

# Inherentna i tretirana vatrootpornost odjeće

## *Inherent and treated flame retardancy of clothing*

dr. sc. Aleksandar Regent

---

### SAŽETAK

Pitanje vatrootpornosti vrlo je važno kod odjeće za zaštitu od topline i plamena. Termini inherentna vatrootpornost i tretirana vatrootpornost, koje korisnici koriste pri specificiranju svojstava takve odjeće, nisu dovoljno jasni pa ih je potrebno specificirati na način koji će nedvojbeno opisivati svojstva koja se žele dobiti. U radu se opisuju najpoznatiji materijali koji se koriste za izradu vatrootporne odjeće, njihov sastav i svojstva, a navode se i komercijalni nazivi pojedinih materijala, budući da su pod tim nazivima korisnicima poznati na tržištu. Da bi se izbjegle nesuglasice između korisnika i dobavljača, predlaže se da se svojstva vatrootpornosti definiraju korištenjem standardnih testova uz navođenje željene trajnosti svojstva vatrootpornosti i uvjeta pod kojima se ona ostvaruje.

Ključne riječi: zaštitna odjeća, inherentna vatrootpornost, tretirana vatrootpornost, standardni testovi

### Summary

*The issue of flame retardancy is very important in clothing protecting from heat and flame. The terms inherent and treated flame retardancy used by the end users when specifying the characteristics of such clothing are not clear enough. It is therefore very important that they are specified in such a way that they unquestionably specify the features which the writers of the specification wish to achieve. In this paper various wellknown materials used for the manufacturing of flame retardant clothing and their composition and characteristics are described. Commercial names of most popular proprietary materials are also mentioned, as such materials on the market are known by their registered names. In order to avoid misunderstandings and inconsistencies between the end users and the suppliers in practice, it is suggested that the characteristics of flame retardancy are defined by the use of standard tests and by specifying the requested durability and use conditions in which flame retardant features have to be realized.*

*Key words: protective clothing, inherent flame retardancy, treated flame retardancy, standard tests*

## UVOD

### Introduction

Zapaljivost tekstilnih materijala smatra se osnovnim uzrokom opeklina u cijelome svijetu (Perenich, 1994). Pri izlaganju tekstilnog materijala za izradu zaštitne odjeće plamenu (ili samo toplini), materijal može reagirati na različite načine, ovisno o vrsti i svojstvima pojedinog materijala. Materijal se može:

- rastaliti (neke taline mogu i kapati),
- sakupljati te zatezanjem stanjiti zaštitni sloj zraka između tijela i odjeće,
- toplinski razgraditi, tj. nakon taljenja u plamenu postati krt i pucati kasnije pri hlađenju,
- pougljeniti nakon izgaranja lakše hlapivog dijela i zatim se raspasti,
- zapaliti i izgorjeti.

Prema Pravilniku o stavljanju na tržište osobne zaštitne opreme (2010), osobe koje rade u okolišu u kojem se izložene opasnostima koje mogu izazvati opekline treba zaštititi nošenjem vatrootporne<sup>1</sup> (VO) odjeće. Odjeća koja nema VO svojstva u pravilu će se upaliti pri izlaganju izvoru paljenja, a zatim nastaviti gorjeti i nakon što je izvor paljenja uklonjen. Za izradu VO odjeće koriste se VO tkanine i drugi VO materijali (konac, čičak, patent-zatvarači itd.). Priroda trajnosti VO svojstava takve odjeće i tkanina vrlo se često opisuje pridjevima *inherentna* vatrootpornost i *tretirana* vatrootpornost, pri čemu se redovito želi istaknuti da je *inherentna* vatrootpornost za korisnika bitno bolja od *tretirane* vatrootpornosti (Margolin, 2012). Iako većina onih koji koriste ove termine vjeruje da su im dobro poznati, činjenica je da će vrlo mali broj njih biti u stanju dati jasnu definiciju jednog i drugog pojma, a još će teže dati preciznu distinkciju i karakterizaciju kad se radi o svr-

<sup>1</sup> Vatrootpornost se načelno može definirati kao sposobnost samogašenja tkanine nakon uklanjanja izvora paljenja (Mastura et al. 1994). U praksi se često izrazi *negoriva* odjeća/materijal ili *vatrootporna* odjeća/materijal koriste kao sinonimi. Ipak, izraz *negoriva* nije prikladan za veliku većinu danas korištene VO odjeće i može se primijeniti jedino na odjeću izrađenu od azbestnih, ugljičnih, staklenih, čeličnih ili sličnih vlakana koja pri izlaganju plamenu u zraku, uz normalne atmosferske uvjete, neće izgorjeti. Suprotno tome, praktički svi VO materijali koji se normalno koriste za izradu VO odjeće izgorjet će pri izlaganju plamenu duljem od nekoliko sekundi do najviše nekoliko desetaka sekundi. To se može demonstrirati ukoliko se kao pojedinačni konac izlože plamenu običnog upaljača za cigarete. Izraz *vatrootporna* odjeća/materijal je bolji, no tada treba definirati što se pod vatrootpornošću podrazumijeva. Tehnički ispravan izraz u struci i u europskim normama je "materijali s ograničenim širenjem plamena", pri čemu se jasno definiraju kriteriji za njegovu primjenu. Detaljan opis metode ispitivanja ograničenog širenja plamena nalazi se u EN ISO 15025:2003.

stavanju nekog konkretnog materijala, posebno mješavine materijala, u *inherentno* VO odnosno u *tretirano* VO. Budući da nejasno, nepotpuno ili čak pogrešno tumačenje ovih dvaju pojmova mogu imati značajne posljedice u praksi, potrebno ih je jasno definirati.

### INHERENTNA I TRETIRANA VATROOTPORNOST - *Inherent and treated flame retardancy*

Najprije treba naglasiti da su u pitanju prvenstveno marketinški termini, koji nemaju preciznu podlogu u struci tekstilne tehnologije, pa se njihova percepcija i interpretacija u odnosu na vlakna i tkanine može u mnogome razlikovati od slučaja do slučaja i od osobe do osobe (Margolin, 2012). Marketinška literatura, posebno ona koja potječe od tradicionalnih proizvođača tzv. *inherentno* VO vlakana i tkanina, u pravilu navodi da su takve tkanine značajno bolje i sigurnije za nositelja, budući da je *inherentna* vatrootpornost praktički vječna, dok se *tretirana* vatrootpornost može s vremenom istrošiti ili isprati. Neograničena trajnost vatrootpornosti obično se ističe kao jedan od bitnih faktora koji opravdavaju znatno višu cijenu *inherentno* VO tkanina i odjeće u odnosu na one *tretirane*. Ipak, kao i kod svake druge stvari u životu, prednosti nikada nisu samo na jednoj strani, a nedostaci samo na drugoj.

Uobičajena se navodi da su *inherentno* VO tkanine one koje vatrootpornost sadrže u svojoj strukturi, u vlaknu, pa se stoga ona ne može isprati niti na koji drugi način onesposobiti. Suprotno tome, kao *tretirane* VO tkanine opisuju se one koje su vatrootpornost pridobile naknadnim kemijskim tretmanom već formiranih vlakana, konca ili tkanine, pa se efekti takvog tretmana mogu izgubiti pranjem, abrazijom ili u kontaktu s kišom, znojem ili uobičajenim kemikalijama. Korisnici koji nisu upoznati s postupkom VO tretmana najčešće imaju predodžbu da se gotova goriva tkanina umaće u neku kemikaliju i zatim suši, pa VO sloj formira nekeav premaz ili prevlaku na vanjskoj površini *tretirane* VO tkanine, s posljedicom da se takav sloj može lako isprati ili oljuštiti. Iako je nekad u prošlosti to možda bilo točno, valja naglasiti da se vrhunske suvremene *tretirane* VO tkanine vizualno praktički ne razlikuju od gorivih tkanina koje nisu bile VO tretirane, pa se vanjskim vizualnim pregledom vrlo teško može ustanoviti je li neka tkanina VO ili to nije. Njihova čvrstoća i otpornost na abraziju mogu biti nešto niže za jednaku gramaturu materijala nego što ih imaju identični netretirani materijali, budući da dodana masa VO finiša obično iznosi 10-30%

(Perenich, 1994, JOIFF 2007), no na korisniku je da odluči je li mu to prihvatljivo ili nije.

Načelno gledano, VO tkanine koje se koriste za izradu VO zaštitne odjeće mogu pripadati u jednu od sljedećih kategorija:

- materijali koji su vatrootpornost stekli VO tretmanom (ovamo pripadaju i mješavine od 2 ili više *tretiranih* VO materijala),
- materijali koji su *inherentno* vatrootporni (ovamo pripadaju i mješavine od 2 ili više *inherentno* VO materijala),
- materijali koji su mješavine *inherentno* VO materijala i *tretiranih* VO materijala,
- materijali koji su mješavina VO materijala i običnih gorivih materijala.

Većina *tretiranih* VO materijala život započinju kao prirodni materijali koji su zapaljivi i mogu gorjeti u normalnoj atmosferi. Ako je u pitanju VO pamuk, tada je priroda već formirala vlaknastu strukturu pamuka, a VO kemijska struktura dobiva se tijekom tehnološkog procesa obrade. Takve procese razvilo je i patentima zaštitilo nekoliko velikih svjetskih proizvođača, npr. Proban<sup>2</sup> (Rhodia), Pyrovatex<sup>®</sup> CP (Ciba-Geigy) te Indura<sup>®</sup> i Ultrasoft<sup>®3</sup> (Westex). Ipak, postoje i prirodni VO materijali, kao što je npr. vuna, koja se dodatnim kemijskim tretmanom može učiniti još više vatrootpornom<sup>4</sup>.

Inherentno VO vlakna u pravilu su sintetičkog porijekla i većinom potječu od zapaljivih petrokemijskih proizvoda. Za "ugrađivanje" VO svojstava u njih potrebna je intervencija kemičara koji, prije izvlačenja vlakana iz amorfnih mase, mijenjaju njezin kemijski sastav. Najčešća nesporno inherentna VO vlakna su aramidi<sup>5</sup> (meta-aramidi i para-aramidi), polibenzimidazol (PBI<sup>®</sup>), poliamidimid (Kermel<sup>®</sup>) i polifenilenbenzobisoksazol (PBO<sup>®</sup>). Vlasnici tehnologije i proizvođači meta-aramida su, npr.

2 VO svojstva pamuka i mješavina pamuk-poliester postižu se "ugradnjom" posebnih polimera u vlakna i njihovim fiksiranjem u vlaknima. Ovaj polimer se može ukloniti jedino jakim oksidansom, posebno uz prisustvo metalnih iona. Rhodia jamči za vatrootpornost odjeće od Probana tijekom čitavog životnog vijeka uz uvjet poštovanja uputa za održavanje.

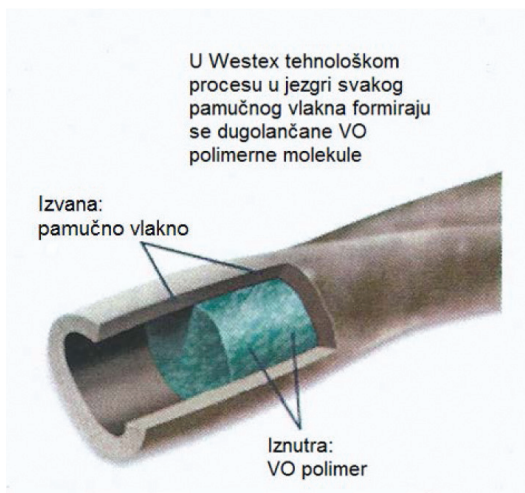
3 Indura je 100% pamuk, a Ultrasoft je mješavina pamuk-najlon (88/12%). Plinskim amonijakom fiksira se poseban polimer u jezgru svakog pamučnog vlakna, gdje djeluje kao katalizator koji potječe pougljenjivanje tkanine izložene plamenu. Westex jamči za vatrootpornost odjeće od Indure i Ultrasofta tijekom čitavog životnog vijeka uz uvjet poštovanja uputa za održavanje.

4 Zirpro tretman sa solima cirkonija ili titana (Perenich, 1994).

5 Naziv "aramid" je skraćenica od "aromatski poliamid" (Mastura et al. 1994).

Slika 1. Vlakno VO pamuka (izvor: internet stranica Westex)

Picture 1. FR cotton fibre (source: internet page Westex)



Du Pont (Nomex<sup>®</sup>) i japanski Teijin (Teijinconex<sup>®</sup>), para-aramida Du Pont (Kevlar<sup>®</sup>) i Teijin (Twaron<sup>®</sup>, Technora<sup>®</sup>), polibenzimidazola Celanese (PBI), poliamid-imida Kermel (Kermel), polifenilenbenzobisoxazola japanska Toyobo (Zylon<sup>®</sup>), VO viskoze Lenzing (Lenzing FR<sup>®</sup>) itd. Zbog postizanja boljih ukupnih svojstava tkanine, u ovoj su kategoriji česte mješavine različitih materijala. Tako se redovito miješaju meta- i para-aramidi, pri čemu meta-aramid tkanini uz VO svojstva daje dobra svojstva tkanine (udobnost nošenja, sposobnost bojanja itd.), dok para-aramid daje mehaničku čvrstoću i otpornost na toplinsku razgradnju. Zbog sličnih razloga miješa se PBI s para-aramidima. Aramid i PBI često se miješaju i s *inherentno* VO vlaknima prirodnog porijekla (celuloza), najčešće s VO viskozom (Lenzing)<sup>6</sup>. Time se postižu bolja svojstva tkanine (bolje odvođenje vlage, nježniji osjet na koži, mekoća tkanine itd.), a istovremeno se snižava cijena. Među *inherentno* VO materijale treba uvrstiti i modakrilna vlakna

<sup>6</sup> Uobičajeno i široko rasprostranjeno mišljenje korisnika je da je VO viskoza tretirana VO tkanina, mada se po svim parametrima mora uvrstiti i inherentno VO proizvode. Najveći svjetski proizvođač VO viskoze (Lenzing) dokazao je da se VO svojstva takve viskoze ni na koji način ne mogu ukloniti iz vlakana pri upotrebi, pranju, čišćenju itd. Svojstvo vatrootpornosti daje mu poseban VO pigment na bazi fosfora, koji je trajno "ugrađen" u vlakno i ne može se isprati. Vatrootpornost materijala može se prikazati i pomoću LOI (limiting oxygen index), postotka kisika u atmosferi obogaćenoj kisikom pri kojoj materijal izgara, što se ispituje prema HRN EN ISO 4589-2:2008 ili ASTM D2863 - 12e1. LOI za Lenzing FR (VO viskozom) iznosi 28%, što približno odgovara LOI uobičajenih aramida. Uključivanjem VO viskoze u strukturu VO tkanina na bazi aramida postiže se bolje odvođenje metaboličke topline nositelja, što rezultira manjim povećanjem tjelesne temperature pri teškom radu, smanjenom opasnošću od toplinskog stresa i višom udobnošću.

kao npr. Protex<sup>7</sup> (Kanecaron<sup>®</sup>), koja su posebno prikladna za miješanje sa celuloznim (pamuk, rayon) ili vunanim vlaknima. Prema podacima dobivenim od proizvođača modakrilnih vlakana (Kanecaron), mješavina koja sadrži 55-60% Protexa i 40-45% netretiranog pamuka zadržava svoju vatrootpornost tijekom čitavog životnog vijeka.

Inherentno VO vlakna i tkanine uglavnom imaju dobru otpornost na različite kemikalije, plijesni i moljce. Za postizanje svojstva antistatičnosti, dodaje im se 1-2% antistatičkih vlakana koja mogu biti različitog porijekla i sastava.

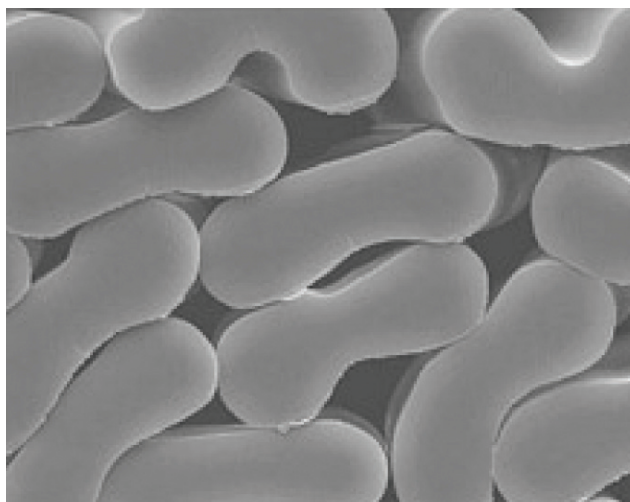
Slika 2. Poprečni presjek Lenzing FR<sup>®</sup> vlakna (izvor: tehnički list Lenzing)

Picture 2. Cross-section of Lenzing FR<sup>®</sup> fibre (source: data sheet Lenzing)



Slika 3. Poprečni presjek Kanecaron-Protex<sup>®</sup> vlakna (SE) (izvor: tehnički list Kanecaron)

Picture 3. Cross-section of Kanecaron-Protex<sup>®</sup> fibre (source: data sheet Kanecaron)



7 Modakrilna vlakna su sintetički kopolimeri, modificirana akrilna vlakna s najvećim udjelom akrilonitrila (Perenich, 1994).



Materijali koji su VO mješavine inherentno VO materijala i VO tretiranih (ili čak netretiranih materijala, npr. Protex/Cotton, tj. modakril/pamuk) pružaju dobre osobine i jednog i drugog materijala, a popularni su zbog cjenovne konkurentnosti uz zadržavanja visoke razine toplinske zaštite.

Materijali koji su mješavina VO materijala i normalnih gorivih materijala mogu također imati smisla ako je udio gorivih materijala dovoljno mali, tako da prevladavajuće osobine VO materijala omogućavaju dokazivanje vatrootpornosti na nekom od standardnih testova (EN, ISO ili dr.).

Termin inherentno vatrootporan nije došao iz tekstilne tehnologije niti iz područja vatrozaštite. Njegova definicija može varirati od izvora do izvora, no riječ inherentno u rječniku stranih riječi ima značenja: nerazdvojit, nerazdvojivo spojen s nečim, svojstven, bitan i sl. Istodobno, terminom tretiran kod tekstila često se želi reći da je neko svojstvo dobiveno kao posljedica kemijskog postupka da bi se proizvodu pridodale osobine koje prethodno nije imao. U ovom slučaju u pitanju je svojstvo vatrootpornosti.

VO vlakna prikladna za izradu tekstila u prirodi su rijetka. Najpoznatiji od njih je azbest koji je u smislu zaštite od topline i vatre izvršno prirodno negorivo vlakno, no koji se zbog mogućeg izazivanja azbestoze već godinama ne nalazi u strukturi bilo kakve zaštitne odjeće. Naprotiv, sva VO vlakna koja se danas nalaze u strukturi zaštitne odjeće, i tretirana i inherentna, čovjek je proizveo korištenjem kemije. Njihova vatrootpornost postignuta je umjetnim putem (Margolin, 2012). Gledajući s praktične i funkcionalne strane, način postizanja vatrootpornosti korisnika uopće ne bi trebao zanimati. Ono što je korisniku bitno jest to da je postupak postizanja vatrootpornosti bio izveden ispravno i dosljedno, kako bi se ovo svojstvo zadržalo tijekom čitavog vremena upotrebe, bez obzira na broj pranja/čišćenja odjeće, sve to trenutka odbacivanja odjeće zbog istrošenosti ili trganja. Da bi zaštita od plamena bila efikasna i trajna, vatrootpornost se ne bi smjela dati isprati, istrošiti niti izgubiti na bilo koji način, čak ni uz korištenje neodgovarajućih sredstava za čišćenje i/ili izbjeljivanja, sve dok je neki komad VO odjeće u primjeni.

Imajući upravo to u vidu, korisniku je važno odabrati proizvode i proizvođače koji su se na tržištu dokazali svojom kvalitetom, odnosno da marketinške izjave prodavača uvijek uzima s rezervom sve dok ne dobije čvrste dokaze njihove istinitosti i kvalitete proizvoda. Za različite kupce, čvrsti dokazi mogu biti vrlo različiti jer nema službenih dokumenata (npr. normi ili sl.) koji bi ih kao takve defini-

rali u odnosu na VO odjeću. U području zaštite, čvrstim bi dokazima trebalo smatrati certifikate i testne izvještaje<sup>8</sup> nezavisnih ispitnih kuća/laboratorija te dugogodišnje iskustvo na tržištu, po mogućnosti tijekom 2 životna vijeka odjeće. To bi značilo da je korisnik kupio, nosio i prao odjeću sve dok nije odlučio da je ona istrošena do kraja, pa je nakon toga odlučio ponovno kupiti isti proizvod ili proizvod od istog materijala<sup>9</sup>. S novim i nedovoljno ispitanim materijalima može se pojaviti čitav niz dodatnih problema, počevši od gubitka vatrootpornosti nakon nekoliko pranja, prekomjernog skupljanja (smanjenja dimenzija) i/ili gubitka boje, pa do pillinga, prebrzog trošenja, degradacije pri UV zračenju (na suncu), skrućivanja tkanine itd. To naravno ne znači da se s postojećim i poznatim materijalima problemi ne mogu pojaviti, no kod njih su takvi problemi uglavnom već poznati korisnicima koji se za njih odlučuju.

Inherentna vatrootpornost odjeće za većinu korisnika predstavlja dakle osobinu koja se neće moći isprati, koja će se u odjeći zadržati kroz čitav životni vijek. S druge strane, tretirana vatrootpornost za većinu će označavati vatrootpornost koje je površinska i/ili privremena. Stoga postoji tendencija nekih proizvođača da proizvode koji su se godinama karakterizirali kao tretirano VO odjednom preimenuju u inherentno VO te time ostvare bolji rezultat u prodaji.

No problem se može i dalje zakomplicirati. Većina češćih VO tkanina danas su mješavine sastavljene od nekoliko različitih vrsta vlakana. Tako je npr. tkanina PBI Triguard® sastavljena od 20% PBI, 30% Lenzing FR® i 50% MicroTwarona®, tkanina Alexandra® od 63% Lenzing FR®, 22% meta-aramida, 13% poliamida i 2% antistat vlakana, najnovija podstava Bristol Eco-dry Active® od 46% Nomex®, 27% vune i 27% Lenzing FR®. Sve su ove tkanine ne-

8 Kod specificiranja norme prema kojoj se dokazuje sukladnost odjeće s nekim svojstvom treba paziti da ona bude reprezentativna za svojstvo koje se želi dokazati. Npr., prema HRN EN 15614:2007, normi za vatrogasnu odjeću za gašenje požara otvorenog prostora, prije testiranja toplinskih i mehaničkih zahtjeva mora se obaviti čišćenje odjeće u skladu s uputama proizvođača. Broj i vrstu čišćenja/pranja prije testiranja definira dakle proizvođač, a ne norma. Jedino u slučaju da uputa proizvođača nema, izvodi se 5 standardnih pranja prema HRN EN ISO 6330:2003. Sličan pristup ima i HRN EN 469:2006, norma za vatrogasnu odjeću za strukturne požare, no ona ne traži niti 5 standardnih čišćenja ako nema uputa proizvođača. Kupac koji razmišlja dovoljno unaprijed mogao bi od kvalitetnih proizvođača zatražiti odjeću koja ima dokazana VO svojstva i nakon 25 ili 30 pranja, te time trajno riješiti problem vatrootpornosti.

9 Broj pranja/čišćenja obično se uzima kao pokazatelj trajnosti odjeće. Dok se za pamučnu odjeću smatra da može izdržati najviše 50-100 pranja, za odjeću od aramida navodi se da može izdržati i do 200 pranja.





## POKAZATELJI VATROOTPORNOSTI - *Flame retardancy parameters*

Odgovor na gore postavljena pitanja trebali bi dati rezultati ispitivanja obavljenih prema testovima specificiranim u relevantnim normama. Uvidom u normu HRN EN 469:2006, može se ustanoviti da se otpornost materijala na plamen i toplinu dokazuje prema sljedećim kriterijima:

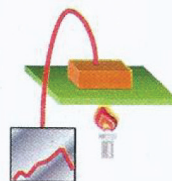
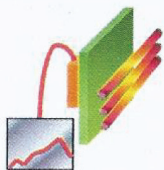
- Širenje plamena (vatrootpornost): prema HRN EN ISO 15025:2003, procedura A, a mora se postići indeks širenja plamena 3 prema EN 533:1997.
- Prijelaz topline plamenom: prema HRN EN 367:2001, a mora se postići indeks prijelaza topline  $HTI_{24} \geq 13,0$  te  $HTI_{24} - HTI_{12} \geq 4,0$  za razinu zaštite 2 (za razinu zaštite 1 vrijednosti su niže).
- Prijelaz topline radijacijom: prema HRN EN ISO 6942:2003 uz toplinski tok od  $40 \text{ kW/m}^2$ , a mora se postići indeks faktora prijelaza topline  $RHTI_{24} \geq 18,0$  te  $RHTI_{24} - RHTI_{12} \geq 4,0$  za razinu zaštite 2 (za razinu zaštite 1 vrijednosti su niže).

Uvidom u normu HRN EN 15614:2007, može se ustanoviti da se otpornost materijala na plamen i toplinu dokazuje prema sljedećim kriterijima:

- Širenje plamena (vatrootpornost): prema HRN EN ISO 15025:2003, procedura A (kodna oznaka A1) i/ili procedura B (kodna oznaka A2), a tražene performanse su taksativno navedene.
- Prijelaz topline plamenom: nema pokazatelja, ne testira se.
- Prijelaz topline radijacijom: prema HRN EN ISO 6942:2003 metoda B, uz toplinski tok od  $20 \text{ kW/m}^2$ , a mora se postići indeks faktora prijelaza topline  $RHTI_{24} \geq 11$  te  $RHTI_{24} - RHTI_{12} \geq 4$ .

Tražene performanse otpornosti materijala na plamen i toplinu trebale bi se dokazati korištenjem ovih standardnih testova. Drugim riječima, materijali s ograničenim širenjem plamena su upravo oni koji su uspješno prošli test na širenje plamena, a testovima na prijelaz topline plamenom i prijelaz topline radijacijom dokazana je njihova sposobnost specifične toplinske izolacije.

Vertikalni test plamenom    Prijelaz topline zračenjem    Prijelaz topline plamena    Test na lutki



Slika 5. Izgled testova vatrootpornosti i prijelaza topline za vatrogasnu odjeću

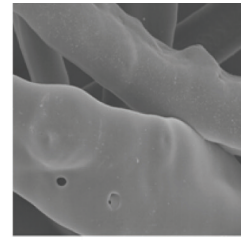
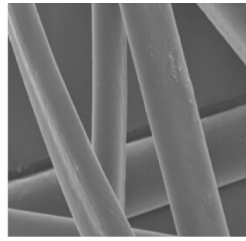
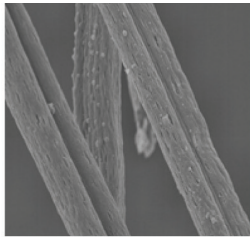
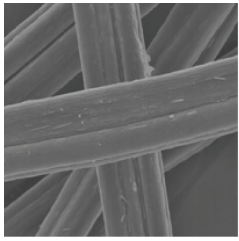
Picture 5. Flame retardancy and heat transmission tests for firefighters' clothing diagram

### KAKO IZBJEĆI GREŠKU? - How to avoid a mistake?

Ako procjena rezidualnih rizika, nakon primjene zaštitnih mjera višeg prioriteta, pokazuje da radnik<sup>10</sup> pri obavljanju nekog posla treba nositi VO odjeću, poslodavac ima dužnost da mu prema Pravilniku o uporabi osobnih zaštitnih sredstava, 2006, takvu odjeću priskrbi i da osigura da takva odjeća ima potrebna VO svojstva tijekom čitavog perioda upotrebe, sve bez troška za radnika. Poslodavac rješenje može potražiti u dva smjera:

1. Pribaviti odjeću koja će svojstva VO zadržati tijekom čitavog uporabnog vijeka, bez obzira na broj čišćenje/pranja i način čišćenja/pranja (*inherentna* vatrootpornost). Budući da norme definiraju samo minimalne pokazatelje kvalitete, poslodavac ima pravo zatražiti dokaz u vidu testnog izvještaja kojim će proizvođač jamčiti da će njegova odjeća zadržati VO svojstva nakon 25, 30 ili više ciklusa pranja/sušenja ili kemijskog čišćenja.
2. Pribaviti odjeću koja će svojstva VO zadržati tijekom čitavog uporabnog vijeka, bez obzira na broj čišćenje/pranja, ali uz uvjet da se čišćenje/pranje izvodi poštujući procedure održavanja koje propisuje proizvođač (tretirana vatrootpornost). I u ovom slučaju poslodavac ima pravo zatražiti dokaze u vidu testnog izvještaja kojim će proizvođač jamčiti da će njegova odjeća zadržati VO svojstva nakon 25, 30 ili više ciklusa pranja i sušenja ili kemijskog čišćenja.

<sup>10</sup> Vatrogasac je radnik i na njegovu zaštitu i na OZO treba primijeniti sve propise koji se odnose na radnike



Vlakna Lenzing FR®: prije (l.) i nakon (d.) izlaganja plamenu

Vlakna aramida: prije (l.) i nakon (d.) izlaganja plamenu

Lenzing FR® fibre: before (l.) and after (r.) flame exposure

Aramid fibre: before (l.) and after (r.) flame exposure

**Slika 6. Izgled vlakana Lenzig FR® i vlakana aramida (izvor: tehnički list Lenzing)**

**Picture 6. Lenzing FR® fibre and aramid fibre (source: data sheet Lenzing)**

## **ZAKLJUČAK** **Conclusion**

Osobine tkanine koje su za nositelja VO odjeće najvažnije su razina zaštite, razina udobnosti i trajnost. Unatoč činjenici da su tkanine koje udovoljavaju normama za vatrootpornost međusobno vizualno vrlo slične, među njima postoje velike razlike. Vrsta i sirovinski sastav tkanine najvažniji su faktori koji određuje ove bitne osobine, pa mnogi korisnici pri izboru VO odjeće najprije specificiraju tkaninu. Ipak, ono što je uz vatrootpornost bitno je da vatrootpornost bude trajna. Tradicionalno korišteni termini inherentno i tretirano VO su nedovoljno precizni u odnosu na vlakna i tkanine, pa mogu dovesti do pogrešnih zaključaka ako se ne definiraju jasno.

Imajući u vidu da je u slučaju trajne vatrootpornosti jamstvo vatrootpornosti praktički “bezuvjetno”, jasno je da će takva odjeća imati višu cijenu, jer njezine VO performanse ne mogu biti ugrožene nepravilnim čišćenjem, abrazijom i sl. U drugom slučaju je jamstvo vatrootpornosti “uvjetno”, pa će cijena takve odjeće biti nešto niža, jer se rizik gubitka vatrootpornosti ne otklanja na izvoru. Na svaki način, poslodavac bi pri specificiranju svojih zahtjeva morao obratiti pažnju na to da broj pranja/čišćenja koji će mu proizvođač jamčiti ne bude manji od onog koji se u određenoj djelatnosti ili javnoj ustanovi može stvarno očekivati. Norme za zaštitnu odjeću tu stavku pokrivaju naime manjkavo, a zakon i pravilnici kao i moralne norme traže da radnik posao mora uvijek obavljati na sigurnan način, u sigurnim uvjetima i s ispravnom zaštitnom odjećom.

## LITERATURA

## References

1. ASTM D2863 - 12e1, Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index)
2. EN 533:1997, Protective clothing - Protection against heat and flame - Limited flame spread materials and material assemblies
3. HRN EN 15614:2007, Zaštitna odjeća za vatrogasce - Laboratorijske ispitne metode i zahtjevi za svojstva za odjeću koja se nosi na otvorenom prostoru
4. HRN EN 367:2001, Zaštitna odjeća - Zaštita od topline i vatre - Metoda određivanja prijenosa topline pri izlaganju plamenu
5. HRN EN 469:2006, Zaštitna odjeća za vatrogasce - Zahtjevi za svojstva zaštitne odjeće za gašenje požara
6. HRN EN ISO 15025:2003, Zaštitna odjeća - Zaštita od topline i plamena - Metoda ispitivanja za ograničeno širenje plamena.
7. HRN EN ISO 4589-2:2008, Plastika - Ponašanje pri gorenju određivanjem indeksa kisika - 2. dio: Ispitivanje pri sobnoj temperaturi.
8. HRN EN ISO 6330:2003, Tekstil - Postupci pranja i sušenja u kućanstvu za ispitivanje tekstila
9. HRN EN ISO 6942:2003, Zaštitna odjeća - Zaštita od topline i vatre - Metoda ispitivanja: Procjena jednoslojnih i višeslojnih materijala pri izlaganju izvoru toplinskog zračenja
10. JOIFF (2007): *The JOIFF Standard Handbook on Personal Protective Equipment (PPE) to Protect against Heat and Flame*, JOIFF, Dublin 2007, p.67, <http://www.joiff.com/catalyst/PPEHandbook.pdf>
11. Margolin, M.S. (2012): *Flame Resistant Clothing: Get "The Facts," not "The Story"*, *Occupational Health & Safety*, [http://ohsonline.com/articles/2012/12/11/fr-apparel-facts-not-story.aspx?sc\\_lang=en](http://ohsonline.com/articles/2012/12/11/fr-apparel-facts-not-story.aspx?sc_lang=en), accessed 1.2.2013.
12. Mastura, R., Perenich, T.A., Kim, C.J. (1994): *Heat- and Fire-Resistant Fibres for Protective Clothing*, u *Protective Clothing Systems and Materials* (Mastura, R., Ed.), ISBN 0-8247-9118-5, 173-196, New York.
13. Perenich, T.A. (1994): *Protective Clothing: Use of Flame-Retardant Textile Finishes*, u *Protective Clothing Systems and Materials* (Mastura, R., Ed.), ISBN 0-8247-9118-5, 173-196, New York.
14. Pravilnik o stavljanju na tržište osobne zaštitne opreme, NN 89/10.
15. Pravilnik o uporabi osobnih zaštitnih sredstava, NN 39/06

Napomena: Podaci o svojstvima pojedinih vlakana i/ili materijala uz koje se u tekstu navode nazivi proizvođača usvojeni su iz objavljenih tvorničkih podataka tih proizvođača bez posebnog referiranja.