

A. Regent*

NOVE NORME I IZBOR ODIJELA ZA ZAŠTITU OD KEMIJSKIH I BIOLOŠKIH OPASNOSTI

UDK 687.17:613.63
PRIMLJENO: 15.2.2017.
PRIHVACENO: 4.9.2017.

SAŽETAK: Kemijska zaštitna odijela u industriji odabiru se u skladu s opasnostima koje su poznate. Vatrogasci i ostalo intervencijsko osoblje susreću se s najrazličitijim opasnim kemikalijama koje najčešće nisu unaprijed poznate. Stoga se u pravilu odlučuju za najviši mogući stupanj zaštite koji pružaju plinonepropusna odijela. Njihov izbor još su često odijela trajne upotrebe, iako odijela ograničene i jednokratne upotrebe, pored osjetno niže cijene, pružaju niz značajnih prednosti glede težine, volumena, kemijske otpornosti, lakoće održavanja i udobnosti. Nove europske norme takva kemijska zaštitna odijela više ne dijele na odijela trajne i ograničene upotrebe, što je u skladu s napretkom u tehnologiji materijala. Stoga pitanje ukupne cijene koštanja tijekom vijeka trajanja postaje odlučujući čimbenik pri izboru. Nakon pravilnog izbora temeljenog na procjeni rizika, održavanje prema preporukama proizvođača je sljedeći bitan čimbenik za funkcionalnost odijela, a modeli toksičnosti za nove materijale omogućavaju precizniju procjenu opasnosti od prodora opasnih kemikalija i otklanjaju neke nedostatke europskih normi. U radu se analiziraju i uspoređuju neki od najvažnijih parametara koje treba poštovati pri izboru, a koji nisu dio normi.

Ključne riječi: kemijska zaštitna odijela, nove europske norme, održavanje, modeliranje toksičnosti

UVOD

Za razliku od radnika u kemijskoj industriji, vatrogasci i ostalo intervencijsko osoblje u javnim službama susreću se pri kemijskim i biološkim incidentima s opasnim i infektivnim tvarima koji im najčešće nisu unaprijed poznate. Stoga se u pravilu prilikom nabave odlučuju za najvišu moguću razinu zaštite koju pruža plinonepropusno kemijsko zaštitno odijelo (KZO) certificirano prema normama HRN EN 943-1 i HRN EN 943-2 kao osobna zaštitna oprema (OZO) najviše, treće kategorije (tip 1A). Novo izdanje prve od tih normi objavljeno je 2015. godine, a novo

izdanje druge trenutno je u pripremi (nHRN EN 943-2). KZO štiti nositelja od smrtnih opasnosti i opasnosti koje mogu imati trajne negativne posljedice za njegovo zdravlje. Nova izdanja ovih normi donose nekoliko značajnih novosti, s kojima će se vatrogasci, ostalo intervencijsko osoblje i službe zaštite na radu u industriji morati upoznati i primijeniti ih u praksi.

Pored inicijalne usklađenosti s hrvatskim normama, posebna pozornost tijekom vijeka trajanja i upotrebe KZO-a mora se posvetiti njihovom održavanju u ispravnom i funkcionalnom stanju. To podrazumijeva stvarno izvođenje pregleda i testova u skladu s uputama proizvođača. Zakon o zaštiti na radu u čl. 41. navodi da je „*poslodavac obvezan osigurati da sredstva rada i OZO u uporabi budu u svakom trenutku sigurni, održa-*

*Dr. sc. Aleksandar Regent, dipl. ing. str., (regent@tehprojekt.com), TPI Teh-projekt Inženjering d.o.o., Kumičićeva 61, 51000 Rijeka.

vani, prilagođeni za rad i u ispravnom stanju te da se koriste u skladu s pravilima zaštite na radu, tehničkim propisima i uputama proizvođača". Pravilnik o stavljanju na tržište OZO-a u Prilogu II, čl. 1.4., navodi da „proizvođač kod stavljanja OZO na tržište mora u uputama dati informacije o skladištenju, uporabi, čišćenju, održavanju, servisiranju i dezinfekciji, kao i informacije o krajnjem roku zastarijevanja ili razdoblju zastarijevanja OZO“, dok Pravilnik o uporabi osobnih zaštitnih sredstava (OZS) u čl. 9. ističe da „poslodavac mora osigurati ispravna OZS, odgovarajuće higijenske uvjete, potrebno održavanje te popravke i zamjenu OZS, kao i upute za njihovu uporabu“. Iz ovoga nedvojbeno proizlazi da je **za održavanje kemijsko zaštitnog odijela odgovoran poslodavac, te da odijela koja se ne održavaju i ne ispituju prema uputama proizvođača nisu ispravna za upotrebu**. Poštovanje uputa za održavanje nužan je uvjet za ispravnost, jer ispravna i certificirana KZO, kupljena sa svim dokumentima od proizvođača ili trgovca, mogu već nakon godinu dana postati formalno neispravna ako korisnik propusti obaviti preglede i testove koje je proizvođač preporučio u svojim uputama za upotrebu. Ovdje se paralela može povući s tehničkim pregledom cestovnog motornog vozila koje se, bez važećeg tehničkog pregleda, smatra *a priori* neispravnim za vožnju. Cilj ovog članka je približiti zainteresiranim nositeljima najvažnije izmjene spomenutih harmoniziranih normi, upoznati ih s novostima u proizvodnji zaštitnih tkanina te ih upozoriti na nekoliko najvažnijih obilježja koje treba poznavati sa ciljem pružanja optimalne zaštite nositeljima KZO-a.

PROCJENA RIZIKA I IZBOR KZO-a

Prvo pitanje koje se postavlja pri izboru najprikladnijih kemijsko zaštitnih odijela u industriji odnosi se na opasnosti u konkretnom radnom okruženju. Obavlja li se rad u okolišu u kojem postoji značajan rizik od izlaganja kemijskim i biološkim opasnostima? Postoje industrije u kojima radnici mogu biti izloženi prolivenim ili prskajućim kemikalijama, bojama, otapalima, krvnim patogenim mikroorganizmima, otrovnim prašinama, plinovima, parama itd. U svim takvim slučajevima nužno je prije izbora najprikladni-

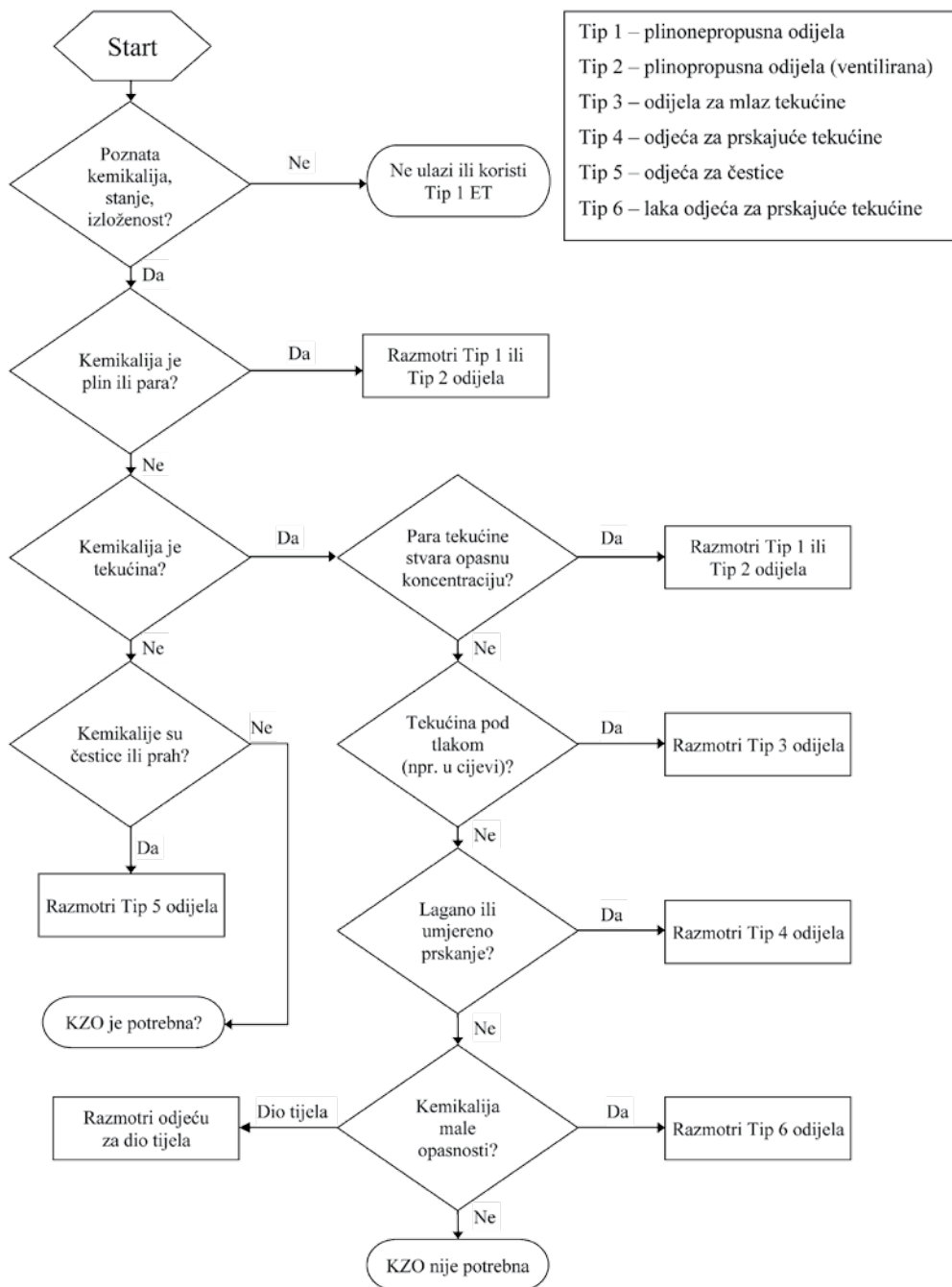
jeg KZO-a napraviti procjenu rizika. Realistična procjena rizika je vrlo važna. Izbor suviše visokog stupnja zaštite može naime značajno otežati rad nositelja, a uz to izazvati nepotrebno visoke troškove nabave i/ili održavanja KZO-a. Tamo gdje su prisutne samo opasne tekućine, obično nisu potrebna odijela tipa 1. S druge strane, ako postoji mogućnost dodira s plinovima, kao što su npr. klor ili amonijak, izbor bi svakako trebalo biti odijelo tipa 1, a njegova izvedba (a, b ili c) ovisit će o konkretnim okolnostima na mjestu rada. Na slici 1. prikazan je načelni postupak izbora KZO-a. Za razliku od industrije, vatrogasci i drugo intervencijsko osoblje u javnim službama mogu biti izloženi bilo kojoj opasnosti, što je i razlog da su njihov izbor najčešće plinonepropusna odijela certificirana prema spomenutim normama.

Tradicionalno su se kemijsko zaštitna odijela za intervencijske timove izrađivala od čvrstih i teških materijala. Takva odijela (*odijela trajne upotrebe*) mogla su se upotrebljavati mnogo puta, pod uvjetom da ih je nakon svake pojedine upotrebe bilo moguće dekontaminirati. Napredak u tehnici proizvodnje, rukovanja i transporta opasnih kemikalija doveo je do opadanja broja kemijskih incidenata, pa tako i do smanjene učestalosti upotrebe tih odijela tijekom njihovog vijeka trajanja. Istovremeno broj kemikalija u industriji, poljoprivredi i transportu stalno raste, što znači da nositelji mogu biti izloženi sve većem broju kontaminanata. S druge strane, napredak u tehnologiji polimera omogućio je razvoj kemijsko zaštitnih odijela za ograničenu i jednokratnu upotrebu. Materijali za njihovu izradu danas su čvršći i lakši nego u prošlosti, a po kemijskoj otpornosti često prelaze svojstva tradicionalnih trajnih odijela za vrlo velik broj opasnih kemikalija.

Ipak, često se odluke o izboru KZO-a donose na osnovi najniže cijene, površnog uvida u zaštitne pokazatelje i vizualno-estetskih dojmova. Odluke zasnovane na ovakvom pristupu mogu dovesti do povećanog rizika za nositelja. Do neoptimalnog izbora mogu voditi i odluke o nabavi osnovane na marki odijela ili materijalu koji se upotrebljavao u dotadašnjoj praksi, bez udubljenja u ispitne rezultate i pokazatelje definirane normama, kako bi se odabrao proizvod koji je

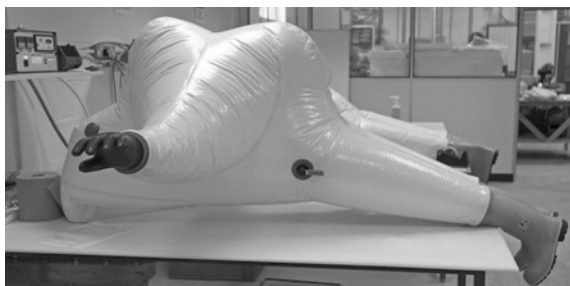
stvarno najbolji izbor za predviđenu namjenu. Kupci trebaju znati da na tržištu postoje mnogobrojni izvori i obilje podataka, pa je bitno da se oni ne shvate pogrešno, odnosno da se ne interpretiraju na pogrešan način. U nastavku je pred-

stavljeno nekoliko obilježja odjeće koja je važno uzeti u obzir prilikom donošenja informirane odluke o nabavi odgovarajućih KZO-a i njihova uloga u hrvatskim odnosno europskim normama za takvu osobnu zaštitnu opremu.



Slika 1. Dijagram toka za izbor KZO-a (modificirano prema CEN TR 15419)

Figure 1. Flow chart showing the choice of chemical protective garments (modified after CEN TR 15419)



Slika 2. Test na nepropusnost odijela prema normi EN 464

Figure 2. Determination of leak tightness of protective suit according to EN 464 norm



Slika 3. Svlačenje KZO-a jednokratne upotrebe GTL (žuto)

Figure 3. Doffing of single-use chemical protective GTL suit (right, yellow suit)

EKONOMIJA

Rezultat opisanih promjena je da se pristup mnogih vatrogasnih postrojbi, kemijske industrije i drugih organizacija koje interveniraju pri incidentima s opasnim tvarima počeo mijenjati. Učestalost uporabe KZO-a tijekom njihovog vijeka trajanja postaje sve manja, pa nisu rijetki slučajevi da mnogim odijelima istekne rok upotrebe, a da se nikada nisu upotrijebila¹. Stoga

¹ Rok upotrebe i procedure održavanja odijela propisuje proizvođač u svojim uputama.

postaje isplativije nabaviti odijela *ograničene ili jednokratne upotrebe* i zamijeniti ih kad je to potrebno, nego nabavljati odijela za trajnu upotrebu, čija je cijena nabave i trošak održavanja mnogo veći. Kao primjer može se navesti da je za nabavnu cijenu jednog trajnog plinonepropusnog KZO (Respirex™ GTB, materijal viton®/butil/viton®) moguće nabaviti tri do četiri odgovarajuća odijela za jednokratnu upotrebu (Respirex™ Chemprotex™ 400 GTL). Oba spomenuta odijela certificirana su prema istoj normi za pripadnike intervencijskih timova (HRN EN 943-2), oba pružaju zaštitu od čitavog niza opasnih kemikalija, radioaktivnih čestica, infektivnih tvari i kemijskih bojnih otrova. Činjenica je da i trajna odijela također mogu biti iskorištena za samo jednu intervenciju ako sigurna dekontaminacija nakon nje nije moguća ili nije isplativa. To ovisi o prirodi kemikalije s kojom je KZO došlo u dodir i takvih je slučajeva već bilo u vatrogasnoj praksi u RH.

PERMEACIJA, PENETRACIJA, DEGRADACIJA I OTPOR NA PRODOR KEMIKALIJA

Permeacija je svojstvo da kemikalija prolazi (difundira) kroz materijal KZO-a na molekularnoj razini. Materijal odijela je ispravan i neoštećen, no kemikalije ipak prodiru u njega, neke brže, a neke sporije. Ti materijali gotovo su uvijek polimeri pa će, načelno gledano, svaka kemikalija na vrlo dugo vrijeme permeirati kroz materijal odijela ako za to postoje uvjeti. Ako je kemikalija izrazito štetna ili otrovna, a vrijeme dodira relativno dugo, postoji realna opasnost da ona neće moći biti potpuno uklonjena iz materijala tijekom postupka dekontaminacije i čišćenja odijela. U tom će se slučaju zaostala kemikalija postupno desorbirati iz odijela tijekom skladištenja odnosno pri sljedećoj upotrebi.

Penetracijom se naziva prolaz kemikalija kroz makroskopske otvore (rupe), kao što su patent-zatvarači, šavovi, rupice na odijelu, oštećenja i sl.

Degradacijom se označava gubitak ili smanjenje kemijske ili fizikalne otpornosti materijala odijela (tkanine) zbog izlaganja kemikalijama, ambijentalnim uvjetima (npr. UV zrake iz sun-

čevog svjetla, ozon, visoka ili vrlo niska temperatura, lokalno naprezanje na plegibima zbog nepravilnog skladištenja i sl.) ili upotrebom. Degradirani materijal može tijekom sljedeće upotrebe olakšati stvaranje makroskopskih otvora ili doći u stanje povećane permeabilnosti, te time omogućiti prodor kemijskog ili biološkog agensa do tijela nositelja.

Za određeni materijal, otpornost na permeaciju ovisi o vrsti kemikalije, njezinoj koncentraciji, temperaturi i tlaku, temperaturi okoliša, debljini materijala, vremenu dodira itd. Inicijalna usporedba svojstava tkanina za kemijsko zaštitna odijela može se napraviti primjenom objavljenih podataka o permeaciji. Ipak, treba znati da su takvi podaci redovito dobiveni ispitivanjem u laboratorijskim uvjetima, pri sobnoj temperaturi i s jednolikim izlaganjem materijala kemikalijama. Stoga ne uzimaju niti mogu uzeti u obzir sve čimbenike potrebne za odabir KZO-a u praksi. Navedena vremena permeacije pokazuju razdoblje nakon kojeg će brzina prolaza kemikalija kroz tkaninu prijeći brzinu permeacije određenu ispitnom normom. Normalizirano vrijeme proboja pokazuje da je permeacija na određeno vrijeme upravo dosegla brzinu od $1,0 \mu\text{g}/\text{cm}^2\text{min}$ (EN 374-3:2003 ili EN ISO 6529)². Ipak, do permeacije je moglo doći s nižom brzinom³. Opasnost za nositelja ovisi o toksičnosti kemikalije. Vrijeme toga „početnog proboja“ kao i količina „kumulativnog permeata“ ne mogu se doznati iz objavljenih podataka dobivenih ispitivanjima prema normama. Ipak, te podatke trebalo bi uzeti u obzir pri izboru odgovarajućeg KZO-a za određenu namjenu, posebno ako su u pitanju vrlo štetne (otrovne ili kancerogene) kemikalije.

Više temperature u radnom okolišu mogu također rezultirati većom brzinom proboja, a niže temperature mogu produljiti vrijeme proboja za određene kemikalije i kombinacije materijala. Razina zaštite nekog toplog ljetnog dana bit će

dakle različita (niža) od razine zaštite tijekom hladnog zimskog dana ili noći. Nadalje, neke kemikalije mogu promijeniti agregatno stanje u kojem će se nalaziti uz takav raspon temperatura, što se ne može uzeti u obzir pri izvođenju normiranih ispitivanja u kontroliranom okolišu laboratorija.

ČVRSTOĆA I TRAJNOST

Čvrstoća i trajnost zaštitnih odijela može biti stavljena na kušnju prilikom obavljanja uobičajenih radnih postupaka. KZO ne dolazi u dodir samo s opasnim tvarima, nego također s abrazivnim površinama, strojevima i okolnim objektima, a ne može se zanemariti niti trošenje uzrokovano intenzivnim gibanjem nositelja. Kvaliteta izrade odijela nije ništa manje značajna nego kvaliteta materijala od kojeg je ono izrađeno. Za razliku od dosadašnjeg, novo izdanje norme HRN EN 943-1 ne poznaje više podjelu KZO-a na odijela *ograničene upotrebe* i odijela *trajne upotrebe*. Objašnjenje u normi navodi da zapravo sva KZO imaju ograničeni rok trajnosti te da iz tog razloga nije prihvatljivo postavljati različite zahtjeve za odijela koja su namijenjena za istu upotrebu⁴. Stoga su zahtjevi za mehaničku otpornost prema novoj normi jednaki odgovarajućim (nižim) zahtjevima za mehaničku otpornost koji su u staroj normi bili traženi za odijela *ograničene upotrebe*.

Najnovija *jednokratna odijela* i *odijela ograničene upotrebe* su bitno lakša od odgovarajućih odijela *trajne upotrebe*. Usporedba spomenutih odijela pokazuje da je težina GTB odijela četiri puta veća od težine GTL odijela. To znači da upotreba trajnog odijela zahtijeva značajno veći fiziološki napor za nositelja, što je potvrđeno testiranjem. *Jednokratna odijela* pružaju i veću udobnost nošenja, jer su izrađena od gipkije i tanje tkanine, pa odijelo bolje pristaje korisniku i nudi mu veću slobodu pokreta. Time se povećava ne samo učinkovitost i lakoća rada, nego je

² KZO koja udovoljava normi HRN EN 943-1 mora pri testiranju postići najmanje klasu kemijske otpornosti 3, što znači da normalizirano vrijeme proboja mora biti > 60 minuta. Lista preporučenih (reprezentativnih) ispitnih kemikalija, tzv. „testna baterija“, prema EN ISO 6529 obuhvaća 13 tekućih i 3 plinovite kemikalije.

³ Prema američkim standardima NFPA 1991 i ASTM F739, normalizirano vrijeme proboja mjeri se i iskazuje pri brzini permeacije od $0,1 \mu\text{g}/\text{cm}^2\text{min}$, a „testna baterija“ sastavljena je od 21 kemikalije (15 tekućina i 6 plinova).

⁴ Dosad su se KZO *ograničene upotrebe* (limited use) definirale kao odijela za ograničeno vrijeme upotrebe, tj. za nošenje dok ne postane potrebno higijensko čišćenje ili dok ne dođe do kemijske kontaminacije koja zahtijeva odlaganje odijela. Unutar ove kategorije bila su smještena odijela za *jednokratnu upotrebu* i odijela za *ograničenu ponovnu upotrebu*, sve u skladu s informacijama koje daje proizvođač.

uz to olakšano odijevanje i svlačenje. Nadalje, tanja i lakša tkanina poboljšava prijenos zvuka kroz odijelo, čime olakšava komunikaciju i pridonosi boljem snalaženju u okolišu.

Budući da se *jednokratno odijelo* neće ponovno nositi, rizik od dodira zbog nepravilno ili nepotpuno izvedene dekontaminacije je eliminiran. Dekontaminaciju je, naime, potrebno izvesti samo do stupnja koji dopušta sigurno svlačenje odijela nakon upotrebe. Čak i jednostavno higijensko čišćenje, uvijek potrebno kod odijela *trajne upotrebe*, kod *jednokratnih odijela* ne postoji. Suvremene materijale, kao što su Chemprotex™ 400 i 300, moguće je reciklirati ili sigurno spaliti nakon upotrebe, jer ne sadrže halogene spojeve.

Sva plinonepropusna kemijsko zaštitna odijela zahtijevaju redovne godišnje preglede, testiranje i, po potrebi, popravljavanje prema uputama proizvođača i europskim normama. Kod *jednokratnih odijela* takav trošak ne postoji. Najnovija *jednokratna odijela*, kao što je npr. GTL, moguće je držati u pričuvi čak 7 godina (u originalnom pakiranju) bez potrebe za pregledavanjem i testiranjem, čime se u odnosu na tradicionalna trajna odijela, koja treba testirati svake godine, ostvaruju značajne uštede.

Suvremena *jednokratna odijela* pružaju značajnu uštedu i u pogledu upotrebe raspoloživog prostora u vatrogasnom navalnom ili kemijskom vozilu. *Jednokratno* GTL odijelo za smještaj zahtijeva samo 1/3 prostora potrebnog za smještaj trajnog odijela.

Tamo gdje su kemijski incidenti češći, prikladnija mogu biti KZO *ograničene upotrebe*, tipično izrađena od Tychem® TK materijala. Ovakav tip odijela normalno se upotrebljava nekoliko puta ako je moguća sigurna dekontaminacija, a odijelo nije pretrpjelo veća oštećenja. Budući da je materijal mehanički čvršći od materijala jednokratnih odijela, manje rupe i slična oštećenja mogu se popraviti uporabom originalnih materijala. Odijela od Tychem® TK materijala mogu se skladištiti 5 godina bez potrebe za testiranjem, ali se nakon svake upotrebe, isto kao i odijela trajne upotrebe, moraju ispitati. DuPont™ Tychem® TK materijal je, također, višeslojni laminat s velikom bazom kemikalija na kojima su ispitana njegova svojstva permeacije i primjenjuje se diljem svijeta. Budući da je tkanina čvršća nego tkanina *jednokratnih*

odijela, na nju se mogu direktno spojiti zaštitne čizme i rukavice koje je nakon upotrebe moguće zamijeniti. Glede cijene, moguće je umjesto trajnog odijela za isti iznos nabaviti dva odijela *ograničene upotrebe*.

KZO intervencijskih timova opisuje norma *HRN EN 943-2* koja se trenutno nalazi u postupku revizije. Prema prijedlogu nove norme, *nHRN EN 943-2*, koji je još podložan izmjenama:

- Postoje dvije razine (mehaničke) robusnosti KZO-a: *redovna i povišena*.
- *Redovna razina robusnosti* KZO-a za intervencijske timove (ET) traži jedan stupanj višu otpornost na abraziju i vlačnu čvrstoću materijala (razinu 4 umjesto 3) nego kod odijela prema *HRN EN 943-1*⁵.
- *Povišena razina robusnosti* KZO za intervencijske timove (ET) traži još: 2 stupnja višu otpornost na abraziju i vlačnu čvrstoću materijala (razinu 6 umjesto 4), tri stupnja višu otpornost na pucanje pri savijanju (razinu 4 umjesto 1), jedan stupanj višu otpornost na probijanje (razinu 3 umjesto 2) i dva stupnja višu otpornost na plamen (razinu 3 umjesto 1).
- Odijela koja udovoljavaju normi *nHRN EN 943-2* za ET ujedno udovoljavaju i normi *HRN EN 943-1* (obrnuto ne važi).
- Glede otpornosti na permeaciju kemikalija kroz KZO za ET, koristi se uobičajena „testna baterija“ od 15 reprezentativnih kemikalija (12 tekućina i 3 plina), pri čemu se za KZO intervencijskih timova (ET) mora za 14 kemikalija postići najmanje razina 2⁶, a za jednu od kemikalija je dopušteno da se postigne kemijska otpornost razine 1. Ipak, u tom slučaju u uputama za upotrebu mora se jasno navesti da takvo plinonepropusno KZO nije prikladno za trajno izlaganje toj kemikaliji.

Treba istaknuti da je normom tražena razina kemijske otpornosti za sve vrste KZO-a (*jednokratne*,

⁵ Prema *HRN EN 14325*, mehanička otpornost i otpornost na permeaciju kemikalija materijala odijela svrstavaju se u klase od 1 do 6 (klasa 1 označava najmanju, a klasa 6 najveću otpornost nekog parametra).

⁶ Za postizanje razine permeacije 2 vrijeme proboja do postizanja normalizirane brzine proboja (1,0 µg/cm²min) mora biti > 30 minuta, a za razinu 1 > 10 minuta. *NFPA 1991* traži minimalno vrijeme proboja 60 minuta, ali pri normaliziranoj brzini od 0,1 µg/cm²min.

ograničene ili *trajne upotrebe*) bila oduvijek jednaka, a da su se povišeni zahtjevi za odijela *trajne upotrebe* odnosili samo na povećanu mehaničku i toplinsku otpornost (otpornost na abraziju, pucanje pri savijanju, vlačnu čvrstoću i otpornost na plamen). U stvarnosti su pak, zbog bitno različite tehnologije izrade materijala, odijela *ograničene i jednokratne upotrebe* često pokazivala višu otpornost na proboj kemikalija nego odijela za trajnu upotrebu. Klase otpornosti proizvođači odijela normalno navode u svojim informativnim materijalima. Viša klasa otpornosti prema nekom od pokazatelja je prednost koju kupci mogu valorizirati kroz svoju nabavnu specifikaciju.

Prije konačnog izbora odijela potrebno je procijeniti izvedbu šavova i spojeva dodatne opreme s osnovnom tkaninom te njihovu nepropusnost i čvrstoću. U odnosu na ove čimbenike, novo izdanje norme *EN 943-1* ima niz novih zahtjeva. U vezi sa čvrstoćom i trajnošću odijela, bitan čimbenik svakako je i izbor veličina te jamstvo kvalitete proizvođača.

FLEKSIBILNOST I OKRETNOST

KZO trebala bi biti izrađena od materijala koji su dovoljno fleksibilni kako bi se korisnik pri radu mogao slobodno kretati na najsigurniji mogući način. Odijela koja su nefleksibilna ili koja ugrožavaju okretnost mogu pridonijeti nezgodama i uzrokovati poskliznuća, spoticanja i padove. Iako je teško reći da fleksibilnost materijala ne utječe na sigurnost radnika, ovo svojstvo još uvijek nije normirano i ne ispituje se, što znači da bi sam korisnik morao odrediti koliko mu je ono značajno. Budući da pri javnoj nabavi tražena svojstva treba definirati numerički, jer je bez jasnog zahtjeva nemoguće provjeriti je li isti ispunjen, kupac KZO-a bi istodobno uz veličinu svojstva (jednog ili više) morao odrediti i ispitne metode odnosno način dokazivanja tih svojstava.

Suvremeni materijali *jednokratne upotrebe*, kao npr. Chemprotex™, nisu homogeni u poprečnom presjeku, nego su zapravo „laminati“ sastavljeni od niza slojeva različitih materijala, od kojih svaki ima svoja specifična kemijska i fizikalna svojstva. Uporabom takvih „laminata“ koriste se na najbolji mogući način svojstva svih materijala ugrađenih u njih i postiže kemijska otpornost

koju tradicionalni materijali teško mogu doseći. Testovi permeacije na Chemprotex tkanini izvedeni su ne samo za 120 najčešće upotrebljivanih kemikalija, nego i za zaštitu od infektivnih tvari, kao i za 48-satnu zaštitu od bojnih otrova HD, GB, GD i VX (test prema vojnom standardu Finabel 0.7.C). Chemprotex tkanine su lagane, vrlo fleksibilne, visokih mehaničkih svojstava, s mekanim i za kožu nježnim slojem s unutarnje strane. Zbog smanjenog „šuštanja“, udobnost nošenja je veća, a komunikacija s okolinom bolja. Budući da materijal ne sadrži halogene spojeve, može se na kraju uporabe lako spaliti. Ipak, bolje rješenje je da se odijela recikliraju kao mješavina poliolefina, jer je tkanina, kao i većina dodatnih dijelova, izrađena od termoplastičnih materijala.

DIŠLJIVOST I UDOBNOST

Ispravna veličina i pristajanje zaštitne odjeće tijelu pružaju korisniku udobnost i odgovarajuću zaštitu. Neodgovarajuća veličina i nepristajanje mogu dovesti do povišenog rizika trganja i ograničavaju kretanje, što može negativno utjecati na sposobnost nositelja da radni zadatak izvede sigurno i učinkovito. U tom smislu, kupci bi trebali dati prednost proizvođačima KZO-a koji nude veći izbor veličina i/ili izvedbu odijela koja dopušta njegovo bolje prilagođavanje veličini i morfologiji tijela nositelja.

U vezi s propusnošću za zrak često je prisutno nerazumijevanje pojma «dišljivost odjeće». Dišljivost odjeće izražava se propusnošću za zrak, a mjeri se brzinom protjecanja zraka u m³ po m² materijala u minuti (m³/m²min). Propusnost za zrak materijala za izradu kemijske i biološke zaštitne odjeće je praktički jednaka nuli (osim kod najnižih tipova KZO-a), što znači da takvi materijali nisu dišljivi. Nedišljivost odijela dovodi do nakupljanja tjelesne vlage isparene pri radu i do povećanja fizičkog opterećenja tijela nositelja praćenog povišenjem tjelesne temperature. Jedini način na koji je kod plinonepropusnih odijela tipa 1a moguće (djelomično) riješiti taj problem je postavljanje dodatnih ventilacijskih cjevčica unutar odijela i uporaba komprimiranog zraka iz izolacijskog dišnog aparata za ispiranje unutrašnjosti KZO-a. Ipak, time se smanjuje količina respirabilnog zraka koja korisniku stoji na raspolaganju, odnosno skraćuje efektivno vrijeme

rada. Za intervencije pri kemijskim incidentima stoga se u pravilu određuju ljudi koji su svoje izvrsno zdravstveno stanje prethodno dokazali posebnim medicinskim testovima.

ZAŠTITA OD KRVNIH PATOGENIH MIKROORGANIZAMA

Ako su zaposlenici izloženi riziku dolaska u dodir s krvlju i biološkim agensima, nužno je dobiti jamstvo da je zaštitna odjeća nepropusna za „krvne patogene“. Terminom „krvni patogeni“ označavaju se patogeni mikroorganizmi koji mogu postojati u krvi (virusi i bakterije), a koji uzrokuju bolesti ljudi.

Testovi svojstava za odjeću koja pruža zaštitu od infektivnih tvari u Europi su standardizirani, a rezultati se moraju objaviti. Prema normi *HRN EN 14126*, za zaštitnu odjeću od infektivnih tvari moguće je objektivno uspoređivati različite tkanine i njihova zaštitna svojstva. Prema istoj normi, odijela koja su certificirana prema *EN 943-1* ili *EN 943-2* pružaju prikladnu zaštitu i od infektivnih tvari.

ODRŽAVANJE

Da bi KZO tijekom čitavog vijeka trajanja bila ispravna i pogodna za upotrebu, bitno ih je skladištiti i održavati u skladu s uputama proizvođača. Pritom treba pozornost obratiti ne samo na odijelo, nego isto tako i na njegove sastavne dijelove koji imaju specifične zahtjeve (vizir, patent zatvarač, ispušni ventili, rukavice, čizme). Čišćenje, dezinfekcija i dekontaminacija moraju se izvoditi prema uputama i preporukama proizvođača. Uvid u upute za upotrebu i održavanje nekolicine respektabilnih proizvođača KZO-a u Europi pokazuje da kemijsko zaštitna odijela *trajne* i *ograničene upotrebe* korisnik treba pregledati:

- neposredno nakon isporuke,
- nakon svake upotrebe,
- nakon svakog popravka i, ako nije bilo korišteno,
- najmanje jednom godišnje.

Osim detaljnog vizualnog pregleda, svaki od navedenih pregleda uključuje i test na nepropusnost odijela koji se izvodi u skladu s *HRN EN 464*. Ovaj test izvodi se tako da se odijelo napuše

na tlak od 1750 Pa, a zatim pomoću instrumenta prati padanje tlaka tijekom vremena. Tim jednostavnim testom dokazuje se cjelovitost odijela, tj. da na odijelu nema makroskopskih rupa koje bi mogle omogućiti prodor kemikalija u njegovu unutrašnjost. Za ispitivanje permeacije i degradacije materijala ne postoje standardizirani testovi koji bi se mogli primijeniti u praksi. Neki proizvođači traže da se u preglede uključi i test ispušnih ventila za zrak te da se povremeno (npr. svake 2 godine) zamijene diskovi ventila. Izvedene radnje održavanja i rezultate testiranja treba upisivati u „knjigu odijela“. „Knjiga odijela“, upute za skladištenje, inspekciju, čišćenje i dekontaminaciju uobičajeno se mogu dobiti od etabliranih proizvođača zajedno s isporučenim odijelima.

FREKVENCIJA UPOTREBE I VIJEK TRAJANJA

Prema još važećoj normi *EN 943-2* iz 2002. godine, na tržištu su danas dostupna plinonepropusna odijela triju vrsta: odijela *trajne upotrebe* (re-useable), odijela *ograničene upotrebe* (limited use) i odijela *jednokratne upotrebe* (single use). Svaka od ovih vrsta ima nekoliko prednosti i nedostataka.

KZO trajne upotrebe namijenjena su prvenstveno za upotrebu tamo gdje je:

- kontaminacija poznata (npr. kemijska industrija),
- postupak dekontaminacije KZO poznat, moguć i isplativ,
- rizik od mehaničkog oštećenja znatan (npr. česta upotreba),
- rizik od nastanka plamena visok.

KZO ograničene upotrebe namijenjena su prvenstveno za upotrebu tamo gdje je:

- sve obrnuto, plus
- za manju težinu, lakše održavanje i čišćenje,
- za smanjenu kontaminaciju prostora postrojbe i skladišta,
- za jamstvo čistoće, jednostavnost upotrebe, smanjeno održavanje,
- za maksimalnu razinu kemijske zaštite,
- za bitno nižu cijenu.

KZO jednokratne upotrebe namijenjena su za upotrebu tamo gdje i odijela *ograničene upotrebe*, ali im je težina još manja, održavanja, kon-

taminacije postrojbe i čišćenja praktički nema, a cijena im je još znatno niža.

Ovdje treba primijetiti da su vatrogasci u RH tradicionalno bili orijentirani uglavnom na KZO *trajne upotrebe*, što se danas ipak postupno mijenja. Za razliku od vatrogasaca, službe zaštite na radu u industriji koja upotrebljava klor, amonijak i slične toksične plinove (vodovodi, postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda, velike hladnjače i sl.) sklonije su upotrebi KZO-a *ograničene ili jednokratne upotrebe*. Razlozi za takvo stanje nisu posve jasni, no mogli bi biti posljedica bolje obaviještenosti, manje konzervativnosti i bolje kontrole troškova u realnom sektoru privrede. Osim značajno niže nabavne cijene, bitni čimbenici koji utječu na ukupne troškove povezani

su s pitanjem održavanja. Većina etabliranih europskih proizvođača daje sljedeće upute za održavanje i trajnost plinonepropusnih KZO tipa 1.

MODELIRANJE TOKSIČNOSTI

Možda je jedna od najvećih prednosti modernih materijala mogućnost korištenja tehnika modeliranja toksičnosti. Tako npr. PermaSURE®, aplikacija za Chemprotex™ tkanine, omogućava izračunavanje vremena sigurnog rada na temelju kemikalije kojoj je odijelo izloženo, stupnja izloženosti (tj. postotka površine tijela nositelja koji je u dodiru s tom kemikalijom), vrste odijela i stvarne temperature odijela.

Tablica 1. Trajnost, cijena i ispravno održavanje plinonepropusne KZO za ET

Table 1. Durability, price and correct maintenance of gas-tight protective garments for ET

KZO	Trajnost (godina)	Testiranje (bez upotrebe)	Skladištenje	Čišćenje/pranje	Dekontaminacija	Odlaganje (prije isteka trajnosti)	Nabavna cijena
<i>Trajne upotrebe (GTB)</i>	10-15	1x godišnje	Prema uputama proizvođača	Nakon svake upotrebe	Nakon zagađenja	Nakon istrošenja	100 %
<i>Ograničene upotrebe (Tychem® TK)</i>	5 + 5	5 godina ništa, zatim 1x godišnje	Prema uputama proizvođača	Nakon svake upotrebe	Nakon zagađenja	Nakon zagađenja ili do higijenskog čišćenje	50 %
<i>Jednokratne upotrebe (GTL)</i>	7 + 3	7 godina ništa, zatim samo jednom	Do upotrebe, u originalnom pakiranju	Nema	Nakon zagađenja (samo djelomična)	Nakon upotrebe	25-33 %

Tablica 2. Testna baterija kemikalija HRN EN 943-2:2002 s dobrim rezultatima testa

Table 2. Test battery for chemicals according to the HRN EN 943-2:2002 with good test results

KEMIKALIJA	TYCHEM® TK	SKLOP RUKAVICE	"HAZMAX" ČIZME	VRHUNSKI LAMINIRANI VIZIR
Aceton	> 480	> 360	> 2 sata	> 480
Acetonitil	> 480	> 480	> 6 sati	> 480
Amonijak (plin)	> 480	> 360	> 3 sata	> 480
Ugljični disulfid	> 480	> 480	> 1 sat	> 480
Klor (plin)	> 480	> 480	> 8 sati	> 480
Diklorometan	> 480	> 480	> 1 sat	> 480
Dietilamin	> 480	> 480	> 2 sata	> 480
Etil acetat	> 480	> 360	> 4 sata	> 480
Heksan	> 480	> 480	> 7 sati	> 480
Klorovodik (plin)	> 480	> 480	> 8 sati	> 480
Metanol	> 480	> 480	> 8 sati	> 480
Natrijeva lužina	> 480	> 480	> 8 sati	> 480
Sumporna kiselina	> 480	> 360	> 8 sati	> 480
Tetrahidrofuran	> 480	> 480	> 3 sata	> 480
Toluen	> 480	> 480	> 4 sata	> 480

Sam podatak o permeaciji neke kemikalije kroz KZO je zapravo samo početna točka u procesu odlučivanja što određeni materijal odijela, koji je odabran za uporabu s nekom kemikalijom, može pružiti u smislu zaštite i izvrstan je za komparaciju različitih materijala. No, taj podatak korisniku ne kaže koliko dugo može trajati njegov siguran rad i, ako je pogrešno upotrijebljen, može mu dati lažni osjećaj sigurnosti. Tri su bitna razloga da sam podatak o permeaciji nije dovoljan za procjenu vremena sigurnog rada:

1. *Permeacija* se mjeri u laboratoriju pri temperaturi 20-23°C⁷. Temperatura materijala odijela u upotrebi može biti mnogo niža ili mnogo viša. Za grubu orijentaciju može se prihvatiti da se brzina kemijskih procesa udvostručuje za svakih 10°C porasta temperature. PermaSURE® u obzir uzima stvarnu temperaturu materijala. Ovisno o tome je li temperatura odijela jednaka temperaturi nositelja (normalno oko 37°C) ili je možda niska kao temperatura okoliša (ispod 0°C zimi), PermaSURE® daje pouzdanu informaciju o brzini permeacije u stvarnim radnim uvjetima.
2. *Vrijeme proboja* navedeno u tablicama permeacije pokazuje vrijeme potrebno da se postigne jedna prikladno odabrana brzina permeacije kroz materijal odijela (u EU najčešće 1,0 µg/cm²min). Naprotiv, ono ne pokazuje koliko je kemikalije do tada već prošlo kroz odijelo do nositelja. PermaSURE® modeliranje počinje od niže, ali potencijalno značajne permeacije, prije nego što je njezina brzina dosegla navedenu granicu.
3. PermaSURE® pri izračunavanju vremena sigurnog rada u obzir uzima *toksičnost kemikalije* kojoj je odijelo izloženo. Na taj način diskriminira štetne toksične i kancerogene tvari, odnosno duljinu vremena izlaganja usklađuje s opasnošću za nositelja na jasan način.

PermaSURE® uz to može dati i dodatne korisne informacije, kao što su izvještaj o broju incidenata za svako odijelo, svakog nositelja i cijelu

organizaciju, odnosno niz korisnih podataka za eventualne naknadne analize.

ZAKLJUČAK

U tekstu su navedeni samo najvažniji čimbenici koje treba uzeti u obzir prilikom izbora optimalnih KZO-a za zaštitu od kemijskih i bioloških opasnosti. Za korisnike je bitno da pažljivo razmotre sve važne čimbenike i da usporede raspoloživa svojstva. Izbor kemijsko zaštitnih odijela treba prvenstveno biti vođen vrstom i fizikalnim stanjem kontaminanata, pa prije izbora optimalnog odijela za određeni radni okoliš treba procijeniti i analizirati rezultate testiranja materijala. Nakon toga za radni okoliš u kojem će se KZO stvarno koristiti u obzir treba uzeti i dodatne čimbenike, kao što su npr. temperatura i ostali utjecajni čimbenici.

Nije upitno da kod izbora opreme za osobnu zaštitu pripadnika timova koji odgovaraju na incidente s opasnim tvarima još uvijek može postojati opravdana potreba za trajnim odijelima. Čvršće tkanine pružaju bolju zaštitu od probijanja i abrazije, pa ako se KZO često upotrebljavaju, ekonomija može biti na njihovoj strani, bez obzira na dodatne troškove dekontaminacije, redovitog testiranja i skladištenja. Suprotno tome, ako pogled u prošlost pokazuje da su incidenti rijetki, tada se ekonomija okreće na stranu odijela za *jednokratnu* ili *ograničenu upotrebu*, posebno ako se u obzir uzmu i sve dodatne prednosti za nositelja, postrojbu i poslodavca.

LITERATURA

Anna, D.H. et al.: *Chemical Protective Clothing*, 2nd ed., AIHA Press, Fairfax 2003.

ASTM F739 - Standard Test Method for Permeation of Liquids and Gases through Protective Clothing Materials under Conditions of Continuous Contact

Forsberg, K. et al.: *Quick selection guide to chemical protective clothing*, 6th ed., J. Wiley&Sons, Hoboken, 2014.

HRN CEN/TR 15419:2006 – Zaštitna odjeća – Smjernice za odabir, uporabu, njegu i održavanje zaštitne odjeće za zaštitu od kemikalija

⁷ Temperatura testiranja prema NFPA 1991 iznosi 27°C.

HRN EN 943-1:2015 - Odjeća za zaštitu od opasnih čvrstih, tekućih i plinovitih kemikalija, uključujući i tekuće i čvrste aerosole - 1. dio: Zahtjevi za tip 1 (plinonepropusnu) odjeću za zaštitu od kemikalija (EN 943-1:2015)

HRN EN 943-2:2002 - Odjeća za zaštitu od tekućih i plinovitih kemikalija, uključujući i tekuće aerosole i čvrste čestice - 2. dio: Zahtjevi na svojstva za »plinonepropusna« (tip 1) odjeća za zaštitu od kemikalija za spasilačke skupine (ET) (EN 943-2:2002)

HRN EN 374-3:2003 - Rukavice za zaštitu od kemikalija i mikroorganizama - 3. dio: Određivanje otpornosti na upijanje kemikalija (EN 374-3:2003)

HRN EN ISO 6529:2001 - Zaštitna odjeća - Zaštita od kemikalija - Određivanje otpornosti materijala zaštitne odjeće na upijanje tekućina i plinova (ISO 6529:2001; EN ISO 6529:2001)

HRN EN 14126:2004 - Zaštitna odjeća -- Zahtjevi za svojstva i ispitne metode za zaštitnu odjeću od infektivnih tvari (EN 14126:2003)

HRN EN 464:2001 - Odjeća za zaštitu od tekućih i plinovitih kemikalija, uključujući aerosole i krute čestice - Ispitna metoda: Određivanje nepropusnosti plinonepropusnih odijela (Ispitivanje unutarnjim tlakom) (EN 464:1994)

HRN CEN ISO/TR 11610:2006 - Zaštitna odjeća – Rječnik

HRN EN 14325:2005 - Odjeća za zaštitu od kemikalija -- Ispitne metode i razredba svojstava za materijale, šavove, rastavljive i trajne spojeve odjeće za zaštitu od kemikalija

nHRN EN 943-2 - Odjeća za zaštitu od opasnih čvrstih, tekućih i plinovitih kemikalija, uključujući tekuće i čvrste aerosole - 2. dio: Zahtjevi za svojstva za odjeću tipa 1 (plinonepropusnu) za zaštitu od kemikalija za spasilačke skupine (prEN 943-2)

Instructions for use of GTB ET Gas-Tight Suit (Type 1a ET), dostupno na: http://www.respirexinternational.com/files/6613/5175/9755/BS047_GTB_Instructions_for_Use.pdf, pristupljeno 3.1.2017.

Instructions for use of GTL Gas-Tight Suit, dostupno na: http://www.respirexinternational.com/files/1513/6447/1843/GTL_User_Instructions_BS088.pdf, pristupljeno 3.1.2017.

Instructions for use of Limited-Use Gas-Tight Suit manufactured from Tychem®TK, dostupno na: http://www.respirexinternational.com/files/4713/5176/2670/BS026-A-2003_Instructions_for_use_Tychem-TK_GT_suits.pdf, pristupljeno 3.1.2017.

Kerbow, K.: Five Important Features of PPE for Chemical and Biological Hazard Protection, *Occupational Health & Safety*, 85, 2016., 12.

NFPA 1991 - Standard on Vapor-Protective Ensembles for Hazardous Materials Emergencies
Pravilnik o stavljanju na tržište osobne zaštitne opreme, N.N., br. 89/10.

Pravilnik o uporabi osobnih zaštitnih sredstava, N.N., br. 39/06.

Walker, G.: Developments in single use hazmat suits, *Asia Pacific Fire Magazine*, October 2016, p. 98-100.

Zakon o zaštiti na radu, N.N., br. 71/14.

NEW NORMS ON THE SELECTION OF SUITS FOR PROTECTION AGAINST CHEMICAL AND BIOLOGICAL HAZARDS

SUMMARY: Selection of chemical protective clothing in industry is based on the known hazards. Firefighters and other intervention personnel face danger from many different hazardous chemicals which are usually not known in advance. On the whole, firefighters select the highest possible protection level offered by gastight suits. Their choice are frequently still reusable garments, although limited and single use garments, beside lower price, offer a number of important advantages in terms of weight, volume, chemical resistance, ease of maintenance, and comfort. New European norms do not divide chemical protective garments into reusable and limited use any more, which is in concert with the progress achieved in material technology. The issue of total lifecycle cost has become the decisive factor in the selection process. Following correct selection based on risk assessment is the maintenance specified in manufacturers' recommendations, which is a critical factor in garment functionality. Modelling toxicity for new materials gives the opportunity for more precise risk assessment regarding permeation of dangerous chemicals and removes certain deficiencies in European norms. Some of most important parameters which must be analysed and compared during selection process are presented in the paper.

Key words: *chemical protective garments, new European norms, maintenance, toxicity modelling*

*Subject review
Received: 2017-02-15
Accepted: 2017-09-04*