

# СПЕЦИФИЧНОСТИ ИСПИТИВАЊА СРЕДСТАВА ЗА НХБ ЗАШТИТУ ТЕЛА

Мајор др *Радован* Каркалић



**З**аштитне карактеристике средстава за заштиту тела зависе од врсте примењеног заштитног материјала и концентрације контаминанта. У оквиру досадашњег развоја и производње одевних материјала намењених за заштиту тела од високотоксичних материја израђено је више врста заштитних материјала. Они се могу сврстати у две основне групе. У првој су изолирајући материјали на бази еластомера или пластомера, а у другој филтрирајући материјали, тј. танкослојни сорпциони угљенични материјали. Основна предност изолирајућих материјала огледа се у добрим заштитним својствима према ВТМ, а недостатак је непропусност за ваздух и зној, што код корисника ствара предуслове за појаву топлотног стреса.

\*Аутор ради у Техничком опитном центру

**□** премање војника, али и цивила, средствима за заштиту тела заснива се на чињеници да је само војска утренирана и опремљена средствима за заштиту тела (средствима личне заштите у целини) високо ефикасна при дејству оружја за масовно уништавање. При дејству хемијског и нуклеарног оружја по-

ребно је извршити целокупну личну заштиту, која подразумева заштиту тела и заштиту дисајних органа. Заштита тела се односи, пре свега, на заштиту од дејства пара/гасова, капи и аеросола високотоксичних материја (ВТМ) и индустријских опасних материја, које се адсорбују на кожи човека. Поред тога, тело се штити од

Снимио: Д. Банда



радиоактивних падавина, дејства горуће напалм смеше и термалног импулса нуклеарне експлозије (ТИНЕ).

У складу са савременим захтевима за заштиту тела у свету су дефинисана четири нивоа личне хемијске заштите [1], који су приказани на слици 1. Тим нивоима је дефинисана специфична врста заштитних средстава, од елементарне заштите у виду радног комбинезона, наочара и рукавица (ниво Д), преко заштитних комбинезона и потпуне херметизације уз употребу хемијске траке (*chemical tape*) за додатну херметизацију (нивои Б и Ц), до потпуне инкапсулације у савременим оделима опремљеним изолационим апаратима (SCBA - Self Contained Breathing Apparatus), којима су опремљене најразвијеније земље света (ниво А).



Слика 1 – Савремени нивои личне заштите појединца

Заштитне карактеристике средстава за заштиту тела зависе од врсте примењеног заштитног материјала и концентрације примењеног контаминанта. У оквиру досадашњег развоја и производње одевних материјала намењених за заштиту тела од ВТМ израђено је више врста заштитних материјала. Они се могу сврстати у две основне групе. У првој су изолирајући материјали на бази еластомера или пластомера, а у другој танкослојни сорпциони угљенични материјали, који су своју примену нашли у производњи заштитног филтрирајућег одела. Основна предност изолирајућих материјала огледа се у добрим заштитним својствима према ВТМ, а недостатак у непропусности за ваздух и зној, што код корисника ствара предуслове за наставак топлотног стреса.

<sup>1</sup> Овде је приказан Тувек®, чији је произвођач DuPont™, који налази све већу примену у свету због добрих употребних карактеристика.

## Средства за заштиту тела изолирајућег типа

Све државе увеле су средства изолирајућег типа за заштиту тела. У свету се поклања велика пажња производњи изолирајућих материјала и њиховом инкорпорирању у заштитна средства, са константним захтевима за побољшање њихових употребних перформанси. Савремени трендови развоја средстава за заштиту тела изолирајућег типа постављају високе захтеве у погледу заштите.

Изолирајући материјали израђују се на бази или еластомера или пластомера. Они се производе као релативно дебљи филмови еластомера и пластомера или се каширају на основни текстилни материјал, који је обично на бази полиамида, полиестра или памука. Изолирајући материјали представљају добру баријеру пролазу ВТМ и честица радиоактивне прашине, а од карактеристика ВТМ и самог материјала зависи и време заштите. Од ових материјала израђују се заштитна одела, огртачи, рукавице, чарапе и чизме. За израду заштитног одела употребљавају се два типа материјала: вишеслојни „сендвич“ тип и ослојени текстилни материјал.

Код првог типа баријерни филм материјала, као што је поливинил-хлорид, полиамид или полиестер, налази се у сендвичу између шавом спојених полиолефинских филмова. Слојеви сендвич-система су биаксијално оријентисани пре или после ламинирања ради добијања бољих физичко-механичких карактеристика. Укупна дебљина таквих вишеслојних филмова је око 100 mm, а површинска маса од 100 до 150 g/m<sup>2</sup>. При тежем раду, где спада деконтаминација, ослојени текстилни материјали имају већу примену због много веће чврстоће у односу на вишеслојне филмове. Бутил и перфлуорокарбонска гума се најчешће употребљавају за ослојавање, а површинска маса употребљеног текстилног материјала креће се у ширем опсегу. Наиме, још је 1938. године Ауерово заштитно одело, ознаке 201, било такво да је обезбеђивало потпуну заштиту за кориснике „захваљујући примењеним јединственим материјалима и дизајну, у комбинацији са посебним рукавицама, чизмама и преклапајућим ивицама и шавовима“. Изолирајућа одећа последње генерације израђује се од неопрена, хајпалона, витона или вишеслојних ламината.

Изолирајућа средства своде губитке на минимум и омогућавају да корисник у нај-

краћем могућем времену достигне одговарајућу функционалну оперативност. Зато се у свету поклања велика пажња производњи ових материјала, са константним захтевима за побољшање употребних перформанси изолирајућих средстава. Савремени трендови развоја средстава личне заштите, самим тим и средстава за заштиту тела изолирајућег типа, постављају строге захтеве које није лако испунити. Свака нова генерација заштитних средстава тражи неки нови захтев чија реализација омогућава израду квалитетнијег средства. При томе, треба напоменути да изолирајућа средства имају добра заштитна и лоша физиолошка својства; односно, ова средства пружају носиоцима одговарајуће топлотно оптерећење, које резултује топлотним стресом са мањим или већим последицама, при раду средњег и већег интензитета и раду у топлотном окружењу. Средства за заштиту тела на бази изолирајућих материјала карактеришу се dobrим заштитним својствима од дејства ВТМ, али су физиолошки врло неподобна због непропусности за ваздух. Коришћењем ових средстава продукује се одговарајуће топлотно оптерећење, које при раду средњег и већег интензитета, нарочито у топлој околини, резултује топлотним стресом са мањим или већим последицама. Топлотни стрес може се јавити у компензованом и некомпензованом облику. Компензовани топлотни стрес јавља се када је губитак топлоте у равнотежи са њеним стварањем, тако да се може достићи равнотежно стање унутрашње температуре при датој физичкој активности (*steady-state*). Обично је присутан при већини активности везаних за реализацију наменских војничких задатака. Некомпензовани топлот-

ни стрес јавља се када захтеви за одавањем топлоте превазилазе евапоративни капацитет околине. Током њега организам не може да постигне равнотежно стање унутрашње температуре, тако да она расте све док се не достигне физиолошка граница и не дође до исцрпљења. С обзиром на то да долази до брзе акумулације топлоте и топлотног оптерећења корисника, време ношења изолирајућих средстава је лимитирано у зависности од спољне температуре.

Изолирајућа заштитна средства имају највећу примену при извођењу деконтаминационих радова. На слици 2. приказан је поступак радиолошке деконтаминације уз употребу изолирајућих заштитних средстава и савременог уређаја за деконтаминацију из групе средстава *sanijet*.

Од изолирајућих заштитних средстава у опреми ВС налази се изолирајуће заштитно одело М3 (дводелно) и заштитни комбинезон М5 (једноделни). Тренутно се у фази развоја налазе нове верзије комбинезона, које би требало да супституишу моделе претходне генерације и својим карактеристикама представљало би савременије и перспективније решење.

У групи савремених средстава овог типа налазе се модели Тувек® и Туchem С, F и ТК, чији је произвођач DuPont™. Тувек® је „неткани“ материјал, који је израђен од веома финих филамената HDPE (полиетилен високе густине).

Упркос својим недостацима, везаним за лимитирајуће време употребе у условима повишене температуре, смањену флексибилност и слично, изолирајућа одећа ће и даље фигурирати у опреми јединица ВС и страних о/с. Захваљујући dobrим заштитним карактеристикама од дејства ВТМ, а у



Слика 2 – Коришћење изолирајућих заштитних средстава при извођењу деконтаминационих радова

спрези са изолационим апаратима и системима за хлађење тела, изолирајућа заштитна одећа омогућава потпуно извршавање задатака у условима хемијске контаминације, као што су хаварије на производним постројењима, хемијски удеси при транспорту опасних материја, итд.

## Средства за заштиту тела филтрирајућег типа

Средства за заштиту тела филтрирајућег типа представљају савремени концепт заштите тела који је усвојен у многим земљама. Филтрирајући материјали су пропустљиви за ваздух и водену пару, „дишу“ и физиолошки су знатно подобнији од изолирајућих материјала.

Филтрирајућа заштитна средства омогућавају корисницима дужи боравак на контаминираним земљишту, обављање сложенијих задатака, уз задржавање добрих заштитних својстава од дејства ВТМ. Ова заштитна средства могу се носити преко веша, а у условима нижих температура преко пододела или стандардне ратне униформе. Састоје се од блузе и панталона, а најчешће израђују у три величинска броја (мало, средње и велико). Изглед различитих модела, израђених у дводелној варијанти или форми комбинезона, приказан је на слици 3.

Од ОФЗ се захтевају добра заштитна, физиолошка, физичко-механичка и друга употребна својства, што проблем избора, израде и конструкције материјала и средства у целини чини знатно сложенијим. На-

ведени захтеви, у условима садашњег техничко-технолошког развоја, условљавају израду ОФЗ од два танкослојна пермеабилна материјала: спољњег и унутрашњег слоја [2–4]. Имајући у виду чињеницу да је спољни слој најчешће израђен од комбинације памука и полиестра, омогућено је вишебојно маскирно бојење тканине. У складу с тим, израђене су и различите маскирне варијанте овог средства, погодне за употребу у различитим подручјима света.

Стални напредак у области развоја материјала и побољшања технологије израде условили су развој ОФЗ у форми неколико генерација ових средстава (прва, друга, трећа и четврта генерација). С обзиром да су спољни и унутрашњи слој ОФЗ интегрисани у једну целину (спојени шивењем на саставним местима), њихов спој у пракси често се назива „сендвич-материјал“.

Текстилни носач може да буде израђен од мешавине различитих влакана, што у крајњем случају зависи од постављених тактичко-техничких захтева. Мора се одликовати малом површинском масом, дебљином и добрим физичко-механичким и хемијским карактеристикама. Када су у питању сфере АУМ, полазне компоненте су, најчешће, полистирен и дивинилбензен. При избору везивног средства препоручује се широки спектар еластомера и пластомера: полиакрилат, латекс, полиуретан, полисулфон, политетрафлуоретилен, полиетилен, полипропилен, полиамид и сл. Везивно средство мора омогућити изразито јаку везу сфера на текстилном материјалу, како би унутрашњи слој могао издржати сва предвиђена напрезања, без смањења за-



Слика 3 – Различити модели филтрирајућих заштитних средстава

Снимио: Д. Банда



штитних својстава. Начин наношења сфера и њихово распоређивање на носачу представља тајну (тзв. know-how) технологију. Технолошки поступак израде сфера АУМ заснива се на кополимеризацији изабраних полазних полимера, карбонизацији и активацији кополимера, истраживању оптималне температуре и временског интервала за различите фазе процеса израде сфера. Технолошки поступак везивања сфера АУМ је свакако један од најсложенијих проблема у изради тог материјала. На текстилни носач прво се наноси лепак типа „hot melt“, а затим се врши везивање сфера. Температурни третман топи лепак, тако да након хлађења честице сферног сорбента остају чврсто везане за површину текстилног материјала.

Почетком 90-их година прошлог века у оперативну употребу наших оружаних снага уведен је ОФЗ-М1, чија је примена знатно унапредила квалитет заштите тела. Посебан квалитет овог средства огледа се у могућности његове употребе у форми стандардне ратне униформе. Дугогодишња истраживања у ВТИ-у и испитивања у ТОЦ-у показала су да старији модели ОФЗ поседују заштитна својства од ВТМ на нивоу 6 h и омогућавају заштиту од ТИНЕ и капи горуће напалм-смеше. С обзиром на то да припадају првој генерацији овог средства, поседовали су недостатке: у унутрашњем слоју садржали су угљенични прах и карактерисали се већом крутошћу (спутавање корисника и

отежано паковање средства), време заштите било је краће, а угљенични прах је при отирању корисника бојио у црно.

У данашње време употреба ОФЗ представља неопходан услов за остварење потпуне противхемијске заштите у ситуацијама када се не може примењивати изолирајућа заштитна одећа. Због описаних недостатака констатованих на испитиваним моделима ОФЗ, врше се даља истраживања и развој, како би се израдила средства у која би били инкорпорирани савременији материјали, а која би се карактерисала новијим техничко-технолошким решењима и пружала боље физичко-механичке, функционалне, заштитне карактеристике и физиолошку подобност.

### Испитивање карактеристике квалитета

У зависности од постојећих тактичко-техничких захтева (ТТЗ), прописа о квалитету производа (ПКП), декларисаних карактеристика (ДК), стандарда (ISO, EN, ASTM, DIN, ГОСТ, СРПС и СНО) или других захтева наручиоца испитивања, реализију се испитивања по унапред дефинисаним процедурама и упутствима.

У складу са наменом производа, израђује се програм и план испитивања, у који се уграђују све активности, извршиоци и потребно материјално обезбеђење. Финални

производ реализованог процеса испитивања предметног средства представља елаборат, односно извештај о извршеном завршном или верификационом испитивању.

Главне карактеристике квалитета средстава за НХБ заштиту тела могу се класификовати у неколико категорија:

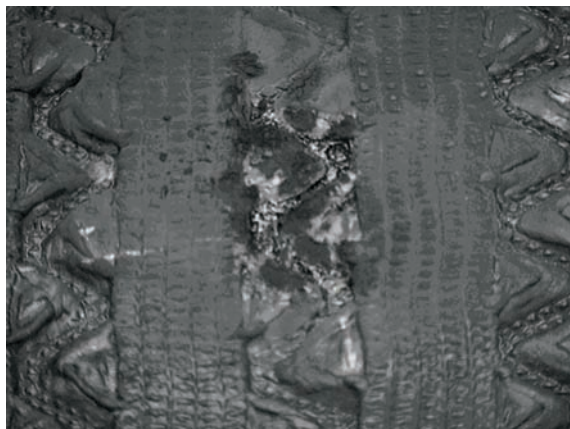
- масене и геометријске карактеристике,
- функционално-безбедносне карактеристике:
  - заштитна моћ на дејство ВТМ,
  - заштитна моћ на дејство ТИНЕ (слике 4. и 5),
  - заштитна моћ на дејство горуће „напалм-смеше“ (слике 6. и 7),
  - самогасивост изражена индексом кисеоника,
  - отпорност на деловање плесни,
  - отпорност на деловање слане магле,
  - водоодбојност/водонепропустљивост, итд.



Слика 4 – Изглед испитних епрувета гумених производа након испитивања отпорности на дејство ТИНЕ



Слика 5 – Изглед испитних епрувета текстилних материјала након испитивања отпорности на дејство ТИНЕ



Слика 6 – Изглед испитне епрувете гуменог производа након испитивања отпорности на дејство горуће напалм-смеше



Слика 7 – Изглед испитних епрувета текстилних материјала након испитивања отпорности на дејство горуће напалм-смеше

- физичко-механичке карактеристике:
  - површинска маса,
  - дебљина,
  - прекидна сила,
  - прекидно издужење,
  - отпорност на цепање,
  - отпорност на пробијање – прскање (слика 8),
  - отпорност на пилинг,
  - угао гужвања,
  - густина петљи,
  - укошеност плетенине,
  - отпорност на хабање до прекида прве нити,
  - херметичност (слика 9),
  - пропустљивост ваздуха и
  - пропустљивост водене паре.
- хемијске карактеристике:
  - сировински састав,
  - скупљање при прању и хемијском чишћењу,
  - отпорност према дејству уља (олеофобност),



Слика 8 – Испитивање отпорности на пробијање (прскање)



Слика 9 – Испитивање херметичности изолирајућих заштитних средстава у лабораторијама фирме MSA-Auer

- рН воденог екстракта,
- постојаност боја на светлост, хемијско чишћење, прање, зној, воду, морску воду, трење на суво и трење на мокро.
- маскирне карактеристике (дезен, тон, сјај и дифузна рефлексија).

Имајући у виду чињеницу да се неке карактеристике могу проверити једино у инфрацрвеној (ИЦ) области, маскирне карактеристике одеће се са тог становишта могу поделити у две основне групе:

- карактеристике које утичу на контраст према околини (температура и емисивност површине материјала одећа), тј. уклапање (стапање) маскирности одећа и околине. На укупну температуру одећа утичу апсорпциона својства материјала, термоизолациона својства материјала и укупна структура одећа (вишеслојност, величина и распоред отвора), а сопствено зраче-

ње одећа зависи од емисивности материјала одећа,

- карактеристике које утичу на пренос топлотног зрачења (могућност пригушења топлотног зрачења са камуфлираног објекта – ефикасност радијационе препреке – трансмисија одећа).

Приликом примене маскирних одећа у ИЦ подручју спектра могу се уочити различити утицаји који се морају разматрати при дефинисању скупа параметара који описују маскирну ефикасност одећа. Утицаји метеоролошких услова и околине на контраст су следећи:

- апсорпција зрачења Сунца повећава температуру (погоршава контраст),
- киша врло брзо доводи до уједначавања контраста и
- постојање јаким дисконтинуитета при усаглашавању одеће са околином, који су променљиви током дана (нпр. загрејани друм и хладна одећа).

На укупан ниво пригушења топлотног зрачења утиче:

- структура одећа (једнострука или вишеструкa), облик и распоред отвора и
- пренос топлоте кондукцијом, конвекцијом или зрачењем на структуру одећа који доводи до повећења температуре мреже.

Уколико средства за заштиту тела морају поседовати специфичне маскирне карактеристике у ИЦ области спровод се снимања термовизијском камером. На слици 10 приказан је један од термовизијских приказа испитиваних модела војничких униформи у „IRON“ и „black&white“ моду (најприменљивији у војне сврхе).



Слика 10 – Термовизијски приказ испитаника у различитим моделима војничких униформи

Ефикасност маскирања зависи од типа и карактеристика примењеног сензора, као и од захтеваног нивоа визуелне перцепције маскираног објекта. Провере маскирне ефикасности ИЦ маскирних одела морају бити везане за резултате испитивања у реалним условима на терену. Лабораторијске методе морају бити у корелацији са испитивањима на терену, односно њихови резултати морају бити једнозначно везани са резултатима испитивања у реалним условима. Са друге стране, методе морају бити тако конципиране да резултати буду у потпуности поновљиви.

Све наведене карактеристике биће испитане у Војнотехничком институту, ТОЦ-у и другим акредитованим лабораторијама у земљи и иностранству.

Ради добијања што потпуније и квалитетније оцене о средству, реализују се и опитно-експлоатациона испитивања уз ангажовање потребног броја испитаника (добровољна основа). Уколико наведена средства долазе у директан контакт са кожом корисника реализују се и испитивања алерголошко-иритативних својстава материјала (слика 11).

Наведене карактеристике се претходно проверавају на новопроизведеним сред-



Слика 11 – Учесће испитаника у испитивањима квалитета заштитних средстава

ствима (нетретираним узорцима). У складу са наменом и ТТЗ врше се различита климатска и механичка излагања различитим климатским и механичким условима, а затим се врши поновна провера свих наведених карактеристика. Након тога врши се статистичка обрада резултата испитивања и израда елабората о спроведеном испитивању.

При провери QMS-a (the Quality Management System) према захтевима стандар-

Снимио: Д. Банда



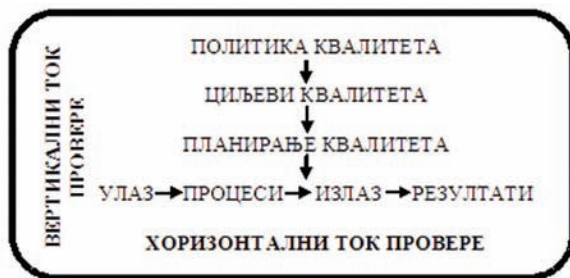


Снимии: Д. Банда



да SRPS ISO 9001:2001 уочљива су два тока провере, који су међусобно повезани – вертикални и хоризонтални. Под вертикалним током подразумевају се процеси који се односе на управљачке токове, а хоризонталним процеси окренути ка купцу. Кроз вертикални ток провере потврђује се дефинисана политика квалитета, а циљеви квалитета примењују, усмеравају и покрећу организацију у смислу стварања додатне вредности и сталног побољшања. Кроз хоризонтални ток провере проверавају се процеси окренути ка купцу, њихова међусобна веза и интеракција, како би се постигло оно што се од њих очекује. Међусобна веза такве провере приказана је на слици 12. и примењује се при свим активностима испитивања средстава АБХО и личних интендантских средстава у ТОЦ-у.

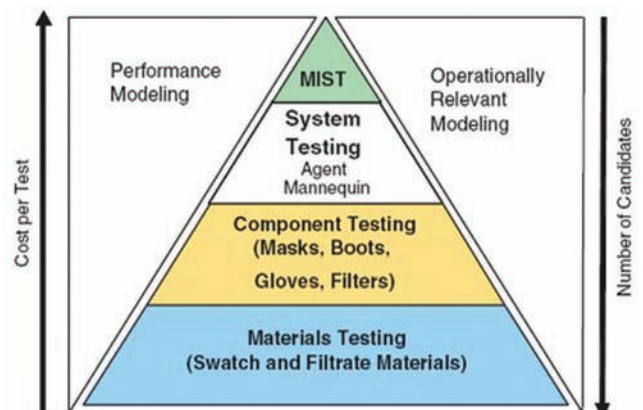
На слици 13 дат је савремени приказ тестирања и оцењивања средства личне



Слика 12 – Међусобна веза хоризонталног и вертикалног тока провере

заштите, тзв. пирамида, која укључује све елементе неопходне за реално оцењивање квалитета средстава и приказује примену системског приступа (Charles Walker Dugway Proving Ground US Department of Defense).

У лабораторијским испитивањима у великој мери се користе „роботизовани манекени“ који поседују велики број интегрисаних сензора ради истовремене аквизиције већег броја испитиваних параметара. Суштина њихове примене је да се ангажувају људи у лабораторијским испитивањима сведе на минимум и омогући поуздана детекција и идентификација тест-агенса у различитим амбијенталним условима. Један од примењиваних модела је и PETMAN који је приказан на слици 14. и пружа мо-



Слика 13 – Приказ пирамиде тестирања и оцењивања заштитних средстава



Слика 14 – Примена роботизованог манекена у испитивањима квалитета заштитних средстава

гућност сталне доградње уз велики степен прилагодљивости условима испитивања.

## Закључак

Употреба изолирајућих и филтрирајућих средстава у Војсци Србије представља неопходан услов за остварење потпуне нуклеарно-хемијско-биолошке заштите појединца у свим акцидентним ситуацијама. У ситуацијама када се не може применити изолирајућа заштитна одећа, могућа је примена филтрирајућих заштитних средстава која у одређеним условима пружају потпуну заштиту корисника. Тренутно се у

свету, па и у нашој земљи, врше даља истраживања и развој, како би се у наведена средства инкорпорирали савремени материјали. Таква заштитна средства карактерисала би се новијим техничко-технолошким решењима, а њихов квалитет би у потпуности одговарао свим условима модерног „хемијског рата“.

## Литература:

1. Каркалић, Р., Поповић, Р., Добричанин, М.: Chemical warfare agents protection with NBC clothing materials, 5. међународна конференција „Истраживање и развој у машинској индустрији“, RaDMI 2005, 04.-09.09.2005., Врњачка Бања
2. Каркалић, Р.: Оптимизација танкослојних сорпционих угљеничних материјала уграђених у средства АБХО у функцији заштитних карактеристика и физиолошке подобности, Докторска дисертација, Београд, 2006.
3. Chemical & biological defense program, Annual report 11/03
4. Chemical & biological defense program, Annual report 17/04
5. Поповић, Р.: Complex performances of the contemporary textile materials covered with active charcoal, VI Међународни конгрес „YUCOMAT 2004“, Herceg Novi
6. Каркалић, Р., Поповић, Р. С.: Influence of composition and number of layers on physical-mechanical properties of textile/PUR/PES (membrane) laminate composites, VI Међународни конгрес „YUCOMAT 2004“, Херцег Нови
7. Каркалић, Р., Радаковић, С.: Испитивање савремене филтросорпционе заштитне одеће са аспекта физиолошке подобности, I Конгрес Одбрамбене технологије у функцији мира OTEX-2005, 06.-07.12.2005., Београд
8. Eberle, H., Hermeling, H., Hornberger, M., Menzer D., Ring W.: Fachwissen Bekleidung, Verlag Europa-Lehrmittel Vollmer GmbH & Co. Haan-Gruiten, 1993.
9. Група аутора, Soldier protective clothing and equipment - Feasibility of chemical testing using a fully articulated robotic mannequin, The National Academies Press, Washington, 2008.