

Zaštitna oprema u vatrogastvu

Dragun, Petra

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Applied Sciences of Rijeka / Veleučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:125:066246>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-13**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Rijeka Digital Repository - DR PolyRi](#)



VELEUČILIŠTE U RIJECI

Petra Dragun

ZAŠTITNA OPREMA U VATROGASTVU

Završni rad

Rijeka, 2024.

VELEUČILIŠTE U RIJECI

Odjel Sigurnosti na radu

Stručni prijediplomski studij Sigurnosti na radu

ZAŠTITNA OPREMA U VATROGASTVU

Završni rad

MENTOR

Ime i prezime: Mensur Ferhatović

STUDENT

Ime i prezime: Petra Dragun

MBS: 0242052283

Rijeka, 2024.

SAŽETAK

Ovaj rad analizira i predstavlja osobnu zaštitnu opremu (OZO) koja se koristi u vatrogastvu, naglašavajući njene karakteristike, namjenu i implementaciju. U radu su istraženi i novi rizici koji proizlaze iz suvremene tehnologije, te način na koji se OZO prilagođava tim izazovima. Vatrogasci su svakodnevno izloženi raznim opasnostima koje ugrožavaju njihovu sigurnost i zdravlje. Stoga je primjena adekvatne OZO vrlo važna za njihovu zaštitu. Isto tako, napredna osobna zaštitna oprema predstavlja neizostavan element u svakodnevnom radu vatrogasaca. Pravilnici i zakoni definiraju minimalne zahtjeve koje oprema mora ispunjavati, uključujući testiranja otpornosti na različite rizike, ergonomiju i kompatibilnost s drugim dijelovima opreme. Također, brojne europske norme reguliraju proizvodnju i vrstu materijala pri proizvodnji OZO kako bi se osigurala maksimalna zaštita vatrogasaca. Nadalje, razvoj i implementacija novih tehnologija značajno doprinose njihovoj sigurnosti, učinkovitosti i sposobnosti da odgovore na najteže izazove koje donosi njihova profesija. Kontinuirano ulaganje u istraživanje i razvoj, zajedno s pridržavanjem zakonskih okvira, osigurat će da vatrogasci uvijek imaju na raspolaganju najbolju moguću zaštitu. Neki od novo osmišljenih materijala već se primjenjuju diljem svijeta, no glavni nedostatak im je visoka cijena. Međutim, zbog sve većeg razvoja tehnologije i novih prijetnji, sve se više država odlučuje investirati u napredne tehnologije i materijale OZO u vatrogastvu.

Ključne riječi: osobna zaštitna oprema, vatrogasci, sigurnost, zaštita

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 1.1. Predmet i cilj rada..... | 2 |
| 1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja | 2 |
| 2. OSOBNA ZAŠTITNA OPREMA | 3 |
| 2.1. Pregled Zakonskih regulativa | 3 |
| 2.2. Vrsta OZO namijenjena vatrogascima | 5 |
| 2.2.1. Toplinska zaštitna odjeća..... | 6 |
| 2.2.2. Kemijska zaštitna odjeća..... | 8 |
| 2.2.3. Vatrogasna intervencijska odjeća | 9 |
| 2.3. Ostala vatrogasna zaštitna oprema..... | 14 |
| 2.3.1. Vatrogasne rukavice | 14 |
| 2.3.2. Vatrogasna obuća..... | 15 |
| 2.3.3. Vatrogasne kacige..... | 16 |
| 2.3.4. Osobna zaštitna oprema za zaštitu lica i očiju..... | 17 |
| 2.3.5. Osobna zaštitna oprema za zaštitu dišnih organa..... | 18 |
| 3. IMPLEMENTACIJA NOVE ZAŠTITNE OPREME | 20 |
| 3.1. Napredni materijali | 23 |
| 3.2. Zaštitna odjeća | 24 |
| 3.3. Zaštita glave..... | 25 |
| 3.4. Respiratorna zaštita..... | 26 |
| 3.5. Zaštitne rukavice..... | 27 |
| 3.6. Zaštitna obuća | 28 |
| 4. ZAKLJUČAK..... | 29 |

| | |
|---------------------|----|
| LITERATURA | 31 |
| POPIS POKRATA | 35 |
| POPIS SLIKA | 36 |

1. UVOD

Prema Zakonu o vatrogastvu (NN, 125/19, 114/22, 125/19, 155/23.; u daljnjem tekstu: Zakon) vatrogasna djelatnost jest sudjelovanje u provedbi preventivnih mjera zaštite od tehnoloških eksplozija i požara, zatim gašenje požara, spašavanje imovine i ljudi ugroženih požarom, pružanje tehničke pomoći u opasnim situacijama i nezgodama, kao i obavljanje niza drugih poslova u nesrećama bilo da su se dogodile na kopnu, jezerima ili rijekama. Prema navedenom moguće je uočiti kako su vatrogasci na svom radnom mjestu izloženi nizu opasnosti i vanjskih utjecaja koje značajno ugrožavaju njihovu sigurnost i njihovo zdravlje. Primjena osobne zaštitne opreme (OZO), kao najvažnijeg elementa zaštite samog vatrogasca, jest neophodna s obzirom na to da se prilikom procjene rizika njihova posla i zahtjevnosti intervencija ne mogu utvrditi svi zahtjevi koji će se na intervenciji postaviti pred vatrogasca (Imamagić *et al.*, 2023). Osobna zaštitna oprema se prema Pravilniku o uporabi osobne zaštitne opreme definira kao sva oprema koju radnik drži, nosi ili koristi pri radu na bilo koji način tijekom obavljanja poslova, a da ga pritom ta ista oprema štiti od jednog ili više izvora opasnosti, odnosno, od štetnosti koja bi mogla ugroziti njegovo zdravlje i njegov život. Također, kao OZO se smatra i svaki dodatak te svako pomagalo koje se koristi za postizanje navedene svrhe (Pravilnik o uporabi osobne zaštitne opreme, NN, 5/2021).

Kao i drugih interventnih službi, posao vatrogasaca karakterizira izloženost različitim opasnostima koje prijete njihovoj sigurnosti i njihovu zdravlju. Isto tako, zbog uporabe novih materijala s različitim svojstvima i ponašanjem u procesu gorenja, kao i novih vrsta kemikalija, vrlo je teško planirati i predvidjeti sve moguće situacije s kojima se suočavaju vatrogasci, te prema tome planirati adekvatne intervencije. Prema tome, vrlo je važno da vatrogasci poznaju svoj posao, imaju odgovarajuću taktiku rada, da su adekvatno uvježbani i educirani, te da primjenjuju kvalitetnu i odgovarajuću osobnu zaštitnu opremu (Imamagić *et al.*, 2023).

U ovom radu navedena je i opisana OZO koju koriste vatrogasci sa svim svojim karakteristikama i uvjetima kojima je namijenjena te je navedena i opisana implementacija nove OZO u vatrogastvu. Kroz sva poglavlja rada protežu se Pravilnici i Zakoni koji reguliraju proizvodnju i primjenu OZO u vatrogastvu. Rad se sastoji od uvodnog dijela rada, dva glavna poglavlja sa pripadajućim potpoglavljima, te zaključnog dijela u kojemu su sintetizirane glavne misli rada.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovoga rada je osobna zaštitna oprema koja se koristi u vatrogastvu sa svim njezinim karakteristikama i svojstvima, te namjeni. Također, predmet rada je i analiza novih rizika i implementacija nove OZO u vatrogastvu.

Cilj rada jest prikazati dostupnu OZO u vatrogastvu općenito i prema uvjetima u kojima se koristi, zatim navesti nove rizike koji su se pojavili razvojem suvremene tehnologije, te implementaciju nove OZO u vatrogastvu kroz Zakone i Pravilnike koji reguliraju proizvodnju i korištenje iste.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Tijekom pisanja rada korištena je dostupna domaća i strana stručna literatura, te dostupni Zakoni i Pravilnici. Literatura je pretraživana na bazama podataka poput *Google Scholar*-a i Hrčka prema ključnim riječima, a u radu je korištena samo adekvatna literatura koja je doprinijela boljem pojašnjenju glavnih pojmova i lakšem razumijevanju rada. Također, literatura je korištena na akademski prihvatljiv način.

2. OSOBNA ZAŠTITNA OPREMA

Prema Pravilniku o zaštitnoj opremi i drugoj osobnoj opremi pripadnika vatrogasnih postrojbi, osobna zaštitna oprema jest ona oprema koju zadužuje svaki vatrogasac, dok je druga osobna oprema zapravo oprema kojom se zadužuje vatrogasna postrojba te ju samo po potrebi koriste pojedinci, pripadnici vatrogasne postrojbe (Pravilnik o zaštitnoj opremi i drugoj osobnoj opremi pripadnika vatrogasnih postrojbi, NN, 61/1994). Općenito, svrha OZO jest omogućavanje radnicima rad u okolišu u kojemu bez iste ne bi mogli raditi. Dakle, glavni cilj i svrha OZO jest zaštititi radnika od izlaganja opasnostima, bilo da se radi o namjernim, slučajnim ili neočekivanim opasnostima. S obzirom na specifičnost posla vatrogasaca, njihova OZO koju koriste pri radu ne bi se smjela rastaliti niti raspadati, niti bi smjela gorjeti. Uloga OZO u vatrogastvu jest pružiti svojim korisnicima maksimalnu zaštitu, te omogućiti vatrogascu da neometano obavlja svoj rad kao i spriječiti posljedice incidenta. Ukoliko vatrogasac ne može ostvariti svoj cilj i kontrolirati nastali incident, tada mu OZO mora pružiti dovoljnu zaštitu kako ne bi zadobio ozljede i kako bi se uspješno maknuo od incidenta (Regent, 2007).

2.1. Pregled Zakonskih regulativa

U Republici Hrvatskoj, OZO je regulirana Zakonom o zaštiti na radu (NN, 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18), Zakonom o vatrogastvu (NN, 125/19, 114/22, 125/19, 155/23), Pravilnikom o uporabi osobne zaštitne opreme (NN, 5/2021), te Pravilnikom o zaštitnoj i drugoj osobnoj opremi pripadnika vatrogasnih postrojbi (NN, 61/1994).

Prema Zakonu o zaštiti na radu, poslodavac je dužan radniku osigurati sredstva za rad i OZO, te ta ista oprema mora biti u svakom trenutku dostupna radniku, mora biti održavana, u ispravnom stanju i sigurna za rad. Oprema se mora koristiti u skladu s pravilima zaštite na radu, uputama proizvođača i tehničkim propisima. Isto tako, dužnost i obveza poslodavca jest da iz rada isključi onu opremu i sredstva koji predstavljaju rizik za sigurnost i zdravlje djelatnika (NN, 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18).

Nadalje, prema osmoj točki Zakona o vatrogastvu koja govori o zaštiti na vatrogasnoj intervenciji, članak 82 ističe kako je dužnost glavnog vatrogasnog zapovjednika pravilnikom propisati osobna zaštitna sredstva koja koriste vatrogasci, te pravila, mjere, aktivnosti i postupke koji se poduzimaju radi zaštite vatrogasca na vatrogasnim intervencijama. Isto tako,

Zakon ističe kako je poslodavac obavezan provoditi osnovna pravila zaštite na radu sukladno propisima o zaštiti na radu vodeći računa o posebnim pravilima zaštite na vatrogasnim intervencijama vatrogastvu (NN, 125/19, 114/22, 125/19, 155/23).

Pravilnikom o uporabi osobne zaštitne opreme istaknuta je dužnost poslodavca koji radnicima mora osigurati OZO sukladno sljedećim zahtjevima:

- OZO mora biti projektirana i proizvedena sukladno sigurnosnim i zdravstvenim zahtjevima tržišta, te pravilima za slobodno kretanje,
- OZO mora biti izrađena namjenski kako bi zaštitila radnika od očekivanih rizika, te njezina upotreba ne smije uzrokovati rizike za zdravlje i sigurnost radnika,
- OZO mora odgovarati postojećim uvjetima mjesta rada,
- OZO mora odgovarati zdravstvenom stanju radnika te njegovim ergonomskim potrebama,
- OZO mora biti oblikovana i izrađena na način da je jednostavno prilagodljiva radniku kako bi ju koristio na ispravan način.

Ukoliko radnik zbog više rizika kojima je izložen mora koristiti različitu OZO, tada je dužnost poslodavca osigurati mu takvu opremu (NN, 5/2021),

Pravilnikom o zaštitnoj i drugoj osobnoj opremi pripadnika vatrogasnih postrojbi određeno je koja točno oprema čini OZO vatrogasca, a to je:

- zaštitna vatrogasna kaciga,
- zaštitna maska,
- bluza za zaštitu od toplinskog isijavanja,
- hlače za zaštitu od toplinskog isijavanja,
- kožne zaštitne čizme sa ojačanom potplatom,
- rukavice za zaštitu od toplinskog isijavanja,
- zaštitni opasač tip "A",
- te pribor za zaštitni opasač.

Osim navedenog, Pravilnikom je istaknuta i druga osobna oprema koju koriste vatrogasci, a to je:

- penjačko i radno uže,
- osobni dozimetar,

- prijenosni eksplozimetar,
- kemijski detektor,
- dozimetar za neposredno očitavanje,
- radiološki detektor,
- plinodetektor,
- ph metar,
- pribor za dekontaminaciju,
- odijelo za zaštitu od visoke temperature,
- odijelo za zaštitu od kontaminacije,
- odijelo za zaštitu od plinovitih, tekućih i čvrstih kemikalija,
- visoke gumene čizme s ojačanom potplatom,
- radni kombinezon,
- kuta,
- zaštitne gumene rukavice,
- zaštitne kožne rukavice,
- aparati za zaštitu dišnih organa (cijevni, izolacijski, filtarski),
- akumulatorska svjetiljka u sigurnosnoj izvedbi,
- te druga specifična oprema (NN, 61/1994).

2.2. Vrsta OZO namijenjena vatrogascima

Pravilnikom o standardnim operativnim postupcima (NN 44/22) su razrađena sva djelovanja i sve potrebne radnje u vatrogasnim intervencijama, te se kao minimalan zahtjev pod točkom 5., članku 12, pod nazivom "Sigurnost i mjere zaštite na intervenciji", traži opis izvora opasnosti s kojima se susreću vatrogasci prilikom intervencija, zatim koje su dužnosti i obveze sudionika vatrogasne intervencije u dijelu zaštite i sigurnosti od ozljeđivanja, te koje su mjere

zaštite i sigurnosti vatrogasaca od ozljeđivanja kako bi se OZO prilagodila zahtjevnosti i izazovu njihova posla. Osim toga, vatrogasne intervencije dijele se na tehničke vatrogasne intervencije, požarne vatrogasne intervencije, vatrogasne intervencije s opasnim tvarima i ostale vatrogasne intervencije i postupanja.

OZO istodobno vatrogascima pruža više zaštitnih funkcija, te se dijeli prema osnovnoj zaštitnoj funkciji koju ima, a to je:

- toplinska zaštitna odjeća,
- kemijska zaštitna odjeća,
- vatrogasna intervencijska odjeća,
- te tehnička zaštitna odjeća (Horvat, Regent, 2009).

2.2.1. Toplinska zaštitna odjeća

Toplinska zaštitna odjeća koristi se za zaštitu od plamena i topline prilikom obavljanja radnih zadataka gdje je radnik izložen direktnom plamenu ili visokim temperaturama. Vatrogasne intervencije najčešće su izlaganje požaru, pa bi takva OZO trebala zaštititi vatrogasce od mogućih kontakata s plamenom, radijacijske topline, kontakta s kemikalijama i visokih temperatura zraka. Istovremeno, takva OZO treba omogućiti vatrogascima obavljanje zadataka bez suvišnog toplinskog stresa koje uzrokuje višak odjeće. OZO koju koriste vatrogasci trebala bi ispunjavati normu pod nazivom "Zaštitna odjeća – zaštita od plamena – materijali, kombinacije materijala i odjeća ograničena širenja plamena" (HRN EN ISO 14116:2015) koja ističe kako odjevni predmeti namijenjeni zaštititi od plamena i topline mora potpuno pokrivati cijelo tijelom, vrat, ruke i noge. Takva oprema izrađuje se od materijala koji otporan na gorenje i općenito na visoke temperature, te je vodonepropustan. Načini na koje toplina ugrožava život i zdravlje vatrogasca su:

- konvekcijski,
- radijacijski,
- kontaktno,
- prskanjem ili polijevanjem užarenim ili rastaljenim materijalom,
- dulji kontakt s plamenom ili iznenadni kratkotrajni kontakt,

- i kombinacija svega navedenog (Pejnović, 2015, 230).

Također, prema navedenoj normi, svojstva materijala koja se zahtijevaju se izračunavaju prema indeksu ograničenog širenja, i to u 3 razine:

1. indeks 1 – materijali koji ne stvaraju plamene krhotine i ne šire plamen, a vrijeme naknadnog tinjanja im je ograničeno ($\leq 2s$),
2. indeks 2 – materijali i kombinacije materijala koji ne stvaraju plamene krhotine niti šire plamen, ograničeno im je vrijeme naknadnog tinjanja ($\leq 2s$), i ne stvaraju rupu prilikom kontakta s plamenom čije su dimenzije veće od 5mm u svim smjerovima,
3. indeks 3 - materijali i kombinacije materijala koji ne stvaraju plamene krhotine niti šire plamen, ograničeno im je vrijeme naknadnog tinjanja ($\leq 2s$), te im je vrijeme naknadnog plamsanja ograničeno ($\leq 2s$) (Hrvatski normativni dokument, HRN EN ISO 14116:2015, 2015).

Ukoliko je veći rizik od širenja topline, tada sva zaštitna odjeća koja služi zaštititi od topline i plamena treba biti izrađena sukladno normi HRN EN ISO 11612:2015 pod nazivom "Zaštitna odjeća - odjeća za zaštitu od topline i plamena - minimalni zahtjevi za izvedbu" prema kojoj su definirani sljedeći zahtjevi zaštite:

- otpornost na širenje topline strujanjem,
- otpornost širenja topline zračenjem,
- otpornost na prskanje rastaljenim aluminijem,
- otpornost na prskanje rastaljenim željezom,
- otpornost na širenje topline kontaktom (Hrvatski normativni dokument, HRN EN ISO 11612:2015, 2015).

Tekstilni materijali od kojih se izrađuju odjevni predmeti za toplinsku zaštitu moraju imati veliku otpornost gorenje i visoke temperature pri kontaktu s plamenom, moraju biti dobri toplinski izolatori, moraju imati otpornost na kapanje i taljenje, moraju biti vodonepropusni i moraju biti dobri toplinski izolatori. Neki od najčešće vatrootpornih materijala koji se koriste su:

- materijali prirodnog podrijetla - Proban®, Pyrovatex®, Indura®,
- te inherentno vatrootporni materijali sintetskog podrijetla - Nomex®, Kermel®, Kevlar®,
- te kombinacija navedenih (Nikolić, 2019).

Odjevni predmeti namijenjeni zaštiti od topline mogu biti izrađeni kao jednodijelni (kombinezon) ili kao dvodijelni set (hlače i jakna) kao što je prikazano na slici 1. Jedini uvjet jest da odjevni sustav prekriva tijelo u potpunosti (Nikolić, 2019).

Slika 1. Toplinska zaštitna odjeća



Izvor: Imamagić *et al.*, 2023.

2.2.2. Kemijska zaštitna odjeća

Osnovna svrha i namjena kemijske zaštitne odjeće jest zaštita radnika od štetnih učinaka krutih, tekućih i plinovitih kemikalija. Kemijska zaštitna odijela primjenjuju se u raznim situacijama poput nesreća s raspršenim kemijskim, radioaktivnim i biološkim tvarima, te rad s otrovnim plinovima. Osim zaštitne odjeće, vatrogasci moraju imati i izolacijski sustav za disanje i pripadajuću zaštitnu masku. Kemijsko se zaštitno odijelo oblači preko izolacijskog aparata za disanje koji je već postavljen, time omogućava da su i osoba i aparat zaštićeni. Kemijska zaštitna odijela se prema upotrebi dijele na odijela za jednokratnu upotrebu, na odijela

za ograničenu upotrebu, te na odijela za trajnu upotrebu. Općenito, zaštitna odjeća mora osigurati nepropusnost materijala, preklopnih mjesta s drugom zaštitnom opremom te šaovova neovisno o predviđenoj trajnosti upotrebe. Zaštitno kemijsko odijelo mora ispunjavati slijedeće uvjete, odnosno mora biti otporno na:

- abraziju,
- pucanje prilikom savijanja,
- niske i visoke temperature,
- mora imati vlačnu čvrstoću,
- trganje,
- zapaljenje i plamen,
- probijanje,
- i na propuštanje tekućine (Pejnović, 2015).

Zaštitna kemijska odijela namijenjena trajnoj upotrebi se izrađuju od mehaničkih otpornih materijala koji mu dozvoljavaju učestalo održavanje i čišćenje, a nepropusnost i sastav materijala moraju ostati nepromijenjeni. Svake se godine izvodi testiranje na nepropusnost. Za razliku od odijela za trajnu upotrebu, odijela ograničene uporabe se izrađuju od materijala koji se brže istroše, njihovo se testiranje nepropusnosti provodi svakih pet godina, a zatim jednom godišnje. Zaštitna odijela za jednokratnu upotrebu se izrađuju se od jednoslojnih materijala čija svojstva štite vatrogasca pri izvođenju određenih operacija, a takva se odjeća najčešće koristi u kemijskoj, prehrambenoj i farmaceutskoj industriji (Pejnović, 2015).

2.2.3. Vatrogasna intervencijska odjeća

Vatrogasna intervencijska odjeća namijenjena je zaštiti vatrogasca, a pripada osobnoj zaštitnoj opremi koja štiti vatrogasca prilikom obavljanja požarnih intervencija. Prema Pravilniku o standardnim operativnim postupcima, takva se zaštitna odjeća dijeli na intervencijsku zaštitnu odjeću namijenjenu za:

- strukturni požar u/na prizemnim objektima i objektima prizemlja i prvog kata,
- strukturni požar u/na objektima čija je visina do 22m,
- strukturni požar u/na industrijskim objektima,

- požare u prometu,
- požare otvorenog prostora ili na požare na otvorenom prostoru (NN, 44/2022).

S obzirom na navedeno, slijedi i podjela vatrogasne intervencijske odjeće na:

- vatrogasnu odjeću za požare otvorenog prostora (primjerice šumski požari),
- vatrogasnu odjeću za strukturne požare,
- te na reflektirajuću odjeću namijenjenu posebnom gašenju požara (NN, 44/2022).

Označavanje se izvodi sukladno normi HRN EN ISO 13688 za sve tri podgrupe (Hrvatski normativni dokument, HRN EN ISO 13688: 2013).

Prema navedenom razlika u navedenoj intervencijskoj odjeći jest:

a) Vatrogasna odjeća za strukturne požare

Strukturni požari jesu oni požari koji se javljaju unutar poslovnih, industrijskih, javnih i stambenih građevina, a riječ je o požarima zatvorenog prostora koji uz osnovnu potrebu gašenja, često zahtijevaju očuvanje strukturnih komponenti građevina, te spašavanje osoba. Prema tome je razvijena vatrogasna intervencijska odjeća namijenjena strukturnim požarima čiji je cilj zaštita vatrogasca tijekom obavljanja navedenih aktivnosti, a posebni zahtjevi takve opreme opisani su detaljnije u normi HRN EN ISO 469:2020. Prema normi definirane su dvije razine zaštite, a to su:

- razina 1 – predstavlja nižu razinu, odnosno, gašenje požara izvan građevine,
- te razina 2 – predstavlja višu zaštitu, odnosno, gašenje požara unutar građevine (Hrvatski normativni dokument, HRN EN ISO 469:2020).

Takva zaštitna odijela za vatrogasce se sastoje od čak tri ili četiri sloja koja su sačinjena od:

- vanjske školjke – vatrootporna tkanina (Nomex®Tough, Titan 1220, Titan 1250) koja je izgrađena od aramidnih vlakana (Nomex®, Kevlar®) te ugljikovih (P140) vlakana,
- "dišljiva" membrana čiji je cilj sprječavanje prodora vode kroz tkaninu, no osigurava prolaz topline i vodene pare - Gore-Tex®Flamliner (laminat fluornih vlakana), GoreTex®Fireblocker (fluorna vlakna), i tkanine koja je izrađena od viskoznih i aramidnih vlakana čija se gorivost smanjena,

- sloj toplinske izolacije - *Eco-Dryactive* ili *Eco-Drycool*, odnosno, tkanina koja je tanka dvoslojna ili jednoslojna i izgrađena je od vune i viskoze smanjene gorivosti (Lenzing™ FR), te maramida (Nomex®), čiji je cilj osiguravanje odvođenja vlage s tijela u vanjske slojeve odjevnog predmeta (primjerice znoj) (Eco Dry, Hainsworth Protective Fabrics, 2023).

Slika 2. prikazuje zaštitno vatrogasno odijelo za strukturne požare s različitim razinama volumena.

Slika 2. Zaštitno vatrogasno odijelo za strukturne požare



Izvor: EN 469 Protective Clothing for Firefighters - Performance Requirements for Protective Clothing for Fire Fighting Activities, Eurolab, 2024., dostupno na:

https://www.researchgate.net/figure/structural-firefighter-turnout-suits-with-varying-levels-of-bulk_fig1_322342361 (05.06.2024.)

b) Vatrogasna odjeća za požare otvorenog prostora

Šumski požari, odnosno, požari otvorenog prostora su veći požari te je područje njihova zahvaćanja minimalno jedan hektar. Takvi požari s obzirom na brzinu širenja i zahvaćenu površinu raslinja osiguravaju ne samo imovinu ljudi većeg opsega, već i živote osoba, te sa sobom donose značajne materijalne štete. Najčešće je riječ o nekontroliranom gorenju divlje vegetacije, poljoprivrednih kultura, šuma, plantaža, travnjaka, usjeva i drugih. Mnogo je čimbenika koji utječu na rizik od nastanka požara na otvorenom, a neki od njih su: društveno-

ekonomski čimbenici, vegetacija, klimatski uvjeti, praksa upravljanja šumama i drugi. Norma HRN EN ISO 15384:2020 definira zaštitnu vatrogasnu odjeću ovakve vrste. Prema navedenoj normi, s obzirom da su ovakvi požari posljedica dugotrajnih suša te se najčešće pojavljuju ljeti, nužno je da odjeća bude prozirna, lagana i fleksibilna kako ne bi dovela tijelo vatrogasca do potencijalnog stanja toplinskog stresa. Stoga se takvi odjevni predmeti izrađuju najčešće od tkanine koja je jednoslojna i vatrootporna kao što je kombinezon prikazan na slici 3. Najčešće korištena tkanina jest Nomex® Comfort (93% m-aramid, 5% p-aramid te 2% antistatičko vlakno). Osim u obliku kombinezona, ovakav tip odjeće može biti i dvodijelan, ali u tom slučaju mora prekrivati ljudsko tijelo u potpunosti, te ne smije ograničavati izvođenje pokreta tijekom rada vatrogasca (Hrvatski normativni dokument, HRN EN ISO 15384:2020).

Slika 3. Zaštitno vatrogasno odijelo za šumske požare



Izvor: Dvodijelno odijelo za šumski požar Silvan Fire, Vatro promet – vatrogasna i zaštitna oprema, 2023., dostupno na: <https://vatropromet.hr/dvodijelno-odijelo-sumski-pozar-silvan-fire-proizvod-1084/> (05.06.2024.)

c) Reflektirajuća odjeća za posebno gašenje požara

Vatrogasne intervencije tijekom kojih je zastupljena visoka razina kontaktne, radijacijske i konvekcijske topline (požari većih količina zapaljivih plinova i tekućina) zahtijevaju posebno gašenje požara i poseban tip zaštitne odjeće. Temeljna zaštitna funkcija ovakve zaštitne odjeće jest sposobnost vanjskog materijala da toplinu zračenja reflektira. No, upotreba ovih odjevnih predmeta ograničena je na vrlo kratak period i to do 10 sekundi, nakon toga postoji vrlo velik rizik za vatrogasca od ozračivanja. Prema normi HRN EN 1486:2007 definirani su zahtjevi koje mora ispunjavati ovaj tip OZO, a moraju štiti cijelo tijelo. Ovakav zaštitni komplet sastoji se od jednog ili više odjevnih predmeta kao što je prikazano na slici 4, a to su: rukavice, navlačne čizme, te kapuljača koja može biti spojena s gornjim dijelom odijela (Hrvatski normativni dokument, HRN EN 1486:2007). Ovakav odjevni sustav sastoji se od tri glavna sloja:

- vanjski sloj – staklena vlakna s aluminijskim nanosom,
- sloj toplinske izolacije – 100% ne-tkani tekstil (aramidno vlakno Kermel®),
- unutarnji sloj - 65% umjetnog celuloznog vlakna smanjene gorivosti Lenzing™ FR, 22% aramidno vlakno, 12% poliamid, 1% bikomponentno vlakno Belltron® (PES/PA vlakno matrica, ugljikovo vlakno omotač) (Conducting Anti-Static Fiber, Aramid HPM, 2023.)

Slika 4. Reflektirajuće vatrogasno zaštitno odijelo



Izvor: Imamagić *et al.*, 2023.

2.3. Ostala vatrogasna zaštitna oprema

Ranije navedene vrste zaštitnih vatrogasnih odijela imaju određene neizostavne dodatke poput vatrogasnih rukavica, vatrogasne obuće, vatrogasne kape, te osobne zaštitne opreme za zaštitu očiju i lica, te za zaštitu dišnih organa.

2.3.1. Vatrogasne rukavice

Izvjješća Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo (HZJZ) su u proteklih 5 godina zabilježila najveći broj ozljeda na radu, od kojih je ozljeda gornjih ekstremiteta tijekom 2023. godine bilo čak 38,15%. Od toga je bilo 2,37% ozljeda ručnog zgloba i 5,66% ozljeda šaka (Analiza ozljeda na radu za 2023. godinu, HZJZ, 2023). Prema navedenim podacima moguće je uočiti važnost korištenja OZO za ruke kako bi se spriječilo djelovanje različitih štetnosti koje mogu biti uzrokom ozljeda ruku. Prema normi HRN EN 659:2003., izrađuju se rukavice za vatrogasce, a namijenjene su zaštiti šaka vatrogasaca tijekom obavljanja gašenja požara, spašavanja i pretraživanja kao što je prikazano na slici 5. No, takve rukavice nisu namijenjene rukovanju s kemikalijama u tekućem stanju (Hrvatski normativni dokument HRN EN 659:2003). Postoje neki opći uvjeti koje ovakve rukavice moraju ispuniti, a to su: izrada i dizajn rukavica, otpornost rukavica na prodor vode, označavanje, definiranje veličina, te specifične upute za upotrebu. Sve navedeno trebalo bi biti u skladu s normom HRN EN 420:2001 (Hrvatski normativni dokument, HRN EN 420:2001).

Slika 5. Zaštitne vatrogasne rukavice



Izvor: Imamagić *et al.*, 2023.

Nadalje, rukavice namijenjene vatrogascima bi trebale pružiti zaštitu od prodora tekućih kemikalija, te toplinsku i mehaničku zaštitu. Takve se rukavice izrađuju od tri sloja:

- vanjski sloj – izrađen od pletenog ili tkanog vatrootpornog materijala (Kevlar® i Nomex®),
- vodonepropusne i zrakopropusne membrane (Pyrotect® membrana ili Gore-Tex Crosstech®),
- te od termalne barijere čija je svrha sprječavanje zagrijavanja ruku kombinacija (Kevlar®/Nomex®) (Clow, McKinney, Li, 2020, 1-3).

2.3.2. Vatrogasna obuća

Obuća za vatrogasce koristi se u intervencijama gašenja požara, ali i u drugim intervencijama u kojima se javljaju opasnosti od plamena i topline, mehaničkih ozljeda i topline, sukladno Pravilniku o zahtjevima za zaštitnu i drugu osobnu opremu (NN 31/2011). Kao i sva druga vatrogasna oprema, obuća namijenjena vatrogascima mora ispuniti uvjete koji su definirani normom HRN RN ISO 15090:2012. Prema navedenoj normi, razliku se tri tipa obuće:

- tip 1 – namijenjen je borbi protiv požara na otvorenom, ali i akcijama spašavanja općeg tipa,
- tip 2 – namijenjen je za gašenje požara, akcije spašavanja iz požara, spašavanje vozila, plovila, imovine u građevinama i slično, ali nemaju zaštitu od kemikalija,
- tip 3 – koriste se za posebne rizike poput intervencija gdje su opasne tvari prisutne, ali i za sve druge vrste intervencija (Hrvatski normativni dokument, HRN RN ISO 15090:2012).

Materijal mora biti otporan na plamen, na prolazak topline zračenja, na trganje, na prodor i apsorpciju vode, mora imati svojstva antistatičnosti, te mora biti dobar termoregulator. Norme koje reguliraju ove smjernice su HRN EN ISO 20345:2012., te HRN EN ISO 20344:2012. Osim toga, norma HRN EN ISO 20345 određuje osnovne i dodatne uvjete za sigurnosnu obuću, a to mehanički i toplinski rizik, ergonomsko ponašanje, te otpornost na proklizavanje. Nadalje, s obzirom na materijal od kojega je obuća izrađena, dijeli se u dva razreda:

1. obuća od kože ili drugih materijala, s izuzetkom obuće od polimera ili pune gume,
2. obuća od pune gume ili cipele koje su u potpunosti sačinjene od polimera (slika 6).

Općenito, vatrogasne čizme rade se od gumenog ili kožnog vodonepropusnog gornjišta čija je toplinska otpornost iznimno velika, te je gorivost smanjena (Hrvatski normativni dokument HRN EN ISO 20345:2012., i HRN EN ISO 20344:2012).

Slika 6. Kožne i gumene vatrogasne čizme



Izvor: Imamagić *et al.*, 2023.

2.3.3. Vatrogasne kacige

Neizostavan dio vatrogasne OZO su i kacige čija je svrha zaštita glave vatrogasca od udara predmeta tijekom intervencija, te padajućih predmeta. Dakle, može se reći kako je glavna uloga kacige apsorpcija udarnih sila čije je djelovanje u smjeru glave vatrogasca. Vatrogasne kacige se razlikuju prema svojoj namjeni vezanoj uz zahtjeve koje trebaju ispuniti, odnosno, o vrsti vatrogasne intervencije kao što je prikazano na slici 7. Zahtjevi koji reguliraju namjenu i proizvodnju kaciga u skladu sa normama: HRN EN 443:2008 i HRN EN 16471:2015. Prema navedenim normama, vatrogasne kacige uz mehaničku zaštitu moraju pružiti i električnu i toplinsku zaštitu vatrogascu, a pritom mu osigurati i estetsku komponentu. Na taj se način postavljaju zahtjevi vezani uz apsorpciju udara, zaštitno područje kacige, mehaničku čvrstoću, otpornost na predmete s oštrim rubovima, otpornost na plamen, elektroizolaciju, te otpornost na toplinsko zračenje. Najčešće korištena sredstva za izradu kaciga su umjetni polimeri koji grade školjku kacige. Vatrogasne kacige često imaju i neke dodatne dijelove koji se na nju

pričvrste, a čime se postiže i zaštita drugih dijelova vatrogasca poput ušiju (štitnik za uši), vrata (zavjesica za vrat), očiju (zaštitne naočale), te lica (vizir) (Horvat, Regent, 2009).

Slika 7. Zaštitna kaciga za strukturne požare i za požare otvorenog prostora



Izvor: Imamagić *et al.*, 2023.

2.3.4. Osobna zaštitna oprema za zaštitu lica i očiju

Požarom i procesom gorenja oslobađaju se plinovi i prašina, dolazi do oslobađanja topline i nastanka dima, kao i drugih nagrizajućih i nadražujućih tvari koje dovode do opekotina na licu, ozljeda mehaničke prirode (upadi čestica u oko), iritacije očiju vatrogasaca te ozljeda nastalih uslijed djelovanja štetnih nevidljivih i vidljivih zračenja. Zbog navedenog, važna je primjena OZO za zaštitu očiju i lica. Najčešće se zaštita ostvaruje primjenom zaštitnih kaciga koje u sebi imaju integriran vizir s visokootpornom plastikom te preklopni štitnik za oči. Također, u ovu svrhu koriste se i zaštitne vatrogasne naočale kao što je prikazano na slici 8 (Imamagić *et al.*, 2023).

Slika 8. Zaštitne vatrogasne naočale



Izvor: Vatrogasna zaštitne naočale/maska, Teh-Projekt inženjering, 2023., dostupno na: <https://tehprojekt.com/zastita-ociju/naocale-maske/vatrogasne-zastitne-naocale-maska/> (06.06.2024.)

2.3.5. Osobna zaštitna oprema za zaštitu dišnih organa

Mnogi plinovi, prašina, vlakna i para se oslobađaju za vrijeme požara te ih vatrogasci mogu udahnuti tijekom intervencija. S ciljem sprječavanja opasnosti od udisanja navedenog i zaštite sigurnosti i zdravlja vatrogasca, obvezna je primjena OZO za zaštitu dišnih organa. Vatrogasci bi trebali nositi opremu za zaštitu dišnih organa tijekom intervencija cijelo vrijeme, a ista se skida zadnja nakon presvlačenja, odnosno, dekontaminacije. Sastavni dio zaštitne opreme za vatrogasce je i zaštitna maska, a koristi se zajedno sa samostalnim uređajima za disanje sa svježim zrakom, u kombinaciji s respiratornim zaštitnim filtrima, respiratorima za pročišćavanje zraka s napajanjem te zračnim sustavima. Maske razlikujemo prema njihovoj pokrivnoj veličini na:

- polumaske – polovični obrazni dio koji štiti usta i nos,
- cjelobrazne maske – pokrivaju oči, lice i dišne otvore,
- te četvrtmaska – obrazni dio koji štiti usta i nos.

Slika 9 prikazuje cjelobraznu masku s dva filtera za zaštitu od čestica, izrađena je od prirodne gume, te se njome osigurava prijanjanje uz kožu i nepropusnost između maske i lica osobe koja ju nosi. Vizir od akrila je sastavni dio pune maske i trebao bi biti izrađen od akrila otpornog na ogrebotine i nikako se ne bi trebao rositi i zamagljivati, i svakako bi trebao osigurati široko vidno polje. U intervencijama u kojima postoji mogućnost od štetnih i otrovnih tvari iz zraka, kao i nedostatka kisika, koristi se samostalni uređaj za disanje. Jedan od primjera

navedenog scenarija jest nepovoljni uvjeti opasnosti u zatvorenom prostoru. Njime se vatrogascu osigurava dovođenje dovoljne količine čistog zraka (kisika) koji mu je potreban za život i za rad, u ograničenom vremenu na određenom mjestu (Šajatović Hursa, 2013, 169).

Slika 9. Osobna zaštitna oprema za zaštitu dišnih organa



Izvor: Imamagić *et al.*, 2023

3. IMPLEMENTACIJA NOVE ZAŠTITNE OPREME

Vatrogasci su često izloženi visokim temperaturama i toplinskim tokovima zbog visokog zračenja koje proizvodi vatra tijekom operacija gašenja požara. Stoga je osobna zaštitna oprema od iznimne važnosti za vatrogasce kako bi se osigurala njihova zaštita tijekom gašenja požara. Zbog svoje važnosti, provedeno je nekoliko studija u vezi s istraživanjem i razvojem vatrogasne zaštitne odjeće, što je dovelo do kontinuiranog razvoja vatrogasne osobne zaštitne opreme. Trenutno je pojava pametnog tekstila otvorila širok raspon mogućnosti za povećanje razine zaštite zaštitne odjeće vatrogasaca (Santos *et al.*, 2022).

Nekoliko ergonomskih aspekata vatrogasne zaštitne odjeće i njezinih svojstava optimizirano je za odgovor na zahtijevane zadatke (npr. tijekom strukturalnog gašenja požara) dok nosi specifičnu opremu za zadatak (npr. kaciga i samostalni aparat za disanje). Međutim, postojeća osobna zaštitna oprema predstavlja značajno opterećenje, ometajući prijenos topline i isparavanje znoja tijekom tjelesnog napora. U kritičnim uvjetima tijelo ne uspijeva regulirati temperaturu, što dovodi do smanjene radne sposobnosti, mogućih nesreća, pa čak i bolesti povezanih s vrućinom (npr. toplinska iscrpljenost i toplinski udar. Toplinsko naprezanje i nelagoda među vatrogascima prevladavajući su problemi, kako pokazuju ankete brojnih istraživanja (Santos *et al.*, 2022).

Znanstvena dostignuća koja su dovela do uvođenja visokoučinkovitih vlakana bila su prvi veliki doprinos povećanju razine zaštite osobne zaštitne opreme vatrogasaca; međutim, najveća revolucija u zaštiti vatrogasaca bila je uporaba polimernih vlakana otpornih na plamen, točnije aromatskih poliamida (aramida) i polibenzimidazola (PBI). Trenutno se meta-aramidi i para-aramidi naširoko koriste u vatrogasnoj osobnoj zaštiti zbog činjenice da dobro podnose toplinu i dugoročnu stabilnost na visokim temperaturama. Uz istraživanje i razvoj inovativnih vlakana za vatrogasnu osobnu zaštitnu opremu, glavno otkriće koje je pridonijelo povećanju razine zaštite vatrogasne osobne zaštitne opreme, proizašlo iz studija o strukturi odjeće, bilo je uvođenje višeslojnog sustava, koji se trenutno koristi za strukturalno gašenje požara. Tri sloja sačinjavaju ovaj višeslojni sustav: vanjska ovojnica (tkanina otporna na plamen), parna brana i toplinska brana. Dizajn višeslojnog sustava omogućuje da nositelj bude prvenstveno zaštićen od topline i plamena, ali i od vlage (Santos *et al.*, 2022).

Istraživanja i razvoj koji se provode u području vatrogasne OZO sve više obuhvaćaju napredne materijale i/ili elektroničke komponente. Kombinacijom ovih pametnih materijala s

konvencionalnom osobnom zaštitnom opremom pojavila se nova tipologija zaštitne opreme za vatrogasce. Što se tiče razvoja odjevnih predmeta s nosivim elektroničkim tehnologijama, mnogi uključuju integraciju senzora za vitalnu funkciju i nadzor lokacije u tekstu, komunikacijsko sučelje i opskrbu energijom u svrhu povećane funkcionalnosti i zaštite vatrogasne odjeće. S druge strane, evolucija u području naprednih materijala dovela je do pojave novih materijala koji mogu poboljšati funkcionalnost vatrogasne odjeće. Trenutačno je razvoj novih materijala s adaptivnom funkcijom, kao što su materijali s faznom promjenom (PCM – *phase change materials*), predmet interesa istraživača (Santos *et al.*, 2022).

Tipična vatrogasna zaštitna odjeća sastoji se od više slojeva koji osiguravaju nezapaljivost, uključujući paropropusnu membranu, toplinsku izolaciju i nezapaljivu podstavu. Prema ispitivanjima vatrogasaca, poboljšanje dizajna odjeće i uključivanje aktivnog termo donjeg rublja željena su poboljšanja. Nadalje, usvojeno je nekoliko pristupa za poboljšanje toplinske zaštite vatrogasne odjeće za praćenje parametara u stvarnom vremenu (npr. nosiva elektronika ili za reakciju na izvor topline, kao što su materijali s promjenom faze). PCM su materijali sposobni pohraniti i otpustiti toplinsku energiju tijekom faznih prijelaza u obliku latentne topline. Unatoč tome što se obično koriste za termoregulaciju, ugradnja PCM-a s višim talištem i kapacitetom skladištenja u vatrogasnu odjeću omogućuje poboljšanje ukupne toplinske zaštite koja se nudi vatrogascima. U praksi, dodavanje PCM-a umjesto tekstilnog sloja s točnim toplinskim svojstvima (npr. toplinski otpor, toplinski kapacitet itd.) ima prednost akumuliranja toplinske energije u svom latentnom obliku, smanjujući brzinu kojom toplina dopire do kože nositelja. Ovaj dodatak može značajno produljiti vrijeme koje vatrogasci imaju na raspolaganju za rad u okruženjima s visokim temperaturama prije nego što dožive opekline ili ozljede povezane s toplinom (Santos *et al.*, 2023).

Osim latentne topline i temperature taljenja, masa PCM-a ugrožava toplinsku učinkovitost odjeće. Kako bi integrirali velike količine PCM-a u vatrogasnu zaštitnu odjeću, Santos *et al.* [6] predložili su korištenje vrećica napunjenih mikroinkapsuliranim PCM-ima. Korištenje mikroinkapsuliranih PCM-a pruža nekoliko prednosti u različitim primjenama, uključujući vatrogasnu odjeću. Prvo, povećava stabilnost i trajnost PCM-a štiteći ih od curenja ili degradacije. Nadalje, ovojnica za inkapsulaciju djeluje kao barijera, sprječavajući PCM izravan kontakt s okolinom (Santos *et al.*, 2023).

Nedavno je provedeno nekoliko europskih projekata u području pametne vatrogasne OZO, naime ProFiTex i Prospie. Projekt ProFiTex sastojao se od razvoja inovativnog prijenosa podataka i taktičkog navigacijskog sustava za ublažavanje problema nepouzidane bežične komunikacije u građevinskim strukturama, omogućavajući bolju komunikaciju između vatrogasaca na prvoj liniji i zapovjednog mjesta. S druge strane, glavni cilj projekta *Prospie* bio je razvoj udobne OZO koja je učinkovita u okruženjima s visokim temperaturama. Ova inovativna zaštitna oprema obuhvaća PCM za apsorpiranje energije tijekom vršnih temperatura i higroskopne soli kako bi se izbjegla prekomjerna vlažnost na koži vatrogasaca. Osim toga, projekt *Prospie* proučavao je izbor senzora za praćenje aktivnosti vatrogasaca uključujući senzore za temperaturu, vlažnost i otkucaje srca te jedan vanjski senzor CO₂. Drugo istraživanje obuhvaćalo je razvoj elektroničkog tekstila za dojavu požara s vlastitim napajanjem temeljenog na naprednim materijalima kao što su vodljiva aerogel vlakna, koja sadrže kalcijev alginat, nanočestice Fe₃O₄ i srebrnu nanožicu. Ovaj inovativni napredni materijal integriran je u vatrogasnu osobnu zaštitnu opremu za široku detekciju temperature, prenoseći signal alarma vatrogascu prije nego što se njihova zaštitna oprema pokvari u ekstremnim uvjetima požara (Santos *et al.*, 2022).

Zbog prirode svog posla, vatrogasci zahtijevaju korištenje najprikladnije dostupne osobne zaštitne opreme kako bi bili zaštićeni od rizika svojstvenih njihovim aktivnostima. Stoga je od najveće važnosti osigurati visoku kvalitetu OZO koja se procjenjuje sukladnošću sa standardima. Međunarodni i europski standardi određuju zahtjeve za učinkovitost vatrogasne zaštitne odjeće. Iako sektor OZO ima koristi od obilja standarda, što se tiče pametne OZO, još uvijek postoji jaz u standardizaciji. Trenutno se provodi važna studija koja se odnosi na zahtjeve i postupke testiranja za inovativnu pametnu zaštitnu odjeću unutar CEN/TC 248/WG 31-*Smart Textiles*. Zapravo, nova europska norma FprEN 17673 sada je u završnoj fazi odobravanja. Istodobno je došlo do evolucije u pogledu smjernica za odabir, uporabu, njegu i održavanje (SUCAM) odjeće koja štiti od topline i plamena. U tom je području razvijeno novo tehničko izvješće CEN/TR17620:2021 koje uključuje smjernice u vezi s pametnom osobnom zaštitnom odjećom (Santos *et al.*, 2022).

Studija provedena od strane autora Santos i suradnika, procijenila je učinak ugradnje PCM-a u pametnu OZO za vatrogasce. U tu svrhu istraga se odvijala u tri faze. Prva faza sastojala se od preliminarnih testova za procjenu toplinske izvedbe različitih materijala s promjenom faze. Nakon toga, PCM koji najviše obećava podvrgnut je ispitivanju toplinske i plamene izvedbe

prema standardima za vatrogasnu osobnu zaštitnu opremu. Posljednja faza obuhvaćala je validaciju dokaza koncepta u simuliranom okruženju. Prema rezultatima istraživanja zaključak je da korištenje PCM-a poboljšava toplinsku zaštitu pametne OZO tijekom faze zagrijavanja. Međutim, kao nedostatak PMC-a uočeno je da je faza hlađenja produžena (Santos *et al.*, 2022).

3.1. Napredni materijali

Termootporni materijali, poput Nomexa i Kevlara, postali su standard u vatrogasnoj opremi zbog svoje izuzetne otpornosti na visoke temperature i vatru. Nomex je aramidni polimer koji ima visoku otpornost na toplinu i plamen, a istovremeno je lagan i fleksibilan. Kevlar, također aramidni materijal, poznat je po svojoj izdržljivosti i otpornosti na rezove i abraziju, što ga čini idealnim za zaštitnu odjeću koja mora izdržati ekstremne uvjete (Protecting our protectors, DuPont, 2021).

Nomex je aramidni polimer razvijen od strane kompanije DuPont, poznat po svojoj izvanrednoj otpornosti na visoke temperature i vatru. Ovaj materijal je lagan, izdržljiv i fleksibilan, što ga čini idealnim za vatrogasne uniforme. Neke od karakteristika Nomexa su:

- otpornost na vatru - Nomex ne gori, ne topi se i ne kapi kada je izložen vatri, čime se smanjuje rizik od opekline,
- izdržljivost - otporan je na habanje i kemikalije, što produžava vijek trajanja odjeće,
- lagana struktura - omogućuje udobnost i pokretljivost, što je važno za vatrogasce tijekom intervencija uvjete (Protecting our protectors, DuPont, 2021).

Kevlar je još jedan aramidni materijal razvijen od strane DuPont-a. Poznat je po svojoj visokoj čvrstoći i otpornosti na rezove i abraziju, što ga čini idealnim za zaštitnu odjeću. Karakteristike Kevlara su:

- visoka čvrstoća - Kevlar je pet puta jači od čelika po težini, što ga čini izuzetno otpornim na mehaničke udarce.
- otpornost na toplinu - zadržava svoja zaštitna svojstva i na visokim temperaturama, pružajući dodatnu sigurnost vatrogascima,
- fleksibilnost - unatoč svojoj čvrstoći, Kevlar je dovoljno fleksibilan za upotrebu u zaštitnoj odjeći koja mora omogućiti slobodu pokreta (What is Kevlar?, DuPont, 2022).

Gore-Tex laminati su postali popularni u vatrogasnoj opremi zbog svoje sposobnosti da odbijaju tekućine i kemikalije, a istovremeno omogućavaju prolaz zraka, što pomaže u

održavanju udobnosti vatrogasaca tijekom intervencija. Ovi materijali često se koriste u kombinaciji s drugim zaštitnim slojevima kako bi pružili sveobuhvatnu zaštitu. Karakteristike Gore-Tex-a su:

- vodootpornost - otpuno vodootporan, štiti vatrogasce od vode i tekućina,
- prozračnost - omogućava prolaz zračne pare, što smanjuje znojenje i održava udobnost,
- kemijska otpornost - pruža zaštitu od mnogih industrijskih kemikalija, čime se smanjuje rizik od kemijskih opekline (Fabrics, Gore-Tex, 2021).

Neopren je još jedan od materijala izrađen od sintetičke gume koja se koristi u rukavicama i zaštitnim odijelima zbog svoje otpornosti na kemikalije i ekstremne temperature. Njegove karakteristike su:

- otpornost na kemikalije - otporan je na širok spektar kemikalija, uključujući ulja, goriva i mnoge industrijske kemikalije,
- toplinska izolacija – pruža dobru izolaciju od topline, što je korisno u vatrogasnim intervencijama,
- fleksibilnost i udobnost - unatoč svojoj zaštitnoj funkciji, neopren je fleksibilan i udoban za nošenje (Neoprene, Chemical Safety Facts, 2021).

Nitril je još jedan materijal koji se koristi u zaštitnim rukavicama zbog svoje otpornosti na kemikalije i mehanička oštećenja. Neke od karakteristika nitrila su:

- kemijska otpornost - pruža izvrsnu zaštitu od mnogih agresivnih kemikalija i otapala,
- fleksibilnost - nitrilne rukavice su fleksibilne i omogućuju dobar osjećaj za obavljanje preciznih zadataka,
- otpornost na probijanje - ove rukavice pružaju dobru zaštitu od probijanja, što je važno za sprječavanje ozljeda od oštih predmeta (Public Safety, Ansell, 2022).

3.2. Zaštitna odjeća

Višeslojni sistemi zaštitne odjeće kombiniraju različite slojeve materijala kako bi pružili optimalnu zaštitu. Vanjski sloj, često napravljen od materijala otpornih na vatru kao što je Nomex, štiti od plamena i topline. Srednji sloj može uključivati izolacijske materijale koji zadržavaju toplinu, dok unutarnji sloj omogućava prozračnost i odvodi vlagu od tijela. Novo osmišljene pametne tkanine integrirane su s tehnologijom koja prati vitalne znakove vatrogasca, kao što su temperatura tijela, srčani ritam i razina stresa. Ove tkanine koriste

senzore utkane u tekstil koji šalju podatke u realnom vremenu, omogućujući nadzornicima da prate stanje vatrogasaca i reagiraju na potencijalne opasnosti. Neke od karakteristika pametne tkanine su:

- praćenje vitalnih znakova - senzori prate ključne zdravstvene parametre vatrogasca,
- upozorenja o stvarnom vremenu - sustav može upozoriti vatrogasca ili nadzornike na opasne uvjete, omogućujući brzu reakciju, udobnost i fleksibilnost - unatoč integraciji tehnologije, tkanine ostaju udobne i fleksibilne (The Future of Firefighter PPE Selection, Care, and Maintenance, Firefighter Nation, 2024).

Nadalje, suvremenom tehnologijom osmišljene su i tkanine za hlađenje. Tkanine koje imaju sposobnost samohlađenja koriste se za smanjenje rizika od toplinskog stresa kod vatrogasaca. Ove tkanine koriste posebne materijale i tehnologije koje apsorbiraju znoj i isparavaju ga, čime se stvara efekt hlađenja. Neke od karakteristika takve tkanine su:

- efekt hlađenja - aktivno smanjuju tjelesnu temperaturu tijekom napornih intervencija,
- upravljanje vlagom - učinkovito odvođe znoj od tijela i ubrzavaju njegovo isparavanje,
- dugotrajna učinkovitost - materijali zadržavaju svoja svojstva nakon brojnih pranja i korištenja (The Future of Firefighter PPE Selection, Care, and Maintenance, Firefighter Nation, 2024).

3.3. Zaštita glave

Napredne kacige za vatrogasce dizajnirane su da pruže maksimalnu zaštitu glave uz minimalnu težinu. Ove kacige često sadrže ugrađene sisteme za komunikaciju, integrirane svjetiljke za bolju vidljivost u dimnim uvjetima, te vizire otporne na ogrebotine i udarce. Neki modeli također nude mogućnost prilagodbe unutaršnjeg obloga za dodatnu udobnost. Sistemi hlađenja integrirani u kacige koriste tehnologiju hlađenja zraka ili tekućine kako bi održali ugodnu temperaturu glave tijekom intervencija u ekstremno toplim uvjetima. Ovi sistemi mogu značajno smanjiti rizik od toplinskog udara i poboljšati ukupnu izdržljivost vatrogasca.

Napredne kacige za vatrogasce izrađene su od materijala visokih performansi koji pružaju maksimalnu zaštitu uz minimalnu težinu. Ovi materijali uključuju:

- fiberglas - lagan i izdržljiv materijal koji pruža dobru zaštitu od udaraca,
- polikarbonat - koristi se za vizire zbog svoje visoke otpornosti na udarce i ogrebotine,

- Kevlar i Nomex - koriste se u unutarnjim slojevima kaciga za dodatnu otpornost na toplinu i vatru (Fire & Rescue helmets, Bullard, 2020).

Osim toga, moderne kacige napredne tehnologije u sebi imaju integrirane svjetiljke. Svjetiljke ugrađene u kacige poboljšavaju vidljivost vatrogasaca u uvjetima niske vidljivosti. Ovakve svjetiljke obuhvaćaju:

- LED tehnologiju - pruža snažno i dugotrajno osvjetljenje uz nisku potrošnju energije,
- prilagodljive postavke - mogućnost podešavanja svjetline i kuta osvjetljenja za optimalnu vidljivost,
- robusnu konstrukciju - otporne su na vodu, prašinu i udarce, osiguravaju dugotrajnost i pouzdanost (Fire & Rescue helmets, Bullard, 2020).

Viziri i maske na modernim kacigama izrađeni su od materijala koji pružaju zaštitu od topline, dima i krhotina, dok omogućavaju dobar vid. Primjerice polikarbonatni viziri otporni su na udarce i ogrebotine, te pružaju jasnu vidljivost. Viziri su često premazani anti-magla premazom koji sprječava magljenje. Termootporne maske osiguravaju zaštitu lica od topline i plamena (Fire & Rescue helmets, Bullard, 2020).

Aktivni sistemi hlađenja integrirani u kacige koriste tehnologije za hlađenje zraka ili tekućine kako bi smanjili tjelesnu temperaturu vatrogasca. Zračno hlađenje koristi ventilatore koji cirkuliraju hladan zrak unutar kacige, smanjujući temperaturu glave. Nadalje, kacige nove tehnologije imaju ugrađeno i tekuće hlađenje, odnosno, sustave s cijevima kroz koje teče rashladna tekućina, pružaju učinkovitije hlađenje u ekstremnim uvjetima. Pasivni sistemi hlađenja koriste materijale koji apsorbiraju i isparavaju znoj, čime stvaraju efekt hlađenja (Fire & Rescue helmets, Bullard, 2020).

3.4. Respiratorna zaštita

Napredni respiratori koriste poboljšane filtere koji bolje uklanjaju čestice dima i toksične plinove. Ovi respiratori često imaju dugotrajnije baterije i ergonomičniji dizajn koji omogućava jednostavnije korištenje i veću udobnost. Neki modeli uključuju i automatsko prilagođavanje protoka zraka ovisno o intenzitetu disanja vatrogasca (Types of respiratory protection, The National Personal Protective Technology Laboratory, 2024).

Osim navedenog, novija tehnologija u respiratorne sustave ugrađuje i sustave komunikacije. Integrirani sistemi komunikacije omogućuju vatrogascima da ostanu u kontaktu s timom tijekom intervencija. Ovi sistemi uključuju mikrofone i zvučnike ugrađene u masku respiratora, omogućavajući jasnu i pouzdanu komunikaciju čak i u bučnim i dimnim okruženjima.

Samostalni aparati za disanje (SCBA – *Self Contained Breathing Apparatus*) pružaju vatrogascima čisti zrak u okruženjima gdje je prisutan dim ili otrovni plinovi. SCBA sustavi se sastoje od nekoliko ključnih komponenti:

- boca za zrak - boca visokog pritiska koja sadrži komprimirani zrak ili kisik,
- regulator pritiska - regulira pritisak zraka koji dolazi iz boce kako bi bio pogodan za disanje,
- maska - maska koja potpuno pokriva lice, osiguravajući zrak iz boce te zaštitu očiju i lica od dima i plamena,
- automatski alarmi - ugrađeni alarmi koji upozoravaju na nisku razinu zraka ili druge probleme (*Self-Contained Breathing Apparatus, National Environmental Trainers, 2024*).

Moderni SCBA sustavi često uključuju napredne sustave za upravljanje zrakom, koji optimiziraju potrošnju zraka i pružaju dodatnu sigurnost. Posjeduju automatsku regulaciju zraka te rezervne boce kisika. Isto tako, neki SCBA sustavi imaju integrirane senzore za praćenje kvalitete zraka, što dodatno povećava sigurnost vatrogasaca (*Self-Contained Breathing Apparatus, National Environmental Trainers, 2024*).

3.5. Zaštitne rukavice

Rukavice izrađene od termootpornih materijala, kao što su Kevlar i Nomex, pružaju zaštitu od visokih temperatura i mehaničkih oštećenja. Ove rukavice omogućuju vatrogascima dovoljnu spretnost za obavljanje složenih zadataka dok ih štite od ozljeda. Novi modeli rukavica izrađeni su od materijala otpornih na kemikalije kao što su nitril ili neopren, koji pružaju zaštitu od štetnih tvari dok zadržavaju fleksibilnost i udobnost potrebnu za obavljanje vatrogasnih zadataka (*Firefighter Glove, FireDex, 2024*).

Moderni dizajn rukavica uključuje višeslojnu strukturu koja kombinira različite materijale kako bi se postigla optimalna zaštita i udobnost. Dizajn rukavica mora omogućiti vatrogascima da zadrže spretnost i osjećaj u prstima, što je ključno za obavljanje preciznih zadataka. Pametne rukavice koriste tehnologiju za poboljšanje sigurnosti i učinkovitosti vatrogasaca. Ove rukavice

mogu imati integrirane senzore i druge napredne funkcije poput senzora za toplinu, biometrijskih senzora i integriranih komunikacijskih uređaja. Nadalje, nanotehnologija se koristi za poboljšanje svojstava zaštitnih materijala, čineći ih još otpornijima i funkcionalnijima (Rabajczyk *et al.*, 2021).

Napredak u tehnologiji zaštite ruku značajno je unaprijedio sigurnost i učinkovitost vatrogasaca. Korištenje visokoučinkovitih materijala poput Nomexa, Kevlara i PBI, zajedno s višeslojnim dizajnom, omogućava optimalnu zaštitu od topline, mehaničkih ozljeda i kemikalija. Ergonomija i fleksibilnost rukavica osiguravaju spretnost i udobnost, što je ključno za obavljanje preciznih zadataka. Dodatno, napredne tehnologije kao što su pametne rukavice i nanotehnologija pružaju dodatne funkcionalnosti i poboljšavaju ukupnu sigurnost vatrogasaca. Kontinuirana inovacija i istraživanje na ovom području ključni su za osiguranje što bolje zaštite ruku vatrogasaca u njihovim opasnim i zahtjevnim zadacima (Firefighter Glove, FireDex, 2024).

3.6. Zaštitna obuća

Vatrogasne čizme izrađene su od materijala otpornih na vatru, kao što su guma i koža tretirana specijalnim kemikalijama. Ove čizme pružaju zaštitu od visokih temperatura, vode i mehaničkih oštećenja, a također nude dobru izolaciju i udobnost za dugotrajno nošenje. Novi modeli čizama sadrže ugrađene senzore koji prate uvjete okoline, kao što su temperatura i prisutnost opasnih plinova. Ovi senzori šalju podatke vatrogascima u realnom vremenu, omogućujući im da prepoznaju i izbjegnu opasnosti na terenu. Moderne vatrogasne čizme koriste napredne zaštitne kapice za prste koje pružaju maksimalnu zaštitu od udaraca i kompresije. Zaštitna obuća za vatrogasce također može uključivati tehnologije koje osiguravaju zaštitu od električnih udara i antistatička svojstva (Tomaskova, Krajnak, 2023).

4. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme, vatrogasci su suočeni s brojnim izazovima koji zahtijevaju visoko sofisticiranu i pouzdanu osobnu zaštitnu opremu (OZO). Ovaj rad je prikazao važnost implementacije i korištenja napredne OZO u vatrogastvu, s naglaskom na zaštitnu odjeću, tehnologiju zaštite glave, respiratornu zaštitu, zaštitu ruku i obuće. Kroz analizu suvremenih tehnologija i materijala koji se koriste u proizvodnji OZO, istaknute su prednosti koje donose sigurnost i učinkovitost u radu vatrogasaca. Zaštitna odjeća za vatrogasce mora zadovoljavati visoke standarde otpornosti na toplinu i plamen, ali i pružati udobnost i slobodu kretanja. Razvoj novih materijala poput aramida i PBI-a (polibenzimidazol) omogućuje proizvodnju odjeće koja je lagana, ali iznimno otporna na visoke temperature i mehanička oštećenja. Također, primjena nanotehnologije u zaštitnoj odjeći poboljšava njezina vodootporna svojstva i otpornost na kemikalije, čime se povećava sigurnost vatrogasaca u različitim uvjetima intervencija.

Isto tako, zaštitne kacige za vatrogasce evoluirale su od osnovne zaštite glave do visoko sofisticiranih uređaja koji uključuju integrirane komunikacijske sustave, termalne kamere i sustave za praćenje vitalnih znakova. Moderni materijali poput karbonskih vlakana i kompozitnih materijala omogućuju proizvodnju kaciga koje su lagane, ali iznimno čvrste i otporne na udarce. Uz to, ergonomski dizajn i prilagodljivi unutarnji sustavi osiguravaju udobnost tijekom dugotrajnih intervencija.

Nadalje, još jedan od važnih aspekata sigurnosti i zaštite vatrogasaca jest respiratorna zaštita, osobito u situacijama gdje su izloženi gustim dimovima i toksičnim plinovima. Napredni respiratori koriste tehnologije poput zračnih filtara s aktivnim ugljenom i sustava za dovod čistog zraka izvan kontaminiranih područja. Također, moderni sustavi za disanje uključuju digitalne monitore koji prate razinu kisika i drugih plinova, što omogućuje vatrogascima da odmah reagiraju u slučaju opasnosti.

Zaštitne rukavice za vatrogasce moraju pružati visoku razinu zaštite od topline i mehaničkih oštećenja, ali također omogućavati preciznost i osjetljivost pri rukovanju alatima i opremom. Korištenje materijala kao što su Kevlar i Nomex, zajedno s dodatnim zaštitnim slojevima od silikona ili nitrila, rezultira rukavicama koje su otporne na rezove, abrazije i visoke temperature. Dodatno, anatomske dizajn i fleksibilni materijali osiguravaju udobnost i smanjuju umor ruku tijekom dužih intervencija.

Moderni dizajni zaštitne obuće koriste napredne materijale poput vulkanizirane gume i kompozitnih materijala za potplate koji su otporni na probijanje, klizanje i ekstremne temperature. Integrirani sustavi za apsorpciju udaraca i podršku za gležnjeve smanjuju rizik od ozljeda tijekom kretanja po neravnom terenu i ruševinama. Osim toga, vodootporni i prozračni materijali osiguravaju suhoću i udobnost, čak i u najtežim uvjetima.

Uspješna implementacija nove OZO u vatrogastvu ne ovisi samo o tehnološkim inovacijama već i o strogim zakonskim regulativama i standardima. Pravilnici i zakoni definiraju minimalne zahtjeve koje oprema mora ispunjavati, uključujući testiranja otpornosti na različite rizike, ergonomiju i kompatibilnost s drugim dijelovima opreme. U Republici Hrvatskoj, Zakon o zaštiti na radu i Pravilnik o uporabi osobne zaštitne opreme postavljaju okvir za osiguranje visoke razine sigurnosti vatrogasaca. Budući izazovi u vatrogastvu uključuju prilagodbu opreme novim vrstama rizika koje donosi tehnološki napredak i klimatske promjene. Potrebno je kontinuirano istraživanje i razvoj novih materijala i tehnologija koje će omogućiti još veću zaštitu i učinkovitost vatrogasaca. Suradnja između industrije, istraživačkih instituta i vatrogasnih službi ključna je za razvoj inovativnih rješenja koja će odgovarati na sve kompleksnije zahtjeve suvremenih intervencija.

Napredna osobna zaštitna oprema predstavlja neizostavan element u svakodnevnom radu vatrogasaca. Razvoj i implementacija novih tehnologija značajno doprinose njihovoj sigurnosti, učinkovitosti i sposobnosti da odgovore na najteže izazove koje donosi njihova profesija. Kontinuirano ulaganje u istraživanje i razvoj, zajedno s pridržavanjem zakonskih okvira, osigurat će da vatrogasci uvijek imaju na raspolaganju najbolju moguću zaštitu.

LITERATURA

Knjige

1. Horvat, J., Regent, A., *Osobna zaštitna oprema*, Veleučilište u Rijeci, Rijeka, 2009.
2. Pejnović, N., *Osobna zaštitna oprema za zaštitu tijela*, Sigurnost, Zagreb, 2015.
3. Regent, A., *JOIFF-ov standardni priručnik o osobnoj zaštitnoj opremi (OZO)*, Hrvatska vatrogasna zajednica, Rijeka, 2007.

Članak na web stranici

1. Imamagić, S., *et al.* Osobna zaštitna oprema namijenjena vatrogascima. *Tekstil*, vol. 72, 2023., br. 3., Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/451780> (03.06.2024.)
2. Rabajczyk, A., *et al.* Nanotechnology in Fire Protection - Application and Requirements, *Materials*, vol. 14, 2021., br. 24., Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8707653/> (07.06.2024.)
3. Santos, G., *et al.* Firefighting: Challenges of Smart PPE, *Forests*, vol. 13, 2022., br. 8., Dostupno na: <https://www.mdpi.com/1999-4907/13/8/1319> (07.06.2024.)
4. Santos, G., *et al.* Smart Firefighters PPE: Impact of Phase Change Materials, *Applied Sciences*, vol. 13, 2023., br. 18., Dostupno na: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/18/10318> (07.06.2024.)
5. Tomaskova, M., Krajnak, J. Features and Sustainable Design of Firefighting Safety Footwear for Fire Extinguishing and Rescue Operations, *Sustainability*, vol. 15, 2023., br. 20., Dostupno na: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/20/15108> (07.06.2024.)

Članak u časopisu

1. Clow, E., McKinney E., Li, R., Firefighter Gloves Currently on the Market: Analysis and Future Research Directions, *ITTA Proceedings*, vol. 1, 2020., br. 1, str. 1–3.
2. Šajatović Hursa, A., *Vatrogasni odjevni sustavi za zaštitu od topline i plamena*, *Časopis za odjevnu i tekstilnu tehnologiju*, vol. 62, 2013, br. 3-4, str. 160 -173.

Internetski izvori

1. Analiza ozljeda na radu za 2023. godinu, Hrvatski zavod za javno zdravstvo, 2023., dostupno na: <https://www.hzzzs.hr/wp-content/uploads/2024/05/Analiza-ozljeda-na-radu-za-2023.pdf> (06.06.2024.)
2. Eco Dry, Hainsworth Protective Fabrics, 2023., dostupno na: <https://www.hainsworthprotectives.co.uk/eco-dry/> (05.06.2024.)
3. The Future of Firefighter PPE Selection, Care, and Maintenance, Firefighter Nation, 2024., dostupno na: <https://www.firefighternation.com/webcast-event/the-future-of-firefighter-ppe-selection-care-and-maintenance/> (07.06.2024.)
4. Fabrics, Gore-Tex, 2021., dostupno na: <https://www.gore.com/products/categories/fabrics> (07.06.2024.)
5. Firefighter Glove, FireDex, 2024., dostupno na: <https://www.firedex.com/ppe-tag/firefighter-glove/> (07.06.2024.)
6. Fire & Rescue helmets, Bullard, 2020., dostupno na: <https://www.bullard.com/fire-helmets/> (07.06.2024.)
7. Kacige za gašenje požara u zgradama i drugim građevinama (EN 443:2008), Hrvatski normativni dokument, dostupno na: <https://repositorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+443:2008> (06.06.2024.)
8. Self-Contained Breathing Apparatus, National Environmental Trainers, 2024., dostupno na: <https://www.natlenvtrainers.com/blog/article/selfcontained-breathing-apparatus-scba> (07.06.2024.)
9. Neoprene, Chemical Safety Facts, 2021., dostupno na: <https://www.chemicalsafetyfacts.org/chemicals/neoprene/> (07.06.2024.)
10. Obuća za vatrogasce (EN 15090:2012), Hrvatski normativni dokument, dostupno na: <https://repositorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+15090%3A2012> (06.06.2024.)
11. Opći zahtjevi za rukavice (EN:420:1994), Hrvatski normativni dokument, dostupno na: <https://repositorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+420%3A2001> (06.06.2024.)
12. Osobna zaštitna oprema – Ispitne metode za obuču (ISO 20344:2011; EN ISO 20344:2011), Hrvatski normativni dokument, dostupno na: <https://repositorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+20344%3A2012> (06.06.2024.)

13. Osobna zaštitna oprema – Sigurnosna obuća (ISO 20345:2011; EN ISO 20345:2011), Hrvatski normativni dokument, dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+20345%3A2012> (06.06.2024.)
14. Protecting our protectors, Dupont, 2021., dostupno na: <https://www.dupont.com/about/sustainability/delivering-solutions-for-global-challenges-2021/protecting-our-protectors-2021.html> (07.06.2024.)
15. Public Safety, Ansell, 2022., dostupno na: <https://www.ansell.com/eu/en/sectors/public-safety> (07.06.2024.)
16. Types of respiratory protection, The National Personal Protective Technology Laboratory, 2024., dostupno na: https://www.cdc.gov/niosh/npptl/topics/respirators/disp_part/respsourceTypes.html (07.06.2024.)
17. Vatrogasne kacige - Kacige za gašenje požara otvorenog prostora (EN 16471:2014), Hrvatski normativni dokument, dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+16471%3A2015> (06.06.2024.)
18. What is Kevlar? DuPont, 2022., dostupno na: <https://www.dupont.com/what-is-kevlar.html> (07.06.2024.)
19. Zaštitna odjeća za vatrogasce – Ispitne metode i zahtjevi za reflektirajuću odjeću za posebna gašenja požara (EN 1486:2007), Hrvatski normativni dokument, dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+1486%3A2007> (05.06.2024.)
20. Zaštitne rukavice za vatrogasce (EN 659:2003+A1:2008), Hrvatski normativni dokument, dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+659%3A2008> (06.06.2024.)
21. Zaštitna odjeća za vatrogasce - Laboratorijske metode ispitivanja i zahtjevi za svojstva vatrogasne odjeće za gašenje požara na otvorenom prostoru (ISO 15384:2018; EN ISO 15384:2020), Hrvatski normativni dokument, dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+15384%3A2020> (05.06.2024.)
22. Zaštitna odjeća – Opći zahtjevi (ISO 13688:2013; EN ISO 13688:2013), Hrvatski normativni dokument, dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+13688:2013> (05.06.2024.)
23. Zaštitna odjeća - Zaštita od plamena - Materijali, kombinacije materijala i odjeća ograničena širenja plamena (ISO 14116:2015; EN ISO 14116:2015), Hrvatski

- normativni dokument, dostupno na:
<https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+14116%3A2015> (04.06.2024.)
24. Zaštitna odjeća - Zaštita od plamena - Materijali, kombinacije materijala i odjeća ograničena širenja plamena (ISO 11612:2015; EN ISO 11612:2015), Hrvatski normativni dokument, dostupno na:
<https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+11612%3A2015> (04.06.2024.)
25. Zaštitna odjeća za vatrogasce – Zahtjevi za svojstva zaštitne odjeće za vatrogasne intervencije (EN 469:2020), Hrvatski normativni dokument, dostupno na:
<https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+469%3A2020> (05.06.2024.)

Pravni akti

1. Pravilnik o standardnim operativnim postupcima (NN, 44/2022.)
2. Pravilnik o uporabi osobne zaštitne opreme (NN, 5/2021.)
3. Pravilnik o zaštitnoj opremi i drugoj osobnoj opremi pripadnika vatrogasnih postrojbi (NN, 61/1994.)
4. Pravilnik o tehničkim zahtjevima za zaštitnu i drugu osobnu opremu koju pripadnici vatrogasnih postrojbi koriste prilikom vatrogasne intervencije (NN, 31/2011.)
5. Zakonu o vatrogastvu (NN, 125/19, 114/22, 125/19, 155/23.)
6. Zakonom o zaštiti na radu (NN, 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18.)

Završni i diplomski radovi

1. Nikolić, Lj., Osobna zaštitna oprema za vatrogasce, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, 2019. (<https://repozitorij.ttf.unizg.hr/islandora/object/ttf:647>, 04.06.2024.)

POPIS POKRATA

CO₂ – ugljikov dioksid

Fe₃O₄ – željezov oksid

m – metar

PBI - polibenzimidazol

PCM – *Phase change materials*

OZO – Osobna zaštitna oprema

RH – Republika Hrvatska

SCBA - *Self Contained Breathing Apparatus*

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Toplinska zaštitna odjeća..... | 8 |
| Slika 2. Zaštitno vatrogasno odijelo za strukturne požare..... | 11 |
| Slika 3. Zaštitno vatrogasno odijelo za šumske požare | 12 |
| Slika 4. Reflektirajuće vatrogasno zaštitno odijelo | 13 |
| Slika 5. Zaštitne vatrogasne rukavice | 14 |
| Slika 6. Kožne i gumene vatrogasne čizme..... | 16 |
| Slika 7. Zaštitna kaciga za strukturne požare i za požare otvorenog prostora..... | 17 |
| Slika 8. Zaštitne vatrogasne naočale | 18 |
| Slika 9. Osobna zaštitna oprema za zaštitu dišnih organa..... | 19 |