

Funkcionalnost zaštitne odjeće za vatrogasce

Lazar, Lucija

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:919698>

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

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



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

DIPLOMSKI RAD

FUNKCIONALNOST ZAŠTITNE ODJEĆE ZA VATROGASCE

LUCIJA LAZAR

Zagreb, siječanj 2019.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
ZAVOD ZA ODJEVNU TEHNOLOGIJU**

DIPLOMSKI RAD

FUNKCIONALNOST ZAŠTITNE ODJEĆE ZA VATROGASCE

Mentor:
izv. prof. dr. sc. Anica Hursa Šajatović

Student:
Lucija Lazar

Zagreb, siječanj 2019.

Duboko se zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Anici Hursa Šajatović na nesebičnoj pomoći koju mi je pružila pri izradi ovog rada.

Također, zahvaljujem se svojoj obitelji na razumijevanju i potpori prilikom izrade diplomskog rada i općenito na potpori tijekom studiranja.

Tekstilno-tehnološki fakultet
Sveučilište u Zagrebu
Prilaz baruna Filipovića 28a
10 000 Zagreb
Zavod za odjevnu tehnologiju

Rad sadrži:

Broj stranica: 56

Broj tablica: 4

Broj slika: 30

Broj literaturnih izvora: 29

Članovi povjerenstva:

prof. dr. sc. Tomislav Rolich, predsjednik

izv. prof. dr. sc. Anica Hursa Šajatović, član

doc. dr. sc. Renata Hrženjak, član

izv. prof. mr. art. Jasminka Končić, zamjenik člana

SAŽETAK:

U ovom radu kroz pet poglavlja razrađeno je funkcionalno oblikovanje zaštitne odjeće za vatrogasce. U uvodnom dijelu opisana je odjeća te zaštitna odjeća i oprema. U pregledu tematike opisana je odjeća za zaštitu od topline i plamena, opisane su ozljede koje nastaju tijekom izlaganja toplini i plamenu, navedeni su materijali koji se koriste za izradu odjeće za zaštitu od plamena i topline, piktogrami i norme za zaštitnu odjeću. Također, opisan je funkcionalni dizajn i njegova primjena na odjeću za vatrogasce. U eksperimentalnom dijelu prikazane su slike pojedinih modela te navedeni primjeri odjeće za zaštitu od topline i plamena. Opisani su elementi funkcionalnog dizajna primijenjeni na odjeću za zaštitu od topline i plamena. U zadnjem poglavlju analizirani su dobiveni rezultati te prikazani u obliku crteža pojedinih elemenata na odjeći za zaštitu od topline i plamena, a na kojima su primijenjeni elementi funkcionalnog dizajna. Prikazani su primjeri različitih tipova džepova i njihove pozicije na odjeći, oblikovanje ovratnika, rukava, nogavica hlača, kombinezona i sl.

Ključne riječi: odjeća za zaštitu od topline i plamena, zaštitna odjeća za vatrogasce, funkcionalni dizajn

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1.Odjeća za zaštitu od topline i plamena.....	2
2.1.1. Koža i opekline.....	4
2.1.1.1. <i>Struktura kože.....</i>	<i>5</i>
2.1.1.2. <i>Vrste opekline i stupnjevi.....</i>	<i>6</i>
2.1.2. Zaštitna odjeća za vatrogasce.....	9
2.1.2.1. <i>Interventna zaštitna odjeća za vatrogasce.....</i>	<i>11</i>
2.1.2.2. <i>Ostala oprema vatrogasca.....</i>	<i>13</i>
2.1.2.3. <i>Održavanje i testiranje odjevnih sustava za zaštitu od topline i plamena.....</i>	<i>17</i>
2.1.3. Materijali za izradu odjeće za zaštitu od topline i plamena.....	22
2.1.4. Norme i piktogrami za zaštitnu odjeću.....	30
2.2.Funkcionalni dizajn.....	34
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	39
4. REZULTATI I DISKUSIJA.....	47
5. ZAKLJUČAK.....	54
6. LITERATURA.....	55

1. UVOD

Potreba čovjeka za odjećom i obućom smatra se jednom od prvih i trajnih ljudskih potreba. Činjenica je da smo kao ljudska bića izloženi mnogobrojnim nepovoljnim vanjskim, radnim i životnim uvjetima te je potrebno zaštititi naše tijelo odgovarajućom odjećom i obućom. Dovoljno je samo sjetiti se Adama i Eve te Edenskoga vrta, kada su se prvi ljudi našli goli te se pokrili lišćem što su ga našli u vrtu. Također, izrada odjeće i obuće jedne su od prvih čovjekovih aktivnosti uz, naravno, potragu za hranom. Uz primarnu funkciju zaštite tijela, odjeća i obuća također ispunjavaju i druge funkcije u našem životu. Od novije ljudske povijesti odjeća i obuća također poprimaju funkciju statusnoga simbola i pripadnosti. Imamo zapise da su se već u vrijeme kralja Tomislava crvena, grimizna odjeća i tkanine smatrale plemićkima te su takvi dizajni i tkanine bile namijenjene kraljevima, koji su posebno voljeli crvenu boju kao izraz visokoga društva i plemstva.

U modernom dobu značajnije se razvila cjelokupna modna industrija koja je, kako znamo, danas jedna od najznačajnijih i propulzivnijih svjetskih industrija. Naime, do sredine 19. stoljeća, odjeća se, po narudžbi, obično ručno izrađivala za pojedince. Početkom 20. stoljeća, međutim, dolazi do nagloga uspona novih tehnologija (šivaći stroj) i razvoja tvornica, sustava proizvodnje te širenje maloprodajnih mjesta slijedom čega su se odjeća i obuća počele masovno proizvoditi i prodavati u standardiziranim veličinama i po fiksnim cijenama.

U ovome radu pozornost će se posvetiti zaštitnoj odjeći i obući, posebno onoj koju koriste vatrogasci obavljajući odgovornu društvenu ulogu.

Općenito, zaštitna odjeća i obuća trebaju ispuniti brojne zahtjeve kao što su vrsta materijala, kroj, oblik, otpornost te određena svojstva koja ne smiju dolaziti pod upitnik utjecajem uvjeta za koje je takva odjeća i obuća namijenjena. Navedeni zahtjevi u velikoj će mjeri ovisiti o samim korisnicima te namjeni za koju se koriste. Kao komplement odjeći i obući koristi se također i zaštitna oprema koja u istoj mjeri mora zadovoljiti navedene zahtjeve te biti ergonomski i funkcionalno oblikovana za postizanje visokoga stupnja zaštite i najoptimalnijeg učinka. Zaštitna odjeća, obuća i oprema u najvećem broju slučajeva izvršavaju više zaštitnih funkcija odjednom koje neposredno odgovaraju specifičnostima namjene. Analizom ergonomske zahtjeva radnoga mjesta i uvjeta okoliša, procjenom rizika te analizom utjecaja na rad i sposobnost čovjeka može se odabrati najoptimalnija zaštitna odjeća, obuća i oprema.

2. TEORIJSKI DIO

U teorijskom dijelu opisana je odjeća za zaštitu od topline i plamena, navedene su ozljede koje nastaju nakon izlaganja toplini i plamenu, materijali koji se koriste, piktogrami i norme za zaštitnu odjeću te je opisan funkcionalni dizajn i njegova primjena na odjeću.

2.1. Odjeća za zaštitu od topline i plamena

Tijekom radnog procesa ljudsko tijelo izloženo je različitim opasnostima. Ukoliko opasnosti nije moguće smanjiti ili ukloniti tehničkim i organizacijskim mjerama potrebna je adekvatna primjena zaštitne odjeće. Prema pravilniku o uporabi osobnih zaštitnih sredstava (NN br. 39/06), poslodavac mora utvrditi vrstu odjeće koja odgovara uvjetima na radnom mjestu razmišljajući i uzimajući u obzir učestalost izlaganja riziku, razinu rizika, karakteristike mjesta rada, okolnosti, uvjete te vrijeme u kojem je radnik mora upotrebljavati [1].

Zaštitna odjeća svojim određenim svojstvima štiti tijelo od mogućih povreda, ujedinjujući aktivne i pasivne aspekte sigurnosti. Da bi bila djelotvorna s mogućnošću funkcionalne primjene, zaštitna odjeća mora imati sljedeća obilježja:

- univerzalna, s obzirom na konstrukcijsku izvedbu, jer nema podjele na mušku i žensku odjeću,
- izrađuje se u nekoliko odjevnih veličina koje omogućuju upotrebu u širokom rasponu statičkih antropometrijskih razmjera,
- ergonomski oblikovana, sukladno dinamički antropometrijskim uvjetima korištenja, a pri izvođenju aktivnosti mora osigurati udobnost kod nošenja i visok stupanj slobode pokreta,
- posebno dizajnirana, pri čemu su sagledane sve mogućnosti uvjeta upotrebe, kao npr. nošenja alata, pribora, aparata za disanje i sl.,
- sklad s drugim elementima opreme, kao što su čizme, kaciga, rukavice i dr. čime se osigurava zaštita cijelog tijela [2].

Za proizvođače zaštitne odjeće zbog toga se postavljaju vrlo složeni uvjeti kod izrade, s obzirom na kvalitetu, kvantitetu i dizajn, čime mora biti osigurana djelotvornost pri upotrebi zaštitne odjeće.

Proizvodnja iziskuje usku suradnju dizajnera, konstruktora i tehnologa, jer je potrebno uskladiti načine izrade zaštitne odjeće sa svojstvima materijala koji osim udobnosti, moraju štiti korisnika od predviđene opasnosti i moraju biti funkcionalni.

Odjeća za zaštitu od topline i plamena štiti radnika od jedne ili više vrsta topline, te je izrađena od materijala koji omogućuju dobru toplinsku izolaciju kao i ostala svojstva. Upotrebljava se na različitim radnim mjestima kao npr. u plinskoj industriji, vatrogastvu, rafinerijama, u industriji stakla, u ljevaonicama i sl., pa mora biti izrađena od materijala koji je otporan na gorenje i visoku temperaturu, a istodobno biti nepropusna za vodu. Prijenos topline kroz odjeću, a tako i njezin stupanj zaštitnog djelovanja, ovisiti će o konstrukciji materijala i sastavu od kojeg je odjeća izrađena, te o vremenu izloženosti i količini topline.

Simbol za zaštitu od topline i plamena prema standardu ISO 13688 prikazan je na slici 1.

Iako je dobru zaštitnu opremu od vatre relativno jednostavno oblikovati, ipak treba obratiti posebnu pozornost odabiru s obzirom da je vrijeme nošenja takvih zaštitnih odjevnih sustava ponekad dugotrajno (više od jednog radnog dana), a korisnik mora u njoj učinkovito obavljati svoj rad, te se mora osjećati udobno i sigurno. Iz tog razloga pored zahtjeva zaštite, takva odjeća mora ispunjavati i druge vrlo važne zahtjeve, poput udobnosti. Dodavanje različitih slojeva zaštitnoj odjeći nije dovoljno jer to ograničava pokretljivost korisnika, povećava toplinsko opterećenje i težinu tereta kod nošenja, a sve to pridonosi smanjenoj borbenoj učinkovitosti [3].



Slika 1. Simbol za zaštitu od topline i plamena prema standardu ISO 13688 [4]

Zahtjevi zaštite koji se postavljaju na odjevni predmet su otpornost na ograničeno širenje plamena, smanjenje toplinskog toka, te smanjenje toplinske doze zračenja na površinu kože.

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

- kontaktno (kondukcijski),
- konvekcijski,
- radijacijski (MV i IC zračenje),
- iznenadni kratkotrajni ili dulji kontakt s plamenom,

- prskanje/polijevanje s rastaljenim ili užarenim materijalom i
- kombinacija navedenih utjecaja [4].

Za vrijeme intervencija kod požara, površina zaštitne odjeće izložena je temperaturama od 50°C do 600°C, odnosno pri velikim požarima zapaljivih tekućina i do 1200°C [1, 2].

Pri temperaturi od 45°C čovjek osjeća bolove, a opekline nastaju na temperaturama iznad 55°C. Zaštitno djelovanje odjeće treba smanjiti toplinski tok, da doza toplinskog zračenja bude u bezbolnom području pri čemu ne dolazi do površinskih toplinskih oštećenja kože.

Kod viših doza toplinskog zračenja nastaju zone ozljeda, razaranje tkiva ili mjehuri. Iz tog razloga svrha zaštitne odjeće je da se smanji toplinski tok te da apsorbirana količina toplinskog zračenja na površinu kože bude znatno smanjena ili u bezbolnom području [1].

Odjeća za zaštitu od topline i plamena nosi se kao vanjski sloj odjeće pa bi iz tog razloga trebala biti dizajnirana tako da je udobna i da dobro pristaje, što podrazumijeva, da se pri dizajniranju uzimaju u obzir svi slojevi odjeće koji se nose ispod vanjskog sloja [4].

Europska norma EN 340:2003 „Zaštitna odjeća – Opći zahtjevi“ bavi se dimenzijama zaštitne odjeće. Ona predlaže tri glave tjelesne mjere koje su nužne za utvrđivanje veličine zaštitne odjeće, a te mjere su opseg grudi, opseg struka i tjelesna visina.

Osobito je važna odgovarajuća veličina zaštitne odjeće sa stajališta pristalosti kako bi se postigla prilagodljivost i funkcionalnost odjevnog sustava kretanja ljudskog tijela, te zaštita života i zdravlja korisnika. Zato, primjerice, nogavice hlača i rukavi moraju biti točno određene duljine i opsega kako bi omogućile odgovarajuću zaštitu gležnjeva i ručnih zglobova s dodatkom drugih dijelova odjevnog predmeta kao npr. rukavice i čizme [4].

2.1.1. Koža i opekline

Koža je najveći organ u tijelu i štiti organizam od kemijskih, toplinskih i mehaničkih oštećenja, sprječava isušivanje organizma i prodiranje mikroorganizama te drugih tvari u unutrašnjost tijela. Na njoj se nalaze i saprofitne bakterije koje se hrane odumrlim stanicama gornjeg sloja kože, a organizam odnosno tijelo brane od patogenih mikroorganizama te njihovog prodora preko kože u organizam. Koža je barijera, ali je također i spona između vanjskog svijeta i unutrašnjosti organizma. Registriranje, primanje podražaja i spoznavanje promjena u okolini tijela omogućavaju živci i osjetilna tjelešca u koži organizma. Koža ima zadaću osjetilnog organa, i to za osjet pritiska, dodira, temperature i boli [4].

Površina kože odraslog čovjeka iznosi između 1,6 i 1,9 m². Pri određivanju liječenja i prosuđivanju težine opeklina potrebno je utvrditi opseg opečenog područja i izraziti ga u

postotku ukupne površine tijela. U tu svrhu najčešće se koristi tzv. pravilo devetke po kojem je površina tijela podijeljena na područja od po 9 i 18% ukupne površine tijela (glava s vratom i ruke imaju 9%, prednja i stražnja strana trupa i svaka noga po 18% ukupne površine tijela, a preostalih 2% odgovara površini spolnih organa i perineuma) [5].

2.1.1.1. *Struktura kože*

Koža obavija površinu tijela i izgrađena je od epidermisa, dermisa (*coriuma*) i hipodermisa (*tela subcutanea*).

Površinski sloj, epidermis ili pokožica sastoji se od pet dijelova:

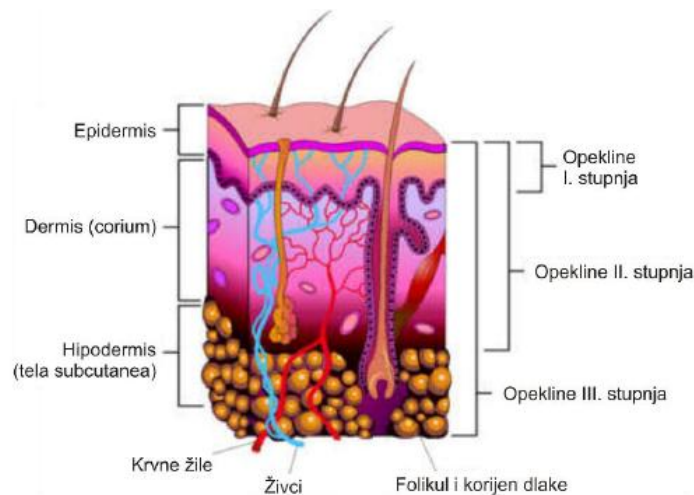
1. *stratum corneum* – najgornji sloj pokožice debljine između stotinke i trećine milimetra,
2. *stratum lucidum* – tanki sloj koji ima amorfni, homogen i transparentan izgled,
3. *stratum granulosum* – zrnati sloj kože koji se uz prethodna dva sloja ubraja u orožnjenu zonu,
4. *stratum spinosum* – sloj trnastih stanica u kojima cirkulira limfa i
5. *stratum basale* – najdublji sloj pokožice iz kojeg se obnavljaju površinski slojevi kože [4].

Dermis (*corium*) sastoji se od vezivnog tkiva s mnoštvom isprepletenih elastičnih, kolagenih i argirofilnih vlakana, od glatkih i poprečno prugastih mišićnih vlakana. U ovom sloju nalazi se mnoštvo limfnih i krvnih žilica, te također razgranata mreža živčanih vlakana i receptora [4].

Debljina dermisa je 1-3 mm te je podijeljen na dva sloja:

1. *corpus papillare* – površinski sloj dermisa u kojem se nalaze petlje krvnih žila, razgranata kapilarna mreža i taktilna tjelešca i
2. *tunica propria i corpus reticulare* – dublji sloj dermisa koji koži daje elastičnost i čvrstoću [5].

Potkožje ili *tela subcutanea* nalazi se između dermisa i zglobne čahure, perihondrija ili periosta, a čini ga rahlo vezivo i masno tkivo. [2]



Slika 2. Slojevi kože [4]

2.1.1.2. Vrste opeklina i stupnjevi

Opekline (lat. *Combustio*) je vrsta ozljede kože koja može nastati djelovanjem topline, električne struje (strujni udar), udarom groma, djelovanjem kemikalija, plina i vrele tekućine, zračenja ili trenja [4].

Znakovi opeklina su oštećena sluznica i koža, otekline, mjehuri, bol, crvenilo, gubitak tekućine, a u najgorim slučajevima pougljenje. Zbog gubitka tekućine i boli, što je opečena površina veća, prije će doći do šoka.

Opekline se mogu svrstati u:

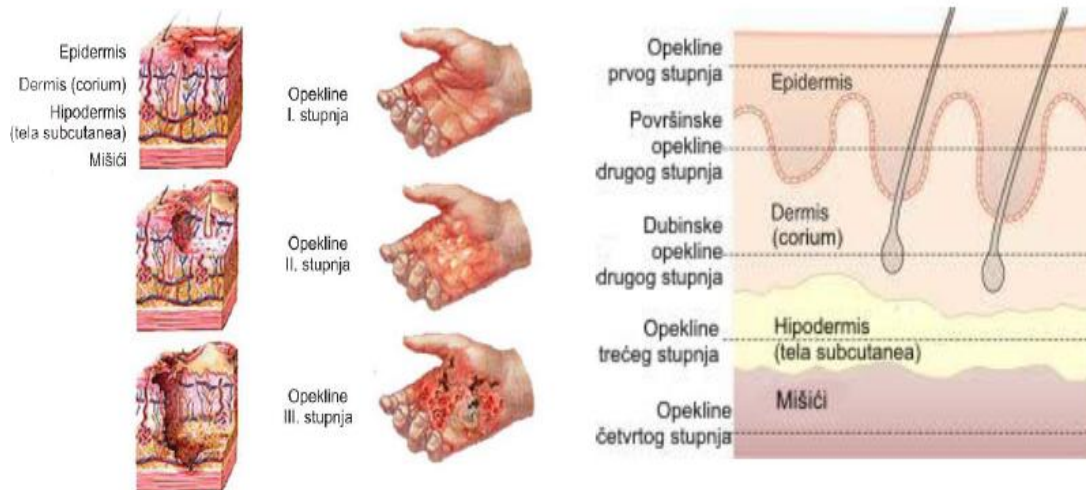
1. toplinski uzrokovane opekline – nastaju otvorenim plamenom (vatrom), dodiranjem s vrelom tekućinom ili vrućim predmetima,
2. opekline uzrokovane električnom strujom – nastaju direktnim kontaktom s izvorima električne energije ili udarom groma,
3. kemijski uzrokovane opekline – nastaju kontaktom s kućnim ili industrijskim kemikalijama u čvrstom, tekućem ili plinovitom obliku (kisljine i/ili baze, jaki oksidansi i reducensi, toksične kemikalije, npr. kožni bojni otrovi kao što su S i N iperit, luizit),
4. opekline izazvane zračenjem – nastaju najčešće izlaganjem svjetlošću u solariju, sunčevoj svjetlosti, solux-lampama, X-zrakama ili tijekom terapije zračenjem pri liječenju malignih oboljenja, kao i ionizirajućem elektromagnetskom (rendgensko i gama zračenje) i korpukularnom (alfa, beta i neutronsom) zračenju kao posljedici primarnog i sekundarnog zračenja pri nuklearnim incidentima i eksplozijama nuklearnog oružja,

5. opekline izazvane trenjem – nastaju struganjem (abrazijom) koja se pretvara u toplinu koja spaljuje površinu kože s kojom je u kontaktu. Trenje uzrokovano kontaktom s bilo kojom čvrstom površinom kao što su betonske staze, ceste, tepisi, stepeništa, podovi u sportskim dvoranama itd, može izazvati nastanak opekline i
6. inhalacijske ozljede dišnih putova i pluća – nastaju kao rezultat udisanja toksičnih tvari u aerosolnom i plinovitom stanju kao i vrućeg zraka, aerosola i vodene pare te radioaktivnih čestica. Oštećenja pluća i dišnih putova najčešće nastaju udisanjem vrućeg zraka i dima prilikom požara te su često u kombinaciji s opeklinama kože, ali se mogu javiti i neovisno o opeklini kože i drugih organa [4].

Jačina opekline određuje se opisom obuhvaćene površine i dubine kože.

Klasifikacija opekline definira se na osnovi dubine i vrste oštećenja kože i to na opekline prvog, drugog, trećeg i četvrtog stupnja (Slika 3).

- Opekline prvog stupnja (lat. *Combustio erythematosa*) – vidljive su pojavom crvenila, koža je blago natečena, bolna i topla. Postoji eritem bez plikova i drugih oštećenja kože. Nakon nekoliko sati, ove povrede gotovo uvijek iščezavaju, a najduže za 5 do 7 dana i ne ostavljaju nikakve vidljive tragove na koži.
- Opekline drugog stupnja (lat. *combustio bullosa*) – izgledom podsjećaju na opekline prvog stupnja, ali se na nekim mjestima razvijaju mjehurići ispunjeni bistrom i žućkastom tekućinom. Nakon 3 do 4 dana poslije povrede mjehurići se smanjuju, a za 10 do 12 dana obično iščezavaju.
- Opekline trećeg stupnja (lat. *combustio necrotica*) – podrazumijevaju nekrozu odnosno izumiranje pojedinih ili svih slojeva kože, a katkad i potkožnog i mišićnog tkiva. Nekroza može biti suha ili vlažna. Prilikom suhe nekroze, koža je čvrsta, suha, tamnosmeđe ili crne boje i s jasnom vidljivom granicom povrede. Pri vlažnoj nekrozi koža je žućkaste boje, otečena, vlažna, a također može biti i pokrivena mjehurima. Kod ovakvih opekline tkivo ima izgled pečenog ili kuhanog mesa.
- Opekline četvrtog stupnja (lat. *carbonisatio*) – nastaju destrukcijom potkožnog tkiva. Definišu se kao subfascijalne opekline praćene izraženim oštećenjem tetiva, mišića, krvnih žila, živaca, zglobova i kostiju, bez obzira na njihovu lokalizaciju [4].



Slika 3. Vrste opekline [4]

Opekline koja obuhvaća više od 40% površine tijela smatra se kritičnom ozljedom. Teška ozljeda je opekline koja je zahvatila od 10 do 40% površine tijela, dok se lakšom ozljedom smatra opekline koja je zahvatila do 10% površine tijela. Preživljavanje prilikom opekline ovisi o starosti osobe i njenom zdravlju, intenzitetu izloženosti i trajanju pri visokoj temperaturi, kao i površini koja je bila izložena plamenu. Prema istraživanjima Američkog udruženja za opekline (*engl. American Burn Association*), ako čovjek od 20 do 30 godina ima manje od 25% cjelokupne površine kože zahvaćene opeklinama ima 90% šanse da preživi, dok kod opekline koje prekrivaju 75% površine kože šansa za preživljavanje je manja od 60%. Šanse za preživljavanje kod opekline II. i III. stupnja manje su što je osoba starija. Također, uslijed opekline, preživljavanje osoba ovisi i o udruženim ozljedama kože i dišnih putova.

Koža je jedan od najvažnijih regulatora tjelesne temperature, regulacije krvotoka, izmjene minerala i vode, jer ima sposobnost lučenja znoja te sadrži prostrani bazen krvnih žila. Termoregulacijski centar u mozgu reagira na podražaje koji stižu iz okoliša i promjene temperature krvi, što rezultira pojačanim stvaranjem ili odavanjem topline kako bi se održavala normalna tjelesna temperatura. Toplina nastaje unosom hrane (probava), zbog različitih biokemijskih reakcija, kontrakcijom mišića prilikom sportske i fizičke aktivnosti i tijekom endokrinih mehanizama (djelovanje hormona štitnjače i adrenalina). Na organizam i njegovu termoregulaciju također utječe i djelovanje topline, a koža je organ koji regulira apsorpciju ili odavanje topline kako bi se održala stalna tjelesna temperatura [2].

2.1.2. Zaštitna odjeća za vatrogasce

Zaštitna odjeća za vatrogasce upotrebljava se prilikom gašenja požara ili sličnih aktivnosti kod kojih postoji opasnost od izravnog plamena i visokog stupnja toplinskog opterećenja. Takva odjeća mora biti odabrana na temelju procjene rizika karakterističnog za korištenje zaštitne opreme pri identifikaciji i ocjenjivanju opasnosti te odabiru zahtjeva koji smanjuju ili otklanjaju mogućnost ozljeda.

Simbol za zaštitnu odjeću za vatrogasce prema standardu ISO 13688 prikazan je na slici 4.

Zbog specifičnih radnih uvjeta u kojima vatrogasci obavljaju svoj posao, a također i zbog vanjskih utjecaja koji nastaju u situacijama širenja i nastanka požara, zaštitna odjeća vatrogasaca mora zadovoljavati i zaštitu od ostalih ekstremnih uvjeta kao što su zaštita od hladnoće, zaštita od kiše i vode za gašenje, mehaničkih djelovanja, agresivnih i reaktivnih kemikalija, kemikalija opasnih za zdravlje, uključujući i kemijske otopine i suspenzije za RKB dekontaminaciju [4].



Slika 4. Simbol za zaštitnu odjeću za vatrogasce prema standardu ISO 13688 [4]

Opći zahtjevi koje zaštitna odjeća za vatrogasce mora udovoljiti su:

- zahtjev za toplinskom zaštitom,
- zahtjev za udobnosti pri intervencijama,
- zahtjev za udobnosti pri nošenju u normalnim klimatskim uvjetima i
- zahtjev za pogodno izvedenim sustavom ventilacije zbog oslobađanja topline proizvedene prirodnim metabolizmom vatrogasca.

Jedan od najvažnijih zahtjeva koje mora zadovoljiti zaštitna odjeća za vatrogasce je udobnost, a može se klasificirati kao:

- termofiziološka udobnost – zadržavanje udobnog stanja topline i vlage. Obuhvaća transport topline i vlage kroz materijal od kojeg je odjeća izrađena (toplinska

otpornost, transport vlage kroz materijal, djelomična zrakopropusnost, količina vlage u materijalu, mogućnost odbijanja vode...).

- osjetilna udobnost – definirana je raznim osjetilnim podražajima doticaja prigodom dodira tijela s tkaninom (osjećaj topline ili hladnoće kod dodira tkanine s tijelom, grubost ili mekoća tkanine, osjećaj bockanja, svrbeža, stvaranje statičkog elektriciteta...).
- udobnost pri korištenju/nošenju tkanine – mogućnost odjeće da dozvoli slobodno kretanje tijela, smanji opterećenje odjeće na tijelo korisnika ili prati oblik tijela/dijela tijela (masa osobnih zaštitnih sredstava, rastezljivost...) [2].

Zaštitna vatrogasna odjeća štiti gornji dio tijela, vrat, ruke, noge, pri čemu nije uključena zaštita glave, šake i stopala [4].

Može se podijeliti na:

- vatrogasnu radnu odjeću: odijela, kombinezoni, hlače, kape,
- vatrogasnu svečanu odjeću: odijela, vjetrovke, veste, kišne kabanice, košulje, majice, rukavice, kape,
- vatrogasnu interventnu odjeću: kombinezoni, interventne jakne i hlače i
- ostalu opremu [2].

Radna vatrogasna odora sastoji se od plave bluze, hlača i kape, te crnih cipela (za mladež tenisice) i nosi se u vatrogasnom domu, na dežurstvima, natjecanjima i sl.

Svečanu vatrogasnu odoru nose odrasli članovi vatrogasne postrojbe i dobrovoljnog vatrogasnog društva u svečanim prigodama, npr. na javnim nastupima, vatrogasnim skupštinama itd. Na vatrogasnim intervencijama preko radne vatrogasne odore nosi se interventna vatrogasna odora koja pruža bolju zaštitu (npr. veća čvrstoća, bolja otpornost na gorenje itd.) te pokriva cijelo tijelo. Tzv. osobna zaštitna odjeća ili interventna vatrogasna odora sastoji se od bluze, hlača, jakne i rukavica za zaštitu od toplinskog isijavanja, kožnih zaštitnih čizama s ojačanim potplatom, zaštitne vatrogasne kacige, zaštitnog opasača tipa „A“ s priborom te zaštitne maske.

Ukoliko se vatrogasna intervencija ne može obaviti s postojećom osobnom vatrogasnom opremom, upotrebljava se dodatna skupna zaštitna oprema kao što su odijela za zaštitu od agresivnih tvari, odijela za zaštitu od topline, odijela za RKB-zaštitu, penjačko užje, izolacijski aparati za zaštitu dišnih organa, detektori i dozimetri te pribor za dekontaminaciju [2].

Primjenjivost zaštitne odjeće za vatrogasce određuje se toplinskim tokom i vremenom ekspozicije djelovanju topline.



Slika 5. Primjeri odjevnih sustava za zaštitu od djelovanja topline, plamena i RKB agensa [6]

2.1.2.1. *Interventna zaštitna odjeća za vatrogasce*

U okviru svog radnog djelovanja vatrogasci ulaze na mjesta opasnih incidentnih situacija radi spašavanja života i pružanja humanitarnih usluga, sprječavanja ili minimiziranja šteta na imovini i okolišu. Zato je potrebno da im njihova osobna zaštitna oprema pruži maksimalno siguran rad.

Interventna zaštitna odjeća (jakne i hlače) za vatrogasce najčešće je višeslojna i svaki sloj je izrađen od drugog materijala, a također može imati dodatke kao što su vezice, patentni zatvarači, specijalne oznake i sl. Vatrogasna odjeća mora biti vidljiva u mraku ili specijalnim uvjetima, opremljena je trakama koje imaju retroreflektivna i fluorescentna svojstva te su pozicionirane na posebno uočljivim mjestima kao što su rubovi jakne ili hlača, ramena te rubovi rukava.

Kao zaštita od topline i plamena koristi se kombinacija različitih specijalnih materijala kod kojih se može reći da što su slojevi deblji pružaju veću zaštitu, ali je takve specijalne materijale u zaštitnim odjevnim sustavima nužno optimalno kombinirati zbog pitanja toplinskog (pre)opterećenja korisnika. Zbog toga vrsta i razina zaštite koju pruža određena kombinacija slojeva ovisi o vrsti materijala u toj kombinaciji i o tome što je zadaća svakog od tih materijala [2].



Slika 6. Interventna zaštitna odjeća za vatrogasce različitih proizvođača: Bristol, Rosenbauer, Taiwan .K.K. Corp. i Hemco [2]

Zaštitna odjeća za vatrogasce podrazumijeva svu odjeću koju vatrogasac nosi na sebi prilikom intervencija, počevši od donjeg rublja koji je prvi odjevni sloj, slijedi međuodjevni sloj koji može sadržavati majice, veste, pulovere, košulje i sl., te gornji zaštitni sloj odjevnog sustava koji se sastoji od višeslojne interventne jakne i hlača.

Odjevni sustavi za zaštitu od topline i plamena prvenstveno moraju pružiti zaštitu od nezapaljivosti odjeće. Pri izloženosti višeslojnih zaštitnih odjevnih sustava direktnom plamenu, prijelaz topline kroz slojeve odjeće je složena kombinacija radijacije, apsorpcije, kondukcije i refleksije toplinske energije. Dokazano je u istraživanjima da se otprilike 20% radijacijske infracrvene energije smanji pri prolasku kroz sloj tkanine. 10% ulazne energije reflektirano je od površine tkanine, a ostalih 70-75% apsorbira tkanina koja se zagrijava kondukcijom apsorbirane energije iz njezine strukture. Svaki sloj tkanine u odjevnom sustavu odijeljen je od sljedećeg susjednog sloja s zrakom, pa se pri tome ukupna energija smanjuje prema koži određenim uzastopnim reflektivnim-apsorptivnim-radijativnim sustavom prijelaza topline. Ako navedeni slojevi tkanine dođu u međusobni kontakt, toplina prelazi sa sloja na sloj kondukcijom. Vrlo dobar apsorber toplinske energije je koža koja reflektira samo 5%, a

apsorbira 95% energije. Iz tog razloga vrlo je bitno obratiti pažnju na što učinkovitije sprječavanje prijelaza topline do kože kako bi se izbjegle opekotine i oštećenja kože odnosno tijela korisnika.

2.1.2.2. *Ostala oprema vatrogasca*

Ostala oprema vatrogasca obuhvaća potkapu, kacigu, rukavice, čizme, zaštitna masku i aparate za zaštitu dišnih organa, prikazane su na slici 7.

Potkapa se nosi ispod kacige i izrađena je od Nomex® vlakana površinske mase 180 g/m^2 . Može prekrivati usta i ima dodatnu zaštitu za vrat a testira se sukladno HRN EN 13911:2004 standardu (Zaštitna odjeća za vatrogasce – Zahtjevi i ispitne metode za vatrogasne potkape za vatrogasce).

Vatrogasna kaciga namijenjena je zaštititi glave pri intervencijama kao sredstvo osobne zaštite od mehaničkih ozljeda koje nastaju prilikom pada ili udara nekog predmeta. Također, štiti glavu od toplotnog zračenja i plamena, električne energije i niskih temperatura.

Ispituje se na apsorpciju udara, otpornost na probijanje i zapaljivost, elektroizolacijska svojstva i bočnu tvrdoću, a mora zadovoljavati tehničke zahtjeve prema normi HRN EN 443:2008 (Kacige za gašenje požara u zgradama i drugim građevinama) [4].



Slika 7. Ostala oprema vatrogasaca: a) potkapa, b) vatrogasna kaciga, c) rukavice, d) čizme, e) zaštitna maska, f) aparat za zaštitu dišnih organa [4]

Rukavice su neizostavan dio zaštitne opreme svakog vatrogasca jer sprečavaju ozljedu ruku.

Dobre zaštitne rukavice, osim zaštite od topline i hladnoće, moraju imati sljedeća obilježja:

- ergonomski dizajn,
- otpornost na abraziju, rezanje i sl.,
- dobro prianjanje na mokrim i suhim podlogama,
- vodonepropusnost i
- dobar osjet opipa za korisnika [4].

Vanjski dio rukavice izrađen je od Nomex® materijala s Kevlarom®, a materijal ima otpornost na rezanje i toplinu. Rukavice moraju imati svojstvo vodonepropusnosti i zrakopropusnosti, a imaju mogućnost fleksibilnog namještanja zgloba, podesivi Velcro zatvarač, PU štitnike na gornjem dijelu rukavice, rukavi su označeni 3M žutom/srebrnom/žutom trakom dok su vanjski materijal rukava i zaštitnici označeni s reflektirajućim 3M Scotchlite® materijalom, kukicom i okom za spajanje a moraju zadovoljavati normu HRN EN 659:2008 (Zaštitne rukavice za vatrogasce) [4].



Slika 8. Vatrogasne rukavice za tehničke intervencije DEER SKIN [7]

Vatrogasne čizme moraju pružati zaštitu od topline, hladnoće, iskrenja, plamena i oštih predmeta. Vodootpornom ju čine Sympatex membrana i koža otporna na vodu. Zaštitu od topline i hladnoće pruža višeslojna konstrukcija potplata sa zračnim jastucima. Pri izradi đona koristi se antistatička nitrilna guma dvostruke gustoće, koja je otporna na toplinu i ulja/hidrokarbonate. Đon čizme je višeslojan pa je njegov središnji laminatni dio izrađen od tekstila i otporan je na perforaciju. Čelični umeci u potplatu, kao i čelična kapica u području prstiju štite nogu od ozljeda. Pojačana konstrukcija u području pete pruža stabilnost, a reflektirajuće trake na rubovima omogućuju dobru uočljivost u mraku. Moraju zadovoljavati standard HRN EN 15090:2007 (Obuća za vatrogasce) [4].



Slika 9. Vatrogasne čizme [8]

Zaštitna maska je sastavni dio zaštitne opreme za vatrogasce te se koristi u kombinaciji s respiratornim zaštitnim filtrima, s aparatima za disanje sa svježim zrakom, zračnim sustavima i respiratorima za pročišćivanje zraka s napajanjem.

Izrađena je od prirodne gume koja prianja na kožu te je otporna na trošenje. Sastavni dio zaštitne maske je vizir od akrila koji treba biti otporan na ogrebotine i gotovo neslomljiv, ne smije se rošiti niti zamagljivati, a također treba pružiti široko vidno polje.

Aparati za zaštitu dišnih organa upotrebljavaju se za zaštitu od udisanja štetnih plinova iz atmosfere i osiguravaju dovoljnu količinu čistog zraka (kisika) za rad i život na određenom mjestu i u ograničenom vremenu. Mogu se podijeliti na:

- aparati za filtriranje – koriste filtre za pročišćavanje zraka,
- cijevni aparati s dovodom čistog zraka,
- izolacijski aparati sa spremištem zraka i
- regeneracijski aparati s komprimiranim ili tekućim kisikom [2].

2.1.2.3. *Održavanje i testiranje odjevnih sustava za zaštitu od topline i plamena*

Zaštitnu odjeću nužno je, ovisno o ugrađenim materijalima i dodacima, pažljivo održavati i prati odnosno čistiti, pri čemu se treba pridržavati uputstava proizvođača. Odluku o najboljem načinu za održavanje odjeće obično diktira onaj dio koji je najosjetljiviji na oštećenja prilikom pranja ili kemijskog čišćenja. Odjeću koja pruža zaštitu od topline i plamena trebalo bi sušiti obješenu na toplome zraku. Odjeću koja je izložena djelovanju biološkog, radioaktivnog ili kemijskog zračenja potrebno je dekontaminirati [6].

Faktori koji utječu na vijek trajanja odjeće su vrsta veza, površinska masa tkanine, koliko često se nosi odjevni predmet, broj i vrste popravaka koji su izvedeni na odjeći, procedura čišćenja, način i tip rada koji obavlja korisnik, broj i oblik pojačanja u području očekivanih naprezanja, izloženost opasnim kemikalijama, ekstremnoj toplini i ultravioletnom zračenju.

Održavanje zaštitne odjeće kao što je ona od GoreTex materijala obuhvaća:

- sortiranje – prema materijalima, boji, nečistoćama, simbolima za njegu i dr.,
- predetaširanje – ručno se obrađuje mjesto koje je uprljano nečistoćama kao npr. talozima od izgaranja, raznim uljima, plinovima, masnoćama, gorivima, kiselinama, lužinama, mulj od produkta gorenja, zemljom te različitim tvarima, krvlju itd. Treba dobro pripaziti na džepove, isprazniti ih i dobro iščetkati,
- strojno čišćenje - može biti suho ili u mokroj kupelji bez dodavanja omekšivača,
- naknadna detašura – ukoliko je potrebno da se detašira nužno je to napraviti uz minimalnu količinu sredstva za detaširanje,
- naknadno impregniranje – izvodi se iz kupelji i prskanjem. Koristi se parafinska i fluorkarbonska sredstva za oplemenjivanje. Za odjevne predmete od GoreTex i Sympatex materijala nije preporučljivo koristiti sredstva na bazi parafina, jer sljepljuju membranu [9].

Tablica 1. Rok upotrebe osobne i zajedničke zaštitne odjeće [10]

Proizvod	Komada	Rok trajanja (godina)
ZAŠTITNO INTERVENCIJSKO ODIJELO	1	5
ZAŠTITNA ODJEĆA ZA ŠUMSKI POŽAR	1	2
ZAŠTITNE ČIZME	1	2
ZAŠTITNE RUKAVICE	1	1
ZAŠTITNA KACIGA	1	8
ZAŠT. MASKA SA SAMOSTALNIM UREĐAJEM ZA DISANJE ILI FILTEROM	1	5
POJASEVI ZA ZAŠTITU OD PADA, ZA POZICIONIRANJE I RAD NA VISINI	1	5
PRIBOR ZA POJASEVE	1	5
POTKAPA	1	2

U tablici 1 prikazan je rok upotrebe osobne i zajedničke zaštitne odjeće, pa je tako rok trajanja za zaštitno intervencijsko odijelo 5 godina, za zaštitnu kacigu 8 godina dok je za zaštitne rukavice rok trajanja 1 godina.

Odjeća za zaštitu od topline i plamena treba biti propisno označena. Oznake trebaju sadržavati informativni dio na službenom jeziku zemlje u kojoj se koristi, te se moraju nalaziti na samom proizvodu ili na etiketi pričvršćenoj na proizvod na način da su čitke i vidljive (slika 10). Oznake na odjevnom predmetu trebaju biti otporne na pranje odnosno kemijsko čišćenje. Također, piktogrami i oznake trebaju biti dovoljno veliki kako bi se omogućila dobra čitljivost [2].



a)

b)



c)

Slika 10. Oznake na zaštitnoj odjeći: a) primjer oznake za zaštitnu odjeću, b) piktogram opasnosti, c) cjeloviti prikaz uputa unutar odjeće [2]

Na zaštitnoj odjeći treba biti istaknut piktogram opasnosti koji jasno ukazuje na namjenu sredstva s brojevima koji označavaju razinu zaštite. Propisane su tri razine zaštite za toplinske opasnosti:

- 1 – izlaganje niskom očekivanom riziku,
- 2 – izlaganje srednje očekivanom riziku i
- 3 – izlaganje visokom očekivanom riziku.

Informacije koje oznake trebaju sadržavati su: trgovačka marka, tvornička oznaka tipa odjeće (tvorničko ime), oznaka veličine, broj specifične norme EN, dizajn odjeće, piktogram koji

pokazuje specifičnu opasnost, razinu zaštitnog djelovanja i upute o načinu održavanja odjeće. Sve navedene informacije potrebno je označiti na uputama unutar odjeće.

Testiranje zapaljivih svojstava tekstilnih materijala može se provesti testiranjem svakog pojedinačnog sloja u laboratoriju, ali se takvim testovima ne dobivaju odgovarajuće informacije. Preporuča se testiranje uporabom požarne lutke gdje je moguće simulirati eksploziju vatre. „Lutka“ je tehnički izraz za anatomski oblikovani model čovjeka pomoću kojeg se mogu izmjeriti i/ili simulirati izvjesne čovjekove funkcije. Pomoću lutki testiraju se efekti nošenja različitih vrsta odjeće i drugih predmeta zaštitne odjeće na ljudskome tijelu. Ovakvih vrsta požarnih lutaka u svijetu postoji samo nekoliko, a najpoznatiji su Thermo-man iz DuPonta, Pyro-Man iz North Carolina State University, požarna lutka iz University of Alberta, požarna lutka Žiga iz Inštituta Jožef Štefan, Slovenija (slika 11.) [2].



Slika 11. Požarna lutka Žiga [11]

Spomenute požarne lutke opremljene su temperaturnim sensorima pomoću kojih se ispituje temperatura po cijeloj površini lutke. Upotrebom toplinskog modela kože vrlo lako se iz izmjerene temperature mogu ocijeniti stupanj i lokacija opekline, pa se pomoću tih

informacija može dovesti u vezu s faktorima kao što su vrsta materijala, masa tkanine, konstrukcija odjeće, kroj i pristajanje odjeće te utjecaj vanjske i unutarnje odjeće. Ovim načinom testiranja prikupljene informacije mogu se iskoristiti za daljnju analizu svojstava odjevnih predmeta pri izlaganju plamenu, u odnosu na dizajn i pristajanje odjeće, kvalitetu šavova, ponašanje pri skupljanju, požarno ponašanje komponenata kao što su retroreflektivne trake, sustav zatvaranja, itd [2].

Ispitivanje odjevnih sustava za zaštitu od topline i plamena pomoću požarnih lutki temelji se na izlaganju odjevnog sustava na požarnoj lutki kontroliranom plamenu iz 8 do 12 plinskih plamenika pomoću kojih se postiže temperatura do 1000 °C i toplinski tok od 2 cal cm⁻² s⁻¹ (84 kW m⁻²), s vremenom izlaganja od 4 do 25 s. Požarna lutka opremljena je sa 128 toplinskih senzora po čitavom tijelu, koji su povezani s računalom, a oponašaju reakciju čovjekove kože na promjenu temperature. Ovakav računalni program može predvidjeti, veličinu, stupanj i mjesto opekline koja bi nastala na korisniku kada je izložen stvarnim uvjetima, a također i određuje mogućnost preživljavanja kao i brzinu reakcije na toplinu.

Mjerenja se bilježe svakih 0,5 s i to na svakom predjelu gdje je smješten termoelement. Temeljem podataka o temperaturi izračunava se toplinski tok (odnosno brzina gomilanja topline), što se uspoređuje s modelima opeklina ljudske kože kako bi se ustanovilo jesu li se pojavile opekline. Budući da se oštećenja opeklinama zbog prijenosa topline s vrućeg ili gorućeg odjevnog predmeta pojave nakon završnog prvog dovoda plamena, prikupljanje podataka se nastavlja u točno određenom razdoblju nakon prvog dodira s plamenom. Podaci se prikupljaju 120 sekundi uključujući prvi dodir s plamenom [4].

Eksplozivna vatra (*engl. flashfire*) postiže se gorenjem glavnih plamenika od 2 do 10 sekundi, ovisno o trajanju testa i odjevnog sustava koji se testira. Isključivanjem plamenika vatra se ugasi i pričekava se do završetka testa kada se uključuje ventilator za brže prozračivanje prostora za testiranje.

Primjenom takvih testova može se dobiti uvid u stanje izdržljivosti odjevnog sustava, kao i stanje izdržljivosti pojedinih unutarnjih slojeva.

Automatiziran sustav požarne lutke i simulator eksplozivne vatre omogućavaju predviđanje stupnja opeklina korisnika takvog odjevnog sustava i posljedično mogućnost njihovog preživljavanja [4].

Flame Manikin Test Report

Jozef Stefan Institute
E1 - Automation, Biocybernetics and Robotics
Jamova 39, SI-8000 Ljubljana, Slovenia

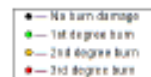


Date: 17. apr 2012
Time: 12:14

File name: test_17_apr_12_6.dat

Clothing details

Garment type:
Fabric weight: g/m²
Fibre type:
Color:
Nonstandard garment features:
Design characteristics:
Comments: Vetroprotni sloj



Burn duration: 4.00 s

Time to 1st degree: 17 s

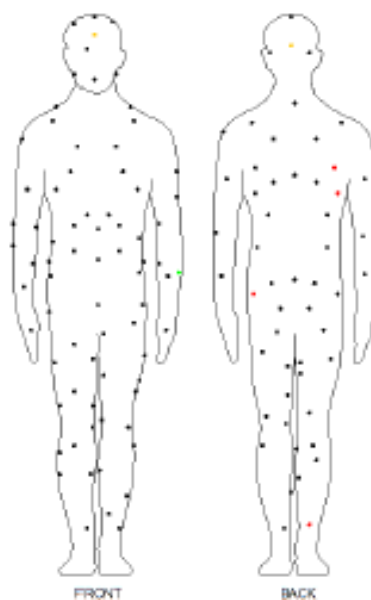
Area of 1st degree: 1 %

Time to 2nd degree: 0 s

Area of 2nd degree: 2 %

Time to 3rd degree: 6 s

Area of 3rd degree: 3 %



Flame Manikin Test Report

Jozef Stefan Institute
E1 - Automation, Biocybernetics and Robotics
Jamova 39, SI-8000 Ljubljana, Slovenia

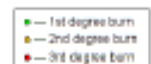


Date: 17. apr 2012
Time: 12:14

File name: test_17_apr_12_6.dat

Clothing details

Garment type:
Fabric weight: g/m²
Fibre type:
Color:
Nonstandard garment features:
Design characteristics:
Comments: Vetroprotni sloj



Burn duration: 4.00 s

Time to 1st degree: 17 s

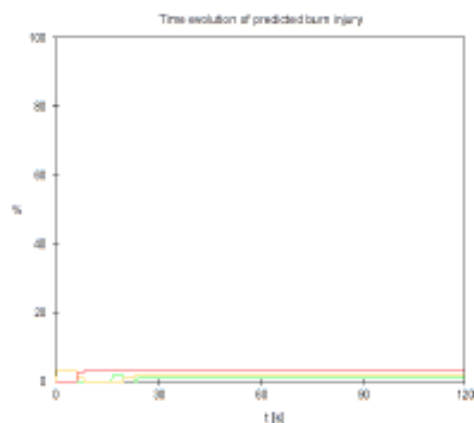
Area of 1st degree: 1 %

Time to 2nd degree: 0 s

Area of 2nd degree: 2 %

Time to 3rd degree: 6 s

Area of 3rd degree: 3 %



Slika 12. Računalni prikaz rezultata dobivenih ispitivanjem na požarni lutki Žiga [4]

2.1.3. Materijali za izradu odjeće za zaštitu od topline i plamena

Materijali koji se koriste za izradu odjeće za zaštitu od topline i plamena moraju imati otpornost na toplinu odnosno povišenu temperaturu, otpornost na zapaljenje i gorenje pri kontaktu s plamenom, otpornost na taljenje i kapanje, reflektivnost za IC zrake te trebaju pružati što višu toplinsku izolaciju.

Kako bi zaštita od plamena bila efikasna i trajna, obrada materijala koja osigurava vatrootpornost se ne bi smjela isprati, istrošiti niti izgubiti na bilo koji način, čak ni uz

korištenje neodgovarajućih sredstava za čišćenje i/ili izbjeljivanje, sve dok je komad odjeće u upotrebi [12].

Postoji više modela vatrogasnih zaštitnih odijela, a poznatiji su Wessex i Jaguar [13].

Wessex je vatrogasno odijelo koje se sastoji od jakne koja doseže do polovice bedara i nadhlača koje završavaju u struku. Na slici 13 prikazano je vatrogasno odijelo Wessex koje proizvodi tvrtka Bristol. To je vatrogasno intervencijsko odijelo za strukturne požare, klasičnog dizajna sa produljenom jaknom kako bi se osiguralo preklapanje sa hlačama u svrhu zaštite vatrogasca prilikom intervencija.



Slika 13. Bristol Wessex vatrogasno odijelo [14]

Kod modela Jaguar jakna je znatno kraća, dok su hlače produžene prema prsima. Izgledom donekle podsjeća na američke vatrogasce. Ova izvedba vatrogasnog odijela omogućava bolju okretnost i fleksibilnost pokreta, posebno u ograničenom prostoru [13].

Vatrogasno odijelo model Jaguar proizvođača Bristol prikazano je na slici 14. Model je dizajniran sa kratkom jaknom i iznimno visokim hlačama koje na taj način osiguravaju zaštitni preklop uz potrebnu fleksibilnost i mobilnost.



Slika 14. Bristol Jaguar vatrogasno odijelo [15]

Zaštitna odjeća za vatrogasce najčešće je više slojna i svaki sloj je izrađen od drugog materijala, a može imati i dodatke kao što su patentni zatvarači, vezice, specijalne oznake, refleksne trake i sl. Odjeća koja mora biti vidljiva u mraku ili specijalnim uvjetima opremljena je trakama koje imaju retroreflektivna i fluorescentna svojstva i pozicionirane su na posebno uočljivim mjestima kao što su rubovi jakne ili hlača, ramena, te rubovi rukava [2]. Kao prvi zaštitni sloj („vanjska školjka“) često se koristi tkanina koja je po sirovinskom sastavu kombinacija Nomex i nekog drugog aramidnog vlakna u omjeru 95% prema 5% kod običnih vojnih i policijskih odora, a 75% prema 25% kod vatrogasne odjeće. Pri promatranju karakteristika gorenja vlakana, da se zaključiti da su celulozna vlakna najzapaljivija i najbrže gore, dok aramidna vlakna pougljene, ali ne gore.

Tekstilije koje čine dvije ili više vrsta vlakana ne gore na isti način kao i pojedinačna vrsta vlakana. Također, na način gorenja utječe i način na koji su izrađene tekstilije (pletivo, tkanine, netkane tekstilije, vez, itd.)

Vatrogasna zaštitna odjeća za gašenje požara građevinskih objekata i u industriji, izrađuje se od četiri osnovna sloja materijala sastavljena u jednu kombinaciju/sustav, a svaki sloj obavlja posebnu zadaću:

- vanjski sloj odnosno materijal vrlo je čvrst i predstavlja prvu liniju obrane od plamenih jezika i topline. Naziva se i „vanjska školjka“ i ima visoku otpornost na toplinu i plamen, otpornost na mehaničke utjecaje, većinu otapala i kiselina, ne smije gorjeti, topiti se, pucati ili raspadati se čak i nakon spaljivanja. Ovi materijali nakon djelovanja otvorenog plamena i topline ne smiju se skupljati niti raspadati. Materijali za zaštitu od vlage moraju biti otporni na vodu, nepropusni na vjetar i moraju „disati“ odnosno moraju omogućiti prolazak topline od tijela prema okolini.
- drugi sloj je barijera protiv vode, koja mora osigurati zaštitu od voda i nekih kemikalija. To je vodonepropusna/zrakopropusna membrana, čija je svrha smanjiti količinu vode koja bi iz okoliša mogla prodrijeti u unutrašnjost odjevnog predmeta, spojena je s tkanom ili netkanom podlogom koja joj daje potrebnu trajnost i čvrstoću, ali može biti spojena i s unutarnjom stranom vanjske školjke. Uz to ona mora biti dišljiva odnosno mora dozvoliti da se produkti znojenja korisnika mogu odvesti dalje od njegovog tijela.
- treći sloj je toplinska međupodstava, materijal namijenjen da uspori prolaz topline izvana prema unutrašnjosti odjevnog predmeta, a uobičajeno se „preštepava“ na nosivu tkaninu pa zajedno čine unutarnji sloj.
- četvrti sloj je unutarnja podstava koja štiti materijal od toplinske prepreke, pruža korisniku udobnost i dodatni zaštitni sloj.

Kombinacija materijala omogućava korisnicima zaštitnih odijela najbolju moguću zaštitu. Uz to je vrlo važno da se i težina odjevnog sustava zadrži što manjom, kako bi se minimizirali efekti toplinskog stresa, ali bez ugrožavanja sigurnosti korisnika, odnosno umanjivanja kvalitete odijela [2, 13].

Proizvođači odjeće za zaštitu od topline i plamena za svaki od navedenih slojeva upotrebljavaju različite vrste materijala. Neki od njih za pojedine modele odjeće koriste tri sloja materijala, i to vanjski sloj („vanjska školjka“), materijal za zaštitu od vlage i podstavu koja je u tom slučaju dvoslojna [2].

Danas se pri izradi odjeće za zaštitu od topline i plamena osim inherentno otpornih materijala na plamen kao što su aramidna vlakna (Kevlar, Nomex, Tvaron, Rustik), i vlakna na bazi

melamina (Basofil®) i modakrilna vlakna otporna na plamen, vrlo često koriste pamučna, viskozna, vunena i poliesterska vlakna koja se u postupcima dorade obrađuju kemijskim sredstvima protiv gorenja.

Najčešći materijali za izradu vanjskog sloja („vanjske školjke“) vatrogasnih zaštitnih odijela su Nomex III, Nomex Delta T, Nomex sa Ti-tehnologijom, Z200, Pbi Gold, Kermel HTA, Basofil (Omni 45) i Gore-tex [13].

Nomex III je jedno od najpoznatijeg vatrootpornog vlakna na svijetu. Sadrži 95% Nomexa i 5% Kevlara za čvrstoću, a za vatrogasne jakne i hlače uobičajeno se koristi kao keper tkanje površinske mase 265 g/m². Također posjeduje dobru otpornost na kiseline i lužine [13].

Karakteristike:

- vatrootporan,
- trajno otporan na toplinu do 1 000°C,
- izvrsnih izolacijskih kvaliteta,
- otporan na kemikalije,
- zadržava oblik i
- izvrsne je čvrstoće na abraziju i habanje [13].

Nomex Delta T je široko korišten materijal tijekom mnogih godina i do danas je dokazao svoju trajnost na zahtjevne uvjete gašenja požara. Materijal sadrži 75% Nomexa, 23% Kevlara i 2% P140 ugljičnih vlakana (koja tkanini daju antistatična svojstva). Uglavnom se koristi kao tkanina tkana u keper vezu površinske mase 195 g/m². Alternativno se Nomex Delta T može isporučiti kao tkanina površinske mase 220 g/m² [13].

Karakteristike:

- inherentno negoriv i antistatičan,
- velika mehanička čvrstoća,
- vrlo otporan na habanje,
- otpornost na većinu kemikalija, goriva i otapala,
- male dimenzijske promjene pri nošenju i pranju,
- dobra postojanost boja i oblika,
- lako održavanje i
- dugi vijek trajanja (do 150 pranja) [13].

Nomex sa Ti-tehnologijom je vrsta materijala koja se odnosi na patentirani, dvoslojni sustav tkanine, koji se prvenstveno koristi za izradu vanjske školjke. Budući da ova tkanina ima svojstvo aktivnog zadržavanja zraka i ima povećanu čvrstoću, pruža najvišu razinu zaštite odjeće.

Istraživanja su potvrdila da sustav tkanine Ti-tehnologije pruža do 25% bolju toplinsku zaštitu nego uobičajene aramidne tkanine iste površinske mase. Razlog tome je da Ti-tehnologija koristi prednosti zraka, jednog od najlakših i najefikasnijih toplinskih izolatora [13].

Da bi tkanina pružila odličnu postojanost boje te da bi se sve to zadržalo i nakon mnogobrojnih pranja koristi se Ti-tehnologija. Zbog tih svojstava produžuje se uporabni rok tkanine i na duže vrijeme predstavljaju najbolju investiciju [13].

Z200 je jedan od najnovijih materijala za izradu vanjskog sloja vatrogasne odjeće, a zadržava svoju strukturu i kad je izložen snažnom utjecaju plamenih jezika. Uz to ima i svojstvo bubrenja, dozvoljavajući da tkanina ekspandira u kontakt s toplinom, pružajući time izvrsnu zaštitu [13].

Pbi Gold je tkanina koja se koristi za izradu vatrogasnih odijela za američke vatrogasce. Ova tkanina je tkana u platno vezu, površinske mase 200 g/m^2 , a sastoji se od 40% Pbi vlakna i 60% Kevlara [13]. Pbi vlakno je tkano zajedno s Kevlarom, što osigurava visoku čvrstoću tkanine, uz zadržavanje gipkosti nakon izlaganja plamenu. Uz to pruža i iznimnu udobnost, a isporučuje se samo u zlatnoj boji [16].

Kermel HTA tkanina sadrži niti čiji vanjski omotač (64%) ima vrlo visoku vlačnu čvrstoću, unutarnja jezgra je od 33% para-aramidnog vlakna Technora i 3% antistatičkog vlakna. Proizvodi se kao tkanina tkana u keper vezu, površinske mase 195 ili 220 g/m^2 [13].

Basofil (Omni 45) je novi materijal koji se sastoji od mješavine 40% BASF Basofil vlakna i 60% para-aramidnog vlakna. Tkanina je tkana u platno vezu, površinske mase 265 g/m^2 [13].

Tablica 2. Najčešće upotrebljavani materijali za izradu interventne vatrogasne odjeće [2]

	Red. br.	Vrsta materijala	Površinska masa [g/m ²]
Vanjska školjka	1.	Nomex® Delta TA	195
	2.	Nomex® Static Control	260
	3.	Nomex® III	265
	4.	Nomex® Comfort	220
	5.	Nomex® Tough	195
	6.	tkanine izrađene od meta- i para-aramidnih vlakana	210
	7.	Kermel HTA	210
	8.	PBI tkanina	205
	9.	Aramid Nomex®	225
	10.	Lenzing FR®	250
Drugi sloj	1.	PU (poliuretanske) membrane	~ 125
	2.	Comfortex C membrane	~ 125
	3.	Sympatex® membrane	~ 125
	4.	Gore-Tex® membrane	~ 125
Treći sloj	1.	tkanine izrađene od aramidnih vlakana	
Četvrti sloj	1.	tkanine izrađene od Nomex® vlakana	160-270
	2.	tkanine izrađene od aramidnih vlakana	160-270
	3.	tkanine izrađene od mješavina aramidnih i viskozničkih vlakana	160-270
	4.	tkanine izrađene od pamučnih vlakana (dodatno obrađene i otporne na plamen)	330

Za barijeru protiv vode najpoznatiji i najčešće korišteni materijal je Gore-tex.

Gore-tex membrana je vodonepropusna, vjetronepropusna i prozirna te sprječava znojenje. Gore-tex membrana je lagana i izuzetno tanka, a nalazi se između vanjskog i unutarnjeg sloja materijala. Membrana je izuzetno hidrofobna i vodoodbojna. Čak i kod pritiska od 8 bara voda ne prodre kroz membranu (1 kap vode je 20.000 puta veća od jedne pore membrane). Membrana ima višeslojnu strukturu gusto prepletene mreže u kojoj se vjetar hvata i onemogućava prodiranje vjetra, tako da tjelesna temperatura ostaje konstantna. Gore-tex membrana diše jer znoj izlazi kroz membranu u obliku vodene pare, a pore membrane su približno 700 puta veće od molekula vodene pare i zato ne dolazi do znojenja [13].

Prednosti Gore-tex membrane su:

- vodonepropusnost i poslije udara visoke vrućine,
- otpornost na sve kiseline i lužine,
- vodonepropusnost i nakon 20 pranja,
- nepropusnost kod svih naftnih derivata,
- nepropusnost i poslije višestrukih kemijskih čišćenja,
- zaštita od kemikalija, benzina, kerozina, pjene za gašenje i
- zaštita od ulaza vruće pare [13].

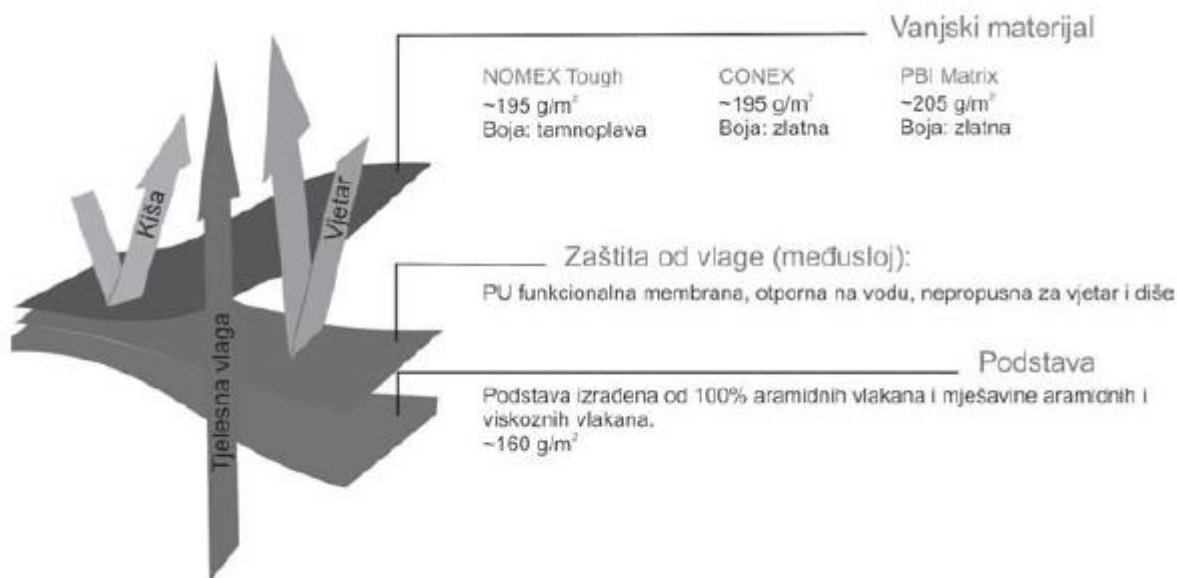
Tablica 3. Test nepropusnosti Gore-tex materijala u usporedbi s drugim materijalima kod određenih temperatura [13]

Temperatura	Trajanje	Broj ispitivanja	Sympatex	Proline	GORE-TEX
190°C	5 min	2 x	propušta	ne propušta	ne propušta
190°C	5 min	3 x	propušta	propušta	ne propušta
210°C	5 min	4 x	osnovni materijal se raspada	propušta	ne propušta
265°C	5 min	1 x	osnovni materijal se raspada	propušta	ne propušta

Za drugi sloj zaštitne odjeće za vatrogasce kao prepreka i zaštita od vlage koriste se PU (poliuretanske) membrane, Comfortex C, Sympatex® i Gore-Tex® membrane.

Za treći sloj zaštitne odjeće za vatrogasce kao toplinska zaštita, tzv. toplinska međupodstava, koriste se tkanine izrađene od aramidnih vlakana.

Za četvrti sloj zaštitne odjeće za vatrogasce koriste se tkanine izrađene od Nomex® aramidnih vlakana, te tkanine izrađene od pamučnih vlakana koje su dodatno obrađene i otporne na plamen [4].



Slika 15. Shematski prikaz slojeva zaštitne odjeće za vatrogasce i najčešće upotrebljavani materijali za pojedine slojeve [2]

2.1.4. Norme i piktogrami za zaštitnu odjeću

Zaštitna odjeća je odjeća koja je nosiva preko osobne odjeće ili je zamjenjuje, a dizajnirana je tako da štiti od jedne ili više opasnosti (EN 340:2003). Također, zaštitna odjeća je osobna zaštitna oprema koja štiti ljudsko tijelo od štetnih vanjskih utjecaja. Osnovni standard za primjenu zaštitne odjeće je Uredba (EU) 2016/425 Europskog Parlamenta i Vijeća [16]. Opća norma za zaštitnu odjeću, koja je prihvaćena i primjenjuje se u Republici Hrvatskoj je norma HRN EN 340:2004. Zaštitna odjeća u njoj se definira kao odjeća koja pokriva ili zamjenjuje osobnu odjeću i pruža zaštitu od jednog ili više rizika koji mogu ugrožavati zdravlje i sigurnost osobe na radu. Ova norma se ne može koristiti samostalno, već isključivo u kombinaciji s nekom drugom normom koja sadrži zahtjeve za specifičnim svojstvima odjeće koja mora pružiti željenu zaštitu [18].

U skladu sa Zakonom o zaštiti na radu i pripadajućim pravilnicima poslodavac mora:

- procijeniti opasnosti i štetnosti, te rizike koji iz njih proistječu,
- eliminirati ili umanjiti opasnosti na izvoru,
- eliminirati ili umanjiti rizike kolektivnim mjerama,
- eliminirati ili umanjiti rizike administrativnim mjerama,
- odabrati prikladnu osobnu zaštitnu opremu nakon procjene realnih „preostalih rizika“.

Poslodavac treba na temelju procjene rizika za sigurnost i zdravlje pri radu odrediti radno mjesto i poslove na kojima je obavezna uporaba zaštitne odjeće kao i njezine zaštitne parametre prema Pravilniku o izradi procjene rizika [18].

Uredba (EU) 2016/425 Europskog Parlamenta i Vijeća odnosi se na osobnu zaštitnu opremu koja je obuhvaćena u tri skupine, označene kao kategorije I, II i III [19].



Slika 16. Kategorije osobne zaštitne opreme [6]

Kategorija I odnosi se na osobnu zaštitnu opremu jednostavne konstrukcije koja se upotrebljava kod zaštite od minimalnih rizika koje korisnik može identificirati sigurno i na vrijeme a to mogu biti površinske mehaničke ozljede, kontakt sa sredstvima za čišćenje slabog djelovanja ili produljeni dodir s vodom, dodir s vrućim površinama čija temperatura ne prelazi 50°C, ozljede očiju zbog izlaganja sunčevoj svjetlosti i atmosferski uvjeti koji nisu ekstremne prirode.

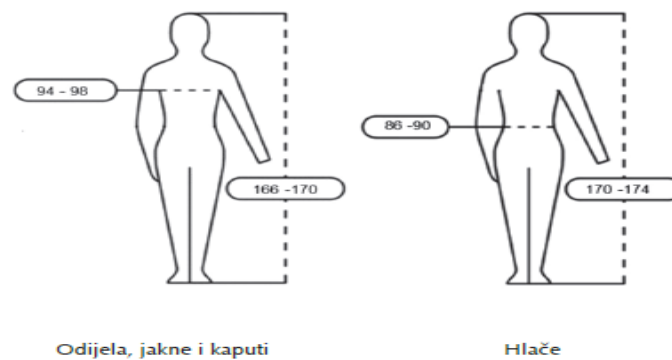
Kategorija II obuhvaća osobnu zaštitnu opremu koja nije niti jednostavna niti složena i obično se naziva zaštitnom opremom „srednje konstrukcije“. To je osobna zaštitna oprema namijenjena za pružanje „srednje razine zaštite“ a obuhvaća rizike koji nisu navedeni u kategorijama I. i III.

Kategorija III čini osobnu zaštitnu opremu složene konstrukcije i namijenjena je za zaštitu od smrtnih opasnosti ili opasnosti koje mogu ozbiljno i nepovratno oštetiti zdravlje. To su npr. osobna zaštitna oprema složene konstrukcije za vatrogasce, radnike koji rukuju motornom pilom, za zaštitu od električne struje [19].

Osnovni zdravstveni i ergonomski zahtjevi koji proizlaze iz norme HRN EN 340 su: dizajn, neškodljivost materijala, udobnost, vijek trajanja odjeće, način označavanja odjeće te općenite informacije proizvođača..

Sva zaštitna odjeća treba biti označena oznakom koja treba sadržavati informativni dio na službenom jeziku zemlje u kojoj se upotrebljava. Oznake se moraju nalaziti na samom proizvodu ili na etiketi pričvršćenoj na proizvodu na način da su vidljive i čitljive, a moraju biti i otporne na pranje. Oznake i piktogrami trebaju biti dovoljno veliki da omogućavaju dobru čitljivost [18].

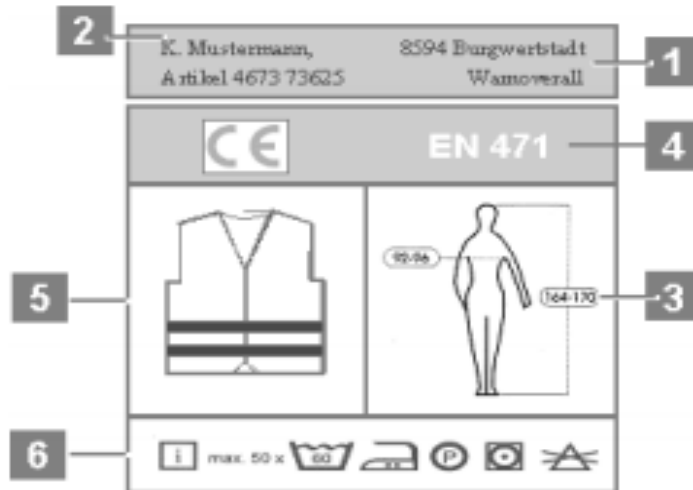
Opći zahtjevi predlažu tri glavne tjelesne mjere koje su nužne za utvrđivanje veličine zaštitne odjeće, a one su tjelesna visina, opseg grudi i opseg struka (slika 17).



Slika 17. Glavne tjelesne mjere za označavanje odjevnih veličina zaštitne odjeće [6]

Deklaracija osobnog zaštitnog sredstva za zaštitu tijela, prema normi HRN EN 340:2004, mora sadržavati:

- oznaku,
- veličinu,
- simbole za održavanje,
- obilježja materijala i odijela,
- područja upotrebe,
- ograničenja kod upotrebe,
- pravilnu upotrebu,
- skladištenje i
- uništavanje poslije upotrebe [18].



Slika 18. Primjer oznake za zaštitnu odjeću [3]

Zaštitna odjeća, prema funkciji zaštite, može se podijeliti na sljedeće skupine:

- tehnička zaštitna odjeća (uključuje i zaštitu od radioloških (RKB) agensa),
- toplinska zaštitna odjeća,
- odjeća za zaštitu od kiše i hladnoće i
- vatrogasna odjeća (uključuju i zaštitu kod strukturnih i šumskih požara).

Piktogrami za zaštitnu odjeću i područje zaštite prikazani su u tablici 3.

Metode testiranja zaštitne odjeće povezane su s metodama testiranja materijala a obuhvaćaju test na udobnost, fiziološke potrebe, zaštitu od hladnoće i topline, ergonomski dizajn, pristalost, propusnost kiše/vlage i test visoke uočljivosti odjeće. Treba se posebno dizajnirati i sagledati sve mogućnosti uvjeta nošenja koji mogu nastati prilikom upotrebe. Pri izradi i dizajnu zaštitne odjeće moraju biti u optimalnom omjeru zaštita, komfor, trajnost i cijena.

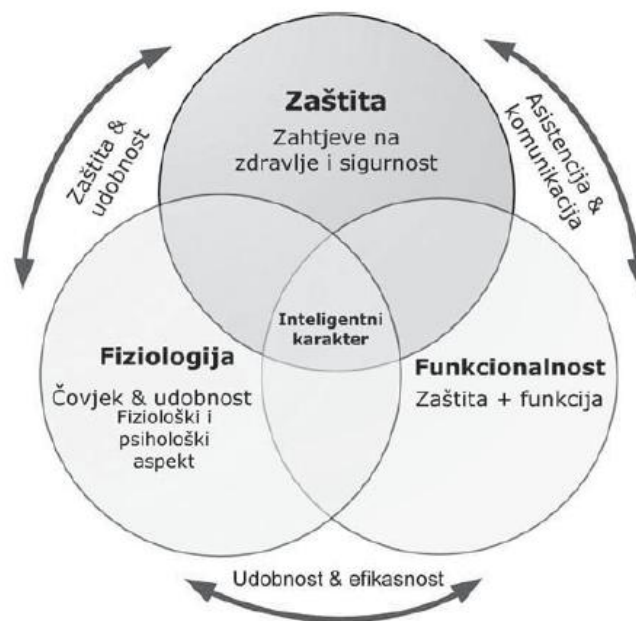
Tablica 4. Piktogrami za zaštitnu odjeću i područje zaštite [6]

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

2.2. Funkcionalni dizajn

Za razliku od modne odjeće, proces dizajniranja funkcionalne odjeće počinje i završava sa specifičnim potrebama korisnika. Te potrebe, neovisno o izvedbi ili udobnosti, određene su okruženjem u kojem korisnik djeluje i aktivnostima koje izvodi. Svaka vrsta funkcionalne odjeće ima dobro definiranu funkciju koja ju razlikuje od drugih vrsta odjeće. Međutim, sve vrste funkcionalne odjeće imaju određene potrebe zajedničke svim korisnicima koje se svrstavaju u sljedeće kategorije: fiziološke, biomehaničke, ergonomske i psihološke. Stoga je uspješan funkcionalni dizajn temeljen na objedinjavanju svih navedenih spoznaja zajedničkih potreba korisnika [19].

Današnja zaštitna odjeća ocjenjivana je mnogo puta uglavnom sa stajališta njenih zaštitnih svojstava. Međutim, krajnji korisnik prema sve većim zahtjevima na zaštitnu odjeću očekuje i veću udobnost i funkcionalnost zaštitne odjeće. Zaštitna odjeća koristi se za zaštitu ljudskog života od raznih opasnosti i klimatskih promjena s kojima se čovjek susreće. Kao dinamička komponenta odjevni sustav mora biti projektiran s obzirom na zahtjeve i očekivanje korisnika. Zaštitna odjeća trebala bi biti proizvedena i projektirana tako da korisniku olakša ispravno pozicioniranje na mjesto u predviđenom razdoblju upotrebe, imajuću na umu utjecaje okoline, pokrete i položaje tijela koje isto tako treba usvojiti [20].



Slika 19. Multidisciplinarni pristup projektiranju funkcionalne zaštitne odjeće [22]

Funkcionalnost i estetika, osim funkcije proizvoda, su svakako najvažniji faktori koje pri dizajniranju treba uzeti u obzir. U tom području nisu važne samo antropometrijske karakteristike budućeg korisnika. Od velike je također važnosti izabrati odgovarajući materijal za područja dodira kako bi se osiguralo ugodno korištenje, bez mogućnosti povrede [22].

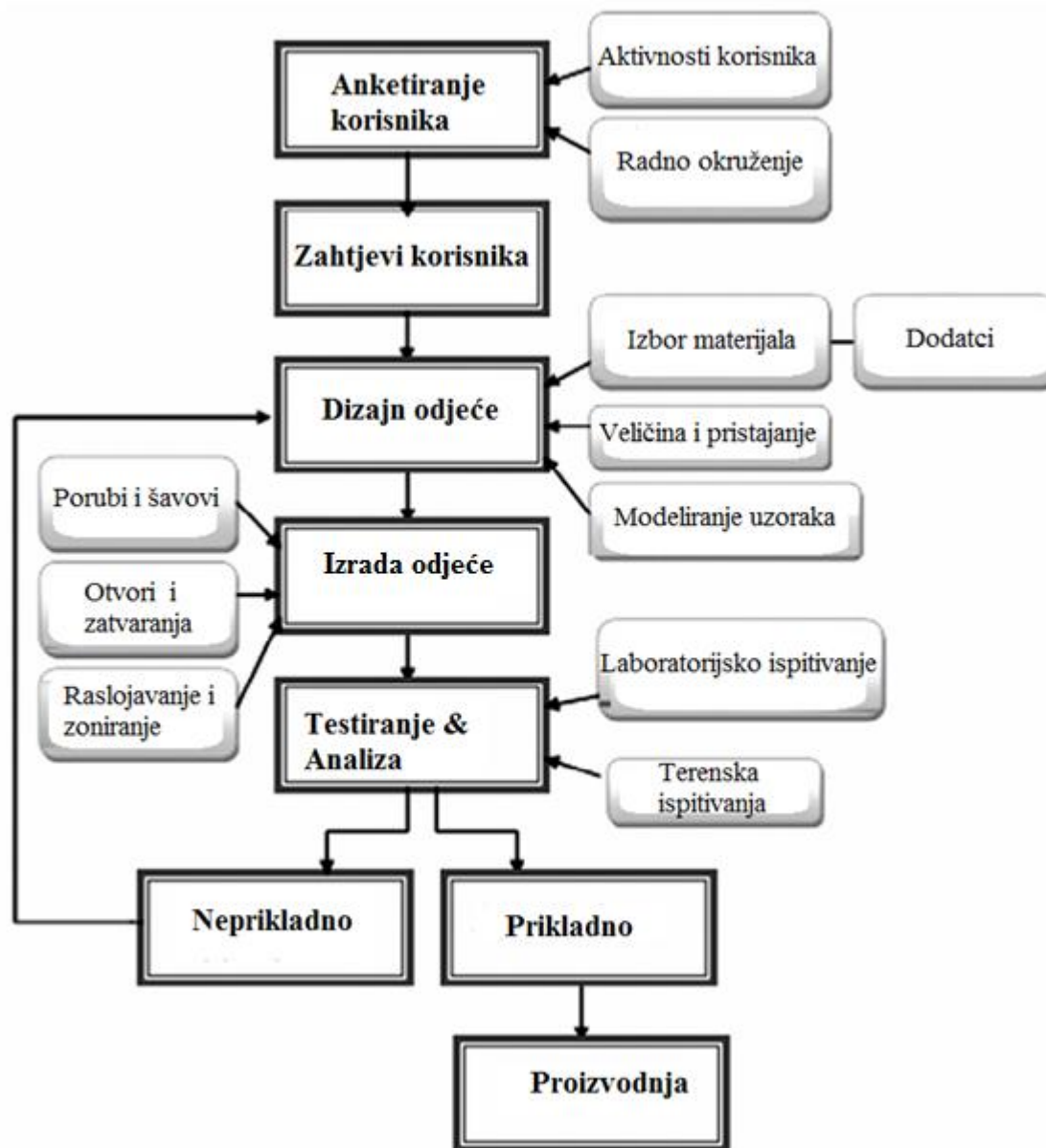
Funkcionalnost i zaštita kod zaštitne odjeće su na prvom mjestu. Zaštitna odjeća, prema namjeni i opasnostima, dijeli se na odjeću za zaštitu od pokretnih dijelova (alata, strojeva), utjecaja hladnoće, lošeg vremena, kemikalija, statičkog elektriciteta, topline, kontaminacije radioaktivnim česticama, mikroorganizama i sl. Primjena i funkcionalnost zaštitnog odjevnog predmeta postiže se odgovarajućim materijalom, kvalitetom i specifičnom izradom odjevnog predmeta te konstrukcijom odjevnog predmeta i dizajnom. S obzirom da su materijali od kojih se izrađuju odjevni predmeti, koji služe za zaštitu specifični ili specifično obrađeni, a vrlo često imaju funkciju nepropusnosti, nužno je unaprijed poznavati mehanička i fizikalna

svojstva materijala kako bi se pravilno odabrala metoda spajanja. Metoda spajanja krojnih dijelova izravno utječe na odabir tipa šava i samim time i na izradu kroja [21].

Odjeća koja se nosi kao osobna zaštitna oprema zahtijeva kvalitetne šavove. Kvaliteta samog proizvoda i kvaliteta šava usko su povezani. Radne hlače sa loše sašivenim zatvaračima na džepovima, neispravnim patent zatvaračem i krivudavim šavovima ruše funkcionalnu vrijednost i kvalitetu proizvoda [18].

Dizajn zaštitne odjeće mora osigurati da prilikom očekivanih kretnji korisnika niti jedan dio tijela nije nepokriven (npr. prilikom podizanja ruku jakna se ne smije dizati iznad struka) te da postoji odgovarajuće preklapanje dijelova odjeće).

Da bi se kapitaliziralo na specifičnim funkcionalnostima omogućenima visokotehnološkim materijalima bitno je povezati ih s inovativnim metodama i tehnikama dizajna te proizvodnje. Novi materijali zahtijevaju novije metode rezanja, šivanja, spajanja, obrade te nove sustave za izradu odjeće za izvedbu u specifičnim uvjetima. Funkcionalni dizajn se uvelike odmaknuo od tradicionalnog poimanja 2D i 3D dizajniranja. Dostupnost naprednih CAD/CAM tehnologija je u znatnoj mjeri omogućila takav moderniji pristup. Primjerice, tehnologije za 3D skeniranje tijela omogućavaju kreaciju anatomske preciznih modela ljudskoga tijela koji se potom mogu koristiti kao baza za virtualnu ili realnu kreaciju, kao i testiranje pristajanja odjeće u pokretu ili situacijama iz realnoga života [19].



Slika 20. Dijagram toka sa koracima u dizajniranju funkcionalne odjeće [19]

Pojava sve više oblika funkcionalne odjeće i dizajna potaknuta je nedavnim napredcima u proizvodnji tehničkih vlakana, tkanina te inovacijama u tehnologijama proizvodnje. Mnogo tehnologija izvorno kreiranih za potrebe vojne industrije su tako, u zadnjim desetljećima, transformirane i prilagođene potrebama tekstilne proizvodnje [23].

Tijekom razvoja i dizajna odijela treba imati na umu da gašenje požara uključuje višesatni rad većinom po ljetnim temperaturama kada se i kod vatrogasaca mogu razviti visoke razine metaboličke temperature. Vatrogasno odijelo mora biti funkcionalno i davati maksimalnu zaštitu.

Vatrogasna odjeća za zaštitu od topline i plamena može biti izrađena kao jednoslojna ili višeslojna, ovisno o vrsti i svojstvima samog materijala kao i o načinu izlaganja. Višeslojne zaštite osiguravaju i viši stupanj sigurnosti, ali samom svojom izvedbom odjeća postaje deblja odnosno teža pa ovisno o vrsti posla, odjeća može djelovati opterećujuće na tijelo korisnika [23].

Posebno je značajno zajedničko djelovanje s ostalom zaštitnom opremom. Također, značajnu ulogu ima i aktivnost propusta zraka u zaštitnoj odjeći, što se subjektivno primjećuje.

Međutim, dobra zaštita od topline i dobra nosivost često se međusobno djelomično pobijaju, jer potrebna toplinska izolacija od vanjskih utjecaja sprječava izlaz topline, i time predstavlja dodatno opterećenje za vatrogasca. Na taj način pri visokim temperaturama i teškim fizičkim poslovima može doći do preopterećenja vatrogasca [13].

Vanjski sloj se izrađuje od materijala koji imaju otpornost na visoke temperature, dok unutarnji sloj mora pružiti dobru toplinsku izolaciju i prihvatljivu udobnost nošenja. Toplinska zaštita odjeće mora biti primjerena konstituciji tijela korisnika tako da omogućava komotno gibanje radnika i postojanje zračne izolacije između kože i unutrašnjeg sloja odjeće [23].

Dobro pristajanje/veličina zaštitne odjeće od topline i plamena važan su dio zaštite korisnika. Općenito gledajući, što je odjeća „komotnija“, pruža više zaštite zbog povećanog zračnog prostora između odjeće i kože koji djeluje kao zaštita i toplinska izolacija. Odjeća koja tijesno pristaje na tijelo ima smanjenu zračnu izolaciju, što u slučaju izlaganja plamenu može rezultirati jačim opeklinama nego s komotnijom odjećom.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

U okviru eksperimentalnog dijela prikazana su tri modela odjeće za zaštitu od topline i plamena sa slikama te opisani elementi funkcionalnog dizajna primijenjenog na odjeću za zaštitu od topline i plamena.

3.1. Zaštitno odijelo tt. Bristol, model XFlex

Vatrogasno odijelo tt. Bristol, model XFlex je iznimno lagani model vatrogasnog zaštitnog odijela. Ergonomski dizajn pruža vrhunsku udobnost korisniku svojom odličnom prilagodbom svakom obliku tijela. XFlex ima karakterističan sportski stil koji nudi razne kombinacije odijela pogodne za mnoge opasne situacije vezane uz posao vatrogasca. Dostupne kombinacije materijala dizajnirane su za pružanje optimalnih karakteristika uz istovremeno vrlo malu težinu odijela kako bi se mogućnost toplinskog stresa svela na najnižu razinu. Svi slojevi ovog vatrogasnog odijela su dišljivi, a u kombinaciji sa specijalnim podstavama značajno smanjuju nakupljanje topline kao što je prikazano u tablici 4. Također, pokazuju izvrsne „RET“ vrijednosti dišljivosti i sposobnosti odvođenja vlage i topline [24].

„RET“ vrijednost je otpornost prolaska vodene pare kroz materijal i označava razliku tlaka između dvije vodene pare [25].

XFlex odijelo certificirano je prema normi EN469:2005 razina 2, i u skladu s normama EN343 (vodonepropusnost) i EN1149 (antistatičnost).

Upotrebljavaju se tri vrlo trajne vrste vanjskih slojeva materijala koji pružaju antistatičnost, vatrootpornost, a istovremenu malu površinsku masu:

1. XR6 Hainsworth Atlas,
2. PM1 Matrix,
3. XR2 Hainsworth Titan [24].

Tablica 4. „RET“ vrijednosti dišljivosti i sposobnosti odvođenja vlage i topline tt. Bristol [24]

MATERIJALI	POVR. MASA	RET	BOJE	MODEL	
XR6PA - Hainsworth Atlas	270 g/m ²	14,2	Tamno plava (Paris Blue)	XF/A Jakna	Muški
M17 Gore Crosstech Fireblocker	140 g/m ²			TXF/A Hlače	Ženski
N32NA ECO-dry Cool	135 g/m ²			LXF/A Jakna	
				LTXF/A Hlače	
Ukupna površinska masa	545 g/m²				
PM1YG PBI Matrix	205 g/m ²	15,1	Zlatna (Gold)	XF/B Jakna	Muški
M17 Gore Crosstech Fireblocker	140 g/m ²			TXF/B Hlače	Ženski
N31NA ECO-dry Cool	220 g/m ²			LXF/B Jakna	
				LTXF/B Hlače	
Ukupna površinska masa	565 g/m²				
XR2 - Hainsworth Titan	220 g/m ²	16,1	Tamno plava (Paris Blue)	XF/B Jakna	Muški
M17 Gore Crosstech Fireblocker	140 g/m ²			TXF/B Hlače	Ženski
N31NA ECO-dry Cool	220 g/m ²		Zlatna (Gold)	LXF/B Jakna	
			Crvena (Red)	LTXF/B Hlače	
Ukupna površinska masa	580 g/m²		Siva (Grey)		

M17 Gore Cross Fireblocker je vodootporna membrana koja nudi dodatnu zaštitu od patogenih mikroorganizama koji se mogu prenijeti preko krvi (HIV, Hepatitis B, Hepatitis C,..) [24].

Eco-dry toplinske barijere predstavljaju najnovije dostignuće iz specijalizirane tekstilne kompanije AW Hainsworth, a ugrađuju se upravo u ova Bristolova zaštitna odijela. Ova kombinacija Nomexa i vune pruža prirodni antibakterijski sustav i odličnu udobnost [24].

Model XFlex je dvodijelno vatrogasno odijelo (jakna i hlače) ergonomski dizajnirano i razvijeno nakon provedenih detaljnih istraživanja vrsta i tipova zadataka koje izvode vatrogasci [24].

Specifičan položaj i raspored refleksnih traka pruža dodatnu reflektirajuću površinu istovremeno naglašavajući moderne linije stila odijela. Refleksne trake su dišljive i šivane uz pomoć specijalne meta-aramidne trakice „Trimsaver“. Naziv vatrogasne postrojbe može se dodatno tiskati na leđa ili vertikalno na rub jakne [24].

Iako je standardna boja tamnoplava, odijelo je dostupno u još nekoliko boja (krem smeđa, žuta, narančasta, brigadir plava, crna,...), te u čak 28 veličina što osigurava vrlo dobro pristajanje svakoj osobi. Također, mogu se proizvesti za muške i ženske korisnike [24].



Slika 21. Skica i prikaz zaštitnog odijela tt. Bristol, model Xflex [24]

Jakna

Dizajn jakne zaštitnog odijela X Flex tt. Bristol prati oblik ljudskog tijela. Sprijeda je donji rub jakne zakrivljen prema gore, a straga je zakrivljen prema dolje za maksimalnu zaštitu i udobnost. Novi dizajn ramenog dijela i umetak ispod pazuha dozvoljavaju potpunu slobodu pokreta i nesputanu kružnu mobilnost ruku. Oblik i podstava ramenog dijela posebno su konstruirani za pružanje veće udobnosti, posebno prilikom nošenja dišnog aparata. Zakrivljene linije modela ističu moderni oblik s naglašenim reflektirajućim rubovima na pojedinim šavovima uz korištenje konca u kontrastnoj boji.

Hlače

Funkcionalno oblikovan vanjski izgled hlača zaštitnog odjela X Flex tt. Bristol karakterizira konstrukcijski strukirane hlače sprijeda i visoko podignute straga, zatim duži zatvarač smješten na središnjem dijelu te omogućava olakšano oblačenje i veliku udobnost. Konstrukcijski oblikovani pregib na koljenima omogućava lakše savijanje koljena, a karakteristični oblik šava na pojačanjima na koljenima izveden je s reflektirajućim trakama. Zakrivljene linije modela ističu moderan oblik s naglašenim reflektirajućim rubovima na pojedinim šavovima.

3.2. Zaštitno odijelo tt. Rosenbauer, model FIRE MAX II

FIRE MAX II odijelo je odijelo razvijeno kako bi pružilo maksimalnu zaštitu za vatrogasce dok istodobno jamči odličnu udobnost. Certificirano je prema normi EN 469:2005+A1:2006 i postiže najviše ocjene prema standardima zaštite u sve tri EN 469: 2005 ispitne kategorije: otpornost na toplinu, otpornost na vodu i otpornost na prodiranje pare. Pojačanja na velikim dijelovima jakne i hlača jasno pokazuju da je FIRE MAX II odijelo savršeno konstruirano za teške poslove u protupožarnim misijama [26]

Ovo odijelo dostupno je u dvije različite verzije vanjske tkanine, to su Nomex® i PBI [26].

Nomex® tkanina sastoji se od 75% Nomex vlakna, 23% Kevlar vlakna i 2% antistatičnog vlakna. Jedno je od najboljih tkanina za vatrogasna odijela. Ima izvrsnu toplinsku i mehaničku otpornost, također otporno je na sva otapala i kiseline te posjeduje visoku postojanost boja [26].

PBI tkanina sastoji se od 37% PBI vlakna, 61% para-aramidnog vlakna i 2% antistatičkog vlakna. Ova vlakna su organska vlakna sa jednom od najboljih toplinskih zaštita. PBI tkanina se ne zapaljuje i ne rastapa, a svojstva tkanine ostaju nepromijenjena čak ni nakon izravnog izlaganja direktnom plamenu. Tkanina se ne smanjuje niti postaje lomljiva nakon izlaganja toplini i plamenu (slika 22).



Slika 22. Skica i prikaz zaštitnog odijela tt. Rosenbauer, model FIRE MAX II [27]

Jakna

Duljina leđa jakne iznosi 89 cm. Vanjski materijal sastoji se od vanjskog sloja koji je sastavljen od Nomex vlakna tamnoplave boje i površinske mase od približno 195 g/ m^2 , međusloja koji služi kao zaštita od vlage, a izrađena je od PU funkcionalne membrane otporne na vodu, nepropusne za vjetar i koja „diše“ te podstave koja je izrađena od 100% aramidnih vlakana i mješavine aramidnih i viskoznih vlakana površinske mase približno 160 g/ m^2 .

Šavovi na rukavu izrađeni su od PU materijala koji je obložen aramidnim vlaknom koji sprečava prodiranje vlage i otporan je na plamen. Rukav je posebno konstruiran s ojačanjem na području lakta te na području bočnog dijela jakne za izvrsnu pokretljivost. Zatvarač jakne je otporan na toplinu s preklopnim poklopcem za što brže oblačenje i skidanje jakne i s držačem svjetiljke za Adalit lampu. Dodatna ojačanja na koljenima i ramenima sastavljena su od PU tkanine koja je obložena para-aramidnom tkaninom. Ovratnik jakne je predviđen za nošenje do dna kacige, a zatvara se s čičak trakom koja se pričvršćuje na prednjoj strani jakne.

Širina rukava može se podešavati pojedinačno čičak trakom, a produžena manžeta izrađena od Nomex materijala osigurava sigurnost ruke prilikom izlaganja plamenu.

Jakna ima dva prsna džepa za radio vezu, dva bočna džepa sa preklopnim poklopcem, vrpca za podešavanje oko struka unutar jakne, iznad lijevog džepa za radio vezu nalazi se traka širine 15 cm i visine 3 cm za ime i prezime korisnika jakne i dvije reflektirajuće trake žuto srebrne boje za bolju vidljivost korisnika odnosno vatrogasca koji nosi jaknu.

Hlače

Zaštitne hlače su konstruirane tako da imaju podesive naramenice i elastičnu traku kako bi krajnji korisnik mogao individualno namjestiti opseg struka. Džepovi na bočnoj strani hlača izrađeni su s poklopcem koji se zatvara uz pomoć čičak trake. Patent zatvarač također se zatvara sa čičak trakom. Rub hlača izrađen je od nezapaljive PU membrane presvučene aramidom koji je konstruiran tako da sprječava vodi da prođe do unutrašnje strane hlača.

3.3. Zaštitno odijelo tt. Lion, model Super-Deluxe

Vatrogasno odijelo Super-Deluxe tt. Lion konstruirano je tako da pruža izvanrednu mobilnost i udobnost pri radu [28].

Jakna je ergonomski i konstrukcijski oblikovana sa naborima na leđima i trokutastim dodatkom ispod pazuha koji pružaju nesmetanu kretnju pokreta prema naprijed i nazad. Hlače ovog zaštitnog odijela su niskog struka i time omogućuju udobnost i veću pokretljivost kod same upotrebe. „Bi-swing“ sustav tt. Lion sa ugrađenim naborima na leđima u svim slojevima omogućuje slobodne kretnje ruku prema naprijed, što rezultira boljom pokretljivošću krajnjeg korisnika [28].



Slika 23. Skica i prikaz zaštitnog odijela tt. Lion, model Super-Deluxe [29]

Jakna i hlače

Jakna je ergonomski i konstrukcijski oblikovana s naborima na leđima i trokutastim dodatkom ispod pazduha koji pružaju nesmetanu kretnju pokreta naprijed nazad. Model Super-Deluxe hlača karakterizira niski struk koji omogućuje veću udobnost i pokretljivost kod same upotrebe.

„Bi-swing“ sustav tt. Lion s ugrađenim naborima na leđima u svim slojevima omogućuje slobodno kretanje ruku prema naprijed, što rezultira pokretljivost bez povlačenja ili zatezanja na ramenima i leđima.

Trokutasti dodatak ispod pazuha smanjuju zatezanje kod podizanja ruku te samim time i sprječava podizanje rukava na zapešću.

Rukavi u području lakta su konstrukcijski oblikovani kao blago zakrivljeni što omogućuje da se ruka slobodno savija dok je zglob zaštićen pletenim vatrootpornim dodatkom koji je učvršćen za rukav te time onemogućava povlačenje rukava.

Udobni ovratnik i dodatak za reguliranje zategnutosti oko vrata omogućavaju kontinuiranu zaštitu i pružaju izuzetno sučelje za SCBA masku.

Hlače niskog struka nadopunjuju prirodne konture tijela te time pružaju veću udobnost. Sjedalni šav i poprečni presjeci konstruirani su na način da smanjuju napetost i povećavaju udobnost kod kretanja, čučanja, puzanja te kod samog oblačenja opreme.

Nogavica hlača konstruirana blago zakrivljeno omogućuje slobodnu pokretljivost noge i prostor koljenu kod puzanja, penjanjanja, savijanja i klečanja.

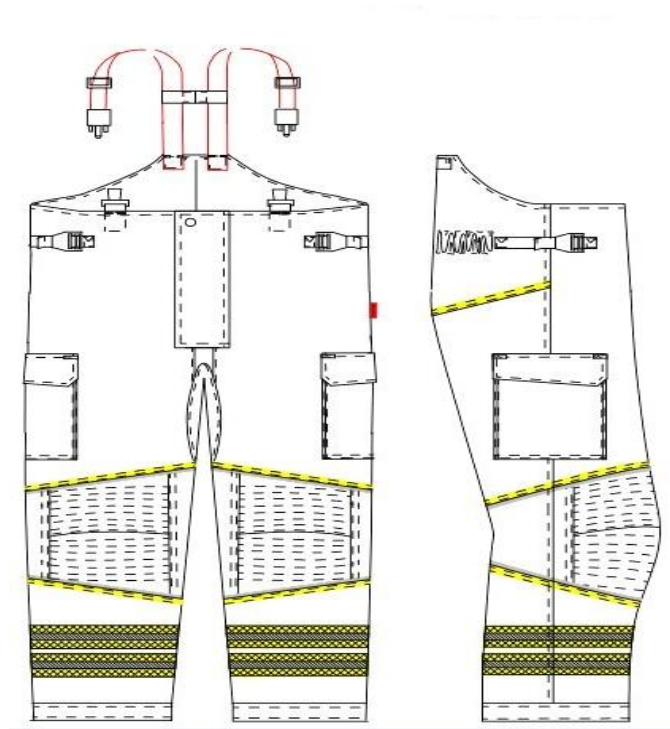
Poručje kod koljena ojačano je slojem Lite-N-Dri™ za dodatnu toplinu zaštitu i udobnost.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Konstantno poboljšanje funkcionalnog dizajna vrlo je bitno kako bi se povećala zaštita i udobnost korisnika koji nosi odjeću za zaštitu od topline i plamena. Funkcionalnost i zaštita kod zaštitne odjeće moraju biti na prvom mjestu a to se postiže odgovarajućim materijalom, kvalitetnom i specifičnom izradom odjevnog predmeta. U ovom poglavlju istaknuti su, opisani i nacrtani elementi funkcionalnog dizajna zaštitnog odijela. Na slikama 24 i 25 prikazani su tehnički crteži jakne i hlača zaštitnog odijela sa svim funkcionalnim dijelovima koji su bitni kako bi korisnik istih bio što bolje zaštićen od samog utjecaja vatre, kemikalija ili ostalih vanjskih utjecaja.



Slika 24. Tehnički crtež jakne vatrogasnog odijela



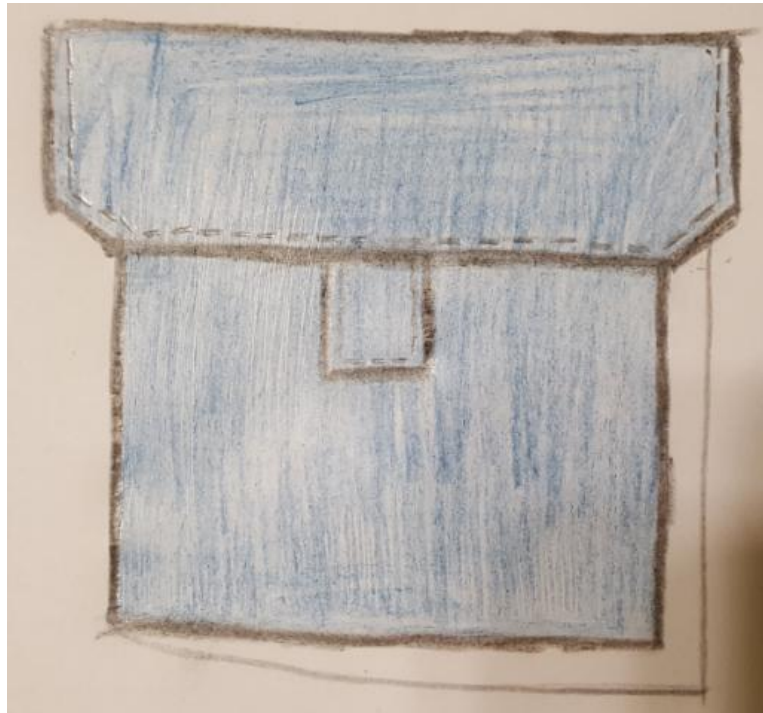
Slika 25. Tehnički crtež hlača vatrogasnog odijela

Džep

Na slici 26 je prikazan vanjski džep koji je izrađen od vatrootpornog materijala. Džepovi na vatrogasnom odijelu su funkcionalno oblikovani gdje je poklopac džepa sa svake strane najmanje od 10 do 20 mm širi od džepova. Kako bi džep bio što prostraniji, a da se smanji voluminoznost zbog mogućnosti zapinjanja za okolne predmete prilikom intervencije te kako bi se izbjegle lake točke zapaljivosti džep je sa jedne strane prošiven.

Takvom specifičnom konstrukcijom i dizajnom smanjena je mogućnost zapaljenja jer su se na taj način izbjegle lake točke zapaljivosti.

Džepovi su dizajnerski i konstrukcijski najčešće pozicionirani na prednjem dijelu jakne u visini boka te na hlačama na bedrima iznad koljena.



Slika 26. Džep

Pojačanje na koljenima i laktovima

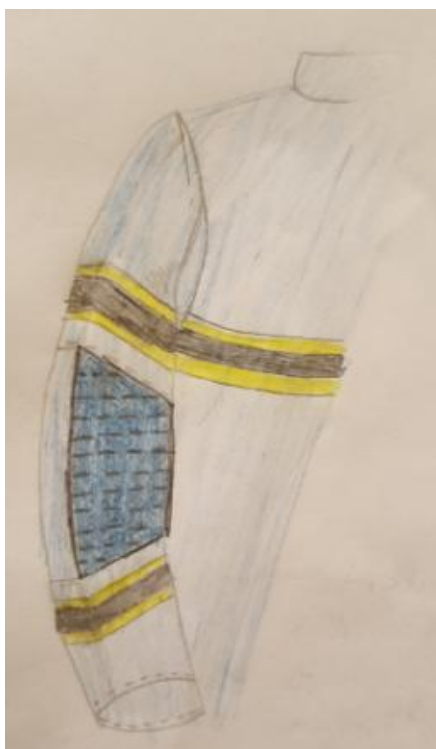
Odjeća za zaštitu od topline i plamena može biti jednoslojna ili višeslojna. Višeslojna zaštita osigurava viši stupanj sigurnosti, ali zaštitna odjeća postaje teža pa može djelovati opterećujuće na tijelo korisnika. Zato zaštitna odjeća mora biti primjerena konstituciji tijela korisnika te omogućavati komotno gibanje i postojanje zračne izolacije između odijela i unutarnjeg sloja kože.

Kod zaštitnog odijela u dizajnu, oblikovanju i konstrukciji, umetak na koljenima i ramenima korisnika je trodimenzionalno i ergonomski unaprijed savijen kako bi se omogućila veća udobnost i sloboda pokreta.

Zaštita na koljenima i ramenima može imati mogućnost zamjenjivog uloška koji može biti izrađen od različitih materijala kao npr. meta-aramida. Pojačanja su najčešće od vrlo fleksibilnih materijala (slika 26 i 27).



Slika 26. Pojačanje na koljenima



Slika 27. Pojačanje na rukavima

Džep za radio vezu

Zbog neophodnog održavanja radio veze sa članovima tima potrebno je omogućiti olakšan i jednostavni pristup radio vezi. Uređaj za održavanje radio veze smješten je na prednjem dijelu jakne u visini grudi (slika 28).



Slika 28. Džep za radio vezu

Umetak za dodatnu duljinu rukava i pokretljivost leđa

Što je odjeća „komotnija“ pruža više zaštite. Odjeća koja tijesno pristaje ima smanjenu zračnu izolaciju što u slučaju izlaganja plamenu može rezultirati jačim opeklinama nego s komotnijom odjećom koja zbog povećanog zračnog prostora djeluje kao toplinska izolacija i zaštita.

Komocija je također vrlo bitna zbog višesatnog rada većinom ljeti te time odjeća mora biti funkcionalna i davati maksimalnu zaštitu.

Kod dizajna i konstrukcije zaštitne odjeće mora se obratiti pozornost da prilikom kretnji korisnika niti jedan dio tijela nije nepokriven te omogućuje izvođenje neometane kretnje.

Posebno rješenje dizajna, oblikovanja i konstrukcije s dodatnim umetkom (naborom) na leđima izvedeno je tako da je u području ruke postavljen nabor u obliku klina i umetak za

dodatnu duljinu rukava u području ispod ruke koji se prilikom ekstremnih pokreta ruku otvaraju i tako ostvaruju veću mobilnost i komociju prilikom rada.

Umetci za dodatnu duljinu rukava i pokretljivosti leđa, osim preuzimanja funkcije zaštite tijela pružaju da vatrogasac bez poteškoća savladava prepreke i rizike kojima je izložen (slika 29).



Slika 29. Umetak za dodatnu duljinu rukava i pokretljivost leđa

Pleteni završetak na rukavu (manžeta)

Zbog stalnog izlaganja visokim temperaturama i plamenu svako zaštitno odijelo bi trebalo imati adekvatnu zaštitu za ruke. Osim zaštitnih rukavica, koje su obavezna oprema svih vatrogasaca, zaštitna jakna na donjem unutarnjem dijelu rukava ima pleteni završetak od NOMEX materijala koji je nezapaljivi materijal i samim time pruža prijeko potrebnu zaštitu ruku (slika 30).



Slika 30. Pleteni završetak na rukavu (manžeta)

5. ZAKLJUČAK

Sam pojam funkcionalnog dizajna nam objašnjava važnost da projektirani sustav zaštitnog odijela osim svoga izgleda mora podržavati funkciju i upotrebljivost.

Ovim radom je prikazano kako dizajn i konstrukcija samih sustava funkcionalnim i dodatnim rješenjima bez oštrih rubova omogućava krajnjim korisnicima ergonomska i udobna odijela koja pružaju nesmetano obavljanje rada, a što je vrlo važno jer se time povećava sama njihova sigurnost. Dodaci na stražnjem dijelu leđa i ispod pazuha omogućavaju nesmetanu pokretljivost ruku i time doprinose brznoj intervenciji prilikom gašenja požara te rukovanja s opremom, a pogotovo kod pomaganja unesrećenih te podizanja i nošenja istih.

Dodatna trodimenzionalna i ergonomski oblikovana zakrivljenost koljena i rukava s pojačanjima omogućuje nesmetanu savitljivost glavnih zglobova koja je nužna kod puzanja, čučanja i klečanja, a posebno je važna kada se pokušava doći do teško dostupnih mjesta. Džepovi koji su oblikovani sa zakrivljenim linijama te pozicionirani na način da se oprema i radio veza nalazi na pristupačnom mjestu zaštićena, a u svakom trenutku dostupna.

Funkcionalna rješenja zatvarača jakne i hlača koji omogućuju lako i brzopotezno oblačenje i skidanje od velike je važnosti kako bi se u što kraćem roku korisnik pripremio i odazvao na intervenciju, ali istovremeno vrlo važno da je korisnik zaštićen kod tih otvora od samog utjecaja vatre, kemikalija ili ostalih vanjskih utjecaja.

Na temelju istraženih teoretskih osnova može se zaključiti da osim važnog čimbenika pri izboru materijala posebnu pozornost treba obratiti i na funkcionalan dizajn zaštitne odjeće.

6. LITERATURA

- [1] <http://test.hzzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Za%C5%A1titna-odje%C4%87a.pdf>, pristupljeno: 11.08.2017
- [2] S. Kirin, Z. Dragčević, D. Rogale: Stanje i normizacija zaštitne odjeće, Tekstil 51 (5) 230-237 (2002.)
- [3] Zavec Pavlinić D., House J. R., Mekjavić I. B.: Protupožarni odjevni sustavi i njihovo vrednovanje, Sigurnost 52 (3), 2010., 251 – 262
- [4] A. Hursa, D. Zavec Pavlinić, Z. Dragčević: Vatrogasni odjevni sustavi za zaštitu od topline i plamena, Tekstil 62 (3-4) 160-173 (2013.)
- [5] Krmpotić-Nemanić J.: Anatomija čovjeka, Medicinska naklada - Zagreb, 1993.
- [6] N. Pejnović: Osobna zaštitna oprema za zaštitu tijela, Sigurnost 57 (3) 229 – 242 (2015)
- [7] http://luveti.hr/hr/detalji/vatrogasne-rukavice-vatrogasna-odjeca-i-obuca/55#.WbxDX_IjIU, pristupljeno: 14.09.2017.
- [8] <http://www.sympatex.com/en/technologies/293/moisture-tech-360>, pristupljeno: 14.09.2017.
- [9] Pezelj E.; Pezelj D.: Problematika njege odjeće s funkcionalnim membranama (Issues of Clothing Care with Functional Membranes), Otočecob Krki, Slovenija, 2007
- [10] A. Regent: Inherentna i tretirana vatrootpornost odjeće, Vatrogastvo i upravljanje požarima, br. 1/2013., vol. III, Zagreb
- [11] D. Zavec Pavlinić, A. Hursa Šajatović, I. B. Mekjavić: Suvremeni koncept testiranja protupožarne zaštitne odjeće, Sigurnost 55 (2) 97 – 106 (2013)
- [12] Council Directive 89/686/EEC, 1989
- [13] J. Vučinić: Osobna zaštitna sredstva i oprema, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2007.
- [14] <http://tehprojekt.com/product/81/bristol-wessex>, pristupljeno: 10.08.2018.
- [15] <http://tehprojekt.com/product/81/bristol-jaguar>, pristupljeno 11.08.2018.
- [16] <https://pbiproducts.com/international/product/pbi-gold/>, pristupljeno: 24.10.2018.
- [17] S. Bogović, A. Hursa Šajatović : Construction of Protective Clothing/Konstrukcija zaštitne odjeće, Chapter 16 in Scientific Book Young Scientists in the Protective Textiles Research, University of Zagreb, Faculty of Textile Technology, FP7-REGPOT-2008-1-229801: T-Pot, 309 – 331, ISBN 978-953-7105-41-9
- [18] Norma HRN EN 340:2004 Zaštitna odjeća – Opći zahtjevi

- [19] D. Gupta: Dizajn i inženjerstvo funkcionalne odjeće, Indijski časopis o vlaknima i istraživanju tekstila, Vol.36, pp. 327-335. New Delhi, Indija (2011)
- [20] J. Kaljun: Inteligentna podrška definiranju estetskih, ergonomskih i materijalnih karakteristika dizajniranog proizvoda, Tehnički vijesnik, Vol. 21, No. 4, 2014.
- [21] J. Geršak, M. Marčić: Složeni koncept projektiranja funkcionalne zaštitne osjeće, Tekstil 62 (1–2) 31-37 (2013.)
- [22]http://www.flashover-hr.com/phocadownload/ozo_patricija.pdf, pristupljeno: 23.09.2017.
- [23] D. Gupta: Funkcionalna odjeća: definicija i klasifikacija. Indijski časopis o vlaknima i istraživanju tekstila, Vol.36, pp. 321-326. New Delhi, Indija (2011)
- [24] <http://www.bristoluniforms.com/xflex>, pristupljeno: 11.09.2017.
- [25] M. Reljić: Istraživanje uticaja kvalitativnih karakteristika tkanina na termofiziološka svojstva odeće, Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet Leskovac, 2017.
- [26]https://www.rosenbauer.com/fileadmin/sharepoint/products/equipment/protectiveclothing/Documents/Prospekt_Bekleidung_EN.pdf, pristupljeno: 25.10.2018.
- [27]https://www.google.hr/search?q=rosenbauer+fire+max+ii+picture&sa=X&biw=1093&bih=462&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=4twdb5yNZbwHgM%253A%252CYXi2M2dkCBq5NM%252C_&usg=AI4_kSyroQ5U4HBNSciXMX6GP4fLoHOaw&ved=2ahUKEwjSmJDKr6beAhVFmbQKHeKLCRUQ9QEwA3oECAUQCg#imgrc=4twdb5yNZbwHgM, pristupljeno: 27.10.2018.
- [28]<http://www.thefirestore.com/store/product.aspx/productId/11285/Lion-Super-Deluxe-TFS-32-Turnout-Coat-w-Bi-swing-Back/>, pristupljeno: 26.09.2017.
- [29]<http://www.lionprotects.com/youtube?swf=SuperDeluxeFeatures.swf>, pristupljeno: 26.09.2017