekstil ve Konfeksiyon, 2010, 3,

199-207.

[66] Soyaslan, D. et al: Determination of Electromagnetic Shielding Performance of Plain Knitting and 1x1 Structures with Coaxial Test Fixture Relating to ASTM D4935, The Journal of the Textile Institute 101, 2010, 10, 890-897.

[67] Joyner, K.H et al: An Evaluation of a Radiofrequency Protective Suit and Electrically Conductive Fabrics, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility 31, 1989, 2, 129-137.

[68] Ciesielska-Wróbel I., Grabowska K.: Estimation of the EMR Shielding Effectiveness of Knit Structures, Fibres and textiles in Eastern Europe, 20, 2012, 2, 91, 53-60.

[69] Perumalraj, R., Dasaradan, B. S.: Electromagnetic Shielding Effectiveness of Doubled Copper-Cotton Yarn Woven Materials, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 18, 3, 80, 2010, 74-80.

[70] Varnaite, S., Katunskis, J.: Influence of Washing on the Electric Charge Decay of Fabrics with Conductive Yarns, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 17, 5, 76, 2009, 69-75.

[71] Ceken, F. et al:Electromagnetic Shielding Properties of Plain Knitted Fabrics Containing Conductive Yarns, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 7, 4, 2012, 81-87.

[72] Ozen, M. S.: Investigation of the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Carded and Needle Bonded Nonwoven Fabrics Produced at Different Ratios with Conductive Steel Fibers, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 10, 1, 2015, 140-151.

[73] Rogale, D. i sur.: Procesi proizvodnje odjeće, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2011, ISBN 978-953-7105-32-7.

[74] Dostupno na: https:odijevanje+pracovjeka&oq=odijevanje+pracovjeka&gs, pristupljeno: 13.11.2014.

[75] Grau, F. M.: Histoire du costume, Povijest odijevanja, prijevod s francuskog Grgić Marasović, A., Kulturno informativni centar, Naklada Jesenski i Turk, 2008, Zagreb, ISBN 978-953-22230-57.

[76] Dostupno na: http://www.svijet-mode.com/tag/povijest-odjevanja, pristupljeno: 13.11.2014.

[77] Dostupno na: http://modanekadisad.files.wordpress.com_ancient-greek-costume, pristupljeno: 14.11.2014.

[78] Rowald-Warne, L.: Odjeća, Knjiga trgovina d.o.o., Zagreb, 1996.

[79] Dostupno na: http://modanekadisad.wordpress.com/istorija-kostima-u-slikama/anticki-kostim/egipatski-kostim, pristupljeno: 14.11.2014.

[80] Knez, B., Nemeth, Z.: Uloga znanstvenih dostignuća u razvoju izrade odjeće, Zbornik Savjetovanja SITTH, Zagreb, 1982., 165-186.

[81] Peacock, J.: The Chronicle of Western Costumes From the Ancient World to the late Twentieth Century (izvornik) Povijest odijevanja na zapadu od antičkog doba do kasnoga dvedesetog stoljeća, Golden marketing – Tehnička knjiga, Zagreb, 2007, ISBN 978-953-212-321-0.

[82] Simončić, K. N.: Kultura odijevanja u Zagrebu na prijelazu iz 19. u 20. stoljeće, Plejada, Zagreb, 2012., ISBN 978-953-7782-15-3.

[83] Dostupno na: http://m-stil.covermagazin.com, pristupljeno: 14.11.2014.

[84] Dostupno na: http://www.srednja.hr/Moda/Moda/Kroz-povijest-Odjeca, pristupljeno: 14.11.2014.

[85] Dostupno na: https://www.google.hr/predavanje_2012.10.2012.ppt. pristupljeno: 14.11.2014.

[86] Rogale, D., Dragčević, Z., Ujević, D.: Utjecaj dizajna na suvremene procese proizvodnje odjeće, Tekstil, 46, 1, (1997.), 16-23.

[87] Jukić, D., Simončič, K. N.: Promjena značenja hlača u ženskoj garderobi kroz 19. i 20. stoljeće, TEDI - International Interdisciplinary Journal of Young Scientists from the Faculty of Textile Technology, 2, 2012., 54-63.

[88] Dostupno na: http://costumes.org/index.php/Costume_History#PreHistoric.2C_Babylonian_.26_Bablical_Dress: pristupljeno: 14.11.2014.

[89] Dostupno na: http://mardjino.hr/wp-content/uploads/2013/01/2009-03_Poslovni-savjetnik_turisticka-djelatnost.pdf_Korporativna odjeća u turističkoj djelatnosti, poruka otvorenosti i gostoljubivosti, pristupljeno: 15.11.2014.

[90] Dostupno na: http://modira.hr/poslovna-modna-odjeca/, pristupljeno: 15.11.2014.

[91] Novak, I., Penava, Ž., Šaravanja, B.: The role of corporative dress code in touristic supply, Book of proceedings of the 12th AUTEX World Textile Conference, Innovative Textile for High Future Demands – Vol. II, Mijović B., Ujević D., Petrak S., Grancarić A. M., Glogar M. I., Salopek Čubrić I. (ur.), Zagreb, Faculty of Textile Technology, University of Zagreb, 2012, 1377-1386.

[92] Novak, I., Šaravanja, B.: Analysis of the Impact of Opportunities for Corporate Uniforms in Tourist Accommodation Facilities and in Tourist Destinations, Book of

Proceedings of the 6th International Textile, Clothing & Design Conference 2012 - Magic World of Textile, Dragčević Z., Hursa Šajatović A., Vujasinović E. (ed.), Zagreb, Faculty of Textile Technology University of Zagreb, 2012, 656-661.

[93] Dostupno na: http://mardjino.radunica.org/wp-content/uploads/2012/12/MB_katalog-web.pdf, pristupljeno: 14.11.2014.

[94] Dostupno na: www. Modira.hr, pristupljeno: 23.11.2014.

[95] Dragčević, Z., Vujasinović, E., Orehovec, Z.: Protective Clothing against Nuclear, Biological and Chemical Threats, Functional Protective Textiles, ed. Bischof Vukušić, S., Faculty of Textile Technology, Zagreb, 2012, 329-374, ISBN 978-953-7105-45-7.

[96] Kirin, S, Jurac, Z, Golub, M.: Radna i zaštitna odjeća za medicinsko osoblje, Zbornik radova Zaštita na radu i zaštita zdravlja, Karlovac (ur. Kirin S.), 2014., 573-580 ISSN 1848-5731.

[97] Pejnović, N. i sur.: Zaštitna odjeća, Zbornik radova Zaštita na radu i zaštita zdravlja (ur. Kirin S.), Karlovac, 2014, 587-586 ISSN 1848-5731

[98] …..Zaštitna_odjeća, norme i preporuke za izbor zaštitne odjeće _http://www.hzzzsr.hr/images/documents/sigurnost.pdf, pristupljeno 20.11.2014.

[99] Pezelj, E., Pezelj, D.: .Problematika njege odjeće s funkcionalnim membranama, 1-11 pdf., pristupljeno 20.11.2014.

[100] Dostupno na: http://pressing.com.hr/shop/category/radna-odjeca-visoke-vidljivosti/, pristupljeno: 24.11.2015.

[101] Regent, A.: Predvidi, procijeni, upravljaj, odgovori, Joiff-ov standardni priručnik o osobnoj zaštitnoj opremi (OZO), Za zaštitu od topline i plamena, Hrvatska vatrogasna zajednica, 2007., ISBN 978-953-6385-19-5

[102] Zavec Pavlinić, D., Oder A.: Razvoj funkcionalnih odjevnih sustava za rad u vrućoj okolini, Zbornik radova Zaštita na radu i zaštita zdravlja, Karlovac (ur. Kirin S.), 2014., 573-580 ISSN 1848-5731.

[103] Hursa Šajatović, A.; Zavec Pavlinić, D.; Dragčević, Z.: Vatrogasni odjevni sustavi za zaštitu od topline i plamena, Tekstil, 62, 3-4, (2013.), 160-173 ISSN 0492-5882

[104] Dostupno na; http://www.hemco.hr/Protekt-Fireman-Odjeca-za-vatrogasce.html, pristupljeno: 25.11.2014.

[105] Dostupno na: http://www.sigurnost-knezovec.hr/zastitna_oprema.htm, pristupljeno: 25.11.2014

[106] HRN EN 1149-5:2008, --Zaštitna odjeća – Elektrostatička svojstva – 5. Dio: Zahtjevi za svojstva materijala i dizajn (EN 1149-5:2008); EN 1149-5:2008--Protective clothing -- Electrostatic properties – Part 5: Material performance and design requirements

[107] Kovačević, S., Brnada, S., Gudlin Schwarz, I.: Analiza elektrostatičke provodljivosti tkanina s bikomponentnim ugljikovim vlaknima za zaštitnu odjeću, Zbornik radova Zaštita na radu i zaštita zdravlja Kirin S. (ur.), Karlovac, 2014., 581-586 ISSN 1848-5731

[108] Šaravanja, B. i sur.: Istraživanje zaštitnih svojstava međupodstavne tkanine, Zbornik radova Zaštita na radu i zaštita zdravlja, Kirin S. (ur.), Karlovac, 2014., 600-606, ISSN 1848-5731

[109] Čunko, R., Pezelj, E.: Tekstilni materijali, Tehničko veleučilište u Zagrebu, 2002., Zrinski d.d., Čakovec, ISBN 953-155-061-1.

[110] Kovačević, S., Dimitrovski, K., Hađina, J.: Procesi tkanja, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2008., ISBN 978-953-7105-21-1.

[111] ….. ppt. Freudenberg Gmbh, Villene interlining

[112] Vrljičak, Z., Strahov, N.: Projektiranje i izrada glatkih kulirnih desno-lijevih pletiva različite gustoće, Tekstil, 54, (2005.), 9, 440-447.

[113] Soljačić, I., Pušić, T.: Kemijsko čišćenje, Sveučilišni udžbenik, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, 2013., Zagreb, ISBN 978-953-7105-51-8

[114] Zavec Pavlinić, D., Geršak, J.: Vrednovanje kakvoće izgleda odjeće, Tekstil, 53, (2004.), 10,497-509.

[115] Dostupno na :https://www.google.hr/search?q/fabric/with/lines, pristupljeno 03.12.2014.

[116] Dostupno na: https://www.google.hr/search?tbm.lining.20for_20clothes&ei.Satinet-font-b-silks-b-font-and-satins-satin-font-b-fabric-b-font-clothes-gift.synthetic-silk-fabric.html, pristupljeno 03.12.2014.

[117] Pogačnik, M.: Međupodstave za frontalno fiksiranje, Suvremena odjevna industrija, Stručno savjetovanje Zagreb, 07 i 08.11.1974, Savez inženjera i tehničara tekstilaca Hrvatske, 1974., Zagreb

[118] Soljačić, I., Pezelj, D.: Ljepljenje međupodstave u odjevnoj industriji, Tekstil, 26, 5, (1977.), 323-334

[119] Kim, K. O., Takatera, M.: Effect of Adhesive Agent on Shear Stiffness of Fabrics

Bonded with Adhesive Interlining, Journal of Fiber Bioengineering & Informatics 5/2, 2012, 151–162.

[120] Tehnički podaci tt. Freudenberg Gmbh, Villene interlining

[121] Yildiz, E. Z., Pamuk, O., Ondogan, Z.: A Study About the Effects of Interlinings to Sewability Properties of the Woven Fabrics, Tekstil ve Konfeksiyon, 1, 2011, 87-90

[122] Radavičiene, S., Juciene, M.: Influence of Interlining Properties on Quality of the Embroidered Element, Book of Proceedings of the 6th International Textile, Clothing & Design Conference 2012 - Magic World of Textile, Dragčević Z., Hursa Šajatović A., Vujasinović E. (ed.), Zagreb, Faculty of Textile Technology University of Zagreb, 2012, 395-400.

[123] Tehnički podaci tt. Kufner GmbH, Austrija

[124] Dostupnona:http://www.huaknit.com/en/allproducts/nonwovenfabric/Quality_nonwoven_fusible_interlining_fabric_195.html#.VUOZwo6qqko, pristupljeno: 03.12.2014.

[125] Kaiser, A.: Zahtjevi kod frontanog fiksiranja visokovrijedne odjeće od modernih laganih osnovnih tkanina, Tekstil, 41, (1992.), 5, 239-241.

[126] Fan, J.: Properties of Ideal Fusible Interlinings for Worsted Formal Wear, Research Journal of Textile and Apparel, 2, 1, 1998, 74-81.

[127] Kim, K. O., Sonehara, S., Masayuki, T.: Quantitative assessment for tailored jacket appearances with bonding different adhesive interlining, http://design-cu.jp/iasdr2013/papers/1467-1b. pdf, pristupljeno: 15.12. 2013.

[128] Lai, S.S.: Optimal combinations of face and fusible interlining fabrics, International Journal of Clothing Science and Technology,13, 3/4, 2001., 5, 322-338.

[129] Jevšnik, S., Geršak, J.: Objective Evaluation and Prediction of Properties of a Fused Panel, 2nd International Conference IMCEP '97, Innovation and Modelling of Clothing Engineering Processes, October 8-10, 1997., Maribor, Slovenia

[130] Geršak, J.: Objektivno vrednovanje fiksiranih dijelova odjeće, Tekstil, 46, (1997.), 4, 193-203.

[131] Rogale, D. i sur.: Tehnologija proizvodnje odjeće sa studijem rada, Tehnički fakultet Univerziteta u Bihaću, Bihać, 2005, ISBN 9958-624-08-7.

[132] Knez, B.: Tehnološki procesi proizvodnje odjeće, Sveučilište u Zagrebu Tehnološki fakultet, Zagreb, 1990, ISBN 86-329-0314-4.

[133] Donath, P., Ganssauge, D.: Analiza uzroka pogrešaka kod frontalnog fiksiranja međupodstava i osnovnog materijala, Tekstil 49, (2000.), 8, 430-435.

[134] Friščić, V., Varga, B., Fuš, D.: Ispitivanje skupljanja tkanina te čvrstoće spoja ljepljive međupodstave kod frontalnog fiksiranja, Tekstil, 46, (1996.), 2, 94-98.

[135] Nemeth, Z.: Odrednice razvoja suvremenih strojeva za frontalno fiksiranje, Tekstil, 44, (1995.), 5, 266-275.

[136] Meyer, W.:Tendencija razvoja tehnike frontalnog fiksiranja, Zbornik Savjetovanja ITO i SITTH, 18-19.04., 1985., Zagreb

[137] Hansen V.: Zahteve sodobnih fiksirnih strojev, Simpozij Oblačilno inženirstvo '94, Tehniška fakulteta Maribor – ITKP, Ljubljana, 8.junij 1994.

[138] Meyer W.: Stupanj razvoja tehnike frontalnog fiksiranja, Tekstil, 38, (1989.) 7, 417-421.

[139] Nikolić, G.: Mehanizmi strojeva za proizvodnju odjeće, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zrinski d.d., Čakovec, 2000., ISBN 953-155-050-6.

[140] …….Kannegiesser MULTISTAR CX-1000 CU, fusing machine, dostupno na: http://www.sewingindustrialmachines.com/gola_kanne/gola_kannegiesser.html; pristupljeno: 17.11.2014.

[141] Dostupno na: http:// www.meyer-machines.com/engl/Products/Fusing/fusing.html; Mayer RPS-EVOLUTION, pristupljeno: 17.11.2014.

[142] Kim S.J., Kim K.H., Lee D.H., Bae G.H.: Suitability of Nonwoven Fusible Interlining to the thin Worsted Fabrics, 2nd International Conference IMCEP '97, Innovation and Modelling of Clothing Engineering Processes, Oct. 8-10, 1997, Maribor, Slovenia.

[143] Soljačić I., Lacković M.: Ispitivanje efekata frontalnog fiksiranja na bijelim tkaninama za košulje, Tekstil, 32, (1983.), 1, 11-18.

[144] Pezelj D., Soljačić I.: Utjecaj apreture osnovne tkanine na efekt fiksiranja međupodstave, Tekstil 32, (1983.), 5, 279-290.

[145] Žunić Lojen D., Jevšnik S.: Vpliv medvloge na mehanske in fizikalne lastnosti fiksiranaca, Simpozij Oblačilno inženirstvo '96, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, ITKP, Laboratorij za oblačilno inženirstvo, Ljubljana, 15.2.1996.

[146] Geršak J.: Objektivno vrednovanje plošnih tekstilija i odjeće, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2014., ISBN 978-953-7105-42-6.

[147] Soljačić I., Pezelj D., Arsova T.: Utjecaj parametara frontalnog fiksiranja na čvrstoću i postojanost spoja u kemijskom čišćenju te na promjenu obojenja osnovne tkanine, Tekstil 42, (1993.), 9, 489-495.

[148] Pezelj, D.: Problematika njege odjeće, Zbornik Savjetovanja ITO i SITTH, 18-19.04.,

1985, Zagreb.

[149] Jevšnik, S., Geršak, J.: Use of a knowledge base for studying the correlation between the constructional parameters of fabrics and properties of a fused panel, International Journal of Clothing Science and Technology,13, 3/4, 2001, 5, 186-197

[150] Farzandi, M., Razipour, S., Saharkhiz, S.: Effects of Using Interlinings on Physical and Mechanical Properties of Wind Stoppers, AUTEX 2011 Conference 8-10th June 2011, Mulhouse, France

[151] Jevšnik, S., Geršak, J.: Vpliv parametrov frontalnega fiksiranja na kakovost fiksiranaca, Simpozij Oblačilno inženirstvo '94, Tehniška fakulteta Maribor – ITKP, Ljubljana, 8.6.1994.

[152] Jevšnik, S., Geršak, J.: Izbor ljepljivih međupodstava pomoću baze znanja, Tekstil, 49, (2000.) 12, 698-708

[153] Jevšnik, S.: Vpliv temperature fiksiranja na trdnost in trajnost spoja, Simpozij Oblačilno inženirstvo '98, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo Maribor, ITKP, Laboratorij za oblačilno inženirstvo, Ljubljana, 13.2.1998.

[154] Saleh, S. S., Kamal, E. M.: Absorption of Different Methods of Bonding Nonwoven Fabrics Used for Lining and Interlinings, Journal of Basic and Applied Scientific Research, 2/10, 2012, 9970-9977, ISSN 2090-4304.

[155] Ancutiene, K., Strazdiene, E., Papreckiene, L.: Relationship between mechanical properies of bilayer textile systems and their components, Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 2012, 61, 3, 150-159.

[156] Šaravanja, B., et al: Characterization of Interlinings for Silk Fabrics, Book of Proceedings of the 6th International Textile, Clothing & Design Conference 2012 - Magic World of Textiles, Dragčević, Z., Hursa Šajatović, A., Vujasinović, E. (ur.)., Zagreb, Faculty of Textile Technology University of Zagreb, 2012, 447-452.

[157] ……Everything you always wanted to know about Fusing, What is Fusing Temperature ? Temperature levels, pristupljeno 08.11.2013.

[158] Pezelj, D.: Tehnološke mogućnosti oplemenjivanja odjevnih proizvoda u organskim otapalima, Doktorska disertacija, 1982., Zagreb.

[159] Kunštek, A., Ljubić, Z.: Suvremena tehnika frontalnog fiksiranja – IMB 2000, Tekstil, 50, (2000.), 5, 230-237

[160] Technical Specifications Brisay, Veit Group, Texprocess Innovation Award 2015

[161] Dostupno na: https:denissinger.wordpress.com/sivaca-masina-singer, pristupljeno:

05.01.2015.

[162] Ujević, D.: Razvoj tehnološkog procesa šivanja odjeće, Tekstil 47, (1998.), 1, 38-44.

[163] Ujević, D., Rogale, D., Karabegović, I.: Dostignuća i tendencije razvoja šivaćih strojeva prikazanih na IMB-u 2003., Tekstil 53, (2004.), 5, 245-255.

[164] Dostupno na:https:www used-robots.com/articles/viewing/sewing-it-up-withclothing-robots, pristupljeno: 05.01.2015.

[165] ISO 4915:1991--Textiles Stichtypes – Clasification and terminology

[166] ISO 4916:1991--Textiles — Seam types — Classification and terminology

[167] Rogale D.,i sur.: Tehnologija proizvodnje odjeće sa studijem rada, Mostar, 2000., ISBN 9958-624-08-7

[168] Dostupnona:http://www.indupress.de/images/icons/arbeitsgang/icon_puppe_formfin_front_big.png, pristupljeno: 07.01.2015.

[169] Dostupno na: http: //www.indupress.de/en/pressing-devices/men-s-jackets-ladies-blazer/intermediate-pressing-department, pristupljeno: 07.01.2015.

[170] Soljačić, I., Pušić, T.: Otapala za kemijsko čišćenje, Tekstil, 58, (2009.), 10, 493-506.

[171] Dostupno na: https://www.google.hr/search?q=perkloretylen&biw, pristupljeno: 10.01.2015.

[172] Soljačić, I, Pušić,T.: Čišćenje u vodi – mokro čišćenje, Tekstil, 53 (2004.), 8, 392-398.

[173] Soljačić, I, Pušić, T.: Njega tekstila - Čišćenje u vodenim medijima, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet Zagreb, 2005, ISBN 953-7105-08-3.

[174] Pušić, T. i sur.: Mokro čišćenje-dosadašnja iskustva, Tekstil 57, (2008.), 1-2; 40-48

[175] Papić, M.: Primjenjena statistika u MS Excelu za ekonomiste, znantvenike i neznalice, Zoro, Zagreb, 2005., ISBN 953-6269-47-0.

[176] Šošić, I.: Zbirka zadataka iz statistike, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Mikrorad, Zagreb, 1998, ISBN 953-6286-31-9

[177] Ujević, D., Rogale, D., Hrastinski, M.: Tehnike konstruiranja i modeliranja odjeće, Drugo dopunjeno izdanje, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zrinski d.d., Čakovec, 2000., ISBN 953-7105-01-6

[178] Dostupno na: http://lektsii.com/1-10.html, pristupljeno 24.01.2013.

[179] Dostupno na: http://law.rufox.ru/view/9/28046.htm, pristupljeno 24.01.2013.

[180] Pezelj, D., Soljačić, I.: Kemijsko čišćenje konfekcioniranih odjevnih predmeta, Suvremena odjevna industrija, 1974., Zagreb.

[181] Pezelj, D.: Stanje i perspektiva njege odjeće i tekstilija, Tekstil, 38, (1989.), 8, 467-476.

[182] HRN EN ISO 3175-2:2010 Tekstil -- Profesionalna njega, kemijsko čišćenje i mokro čišćenje tkanina i odjevnih predmeta -- 2. dio: Postupak ispitivanja učinka čišćenja i završne obrade tetrakloretilenom (ISO 3175-2:2010; EN ISO 3175-2:2010) - Textiles - Professional care, drycleaning and wetcleaning of fabrics and garments -- Part 2: Procedure for testing performance when cleaning and finishing using tetrachloroethene (ISO 3175-2:2010; EN ISO 3175-2:2010).

[183] HRN ISO 3801:2003 Tekstil -- Tkanine -- Određivanje mase po jedinici duljine i mase po jedinici površine (ISO 3801:1977) - Textil -- Woven fabrics -- Determination of mass per unit length and mass per unit area (ISO 3801:1977)

[184] HRN EN 1049-2:2003 Tekstil -- Tkanine -- Konstrukcija -- Metode analize -- 2. dio: Određivanje broja niti na jedinici duljine (ISO 7211-2:1984, preinačena; EN 1049-2:1993) - Textiles -- Woven fabrics -- Construction -- Methods of analysis -- Part 2: Determination of number of threads per unit length (ISO 7211-2:1984 modified; EN 1049-2:1993)

[185] HRN EN 14971:2008 Tekstilije -- Pletiva -- Određivanje broja očica po jedinici duljine i jedinici površine (EN 14971:2006), prema: Textiles -- Knitted fabrics -- Determination of number of stitches per unit length and unit area (EN 14971:2006)

[186] HRN EN ISO 5084:2003 Tekstil -- Određivanje debljine tekstila i tekstilnih proizvoda (ISO 5084:1996; EN ISO 5084:1996) - Textiles -- Determination of thickness of textiles and textile products (ISO 5084:1996; EN ISO 5084:1996)

[187] HRN EN ISO 13934-1:2008 Tekstilije -- Vlačna svojstva plošnih tekstilija -- 1. dio: Određivanje maksimalne sile i istezanja pri maksimalnoj sili metodom trake (ISO 13934-1:1999; EN ISO 13934-1:1999) - Textiles -- Tensile properties of fabrics -- Part 1: Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method (ISO 13934-1:1999; EN ISO 13934-1:1999)

[188] Tehničke upute Dinamometar za pređu i plošne proizvode Statimat M – tt. Textechno

[189] Dekanić, T.: Utjecaj fluorescentnih spojeva na svojstva pamučnih tekstilija u procesu pranja, Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2014.

[190] Mršić, G., Žuga, S.: Analiza GSR čestica upotrebom elektronskog mikroskopa (SEM/EDX), Policijska sigurnost, Zagreb, 16, 2007., 3-4, 179-200.

[191] Dostupno na: http: //www. phy.pmf.unizg.hr/atonejc_povrsinske_metode.pdf. pristupljeno 04.12.2014.

[192] Turalija, M., Bischof Vukušić, S., Katović, D.: Primjena skenirajućeg elektronskog mikroskopa za tekstil, Tekstil, 58, (2009.), 12, 640-649.

[193] IEEE STD 299 Standard Method for Measuring the Effectiveness of Electromagnetic Shielding Enclosures, 2006, 299.

[194] MIL-STD-285, Military Standard: Attenuation Measurements for Enclosures, Electromagnetic Shielding, 1956.

[195] ASTM D-4935-89 Standard Test Method for Measuring the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Planar Materials, 1999.

[196] …..Jurčević-Sudac, L.: Mjerenje izloženosti EM zračenju DVB-T odašiljača, 1-8.

[197] Dostupno na: http:9a-atv.com/sto-je-to-amaterska-televizija/2-uncategorised/23-horn-antena-za-10-ghz, pristupljeno: 23.04.2015.

[198] Mattila, H. R.: Intelligent textiles and clothing, Woodhead Publishing with The Textile Institute, Cambridge, England, 2006, ISBN: 978-1-84569-005-2.

PRILOG I

POPIS SLIKA

Slika 2.1 Spektar elektromagnetskog zračenja 15
Slika 2.2 Okruženje elektroničkim uređajima 19
Slika 2.3 Međupodstavni materijali s metalnim nanosima za zaštitu od EM zračenja: a) s nanosom bakra; b) s nanosom nikla i bakra; c) s posrebrenim nitima 21
Slika 2.4. Transmisija valova kroz tankoslojni medij 26
Slika 2.5 Strukture ispitivanih uzoraka pletiva 27
Slika 2.6 Prva odjeća od životinjskih koža 32
Slika 2.7 Odjeća starih Rimljana i Grka 33
Slika 2.8 Odjeća starih Egipćana i Rimljana 33
Slika 2.9 Muška odjeća početkom XX stoljeća 34
Slika 2.10 Muška moda u kroz tri značajnija razdoblja: a) 1910.-1919.; b) 1950.-1959.; c) 1990.-1999. godine 36
Slika 2.11 Moda za žene: a) 1940-tih god.; b) 1970-te god.; c) 2000-te god. 37
Slika 2.12 Poslovna odjeća 38
Slika 2.13 Zaštitna odjeća 42
Slika 2.14 Zaštitna odjeća za vatrogasce 43
Slika 2.15 Postupak tkanja i prikaz smjera osnove i smjera potke 45
Slika 2.16 Prikaz: a) kulirnog i b) lančanog pletiva 47
Slika 2.17 Različite vrste uzoraka osnovnih tkanina 48
Slika 2.18 Odjevni predmeti s ljepljivom međupodstavom 49
Slika 2.19 Međupodstave u muškom sakou 50
Slika 2.20 Određivanje mesh-a na ljepljivim međupodstavama 51
Slika 2.21 Nanos termoplasta: a) točka-puder; b) pasta-točka; c) dupla točka-PowerDot .. 51
Slika 2.22 Postupak polaganja komponenata za frontalno fiksiranje 52
Slika 2.23 Podstave različitih dezena i vrsta 53
Slika 2.24 Kontinuirani strojevi za fiksiranje: a) Kannegiesser CH 600 [128]; b) Mayer RPS-EVOLUTION 55
Slika 2.25 Prikaz: a) mali ručni dinamometar Vilene; b) laboratorijski dinamometar za ispitivanje kvalitete - sile razdvajanja spoja 57
Slika 2.26 Djelovanje temperature pri frontalnom fiksiranju 58
Slika 2.27 Specifični tlak obzirom na različite površine 59
Slika 2.28 Shema kontinuiranog stroja za frontalno fiksiranje 61
Slika 2.29 Kontinuirani stroj za fiksiranje marke Veit FX DIAMOND CLF 61
Slika 2.30 Zone grijanja (gornje i donje) i dupli flexo valjci 62
Slika 2.31 Šivaći strojevi: a) univerzalni šivaći stroj; b) specijalni šivaći stroj 63
Slika 2.32 Šivaći roboti 63
Slika 2.33 Stol za završno glačanje muškog sakoa tt. Indupress IPN-1230-FIN-UNI-L 66
Slika 2.34 Stroj tt. Indupress IPK-K24-23-09A/13A-10A/13C za završno glačanje prednjih i stražnjih dijelova muškog sakoa 67
Slika 2.35 Molekula PER-a 69
Slika 3.1 Međupodstavna tkanina s bakrenim nanosom, MP1 otkana u platnu (P1/1) 76

Slika 3.2 Međupodstavna tkanina s bakrenim nanosom, MP2 otkana u platnu (P1/1)..... 77
Slika 3.3 Međupodstavno pletivo s posrebrenim nitima MP3 u charmeuse prepletu..... 78
Slika 3.4 Zaštitna tkanina s inox vlaknima, MP4 otkana u atlasu (A1/4 (2))..... 79
Slika 3.5 Tkanina s ugljikovim vlaknima MP5 otkana u keperu (K2/2 D)..... 80
Slika 3.6 Muški sako s unutarnjim džepom s ušivenom zaštitnom međupodstavom..... 82
Slika 3.7 Konstrukcija temeljnog kroja muškog sakoa..... 83
Slika 3.8 Krojni dijelovi muškog sakoa s dodanim šavnim dodacima..... 84
Slika 3.9 Konstrukcija podstave za muški sako..... 84
Slika 3.10 Konstrukcija međupodstave za muški sako..... 85
Slika 3.11 Kontinuirani stroj za frontalno fiksiranje Meyer RPS JUNIOR..... 87
Slika 3.12 Kontrolna ploča na stroju za frontalno fiksiranje Meyer RPS JUNIOR..... 87
Slika 3.13 Specijalni šivaći stroj za obamitanje Brother EF4 V71/V72..... 88
Slika 3.14 Tip uboda 504..... 88
Slika 3.15 Stol za glačanje i glačalo marke Veit..... 89
Slika 3.16 Stroj za glačanje (prešanje) marke Hoffman..... 90
Slika 3.17 Stroj za glačanje (prešanje) marke Brisay..... 90
Slika 3.18 Stroj za kemijsko čišćenje Renzacci..... 91
Slika 3.19 Stroj za mokro čišćenje Renzacci..... 93
Slika 3.20 Pripremljeni uzorak u stezaljkama dinamometra..... 96
Slika 3.21 Dinamometar za pređu i plošne proizvode Statimat M, Textechno..... 97
Slika 3.22 Mjerenje prekidne sile i prekidnog istezanja uzoraka tkanina: a) MP1; b) MP4 98
Slika 3.23 Shematski prikaz glavnih dijelova SEM-a..... 99
Slika 3.24 Detektori SEM-a s BSE i SE elektronima..... 100
Slika 3.25 Skenirajući elektronski mikroskop SEM tt. Tescan, MIRA/LMU, Češka, 2009. godine..... 101
Slika 3.26 Mjerni postav za mjerenje zaštitnih svojstava tekstilnih uzoraka..... 102
Slika 3.27 Shematski prikaz mjernog postava..... 103
Slika 3.28 Mjerni instrument NARDA SRM 3000..... 103
Slika 3.29 Generator signala HP 8350..... 104
Slika 3.30 Rog antena IEV Industrija za elektrozveze, Ljubljana, Tip A12..... 105
Slika 3.31 Drveni okvir za tekstilne uzorke..... 105
Slika 4.1 SEM slike neobrađenih uzoraka MP1 s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x..... 107
Slika 4.2 SEM slike uzoraka MP1 nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja (od prvog do desetog), s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00 kx..... 109
Slika 4.3 SEM slike uzoraka MP1 nakon 10 ciklusa kemijskih čišćenja i glačanja (od prvog do desetog), s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00 kx..... 111
Slika 4.4. SEM slike uzoraka MP1 nakon 10 ciklusa mokrog čišćenja (od prvog do desetog) s povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00 kx..... 113
Slika 4.5 SEM slike uzoraka MP1 nakon 10 ciklusa mokrog čišćenja i glačanja (od prvog do desetog) s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00 kx..... 115

Slika 4.6 SE neobrađenih uzoraka MP1 (lice i naličje) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 117
Slika 4.7 SE uzoraka MP1 (lice) prije i nakon ciklusa kemijskih čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 117
Slika 4.8 SE uzoraka MP1 (naličje), prije i nakon ciklusa kemijskih čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 118
Slika 4.9 SE uzoraka MP1 (lice), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 119
Slika 4.10 SE uzoraka MP1 (naličje), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 120
Slika 4.11 SE uzoraka sendviča s MP1 (lice i naličje) prije i nakon glačanja i prešanja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4GHz 122
Slika 4.12 SE uzoraka sendviča s MP1 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 122
Slika 4.13 SE uzoraka sendviča s MP1 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 123
Slika 4.14 SE uzoraka sendviča s MP1 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 125
Slika 4.15 SE uzoraka sendviča s MP1 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 125
Slika 4.16 Regresijski polinom i točke rasipanja SE uzoraka MP1 i sendviča s MP1prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (lice i naličje) 126
Slika 4.17 Regresijski polinom i točke rasipanja SE uzoraka MP1 i sendviča s MP1prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (lice) 126
Slika 4.18 Regresijski polinom i točke rasipanja SE uzoraka MP1 i sendviča s MP1prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (naličje) 127
Slika 4.19 SEM slika neobrađenog uzorka MP2 s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x 128
Slika 4.20 SEM slike uzoraka MP2 nakon 10 ciklusa kemijskog čišćenja (od prvog do desetog), s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00kx 130
Slika 4.21 SEM slike uzoraka MP2 nakon 10 ciklusa mokrog čišćenja (od prvog do desetog) s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00kx 132
Slika 4.22 SE neobrađenih uzoraka MP2 (lice i naličje) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 134

Slika 4.23 SE uzoraka MP2 (lice), prije i nakon kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz .. 135
Slika 4.24 SE uzoraka MP2 (naličje), prije i nakon kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 135
Slika 4.25 SE uzoraka MP2 (lice), prije i nakon mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz .. 137
Slika 4.26 SE uzoraka MP2 (naličje), prije i nakon mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz .. 137
Slika 4.27 SE neobrađenih uzoraka sendviča s MP2 (lice i naličje), prije i nakon glačanja i prešanja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 139
Slika 4.28 SE uzoraka sendviča s MP2 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 140
Slika 4.29 SE uzoraka sendviča s MP2 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 140
Slika 4.30 SE uzoraka sendviča s MP2 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 142
Slika 4.31 SE uzoraka sendviča s MP2 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 142
Slika 4.32 Regresijski pravac i točke rasipanja SE uzoraka MP2 i sendviča s MP2 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (lice i naličje) 143
Slika 4.33 Regresijski pravac i točke rasipanja SE uzoraka MP2 i sendviča s MP2 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (lice) 143
Slika 4.34 Regresijski pravac i točke rasipanja SE uzoraka MP2 i sendviča s MP2 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (naličje) 144
Slika 4.35 SEM slike neobrađenih uzoraka MP3 s različitim povećanjima: a) 42x; b)100x; c) 250x; d) 500x 145
Slika 4.36 SEM slike uzoraka MP3 nakon kemijskog čišćenja (od prvog do desetog), s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00kx 147
Slika 4.37 SEM slike uzoraka MP3 nakon mokrog čišćenja (od prvog do desetog) s različitim povećanjima: a) 42x; b) 100x; c) 250x; d) 500x; e) 5,00kx 149
Slika 4.38 SE neobrađenih uzoraka MP3 (lice i naličje) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 151
Slika 4.39 SE uzorka MP3 (lice), prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 152
Slika 4.40 SE uzorka MP3 naličju, prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 152

Slika 4.41 SE uzoraka MP3 (lice), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 154
Slika 4.42 SE uzoraka MP3 (naličje), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 154
Slika 4.43 SE uzoraka sendviča s MP3 (lice i naličje) prije i nakon glačanja i prešanja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 156
Slika 4.44 SE uzoraka sendviča s MP3 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 157
Slika 4.45 SE uzoraka sendviča s MP3 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 157
Slika 4.46 SE uzoraka sendviča s MP3 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 159
Slika 4.47 SE uzoraka sendviča s MP3 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 159
Slika 4.48 Regresijski pravac i točke rasipanja SE uzoraka MP3 i sendviča s MP3 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (lice i naličje) 160
Slika 4.49 Regresijski pravac i točke rasipanja SE uzoraka MP3 i sendviča s MP3 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (licu) 160
Slika 4.50 Regresijski pravac i točke rasipanja SE uzoraka MP3 i sendviča s MP3 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (naličje) 161
Slika 4.51 SEM slike neobrađenih uzoraka MP4: a) 42x (BSE); b) 42x (SE); c) 100x (BSE); d) 100x (SE); e) 250x (BSE); f) 250x (SE); g) 500x (BSE); h) 500x (SE).... 163
Slika 4.52 SEM slike uzoraka MP4 nakon kemijskog čišćenja (od prvog do desetog) s različitim povećanjima: a) 42x; b) 75x; c) 100x; d) 250x, pomoću raspršenih elektrona (BSE) 165
Slika 4.53 Morfološke karakterizacije SEM-om uzoraka MP4 nakon utjecaja kemijskog čišćenja i glačanja s različitim povećanjima a) 42x, b) 75x, c) 100x; d) 250x 168
Slika 4.54 SEM slike uzoraka MP4 nakon mokrih čišćenja (od prvog do desetog), s različitim povećanjima: a) 42x, b) 75x, c) 100x i d) 250x 170
Slika 4.55 SEM slike uzoraka MP4 nakon mokrih čišćenja i glačanja (od prvog do desetog) s različitim povećanjima: a) 42x, b) 75x, c) 100x i d) 250x (BSE) 173
Slika 4.56 SE neobrađenih uzoraka MP4 (lice i naličje) u smjeru potke na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 175
Slika 4.57 SE uzoraka MP4 (lice) u smjeru potke, prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 175

Slika 4.58 SE uzoraka MP4 (naličje) u smjeru potke, prije i nakon kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 176
Slika 4.59 SE neobrađenih uzoraka MP4 (lice i naličje) u smjeru osnove na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 178
Slika 4.60 SE uzoraka MP4 (lice) u smjeru osnove, prije i nakon kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 178
Slika 4.61 SE uzoraka MP4 (naličje) u smjeru osnove, prije i nakon kemijskog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 179
Slika 4.62 SE uzoraka MP4 (lice), prije i nakon mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) u smjeru potke na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 181
Slika 4.63 SE uzoraka MP4 (naličju), prije i nakon mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) u smjeru potke na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 181
Slika 4.64 SE uzoraka MP4 (lice) u smjeru osnove, prije i nakon mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 183
Slika 4.65 SE uzoraka MP4 (naličje) u smjeru osnove, prije i nakon mokrog čišćenja (prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog) na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 183
Slika 4.66 Regresijski polinom i točke rasipanja SE uzoraka MP4 (lice i naličje) prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja, te u smjeru osnove i smjeru potke..... 184
Slika 4.67 Regresijski polinom i točke rasipanja SE uzoraka MP4 (lice) prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja u smjeru osnove i smjeru potke 184
Slika 4.68 Regresijski polinom i točke rasipanja SE uzoraka MP4 prije i nakon ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja (naličje) u smjeru osnove i potke 185
Slika 4.69 Prekidne sile za uzorke u smjeru osnove (MP1, MP2, MP4) i u smjeru nizova (MP3)) 190
Slika 4.70 Prekidne sile za uzorke u smjeru potke (MP1, MP2, MP4) i u smjeru redova (MP3) 190
Slika 4.71 Prekidna istezanja uzoraka u smjeru osnove (MP1, MP2, MP4) i u smjeru nizova (MP3) 191
Slika 4.72 Prekidna istezanja uzoraka u smjeru potke (MP1, MP2, MP4) i u smjeru redova (MP3) 191
Slika 4.73 Dimenzijske promjene uzoraka (MP1 - MP4) nakon kemijskog čišćenja..... 192
Slika 4.74 Dimenzijske promjene uzoraka (MP1 - MP4) nakon mokog čišćenja 193

PRILOG II

POPIS TABLICA

Tablica 2.1 Čvrstoća vlakana u normalnim uvjetima ... 11
Tablica 2.2 Svojstva metalnih vlakana ... 12
Tablica 2.3 Električna vodljivost metala ... 13
Tablica 2.4 Piktogrami za primjenu zaštitne odjeće ... 40
Tablica 2.5 Temperature glačanja ovisno o vrsti materijala ... 65
Tablica 2.6 Jačina povezanosti između varijabli u ovisnosti o apsolutnoj vrijednosti koeficijenta korelacije ... 73
Tablica 3.1 Značajke međupodstavne poliamidne tkanine s bakrenim nanosom, MP1 ... 75
Tablica 3.2 Značajke međupodstavne poliesterske tkanine s bakrenim nanosom, MP2 76
Tablica 3.3 Značajke međupodstavnog poliamidnog pletiva s posrebrenim nitima, MP3 77
Tablica 3.4 Značajke tkanine od mješavine modakrila i pamuka s inox vlaknima, MP4 . 79
Tablica 3.5 Značajke tkanine od mješavine poliestera i pamuka s ugljikovim vlaknima MP5 ... 80
Tablica 3.6 Značajke osnovne tkanine, ljepljive međupodstave i podstave ... 81
Tablica 3.7 Konstrukcijske mjere ... 82
Tablica 3.8 Proces kemijskog čišćenja ... 92
Tablica 3.9 Program čišćenja za vrlo osjetljive tkanine ... 93
Tablica 4.1 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP1 (lice) prije i nakon kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz ... 116
Tablica 4.2 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP1 (naličje) prije i nakon kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz ... 116
Tablica 4.3 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP1 (lice) prije i nakon mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz ... 118
Tablica 4.4 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP1 (naličje) prije i nakon mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz ... 119
Tablica 4.5 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP1 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz ... 121
Tablica 4.6 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP1 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz ... 121
Tablica 4.7 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP1(lice), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz ... 124
Tablica 4.8 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP1 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz ... 124
Tablica 4.9 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP2 (lice) prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz ... 133

Tablica 4.10 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP2 (naličje) prije i nakon kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 134
Tablica 4.11 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP2 (lice), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 136
Tablica 4.12 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP2 (naličje), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 136
Tablica 4.13 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP2 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 138
Tablica 4.14 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP2 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 139
Tablica 4.15 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP2 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 141
Tablica 4.16 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP2 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 141
Tablica 4.17 Zaštitna svojstva (SE) uzorka MP3 (lice), prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 150
Tablica 4.18 Zaštitna svojstva (SE) uzorka MP3 (naličje), prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 151
Tablica 4.19 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP3 (lice), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 153
Tablica 4.20 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP3 (naličje), prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 153
Tablica 4.21 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP3 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 155
Tablica 4.22 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP3 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 156
Tablica 4.23 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP3 (lice), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 158
Tablica 4.24 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka sendviča s MP3 (naličje), prije i nakon glačanja i prešanja i mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 158
Tablica 4.25 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (lice) u smjeru potke, prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 174
Tablica 4.26 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (naličje) u smjeru potke, prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 174

Tablica 4.27 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (lice) u smjeru osnove, prije i nakon kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 177
Tablica 4.28 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (naličje) u smjeru osnove, prije i nakon kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz..... 177
Tablica 4.29 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (lice) u smjeru potke, prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 180
Tablica 4.30 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (naličje) u smjeru potke, prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 180
Tablica 4.31 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (lice) u smjeru osnove, prije i nakon ciklusa mokrih čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 182
Tablica 4.32 Zaštitna svojstva (SE) uzoraka MP4 (naličje) u smjeru osnove, prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz; 1,8 GHz; 2,1 GHz i 2,4 GHz 182
Tablica 4.33 Prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća uzoraka MP1, prije i nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja, u smjeru osnove i u smjeru potke 186
Tablica 4.34 Prekidna sila, prekidno istezanje, prekidna čvrstoća uzoraka MP2, prije i nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja, u smjeru osnove i u smjeru potke 187
Tablica 4.35 Prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća uzoraka MP3, prije i nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja, u smjeru nizova i u smjeru redova 188
Tablica 4.36 Prekidna sila, prekidno istezanje i prekidna čvrstoća uzoraka MP4, prije i nakon 10 ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja, u smjeru osnove i u smjeru potke 189
Tablica 4.37 Promjena dimenzijskih značajki uzoraka (MP1 - MP4) nakon kemijskog i mokrog čišćenja..... 192

PRILOG III

POPIS SIMBOLA

T_t	finoća pređe	[tex]
m	masa pređe	[g]
l	duljina pređe	[mm]
m_A	površinska masa uzorka	[g/m^2]
m	masa uzorka	[g]
P	površina uzorka	[m^2]
σ	naprezanje	[N/mm^2]
F	vlačna sila	[N]
A	površina presjeka tkanine	[m^2]
ε	relativno produljenje	[%]
E	modul elastičnosti	[MPa]
F	sila na probni naboj	[N]
Q	iznos probnog naboja	[C]
B	gustoća magnetskog toka	[T]
Φ	magnetski tok	[Wb]
E	jakost električnog polja	[V/m]
H	jakost magnetskog polja	[A/m]
μ_0	magnetska propustljivost, permeabilnost	[H/m]
J	gustoća struje	[A/m^2]
N	broj elektrona	-
q_e	naboj elektrona	[C]
S	površina presjeka vodiča	[m^2]
P_D	gustoća snage	[W/m^2]
Z_0	valna impendencija slobodnog prostora	[377 Ω]
SA	specifična apsorbirana energija	[J/kg]
dW	apsorbirana energija	[J]
dm	masa biološkog tkiva	[kg]
ρ	gustoća	[kg/m^3]
dV	volumen	[m^3]
SAR	specifična gustoća apsorbirane snage	[W/kg]
C	specifični toplinski kapacitet	[J/(kgK)]
T	temperatura	[K]
σ	vodljivost tkiva	[W/(mK)]
SE	zaštitni učinak	[dB]

f	frekvencija	[Hz]
ω	kutna frekvencija	[s^{-1}]
$\mathcal{E}_0$	dielektrična konstanta	[F/m]
p	tlak	[N/m^2]
x_i	vrijednost mjerenja	-
n	broj mjerenja	-
CV	koeficijent varijacije	[%]
s	standardna devijacija	-
$\bar{x}$	aritmetička sredina	-
X	nezavisna varijabla	-
Y	zavisna varijabla	-
U	greška relacije	-
r	koeficijent korelacije	-
R	koeficijent determinacije	-

PRILOG IV

ŽIVOTOPIS

Bosiljka Šaravanja rođena je 1968. godine u Mostaru. Osnovnu i srednju školu završila je u Čitluku. Diplomirala je 1993. god. na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zagrebu. Radila je kao tehnički direktor tijekom dužeg vremenskog razdoblja u odjevnoj industriji. Od 2007. do 2010. god. radila je na Tekstilno-tehnološkom fakultetu kao vanjski suradnik pri izvođenju nastave na kolegijima: Tehnička priprema proizvodnje odjeće, Tehnološki procesi krojenja odjeće, Tehnološki procesi šivanja odjeće, Tehnološki procesi dorade odjeće, Tehnička dokumentacija, Organizacija proizvodnje, Procesi proizvodnje odjeće i Tehnike realizacije odjeće. Ak. god. 2009/10 upisuje poslijediplomski doktorski studij Tekstilna znanost i tehnologija. Od veljače 2010. god. radi na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u zvanju asistenta. Sudjelovala je u Organizacijskom odboru međunarodnih znanstvenih skupova International Textile, Clothing & Design Conference 2010., 2012. i 2014. god., kao i u Organizacijskom odboru znanstveno-stručnog skupa Tekstilna znanost i gospodarstvo 2010., 2011., 2012., 2013. i 2015. god. Bila je jedan od suradnika na znanstveno-istraživačkom projektu Razvoj i stanje odora i obuće za djelatnike MUP-a RH, kao i na projektu MORH-a vezanom za izradu časničkih jakni. Član je vijeća CTD-a i Ureda za izdavačku djelatnost. Sudjelovala je na znanstvenom projektu Antropometrijska mjerenja i prilagodba sustava veličina odjeće, kao i na međunarodnim projektima: Flemish-Croatian Textile Training Network-T2Net (2006.-2008.) i trilateralnog projekta hrvatskih, flamanskih i slovenskih partnera iz tekstilne industrije i akademske zajednice MUra DRAva Learning Network-MUDRA (2008.-2009.). Bila je član Upravnog odbora HIST-a. Član je DIT-a i AMCA TTF. Sudjelovala je u radnoj skupini za uvođenje Sustava kvalitete, normi ISO 9001:2008. Do sada je objavila 24 znanstvena rada na međunarodnim i domaćim skupovima, 2 rada u međunarodnim časopisima indeksiranim u CC i SCI bazama, ima 1 rad prihvaćen za objavljivanje u međunarodnom časopisu indeksiranom u SCI bazi i 1 rad u postupku recenzije u međunarodnom časopisu.

PRILOG V

POPIS RADOVA

Izvorni znanstveni radovi u CC časopisima

1. Šaravanja B., Malarić K., Pušić T., Ujević D.: Impact of Dry Cleaning on the Electromagnetic Shield Characteristics of Interlining Fabric, Fibres and Textiles in Eastern Europe 23 (2015), 1(109), 104-108.

2. Šaravanja B., Malarić K., Pušić T., Ujević D: Shield Effect of Functional Interlining Fabric, AUTEX research journal 15 (2015), 2, 93-98.

Izvorni znanstveni radovi u SCI časopisima

1. Šaravanja B., Malarić K., Pušić T., Ujević D: Shield Effectiveness of Functional Interlining Fabric After Dry Cleaning, Indian Journal of Fibre & Textile Research. (2014) – prihvaćen za objavljivanje

Znanstveni radovi u zbornicima skupova s međunarodnom recenzijom

1. Šaravanja, B.; Pušić, T.; Malarić, K.; Ujević, D.: Impact of professional care on shield effect of fabric with inox yarns, Book of Proceedings of the 7th International Textile, Clothing and Design Conference 2014 - Magic World of Textiles Dragčević, Z.; Hursa Šajatović, A.; Vujasinović, E. (ed.), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, 2014, 244-249, ISBN 978-953-7105-54-9

2. Dragčević, Z.; Hursa Šajatović, A.; Šaravanja, B.; Kantoci, D.: Analysis of Loss of Time in the Technological Sewing Process, Book of Proceedings of the 7th International Textile, Clothing & Design Conference 2014 - Magic World of Textiles, Dragčević, Z.; Hursa Šajatović, A.; Vujasinović, E.(ed.), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, 2014, 271-276, ISBN 978-953-7105-54-9

3. Novak, I.; Šaravanja, B.: The aspect of modular production within the concept of marketing, Book of Proceedings of the 7th International Textile, Clothing and Design Conference 2014 - Magic World of Textiles, Dragčević, Z.; Hursa Šajatović, A.; Vujasinović, E.(ed.), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, 2014, 598-603, ISBN 978-953-7105-54-9

4. Šaravanja, B.; Malarić, K.; Pušić, T.; Ujević, D.: Istraživanje zaštitnih svojstava međupodstavne tkanine, Book of Proceedings 5th International Professional and Scientific Conference *Occupational Safety and Health*, Kirin, S. (ur.), Karlovac, Veleučilište u Karlovcu, 2014, 600-606.

5. Ujević D., Brlobašić Šajatović B., Bolić B., Doležal K., Šaravanja B.: Istraživanje optimalnih tehnoloških parametara u procesu šivanja pletene odjeće, Proceedings of the 9th International Scientific Conference on Production Engineering, RIM 2013, Hodžić A., Jurković M., Biščević I. (Ed.), Bihać, University of Bihać Faculty of Technical Engineering Bihać, 2013, 461-466.

6. Ujević D., Šaravanja B.: Impact of Organizational Settings as a Precondition for Positioning on the Market, TRADE PERSPECTIVES 2013, Supply Chain Relationships, Proceedings of The International Scientific Conference, Knego N., Renko S., Knežević B. (ur.),Zagreb, Sveučilišna tiskara d.o.o., 2013, 122-133

7. Dragčević Z., Hursa Šajatović A., Šaravanja B.: Investigation and Analysis of Workers' Norm in Garment Manufacturing Processes, Book of Proceedings of the 6th International Textile, Clothing and Design Conference - Magic World of Textiles, Dragčević Z., Hursa Šajatović A., Vujasinović E. (ed.), Zagreb, Faculty of Textile Technology University of Zagreb, 2012, 336-341

8. Novak I., Penava Ž., Šaravanja B.: The role of corporative dress code in touristic supply, Book of proceedings of the 12th AUTEX World Textile Conference, Innovative Textile for High Future Demands - Volume II, Mijović B., Ujević D., Petrak S., Grancarić A. M., Glogar M. I., Salopek Čubrić I. (ur.), Zagreb, Faculty of Textile Technology, University of Zagreb, 2012, 1377-1386

9. Novak I., Šaravanja B.: Analysis of the Impact of Opportunities for Corporate Uniforms in Tourist Accommodation Facilities and in Tourist Destinations, Book of Proceedings of the 6th International Textile, Clothing & Design Conference 2012 - Magic World of Textile, Dragčević Z., Hursa Šajatović A., Vujasinović E. (ed.), Zagreb, Faculty of Textile Technology University of Zagreb, 2012, 656-661

10. Penava Ž., Novak I., Šaravanja B.: Vezani pokazatelji državnih potpora održanja gospodarske aktivnosti tekstilne industrije RH, Zbornik radova 5. međunarodno znanstveno-

stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo, Ujević D., Penava Ž (ur.), Zagreb, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilište u Zagrebu, 2012., 257-260

11. Šaravanja B., Pušić T., Vujasinović E., Ujević D.: Characterization of Interlinings for Silk Fabrics, Book of Proceedings of the 6th International Textile, Clothing & Design Conference 2012 - Magic World of Textiles, Dragčević Z., Hursa Šajatović A., Vujasinović E. (ed.), Zagreb, Faculty of Textile Technology University of Zagreb, 2012, 447-452.

12. Dragčević Z., Kirin S., Šaravanja B.: A Method of Workplace Design for Sewing Operations, The 22nd DAAAM Symposium Inteligent Manifacturing & Automation Power of Knowledge and Creativity, Katalinic B. (ed.), Wien, Austria, DAAAAM International, 2011, 0379-0380.

13. Šaravanja B., Dragčević Z.: Introduction of the Modular Mode of the Technological Process Using the 20 Keys-System, Book of Proceedings of the 5th International Textile, Clothing & Design Conference Dragčević Z., Hursa Šajatović A., Vujasinović E. (ed.), Zagreb, Faculty of Textile Technology University of Zagreb, 2010, 505-510, ISSN 1847-7275

14. Šaravanja, B.; Brnada, S.; Kovačević, S.: Denim tkanine nekad i danas, Zbornik radova 5. međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje tekstilna znanost i gospodarstvo, Ujević D., Penava Ž. (ur.), Zagreb, Tekstilno-tehnološki fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, 2012., 185-188

15. Šaravanja B., Lazibat T., Ujević D.: Istraživanje terminskog trgovanja u funkciji razvoja tekstilne i odjevne industrije u RH, Zbornik radova 5. međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo, Ujević D., Penava Ž. (ur.), Zagreb, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2012., 265-268

16. Šaravanja B.: Organizacija proizvodnje i održavanje uređenosti proizvodnih pogona, Zbornik radova 4. međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo, Ujević D., Penava Ž. (ur.), Zagreb, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2011., 173-176, ISBN 978-953-7105-39-6

Drugi radovi u zbornicima skupova s recenzijom

1. Dragčević, Z.; Hursa Šajatović, A.; Šaravanja, B.; Kantoci, D.: Analiza gubitaka vremena rada u tekstilnoj industriji, 8. znanstveno-stručno savjetovanje, Zbornik radova Tekstilna znanost i gospodarstvo, Bischof, S. ; Penava, Ž. (ur.), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-Tehnološki Fakultet, 2015., 5-9.

2. Šaravanja Z.; Šaravanja B.: Međugorje - ponuda neba na izazove vremena, Zbornik radova 2. Znanstveno-stučno savjetovanje Kulturno nasljeđe Ujević, Ujević D. (ur.), Zagreb, Duga print d.o.o., Zagreb, 2013., 175-192.

3. Šaravanja Z.; Šaravanja B.: Sveta Ana, majka majke Božje - vjerna žena doma Izraelova Zbornik radova 2. Znanstveno-stučno savjetovanje Kulturno nasljeđe Ujević, Ujević D. (ur.), Krivodol, Duga print d.o.o., Zagreb, 2013., 137-147.

4. Šaravanja Z.; Šaravanja B.; Ujević D.: Gospa sinjska - najvjernija odvjetnica puka svoga Zbornik radova 2. Znanstveno-stučno savjetovanje Kulturno nasljeđe Ujević, Ujević D. (ur.), Krivodol, Duga print d.o.o., Zagreb, 2013., 165-174.

5. Šaravanja, Z.; Šaravanja, B.: Sv. Mihovil arhanđel - uloga i značenje u povijesti spasenja, Zbornik radova 1. Znanstveno-stručno savjetovanje, Kulturno nasljeđe Ujević, Ujević, D. (ur.), Krivodol, Kulturno - umjetnička udruga Ujević, 2011., 91-98.

6. Šaravanja, Z.; Šaravanja, B.: Sve rimske pape, Zbornik radova 3. Znanstveno-stručno savjetovanje, Kulturno nasljeđe Ujević, Ujević, D. (ur.), Krivodol, Hrvatska, Kulturno-umjetnička udruga Ujević, 2015., 123-136.

7. Šaravanja, Z.; Šaravanja, B.: Povijest katoličke crkve u Bosni i Hercegovini, Zbornik radova 3. Znanstveno-stručno savjetovanje, Kulturno nasljeđe Ujević, Ujević, D. (ur.), Krivodol, Hrvatska, Kulturno-umjetnička udruga Ujević, 2015., 169-185.

8. Šaravanja, Z.; Šaravanja, B; Ujević, D.: Stazama Svetoga Pavla, Zbornik radova 3. Znanstveno-stručno savjetovanje, Kulturno nasljeđe Ujević, Ujević, D. (ur.), Krivodol, Hrvatska, Kulturno-umjetnička udruga Ujević, 2015., 157-168.

Druge vrste radova

1. Ujević, D.; Dragčević, Z.; Čunko, R.; Pezelj, E.; Parac-Osterman, Đ.; Pušić, T.; Rogale, D.; Vujasinović, E.; Firšt Rogale, S.; Šaravanja, B.: Razvoj i stanje odora i obuće za djelatnike MUP-a (02 282), znanstveno – istraživački projekt TTF-a i MUP-a RH (povjerljivo), (2010.)

2. Dragčević, Z.; Rogale, D.; Vujasinović, E.; Hursa Šajatović, A.; Šaravanja, B.: Studija novih modela časničkih jakni za potrebe OSRH s prototipovima (UG 202-14-0741) (2014.)

3. Dragčević, Z.; Rogale, D.; Pušić, T.; Vujasinović, E.; Hursa Šajatović, A.; Šaravanja, B.: Edukacijski seminar izobrazbe za potrebe AD Klastera i tt. Kostel promet d.o.o., (2015.)