

# Postojanost zaštitnih svojstava tkanine s inoxom za radnu odjeću

---

Luburić, Marta

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:424870>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

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





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

**POSTOJANOST ZAŠTITNIH SVOJSTAVA TKANINE S INOXOM ZA  
RADNU ODJEĆU**

MARTA LUBURIĆ

Zagreb, rujan, 2021.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET  
ZAVOD ZA ODJEVNU TEHNOLOGIJU

DIPLOMSKI RAD

**POSTOJANOST ZAŠTITNIH SVOJSTAVA TKANINE S INOXOM ZA  
RADNU ODJEĆU**

Mentor:

Doc. dr. sc. Bosiljka Šaravanja

Student:

Marta Luburić (mat. br. 0117224069)

Zageb, rujn, 2021.

ZAVRŠNI RAD KANDIDAT: Marta Luburić

NASLOV RADA: **Postojanost zaštitnih svojstava tkanine s inoxom za radnu odjeću**

NAZIV STUDIJA: Tekstilna tehnologija i inženjerstvo

NAZIV SMJERA: Odjevno inženjerstvo

MENTO RADA: Doc. dr. sc. Bosiljka Šaravanja

ČLANOVI POVJERENSTVA: Prof. dr. sc. Tanja Pušić, predsjednica

Doc. dr. sc. Bosiljka Šaravanja, članica

Izv. prof. dr. sc. Anica Hursa Šajatović, članica

Doc. dr. sc. Ivana Špelić, zamjenica članice

JEZIK TEKSTA: hrvatski

RAD SADRŽI: 58 stranica

33 slike

20 tablica

2 matematička izraza

37 literaturnih navoda

INSTITUCIJA U KOJOJ JE RAD IZRAĐEN: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

DATUM OBRANE RADA: 28.9.2021.

## ZAHVALA

Veliku zahvalnost, u prvom redu, dugujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Bosiljki Šaravanji za svu brižnost i strpljenje kroz cijelo vrijeme moga studiranja.

Također, zahvaljujem se svojim prijateljicama, koje su bile uz mene i bez kojih cijeli ovaj tijek studiranja ne bi prošao lako i zabavno.

Na kraju, najveću zaslugu za ono što sam postigla pripisujem svojim roditeljima i svom mužu koji su uvijek bili tu za mene i bez kojih sve što sam postigla u životu ne bi bilo moguće.

Veliko HVALA svima!

Ovaj diplomski rad izrađen je na Zavodu za odjevnu tehnologiju i Zavodu za tekstilnu kemiju i ekologiju Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta i na Zavodu za komunikacijske i svemirske tehnologije Sveučilišta u Zagrebu Fakulteta elektrotehnike i računarstva u sklopu projekta Hrvatske zaklade za znanost, IP-2018-01-7028: Oklapanje od elektromagnetskih polja električki vodljivim tekstilnim materijalima - SEMECTEX.

## SAŽETAK

U ovom diplomskom radu ispitana je postojanost zaštitnih svojstava tkanine s inoxom za radnu odjeću. U teorijskom dijelu opisana su elektrovodljiva vlakna kao osnova za izradu zaštitne odjeće za elektromagnetsko zračenje te su navedena svojstva zaštitnih materijala. Nadalje je dan opis elektromagnetskog zračenja, njegova podjela i štetan utjecaj na ljudsko zdravlje. Nakon toga, ukratko su opisani njega i održavanje tekstila s naglaskom na kemijsko i mokro čišćenje. U eksperimentalnom dijelu diplomskog rada dan je detaljniji opis tkanine s inoxom te konstrukcijske značajke. Cilj diplomskog rada je bio utvrditi postojanost zaštitnih svojstava tkanine s inoxom koja se koristi za izradu zaštitne odjeće. Učinkovitosti zaštite je izračunata na temelju vrijednosti dobivenih mjernim postavom koji je postavljen prema međunarodnim normama IEE-STD 299-97, MIL STD 285 i ASTM D-4935-89. Učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja utvrđena je za neobrađeni uzorak te nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja te pranja sa specijalnim tekućim i praškastim deterdžentom Texcare Y-Shield na frekvenciji: 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz. Prema dobivenim rezultatima ispitanih uzoraka tkanine s inoxom učinkovitost zaštite smanjuje se svakim narednim ciklusom održavanja.

***Ključne riječi:*** zaštitna tkanina s inoxom, radna odjeća, elektromagnetsko zračenje, učinkovitost zaštite (SE), kemijsko i mokro čišćenje, specijalni deterdžent Texcare Y-Shield

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	3
2.1. Elektrovodljiva vlakna.....	3
2.2. Zaštitni tekstilni materijali.....	6
2.3. Zaštitna odjeća.....	9
2.4. Elektromagnetsko zračenje.....	14
2.5. Svojstva materijala koja utječu na zaštitu od EM zračenja.....	17
2.6. Njega i održavanje tekstila.....	20
2.6.1. Kemijsko čišćenje.....	21
2.6.2. Mokro čišćenje.....	22
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	23
3.1. Tekstilni materijal.....	23
3.2. Postupci obrade.....	25
3.2.1. Proces obrade tkanine kemijskim čišćenjem.....	25
3.2.2. Proces obrade tkanine mokrim čišćenjem.....	26
3.2.3. Proces obrade tkanine sa specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield.....	28
3.2.4. Proces obrade tkanine sa specijalnim praškastim deterdžentom Texcare Y-shield.....	30
3.3. Mjerne metode.....	32
3.3.1. Konstrukcijske značajke plošnih proizvoda.....	32
3.3.2. Karakterizacija površine tkanine.....	34
3.3.3. Mjerenje učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja.....	34
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	38
4.1. Karakterizacija površine.....	38
4.2. Učinkovitost zaštite (SE).....	43
5. ZAKLJUČAK.....	55
6. LITERATURA.....	56

## 1. UVOD

Zaštitna odjeća predstavlja sigurnost i dobrobit radnika na radnom mjestu, stoga je postojanost zaštitnih svojstava tekstilnog materijala, od kojih se radna odjeća izrađuje iznimno važna. Ozljede na radnom mjestu ili smrt mogu trajno promijeniti život čovjeka. Ljudski gubici i patnja su nemjerljivi i svaki posao predstavlja određeni rizik. Zbog toga su zahtjevi za svojstva radne odjeće vrlo visoki i zahtjevni za proizvođače. Sve odgovorne tvrtke trebale bi imati u interesu redovno održavanje radnih mjesta. Odvajanje vremena i sredstava kako bi se osigurala svakodnevna sigurnost radnika ono je što poslodavce čini odgovornima.

Ljudi oduvijek žive okruženi štetnim zračenjima, bilo da je riječ o suncu (UV zračenju), polarnoj svjetlosti, zemljinim magnetskim poljima, olujama i sl. Međutim razvojem novih tehnologija koji su uvelike promijenile i olakšale način ljudskog života došlo je do pojave elektrosмога. Izvori ovakvih zračenja kao što su radio, televizija, mobiteli, komunikacije često nisu kontrolirani jer ih se ne smatra opasnim. Ipak nedovoljno je poznat njihov učinak s obzirom na vrijeme izlaganja.

Elektromagnetsko zračenje (EM) je pojava širenja električnih i magnetskih valova, tj. čestica zvanih fotoni, a razlikuje se po frekvenciji ili valnoj duljini i obuhvaća širok raspon frekvencija:

- od vrlo niskih, kao što je frekvencija rada elektroenergetskog sustava (50 Hz),
- od  $10^{15}$  Hz i više kod ultraljubičaste svjetlosti
- do frekvencije preko  $10^{21}$  Hz kod gama-zraka.

Ljudi većinu zračenja ne mogu osjetiti te su ljudska osjetila razvijena samo za vidljivu svjetlost (tolpinu), ali ne i za druge vrste EM zračenja što nikako ne znači da zračenja ne utječu na ljudski organizam. Kada procjene ukazuju na mogućnost da razina EM polja prelazi dozvoljenu vrijednost prekoračenja, poslodavac treba poduzeti odgovarajuće mjere. Kao npr. upotreba drugačijeg radnog postupka, ograničavanje pristupa, postavljanje znakova sigurnosti, upotreba odgovarajuće radne opreme i sl.



Poznato je da se pri zaštiti od štetnih zračenja koriste i tekstilni materijali koji sadrže metalne niti (inox, srebro, bakar, aluminijski, nikal i sl.). Na taj način tekstilni materijali imaju dobru električnu vodljivost te mogu osigurati zaštitu na radnim mjestima gdje izvor zračenja može biti štetan po ljudsko zdravlje. Ovisno o izvoru zračenja te izloženosti ljudskog organizma radna odjeća može imati različita svojstva zaštite koja ovise o sastavu tekstilnog materijala, debljini, vrsti i količini metalnih niti, dodatnim oplemenjivanjima i sl. Zaštitno radna odjeća ima propisani način održavanja kako bi se zaštitna svojstva materijala od kojih je izrađena što duže održala te na taj način osigurala funkcionalnost zaštite. Proces održavanja radne odjeće narušavaju zaštitna svojstva tekstilnih materijala te je bitno poznavanje načina njege i održavanja određene zaštitne odjeće.

Slijedom navedenog zaštitna odjeća, tehnološki proces izrade i odabir tekstilnog materijala je zahtjevniji od propisanih pravila i normi, obzirom da proizvod treba biti funkcionalan, učinkovit i udoban.

## **2. TEORIJSKI DIO**

U teorijskom dijelu opisana su elektrovodljiva vlakna kao osnova za izradu elektrovodljivih tekstilnih materijala. Nadalje ukratko je opisana povijest tekstila i njegovo značenje. Detaljnije su obrađena poglavlja zaštitnih materijala i odjeće te njihova svojstva. Prikazan je popis piktograma za zaštitnu odjeću i područje zaštite. Također je opisan pojam elektromagnetskog zračenja i njegova podijela, utjecaj i mjerni instrumenti koji se koriste kod mjerenja učinkovitosti zaštitne tkanine. Na kraju teorijskog dijela navedene su osnovne značajke održavanja i njege zaštitne odjeće.

### **2.1. Elektrovodljiva vlakna**

Vlakna se prerađuju u (raznovrsnim) procesima tekstilne tehnologije, a njihova se svojstva usklađuju s predviđenom namjenom proizvoda i odgovarajućim zahtjevima korisnika. Dijele se na dvije velike skupine, a to su prirodna i umjetna vlakna. Velik dio zaštitnih tkanina koje su potrebne za izradu zaštitne odjeće ne bi bio funkcionalan da nema umjetnih (metalnih) vlakna čija se svojstva postižu različitim preradama vlakana. Veliku skupinu kemijskih vlakana čine anorganska, kojima se značenje i uporaba konstantno povećavaju zahvaljujući iznimnim svojstvima. Osnovne odlike su im negorivost (osim ugljičnih vlakana), velika termomehanička otpornost (moguća trajna uporaba na visokim temperaturama), velika vlačna čvrstoća, veliki modul elastičnosti, relativno velika kemijska otpornost i nekorozivnost. Umjetna vlakna kao što su bakrena, metalna i ugljikova apsorbiraju štetna zračenja. Zbog svojih raznovrsnih značajki, navedena umjetna vlakna osim u tekstilnoj industriji koriste se i u drugim industrijskim granama [1, 2].

Zahtjevi na vlakana i materijale za različita područja primjene izuzetno su visoki i specifični, a postižu se inženjeringom vlakana tj. razvojem novih generičkih tipova vlakana ili modifikacijama postojećih konvencionalnih vlakana. Tako se inovativnim proizvodnim i doradnim procesima postojećim konvencionalnim vlaknima može uvelike unaprijediti vrijednost, te se kao takva mogu koristiti za dizajn novih tekstilnih materijala ciljanih svojstava u upotrebi [3].

Određena tekstilna vlakna imaju karakteristična električna svojstva, nekima je to svojstvo izraženije više nekima manje, npr. ako su posve suha i bez nekih vodljivih dodataka ponašaju se kao dobri izolatori tj. imaju veliki električni otpor. Ako je specifični otpor veći, vlakna imaju manju električnu vodljivost i bolja elektroizolacijska svojstva. Bitno je napomenuti da već male količine vlage, različitih aditiva i sredstava za oplemenjivanje tekstilnih materijala značajno smanjuju električni otpor tj. narušavaju elektroizolacijska svojstva. U tablici 1. je dan prikaz različitih vrsta vlakana te njihov specifični otpor [1].

**Tablica 1.** Električni otpor različitih vrsta vlakana [1]

Vlakno	CV	CA	CTA	PA	PES	PP	PAN	PTFE	GF	CF
<b>Specifični otpor <math>\Omega\text{cm}</math></b>	$10^6$ do $10^7$	$10^9$ do $10^{12}$	$\approx 10^{14}$	$10^9$ do $10^{14}$	$10^{11}$ do $10^{14}$	$>$ $10^{13}$	$10^8$ do $10^{14}$	$>10^{14}$	$10^{12}$ do $10^{15}$	$10^{-3}$

Kao što je vidljivo iz tablice 1. ugljikova vlakna (CF) se ističu po jako maloj otpornosti što ukazuje na izvrsnu električnu vodljivost. Ugljikova vlakna se dobivaju iz gotovih umjetnih anorganskih vlakana i za njih su karakteristična sljedeća svojstva: kemijska inertnost, velika otpornost na djelovanje kiselina, lužina i organskih otapala, velika termootpornost, dobra električna provodnost, nemagnetičnost, neznatna apsorpcija rendgenskog zračenja, neupijanje vlage, velika krutost i krtost [1].

Glavni izazov u razvoju elektrovodljivih vlakana je postizanje prihvatljivog kompromisa između njihovih mehaničkih i električnih svojstava. Mnoga sintetička vlakna koja se koriste za tekstilne materijale su izolacijski materijali s električnim otporom za elektromagnetsku zaštitu. Pri izradi materijala od štetnih utjecaja EM zračenja bitno je paziti na postojanost značajnih karakteristika tekstilnog materijala kao što su fleksibilnost, udobnost i sl., ovisno o njegovoj namjeni. Kod oblikovanja elektrovodljivih pređa, metalna i tekstilna vlakna se upredaju zajedno te dobivene niti budu elektrovodljive zaslugom upredenih metalnih vlakana. U kombinaciji s tekstilnim vlaknima, najbolje rezultate elektrovodljivosti daje srebro. Međutim, vanjski utjecaji i održavanje uzrokuju odvajanje srebrnih čestica od površine pa se tako elektrovodljivost smanjuje [4].

U tablici 2. prikazana su vlakna koja se najčešće koriste za zaštitu od elektromagnetskih i mikrovalnih zračenja.

**Tablica 2.** Naziv i slikovni prikaz najčešće korištenih vlakana za zaštitu od EM zračenja [5 - 8].

Naziv		Slikovni prikaz
Metalna vlakna	Srebrna	
	Čelična (inox)	
Bakrena vlakna		
Ugljikova vlakna		

Bakrena vlakna (CUP) su početkom 20. stoljeća imala veliko značenje kao tekstilna sirovina i osobito su bila cijenjena u obliku filamenata, a spadaju u skupinu umjetnih celulozних vlakana. Bakrena vlakna su također u mješavini s tekstilnim vlaknima poput pamuka pokazala znatan utjecaj u zaštiti od EM zračenja. Budući da bakrena vlakna imaju veći udio amorfnog područja, imaju i bolja svojstva apsorbivnosti [1, 9].

Osim vlakana od metala navedenih u tab.2., također se koriste i vlakna od aluminija, berilija i volframa. Kako bi se mogla prerađivati u tekstilnoj industriji, promjer metalnih vlakana treba biti vrlo mali ( $\approx 10 \mu\text{m}$ ). U primjeni je više postupaka dobivanja finih metalnih niti od kojih najveće značenje imaju postupak izvlačenja i Taylorov postupak te za vrpčasta vlakna postupak rezanja folije. Metalna vlakna su većinom čvrsta, a neka od njih imaju i visok modul elastičnosti. Temperature taljenja su im također uglavnom visoke. Uz mehanička svojstva, glavne značajke koje određuju specifična područja njihove primjene su velika električna i termička vodljivost. Osim metalnih vlakana u tekstilnoj primjeni su i metalizirana vlakna koja su izvana obavijena tankim metalnim slojem. Takva

vlakna se lakše prerađuju, imaju lijep izgled i zadržavaju neke osnovne karakteristike metalnih vlakana kao npr. električnu vodljivost. Pomoću takvih vlakana rade se tekstilni materijali koji se koriste za izradu zaštitne radne odjeće koja se nosi u prostorima u kojima je moguće pražnjenje elektrostatskog naboja i sl. [1].

## **2.2. Zaštitni tekstilni materijali**

Od početaka čovječanstva pa do danas tekstilom se čovjek štitio od hladnoće i prevelike vrućine, njime je svoj život učinio ugodnijim, ali je tekstilom također iskazivao svoju moć, status u društvu, pripadnost određenoj sociološkoj skupini, njegovao tradiciju ili slijedio suvremene modne trendove [1].

Tkanje je stoljećima bila dominantna tehnika izrade tekstila. Međutim razvojem brojnih drugih tehnika izrade složenijih tekstilija, značenje pojma tekstil se širi te je prihvaćena definicija prema kojoj je tekstil uopćeni naziv za vlakna i sve proizvode načinjene od njih bilo kojom prerađivačkom tehnologijom tj. pređenjem, tkanjem, pletenjem, čipkanjem, iglanjem i dr. [10].

Pojam tekstil uključuje sve:

- linearne tvorevine – vlakna, pređe, konopce, užad
- plošne tvorevine – tkanine, pletiva, čipke, mreže, netkane tekstilije, prostirače i podne obloge
- konfencionirane proizvode načinjene od linearnih i plošnih tekstilija – odjeća, stolno i posteljno rublje, ambalaže (vrećice, cerade), oprema za kampiranje, zračni jastuci i dr. [10].

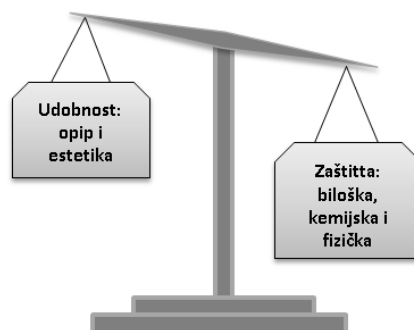
Suvremena proizvodnja vrhunskih tekstilnih materijala izuzetnih svojstava nezamisliva je bez suvremene tehnologije. Tekstilni materijali šire granice primjene iz konvencionalne tekstilne namjene na sasvim nova donedavno gotovo nezamisliva područja. Nedvojbeno je da je razvoj u području vlakana značajno proširio ljudske spoznaje i omogućio nove iskorake u znanstvenom i tehničkom smislu. Jedan od takvih iskoraka je zasigurno i razvoj različitih zaštitnih materijala općenito kao i zaštitnih materijala za mikrovalna elektromagnetska zračenja kojima je današnji čovjek sve češće izložen [1].

Tijekom radnog procesa ljudsko tijelo je izloženo mnogobrojnim opasnostima i štetnostima. Zaštitna odjeća ima funkciju zaštite ljudi od različitih vrsta ugroza koje su štetne i opasne za zdravlje. Zaštitni učinak odjeće prvenstveno ovisi o kvaliteti i prikladnosti određenog tekstilnog materijala. Suvremeni tekstilni materijali bazirani su na sintetičkim polimerima i kompozitnim strukturama. Iako su danas umjetni materijali rasprostranjeni u svim industrijskim granama, kada je riječ o izboru materijala za zaštitu ljudi i dalje su prvi izbor prirodni materijali (npr. pamuk koji u miješavini s drugim umjetnim vlaknima osigurava tekstilnom materijalu dodatnu kvalitetu i uporabu). Gotovi materijali se dodatno mogu oplemenjivati različitim obradama kojima se može postići određeni stupanj zaštite za ljudsko zdravlje [11].

Zaštitni materijali imaju funkciju zaštite ljudskog zdravlja od različitih štetnosti koje mogu biti:

- kemijske štetnosti – kiseline i lužine i ostale toksične industrijske kemikalije, ratni kemijski agensi, radioaktivnost, radioaktivni elementi i štetna zračenja, pesticidi, teški metali, goriva i maziva
- biološke štetnosti – bakterije, klamidije, virusi i gljivice, višestanični nametnici i toksini
- fizičke štetnosti – temperature izvan termoregulacijskog područja, fizičke ozljede tijela i strujne ozljede, buka i vibracija, svjetlost i osvjetljenje [11].

Na slici 1. slikovito su prikazana zaštitna svojstva koja trebaju biti prioritet pri izradi zaštitne radne odjeće kao i udobnost (odmah nakon zaštitnih svojstava) pri čemu se podrazumijeva opip tj. površina tekstilnog materijala koja je u doticaju s kožom i estetski izgled radne odjeće.

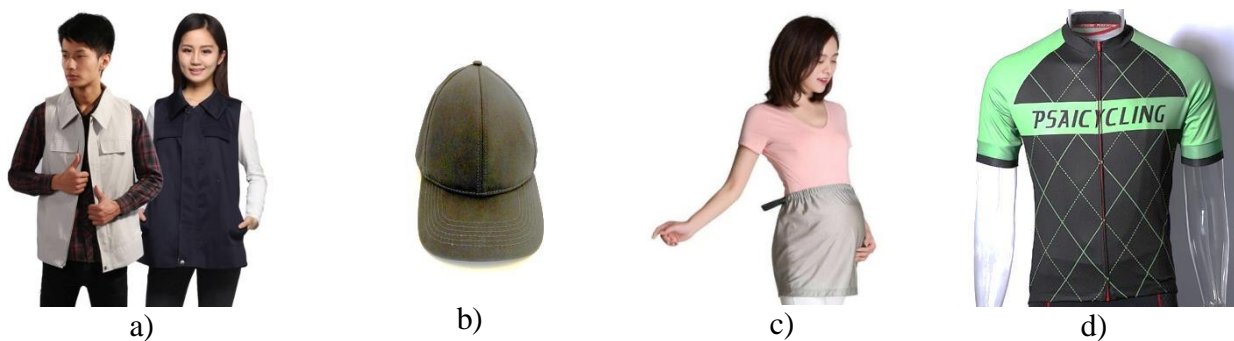


**Slika 1.** Bitne značajke zaštitnih materijala

Uz velike troškove proizvodnje zaštitnih materijala važni parametri su otpornost na habanje, postojanost na kemikalije, otpornost na stvaranje statičkog elektriciteta, perivost, svi aspekti termičkog ponašanja, apsorpcija vlage i mogućnost stvaranja udobnosti materijala. Osobna zaštitna oprema za zaštitu tijela treba biti izrađena od odgovarajućih materijala, tako da bude prvenstveno funkcionalna i ukoliko je moguće komforna, lagana i udobna te ergonomski oblikovana [11].

Porastom električnih i elektrotehničkih uređaja koji zrače EM energiju u različitim frekvencijskim područjima postaje obavezno ograničiti i zaštititi elektroničke uređaje od izvora interferencije zbog različitih EM energija. Postoji stalna potreba da se postave granice EM zračenja takvih uređaja da bi se minimalizirala mogućnost interferencije s radijskim i žičanim komunikacijama. Među različitim rješenjima za ovu vrstu zaštite pozornost istraživača su privukli tekstilni proizvodi i kompozitni materijali zbog svoje raznolike primjene [12].

Zaštitni materijali za EM zračenja kao i odjeća rađena od njih koriste se i u domaćinstvu te pri obavljanju svakodnevnih životnih aktivnosti. Dostupni su različiti tekstilni dodaci odjeći kao što su kape za zaštitu od štetnih zračenja, metalizirane tkanine za zaštitu predijela stomaka kod trudnica, kombinezoni, sportska opreme i sl. (sl. 2.).



**Slika 2.** Zaštitna odjeća: a) prsluk za zaštitu od EM zračenja, b) šilterica sa zaštitom od EM zračenja, c) zaštita od EM zračenja za trudnice, d) sportska majica protiv štetnih zračenja

Jedan od primjera zaštitnog materijala od EM mikrovalnog zračenja koja se koristi u domaćinstvu je zaštitna podloga za krevet. Proizvod je namijenjen za zaštitu od EM zračenja koje stvaraju dalekovodi, trafostanice, električni uređaji, električne instalacije i sl.

Pružna zaštitu od elektromagnetskog zračenja električnih polja niske frekvencije i namjenjena je za sve ljude neovisno o njihovom zdravstvenom stanju. Sastoji se od posebne dvoslojne pamučne tkanine pletene s inox nitima, a radi pomoću priključaka za uzmljenje. Učinkovitost zaštite od EM zračenja može se značajno povećati projektiranjem višeslojnih tekstilno-polimernih materijala. Višeslojni materijali za zaštitu od EM zračenja mogu sadržavati zaštitne polimerne premaze koji u sebi imaju mikro prah od sitnih čestica metala [13, 14].

### 2.3. Zaštitna odjeća

Zaštitna odjeća, obuća i oprema najčešće pružaju više zaštitnih funkcija istodobno, ali je podijeljena prema glavnoj odnosno osnovnoj zaštitnoj funkciji koju ima. Unatoč velikom razvoju tehnike i tehnologije mnoga radna mjesta su još vrlo rizična. Osnovni zahtjevi koje zaštitna radna odjeća treba ispuniti su izgled, kroj, oblik, boja, površina materijala, podatnost i ugodnost pri nošenju, otpornost na gužvanje, mrlje, habanje i sl. što ovisi o modelu, vrsti materijala, tehnologiji izrade i dorade. Na slici 3. prikazani su osnovni čimbenici koji utječu na projektiranje zaštitne radne odjeće [15].



**Slika 3.** Čimbenici koji utječu na projektiranje zaštitne radne odjeće [15]



Vrlo često zaštitna odjeća treba istovremeno osigurati više zaštitnih funkcija kao npr. vodonepropusnost i paropropusnost. Da bi bila djelotvorna s mogućnošću funkcionalne primjene, zaštitna odjeća treba imati sljedeća obilježja:

- univerzalna, s obzirom na konstrukcijsku izvedbu, jer nema podjele na mušku i žensku odjeću,
- izrađuje se u nekoliko odjevnih veličina koje omogućuju upotrebu u širokom rasponu statičkih antropometrijskih razmjera,
- ergonomski oblikovana u skladu s dinamički antropometrijskim uvjetima uporabe, a pri izvođenju aktivnosti mora osigurati udobnost kod nošenja i visok stupanj slobode pokreta,
- posebno dizajnirana, pri čemu su sagledane sve mogućnosti uvjeta nošenja koji mogu nastati prilikom uporabe kao npr. nošenje alata, pribora, aparata za disanje i sl. [11].

Zaštitna radna odjeća se koristi u svim granama industrije i poslovima kao što su: policija, vatrogasci, medicinsko osoblje, zdravstveni radnici, radnici za zaštitu okoliša, radnici u električnoj industriji i sl. Ova odjeća obično uključuje zaštitne maske, hlače i kombinezone, zaštitne rukavice i čizme i dr. Svaki dio zaštitne odjeće mora ispuniti odgovarajuće norme, kao što su stupanj zaštite, otpornost na habanje, puknuća, zapaljivost, način održavanja i skladištenja [12].

Zaštitna odjeća koja dizajnom i sirovinskim sastavom nije prilagođena radnim uvjetima može izazvati dodatne poteškoće. U Republici Hrvatskoj opća norma za zaštitnu odjeću je HRN EN 340:2004 i definira zaštitnu odjeću kao odjeću koja pokriva ili zamjenjuje osobnu odjeću, te pruža zaštitu od jednog ili više rizika koji mogu ugroziti ljudsku sigurnost i zdravlje. Navedena norma ne može se koristiti samostalno već isključivo u kombinaciji s nekom drugom normom koja sadrži specifične zahtjeve za zaštitnu radnu odjeću. Osnovni zahtjevi za radnu odjeću prema navedenoj normi su:

- neškodljivost – Odjeća ne smije nepovoljno utjecati na zdravlje korisnika i mora biti izrađena od materijala kao što su tekstil, koža, guma, plastika i drugih koji su dokazano kemijski prikladni. Tekstilni materijali od kojih je radna odjeća izrađena,

za vrijeme uporabe, ne smiju propuštati tvari koje su otrovne, kancerogene, alergene 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 treba osigurati pokrivenost svih bitnih dijelova tijela prilikom očekivanog kretanja korisnika te preklapanje dijelova odjeće.
- udobnost – To je subjektivan osjećaj koji se najčešće definira kao odsutnost boli odnosno neudobnosti. Opterećenost odjećom najčešće se izražava pojmovima kao što su: pretoplo, prevlažno, prekruto i sl., te izaziva pad koncentracije pri obavljanju posla [16].















Kod prevencije i zaštite od različitih zračenja, cilj zaštite prije svega treba biti sprječavanje nastanka učinaka koji su rezultat direktnog izlaganja zračenju te ograničiti na najmanju moguću mjeru pojavu posljedica. Potrebno je osigurati da prilikom obavljanja poslova kod kojih dolazi do izlaganja štetnom zračenju to izlaganje bude opravdano tj. da korist od izlaganja bude veća od štete. S obzirom da ne postoji tako mala doza zračenja za koju bi se moglo tvrditi da je apsolutno sigurna te da neće izazvati oštećenja, preporučava se praćenje sustava zaštite temeljen ovim načelima: opravdanost (korist veća od štete), optimalizacija (izlaganja zračenju moraju se održavati nisko koliko je racionalno moguće), ograničenje (izlaganje pojedinca zračenju niže od zakonom utvrđenih granica) i granice doza (zakonom određene granice doza za djelatnike) [17].



**Slika 4.** Zaštitno odijelo za zaštitu od radioaktivnog zračenja [18]

Predhodno navedena hrvatska norma (HRN EN 340:2004) navodi piktograme (tab. 3.), kao i odgovarajuće norme koje se primjenjuju kod zaštitne odjeće [11].

**Tablica 3.** Piktogrami za zaštitnu odjeću i područje zaštite [11]

Piktogram	Područje zaštite	Piktogram	Područje zaštite
	Zaštita od zahvaćanja pokretnim dijelovima		Zaštita od posjekotina i uboda ručnim nožem
	Zaštita od hladnoće		Zaštita od radioaktivne kontaminacije
	Zaštita od kiše		Zaštita od mikroorganizama
	Zaštita od kemikalija		Zaštitna odjeća za vatrogasce
	Zaštita od statičkog elektriciteta		Upozoravajuća odjeća visoke uočljivosti
	Zaštita pri radu s motornom pilom		Odjeća za zaštitu pri radu s mlazom abraziva
	Zaštita od topline i plamena		Zaštitna odjeća (oprema) za vozače motocikla

Oznake koje se našivaju na zaštitnu odjeću trebaju sadržavati osnovne informacije kao što su: naziv, trgovačka marka, tvornička oznaka tipa odjeće i/ili tvorničko ime, oznaku odjevne veličine, broj specifične norme, piktogram koji prikazuje specifičnu opasnost, dizajn odjeće, razinu zaštitnog djelovanja i upute o načinu održavanja odjeće [16].

Dizajniranje zaštitne odjeće kao sastavni dio osobne zaštitne opreme je izuzetno složen zadatak. Zaštitna odjeća treba biti izrađena na način da odgovara uvjetima uporabe za koju je namjenjena tako da radnik može obavljati posao dok istovremeno ne mora razmišljati o udobnosti osobne zaštitne opreme. Zaštitna odjeća treba biti dizajnirana i proizvedena za višekratnu uporabu bez smanjene učinkovitosti tj. uporabom ne bi trebala gubiti svoju prvobitnu namjenu imajući na umu okolnosti u kojima se određeni posao obavlja i pokrete koje radnik treba napraviti pri obavljanju posla [19].

Da bi se izradila, zaštitna odjeća koja će zadovoljavati osnovne potrebe korisnika treba proći par osnovnih koraka:

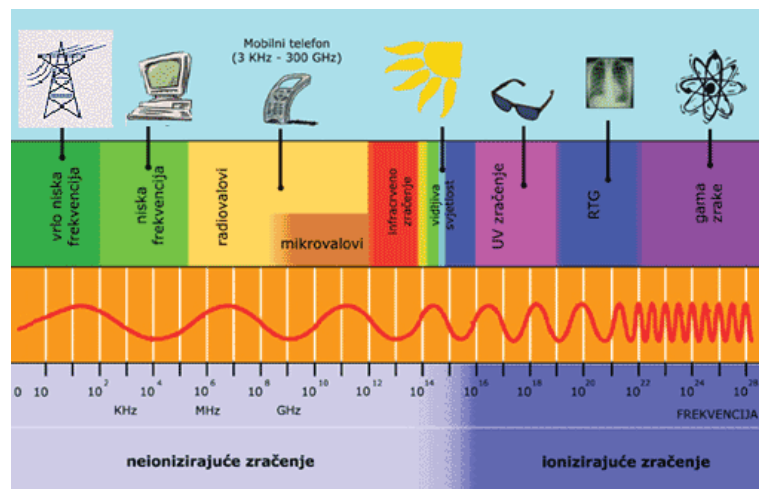
- prepoznavanje problema,

- definiranje problema,
- objektivne postavke: definiranje razine zaštite, dodatnih funkcija i sl.,
- razvoj ideje/tehničko rješenje: izbor materijala, definiranje metoda izvedbe zaštitnih svojstava, definiranje fizikalnih i mehaničkih svojstava te posebnih zahtjeva zaštitne odjeće, definiranje termo-fizioloških zahtjeva na zaštitnom materijala, definiranje odgovarajućih komponenata poput senzora, aktuatora i sl. ako se radi o pametnoj ili inteligentnoj odjeći,
- smjernice za izradu zaštitne odjeće: projektne specifikacije, dizajn, izrada prototipa, kontrola i usavršavanje prototipa,
- modifikacije prototipa,
- provjeravanje ergonomske značajki,
- procjena konačnog modela i izrada zaštitne odjeće i
- ovjera putem direktive 89/686/EEZ za osobnu zaštitnu opremu [19].

Zaštita radnika na radnom mjestu provodi se zakonsko-administrativnim, organizacijskim, tehničkim, osobnim i medicinskim mjerama. Obveza poslodavca prema pravnoj regulative je osigurati radnicima osobnu zaštitnu opremu u slučaju ako organizacijskim i tehničkim mjerama isto nije moguće, a radnik je dužan upotrebljavati propisanu osobnu zaštitnu opremu. Svako zaštitno odijelo koje je isporučeno i primijenjeno mora imati dokaz da je proizvod ispitan te zadovoljava odgovarajuće propise i norme. Svu zaštitnu odjeću za trajnu uporabu treba redovito čistiti u skladu s uputama i preporukama proizvođača. Zaštitna odjeća svojim određenim svojstvima štiti tijelo od mogućih ozljeda, ujedinjujući aktivna i pasivna stajališta sigurnosti [11].

## 2.4. Elektromagnetsko zračenje

Elektromagnetsko zračenje je protok energije brzinom svjetlosti u obliku električnih i magnetskih polja koja čine elektromagnetske valove. Elektromagnetsko polje ne može se namirisati ili osjetiti ljudskim osjetilima. Ljudi su u današnje vrijeme sve više okruženi elektromagnetskim smogom, a mobilni telefoni su za većinu ljudi najveći potencijalni izvor zračenja, manji dio ljudi izložen je jačem elektromagnetskom zračenju. Elektromagnetsko polje može se izmjeriti električnim ili magnetskim osjetilima, odnosno profesionalnim uređajima [20, 21].



Slika 5. Elektromagnetski spektar [22]

Osnovna podjela elektromagnetskog zračenja:

- ionizirajuće zračenje i
- neionizirajuće zračenje [23].

Neionizirajuće zračenje je opći naziv za dio elektromagnetskog spektra (slika 5.) sa slabom energijom fotona, koja nije dovoljna za razbijanje atomskih veza u ozračenom materijalu, ali još uvijek ima snažan efekt zagrijavanja. Prirodni izvori neionizacijskog zračenja su Sunce, udaljene zvijezde, ostali kozmički izvori te zemaljski izvori kao što su munje. Nabrojani izvori su slabog intenziteta u usporedbi s razinama elektromagnetske energije u prirodi, koju stvaraju umjetni izvori. Elektromagnetski spektar neionizirajućeg zračenja se širi od ekstremno niskih do vrlo visokih frekvencija prema radiofrekvencijama, infracrvenom zračenju sve do vidljivih svjetlosti i ultraljubičastih zraka [23].

Neionizirajuće zračenje uključuje:

- ultraljubičasto zračenje,
- vidljivu svjetlost,
- infracrveno zračenje,
- radiofrekventijska zračenja,
- mikrovalna zračenja,
- polja ekstremno niskih frekvencija i
- statična električna i magnetska polja [24].

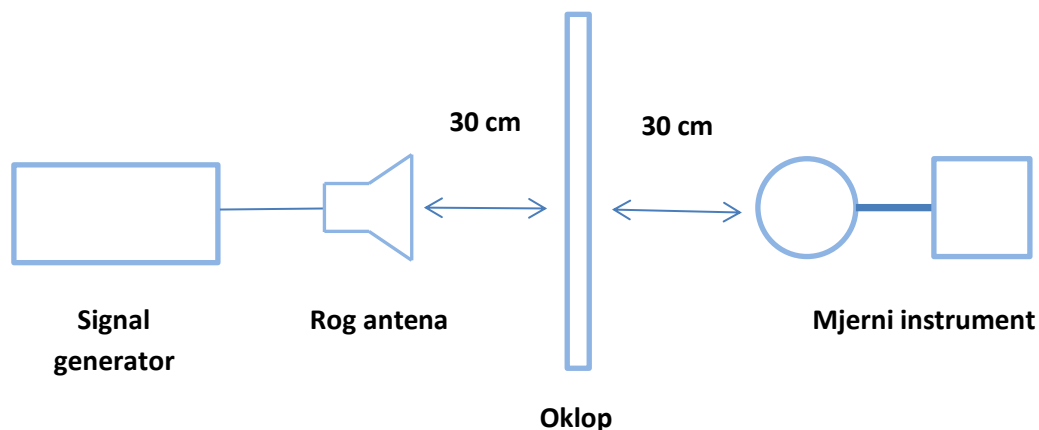
Zračenje koje ima dovoljno energije da u međudjelovanju s tvari ionizira tu tvar naziva se ionizirano zračenje. Promjene materije odnose se na promjene energetskog stanja atoma ili sastava atoma i atomske jezgre, pri čemu se emitiraju fotoni ili elementarne čestice. Pobudom ili ioniziranjem atoma u živoj stanici, zračenje utječe na životne funkcije stanice, a time i na živa tkiva, ograne i organizme [23].

Ionizirajuće zračenje uključuje slijedeće:

- X – zrake,
- Y – zrake i
- kozmičke zrake [12].

Interakcija elektromagnetskog polja i ljudskog tijela odvija se u oba smijera. Osnovno međudjelovanje električnog i magnetskog polja s materijalima očituje se u silama koje se stvaraju na nabojima u materijalima. Materijali se obično klasificiraju kao magnetski ili nemagnetski. Magnetski materijala imaju magnetske dipole na koje jako utječe primjenjeno polje, dok kod nemagnetskih materijala to nije slučaj. Tkiva u ljudskom tijelu imaju relativnu magnetsku permeabilnost jednaku 1, što znači da su nemagnetski materijali [21].

Učinkovitost oklopa (zaštite) od elektromagnetskog zračenja mjeri se pomoću signal generator, rog antene te mjernog instrumenta prema slici 6. Svrha odašiljačke antene je učinkovito pretvaranje električnog signala u energiju zračenja, a prijemne antene učinkovito primanje zračne energije i pretvaranje u električni signal za daljnju obradu. [12].



**Slika 6.** Mjerenje učinkovitosti oklopa [12]

Svaki električni uređaj zrači elektromagnetsku energiju. Ukoliko izračena energija prelazi sigurnosnu razinu, može utjecati na rad drugih električnih uređaja. Taj se utjecaj uređaja čije se zračenje promatra manifestira na način da degradira ili čak onemogućuje rad drugih uređaja. Izračena energija može biti štetna za zdravlje živih organizama koji se nalaze u blizini zračećih uređaja [12].

Često korištenje električnih uređaja može utjecati na zdravlje ljudi na način da može izazvati razne zdravstvene smetnje kao što su: promjene u ponašanju, povećanje stresa, nesanice, srčane aritmije i sl. Djelovanjem na metaboličke aktivnosti povećava se rizik obolijevanja od raka što su pokazala medicinska istraživanja [25].

Kako bi se takve vrijednosti jakosti električnih polja imale pod kontrolom, iznosi polja moraju biti normirani normom HRN EN 55014 koja definira granične vrijednosti za različite grupe uređaja [26].

## 2.5. Svojstva materijala koja utječu na zaštitu od EM zračenja

Za zaštitu od EM zračenja koriste se vodljivi materijali, tkanine i pletiva s metalnim vlaknima i metalnom žicom, metalne folije, vodljive boje, lakovi i premazi kako bi smanjili transmisiju EM zračenja koja utječe na ljude odnosno na uređaje. Znanstvenici iz različitih područja proveli su razna istraživanja tekstilnih materijala s udjelom elektrovodljivih metala koji imaju zaštitna svojstva od EM zračenja pri čemu su rezultati varirali ovisno o konstrukcijskim i doradnim parametrima [25].

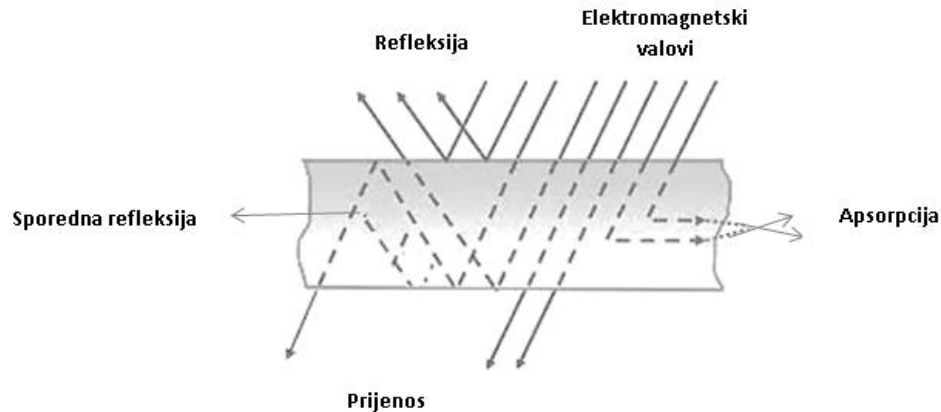
Zaštita od elektromagnetskog zračenja potrebna je na visokim i na niskim frekvencijama. To je važno za elektroničku opremu koja mora sigurno raditi u okruženju s drugim elektroničkim uređajima, kao i za samog čovjeka. Tekstil koji ima poseban dizajn omogućuje upotrebu vrlo tankih metalnih žica zajedno s pamukom ili drugim prirodnim materijalom ručne izrade. Tekstil se kao takav može koristiti kao odjeća ili zaštita za osjetljivu elektroničku opremu. Elektrovodljive tkanine mogu se koristiti kao pregrade za sobe, zavjese, kableske štitove, šatore, podne prostirke i odjeću. Neke tkanine čak mogu biti i uzemljene te primjena takvih tkanina može uključivati ugradnju u zidove [25].

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 visokom zaštitom od EM zračenja. Ukoliko se smanji finoća, poveća broj slojeva i debljina, predhodno navedeni materijali imat će bolju zaštitu, dok povećanje broja otvora negativno utječe na zaštitna svojstva. [25].

Kako je naboj elektromagnetskog zračenja prisiljen vibrirati u mediju, energija se gubi u obliku topline. Način gubitka učinka elektromagnetskog zračenja poznat je pod nazivom prigušenje zbog apsorpcije. Na slici 7. prikazan je elektromagnetski štit (tekstilni materijal) koji djeluje pomoću dva glavna elektromagnetska mehanizma, a to su refleksija od vodeće površine i apsorpcije u volumenu medija [27].



Dio elektromagnetskog zračenja se reflektira, dok se ostatak prenosi i prigušuje dok prolazi kroz materijal. Kombinacijom ova dva učinka određuje se učinkovitost zaštite od elektromagnetskog zračenja [27].



**Slika 7.** Utjecaj materijala na elektromagnetsko zračenje [27]

Odnos razine električnog polja na određenoj udaljenosti od izvora bez zaštite i razina električnog polja sa zaštitom definirana je kao zaštitna učinkovitost (SE) i izražava se dB (decibelima). Zaštitna učinkovitost (SE) elektrovodljivih materijala zapravo je slabljenje elektromagnetskog polja u dB, te se opisuje kao zbroj gubitaka refleksije (R), gubitka apsorpcije (A) i gubitka sekundarne refleksije (Rr), a izračunava se prema jednadžbi (1) [28]:

$$SE = R + A + Rr \quad (1)$$

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

$$SE = 20 \log \frac{E_0}{E_1} \quad (2)$$

Gdje je:  $E_0$  - razina polja bez zaštite

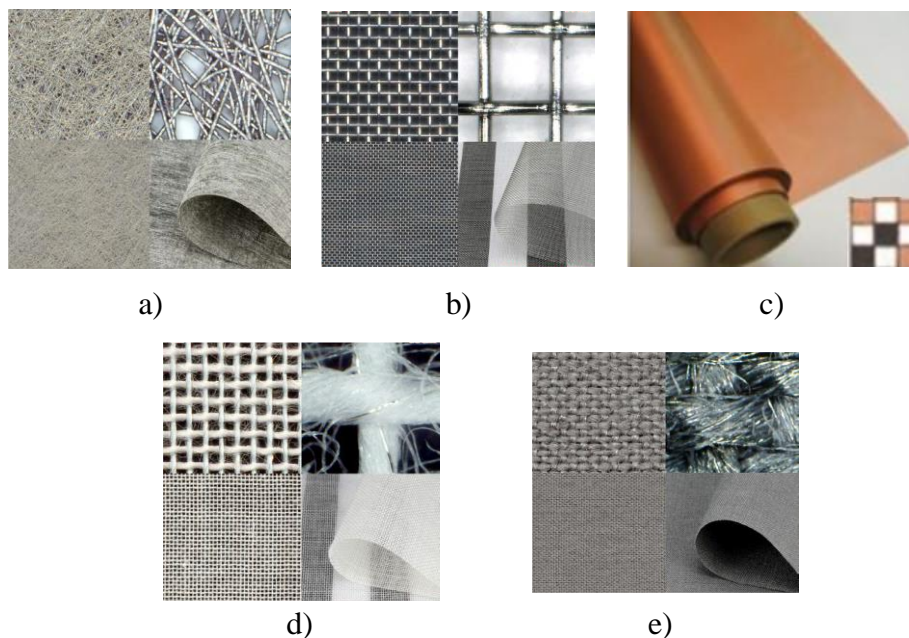
$E_1$  - razine polja sa zaštitom

Vrijednost učinkovitosti zaštite kako navode tvrtke koje proizvode električno provodljive tkanine, može iznositi od 10 dB do 60 dB, ovisno o materijalu i učestalosti upotrebe. Pri višim frekvencijama izrada štita je zahtjevnija nego na nižim frekvencijama. Mreža (ili

rešetka) mora biti gušća, odnosno metalni navoji moraju biti gušće nabijeni da bi štit bio učinkovit na višim frekvencijama [25].

Danas postoji mnogo električno provodljivih materijala za zaštitu od niskofrekventnih i visokofrekventnih električnih polja, kao i za uzemljenje (sl. 8.). Tekstilni materijali mogu sadržavati bakrene, nikal, srebrene ili inoks niti, kao i neke druge metale [25].

Materijali na bazi srebra obično su vrlo lagani i mogu biti prozirni. Inox materijali su teži i često se koriste u svrhu uzemljenja. Na slikama su dani prikazi različitih materijala te uvećani prikaz njihove strukture [25].



**Slika 8.** Prikaz tekstilnih materijala za zaštitu od EM zračenja s metalnim nitima: a) bakar/nikal, b) srebro, c) bakar, d) bakar/srebro i e) inox [25].








Rezultati mjerenja zaštitnih svojstava tekstilnih materijala za zaštitu od EM zračenja ovise o metodi mjerenja, frekvencijskom opsegu, veličini uzorka i svojstvima materijala, pri čemu osim što pokazuju dobre rezultate metalne niti imaju prednost, jer se lako ugrađuju u tekstilnu strukturu. [29].

## 2.6. Njega i održavanja tekstila

Njega tekstila razvijala se empirijskim saznanjima dugi niz godina, da bi tek krajem 19. stoljeća počela sustavna znanstvena istraživanja u traženju sredstava za pranje s poboljšanim učinkom, a nedugo zatim i novih otapala za kemijsko čišćenje s pogodnim svojstvima. Danas je industrija sredstava za pranje i njegu odjeće kao i otapala za kemijsko čišćenje vrlo razvijena u cijelom svijetu [30].

Prilikom održavanja odjeće, veliku ulogu imaju tekstilni materijali od koje je izrađena. Sadržaj vlakana i način proizvodnje čini značajnu razliku u tome kako određenu odjeću treba održavati da bi imala duži životni vijek. Danas su sve više prisutna nova sredstva s poboljšanim svojstvima, pri čemu se nastoji sniziti temperatura pranja, uštediti energija, sačuvati okoliš i sl. U tablici 4. dan je prikaz nekoliko osnovnih simbola za njegu i održavanje odjeće koji se mogu naći na svakoj ušivnoj etiketi nekog odjevnog predmeta. Simboli za njegu i održavanje svrstavaju se u pet glavnih skupina, to su: pranje, glačanje, sušenje, bijeljenje i profesionalna njega [30].

**Tablica 4.** Prikaz osnovnih simbola za njegu i održavanja odjeće [31]

Simbol	Opis
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ najviša dozvoljena temperatura 60°C,</li> <li>➤ zabranjeno pranje,</li> <li>➤ ručno pranje</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ dopušteno bijeljenje bilo kojim oksidacijskim sredstvom,</li> <li>➤ zabranjeno bijeljenje</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ moguće strojno sušenje maksimalne temperature 60°C,</li> <li>➤ zabranjeno strojno sušenje</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ocijjeđeno rublje sušiti na konopcu,</li> <li>➤ ocijjeđeno rublje sušiti na ravnoj podlozi</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ glačanje pri najvišoj temperature 110°C ,</li> <li>➤ zabranjeno glačanje</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ dopušteno profesionalno mokro čišćenje normalni postupak,</li> <li>➤ zabranjeno profesionalno mokro čišćenje</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ zabranjeno kemijsko čišćenje</li> </ul>

Veliki napredak je učinjen u konstrukciji i izradi perilica za kućansko pranje kao i strojeva za industrijsko pranje i kemijsko čišćenje. Svrha svega toga je da se njega i održavanje tekstila olakša, da postaje jeftinija, da se što više sačuva okoliš i da se izbjegne mogućnost zaraze [30].

### **2.6.1. Kemijsko čišćenje**

Kemijsko čišćenje podrazumijeva pranje u organskim otapalima uz dodatak pojačivača čija je uloga da dodatno koloidno otopi male količine vode u organskom otapalu. Kod ove vrste čišćenja odjeća se ne pere u vodenim medijima i vlakna pri čišćenju nisu namočena vodom. Prednost kemijskog čišćenja je što brže prodire u tekstil i brže odvodi sa sobom otopljeni prljavštinu, što ubrzava proces čišćenja. Obrada je uvijek u hladnim kupeljima pomoću perkloretilena (PER). Otapala su mediji u kojima se provodi kemijsko čišćenje te je izbor optimalnog otapala vrlo značajan jer on ima primarnu ulogu u postupku čišćenja. [32].

Kako bi otapala mogla naći široku primjenu moraju zadovoljavati niz zahtjeva kao što su:

- ekološka neopasnost,
- da nisu otrovna,
- nabava uz relativno nisku cijenu,
- postoji mogućnost ekonomski opravdane regeneracije,
- kemijski interna prema tekstilnim vlaknima, kemikalijama i uređajima koji se primjenjuju u postupku kemijskog čišćenja,
- kemijski vrlo stabilni, neupaljivi i neeksplozivni u dugotrajnoj primjeni i regeneraciji,
- da imaju povoljne temperature ledišta i vrelišta,
- slabo se miješaju sa vodom i
- da je rukovanje njima u praktičnoj primjeni jednostavno [33].

Vrijeme kemijskog čišćenja ovisi o vrsti, stupnju zaprljanja i iskustvu čistača. Bitno je spomenuti i da neki tipovi otapala mogu djelovati na lateks i druge ljepljive mase i mogu izazvati ukrućivanje lateksa i ljepila. To je jedan od razloga da se mora jako oprezno pristupiti kemijskom čišćenju ukoliko su u pitanju takve komponente [30].

## 2.6.2. Mokro čišćenje

Posljednjih godina sve je veća upotreba mokrog čišćenja koje bi u potpunosti moglo zamijeniti kemijsko čišćenje. Mokro čišćenje je postupak čišćenja u vodi uz pomoć specijalnih strojeva, programa i ekoloških deterdženata. Osnovno svojstvo mokrog čišćenja je da se roba pere nježno, kao da je ručno prana u stroju koji pere u blagim uvjetima i koji ima mogućnost reguliranja mehaničkog pokretanja. Centrifugiranje se odvija uz postupno ubrzanje što rezultira manjim gužvanjem tekstilija. Sušenje se odvija u specijalnim sušilicama sa zadanim vrijednostima vlage, ovisno o kojoj vrsti tekstilije se radi [34].

Namjena odjeće koja se može održavati mokrim čišćenjem vrlo je raznolika i uključuje: poslovna odijela, vodootporna odijela, sportska odjeća, odjeća za slobodno vrijeme, vjenčalice, puloveri, baloneri, prekrivači i jastuci punjeni perjem, zastori i dekori, odjeća s reflektirajućim oznakama i dr. [35].

Da bi rezultati čišćenja bili dobri moraju se primjenjivati postupci s optimalnim programom te je vrlo važno odabrati dobar izbor kemikalija. Zaštitna odjeća ne bi se smijela čistiti u konvencionalnim perilicama zbog svojih zaštitnih svojstava tekstilnog materijala koji se održavaju isključivo specijalnim deterdžentima. Deterdženti koji se koriste za čišćenje sastoje se od nekoliko komponenata: anionskih i neionskih tenzida, sekvestranata, enzima, inhibitora pjene, optičkih bjelila, mirisa itd. Važno je napomenuti da su sredstva za mokro čišćenje biorazgrađiva te time ne onečišćuju okoliš. U usporedbi s kemijskim čišćenjem mokro čišćenje je znatno ekonomičniji postupak s obzirom na troškove za odlaganje otpada i zaštitne mjere [35].

Nedostaci mokrog čišćenja su mogućnost skupljanja odjeće te velika potrošnja vode, međutim ne primjenjuju se toksične kemikalije, nema zagađenja okoliša te je bjelina odjeće veća. Mokro čišćenje će se u budućnosti još više primjenjivati zahvaljujući modnim trendovima koji sve češće uključuju 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 kemijski čistiti u otapalima [12, 34, 35].

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu opisan je tekstilni materijal koji je ispitan, postupci obrade, mjerne metode i uređaji na kojima utvrđena postojanost zaštitne učinkovitosti od EM mikrovalnog zračenja na frekvenciji 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz. Postojanost zaštite je utvrđena nakon postupka kemijskog i mokrog čišćenja i pranja sa specijalnim tekućim i praškastim deterdžentom Texcare Y-shield. Eksperimentalni dio rada je izrađen na Zavodu za tekstilnu kemiju i ekologiju Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta i na Zavodu za komunikacijske i svemirske tehnologije Sveučilišta u Zagrebu Fakulteta elektrotehnike i računarstva.

#### 3.1. Tekstilni materijal

Tekstilni materijal koji je ispitan za ovaj diplomski rad je tkanina s inox nitima utkanim u smjeru osnove i potke. Tkanina je izrađena u svrhu ispitivanja zaštitnih svojstava EM zračenja te je namjenjena za izradu zaštitne radne odjeće. Konstrukcijske značajke početnog neobrađenog uzorka i nakon obrade dane su u tablici 5.

**Tablica 5.** Konstrukcijske značajke tkanine sa inoxom

Značajke	Vrijednosti
Sirovinski sastav (%)	49 % PES, 48 % pamuk, 3% inox
Površinska masa ( $g/m^2$ )	240
Gustoća niti osnove (niti/10 cm)	380 + 10 (inox)
Gustoća potke (niti/10 cm)	200 + 10 (inox)
Debljina tkanine - neobrađene (mm)	0,58
Debljina tkanine – 10 pranja tekućim deterdžentom Texcare Y-shield (mm)	0,66
Debljina tkanine – 10 pranja praškastim deterdžentom Texcare Y-shield (mm)	0,65

Debljina tkanine – 10 mokrih čišćenja (mm)	1. uzorak (oz. polar) - 0,60 2. uzorak (oz. polar + liz.cond.) - 0,66
Debljina tkanine – 10 kemijskih čišćenja (mm)	0,72
Vez tkanine	Keper 2/2

Debljina tkanine navedena u tab. 5. neobrađenog uzorka i uzoraka nakon obrade izmjerene su prema normi ISO 5084:1996; EN ISO 5084:1996 – Određivanje debljine tekstila i tekstilnih proizvoda. Prema dobivenim rezultatima vidljivo je povećanje debljine tkanine nakon procesa obrade održavanja. Razlog tome je skupljanje tkanine pri pranju. Debljina ispitivane tkanine povećala se otprilike 1 mm, najviše kod kemijskog čišćenja što ukazuje na to da je skupljanje tkanine kod kemijskog čišćenja najizraženije.



**Slika 9.** Tkanina s inox nitima

Ispitivanu tkaninu (sl. 9.) koja se koristila za ovaj diplomski rad izradila je tt. Čateks d.d. Čakovec. Ton boje je tamno sivi. U smjeru osnove nakon svakih 38 niti utkana je jedna nit inoxa, dok je u smjeru potke nit inoxa utkana nakon svakih 20 niti što ovoj tkanini daje zaštitna svojstva. Površinska masa tkanine je  $240 \text{ g/m}^2$ , a po sirovinskom sastavu je 49% PES, 48% pamuk te 3% inox.

## **3.2. Postupci obrade**

S obzirom na poseban način održavanja i njege zaštitnih tkanina, zaštitna svojstva (SE) ispitivana su na neobrađenom uzorku te nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa:

- kemijskog čišćenja,
- mokrog čišćenja (dva uzorka),
- pranja sa specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield i
- pranja sa specijalnim praškastim deterdžentom Texcare Y-shield.

Navedeni postupci obrade pranja sa specijalnim praškastim i tekućim deterdžentom Texcare Y-shield provedena su u zato predviđenim specijalnim strojevima na Zavodu za tekstilnu kemiju i ekologiju u Zagrebu, dok su postupci kemijskog i mokrog čišćenja provedeni u kemijskoj čistionici Lemia.d.o.o., Zagreb.

### **3.2.1. Proces obrade tkanine kemijskim čišćenjem**

Ispitivanje postojanosti odabranih uzoraka na kemijsko čišćenje načinjeno je prema normi HRN EN ISO 3175-2:2010. Postupak kemijskog čišćenja proveden je u kemijskoj čistionici Lemia d.o.o.Zagreb.

Proces kemijskog čišćenja odjevnih predmeta sastoji se od sljedećih faza:

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





**Slika 10.** Stroj za kemijsko čišćenje *Renzacci* [12]

Postupak kemijskog čišćenja odvijao se pomoću stroja marke *Renzacci* prikazanog na slici 10. Postupak je uključivao:

- prvu fazu predčišćenja s pojačivačem na temperaturi od 20°C u vremenu od četiri minute,
- drugu fazu čišćenja na temperaturi od 20°C u vremenu od šest minuta,
- treću fazu sušenja na temperaturi od 60°C u vremenu od 30 minuta i
- završnu fazu glačanja na temperaturi od 110°C.

Opisani proces kemijskog čišćenja ponavljao se deset puta da bi se ustanovila postojanost zaštitnih svojstava ispitivane tkanine.

### **3.2.2. Proces obrade tkanine mokrim čišćenjem**

Postupak mokrog čišćenja je proveden u profesionalnoj kemijskoj čistionici Lemia d.o.o. Zagreb, u nekoliko faza:

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



**Slika 11.** Stroj za mokro čišćenje *Renzacci* [12]

Na slici 11. prikazan je stroj Renzacci pomoću kojeg je proveden proces mokrog čišćenja. U svrhu ovog diplomskog rada mjerena je učinkovitost zaštite EM zračenja nakon mokrog čišćenja za dva uzorka nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa.

Prvi uzorak je uključivao proces mokrog čišćenja s blagim tekućim deterdžentom Ozerna Polar koji je namijenjen za pranje osjetljivih zaštitnih odjevnih predmeta dok je za drugi uzorak uz deterdžent korišten dodatak visoko funkcionalnog završnog sredstva - Lizerna Conditioner. Proces mokrog čišćenja može se odvijati putem različitih programa i to: pomoću programa za vrlo osjetljive i osjetljive odjevne predmete te programa za klasične odjevne predmete. S obzirom da je ispitivana tkanina namjenjena zaštitnoj radnoj odjeći korišten je program za vrlo osjetljive odjevne predmete koji uključuje:

- pranje na temperaturi 20°C u vremenskom period od 10 minuta,
- hladno ispiranje i centrifugiranje,
- sušenje na temperaturi od 50 – 60°C, dvije minute u sušilici, a zatim na zraku.

Opisani proces kemijskog čišćenja ponavljao se deset puta da bi se ustanovila postojanost zaštitnih svojstava ispitivane tkanine.

### 3.2.3. Proces obrade tkanine sa specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield

Prije početka pranja uzorak tkanine s inoxom je izvagan pomoću digitalne vage i masa je iznosila 320,30 grama. Za pranje je korišten specijalni deterdžent Texcare Y-shield (sl. 12.) koji se koristi za pranje materijala sa zaštitnim svojstvima od elektromagnetskog zračenja (EMZ).



**Slika 12.** Tekući deterdžent *Texcare Y-shield*

Tekući deterdžent *Texcare Y-shield* sadrži:

- 5-15% kalcijevog sapuna,
- 5-15% neionskog tenzida (alkil poliglikozid),
- 5-15% anionskog tenzida (alkohol sulfonat),
- 1-5% etanola,
- <1% citrata,
- ricinusovo ulje i
- vodu.

Nakon vaganja, dobivena masa uzorka pomnožila se s 10 kako bi se dobila količina vode koju treba koristiti za kupelj.

Izračun za količinu vode:  $320,30 \text{ g} * 10 = 3203 \text{ ml} = 3,203 \text{ l}$

Obzirom da je preporučeno doziranje deterdženta Texcare 50 ml na volumen stroja, odnosno 3,85 g deterdženta na l vode, dobiveni rezultat u ml pretvoren je u litre te je dobiveno da je za pripremu kupelji potrebno 3,203 l vode i 12,33 g deterdženta.

Izračun za količinu specijalnog deterdženta:  $3,203 \text{ l} * 3,85 \text{ g} = 12,33 \text{ g}$

Pranje je izvedeno u aparatu PolyColor Mathis (sl. 13.). U bubanj u kojem je opran materijal nadopunjen je potrebnom količinom meke vode istodobno s deterdžentom i na kraju je dodana tkanina. Nakon svakog pranja tkanina se ispirala tri puta mekom vodom, zatim centrifugirala te na posljetku sušila na zraku.



a)



b)

**Slika 13.** Prikaz aparata PolyColor Mathis: a) *PolyColor Mathis*, b) Programator aparata *PolyColor Mathis*

Uvjeti obrade sa specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield su:

- temperatura,  $T = 30^{\circ} \text{ C}$
- vrijeme,  $t = 20 \text{ min}$
- broj okretaja = 10 okretaja/min
- smjer okretaja = 2 min okretanje u jednom, zatim u drugom smjeru.

Aparat PolyColor Mathis ima mogućnost pohrane određenog programa. Gore navedeni uvjeti obrade bili su pohranjeni pod programom 16, tako da iste nije bilo potrebno unositi za svaki ciklus pranja. Nakon ispiranja mekom vodom, uzorak se centrifugirao u stroju KOH-I-NOOR (sl. 14.) tri minute i sušio u obješenom stanju na zraku.



**Slika 14.** Stroj *KOH-I-NOOR* za centrifugiranje

Uzorak je potrebno centrifugirati kako bi se oslobodio višak vode s tekstilnog materijala bez prejakog mehaničkog djelovanja na uzorak. Navedeni proces pranja ponovljen je deset puta.

#### **3.2.4. Proces obrade tkanine sa specijalnim praškastim deterdžentom Texcare Y-shield**

Prije početka pranja uzorak tkanine s inoxom je izvagan pomoću digitalne vage i masa je iznosila 313,0 grama. Za pranje je korišten praškasti funkcionalni deterdžent Texcare Y-shield (sl. 15.) koji se koristi za pranje materijala sa zaštitnim svojstvima od elekromagnetskog zračenja (EMZ).



**Slika 15.** Praškasti deterdžent *Texcare Y-shield*

Praškasti deterdžent *Texcare Y-shield* sadrži:

- zeolit 15–30 %,
- sapun iz biljnih ulja 15–30 %,
- citrat 15–30 %,
- tenzidi na bazi šećera (glukozidi) 5–15 %,
- natrijev karbonat 5–15 %,
- silikati 1–5 %,
- natrijev bikarbonat 1–5 %,
- quillaja <1 % (izvor saponina),
- voda 10–15 %.

Navedeni sadržaj naveden je prema regulativi EC 648/2004 (zeolite, sodium soap, sodium citrate, coco glucoside, sodium carbonate, sodium silicate, sodium bicarbonate, Quillaja saponaria).

Nakon vaganja dobivena masa se pomnožila s 10 kako bi se dobila količina vode koju treba koristiti za kupelj.

Izračun za količinu vode:  $313,0 \text{ g} * 10 = 3\,130 \text{ ml} = 3,130 \text{ l}$

S obzirom da je preporučeno doziranje deterdženta *Texcare* 50 ml na volumen stroja odnosno 3,85 g deterdženta na 1 vode, dobiveni rezultat u ml pretvoren je u l te je dobiveno da je za pripremu kupelji potrebno 3,130 l vode i 12,05 g deterdženta.

Izračun za količinu specijalnog deterdženta:  $3,130 \text{ l} * 3,85 \text{ g} = 12,05 \text{ g}$

Pranje je izvedeno u predhodno prikazanom aparatu PolyColor Mathis (slika 13.). Bubanj u kojem je opran materijal nadopunjen je potrebnom količinom meke vode istodobno s deterdžentom i na kraju je dodana tkanina.

Uvjeti obrade sa specijalnim praškastim deterdžentom *Texcare Y-shield*:

- temperatura,  $T = 30^\circ \text{ C}$
- vrijeme,  $t = 20 \text{ min}$
- broj okretaja = 10 okretaja/min
- smjer okretaja = 2 min okretanje u jednom, zatim u drugom smjeru.

Nakon svakog pranja materijal se ispire tri puta mekanom vodom, zatim centrifugira u stroju KOH-I-NOOR (sl. 14.), te na poslijetku suši na zraku. Navedeni proces pranja ponovljen je deset puta.

### 3.3. Mjerne metode

U ovom poglavlju navedene su mjerne metode i aparati korišteni za ispitivanje tkanine s inoxom. Ispitana su sljedeća svojstva tkanine s inoxom:

- konstrukcijske značajke,
- karakterizacija površine i
- učinkovitost zaštite od EM zračenja.

#### 3.3.1. Konstrukcijske značajke plošnih proizvoda

Za tkaninu s inox nitima utvrđene su sljedeće konstrukcijske značajke:

- sirovinski sastav,
- površinska masa,
- gustoća niti osnove i potke,
- debljina nakon različitih procesa obrade i održavanja i
- vez.

*Sirovinski sastav* podrazumijeva postotak određenog udjela vlakana u nekom plošnom proizvodu i bitan je za određivanje namjene tekstilnog materijala, načina njege i održavanja i sl.

*Površinska masa* predstavlja masu jednog kvadratnog metra plošnog proizvoda izraženu u gramima, te se utvrđuje prema normi HRN EN ISO 3801:2003. Mjerna jedinica površinske mase je  $g/m^2$  [12].

*Gustoća niti osnove i potke* utvrđiva se brojanjem i prikazuje se kao broj osnovinih i potkinih niti na duljini od 10 cm. Pri brojanju niti koristi se povećalo tj. tekstilna lupa (sl. 16.) kvadratnog oblika. Gustoća niti u tkanini utvrđena je prema normi HRN EN 1049-2:2003 [12].



**Slika 16.** Tekstilna lupa

*Debljina* plošnih proizvoda određena je mjernim postupkom kao razmak između dvije ravne metalne ploče, pri čemu se gornja ploča nalazi pod pritiskom i naziva se pritiskivač. Uređaj za mjerenje debljine naziva se debljinomjer (sl. 17.). Konačni rezultat je prosjek nakon 10 ponovljenih mjerenja i izražava se u mm. Određivanje debljine izvedeno je prema normi HRN EN ISO 5084:2003 [12].



**Slika 17.** Debljinomjer

*Veza* tkanine definira se kao način isprepletanja osnovinih (uzdužnih) i potkinih (poprječnih) niti u tkanju; o tom načinu ovisi povezanost niti te čvrstoća plošne tekstilne strukture. Tri su temeljna veza: platneni, keperni i atlasni vez, a prikazuju se tzv. uzornicama [36].

Konstruktivske značajke tkanine s inox nitima, koja se koristila u svrhu ispitivanja učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja, navedene su predhodno u tablici 5.



### 3.3.2. Karakterizacija površine tkanine

Površina tkanine je stalno izložena vanjskim utjecajima te raznim procesima obrade. Kod zaštitne odjeće to je iznimno bitno jer narušava njezina zaštitna svojstva. Karakterizacija površine tkanine izvedena je na neobrađenom uzorku te nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa, svakog od predhodno navedenih procesa obrade. Za to je korišten prijenosni uređaj Dino-Lite (sl. 18.) koji pruža vrlo visoku kvalitetu slike.



**Slika 18.** Uređaj Dino-Lite

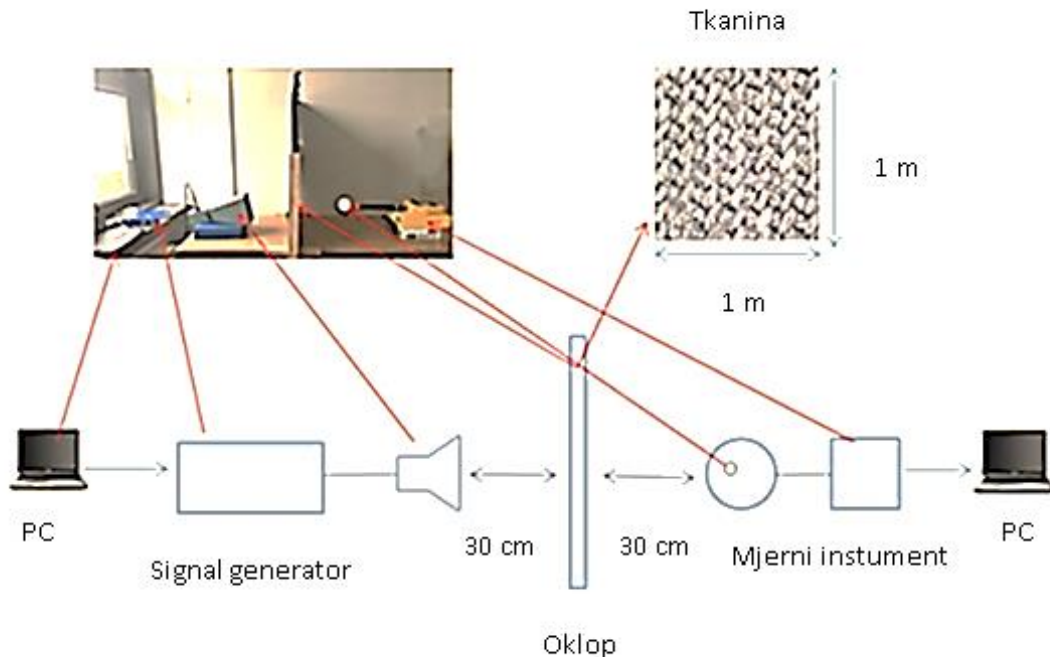
Karakterizacija ispitivane tkanine načinjena je pomoću uređaja Dino - Lite s USB priključkom koji ima mogućnost povećanja do 300x. Karakterizacija ispitivane tkanine načinjena je pri povećanju od 235x.

### 3.3.3. Mjerenje učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja

Zaštitna svojstva ispitivanih uzoraka su istražena primjenom metode koja je razvijena na Zavodu za komunikacijske i svemirske tehnologije Sveučilišta u Zagrebu Fakulteta elektrotehnike i računarstva, pod uvjetima radne okoline:

- temperatura  $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ,
- relativna vlažnost  $50 \pm 10\%$ .

Prema preporukama međunarodnih normi IEE-STD 299-97, MIL STD 285 i ASTM D-4935-89, osmišljen je i postavljen mjerni postav (sl. 19.).



**Slika 19.** Shematski prikaz mjernog postava [28]

Mjerni postav se sastoji od:

- mjernog instrumenta NARDA SRM 3000,
- generatora signala HP 8350 B,
- rog antene IEV – industrija za elektrovezu, Ljubljana, Tip A12 i
- okvira dimenzija 1 m x 1 m (u koji se stavljaju uzorci).

Mjerni instrument NARDA SRM 3000 (sl. 20.) je prijenosni analizator spektra koji uz pomoć sonde mjeri polje izotropno tj. iz bilo kojeg smjera i bilo koje polarizacije, što mjerenje čini jednostavnijim. Namjenjen je za mjerenje EM zračenja u frekvencijskom području između 80 i 3000 MHz, gdje daje iznimno linearan odziv [37].

Mjerenje je potrebno provoditi unutar predhodno navedenih radnih uvjeta te instrument redovito kalibrirati kako bi pokazivao točne vrijednosti mjernog polja.



**Slika 20.** Mjerni instrument *NARDA SRM 3000*

Generator signala HP 8350 B (sl. 21.) je instrument koji služi kao izvor elektromagnetskog zračenja. Za dobivanje većih vrijednosti, ponekad se mora upotrebljavati zajedno s mikrovalnim pojačalom za dobivanje većih vrijednosti EM polja. Za ispitivanje je rabljen generator kontinuiranog sinusnog signala na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz [12].



**Slika 21.** Generator signala *HP 8350 B*

Rog antena (sl.22.) je dobila ime po svom obliku, a služi za prijem i odašiljanje mikrovalnih signala. Kod prijema služi za prikupljanje i usmjeravanje radio valova prema valovodu, a kod odašiljanja služi za usmjeravanje radio valova iz valovoda u prostor. Za veći dobitak antene, rog bi trebao imati veći otvor. Unutarnje stranice antene napravljene su od vodljivog materijala kao što su bakar, mesing, srebro, aluminij i dr. [12].



**Slika 22.** Rog antena

Okvir s drvenim postoljem je napravljen za potrebe ispitivanja učinkovitosti zaštite od elektromagnetskog zračenja (sl. 23.). Okvir je dimenzija 1m x 1m, napravljen je od dva okvira između kojih se stavlja uzorak za ispitivanje te se okviri spajaju držačima kako bi tekstilni uzorak ostao fiksiran tijekom mjerenja.



**Slika 23.** Okvir s uzorkom tkanine s inoxom

Tijekom mjerenja okvir se umetne u drveno postolje kako bi ostao u vertikalnom položaju.


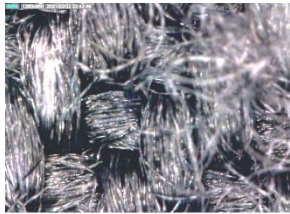

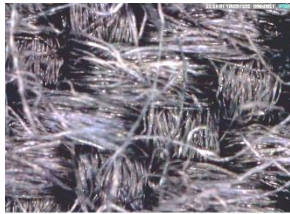


## 4. REZULTATI I RASPRAVA

U ovom poglavlju dan je prikaz rezultata karakterizacije površine tkanine pomoću Dino – Lite uređaja neobrađenog uzorka te nakon, prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa održavanja tkanine kemijskim i mokrim čišćenjem te pranja sa specijalnim tekućim i praškastim deterdžentom. Karakterizacija površine prikazana je s uvećanjem od 235x. Nadalje su prikazani rezultati učinkovitosti zaštite od EM zračenja neobrađenog uzorka te uzoraka nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa održavanja.

### 4.1. Karakterizacija površine

U sljedećim tablicama prikazane su slike neobrađenog uzorka te uzoraka nakon ciklusa održavanja tkanine kemijskim i mokrim čišćenjem te pranjem sa specijalnim tekućim i praškastim deterdžentom Texcare Y-shield. Slike prikazuju promjene nastale na površini ispitivane tkanine s uvećanjem od 235x.

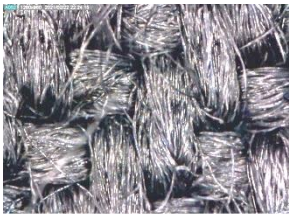

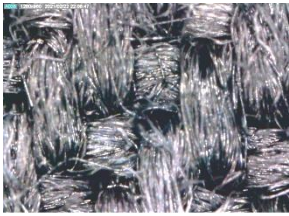


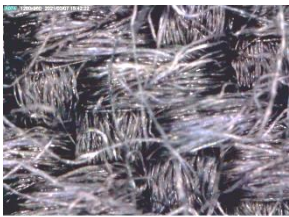
**Tablica 6.** Karakterizacija površine tkanine nakon kemijskog čišćenja

Prikaz uzorka (235x)	Ciklus	Prikaz uzorka (235x)	Ciklus
	Nulti (neobrađeni)		Peti
	Prvi		Sedmi
	Treći		Deseti





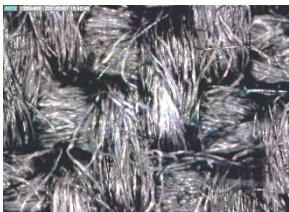
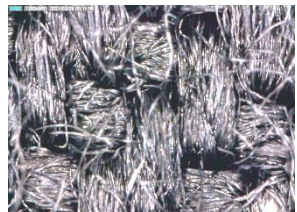


Iz tablice 6. vidljive su promjene površine tkanine nastale kemijskim čišćenjem tkanine s inoxom. Već nakon prvog ciklusa obrade uočljive su promjene u kompaktnosti strukture. Prepleti osnovinih i potkinih niti počinju se razvlačiti, a nakon desetog ciklusa pranja prepleti su deformirani te su vidljiva napuknuća i oštećenja osnovinih i potkinih niti. Stršeća vlakanca su očekivano, svakim narednim ciklusom održavanja uočljivija.

**Tablica 7.** Karakterizacija površine tkanine s inoxom nakon mokrog čišćenja za uzorak 1

Prikaz uzorka (235x)	Ciklus	Prikaz uzorka (235x)	Ciklus
	Nulti (neobrađeni)		Peti
	Prvi		Sedmi
	Treći		Deseti







Prema prikazima iz tab. 7. za 1. uzorak tkanine s inox nitima koja je obrađena mokrim čišćenjem s blagim tekućim deterdžentom Ozerna Polar znatno su uočljivija stršeća vlakanca koja su sve više primjetna daljnjim ciklusima obrade. Struktura tkanine odnosno preplet osnovinih i potkinih niti skoro je bez većih promjena do sedmog ciklusa nakon kojeg se mogu uočiti male razlike u kompaktnosti površine ispitivane tkanine s inoxom.

**Tablica 8.** Karakterizacija površine tkanine s inoxom nakon mokrog čišćenja za uzorak 2

Prikaz uzorka (235x)	Ciklus	Prikaz uzorka (235x)	Ciklus
	Nulti (neobrađeni)		Peti
	Prvi		Sedmi
	Treći		Deseti

Iz tab. 8. stupanj promjena u strukturi tkanine s inoxom nakon obrade mokrog čišćenja s blagim tekućim deterdžentom Ozerna Polar uz dodatak visoko funkcionalnog završnog sredstva-Lizerna Conditioner nije jako uočljiv. Preplet osnovinih i potkinih niti dobro se očuvao i nakon desetog ciklusa obrade i jasno je vidljiv. Izvučena vlakna uočljivija su svakim narednim ciklusom obrade. Nakon sedmog i desetog ciklusa pranja vidljiva su zanemarivo mala oštećenja osnovinih i potkinih niti.


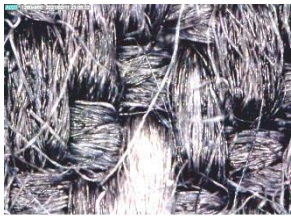
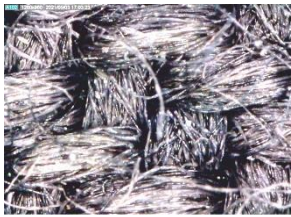



**Tablica 9.** Karakterizacija površine tkanine s inoxom nakon postupka pranja s tekućim deterdžentom Texcar Y-shield

Prikaz uzorka (235x)	Ciklus pranja	Prikaz uzorka (235x)	Ciklus pranja
	Nulti (neobrađeni)		Peti
	Prvi		Sedmi
	Treći		Deseti

Iz tab. 9. u kojoj je prikazana karakterizacija površine tkanine nakon obrade s tekućim deterdžentom Texcare Y-shield vidljiva je dobra izdržljivost strukture tkanine kroz cikluse obrade. Prepleti osnovinih i potkinih niti su ostali neoštećeni do desetog ciklusa nakon kojeg se vide sitna oštećenja i razvučenost prepleta. Stršeća vlakna postaju više uočljiva tek nakon sedmog ciklusa pranja.



**Tablica 10.** Karakterizacija površine tkanine s inoxom nakon postupka pranja s praškastim deterdžentom Texcare Y-shield

Prikaz uzorka (235x)	Ciklus pranja	Prikaz uzorka (235x)	Ciklus pranja
	Nulti (neobrađeni)		Peti
	Prvi		Sedmi
	Treći		Deseti

Iz tab. 10. je vidljiv stupanj nastalih promjena tijekom ciklusa pranja. Na slici neobrađenog uzorka, jasno se vidi kompaktan i jednoličan preplet osnovinih i potkinih niti uz ne toliko izražena stršeća vlakna. Svakim daljnjim ciklusom pranja tkanine sa specijalnim praškastim deterdžentom može se uočiti razlika u kompaktnosti same strukture tkanine tj. osnovine i potkine niti su sve više razvučene, a stršeća vlakna su oučljivija odnosno ima ih više.

Načinjeni prikazi koji su služili za karakterizaciju površine tkanina obrađene u procesima kemijskog i mokrog čišćenja te pranja sa specijalnim tekućim i praškastim deterdžentom Texcare Y-shield, ukazuju na najbolju postojanost površine tkanine obrađene mokrim čišćenjem s dodatkom visoko funkcionalnog završnog sredstva-Lizerna Conditioner. Dobru površinsku i strukturnu postojanost imaju uzorci tkanine oprane sa specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield.

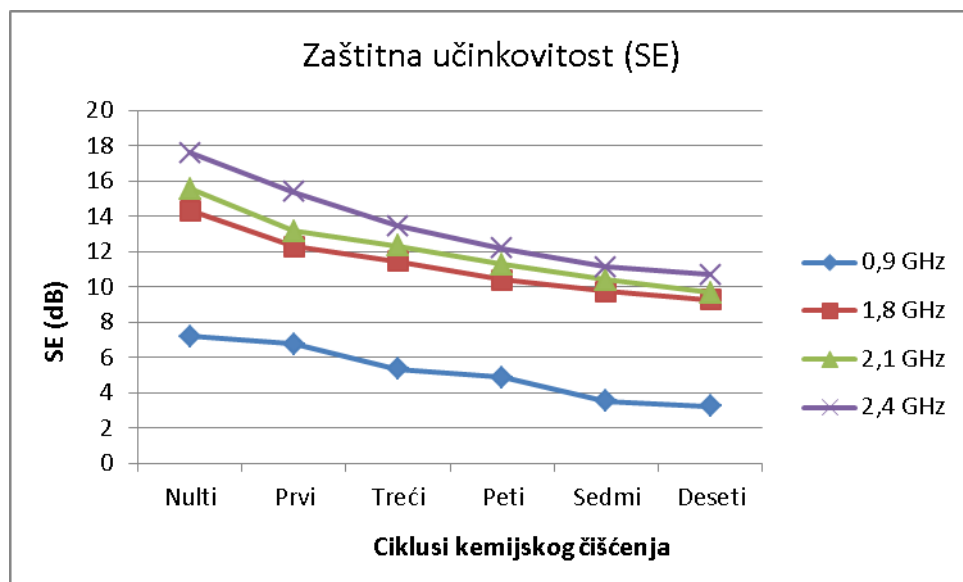
## 4.2. Učinkovitost zaštite (SE)

U ovom poglavlju dan je pregled rezultata postojanosti učinkovitosti zaštite (SE) neobrađenog uzorka te nakon utjecaja prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa obrade uzoraka kemijskim i mokrim čišćenjem i pranja tekućim i praškastim specijalnim deterdžentom Texcare Y-shield. Prikazani su rezultati SE na licu i naličju na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz. Rezultati za neobrađeni uzorak (nulti ciklus pranja) dani su uz rezultate svakog od navedenih ciklusa obrade radi lakšeg praćenja promjena SE prikazane na grafovima.

**Tablica 11.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon ciklusa obrade kemijskim čišćenjem na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Frekvencija <i>f</i> (GHz)	0,9	1,8	2,1	2,4
<i>Ciklus pranja</i>	SE (dB)			
<b>Nulti</b>	7,20	14,33	15,58	17,60
<b>Prvi</b>	6,79	12,32	13,18	15,40
<b>Treći</b>	5,34	11,47	12,35	13,48
<b>Peti</b>	4,89	10,41	11,27	12,19
<b>Sedmi</b>	3,52	9,76	10,42	11,15
<b>Deseti</b>	3,26	9,30	9,69	10,71

Na slici 24. prikazan je SE uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa kemijskog čišćenja.



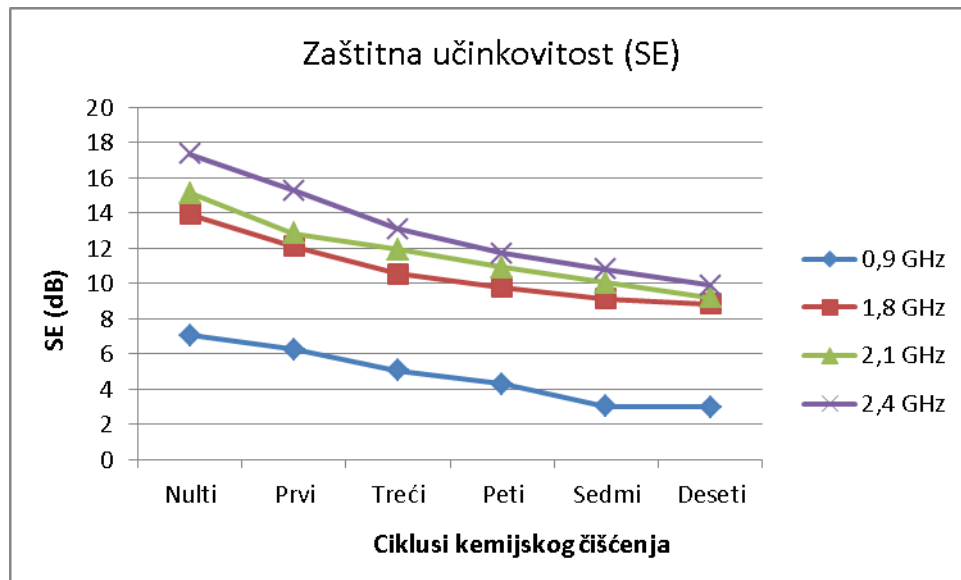
**Slika 24.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Učinkovitost zaštite (SE) neobrađenog uzorka ispitivane tkanine na frekvenciji 0,9 GHz iznosi 7,20 dB. Povećanjem ciklusa kemijskog čišćenja, SE se smanjuje za otprilike 1 dB te nakon 10 ciklusa iznosi 3,26 dB, što čini razliku od 3,94 dB u odnosu na početno stanje. Najbolji rezultat SE očekivano je na frekvenciji 2,4 GHz neobrađenog uzorka i iznosi 17,60 dB. Postupno se smanjuje te nakon deset ciklusa kemijskog čišćenja SE iznosi 10,71 dB, što je razlika u odnosu na neobrađeni uzorak od 6,89 dB.

**Tablica 12.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Frekvencija $f$ (GHz)	0,9	1,8	2,1	2,4
<i>Ciklus pranja</i>	<b>SE (dB)</b>			
<b>Nulti</b>	7,05	13,95	15,14	17,36
<b>Prvi</b>	6,28	12,13	12,85	15,28
<b>Treći</b>	5,05	10,57	11,94	13,09
<b>Peti</b>	4,30	9,78	10,91	11,72
<b>Sedmi</b>	3,02	9,15	10,04	10,80
<b>Deseti</b>	2,99	8,84	9,21	9,91

Na slici 25. prikazan je SE uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa kemijskog čišćenja.



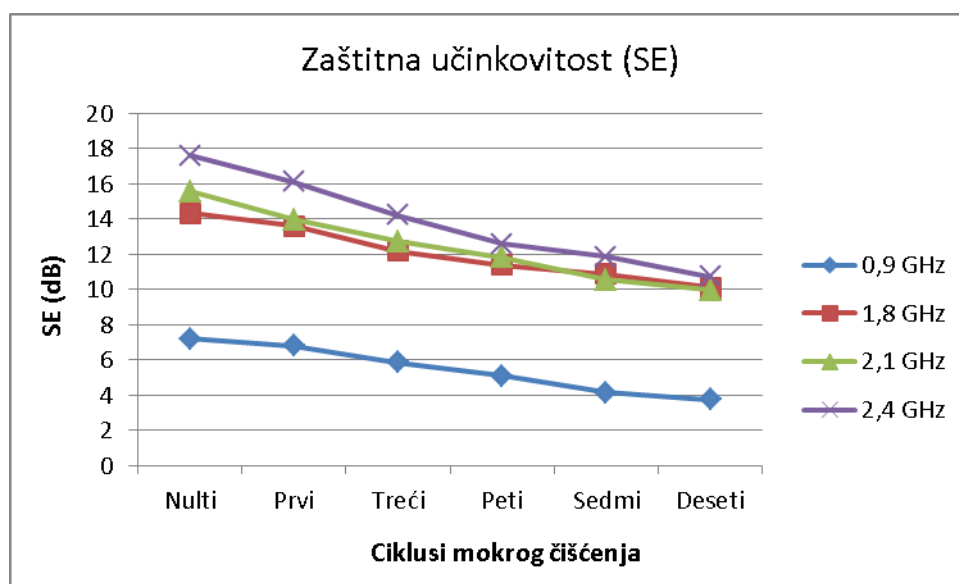
**Slika 25.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon ciklusa kemijskog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Rezultati naličja tkanine s inoxom kod obrade kemijskim čišćenjem nešto su lošija u usporedbi s rezultatima lica tkanine s inoxom. Razlika u padu SE kod frekvencija 0,9 i 2,4 GHz je skoro ista. Kod frekvencije 0,9 GHz razlika iznosi 4,06 dB, a na frekvenciji 2,4 GHz razlika je 7,45 dB. Neznatne su razlike lica i naličja kod frekvencija 1,8 GHz i 2,1 GHz. Početne vrijednosti u oba slučaja su skoro jednake kao i pad SE, što se može lako uočiti kretanjem krivulja navedenih frekvencija na sl. 24. za lice i sl. 25. za naličje.

**Tablica 13.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka 1 tkanine s inoxom (lice) prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Frekvencija <i>f</i> (GHz)	0,9	1,8	2,1	2,4
<i>Ciklus pranja</i>	SE (dB)			
<b>Nulti</b>	7,20	14,33	15,58	17,60
<b>Prvi</b>	6,80	13,61	13,99	16,12
<b>Treći</b>	5,88	12,19	12,75	14,23
<b>Peti</b>	5,10	11,39	11,82	12,61
<b>Sedmi</b>	4,15	10,87	10,57	11,88
<b>Deseti</b>	3,76	10,13	9,98	10,73

Na slici 26. prikazana je učinkovitost zaštite 1. uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa mokrog čišćenja.



**Slika 26.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka 1. uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

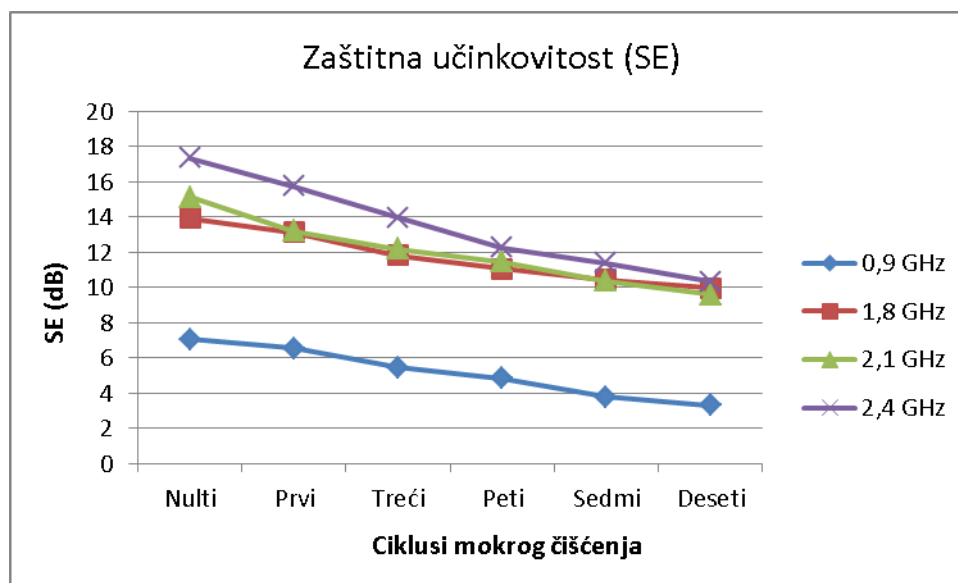
Prema rezultatima SE uzorka 1. tkanine s inoxom (lice) nakon obrade mokrim čišćenjem razlika u stupnju SE nešto je niža na svim frekvencijama. Kod frekvencije 0,9 GHz razlika u odnosu na početnu vrijednost SE neobrađenog uzorka iznosi 3,44 dB. Na frekvenciji 1,8

GHz razlika iznosi 4,2 dB, a na frekvenciji 2,1 razlika je 5,6 dB. Na frekvenciji 2,4 GHz razlika u odnosu na početnu vrijednost iznosi 6,87 dB.

**Tablica 14.** Učinkovitost zaštite (SE) 1.uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Frekvencija <i>f</i> (GHz)	0,9	1,8	2,1	2,4
<i>Ciklus pranja</i>	<b>SE (dB)</b>			
<b>Nulti</b>	7,05	13,95	15,14	17,36
<b>Prvi</b>	6,55	13,13	13,23	15,77
<b>Treći</b>	5,45	11,82	12,19	13,99
<b>Peti</b>	4,86	11,06	11,48	12,26
<b>Sedmi</b>	3,78	10,44	10,36	11,41
<b>Deseti</b>	3,32	9,97	9,63	10,34

Na slici 27. prikazan je učinkovitost zaštite 1. uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa mokrog čišćenja.



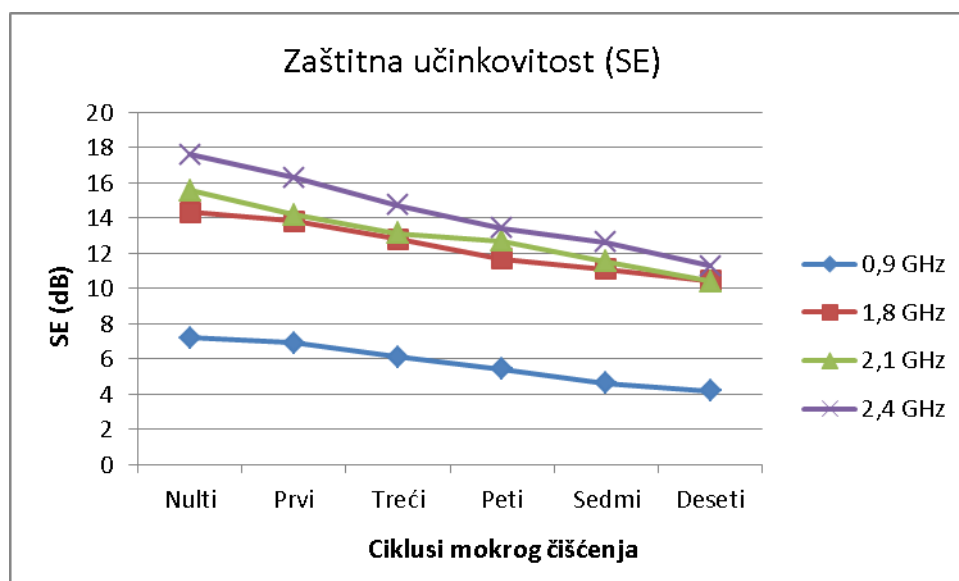
**Slika 27.** Učinkovitost zaštite (SE) 1. uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Iz rezultata naličja tkanine s inoxom u postupku obrade mokrim čišćenjem SE neobrađenog uzorka na svim frekvencijama je zanemarivo niža te su razlike SE u odnosu na početne vrijednosti skoro iste kao i kod lica 1. uzorka tkanine s inoxom.

**Tablica 15.** Učinkovitost zaštite (SE) 2. uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon ciklusa obrade mokrim čišćenjem na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Frekvencija $f$ (GHz)	0,9	1,8	2,1	2,4
<i>Ciklus pranja</i>	<b>SE (dB)</b>			
<b>Nulti</b>	7,20	14,33	15,58	17,60
<b>Prvi</b>	6,92	13,82	14,21	16,32
<b>Treći</b>	6,12	12,81	13,14	14,75
<b>Peti</b>	5,42	11,70	12,69	13,42
<b>Sedmi</b>	4,64	11,09	11,54	12,64
<b>Deseti</b>	4,18	10,44	10,41	11,29

Na slici 28. prikazan je SE 2. uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa mokrog čišćenja.



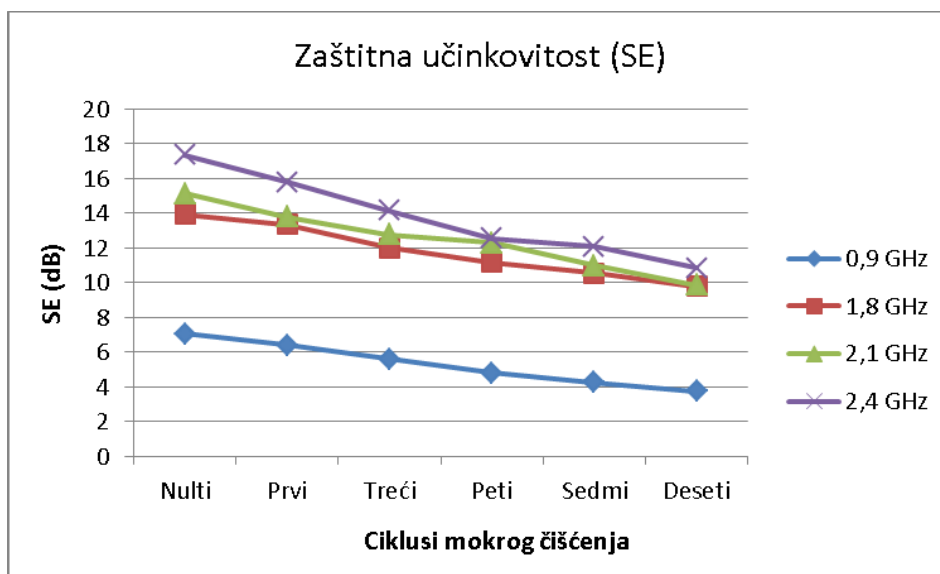
**Slika 28.** Učinkovitost zaštite (SE) 2. uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

S obzirom da je 2. uzorak kod mokrog čišćenja obrađen uz dodatak visoko funkcionalnog završnog sredstva Lizerna Conditioner (koji je namjenjen za održavanje funkcionalnih zaštitnih svojstava tkanina), rezultati su očekivano bolji u odnosu na 1. uzorak tkanine kod mokre obrade koji je opran bez navedenog dodatka. Razlika pada SE na svim frekvencijama kod 2. uzorka je manja.

**Tablica 16.** Učinkovitost zaštite (SE) 2. uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon ciklusa obrade mokrim čišćenjem na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Frekvencija $f$ (GHz)	0,9	1,8	2,1	2,4
<i>Ciklus pranja</i>	<b>SE (dB)</b>			
<b>Nulti</b>	7,05	13,95	15,14	17,36
<b>Prvi</b>	6,42	13,36	13,78	15,81
<b>Treći</b>	5,62	12,03	12,76	14,15
<b>Peti</b>	4,81	11,16	12,29	12,55
<b>Sedmi</b>	4,25	10,55	10,99	12,07
<b>Deseti</b>	3,76	9,79	9,88	10,84

Na slici 29. prikazana je SE 2. uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon prvog, trećeg, petog, sedmog i desetog ciklusa mokrog čišćenja.



**Slika 29.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka 2. tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon ciklusa mokrog čišćenja na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

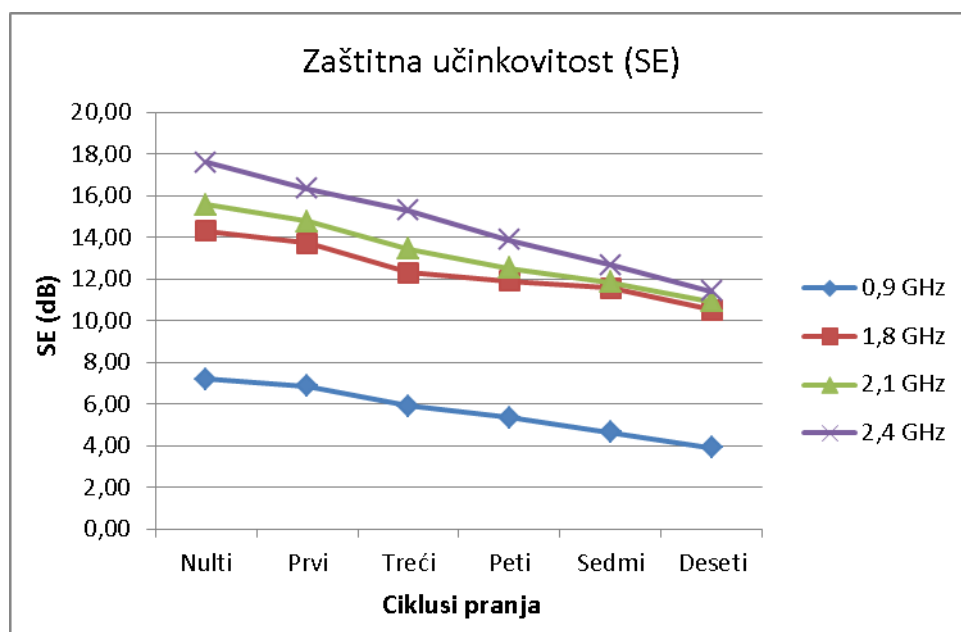


Iz prikazanih rezultata SE za naličje 2. uzorka kod mokrog čišćenja može se uočiti da je SE manji u odnosu na lice. Razlike u rezultatima za lice i naličje su i dalje zanemarivo male.

**Tablica 17.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon ciklusa obrade sa specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Frekvencija $f$ (GHz)	0,9	1,8	2,1	2,4
<i>Ciklus pranja</i>	<b>SE (dB)</b>			
<b>Nulti</b>	7,20	14,33	15,58	17,60
<b>Prvi</b>	6,88	13,75	14,77	16,34
<b>Treći</b>	5,93	12,33	13,45	15,30
<b>Peti</b>	5,35	11,93	12,52	13,90
<b>Sedmi</b>	4,66	11,58	11,86	12,69
<b>Deseti</b>	3,92	10,53	10,94	11,43

Na slici 30. prikazana je SE uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon ciklusa obrade sa specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield.



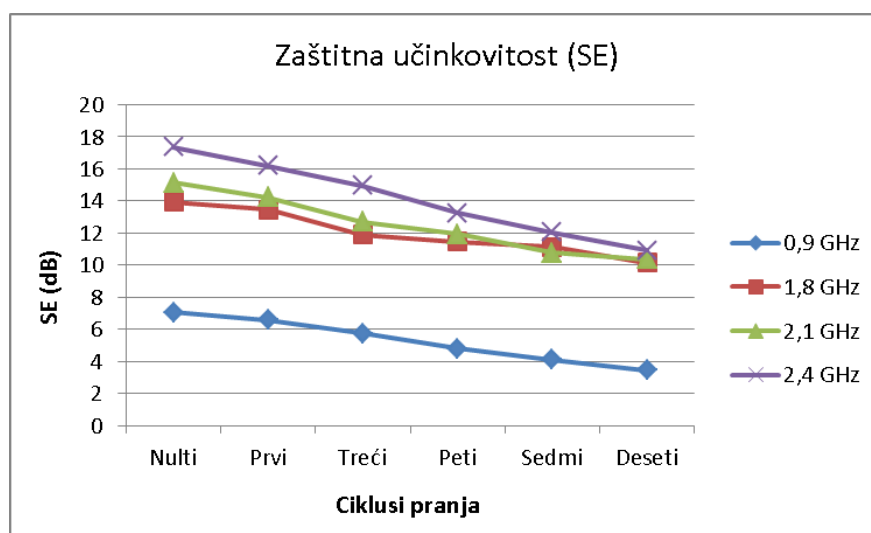
**Slika 30.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon ciklusa obrade sa specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Prema rezultatima SE za lice uzorka ispitivane tkanine koji je tretiran sa specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield uočljiv je linearan pad SE na svim frekvencijama. Na frekvenciji 0,9 GHz, ukupan pad SE nakon desetog ciklusa pranja iznosi 3,28 dB. Pri frekvenciji od 1,8 GHz ta razlika iznosi 3,8 dB, a na frekvenciji 2,1 GHz pad je 4,64 dB. Pad SE nakon 10 ciklusa obrade na frekvenciji 2,4 GHz iznosi 6,17 dB.

**Tablica 18.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon ciklusa obrade sa specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Frekvencija $f$ (GHz)	0,9	1,8	2,1	2,4
<i>Ciklus pranja</i>	<b>SE (dB)</b>			
<b>Nulti</b>	7,05	13,95	15,14	17,36
<b>Prvi</b>	6,58	13,48	14,25	16,18
<b>Treći</b>	5,77	11,90	12,72	14,97
<b>Peti</b>	4,80	11,46	11,94	13,25
<b>Sedmi</b>	4,11	11,15	10,79	12,04
<b>Deseti</b>	3,45	10,14	10,39	10,92

Na slici 31. prikazane su vrijednosti SE uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon ciklusa obrade sa specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield.



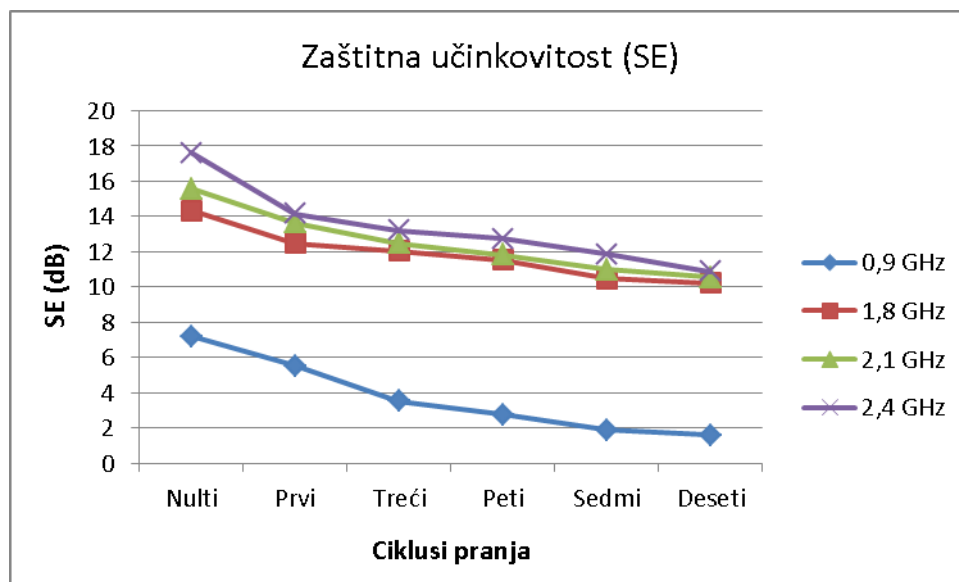
**Slika 31.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon ciklusa obrade sa specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Kod rezultata naličja navedenog uzorka tkanine vrijednosti SE nakon 10 ciklusa obrade su nešto niže u odnosu na vrijednosti SE izmjerene na licu, ali i dalje se uočava jednoličan pad SE na svim frekvencijama.

**Tablica 19.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon ciklusa obrade sa specijalnim praškastim deterdžentom Texcare Y-shield na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Frekvencija $f$ (GHz)	0,9	1,8	2,1	2,4
<i>Ciklus pranja</i>	<b>SE (dB)</b>			
<b>Nulti</b>	7,20	14,33	15,58	17,60
<b>Prvi</b>	5,52	12,47	13,64	14,15
<b>Treći</b>	3,52	12,06	12,48	13,23
<b>Peti</b>	2,77	11,54	11,83	12,74
<b>Sedmi</b>	1,91	10,47	10,98	11,85
<b>Deseti</b>	1,61	10,22	10,54	10,87

Na slici 32. prikazana je SE uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon ciklusa obrade sa specijalnim praškastim deterdžentom Texcare Y-shield.



**Slika 32.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka tkanine s inoxom (lice) prije i nakon ciklusa obrade sa specijalnim praškastim deterdžentom Texcare Y-shield na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

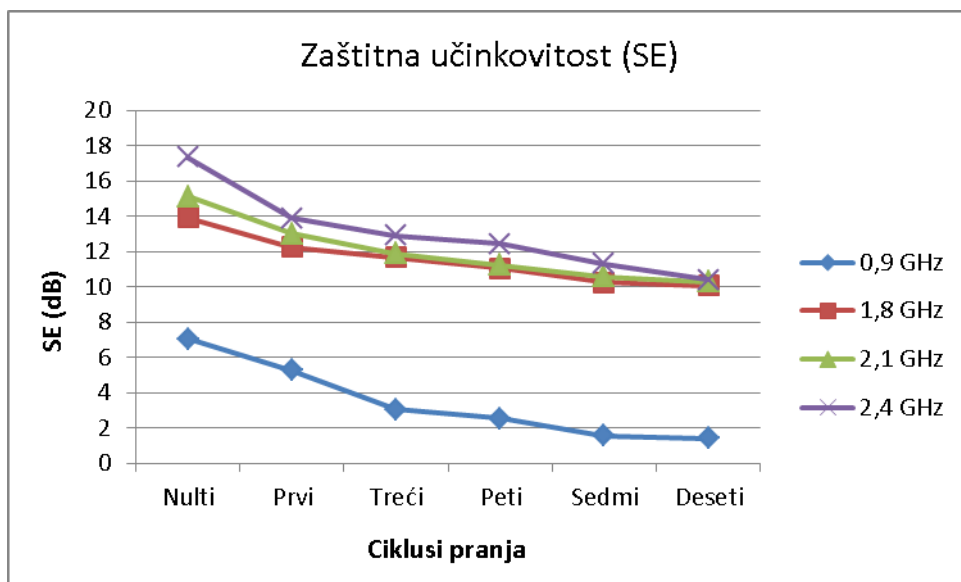
Iz tablice 19. vidljiv je pad SE koji prema pripadajućem grafičkom prikazu pokazuje odstupanje u rezultatima SE za lice ispitivane tkanine tretirane specijalnim praškastim deterdžentom. Pri frekvenciji od 0,9 GHz razlika vrijednosti SE početnog i nakon 10. ciklusa obrade je 5,59 dB . Na frekvenciji 1,8 GHz pad SE nešto je linearniji te razlika iznosi 4,11 dB. Malo veće odstupanje u rezultatima SE uočljivo je na frekvenciji 2,1 GHz gdje je razlika SE početnog neobrađenog uzorka i nakon deset ciklusa obrade iznosila 5,04 dB. Kod frekvencije 2,4 GHz pad SE nakon prvog ciklusa pranja znatno je veći, a razlika iznosi 3,45 dB. Ukupni pad SE nakon 10 ciklusa obrade u odnosu na neobrađeni uzorak je 6,73 dB.

**Tablica 20.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon ciklusa obrade sa specijalnim praškastim deterdžentom Texcare Y-shield na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Frekvencija <i>f</i> (GHz)	0,9	1,8	2,1	2,4
<i>Ciklus pranja</i>	SE (dB)			
<b>Nulti</b>	7,05	13,95	15,14	17,36
<b>Prvi</b>	5,27	12,27	13,02	13,90
<b>Treći</b>	3,08	11,69	11,89	12,92
<b>Peti</b>	2,57	11,06	11,24	12,46
<b>Sedmi</b>	1,58	10,26	10,61	11,34
<b>Deseti</b>	1,44	10,09	10,29	10,42

Na slici 33. prikazana je SE uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon ciklusa obrade sa specijalnim praškastim deterdžentom Texcare Y-shield.

SE naličja je niži u odnosu na rezultate SE lica. Razlike SE i u ovom slučaju su odstupale što je uočljivo i na sl. 32 i sl. 33 (SE za lice i naličje tkanine s inoxom koja je obrađivana specijalnim praškastim deterdžentom Texcare Y-shield).



**Slika 33.** Učinkovitost zaštite (SE) uzorka tkanine s inoxom (naličje) prije i nakon ciklusa obrade sa specijalnim praškastim deterdžentom Texcare Y-shield na frekvencijama 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz

Na temelju prikazanih rezultata SE tkanine s inoxom koje su obrađivane ciklusima kemijskog i mokrog čišćenja te pomoću tekućeg i praškastog specijalnog deterdženta Texcare, najbolje rezultate postojanosti zaštitne učinkovitosti (SE) pokazuje uzorak koji je tretiran specijalnim tekućim deterdžentom Texcare Y-shield.

## 5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog diplomskog rada bio je ispitati postojanost učinkovitosti zaštite od EM zračenja tkanine s inox nitima nakon deset ciklusa kemijskog i mokrog čišćenja te pranja sa specijalnim tekućim i praškastim deterdžentom Texcare Y-shield na frekvenciji 0,9 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz i 2,4 GHz. Nakon navedenih deset ciklusa održavanja može se zaključiti kako su tekstilni materijali koji imaju zaštitna svojstva od EM zračenja osjetljivi na procese održavanja te da im SE pada (smanjuju se zaštitna svojstva) svakim narednim ciklusom održavanja i njege. Međutim, kemijska industrija se sve brže razvija te su proizvodi za njegu i održavanja zaštitnih tekstilnih materijala kao i odjeće izrađene od njih sve učestaliji. Poboljšane formule raznih specijalnih deterdženata koji se koriste pri održavanju određenih zaštitnih svojstava odjeće mogu doprinjeti dužem životnom vijeku zaštitne odjeće. Kroz ovaj diplomski rad korišten je specijalni tekući deterdžent Texcare Y-Shield, koji je pokazao najbolje rezultate u očuvanju SE od EM zračenja tkanine s inox nitima. Strukturne promjene ispitivane tkanine nakon pranja sa specijalnim tekućim deterdžentom, također nisu bile velike. Od svih načinjenih postupaka održavanja, najlošije rezultate SE ispitivane tkanine s inoxom pokazao je postupak kemijskog čišćenja. To potvrđuje i činjenicu da se u zadnjih 15-tak godina sve više koristi postupak mokrog čišćenja za održavanje odjevnih predmeta s funkcionalnim i zaštitnim svojstvima.

## 6. LITERATURA

- [1]. Čunko, R., Andrassy, M.: Vlakna, Zrinski, Čakovec, 2005, ISBN 978-953-1-550895.
- [2]. Kemijska vlakna, Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., dostupno na:  
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=31162>, pristupljeno 22.8. 2021.
- [3]. Andrassy, M. i sur.: Visokoučinkoviti tekstilni materijali i vlakna unapređene vrijednosti, 3. međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje tekstilna znanost i gospodarstvo, Tekstilno-tehnološki fakultet Zagreb, 2010, 99-102, ISBN 978-953-7105-35-8
- [4]. Šaravanja, B., Pušić T., Malarić K.: Električki vodljivi tekstilni materijali u zaštiti od elektromagnetskog zračenja, RIM, 412 (2019), 412-417.
- [5]. Dostupno na: <https://conrad.ba/product/toolcraft-conrad-238066-ugljikova-vlakna-1610-tex-177-gm320-m>, pristupljeno 10.6.2021.
- [6]. Dostupno na: <https://www.indiamart.com/proddetail/glass-fiber-insulated-copper-wires-20947954755.html>, pristupljeno 10.6.2021.
- [7]. Dostupno na: <https://apismarket.hr/index.php?route=common/home>, pristupljeno 10.6.2021.
- [8]. Dostupno na: <https://www.kreativ.de/Duenne-Zierkordel.html>, pristupljeno 10.6.2021.
- [9]. Dirgar, E., Oral, O.: Bakarna vlakana, Tekstil, 130 (2016), 65 (3-4); 130-132.
- [10]. Čunko, R., Pezelj E.: Tekstilni materijali, Tekstilno-tehnološki fakultet u Zagrebu, Zrinski d.d., Čakovec, 2002., ISBN 953-155-061-1.
- [11]. Pejnović, N.: Osobna zaštitna oprema za zaštitu tijela, Sigurnost 57 (3) 229 - 242 (2015).
- [12]. Šaravanja, B.: Istraživanje međupodstava sa zaštitnim djelovanjem od mikrovalnog zračenja u odjevnom predmetu tijekom održavanja, Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2015.
- [13]. Dostupno na: <https://adr-natura.com/>, pristupljeno 10.6.2021.

- [14]. Brzeziński, S. et al: Textile materials for electromagnetic field shielding made with the use of nano- and micro-technology, Cent. Eur. J. Phys., 10(5), 2012, 1190-1196.
- [15]. Hursa Šajatović A., Dragčević Z., Zavec Pavlinić D.: Oblikovanje zaštitne odjeće, obuće i opreme s ergonomskog stajališta, Sigurnost 59 (3) 227 - 236 (2017).
- [16]. Zaštitna odjeća, Norme i preporuke za izbor zaštitne odjeće, dostupno na: <http://www.hzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Za%C5%A1titna-odje%C4%87a.pdf>, pristupljeno 30.8.2021.
- [17]. Barukčić, D.: Zaštita na radu medicinskih sestara/tehničara zaposlenih u zoni ionizirajućeg zračenja, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Medicinski fakultet, Zagreb 2017.
- [18]. Dostupno na: <https://www.laboratuvar.com/hr/testler/koruyucu-giysi-testleri/ts-en-1073-2-radyoaktif-bulasmaya-karsi-koruyucu-giysiler/>, pristupljeno 30.8.2021.
- [19]. Geršak, J., Marčić M.: The complex design concept for functional protective clothing, Tekstil 62 (1-2) 38-44 (2013.).
- [20]. Elektromagnetsko zračenje, Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., dostupno na: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=17634>, pristupljeno 1. 9. 2021.
- [21]. Malarić, K., Šimunić, D., Zentner R.: Ekonomija i ekologija radiokomunikacijskih sustava, Merkur A.B.D., Zagreb, 2016., ISBN: 978-953-6976-15-7.
- [22]. Dostupno na: [http://www.megon.net/docs/1\\_tko\\_to\\_tamo\\_zraci/osnove\\_o\\_zracenju.htm](http://www.megon.net/docs/1_tko_to_tamo_zraci/osnove_o_zracenju.htm), pristupljeno 1.9.2021.
- [23]. Kordić, A.: Biološki učinci elektromagnetskog zračenja u urbanom okruženju, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zavod za informacijsko komunikacijski promet, Zagreb 2020.
- [24]. 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.
- [25]. Šaravanja, B. i sur.: Analiza tekstilnih zaštitnih materijala od elektromagnetskog zračenja, Dan doktoranada 2018., Zbornik radova, Zadar 12.-15. rujan 2018.



- [26]. Mandrić Radivojević, V., Lijović, A., Rupčić, S.: Elektromagnetsko zračenje kućanskih uređaja, Hrvatska komora inženjera elektrotehnike, 11. dani inženjera elektrotehnike, Pula, 27.09.2018. - 29.09.2018.
- [27]. Dharmendra, N. P., Arindam, B., Pramod, K.: Study of Electro Conductive Textiles: A Review, International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET), 7 (2018), ISSN 2278 – 0882.
- [28]. Jarak, M. i sur.: Impact of Washing on Shielding Effectiveness of Stainless-Steel Textile Fabric, International Conference on Measurement, Slovakia, May 17 – 19, 2021.
- [29]. Wieckowski, T. W., Janukiewicz, J. M.: Methods for Evaluating the Shielding Effectiveness of Textiles, Fibres and Textiles in Eastern Europe, 14, 2006, 5, 18-22.
- [30]. Soljačić, I., Pušić, T.: Njega tekstila, Čišćenje u vodenim medijima, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2005., ISBN 953-7105-08-3.
- [31]. Simboli održavanja tekstila, Čateks d.d. Čakovec, dostupno na:  
[https://cateks.hr/upload/2016/10/tumac-znacenja-tekstilnih-simbola-odrzavanja-catek\\_580dcee6e1abe.pdf](https://cateks.hr/upload/2016/10/tumac-znacenja-tekstilnih-simbola-odrzavanja-catek_580dcee6e1abe.pdf), pristupljeno: 10.9.2021.
- [32]. Soljačić, I., Pušić, T.: Kemijsko čišćenje, Sveučilišni udžbenik, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, 2013., Zagreb, ISBN 978-953-7105-51-8.
- [33]. Soljačić, I., Pušić, T.: Otapala za kemijsko čišćenje, Tekstil, 58, (2009.), 10, 493-506.
- [34]. Krivec, T.: Ekotoksikologija otapala u kemijskom čišćenju, Diplomski rad, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb 2017.
- [35]. Pušić, T. i sur.: Mokro čišćenje – dosadašnja iskustva, Tekstil 57 (1-2) 40-48 (2008.).
- [36]. Vez, Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., dostupno na:  
<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=64433>, pristupljeno 10. 9. 2021.
- [37]......Jurčević-Sudac, L.: Mjerenje izloženosti EM zračenja DVB-T odašiljača, 1-8.