Dr Vlado Radić,
major, dipl. inž.
Vojnotehnički institut VJ,
Beograd

KEVLAR I BALISTIČKA ZAŠTITA

UDC: 623.445.1:623.561

Rezime:

U radu je dat prikaz osnovnih svojstava Kevlara — materijala koji se primenjuje u mnogim područjima i koji ima izuzetnu kombinaciju male mase i velike čvrstoće. To je univerzalan materijal koji se primenjuje u širokom asortimanu proizvoda, ali je njegova primena u balističkoj zaštiti veoma izražena. On omogućava ispunjenje najstrožih zahteva standarda kvaliteta i vrlo visok nivo zaštite ljudi i sredstava.

Ključne reči: Kevlar, balistička zaštita, vlakna, svojstva materijala, balistička ispitivanja.

KEVLAR AND BALLISTIC PROTECTION

Summary:

The paper presents the basic properties of Kevlar — a material applied in many domains and with a unique combination of small mass and high strength. It is a multipurpose material applicable to the wide range of products but his application in ballistic protection stands out. Kevlar enables the satisfaction of highest requirements of the quality standard and a very high level of personnel and equipment protection.

Key words: Kevlar, ballistic protection, fibres, materials properties, ballistic testing.

Uvod

Stefani Kwolek (Stefanie Kwolek), naučni saradnik Du Ponta, SAD, otkrila je Kevlar* 1965. godine. Od tada Kevlar nije prestajao da bude u žiži naučnih i proizvodnih tendencija i novih primena. Zbog toga paraaramidna vlakna predstavljaju sinonim visoke tehnologije.

Kevlar je jedno od najvažnijih organskih vlakana. Zbog jedinstvene

* Kevlar je fabrički naziv za paraaramidno vlakno velike čvrstoće koje proizvodi firma Du Pont, SAD.

kombinacije svojstava danas se široko primenjuje u industriji. Od komercijalnog uvođenja, početkom sedamdesetih godina, paraaramidna vlakna se primenjuju u različitim proizvodima. Zajedničko svojstvo ovih proizvoda jeste velika otpornost na lom i vrlo mala specifična masa. Kevlar, takođe, ima odličnu termičku i dimenzionalnu stabilnost i malo izduženje pri naprezanju na kidanje. Ne korodira i otporan je na dejstvo većeg broja hemikalija. Takođe, otporan je na toplotu, vatru i na habanje a nije elektroprovodljiv.

U kombinaciji sa drugim materijalima, paraamid pruža nove mogućnosti projektantima i inženjerima dozvoljavajući im da razviju kompozitne sisteme u rešavanju postojećih projektnih problema.

Primena Kevlara

U toku poslednje decenije Kevlar se primenjuje u konstrukcijama:

— gde se zahteva mala masa. Koristi se kao osnova za armiranje različitih materijala koji su izloženi ekstremnim termičkim i hemijskim delovanjima,

— gde su strukturna krutost i mala masa odlučujući činilac,

— gde se zahteva otpornost na toplotu i habanje.

Sl. 1 — Hemijska struktura vlakana Kevlara

Vlakna Kevlara sadrže duge lance molekula proizvedene od poliparafenilen-tereftalamida (slika 1). Lanci su orijentisani i sa snažnim međusobnim vezama, što rezultira posebnim kombinacijama svojstava.

Opšte karakteristike paraamidnih vlakana su:

- velika zatezna čvrstoća, veliki moduli i malo izduženje pri kidanju,
- termička i vatrootpornost (ne tope se i imaju malu emisiju dima),
- dimenzionalna stabilnost,
- hemijska otpornost,
- vrlo niska električna provodljivost i niska dielektrična konstanta,
- dobra tekstilna procesibilnost,
- dobra otpornost ka električnom pražnjenju,
- visoka granica zamora.

Područja tehničke primene Kevlara su mnogobrojna, a jedno od njih je u industriji pneumatika. Od 1974. godine koriste ga glavni evropski proizvođači pneumatika kako bi im poboljšali karakteristike. Proširenje njegove primene u ovoj oblasti proističe iz svojstava kao što su visoka specifična čvrstoća, veliki moduli, mala elongacija, izuzetna stabilnost i visoka granica zamora, što utiče na smanjenje mase i intenziteta zagrevanja pneumatika. Pored toga, Kevlar pruža povećanu elastičnost i eliminiše probleme korozije čeličnih ojačanja pneumatika. Široko je prihvaćen u Formuli 1, prototipskim i rally radijalnim pneumatcima putničkih automobila, kao i kod pneumatika motocikala. Koristi se i zbog povećanja otpornosti na bušenje (probijanje) pneumatika aviona, kamiona i bicikala.

Proizvođači automobila su primenom Kevlara načinili napredak u konstrukciji zbog njegove mogućnosti da pruži unikalne kombinacije čvrstoće i stabilnosti. To omogućava duži vek upotrebe creva tečnosti za hlađenje, klima-uređaja, ulja za kočnice i reme-

na. Za primene gde se zahteva visoki hidraulički pritisak, paraaramidna vlakna pružaju veću čvrstoću, nižu volumetrijsku ekspanziju, povećanu fleksibilnost i omogućavaju lakše rukovanje. U rudnicima uglja i lučkim postrojenjima transportne trake sa karkasom od Kevlara široko su primenjene.

Kompozitni materijali imaju osnovu od smole, ojačanu fiber-vlaknima u obliku niti ili ploča. U poređenju sa metalima oni su lakši, imaju bolju hemijsku otpornost i odlični su termički i elektroizolacioni materijali. Vlakna kao Kevlar, staklo ili grafit, sačaste matrice Nomex, izrađeni u Du Pontu, široko se primenjuju u vazduhoplovnoj, kosmičkoj i automobilskoj tehnici kao i u izradi sportske opreme. U konstrukcijama aviona veliki specifični moduli i velika udarna otpornost Kevlara omogućava malu masu mnogih strukturnih komponenata. Avionski kompoziti često su u obliku laminata sastavljenih od sačastog jezgra Nomex.

Povećanjem sofisticiranosti vatrenog oružja, tradicionalni oklop prestao je da pruža adekvatnu zaštitu sa prihvatljivom masom, bez obzira na to što su korisniku omogućavali slobodno kretanje. Uvođenje Kevlara u balističku zaštitu predstavlja znatno poboljšanje granice čvrstoće i modula, u poređenju sa postojećim materijalima.

Mala masa i mobilnost najvažniji su aspekti za razmatranje razvoja novih ili poboljšavanja postojećih sredstava zaštite u vojsci. U savremenim ratnim dejstvima i sukobima Kevlar je omogućio efikasnu zaštitu od parčadnog dejstva u 70 do 80 % slučajeva.

Armija SAD bila je začetnik razvoja ličnih zaštitnih sredstava od Kevlara, uključujući bluže (prsluke) i šlemove. Krajem osamdesetih godina, mnoge armije su razvile ili nabavile ovakva zaštitna sredstva koja su otporna na dejstvo parčadi, udobna su

i laka za nošenje. Korišćenjem Kevlara moguće je ostvariti efikasnu zaštitu sa prslucima čija je masa manja od 3 kg. Vojni šlemovi (kacige) izrađeni od paraaramidnih vlakana, čija je masa oko 1 kg, omogućavaju bolju zaštitu u odnosu na ranije tipove šlemova. Mnogobrojni slojevi Kevlara laminirani u panele, služe kao efikasan čvrsti oklop za zaštitu vozila i objekata.

Kevlar je pet puta jači od čelika iste mase, ima vrlo visoku otpornost na izduženje i ne topi se. To je idealno vlakno za rastući varijetet krajnjih upotreba, uključujući zaštitne prsluke otporne na metke, krute kompozitne oklope, kundake oružja visokih performansi i proizvode od mehaničke gume. On je, takođe, idealan za užad i kablove, optička vlakna, zaptivače, trake i frikzione proizvode (kao zamena azbesta). Nove aplikacije, koje zahtevaju njegova univerzalna svojstva sve su češće.

Početak upotrebe Kevlara za zaštitne prsluke omogućio je zaštitu od dejstva projektila određenih vrsta i tipova vatrenog oružja. Stečena su iskustva sa paraaramidnim vlaknima u dizajniranju prsluka otpornih na metke koji štite u širokom dijapazonu balističkih opasnosti. Izrađeni su različiti modeli počevši od prsluka čija je masa manje od 2 kg, koji bez problema mogu da se nose više sati, do znatno težih prsluka, specijalno ojačanih površinama koje štite od dejstva ručnog vatrenog oružja.

Čvrsta struktura oklopa od Kevlara, vinil-estera ili modifikovane osnove fenolne smole, projektuje se, prvenstveno, radi smanjenja razaranja (cepanja) i povećanja preživljavanja korisnika. Kevlar se koristi i u kombinaciji sa drugim metalnim ili keramičkim materijalima. Obloge od Kevlara koje su male mase i nezapaljive, koriste se u konstrukciji specijalnih vozila. Višeslojni kruti ili polukruti oklopi ugrađuju se na vojna i policijska vozila, brodove, helikoptere i avione.

Paraaramidna vlakna odličan su materijal za optičke i ostale telekomunikacione kablove. Za te potrebe kablovi ne mogu biti izloženi deformaciji većoj od 0,5% i moraju se zaštititi od naprezanja nastalih tokom proizvodnje i ugradnje. Kevlar omogućava centralno i periferno ojačanje kablova radi smanjenja takvih naprezanja.

Balistička ispitivanja i kontrole

Balistička ispitivanja imaju važnu ulogu u razmatranju svojstava materijala koji se koriste u zaštiti. Na uzorcima napravljenim od paraaramidnih vlakana, ispitivana je otpornost na penetraciju metaka i parčadi. To je omogućilo da se testiranjima sprovedenim u laboratorijama Du Ponta dobiju precizni odgovori na pitanja i dileme koje su se javile tokom istraživanja i razvoja programa nove lične zaštite. Instalirani uređaji i oprema omogućili su da se proizvođači prsluka i ličnih oklopa od Kevlara i krajnji korisnici, podrže u zahtevima da saznaju kako će se zaštitna sredstva ponašati protiv najnovijih tipova metaka.

Strelište, u kojem se obavljaju balistička ispitivanja visoko je automatizovano u pogledu minimizacije ponavljanja, manualnih komandi i instrukcija, koji su često karakteristični za takve instalacije. Projektovano je za rad samo jednog lica, mada sofisticirani sigurnosni sistem uključuje kontrolu kamerama. Koristi se najmodernija oprema sa daljinskim upravljanjem i sistemom za akviziciju podataka.

Strelište obuhvata tunel za gađanje dug 25 metara, kontrolnu prostoriju (u kojoj se gađanje inicira elektronski), prostoriju za smeštaj oružja i balističkih uzoraka. Uzorci se prethodno kondicioniraju na određenu vlažnost i temperaturu. Oružje za ispitivanje smešteno je na kraju tunela. Pomoću zamenljive cevi može se gađati ručnim vatrenim oružjem kalibra .22 i .44 inča, kao i oružjem koje uključuje najpoznatije vojne modele 5,56 i 7,62 mm. Prisutan je, naravno, i simulator parčadnog dejstva.

Pri gađanju projektil prolazi kroz dve barijere vezane sa instrumentom za precizno merenje vremena, koji izračunava udarnu brzinu. Druge dve barijere nalaze se iza uzorka koji se

Sl. 2 — Dejstvo projektila na balističku oblogu i njena deformacija

ispituje i koriste se za proračun rezidualne brzine projektila. Uzorci koji se ispituju izrađeni su po propisima i zahtevima koji se postavljaju za ugradnju u vojne prsluke. Balistički uzorci, dimenzija 40 x 40 cm, spojeni su za oslonac koji se automatski pokreće do određene pozicije u tunelu prema unapred utvrđenim sekvencama gađanja. Za precizno lociranje određene tačke udara koristi se laserski snop.

Uzorci se spajaju preko sloja gline (slika 2), a njihova tvrdoća proverava se pre svakog gađanja. Bilo koja deformacija gline (prečnik i dubina) registruje se kao indikacija pogotka.

Važna karakteristika balističkih ispitivanja jeste i brzina V_{50} , koja predstavlja teoretsku brzinu pri kojoj je verovatnoća penetracije 50 %, a proračunava se i snima pomoću mikroračunara. Strelišta se, takođe, koristi za ispitivanje vojnih i policijskih šlemova na dejstvo metaka i parčadi. Projektovano je specijalno postolje (slika 3) koje može da menja ugao pod kojim se postavlja šlem u odnosu na liniju gađanja.

Sl. 3 — Postolje za određivanje brzine V_{50} na šlemu

Primena Kevlara u balističkoj zaštiti

Kevlar se primenjuje u balističkoj zaštiti od 1970. godine. Primenjivan je u proizvodnji civilnih kaciga,

pilotskih kaciga otpornih na lom, šlemova za posade oklopnih borbenih vozila i šlemova za pešadijske jedinice.

Velika čvrstoća vlakana, mala specifična masa i nezapaljivost, kao i intenzivna istraživanja o mogućnostima novih primena, ukazuju na to da preko 90 % zrna ili parčadi mogu zaustaviti prsluci ili šlemovi izrađeni od Kevlara.

Kevlar se primenjuje u izradi:

- zaštitnih prsluka i šlemova,
- balističkih pokrivača za municiju i skloništa,
- vojnih gumenih čamaca,
- konopaca i užadi,
- vojnih vozila, aviona, mornaričkih plovila, cevi lansera raketa, vozila specijalne namene,
- sredstava za prenos toplote, itd.

Najbolji šlemovi izrađeni od Kevlara mogu istovremeno da ispune nekoliko kontradiktornih zahteva. Jedan od njih jeste apsorpcija udara ili otpornost prema parčadnom dejstvu projektila, pri brzinama od 600 do 700 m/s, i na zrna kalibra 9 mm, ispaljena brzinom od 400 m/s. Pored ove otpornosti šlemovi moraju imati ograničenu deformaciju zadnje površine. Masa šlema je kritičan parametar i ne zavisi samo od faktora pokrivenosti glave, nego i od nivoa zaštite koja se traži. Jedan od izazova za projektante jeste da se ostvari najbolja balistička otpornost sa najnižom površinskom gustinom. Novi Kevlar H-shell, Ht-shell i Ht-shell KM2 ispunjavaju te zahteve.

Kao i u slučaju zaštitnih prsluka, kombinacija prediva Kevlara za šlemove mora se optimizirati u skladu sa postavljenim zahtevima. Vojni šlemovi su izrađeni oblikovanjem impregniranih slojeva. Najjednostavnija za oblikovanje je fenolna smola kojoj se dodaje termoplastični polivinilbutiral (PVB), kako bi se povećala ukupna žilavost. Proces impregnacije može se

fabrički izvesti sa jedne ili sa obe strane, što ne utiče na konačne performanse šlemova.

Smola ne pruža značajan doprinos balističkim karakteristikama šlema, ali utiče na njegovu strukturnu otpornost (krutost i čvrstoću) i masu. Istraživanja su pokazala da 12 do 14 % odnosa fenol/PVB u Kevlaru predstavlja optimalno rešenje u ispunjavanju balističkih i strukturnih zahteva. U praksi, evaluacija i selekcija prediva za poznate tipove šlemova izvršena je gađanjem ravnog laminantnog panela (40 x 40 cm) umesto šlema. Balističke performanse, dobijene na ovaj način, potvrđene su i za sve veličine šlema.

U tabeli 1 date su vrednosti brzine V_{50} ravnih panela izrađenih od prediva Kevlara različitih oznaka sa 12% fenolne smole. Ploče su oblikovane na temperaturi od 160 °C u trajanju od 20 minuta i pod pritiskom od 10 bara.

Predivo Ht-shell KM2 oznake 364 imalo je najveću vrednost brzine V_{50} od četiri različita uzorka, ali je zahtevalo više slojeva nego prediva čije su oznake 777 i 259, kako bi se ostvarila jednaka površinska gustina. Predivo Ht-shell 259 ima specifičnu balističku otpornost koja se nalazi između prediva sa oznakama 777 i 364. Na slici 4 prikazana je brzina V_{50} u odnosu

Sl. 4 — Balistička otpornost različitih prediva Kevlara

Tabela 1

Balistička otpornost ravnih panela od različitih prediva Kevlara

Predivo (oznaka)	Sadržaj smole (%)	Površinska gustina (kg/m ²)	Debljina panela (mm)	V_{50} (m/s)
770	12	6,42 (12 slojeva)	5,8	532,6
		8,91 (18 slojeva)	7,9	629,7
777	12	6,00 (12 slojeva)	5,2	527,8
		6,50 (13 slojeva)	5,8	550,6
		9,00 (18 slojeva)	7,8	652,0
259	12	6,65 (15 slojeva)	6,0	597,0
		8,00 (18 slojeva)	6,9	653,0
		9,33 (21 sloj)	8,4	710,7
364	12	4,65 (20 slojeva)	4,3	522,6
		7,07 (30 slojeva)	6,4	637,6
		9,44 (40 slojeva)	8,5	730,0

na površinsku gustinu panela za četiri prediva, prema podacima iz tabele 1.

Pri jednakim balističkim performansama, upotrebom Kevlara oznake 777, može da se uštedi najmanje jedan sloj u poređenju sa predivom oznake 770. Pri jednakoj masi, predivo 777 omogućava dodatnih 20 m/s i 70% veću energiju apsorpcije. Kevlar prediva oznaka 259 i 364 omogućavaju dodatnih 60, odnosno 70 m/s povećanje energije apsorpcije za 20, odnosno 240% u odnosu na predivo oznake 770.

Druga generacija, nazvana Kevlar Ht, u upotrebi od 1988. godine namenjena je za proizvodnju lakših i fleksibilnijih balistički otpornih prsluka, koji imaju visok nivo zaštite. Novi Kevlar Ht (Kevlar 129) treba da zameni tradicionalni Kevlar 29.

Na slici 5 upoređene su balističke otpornosti novih Ht vlakana Kevlara 129 i 29. Rezultati ispitivanja su pokazali da za istu masu nova vlakna pružaju veću zaštitu.

Merenje brzine V_{50} pokazalo je otpornost prediva na penetraciju projektilom. Za ispitivanje je korišćeno

zrno 9 mm Parabellum GECO 8 g, zbog njegove sposobnosti penetracije i vrlo rasprostranjene upotrebe. Balistička obloga od Kevlara Ht varira u broju slojeva, kojih može biti 18, 22 ili 25. Svaka obloga odgovara površinskoj gustini 3,6; 4,4 i 5 g/m². Tokom ispitivanja, predivo je spojeno na plastelinski blok koji predstavlja telo, a smešten je 5 m iza cevi. Brzina zrna merena je na 2,5 m od cevi. Drugi parametri pri ispitivanju su temperatura okoline 20 °C i vlažnost 55 %. Kevlar 129 ima brzinu V_{50} pro-

Sl. 5 — Poređenje balističke otpornosti Kevlara

1 — Kevlar Ht 363, 2 — Kevlar 713

Tabela 2

Otpornost Kevlara Ht (Kevlar 129) na različite vrste balističke opasnosti

Balistička opasnost	Predivo Kevlar Ht 363	Penetracija (%)	Oštećenje (mm) (dubina/prečnik)
9 mm Geco (330 m/s)	18 slojeva 3,6 kg/m ²	23% 4 sloja	26,5/61,1
9 mm Geco (360 m/s)	22 sloja 4,4 kg/m ²	22% 5 slojeva	28,2/60,4
9 mm Geco (420 m/s)	25 slojeva 5 kg/m ²	33% 8 slojeva	26,8/68,3
.357 Magnum (420 m/s)	18 slojeva 3,6 kg/m ²	11% 2 sloja	31,5/71,6
.357 Magnum (417 m/s)	22 sloja 4,4 kg/m ²	14% 3 sloja	31,2/74,3
.44 Magnum (423 m/s)	25 slojeva 5 kg/m ²	16% 4 sloja	39,2/89,0

sečno za 33 % veću nego Kevlar 29, što je ekvivalentno 78 % većoj energiji apsorpcije.

U tabeli 2 navedene su otpornosti novog Kevlara 129 za 6 različitih slučajeva opasnosti.

Ispitivanje je izvršeno u istim uslovima kao i za merenje brzine V_{50} prikazano na slici 5.

U tabeli 2 prikazana je procentualna penetracija tog prediva, saglasno broju slojeva u balističkoj oblozi koji, kao i u prvom slučaju, varira od 18 do 25. Takođe, prikazana je dubina i prečnik rezultujuće povrede u plastelinskom bloku, koja prouzrokuje deformaciju zadnje površine. Deformacija pokazuje da na maloj površinskoj gustini pakovanja Kevlara 129 pružaju zaštitu od zrna 9 mm GECO pri brzinama od 330 do 420 m/s.

Kevlar Comfort, Ht i 29 upoređeni su za različite površinske gustine, od 3 do 6 kg/m², na balističku otpornost od zrna 9 mm GECO (slika 6).

Sl. 6 — Poređenje otpornosti Kevlara na zrno 9 mm

1 — Kevlar Comfort, 2 — Kevlar Ht, 3 — Kevlar 29

Brzina V_{50} široko je prihvaćen parametar za određivanje otpornosti sistema. Kada je definisan optimum sistema (uglavnom saglasno odnosu V_{50} /masa), prsluci su izrađeni prema brzini V_0 , koja odgovara 0 % verovatnoći penetracije zrna.

Kevlar Comfort ima 10 % veću balističku otpornost u odnosu na Kevlar Ht a 35 % veću u odnosu na Kevlar 29, što omogućava da se projektuju lakši prsluci manje debljine i udobniji za nošenje.

Otpornost na probijanje Kevlara Comfort, Ht i 29 prikazana je na slici 7. Vidi se da Comfort ima specifičnu otpornost veću za 75 % od Kevlara 29 i za 27 % veću od Kevlara Ht.

Sl. 7 — Otpornost na probijanje Kevlara
1 — Kevlar Comfort, 2 — Kevlar Ht, 3 — Kevlar 29

Kontinualan razvoj rezultirao je pojavom serije vlakana Kevlar »Hx«, koja imaju bolja svojstva za neke specifične aplikacije. Poboljšanja su ekvivalentna zaštiti sa smanjenom masom ili boljoj zaštiti sa prslucima iste mase.

Izrađeni modeli prsluka imaju masu 2 do 3 kg i pružaju efikasnu zaštitu od municije pištolja, automata i pušaka malog kalibra.

Balistički prsluci izrađeni od Kevlara potvrđivali su vrlo visoke karakteristike u poslednjih 20 godina. Da bi sačuvao visok kvalitet proizvođač Du Pont uveo je programe kontrole kvaliteta, ne samo za Kevlar nego i za druge poznate proizvode, kao što su vlakna i organske matrice Nomex, Teflon, Tyvek, Typar, Cordura, Zembrain, i visoko otporni Nylon.

Kao najveći proizvođač vlakana na svetu, Du Pont je primenio sopstveni, vrlo efikasan sistem kontrole kvaliteta, koji pruža garanciju o visokom i postojanom kvalitetu proizvoda. ISO 9002 sertifikat obavezan je i čini jedan od nekoliko standarda koje ovaj proizvođač zadovoljava.

Zaključak

Potreba za novim materijalima i njihova primena u različitim proizvodima povećava se svakodnevno. Zahtevaju se ona svojstva koja omogućavaju dobijanje pouzdanih proizvoda i koja su bolja u odnosu na primenjene konvencionalne materijale. Keramike, vlakna, kompozitni ili ostali poznati, ali poboljšani materijali, menjaju svojstva prema zahtevima projektanata i konstruktora opreme, mašina i uređaja. Broj i namene konačnih proizvoda praktično su neiscrpni i njihov se asortiman stalno povećava.

Od vremena kada se pojavio, Kevlar predstavlja strateški materijal sa unikalnim svojstvima koja dosada ni-

su prevaziđena. Već odavno predstavlja materijal nove naučno-tehnološke revolucije koji, primenom u različitim oblastima, znatno proširuje mogućnosti korišćenja novih materijala i tehnologija. Pošto je dobijen kao organsko polimerno vlakno, njegova svojstva vezana su za različite recepture. Međutim, njegova svojstva znatno više se koriste u obliku gotovih proizvoda, u različitim kombinacijama sa ostalim materijalima — metalima i keramikom.

Svojstva šlemova i prsluka izrađenih od Kevlara nema nijedna kombinacija materijala. Taj aspekt primene u vojsci ili policiji umnogome je doprineo poboljšanju svojstava Kevlara prve generacije. Danas se proizvodi druga generacija koja ima još bolja svojstva u odnosu na prvu. Pošto je zaštita lica koja su izložena dejstvu vatrenog oružja najviši nivo kojim se testira pouzdanost, sigurnost i bezbednost primene zaštitnih sredstava Kevlar je opravdao primenu.

Što se tiče zdravstvenog aspekta primene, laboratorije proizvođača Du Pont, kao i druge, ispitivanjima su ustanovile da ne postoji bilo kakva opasnost primene Kevlara po ljudsko zdravlje i okolinu u normalnoj komercijalnoj upotrebi. Dokazano je da ljudska koža pokazuje neznatnu osetljivost, ali ne pokazuje nikakve specifične toksične efekte, pa rad sa Kevlarom nije štetan, a njegova komercijalna upotreba je sigurna.

Literatura:

- [1] Meyrin ballistic testing range maintains leading edge of Kevlar, Du Pont Engineering Fibres, Geneva, 7, 1992.
- [2] The job needs protection, Du Pont Information, 9, 1992.
- [3] Kevlar H-shell: A new offer for light weight ballistic helmets, Du Pont, Geneva, 8, 1993.
- [4] Kevlar Comfort: The new Kevlar vest for superior ballistic protection, Du Pont, Geneva, 1, 1995.
- [5] Kevlar: More than just the best fibre for ballistic protection, Du Pont, Geneva, 3, 1995.

- [6] Introducing Kevlar Comfort AT: The anti-trauma with added ballistic resistance, Du Pont, Geneva, 3, 1995.
- [7] Kevlar: Protection you can wear, Du Pont, Geneva, 9, 1991.
- [8] Kevlar: Visible Performance, Invisible Strength, Du Pont, Geneva, 12, 1993.
- [9] Dress For Survival — Personal Body Armor (Facts Book), Du Pont, Geneva, 6, 1992.