

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO – TEHNOLOŠKI FAKULTET**

Alma Delalić

**ISPITIVANJE TRAJNOSTI RIBARSKIH MREŽA U SIMULIRANIM
UVJETIMA UPORABE**

Zagreb, 2012.

Ovaj rad je izrađen u Zavodu za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila, pod vodstvom dr.sc. Antonete Tomljenović, doc. i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2011./2012.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Opći i specifični ciljevi rada	2
2. O RIBARSKIM MREŽAMA	3
2.1. Materijali za izradu ribarskih mreža	3
2.1.1. Vlakna	3
2.1.2. Pređe	4
2.1.3. Mreže i elementi za karakterizaciju	5
2.2. Osnovna svojstva ribarskih mreža	6
2.3. Trajnost ribarskih mreža	8
2.4. Zbrinjavanje i uporaba ribarskih mreža	10
3. MATERIJALI I METODE	13
3.1. Primijenjeni materijali	13
3.1.1. Karakterizacija polimernog materijala	13
3.1.2. Karakterizacija pređa	15
3.2. Postupci simulacije uporabe	16
3.3. Metode ispitivanja	19
3.3.1. Spektrofotometrijska analiza izgleda uzork	19
3.3.2. Površinska analiza uzorka pomoću skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM)	20
3.3.3. Ispitivanje vlačnih svojstava	20
4. REZULTATI I RASPRAVA	25
4.1. Spektrofotometrijska analiza izgleda uzorka	25
4.2. Površinska analiza uzorka pomoću skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM)	28
4.3. Ispitivanje vlačnih svojstava	31
4.3.1. Ispitivanje vlačnih svojstava na monofilamentnim vlaknima	31
4.3.2. Ispitivanje vlačnih svojstava multifilamentnih pređa	34
4.3.3. Ispitivanje vlačnih svojstava končanih pređa	38
4.3.4. Ispitivanje prekidne sile oka mreže	41
5. ZAKLJUČCI	43
6. ZAHVALE	44
7. POPIS LITERATURE	45
SAŽETAK	48
SUMMARY	49
ŽIVOTOPIS	50

1. UVOD

Naglim razvojem ribarstva i izlova ribe, povećana je i uporaba ribarskih mreža. Tendencija je sveprisutna kako na svjetskoj i europskoj razini, tako i na području hrvatskog akvatorija. Stoga je ribarska mreža kao tekstilni proizvod iz skupine tehničkih tekstilija izrađen uglavnom iz sintetskih polimera odnedavno, uz ostale medijski eksponirane onečišćivače okoliša loše biorazgradivosti (PE-LD vrećice, PET boce i sl.), postala analizirana kao veoma ekološki opterećujuća.

Sveopće prisutan ekološki problem je vezan uz zagađenje mora odbačenim mrežama koje se veoma teško razgrađuju, a postaju i zamka životinjskom svijetu morskih dubina. Naime, u praksi je uobičajeno odbaciti i zamijeniti mrežu nakon dvogodišnje uporabe zbog smanjenja uporabnih vrijednosti i kvalitete gotovog proizvoda. Moguća su i mehanička oštećenja mreža koja se saniraju krpanjem ili se oštećeni dijelovi zamjenjuju novima. Stoga je tematika zbrinjavanja i uporabe te ponovne uporabe ribarskih mreža veoma aktualna.

Istraživanja u navedenom području su vezana uz ispitivanje utjecaja ponovljenih ekstrudiranja na reološka i druga svojstva recikliranih polimernih materijala (PP, PE, PA, PES) i mogućnosti njihove ponovne uporabe za istu ili drugu namjenu. U proizvodnji je već uobičajeno prikupljati i provoditi potpunu depolimerizaciju rabljenih ribarskih mreža izrađenih iz sintetskih polimernih materijala do početnih monomera (npr. PA6 do kaproalaktama) te ponovnom polimerizacijom iz polimera proizvoditi vlakna iz ekološki prihvatljivih obnovljivih izvora (npr. Econyl, tt. Aquafil). Rabljene ribarske mreže, još uvijek zadovoljavajućih uporabnih svojstava ponajprije glede čvrstoće, se u izvornom obliku malo i rijetko koriste kao tekstilna sirovina. Moguće ih je koristiti kao ojačala u kompozitnim materijalima (npr. u građevinarstvu), a u Hrvatskoj je česta uporaba rabljenih ribarskih mreža za uređenje interijera.

Sustavnim istraživanjima je utvrđeno da sunčeva svjetlost, ali i morska voda, maziva za različite strojne dijelove te drugi agensi kojima su mreže izložene i s kojima su u izravnom kontaktu utječu na promjene njihovih svojstava. Činjenica je da ispitivanje trajnosti ribarskih mreža nije definirano normativnom regulativom. Starenje se uglavnom očituje i definira utvrđivanjem promjene čvrstoće.

Problematika zbrinjavanja mreža je aktualizirana i u Hrvatskoj zbog skorog ulaska u Europsku Uniju, ali i zbog nažalost uobičajenih načina njihova zbrinjavanja – odlaganje na suha odlagališta i bacanje u more. Kako se u hrvatskom akvatoriju najviše koriste ribarske mreže izrađene iz poliamidne pređe (PA 6 i PA 6.6) u ovom radu je provedeno

vrednovanje uporabne trajnosti ribarskih mreža izrađenih iz poliamida 6.6 u uvjetima simuliranog starenja u svrhu predviđanja promjene kvalitete u stvarnim uvjetima uporabe te analize moguće ponovne uporabe rabljene ribarske mreže za izradu novih proizvoda.

1.1. Opći i specifični ciljevi rada

Cilj ovog rada je na odabranim uzorcima mreža izrađenih iz PA6.6:

- Utvrditi zaseban utjecaj sunčeva zračenja i morske soli (NaCl) na svojstva materijala za izradu ribarskih mreža u simuliranim uvjetima primjene u laboratorijskim uvjetima nakon relativno kratkog vremenskog izlaganja;
- Utvrditi kombinirani utjecaj morske vode, sunčeva zračenja i svih atmosferilija kroz simulaciju stvarnih uvjeta primjene u prirodnom okruženju u trajanju od dva mjeseca.

Kako je predmet ovog rada istraživanje mogućnosti objektivne karakterizacije kvalitete odn. definiranje uporabne trajnosti materijala za izradu ribarskih mreža i gotovih proizvoda cilj rada je i :

- Definirati značajnost nastalih promjena analizom površinskih promjena ispitivanih materijala i karakterizacijom čvrstoće odn. vlačnih svojstava u suhom i mokrom stanju.
- Odabrati metode za karakterizaciju nastalih promjena u simuliranim uvjetima primjene s najvećom osjetljivošću, koristeći pritom normirane metode ispitivanja uobičajene za karakterizaciju kvalitete ribarskih mreža i pređa za njihovu izradu, ali i normirane metode uobičajene za ispitivanje vlakana odn. pređa za druge tekstilne namjene.

2. O RIBARSKIM MREŽAMA

Plošne rupičaste proizvode, geometrijski pravilne strukture šupljina odnosno otvora nazivamo **mrežastim tekstilijama** [1]. U ovu kategoriju tekstilija ubrajamo i različite vrste ribarskih mreža (mreže stajačice, mreže potegače, mreže klopke, procjedne mreže, nadizne mreže, itd.) koje se međusobno razlikuju po strukturi i sirovinskom sastavu, ovisno o namjeni u procesu izlova ribe. S obzirom na način izrade, razlikuju se ručno i strojno proizvedene mreže. U novije vrijeme, razvojem tehnologije, strojna je izrada u potpunosti potisnula ručnu izradu mreža [2].

2.1. Materijali za izradu ribarskih mreža

Polazna sirovina za izradu ribarskih mreža su **vlakna**, koja se različitim tehnologijama prerađuju u **pređe**, a potom u **mreže**.

2.1.1. Vlakna

Vlakna se prema podrijetlu dijele na prirodna i umjetna, a ovisno o njihovoj duljini na vlasasta – vlakna definirane duljine (sva prirodna vlakna osim svile) i filamentna vlakna neograničene duljine.

U današnje vrijeme za izradu ribarskih mreža uglavnom se primjenjuju umjetna filamentna vlakna izgrađena od sintetskih polimera. Bolje su trajnosti i otpornosti na djelovanje različitih utjecaja (voda, sol odn. morska voda, sunčeva svjetlost, ulja, maziva, različita naprezanja i sl.) (tablica 1 i 2).

Tablica 1: Pregled umjetnih vlakana koja prevladavaju u proizvodnji europskih ribarskih mreža [3]

Vlakno	Poliamidno	Poliestersko	Polietilensko	Polipropilensko	Aramidno	Polietilensko, visoke gustoće
Oznaka	PA	PES	PE	PP	AR	HDPE
Trgovački naziv	Nylon Perlon	Terylene Dacron Tetoron Trevira	Nymplex Courlene	Danaflex Mulfiflex Ulstron	Kevlar	Dyneema Spectra Dynex

Tablica 2: Svojstava umjetnih vlakana za proizvodnju ribarskih mreža [4]

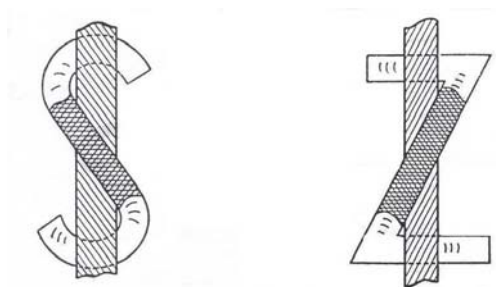
Vlakno	Gustoća [g/cm ³]	Upijanje vlage [%]	Čvrstoća [cN/tex]	Prekidno istezanje [%]	Temperatura omekšavanja [°C]	Talište [°C]
PA 6	1,14	3,5 - 4,5	30 - 90	20 - 45	180 - 200	215 - 220
PA 6.6	1,14	3,5 - 4,5	30 - 90	20 - 45	220 - 235	255-260
Poliestersko	1,36 - 1,41	0,2 - 0,5	30 - 70	20 - 30	230 - 240	250 - 260
Polipropilensko	0,9 - 0,92	0	25 - 60	15 - 50	150 - 160	165 - 175
Kevlar	1,44 - 1,47	1,5	140 - 250	1 - 4	-	550
Dyneema, Spectra	0,9 - 0,97	0	280 - 360	3 - 6	-	144 - 155

2.1.2. Pređe

Povezivanjem vlakana dobivaju se pređe različitih konstrukcija koje dijelimo na: predene pređe (pređe od vlasastih vlakana), filamentne pređe iz filamentnih vlakana i pređe posebnih konstrukcija.

Za proizvodnju ribarskih mreža najveći značaj imaju filamentne pređe, koje se ovisno o konstrukciji i načinu izrade javljaju kao monofilamentne pređe i multifilamentne pređe.

U procesu proizvodnje multifilamentne pređe, monofilamentne pređe se međusobno povezuju uvijanjem. Nastali uvoji pređi daju potrebnu čvrstoću, debljinu i elastičnost, a ovisno o smjeru uvijanja, pređe mogu biti uvijene u S i Z smjeru (slika 1.) [2]. Međusobnim uvijanjem više multifilamentnih pređa u jednom ili više stupnjeva dobivaju se jednostruko končane i višestruko končane pređe složenije strukture (HRN EN ISO 1530:2003 [5]).



Slika1. Smjer uvijanja vlakna odnosno pređe [6]

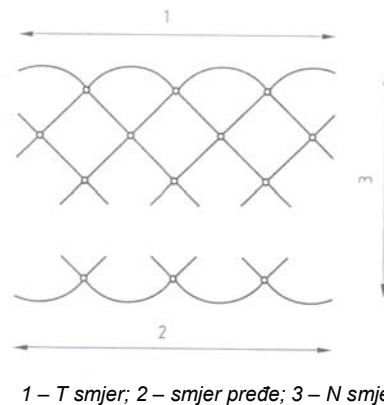
2.1.3. Mreže i elementi za karakterizaciju

Međusobnim povezivanjem pređa postupkom uzlanja nastaju **uzlane mreže**, a ostalim postupcima (pletenje, termoplastično povezivanje, štancanje,...) **bezuzlovne mreže**. Kako uzlane mreže imaju najveće značenje u daljnjem tekstu će se detaljnije pojasniti. Uzlanje je definirano kao proces povezivanja niti pređe uzlovima uz tvorbu pravilnih otvora koje nazivamo **okom**. Za proizvodnju ovakvih mreža koriste se **jednostruki** i **dvostruki** uzlovi koji mogu biti formirani u S i Z smjeru (slika 2.), uz napomenu da mreže ovisno o načinu proizvodnje mogu biti uzlane iz jedne ili dvije niti pređe (HRN EN ISO 1530:2003 [5]).



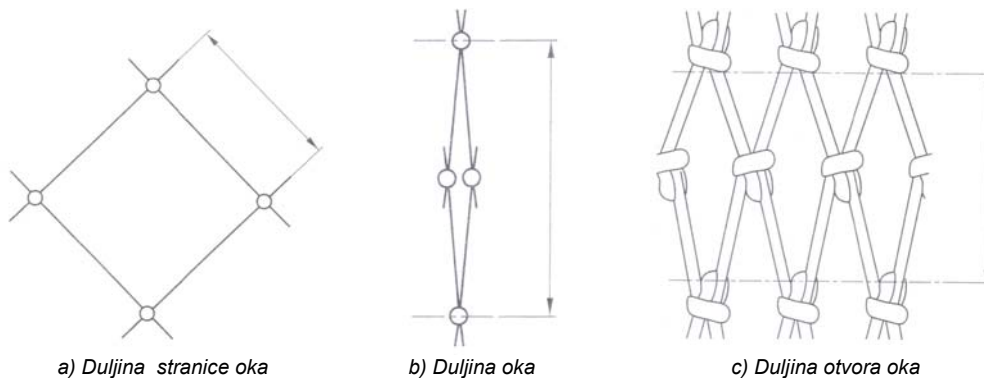
Slika 2. Prikaz jednostrukih i dvostrukih uzlova [5]

Oblik oka mreže ovisi o broju stranica i uzlova koji ga formiraju te može biti: četverokutni (dijamantni - romboidni, pravokutni) i šesterokutni. Veličina mreže i veličina oka mreže su bitne veličine za karakterizaciju mreža. Pod **veličinom mreže** podrazumijeva se umnožak broja otvora u T-smjeru (duljina mreže) i broja otvora u N-smjeru (širina mreže) ili umnožak broja otvora u jednom smjeru s duljinom drugog smjera, izraženom u odgovarajućim mjernim jedinicama (slika 3.).



Slika 3. Prikaz duljine i širine mreže [7]

Veličina oka podrazumijeva: **duljinu jedne stranice oka**, **duljinu oka** i **duljinu otvora oka**, gdje duljinu jedne stranice oka predstavlja, udaljenost u mm, izmjerena od središta jednog do središta drugog uzla; duljinu oka predstavlja udaljenost između dviju potpuno ispruženih stranica oka u mm, mjerena između središta dvaju suprotnih uzlova, a duljinu otvora oka predstavlja udaljenost između dviju potpuno ispruženih stranica oka u mm, mjerenu između dvaju suprotnih uzlova (slika 4.).



Slika 4. Prikaz karakterističnih veličina oka mreže [7]

2.2. Osnovna svojstva ribarskih mreža

Svojstva koja imaju odlučujući utjecaj na trajnost i primjenjivost (lovnost) ribarskih mreža su: finoća vlakana i pređa, njihova sorpcijska svojstva, čvrstoća te elastičnost svih elemenata strukture.

Finoća vlakana i pređa je mjera za veličinu površine poprečnog presjeka. Kako vlakna i pređe nemaju pravilan oblik poprečnog presjeka te su površine njihovog poprečnog presjeka veoma male i teško mjerljive, finoća se izražava **duljinskom masom (T_t)** koja predstavlja odnos između njihove duljine i mase, izražen u teksima (tex) - gdje 1 tex označava da 1000m (1km) vlakna ima masu 1 g. Manja jedinica koja se često koristi za iskazivanje finoće filamentnih vlakana i pređa je deciteks (dtex).

Sorpcijska svojstva materijala za izradu ribarskih mreža su uglavnom definirana upijanjem vlage i vode. Tekstilije umjetnog porijekla zbog specifičnosti strukture, u pravilu vežu manje vlage i vode od tekstilija prirodnog porijekla, te s tim u vezi voda i

vlaga imaju manji utjecaj na promjenu njihovih svojstava - npr. finoće, čvrstoće, elastičnosti i sl. Kako je primjena ribarskih mreža vezana uglavnom uz vodu i prostor visoke relativne vlažnosti za provedbu ispitivanja u suhom je zbog potrebe jednoznačnog iskazivanja sorpcijskih i drugih o njima ovisnih karakteristika definirana tzv. standardna atmosfera (SA) kao prostor definiranih vrijednosti parametara stanja zraka. Za umjereni geografski klimatski pojas dogovoreno je da je to prostor temperature $T = 20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ i relativne vlažnosti zraka $H_r = 65 \pm 2 \%$ u kojem se i provode ispitivanja [4].

Čvrstoća predstavlja maksimalno naprezanje koje materijal može podnijeti prije prekida. Kako vlakna i pređe imaju nepravilne oblike poprečnog presjeka, te postoji poteškoća pri njihovom kvantitativnom iskazivanju, čvrstoću istih predstavlja odnos sile i duljinske mase izražena u cN/tex [8].

Za ribarske mreže veliki značaj imaju čvrstoća vlakana te čvrstoća pređe od kojih je mreža izrađena, ali treba znati da čvrstoća pređe nije suma čvrstoće vlakana koja ju sačinjavaju, kao što ni čvrstoća cijele ribarske mreže nije suma čvrstoće pređa. Njihova čvrstoća u znatnom stupnju ovisi o procesu uvijanja i preplitanja vlakana u pređe te procesu formiranja uzlova odnosno mjesta povezivanja pojedinih stranica oka. Dakle čvrstoća vlakana, čvrstoća pređe i čvrstoća uzla su bitni za čvrstoću mreže ali pravi pokazatelj njene čvrstoće je veličina sile, koja uzrokuje prekidanje njenog osnovnog elementa tj. mrežnog oka (HRN EN ISO 1806:2002 [9]) [2].

Elastičnost odn. istezljivost uslijed djelovanja vlačne sile se iskazuje prekidnim produljenjem i prekidnim istezanjem izmjerenim u trenutku prekida. Prekidno istezanje se iskazuje u postocima, a definira kao udio produljenja u odnosu na početnu duljinu ispitivanog uzorka. Ispitivanje istezljivosti je veoma bitno svojstvo pređa za izradu ribarskih mreža koje su tijekom primjene (lova ribe) izložene velikim naprezanjima.

Ispitivanje svih navedenih svojstava kao i karakterizacija ribarskih mreža provodi se prema propisanim međunarodnim (ISO), europskim (EN) odn. hrvatskim (HRN) normama (tablica 3).

Tablica 3: Pregled normi koje se koriste pri karakterizaciji i ispitivanju ribarskih mreža

ISO 858:1973	Fishing nets – Designation of netting yarns in Tex System
ISO 1531:1973	Fishing nets – Hanging of netting – Basic terms and definitions
ISO 1532:1973	Fishing nets – Cutting knotted netting to shape (“tapering”)
ISO 3660:1976	Fishing nets – Mounting and joining of netting – Terms and illustrations
ISO 3790:1976	Fishing nets – Determination of elongation of netting yarns
HRN EN ISO 1107:2008	Ribarske mreže – Mrežaste tvorevine – Osnovni nazivi i definicije
HRN EN ISO 1530:2003	Ribarske mreže – Opis i obilježja uzlanih mrežastih tvorevina
HRN EN ISO 1805:2008	Ribarske mreže – Određivanje prekidne sile i prekidne sile u čvoru pređa za pletenje mreža
HRN EN ISO 1806:2003	Ribarske mreže – Određivanje prekidne sile oka mrežastih tvorevina
HRN EN ISO 16663-1:2009	Ribarske mreže – Metoda ispitivanja za određivanje veličine otvora (oka) – 1. dio: Otvori mreže (oka)
HRN EN ISO 16663-2:2003	Ribarske mreže – Metoda ispitivanja za određivanje veličine otvora oka – 2. dio: Duljina otvora oka

2.3. Trajnost ribarskih mreža

Poznavanje trajnosti ribarskih mreža, ako i čimbenika koji utječu na trajnost pojedine vrste ribarskih mreža, od presudnog je značenja izradu, primjenu i odabir istih. Pod pojmom trajnosti podrazumijeva se vremensko razdoblje u kojem ribarska mreža ispunjava namijenjenu funkciju. Trajnost ovisi o načinu ribolova, vrsti riba koje se love takvim alatima, ali i o svojstvima ribarskih mreža.

Govoreći o svojstvima, trajnost ribarskih mreža prvenstveno ovisi o konstrukciji, odnosno sirovinskom sastavu te finoći, čvrstoći i istezljivosti pređa iz kojih je izrađena, načinu izrade i načinu povezivanja pređa u mrežu kao i ponašanju istih pri utjecaju različitih vanjskih čimbenika. Najčešći utjecaji su voda, sol, sunčeva svjetlost i drugi agensi s kojima mreže dolaze u kontakt te razna naprezanja (sile težine, sile uzgona i hidrostatskog tlaka, sile trenja o podlogu, sile koje potječu od objekta ulova, sile koje potječu od vodenih struja i valova, itd. [2, 6, 10-14]).

Poznato je da vlakna, odnosno pređe iz prirodnih i umjetnih polimera ne reagiraju jednako u istom okolišu, pa su zbog toga za trajnost takvih proizvoda od velike važnosti, doradbeni procesi u proizvodnji. Finalna obrada (dorada) podrazumijeva podvrgavanje vlakana i pređa, odnosno ribarskih mreža, različitim fizikalnim i fizikalno-kemijskim procesima (bojadisanje, termofiksiranje, itd.) u cilju postizanja trajnih svojstava kao što su čim manja otpornost na deformacije, dimenzijska stabilnost, te stabilnost i trajnost uzlova.

Kako se starenje ribarskih mreža najviše očituje kroz promjene vlačnih svojstava, upravo praćenjem tih promjena, odnosno mjerenjem čvrstoće nakon izlaganja različitim utjecajima, moguće je predvidjeti trajnost ribarske mreže. Potrebno je naglasiti da ispitivanje trajnosti kao takve nije definirano normama. Kolika je čvrstoća mreže, dakako najviše ovisi o finoći, čvrstoći i uvojitosti pređe iz koje je izrađena, te čvrstoći njenih uzlova. Mreže izrađene od pređa manje finoće imaju veću čvrstoću te kao takve otpornije su na djelovanje različitih sila i vanjskih utjecaja. Dva najvažnija vanjska čimbenika, osim mehaničkih opterećenja, kojima su mreže neprestano izložene, a koja utječu na njihovu trajnost su voda i sunčeva svjetlost.

Promjene vlažnosti uzrokuju promjene skoro svih kvalitativnih pokazatelja, od kojih su najbitniji čvrstoća i dimenzijska stabilnost. Poznato je da se tekstilijama biljnog porijekla čvrstoća povećava, a tekstilijama životinjskog i umjetnog porijekla smanjuje u mokrom stanju. Što se tiče dimenzijskih karakteristika, promjene duljine pređe i duljine mreže uslijed djelovanja vode imaju istu slijednost. Pritom su promjene duljine ribarskih materijala od polipropilenskih (PP) i polietilenskih (PE) vlakana kao i kod termički stabiliziranih poliamidnih vlakana (PA) neznatne, za razliku od nestabiliziranih [2].

Sunčeva svjetlost je drugi čimbenik koji znatno utječe na svojstva ribarskih mreža. Kako su mreže danas u cijelosti izrađene od sintetskih polimera, upravo poznavanje utjecaja sunčeve svjetlosti na takve materijale je od velike važnosti za procjenu trajnosti ribarskih mreža. Istraživanjima je utvrđeno da se vlačna svojstva ribarskih mreža, izrađenih od umjetnih pređa (najčešće iz poliamida 6 i 6.6.), smanjuju s povećanjem vremena i intenziteta djelovanja sunčevog zračenja [15-17]. Koliki će biti intenzitet smanjenja čvrstoće, uvelike ovisi o morfologiji, finoći i vrsti vlakna i pređe od kojih je mreža izrađena [18-23]. Fotodegradacija je manje vidljiva što je veći promjer pređe iz razloga što je veliki broj vlakana u unutrašnjosti pređe zaštićen od sunčevog zračenja [15]. Osim toga, utvrđene su varijacije u visini štete prouzročene starenjem na umjetnim vlaknima, ovisne o sezoni i mjestu ribolova. Ispitivanja provedena na ribarskim mrežama,

izrađenim od polietilenskog (PE) multifilamenta, pokazuju da mreže koje su se koristile u sjevernoj Europi, nakon dvanaest mjeseci uporabe zadržavaju početna vlačna svojstva s minimalnim promjenama, dok istovjetne mreže korištene u zapadnoj Africi, gube gotovo 80% početne čvrstoće za isti period korištenja [16]. Bojadisanjem mreža, kao i ugradnjom stabilizatora u strukturu polimera znatno se poboljšava otpornost mreža na sunčevo zračenje.

2.4. Zbrinjavanje i uporaba ribarskih mreža

Odlaganje i pravilno zbrinjavanje ribarskih mreža, nakon isteka vijeka trajanja, je jedan od velikih problema ribarske industrije. Od davnina ribari su takve mreže jednostavno odbacivali u more, nanoseći pri tome veliku štetu ekosustavu. Podaci govore da čak 80% morskog otpada dolazi s kopna, odnosno 36% morskog otpada dolazi od turizma, 13% nastaje kao posljedica ribarske djelatnosti, a 10% su razni drugi zagađivači [24]. Činjenica da ne postoji sustavan način zbrinjavanja korištenih ribarskih mreža, te da su specijalizirana odlagališta rijetka, odnosno da se i danas ribarske mreže nakon uporabe u velikoj mjeri odbacuju u more (tablica 4), je još zastrašujuća ukoliko se zna da je životni vijek takvog otpada na dnu mora gotovo 600 godina (tablica 5).

Tablica 4: Godišnja količina odbačenih ribarskih mreža (Ministarstvo pomorstva i ribolova u Koreji: 2001) [25]

Godina	Količina odbačenih ribarskih mreža u tonama
1998	19 160
1999	21 650
2000	21 761

Tablica 5: Vrijeme razgradnje pojedinih vrsta otpada u morskoj vodi [24]

Vrsta otpada	Vrijeme potrebno za razgradnju
Staklena boca	Milijun godina
PA za ribarske mreže	600 godina
PET boce za pića	450 godina
Guma	80 godina
PE vrećice	20 godina

Zaplitanje u plutajući otpad morskog okoliša (konopi, vreće i vrećice, folije, ostaci raznih mreža i ribarskih alata, itd.) jedan je od uzroka uništavanja raznih vrsta morskih životinja, što se posebno odnosi na veće morske sisavce. S obzirom da u Jadranu oni nisu brojni, a mnogih vrsta uopće nema, takva vrsta štete se ne bilježi često, osim u slučaju morskih kornjača. One su posebno ugrožene tom vrstom otpada, tako da im u nekim morima prijete i istrebljenje (slika 5.) [24]. Posebna opasnost, i to vrlo opipljiva i dokumentirana, javlja se od izgubljenih, i još češće odbačenih (kao otpad) ribarskih alata naročito fiksnih (mreže, vrše) koji nastavljaju loviti – ubijati bez ikakve koristi još godinama nakon što su odbačeni [24].



Slika 5. Kornjače zapletene u odbačene ribarske mreže

Zbog gore navedenih činjenica tematika zbrinjavanja i uporabe te ponovne uporabe ribarskih mreža je veoma aktualna i od izuzetnog značenja, kako u svijetu tako i u Hrvatskoj.

Istraživanja u navedenom području su vezana uz ispitivanje utjecaja ponovljenih ekstrudiranja na reološka i druga svojstva recikliranih polimernih materijala (PP, PE, PA, PES) i mogućnosti njihove ponovne uporabe za istu ili drugu namjenu [26, 27]. Pozitivan primjer iz prakse je vezan uz danske ribare. Činjenica je da se u Danskoj godišnje odlaže do 700 tisuća tona godišnje rabljenih ribarskih mreža. Zakonskom regulativom je od 2009. definirano njihovo obvezno prikupljanje i uporaba u pogonu tt. Frandsen Industri, gdje se provodi selektiranje, rezanje i ekstrudiranje mreža različitog sirovinskog sastava te ponovna proizvodnja polimernog granulata koji se primjenjuje npr. za proizvodnju vlakana za podne prostirače, odnosno različite plastične dijelove (slika 6.) [28]. U proizvodnji je već uobičajeno prikupljati i provoditi potpunu depolimerizaciju

rabljenih ribarskih mreža izrađenih iz sintetskih polimernih materijala do početnih monomera (npr. PA6 do kaproalaktama) te ponovnom polimerizacijom iz polimera proizvoditi vlakana iz ekološki prihvatljivih obnovljivih izvora (npr. Econyl, tt. Aquafil, Ljubljana, Slovenia) [29].

Rabljene ribarske mreže, još uvijek zadovoljavajućih uporabnih svojstava ponajprije glede čvrstoće, se u izvornom obliku malo i rijetko koriste kao tekstilna sirovina. Moguće ih je koristiti kao ojačala u kompozitnim materijalima (npr. u građevinarstvu) i sl. [25], a u Hrvatskoj je česta uporaba rabljenih ribarskih mreža za uređenje interijera posebice u ugostiteljskim objektima.



a) odlaganje ribarskih mreža

b) rezanje i ekstrudiranje ribarskih mreža

c) iznova dobiveni polimerni granulat od ribarskih mreža

Slika 6. Prikaz uporabe ribarskih mreža (tt. Frandsen Industry – Danska) [28]

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Primijenjeni materijali

U okviru rada ispitivanja su provedena na dva uzorka **multifilamentne pređe** te od njih izrađenih **končanih pređa** (od iste monofilamentne pređe) i **mreža**, od hrvatskog proizvođača (Tvornica mreža Biograd d.o.o.). Oba uzorka su deklarirana kao poliamidna vlakna izgrađena iz PA 6.6. U tablici 6 prikazane su njihove osnovne karakteristike te oznake koje će se primjenjivati u daljnjem tekstu: 1 MF, 2 MF (MF – multifilamentna pređa), 1 KP, 2 KP (KP – končana pređa), 1M i 2M (M – mreža).

Tablica 6: Opis i karakteristike uzoraka

Oznaka	Opis uzorka	Deklarirana oznaka uzorka
1 MF	multifilamentna pređa	Finoća: 470 dtex ; Boja: bijela ; Broj monofilamenata: 68 ; Sirovinski sastav: PA 6.6
2 MF	multifilamentna pređa	Finoća: 235 dtex ; Boja: bijela ; Broj monofilamenata: 34 ; Sirovinski sastav: PA 6.6
1 KP	končana pređa	235/6 iz pređe 470 x 1 x 3
2 KP	končana pređa	235/4 iz pređe 235 x 1 x 4
1 M	uzlana mreža	Duljina stranice oka: 8,5 mm ; Duljina oka: 17mm ; Duljina otvora oka: 15 mm ; širina: 640 oka
2 M	uzlana mreža	Duljina stranice oka: 8,5 mm ; Duljina oka: 17mm ; Duljina otvora oka: 15 mm ; širina: 510 oka

3.1.1. Karakterizacija polimernog materijala

Provjera sirovinskog sastava uzoraka provedena je:

- mikroskopskom analizom uz reakciju s karakterističnim reagensima,
- utvrđivanjem tališta polimernog materijala i
- FTIR ATR analizom.

Mikroskopskom analizom u karakterističnim reagensima Frotte I i Frotte II utvrđena je karakteristična frotte reakcija za poliamidna vlakna. Da su uzorci izgrađeni iz poliamida

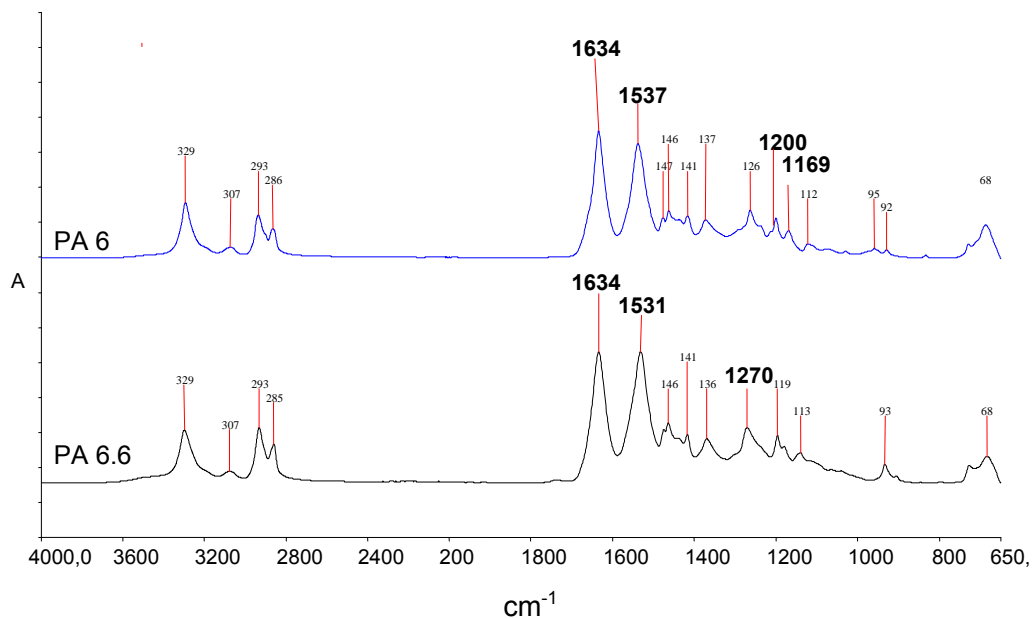
6.6, a ne poliamida 6, potvrđeno je utvrđivanjem tališta primjenom specijaliziranog mikroskopa. Oba ispitivana uzorka su se rastalila u temperaturnom intervalu od 243 - 250°C, za razliku od poliamida 6 kod kojeg uobičajeno da temperatura tališta iznosi 215 - 220°C.

Dodatno je provedena spektroskopska FTIR (Fourier Transform Infra Red) analiza primjenom ATR (attenuated total-reflection) tehnike na instrumentu Perkin Elmer Spectrum 100 (slika 7.) u valnom području 4000 - 380 cm^{-1} uz mjernu rezoluciju 4 cm^{-1} .



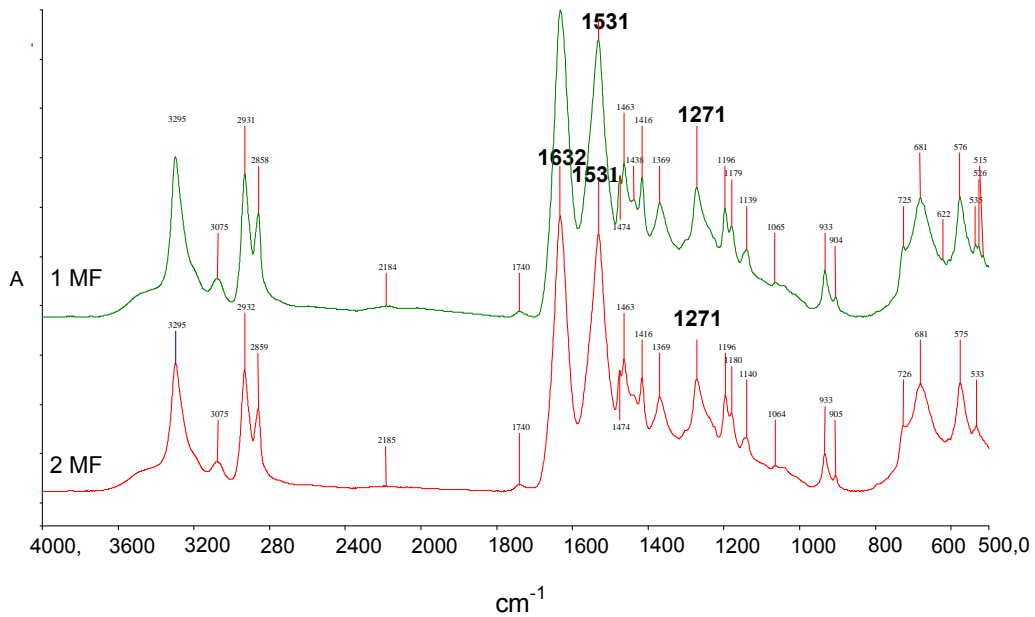
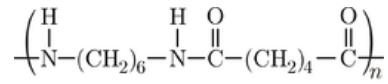
Slika 7. Prikaz instrumenta Perkin Elmer Spectrum 100

Na slici 8. su prikazani apsorpcijski FTIR spektri karakteristični za poliamid 6 i poliamid 6.6. Prisutnost amidnih skupina okarakterizirana je izražajnim pikovima oko 1530 i 1640 cm^{-1} . Poliamid 6.6 ima karakterističan izražajni pik oko 1274 cm^{-1} , dok poliamid 6 pokazuje dva izražajna pika pri valnim duljinama od cca 1200 i 1170 cm^{-1} [30].



Slika 8. Apsorpcijski spektri poliamida 6 i poliamida 6.6

Stoga je iz slike 9. na kojoj su prikazani apsorpcijski FTIR spektri uzoraka multifilamentne pređe 1MF i 2MF vidljivo da se radi o uzorcima izgrađenim od poliamida 6.6, karakteristične strukturne formule:



Slika 9. Apсорpcijski spektri uzoraka 1 MF i 2 MF

3.1.2. Karakterizacija pređa

U svrhu potpune karakterizacije primijenjenih uzoraka pređe, u radu je utvrđena finoća monofilamentnih vlakana korištenih za izradu multifilamentne i končane pređe (tablica 7). Ispitivanje je provedeno metodom pojedinačnog mjerenja, prema normi HRN EN ISO 1973:2008 [31], na instrumentu Vibroskop 400 tt Lenzing (slika 10.). Mjerenje je izvršeno na 50 monofilamentnih vlakna, uzorkovanih iz multifilamentne pređe, uz opterećenje od $0,6 \pm 0,06$ cN/tex (500 mg).



Slika 10. Prikaz instrumenta Vibroskop 400 tt. Lenzing

Metodom vitice, prema normi HRN EN ISO 2060:2003 [32], utvrđena je finoća primijenjenih multifilamentnih i končanih pređa vaganjem mase vitice duge 100m. Temeljem norme HRN EN ISO 1139:2003 [13], končane pređe 1 KP i 2 KP su prikladno označene, nakon što je utvrđeno da je uzorak 1 KP trinitna, a uzorak 2 KP četveronitna končana pređa koje su končane u jednom stupnju (tablica 7).

Tablica 7: Prikaz finoće uzoraka i oznaka pređa

Uzorak	Finoća vlakna [dtex]	Koeficijent varijacije CV [%]	Uzorak	Finoća multifilamentne pređe [dtex]	Uzorak	Finoća končane pređe [tex]	Oznaka pređe
1 MF	7,1	9,6	1 MF	488,13	1 K	156	49 tex x 3; R 156 tex Z
2 MF	6,8	8,5	2 MF	235,94	2 K	101	24 tex x 4; R 101 tex Z

3.2. Postupci simulacije uporabe

Sa svrhom utvrđivanja zasebnog utjecaja sunčeva zračenja i morske soli na svojstva ispitivanih uzoraka, uzorci multifilamentne i končane pređe za izradu ribarskih mreža su u laboratorijskim uvjetima izloženi simuliranim uvjetima primjene (starenju) u vremenu od 60 sati.

Uzorci su namotani na nosače definiranih dimenzija i izloženi standardnom umjetnom svjetlu Xenon lampe uz okišnjavanje (HRN EN ISO 105-B04:2003 [33]) u Xenotest-u Alpha tt. Atlas uz slijedeće uvjete:

- temperatura komore: $48\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$,
- relativna vlažnost komore: $40\% \pm 5\%$,
- zračenje: 60 W/m^2 (300 - 400nm),

- filter: Xenochrom 300 i
- vrijeme ciklusa osvjetljavanja: 29 min; vrijeme okišnjavanja: 1 min.

Uzorci su djelovanju soli (NaCl) izloženi u slanoj komori, primarno namijenjenoj za ispitivanje otpornosti na koroziju u umjetnoj atmosferi (HRN EN ISO 9227:2008 [34]). Iako to nije uobičajeni način izlaganja tekstilnih uzoraka, priređeni u obliku vitice i položeni pod kutom od 20° izloženi su u djelovanju 5% otopine soli (50±5 g/l NaCl) standardiziranoj kao NNS (neutral salt spray) uz definirane uvjete:

- pH: 6,5 - 7,2,
- prosjek prikupljene otopine: 1-2 ml/h u cca 80 cm²,
- temperatura komore: 35 ± 2 °C i
- temperatura ovlaživača: 50 ± 5 °C.

Sa svrhom simulacije stvarnih uvjeta primjene uzorci multifilamentne i končane pređe te gotovih ribarskih mreža su u vremenu od dva mjeseca bili izloženi prirodnom starenju. Tijekom dana su bili izloženi kombiniranom djelovanju sunčeva svjetla i svih atmosferilija, a tijekom noći djelovanju morske vode na otoku Lošinju.

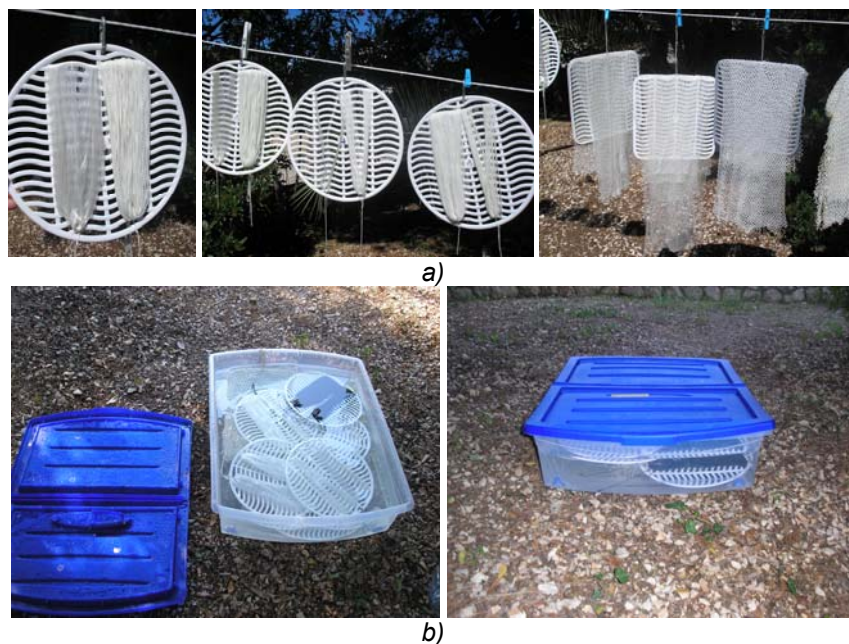
Prema Köppen-ovoj klasifikaciji klime Lošinj ima umjereno toplu kišnu klimu s najtoplijim mjesecom srpnjem koji ima srednju temperaturu 24,5 °C i najhladnijom veljačom sa 7,7 °C. Topli dani, s najvišom dnevnom temperaturom višom od 25 °C, javljaju se od svibnja do listopada. U kolovozu je temperatura nerijetko viša od 30 °C. S ukupno više od 2600 sunčanih sati godišnje ili prosječno oko 7 sati dnevno, Lošinj spada među najsunčanija područja u Hrvatskoj. U toplom dijelu godine oborina je manje te ljeti u prosjeku ima samo 3 do 5 oborinskih dana tijekom jednog mjeseca. Prosječna godišnja količina oborina iznosi 918 mm, a 59% oborina padne između kasnog rujna i ožujka [35].

Svi uzorci su bili tijekom dana izloženi vremenskim uvjetima bez ikakve zaštite, tijekom 2 mjeseca u trajanju od 01.08. do 30.09.2011., u području gdje nije prisutno industrijsko zagađenje. Na osnovu provedenih mjerenja (postaja Mali Lošinj i Rijeka) u tablici 8 prikazani su klimatološki uvjeti izlaganja za navedeni period, temeljeni na izvješću Državnog hidrometeorološkog zavoda u Zagrebu.

Tablica 8: Klimatološko izvješće Državnog hidrometeorološkog zavoda u Zagrebu

Postaja Mali Lošinj		Kolovoz 2012.	Rujan 2012.	Dvomjesečni prosjek	Dvomjesečna suma
Prosječna temperatura zraka T[°C]		26	23	24,5	-
Broj sunčanih sati SS[h]		387,3	293,5	-	680,8
Prosječni mjesečni intenzitet oborine [mm/dan]		15,9	10,5	13,2	-
Relativna vlažnost [%]		56	61	58,5	-
Vjetar	Srednja jačina [bof]	2,1	2,7	2,4	-
	Srednja brzina [m/s]	1,8	2,2	2	-
Postaja Rijeka: satne vrijednosti globalnog zračenja [J/cm ²]		70995	49615	-	120610

Uzorci su tijekom dana bili izloženi namotani na prikladne nosače u relativno slobodnom stanju (okrenuti prema jugu) na način prikazan na slici 10., a ne fiksirani pod kutom od 45° prema HRN EN ISO 105-B03:2003 [36], normom definiranim uvjetima izlaganja. Tijekom noći (slika 11.) su bili namakani u morskoj vodi iz Lošinjskog akvatorija.



Slika 11. Starenje uzoraka u prirodnim uvjetima: a) djelovanje sunca i b) djelovanje morske vode

U daljnjem tekstu će uzorci izlagani simuliranim uvjetima starenja u Xenotest-u nositi oznaku X, u slanoj komori oznaku SL a oni izlagani u uvjetima prirodnog starenja oznaku PR.

3.3. Metode ispitivanja

Za objektivno vrednovanje i karakterizaciju kvalitete te definiranje uporabne trajnosti ispitivanih materijala, kao i za utvrđivanje utjecaja simuliranog starenja na promjene svojstava, primijenjene su slijedeće metode:

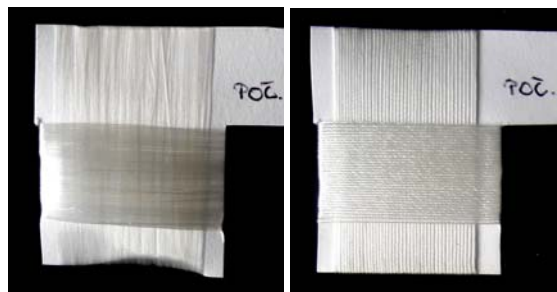
1. Spektrofotometrijska analiza izgleda uzoraka
2. Površinska analiza uzoraka pomoću skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM)
3. Ispitivanje vlačnih svojstava

3.3.1. Spektrofotometrijska analiza izgleda uzoraka

Pomoću remisijskog spektrofotometra *DataColor®Spectroflash 600+* (slika 12.), uz izvor svjetla D65/10 i promjer kružnog otvora blende od 3mm, definirane su *CIEL*a*b** vrijednosti ispitivanih uzoraka, s posebnim osvrtom na svjetlinu. Izračunate vrijednosti bjeline CIE_{W} , sa svrhom ocjene izgleda i mogućih promjena multifilamentne i končane pređe nakon izlaganja opisanim utjecajima.



Slika 12. Prikaz spektrofotometra *DataColor®Spectroflash 600+*



Slika 13. Prikaz uzoraka pripremljenih za spektrofotometriju (2MF i 2KP)

3.3.2. Površinska analiza uzorka pomoću skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM)

Analiza površine početnih i starenih uzoraka provedena je pomoću skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM analizom), primjenom elektronskog mikroskopa (FE-SEM, MIRA, Tescan (slika 14.)).

Prije mikroskopiranja izvršeno je neparivanje uzoraka, multifilamentne pređe 1 MF i 2 MF, kao i istih uzoraka izlaganih simuliranim uvjetima starenja, legurom zlata i paladija u instrumentu (SC7620 Mini Sputter coater (slika 15.)) , sa svrhom povećanja njihove električne vodljivosti.



Slika 14. Skenirajući elektronski mikroskop FE – SEM, MIRA, Tescan



Slika 15. Instrument za neparivanje uzoraka SC7620 Mini Sputter coater

3.3.3. Ispitivanje vlačnih svojstava

Sa svrhom definiranja metoda za karakterizaciju promjena čvrstoće odnosno vlačnih svojstava nastalih u simuliranim uvjetima primjene, u suhom i mokrom stanju, u radu su primijenjene metode ispitivanja uobičajene za karakterizaciju čvrstoće ribarskih mreža ali i metode uobičajene za ispitivanje vlakana odnosno pređa za druge tekstilne namjene.

S obzirom na specifičnosti primjene ispitivanih materijala, ali i mogućnost predviđanja ponašanja gotovih proizvoda u odgovarajućim uvjetima primjene, ispitivanja su provedena u suhom i mokrom stanju. Prije ispitivanja u mokrom stanju uzorci su namakani u destiliranoj vodi uz dodatak 1g/l sredstva za kvašenje, a u suhom kondicionirani 24h u uvjetima standardne atmosfere za ispitivanje.

Provedena su slijedeća ispitivanja:

a) ispitivanje čvrstoće monofilamentne pređe, uzorkovane iz multifilamentne pređe, metodom pojedinačnog mjerenja, prema normi HRN EN ISO 5079:2003 [37], na instrumentu (Vibrodyn 400, tt Lenzing (slika 16.)) uz slijedeće uvjete ispitivanja:

- broj mjerenih uzoraka: 50,
- udaljenost između stezaljki: 20 mm,
- brzina istezanja: 30 mm/min,
- predopterećenje: $0,6 \pm 0,06$ cN/tex (500mg),



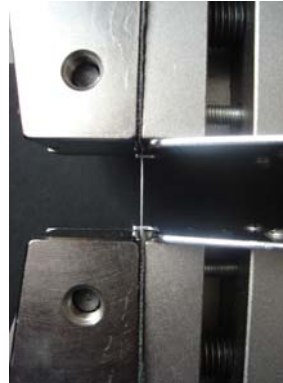
Slika 16. Prikaz instrumenta Vibrodyn 400 tt. Lenzing

b) ispitivanje čvrstoće multifilamentne pređe, ali prema zahtjevima prethodno navedene norme za ispitivanje pojedinačnih monofilamentnih vlakana (HRN EN ISO 5079:2003 [37]), uz malu udaljenost između stezaljki, na dinamometru (Tensolab 3000 tt. Mesdan) (slika 17.) uz slijedeće uvjete ispitivanja:

- broj mjerenih uzoraka: 20,
- udaljenost između stezaljki: 20 mm,
- brzina istezanja: 30 mm/min,
- predopterećenje:
 - za kondicionirane uzorke: $0,5 \pm 0,1$ cN/tex,
 - za mokre uzorke: $0,25 \pm 0,05$ cN/tex,



Slika 17. Prikaz dinamometra Tensolab 3000 tt. Mesdan



Slika 18. Prikaz uzorka postavljenog između stezaljki dinamometra udaljenih 20 mm

c) ispitivanje čvrstoće multifilamentne pređe, prema zahtjevima norme za ispitivanje pređe za tekstilne namjene (HRN EN ISO 2062:2003 [38]), na dinamometru (Tensolab 3000 tt. Mesdan)(slika 17.) uz slijedeće uvjete ispitivanja:

- broj mjerenih uzoraka: 20,
- udaljenost između stezaljki: 250 mm,
- brzina istezanja: 250 mm/min,
- predopterećenje:

za kondicionirane uzorke: $0,5 \pm 0,1$ cN/tex,

za mokre uzorke: $0,25 \pm 0,05$ cN/tex,



Slika 19. Prikaz multifilamentne pređe između stezaljki dinamometra udaljenih 250 mm

d) ispitivanje čvrstoće končane pređe, prema zahtjevima norme za ispitivanje ribarskih mreža HRN EN ISO 1805:2006 [14], na dinamometru (Tensolab 3000 tt. Mesdan)(slika 17.) uz slijedeće uvjete ispitivanja:

- broj mjerenih uzoraka: 20,
- udaljenost između stezaljki: 250 mm,
- brzina istezanja: 250 mm/min,
- predopterećenje: $0,5 \pm 0,1$ cN/tex,



Slika 20. Prikaz končane pređe između stezaljki dinamometra udaljenih 250 mm

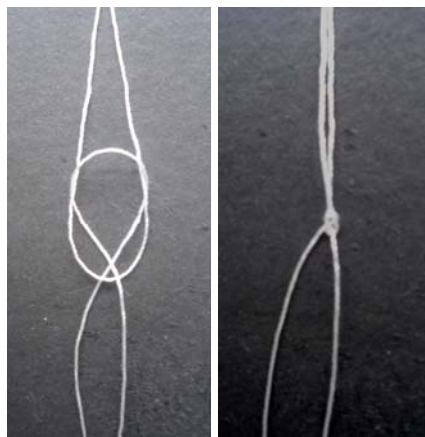
e) ispitivanje čvrstoće končane pređe u uzlu, prema zahtjevima prethodno spomenute norme (HRN EN ISO 1805:2006 [14]), na dinamometru (Tensolab 3000 tt. Mesdan)(slika 17.) uz slijedeće uvjete ispitivanja:

- broj mjerenih uzoraka: 20,
- udaljenost između stezaljki: 250 mm,
- brzina istezanja: 250 mm/min,
- predopterećenje: $0,5 \pm 0,1$ cN/tex.

Prema zahtjevima norme do prekida mora doći točno u uzlu koji se mora nalaziti na sredini točno između dvije stezaljke. Pritom se dvije niti pređe povezuju u S ili Z uzao (slika 2.). U ovom radu uzorci su pripremljeni pripravom Z uzla što je prikazano i na slici 21.



Slika 21. Prikaz uzorka za ispitivanje



Slika 22. Prikaz načina formiranja Z uzla

f) ispitivanje prekidne sile oka mreže, prema normi HRN EN ISO 1806:2002 [9], na dinamometru (Tensolab 3000 tt. Mesdan) (slika 17.) uz slijedeće uvjete ispitivanja:

- broj mjerenih uzoraka: 10,
- brzina istezanja: 30 mm/min,
- predopterećenje: $0,5 \pm 0,1$ cN/tex.

Ispitivanje čvrstoće oka je provedeno samo na novim i prirodno starenim uzorcima zbog ograničenja veličine uzorka u komorama laboratorijskih instrumenata za simulaciju uporabe. Uzorci su pripremljeni kao na slici 23.. Tijekom ispitivanja je potrebno voditi računa da uzorak bude postavljen između stezaljki na način kako je prikazano na slici 24.. Pritom sva četiri uzla oka moraju biti slobodna, a oko mreže u stezaljke učvršćeno pomoću pređe čvršće od ispitivane. Zadovoljavajući rezultat je prekid u jednom od ispitivanih uzlova.



Slika 23. Prikaz pripremljenog uzorka za ispitivanje čvrstoće oka ribarske mreže



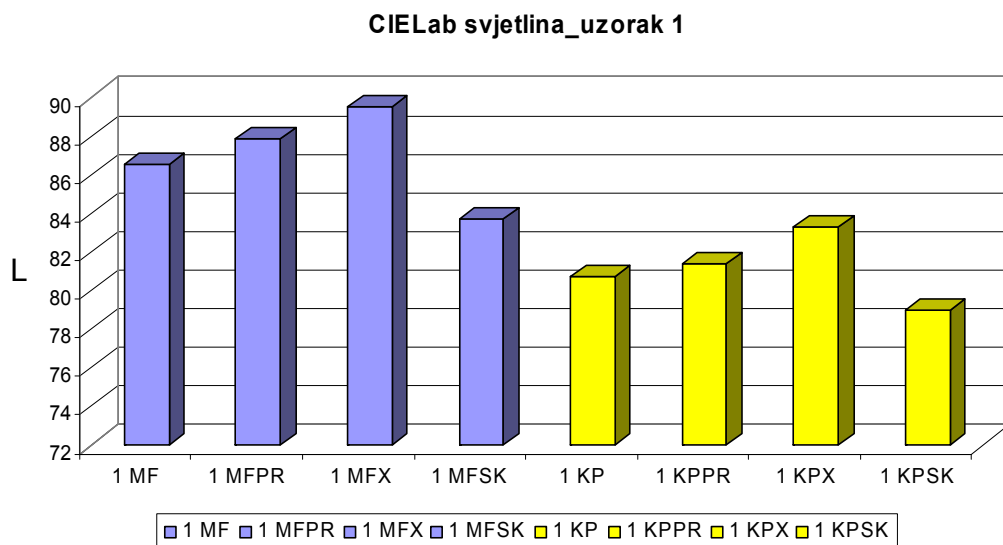
Slika 24. Prikaz načina postavljanja uzorka između stezaljki dinamometra prilikom ispitivanja čvrstoće oka ribarske mreže

4. REZULTATI I RASPRAVA

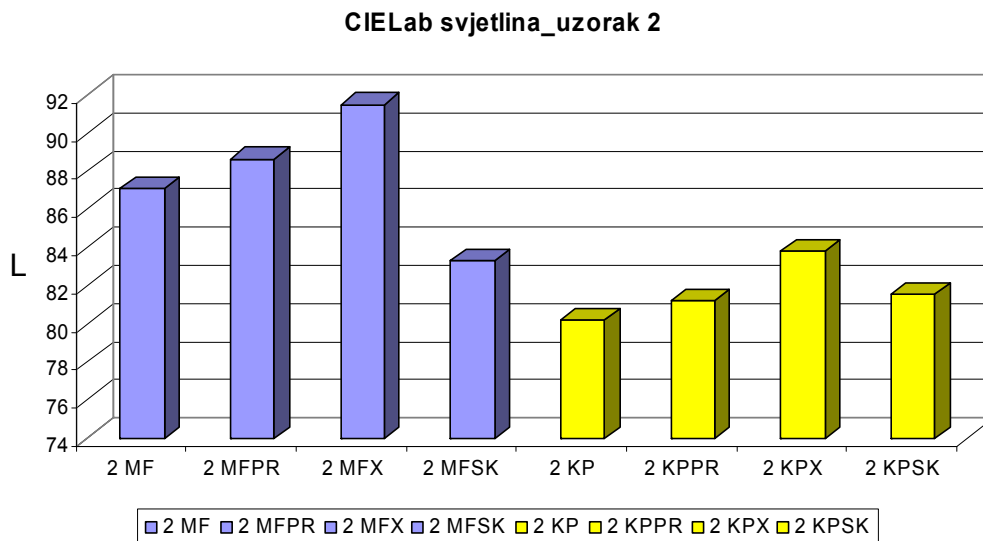
U cilju ispitivanja trajnosti ispitivanih uzoraka u simuliranim uvjetima primjene te odabira metoda za objektivnu karakterizaciju nastalih promjena ribarskih mreža, u poglavlju 4. su prikazani i raspravljani rezultati provedenih ispitivanja. Utvrđene promjene su analizirane i kao element za predviđanje promjena uporabne kvalitete ribarskih mreža u stvarnim uvjetima primjene. Rezultati su prikazani tablično i slikovno.

4.1. Spektrofotometrijska analiza izgleda uzoraka

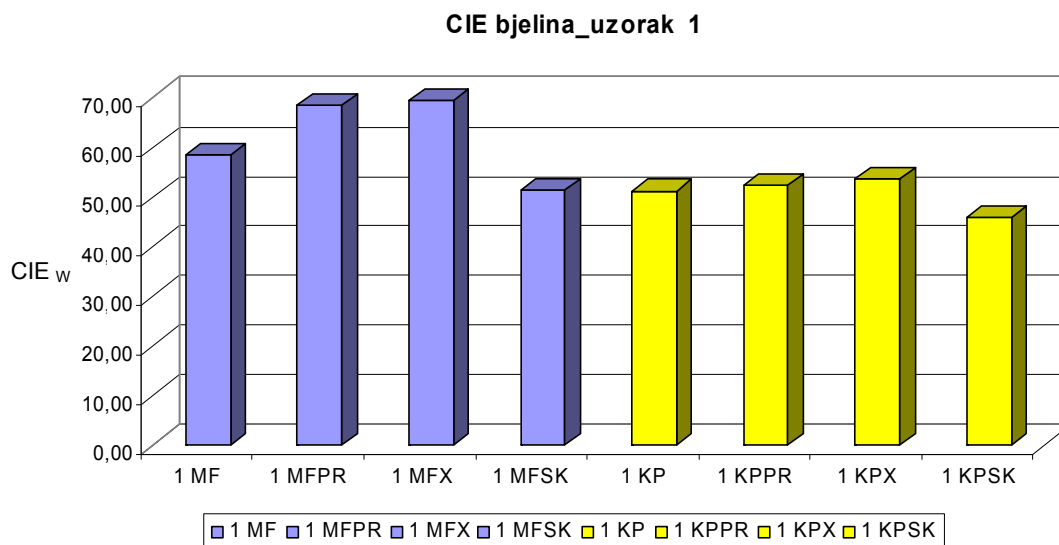
Na slikama 25., 26., 27. i 28. prikazani su rezultati spektrofotometrijske analize uzoraka, utvrđeni na prvom uzorku multifilamentne (1 MF) i končane pređe (1 KP) (slika 25. i 27.), te drugom uzorku multifilamentne (2MF) i končane pređe (2 KP) (slika 26. i 28.). Prikazani su rezultati $CIEL^*a^*b^*$ svjetline (slika 25. i 26.) i CIE bjeline (slika 27. i 28.) početnih i starenih uzoraka oznakama kako slijedi - prirodni uvjeti (PR), Xenotest (X) i slana komora (SK).



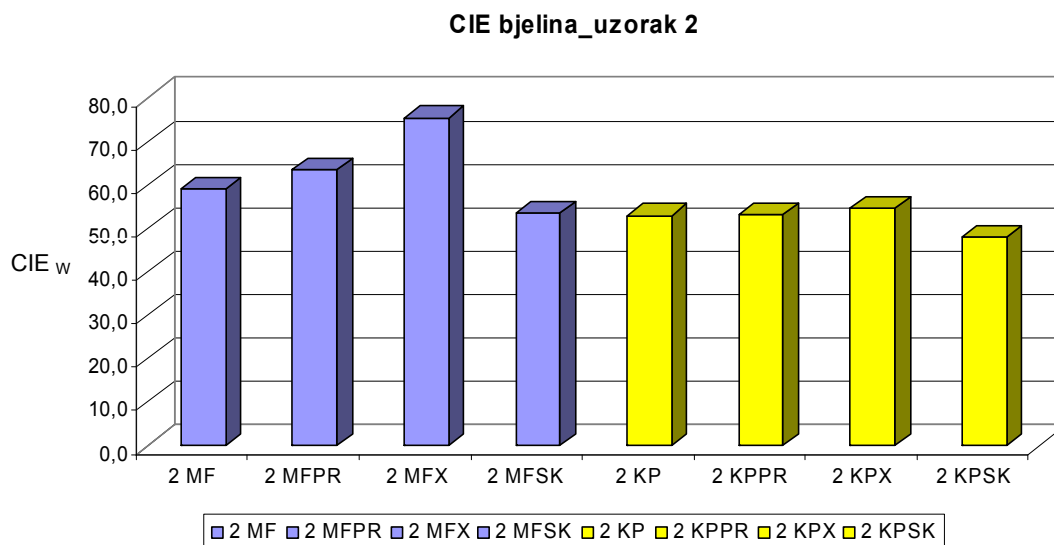
Slika 25. Prikaz rezultata spektrofotometrijskog mjerenja $CIEL^*a^*b^*$ svjetline prvog uzorka multifilamentne pređe (1 MF) i prvog uzorka končane pređe (1 KP) starenih u prirodnim uvjetima (PR), Xenotest-u (X) te slanoj komori (SK)



Slika 26. Prikaz rezultata spektrofotometrijskog mjerenja CIEL*a*b* svjetline drugog uzorka multifilamentne pređe (2 MF) i drugog uzorka končane pređe (2 KP) starenih u prirodnim uvjetima (PR), Xenotest-u (X) te slanoj komori (SK)



Slika 27. Prikaz rezultata spektrofotometrijskog mjerenja CIE bjeline prvog uzorka multifilamentne pređe (1MF) i prvog uzorka končane pređe (1 KP) starenim u prirodnih uvjetima (PR), Xenotest-u (X) te slanoj komori (SK)



Slika 28. Prikaz rezultata spektrofotometrijskog mjerenja CIE bjeline drugog uzorka multifilamentne pređe (2 MF) i drugog uzorka končane pređe (2 KP) starenih u prirodnim uvjetima (PR), Xenotest-u (X) te slanoj komori (SK)

Vrijednosti svjetline, ali i bjeline kod oba ispitivana uzorka, brojčano su više na uzorcima multifilamentne pređe u odnosu na vrijednosti končane pređe. Presudan utjecaj na takove rezultate vjerojatno ima izražajna površinska strukturiranost končane pređe, uvjetovana njenom specifičnom konstrukcijom, koja posebice dolazi do izražaja kod specifično pripremljenih uzorka (križno namatanje na pravokutni nosač (slika 13.)). Dakle, neravnomjernija površina končane pređe uvjetovala je veće difuzno rasipanje svjetlosti, a time i niže vrijednosti svjetline i bjeline u odnosu na multifilamentnu pređu koja ima glađu (ravnomjerniju) površinu.

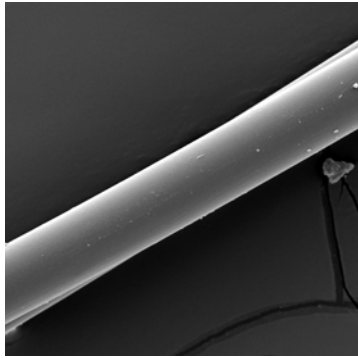
Analizom dobivenih rezultata uočena je jednoznačna slijednost rezultata svjetline i bjeline kod oba ispitivana uzorka nakon simulacije uporabe. Nakon izlaganja simuliranim uvjetima starenja u Xenotest-u dolazi do povećanja svjetline i bjeline oba uzorka. Do povećanja dolazi i nakon izlaganja uzoraka prirodnim uvjetima starenja (kombinacija djelovanja sunca i morske vode), ali u manjem iznosu. Iako su poliamidna vlakna uslijed starenja sklona požućenju, izostanak navedene pojave se može obrazložiti djelovanjem UV stabilizatora koji su inkorporirani u njihovu strukturu. Nakon izlaganja uzoraka u slanoj komori dolazi do smanjenja vrijednosti CIE svjetline i bjeline.

4.2. Površinska analiza uzorka pomoću skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM)

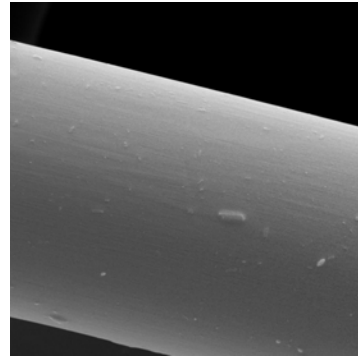
Na slikama 29. i 30. prikazan je površinski izgled monofilamenta (F) prvog i drugog ispitivanog uzorka, prije i nakon izlaganja različitim simuliranim uvjetima starenja - slana komora (SK), prirodni uvjeti (PR) i Xenotest (X). Analiza površine monofilamentne pređe provedena je uz različita povećanja skenirajućeg elektronskog mikroskopa (1500x, 6000x, 17000x).

Na slikama (29a., 29b., 30a. i 30b.) uočava se glatka površina početnih uzoraka kružnog poprečnog presjeka. Na uzorcima izlaganim u slanoj komori jasno je uočljiv kontinuirani sloj soli na površini monofilamenta jednog i drugog uzorka (29c., 29d., 30c. i 30d.) koji se karakteristično pojavljuje na metalnim dijelovima pri ispitivanju njihove sklonosti koroziji u umjetnoj atmosferi. Vrlo je vjerojatno da navedeno utječe i na promjene vrijednosti $CIEL^*a^*b^*$ svjetline i izračunate bjeline prikazane u okviru prethodne t. 4.1.

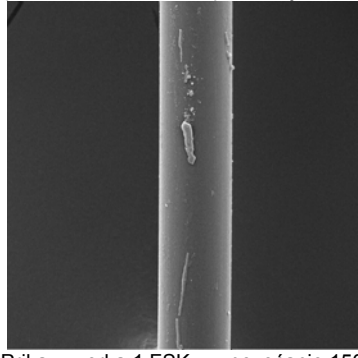
Nakon izlaganja uzoraka prirodnim uvjetima starenja (kombinacija sunca i morske vode) na površini monofilamenata zamjećuju se kristali NaCl (slike 29e., 29f., 30e. i 30f.) koji vjerojatno potječu iz morske vode značajno većeg saliniteta (veće koncentracije soli) u odnosu na otopinu primijenjenu u slanoj komori (5% NaCl). Površinska oštećenja PA 6.6 monofilamenta u vidu rupica zamijećena su samo na površini oba uzorka izlagana simuliranom UV zračenju u Xenotest-u (slike 29i., 30h. i 30i.). Takva oštećenja ukazuju na prisutnost fotodegradacije te na početak starenja ispitivanih uzoraka.



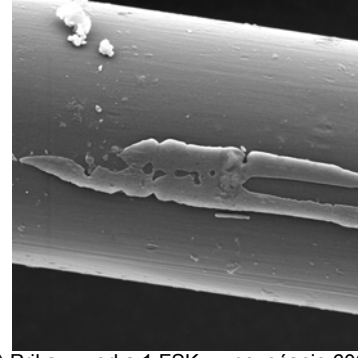
a) Prikaz uzorka 1 F uz povećanje 1500x



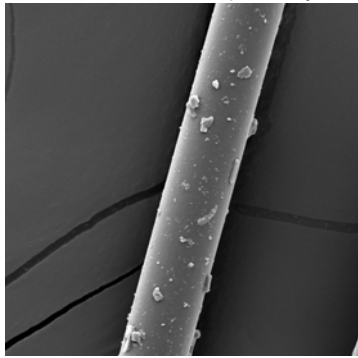
b) Prikaz uzorka 1 F uz povećanje 6000x



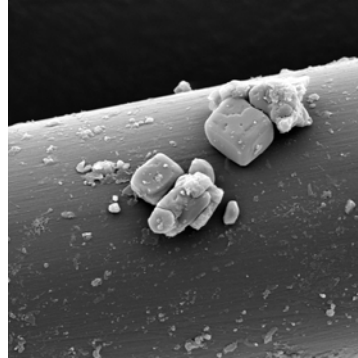
c) Prikaz uzorka 1 FSK uz povećanje 1500x



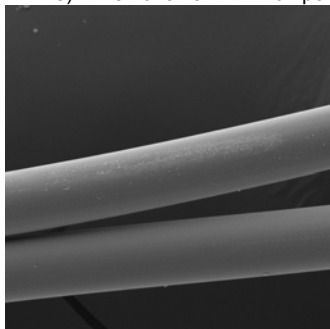
d) Prikaz uzorka 1 FSK uz povećanje 6000x



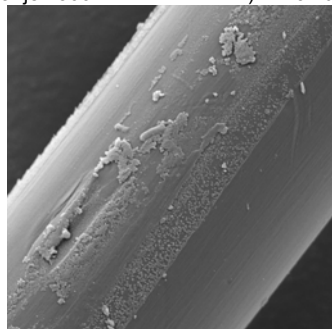
e) Prikaz uzorka 1 FPR uz povećanje 1500x



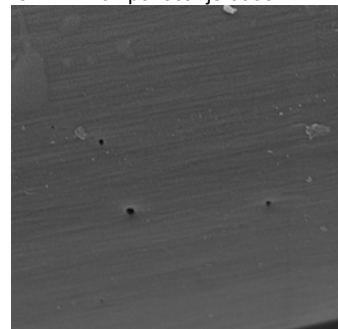
f) Prikaz uzorka 1 FPR uz povećanje 6000x



g) Prikaz uzorka 1 FX uz povećanje 1500x

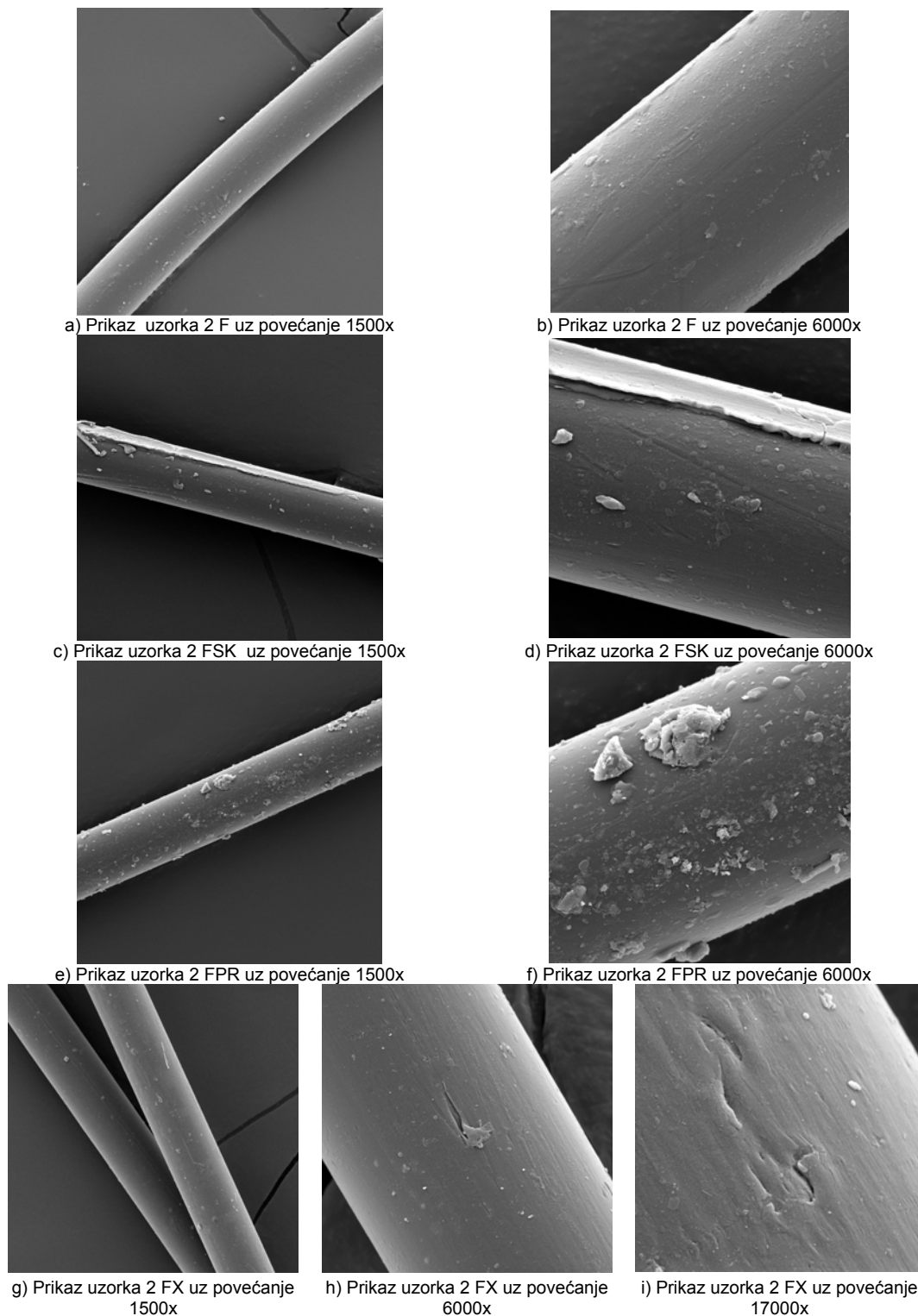


h) Prikaz uzorka 1 FX uz povećanje 6000x



i) Prikaz uzorka 1 FX uz povećanje 17000x

Slika 29. Prikaz rezultata dobivenih skeniranjem elektronskim mikroskop površine prvog monofilamentnog uzorka (1F) starenog u slanoj komori (SK), prirodnim uvjetima (PR) te Xenotest-u (X)



Slika 30. Prikaz rezultata dobivenih skeniranjem elektronskim mikroskop površine drugog monofilamentnog uzorka (2F) starenog u slanoj komori (SK), prirodnim uvjetima (PR) te Xenotest-u (X)

4.3. Ispitivanje vlačnih svojstava

U okviru poglavlja 4.3. prikazani su rezultati vlačnih svojstava prvog i drugog uzorka monofilamenata (F), multifilamentnih (MF) i končanih pređa (KP) te rezultati vlačnih svojstava ribarskih mreža (čvrstoća uzla (U) i čvrstoća oka mreže (O)) nakon izlaganja različitim simuliranim uvjetima starenja (prirodni uvjeti – PR, slana komora – SK, Xenotest – X) u suhom i mokrom stanju.

Rezultati su prikazani prosječnim vrijednostima prekidne sile u centinjutnima [cN] i prekidnog istezanja u postocima [%] te izračunatom čvrstoćom iskazanom u centinjutnima po tekstu [cN/tex]. Uobičajeno je prekidnu silu končanih pređa i prekidnu silu oka mreže iskazivati u njutnima [N] ili dekanjutnima [daN], ali zbog lakše usporedbe rezultata kod svih ispitivanja rezultati prekidne sile iskazani su u centinjutnima [cN]. Dodatno je u tablicama uz izmjerene prosječne vrijednosti dat i koeficijent varijacije kao mjerilo rasipanja mjernih rezultata iskazan u postocima [%]. U svrhu utvrđivanja značajnosti nastalih promjena vlačnih svojstava (prekidna sila, prekidno istezanje, čvrstoća) nakon simulacije uporabe izračunate su te tablično prikazane i postotne razlike (Δ) utvrđenih vrijednosti u odnosu na početnu vrijednost. vrijednosti u odnosu na početnu vrijednost.

4.3.1. Ispitivanje vlačnih svojstava na monofilamentnim vlaknima

U tablicama 9, 10, 11 i 12 prikazani su rezultati ispitivanja vlačnih svojstava monofilamenata (F) prvog (1F) i drugog (2F) uzorka te rezultati istih nakon izlaganja različitim uvjetima starenja (prirodni uvjeti – PR, slana komora – SK, Xenotest – X). Ispitivanja na svim uzorcima su provedena u suhom i mokrom stanju uz uvjete navedene u poglavlju 3.3.3.a. Svakom uzorkovanom monofilamentu (50 pojedinačnih mjerenja po uzorku) izmjerena je finoća prije mjerenja vlačnih svojstava, a utvrđene prosječne vrijednosti prikazane su u navedenim tablicama.

Tablica 9: Rezultati vlačnih svojstava prvog uzorka monofilamenta (1F) u suhom stanju

		SUHO										
Uzorak: 1		1F	CV [%]	1FPR	CV [%]	Δ [%]	1FSK	CV [%]	Δ [%]	1FX	CV [%]	Δ [%]
Finoća [dtex]		7,1	9,6	7,3	11,5	+2,8	7,2	7,0	+1,4	7,0	6,7	-1,4
Prekidna sila [cN]		47,3	10,0	48,8	9,3	+3,17	47,8	7,5	+1,1	46,8	8,1	-1,1
Istezanje [%]		16,5	14,9	18,2	9,0	+10,3	19,3	13,4	+17	19,5	14,4	+10,2
Čvrstoća [cN/tex]		66,9	8,3	67,1	9,2	+0,3	66,5	5,7	-0,6	66,9	7,2	0

Rezultati ispitivanja prekidne sile i čvrstoće prvog uzorka monofilamentne pređe (1F) u suhom stanju (tablica 9) ne pokazuju značajne promjene i jednoznačnost. Navedeno se može obrazložiti nasumičnim uzorkovanjem monofilamenata iz multifilamentne pređe. Naime za pretpostaviti je da bi se promjene jasnije očitavale na vlaknima u vanjskom dijelu multifilamentne pređe izlagane uvjetima simuliranog starenja. Iz dobivenih rezultata čvrstoće vidljiv je utjecaj zasebno utvrđene finoće vlakna za svaki uzorak. Kako umjetna vlakna pokazuju nejednolikost finoće (manju u odnosu na prirodna vlakna), za pretpostaviti je da na dobivene rezultate čvrstoće (koju izračunavamo dijeljenjem prosječne prekidne sile s vrijednosti finoće) također presudan utjecaj ima odabir vlakana za ispitivanje. Prekidno istezanje se kod svih uzoraka izloženih simuliranim uvjetima primjene povećava (od 10,2% do 17,0%) što je zasigurno pokazatelj promjena.

Tablica 10: Rezultati vlačnih svojstava prvog uzorka monofilamenta (1F) u mokrom stanju

		MOKRO										
Uzorak: 1		1F	CV [%]	1FPR	CV [%]	Δ [%]	1FSK	CV [%]	Δ [%]	1FX	CV [%]	Δ [%]
Finoća [dtex]		7,3	7,9	7,5	8,2	+2,7	7,4	9,0	+1,5	7,2	7,7	-1,4
Prekidna sila [cN]		43,5	10,1	44,6	9,7	+2,5	43,6	16,9	+0,2	43,2	9,4	-0,7
Istezanje [%]		17,4	13,2	18,1	11,9	+4	18,4	19,1	+5,7	17,6	11,6	+1,1
Čvrstoća [cN/tex]		59,9	9,8	59,9	7,6	0	59,3	16,4	-1	60,3	7,1	+0,7

Rezultati ispitivanja prekidne sile, a time i čvrstoće uzorka monofilamentne pređe (1F) utvrđeni u mokrom stanju (tablica 10) pokazuju sličnu slijednost u usporedbi s rezultatima ispitivanja istog uzorka u suhom stanju. Valja istaći da su vrijednosti prekidne sile, a time i čvrstoće svih ispitivanih uzoraka utvrđene na morkrim uzorcima vlakana niže u odnosu na one utvrđene na suhim uzorcima, što je karakteristično za poliamidna vlakna [4].

Tablica 11: Rezultati vlačnih svojstava drugog uzorka monofilamenta (2F) u suhom stanju

		SUHO										
Uzorak: 2		2F	CV [%]	2FPR	CV [%]	Δ [%]	2FSK	CV [%]	Δ [%]	2FX	CV [%]	Δ [%]
Finoća [dtex]		6,8	8,5	6,9	9,3	+1,5	7	9,3	+2,9	7,3	11,7	+7,4
Prekidna sila [cN]		47,9	9,7	46,5	10,2	-2,9	51	10,2	+6,5	46,6	10,1	-2,7
Istezanje [%]		19,4	12,3	19,1	9,6	-1,5	21,7	9,6	+11,9	19,2	10,2	-1
Čvrstoća [cN/tex]		70,4	7,4	67,9	9,8	-3,6	72,8	9,8	+3,4	64,2	9,9	-8,8

Tablica 12: Rezultati vlačnih svojstava drugog uzorka monofilamenta (2F) u mokrom stanju

		MOKRO										
Uzorak: 2		2F	CV [%]	2FPR	CV [%]	Δ [%]	2FSK	CV [%]	Δ [%]	2FX	CV [%]	Δ [%]
Finoća [dtex]		6,9	9,8	6,8	8,5	-1,4	7,3	10,0	+5,8	7,2	7,9	+4,3
Prekidna sila [cN]		44,9	10,5	41,6	10,0	-7,3	46,4	9,9	+3,3	43,2	10,5	-3,8
Istezanje [%]		19,4	13,2	17,9	10,5	-7,7	19,5	11,1	+0,5	18,2	10,9	-6,2
Čvrstoća [cN/tex]		65,5	7,9	60,8	7,2	-7,2	63,2	6,4	-3,5	59,8	9,9	-8,7

Rezultati ispitivanja vlačnih svojstava drugog uzorka monofilamenta (2F) u suhom i u mokrom stanju (tablica 11 i 12) pokazuju značajnije i jednoznačnije promjene u odnosu na prvi uzorak. Utvrđene vrijednosti vlačnih svojstava su i kod drugog uzorka (2F) u mokrom stanju uvijek niže u odnosu na one utvrđene na suhim uzorcima.

Veća finoća (235,94 dtex) odn. manji broj monofilamenata u multifilamentnoj pređi drugog uzorka (tablica 7) uvjetovala je bolju izloženost svih monofilamentnih niti u multifilamentnoj pređi uvjetima simuliranog starenja. Rezultati prekidne sile i o njoj ovisne čvrstoće nakon simuliranog prirodnog starenja i zračenju Xenon lampe (koje uključuje djelovanje sunčeva zračenja – u prirodnim ili simuliranim uvjetima) pokazuju značajnije promjene što se može tumačiti fotodegradacijom gradbenog polimera.

Prema literaturnim navodima [15] promjene vlačnih svojstava se najbolje mogu uočiti na osnovnim jedinicama strukture – monofilamentnom vlaknu. U tom slučaju bi izlaganje simuliranim uvjetima uporabe bilo preporučljivo provoditi također na monofilamentima. Zbog velike finoće ispitivanih uzoraka (1F~7,18 dtex; 2F~6,94 dtex) takvo izlaganje je bilo gotovo nemoguće provesti, kako zbog nemogućnosti izdvajanja monofilamenta iz multifilamentne pređe u većoj duljini bez mehaničkog oštećenja, tako i vjerojatno velikih oštećenja u prirodnim uvjetima starenja (npr. utjecaj vjetra).

4.3.2. Ispitivanje vlačnih svojstava multifilamentnih pređa

Prethodno provedena metoda ispitivanja se zasniva na pojedinačnom mjerenju vlakana izuzetno velike finoće, provedba ispitivanja je dugotrajna uz veliki broj ponavljanja; a dobiveni rezultati su nedostatne jednoznačnosti. Stoga su zbog usporedbe rezultata, iako to nije uobičajeno kod ispitivanja pređe za izradu ribarskih mreža, provedena ispitivanja vlačnih svojstava na multifilamentnoj pređi uz uvjete ispitivanja definirane kod ispitivanja pojedinačnih monofilamentnih vlakana, ali i uz uvjete predviđene za ispitivanje multifilamentnih pređa.

a) Ispitivanje vlačnih svojstava multifilamentnih pređa duljine 20 mm

U tablicama 13, 14, 15 i 16 su prikazani rezultati ispitivanja vlačnih svojstava multifilamentne pređe (FM) prvog (1FM) i drugog (2FM) uzorka utvrđenih uz duljinu 20 mm te rezultati vlačnih svojstava istih uzoraka nakon izlaganja različitim uvjetima starenja (prirodni uvjeti – PR, slana komora – SK, Xenotest – X). Ispitivanje na svim uzorcima je provedeno u suhom i mokrom stanju uz uvjete navedene u poglavlju 3.3.3.b.. Za izračunavanje čvrstoće korištene su vrijednosti finoće dobivene gravimetrijskom metodom (objašnjeno u poglavlju 3.1.2.) i iznose:

- za prvi uzorak multifilamentne pređe (1MF): 49 tex
- za drugi uzorak multifilamentne pređe (2MF): 24 tex

Tablica 13: Rezultati vlačnih svojstava prvog uzorka multifilamentne pređe (1MF) duljine 20mm u suhom stanju

Uzorak: 1	SUHO										
	1MF	CV [%]	1MFPR	CV [%]	Δ [%]	1MFSK	CV [%]	Δ [%]	1MFX	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	1459,9	10,4	1541,6	16,7	+5,6	1355,3	14,2	-7,1	1284,0	22,1	-12,1
Istezanje [%]	14,7	11,8	17,9	13,0	+21,4	17,6	12,3	+19,9	17,8	15,1	+20,9
Čvrstoća [cN/tex]	29,8	10,4	31,5	16,7	+5,6	27,7	14,2	-7,2	26,2	22,1	-12
Broj mjerenja	20		20			20			20		

Tablica 14: Rezultati vlačnih svojstava prvog uzorka multifilamentne pređe (1MP) duljine 20mm u mokrom stanju

Uzorak: 1	MOKRO										
	1MF	CV [%]	1MFPR	CV [%]	Δ [%]	1MFSK	CV [%]	Δ [%]	1MFX	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	1281,9	8,5	1338,3	13,3	+4,4	1108,9	11,3	-13,4	1233,2	15,5	-3,8
Istezanje [%]	14,3	6,3	16,8	10,7	+17,3	15,2	12,8	+5,8	16,4	10,3	+7,2
Čvrstoća [cN/tex]	26,2	8,5	27,3	13,3	+4,4	22,6	11,3	-13,5	25,2	15,5	-3,8
Broj mjerenja	20		20			20			20		

Kako je i očekivano, rezultati prekidne sile multifilamentnih pređa prvog (1MF) i drugog (2MF) uzorka utvrđeni uz mjernu duljinu od 20 mm u suhom i u mokrom stanju, pokazuju značajno veće vrijednosti u odnosu na vrijednosti utvrđene na monofilamentnoj pređi istih uzoraka. Prvi uzorak manje finoće (veći broj monofilamenata u pređi – veća duljinska masa), pokazuje više vrijednosti svih vlačnih svojstava u odnosu na drugi uzorak veće finoće (manji broj multifilamenata u pređi – manja duljinska masa).

Vrijednosti prekidne sile i čvrstoće kod prvog uzorka multifilamentne pređe (1MF) su manje nakon izlaganja uzorka simuliranim uvjetima starenja u slanoj komori i Xenotestu, dok je kod uzorka starenim u simuliranim prirodnim uvjetima uočeno povećanje prekidne sile i u suhom i u mokrom stanju (tablice 13 i 14). To je moguće obrazložiti vjerojatnim zaplitanjem monofilamentnih niti u multifilamentnu pređu pod utjecajem vjetra, kontinuiranog vlaženja i sušenja, itd. Povećanje koeficijenta varijacije kod analiziranih svojstava (prekidna sila i čvrstoća) u mokrom i suhom stanju ukazuje na povećanje nejednolikosti strukture i veliku vjerojatnost nastanka promjena. Istezanje se povećava i u suhom i u mokrom stanju, dok su vrijednosti prekidne sile i čvrstoće ispitivanog uzorka uvijek manje u mokrom stanju.

Tablica 15: Rezultati vlačnih svojstava drugog uzorka multifilamentne pređe (2MF) duljine 20mm u suhom stanju

Uzorak: 2	SUHO										
	2MF	CV [%]	2MFPR	CV [%]	Δ [%]	2MFSK	CV [%]	Δ [%]	2MFX	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	561,9	19,4	532,9	16,1	-6,2	510,5	15,2	-9,1	551,4	17,9	-1,9
Istezanje [%]	14,4	17,4	16,2	23,2	+61,2	14,6	22,7	+1,0	15,5	14,1	+7,8
Čvrstoća [cN/tex]	24,4	19,4	23,2	16,1	-34,5	22,2	15,2	-9,2	22,9	17,9	-5,3
Broj mjerenja	20		20			20			20		

Tablica 16: Rezultati vlačnih svojstava drugog uzorka multifilamentne pređe (2MF) duljine 20mm u mokrom stanju

Uzorak: 2	MOKRO										
	2MF	CV [%]	2MFPR	CV [%]	Δ [%]	2MFSK	CV [%]	Δ [%]	2MFX	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	495,7	13,2	526,3	14,7	+6,2	486,9	17,7	-1,8	521,6	18,1	+5,2
Istezanje [%]	14,7	18,3	15,5	17,2	+5,6	16,4	15,7	+11,2	15,3	17,6	+4
Čvrstoća [cN/tex]	20,7	13,2	21,9	14,7	+6,2	21,2	17,7	+2,5	21,7	18,1	+5,2
Broj mjerenja	20		20			20			20		

Kod drugog uzorka multifilamentne pređe (2MF) veće finoće je moguće uočiti smanjenje vrijednosti prekidne sile i čvrstoće nakon starenja u svim simuliranim uvjetima uporabe, kao i povećanje vrijednosti prekidnog istezanja kod ispitivanja provedenih na suhim uzorcima (tablica 15). Kod ispitivanja u mokrom stanju to nije moguće potvrditi (tablica 16).

Iz navedenog je moguće uočiti veću značajnost utvrđenih promjena, uvjetovanu promjenama najoštećenijih vlakna u ispitivanom snopiću. No, provedba ispitivanja je i u ovom slučaju relativno teško provediva zbog male duljine uzorka odn. male udaljenosti između stezaljki dinamometra.

b) Ispitivanje vlačnih svojstava multifilamentnih pređa duljine 250 mm

U tablicama 17, 18, 19 i 20 prikazani su rezultati ispitivanja vlačnih svojstava multifilamentne pređe (FM) prvog (1FM) i drugog (2FM) uzorka duljine 250 mm te rezultati vlačnih svojstava istih uzoraka nakon izlaganja različitim uvjetima starenja (prirodni uvjeti – PR i slana komora – SK). Kako je veličina nosača uzorka u Xenotest-u neodgovarajuća za uzorkovanje ispitnog uzorka duljine 250 mm (uobičajena duljina kod

ispitivanja pređe za ribarske mreže) ispitivanja su provedena samo na početnim uzorcima te uzorcima starenim u slanoj komori i prirodnim uvjetima. Ispitivanje na svim uzorcima je provedeno u suhom i mokrom stanju uz uvjete navedene u poglavlju 3.3.3.c.. Za izračunavanje čvrstoće korištene su vrijednosti finoće dobivene gravimetrijskom metodom (objašnjeno u poglavlju 3.1.2.) i iznose:

- za prvi uzorak multifilamentne pređe (1MF): 49 tex
- za drugi uzorak multifilamentne pređe (2MF): 24 tex

Tablica 17: Rezultati vlačnih svojstava prvog uzorka multifilamentne pređe (1 MF) duljine 250 mm u suhom stanju

		SUHO						
Uzorak: 1	1MF	CV [%]	1MFPR	CV [%]	Δ [%]	1MFSK	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	1757,6	12,3	1788,8	11,9	+1,7	1706,2	15,3	-2,9
Istezanje [%]	10,7	6,1	12,7	6,3	+19,2	12,7	8,6	+18,2
Čvrstoća [cN/tex]	35,9	12,3	36,5	11,9	+1,8	34,8	15,3	-2,9
Broj mjerenja	20		20			20		

Tablica 18: Rezultati vlačnih svojstava prvog uzorka multifilamentne pređe (1 MF) duljine 250 mm u mokrom stanju

		MOKRO						
Uzorak: 1	1MF	CV [%]	1MFPR	CV [%]	Δ [%]	1MFSK	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	1371,2	13,6	1361,8	11,6	-5,2	1278,1	12,6	-6,8
Istezanje [%]	10,1	7,1	11,5	7,2	+13,7	10,6	11,3	+5,4
Čvrstoća [cN/tex]	27,9	13,6	27,7	11,6	-0,7	26,1	12,6	-6,8
Broj mjerenja	20		20			20		

Tablica 19: Rezultati vlačnih svojstava drugog uzorka multifilamentne pređe (2 MF) duljine 250 mm u suhom stanju

		SUHO						
Uzorak: 2	2MF	CV [%]	2MFPR	CV [%]	Δ [%]	2MFSK	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	742,8	14,6	766,2	15,3	+3,1	715,9	13,7	-3,5
Istezanje [%]	10,9	12,3	12,9	7,0	+19,3	12,0	7,9	+11
Čvrstoća [cN/tex]	30,9	14,6	31,9	15,3	+3,2	29,8	13,7	-3,6
Broj mjerenja	20		20			10		

Tablica 20: Rezultati vlačnih svojstava drugog uzorka multifilamentne pređe (2 MF) duljine 250 mm u mokrom stanju

Uzorak: 2	MOKRO							
	2MF	CV [%]	2MFPR	CV [%]	Δ [%]	2MFSK	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	614,8	16,1	574,9	11,1	-6,5	589,1	14,0	-4,2
Istezanje [%]	11,6	9,5	11,2	7,8	-3,1	10,8	8,9	-6,5
Čvrstoća [cN/tex]	25,6	16,1	23,9	11,1	-6,5	24,5	14,0	-4,2
Broj mjerenja	20		20			20		

Uspoređujući prikazane vrijednosti vlačnih svojstava s vrijednostima istih uzoraka utvrđenih uz mjernu duljinu od 20 mm, zamjetno je da su uz veću duljinu uzorka multifilamentne pređe (250 mm) utvrđene više vrijednosti prekidne sile i niže vrijednosti prekidnog istezanja.

Rezultati vlačnih svojstava multifilamentne pređe utvrđenih uz mjernu duljinu od 250 mm prvog (1MF) i drugog uzorka (2MF) ukazuju na veću jednoznačnost nastalih promjena. Kod ispitivanja u suhom stanju, nakon izlaganja uzorka simuliranim uvjetima prirodnog starenja došlo je do minimalnog povećanja prekidne sile i čvrstoće kao i kod ispitivanja istovjetnih uzoraka pri duljini 20 mm, no nakon izlaganja u slanoj komori dolazi do smanjenja istih (tablice 17 i 19). U mokrom stanju (tablice 18 i 20) koje u većem udjelu odgovara stvarnim uvjetima uporabe, utvrđene su promjene u vidu smanjenja prekidne sile i čvrstoće (iako minimalne u pojedinim slučajevima). Vrijednosti prekidnog istezanja uzoraka u suhom stanju nakon simuliranog starenja u slanoj komori i prirodnim uvjetima su veće u odnosu na početni uzorak (tablice 17 i 19).

4.3.3. Ispitivanje vlačnih svojstava končanih pređa

U tablicama 21, 22, 23 i 24 prikazani su rezultati ispitivanja vlačnih svojstava končanih pređa (KP) prvog (1KP) i drugog (2KP) uzorka prije i nakon izlaganja različitim uvjetima starenja (prirodni uvjeti – PR, slana komora – SK, Xenotest – X). Ispitivanje je provedeno na končanim pređama priređenim s i bez uzla u suhom i mokrom stanju uz uvjete navedene u poglavlju 3.3.3.d. i 3.3.3.e. Za izračunavanje čvrstoće končane pređe bez uzla korištene su vrijednosti finoće dobivene gravimetrijskom metodom (objašnjeno u poglavlju 3.1.2.) i iznose: za prvi uzorak končane pređe (1KP): 156 tex; za drugi uzorak končane pređe (2KP): 101 tex.

a) Ispitivanje vlačnih svojstava končanih pređa

Tablica 21: Rezultati vlačnih svojstava prvog uzorka končane pređe (1KP) u suhom stanju

		SUHO									
Uzorak: 1	1KP	CV [%]	1KPPR	CV [%]	Δ [%]	1KPSK	CV [%]	Δ [%]	1KPX	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	8335,7	9,4	7575,6	10,7	-9,1	7476,1	10,2	-10,3	6057,6	10,3	-27,3
Istezanje [%]	34,3	13,7	32,2	7,7	-6,1	26,3	7,8	-23,3	17,7	6,4	-48,5
Čvrstoća [cN/tex]	53,4	9,4	48,5	10,7	-9,1	47,9	10,2	-10,3	38,8	10,3	-27,3
Broj mjerenja	20		20			20			20		

Tablica 22: Rezultati vlačnih svojstava prvog uzorka končane pređe (1KP) u mokrom stanju

		MOKRO									
Uzorak: 1	1KP	CV [%]	1KPPR	CV [%]	Δ [%]	1KPSK	CV [%]	Δ [%]	1KPX	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	7831,6	6,9	6787,7	14,4	-13,3	7203,4	9,5	-8	5185,8	7,7	-33,8
Istezanje [%]	36,7	11,1	31,3	13,4	-14,8	31,1	10,7	-15,3	16,2	3,5	-55,8
Čvrstoća [cN/tex]	50,2	6,9	43,5	14,4	-13,3	46,2	9,5	-8	33,2	7,7	-33,8
Broj mjerenja	20		20			20			20		

Tablica 23: Rezultati vlačnih svojstava drugog uzorka končane pređe (2KP) u suhom stanju

		SUHO									
Uzorak: 2	2KP	CV [%]	2KPPR	CV [%]	Δ [%]	2KPSK	CV [%]	Δ [%]	2KPX	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	5517,2	8,3	4821,9	13,6	-12,6	4674,8	10,0	-15,3	4017,8	9,6	-27,2
Istezanje [%]	34,9	9,7	28,3	11,9	-18,9	29,6	6,9	-15,4	16,9	6,1	-51,5
Čvrstoća [cN/tex]	54,6	8,3	47,7	13,6	-12,6	46,3	10,0	-15,3	39,8	9,6	-27,2
Broj mjerenja	20		20			20			20		

Tablica 24: Rezultati vlačnih svojstava drugog uzorka končane pređe (2KP) u mokrom stanju

		MOKRO									
Uzorak: 2	2KP	CV [%]	2KPPR	CV [%]	Δ [%]	2KPSK	CV [%]	Δ [%]	2KPX	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	4890,0	13,7	4581,7	15,0	-6,3	4591,4	9,4	-6,1	3607,9	6,0	-26,2
Istezanje [%]	32,2	12,6	30,9	14,0	-3,8	30,4	9,3	-5,5	15,9	5,0	-50
Čvrstoća [cN/tex]	48,4	13,7	45,4	15,0	-6,3	45,5	9,4	-6,1	35,7	6,0	-26,2
Broj mjerenja	20		20			20			20		

Kod oba uzorka končane pređe utvrđene su jednoznačne promjene ispitivanih svojstava u suhom i mokrom stanju. Kod svih uzoraka je nakon simulirane uporabe utvrđeno smanjenje prekine sile, čvrstoće i prekidnog istezanja koje je najizraženije kod uzoraka izlaganih simuliranom sunčevom zračenju (Xenotest) – prekidno istezanje do oko 50%, prekidna sila do cca 30%). Iz navedenog se može zaključiti da je utjecaj sunčeva UV zračenja na promjenu vlačnih svojstva od presudne važnosti, no da utjecaj morske soli također nije zanemariv. Sve utvrđene vrijednosti u mokrom stanju su manje u slučaju usporedbe s uzorcima ispitanim u suhom stanju, što je veoma bitna činjenica za definiranje uporabne trajnosti ribarskih mreža.

b) Ispitivanje vlačnih svojstava končanih pređa u uzlu

Ispitivanje prekidne sile i prekidnog istezanja pređe u uzlu je specifično za ribarske mreže dobivene postupkom uzlanja te su dobiveni rezultati, prikazani u tablicama 25 – 28, od izuzetnog značenja za definiranje njihove uporabne trajnosti.

Tablica 25: Rezultati vlačnih svojstava prvog uzorka končane pređe u uzlu (1U) u suhom stanju

		SUHO									
Uzorak: 1	1U	CV [%]	1UPR	CV [%]	Δ [%]	1USK	CV [%]	Δ [%]	1UX	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	11574,9	7,9	10372,9	10,2	-10,4	11629,8	2,9	+0,47	10446,0	8,1	-9,8
Istezanje [%]	22,9	4,3	27,1	4,8	+13,9	28,6	1,6	+24,6	18,0	4,9	-21,2
Broj mjerenja	20		20			20			20		

Tablica 26: Rezultati vlačnih svojstava prvog uzorka končane pređe u uzlu (1U) u mokrom stanju

		MOKRO									
Uzorak: 1	1U	CV [%]	1UPR	CV [%]	Δ [%]	1USK	CV [%]	Δ [%]	1UX	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	9436,4	8,8	10183,2	10,0	+7,9	9959,6	5,2	+5,5	9490,9	5,3	+0,6
Istezanje [%]	24,3	4,6	26,7	4,9	+9,9	27,1	2,7	+11,5	17,6	3,4	-27,6
Broj mjerenja	20		20			20			20		

Tablica 27: Rezultati vlačnih svojstava drugog uzorka končane pređe u uzlu (2U) u suhom stanju

		SUHO									
Uzorak: 2	2U	CV [%]	2UPR	CV [%]	Δ [%]	2USK	CV [%]	Δ [%]	2UX	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	7246,6	11,1	6771,5	8,2	-6,3	6847,0	9,6	-5,5	6305,7	40,7	-12,7
Istezanje [%]	23,6	12,0	24,6	12,8	+4,5	25,5	4,5	+8,3	16,9	4,9	-28,5
Broj mjerenja	20		20			20			20		

Tablica 28: Rezultati vlačnih svojstava drugog uzorka končane pređe u uzlu (2U) u mokrom stanju

		MOKRO									
Uzorak: 2	2U	CV [%]	2UPR	CV [%]	Δ [%]	2USK	CV [%]	Δ [%]	2UX	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	6769,0	6,1	6716,6	6,2	-0,8	6498,9	6,5	-4	4903,3	52,3	-27,6
Istezanje [%]	24,9	4,1	25,4	3,9	+2,1	16,7	4,1	-32,7	21,3	28,8	-14,5
Broj mjerenja	20		20			20			20		

Kod ispitivanja prekidne sile končane pređe u uzlu je kod svih ispitivanih uzoraka došlo do prekida u uzlu. Također je nakon simulacije uporabe u suhom i mokrom stanju kod svih uzoraka utvrđeno smanjenje prekidne sile. Najizraženije promjene su utvrđene kod uzoraka izloženih simuliranom UV zračenju, kod kojih dolazi i do smanjenja vrijednosti prekidnog istezanja. Naime kod ostalih uzoraka u usporedbi s početnim se prekidno istezanje uglavnom povećava. Izmjerene vrijednosti ispitivanih svojstva u mokrom stanju su niže.

S obzirom na dobivene rezultate, za objektivnu karakterizaciju pređe za izradu ribarskih mreža te definiranja utjecaja simulirane uporabe na njihova vlačna svojstva nužno je provesti ispitivanje u skladu s zahtjevima norme HRN EN ISO 1805:2006 [14] - koja se i odnosi na određivanje vlačnih svojstava pređa namjenjenih za izradu ribarskih mreža.

4.3.4. Ispitivanje prekidne sile oka mreže

U tablicama 29 i 30 su prikazani rezultati prekidne sile oka ribarske mreže prvog (10) i drugog (20) uzorka prije i nakon izlaganja simuliranim uvjetima prirodnog starenja (PR). Ispitivanje je provedeno u suhom i mokrom stanju uz uvjete navedene u poglavlju 3.3.3.f..

Tablica 29: Rezultati vlačnih svojstava prvog uzorka oka mreže (1O) u suhom i mokrom stanju

Uzorak: 1	SUHO					MOKRO				
	PU	CV [%]	PR	CV [%]	Δ [%]	PU	CV [%]	PR	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	8726,9	4,2	6621,5	4,6	-24,1	7658,0	4,9	6251,7	7,7	-28,4
Broj mjerenja	10		10			10		10		

Tablica 30: Rezultati vlačnih svojstava drugog uzorka oka mreže (2O) u suhom i mokrom stanju

Uzorak: 2	SUHO					MOKRO				
	PU	CV [%]	PR	CV [%]	Δ [%]	PU	CV [%]	PR	CV [%]	Δ [%]
Prekidna sila [cN]	6044,8	3,2	4920,9	10,0	-18,6	5291,7	5,6	4586,6	9,8	-24,1
Broj mjerenja	10		10			10		10		

Tijekom ispitivanja je kod svih ispitivanih uzoraka došlo do prekida u jednom od 4 slobodna uzla oka mreže. Rezultati prekidne sile oka mreže kod oba uzorka pokazuju da je nakon simulacije prirodnog starenja došlo do smanjenja vrijednosti ispitivanog svojstva. Povećanje koeficijenta varijacije ukazuje na osjetljivost metode i mogućnost kvantificiranja mjenog svojstva njezinom primjenom. Posebice iz razloga jer je čvrstoća oka mreže jedan o najbitnijih uporabnih parametara ribarske mreže, zbog utvrđenih promjena, predlažem obvezno primijeniti ovu metodu za vrednovanje kvalitete novih i rabljenih ribarskih mreža.

5. ZAKLJUČCI

Temeljem provedene analize, a u skladu s postavljenim ciljevima rada donešeni su slijedeći zaključci:

- U segmentu istraživanja trajnosti ribarskih mreža u simuliranim uvjetima uporabe utvrđeno je da je utjecaj sunčeva UV zračenja, na promjenu uporabne kvalitete najznačajniji, ali i da učinak drugih ispitivanih utjecaja nije zanemariv.
- Simulacija uvjeta uporabe, posebice ona provedena laboratorijski, i nakon relativno kratkog vremena izlaganja pruža mogućnost predviđanja promjena svojstava i trajnosti gotovog proizvoda u stvarnim uvjetima uporabe.
- Za vrednovanje uporabne kvalitete ribarskih mreža izrađenih iz poliamida 6.6, a u svrhu predviđanja promjena i mogućih oštećenja u stvarnim uvjetima uporabe, kao metode velike osjetljivosti predlažem provesti:
 - SEM analizu za definiranje površinskih promjena te
 - ispitivanje vlačnih svojstava mreža - određivanjem prekidne sile oka mreža, te određivanjem prekidne sile i prekidne sile u uzlu pređa za izradu mreža, a u svrhu utvrđivanja strukturnih promjena.
- Kao poseban doprinos ovom radu može se istaći i uhodavanje novih metoda ispitivanja vlačnih svojstava ribarskih mreža.
- Temeljem dobivenih rezultata, u nastavku istraživanja provesti će se analiza mogućnosti primjene rabljene ribarske mreže kao obnovljive tekstilne sirovine za izradu novih proizvoda visoke uporabne vrijednosti.

6. ZAHVALE



*Najiskrenije zahvale mentorici **dr.sc. Antoneti Tomljenović**, doc. na nesebičnoj pomoći, uloženom trudu, vrijednim savjetima i prijateljskoj pomoći prilikom izrade ovog rada.*

*Zahvala svim djelatnicima Zavoda za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a posebice **dr.sc. Ružici Šurini** na nesebičnoj pomoći.*

*Zahvala **prof. dr.sc. Sandri Bischof Vukušić**, **doc.dr.sc. Ani Sutlović**, **Zorani Kovačević**, **dipl.inž.** na savjetima i svesrdnoj pomoći pri korištenju opreme Zavoda za tekstilno kemijsku tehnologiju i ekologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, djelomice nabavljenoj iz sredstava FP7 projekta FP7-REGPOT-2008-1-229801: *Unlocking the Croatian Textile Potentials (T-Pot)*.*

Zahvaljujem se Tvornici mreža Biograd d.o.o. na uzorcima za ispitivanje, Državnom hidrometeorološkom zavodu u Zagrebu na klimatološkim izvješćima, kao i djelatnicima istraživačkog instituta LEITAT, Španjolska (Barcelona).

*Hvala **roditeljima i bratu** na ohrabrujućem optimizmu, moralnoj i materijalnoj podršci te na beskrajnom razumijevanju i strpljenju.*



7. LITERATURA

- [1] R. Čunko, E. Pezelj: Tekstilni materijali, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zrinski d.d., Čakovec, 2002.
- [2] P. Cetinić, J. Swiniarski: Alati i tehnika ribolova, Logos, Split, 1985.
- [3] U. Oxvig, U. J. Hansen: Fishing gears, Fiskericirklen, 2007.
- [4] R. Čunko, M. Andrassy: Vlakna, Zrinski d.d., Čakovec, 2005.
- [5] HRN EN ISO 1530:2003 Ribarske mreže – Opis i obilježavanje uzlanih mrežastih tvorevina
- [6] R. Čunko, A. Tomljenović: Kvaliteta tekstila i odjeće 44260, dostupno na <http://nama.ttf.hr/claroline/course/index.php?cid=KTO>, posjećeno: 15.04.2012.
- [7] HRN EN ISO 1107:2003 Mrežaste tvorevine – Osnovni nazivi i definicije
- [8] R. Čunko: Ispitivanje tekstila, Sveučilišna naklada Liber Zagreb, Zgreb, 1989.
- [9] HRN EN ISO 1806:2002 Ribarske mreže – Određivanje prekidne sile oka mrežastih tvorevina
- [10] A. Kootsookos, A.P. Mouritz.: Seawater durability of glass - and carbon-polymer composites, Composites Science and Technology, **64** (2004) 1503-1511.
- [11] H. Moe, A. Olsen, O. S. Hopperstad, O. Jansen, A. Fredheim: Tensile properties for netting materials used in aquaculture net cages, Aquacultural Engineering, **37** (2007) 252-265.
- [12] H. Wienbeck, B. Herrman, W. Moderhak, D. Stepputtisa: Effect of netting direction and number of meshes around on size selection in the codend for Baltic cod (*Gadus morhua*), Fisheries Research, **109** (2011) 80-88.
- [13] HRN EN ISO 1139:2003 Tekstil - Označivanje pređa
- [14] HRN EN ISO 1805:2006 Ribarske mreže - Određivanje prekidne sile i prekidne sile u čvoru pređa za pletenje mreža
- [15] S. N. Thomas, C. Hridayanathan: The effect of natural sunlight on the strenght of polyamide 6 multifilament and monofilament fishing net materials, Fisheries Research, **81** (2006) 326-330.
- [16] H. Al – Oufi, E. McLean, A. S. Kumar, M. Claereboudt, M. Al – Habsi: The effect of solar radiation upon breaking strength and elongation of fishing nets, Fisheries Research, **66** (2004) 115-119.
- [17] A. Sala, A. Lucchetti, G. Buglioni: The change in physical properties of some nylon (PA) netting samples before and after use, Fisheries Research, **69** (2004) 181-188.

- [18] R.E. Fornes, R.D. Gilbert, B.S. Stowe, G.P. Cheek: Photodegradation of Nylon 66 Exposed to Near-UV Radiation, *Textile Research Journal*, **43** (1973) 714-715.
- [19] M. I. Morton: Below-Break Tensile Behavior of Irradiated Nylon: Part I: Ultraviolet-Irradiated Nylon 1, *Textile Research Journal*, **43** (1973) 385-393.
- [20] B.S. Stowe, V.S. Salvin, R.E. Fornes and R.D. Gilbert: The Effect of Near-Ultraviolet Radiation on the Morphology of Nylon 66, *Textile Research Journal*, **43** (1973) 704-714.
- [21] N. Vasanthan: Effect of Heat Setting Temperatures on Tensile Mechanical Properties of Polyamide Fibers, *Textile Research Journal*, **74** (2004) 545-550.
- [22] R.V.R. Subramanian, T.V. Talele: Photodegradation of Nylon-6, *Textile Research Journal*, **42** (1972) 207-214.
- [23] Koichi Kato: Photodegradation of Nylon 6 Filaments Revealed by Microscopy, *Textile Research Journal*, **32** (1962) 181-184.
- [14] Ž. Kwokal, B. Štefanović: Utjecaj nautičkog turizma na Jadransko more i obalu, 2. Adriatic Boat Show, Šibenik, 2009., Institut „Ruđer Bošković“, 2-9.
- [25] Y. T. Kim, H. J. Kim, G. H. Lee: Mechanical behavior of lightweight soil reinforced with waste fishing net, *Geotextiles and geomembranes*, **26** (2008) 512-518.
- [26] M. Erceg, L. Kurte, M. Kursan: Utjecaj recikliranja na toplinska svojstva i kinetiku topline razgradnje polimera, *Polimeri*, **32** (2011) 74-80.
- [27] K. Seung – Soo, J. Jong – Ki, P. Young – Kwon, K. Seungdo: Thermal pyrolysis of fresh and waste fishing nets, *Waste Management*, **25** (2005) 811-817.
- [28] ...: Recycling of fishing nets, dostupno na: www.pdfnet.dk, posjećeno: 28.03.2012.
- [29] ...: The Econyl project, dostupno na: <http://www.aquafil.com/en/sustainability/the-econyl-project.html>, posjećeno: 28.03.2012.
- [30] Y. Xiaofeng, L. Qiaoling, C. Zhiping, H. Hongli: Fabrication and thermal stability of polyamide 6.6 containing triphenyl phosphine oxide, *Bulletin of Material Science*, **4** (2009) 375-380.
- [31] HRN EN ISO 1973:2008 Tekstilna vlakna - Određivanje duljinske mase - Gravimetrijska metoda i titrajna metoda
- [32] HRN EN ISO 2060:2003 Pređa s namotka - Određivanje duljinske mase (masa po jedinici duljine) metodom vitice
- [33] HRN EN ISO 105-B04:2003 Tekstil - Ispitivanje postojanosti obojenja - Dio B04: Postojanost obojenja na umjetne atmosferske uvjete: Ispitivanje na blijedenje s Xenon lampom

- [34] HRN EN ISO 9227:2008 Ispitivanje korozije u umjetnoj atmosferi - Metoda ispitivanja u slanoj komori
- [35] ...Press mapa-Lošinj, dostupno na: www.tz-malilosinj.hr/resources/PressMap2012-Hr.doc, posjećeno: 15.04.2012.
- [36] HRN EN ISO 105-B03:2003 Tekstil - Ispitivanje postojanosti obojenja - Dio B03: Postojanost obojenja na atmosferske uvjete: Direktno izlaganje
- [37] HRN EN ISO 5079:2003 Tekstil - Vlakna - Određivanje prekidne sile i prekidnog istezanja metodom pojedinačnog mjerenja
- [38] HRN EN ISO 2062:2008 Tekstilije - Pređe s namotaka - Određivanje prekidne sile i istezanja pri prekidu

SAŽETAK

Ispitivanje trajnosti ribarskih mreža u simuliranim uvjetima uporabe

Alma Delalić

Ribarska mreža kao tekstilni proizvod iz skupine tehničkih tekstilija izrađen uglavnom iz sintetskih polimera, uz ostale onečišćivače okoliša loše biorazgradivosti, predstavlja veliko ekološko opterećenje. Ekološki problem je vezan uz zagađenje mora odbačenim mrežama koje postaju zamka morskim životinjama. U praksi je uobičajeno odbaciti i zamijeniti mrežu nakon dvogodišnje uporabe zbog smanjenja uporabnih vrijednosti i kvalitete gotovog proizvoda. Istraživanjima je utvrđeno da sunčeva svjetlost, ali i morska voda, maziva za različite strojne dijelove te drugi agensi kojima su mreže izložene utječu na promjene njihovih svojstava. Činjenice su da ispitivanje trajnosti ribarskih mreža nije definirano normativnom regulativom te da se starenje uglavnom utvrđuje promjenom čvrstoće. Problematika definiranja trajnosti, zbrinjavanja i uporabe te ponovne uporabe ribarskih mreža je aktualizirana i u Hrvatskoj zbog nažalost uobičajenih načina njihova zbrinjavanja – odlaganja na suha odlagališta i bacanje u more. Kako se u hrvatskom akvatoriju najviše koriste ribarske mreže izrađene iz poliamidne pređe (PA 6 i PA 6.6) u ovom radu je provedeno vrednovanje uporabne trajnosti ribarskih mreža izrađenih iz poliamida 6.6 u uvjetima simuliranog starenja, a u svrhu predviđanja promjene kvalitete u stvarnim uvjetima uporabe. Ispitan je zaseban utjecaj sunčeva zračenja i morske soli (NaCl) na svojstva materijala za izradu ribarskih mreža u simuliranim uvjetima primjene u laboratorijskim uvjetima te utvrđen kombinirani utjecaj morske vode, sunčeva zračenja i svih atmosferilija kroz simulaciju stvarnih uvjeta primjene u prirodnom okruženju. U svrhu objektivne karakterizacije kvalitete provedena je analiza površinskih promjena ispitivanih materijala, a promjene strukture okarakterizirane promjenom čvrstoće u suhom i mokrom stanju. Koristeći normirane metode ispitivanja uobičajene za vrednovanje kvalitete ribarskih mreža i pređa za njihovu izradu, ali i metode uobičajene za ispitivanje vlakana odn. pređa za druge tekstilne namjene, definirane su metode ispitivanja s najvećom osjetljivošću za karakterizaciju nastalih promjena. Utvrđeno je da je utjecaj simuliranog UV zračenja, nakon relativno kratkog vremena izlaganja, na promjene ispitivanih svojstava najznačajniji, ali i da utjecaj drugih simuliranih uvjeta uporabe nije zanemariv.

Ključne riječi: ribarske mreže, poliamid 6.6, trajnost, simulacija uporabe

SUMMARY

Durability testing of fishing nets in simulated usage conditions

Alma Delalić

Fishing net as a textile product from the group of technical textiles made mostly of synthetic polymers, along with other environmental contaminants of poor biodegradability, representing a serious environmental problem. Growing environmental problem is related to sea pollution by discarded nets that become a trap to marine animals. In practice it is usually to reject and replace the fishing nets after two years of use, due to reduction of use values and quality of the finished product. Studies have shown that sunlight, as well as sea water, lubricants for various machine parts and other agents, affecting changes in their properties. The facts are that durability testing of fishing nets is not defined by the normative regulations and that aging is determined mainly by changing of their strength. The problem of defining of durability, disposal, recycling and reuse of fishing nets is actual also in Croatia, because unfortunately usual methods of their disposal - at landfill or throwing into the sea. As in the Croatian sea waters mostly used fishing nets was made of polyamide yarns (PA 6 and PA 6.6), in this study was carried out usage durability evaluation of fishing nets made of PA6.6 in the simulated aging conditions, in order to predict quality changes in the real conditions of use. It was examined the separate influences of solar radiation and sea salt (NaCl) on the properties of fishing net materials in the laboratory simulated conditions and determined the combined effects of sea water, solar radiation and all atmospheric influences through simulation of real application in the natural environment. In order to characterize the quality, an analysis of surface changes of the tested materials, and structure changes characterized by changing of strength in dry and wet conditions was carried out. Using standardized test methods for evaluating the quality of fishing nets and yarns for their production, as well as fiber and yarns testing methods for other purposes, are defined test methods with the highest sensitivity for the characterization of the changes. It was found that the effects of simulated ultraviolet radiation, after relatively short exposure, is the most significant, but also that impact of others simulated conditions is not negligible.

Keywords: *fishing nets, polyamide 6.6, durability, simulation of use*

ŽIVOTOPIS

Alma Delalić

Rođena je u Bihaću 18.04.1988. godine. Po završetku Gimnazije 2007. godine upisala je preddiplomski studij pri Tekstilno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, smjer: Tekstilni i modni dizajn. Tijekom prve godine studija natjecala se na natječaju za studente TTF-a: *Lepoglavska čipka na modnoj odjeći* pod mentorstvom dr. sc. Nine Katarine Simončić, gdje se predstavila s dva modela koji su izabrani u prvih pet najboljih radova. 2010. godine završila je preddiplomski studij s prosjekom ocjena 4, 735, te je iste godine upisala diplomski studij Tekstilna tehnologija i inženjerstvo pri Tekstilno - tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, smjer: Industrijski dizajn odjeće. 2010. godine u Muzeju za umjetnost i obrt izlagala je modele na *Izložbi hrvatskog dizajna 0910* u kategoriji modnog dizajna, a 2011. godine bila je finalist natječaja za mlade dizajnere *Mladi Kreativni Chevrolet*.

Tijekom prve godine diplomskog studija sudjelovala je u nastavi kao demonstrator na kolegijima *Kvaliteta tekstila i odjeće* te *Proizvodnja i modifikacija umjetnih vlakana*, nositelja kolegija prof. dr. sc. Ružice Čunko doc. i dr. sc. Antonete Tomljenović. Tri godine za redom je dobitnica Sveučilišne stipendije iz fonda za stipendiranje darovitih studenata Sveučilišta u Zagrebu (2009./2010., 2010./2011., 2011./2012.). Kao najbolji student na prvoj godini diplomskog studija 2012. godine dobila je Dekanovu nagradu Tekstilno-tehnološkog fakulteta. Trenutno je student druge godine diplomskog studija uz dosadašnji ostvareni prosjek ocjena od 4,941.