

# Identifikacija sintetičkih tekstilnih vlakana probom gorenja

---

**Kovačić, Antonia**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, University Department for Forensic Sciences / Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:227:201056>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-10**

SVEUČILIŠTE  
U  
SPLITU



SVEUČILIŠNI  
ODJEL ZA  
FORENZIČNE  
ZNANOSTI

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of University Department for Forensic Sciences](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA FORENZIČNE**  
**ZNANOSTI**

ISTRAŽIVANJE MJESTA DOGAĐAJA

DIPLOMSKI RAD

**IDENTIFIKACIJA SINTETIČKIH**  
**TEKSTILNIH VLAKANA PROBOM GORENJA**

**ANTONIA KOVAČIĆ**

Split, prosinca 2019.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA FORENZIČNE ZNANOSTI**  
**ISTRAŽIVANJE MJESTA DOGAĐAJA**

**DIPLOMSKI RAD**

**IDENTIFIKACIJA SINTETIČKIH**  
**TEKSTILNIH VLAKANA PROBOM GORENJA**

**Mentor: Prof.dr.sc. Šimun Anđelinović**  
**Komentor: Tatjana Kolar-Gregorić**

**Antonia Kovačić**

**757/2016.**

**Split, rujan 2019.**

**Rad je izrađen u .....**

**pod nadzorom .....**

**u vremenskom razdoblju od ..... do .....**

**Datum predaje diplomskog rada: \_\_\_\_\_**

**Datum prihvaćanja rada: \_\_\_\_\_**

**Datum usmenog polaganja: \_\_\_\_\_**

**Povjerenstvo: 1. \_\_\_\_\_**

**2. \_\_\_\_\_**

**3. \_\_\_\_\_**

## Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CILJEVI.....</b>	<b>3</b>
<b>3. MATERIJALI I METODE.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. Materijali .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1.1. Poliesterska vlakna .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1.2. Poliamidna vlakna .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.3. Aramidna vlakna .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.4. Poliolefinska vlakna .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.5. Polipropilenska vlakna .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.6. Polietilenska vlakna .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.7. Akrilna i modakrilna vlakna .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1.8. Klorna vlakna.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1.9. Fluorna vlakna .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.10. Vinilalna vlakna .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.11. Poliimidna vlakna .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.12. Melaminska vlakna MF.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1.13. Elastomerna vlakna .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1.14. Elastanska vlakna (EL) .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1.15. Elastodienska vlakna (ED).....</b>	<b>13</b>
<b>4. METODE ISPITIVANJA TEKSTILNIH VLAKANA ...</b>	<b>14</b>
<b>4.1. Fizikalno-kemijske metode identifikacije tekstilnih vlakana ...</b>	<b>15</b>
<b>4.1.1. Identifikacija tekstilnih vlakana gorenjem .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1.2. Identifikacija vlakana analizom plinovitih produkata                 razgradnje - suha destilacija.....</b>	<b>17</b>
<b>4.1.3. Identifikacija tekstilnih vlakana na bazi različitog obojenja                 u smjesi bojila.....</b>	<b>17</b>
<b>4.1.4. Identifikacija vlakana otapanjem u različitim otapalima ..</b>	<b>17</b>

4.2. Mikroskopske metode.....	18
4.2.1. Identifikacija tekstilnih vlakana mikroskopiranjem .....	18
4.2.2. Mikroskopiranje vlakana u određenim reagensima .....	20
4.2.3. UV/vizualna mikrospektrofotometrija .....	20
<b>5. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>22</b>
<b>6. PRIKAZ REZULTATA .....</b>	<b>25</b>
6.1. Poliesterska vlakna (PES) .....	25
6.2. Poliamidna vlakna (PA) .....	27
6.3. Aramidna vlakna (AR) .....	29
6.4. Polipropilenska vlakna .....	31
6.5. Polietilenska vlakna (PE) .....	33
6.6. Akrilna vlakna (PAN).....	35
6.7. Fluorna vlakna (PTFE) .....	37
6.8. Tkanina odjeće za vatrogasce .....	40
6.8.1. Rezultati ispitivanja tkanine za izradu odjeće za vatrogasce probom gorenja.....	40
<b>7. RASPRAVA.....</b>	<b>49</b>
<b>8. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>51</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>52</b>
<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>54</b>
<b>POPIS TABLICA .....</b>	<b>56</b>
<b>SAŽETAK .....</b>	<b>57</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>58</b>

---

## 1. UVOD

Forenzičko ispitivanje vlakana razlikuje se od ispitivanja u tekstilnoj industriji. U tekstilnoj industriji postoje standardi za analizu kvalitete tekstilnih proizvoda ali oni se ne mogu uvijek primjenjivati zbog specifičnosti uzoraka u forenzici, ne može se imati uvijek ponovljivi uzorak jer trag je datost - koliko ga ima i u kakvom je stanju ne može se mijenjati. [1]

Prilikom očevida pronalazi se mnogo tragova dlaka i vlakana, posebno u situacijama gdje je postojao fizički kontakt. Vlakna se vrlo lako mogu prenijeti s jednog predmeta na drugi. Tragovi vlakana i dlake mogu biti dokazni materijali od velike važnosti u sudskom postupku. S njima prilikom prikupljanja i ispitivanja treba postupati oprezno i prema pravilima struke.

Tragovi dlake, kose ili vlakana se pronalaze uz pomoć jakog osvjetljenja i uz pomoć povećala. Nakon što se trag pronađe on se opiše u zapisniku, fiksira, fotografira i izuzme. Trag se uzima s prstima da ga se ne bi oštetilo, potom se stavlja između dva kartona koji se odlažu u papirnate omote. Papirnati omot nam omogućuje da nam se vlakno ne ošteti prilikom prijenosa do laboratorija za vještačenje [2].

Kod izuzimanja mikrotragova mjesto se označi i fotografira, te se mogući tragovi izuzimaju pomoću prozirne ljepljive trake. Potom se ona nalijepi na prozirno stakalce ili drugu ljepljivu traku. Tim postupkom se sačuvaju mikrotragovi koji se spremaju u papir i označe.

Tragovi tekstilnih vlakana pronalaze se kod gotovo svih kaznenih dijela. Oni su značajni je se pomoću njih može dokazati prisutnost osobe na određenom mjestu, kontakt dviju osoba i mnoge druge činjenice. Ovisno o potrebi mogu se ispitivati kako bi se dokazao kontakt između dvije osobe ili više, ili u svrhu identifikacije pa se i prema tome koriste i ogovarajuće metode. Jedna od najjednostavnijih i najjeftinijih metoda identifikacije je proba (test) gorenja. Zbog svoje jednostavnosti i brzine kojom se dolazi do rezultata ovaj test se u forenzici koristi kad je potrebno brzo procijeniti o kojoj vrsti vlakna se radi, što može biti putokaz za daljnja složenija i preciznija ispitivanja. Upravo zbog mogućeg značaja u forenzičkom ispitivanju tragova vlakana, a s obzirom da se proba gorenja kod nas

---

u forenzičkim laboratorijima vrlo rijetko koristi, posvetila sam se provođenju proba gorenja različitih vrsta tekstilnih vlakana s ciljem njihove identifikacije.

Rad sadrži nekoliko poglavlja. Nakon definiranja ciljeva slijedi poglavlje u kojem su opisana sintetička vlakna i metode koje se koriste pri njihovoj identifikaciji. U eksperimentalnom dijelu opisani su rezultati provedenih laboratorijskih proba gorenja uzoraka raznovrsnih sintetičkih tekstilnih vlakana, te posebno vlakana sadržanih u višeslojnoj tkanini od koje je izrađena specijalna odjeća za vatrogasce, nakon čega slijedi rasprava te zaključak.



---

## **2. CILJEVI**

- a) Primarni cilj ovog rada je validacija metode identifikacije tekstilnih vlakana probom (testom) gorenja. Namjera je bila procijeniti je li taj jednostavan i brz postupak pogodan za primjenu u forenzici kao preliminarna metoda identifikacije tragova tekstilnih vlakana. .
- b) Međusobno usporediti ponašanje tekstilnih sintetičkih vlakana tijekom procesa gorenja.
- c) Usporediti ponašanje tekstilnog sintetičkog materijala sa sirovinskim sintetičkim vlaknima.
- d) Testirati slojeve vatrogasnih hlača metodom gorenja.

---

## 3. MATERIJALI I METODE

U ovom poglavlju razmotriti će se tekstilni materijali i metode njihove analize.

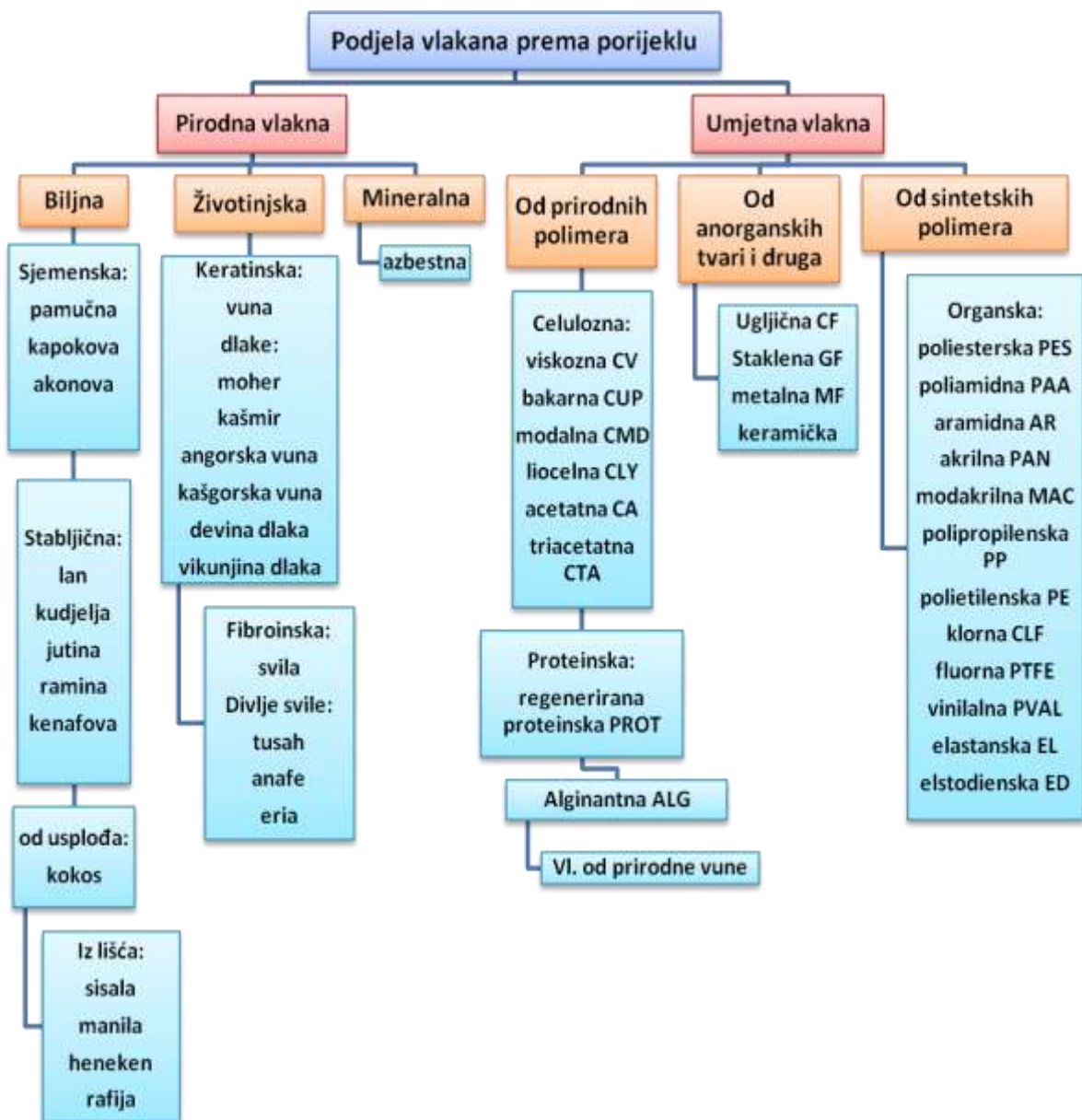
Prema definiciji tekstilna vlakna su izduljene (nitaste) tvorevine koje služe za izradbu složenijih tekstilnih proizvoda. Duljina im je uvijek mnogostruko veća od promjera (najmanje 100 puta, a kod većine komercijalnih vlakana i znatno više od 1000 puta). Prema duljini vlakna, razlikuju se vlasasta vlakna, kraća vlakna od kojih se pređenjem dobiva nit neograničene duljine pogodna za tekstilnu uporabu, te filamentna vlakna, vrlo velike, gotovo neograničene duljine (sva kemijska vlakna, prirodna svila). [3]

### 3.1. Materijali

Prema podrijetlu razlikuju se dvije glavne skupine: prirodna i umjetna tekstilna vlakna. Prirodna vlakna [4] dijelimo na biljna, životinjska i mineralna, a umjetna tekstilna vlakna dijelimo na vlakna od prirodnih polimera, od sintetskih polimera, od anorganskih tvari i druga, (Slika 3.1.)

Prema [5] slijedi: *Da bi vlakno moglo biti tekstilnom sirovinom, smatra se da mu omjer uzdužne prema poprečnoj dimenziji mora biti najmanje 100. si.). Osnovna svojstva vlakana. Da bi se mogla dalje prerađivati u pređu i plošne proizvode, vlakna moraju zadovoljavati minimalne zahtjeve s obzirom na neka svojstva, tj. moraju biti prikladne duljine, čvrstoće, finoće, savitljivosti, jednoličnosti i kohezivnosti. To su primarna svojstva vlakana. Sekundarna svojstva vlakana čine morfološke karakteristike, sjaj, gustoća, sposobnost zadržavanja oblika nakon djelovanja sila, mogućnost upijanja vlage, sklonost nabijanju statičkim elektricitetom, toplinska provodnost, otpornost prema povišenim temperaturama, gorenju, Sunčevom i drugim zračenjima, reakcija na različita kemijska sredstva u toku proizvodnje, primjene i održavanja, otpornost prema insektima, mikroorganizmima i sl.*

Upotreba tekstilnog materijala i proizvoda je šarolika. Tekstilni materijali se upotrebljavaju u odjevne svrhe, dekorativni materijal, tehničke i mnoge druge svrhe.



Slika 3.1. Podjela vlakana prema porijeklu [4]

Kako su u eksperimentalnom dijelu ovog rada korištena sintetička vlakana, ista će biti detaljnije opisana.. Sintetička vlakna skupni je naziv za mnoga vlakna koja se proizvode od polimera nastalih industrijskom sintezom. Takvi polimeri se sintetiziraju od bifunkcionalnih monomernih spojeva sposobnih da u pogodnim uvjetima polimeriziraju dajući polimer prikladne građe i svojstva pogodnih za ispređanje u vlakno [4].

---

U skupinu sintetičkih vlakana spadaju:

- Poliesterska vlakna
- Poliamidna vlakna
- Aramidna vlakna
- Poliolefinska vlakna
- Akrilna i modakrilna
- Klorna vlakna
- Fluorna vlakna
- Vinilalna vlakna
- Poliimidna vlakna
- Melaminska vlakna
- Elastomerna vlakna

### 3.1.1. Poliesterska vlakna

Međunarodna kratica (BISFA<sup>1</sup>) ovih vlakana je **PES** [4].

Ta su vlakna građena od linearnih poliesterskih makromolekula u kojima je maseni udio estera teraftalene kiseline i nekog dialkohola najmanje 85%. Po proizvodnim kapacitetima i po potrošnji na svjetskoj razini poliesterska vlakna prva su u skupini umjetnih vlakana.

To su izrazito čvrsta vlakna kojima se čvrstoća ne smanjuje ni u mokrom stanju. Zbog male sposobnosti upijanja vlage i zadržavanja vode lako se peru i brzo suše.

---

<sup>1</sup> BISFA –The international Bureau Of Standardization Of Man-Made Fibres Artificielles [7]

---

U plamenu vlakna brzo gore te nastavljaju goriti i nakon vađenja iz plamena. Ostatak nakon gorenja je u obliku tvrde kuglice, kakva je karakteristična za većinu termoplastičnih sintetičkih vlakana.

PES vlakna su otporna na mikroorganizme, naročito prema djelovanju bakterija. Nisu prikladna podloga ni za razvoj gljivica i plijesni, te ih ne napadaju ni kukci.

Poliestersko vlakno zbog odličnih svojstava ima najširu primjenu, upotrebljava se u mješavinama s pamukom ili samo, i to za tzv. gornju odjeću (trenirke, majice, jakne). [6]

### 3.1.2. Poliamidna vlakna

Međunarodna kratica (BISFA) ovih vlakana je **PA** [6]. Poznat je po općem nazivu najlon<sup>2</sup>, te se nalazi na 3. mjestu po potrošnji sintetskih vlakana na svjetskoj razini.

Građena su od linearnih makromolekula u kojima su monomeri povezani amidnim (-CONH-) vezama, pri čemu najmanje 85% njih povezuje u alifatske ili cikloalifatske konstitucijske jedinice.

Zbog velike čvrstoće miješaju se s vlaknima male čvrstoće kako bi se povećala čvrstoća samog proizvoda. Elastična su i otporna na savijanje zbog čega se minimalno gužvaju. Bolja im je sposobnost upijanja vlage od PES vlakana.

PA su vlakna relativno niske zapaljivosti, u plamenu gore uz taljenje, a izvan plamena se gase.

Poliamidno vlakno se upotrebljava za izradu najlon čarapa, kupaćih kostima i jakni. Također ga se može naći u raznim mješavinama, kojima daje svojstvo glatkoće, sjaja i vodonepropusnosti. [6]

---

<sup>2</sup> Najlon- (eng. nylon) skupno ime za obitelj umjetnih polimera – poliamida koji je prvi proizveo američki kemičar Wallace Carothers 28. veljače 1935. Dok je radio za tvrtku Du Pont. [8]

---

### 3.1.3. Aramidna vlakna

Međunarodna kratica (BISFA) aramidnih vlakna je **AR** [4].

Aramidna vlakna su specijalna poliamidna vlakna koja se ispredaju iz otopina aromatskih poliamida, tj. poliamida u čijem su makromolekulama u velikoj mjeri zastupljene benzenske jezgre. Najmanje 85% amidnih ili imidnih veza u makromolekuli izravno povezuju benzenske prstene, a broj imidnih veza, ako su prisutne ne smije biti veći od broja amidnih veza.

Sva su aramidna vlakna termootporna vlakna, pri povišenim temperaturama ne gube na čvrstoći. Pojedina vlakna su otporna i na gorenje, te im je izuzetna sposobnost apsorpcije udarne energije, zbog čega se koriste za materijale za balističku zaštitu. Koriste se u izradi prsluka i odjela za vojnike i policajce jer su neprobojna za puščana zrna i projekte. Veliki nedostatak im je što pri Sunčevom zračenju stare i gube na čvrstoći.

### 3.1.4. Poliolefinska vlakna

Poliolefinska vlakna je opći naziv za vlakna dobivena od poliolefina [9]. Olefini<sup>3</sup> je trivijalni naziv za nezasićene alifatske ugljikovodike, tj. spojeve koji sadrže dvostruku vezu. Takvi su spojevi npr. etilen i propilen koji su značajni u proizvodnji vlakana.

Najzastupljeniji poliolefini su PE (polietilen) i PP (polipropilen). Poliolefini često nalaze primjenu u proizvodnji ambalaže, ali svakodnevno se pronalaze i nove primjene, kao npr. u automobilske industriji.

Najvažnija svojstva su:

- žilavost izraženija od krutosti
- za toplo oblikovanje podjednako su poliolefini visoke molekulske mase

---

<sup>3</sup> Olefini su aciklički i ciklički ugljikovodici koji imaju jednu ili više dvostrukih veza (izuzev aromatskih spojeva). Olefini uključuju alkene i cikloalkene kao i odgovarajuće poliene. [11]

- 
- toplinska provodnost je veća nego kod drugih polimernih materijala (toplinska provodnost LDPE je do tri puta veća od PP)
  - visoke temperature preoblikovanja
  - pogodnost za recikliranje [10].

Po količini proizvodnje u svijetu se nalaze na 2. mjestu, uz prosječnu godišnju stopu rasta od 6%.

### 3.1.5. Polipropilenska vlakna

Međunarodna kratica prema BISFA-i je **PP** [4].

PP vlakna imaju najmanju gustoću od svih vlakana i plivaju na vodi. Ne upijaju vlagu ni vodu, brzo transportiraju vlagu prema drugim hidrofilnim slojevima tekstila ili okoline. Visoka im je čvrstoća i u suhom i mokrom stanju, dok im je vrlo slaba otpornost na visoke temperature. Otporna su na mikroorganizme i pljesni, a samo djelomice na insekte.

Ova vlakna se koriste pri izradi sportske odjeće, tapeta, podnih obloga, odjeće, obuće i dr.

### 3.1.6. Polietilenska vlakna

Međunarodna kratica (BISFA) za polietilenska vlakna je **PE** [9]. U većini se proizvodi od polietilena niske gustoće i linearnih makromolekula.

Polietilenska vlakna imaju malu toplinsku stabilnost ali imaju vrlo veliku sposobnost apsorpcije kinetičke energije pri naglim udarcima, zbog čega su pogodna za izradu zaštitne odjeće.

---

### 3.1.7. Akrilna i modakrilna vlakna

Generički naziv za akrilna vlakna odnosi se na vlakna izgrađena od linearnih makromolekula poliakrilonitrila u kojima u lancu ima najmanje 85% po masi ponavljajućih akrilonitrilnih jedinica. Međunarodna kratica za akrilna vlakna je **PAN** [4]. Na svjetskoj ranglisti se nalazi na 4. mjestu po upotrebi umjetnih vlakana u tekstilnoj industriji.

Modakrilna vlakna - kratice **MAC**; se dobivaju kad akrilni kopolimeri sadrže više komonomera tako da je količina ponavljajućih jedinica akrilonitrila 50%, a najviše 85% po masi.

Modakrilna i akrilna vlakna spadaju u skupinu srednje čvrstih vlakana, PAN slabo upija vlagu dok MAC ima bolju sposobnost upijanja vlage.

Akrilna vlakna su vrlo zapaljiva te u blizini plamena počinju goriti bez taljenja. Nakon što ih odmaknemo od plamena vlakna će nastaviti goriti, a ostatak nakon gorenja je crn i tvrd. Modakrilna vlakna za razliku od akrilnih imaju manju sposobnost zapaljivosti i gorenja, te nakon što se odvoje od plamena ne nastavljaju gorjeti.

PAN I MAC vlakna su otporna na kukce i mikroorganizme.

Ova vlakna se koriste kao zamjena za vunu, npr. koriste se za izradu džempera, kapa, deka i odjeće za zimu. [12]

### 3.1.8. Klorna vlakna

Vlakna koja su izgrađena od linearnih makromolekula koje u lancu sadrže više od 50% (po masi) klora, a izgrađuju ih vinil-kloridne ili vinilidne-kloridne konstitucijske cijeline. Klornim vlaknima kratica je **CLF** [4].

Na zapaljivost i gorenje vlakana utječe udio klora, što se udio povećava to mu se smanjuje zapaljivost i gorivost. Kad se odmaknu od plamena ne gore i zaostatak je nakon gorenja hladan.

Otporna su na mikroorganizme.



---

Upotrebljavaju se za izradu zaštitnih odijela, šatorskoga platna, cerada, pokretnih vrpca, filtarskoga materijala, brtava i drugoga tehn. tekstila, od kojega se zahtijeva da bude negoriv ili teško goriv i otporan prema kemikalijama. [13]

### **3.1.9. Fluorna vlakna**

Fluorna vlakna su izgrađena od linearnih makromolekula alifatskih ugljikovodika, najčešće poli(tetrafluoretilena). Kratica im je **PTFE**.

PTFE vlakna gotovo da i ne gore. Gore tek u atmosferi koja sadrži više od 95% kisika. Temperatura samozapaljenja je iznad 600°C [9].

Od toga se vlakna proizvodi vrlo cijenjeni mikroporozni materijal (zaštićeni naziv *Gore-Tex*), nepropustan za vodu, ali propustan za zrak, a upotrebljava se kao zaštitna odjeća i obuća koja „diše“.[14]

### **3.1.10. Vinilalna vlakna**

Vinilalna vlakana su vlakna izgrađena od linearnih makromolekula polivinil alkohola), koji je naknadnom obradom acetiliran do različitog stupnja. Njegova međunarodna kratica je **PVAL** [4].

### **3.1.11. Poliimidna vlakna**

Poliimidna vlakna su izgrađena od makromolekula koje u lancu imaju imidnu vezu, a u građi osnovne konstitucijske jedinice nalaze se aromatski prsteni. Njihova međunarodna kratica je **PI** [4].

Zbog malog udjela vodika u polimernim molekulama imaju veliku termičku otpornost i nezapaljivost. Ako se u plamenu zapale kad se izvade iz plamena ne održavaju gorenje.

---

### **3.1.12. Melaminska vlakna MF**

To su vlakna koja su izgrađena od najmanje 50% (po masi) prostorno umreženog melaminskog polimera [9].

Otporna su na toplinu i gorenje zbog umrežene strukture i niske toplinske vodljivosti melaminskog polimera. Ne tale se, u plamenu vrlo teško gore, a izvan njega se gase. Vlakna su vodootporna, mala toplinska provodivost i dimenzijska stabilnost im je očuvana na visokim temperaturama [4].

Melaminska vlakna se pretežito koriste za izradu odječe za zaštitu od od topline i plamena. Upotrebljavaju se u izradi vatrogasne odječe, zaštitne radne odječe, rukavice, pregače.

### **3.1.13. Elastomerna vlakna**

Elastomerna vlakna je opći naziv za vrlo rastezljiva umjetna vlakna koja imaju veliku sposobnost elastičnog oporavka nakon rastezanja. Najčešći predstavnici ove skupine vlakana su elastanska i elastodienska vlakna [9].

Elastinska vlakna se najčešće upotrebljavaju u izradi kupaćih kostima, donjeg rublja, čarapa, tajica. [12]

### **3.1.14. Elastanska vlakna (EL)**

Elastanska vlakna su vlakna koja su pretežito građena od segmentiranog poliuretana (najmanje 85%). Imaju sposobnost velike rastezljivosti i elastičnom oporavku nakon rastezanja [9].

Elastanska vlakna su otporna na znoj, masnoće, Sunčevu svjetlost i mikroorganizme.

Otpornost na toplinu im je dobra te pri temperaturi od 175 °C omekšavaju, a pri temperaturi od 230 do 290 °C se tale [4].

---

### 3.1.15. Elastodienska vlakna (ED)

Prema [15] slijedi: *Elastomerno vlakno sastavljeno od prirodnog ili sintetskog poliizoprena, ili sastavljeno od jednog ili više diena polimeriziranih s jednim ili više vinil monomera, ili bez njih, koje se, rastegnuto na trostruku duljinu od svoje izvorne, nakon otpuštanja ubrzano i u velikoj mjeri vraća na svoju početnu duljinu.*

Izgrađena su od prirodnoga ili sintetskog poliizopropena. Izgrađeni su od jednog ili više diena polimeriziranih s jednim ili više vinilnih monomera ili bez njih [9].

Vlakna imaju veliku sposobnost rastezanja te 100% elastični oporavak.

Imaju vrlo slična svojstva kao gumena vlakna, mastan opip i gumasti izgled. Vrlo su slabo postojana na Sunčevoj svjetlosti.

---

## 4. Metode ispitivanja tekstilnih vlakana

Tragovi tekstilnih vlakana koji se mogu koristiti u forenzičkoj istrazi kako bi se ustanovile veze između pojedinaca koji su uključeni u zločin, kao i mjesto na kojem je zločin počinjen. Vlakna se razmjenjuju kada napadač dođe u kontakt sa žrtvom ili mjestom zločina jer, kao što je navedeno u Locardovom načelu razmjene, svaki kontakt ostavlja trag [16-19].

Metode ispitivanja tekstilnih vlakana u forenzičkim laboratorijima su komparativne - tragovi vlakana uspoređuju se s poznatim vlaknima te se može utvrditi jesu li istog porijekla, ili se uspoređuju kontaktni tragovi koji mogu uputiti na povezanost, odnosno potvrditi kontakt između žrtve i osumnjičenog, osumnjičenog i mjesta događaja, žrtve i mjesta događaja i sl. Ispitivanja vlakana uključuju traženje značajnih sličnosti ili razlika između ispitivanih vlakana s mjesta zločina i poznatih vlakana koja potječu od izvora koji se može provjeriti s ciljem prihvatanja ili odbacivanja nulte hipoteze da su dva vlakna mogla istog porijekla. [3].

Provodi se niz analitičkih testova s ciljem pronalaženja razlike/podudaranja, pri čemu se može ustanoviti da dva vlakna nisu ili jesu iz istog izvora. U postupku ispitivanja vlakana, metode su postrojene tako da se najprije dobiju informacije koje isključuju podudarnost. Vizualna usporedba je nužan prvi korak, budući da razlike u boji mogu brzo isključiti podudarnost.

Optička mikroskopija (za određivanje boje i morfologije), mikroskopija polariziranim svjetlom (za mjerenje indeksa loma i dvolomnosti za generičku klasu), UV/vidljiva mikrospektrofotometrija (za mjerenje spektra boja vlakana i boja) i infracrvena spektroskopija (za identifikaciju tipa polimera) bitni su alati za razlikovanje ispitivanih i poznatih vlakana (reference). Ove tehnike su brze te djelomično nedestruktivne, omogućujući očuvanje dokaza, ali ne identificiraju boje.

Izvješće Američke nacionalne akademije znanosti iz 2009. godine [19] pozvalo je na reviziju i preispitivanje forenzičke znanosti, uključujući dokaze o tragovima. U interesu unapređenja dokaza o vlaknima iskazali su zabrinutost:

- a) Znanstvena radna skupina za analizu materijala (*Scientific Working Group for Materials Analysis SWGMAT*) “definirala je smjernice, ali ne i standarde, za broj i

- 
- kvalitetu karakteristika koje moraju odgovarati kako bi se zaključilo da su dva vlakna došla iz iste proizvodne serije. Nije bilo studija o vlaknima (npr. Vvarijabilnost njihovih karakteristika prije i nakon proizvodnje) na kojima bi se temeljio takav prag. "
- b) "Slično tome, nije bilo studija koje bi pružile prosudbu o tome jesu li promjene vezane uz utjecaj okoline i uvjeta korištenja u određenim vlaknima dovoljno karakteristične da pouzdano individualiziraju njihov izvor."
- c) "Nisu izrađene studije koje bi definirale stupanj pouzdanosti ili pogreške u njihovim postupcima."

U izvješću National Safety Apparel (NSA) [19], mogu se naći praktične preporuke kako bi se poboljšala pouzdanost identifikacije vlakna. Preporuka je da treba istražiti i koristiti najsuvremenije tehnologije i postupke.

Može se reći da postoje tri skupine metoda ispitivanja u svrhu identifikacije tekstilnih vlakana: fizikalno-kemijske metode, mikroskopske metode i instrumentalne analitičke metode.

## **4.1. Fizikalno-kemijske metode identifikacije tekstilnih vlakana**

### **4.1.1. Identifikacija tekstilnih vlakana gorenjem**

Postoje mnoge metode za identifikaciju tekstilnih vlakana, jedna od najlakše i najbrže izvedivih metoda je metoda identifikacije tekstilnih vlakana gorenjem [20] [21] [22] [23] [24]. Za ovu metodu ne trebaju nikakve posebne naprave i uređaji, jednostavna je i brza.

Postupak je sljedeći:

1. Uzima se pramen određenog vlakna duljine oko 2 cm.
2. Pramen se paralelizira i uvija prstima.
3. Uzorak vlakna se približi plamenu i promatra se njegova reakcija.
4. Uzorak se stavlja u plamen i promatra se njegova reakciju.
5. Izvadi se uzorak iz plamena, ugasi se te se određuje boja, miris i izgled ostatka.

Prilikom metode gorenja vlakana promatra se sljedeće:

- 
- Kako se vlakno ponaša prije ulaska u plamen: dolazi li do taljenja, kvrčenja ili gorenja
  - Kako se vlakno ponaša u plamenu: dolazi li do gorenja ili ne, do taljenja ili do žarenja
  - Kako se vlakno ponaša nakon što se odmakne od plamena: se li gasi se ili nastavlja gorjeti
  - Kako vlakno miriše nakon gorenja
  - Kakav je njegov ostatak nakon gorenja, njegova boja, izgled i opip.

Metoda ispitivanja tekstilnih vlakana gorenjem daje pouzdane rezultate jedino kod jednokomponentnih uzoraka, jer kod dvokomponentnih ili višekomponentnih uzoraka gori mješavina vlakana pri čemu nastaju drugačiji mirisi koji otežavaju prepoznavanje.

Ovom metodom mogu se precizno identificirati četiri skupine vlakana [24].:

1. Celulozna vlakna
2. Proteinska vlakna
3. Sintetička vlakna s celuloznim derivatima
4. Anorganska vlakna

---

#### **4.1.2. Identifikacija vlakana analizom plinovitih produkata razgradnje - suha destilacija**

Suha destilacija se temelji na analizi produkata razgradnje koji nastaju zagrijavanjem vlakana na temperaturu vrenja. Plinovi koji nastaju kao produkt ispituje se karakter koji može bit ili kiseo ili lužnat, pomoću lakmus papira. Ova metoda služi za identifikaciju skupine vlakana, a ne pojedinačnih vlakana. Plinoviti produkti razgradnje mogu biti lužnatog ili kiselog karaktera što se određuje se crvenim ili plavim lakmus papirom, a dali neka tvar sadrži sumpor određuje se pomoću olovnog acetat papira [Pb(Ac)<sub>2</sub>].

Crveni lakmus papir služi za određivanje lužnatog stanja, te će ako dođe u dodir s lužinom promijeniti boju u plavu.

- Plavi lakmus papir služi za određivanje kiselog stanja, te će ako dođe u dodir s kiselinom promijeniti boju u crveno.
- Papri s olovnim acetatom dokazuje prisutnost sumpora, u doticaju s njim poprими srebreno sivkastu boju.

#### **4.1.3. Identifikacija tekstilnih vlakana na bazi različitog obojenja u smjesi bojila**

Tekstilna vlakna zbog različitog kemijskog sastava i strukture vežu različita bojila. Vlakno koje je prvo bilo natopljeno u destiliranoj vodi se stavi u otopinu te se potom zagrijava do vrenja i kuha 5 min, nakon što se vlakno skuha ispere se hladnom vodom, ocijedi i ostavi da se osuši. Za ovu metodu se može koristiti smjesa ephendala koji će celulozna vlakna obojati u plavo, proteinsko u crveno, a sintetičko u žutu boju.

#### **4.1.4. Identifikacija vlakana otapanjem u različitim otapalima**

Otapanje je fizikalni proces kod kojeg otapalo razara molekule i veze među molekulama tvari koje otapamo, molekule se odvajaju i postaju slobodne.

---

Otapanjem vlakana u pogodnim otapalima moguće je identificirati pojedina vlakna po njihovom kemijskom sastavu, jer je topivost ovisna o kemijskom sastavu i prisutnosti skupina –OH, –COOH, –NH<sub>2</sub>; i o strukturi vlakna kao i upotrijebljenom otapalu.

Pri otapanju se promatra:

- otapa li se vlakno
- nabubri li vlakno
- otapa li se vlakno pri zagrijavanju

## **4.2. Mikroskopske metode**

### **4.2.1. Identifikacija tekstilnih vlakana mikroskopiranjem**

Mikroskop je optički instrument koji nam služi za istraživanje građe i strukture vlakana koju ne možemo vidjeti golim okom. Mikroskopom se služimo kako bi uočili strukturu i građu pojedinih vlakana. Pomoću mikroskopa možemo proučiti uzdužnu sliku vlaka i njegov poprečni presjek [23] [24].

Pod mikroskopom može se utvrditi radi li se o prirodnim (biljnim ili životinjskim) ili sintetičkim vlaknima .

Preliminarno ispitivanje dostavljenih tragova na ljepljivim trakama i priprema tragova za daljnju analizu provodi se korištenjem svjetlosno- optičkog mikroskopa

Pod mikroskopom možemo promatrati uzdužnu sliku vlakna i njegovi poprečni presjek.

Kada se želi promatrati uzdužnu sliku vlakna, vlakno razrežemo i stavimo na stakalce tako da ih iglicom odmaknemo jedno od drugoga radi bolje slike, potom na izrezane komadiće vlakana stavimo kap destilirane vode. Na rub tekućine pod oštrim kutom prislonimo pokrovno stakalce , te pričekamo da se tekućina ravnomjerno rasporedi duž stakalca , tada se pokrovno stakalce spusti na predmetno stakalce.



---

Kod promatranja poprečnog presjeka vlakana najlakša je metoda pripreme vlakana pomoću plutenog čepa.

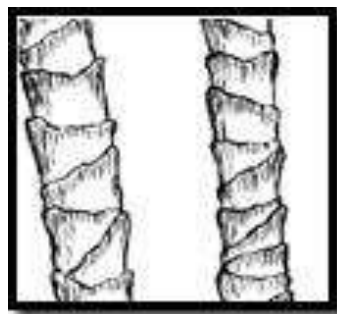
Vlakna se prvo paraleliziraju te pomoću igle i konca provuku kroz pluteni čep, potom se žiletom izreže tanki odrezak pluta i naznači flomasterom kružić oko uzoraka da bi ga se lakše moglo pronaći sliku pod mikroskopom. Uzorak stavimo na stakalce da bi se mogao lakše promatrati pod mikroskopom.



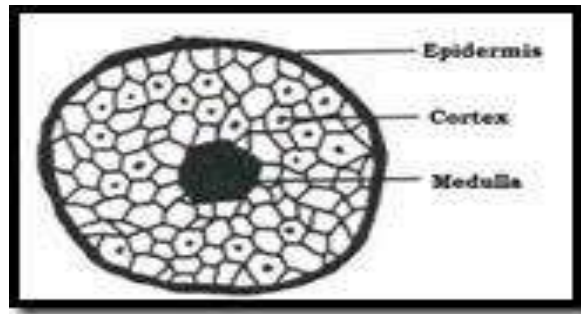
Slika 4.1. Uzdužna slika pamuka [25]



Slika 4.2. Poprečna slika pamuka [25].



Slika 4.3. Uzdužna slika vune [25]



Slika 4.4. Poprečni presjek vlakna vune [25]

#### 4.2.2. Mikroskopiranje vlakana u određenim reagensima

Za identifikaciju vlakana često se primjenjuje reakcija vlakana u određenim reagensima, što se promatra pod mikroskopom. Osim kemijskog sastava na tok spomenutih reakcija utječe i struktura vlakana. Pojedine skupine i pojedina vlakna u specifičnim reagensima reagiraju karakteristično i upravo te reakcije služe za identifikaciju vlakna. Primjenom ove metode može se razlikovati struktura vlakana, pojedina vlakna bubre, neka se otapaju i oboje se.

#### 4.2.3. UV/vizualna mikrospektrofotometrija

UV/vizualna detekcija nakon razdvajanja boja daje spektar svake komponente boje; ako je UV/vizualna mikrospektrofotometrija prethodno provedena na istom vlaknu, ovi rezultati sami po sebi mogu biti korisni u procjeni porijekla pronađenih razlika između ispitivanih i poznatih vlakana. Sama količina tekstilnih boja je obično nedostatna za određivanje kemijske strukture dotične boje, ali se može pojedinačno identificirati infracrvenom i ultraljubičastom spektroskopijom. Analitička razdvajanja na taj način poboljšavaju sposobnost razlikovanja vlakana vremenom odziva i spektralnom usporedbom, dok će UV/vidljiva mikrospektrofotometrija vlakana samo osigurati mješavinu spektra zbog kombiniranih apsorpcija bilo koje ili svih boja na tom vlaknu. Za usporedbu i potvrdu tumačenja rezultata ispitivanih vlakana potrebno je upotrijebiti poznato vlakno za izradu "referentnog" odvajanja i spektra. Prethodni istraživači imali su

---

poteškoća s UV/vizualnom detekcijom boja dobivenih iz vlakana kratke duljine i vlakana lakših nijanse. Laing, et al. su koristili UV/vizualnu diodu za detekciju kiselih boja koje su razdvojene LC, ali nisu postigle analizu vlakana forenzički relevantnih duljina. Neke rane studije nisu mogle razlikovati strukturno povezane boje iz ekstrakta tragova vlakana UV/vidljiva detekcijom zbog nedostatka dovoljne osjetljivosti.

---

## 5. EKSPERIMENTALNI DIO

Jedna od najjednostavnijih metoda kojom se brzo može procijeniti iz koje je skupine vlakana trag, bilo da je to komadić tkanine ili samo nekoliko vlakana pronađenih na mjestu događaja, ili na osumnjičenoj osobi ili žrtvi nekog kaznenog djela je proba gorenja. Tim postupkom gotovo sigurno se može utvrditi radi li se o vlaknima prirodnog porijekla ili o sintetičkim vlaknima, te se čak može procijeniti vrsta prirodnog odnosno sintetičkog materijala traga. Takva procjena može biti vrijedan putokaz pri donošenju odluke o potrebi i vrsti daljnjeg ispitivanja traga.

Kako su danas odjevne tkanine uglavnom mješavine vlakana, za očekivat je da će rezultati biti različiti te će ovisiti o količini vlakana koji su prisutni u odjevnom predmetu.

Stoga su u prvom dijelu rada provedene probe gorenja sa sirovinskim vlaknima nakon čega su provedene probe gorenja višeslojnog tekstilnog materijala vatrogasne zaštitne odjeće kako bi se dobiveni rezultati usporedili i ocijenila valjanost metode u slučaju ispitivanja miješanih uzoraka vlakana u odnosu na uzorke čistih sirovinskih vlakana.

U eksperimentalnom dijelu rada provedene su probe gorenja uzoraka sljedećih sirovinskih sintetičkih vlakana: poliesterska (PES) vlakna, poliamidna (PA) vlakna, aramidna (AR) vlakna, polipropilenska (PP) vlaknima, polietilenska (PE) vlaknima, akrilna (PAN) vlaknima i fluorna (PTFE) vlakna.

Sintetički uzorci dobiveni su od Tekstilno tehnološkog fakulteta. Vlakna su različite duljine te prije izvođenja pokusa vlakna su izvađena i paralelizirana kako bi se dobila donekle jednaka duljina i kako ne bi bilo stršćih vlukanaca.

Odjeća koja štiti tijelo od utjecaja topline i plamena koristi se na mnogim radnim mjestima i mora biti izrađena od materijala koji je otporan na visoke temperature i gorenje te istodobno mora biti nepropustan za vodu. Prijenos topline kroz odjeću, a time i njezin stupanj zaštitnog djelovanja, ovisit će o sastavu i konstrukciji materijala od kojeg je odjeća izrađena, te o količini topline i vremenu izloženosti. Zahtjevi zaštite koji se postavljaju za odjevni predmet su otpornost na ograničeno širenje plamena, smanjenje toplinskog toka, a time i smanjenje toplinske doze zračenja na površinu kože.

Postoji nekoliko načina kojim toplina može ugroziti zdravlje ili život radnika, a to su:

- kontaktno (kondukcijski),

- 
- konvekcijski,
  - radijacijski (IC i MV zračenje),
  - iznenadni kratkotrajni ili dulji kontakt s plamenom,
  - prskanje/polijevanje rastaljenim ili užarenim materijalom i
  - kombinacija navedenih utjecaja.

Odjeća za zaštitu od topline i plamena uvijek se nosi kao vanjski sloj odjeće pa bi trebala biti dizajnirana tako da dobro pristaje i da je udobna, što znači, da se kod dizajna uzimaju u obzir svi slojevi odjeće koji se nose ispod vanjskog sloja. Europska norma EN 340:2003 “Zaštitna odjeća [23].

U drugom dijelu eksperimenta korištene su vatrogasne hlače Fire ECO (Art. Br. 1372 001A1); EN 469.2005+A1:200; proizvođača: 2011 TEXPORT GmbH, Salzburg. Partija 11371.

Sastav vatrogasnih hlača:

Vanjski materijal: Nomex Tough

- 75% m-Aramid (Nomex), 23% p-Aramid (Kelvar), 2% P140 (Carbon)

Vodoodbojni materijal

- 100% eptfePTFE od Gore-Tex-a

Toplinska podstava:

- Runo: 100% m-Aramid (Nomex)
- Tkanina: 50% m-Aramid (Nomex), 50% Viskoza FR

Prilikom provođenja eksperimenta gorenja vlakana promatrano je sljedeće:

- Kako se vlakno ponaša prije ulaska u plamen, dali dolazi do taljenja, kvrčenja ili gorenja
- Kako se vlakno ponaša u plamenu, dali dolazi do gorenja, ne gorenja, taljenja ili žarenja
- Kako se vlakno ponaša nakon što ga odmaknemo od plamena, dali se gasi ili nastavlja gorjeti

- 
- Kako vlakno miriše nakon gorenja
  - Kakav je njegov ostatak nakon gorenja, njegova boja, izgled i opip

---

## 6. Prikaz rezultata

Rezultati eksperimenata opisani su, prikazani su na slikama i u tablici.

### 6.1. Poliesterska vlakna (PES)

Opažanja: vlakna se u neposrednoj blizini plamena tale (slika 6.1.), u plamenu gore (slika 6.2.), nakon što se uklone iz plamena nastavljaju gorjeti (slika 6.3.). Spaljena vlakna su slatkastog mirisa, ostatak je tvrd, kuglastog oblika i smečkaste boje (slika 6.4.).



Slika 6.1. Poliesterska vlakna prije ulaska u plamen

Na slici se vidi da se vlakna prije ulaska u plamen tale.



Slika 6.2. Poliesterska vlakna u plamenu

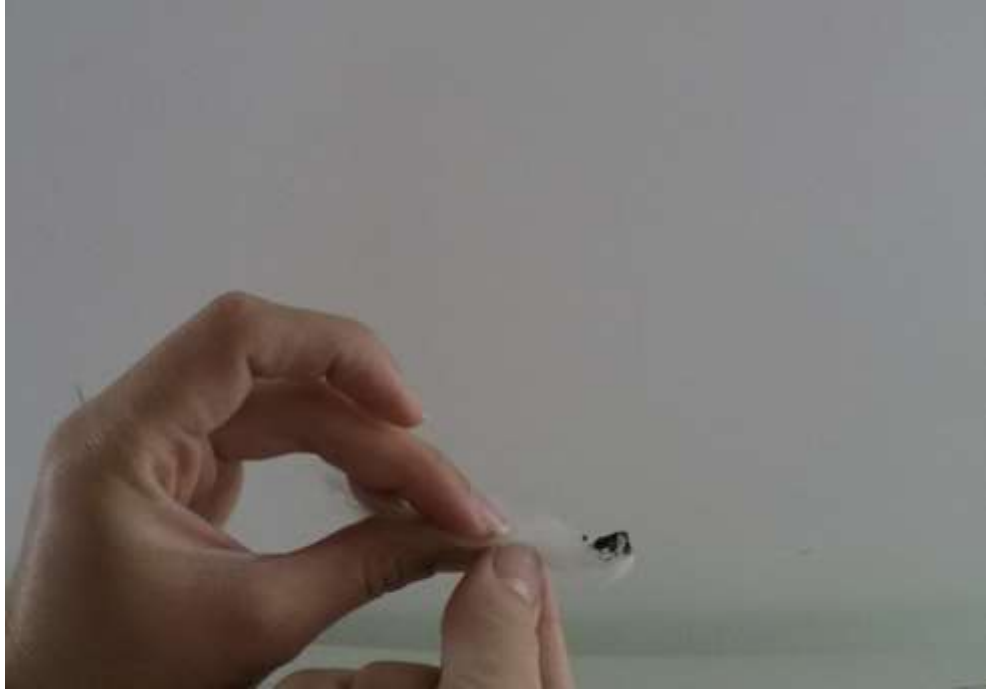
Poliesterska vlakna prilikom ulaska u plamen gore.



Slika 6.3. Poliesterska vlakna nakon odmicanja od plamena

Nakon što smo odmakli vlakna iz plamena vlakna nastavljaju gorjeti sve dok ih ne ugasimo ili potpuno ne izgore.





Slika 6.4. Izgled ostataka od poliesterskih vlakana

Poliesterski ostatak vlakna je tvrd na opip, kuglastog oblika, a ostatak im je tamno smečkaste boje.

## **6.2. Poliamidna vlakna (PA)**

Opažanja: vlakna se u neposrednoj blizini plamena tale (slika 6.5.), u plamenu gore (slika 6.6.), nakon što se uklone iz plamena prestaju gorjeti (slika 6.7.). Spaljena vlakna su oštrog mirisa po zapaljenoj plastici, ostatak je tvrd, kuglastog oblika i žućkaste boje (slika 6.7.).



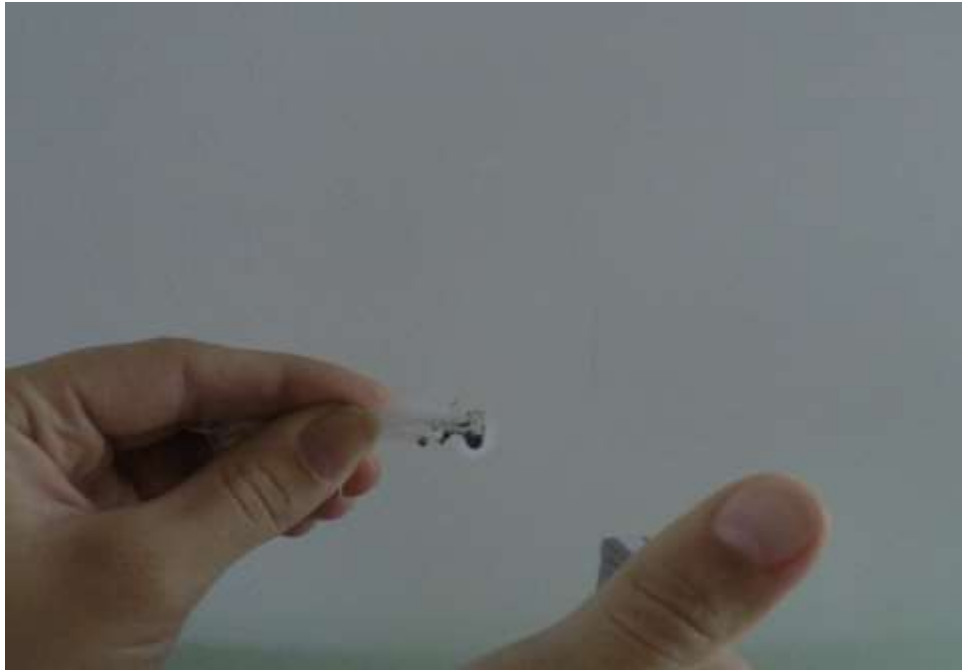
Slika 6.5. Poliamidna vlakna prije ulaska u plamen

U neposrednoj blizini plamena poliamidna vlakna se tale.



Slika 6.6. Poliamidna vlakna u plamenu

Poliamidna vlakna u plamenu gore.



Slika 6.7. Poliamidna vlakna nakon što ih se izvadi iz plamena

Nakon što ih se izvadi iz plamena poliamidna vlakna se gase te prestaju gorjeti. Ostatak im je na opip tvrd, kuglastog oblika, te žućkaste boje.

### **6.3. Aramidna vlakna (AR)**

Opažanja: vlakna se u neposrednoj blizini plamena ne tale (slika 6.8.), u plamenu tinjaju (slika 6.9.), nakon što se uklone iz plamena prestaju gorjeti (slika 6.10.). Spaljena vlakna su slatkastog mirisa, ostatak je praškast i crne boje (slika 6.10.).



Slika 6.8. Aramidna vlakna prije ulaska u plamen

Aramidna vlakna kad se približe neposrednoj blizini plamena ne pokazuju nikakvu promjenu tj. plamen ne utječe na njih i ne tale se.



Slika 6.9. Aramidna vlakna prilikom ulaska u plamen

---

Vlakna se u plamenu i nakon dužeg izlaganja plamenu ne gore nego tinjaju.



Slika 6.10. Aramidna vlakna nakon izlaska iz plamena

Nakon što izvadimo aramidna vlakna iz plamena oni ne gore i ne tinjaju. Ostatak im je na opip puderast i mekan, crne boje.

#### **6.4. Polipropilenska vlakna**

Opazanja: vlakna se u neposrednoj blizini plamena ne gore (slika 6.11.), u plamenu se tale (slika 6.12.), nakon što se uklone iz plamena ne gore nego se stvrdnu (slika 6.13.). Spaljena vlakna su oštrog mirisa po zapaljenoj plastici, ostatak je krut, po opipu grudast i bijelo-sive boje (slika 6.13.).



Slika 6.11. Polipropilensko vlakno prije ulaska u plamen

U neposrednoj blizini plamena nema promjena kod polipropilenskih vlakana: ne dolazi do taljenja ni gorenja



Slika 6.12. Polipropilenska vlakna u plamenu

U plamenu vlakna ne gore već se tale.



Slika 6.13. Polipropilenska vlakna nakon izlaska iz plamena

Nakon što ih se izvadi iz plamena vlakna ne gore nego se stvrđnu.

Njihov ostatak im je pod prstima krut i grudast, a ostatak im je bijelo-sive boje.

### **6.5. Polietilenska vlakna (PE)**

Opažanja: vlakna se u neposrednoj blizini plamena tale (slika 6.14.), u plamenu gore (slika 6.15.), nakon što se uklone iz plamena nastavljaju gorjeti (slika 6.16.). Spaljena vlakna su oštrog mirisa po zapaljenoj plastici, ostatak je krut i bijelo-sive boje (slika 6.16.).



Slika 6.14. Polietilenska vlakna prije ulaska u plamen

U neposrednoj blizini plamena polietilenska vlakna se tale.



Slika 6.15. Polietilenska vlakna u plamenu

U plamenu gore vrlo brzo.





Slika 6.16. Polietilenska vlakna nakon palmena

Nakon što ih se izvadi iz plamena polietilenska vlakna skvrče i nastavljaju gorjeti sve dok ih se ne ugasi. Ostatak im je krut na opip, bijelo sive boje.

### **6.6. Akrilna vlakna (PAN)**

Opažanja: vlakna se u neposrednoj blizini plamena skvrče (slika 6.17.), u plamenu gore (slika 6.18.), nakon što se uklone iz plamena nastavljaju gorjeti i skupljati se (slika 6.19.). Spaljena vlakna su mirisom podsjećaju na zapaljeno meso, ostatak je krut i crne boje (slika 6.19.).



Slika 6.17. Akrilna vlakna prije ulaska u plamen

Akrilna vlakna se u neposrednoj blizini plamena skvrče.



Slika 6.18. Akrilna vlakna u plamenu

Akrilna vlakna u plamenu gore vrlo brzo.



Slika 6.19. Akrilna vlakna nakon izlaska iz plamena

Akrilna vlakna nakon što ih se izvadi iz plamena nastavljaju gorjeti i skupljati se sve dok ih se ne ugasi. Njihov ostatak im krut na opip i crne boje.

### **6.7. Fluorna vlakna (PTFE)**

Opažanja: vlakna se u neposrednoj blizini plamena ne tale (slika 6.20.), u plamenu tinjaju (slika 6.21.), nakon što se uklone iz plamena prestaju gorjeti (slika 6.22.). Spaljena vlakna su slatkastog mirisa, ostatak je krut i crne boje (slika 4.22.).



Slika 6.20. Fluorna vlakna u blizini plamena

Vlakna u neposrednoj blizini plamena ne gore i ne tale se.



Slika 6.21. Fluorna vlakna u plamenu

U plamenu vlakna tinjaju.



Slika 6.22. Fluorna vlakna nakon što se izvade iz plamena

Nakon što se izvade iz plamena se sama gase. Ostatak im je krut, crne boje.

Ukupni rezultati provedenog ispitivanja uzoraka sirovinskih sintetičkih vlakana prikazani su u tablici 6.1

Tablica 6.1. Identifikacija umjetnih tekstilnih vlakana gorenjem

SKUPINA VLAKANA	BISFA	OPAŽANJE				
		NAČIN GORENJA			NAKON VAĐENJA IZ PLAMENA	
		PRIJE PLAMENA	U PLAMENU	NAKON PLAMENA	KARAKTERISTIČAN MIRIS SPALJENOG VLAKNA	OPIS OŠTAROSTI
Poliesterska vlakna	PES	tali se	gori	nastavlja gorjeti	slatkast	tvrd, kuglast oblik, smečkasto
Poliamidna vlakna	PA	tali se	gori	gasi se	vrlo oštar miris po zapaljenoj plastici	tvrd, kuglast oblik, žučkasto
Aramidna vlakna	AR	ne gori	tinja	ne gori	slatkast	praškasto, crne boje
Polipropilenska vlakna	PP	ne gori	tali se	ne gori, stvrdne se	vrlo oštar miris po zapaljenoj plastici	krut, grubo, bijelo, boje
Polietilenska vlakna	PE	tali se	gori	skvrči se, nastavlja gorjeti	vrlo oštar miris po zapaljenoj plastici	krut, bijelo, boje
Akrilna vlakna	PAN	skvrči se	gori	nastavlja se skupljati i gorjeti	podsjeca na zapaljeno meso	krut, crne boje
Fluorna vlakna	PTFE	ne gori	tinja	ne gori	slatkast	krut, crna boja

## 6.8. Tkanina odjeće za vatrogasce

Kao zaštita od topline i plamena koristi se kombinacija različitih specijalnih materijala kod kojih se općenito može reći da što su slojevi deblji pružaju veću zaštitu, ali je takve specijalne materijale u zaštitnim odjevnim sustavima potrebno optimalno kombinirati zbog pitanja toplinskog (pre)opterećenja korisnika. Kao prvi zaštitni sloj ("vanjska školjka") vrlo se često koristi tkanina koja je po sirovinskom sastavu kombinacija Nomexa i nekog drugog aramidnog vlakna u omjeru 95 % prema 5 % kod običnih vojnih i policijskih odora, a 75 % prema 25 % kod vatrogasne odjeće. Ako se promatraju karakteristike gorenja vlakana, može se zaključiti da su celulozna vlakna najzapaljivija i najbrže gore, dok

---

aramidna vlakna pougljene ali ne gore. Tekstilije koje se sastoje od dviju ili više vrsta vlakana ne gore na isti način kao pojedinačna vrsta vlakana. Način na koji su izrađene tekstilije (netkane tekstilije, pletivo, tkanine, vez, itd.) također utječu na način gorenja . Zaštitna odjeća za vatrogasce (jakne i hlače) je najčešće višeslojna i u pravilu se izrađuje od četiri osnovna sloja materijala sastavljena u jednu kombinaciju/sustav vanjski materijal, koji se naziva i “vanjskom školjkom”, vrlo je čvrst, ima visoku otpornost na toplinu i plamen, otpornost na mehaničke utjecaje, većinu otapala i kiselina, ne smije gorjeti, topiti se, pucati ili raspadati se čak i nakon spaljivanja. Nakon djelovanja otvorenog plamena i topline ovi materijali se ne smiju skupljati i raspadati. Materijali za zaštitu od vlage moraju biti otporni na vodu, nepropusni na vjetar i moraju ‘disati’ odnosno moraju omogućiti prolazak topline od tijela prema okolini. Najčešće upotrebljavani materijali za “vanjsku školjku”, koji su dostupni na tržištu, vodonepropusna/zrakopropusna membrana, čija je svrha smanjiti količinu vode koja bi iz okoliša mogla prodrijeti u unutrašnjost odjevnog predmeta, spojena je s tkanom ili netkanom podlogom koja joj daje čvrstoću i trajnost, ali može biti spojena i s unutarnjom stranom vanjske školjke;

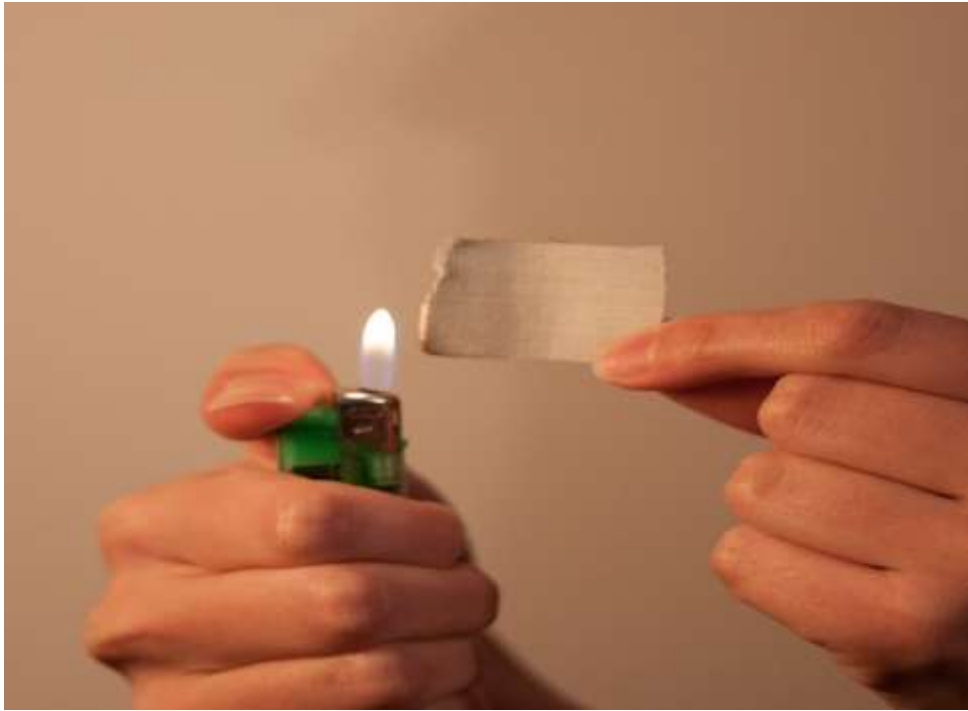
- toplinska međupodstava, materijal namijenjen da uspori prolaz topline izvana prema unutrašnjosti odjevnog predmeta
- unutarnja podstava, koja štiti materijal toplinske prepreke, te pruža korisniku udobnost i dodatni zaštitni sloj.

Proizvođači odjeće za zaštitu od topline i plamena upotrebljavaju različite vrste materijala za svaki od navedenih slojeva. [26].

### **6.8.1. Rezultati ispitivanja tkanine za izradu odjeće za vatrogasce probom gorenja**

**6.8.1.1. Vanjski sloj:** Nomex Toughn 75%, m-Aramid (Nomex), 23% p-Aramid (Kelvar), 2%P140 (Carbon)

Opažanja: sloj se u neposrednoj blizini plamena ne tali (slika 6.23.), u plamenu tinja (slika 6.24.), nakon što se ukloni iz plamena prestaje gorjeti (slika 6.25.). Spaljeni sloj je slatkastog mirisa, ostatak mu je praškast i crne boje (slika 6.25.).



Slika 6.23. Vanjski sloj u neposrednoj blizini plamena

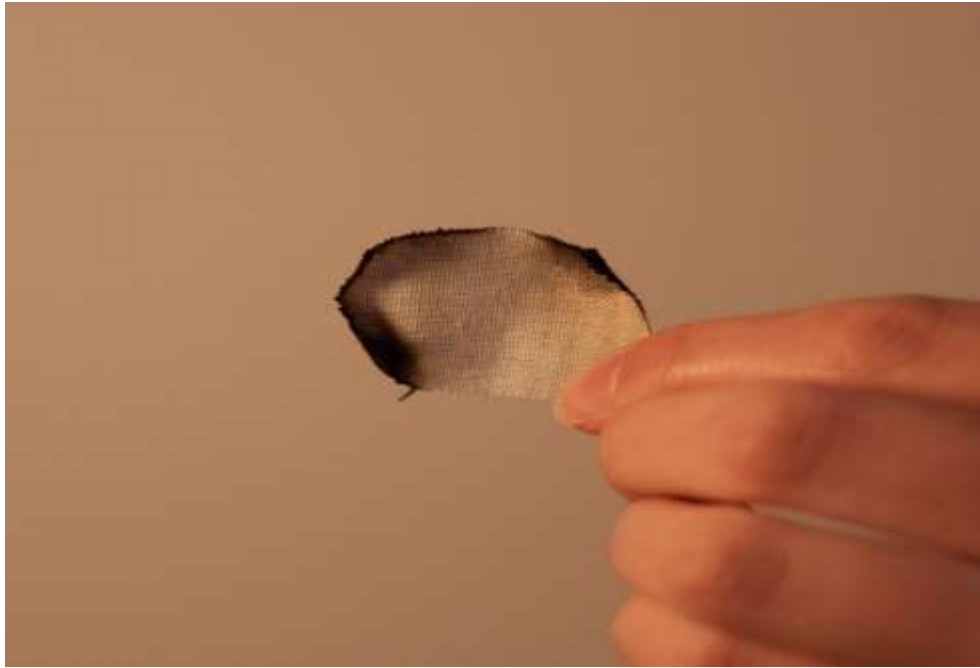
Kad se materijal stavi u neposrednu blizinu plamena nema nikakve promjene na njemu, tj. ne gori i ne tali se.



Slika 6.24. Vanjski sloj u plamenu

U plamenu materijal tinja.





Slika 6.25. Vanjski sloj kad se makne od plamena

Nakon što se odmakne od plamene ne gori, a njegov ostatak je praškast i crne boje.

#### **6.8.1.2. Vodoodbojni materijal: 100% ePTFE od Gore-Tex-a**

Opažanja: materijal se u neposrednoj blizini plamena ne tali (slika 6.26.), u plamenu se tali prilikom dužeg izlaganja plamenu (slika 6.27.), nakon što se ukloni iz plamena ne gori (slika 6.28.). Ostatak mu je krut i crne boje (slika 6.28.).



Slika 6.26. Vodoodbojni materijal prije ulaska u plamen

Materijal se u neposrednoj blizini plamena ne tali i ne gori.



Slika 6.27. Vodoodbojni materijal u plamenu

---

Tek nakon dužeg izlaganju plamenu materijal se tali, ne gori.



Slika 6.28. Vodoodbojni materijal nakon što ga se izvadi iz plamena

Nakon što se odmakne od plamena prestaje se taliti. Njegov ostatak je krut, crne boje.

**6.8.1.3. Toplinska podstava: Runo: 100% m-Aramid (Nomex)**

Opažanja: runo se u neposrednoj blizini plamena ne tali (slika 6.29.), u plamenu tinja (slika 6.30.), nakon što se ukloni iz plamena ne gori (slika 6.31.). Spaljeno runo je slatkastog mirisa, ostatak mu je praškast i crne boje (slika 6.31.).



Slika 6.29. Toplinska podstava -runo prije ulaska u plamen

Prilikom izlaganja neposrednoj blizini plamena runo se ne tali



Slika 6.30. Toplinska podstava -runo u plamenu

Prilikom izlaganja u plamenu runo tinja.



Slika 6.31. Toplinska podstava -runo nakon što ga se izvadi iz plamena

Nakon što ga se odmakne iz plamena runo ne gori, a ostatak mu je praškast crne boje.

**6.8.1.4. Tkanina:** 50% m-Aramid (Nomex), 50% Viskoza FR

Opažanja: tkanina se u neposrednoj blizini plamena ne tali (slika 6.32.), u plamenu se tali (slika 6.33.), nakon što se ukloni iz plamena ne gori (slika 6.34.). Spaljena tkanina je intenzivnog mirisa, ostatak joj je praškast i tamno sive boje (slika 6.34.).



Slika 6.32. Tkanina prije ulaska u plamenu

U neposrednoj blizini plamena se ne tali.



Slika 6.33. Tkanina u plamenu

U plamenu se tkanina tali.



Slika 6.34. Tkanina nakon što se izvadi iz plamena

Nakon što se odmakne od plamena ne gori. Ostatak mu je praškast, tamno sive boje, Tablica 6.2.

Tablica 6.2 Identifikacija vatrogasnih hlača gorenjem

Vatrogasne hlače	OPAŽANJE				
	NAČIN GORENJA			NAKON VAĐENJA IZ PLAMENA	
	PRIJE PLAMENA	U PLAMENU	NAKON PLAMENA	KARAKTERISTIČAN MIRIS SPALJENOG MATERIJALA	OPIS OSTATAKA
Vanjski sloj	Ne tali se	Tinja	Ne gori	slatkast	Praška crne boje
Vodonepropustan sloj	Ne tali se	Tali se	Ne gori		Ostatak crne boje
Toplinska podstava	Ne tali se	Tinja	Ne gori	Slatkast	praška crne boje
Tkanina	Ne tali	Tali se	Ne gori,	Intenzivnog mirisa	Praškast, tamno sive boje

---

## 7. RASPRAVA

U prethodnom poglavlju provedeni su eksperimenti gorenja s poliesterskim vlaknima (PES), poliamidnim vlaknima (PA), aramidnim vlaknima (AR), polipropilenskim vlaknima (PP), polietilenskim vlaknima (PE), akrilnim vlaknima (PAN), fluorna vlakna (PTFE) i vatrogasnim hlačama od četiri sloja različitog sastava. Proučavano je kako se vlakno i materijal ponaša prije ulaska u plamen, kako se ponaša u plamenu, kako se ponaša nakon što ga se izvadi iz plamena, njegov miris te izgled njegovog ostatka.

Temeljem usporedbe rezultata i podataka iz stručne literature vidljivi su sljedeći rezultati [4]:

Prema literaturi poliestersko vlakno brzo gori i nastavlja gorjeti kada ga izmaknemo iz plamena. Vlakno postepeno prestaje gorjeti, a na dijelu vlakna koji je bio u doticaju s plamenom nastaje ostatak u obliku tvrde crne kuglice.

U provedenom eksperimentu poliesterska vlakna su u plamenu gorjela brzo, te nakon što su vlakna maknuta od plamena nastavila su gorjeti. Vlakna su u nekoliko sekundi prestala gorjeti. Do te razlike je došlo zbog manje količine vlakana u eksperimentu. Može se pretpostaviti će veće količine vlakana duže gorjeti nakon što se odmaknu od plamena. Što se tiče ostatka poliesterskih vlakana nakon gorenja u oba slučaja je dobiven isti rezultat. Time je potvrđeno da se podatak iz literature podudara sa eksperimentom.

Pošto su poliamidna vlakna, umjetno i sintetizirano kao i poliesterska vlakna, odnosno spadaju u istu skupinu, rezultati gorenja su isti. Razlika je u mirisu i boji ostatka nakon gorenja. Poliesterskim vlaknima miris je slatkast, a kuglica ostatka nakon gorenja je smeđe boje. Poliamidna vlakna nakon gorenja imaju miris zapaljene plastike, te je kuglica ostatka nakon gorenja žućkaste boje. Ova razlika može se protumačiti različitim sastavom. Rezultati literature i eksperimenta se podudaraju.

Aramidna vlakna u literaturi je navedeno kao vlakna otporno na gorenje. U eksperimentu aramidna vlakna su tinjala zbog manje količine upotrebljenih vlakana i zbog više temperature izvora gorenja.

Literatura navodi polipropilenska vlakna kao vlakna koje ne gore, no sa nedostatkom pri određenim temperaturama. Na području temperature oko 150 °C vlakna omekšavaju, a tale



---

se pri temperaturi od 165 °C. Pošto je izvor gorenja u eksperimentu bio upaljač, čija temperatura dostiže i do 1500 °C, polipropilenska vlakna čim su došla u doticaj s plamenom su se počela taliti.

Prema literaturi akrilna vlakna su vrlo zapaljiva, što je dokazano eksperimentalnim djelom rada. U blizini plamena vlakna se skvrče, u samom plamenu vlakna intenzivno gore, te nakon što se izmaknu iz plamena vlakna i dalje nastavljaju gorjeti.

Fluorna vlakna prema literaturi vlakna koja su izrazito velike otpornosti na djelovanje toplote, odnosno gotovo su ne goriva. Gore tek u atmosferi koja sadrži više od 95% kisika. Temperatura samozapaljenja je iznad visokih 600 °C. U eksperimentalnom djelu se pokazalo da fluorna vlakna prije ulaska u plamen ne gore, u plamenu zbog visoke temperature vlakna tinjaju, te nakon što ih se izvadi iz plamena ne gore.

U posljednjem setu eksperimenata gorenju su podvrgnuta sva četiri sloja vatrogasnih hlača zasebno.

Prvi vanjski sloj materijala je sastavljen od 98% aramida (AR) i 2% P140 (Carbon). U neposrednoj blizini plamena materijal ne gori isto kao i sirovinsko vlakno aramida (AR). U plamenu puno manje tinja nego sirovinsko vlakno aramida (AR), a kad se izvadi iz plamena ne gori. Ima isto slatkasti miris kao i sirovinsko vlakno te mu je ostatak jednako puderast i crne boje.

Drugi sloj materijala koji se sastoji od 100% fluora (PTFE) ima znatno veću otpornost na toplinu od aramidnog materijala. Prilikom ulaska u plamen ne gori za razliku od aramidnog koji u plamenu tinja. Materijal fluora je otporniji od vlakna sirovinskog sastava fluora zbog količine vlakana koje se nalazi u materijalu. Fluorno vlakno u plamenu tinja, dok materijal ne tinja i ne gori.

Vanjska toplinska postava netkanog tekstila koja se sastoji od 100% aramida prilikom izlaganja plamenu se ponaša jednako kao i prvi sloj materijala koji se sastoji od 98% aramida i 2% P140 (Carbon).

Unutarnja podstava koja se sastoji od 50% m-Aramid i 50% viskoze (CV). Ustanovljeno je da se ne tali prije ulaska u plamen jednako kao i runo aramidnog vlakna. U plamenu se tali za razliku od aramidnog runa koji tinja te nakon izlaska iz plamena ni jedan ni drugi ne gore.

---

## 8. ZAKLJUČAK

U ovom radu koristila se preliminarna metoda identifikacije tekstilnih vlakana probom gorenja. Ova metoda je jedna od najlakših i najbržih preliminarnih metoda koja se može koristiti u forenzici.

Nakon što su u trećem poglavlju prikazana i opisana sva poznata sintetička vlakana kao i metode koje se koriste pri identifikaciji tekstilnih vlakana, u četvrtom poglavlju kroz eksperiment provedena je identifikacija tekstilnih vlakana tehnikom gorenje.

Prilikom prvog dijela eksperimenta korištena su sintetička vlakna: poliestersko vlakno, poliamidno vlakno, aramidno vlakno, polipropilensko vlakno, polietilensko vlakno, akrilno vlakno i fluorno vlakno dok su u drugom dijelu eksperimenta korištene su vatrogasne hlače Fire ECO (Art. Br. 1372 001A1); EN 469.2005+A1:200; proizvođača: 2011 TEXTPORT GmbH, Salzburg. Partija 11371.

Provedeni eksperimenti pokazali su karakteristike gorenja pojedinih tipova sintetičkih vlakana što je jako važno u forenzičkoj identifikaciji tipa vlakana izuzetih na mjestu događaja. Eksperiment je pogodan u slučajevima kada imamo veću količinu vlakana jer preliminarna metoda gorenja je destruktivna metoda nakon koje ne možemo ponoviti eksperiment na vlaknima koja su podvrgnuta eksperimentu. Pomoću ove metode brzo i jeftino je moguće odrediti kojoj skupini pripada neki trag vlakana te čak i pretpostaviti o kojem se vlaknu radi. No kako se danas koriste uglavnom miješana vlakna u proizvodnji odjeće i ostalih tekstilnih predmeta, a takve kombinacije različitih vlakana, ovisno o njihovom sastavu, mogu značajno utjecati na rezultate svake faze probe gorenja. Stoga mislim da je ovu metodu u praksi svrsishodno koristiti samo u slučajevima kad se želi dobiti brzi odgovor koji bi mogao eventualno usmjeriti daljnja forenzička ispitivanja.

U konačnici može se zaključiti da se pomoću ove preliminarne metode može relativno jednostavno i brzo odrediti o kojem vlaknu, odnosno skupini vlakana bi mogao pripadati uzorak pronađen i izuzet na mjestu događaja, što može biti koristan putokaz kako za odabir daljnji metoda forenzičkog istraživanja, ali može biti korisno za usmjeravanje i planiranje daljnjeg kriminalističkog istraživanja.

---

## Literatura

1. Hrvatska enciklopedija, Dostupno na:  
<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=65055>
2. Kolar-Gregorić, Tatjana; Radmilović, Želimir Praktikum kriminalističke tehnike
3. Centar za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“, Kontaktni tragovi tekstilnih vlakana, Dostupno na: <https://forenzika.gov.hr/sluzbe/sluzba-bioloskih-i-kontaktnih-vjestacenja/kontaktni-tragovi-tekstilnih-vlakana/105>
4. Ružica Čunko, Maja Andrassy. *VLAKNA*. Zagreb : ZRINSKI d.d., Čakovec, 2005.
5. Tehnička enciklopedija (1966.-1997.) - TEHNOLOGIJA, MIKROBNA - TEKSTIL  
Dostupno na: <http://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/tekstil.pdf>
6. EMPORIUM, Mali vodič kroz tekstilne materijale (za izradu dječje odjeće), Datum objave: 12. 05 2018. Dostupno na: <https://emporium.hr/blog/mali-vodic-kroz-tekstilne-materijale-9/>
7. BISFA, Generic fibre names, <http://www.bisfa.org/>
8. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Najlon>
9. Maja, Andrassy. Definicije i označavanje umjetnih vlakana. [Mrežno] 2003.  
[file:///C:/Users/antonija/Downloads/21\\_24sveuciliste1\\_2003%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/antonija/Downloads/21_24sveuciliste1_2003%20(3).pdf).
10. <http://bifix.hr/bifix/hr/mala-skola/poliolefini-2/>
11. <https://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=olefin>
12. <http://biologija.com.hr/modules/AMS/article.php?storyid=8869>
13. <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=31987>
14. <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=19969>
15. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2005\\_11\\_135\\_2531.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2005_11_135_2531.html)
16. Engr Ayub Nabi Khan, Nafis Abir, Mohammad Abu Nasir Rakib, E.M Saberin Bhuiyan, Md.Ramij Howlader, A Review Paper on Textile Fiber Identification, IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE), e-ISSN: 2348-019X, p-ISSN: 2348-0181, Volume 4, Issue 2 (Mar. - Apr. 2017), PP 14-20

- 
17. Martha Goodway, Fiber identification in practice, Conservation Analytical Laboratory, Smithsonian Institution, Washington DC,  
<https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/42791/mci19684.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  18. Nitish Kohli, Identification of Textile Fibers,  
<https://www.scribd.com/doc/15570081/Identification-of-Textile-Fibers>
  19. Molly Rebecam, Forensic Characterization Of Dyes From Synthetic Textile Fibers Exposed To Outdoor And Laundering Effects By Ultra Performance Liquid Chromatography And Spectral Analysis University of South Carolina Scholar Commons Theses and Dissertations
  20. <http://www.fabriclink.com/University/BurnTest.cfm>
  21. <http://www.iosrjournals.org/iosr-jpte/papers/Vol4-Issue2/C04021420.pdf>
  22. <https://www.tensiontech.com/tools-guides/burning-characteristics>
  23. Marija Gorjanac, Kvalitativna identifikacija vlaken, <https://www.ntf.uni-lj.si/toi/wp-content/uploads/sites/7/2015/09/Tekstilne-surovine-Vaje.pdf>
  24. Tekstilno-tehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Vježbe iz kolegija Vlakna 1
  25. <https://www.textileschool.com/330/microscopic-appearance-of-fibres/>
  26. [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=210377](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=210377)

---

## Popis slika

Slika 3.1. Podijela vlakana prema porijeklu.**Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.**

Slika 4.1. Poliestersko vlakno prije ulaska u plamen .....	25
Slika 4.2. Poliestersko vlakno u plamenu .....	26
Slika 4.3. Poliestersko vlakno nakon odmicanja od plamena.....	26
Slika 4.4. Izgled ostataka od poliesterskog vlakna .....	27
Slika 4.5. Poliamidno vlakno prije ulaska u plamen.....	28
Slika 4.6. Poliamidno vlakno u plamenu .....	28
Slika 4.7. Poliamidno vlakno nakon što ga se izvadi iz plamena .....	29
Slika 4.8. Aramidno vlakno prije ulaska u plamen .....	30
Slika 4.9. Aramidno vlakno prilikom ulaska u plamen .....	30
Slika 4.10. Aramidno vlakno nakon izlaska iz plamena.....	31
Slika 4.11. Polipropilensko vlakno prije ulaska u plamen.....	32
Slika 4.12. Polipropilensko vlakno u plamenu .....	32
Slika 4.13. Polipropilensko vlakno nakon izlaska iz plamena.....	33
Slika 4.14. Polietilenska vlakna prije ulaska u plamen.....	34
Slika 5.15. Polietilensko vlakno u plamenu.....	34
Slika 4.16. Polietilensko vlakno nakon palmena .....	35
Slika 4.17. Akrilno vlakno prije ulaska u plamen.....	36
Slika 4.18. Akrilno vlakno u plamenu .....	36
Slika 4.19. Akrilno vlakno nakon izlaska iz plamena.....	37
Slika 4.20. Fluorno vlakno u blizini plamena .....	38
Slika 4.21. Fluorno vlakno u plamenu .....	38

---

Slika 4.22. Fluorno vlakno nakon što ga se izvadi iz plamena.....	39
Slika 4.23. Vanjski materijal u neposrednoj blizini plamena .....	41
Slika 4.24. Vanjski materijal u plamenu .....	41
Slika 4.25. Vanjski materijal kad se makne od plamena .....	42
Slika 4.26. Vodoodbojni materijal prije ulaska u plamen.....	43
Slika 4.27. Vodoodbojni materijal u plamenu .....	43
Slika 4.28. Vodoodbojni materijal nakon što ga se izvadi iz plamena .....	44
Slika 4.29. Toplinska podstava -runo prije ulaska u plamen .....	45
Slika 4.30. Toplinska podstava -runo u plamenu.....	45
Slika 4.31. Toplinska podstava -runo nakon što ga se izvadi iz plamena.....	46
Slika 4,32. Tkanina prije ulaska u plamenu.....	47
Slika 4.33. Tkanina u plamenu .....	47
Slika 4.34. Tkanina nakon što se izvadi iz plamena .....	48

---

## **Popis tablica**

Tablica 6.1. Identifikacija umjetnih tekstilnih vlakana gorenjem.

Tablica 6.2 Identifikacija vatrogasnih hlača gorenjem

---

## Sažetak

### Identifikacija sintetičkih tekstilnih vlakana probom gorenja

U ovom radu provedena je identifikacija tekstilnih vlakana probom gorenja. Ova metoda je jedna od najlakših i najbržih preliminarnih metoda koja se može koristiti u forenzici. Primarni cilj ovog rada je validacija metode identifikacije tekstilnih vlakana probom (testom) gorenja. Namjera je bila procijeniti je li taj jednostavan i brz postupak pogodan za primjenu u forenzici kao preliminarna metoda identifikacije tragova tekstilnih vlakana. .

Prikazana i opisana sva poznata sintetička vlakana kao i metode koje se koriste pri identifikaciji tekstilnih vlakana, a zatim je kroz eksperiment provedena identifikacija tekstilnih vlakana metodom gorenja.

Prilikom prvog dijela eksperimenta korištena su poliesterska, poliamidna, aramidna, polipropilenska, polietilenska, akrilna i fluorna vlakna.

U drugom dijelu eksperimenta korištene su vatrogasne hlače Fire ECO (Art. Br. 1372 001A1); EN 469.2005+A1:200; proizvođača: 2011 TEXPORT GmbH, Salzburg. Partija 11371. Sastava vanjski materijal: Nomex Tough od 75% m-Aramid (Nomex), 23% p-Aramid (Kelvar), 2% P140 (Carbon); vodoodbojna podstava od 100% eptfePTFE od Gore-Tex-a; toplinska podstava od Runo koji se sastoji od 100% m-Aramid (Nomex) i tkanine koja se sastoji od 50% m-Aramid (Nomex), 50% Viskoza FR.

Rezultati provedenih eksperimenata pokazali su da je ovom brzom jeftinom i jednostavnom metodom moguće dosta pouzdano odrediti kojoj skupini pripada neki trag vlakna te čak pretpostaviti koje je to vlakno. No kako se danas najčešće za proizvodnju odjeće i ostalih tkanih predmeta koriste uglavnom mješavine, a takve kombinacije različitih vlakana, ovisno o njihovom sastavu, mogu značajno utjecati na rezultate svake faze probe gorenja, ovu metodu u praksi svrsishodno je koristiti samo u slučajevima kad se želi dobiti brzi odgovor koji bi mogao eventualno usmjeriti daljnja forenzička ispitivanja.

Ključne riječi: vlakna, sintetička vlakna, preliminarne metode , metode gorenja, identifikacija tekstilnih vlakana



---

## **Abstract**

### **Identification of synthetic textile fibres by burning test**

In this paper the identification of textile fibers by burning test was carried out. This method is one of the easiest and fastest preliminary methods that can be used in fiber forensics.

The primary objective of this paper is to validate the method of identification of textile fibers by burning test. The intention was to evaluate whether this simple and fast procedure is suitable for use in forensics as a preliminary method of identifying traces of textile fibers.

All known synthetic fibres as well as the methods used for the identification of textile fibres are presented and described. Afterward the identification of textile fibres by the burning technique was performed through the experiment.

During the first part of the experiment, synthetic fibres were used: polyester fibres, polyamide fibres, aramid fibres, polypropylene fibres, polyethylene fibres, acrylic fibres and fluorinated fibres.

In the second part of the experiment firefighters paints Fire ECO Fire Brigade (Art No. 1372 001A1) was used; EN 469 2005 + A1: 200; manufacturer: 2011 TEXPORT GmbH, Salzburg. Part No. 11371. Composite outer material: Nomex Tough of 75% m-Aramid (Nomex), 23% p-Aramid (Kelvar), 2% P140 (Carbon); water-repellent lining of 100% eptfePTFE from Gore-Tex; thermal lining of Runo consisting of 100% m-Aramid (Nomex) and fabrics consisting of 50% m-Aramid (Nomex), 50% Viscosa FR.

Using this preliminary method, it has been shown that it is possible to determine which fibre has been used or to which fibre group the sample belongs.

Keywords: fibres, synthetic fibres, preliminary method, burning technique, identification of textile fibres

---

## Životopis

Antonia Kovačić, datum rođenja 27.06.1993. u Splitu.

Školovanje je započela 2000. godine u osnovnoj školi „Marjan“ u Splitu. Nakon toga je upisala srednju opću gimnaziju Vladimir Nazor Split. Godine 2012. Upisuje Tekstilno-tehnološki fakultet, opredjeljena za smjer Projektiranje i menadžment tekstila. Zaštitu na radu je diplomirala 2015. godine, nakon čega upisuje razliku za smjer Zaštita od požara pod subvencijom troškova Visoke škole kao nagradu za najboljeg studenta dvije godine za redom. U rujnu 2016. upisuje prvu godinu na Sveučilišnom odjelu za forenzične znanosti, Modul 1. istraživanje mjesta događaja.

---

Izjava

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**Sveučilišni odjel za forenzične znanosti**

**Izjava o akademskoj čestitosti**

Ja, Antonia Kovačić, izjavljujem da je moj diplomski rad (zaokružite odgovarajuće) pod naslovom Identifikacija sintetičkih tekstilnih vlakana probom gorenja rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Nijedan dio ovoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan bez citiranja i ne krši ičija autorska prava.

Izjavljujem da nijedan dio ovoga rada nije iskorišten u ijednom drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Split,

Potpis studenta/studentice: \_\_\_\_\_