



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП
ТЕХНОЛОШКО - ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
Наука и технологија за текстил
Штип

м-р Сања Ристески

„ДИЗАЈН И ПЕРФОРМАНСИ НА ОБЛЕКА ЗА СПЕЦИЈАЛНА НАМЕНА”

-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-

Штип, 2018

м-р Сања Ристески
„ДИЗАЈН И ПЕРФОРМАНСИ НА ОБЛЕКА ЗА СПЕЦИЈАЛНА НАМЕНА”
Универзитет „Гоце Делчев“– Штип

КОМИСИЈА ЗА ОЦЕНКА И ОДБРАНА:

Интерен ментор: **Д-р Винета Сребренкоска**
Редовен професор на Технолошко-технички факултет, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип.

Екстерен ментор **Д-р Горан Дембовски**
Редовен професор на Технолошко-металуршки факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје.

ЧЛЕНОВИ НА КОМИСИЈА ЗА ОЦЕНКА И ОДБРАНА:

Претседател: **Д-р Димко Димески**
Вонреден професор на Технолошко-технички факултет, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип.

Член: **Д-р Светлана Ристеска**
Вонреден професор на Институтот за современи композити и роботика во Прилеп.

Член: **Д-р Горан Дембовски**
Редовен професор на Технолошко-металуршки факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје.

Член: **Д-р Катерина Деспот**
Вонреден професор на Технолошко-технички факултет, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип.

Член: **Д-р Винета Сребренкоска**
Редовен професор на Технолошко-технички факултет, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип.

Научно поле: 223 Текстилно инженерство

Научна област: 22304 Дизајнирање на текстил и облека
22300 Текстилни и технички влакна
22303 Технологија на облека

Датум на одбрана: 30.05.2018

Датум на промоција: _____

ПОСВЕТА И БЛАГОДАРНОСТ

Искрена благодарност до мојот ментор, **проф. д-р Винета Сребренкоска**, за нејзината голема посветеност и анжираност, несебичната поддршка и внимание со кое ме водеше низ целиот процес на истражување. Голема благодарност изразувам и за постојаната мотивација, искрената желба за мој успех и напредок, со која ме охрабруваше низ сите стадиуми на подготовка на овој оригинален научен труд.

Благодарност до мојот коментор **проф. д-р Горан Дембовски**, за посветеното внимание и позитивните критики, посебно во делот на технолошките фази на изработката на моделот.

Благодарност до **проф. д-р Димко Димески** за позитивниот пристап и енергија, како и за сите консулации и одговори во полето на балистичката заштита.

Благодарност до **проф. д-р Катерина Деспот** на стручните, професионалните и пред се пријателски совети коишто ми помогнаа во делот на дизајнот на новиот модел.

Благодарност до **проф. д-р Светлана Ристеска** за нејзината поддршка и стручен ангажман.

Благодарност до одговорните во претпријатието **„11 Октомери Еурокомполит“** од Прилеп, кои ми овозможува да ги извршам сите неопходни испитувања за потребите на трудот, како и големата соработка и отвореност која ми ја понудија за реализацијата на моделот.

Благодарност до **„Тритекс“** од Прилеп за помошта при изработката на моделот.

На крај, голема благодарност до моето семејство и моите најблиски за постојаната поддршка, секојдневната помош и сплотеноста со која ми овозможува мојата амбиција да стане реалност.

Рецензирани и објавени трудови од областа на докторскиот труд

1. Risteski Sanja, Zhezhova Silvana, Srebrenkoska Vineta (2017), "*Textile materials used in military protective clothes design*". V International Congress "Engineering, Environment and Materials in Processing Industry". ISSN 978-99955-81-21-3.
2. Risteski Sanja, Zhezhova Silvana, Srebrenkoska Vineta (2017), "*Commonly used textile fibers in composite industry for special purposes*", International journal knowledge vol. 16.4, pp. 1673-1678. ISSN 1857-923X.
3. Risteski Sanja, Srebrenkoska Vineta, (2017), "*Design and construction of advanced model of protective clothes*". Tekstilna industrija, 64 (1). pp. 29-35. ISSN 0040-2389.
4. Risteski Sanja, Srebrenkoska Vineta, Zhezhova Silvana (2017), "*Analysis of composite materials based on polyethylene fibres for protective clothes*". International journal knowledge Vol. 20.5, pp. 2191-2196, ISSN2545-4439.
5. Risteski Sanja, Srebrenkoska Vineta, Zhezhova Silvana (2017), "*Applying of different fabrics for design of the protective military clothes*". Quality of Life, Vol.8 (1-2). pp. 56-63. ISSN 1986-602X.
6. Zhezhova Silvana, Risteski Sanja, Srebrenkoska Vineta (2017), "*Polymer composite based of textiles in various geometry*". V International Congress "Engineering, Environment and Materials in Processing Industry". ISSN 978-99955-81-21-3.
7. Srebrenkoska Vineta, Risteski Sanja (2011), "*Design of protective clothes*". Conference Proceedings. ISSN 0352-6542.
8. Mitreva Elizabeta, Risteski Sanja, Srebrenkoska Vineta, Lazarevski Ilija (2016), "*Analysis of the situation in the textile industry in Macedonia through four quality pillars*". The 10th International Conference "Quality, Management, Environment, Education, Engineering" (ICQME 2016), 2016, Petrovac, Montenegro.
9. Zhezhova Silvana, Risteski Sanja, Srebrenkoska Vineta (2017), "*Fibrous structures as reinforcement for polymer composite materials*". Текстилна индустрија број 4, pp.18-23, ISSN 0040-2389.

„ДИЗАЈН И ПЕРФОРМАНСИ НА ОБЛЕКА ЗА СПЕЦИЈАЛНА НАМЕНА”

Краток извадок

Предмет на оваа докторска дисертација се истражувањата за дизајн на облека за специјална намена. Извршен е избор на текстилни материјали, погодни за изработка на облека за специјална намена во индустриски услови на производство. Заради своите поволни технички карактеристики, достапноста и цената на чинење, избрана е ткаенина од полиамид како надворешен конфекциски материјал, а за прилагодување кон бараната намена беа користени и други типови на внатрешни материјали. За конструкција на новиот современ модел на заштитен елек користени се софтверски пакети Optitex Pattern Design Software (PDS) и Optitex CutPlan. Со помош на софтверот изработени се кројни делови и кројни слики со голема точност и со максимален степен на искористување на материјалот. Врз основа на добиените кројни слики изработен е нов модел на заштитен елек. Конструкцијата на елекот вклучува отвори за мека и тврда балистичка заштита, модуларни делови, како и систем за брзо отстранување од телото реализиран преку кабли кои се инсертираат во специјални прегради, како дел од основната конструкција.

Направени се истражувања за механичките карактеристики и балистичката отпорност на користените материјали за мека и тврда заштита на елекот. Направена е споредба на два типови материјали за мека заштита: ткаенина врз основа на арамидни влакна и еднонасочна лента врз основа на високо перформансни полиетиленски влакна. Добиено е дека и двата материјали обезбедуваат ниво на заштита III-A според стандардот NIJ 0101.06 кое е највисокото ниво на заштита за заштитни елеци. Разликата е само во тежината на мекиот заштитен дел и трауматолошкиот ефект. Еднонасочните ленти обезбедуваат исто ниво на заштита со помала тежина и заради тоа, тие наоѓаат поголема примена и се супериорни над ткаенините, односно двонасочните текстилни материјали. Но, во апликациите каде цената е приоритетна, двонасочните композити се во голема предност. Мерењето на трауматолошкиот ефект кај двонасочните композити покажа помала површина и поголема длабина за разлика од еднонасочните каде беше

зафатена поголема површина но со помала деформација на задната страна. Тврдата композитна заштитна плоча добиена е од еднонасочни ленти врз основа на високо перформансни полиетиленски влакна со компресионо пресување и обезбедува ниво на заштита III според стандардот NIJ 0101.06. Направено е испитување на балистичката јачина од влијанието на притисокот на пресување на композитните плочи. Се покажа дека со зголемување на притисокот на пресување се добиваат заштитни композитни плочи со поголема балистичка јачина и помал трауматолошки ефект.

Добиениот заштитен елек ги задоволува барањата за современ дизајн кој истовремено обезбедува функционалност и комфор. Според неговите перформанси истиот ги задоволува барањата за балистичка отпорност од највисоко ниво на заштита на заштитен елек.

Клучни зборови: полиамидна ткаенина, арамидни влакна, високоперформансни полиетиленски влакна, заштитен елек, балистичка заштита, трауматолошки ефект.

“DESIGN AND PERFORMANCE OF CLOTHES FOR SPECIAL PURPOSE”

Abstract

Subject of this doctoral dissertation is the research for design of clothes for special purpose. Selection of textile materials, suitable for making clothes for special purpose in industrial production conditions was made. Because of their favorable technical characteristics, availability and cost, a polyamide fabric was selected as an outer garment material, and other types of inner materials were also used for adjustment to the intended purpose. Optitex Pattern Design Software (PDS) and Optitex CutPlan software package were used for the construction of the new contemporary model of a protective vest, and for making the cutting layouts. With use of this software, cutting layouts and construction parts were made with high accuracy and with the maximum utilization of the material. On the basis of the obtained cutting layouts, a new model of a protective vest was made. The vest construction includes pockets for soft and hard ballistic protection, modular parts, as well as a system for quick removal from the body constructed through cables, that are inserted into special compartments as modular part of the basic construction

Mechanical properties and ballistic resistance of the materials used for soft and hard protection of the vest were also examined. A comparison of two types of soft protection materials is made: aramid fiber fabric and unidirectional tape based on high-performance polyethylene fibers. It has been found that both materials provide a level of protection III-A according to the standard NIJ 0101.06 which is the highest level of protection for protective vests. The difference is only in the weight of the soft protective part and the traumatological effect. Unidirectional tapes provide the same level of protection to a lower weight and therefore they are more applicable and are superior to textile materials that are two-way directional. But in applications where price is a priority, two-way directional composites have an advantage. The results of the traumatological effect in two-way directional composites showed less surface and greater depth than the unidirectional ones where a larger surface was affected, but with less deformation on the back side.

The hard composite protective plate is obtained from unidirectional tapes based on high-performance polyethylene fibers with compression extrusion and provides

a level of protection III according to standard NIJ 0101.06. An investigation of the ballistic strength of the influence of pressing pressure on the composite plates was performed. It was found that by increasing the pressing pressure were obtained protective composite plates with greater ballistic strength and lower traumatological effect.

New model of protective vest meets the requirements for advanced design and also provide functionality and comfort. According to its performance, this model satisfies the requirements for ballistic resistance from the highest level of protection for the protective vest.

Key Words: polyamide fabric, aramide fibers, high performance polyethylene fibers, protective vest, ballistic protection, traumatological effect.

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД	12
2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА	16
2.1. Општа дефиниција за облеката за специјална намена.....	24
2.1.1. Балистика: Поим и поделба на балистиката.....	24
2.1.2. Балистичка заштита	26
2.2. Поим и класификација на влакната кои најчесто се користат за изработка на облека за специјална намена	29
2.2.1. Општа класификација на влакната.....	29
2.2.2. Особини на текстилните влакна	31
2.2.3. Влакна за специјална намена	33
2.2.3.1. Стаклени влакна	34
2.2.3.2. Полиамидни (најлон) влакна.....	36
2.2.3.3. Арамидни влакна	37
2.2.3.4. НРРЕ влакна-високоперформансни полиетиленски влакна	41
2.2.3.5. Огноотпорни органски влакна	45
2.3. Дефинирање на текстилните материјали	47
2.4. Композитни материјали за лична балистичка заштита кај облеката за специјална намена	54
2.4.1. Балистички карактеристики на композитните материјали	57
2.4.1.1. Дефиниција на балистичката карактеристика V50	57
2.4.1.2. Трауматолошки ефект	59
2.5. Дизајн на облека за специјална намена	60
2.5.1. Барања, фактори и критериуми	60
2.5.2. Трендови во дизајнот на заштитната облека за специјална намена	67
3. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	73
4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ	76
4.1. Дизајн и конструкција на современ модел на заштитен елек	76
4.1.1. Конструктивни особини на новиот модел.....	77
4.1.2. Користени материјали за изработка на моделот	81
4.1.3. Изработка на моделот за специјална намена.....	85
4.1.4. Користени бодови и шавови за изработка на моделот	86
4.1.5. Шивачки игли и конец кои се користат за изработка на моделот за заштитна облека за специјална намена	89
4.1.6. Изработка на конструкциски кројни делови за моделот.....	91
4.2. Градирање на кројни делови.....	106
4.3. Изработка на кројни слики врз основа на градираните кројни делови..	109

4.3.1. Влијание на видот и должината на кројната слика врз потрошувачката и искористувањето на текстилниот материјал	109
4.4. Балистичка заштита кај новиот модел.....	112
4.4.1. Материјали за мека и тврда балистичка заштита на моделот.....	112
4.4.2. Добивање на заштитни плочи за дополнителна заштита на елекот	116
4.4.3. Методи за карактеризација на физичко механичките и балистичките перформанси на заштитните делови од елекот	118
5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА	131
5.1. Идејно конструктивно решение во склад со стандардите за заштитна облека.....	131
5.1.1. Елек за специјална намена – конструктивни делови	131
5.2 Изглед на модел во фаза на монтажа и конечен изглед.....	156
5.3. Кројни слики, степен на искористување на материјалот при искројување како и можности за заштеда	165
5.4. Резултати од испитувањата за мека и тврда балистичка заштита на моделот (елекот) за специјална намена.	176
5.4.1. Резултати од испитувањата за меката заштита на елекот	178
5.4.2. Резултати од испитувањата за тврдата заштита на елекот	195
5.5.Споредба на новиот модел на облека за специјална намена со стандардните веќе постоечки модели.....	203
6. ЗАКЛУЧОК	207
7. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	211
8. ЛИСТА НА ТАБЕЛИ	224
9. ЛИСТА НА СЛИКИ	227
10. ПРИЛОЗИ.....	232

1. ВОВЕД (INTRODUCTION)

Инстинктот за преживување го води човекот до рано откривање на заштитната облека, на почетокот во доста примитивна форма. Заштитната облека дефинирана како заштитна „покривна“ облека се користи за да го заштити телото од физички напад (Laible, 1980); (Globalsecurity.org, 2011). Праисториските луѓе го заштитувале своето тело со купчиња трева која ја поставувале на нивната облека со цел да се сокријат и заштитат од агресивните животни. Најстарите податоци за заштитна облека говорат дека првиот тип на заштитна облека бил изработен од кожа, а првата заштитна облека била пронајдена во Европа и Западна Азија (Deskovski & Angelevski, 2000); (Alil & Badea, 2011). До индустриската револуција во 19 - тиот век облеката генерално се користела за заштита од временските услови. Со индустриската револуција е забележано значително зголемување на употребата на заштитна облека од индустриски опасности како што се топлина, пожар, експлозија, удар, хемиски супстанции итн. Почетокот на 21 век е период на иновации во науката за текстил и нови материјали. Веќе настанува период на трансформација на веќе познатите функции на облеката во напредни и нови технологии за производство на текстил (Strong, Brigham University, 2002); (Комиссаржевский, 2005).

Со напредокот на цивилизацијата како заштита се користеле дрвени штитови, а подоцна и метални. Металот се користел како заштитна облека на витезите во средниот век. Во текот на средниот век и ренесансата оклопот се сметал за најефикасна заштита, а воедно се сметал и за комплексен „накит“ за човековото тело. Во периодот од 14-ти до 16-ти век заштитната облека го добива задоволувачкиот рејтинг кој е добиен на база на истражувања со кои се заклучило дека облеката ги задоволува барањата во однос на заштитата од оружјето во тој период. Подоцна со откривањето на огненото оружје поголемиот дел од традиционалната заштитна облека повеќе не ги давала потребните резултати. Со цел да се постигне бараната заштита било потребно тежината на оклопот да се зголеми на околу 50 kg, што претставувало огромен товар за носителите. Заштитната облека од кожа првично била создадена да се носи под оклопот, но подоцна само неколку слоеви кожа биле поставувани на телото на војниците, што на некој начин им го олеснувало движењето

(Arminius & Jacobus, 2016). Во овој период започнуваат и првите дебати за тоа што е поважно, оптимална заштита за носителите на заштитната облека или удобноста и мобилноста. 17-тиот до 19-тиот век е период на индустриска револуција и големи промени во однос на изгледот на заштитната облека.

Еден од најстарите записи за користењето на „мека заштита“ говори за јапонците во средниот век, кои користеле оклоп изработен од свила. Причината за употребата на свилата како заштитна облека потекнува од низата на примери во кои куршумот ја губел брзината при допирот со свилената ткаенина. Првата комерцијална заштитна облека била промовирана во 1800 - тите години. Заштитната облека во форма на заштитни елеци била изработени од свилена ткаенина, при што било констатирано дека свилената ткаенина ја намалува брзината на пенетрација на куршумот при истрел (Galster & Nosch, 2010). Со употреба на 18 до 30 слоеви на свилен материјал се обезбедил повисок степен на заштита за човековото тело. Кон крајот на 19-тиот век бездимниот барут извршил големо влијание во смисла на намалување на елементите на упадливост во униформата и таа се повеќе се прилагодувала на околината и давала поголема камуфлажа на војникот. На овој начин се трасирал патот на современиот војник. Моделите и камуфлажните бои на заштитната облека биле постојано усовршувани се со цел да се постигнат подобри технолошки и дизајнерски резултати за заштита на човековото тело во различни средини вклучувајќи џунгли, пасишта и пустини (Maj, Beyer, Enos, Col, & Holmes, 2009). Во 20-тиот век биле направени значајни научни експерименти со цел да се создаде „совршен“ заштитен текстил. Научниците во овој период прават значајни истражувања во однос на материјалите, комфорот, ефективностa и квалитетот на текстилот кој ќе се користи за добивање на заштитна облека. Современата заштитна облека била изработена од тенки влакна кои на облеката и давале помала тежина и поголем степен на заштита. Овој нов вид на заштита нуди ефикасна, лесна и отпорна на куршуми облека, со што е означен почетокот на новата, современа генерација на заштитна облека. Со откривањето на вештачките влакна се создава една совршена база за понатамошно производство на други типови на вештачки влакна. Новите влакна кои се сметале за еволуција имале за цел да обезбедат поголема удобност, отпорност на пламен, брзо сушење, повисок степен на белина и сјај. Новите влакна во различни форми и дебелини биле направени со цел да

задоволат посебни потреби, а перформансите кои тие ги нудат овозможуваат да истите тие влакна наоѓаат голема примена во изработката на заштитна облека која е отпорна на современата муниција, а во исто време се отвора широк спектар на можности за дизајнирање на заштитната облека добиена од тие влакна (Alil, Badea, & Ilie, 2014). Иновациите во материјалите и производните технологии водат кон откривање на нови текстилни материјали (од најлон, стакло, кевлар и многу други синтетички влакна) кои обезбедуваат заштитна облека со извонедно подобрување на нивото на балистичка заштита со значително намалување на тежината – моќна комбинација за подобрување на ефикасноста и мобилноста на војската, полициските службеници и припадници на безбедносните сили. Современите материјали кои започнуваат да се користат во доцниот 20 –ти век, а веќе во 21-век ќе бележат значителен раст посебно во поглед на нивното осовременување. Со откривањето на вештачките влакна се создава една совршена база за понатамошно производство на други типови на вештачки влакна. Нивните својства во однос на тежината и удобноста, се значително подобрени во последните неколку децении. Современата заштитна облека, односно заштитниот елек во 21-от век нуди висок степен на заштита за војниците. Заштитната облека се изработува од синтетички материјали чии својства одговараат на барањата за заштитна облека. Со употребата на новите генерации на синтетички влакна се направени и најголемите достигнувања во однос на тежината на заштитната облека и секако степенот на заштита. Најголемите напори денес се насочени кон подобар дизајн во однос на изгледот и функционалноста на заштитната облека, а целите се насочени кон добивање на заштитна облека со модуларен дизајн, висок степен на удобност и заштита, како и лесно отстранување на заштитната облека од телото на војникот, што во одредени моменти е од најголемо значење за спасување на животите на многу војници.

Дизајнот на заштитната облека, пак подразбира правилна селекција на материјал или комбинација на материјали за превенција од пенетрација на куршуми и траума ефект, како и детерминирање на бројот на слоеви од заштитен материјал за да се постигне бараната заштита. Финалната тежина е многу важен фактор во дизајнот при изборот на материјал отпорен на куршуми. Целта е да се дизајнира заштитна облека со помала тежина која пак од друга

страна ќе ја даде бараната заштита, а сепак ќе и непречено движење (Verhe, 2015); (Wichmann, 2017).

Темата која што е предмет на овој докторски труд, дизајн и перформанси на облека за специјална намена опфаќа област поврзана со личната балистичка заштита или балистичката заштита во општа смисла на зборот, која не е доволно публикувана во споредба со другите области од доменот на композитните материјали зајакнати со влакна. За тоа постојат причини од безбедносен и економски карактер. Балистичката заштита е предмет на интересирање првенствено на војската и полицијата на една земја. Средствата за балистичка заштита се сметаат за производ од многу доверлив карактер, така што документацијата во врска со овој предмет најчесто носи ознака „доверливо“, „тајна“, „воена тајна“ и не е за јавно објавување. Иако истите имаат „хуман“, односно дефанзивен карактер бидејќи се користат да спасат, а не да уништат животи, во воениот конфликт се исто толку важни како и офанзивното оружје. Кога една од конфликтните страни, во воен судир, би знаела со каков вид заштита се штити спротивната страна, би употребила соодветно офанзивно оружје од кое балистичката опрема не штити. Затоа не е пожелно непријателот да го знае нивото, односно слабите точки на балистичката заштита, без разлика дали се работи за персонална заштита или заштита на воени добра - возила, фортификации, итн.

Истражувањата од оваа област не се за јавно објавување, туку се сопственост и за лична употреба на нарачателот. Оттука произлегува и фактот дека од оваа област многу малку се објавуваат резултати од истражувањата. Истражувањата што се презентирани во овој труд се од апликативен карактер и се во функција на исфрлање на пазарот нов, поквалитетен и поконкурентен производ значаен за производните претпријатија кои се поврзани со производство композитни материјали и опрема за специјална намена.

2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА (LITERATURE REVIEW)

Облеката за специјална намена е облека која нуди балистичка заштита врз база на композити, односно текстилни ткаенини, ленти или филц, пластика зајакната со текстилни влакна и тн. Заштитната функција е онаа која претставува фундаментална единка во нивната градба (Lee, 1993); (Lee, 1989). Овој тип на облека за специјална намена е важна од неколку причини. Истата е мека, комфорна и во многу случаи визуелно невидлива од една страна, а од друга страна овозможува сигурност и заштита од опасност. Од големо значење е и тоа што е добиена од влакнеста форма која нуди најголем модул и јачина, кои можат да се добијат од синтетички полимер. Благодарение на процесот на извлекување во кој настанува ориентирање на молекулите долж оската на влакното, се зголемува крутоста и јачината од една страна, а од друга со самиот процес на ориентирање се исклучува можноста да дојде до проширување на настанатите дефекти во материјалот- својства кои се од голема важност за заштитната функција на готовиот производ (Roerdink & Dingenen, 2002). Иако денес овој тип на облека го има достигнато пиедесталот во однос на заштитната функција која ја нуди, патот до нејзиното осовременување не бил нималку едноставен и лесен. Постојат низа податоци (Steele, 2005) кои потврдуваат дека првиот тип на заштитна облека бил носен од Египќаните 1500 г.п.н.е. во форма на кошула зајакната со бронзени плочи, на што подоцна грците направиле извесни промени на дизајнот преку моделирање на метални плочи според формата на виталните органи. Во истражувањата на *Williams* (Williams, 1999), постојат податоци кои говорат за тоа дека *Negrolì, Battista u Francesco* (Stuart & Godoy, 1998) во 1538 годна го дизајнирале првиот воен елек изработен од челик чија заштитна функција привлекла доста контроверзии. Тежината на металните плочи и дискомфортот кој се создавал кај носителите ќе бидат причина за подетални истражувања во насока на пронаоѓање на материјал кој ќе даде солидни резултати во поглед на заштитата, а од друга страна нема да има голема тежина.

Свиленото влакно е единствено природно влакно кое на некој начин е „генетски“ предодредено да создаде материјал со уникатни заштитни својства од една страна, а од друга страна е влакно од кое може да се добие

текстилен производ со мала тежина (Pierini, 2015). Постојат голем број на записи кои потврдуваат дека свилената буба може да произведе влакно (свилено) кое има природна заштитна моќ. Доколку се навратиме наназад низ вековите ќе дознаеме дека свиленото влакно од кое била добивана свилената ткаенина е првото природно влакно кое било користено за лична (персонална) заштита. Постојат податоци кои говорат за тоа дека во Јапонија во периодот на средниот век бил изработен заштитен оклоп од неколку слоеви од свилена ткаенина, а примената на овој материјал како средство за заштита била многу брзо распространета ширум светот (P. Srirao, 2002); (Clark, 1989); (Howel, 2014); (Theweek, 2011); (Mortimer & et.al, 1973); (Lammle, 2010). Првата комерцијална заштитна облека изработена од свилена ткаенина во форма на заштитни елечи била промовирана во 1800-тите години. Во истражувањата на (George Goodfellow 1855-1910) било констатирано дека свилената ткаенина ја намалува брзината на пенетрација на куршумот при истрел. Иако заслугата за пронаоѓањето на првиот заштитен елек му припаѓа на *Казимир Зеелен* (Russell & Cohn, 2012), елечите од една страна имале превисока цена (околу 800 \$ во тоа време, како еквивалент на 15.000 американски долари во 2005 година), а од друга страна постоењето на податоци дека во средновековна Јапонија била забележана употребата на свилената ткаенина јавуваат низа сомнежи. (Tech-faq, 2017); (Galster & Nosch, 2010). Податоците говорат за тоа дека заштитната облека изработена од свилена ткаенина давала задоволувачки ефект само против куршуми со мала брзина (до 120 m/s), но со појавата на новата генерација на муниција во која куршумот се движел со брзина од 180 m/s истата дала незадоволувачки резултати (Black, 2003); (Shelby & Stanton, 1991); (Booker & Boysen, 2005); (Kennedy, 2014). Прилагодувањето на боите на заштитната облека кон околината во која се наоѓа е само чекор напред во однос на камуфлажата на војникот, што започнува како тренд во 19-тиот век и продолжува се до денес. На овој начин се трасирал патот на современиот војник. Моделите и камуфлажните бои на заштитната облека биле постојано усовршувани се со цел да се постигнат подобри технолошки и дизајнерски резултати за заштита на човековото тело во различни климатски средини (James & et.al, 2009). Во 20-тиот век биле направени значајни научни експерименти со цел да се создаде „совршен“ заштитен текстил. Научниците во овој период прават

значајни истражувања во однос на материјалите, комфортоот, ефективноста и квалитетот на текстилот кој ќе се користи за добивање на заштитна облека. Современата заштитна облека била изработена од тенки влакна кои на облеката ѝ давале помала тежина и поголем степен на заштита. Овој нов вид на заштита нуди ефикасна, лесна и отпорна на куршуми облека, со што е означен почетокот на новата, современа генерација на заштитна облека.

Благодарение на истражувачките проекти на Du Pont во раните 1930-ти години се создаде лична балистичка заштита врз база на ткаенини. Истражувањата на Каротерс (Wallace Hume Carothers 1896-1937) особено во областа на макромолекулите беа вистинска насока кон откривање на полиамидните (најлонските влакна). Јачината на најлонското влакно во периодот некаде во средината на 1900-тите години се проценувала на 0.6-0.7 N/tex, што се сметала за висока јачина во тоа време. *Susich et al.* (Woodward & et.al, 1994) во нивните истражувања дошле до значајни резултати. Имено тие по балистичкиот удар врз плоча изработена од најлон (Полиамид) со симулатор од 1.1 g, ја сечеле плочата на местото на ударот и ја проучувале детално слој по слој. Прекинатите влакна на местото на ударот на проектилот биле проучувани со поларизационен микроскоп. Преку проучување на промените во рефракцијата во функција од растојанието од местото на ударот вршеле проучувања на влакната. Нивниот заклучок бил дека трајна промена во влакната постоела само на многу мала површина околу траекторијата на проектилот, а близу перфорацијата на плочата било видливо топење на влакната на краевите. Нивните подоцнежни испитувања им го наметнале мислењето дека доколку влакната се преплетени тие ќе спречат поголема распределба на енергијата, а со тоа ќе дадат помала балистичка отпорност.

Cosgran u Morgan (Takeda & et.al, 1982) Дошле до важни податоци за тоа дека со зголемување на температурата при која се извршува тестот, се намалува балистичката отпорност кај најлонот за: 4% на 100 °C, 10% на 175°C и 18% на 215°C. Иако доаѓа до драстично губење на јачината при високи температури, неговите балистички загуби се мали. Драстичното намалување на температурата (- 40 °C) довела до зголемување на балистичката отпорност за 7%. *Meredith* (Harding & Welsh, 1983) пак, во тој период работел на проучување на механичките особини на преѓата од свила. Тој во неговите

истражувања заклучил дека со зголемувањето на брзината на оптоварување расте и издолжувањето при прекин, што не е случај со поголем број на материјали. Исто така забележал дека модулот и јачината, исто така, се зголемуваат со зголемување на брзината на оптоварување. Меѓутоа и покрај низата на позитивни карактеристики кои ги нуди ова влакно од аспект на заштитата, сепак постојат и негативни карактеристики кои се однесуваат на осетливоста на микроорганизми, нејзината тешка и ограничена продукција и секако варијабилната цена која е резултатот на временските услови и побарувачката. Сето ова ја прави на некој начин „несигурна“ суровина на пазарот. Веќе во 60-тите години на 20-тиот век во Јапонија бил развиен поливинилалкохол (PVA), кој претставува високоориентирано влакно кое не ја губи својата еластичност, меѓутоа во балистичките тестови кога истото било споредено со најлонот не покажало значајна предност. Изостатскиот полипропилен (PP) било следното влакно кое се сметало за солиден кандидат во „борбата“ со најлонот. *Sheehan et. al.* (Gellert, Pattie, & Woodward, 1998) успеале да развијат процес на извлекување на влакното со што ја довеле јачината на влакното и до 1.15 N/tex. Меѓутоа ткаенините добиено од него не дале својства подобрани од оние на најлонот.

Стаклените ткаенини кои сме сметале, исто така, за кандидати за балистичка заштита покажале низа негативни ефекти како надолжно цепање и извесна пластична деформација. Надолжното цепање претставува апсорбер на енергија, што значи дека е и апсорбер на пукнатини. Што говори за тоа дека кај најлонските влакна топењето на краевите на прекинатите најлонски влакна и кртиот лом кој се јавува кај стаклените влакна се проблем при продукција на материјали за заштитна опрема од овие влакна. Иако стаклените влакна нудат позитивен ефект, бидејќи имаат висока термичка отпорност, сето тоа станува незначајно поради нивната способност за лом и тоа не само при удар, туку и при постапките на нивно процесирање како што е на пр. ткаењето. Во периодот од доцните 1900-ти години фирмата DuPont успева да развие нов тип на високомодулно влакно, добиена на база на ароматски полиамид (скратено: арамид) и го пробива на пазарот под трговската ознака Kevlar 29. Резултати кои ги добива DuPont се сметале за спектакуларни. Својствата на ова влакно во однос на неговата јачина, модул и балистички лимит биле значително подобрани од неговите претходници – најлонот и

свилата (Таб. 2)

Табела 2. Карактеристики на балистички влакна
Table 2. Properties of ballistic fibers

Влакно/ Fiber	Јачина/ Strenght mN/tex	Модул/ Modulus mN/tex	Издолжување/ Elongation	Балистички лимит/ Ballistic limit m/s
Свила/ Silk	440	4154	18	426
Најлон/ Nylon	795	3540	18	380
Кевлар 29 Kevlar 29	2031	35400	4	500

Новодобиеното влакно Kevlar 29 се покажало дека е петпати појако од челикот и скоро трипати појако од кое било друго влакно. Она по што ова влакно го издвојува од останатите е високата ориентираност на молекулите долж оската на влакното, висока T_g , висок модул и мала кртост, 100% паракристалност, екстремно висока јачина итн.

Истражувањата пак на *Hansen* и *Laible* (Jenq, Wang, & Sheu, 1992) оделе во насока на тоа да појаснат од каде произлегува огромната стопирачка снага на Кевларот наспроти пенетраторите, земајќи ги во обзир надолжно лепење на влакната при удар (фибрилацијата), термичката постојаност и брзата дисипација на ударниот бран. Меѓутоа резултатите покажале дека никој од овие фактори не може универзално да се третира за сите влакна. *Wilde et.al.* (Chang, 1995) иако потрошиле доста труд и енергија во нивните испитувања не успеале да докажат дека Кевларот е способен да екстрахира повеќе енергија од најлонот, иако веќе добро било познато дека тој е балистички далеку поотпотрен од него. Па, оттука заклучиле дека не постои универзална корелација помеѓу механичките (статички и динамички) карактеристики на различни типови на влакна и нивните балистички карактеристики.

Во своите истражувања *Hansen* (Wu, Tsai, & Chen, 1994) наведува на претпазливост со Кевларот, кој иако се сметал за огромен напредок во физиката на влакната се сметал за „нож со две острици“, имено и покрај извонредните балистички карактеристики од една страна, тој покажува дека УВ светлината негативно се одразува на неговата механичка јачина и

молекулска маса. Меѓутоа и покрај ова развојот на овие влакна продолжува во насока на нивно усовршување и подобрување. Една од причините е ниската цена на ткаенината од најлонски влакна, при што подоцнежните истражувања водат кон добивање на иста балистичка заштита, но намалена маса. На оваа тематика работеле *Sarson u McLaucheln* (Landa, 1989), при што добиле вредности од 418 m/s и 454 m/s за две експериментални ткаенини од најлон. Кога овие вредности ги споредиле со балистичкиот лимит на стандарден најлон кој изнесува 370-380 m/s, забележале голем напредок.

Појавата на тврдата балистичка заштита произлегла од индустрискиот заштитен шлем. Идејата да се инкорпорираат тврди композити во униформата на војниците била сосема оправдана и корисна. На оваа тема истражувале *Coates u Beyer* (Zee & et.al, 1991). Тие работеле на повеќе типови на „потенцијални кандидати“ за оваа намена како што се: памучни, целулозни, комбинирани материјали (азбест по основа, стаклени влакна по јаток итн.) при што на крај избрале чиста стаклена ткаенини се со цел да се намали собирањето, а да се максимизира балистичката отпорност. „Потенцијални кандидати“ пак за смола биле полиметилметакрилатни, полистиренски, полиестерски и меламин-формалдехидни. Резултатите кои ги добиле говореле за тоа дека лоша балистичка ткаенина доколку се комбинира со полимерна матрица во ламинат ќе даде одлични балистички карактеристики. Стаклените ламинати детално биле проучувани од страна на *Rugger и Fenter* (Morrison & Bowyer, 1996) како материјал (подлога) за лепење на керамички плочи при што дошле до податок дека подебелите ткаенини, односно ткаенините со помалку слоеви во ламинатот, покажуваат подобри балистички перформанси во споредба со ламинат со повеќе слоеви.

Балистичкиот лимити за Кевларските ламинати биле повисоки во сите случаи иако нивната површинска маса била помала од онаа на стаклените ламинати. Кевларот се сметал за супериорно балистичко влакно се до појавата на високо-перформансното полиетиленско влакно (HPPE, High Performance Polyethylene) или уште познато како најјакото влакно на светот.

Verlinde u Dingenen (Phenol Harze Spezifikation, 1992) проучувале различни типови текстилни производи од Dyneema влакна, филц, ткаенини, еднонасочни препрези. Во нивните анализи забележале дека секој од нив на свој уникатен начин си ја извршува балистичката заштитна функција. Во

нивните истражувања постои недоумница за тоа дали треба да се тежи кон повисока јачина (поголема апсорбција на енергија) или кон повисок модул (повисока брзина на простирање на ударниот бран низ влакното). Традиционалните влакна како полиамидните и полиестерските покажуваат обратнопропорционална зависност меѓу јачината и модулот. Премногу е тешко да се постигне подобрување на едната особина без да се влијае (негативно) врз другата. Во истражувањата на *Grimberg et al.* (Bakelite Kunststoffe-Phenol Harze, 1995) каде детално се испитувале HPPE во форма на филц со фрагменти вршеле споредба со балистичкото однесување на композитите од ткаенина или еднонасочен препрег. Заклучокот се однесувал на тоа дека балистичкиот механизам кај филцот е многу различен од оној кај композитите од ткаенина или еднонасочниот препрег. Кај ткаенините и еднонасочните препрези голем дел од енергијата на проектилот се апсорбира со кинење на влакната на местото на ударот како резултат на преголемото издолжување и пробивање на влакната. Со визуелната проверка се покажало дека кај филцот ретко доаѓа до кинење на влакната, односно до пробивање на слоевите, туку доаѓа до формирање на кожурец на влакнест материјал на врвот од симулаторот (што го прави симулаторот тап уште во многу рана фаза при ударот), со што многу се отежнува неговата пенетрација низ материјалот.

James D. Walker (Sharma & et.al., 1998) вршел споредбено испитување на композити и на чисти ткаенини (без смола). Експерименталните податоци покажале дека за многу мал број слоеви, односно за мала површинска маса, ткаенината покажала подобри балистички особини од композитот влакна/смола со иста површинска маса. Ова се должи на фактот дека кај композитот, дел од влакната се заменети со смола, односно при иста површинска маса, композитот содржи помалку влакна за онолку колку што содржи смола. Меѓутоа, со зголемување на релативната површинска маса композитот почнува да покажува крутост (при свивање) и подобрување на своите перформанси.

Паралелно со осовременувањето на материјалите активно се работи и на создавање на подобар дизајн на заштитната облека за специјална намена. Проблемот со изгледот на униформите отсекогаш бил една од оние области во кои се вршат постојани истражувања со цел да се подобри нивниот изглед

и функција. *Stanton* (Stanton, 1991) говори за тоа дека едно е сигурно - додека во претходните векови биле карактеристични униформи со јаки бои и ознаки, во крајот на 19 –тиот век се оди кон намалување на елементите на упадливост во униформата и таа се повеќе се прилагодува на околината и дава поголема камуфлажа на војникот. *Џон Галијано, Ана Суи и Реј Кавакубо*¹ во втората половина на 1900-тите години заштитната облека ја инкорпорираат и во нивните колекции, при што ја истакнуваат нејзината важност и (не) свесно ја наложуваат потребата за нејзин подобар дизајн и осовременување. На тој начин трендот на заштитната облека се зголемува и активно започнува да се работи на добивање на современи дизајни на заштитна облека. *Miguel Caballero* е еден од дизајнерите кој од 1992 година започнува да работи на конструкцијата и дизајнот на облеката за специјална намена, неговите напори кои водат кон создавање на заштитна облека која во целост ќе одговори на потребите на војниците трае и до ден денес.

Па така, благодарение на еволуцијата на влакната во областа на балистичката заштита денес постојат голем број на влакна добиени преку современи технологии и кои во целост можат да одговорат на барањата за даден тип на заштитна облека. Како најексплоатирани и најбарани влакна за лична балистичка заштита (ЛБЗ) во денешно време се араמידните и НРРЕ влакна. Иако се сметаат за доста силни конкуренти (посебно во полето на заштитната облека). Покрај тоа што ниту едното, ниту другото влакно не се идеални, ниту пак бележат некоја одлучувачка предност едно од друго, сепак и двата типа имаат свои предности и недостатоци во однос на влијанието на некои надворешни експлоатациони фактори врз нивните балистички перформанси. (Kinney, 2002); (Ramakrishna & et.al, 1997); (Bogdanovich & Pastore, 1996). Со правилно комбинација на нивните заштитни својства и создавање на нови подобрени конструкции и дизајни може во целост да се искористи нивниот потенцијал.

¹ *John Galliano (Juan Carlos Antonio Galliano-Guillén), Anna Sui, Rei Kawakubo* се светски познати дизајнери на облека.

2.1. Општа дефиниција за облеката за специјална намена (General definition of clothes for special purpose)

Заштитната облека се користи со цел да се постигне сигурност и заштита на луѓе во професионални и други опасни окружувања. Технолошкиот развој, доведува до тоа луѓето да бидат изложени на поголем ризик и опасност од физички, хемиски и биолошки напад. Денес постои едноставна и ефикасна заштита за повеќето од овие опасности. Текстилот претставува интегрален дел од заштитната опрема. Заштитната облека или облеката за специјална намена се произведува со користење на традиционалните текстилни технологии како што се ткаење и плетење, а исто така може да се произведе и со специјални техники како што е 3D ткаењето, каде се користат природни и синтетички влакна. Извршено е големо истражување за развој на облека за специјална намена за разни обични и специјални цивилни и воени професии (Geršak & Marčič, 2013).

Заштитните текстилни материјали се дел од техничките текстилни материјали. Во технички текстилни материјали спаѓаат сите оние материјали кои пред сè се користат заради нивните перформанси т.е. функционални карактеристики, а помалку заради естетските или декоративните. Текстилот пак за балистичка заштита е наменет да штити од фрагменти (шрапнели) на експлодирани бомби, гранати, мини како и од балистички проектили т.е. куршуми. Познати се повеќе поделби на балистичката заштита во зависност од тоа што се зема како критериум за поделба.

2.1.1. Балистика: Поим и поделба на балистиката (Ballistics: The meaning and division of the ballistics)

Балистиката е наука за движењето на телата, односно проектилите и ракетите во услови на гравитација и атмосферски влијанија. За потполно изучување на процесите кои се одвиваат при испукувањето на еден проектил, од иницирање на неговото потисно палење, преку неговото движење во цевката, појавите кои се случуваат при напуштањето на цевката или лансерот и летот во атмосферата, па се до ударот во целта и ефектите кои ги предизвикува врз целта, може да се направи една подетална поделба на

балистиката како научна дисциплина на следниве под дисциплини:

- ✓ **Внатрешна балистика** се занимава со изучување на термодинамичките процеси кои се одвиваат за време на согорувањето на барутното полнење како и соодветните феномени на пропација на барутните гасови во цевката или комората на оружјето.
- ✓ **Преодна балистика** се занимава со изучување на преодот од внатрешната кон надворешната балистика. Ги проучува појавите што се случуваат во близината на устата на цевката, односно дејството на барутните гасови врз проектилот на излезот од цевката од оружјето.
- ✓ **Надворешна балистика**, се занимава со изучување на летот, односно движењето на проектилот од напуштањето на цевката на оружјето односно лансерот, кога на него престанале да дејствуваат барутните гасови, па се до ударот во целта или експлодирањето во воздух.
- ✓ **Терминална балистика**, или балистика на целта, се занимава со изучување на ефектите што проектилот ги предизвикува кога ќе удри во целта, односно контра-ефектите што целта ги предизвикува врз проектилот при балистичкиот удар.

Покрај оваа основна и општо прифатена поделба на балистиката илустрирана на (сл. 2.1), кај разни автори (Deskovski & Angelevski, 2000) може да се сретне уште подетална поделба како: **балистика на малокалибарско (ситно) оружје** која се занимава со изучување на балистичките феномени што ги предизвикуваат проектили испалени од малокалибарско оружје (пушки, пиштоли).



Слика 2.1. Генерална поделба на балистиката
Figure 2.1. General classification of ballistics

2.1.2. Балистичка заштита (Ballistic protection)

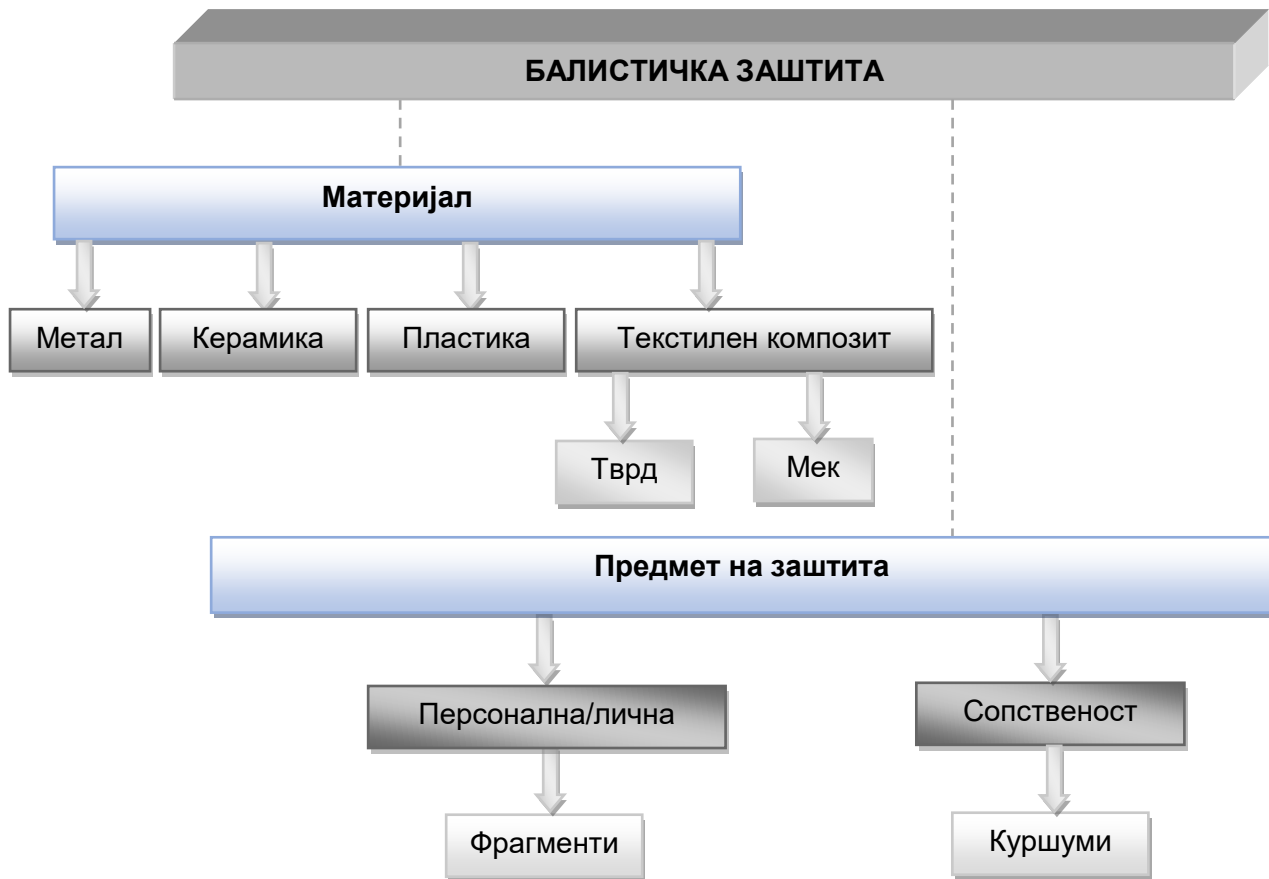
Балистичката заштита е предмет на изучување на терминалната балистика која се занимава со проучување на ефектите што проектилот ги предизвикува кога ќе удри во целта.

Во зависност од тоа што се зема како критериумот за поделба, балистичката заштита се дели на под области како што е илустрирано подолу (сл. 2.2). Ако како критериум се зема видот на материјалот од кој е направена балистичката заштита, таа се дели на: метална, керамичка, пластична/транспарентна и композитна/текстилна.

Секоја од овие групи понатаму се дели на подгрупи. На пример, металната, според видот на употребениот метал се дели на: челична, алуминиумска, титанска итн. Керамичката според типот на употребената керамика се дели на: алуминиумска (Al_2O_3), силициумова (SiC), борна (B_4C) итн.

Пластичната заштита се дели според типот на материјалот (пример, поликарбонатна) и според тоа дали е транспарентна или не. Композитната/текстилната заштита, според физичката состојба на материјалот,

дели на тврда и мека. Во тврдата заштита спаѓаат композитите, додека во меката - ткаенините, филцовите и еднонасочните (UD) композитни ленти.



Слика 2.2. Поделба на балистичката заштита
Figure 2.2. Classification of ballistic protection

Текстилна/композитна балистичка заштита е современ тип на балистичка заштита и е доминантна во областа на личната балистичка заштита. Нејзините главни предности во однос на другите типови на заштита се:

- ✓ Високи балистички перформанси.
- ✓ Мала маса.
- ✓ Комфорна за носење (Naik, Shrirao, & Reddy, 2005).

Ако како критериум се зема предметот на балистичката заштита, тогаш поделбата е на :

- ✓ Лична (персонална) балистичка заштита и
- ✓ Балистичка заштита на материјални добра – сопственичка.

Личната балистичка заштита, служи за балистичка заштита на физички лица.

Во оваа заштита спаѓаат: елеци (за под одело и над одело), шлемови, штитови, инсерти за елеци и др.

Под сопственичка заштита се подразбира заштита на објекти, односно сопственост, на пример: возила, врати, прозори, банки, шалтери, засолништа, простории итн.

Ако како критериумот се зема опасноста од којашто е наменета да штити, персоналната балистичката заштита се дели на:

- ✓ заштита од фрагменти,
- ✓ заштита од куршуми.

Анализите на повредите на војниците што американските лекари ги правеле од различни конфликти во светот (Виетнам, Кореја) покажале дека многу повеќе повреди се предизвикани од фрагменти отколку од директни погодоци со куршуми. Обработката на тие податоци покажала дека

- ✓ 75-80 % од смртоносните повреди и
- ✓ 85 % од несмртоносните повреди биле предизвикани од фрагменти - делови (шрапнели, парчиња) од експлодирани мини, гранати и бомби. При експлозијата на овие боеви средства се создаваат фрагменти со различна големина, облик и брзина на движење кои се смртоносни во определен радиус од местото на експлозијата.

Типичната дистрибуција на фрагменти од експлодирани гранати е прикажана подолу (таб. 2.1) (Strong, Brigham University, 2002).

Табела 2.1. Дистрибуција на фрагменти од експлодирани артилериски гранати
Table 2.1. Distribution of fragments of exploded artillery grenades

Маса на фрагментот/ Fragment mass	Дистрибуција на фрагментите/ Fragments distribution
0.1 g - 1.0 g	77%
1.0 g - 10.0 g	21%
10.0 g- 140.0 g	2%

Горната табела покажува колку е важна заштитата во опсегот од ~1g. Затоа и заштитната опрема (елеците, шлемовите, плочи и тн..) се тестира со стандардни фрагменти од овој опсег: 1.102 g (Stanag 2920) 1.082g (US-Mil-Std-662E), 1,5 g (македонскиот стандард).

На опасност од дејството на фрагменти најчесто е изложена војската и затоа балистичките елечи и шлемови кои се наменети за војската треба да штитат најмногу од фрагменти. Нивното тестирање се врши со проектили што симулираат фрагменти (FSP, Fragment Simulating Projectiles). За разлика од војската, полицијата е најчесто изложена на опасност од стрелачка муниција (пиштолска и пушкина) и затоа елечите и шлемовите што се наменети за полицијата треба да штитат од ваков вид опасност. Заштитното ниво од стрелачка муниција е опишано во посебни стандарди. Најексплоатиран и највлијателен во светот е американскиот NIJ 0101.06 стандард.

Треба да се знае дека опасноста од фрагменти и куршуми е сосема различна. Основната разлика меѓу фрагментите и муницијата е во следново: зрното од муницијата има дефиниран правилен геометриски облик, има дефинирана маса и се деформира при ударот во целта. Фрагментите немаат дефиниран облик, немаат дефинирана маса и не се деформираат при ударот во целта. Заради тоа опремата што штити од фрагменти не значи дека ќе штити и од стрелачка муниција, што е и потврдено во практиката.

2.2. Поим и класификација на влакната кои најчесто се користат за изработка на облека за специјална намена (Notion and classification of the fibers that are most commonly used in clothes for special purpose)

2.2.1. Општа класификација на влакната (General classification of fibers)

Волната, памукот, ленот, вискозата, полиамидот, полиестерот, полиакрилонитрилот и полипропиленот се најпознатите влакна за општа намена. Изборот на еден или друг тип на влакна зависи од видот на облеката, одржувањето, негата, модните трендови и цената.

Влакната за специјална намена поседуваат особени својства и имаат специфична намена за облека за специјална намена, во медицината, техниката и разните сектори на индустријата.

Влакното е најмалата видлива единка во текстилното инженерство. Поимот „**влакно**“ значи единица (мерка) за материја, кое може да биде природно или синтетичко и претставува фундаментален градбен елемент во предива, ткаенини и други текстилни структури. Влакното се карактеризира со должина

која е најмалку 100 пати поголема од неговиот дијаметар или ширина. Оваа дефиниција се однесува на влакна кои можат да се испредат во предиво или да се процесираат во ткаенина со различни методи вклучувајќи ткаење, плетење, усукување, вмрежување и филцовање. Основните барања за влакното да се впреди во предиво вклучуваат: должина од најмалку 5 mm, флексибилност, кохезивност и доволна јачина. Другите важни особини вклучуваат: еластичност, финост, униформност, трајност и сјајност .

По должина влакната се делат на влакна со ограничена должина (кратки или штапелни) и влакна со неограничена должина (елементарни нити или монофиламент). Сите природни влакна со исклучок на свилата се во облик на штапел. Хемиските влакна се произведуваат во облик на штапел и во облик на нита. Според финоста влакната се делат на груби, фини, ултрафини и нановлакна.

Генерално, според критериумот кој ќе го одбереме влакната можеме да ги поделиме според:

- ✓ Потеклото
- ✓ Хемиската структура

Според потеклото влакната можеме да ги класифицираме како:

- ✓ Природни
- ✓ Произведени

Природните влакна понатаму се класифицираат во три групи на:

1. Растителни
2. Животински
3. Минерални.

Произведените влакна се класифицираат во две големи групи и тоа:

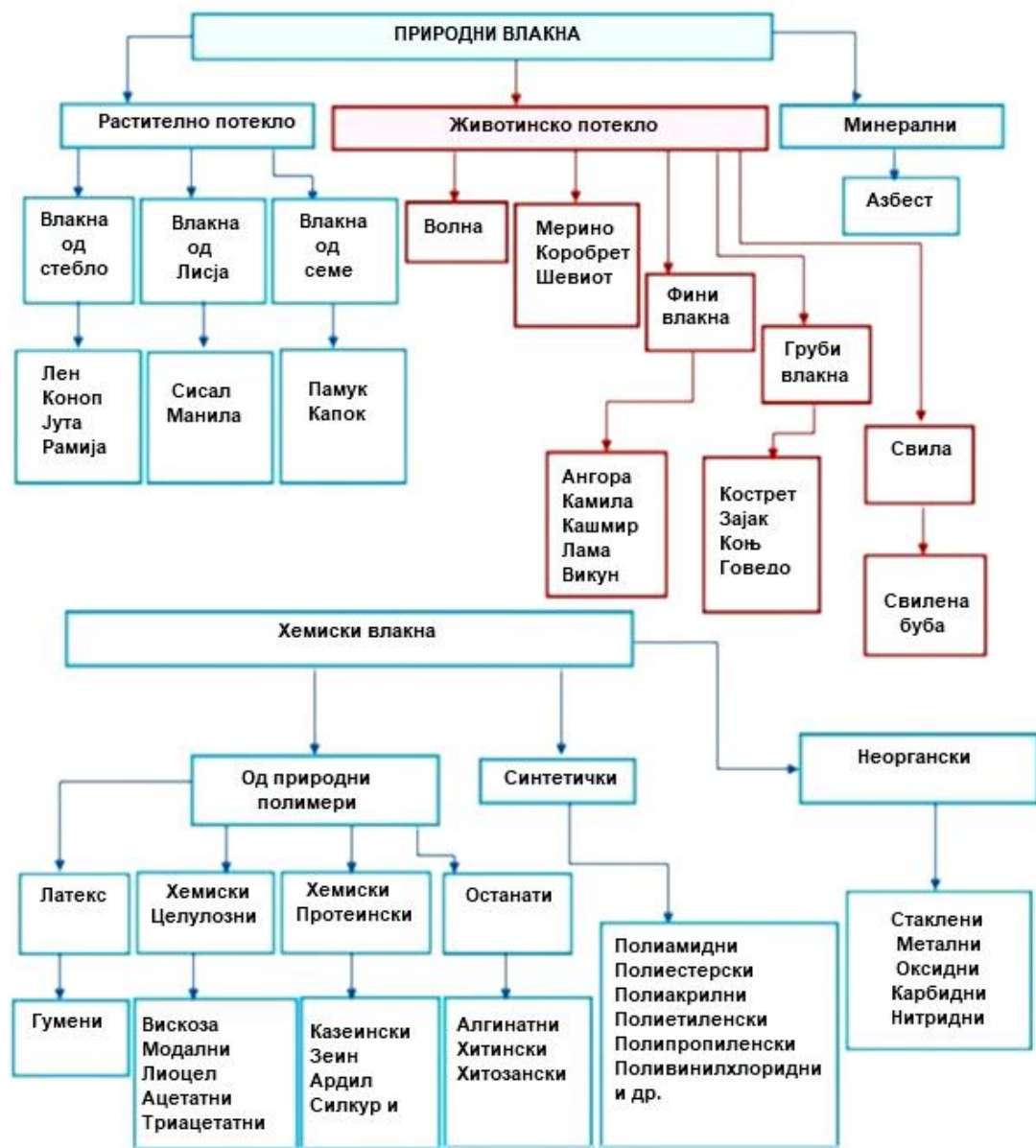
1. Органски
2. Неоргански.

Органските влакна ги делиме на влакна од:

- ✓ Природни полимери
- ✓ Синтетички полимери

Најголема примена во индустријата за специјална намена наоѓаат хемиските синтетички влакна, чии својства најдобро одговараат на потребите на оваа индустрија (Јовановиќ, 1975); (Cook G. , 1967); (Кочевар, 1971).

Класификацијата на природните и хемиските влакна е дадена на сликата подолу (сл. 2.3).



Слика 2.3. Класификација на природните и хемиските влакна
Figure 2.3. Classification of natural and chemical fibers

2.2.2. Особини на текстилните влакна (Textile fibers properties)

Квалитетот на текстилните влакна се дефинира со комплекс на особини кои може да се класифицираат во три групи:

1. Физички особини.
2. Механички особини.

3. Хемиски особини.

Основни физички особини на влакната се:

- ✓ Финост – дебелина.
- ✓ Должина.
- ✓ Густина.

Со позитивно изразени физички особини, се олеснува нивната преработка и се овозможува истите да најдат примена во најразлични мехничко-технолошки постапки, кои се користат за добивање на текстилни материјали. Исто така овде спаѓаат бојата, сјајот, чистотата, хигроскопноста, запалливоста, отпорноста спрема вода, микроорганизми итн.

Во хемиски особини спаѓаат:

- ✓ Растворливост на хемиски агенци.
- ✓ Способност за боене.
- ✓ Способност за белење.
- ✓ Постојаност на бојата или белината.
- ✓ Жолтеене.
- ✓ Запаливост.
- ✓ Брзина на стареење.

Механичките особини - се однесуваат на способноста за деформации под дејство на сила или особини кои влијаат на технолошките параметри:

- ✓ Јачина на кинење во сува и мокра состојба.
- ✓ Јачина на увиткување и свиткување.
- ✓ Јачина на јазол и котелец.
- ✓ Работа при кинење.
- ✓ Издолжување при кинење.
- ✓ Еластичност (модул на еластичност и степен на еластичност).
- ✓ Способност за филцување.
- ✓ Склоност кон туткање.
- ✓ Отпорност кон туткање.
- ✓ Отпорност на свиткување.
- ✓ Отпорност на дејството на светлината.
- ✓ Пропустливост на воздух.
- ✓ Способност за создавање пилинг ефект.

Мехничките особини на влакната се изразуваат преку јачината, истегнувањето, еластичноста, и други деформации.

Една од најважните особини на влакната е нивната деформациона способност која е предизвикана под дејство на најразлични сили. Мехничките својства имаат големо влијание врз заштитната функција и перформансите на облеката за специјална намена, па затоа во оваа докторска дисертација дел од механичките својства кои директно или индиректно влијаат врз перформансите на заштитната облека ќе бидат детално презентирани (објаснети).

2.2.3. Влакна за специјална намена (Fibers for special purposes)

Влакната за специјална намена се од особен интерес на овој докторски труд, бидејќи истите тие влакна ќе најдат директна примена во новиот дизајн на заштитна облека за специјална намена. Со цел да се изврши правилна селекција на влакна, односно на материјалите изработени од тие влакна потребно е да се направи карактеризација на својствата на влакната кои наоѓаат најчеста примена во заштитната облека за специјална намена. Карактеризацијата на најчесто применуваните влакна во индустријата за заштитна облека е дадена подолу. Влакната со посебни својства, или како обично се нарекуваат влакна за специјална намена, се издвоиле во посебна класа на влакна за масовно производство и општа намена во почетокот на 60-тите години на 20-тиот век. Овие влакна се разликуваат од обичните конвенционални влакна по своите карактеристични својства или области на примена или истовремено по едни или други показатели. Во влакната за специјална намена спаѓаат органски термостостојани, термостабилни, отпорни на пламен, електроспроводливи, оптички, високомодуларни, влакна со зголемени хемиски и биолошки активности и др. Во производството на облека најзначајни влакна се оние кои може да обезбедат специфична заштитна функција, како на пример заштита од оган и топлина, балистичка заштита, заштита од нуклеарни, биолошки и хемиски дејства, антимикробна заштита и др. Влакната кои се користат за балистичка заштита мора да имаат голема јачина, висок модул и ниска еластичност. Влакната со висока јачина и висок модул ја абсорбираат енергијата на удар, додека малата еластичност ја

намалува можноста да материјалот се вовлече кон телото при пукање (Пислер, 1960); (Horrocks & Anand, 2000); (Fung, 2002).

Текстилните влакна се носечка компонента на балистичката заштита кај облеката за специјална намена. Од нив се изработува заштитна облека со подобрени нивоа на балистичка заштита, а притоа со редуцирана тежина што претставува многу важна комбинација за зголемување на ефективностa и мобилноста на војската и полицијата. Најчесто користени влакна во дизајнот и конструкцијата на заштитната облека за специјална намена се стаклените, полиамидните, арамидните и високоперформансните полиетиленски (HPPE).

2.2.3.1. Стаклени влакна (Glass fibers)

Комерцијалното производство на стаклени влакна почнало во САД во 1937 година, од страна на Owens Corning Fiberglas Corporation, (Miraftab, 2000); (Horrocks & Anand, Handbook of technical textiles, 2000). Се произведувале во форма на континуирани, сечкани (штапелни) влакна и како стаклена волна. Првобитната примена на стаклената волна била за изолација, на штапелните за филтрација, додека континуираните влакна се преработувани во ткаенини кои се импрегнирани со лакови и преработувани во електроизолациони ламинати. Првите крајни производи од зајакната пластика со стаклени влакна биле непробојни резервоари за горива, безмагнетни мини, заштитени оклопи итн. За време на Втората светска војна влакнестото стакло е прогласено за стратешки материјал, што, на свој начин, довело до експанзија на неговото производство (Balasubramanian, 2014).

Стаклените влакна се најмногу користените зајакнувачки влакна во индустријата на композитните материјали. Речиси со 90% учествуваат како зајакнувачи на терморективните смоли. Се применуваат во вид на ровинг (континуирани струкови), сечкани струкови, ткаенини, мат (врз база на континуирани и сечкани влакна) и во мелена форма. Подолгите влакна покажуваат поголема јачина, додека најјаките се континуираните влакна. Претежно се произведуваат како E (electrical grade) тип на влакна, додека појакот, S тип на влакна, (за една третина се појаки од E типот), заради високата цена на чинење, се произведуваат во значително помало количество и тоа само за специјална намена. Други типови на стаклени

влакна кои имаат ограничени примени се: D(dielectric), C (chemical), A (alkaline) и др.

Сите типови на стаклени влакна се одликуваат со висок коефициент јачина на истегнување/маса иако стаклените спаѓаат во синтетички неоргански влакна со највисока густина. Стаклените влакна не горат и ги задржуваат добрите механички особини и на повишени температури. При 370°C задржуваат 50% од својата почетна јачина, а при 540°C, 25%. Отпорноста на дејството на влагата им е одлична, тие не бабрат, не се издолжуваат, не се распаѓаат и не трпат никакви хемиски промени кога се влажни. Со исклучок на дејството на јаките бази и флуороводородната киселина, имаат одлична корозиона отпорност (Wallenberger, Watson, & Li, 2001) (Hartman, Greenwood, & Miller, 1996).

Првото стакло што било специјално развиено за производство на континуирани филаменти било алуминиум-бор-силикатното (или безалкалното), примарно наменето за електроизолација. Означено како Е стакло, тоа се покажало како добро прилагодливо за низа технолошки процеси и продукти, од декоративни до структурни апликации, така што станува познато како стандардно текстилно стакло. Од целокупното производство на континуирано стакло, денес најголем дел отпаѓа на Е стаклото. Неговиот состав може да варира, но промените во составот немаат влијание врз неговите електрични и механички особини (Dimeski & et.al, Termoreaktivni smolni Sistemi za Kompozite OjacaneVlaknima-Izbor i Osobine, 1987);(Mcintyre, 1988).

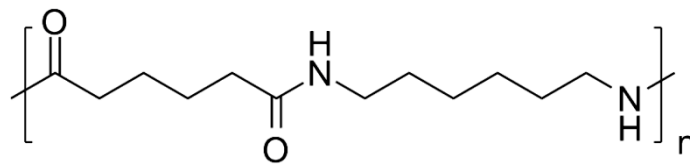
Овие влакна се применуваат во индустријата за заштитна опрема заради следниве предности:

- ✓ Висок коефициент на јачина на затегање/маса.
- ✓ Не горат и ги задржуваат добрите механички својства и на повишени температури.
- ✓ Отпорни се на влага, не бабрат, не се распаѓаат и не трпат никакви хемиски промени кога се во влажна состојба.
- ✓ Имаат одлична корозиона отпорност, (www.phelpsgaskets.com, 2018); (Cooke, 1991).

2.2.3.2. Полиамидни/најлонски влакна (Polyamide/Nylon fibers)

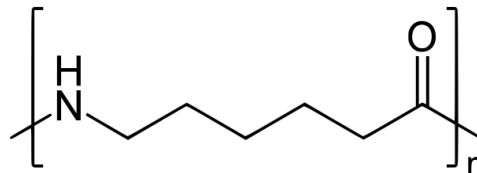
Најлоните спаѓаат во најчестите полимери што се користат во форма на влакна. Поимот најлон се однесува на фамилијата на полимери наречени линеарни полиамиди. Тие се првите современи инженерски термопласти. Откриени се во триесеттите години од минатиот век во лабораториите на DuPont во САД од страна на *Carothers* (Roerdink & Dingenen, Past and Future of High Performance Fibers, 2002); Се добиваат со кондензациона реакција меѓу адипинска киселина, $(\text{CH}_2)_4(\text{COOH})_2$ и хексаметилендиамин, $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$. Добиениот најлон е наречен најлон 6,6 спрема бројот на повторувачките единици на двете страни на иминската група, (сл. 2.4)

Влакната се произведуваат со истиснување на растопената маса низ многу фини отвори и претставува прво вештачко влакно кое е добиено со топење.



Слика 2.4. Структурна формула на најлон 6,6
Figure 2.4. Structural formula for Najlon 6,6

Друг тип на најлон е најлонот 6. Тој е сличен на најлонот 6,6 со таа разлика што има само еден вид на јаглероден синџир со шест јаглеродни атоми, (сл. 2.5).



Слика 2.5. Структурна формула на најлон 6
Figure 2.5. Structural formula for Najlon 6

Постојат и други типови на најлон, но овие два типа, заради пониската цена на чинење и поволните особини, се најмногу експлоатирани како технички влакна (Allen & Roche, 1989). Во табелата 2.2 се дадени споредбено

основните податоци за овие влакна.

Табела 2.2. Особини на најлонските влакна
Table 2.2. Properties of nylon fibers

	Најлон/ РА 6.6	Најлон/ РА 6
Апликација/ Application	Влакна, инж. Пластика/ Fibers, eng. Plastic	Влакна, инж. Пластика/ Fibers, Eng. Plastic
Мономери/ Monomers	Адипинска киселина и хексаметилендиамин/ adipic acid and hexamethylenediamine	Капролактан/ Caprolactam
Полимеризација/ Polymerization	Кондензациона полимеризација во кисела средина/ condensation polymerization in an acidic environment	Полимеризација со отворање на прстенот /polymerization by ring-opening
Морфологија/ Morphology	Висококристален/ high crystalic	Висококристален/ high crystalic
Точка на топење/ Melting point T _m	280 °C	215 °C
Точка на стаклосување/ Glassing point T _g	50 °C	40 °C

Најлонските влакна се одликуваат со извонредна јачина, еластичност, отпорност на абење, ниска апсорбција на влага, отпорност на дејството на масла и многу други хемикалии итн. Главно се применуваат за изработка на облека, теписи и прекривачи, автомобилски гуми, падобрани, церади, ракетни делови итн.

2.2.3.3. Арамидни влакна (Aramide fibers)

Арамидните влакна се откриени од американската фирма DuPont во 1965 година, како дел од континуираното истражување во полето на најлонските влакна. Хемиски ова влакно е поли (1,4 фенилентерефталамид) или арамид (ароматски полиамид). Хемиската структура на Кевларот (под тоа комерцијално име фирмата го пласира на пазарот ова влакно) содржи бензенови прстени долж полимерната верига, (сл. 2.6) Првобитно овие

влакна, кои имаат жолта боја, биле наменети да ги заменат челичните жици како зајакнувачи во радиалните автомобилски гуми (Literature & Edition 1994/1, 1994). Нивниот балистички потенцијал не бил веднаш откриен. Тоа се случило дури во раните седумдесетти години. Денес, покрај DuPont, арамидните влакна ги произведуваат неколку фирми, како: Akzo (Twaron), Teijin (Technora), Monsanto (X-500), а во Русија се произведува под трговската ознака Винилон (Horrocks & Subhash, 2000); (Mallick, 2007).

Може да се сретнат како:

1. **Пара – арамидни влакна** - со многу поголема жилавост и модул (развиени во 1971 година). Подоцна ова влакно е комерцијализирано под трговската ознака Кевлар (Kevlar® - Du Pont).

2. **Мета - арамидни** - (Nomex® - кое е заштитно име на фирмата Du Pont).

Кевлар (Kevlar®) – овие влакна може да се користат со, или како голема алтернатива на јаглеродните или стаклените влакна. Композитите базирани на Кевлар имаат мала тежина, отпорност на удар, абразија, топлина итн.

Тварон (Twaron®) – Овие влакна се отпорни на висока температура и се доста јаки синтетички влакна со уникатна комбинација на механички својства, отпорност на хемикалии, одлична трајност и термална стабилност. Материјалите и ламинатите направени од овие влакна имаат голем број на варијанти на типовите на филаменти и одлична јачина. Друга важна карактеристика е нивната лесна интеграција во процесот на производство. (Teijin, 2012)

Технора (Technora®) - Овие влакна нудат супериорни перформанси на производот. Направени од кополимери, технората е осум пати појака од челикот, има висок модул, отпорност на температура и хемикалии и долготрајна дименциона стабилност (CSR incorporated, 2018).

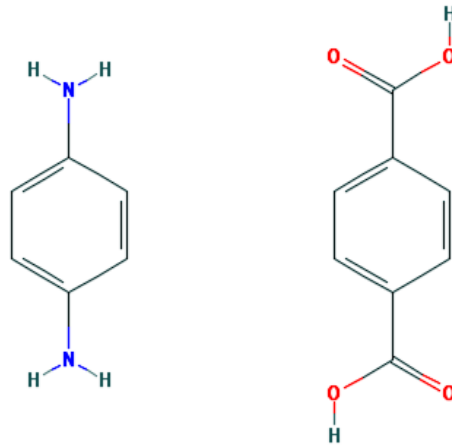
Номекс (Nomex®) - влакно кое спаѓа во групата на арамидни влакна, а се поистоветува со најлонот. Материјалите направени од Nomex® влакната се користат во бројни апликации каде од материјалот се бараат добри текстилни својства, добра дименциона стабилност и одлична отпорност на топлина. Наоѓаат голема примена во изработката на заштитна облека. Материјалите добиени од ова влакно имаат мало ниво на запаливост и не се топат при високи температури. Над 370°C тие започнуваат брзо да се деградираат во јаглен. При температура од 254°C при која се топат материјалите направени од

најлон, материјалите добиени од Nomex® влакната задржуваат 60% од нивната јачина. Материјалите добиени од Nomex® влакната имаат добра отпорност на многу хемикалии и се високо отпорни на јагленводород и на многу други органски растворувачи. Нивната отпорност на киселини е супериорна во однос на материјалите направени од најлон. Исто така овие материјали на собна температура покажуваат добра отпорност на алкалии, а деградацијата настанува при повисоки температури. Споредено со материјалите направени од најлон, материјалите добиени од Nomex® влакната покажуваат и подобра отпорност на алфа и гама зраците, x –зраците, на вода и загревање при повисоки температури. Нивните механички својства се главно инфериорни, или попрецизно кажано имаат висока издржливост при истегнување споредена со јаглеродните влакна, но имаат помала јачина при компресија. Располагаат со висок степен на молекулска ориентација која резултира од густите линеарни молекули како и од тоа што се склони да формираат течни кристали во раствор. Тие имаат добра димензиона стабилност и одлична отпорност на топлина. Од овие причини, материјалите направени од овие влакна се строги „кандидати“ во индустријата за заштитна облека.

Генерално земено најголемата примена на овие влакна во индустријата за заштитна опрема се должи на следните својства:

- ✓ Висока јачина на затегање, висок модул на еластичност, мала густина.
- ✓ Добра амортизација на вибрации и висока апсорпција на енергија
- ✓ Висока отпорност на удар
- ✓ Добра хемиска отпорност
- ✓ Ниска термичка експанзија и спроводливост.
- ✓ Комфорни за носење (Hongu & Phillips, 1997); (Dupont, 2001); (Fiberline, 2018).

Пара – арамидните влакна во однос на мета – арамидните влакна се помалку крути и јаки. Од друга страна се полесни за производство и се поевтини. Според Scott (Scott, 2005), влакната од типот на Kevlar® (K29, K49, K100, K119, K129, KM2, KM2 plus, AP) наоѓаат најчеста примена во заштитната облека заради уникатниот сет од перформансни карактеристики за различни нивоа на заштита. Според неговите истражувања најчесто овие влакна се користат за изработка на заштитни плочи и шлемови.



Слика 2.6. Полипарафенилентерепфталамид (Kevlar 29)
 Figure 2.6. Poly(paraphenylene terephthalamide) (Kevlar 29)

Од арамидните влакна најчесто користен е Twaron®, но во споредба со HPPE (Spectra®), Spectra® е способна да издржи високи оптоварувања (Honeywell, 2017). Според *Smith* (Smith, 2016) Kevlar® влакното е создадено со цел да го замени полиамидот (Најлон) како балистичка бариера. Според неговите истражувања станува збор за исклучително јако влакно кое меѓу другото наоѓа примена и а изработка на композити, како и за изработка на „мека“ заштита преку пресување на слоеви (16 +) од филаментни арамидни влакна така што секој од нив дава прогресивно зголемување на отпорноста на куршуми или фрагменти. Исто така, ова влакно обезбедува супериорни резултати во добивање на лесна „тврда“ балистичка заштита како замена за тешките инсерти изработени од челик. Според *Badea и Iures* (Badea & Iures, 2017) освен позитивните карактеристики кои со себе ги носи ова влакно во смисла на неспроводливост, добра постојаност на органски растворувачи и абразија, низок степен на запаливост и др. има и негативни карактеристики кои се однесуваат на нивната осетливост на киселини, соли и ултравиолетова радијација (Adanur & Tewari, 1997) во нивните истражувања ги потврдуваат предностите на арамидните влакна во споредба со конвенционалните. Kevlar® и Nomex® влакната обезбедуваат подобра отпорност на оган, електростатички се отпорни, имаат голема трајност и многу мала тежина во споредба со Памукот и Најлонот. Материјалите направени од Nomex® влакната се користат во бројни апликации каде од материјалот се бараат добри текстилни својства, добра димензиона стабилност и одлична отпорност на топлина. Па така,

заштитен елек изработен од 13+ слоеви на Kevlar® (29) балистички материјал покриен со полиамиден балистички материјал за камуфлажа, дава солидна заштита од оган и топлина. Најновите истражувања се насочени кон намалување на индексот тежина – јачина за балистички заштитни материјали. Споредено со материјалите направени од најлон, материјалите добиени од Nomex® влакната покажуваат и подобра отпорност на алфа и гама зраците, х-зраците, отпорност на вода и загревање при повисоки температури.

Во табелата подолу (Таб. 2.3) се презентирани некои типови на комерцијални арамидни влакна. Од самата табела се гледа дека најголемо издолжување до прекин дава Номекс, најголема јачина има Технора, а густината на сите влакна е приближна. Најголем модул имат Кевлар 29 и Технора. Големиот модул значи и голема крутост – својство кое доста важно за изработката на заштитна облека за специјална намена.

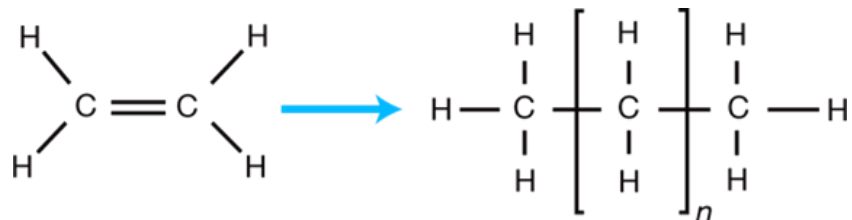
Табела 2.3. Типови на комерцијални арамидни влакна
Table 2.3. Commercial types of aramid fibers

Трговска ознака/Trade mark	Фирма/ Company	Густина/ Density g/cm ³	Модул/ Module GPa	Јачина/ Strength GPa	Издолжување до прекин/ Elongation at break%
Кевлар 29/ Kevlar 29	DuPont	1.44	72	2.9	3.6
Номекс/ Nomex	DuPont	1.38	11.6	0.59	28.0
Тварон/ Twaron	Teijin Aramid	1.44	70	3.2	3.3
Технора/ Technora	Teijin Aramid	1.39	73	3.4	4.6

2.2.3.4. HPPE влакна – високоперформансни полиетиленски влакна (High performance polyethylene fibers)

HPPE влакната се изработуваат од страна на неколку фирми во светот: Honeywell (Spectra), DSM (Dyneema), Tenfor (Snia) и Mitsui (TechShop). Молекулската формула на овој полимер е иста како и формулата на обичниот полиетилен, но сепак значително се разликува заради многу големата молекулска маса. Линеарниот полиетилен нормално се произведува со молекулска маса во опсегот 200000 до 500000, а може да биде уште поголема, додека UHMWPE е со молекулски маси од три до шест милиони

(Technical Literature, Dyneema Properties & Applications, 1993). Поголемата молекулска маса резултира во физички особини кои во многу аспекти се конкурентни на стаклените, јаглеродните и арамидните влакна. Се добиваат со полимеризација на мономерот етилен, (сл. 2.7).



Слика 2.7. Реакција на добивање на полиетилен од етилен
Figure 2.7. Reaction of obtaining polyethylene from ethylene

HPPE влакната се одликуваат со многу добри физички особини. Тие не апсорбираат вода и се отпорни спрема киселини и бази како и спрема повеќе хемикалии. Исто така, имаат многу добра отпорност на UV зраци. Температурата на топење на HPPE влакната е 136-144°C. Имаат добри термички и електрични особини.

Заради малата маса на HPPE влакната, способноста да пловат во вода, абразивната отпорност и добрата отпорност на цикличен замор, тие наоѓаат широка примена во морнарицата за изработка на јажиња. Како композити се користат за изработка на чамци, јарболи и друго, како и за балистичка заштитна опрема. Како и арамидните влакна, многу тешко се сечат. Оваа особина ја комплицира нивната употреба во некои композитни апликации, но е многу поволна за изработка на некои типови на ткаенини. На пример, овие влакна се користат за изработка на несечливи (cut-resistant) заштитни нараквици, заштитна облека во индустријата за преработка на месо, маталургијата и во индустријата за стакло (Harel & Marom).

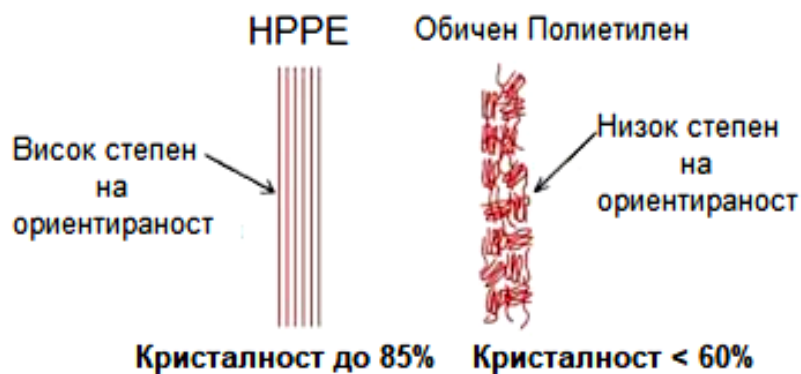
Главен недостаток им е тоа што имаат ниска точка на топење и влошување на физичко механичките својства на температура над 130°C (Wampler, 2012); (Hearle, 2001); (Karacan, 2005). Наоѓаат примена во изработката на заштитната облека поради следните својства:

- ✓ одлична надолжна јачина на затегање,
- ✓ голема жилавост и модул,
- ✓ одлична компресивна јачина,

- ✓ одлична отпорност на вода,
- ✓ одлична отпорност на бази, киселини и хемикалии (Dyneema with you when it matters, 2018); (Matbase, 2018); (Fact-sheet, 2008); (Technical Literature & Edition 1994/1, 1994); (Technical Literature Edition 1995/1, 1995).

Во 1979 година холандската фирма DSM го пронајде и го патентира ова влакно како и процесот (gel-spining) за неговото добивање. Комерцијално производство фирмата почнува во 1990 година со пласирање на пазарот на високоперформансно полиетиленско влакно под трговска ознака „Dyneema“. Се произведува од PE со ултрависока молекулска маса (UHMWPE, Ultra High Molecular Weight Polyethylene).

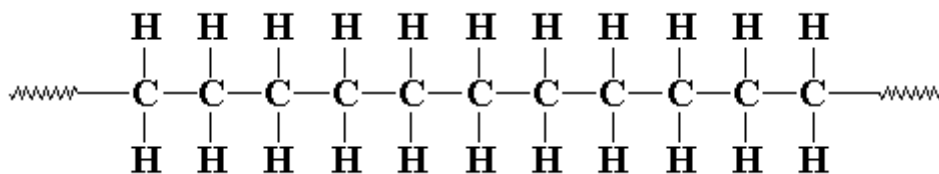
Кај обичниот PE молекулите не се ориентирани и лесно се кинат. При „gel-spining“ процесот молекулите се влечат од растопена маса низ платински дизни со многу мал дијаметар (9-12 nm) при што се постигнува висок степен на паралелна ориентираност на молекулите. Поволните особини на базниот материјал, UHMWPE, паралелната ориентираност на молекулите и високата кристалност го прават „Dyneema“ влакното уникатно со неговата многу висока јачина и модул.



Слика 2.8. Ориентираност на макромолекулите кај полиетиленот
Figure 2.8. Macromolecules orientation of polyethylene

HDPE се карактеризира со паралелна ориентираност поголема од 95% и со висок степен на кристалност (до 85%) што, во комбинација со неговата многу мала густина, му дава уникатни особини. Хемискиот состав на HDPE е иста како кај UHMWPE, (сл. 2.8). Разликата е во ориентацијата на молекулите и во молекулската маса, која кај HDPE е за 10^1 - 10^2 поголема.

Густината на влакната HPPE е помала од онаа на водата ($0,97 \text{ g/cm}^3$) така што влакната не потонуваат во вода. Специфичната јачина им е највисока и може да биде до 15 пати поголема од таа на квалитетен челик. Модулот им е многу висок и е на второ место по големина зад оној на специјалните јаглеродни влакна. Издолжувањето при прекин е на нивото од другите високоперформансни влакна, но заради високата специфична јачина, енергијата за кинење им е многу висока.



Слика 2.9. Структурна формула на HPPE
Figure 2.9. Structural formula of HPPE

HPPE влакната познати како Дунеема влакна наоѓаат честа примена за изработка на заштитни елеци, шлемови, како и инсерти за широк опсег на балистичка заштита. Според *Karacan* (*Karacan I. , 2005*) Дунеема® влакната даваат максимална заштита, а во исто време се лесни, комфорни, обезбедуваат добра мобилност и ефикасност. Тие се високо отпорни на корозивни хемикалии (со исклучок на оксидирачките киселини), имаат исклучителна отпорност на вода и многу низок коефициент на триење. Јачина/тежина односите се за околу 40% повисоки од тие на арамидните влакна. Други често применливи HPPE влакна за специјална намена се Spectra® влакната кои според *Karacan* се едни од најјаките и најлесните достапни влакна. Специфичната јачина им е за 40% поголема од онаа на арамидните. *Roelof* (*Marissen, 2011*) во неговите истражувања ги потврдува исклучително добрите својства на овие влакна. Овие влакна покажуваат висока сила на затегање, голема цврстина и мала густина, но, како недостаток ја наведува малата јачина која ја даваат при аксијална и напречна компресија. Коефициентот на фрикција им е доста низок, што ги прави влакната лизгави. Во табела 2.4 се дадени компаративни карактеристики на најчесто користените влакна за облека за специјална намена. Резултатите од табелата потврдуваат дека арамидните и HPPE влакната имаат многу поголема жилавост и многу

поголем специфичен модул од полиамидните. Токму заради тие својства и нивната предност во изработката на опрема за специјална намена ќе биде поголема.

Табела 2.4. Компаративни карактеристики на влакната кои најчесто се користат за балистичка заштита (Kumar, 1991).

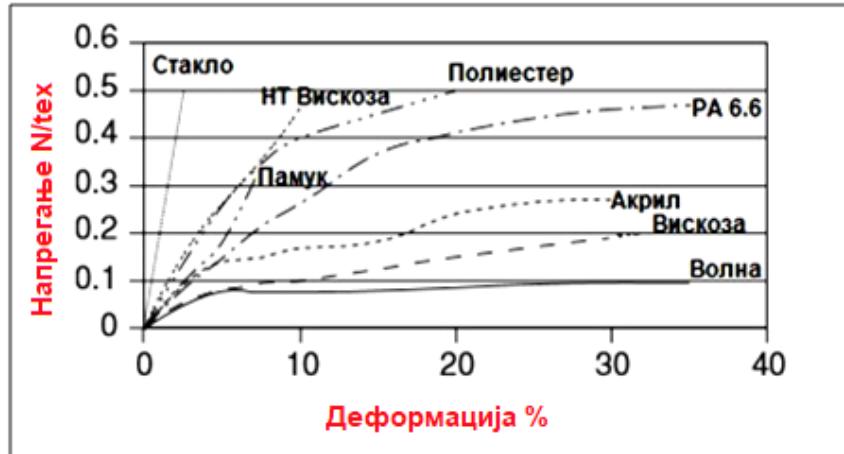
Table 2.4. Comparative characteristics of fibers that are commonly used in ballistic protection clothes

Тип на влакно/ Fiber type	Густина Density g/cm ³	Жилавост Tenacity N/Tex	Специфичен модул/ Specific module N/Tex	Издолжување до кинење/ Elongation at break %
Полиамид НТ/Polyamide НТ	1.14	0.80	5	20.0
Арамид/Aramid-ballistic	1.44	2.35	52	3.6
НР Полиетилен/НР Polyethylene	0.97	3.30	101	3.7

2.2.3.5. Огноотпорни органски влакна (Flame resistant organic fibers)

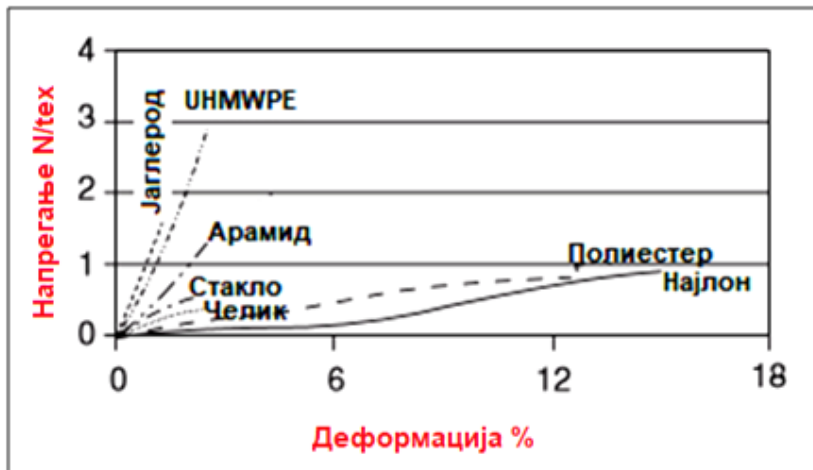
Лимитниот кислороден индекс (ЛКИ) е мерка за отпорноста на влакната на горење и претставува минимална концентрација на кислород во проценти што го поддржува горењето на полимерот. Влакната Номекс (Nomex) и Конекс (Conex) кои се продуцираат од мета-арамиди имаат ЛКИ од 29. Овие влакна можат да се користат во огноотпорна и термоотпорна заштитна облека без дополнителна хемиска доработка (Miles, 1996).

На сликите (сл. 2.10 и 2.11) подолу се прикажани кривите напрегање/деформација кај некои од природните и синтетичките влакна кои најчесто се користат како влакна за специјална намена.



Слика 2.10. Криви напрегање/деформација кај природни и синтетички влакна кои наоѓаат честа примена во техничкиот текстил (Mirafstab, 2000)
 Figure 2.10. Stress/strain behaviour of some natural and synthetic fibres that are used in technical textile

Од самиот дијаграм напрегање/деформација јасно воочливо е дека стаклото трпи големи напрегања, а при тоа деформацијата му е мала, а волната трпи големи деформации и дури и при многу мали напрегања. Од овие причини природните влакна скоро и не наоѓаат примена во индустријата за специјална намена.



Слика 2.11. Криви напрегање/деформација кај синтетичките влакна кои наоѓаат честа примена во техничкиот текстил (Mirafstab, 2000)
 Figure 2.11. Stress/strain behaviour of some common fibres that are used in technical textile

За разлика од природните влакна, синтетичките влакна како Полиестер и Најлон (Полиамид), даваат подобри резултати при напрегање/деформација, но резултатите кои ги даваат тие се скоро неспоредливи со резултатите кои ги

нудат високоперформансните влакна, арамидот, стаклото, јаглородот итн. Сето ова докажува дека благодарение на развојот на науката и пронаоѓањето на високоперформансните влакна, степенот на заштита кој може да се добие при дизајн на опрема за специјална би бил повеќе од задоволувачки.

Табела 2.5. Механички карактеристики на некои зајакнувачки влакна (Systems, 2017)

Table 2.5. Mechanical characteristic of some reinforcing fibers

Тип на материјал/ Type of material	Јачина на затегање/ Tensile strength Мра	Модул на затегање/ Tensile module Гра	Специфичен модул/ Specific module N/tex	Густина/ Density g/cm ³
Арамид со низок модул/Aramide with low module (LM)	3600	60	40	1,45
Арамид со висок модул/Aramide with high module HM	3100	120	80	1,45
Арамид со ултрависок модул/Aramide with ultra high module UHM	3400	180	52	1,47
Е стакло /E-glass	2400	69	27	2,5
S стакло/S glass	3450	86	34	2,5
ДунеемаSK60	2700	89	91	0,97
Дунеема SK65	3000	95	97	0,97
Дунеема SK66	3200	99	101	0,97
Полиамид НТ/Polyamide НТ	900	6	5	1.14
Полиестер НТ/Polyester НТ	1100	14	10	1.38
Полипропилен/Polypropylene	600	6	6	0.90
Челик/Steel	1770	200	25	7.86

Механичките карактеристики на некои зајакнувачки влакна за специјална намена се дадена во табелата погоре (таб. 2.5). Високите вредности за јачината на затегање и модулот на затегање се доволен показател за нивните високи балистички перформанси.

2.3. Дефинирање на текстилните материјали (Definition of textile materials)

Текстилните технологии еволуирале преку 1000 години и терминот „текстил“ сега има многу широко значење. На почетокот под терминот текстил се подразбирале ткаените материјали, додека денес истиот термин се употребува

и за влакна, филаменти и предива, природни или синтетички материјали, и голем број на производи добиени од нив. Овде спаѓаат конци, јажиња, ткаени, плетени и неткаени материјали, трикотажа, плетиво и облека, текстил од домаќинството, текстил за мебел и тапазирање, теписи и други покривки за под изработени од влакна, индустриски текстил, геотекстил и медицински текстил. Оваа дефиниција воведува три важни поими. Прво, наведено е дека текстилот е материјал од влакна. Како што веќе напоменавме влакното е дефинирано како текстилна суровина, генерално карактеризирана преку флексибилност, финост, и голем размер на должината и дебелината: овој размер е обично поголем од 100. Дијаметарот на влакната користени како текстилен зајакнувач за композити (стакло, јаглеродни влакна, арамидни влакна, полипропилен, лен итн.) е различен. Влакната се соединети во предива и снопови, а потоа во текстил. Втората важна карактеристика на текстилот е неговата хиерархиска природа. Може да се разликуваат три хиерархиски нивоа поврзани со скали:

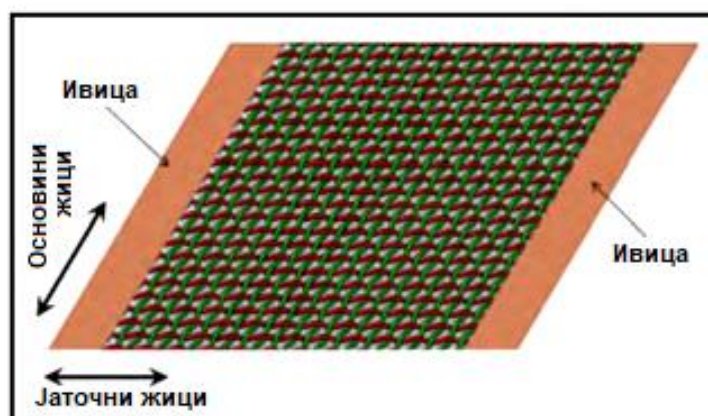
1. Влакна на микроскопска скала.
2. Предива, повторувачка единица на ќелии и снопови на месоскопска скала.
3. Материјали на макроскопска скала.

Секоја скала е карактеризирана преку карактеристична должина, како 0,01 mm за дијаметар на влакно, 0,5-10 mm за дијаметар на предиво и 1-10 m и повеќе за текстил и текстилни структури. Исто така, секое ниво е карактеризирано преку димензионалноста, каде влакната и предивата се едно-димензионални додека материјалите се дво или тро-димензионални и преку структурната организација каде влакната се впредени во предива, предивата се ткаени во текстил итн.

Текстилот е структуриран материјал. На дадено хиерархиско ниво, еден текстилен предмет може да се смета како ентитет и може да се направи апстракција на неговата внатрешна структура: предивото може да биде претставено како флексибилна прачка, или ткаенината како мембрана. Овој пристап е корисен, но интерната структура мора да се земе во предвид ако некој сака да ги процени основните својства и однесувањето на текстилните предмети, како напречна компресија на предивата или однесувањето на материјалите при сечење. Постојењето на различни текстилни технологии

резултира во голем број на варијации на текстилни структури. Својствата на материјалите се својствата на влакната кои се трансформирани преку текстилната структура. Новите генерации на влакна ги претворија текстилните технологии во моќна алатка за создавање на материјали дизајнирани за специфични потреби, каде позицијата на влакната е оптимизирана за секоја апликација (McIntyre & Daniels, 1995); (Cook J. , 1984); (Griffiths, 1984); (Lee B. , 1994).

Традиционалните ткаенини се произведуваат со преплетување на два системи од предиво (основа и јаток) под прав агол. Различни конструкции на ткаенини можат да се добијат со менување на видот на преплетот, густината и типот на предивото. При плетењето единично предиво или сет од предива се насочуваат во еден правец за разлика од двата сета на предива кај ткаењето. Плетенините, генерално, се меки на допир и повеќе ја зачувуваат топлината споредени со ткаенините со иста дебелина или маса. Плетените структури имаат поголема порозност што задржува повеќе воздух со што овозможуваат поголема топлина. Својствата на ткаенините и плетенините се различни во различни насоки што значи дека се тие многу анизотропни со што се лимитира нивната апликација таму каде се бараат изотропни особини. За да се добијат изотропни особини развиени се три и тетра аксијални ткаенини. Изотропните ткаенини имаат поголема јачина на лепење и распрснување од традиционалните ткаенини бидејќи деформацијата при напрегање секогаш се разделува во две насоки (Prevorsek & et.al., 1991); (Marks, 1989); (Ormerod & Sondhelm, 1999).



Слика 2.12. Правец на основата и јатокот за ткаени материјали (платно) (Lewin & Preston, 1989)

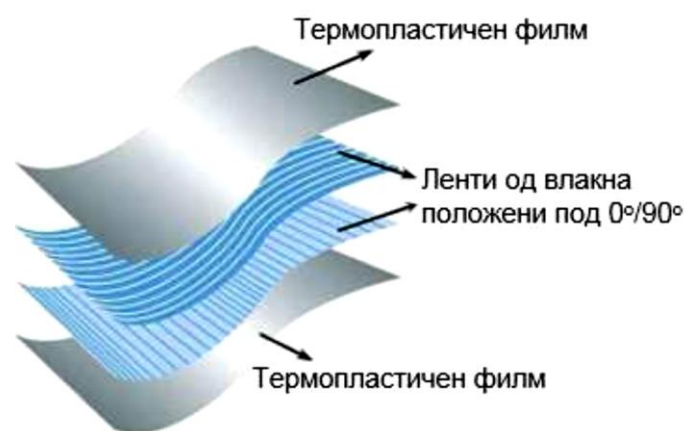
Figure 2.12. Warp and Weft Yarn Directions for a Plain-Woven Fabric

Класификацијата на текстилните материјали може да се направи според ориентацијата на влакната кои се користат, или според различните техники на конструкција.

Според ориентацијата на влакната постојат ткаени и унидирекционални ткаенини како и ткаенини врз основа на случајно ориентираните влакна (Mallick, Fiber reinforced composites: Materials, Manufacturing, And Design, Third Edition, 2007).

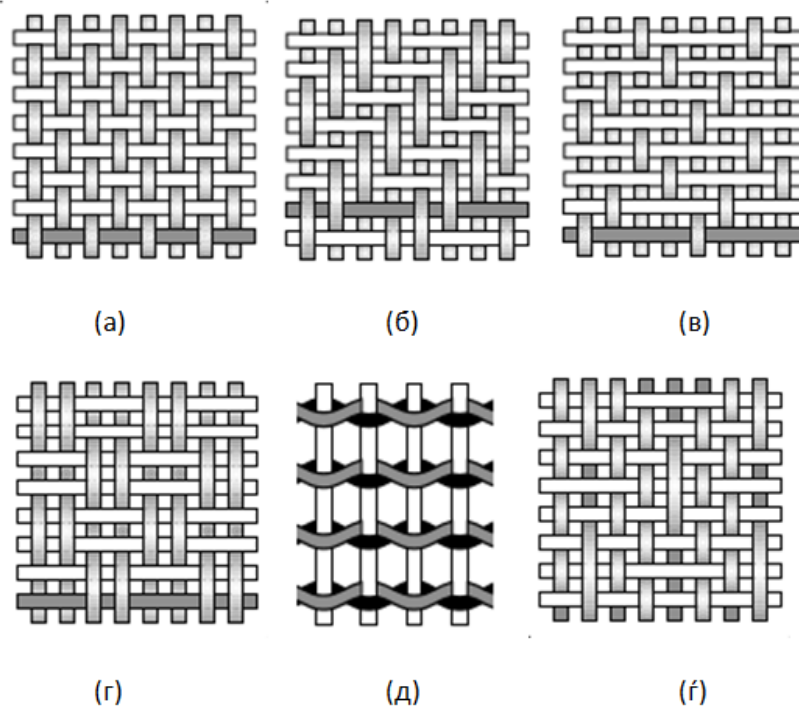
Унидирекционални текстилни материјали (Unidirectional textile materials - **UD**) се материјали каде влакната се ориентираните само во една насока. Генерално влакната се ориентираните под агол од 0° (надолжна насока - основа), но може да бидат ориентираните и под агол од 90° (напречна насока - јаток). Вистинските унидирекционални материјали ја нудат можноста да го “сместат” влакното онаму каде е потребно и со оптимален квантитет (ниту повеќе ниту помалку од тоа што се бара). На тој начин, влакната се исправени и не се згужвани. Ова резултира во супериорни својства на влакното во структурата на композитот.

Овие материјали можат да бидат направени од неколку слоеви паралелни прави предива, а во добивање на повеќеслоест материјал може секој слој да е поставен под различен агол. Главно се користат како зајакнувачи со потенцијал да ги надминат анизотропните недостатоци без да влијаат врз другите својства. Тие се прават наменски според потребите на крајната апликација (Ranges, 2011); (Gupta P., 1988); (Антиќ, Антиќ, & Зафирова, 1985).



Слика. 2.13. Конструкција на унидирекционален панел
Figure 2.13. Construction of unidirectional panels

Унидирекционалната конструкција овозможува трансферот на енергијата од местото на ударот на куршумот долж влакната да се случи многу побрзо и поефикасно отколку кај конвенционалните ткаенини. Тоа е така затоа што кај ткаенините апсорпционата способност за енергија се губи во точките на вкрстување (каде се допира предивото по основа и јаток), бидејќи овие точки место да ги апсорбираат, ги рефлектираат ударните бранови. Кај унидирекционалните ленти многу повеќе материјал е вклучен во запирање на куршумот со што заштитата станува поефикасна (Bader, Smith, Isham, J, & Metzner, 1990); (Pryceand & Smith, 1992); (Leong, Ramakrishna, & Hamada, 1997); (Krishan, 2012).



Слика 2.14. Типови на преплетки: (а) платно, (б) кепер, (в) сатен, (г) панама, (д) газа преплет, (ф) лажна газа преплет (Systems, 2017); - (Tan, Tong, & Grant, 1997)

Figure 2.14. Types of interlace (a) plain, (б) twill, (в) satin, (г) basket, (д) leno, (ф) mock leno

Ткаени текстилни материјали кои се добиваат со преплетување на два система на предива (континуирани филаменти): основа (0°) и јаток (90°) според зададена преплетка. Компактноста на ткаенината зависи воглавно од механичкото преплетување на двата система на предива. Драперливоста, површинскиот изглед и стабилноста на ткаенината се контролирани пред се од

начинот на преплетување. Површинската маса, порозноста, водоодбојноста се детерминирани преку соодветната селекција на финоста на предивата и бројот на предива на cm^2 . Најчесто користени типови на преплетки се: платно, кепер, сатен, панама, газа преплет, тканенини со лажна газа преплет (сл. 2.14).

Платно (Plain) - Овој тип на преплетка е наједноставна преплетка, каде постојат четири врзивни точки од кои две се основини, а две јаточни, па од овде произлегува дека платното е преплетка со најцврсто меѓусебно поврзување. Жиците на едниот систем (основа или јаток) наизменично се подигаат и спуштаат над, односно под жиците на другиот систем. Платнената преплетка има голема примена при изработка на ткаенини со најразличен суровински состав. Таа создава ткаенини со најцврсто и меѓусебно најгусто преплетување на двата система на жици. Ткаенините со оваа преплетка имаат разновидна примена и честопати се среќаваат под различни називи.

Кепер (Twill) - Кепер преплетката се одликува со карактеристично меѓусебно поврзување на жиците, при што на ткаенината се јавуваат дијагонали. Оттука се среќава и називот дијагонал преплетка или кепер - дијагонал. Оваа преплетка е погодна за употреба при ткаење на погусти ткаенини кај кои истовремено се бара и одредена мекост. Ткаенините со оваа преплетка лесно се развластуваат. Поголемите рапорти² на ткаенината не се пожелни бидејќи се добиваат послаби ткаенини кои лесно се деформираат.

Сатен (Атлас) Satin - Сатен преплетката е модифициран Кепер со цел да се продуцираат помалку интерсекции на основа и јаток. Бројот на врзивни точки кои се користат за означување обично е 4, 5 и 8 и ова е тоталниот број на жици кои поминуваат над и под, пред жицата да го повтори рапортот. Ткаенините добиени со оваа преплетка се рамни и имаат добри својства на сушење и висок степен на драперливост. Нискиот степен на стегање при преплетувањето дава и добри механички својства. Овој тип на преплетка им овозможува на влакната густо да се ткаат. Но, ниската стабилност и асиметрија треба да бидат земени во предвид. Асиметријата предизвикува на едното лице од ткаенината да има влакна кои се протегаат преобладајќи во правец на основата, додека на другата страна има влакна кои доминантно се протегаат во насока на јатокот.

² Во зависност од конструкцијата на ткаенината одредена група на врзивни точки правилно се повторува во правец на основата и јатокот. Таквата група на врзивни точки го претставува **рапортот** на преплетката.

Панама (Basket) - Панама преплетката претставува повеќежична платнена преплетка во обете насоки, т.е две или повеќе основини жици поврзуваат два или повеќе јатока. Кај чистата панама (правилна) има две полиња со основин ефект (основни врзивни точки кај платното) и две полиња со јаточен ефект (јаточни врзивни точки кај платното, при што големината на овие полиња е еднаква, т.е имаат ист број на врзивни точки). Ткаењето е рамномерно, не е густо, преплетката е појака од платнената преплетка, но помалку стабилна. Најдобро е да се користи кај тешки материјали направени од тенки (висока вредност на текс) влакна, со цел да се избегне прекумерното стегање при преплетувањето.

Во табела (таб. 2.6) е дадена споредба на својствата кај ткаенините според типот на преплетката. Најдобра стабилност дава газата и платното, а најдобра драперливост нуди сатенот, кој исто така има и ниска порозност и мекост, па заради овие својства овој тип на преплетка не е пожелен при конструкција на материјал за специјална намена.

Табела 2.6. Споредба на својствата според типот на преплетка
Table 2.6. Comparison of properties depending of the type of interlacting (Systems, 2017); (Tan, Tong, & Grant, 1997)

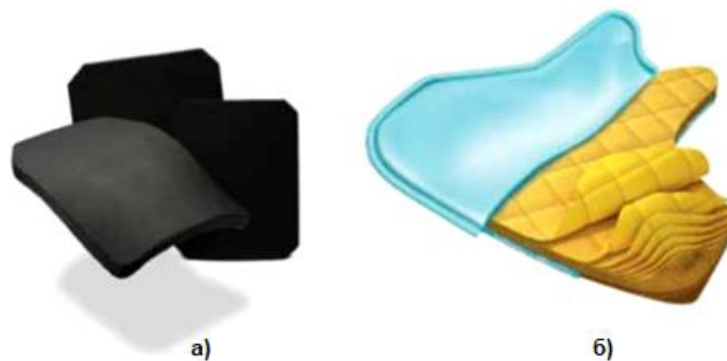
Типови на преплет/Types of interlacting						
Својства/Properties	Платно/ Plain	Кепер/ Twill	Сатен/ Satin	Панама/ Basket	Газа/ Leno	Лажна Газа/ Mock leno
Добра стабилност/Good stability	4	3	2	2	5	3
Добра драперливост/Good drape	2	4	5	3	1	2
Ниска порозност/Low porosity	3	4	5	2	1	3
Мекост/Smoothness	2	3	5	2	1	2
Баланс/Balance	4	4	2	4	2	4
Симетрија/Symmetrical	5	3	1	3	1	4
Ниско гужвање/Low crimp	2	3	5	2	2/5	2

5 – одлично (excellent), 4 – добро (good), 3 – прифатливо (acceptable), 2 – слабо (low), 1 – многу слабо (very low).

Случајно ориентираните текстилни материјали (Chopped Strand Mat – CSM) е неткаен материјал кој се состои од случајно ориентираните сецкани снопови на влакна кои се поврзани заедно со врзивно средство. Денес, сецканите мат влакна ретко се користат за добивање на композитни компоненти со високи перформанси бидејќи е невозможно да се произведе ламинат со висока содржина на влакна и со висок сооднос сила-тежина (Ranges, 2011).

2.4. Композитни материјали за лична балистичка заштита кај облеката за специјална намена (Composite materials for personal ballistic protection in clothes for special purpose)

За изработка на современата тврда и мека лична балистичка заштита (сл. 2.15) главно се користат полимерни матрици и зајакнувачки влакна. Овие суровини процесирани меѓу себе, резултираат во композитен материјал со супериорни особини во однос на одделните особини на матрицата и влакната што се должи на синергетското дејство меѓу нив. Зајакнувачките влакна се едниот конституент (покрај матрицата) кај композитните материјали за лична балистичка заштита и се носечка компонента на балистичките карактеристики на композитите. (Bajaj & Sriram, 1997). Најчесто користените влакна (полиамидни, арамидните и високоперформансните полиетиленски (HPPE) се презентирани во поглавје 2.2.

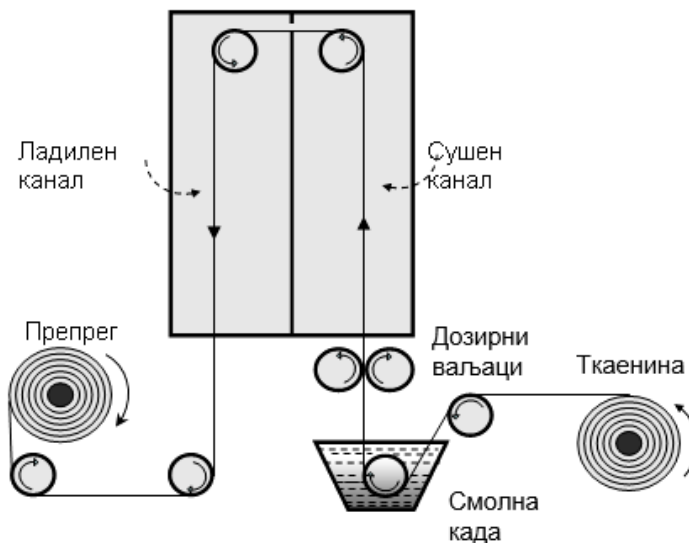


Слика 2.15. Изглед на: а) тврда и б) мека балистичка заштита
Figure 2.15. Appearance of: a) hard and b) soft ballistic protection

Пред изработката на композитите, потребно е ткаенината да биде преработена во полупроизвод (препрег) со импрегнација со предходно приготвен полимерен

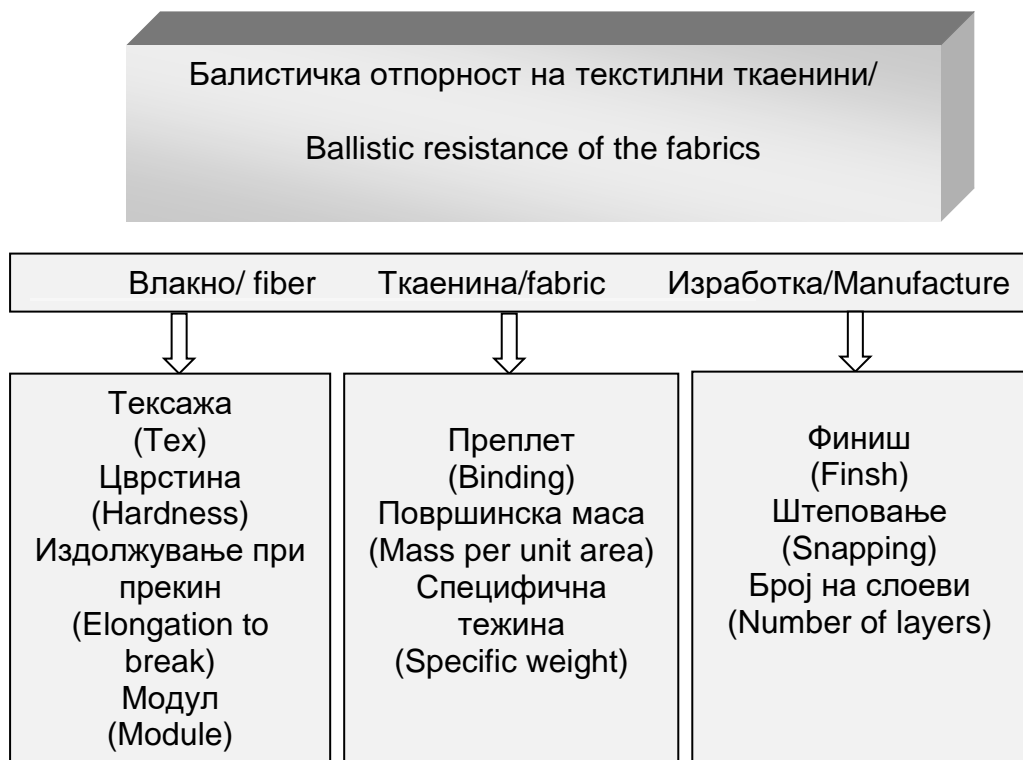
систем (матрица) на полуиндустриска машина за импрегнација. Исто така можат да се користат повеќеслојни, еднонасочни препрези врз база на високоперформансни влакна како суровини за изработка на композитите. На тој начин се добиваат двонасочни и еднонасочни композитни материјали за лична балистичка заштита кај облеката за специјална намена.

Двонасочните композити се изработуваат со импрегнирање на ткаенината со предходно приготвен смолен систем при што се добива полупроизвод – препрег, а потоа со пресување па препрегот. Еднонасочните композити се добиваат од еднонасочен препрег (кој најчесто е готов производ) само со пресување. Кај нив фазата на импрегнација отпаѓа со оглед на тоа што тие материјали од производителот се испорачуваат заедно со матрицата која е во вид на филм. Импрегнацијата па ткаенините се врши во машина за импрегнирање, како што шематски е претставено на сликата (Сл. 2.16) подолу.



Слика 2.16. Шема на машината за импрегнирање
Figure 2.16. Layout of the impregnating machine

Ткаенината од станицата за одмотување преку насочувачки цилиндри се доведува во кадата со смола (полимерна матрица) каде што се импрегнира. Вишокот на смола се „симнува“ со дозирните цилиндри по кои импрегнираната ткаенина поминува низ сушниот и низ ладилниот канал. Готовиот препрег на излезот има температура 25-30 °C и се намотува во ролни или веднаш се сече на даден формат. Пресувањето на препрезите за добивање на композитни плочи се прави на хидраулични преси.



Слика 2.17. Фактори кои влијаат врз балистичките перформанси кај меката и тврдата заштита

Figure 2.17. Factors that affects to the ballistic performance of the soft and hard protection

Кај меката и тврдата балистичка заштита носечката компонента на балистичката заштита е предивото. Особините како што се прекидната цврстина, издолжувањето при прекин, модулот, термичката отпорност како и дијаметарот на филаментот ги определуваат балистичките перформанси. Меѓутоа, заштитната облека ќе пружа ефикасна заштита само ако влакното правилно се процесира. Квалитетот во голем дел е детерминиран уште во фазата на ткаење.

Дел од факторите во фазата на ткаење се видот на опремата која се користи, типот на преплетката, цврстината на ткаенината, финишот и тн. Несоодветното ткаење резултира во намалена балистичка отпорност. На сликата погоре (сл. 2.17) дадени се факторите кои влијаат врз балистичките перформанси кај меката и тврдата заштита (Kaufmann, Cronin, Worswick, Pageau, & Beth, 2003).

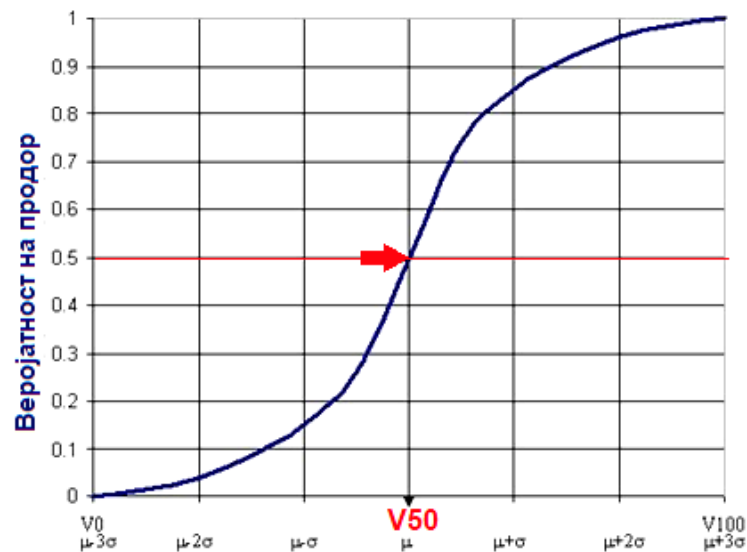
2.4.1. Балистички карактеристики на композитните материјали (Ballistic characteristics of composite materials)

Под балистички перформанси или карактеристики на композитните материјали се подразбира балистичката јачина и трауматолошкиот ефект. Балистичката јачина претставува отпор на материјалот со кој се спротивставува на пенетрацијата на проектилот и се мери со балистичката карактеристика V_{50} . Трауматолошки ефект се нарекува деформацијата на композитниот материјал што се јавува како последица на балистичкиот удар. Неговиот ефект се проценува преку површината и длабината на деформацијата (Csukat, 2006).

2.4.1.1. Дефиниција на балистичката карактеристика V_{50} (Definition of the ballistic characteristic V_{50})

Фундаментално за концептот на балистичката јачина е врската меѓу веројатноста на пенетрација во материјалот и ударната брзина на проектилот. Оваа врска проектил-материјал ги задоволува математичките услови за дистрибуција на веројатноста, при што, за мали брзини веројатноста на продор се стреми кон нула, за големи брзини, се приближува кон 1, а меѓу

овие екстремни вредности на брзината, веројатноста на продор се зголемува со зголемувањето на брзината на проектилот. Ако земеме дека овој општ модел го опишува физичкиот процес, тогаш веројатноста на продор може да биде третирана како дистрибуција на веројатноста и обично се опишува како Гаусова или нормална распределба (Dimeski & et.al., Termoreaktivni smolni Sistemi za Kompozite OjascaneVlaknima-Izbor i Osobine, 1987). Кривата на нормалната распределба на веројатноста на продор е прикажана на сликата (сл. 2.18) подолу. Од неа може да се види дека V_{50} е 50-тиот процент (медиан) на дистрибуцијата. Со други зборови, веројатноста за продор при брзини поголеми од балистичкиот лимит (V_{50}) е поголема од 0.5 а при брзини помали од балистичкиот лимит е помала од 0.5. Прифатениот симбол за балистичкиот лимит, V_{50} кој е централна точка во кривата на веројатноста, го изразува процентниот концепт за можниот продор на проектилот.



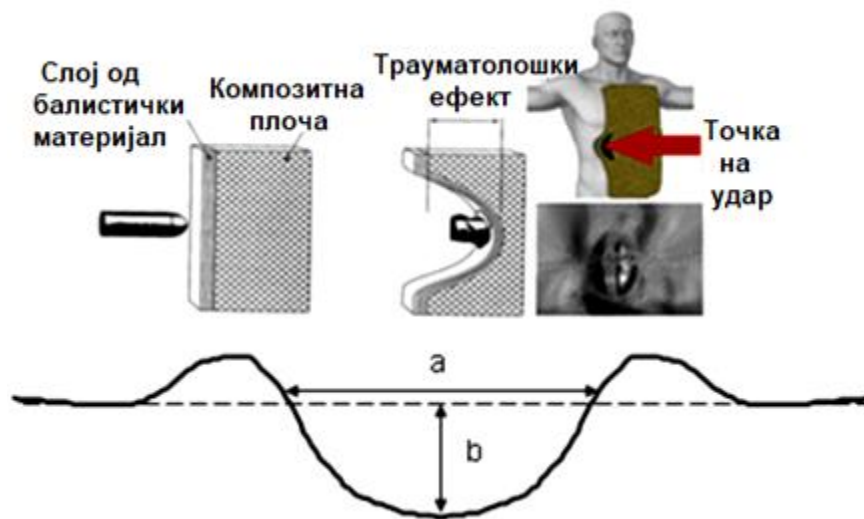
Слика 2.18. Веројатност на продор во однос на ударна брзина
Figure 2.18. Probability of penetration vs. striking speed

Во многу случаи знаењето на централната вредност е доволно, но во некои случаи е потребно поголемо познавање на дистрибуцијата. На пример, ако е потребно да се знае нивото на брзината при која балистичкиот материјал би дал високо ниво на заштита односно мала веројатност на продор, потребно е да се пресметаат додатните вредности како V_{10} и V_{20} . Но, најдено е дека кривата на нормалната Гаусовата распределба на веројатноста дава прилично добра претстава за веројатноста на продор во многу ситуации.

Реално, карактеристиката V_{50} претставува статистичка вредност на статистичкиот тест којшто го развила американската армија за евалуација на балистичката заштита на воени возила, а ја означува брзината при која даден проектил има 50 % веројатност да го пробие балистичкиот материјал што се тестира (US Department of Justice, 1986). Таа се определува со испалување на симулатори на фрагменти или куршуми врз испитниот материјал со брзини на претпоставената вредност V_{50} за тој тип на материјал. V_{50} не е физичка големина со која се карактеризира еден материјал. Таа е само статистичка вредност што помага да се проценат балистичките перформанси на некој материјал и/или да се споредат меѓу себе повеќе материјали. Ако за некој материјал се знае дека има вредност за V_{50} на пример 420 m/s и ако се пука во него со ист симулатор со кој е евалуирана таа вредност, со брзина од 420m/s, шансите да се пробие тој материјал односно да не се пробие се еднакви. Дури, тој материјал може да се пробие и со помала брзина односно да не се пробие и со поголема брзина од 420 m/s. Не е необично при испитувањето, заради анизотропноста на композитниот материјалот, да се добијат задори (задор-задршка на проектилот во материјалот) со поголема брзина од оние на продорите.

2.4.1.2. Трауматолошки ефект (Traumatological effect)

Трауматолошкиот ефект ја претставува деформацијата на задната страна од испитуваниот материјал што се јавува како последица на балистичкиот удар кога зрното е задржано во материјалот. Овој ефект е дефиниран во американскиот полициски стандард NIJ 0101.06. Тоа е еден од најугледните, најексплоатираниите и најцитираните стандарди за балистичка заштитна опрема (БЗО) во светот. Како референца се користи и во нашите министерства за одбрана и внатрешни работи. Интензитетот на трауматолошкиот ефект се мери со дијаметарот односно површината (*a* на сл. 2.19) и со длабината (*b* на сл. 2.19) на деформацијата (Dimeski & et.al., Resin content and molding pressure influence on ballistic properties and trauma effect of aromatic amide fibers composites, 2011). Во горниот стандард специфицирана е само максимално дозволената длабина на трауматолошкиот ефект која е 44 mm (1.73 inches).



Слика 2.19. Трауматолошка површина и длабина и трауматолошки ефект
Figure 2.19. Trauma area and depth and traumatological effect

2.5. Дизајн на облека за специјална намена (Design of protective clothes for special purposes)

2.5.1. Барања, фактори и критериуми (Requests, factors and criteria)

Последните две декади постојат екстензивни истражувања насочени кон откривање на ефикасна заштитна облека за специјална намена. Главните барања како за цивилна така и за војничка заштитна облека се:

1. Заштитната функција – која ќе овозможи спасување на лицата кои се изложени на животно - загрозувачки опасности и
2. Современиот дизајн кој ќе овозможи комфор и непречено движење за носителот.

Па, доколку заштитната облека се земе како еден систем на облека, односно динамичка компонента, тогаш тој треба да биде дизајниран на начин на кој ќе ги исполни барањата на крајните корисници (војниците), со претходно предвидување на сите можни опасности со кои би можел да се соочи. Истражувањата за создавање на современ модел на заштитна облека за специјална намена ги вклучува сите процеси кои водат до негово создавање, започнувајќи од препознавање на проблемите, преку идеја за создавање на ново техничко решение, до развивање на прототип и негово тестирање и на

крај евалуација на финалното решение и негова имплементација во функционалната заштитна облека за специјална намена. Со цел да се создаде еден успешен дизајн на заштитна облека за специјална намена најпрво треба да се идентификуваат потребите за тој тип на облека (заштита) и да се земат во предвид барањата на корисникот, односно:

- ✓ Препознавање на проблемот.
- ✓ Дефинирање на проблемот.
- ✓ Дефинирање на нивото на заштита.
- ✓ Дефинирање на додадните функции кои треба да ја обезбедат заштитната функција и да го подобрат дизајнот.
- ✓ Развој на идеја за нов производ/техничко решение.
- ✓ Избор на материјали, а притоа да се земат во предвид опасностите и типот на хемикалии на кои ќе биде изложен корисникот.
- ✓ Дефинирање на физичките и механичките карактеристики, како и специјалните барања од заштитните материјали.
- ✓ Дефинирање на термо-физиолошките барања кои се однесуваат на заштитните материјали.

Изборот за новиот дизајн треба да содржи:

- ✓ Спецификации за дизајнот.
- ✓ Конструкција на прототип.
- ✓ Евалуација/ модификација.
- ✓ Проверка на ергономските карактеристики на опремата за специјална намена.
- ✓ Тест за носливост/индустриски испитувања како и евалуација на финалното решение и негова имплементација во функционалната заштитна облека (Directive 89/686/EEC–Personal protective equipment, 1989); (Standardization, 2003); (Directive 89/686/EEC, 2009); (ISO 8559 ISO 8559:1989 Garment construction and anthropometric surveys - Body dimensions).

Дизајнот на заштитната облека за специјална намена треба да обезбеди корелација помеѓу физиолошкиот, психолошкиот комфорт и параметрите на заштита кои зависат од условите во кои се наоѓа корисникот, па така носењето на заштитна облека нема да има негативен ефект врз носителот (Poruschi, Fărimă, & Ikonomu, 2010); (Raheel & Dekker, 1994). Тежината, мобилноста и удобноста се најважните фактори кои се земаат во обзир при конструкцијата и

дизајнот на заштитната облека. Заштитната облека треба да одговара на пропорциите на телото на корисникот и правилно да ја дистрибуира тежината на телото. Заштитната облека потребно е да го минимизира заморот, да дозволи “дишење” на кожата, особено на високи температура и не треба во никој случај да ја ограничи мобилноста на корисникот. При дизајнот на заштитната облека за специјална намена треба да се постигне баланс помеѓу нивото на заштита потребно за одреден тип на закана и тежината, удобноста, флексибилноста, цената, изложеноста на топлина и УВ зрачење, влага, животниот век итн. Главниот фактор кој го диктира дизајнот на заштитната облека е типот/вите на закана/и за кои се бара соодветното ниво на заштита (балистика, фрагмент, експлозија, убод, хемикалии, оган и тн.) Заштитата за одредено ниво на закана може да биде сосема некомпатибилна за друг тип на закана. Во однос на материјалите, заштитната облека треба да биде направена од високоперформансни материјали кои ќе и обезбедат висока заштитна функција, а преплетотот треба да е густ со цел да се минимизира можноста за убоди од остри предмети и повреда на телото на носителот.

При дизајнирање на облека за специјална намена во предвид треба да се земат три критериуми и тоа: функција, структура и естетика.

За разлика од облеката за секојдневна намена во кој естетиката има поголемо значење и е ниво понапред во однос класификацијата, во дизајнот на заштитната облека како најважно својство е функцијата. Функционалниот дизајн значи како дизајнот функционира, односно како се “однесува” за намената за која е дизајниран. Во процесот на создавање функционален дизајн, најнапред треба да се детерминираат барањата кои се примарни и се од големо значење за носителот на таа облека (на пример функционални џебови, прегради и др.). Кога функционалните барања ќе бидат детерминирани, тогаш веќе прототипот на облеката може да се креира. Прототипот всушност е план за структурниот дизајн на облеката. Структурниот дизајн се однесува на конструкцијата и на начиот на кој деловите од облеката се поврзани со цел да ја обезбедат функцијата (структурни линии, форми и делови – во каква меѓусебна корелација се поставени, како облеката ќе се прилагоди на телото и како ќе се облекува и соблекува). Структурниот дизајн не само што е потребно да биде во согласност со функционалниот дизајн, туку треба да одговара и на пропорциите на телото на крајниот корисник. Успешен

дизајн е оној во кој функционалниот дизајн ги исполнува критериумите, целите и функцијата и е во корелација со структурниот дизајн.

Естетскиот дизајн се однесува на надворешниот изглед на облеката. Во процесот на создавањето на функционалниот дизајн, важно е да се внимава да естетиката не ја наруши функцијата и перформансите на заштитната облека. Но, доколку облеката не ги задоволи и барањата во однос на естетската функција, тогаш не може да се каже дека е создаден модел кој во целост ќе ги задоволи потребите на носителот. Така што, секој успешен дизајн на заштитна облека за специјална намена е добар спој на функционален, структурен и естетски дизајн (Scott, 2005).

Покрај заштитната функција, облеката треба да биде комфортна за да се зачува енергетската рамнотежа во границите на толерантност за загреаност или студеност на телото. Кога се носи заштитна облека и истовремено се извршува напорна физичка работа, телото генерира метаболична топлина која предизвикува термички стрес кај носителот. Термичкиот стрес или проблемите со комфорот се од голем интерес за научниците во последно време. Термичкиот стрес го зголемува пулсот, телесната температура, притисокот на крвта и загубата на течности кои се потенцијална опасност за здравјето на носителот (Peregpekin, 2001).

Конструкцијата на современата заштитната опрема треба да даде лесна приспособливост на човековото тело и најважно од сè, да одговори на барањата за функционалност. Материјалите кои служат за изработка на заштитната опрема треба да се лесни и да се прилагодуваат на формата на телото на крајниот корисник. Истражувања на потребите на пазарот покажуваат дека современата заштитна облека треба да ги има следниве карактеристики:

- ✓ Предна, задна и странична заштита.
- ✓ Едноставно и лесно закопчување.
- ✓ Достапност во сите нивоа на заштита.
- ✓ Достапност во сите бои и дезени.
- ✓ Мобилни делови.
- ✓ Џебови.
- ✓ Заштита од оган и хемикалии.
- ✓ Делови за заштита на рамениците и препоните.
- ✓ Современ дизајн.

За заштитната облека за специјална намена, заштитата што ја дава материјалот е примарен фактор при изборот на дизајн. Дополнително, има неколку други фактори кои треба да се имаат во предвид при изборот на материјали. Како и кај било кои други постапки на избор, разните фактори треба да се проценат со цел да се избере соодветен материјал. Фактори на кои треба да се обрне внимание при конструкција на опрема за специјална намена се:

1. Дизајнот.
2. Комфорот.
3. Трајноста.
4. Одржувањето.
5. Цената.

Меѓутоа важно е да напоменеме дека:

Дизајнот на заштитна опрема за специјална намена секогаш претставува компромис!

Во процесот на дизајн на материјалите и облеката за конструкција на заштитна опрема за специјална намена, многу е тешко да се направи баланс на сите барања и истите да бидат во целост задоволени. Подобро многу често значи и поскапо, што пак од друга страна не е во прилог за крајниот корисник, бидејќи повисоката цена може да се одрази негативно врз продажбата на производот. Во производ со највисоко ниво на заштита се вклучени многу параметри кои треба да бидат задоволени (комфор, функција, материјали и тн.). Најважно од сè е да се постигне ефективност на целокупните делови кои се вклучени во дизајнот, како тие функционираат како систем и како целиот тој систем се однесува во условите и средината за кои е наменет (Mega Engineering vehicles, Military Protective Gear.); (Gupta, 2011); (Pfanner, 2004); (Sankar, 2010); (Mccurry, 2017).

Терминот **комфор** е дефиниран како “отсуство на непријатност или дискомфорт”. Се смета дека движењето на топлина и водена пареа низ облеката се најверојатно и најважните фактори за комфорот.

Во многу случаи носењето на заштитна облека за специјална намена може да има негативно влијание врз комфорот на носителот. Редуцираниот комфор ја намалува прилагодливоста и претставува опасност од повреди предизвикани од топлотен стрес. Климатските и условите на околината, како и типот и

интензитетот на активност се главни фактори кои придонесуваат за потенцијален топлотен стрес. Па така, материјалот кој би нашол примена во дизајн на облека за специјална намена, треба внимателно да биде избран за да направи баланс помеѓу заштитните и комфорните својства.

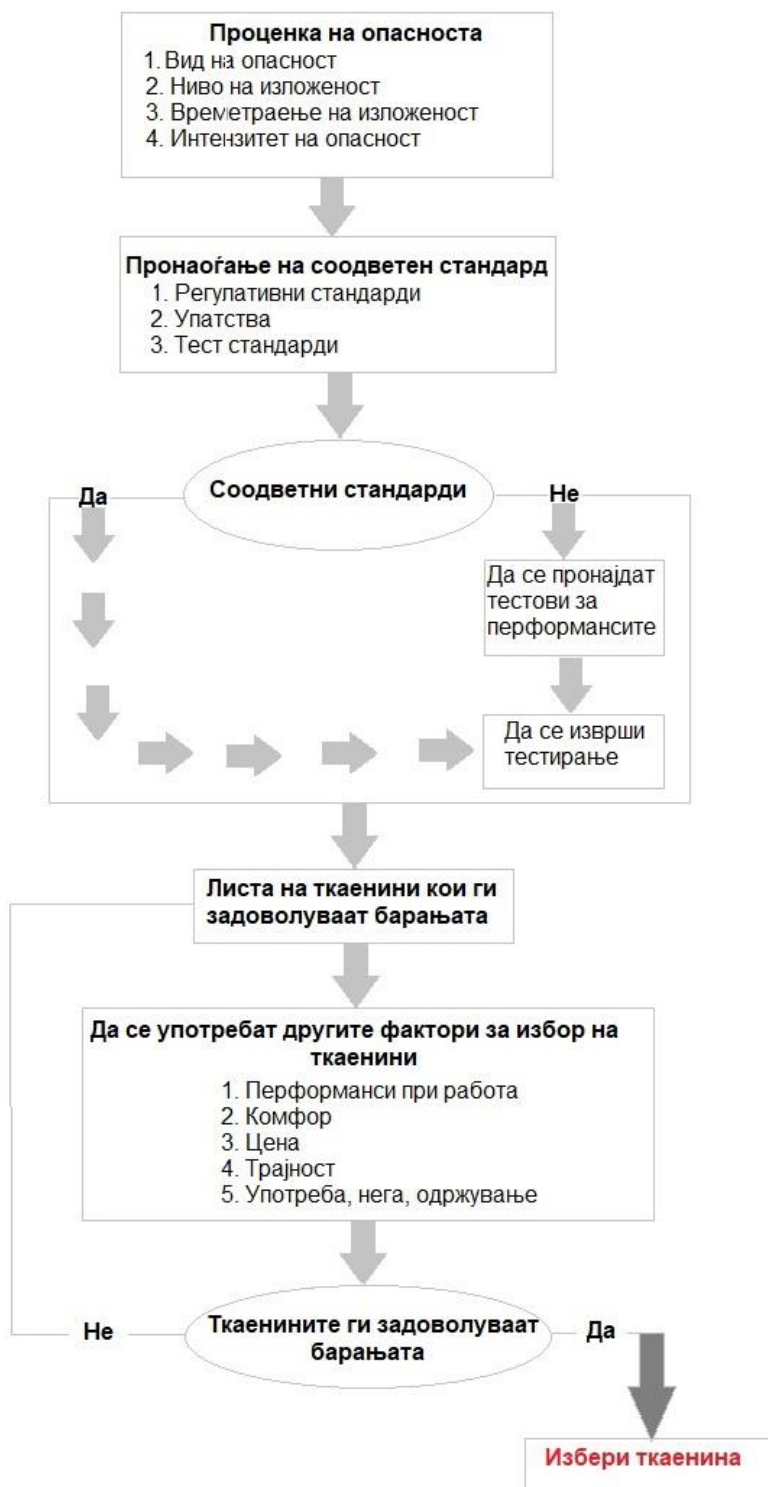
Една од главните функции на заштитната облека за специјална намена е да го штити носителот од екстремните влијанија кои може да ги предизвика околината, како превисока или прениска температура. Фундаменталните аспекти од откривањето на материјалите за заштитна облека која ќе штити од топлина и студ се изборот на влакна, нивна комбинација и преплетот. Ткаенината може лесно да се направи непропустлива преку премачкување на истата со непропустлив слој (премаз) или преку збиено ткаење.

Другата функција која се однесува на комфорот на заштитната облека е пропустливоста на водена пареа. Потењето е важен механизам преку кој телото губи топлина кога температурата се зголемува. Во процесот на производство на материјали за заштитна облека од голема важност е да овие материјали бидат водоодбојни ткаенини со способност за пропуштање на водена пареа. Еден од начините за да се произведат вакви ткаенини е со користење на мембрани додадени на ткаенината или премази на ткаенината кои се водоодбојни, но кои дозволуваат водената пареа да помине низ нив. Водените капки имаат големина од околу 100 μm додека молекулите на водена пареа имаат големина од околу 0.0004 μm . Поради тоа, мембрана или ткаенина може да се произведе со пори со големина помеѓу овие два лимита и тогаш ќе ги има посакуваните својства.

Друг начин е да се користи мембрани направени од хидрофилен филм без пори. Влагата се апсорбира од мембраната и потоа се транспортирана преку неа со дифузија, и испарува кога ќе дојде до надворешниот слој. Потребната движечка сила за дифузија е обезбедена од температурата на телото која осигурува дека водата поминува надвор дури и кога врне.

Третиот начин е да се користат збито (густо) ткаени материјали. Со производството на фини микровлакна се дозволи производство на ткаенини кои се ткаени доволно збити за да се обезбедат непропустливост на вода (Jathar, 2015); (Milenković & et.al., 1999); (Pamuk, 2008); (Oğulata, 2007); (Bishop, Balilonis, Davis, & Zhang, 2013).

Трајноста на материјалот ги детерминира перформансите или животниот век на облеката. Физичките карактеристики кои обично се мерат се јачината на затегање, јачината на лепење, јачината на прскање, абразивната отпорност, отпорноста на прободување и сечење. Дополнително, тежината на ткаенината, флексибилноста, запаливоста, атмосферската деградација може исто така да се мери. Често перформансите спецификации ги даваат минималните барања за еднократно и повеќекратно употребените материјали.



Слика 2.20. Потребни чекори за избор на ткаенина за заштитна облека
Figure 2.20. Required Steps for selection of fabric for protective clothes

Кај ткаенините кои се финиширани за да дадат одредена заштита, трајноста на финишот е исто така многу важна. Намената, деконтаминацијата, одржувањето, складирањето и отстранувањето се фактори кои треба да се

разгледаат пред да се изврши селекција на материјалот. Исто така треба да се разгледаат употребата и грижата за материјалот како фактори при неговата селекција. Компатибилноста на материјалите, кај мултикомпонентните системи исто така треба да се има во предвид. Дијаграмот прикажан погоре (сл 2.20) ги оцртува чекорите кои водат до правилен избор на материјали за опрема за специјална намена (Димески, 2016).

2.5.2. Трендови во дизајнот на заштитната облека за специјална намена (Trends in design of protective clothes for special purposes)

Облеката за специјална намена е многу важна за корисникот, бидејќи истата треба да ги покрива сите аспекти кои се бараат од неа. Таа треба да биде изработена од материјали кои нема да пропуштаат влага, пламен и нечистотии, лесно ќе се перат и сушат, а во исто време ќе му дозволуваат на телото да дише без чувство на непријатност и секако ќе му обезбеди висок степен на заштита. Големата тежина на заштитната облека и начинот на нивно отстранување од телото на корисникот претставува дополнително сериозен проблем. Големата тежина на заштитната горна облека во која е вклучена и тежината и на заштитните панели, плочи и големиот број на додатоци создаваат тешкотија при евакуацијата на корисникот од местото на напад. Со години наназад истражувањата од областа на заштитната облека биле фокусирани на отпорноста на облеката на топлина, хемикалии, опасности од куршуми и фрагменти и тн.. Удобноста и дизајнот на заштитната облека секогаш биле на второ место. Со цел да се креира поудобна и визуелно поусовршена заштитна облека фокусот треба да се даде на испитување на други фактори кои се значајни за заштитната облека како: тежината на ткаенината, текстурата и отпорноста на материјалите на влага, топло и ладно. Денес развојот на новите материјали е насочен кон зголемување на удобноста и трајноста на заштитната облека. Истражувањата на нови дизајни на заштитна облека се фокусираат на три области:

- ✓ Продолжување и подобрување на високото ниво на заштита преку употреба на нови генерации на високоперформансни материјали.
- ✓ Зголемување на подвижноста на торзото особено на рацете и грбот.

- ✓ Подобрување на дизајнот, преку изработка на конструкциски делови кои лесно ќе се адаптираат на морфологијата на телото на корисникот. (сл. 2.21)



Слика 2.21. Основни барања за дизајн и конструкција на облека за специјална намена

Figure 2.21. Basic requirements for design and construction of clothes for special purpose

Заштитната облека која е тренд во 21-виот век се карактеризира со мала тежина (5-6 kg). Но доколку на оваа облека се прикачат сите модуларни делови и потребна опрема (хемиска, нуклеарна опрема, опрема за временски непогоди, технологија, специјални антени кои се прикачуваат на појасот и тн.) која се носи во високоризични ситуации, тежината на облеката може да достигне и до 48 kg (Sahin, Kayacan, & Bulgun, 2005). Од тие причини се инсистира на намалување на тежината заштитната облека (војнички елечи), со што би се подобрила мобилноста на војниците која пак е од исклучителна важност, посебно за оние кои се вклучени во високоризични ситуации.

Напредокот во однос на дизајнот е во насока да самата заштитна облека биде модуларна односно, се трансформира во повеќе засебни делови кои војникот

во зависност од проценетата ситуација ќе ги прикачува на основниот модел по потреба (сл. 2.22).



Слика 2.22. Современ изглед на војничка облека со неопходни додатоци - елек
Figure 2.22. Advanced model of protective vest with necessary accessories

Постојаната потреба од дизајн и конструкција на облека за специјална намена која ќе има подобрен дизајн, поголем комфор и заштита за носителот, наметнува и потреба за креирање на нов дизајн на опрема за специјална намена со детално испитување на нејзините перформанси. Создавањето на нов современ модел значи и задоволување во целост на барањата на современата војска како од аспект на дизајнот, така и од аспект на правилен избор на материјали, комфор и изработка на конструкциски кроеви кои лесно ќе се адаптираат и отстрануваат од телото на војникот. Сè со цел правилно да се одговори на овие потреби треба да се исполнат неколку барања. Па така, барањата од новиот дизајн и конструкција на заштитната облека кој е цел на овој докторски труд треба да се фокусираат на следниве карактеристики (Machi & Materials, 2016); (Rdecom, 2009); (Jahner, 2016):

- ✓ Подобрување на дизајнот, корекција на кројните делови со цел подобро да се прилагодат на телото на војникот, односно да обезбедат поголема удобност при носење.
- ✓ Правилен избор на материјали од кои ќе се крои елекот, од направените испитувања да се утврди дали опремата ќе се изработува од еден материјал или комбинација на два или повеќе (различни материјали за внатрешните и надворешните делови на опремата).
- ✓ Зголемување на подвижноста на рацете и грбот.
- ✓ Дизајн и конструкција на мобилни додатоци кои ќе се прикачуваат на заштитниот елек по потреба.
- ✓ Лесно и брзо отстранување на опремата од телото на војникот (од голема важност во високо ризични ситуации).

Уникатното дизајнерско решение на опрема за специјална намена треба да ги има следните карактеристики/предности:

- ✓ Исклучителен и уникатен дизајн.
- ✓ Сложена конструкциска подготовка на моделот.
- ✓ Лесна приспособливост на телото на војникот.
- ✓ Удобен за носење.
- ✓ Висок степен на заштита.
- ✓ Брзо и лесно отстранување од телото на војникот – решение кое досега не се применува при изработка на заштитните елеци во нашата земја.
- ✓ Модуларни делови кои лесно и едноставно се прикачуваат и отстрануваат од заштитниот елек.
- ✓ Мобилна јака.
- ✓ Мобилни ракави.
- ✓ Поголем број на џебови за функционална намена.
- ✓ Поголем број на гуртни кои служат за прикачување на мобилни додатоци.
- ✓ Кабли за моментално отстранување на елекот од телото на војникот.
- ✓ Внатрешни џебови за поставување на тврдата балистика – заштита.
- ✓ Внатрешни прегради за поставување на меката балистика – заштита.
- ✓ Велкро ленти за прицврстување на мобилните делови.
- ✓ Велкро ленти за соединување на предниот и задниот дел.
- ✓ Употреба на современи материјали во изработката на заштитниот елек.
- ✓ Употреба на детали за добар визуелен изглед на заштитниот елек.

- ✓ Постојан мониторинг и контрола во процесот на изработка на заштитниот елек.
- ✓ Висок квалитет на изработка.

Денес современиот изглед на војникот му е сосема неопходен. Дизајнот кој е длабоко навлезен во сите сфери од животот многу лесно се проткајува и презентира и во изгледот на заштитната облека. Правилниот избор на современ дизајн со правилен избор на материјали ќе ја подобри подвижноста на војниците, ќе ја зголеми подвижноста и удобноста. Вистинскиот дизајн може да спаси многу човечки животи и да ја олесни евакуацијата на војниците од местата на опасност.

3. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО (RESEARCHING PURPOSE)

Цел на истражувањето во рамките на оваа докторска дисертација е добивање на нов дизајн и изработка на модел на заштитна облека за специјална намена која ќе биде функционална, ќе обезбеди удобност на корисникот и ќе има високи перформанси.

Дизајнирањето на заштитна облека за специјална намена (балистички елеци со различен степен на заштита од боева муниција, наменети за војска и/или полиција, различни типови шлемови, ранци и др.) подразбира задоволување на повеќе техничко-технолошки барања, кои постојано се заоструваат, а се поврзани со функционалноста, перформансите, цената и стандардите во тоа подрачје. Дизајнирањето на заштитна облека за војска и полиција е долготраен процес кој се базира на истражување на првите форми на заштитна облека, првите материјали и конструкциски дизајни, се до истражување на современите форми на заштитна облека, новите генерации на материјали, нивна селекција, како и постојано следење на новите трендови кои наметнуваат потреба од промена на веќе постоечките дизајни на заштитна облека. Потребата да се одговори на предизвикот за дизајнирање нова, функционална облека за специјална намена, која ќе најде директна примена во наменската индустрија беше и главниот мотив за определба на темата за оваа докторска дисертација. Истражувањата направени во рамките на оваа докторска дисертација имаат пред сè научен карактер, а истовремено и апликативен и ги содржат следните поставени цели:

1. Да се изврши избор на разнородни текстилни материјали применливи за изработка на облека за специјална намена заштита како и да се изврши нивна целосна карактеризација. Под разнородни овде подразбираме текстилни материјали, со различни механички карактеристики, со дополнителни карактеристики за отпорност на пламен, вода и сл., со различна маса и со различна цена на чинење.
2. Да се направи детална анализа на веќе постоечката заштитната облека во нашата земја во однос на сите предности/недостатоци и да се дефинираат барањата што треба да ги задоволи новиот модел на заштитна облека.

3. Да се направат истражувања и анализи на потребите на пазарот во однос на дизајнот, функционалноста, комфорот и новите трендови на заштитна облека.
4. Да се создаде нов дизајн на заштитна облека според претходно испитаните потреби на пазарот за истата.
5. Да се изработи комплетна конструктивна документација за добивање на нов модел на заштитна облека.
6. Да се применат софтверски програми за конструирањето на моделите на заштитна облека за специјална намена со максимално искористување на текстилниот материјал, а врз основа на претходно поставени референтни примероци за таква облека.
7. Да се направат истражувања на разни типови зајакнувачки влакна со цел да се направи избор на најсоодветните за постигнување на добри перформанси на облеката за специјална намена.
8. Да се направи евалуација на механичките и балистичките перформанси на текстилните материјали кои се избрани за мекиот заштитен дел на облеката.
9. Да се испита влијанието на текстилната форма на влакната врз балистичката јачина и врз трауматолошкиот ефект.
10. Да се направат истражувања за примена на еднонасочни препрег ленти од високоперформансни влакна и нивно процесирање во добивање на заштитни плочи за тврда заштита.
11. Да се испита влијанието на притисокот на пресување на еднонасочни препрег ленти врз балистичките перформанси и трауматолошкиот ефект кај композитите.
12. Да се направи карактеризација/анализа на својствата на изработениот модел на облека за специјална намена.
13. Да се изврши споредбена анализа на изработената облека за специјална намена со стандардните веќе постоечки модели.

Сите цели треба да бидат во функција на основната цел на оваа дисертација: *Да се добие нов, современ модел на заштитна опрема со правилен избор на текстилни и заштитни материјали и да се направи конструкција на истиот која ќе овозможи лесно и непречено движење при негово користење.*

Докторската дисертација покрај тоа што има научен придонес изразен преку совладување на техники и софтверски пакети за конструкција на моделот, како и методи за физичко-механичка и балистичка карактеризација на материјалите, исто така има и практичен придонес. Имено, сознанијата добиени од истражувањата може да послужат во индустриски капацитети поврзани со производство на опрема за специјална намена за војска и полиција.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ (EXPERIMENTAL PART)

Облеката за специјална намена се користи за лична заштита на виталните делови на телото и се произведува во заштитно ниво IIA, II, IIIA, III, IV според стандардот NIJ 0101.06. За зголемена заштита, на предната и задната страна од облеката за специјална намена се предвидени џебови за заштитни балистички плочи, со ниво на заштита III и IV, со димензија од 250x300 mm. Ваквиот тип на заштитни облека (елек) е наменет за полицијата, безбедносните сили и анти-терористички групи да се заштитат од топчеста муниција, фрагменти и лушпи од експлодирани проектили и бомби. Тие се дизајнирани да се носат како над облека така и под облека.

Материјалот кој најчесто се користи за изработка на облека за специјална намена е водоотпорен и познат под називот Кордура (Cordura) и истиот може да се произведе во различни бои и дезени. Овој материјал обезбедува маскирна заштита во видлива средина и во блиску видлив спектар од инфрацрвени бранови.

Заштитните елеци за специјална намена во зависност од моделот се произведуваат во големини од S-XXL. Нивната намена е за употреба во високо-ризични ситуации во кои носителот на облеката се наоѓа во животнo-загрозувачка ситуација. Како композитна покривка најчесто се користи мешавина од најлонски и памучни влакна, бидејќи истата е флексибилна и прилагодлива на различни телесни форми. Тежината на балистичките елеци зависи од видот на елекот и големината на заштитното подрачје. Добивање на модел со намалена тежина, подобрени перформанси и модуларни делови е една од најважните цели кон кои се насочуваат истражувањата поврзани со дизајнот на облеката за оваа намена.

4.1. Дизајн и конструкција на современ модел на заштитен елек (Design and construction of contemporary model of a protective vest)

Новиот модел на заштитна облека за специјална намена кој е предмет на истражување во оваа докторска дисертација е дизајниран и конструиран во склад со стандардот NIJ 0101.06. Дизајнот и конструкцијата произлегоа од потребата за нов модел на заштитна облека во нашата земја кој ќе биде во

склад со новите трендови и истиот ќе биде конкурентен како на нашиот така и на меѓународниот пазар. Тргувајќи од тоа дека повредите и раните нанесени на војниците во војна или во други опасни ситуации можат да ја оневозможат мобилноста на војникот, а големата тежина на заштитните елеци (во која е вклучена и тежината и на заштитните панели, плочи и големиот број на мобилни додатоци) и тешкото отстранување од телото на војникот, се јави потребата за дизајн и конструкција на нов современ модел на заштитна облека за војска и полиција.

Во моменти кога секундите се пресудни за да се спаси нечиј живот, функционалноста на заштитниот елек и неговото брзо отстранување од телото на војникот играат клучна улога.

За таа цел беше направена конструкција на елек кој има мала тежина, лесно се отстранува од телото на војникот и ја пружа потребната заштита за телото на носителот. Новиот модел е во склад со потребите на современите војници во 21- виот век, а неговите конструктивни особини се презентирани во продолжение.

4.1.1. Конструктивни особини на новиот модел (Constructive features of the new model)

Заштитниот елек е составен од преден и заден дел и додатоци за поврзување и отстранување, јака и полуракави. Техничкиот цртеж за новиот модел е прикажан подолу (сл. 4.1).

Преден дел: Предниот дел на заштитниот елек е изработен од надворешен и внатрешен дел. На предниот надворешен дел дополнително се пришиваат следниве конструктивни делови:

1. Платка.
2. Џеб за тврда балистика.
3. Капак за џеб за тврда балистика.
4. Капак за имитација на џеб на преден дел.
5. Гуртни.
6. Паспул.
7. Велкро ленти.

На предниот внатрешен дел дополнително се пришиваат следните конструкциски делови:

1. Паспули за патент (за мека балистичка заштита).
2. Велкро трака (позиционирана на рамен дел).
3. Велкро трака (за странично поврзување).
4. Велкро трака (за прикачување на систем за брзо отстранување на елек).

Заден дел: Задниот дел е составен од три дела и тоа: Внатрешен, средишен и надворешен. На задниот внатрешен дел дополнително се пришиваат следните конструкциски делови:

1. Велкро трака (позиција на рамо).
2. Паспули за патент (за мека балистичка заштита).

На задниот средишен дел дополнително се пришиваат следните делови:

1. Велкро трака (позиција на рамо).
2. Гуртни.
3. Џеб за тврда балистика.
4. Страничен додаток.

На задниот надворешен дел дополнително се пришиваат следните делови:

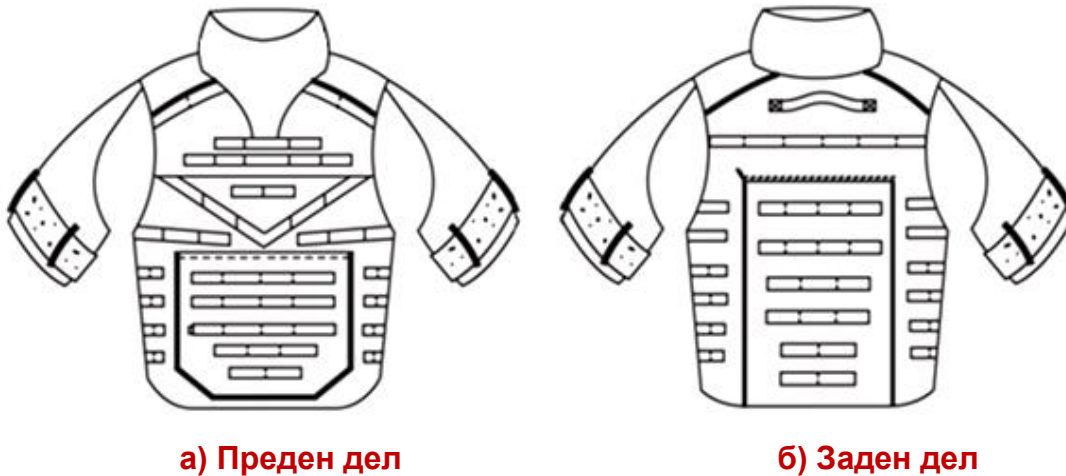
1. Велкро трака (позиционирани околу отворот).
2. Паспул трака.
3. Гуртни.
4. Патент.
5. Капак за отвор.

Мобилни додатоци за поврзување на преден и заден дел во пределот на половината: Служат за поврзување на преден и заден дел, а засебно се обработуваат. Постојат 4 додатоци за поврзување на преден и заден дел. Од нив три се изработени од основниот материјал. На два од нив се пришиваат гуртни и пластични додатоци за системот за брзо отстранување на елекот, а на останатиот еден се аплицира велкро. Последниот додаток е изработен од ластик.

Мобилни додатоци за поврзување на преден и заден дел во пределот на рамената: Doddatoците се изработени од основниот материјал со пришивање на паспул и велкро.

Мобилен додаток за систем за брзо отстранување: Doddatokот е изработен од систем на кабли и велкро.

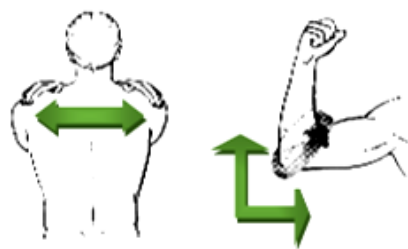
Јака, ракави: Постои можност за дополнително вградување на јака и полуракави кон основниот модел, реализирано преку нашиен велкро на претходно утврдени позиции.



Слика 4.1. Технички цртеж за изглед на новиот модел на заштитен елек преден и заден дел

Figure 4.1. Technical drawing of the new model of protective vest front and rear part

При конструкцијата на заштитниот елек посветено е и внимание на најважните точки на растегнување на кожата на телото за горна облека. Истиете тие се земени во предвид при конструкцијата се со цел да дадат поголем комодитет и да не дозволат пукање на шавовите (Creative sewing- techniques of advanced clothing construction); (Agnes & Hanna, 1922); (Kershaw, 2013). Како критични точки се смета ширината на грбот и горниот дел од раката над лактот (слика 4.2).

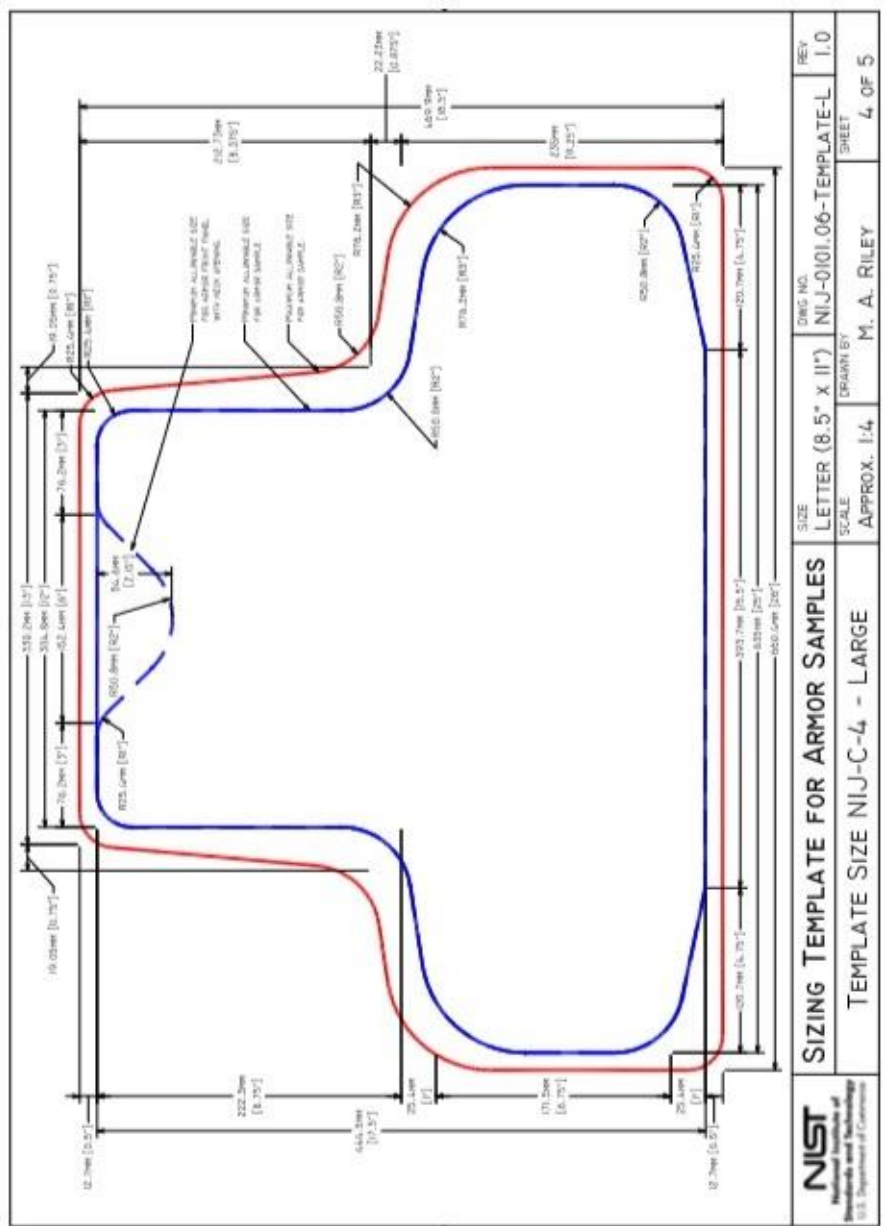


Слика 4.2. Најважни точки на растегнување на кожата на телото при конструкција на елек за специјална намена

Figure 4.2. The most important points of stretching the skin of the body in the construction of protective vest

Новиот модел на елек за специјална намена е конструиран во конфекциска големина L, според NIJ 0101.06 стандардот за балистичка заштита. На сликата подолу се прикажани граничните вредности (од минимум до максимум според

стандардот) во кои треба да се изработи меката заштита за новиот модел, за да може истиот да ја обезбеди заштитната функција во целост. Според димензиите и формата на меката (флексибилната) заштита и преку моделирање ќе биде направена конструкцијата на основните предни и задни делови од елекот за специјална намена. Останатите модуларни делови се конструирани и моделирани на начин да обезбедат правилно функционирање на системот за брзо отстранување на елекот, без притоа да ја нарушат неговата заштитната функција.



Слика 4.3. Големина на крој за мека заштита (според NIJ 0101.06-C-4-L)
 Figure 4.3. Armor template size (according to NIJ 0101.06-C-4-Large)

4.1.2. Користени материјали за изработка на моделот (Used materials for the model manufacturing)

Во прилог на создавање на модел кој во целост ќе одговори на потребите на корисниците, голема улога играат употребените материјали. Селекцијата на материјалите беше направена преку претрага на литература, публикации и книги во кои детално се опишани својствата на одговарачките материјали и можностите за нивната примена, а и преку препораки на експерти и лица со долгогодишно искуство вработени во претпријатието. Техничките спецификации за употребените материјали се прикажани табеларно. Врз основа на сите анализи, а најмногу врз основа на препораката на производителите беа избрани следните материјали: Полиамид 6.6 HT на DuPont-Invista кој беше избран за надворешен (покривен материјал), Полиамид (континуиран филамент, премачкан и третиран WR од едната страна) беше избран за постава за меката балистика и 100% Полиестер (3D Спејсер) беше избран за внатрешниот преден дел. Во табелите подолу (таб. 4.1, таб. 4.2 и таб. 4.3) дадени се карактеристиките на користените основни материјали за изработка на моделот за специјална намена. Помошните материјали заедно со нивната оптимална количина за изработка на моделот се исто така дадени (Прилог D - прилог табели).

Табела 4.1. Техничката спецификација на Полиамид 6.6 HT на DuPont-Invista
Table 4.1. Technical specification for Polyamide 6.6 HT of DuPont-Invista

Опис/ Description	Технички податоци/ Technical data	ЕУ- Правила (стандарди)/ EU-Rules (standards)	Резултати /Results
Карактеристики на префата/Yarn's features	Полиамид (PA) 6.6 HT на DuPont-Invista/Polyamide 6.6 HT by Du Pont-Invista		Потврдени/ Confirmed
Конструкција на текстилот/Textile construction	14 преѓи и 11 инсерти + -1/ 14 treads & 11 insertions + -1	EN 1049-2	13,5 X 11,5
Број на предива/ Yarn's count	Основа и јаток 1100 dtex/ Warp & weft 1100 dtex		1100 dtex
Вкупна тежина на текстилниот субстрат/Total weight of the textile substrate	300 g/m ²	DIN EN12127	300 gr.

Преплетка/ Set of weave	1/1 платнен преплет 1/1 plain weave	DIN 61 101	Платнен преплет/ Plain weave
Вкупна ширина/ Total width	Минимум 150 cm/ Minimum 150 cm	DIN EN 1773	151
Вкупна тежина/ Total weight	350 g/m ² +-5%	DIN EN 12127	347
Јачина на кинење при елонгација/ Breaking strenght to enlongation	Основа 3100 N +-5% и јаток 2700 N +-5% Издолжување 30-40%/Warp 3100 N +-5% & weft 2700 N +-5% Enlongation 30-40 %	ISO EN 13934/1	Основа 3140N Јаток 2830N Warp 3140N Weft 2830 N
Отпорност на абразија/Abrasion resistance	Одредување на отпорност на абразија на ткаенини според методот Мартиндејл: 100.000 вртежи. Нема видливи оштетувања/Determination of abrasion resistance of fabrics by the Martindale method: 100.000 revolutions. No visible damages	DIN EN ISO 12947-2	> 100,000 циклуси > 100,000 cycles
Одредување на отпорност на пенетрација на вода- Хидростатски тест за притисок/Determinatio n of resistance to water penetration-hydrostatic Pressure test	Тестот е направен на предната страна од финишираниот материјал >= 500 mm/Test is made on the front side of finished fabric: >= 500 mm	ISO 811 :1981	<=500mm
Тест за распрскување вода и масло/ Spray test water&oil	Одредување на отпорност на мокрење на површината (тест на прскање) на ткаенини: забелешка 5/ Determination of Resistance to Surface Wetting (Spray Test) of Fabrics: original note 5	EN 4920:1981	Оцена 5 или 100/Score 5 or 100
Детерминирање наРН/Determination of РН	Неутрална РН 6-8/ Neutral РН 6-8	EN 1413	7
Јачина на смолкнување/Tear strength	350 N основа и јаток/ 350 N warp&weft	EN ISO 13937/4	>450N
Карактеристики на премаз/Coating features	PU обичен премаз, повеќеслоен премаз/PU basis, multiple coating		PU не пигментиран/ Pu unpigmented

Во табела 4.2 прикажана е техничката спецификација за поставата за меката балистичка заштита. Станува збор за Полиамид (PA), континуиран филамент. Материјалот е со мала тежина, што позитивно се изразува на конечната тежина на новиот модел. Солидните оценки за отпорноста на вода, бои, триење итн. се само индикатор за тоа дека материјалот ги исполнува критериумите за истиот да биде употребен во новиот модел.

Табела 4.2. Технички карактеристики за материјалот за постава
Table 4.2. Technical characteristic for padding material

Опис/ Description	Технички податоци/ Technical data	ЕУ- Правила (стандарди)/ EU-Rules (standards)	Резултати /Results
Вкупна тежина/ Total weight	80 gr/m ² ± 5%	DIN EN 12 127:1997	85 gr/m ² 85 gr sq mt.
Карактеристики на преѓата/Yarn's features	Полиамид континуиран филамент, премачкан и третиран WR од едната страна (нема содржина на PVC)/Polyamide continous filament, coated and treated WR by one side (no content of PVC)		PA
Преплетка/Set of weave	Платнен преплет 1/1 Plain weave 1/1		Платнен преплет 1/1 Plain weave 1/1
Индикативна конструкција на текстилот/Indicative Textile construction	Warp 440/10cm. Weft 320/10cm.	EN 1049-2:1994	440x320
Индикативен број на преѓи/Indicative Yarn's count	Основа и јаток 78dtex Warp & weft 78dtex	EN ISO 2060 Варијанта 1:1995 EN ISO 2060 Variante 1:1995	78dtex
Оптоварување до кинење/ stress to tear	Основа мин. 500N, Јаток мин. 400N/ Warp min.500N Weft min.400N	ISO EN 139341:1999	>500N >420N
Тест за распрскување/Spray test	Забележано 4/Note 4	EN 24920:1993	5
Постојаност на бои на вештачка светлина: ксенон тест /Colour fastness to artificial light : Xenon arc fading lamp test	Забележано 4/5 Note 4/5	EN ISO 105B02:1999	5
Постојаност на бојата во вода /Colour fastness to Water	Забележано 4/Note 4	EN ISO 105E01:1996	4

Постојаност на бојата на перење 40 °C на 30 /мин, Colour fastness to washing 40 °C per 30 min,	Забележано 4/Note 4	EN 20105C06:1994	4-5
Постојаност на боите на триење на суво- влажно/ Colour fastness to rubbing dry-wet	Забележано 4/Note 4	EN ISO 105 X 12:1995	4-5
Водоотпорност/ Waterproofness	>4000mm	EN 20811:1993	>=4000

За разлика од веќе постоечките модели кои се достапни на пазарот, каде моделите на заштитни елеци се во целост изработени од покривен материјал (кордура), обично ПА, во новиот модел беше употребен и материјал кој има далеку подобрени својства од горенаведениот, во смисла на подобра моќ за впивање на потта од телото, а поради неговата градбена структура (во која има два слоја на перфориран материјал (мрежа) одделени со меѓупростор од влакна) и овозможува на кожата подобро да дише, без да има чувство на дискомфорт. Од 3D Спејсерот беше направен предниот внатрешен дел (делот кој е во контакт со градниот кош). Неговата мала тежина наспроти низата позитивни карактеристики кои ги нуди, дополнително ја оправдува неговата примена во новиот модел на заштитен елек за специјална намена. Техничките карактеристики на 3D Спејсерот се прикажани табеларно. Во (Таб. 4.3) е прикажана техничката спецификација на 3D Спејсерот. Позитивните и високи оценки од тестовите говорат дека материјалите се спремни да одговорат на потребите и барањата за новиот модел на заштитна облека.

Врз основа на веќе избраните материјали ќе се пристапи кон изработка на моделот за специјална намена.

Табела 4.3. Технички карактеристики на 3D Спејсер
Table 4.3. Technical characteristic of 3D spacer

Спецификација за материјалот/ Fabric Specification			
Технички податоци/ Technical Data	Вредност/ Value	Толеранција/ Tolerance	Тест метод/ Test Method
Структурни карактеристики /Structural Characteristics			
Суровински состав/ Material composition	100% Полиестер/100%Polyester (PES)		

Тежина/Weight (g/m ²)	770g/m ²	±30g	BS EN 12127
дебелина/Gauge (mm)	6.25 mm	±0.5	BS EN ISO 5084
Минимална корисна ширина/Minimum usable width	155cm		H.F.T.M
Правци/Courses (cm)	60.96	±5.08	
Ива/Wales (cm)	40.64	±2.54	
Механички и физички перформанси/Mechanical and Physical Performances			
Абразија/Abrasion (12кра)	Нема видливи оштетувања на 100,000 циклуси/ No visiable damages at 100,000 cycles		BS 5690 (12kPa)
Стабилност при перење/Wash stability			BS EN ISO 6330: 2A/60/E
Должина/Length	-5%		
Ширина/Width	-5%		
Компресивен стрес / CV40 (при 40% деформација Compression stress / CV40 (at 40% deformation) КРА	23,81		DIN EN ISO 3386-1
Пропустливост на воздух/Air permeability at 200pa/20cm ²	2120,2140,2120		BS EN ISO 9237
Постојаност/Fastness			
Перење/Wash	4/5	Минимум /Minimum	BS EN ISO 105 CO6B2S
Потење/Perspiration	4/5	Минимум /Minimum	BS EN ISO 105 EO4
Суво бришење/Dry Rub	4/5	Минимум /Minimum	BS EN ISO 105 x 12
Мокро бришење/Wet Rub	4/5	Минимум /Minimum	BS EN ISO 105 x 12
Потврдување на стандарди/ Standards confirmation			
BS 7176: 1995 – Direct test for low hazard (Tested to BS EN 1021.1: 1994 Cigarette & match test)			
Complies with the Federal Motor Vehicle safety standard No. 302 (FMVSS302) flammability test.			

4.1.3 Изработка на моделот за специјална намена (Making the model for special-purpose)

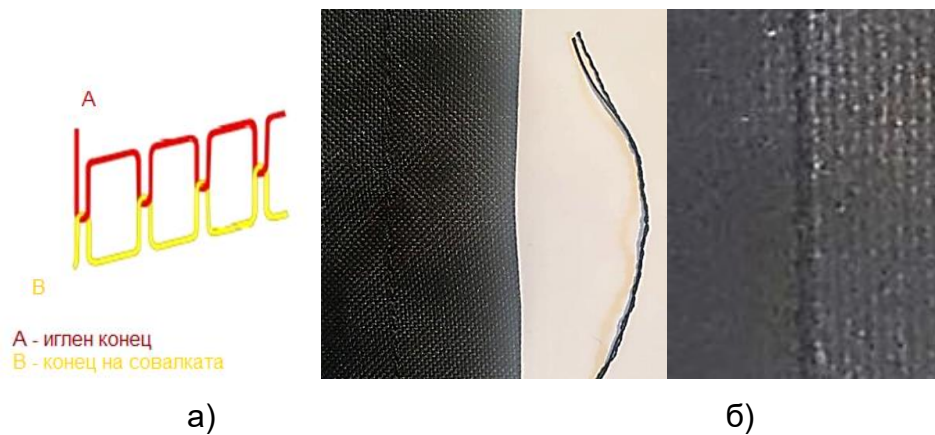
Опис на моделот: Заштитниот елек е изработен со висок квалитет од избраните материјали, кои се покажаа како најдобри во процесот на селекција

на одговарачки материјали. (Нивната детална техничка спецификација беше дадена во поглавје 4.1.2)

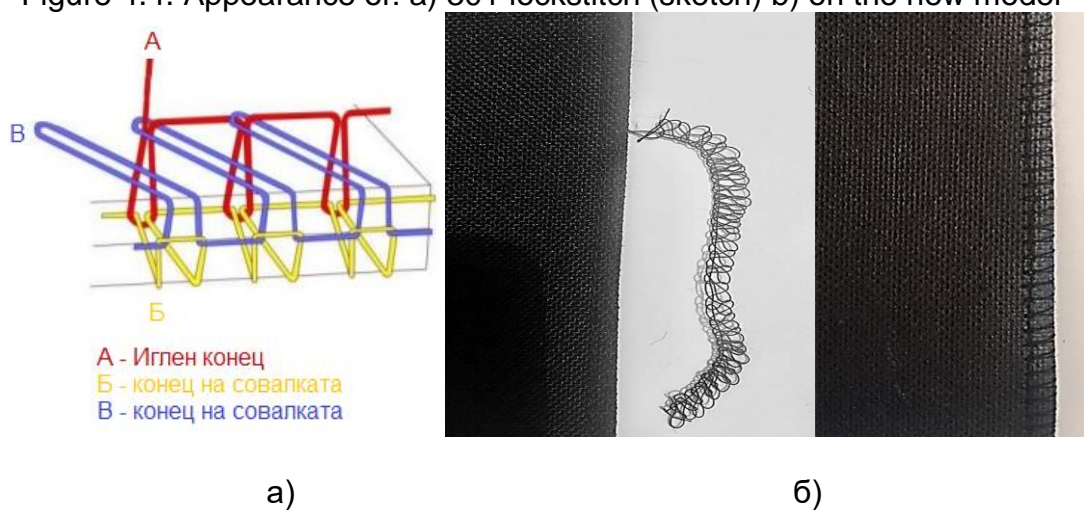
За реализирање на процесите и фазите на изработка на новиот модел направени се планови за монтажа (технолошка шема/карта на текот на процесот) на операциите за изработка на елекот, како и планови на технолошките операции со неопходните услови за нивна изработка (Carr & Latham's, 2008). Исто така, направена е селекција и на одговарачки бодови, шевови, конци и игли според употребените материјали и истите се презентирани во продолжение.

4.1.4. Користени бодови и шавови за изработка на моделот (Used stitches and seams for the model production)

Најчесто користен шев за изработка на новиот модел е обичниот бод 301. За внатрешните шавови како на малите, така и на големите кројни делови се употребува обичниот 301 бод. Краевите на џебовите се подвиткуваат со специјални преси или шаблон и се нашиваат на другите кројни делови повторно со бод тип 301. Лајсната (паспул траката) и гуртните исто така се изработени со 301 бод. Синџирест бод од типот 401 не е практичен при изработката на овој модел, бидејќи доколку дојде до парање на крајот лесно може да се распара започнатиот шав што во ниту еден случај не е дозволиво. За да се постигне точност за подвиткувањето на траката (паспул) и нејзино пришивање, истата се подвива пред воведување под иглата со помош на специјален помошен уред за подвиткување. За различни моделни варијанти на траката се употребуваат различни помошни уреди и апарати но принципот е ист. Кај новиот модел може да се користи апаратот за паспул трака, но истата може да се обработи и со обична папуча со користење на зрнест бод. Бидејќи станува збор за модел за брзо отстранување не постојат рамни и бочни (странични) шавови. Ракавите во овој случај полу-ракави како и јаката се мобилни, па користењето на специјална машина со рамна плоча за рамномерно углавување на ракавот во ракавната кривина е сосема непотребно. Полуракавите и јаката се прикачуваат на основниот модел со помош на велкро траки. За опшивање се користи бод од класата 504.



Слика 4.4. Изглед на: а) 301 шивачки бод скица б) кај моделот
Figure 4.4. Appearance of: a) 301 lockstitch (sketch) b) on the new model



Слика 4.5. Изглед на: а) 504 шивачки бод скица б) на лице и опачина модел
Figure 4.5. Appearance of: a) 504 overlock (sketch) b) on the new model front and rear

Типовите на шавови кои се користат за изработка на моделот се:

- ✓ Шавови од класата 1 (обичен шев)
- ✓ Класа 3 (обмотувачки шавови)
- ✓ Класа 5 (украсни шавови)
- ✓ Класа 8 (лентовидни)



Слика 4.6. Изглед на обичен шев а) скица б) кај новиот модел
 Figure 4.6. Appearance of plain seams a) sketch b) in the new model

Шавовите од класата 1 се најмногу користени шавови во изработката на новиот модел на заштитна облека за специјална намена. Истите се применуваат за состав на моделот каде беа потребни најмалку два слоеви материјал за шиене. Неговото формирање се вршеше преку поставување еден врз друг слој на материјал ивица над ивица (сл. 4.6).



Слика 4.7. Изглед на обмотувачки шев а) скица б) кај новиот модел
 Figure 4.7. Appearance of winding seam a) sketch b) in the new model

Шавовите од класата 3 (обмотувачи шев) во изработката на новиот модел најмногу се користеа за нашивање на паспул (трака) како на основните конструкциски делови, така и за завршно поврзување на двата предни и трите задни делови од заштитниот елек со паспул (сл.4.7).



Слика 4.8. Изглед на украсен шев а) скица б) кај новиот модел
 Figure 4.8. Appearance of decorative seam a) sketch b) in the new model

Шавовите од класата 5 (украсни шавови) во новиот модел се применуваа за нашивање на ленти врз основниот материјал. Лентите за разлика од гуртните (чија улога е пред се функционална) се позиционирани веднаш до велкро лентите и нивната улога е повеќе естетска отколку функционална (сл. 4.8).

Шавовите од класата 8 (лентовидни) најчесто се применуваа за нашивање на гуртни и други функционални додатоци (сл. 4.9).




Слика 4.9. Изглед на лентовиден шев а) скица б) кај новиот модел
 Figure 4.9. Appearance of laminated seam a) sketch b) in the new model

4.1.5. Шивачки игли и конец кои се користат за изработка на моделот за заштитна облека за специјална намена (Used needles and thread for sewing the model of clothes for special purposes)

Начинот на кој иглата пробива низ материјалот за време на формирање на бодот има директно влијание врз јачината на шавовите, изгледот и трајноста. Типовите на игли кои се користени за изработка на новиот модел на заштитна облека за специјална намена и нивната спецификација се дадени во подолу (таб. 4.4).

Табела 4.4. Игли кои се користат за изработка на новиот модел на заштитна облека

Table 4.4. Needles that are used for the new model of protective clothes

Тип на машина/ Machine type	Име/ Name	Финоста/ Density Nm	Ознака/ Mark	Намена/Application
Обична шивачка машина/Ordinary sewing machine	Groz- Beckert	100/16	 (Се препорачува за шивачки бод 301)/ Recommended for sewing stitch 301	За ткаенини, ткаенини обработени со премаз, мека кожа наменета за облека и вештачка кожа/Used with woven fabrics, coated fabrics, soft leather used for clothing and artificial leather.
Оверлок/Overlock	Schmetz	100/16	5 MICROTEx (игли со остар врв)/5 Microtex (sharp needles)	За микрофибер, полиестер, свила, вештачка кожа, материјали обработени со премаз/Micro fibers, polyester, silk, artificial leather, coated fabrics.

За добивање на модел кој ќе има добар визуелен изглед, а притоа ќе нуди и добри својства на шевот главна улога има употребениот шивачки конец. Во новиот модел на заштитна облека за специјална намена е избран конец кој има високоперформансни особини кои одговараат на типот и намената на новиот модел на заштитна облека. Во табелата подолу се дадени неговите карактеристики (таб. 4.5).

Табела 4.5. Конец кој се користи за изработка на новиот модел на заштитна облека

Table 4.5. Thread that is used for the new model of protective clothes

Тип на конец/ Type of thread	Производител/ Manufacturer	Состав/ Composition	Финоста/ Density Tex	Трговски број/ Trade ticket number TKt	Боја/ Color	Намена/ Application
Филан/ Filan	A&E Europe	100% Полиестер/ 100% Polyester	90	30	Црна/ Black 35907	За индустриска намена, геотекстил, производи за надворешна употреба и тн./ Industrial specialty, geotextiles, outdoor products etc.

Конецот Филан ги има следните својства поради кои истиот е применет при изработката на новиот модел:

- ✓ Тој е високоперформансен мултифиламентен полиестерски конец.
- ✓ Има напредна UV заштита која ја редуцира можноста за деградација и ја редуцира можноста за губење на бојата (избледување).

Филан конецот исто така поседува:

- ✓ Одлична отпорност на влага.
- ✓ Олична отпорност на киселини.
- ✓ Слаба отпорност на алкалии.
- ✓ Одлична отпорност на белење.
- ✓ Добра отпорност на абразија.
- ✓ Отпорност на температура од 145 °C (Највисоката температура која може да ја издржи конецот пред да се скине).
- ✓ Точката на топење на конецот изнесува 265 °C.

Како најважен дел во процесот на изработката на облека е создавањето на точни и прецизни кројни делови. Секако дека од големо значење се типовите на конци, игли, бодови и шевови од кои ќе зависи квалитетот и изгледот на готовиот производ, но правилно и прецизно изработени кројни делови значат дека моделот добиен од нив ќе биде лесно прилагодлив на телото и ќе обезбеди висок степен на комфор. Начинот на нивно добивање, изглед и форма се презентирани во продолжение.

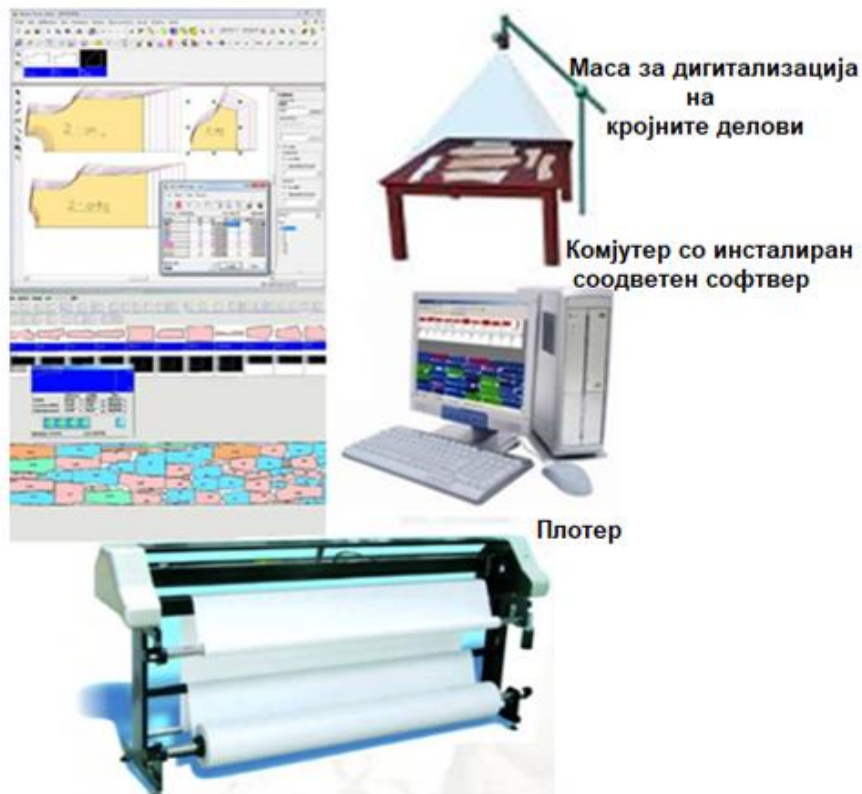
4.1.6. Изработка на конструкциски кројни делови за моделот (Construction parts for the model manufacturing)

Во овој дел се презентирани сите конструкциски делови кои го сочинуваат новиот модел на заштитен елек за специјална намена. Конструкциските кројни делови беа најпрво изработени рачно според стандардот за мека балистичка заштита NIJ 0101.06 како и според основниот крој на веќе постоечките модели кои се достапни на нашиот пазар. Истите подоцна беа моделирани во облик со кој ќе се постигне да истите подобро се прилагодат на телото на корисникот. Димензиите на кројните делови беа редуцирани на одредени места со цел да обезбедат повисок комфор кај крајниот производ, притоа водејќи сметка за зачувување на заштитната функција за предвиденото ниво на заштита. За

реализирање на потребата од создавање на конструкциски точни кројни делови се користеше софтверскиот програм OPTITEX³ PDS (Pattern design Software). Со помош на овој софтверскиот програм кројните делови беа дигитализирани/скенирани во оригинална големина и компјутерски обработени. Врз база на основните кројни делови со внесување на правила за градирање беше направено и нивно градирање од S – XXL големина. На сликата подолу (сл.4.10) е прикажана современа лабораторија за дигитализирање на кројни делови, градирање на кројните делови, планирање и добивање на кројни слики.

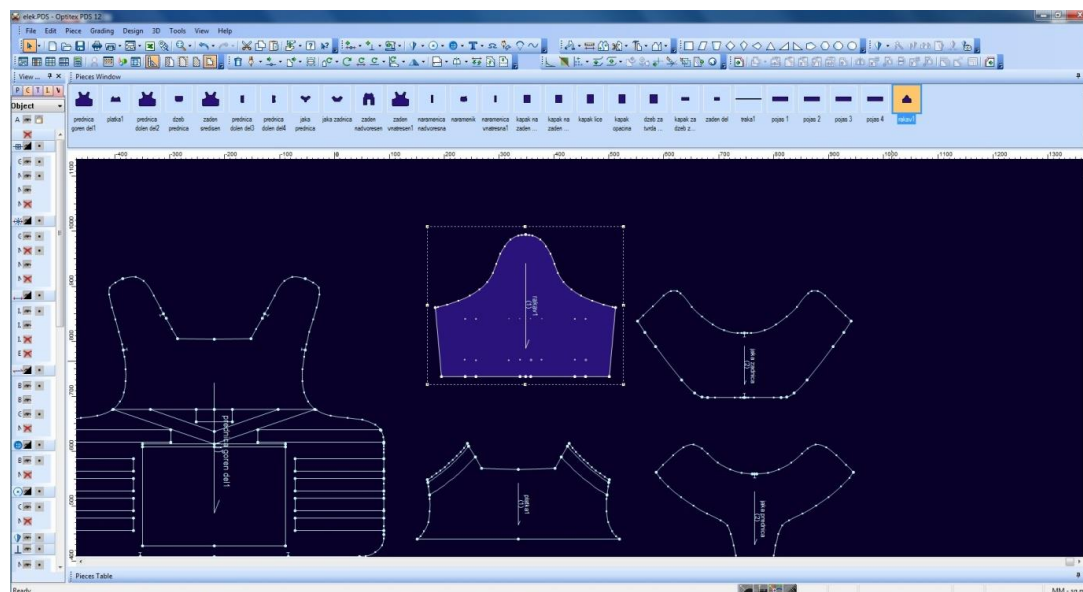
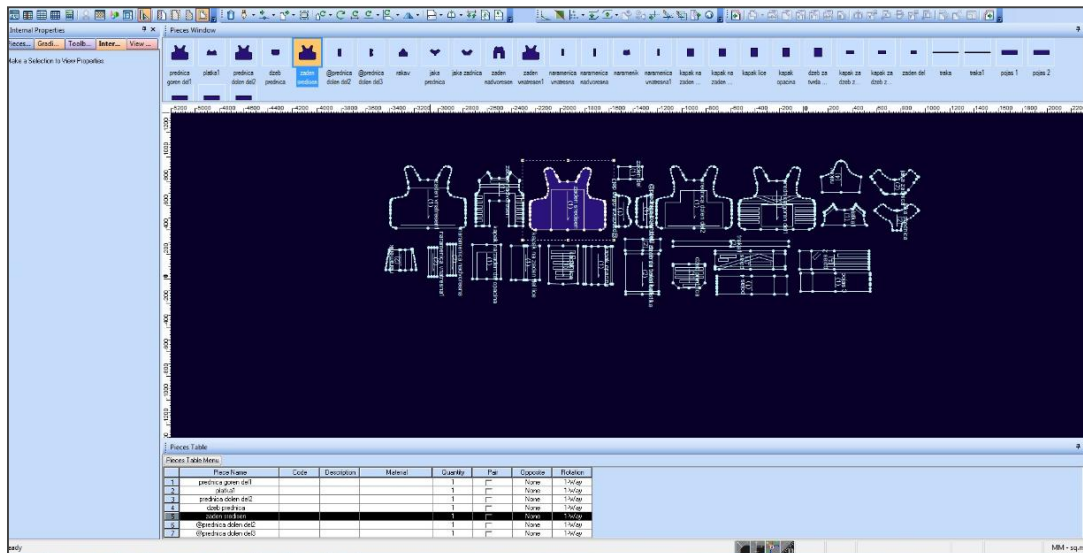
Во самиот процес на конструкција се посвети најголемо внимание на модуларноста на новиот модел - што значи дека истиот е функционален со/без одредени додатоци, за кои корисникот според опасноста со која треба да се соочи одлучува дали истите ќе бидат/нема да бидат прикачени на основниот модел. Исто така, се посвети и посебно внимание на редуцирање на местата предвидени за шавови кои воедно се сметаат за критични точки и истите беа заменети со велкро принцип на затворање. Како најголем предизвик во самата конструкција беше системот за брзо отстранување на моделот од телото на корисникот. Моделот е конструиран на начин да деловите се „држат“ меѓусебе со помош на кабли кои се инсертираат во делови од моделот, кои пак се специјално конструирани да служат како „канални“ односно водилки за системот за брзо отстранување. Со активирање на системот за брзо отстранување моделот се отстранува од телото за неколку секунди. Важно да напоменеме е и тоа што сите додатоци (кои по потреба се аплицираат на основниот модел на пр. полу-ракави, јака итн.) се исто така, конструирани да функционираат заедно со системот за брзо отстранување.

³ OPTITEX се смета за светски водечки провајдер (снабдувач) на интегрирани 2D/3D софтверски платформи.
<https://optitex.com>



Слика 4.10. Изглед на компјутерскиот систем за планирање на кројни слики, како и за дизајнирање и градирање на кројните делови
 Figure 4.10. The appearance of computer system for cutting layout, designing and grading of the clothes construction parts

Самиот процес на конструкција е доста комплициран од причина што доста ограничувачки фактори беа земени во предвид при самата конструкција. Конструкцијата во која го вклучивме системот за брзо отстранување значи спасување на животите на многу војници/корисници кои би се нашле во животна загрозувачки ситуации. Времето кое досега беше потрошено за отстранување на заштитната облека од телото на повредениот војник/корисник пресметана во неколку минути, во новиот модел е сведена на само неколку секунди. Па, во моменти кога секундите се одлучувачки за да се спаси нечиј живот функцијата на овој модел е од огромно значење.

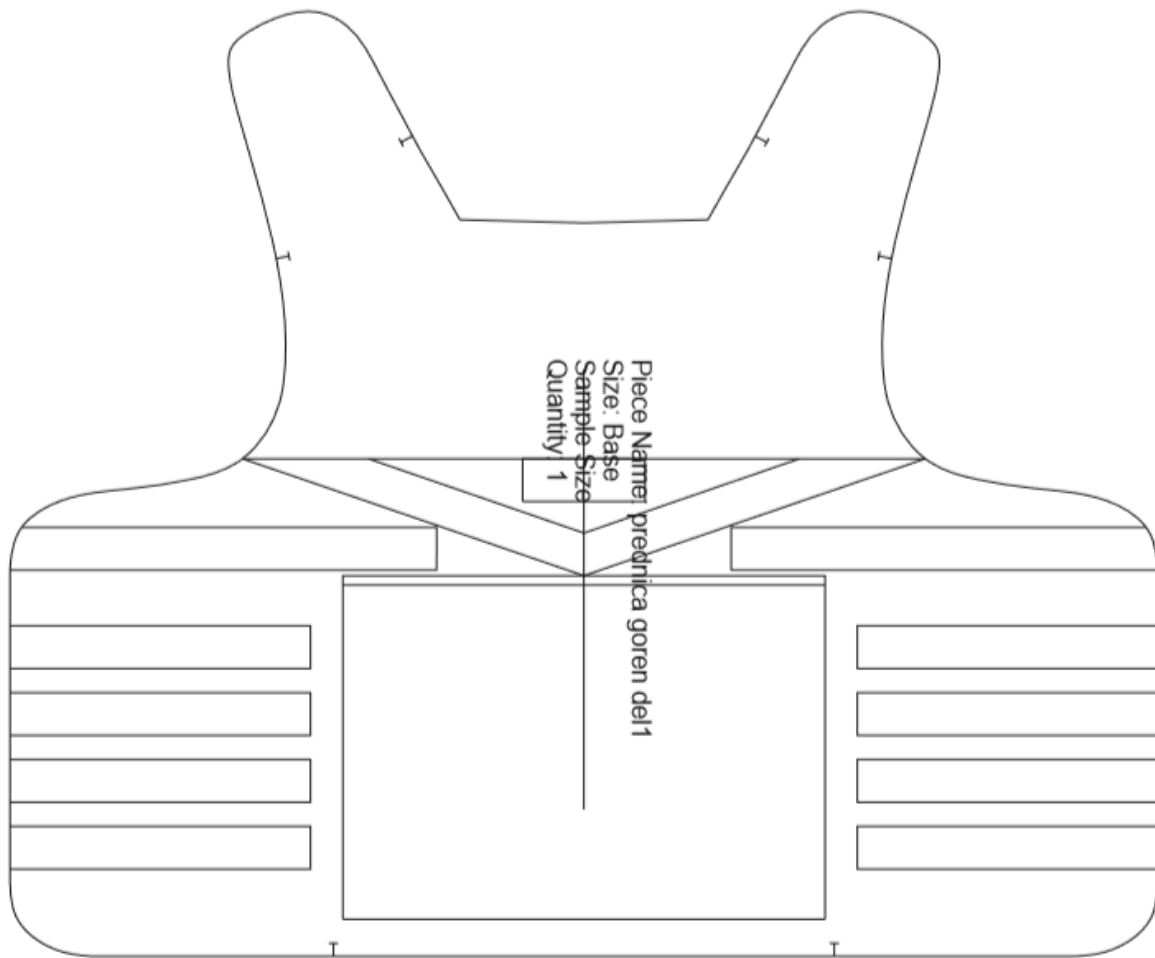


Слика 4.11. Дигитализирање на кројните делови во софтверскиот програм optitex PDS

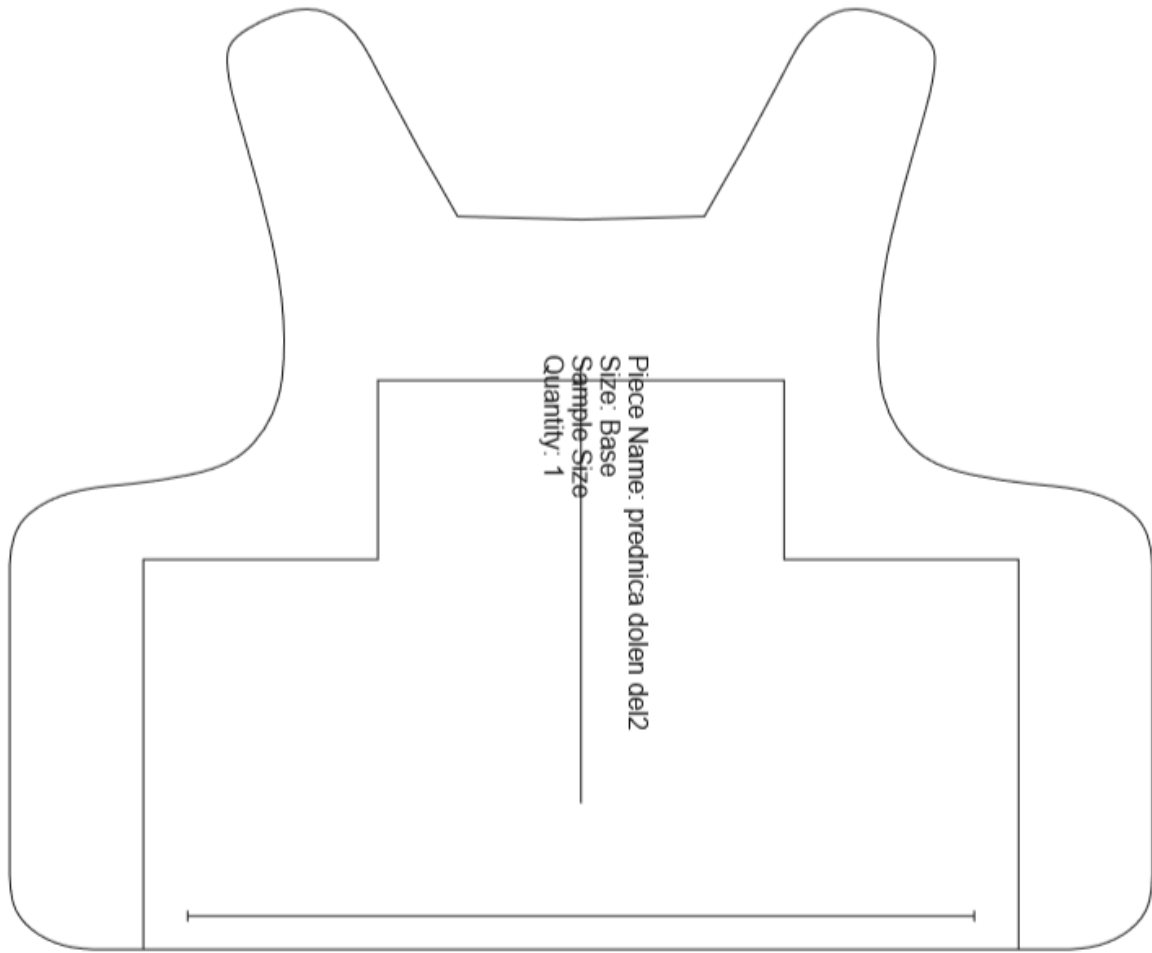
Figure 4.1.1. Digitizing the construction parts in the optitex software program PDS

На сликата погоре (сл. 4.11) е прикажан дел од програмот во кој основните кројни делови со конфекциска големина L беа дигитализирани и внесени во програмата за понатамошно процесирање.

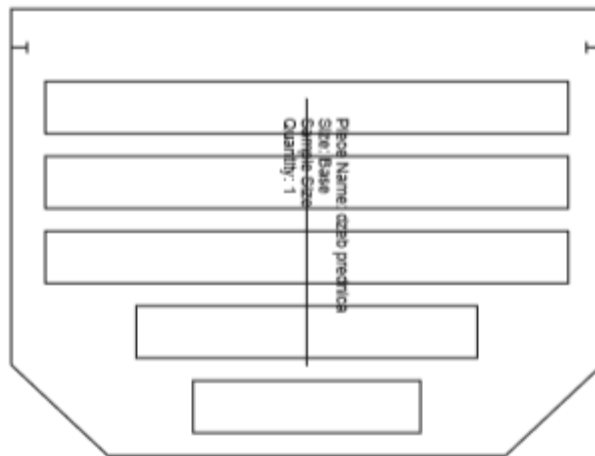
Изгледот на дигитализираните кројни делови добиени преку оваа програма се дадени во продолжение.



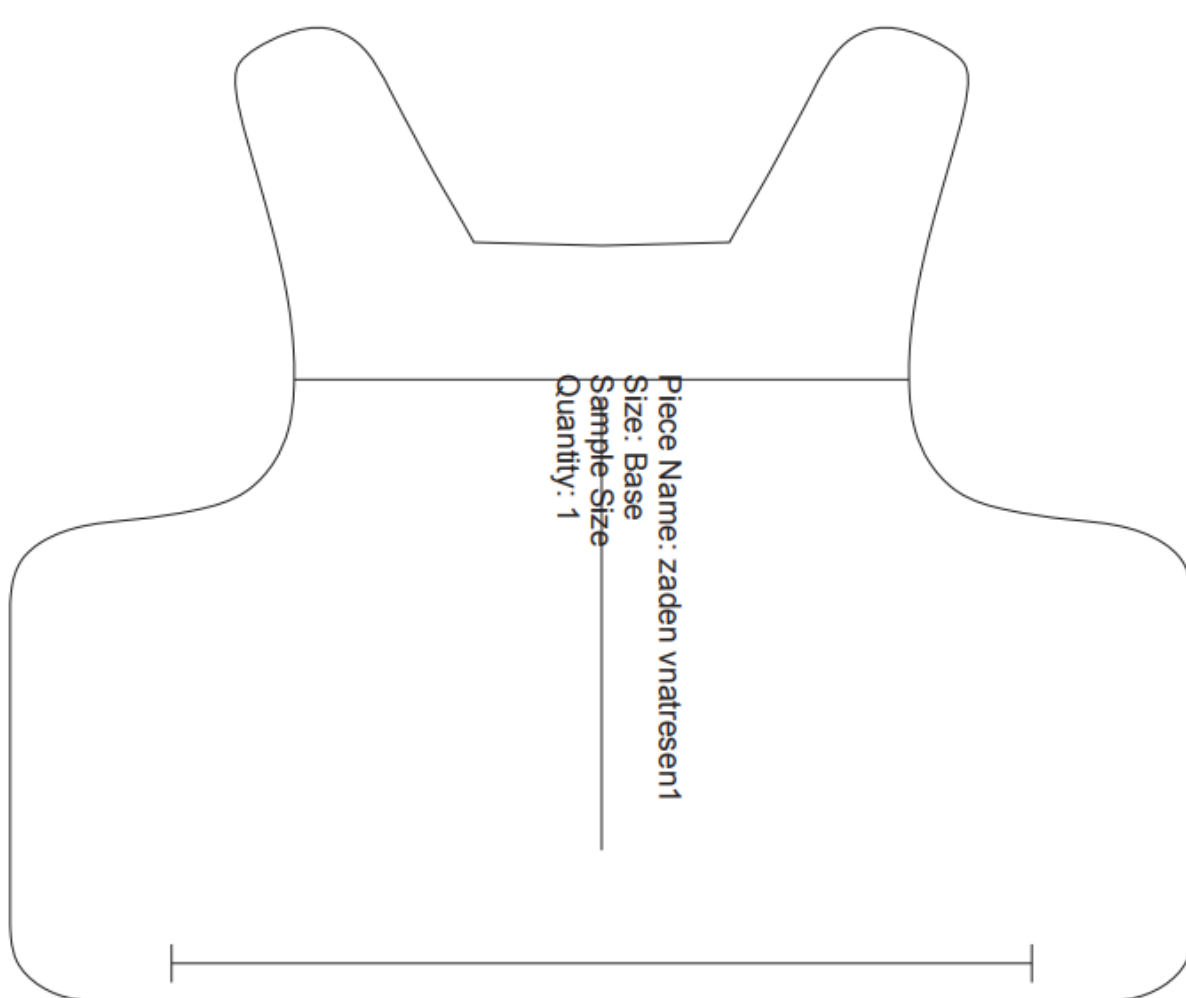
Слика 4.12. Конструкциски крој за преден (надворешен дел)
Figure 4.12. Construction pattern for the front (outer part)



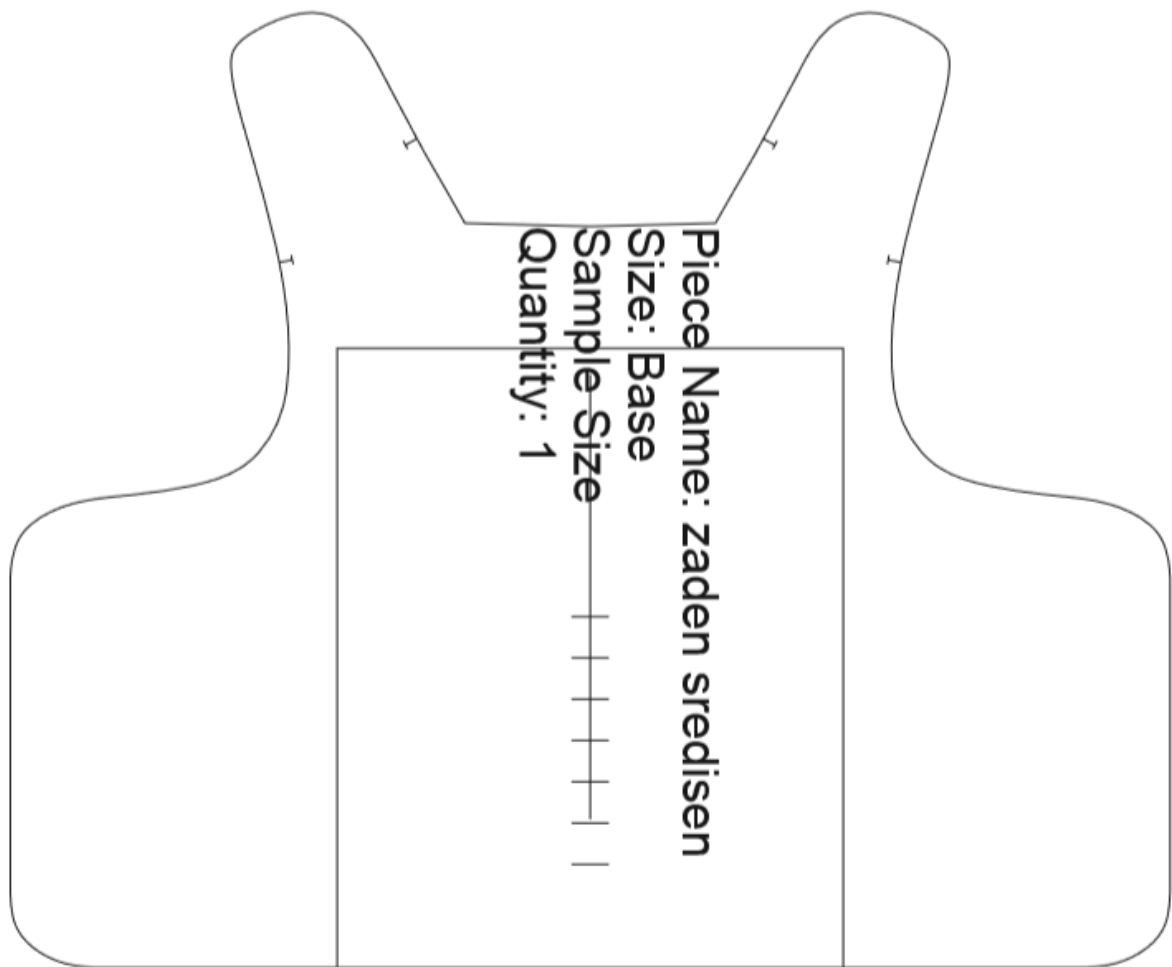
Слика 4.13. Конструкциски крој за преден (внатрешен дел)
 Figure 4.13. Construction pattern for the front (inner part)



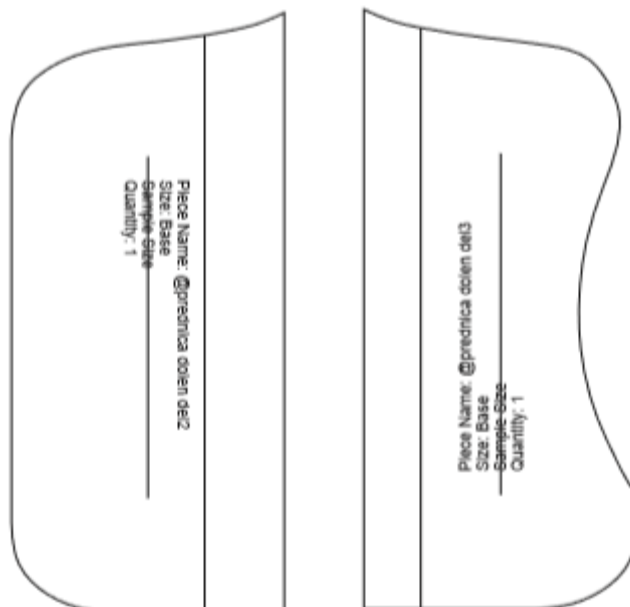
Слика 4.14. Конструкциски крој за џеб на надворешен преден дел
 Figure 4.14. Construction pattern for the pocket on the front outer part



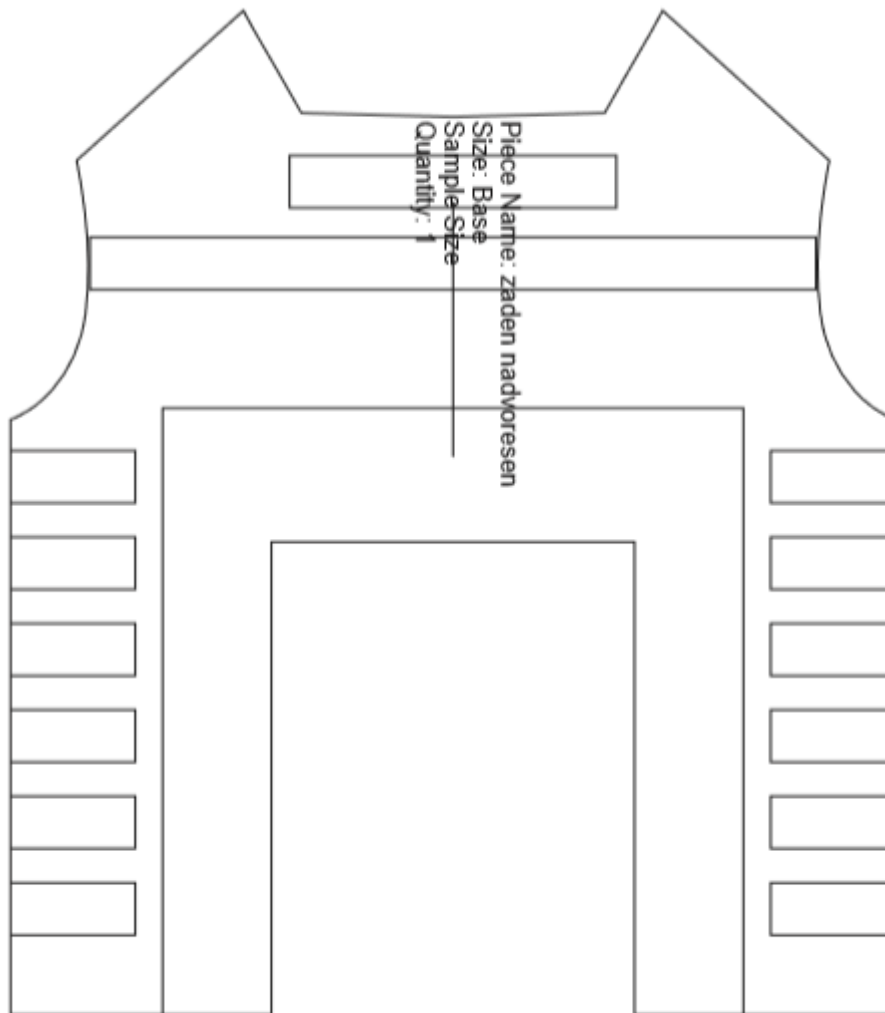
Слика 4.15. Конструкциски крој на заден (внатрешен дел) на заштитен елек
Figure 4.15. Construction pattern of the rear (inner part) of the protective vest



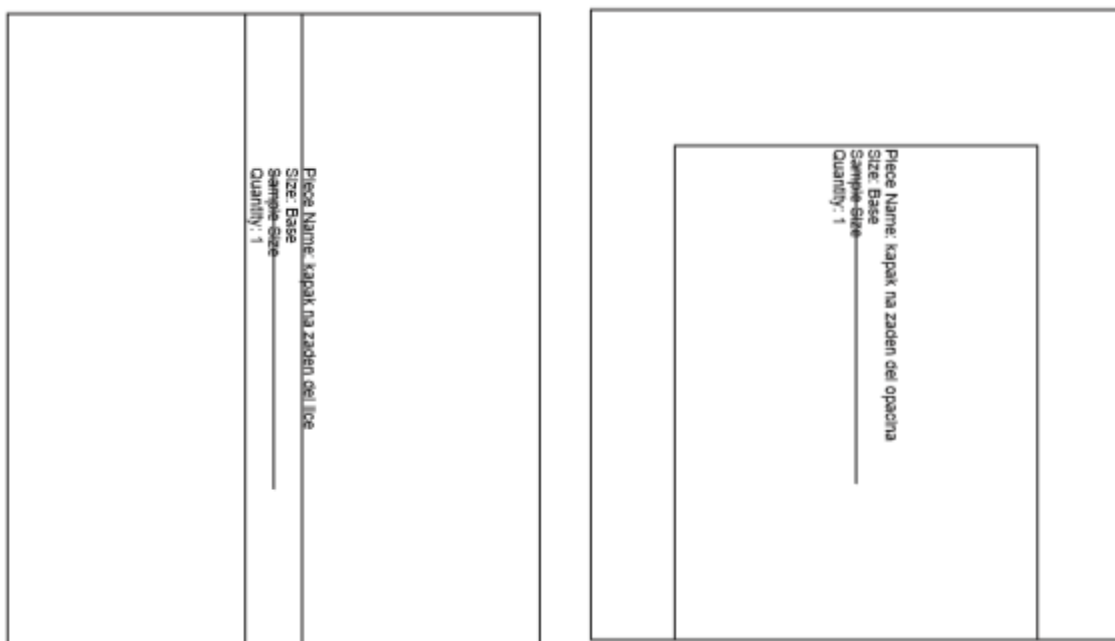
Слика 4.16. Конструкциски крој за заден (средишен дел)
 Figure 4.16. Construction pattern for rear (middle part)



Слика 4.17. Конструкциски крој за страничен додатоци 1 и 2 (заден средишен дел)
 Figure 4.17. Construction pattern for side raises 1 and 2 (rear middle part)

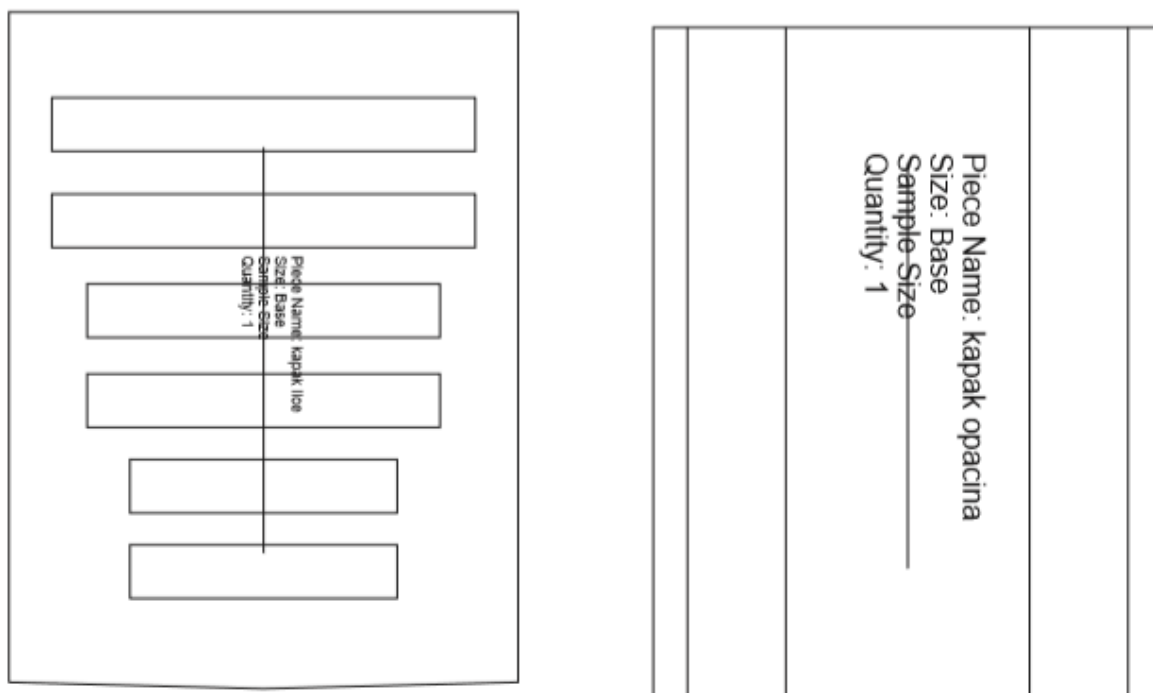


Слика 4.18. Конструкциски крој за заден (надворешен дел)
Figure 4.18. Construction pattern for rear (outer part)



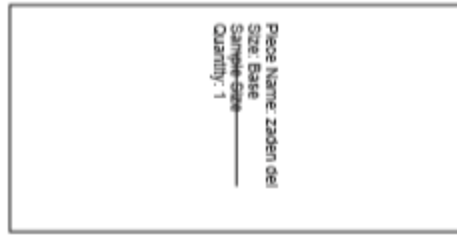
Слика 4.19. Конструкциски кроеви за капак на заден средишен дел (лице и опачина)

Figure 4.19. Construction patterns for middle back (outer and inner side)

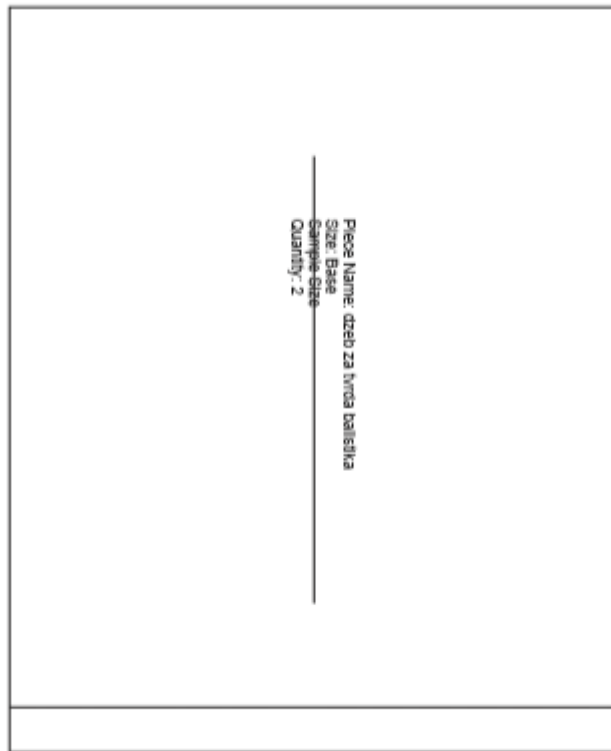


Слика 4.20. Конструкциски кроеви за капак на заден надворешен дел (лице и опачина)

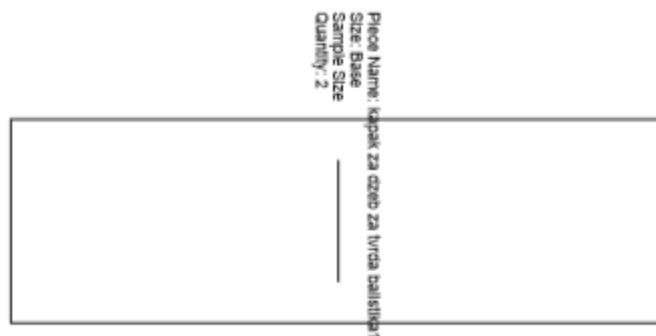
Figure 4.20. Construction patterns for cover for the back outer part (outer and inner side)



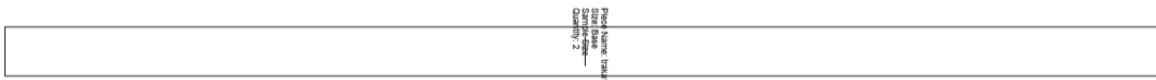
Слика 4.21. Конструкциски крој за додаток со велкро трака (сигурносна)
Figure 4.21. Construction pattern for part with velcro tape (for safety)



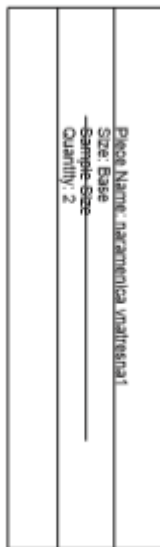
Слика 4.22. Конструкциски крој за џеб за тврда балистика
Figure 4.22. Construction pattern for pocket for hard ballistics



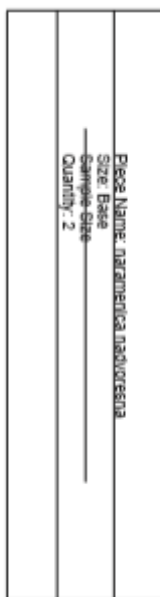
Слика 4.23. Конструкциски крој за капак за џеб за тврда балистика
Figure 4.23. Construction pattern for pocket for hard ballistics



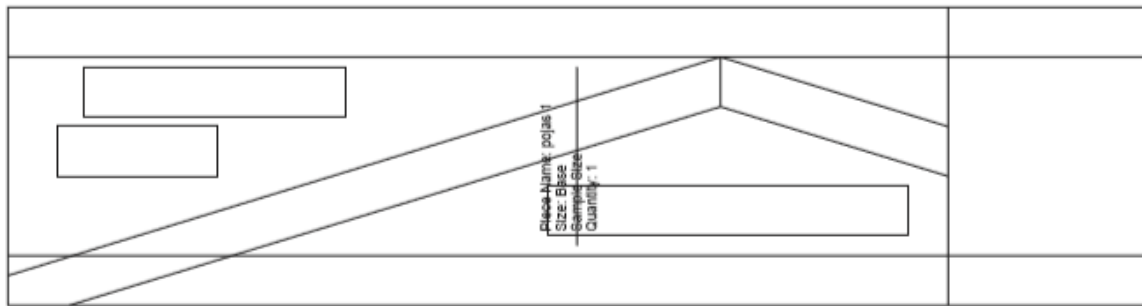
Слика 4.24. Конструкциски крој за лента за џеб за тврда балистика
Figure 4.24. Construction patterns for pocket for hard ballistics



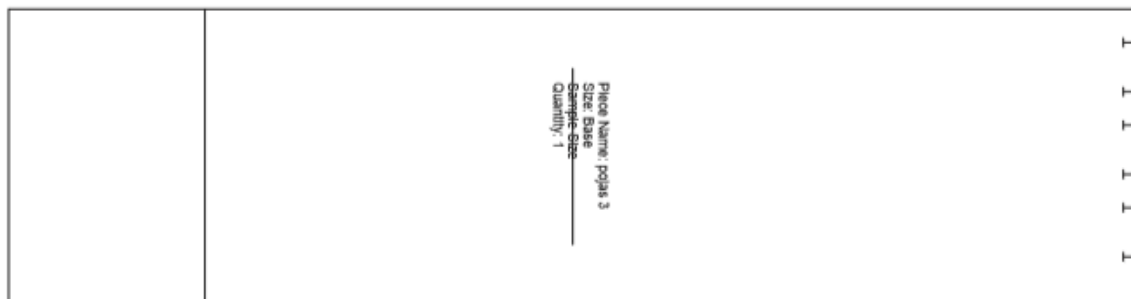
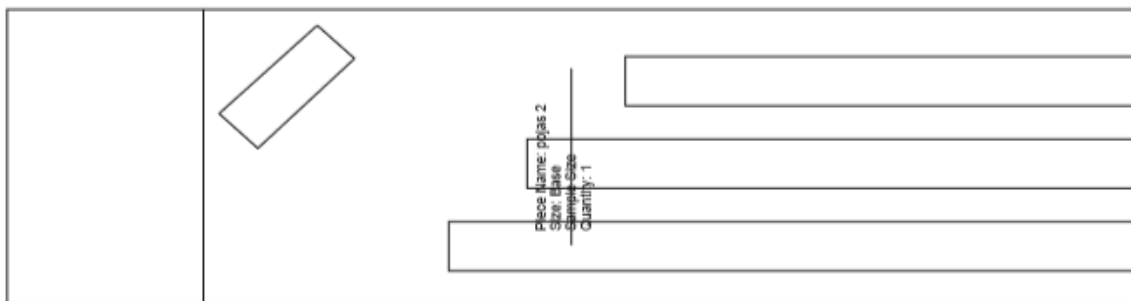
Слика 4.25. Конструкциски крој за нараменици 1 во облик на лента
Figure 4.25 Construction pattern for narratives 1 tape shape



Слика 4.26. Конструкциски кројеви за нараменици 2 во облик на лента
Figure 4.26. Construction pattern for narratives 2 tape shape



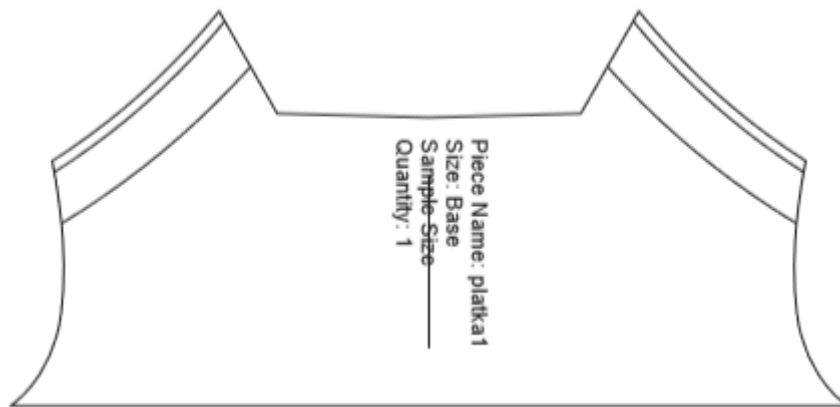
Слика 4.27. Конструкциски крој за странични (мобилни) додатоци за поврзување на преден и заден дел
 Figure 4.27. Construction pattern for side (mobile) parts for connection of the front and rear part



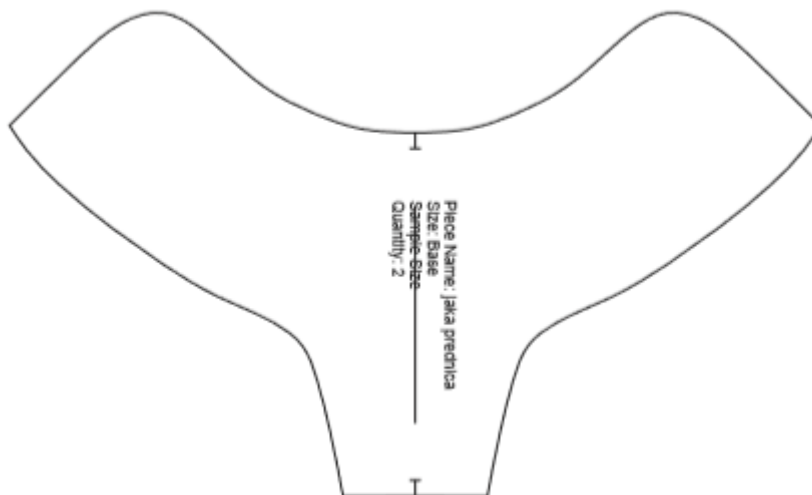
Слика 4.28. Конструкциски крој за странични (мобилни) додатоци за поврзување на преден и заден дел
 Figure 4.28. Construction pattern for side (mobile) parts for connection of the front and rear part



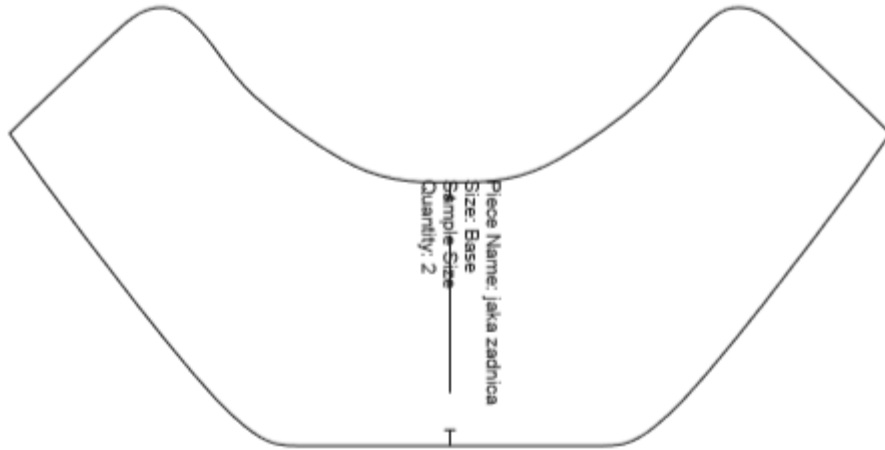
Слика 4.29. Конструкциски крој за нараменици во облик на футрола
 Figure 4.29. Construction part for shoulders strap holster shape



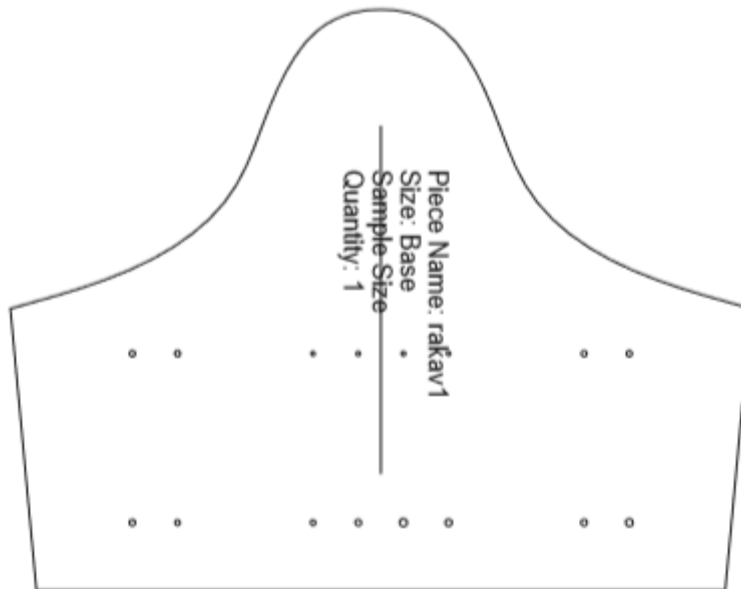
Слика 4.30. Конструкциски крој за платка
 Figure 4.30. Construction parts for shawl



Слика 4.31. Конструкциски крој за јака (преден дел)
 Figure 4.31. Construction parts for cooler (front part)



Слика 4.32. Конструкциски крој за јака (заден дел)
 Figure 4.32. Construction parts for collar (rear part)

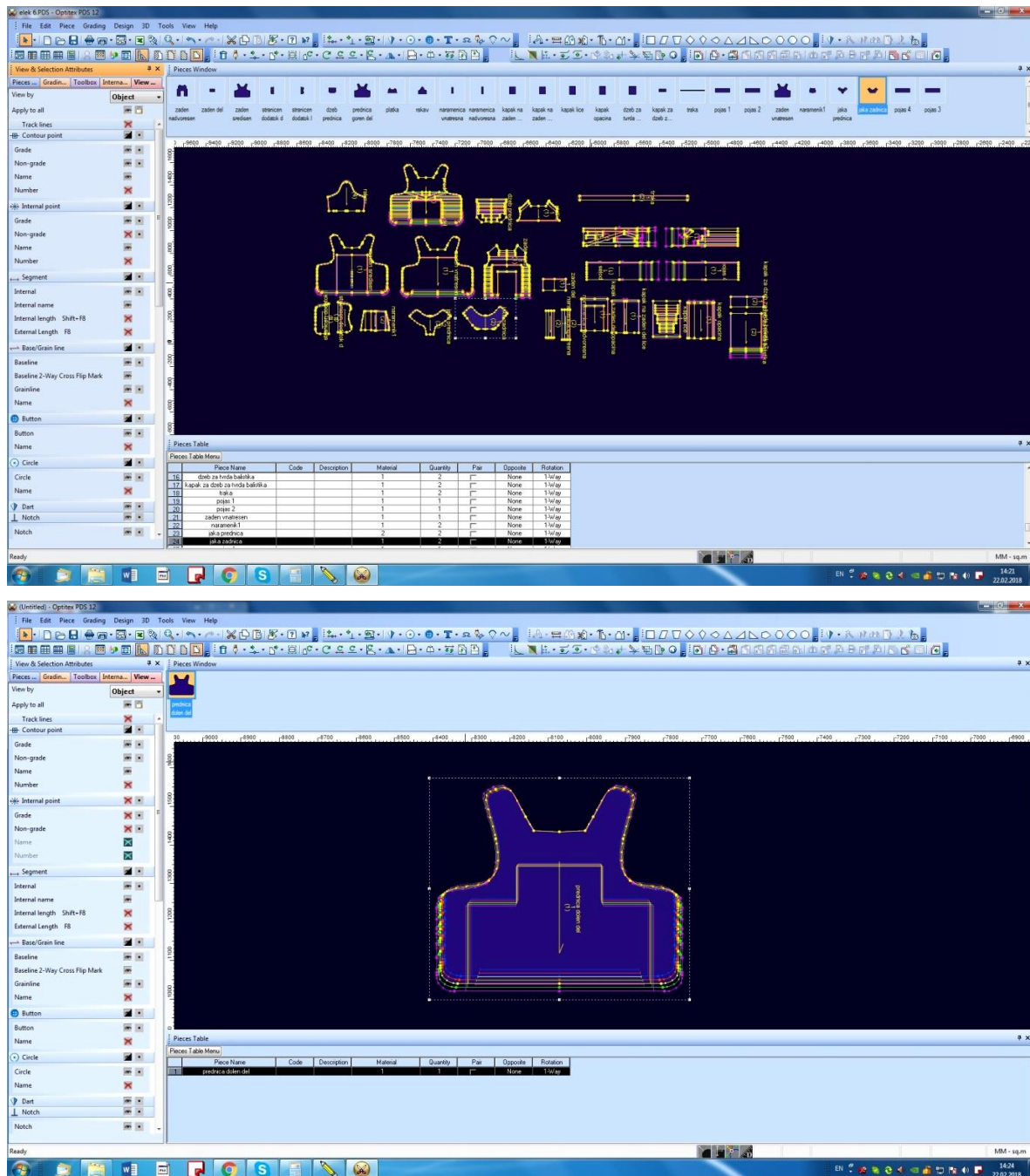


Слика 4.33 Конструкциски крој за полу-ракав
 Figure 4.33. Construction parts for half-sleeve

Изработените кројни делови се во големина L (Large), а тоа значи дека моделот може да се искројува и процесира (шије) само во таа големина. Се со цел моделот да биде достапен во сите останати големини пропишани според стандардот потребно е да се изврши градирање. Постапката и софтверскиот програм во кој е извршено градирањето заедно со градираните кројни делови се презентирани во продолжение.

4.2. Градирање на кројни делови (Construction parts fitting)

Во продолжение на експерименталниот дел од веќе добиените дигитализирани кројни делови направено е и градирање на основниот крој од големина L во големини S, M, XL и XXL. Градирањето беше извршено на истиот програмски софвер како и кројните делови (PDS-Pattern design Software).

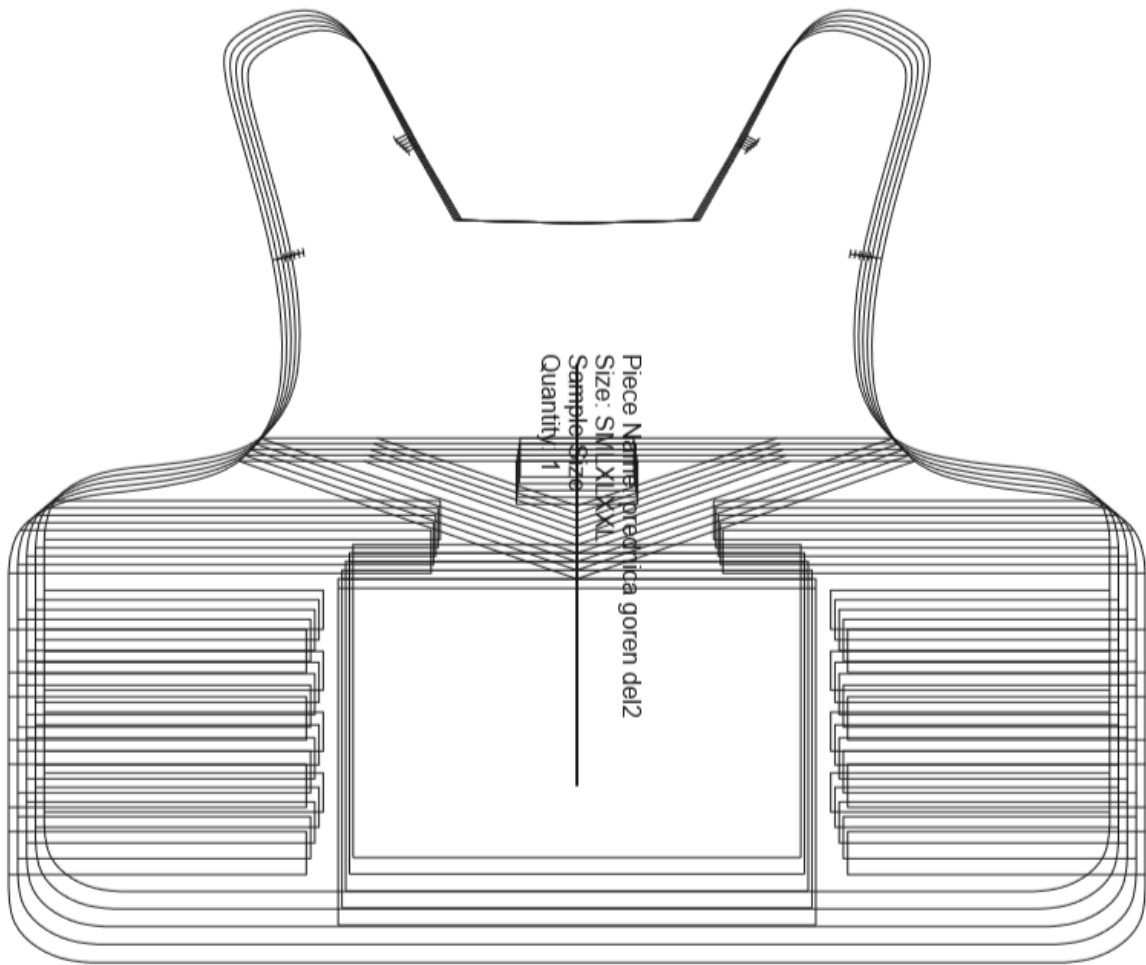


Слика 4.34. Изглед на градираните кројни делови во софтверскиот програм PDS
Figure 4.34. Appearance of graded construction parts in the PDS

Изгледот на внесените кројни делови од моделот во самиот програм е прикажан погоре (сл.4.33) Компјутерското градирање беше извршено како:

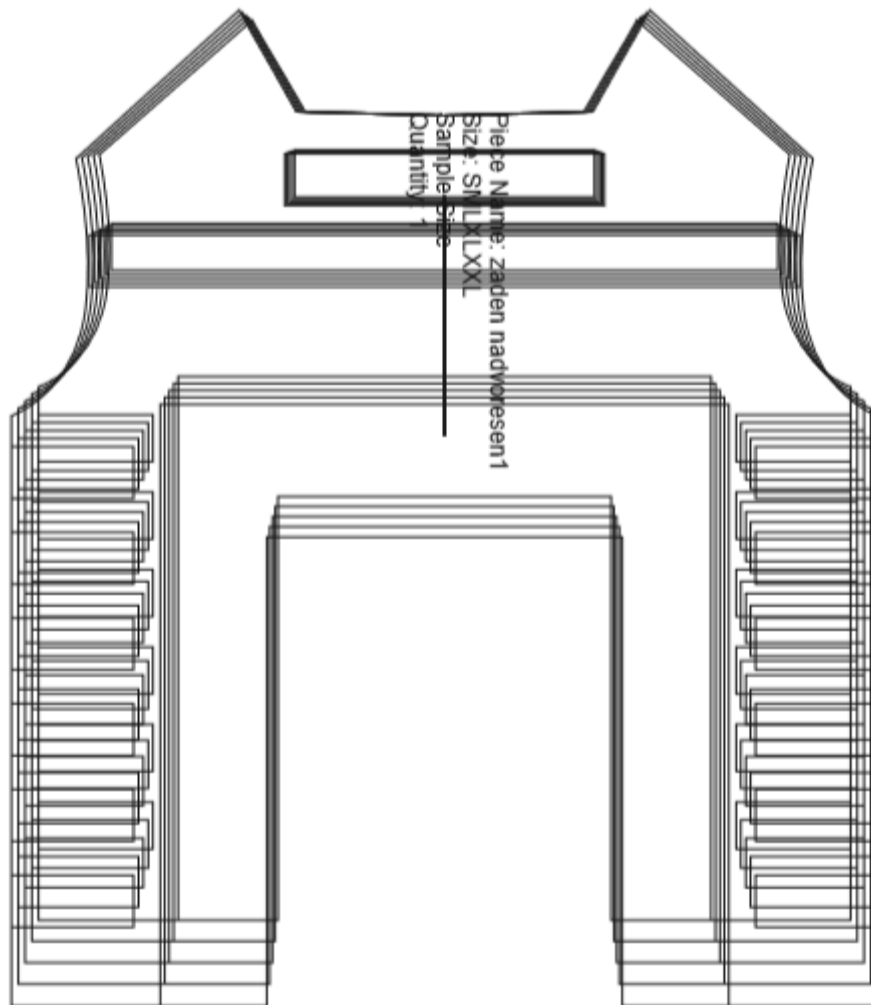
- ✓ Градирање по ширина 1,616%
- ✓ Градирање по должина 2,53%

Со помош на овој софтвер основниот модел стана апликативен за поголема и помала телесна градба. На сликите подолу прикажано е градирање само на преден и заден надворешен дел, а градирањето на останатите кројни делови е детално прикажано во прилог А, Б и С.



Слика 4.35. Градирање на преден (надворешен дел) на заштитен елек (од S - XXL)

Figure 4.35. Fitting of the front (outer part) of the protective vest (from S-XXL)



Слика 4.36. Градирање на заден (надворешен дел) на заштитен елек (од S-XXL)

Figure 4.36. Fitting of the back (outer part) of the protective vest (from S-XXL)

4.3. Изработка на кројни слики врз основа на градираните кројни делови (Production of cutting layouts based on fitted construction parts)

4.3.1. Влијание на видот и должината на кројната слика врз потрошувачката и искористувањето на текстилниот материјал (Influence of the type and length of the cutting layout on consumption and utilization of textile material)

Степенот на искористување на кројната слика е мерка за успешно изработена кројна слика. Искористувањето на кројната слика се пресметува според изразот:

$$\frac{\text{Нето површина на кројната слика}}{\text{Бруто површина на кројната слика}} \times 100\%$$

Нето површина на кројната слика – е збир на површините на сите кројни делови во кројната слика.

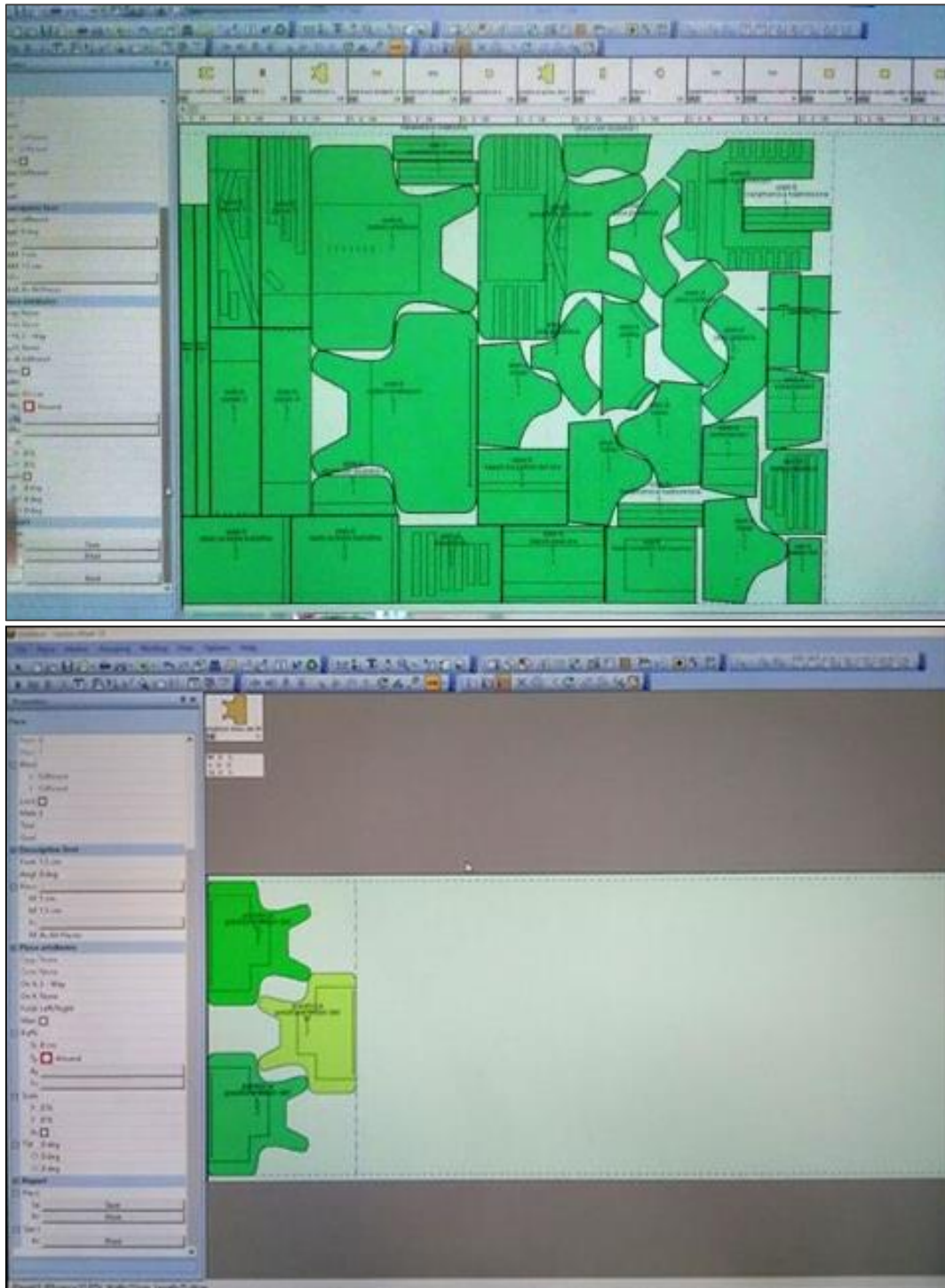
Бруто површина на кројната слика - е вкупната површина, добиена како производ од ширината и должината на кројната слика.

Намалувањето на потрошувачката на материјалот за изработка на моделот е огромно значење, посебно поради неговата висока цена. Во овој дел се наведени и можностите за подобро искористување на материјалот преку промени на позициите на кројните делови, видот на кројната слика, нејзината должина и бројот на кројни наслаги. Уште при изработката на кројните делови, е нагласено дека бројот на шавови е сведен на минимум, а додатоките за шавови (на местата каде постојат) исто така, ги минимизиравме до вредност од 0,7- 0,9cm. Преку паспулирање на кројните делови со паспул трака со ширина од 2,5 cm исто така е извршена заштеда на материјал (кој инаку би се искористил за додаток за шев).

Во насока на правилно искористување на текстилниот материјал во постапките на кроење, направени се неколку кројни слики и тоа:

1. Едноголемеински.
2. Двоголемеински.
3. Повеќеголемеински.

Кројните слики се изработени со помош на софтверскиот програм OPTITEX CutPlan (сл. 4.37), а резултатите од процентот на искористување на материјалот во зависност од видот на кројната сликата и должината на материјалот се презентирани во делот резултати и дискусија.



Слика 4.37. Изглед на кројна слика од моделот во OPTITEX CutPlan
 Figure 4.37. Appearance of cutting layout of the model in the OPTITEX CutPlan

Во конструкциските кројни делови беа предвидени отвори (џебови) за два типа на заштита: мека и тврда. За тврдата балистичка заштита во конструкцијата беа предвидени џебови со капак според димензиите на тврдата заштита. Нивната форма е правоаголна, за разлика од џебовите за меката заштита чија

форма е иста како формата на предниот и задниот дел од моделот. За вметнување на меката заштита во конструкцијата беа предвидени џебови без подлисток со патент и два паспули. Материјалите пак кои ќе се употребат за двата вида на балистичка заштита заедно со нивните карактеристики се дадени во продолжение.

4.4. Балистичка заштита кај новиот модел (Ballistic protection for the new model)

4.4.1. Материјали за мека и тврда балистичка заштита на моделот (Materials for soft and hard ballistic protection)

Заштитниот елек кој е предмет на истражување во оваа докторска дисертација содржи два типа на заштита: мека и тврда балистичка заштита. Заштитни делови се вградуваат во елекот и обезбедуваат соодветно ниво на заштита според барањата на крајниот потрошувач. Меката заштита покрива поголема површина односно со неа се исполнува внатрешноста на целиот заштитен елек преку посебни прегради. Додека, тврдата заштита е во вид на тврди композитни плочи кои може да бидат поставени напред и назад и служат како дополнителна заштита од поголемо загрозување односно обезбедуваат повисоко ниво на балистичка отпорност. Овие заштитни плочи се поставуваат во џебови на предниот и задниот дел на елекот поради заштита на виталните делови од носителот, а се поставуваат по потреба.

За добивање на меката заштита беа користени ткаенини од араמידни и високо перформансни полиетиленски влакна (High-Performance Polyethylene Fibers – HPPE) влакна. Додека за добивање на композитите односно тврдата балистичка заштита беа користени повеќеслојни, еднонасочни препрези врз база на HPPE влакна кои беа процесирани во композитни плочи.

Кај меката балистичка заштита срцето на балистичката заштита е предивото. Балистичките перформанси ги определуваат: прекидната цврстина, издолжувањето при прекин, модулот и температурната отпорност како и дијаметарот на филаментот. Меѓутоа елекот ќе пружи ефикасна заштита само ако влакното правилно се процесира. Квалитетот во голем дел е детерминиран во фазата на ткаење. Дел од факторите во фазата на ткаење се: видот на

опремата што се користи, типот на преплетот, цврстината на ткаенината, финишот итн. Несоодветното ткаење резултира во намалена балистичка отпорност. Во табелата подолу (таб. 4.6) сумарно се преставени тие фактори.

Табела 4.6. Фактори кои влијаат врз балистичките перформанси кај меката заштита

Table 4.6. Factors affecting ballistic performance in the soft protection

БАЛИСТИЧКА ОТПОРНОСТ НА МЕКА ЗАШТИТА/ BALLISTIC RESISTANCE IN THE SOFT PROTECTION		
Влакно/Fiber	Ткаенина/Fabric	Изработка/Manufacturing
Тексажа/Tex Цврстина/Hardnes Издолжување при прекин Elongation at break Модул/Module	Преплет/Twill Површинска маса/ Mass per unit area Специфична цврстина/ Specific hardness	Финиш/ Finish Штеповање/ Snapping Број на слоеви/ Number of layers

Табела 4.7. Карактеристики на користените материјали за меката заштита

Table 4.7. Characteristics of used materials in the soft protection

Карактеристика/ Property	Единица/ Unit	Арамидна ткаенина/ Aramide fabric	HPPE унидирекционална лента/HPPE unidirectional tape
Трговска ознака/Trade sign		T717	SB 51
Тип на ткаење/Weave type		1x1	UD
Површинска Маса/ Areal weight	g/m ²	280+7	246 – 260
Дебелина/Thickness	mm	0.43	0.28
Тип на предиво/Yarn type Јаток/ Weft Основа/Warp		1260dtex 1260 dtex	SK76 1760 SK76 1760
Број на предива јаток/Weft Основа/Warp	cm ⁻¹	11.0 10.5	/
Јачина на истегнување/ Tensile strength Јаток/Weft Основа/warp	N/5cm N/5cm	9500 10000	19300 19300
Финиш/Finish		Нема/No finish	Нема/No finish

Карактеристиките на користените материјали за изработка на заштитниот елек во рамките на оваа докторска дисертација се дадени табеларно (таб. 4.7).

SB 51 претставува ламинат од еднонасочни полиетиленски влакна со ултра висока молекуларна маса (Ultra-High Molecular Weight Polyethylene fiber UHMWPE). Лентата од овој материјал се состои од повеќе слоеви на еднонасочни влакна поставени под агол од 90° едни на други, консолидирани со матрица врз основа на гума, како што е прикажано на сликата подолу (сл. 4.38). Посебна подготовка пред употребата на ткаенините нема. Тие се употребуваат во форма како што се испорачуваат од производителот, со тоа што се врши проверка на појдовните карактеристики. Посебно се обрнува внимание на површинската маса заради точно прилагодување на бројот на слоеви во зависност од нивото на заштита на заштитниот елек.

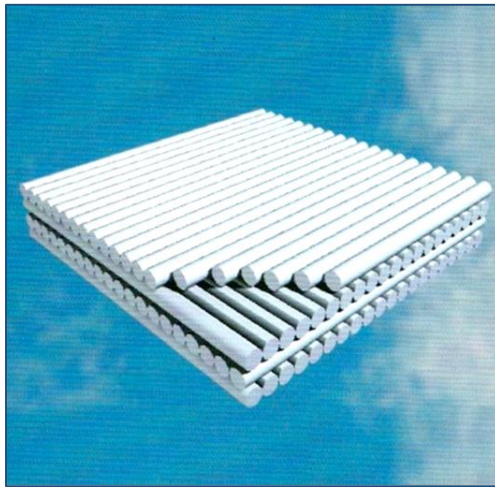


Слика 4.38. Изглед на HPPE еднонасочната лента за мека балистика (SB 51)
Figure 4.38. Appearance of the NRRE one-way soft ballistic tape (SB 51)

За добивање на тврди композитни заштитни плочи беа користени два типа на повеќеслојни, еднонасочни препрези врз база на HPPE влакна, производство на DSM High Performance Fibers и тоа:

Dyneema HB 210 и Dyneema HB 2, а нивната конструкција е од повеќе слоеви (четири) на еднонасочни влакна поставени под агол од 90° едни на други, а поврзани со матрица од гума или полиуретан (сл. 4.39). И двата материјали се наменети за изработка на тврда балистика (во ознаката HB значи Hard

Ballistics). Производителот ги испорачува заедно со матрицата која е во вид на филм. Нивните карактеристики се дадени во табеларно (таб. 4.8).



Слика 4.39. Конструкција на еднонасочната лента
Figure 4.39. Unidirectional construction

Табела 4.8. Карактеристики на еднонасочните препрези
Table 4.8. Properties of unidirectional prepregs

	Единица/ Unit	Дунеема НВ 2	Дунеема НВ 210
Површинска маса/ Mass per unit area	g/m ²	260 – 265	130 – 142
Содржина на матрица/ Matrix Content	mas. %	18 – 20	17 – 21
Тип на матрица/ Matrix type		Гума/Rubber	Полиуретан/ Polyurethane
Број на слоеви/ Number of layers		4	4

Кај тврдата балистичка заштита исто како и кај меката, основа на балистичката заштита е предивото. Особините како што се прекидната цврстина, издолжувањето при прекин, модулот, термичката отпорност како и дијаметарот на филаментот ги определуваат балистичките перформанси. Меѓутоа, заштитната опрема ќе пружи ефикасна заштита само ако предивото правилно се процесира, односно од него се направи таква текстилна форма кај која во целост ќе се искористат потенцијалните можности на влакното.

Сумарно (таб. 4.9) се преставени факторите што влијаат врз балистичката отпорност на композитните плочи.

Табела 4.9. Фактори кои влијаат врз балистичките перформанси кај тврдата заштита

Table 4.9. Factors that have influence on the ballistic performance in hard protection

БАЛИСТИЧКА ОТПОРНОСТ НА КОМПОЗИТНИ ПЛОЧИ/ BALISTIC RESISTANCE ON COMPOSITE PLATES			
ВЛАКНО/ FIBER	ТКАЕНИНА/ FABRIC	МАТРИЦА/ MATRIX	ЛАМИНАТ/ LAMINATE
Тексажа/Tex Јачина на прекин/ Stress to break Издолжување/ Elongation Модул/Module Термичка стабилност/ Thermal stability	Конструкција/Construction Тежина/Weight Цврстина/Hardness Издолжување/Elongation	Физички и хемиски особини/ Physical and chemical properties Импрегнирачки својства/ Impregnating properties	Адхезија смола/влакна/ Adhesion resin/fiber

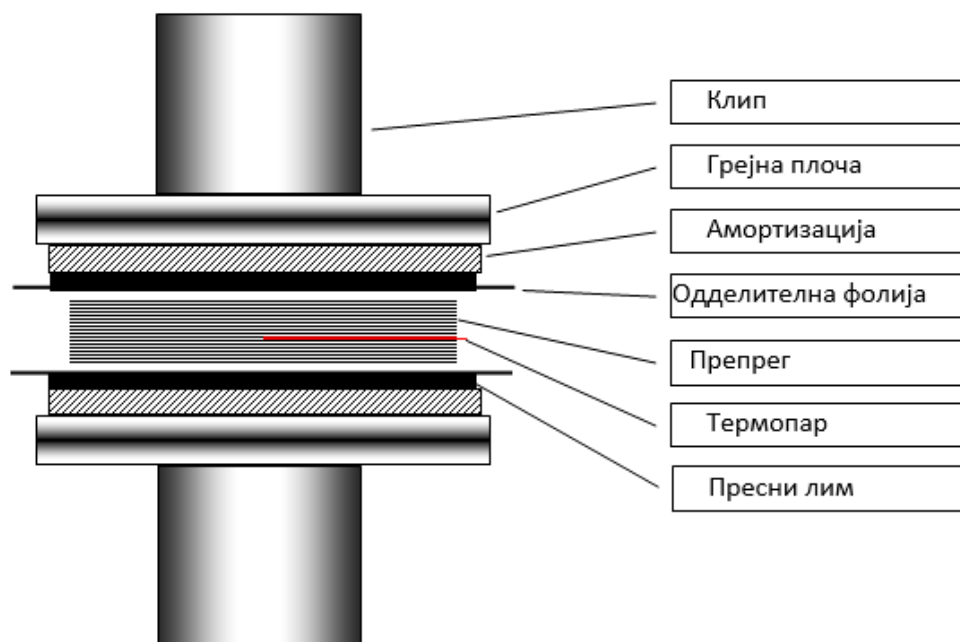
4.4.2 Добивање на заштитни плочи за дополнителна заштита на елекот (Obtaining protective plates for additional protection of the vest)

Тврдата заштитна композитна плоча која се инсертира во заштитниот елек како дополнителна заштита со цел да се зголеми вкупното ниво на заштита на елекот, беше добивана со компресионо пресување на соодветен број на слоеви од горенаведените еднонасочни препрези. Еднонасочните композити, кои беа изработувани од два типа на еднонасочен препрег, беа добивани само со пресување бидејќи тие материјали од производителот се испорачуваат заедно со полимерната матрица која е во вид на филм.

Сите балистички композитни плочи, беа изработувани во прототипската лабораторија за композитни материјали во претпријатието “11 Октомври-Еурокомполит” - Прилеп. Пресувањето на сите композитни плочи беше направено на хидраулична преса со снага од 200 кN, производ на фирмата “Triulzi” - Италија. Условите за пресување беа одредени врз основа на претходни искуства на фирмата производител на композити за таа намена. Имено, притисокот на пресување беше 6000 кPa, а пресувањето на полиетиленските еднонасочни препрези се вршеше на температура од 125-

130° C . Беше направено мало истражување за влијанието на притисокот на пресување и за влијанието на површинската маса врз механичките и балистичките карактеристики на заштитните композитни плочи. Тоа истражување беше направено со цел да се добијат композитни плочи кои ќе можат да се вградат во елементот за различно ниво на балистичка заштита во зависност од барањата на крајниот корисник.

Изгледот на шаржирната преса со пакетот за пресување е претставен на сликата подолу (сл. 4.40).



Слика 4.40. Пресување на заштитни композитни плочи
Figure 4.40. Protective composite plates pressing

Времето па пресување кое е различно за композитите со различна дебелина, се одредува според релацијата:

$$t = a + bx$$

каде што:

t - време па пресување (min)

a, b - коефициенти

x - претпоставена дебелина на композитот според бројот на слоевите (mm)

Коефициентите a, b се определуваат емпириски а зависат од типот па употребената матрица и преставуваат деловна тајна.

4.4.3 Методи за карактеризација на физичко механичките и балистичките перформанси на заштитните делови од елекот (Methods for characterizing the physical mechanical and ballistic performance of the protective parts of the vest)

За испитување на физичките особини на композитните плочи користени се стандардни методи и постапки. Јачината и модулот на истегнување испитувани се според ASTM D638, додека јачината и модулот на свиткување, според ASTM D790. Јачината на притисок испитувана е според ASTM D695, додека јачината па смолкнување, според ASTM D732. Ударната жилавост е испитувана по Шарпи (Charpy impact test) според ASTM D256.

Јачината на свивање, истегнување, притисок како и соодветните модули испитувани се на универзална машина за механички испитувања со снага од 250 kN, претставена на слика подолу (сл. 4.41).



Слика 4.41. Универзална машина за механички испитувања со снага од 250 kN

Figure 4.41. Universal mechanical test machine with power of 250 kN

Од балистичките карактеристики беа тестирани карактеристиките V_{50} и **трауматолошкиот ефект** кои се најчесто барани особини што треба да ги задоволи еден заштитен елек. Испитувањата на овие карактеристики беа направени во согласност со соодветни стандарди, а врз основа на нивото на заштита кое треба да го обезбеди заштитниот елек.

Кога станува збор за балистичката заштита, една од поделбите е на опрема што треба таа да ја обезбеди е следната:

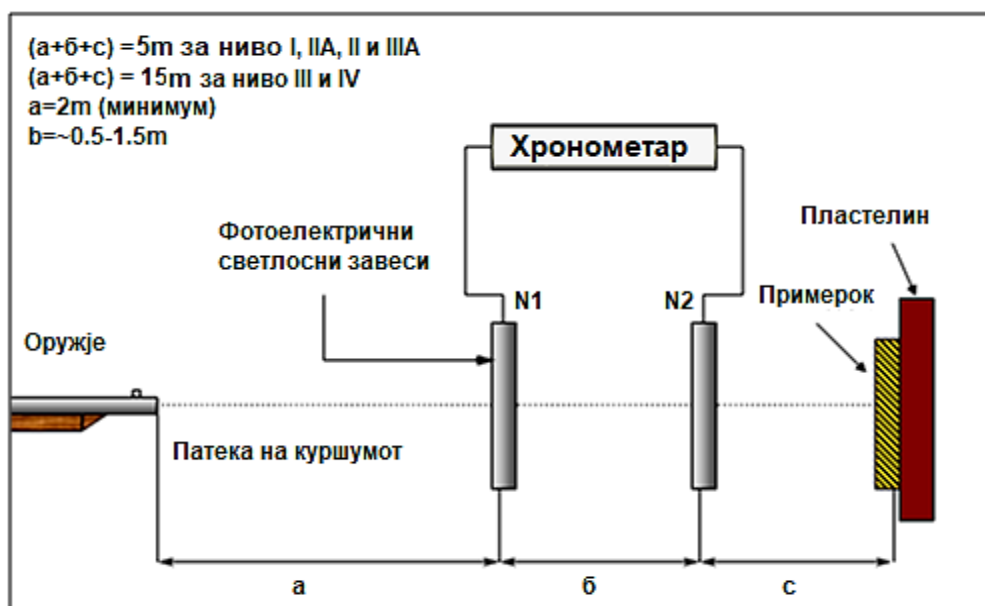
- ✓ Опрема што штити од фрагменти на експлодирани артилериски мини и
- ✓ Опрема што штити од стрелачко вооружување односно од куршуми.

Спрема тоа и испитувањето на опремата се врши спрема соодветни тестови кои го одредуваат квалитетот спрема едната или другата група на припадност. Најпопуларни стандарди за таа цел се американскиот NIJ 0101.06, за тестирање со стрелачко вооружување и НАТО стандардот STANAG 2920, за тестирање со фрагменти. Всушност секоја од поразвиените земји има свој национален стандард но горе спомнатите се најпопуларни и скоро секој производител на балистичка опрема (покрај за својот национален стандард) дава податоци за нивото на заштита спрема овие два стандарди. Тоа е поради споредба на опремата со останатата на пазарот.

Балистичките испитувања се вршат во специјализирана лабораторија за таа намена. Лабораторијата за балистичко испитување не се разликува од аспект на тоа дали е за испитување со фрагмент или куршуми и се состои од следнава опрема:

- ✓ Уред за испалување на тест муницијата.
- ✓ Светлосни завеси (две или три).
- ✓ Хронометар.
- ✓ Уред за прицврстување на примерокот што се испитува.
- ✓ Доказна плоча.
- ✓ Кутија со пластелин за мерење на трауматолошкиот ефект.
- ✓ Сметач за обработка на резултатите.

На сликата подолу (сл. 4.42) шематски е прикажан распоредот на овие уреди кога се во функционална целина.



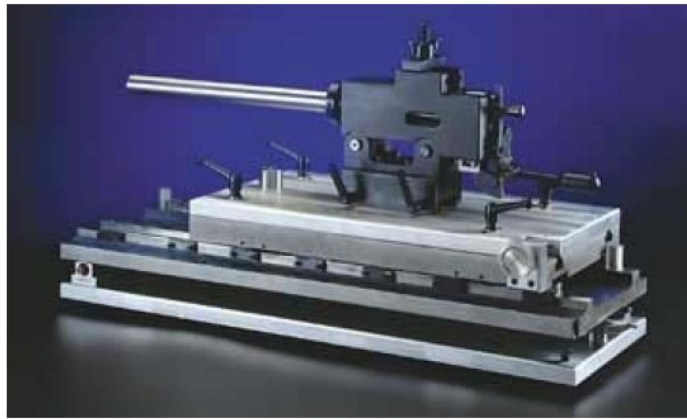
Слика 4.42. Шема на опремата за испитување со куршуми
Figure 4.42. Layout of the equipment for testing with bullets

Лабораторијата обично се состои од три простории:

- ✓ испитен тунел - каде се врши испитувањето,
- ✓ просторија за манипулација со опремата и водење на тестот,
- ✓ прирачен магацин за чување на муницијата.

Универзален уред за испалување на тест муницијата кој се состои од постоље со механизам за испалување и цевка со определен калибар (сл. 4.43). Механизмот за испалување е универзален и се користи при сите испитувања при што се менува само цевката во зависност од калибарот на тест муницијата. Истиот механизам се користи како за испалување на фрагменти, така и за куршуми.

Фотоелектричните светлосни завеси имаат улога да го побудат хронометарот да го регистрира времето кога проектилот ќе помине низ нив, односно да го измери времето за кое проектилот го поминува растојанието меѓу едната и другата завеса. Така што при влезот на куршумот низ првата завеса се активира хронометарот, а при излезот се стопира. Со оглед на тоа дека ова растојание е фиксно и познато, лесно се пресметува брзината на проектилот кога се знае времето за кое го поминал даденото растојание. Точноста на регистрацијата треба да биде 0.5%.



Слика 4.43. Универзално постоље за испалување
Figure 4.43. Univerzal firing unit

Уредот за прицврстување на примерокот треба да овозможи држење на примерокот нормално на траекторијата на проектилот и треба да е способен да го издржи ударниот шок од проектилот. Исто така, треба да овозможи придвижување на примерокот по вертикала и хоризонтала за пукање на различни места врз примерокот како и да овозможи подесување на примерокот под различен агол во однос на траекторијата на проектилот.

Доказната плоча е рамна плоча од алуминиумска фолија што се поставува зад примерокот и паралелно на него. Нејзината улога е да докаже дали се работи за задор или продор. Доколку оваа фолија се пробие, без разлика на тоа дали зрното е задржано во материјалот истрелот се смета за пробој.

Место доказна плоча, кога се испитува меката заштита, зад испитниот примерок се става кутија со пластелин за да се регистрира трауматолошкиот ефект. NIJ 0101.06 е најпопуларниот стандард за полициска балистичка опрема (заштита од пиштолска и пушкина муниција) во целиот свет. Главно сите производители на опрема за лична заштита ја класифицираат својата опрема спрема овој стандард. Издавач на стандардот е американскиот Национален Институт за Правда (National Institute of Justice од тука и акронимот NIJ). Во овој стандард извршена е класификација на балистичката опрема во пет формални класи, како и во специјална шеста класа како што е подолу презентирано.

НИВО II-A (LOW VELOCITY .357 MAGNUM; 9MM)

Оваа опрема штити од куршуми со кошулица и со мек врв, од .357 Magnum, со номинална маса од 10.2 г и со брзина од 381 m/s или помала и од 9 mm куршум со целосна метална кошулица (FMJ) со номинална маса од 8.0 г и брзина од 322 m/s или помала. Пружа исто така заштита од .45 Auto, .38 Special +P, и од некои други стандардни полнења со калибар .357 Magnum и 9 mm, како и од целото оружје што спаѓа во ниво I.

НИВО II (HIGHER VELOCITY .357 MAGNUM; 9 MM)

Оваа опрема штити од куршум со мек врв и со кошулица, од .357 Magnum, со номинална маса од 10.2 г и со брзина од 425 m/s или помала и од 9 mm куршум со целосна метална кошулица (FMJ) со номинална брзина од 358 m/s. Исто така штити од повеќето стандардни полнења со калибар .357 Magnum и 9 mm како и од сето оружје што спаѓа во ниво I и IIA.

Оваа опрема и потешка и понезграпна од онаа од ниво I и IIA.

НИВО III-A (.44 MAGNUM; SUBMACHINE GUN 9MM)

Оваа опрема штити од оловни куршуми (SWC) од .44 Magnum, со номинална маса од 15.55 г што се движи со брзина од 426 m/s или помала и од 9mm FMJ куршуми со номинални маси од 8.0 г и брзини од 426 m/s или помали. Исто така штити од сето оружје што спаѓа во ниво I, IIA и II.

Ниво III-A е највисокото ниво на заштита што моментално е на располагање за заштитни елеци.

НИВО III (HIGH-POWERED RIFLE)

Оваа опрема која е нормално со тврда или полу тврда конструкција, штити од куршуми 7.62 FMJ (Америчка воена ознака M80) со номинални маси од 9.7 г и со брзини од 838 m/s или помали. Исто така овозможува заштита од 223 Remington (5.56mm FMJ), 30 Carabine FMJ, 12-gauge пушкин куршум и од сето оружје од ниво I до III-A. Оваа опрема е наменета за тактички ситуации кога опасноста го оправдува нејзиното носење.

НИВО IV (ARMOR-PIERCING RIFLE)

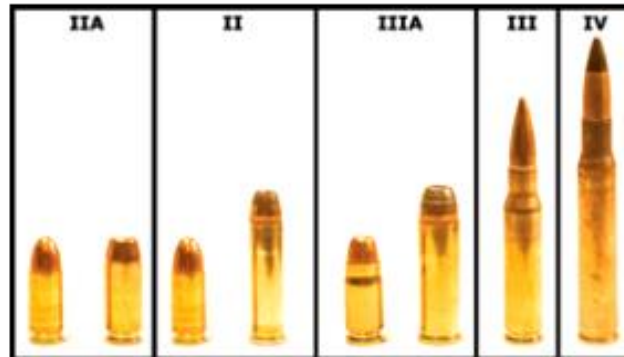
Оваа опрема штити од панцирни куршуми со калибар .30-06 (Америчка ознака APM2) и номинални маси од 10.8 г и брзини од 868 m/s или помали. Исто така овозможува заштита од најмалку еден истрел од оружје ниво I до III.

Ниво IV телесната заштита е највисоката заштита што моментално е на располагање. Бидејќи оваа опрема е наменета да штити од панцирна (челична) муниција најчесто се користи керамички материјал. Ваквите материјали се по природа крти и би можеле да пружат заштита само од единичен истрел бидејќи керамиката се крши при ударот на зрното. Како и нивото III, нивото IV е наменето само за тактички ситуации кога опасноста го оправдува неговото носење.

НИВО SPECIAL

Купувачот кој што има посебно барање за ниво на заштита што не е опфатено со стандардните нивоа, треба точно да ја специфицира тест муницијата и минималната брзина и да индицира дека ќе го почитува овој стандард во останатата процедура на тестирање.

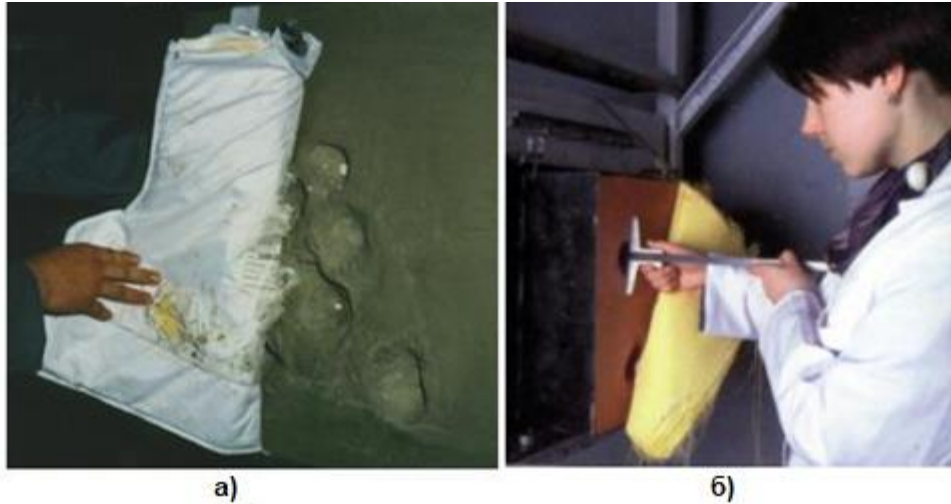
Стандардот NIJ 0101.06 ја пропишува траумата за сите нивоа. Игледот на зрната за поедините нивоа на балистичка заштита се прикажани на сликата подолу (сл. 4.44).



Слика 4.44. Иглед на зрната за поедините нивоа на балистичка заштита
Figure 4.44. Grains look for the individual levels of ballistic protection

Трауматолошкиот ефект се јавува како последица на балистичкиот удар од пушкина/пиштолска муниција врз композитната плоча, додека, ако се работи за удар на фрагменти, тој ефект е занемарлив. Ако на задната страна од испитуваната композитна плоча се прислони доволно голем (61 x 61cm) и дебел (10.2 cm) блок од пластелин, со дефинирана тврдина, тогаш деформацијата на композитната плочата по балистичкиот удар, се пресликува врз пластелинот, (сл. 4.45). Длабината и дијаметарот на отисокот во пластелинот се земаат како податоци за трауматолошкиот ефект што го трпи композитот. Во горниот стандард специфицирана е само дозволената длабина на трауматолошкиот ефект која не смее да биде поголема од 44 mm (1.73 in).

На сликата (сл. 4.46) дадена е поставката на опремата при испитувањето. Со оглед дека се работи за испитување на заштитни елеци место доказна плоча примерокот се поставува да потпира на позадина од пластелин за да се определи трауматолошкиот ефект.



Слика 4.45. Трауматолошки ефект врз арамиден панел а) и негово мерење б)
 Figure 4.45. Trauma effect of aramid panel a) and its measurement б)

Како што се гледа од наредната слика релевантни растојанија се:

A= 5 m за ниво I, II-A, II и III-A

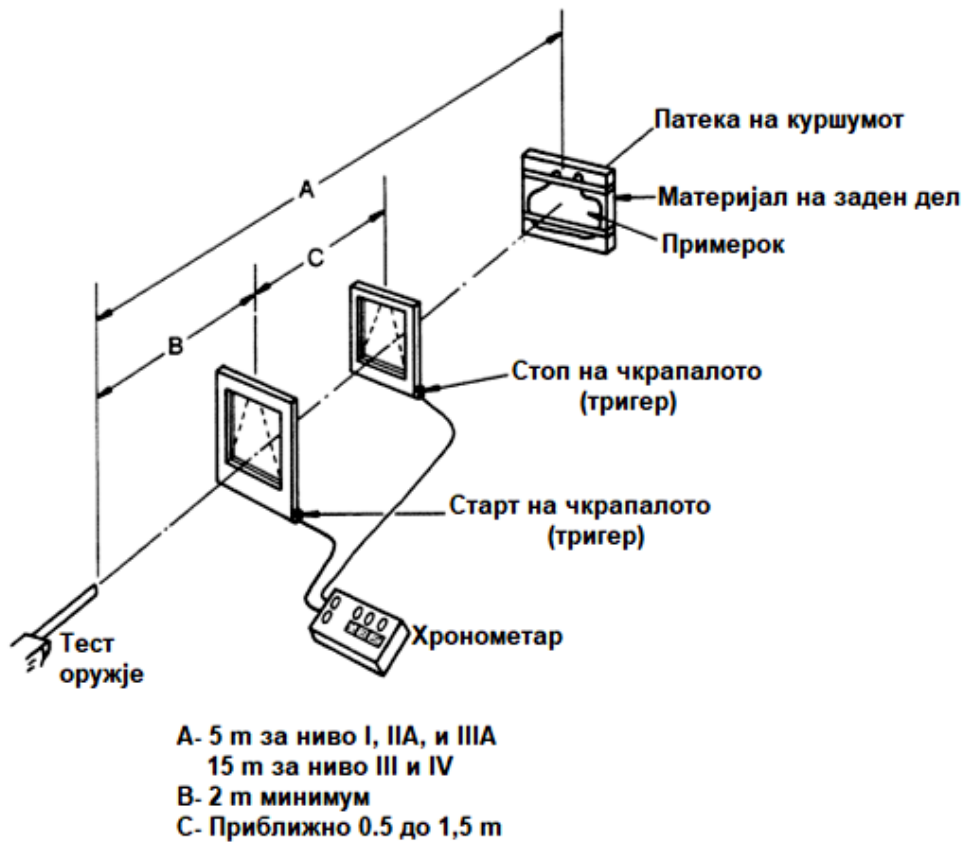
A= 15 m за ниво III и IV

B= 2 m (минимум)

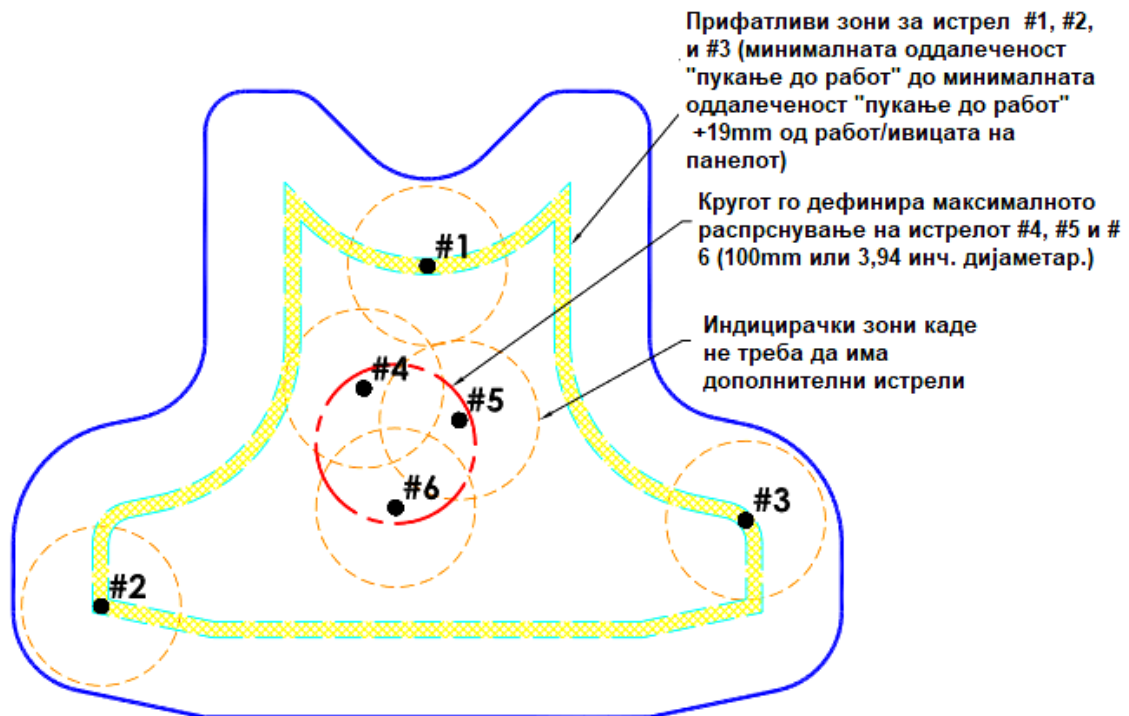
C = приближно 0.5-1.5 m

Шемата на пукање е дадена на сликата 4.47.

Во точките 1, 2, 3 и 6 се пука под агол од 90° додека во точките 4 и 6 под агол од 30°. Доколку испитувањето задоволи се врши испитување со второто оружје што му припаѓа на истото балистичко ниво (пр.ако се врши испитување за ниво III-A прво се испитува со .44 Magnum, а потоа со 9 mm FMJ).



Слика 4.46. Балистичко испитување спрема NIJ 0101.06
 Figure 4.46. Ballistic testing according to NIJ 0101.06

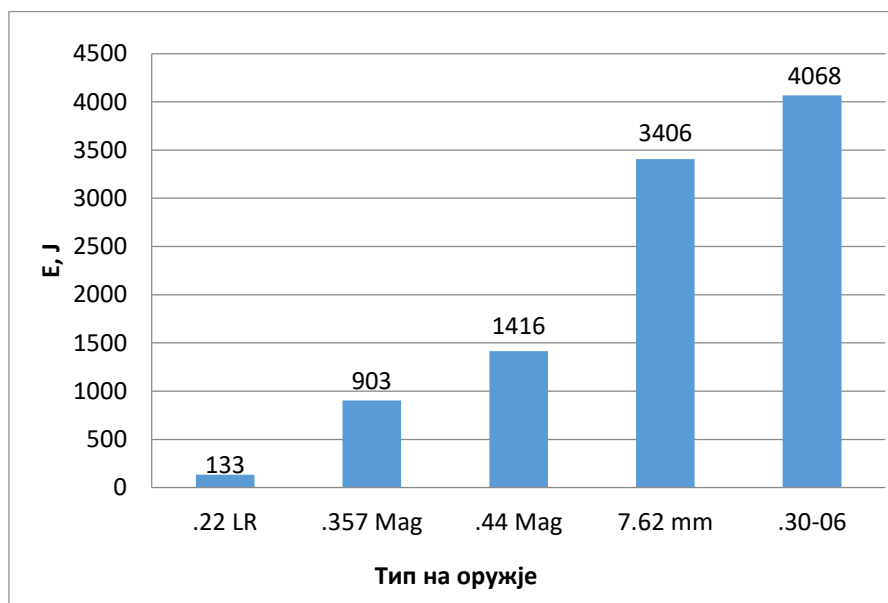


Слика 4.47. Вообичаени локации на импакт (напред и назад)
 Figure 4.47. General armor panel impact locations (front and back)

Нивоата на NIJ 0101.06 се определени према растечката енергија на зрната. Имено, одејќи од првото кон последното ниво енергијата (и заканата) од зрната се зголемува. Во табелата 4.10 дадени се вредностите на кинетичките енергии на зрната од пооделните нивоа, а на сликата (сл. 4.49) тоа е графички преставено. На сликата (сл. 4.49) е прикажан изгледот на зрната од табела 4.11.

Табела 4.10. Кинетички енергии на одредени зрна
Table 4.10. Kinetic energies of certain grains

Тип на оружје/Type of weapon	Кинетичка енергија/ Kinetic energy (J)
.22 LR	133
.357 Magnum	903
.44 Magnum	1416
7.62 mm	3406
.30-06	4068



Слика 4.49. Енергијата на зрната од поедините нивоа на NIJ 0101.06
Figure 4.49. The energy of the grains from the individual levels of NIJ 0101.06



Слика 4.49. Изглед на зрната од табела 4.11
Figure 4.49. Bullets appearance from table 4.11

Стандардот *STANAG 2920 (NATO STANDARDIZATION AGREEMENT)* предвидува тестирање со муниција од мало оружје како и со симулатори на фрагменти. Проектилот може да биде кој било куршум за којшто заштитната опрема е наменета да штити, но во случај на опрема што треба да штити од фрагменти тогаш проектилот (фрагментот) е јасно дефиниран. Најпожелно е да се испитува со фрагмент со маса од 1.102 g и калибар 5.385 mm. Целта на овој стандард е да се стандардизира постапката за определување на минималната балистичка отпорност на елечи и материјалите кои се користат за нивна изработка. Резултатите од тестот се наменети за да се направи споредба на степенот на балистичка заштита меѓу различна балистичка опрема.

Испитниот примерок треба јако да се прицврсти за тест постолјето и да биде нормален на траекторијата од проектилот. Доказната плоча се става зад примерокот на растојание од 15 cm.

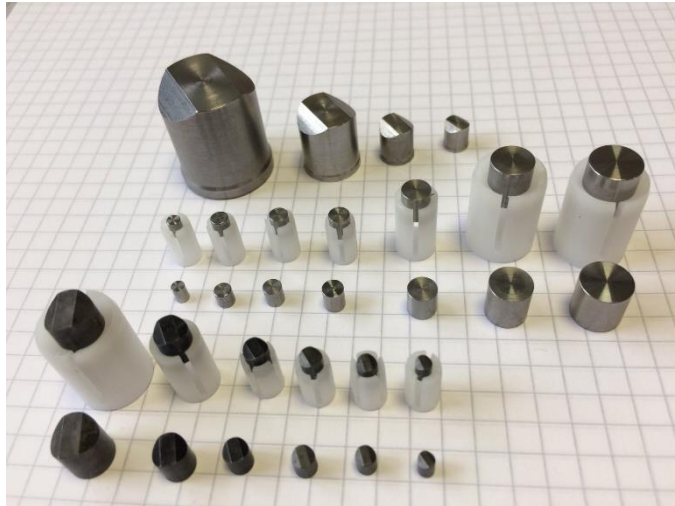
Најмалку шест истрели треба да се испалат кон примерокот (при $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и релативна влажност од $65 \pm 5\%$) и да се измерат нивните брзини. Во случај на испитување на текстилен материјал не смее да има два удари во исто предиво. Невалидните истрели не треба да се земаат при калкулацијата на балистичкиот лимит на примерокот.

Првиот истрел треба да биде со брзина на очекуваната V_{50} вредност. V_{50} како што претходно напоменавме не е физичка величина со која се карактеризира еден материјал. Таа е само статистичка вредност што помага да се проценат балистичките перформанси на некој материјал и/или да се споредат меѓу повеќе материјали. Ако првиот истрел предизвика продор вториот истрел се

испукува со помала брзина од приближно 30 m/s . Ако првиот истрел е задор тогаш вториот истрел треба да биде со поголема брзина од приближно 30 m/s. По постигнувањето на првиот продор и задор барутното полнење се шаржира така за да овозможи зголемување, односно смалување на брзината во инкременти од по 15 m/s. Потоа пукањето, за определување на V_{50} , продолжува по следнава шема.

1. Откако ќе се испука доволен број на проектили V_{50} се пресметува како аритметичка средина од трите валидни задори со најголеми брзини и трите валидни продори со најмали брзини под услов сите шест брзини да се во опсег од 40 m/s.
2. Ако условот од горниот параграф (1) не е исполнет затоа што истрелите го преминуваат бараниот опсег од 40 m/s тогаш пукањето треба да продолжи додека петте задори со најголема брзина и петте продори со најмала брзина паднат во опсег од 50 m/s. Во овој случај V_{50} се пресметува како аритметичка средина од десетте истрели.
3. Ако условот од горниот параграф (2) не е исполнет затоа што истрелите го преминуваат бараниот опсег од 50 m/s тогаш за калкулација се земаат седум задори со најголема брзина и седум продори со најмала брзина доколку паѓаат во опсег од 60 m/s.
4. Ако условот од горниот параграф (3) не е исполнет затоа што истрелите го преминуваат бараниот опсег од 60 m/s тогаш испитувањето треба да се повтори на нов примерок од материјалот.

Овој стандард предвидува користење на неколку типови на симулатори. На сликата (сл. 4.50) претставени се неколку симулатори.



Слика 4.50. Симулатори на фрагменти
Figure 4.50. Fragments simulator

За секое определување на V_{50} , испалувани се 20-25 фрагменти. На сликата (4.51) претставен е примерок на композитната плоча по балистичкото испитување.



Слика 4.51. Балистичка испитна композитна плоча
Figure 4.51. Ballistically tested composite panel

Пресметувањето на V_{50} се врши по формулата:

$$V_{50} = \frac{1}{2} \left[\frac{\sum_{1}^{N_{pi}} V_{pi}}{N_{pi}} + \frac{\sum_{1}^{N_{zi}} V_{zi}}{N_{zi}} \right]$$

каде што:

$$V_{psr} = \frac{\sum_{pi}^{N_{pi}} V_{pi}}{N_{pi}}$$

$$V_{zsr} = \frac{\sum_{zi}^{N_{zi}} V_{zi}}{N_{zi}}$$

или

$$V_{50} = \frac{V_{psr} + V_{zsr}}{2}$$

каде што:

V_{50} - брзина на 50% веројатност на продор.

V_{psr} - средна брзина на продор.

V_{zsr} - средна брзина на задор.

V_{pi} - поединечна брзина на продор.

V_{zi} - поединечна брзина на задор.

N_{zi} - број на задорите.

N_{pi} - број на продорите.

Средната брзина на задор претставува аритметичка средина од седумте истрели со најголема брзина кои се запрени од композитот, а средната брзина на продор, соодветно, е аритметичка средина од седумте истрели со најмала брзина кои извршиле пробој. За валидно се смета она испитување кај кое покрај другите услови, разликата меѓу средните брзини на продор и задор не е поголема од 25 m/s:

$$V_{psr} - V_{zsr} \leq 25 \text{ m/s}$$

По истата постапка опишана за фрагменти се врши испитување и за муниција. Но во тој случај се определува V_{50} за даден тип муниција, а вредноста е валидна само за тој еден тип муниција

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА (RESULTS AND DISCUSSION)

5.1. Идејно конструктивно решение во склад со стандардите за заштитна облека (New constructive solution in accordance with the standards for protective clothing)

Врз основа на моделот од технички цртеж (4.1) и направените конструкциски кроеви од поглавје (4.1.6), беа изработени планови на технолошки операции и планови на монтажа, со кои се реализираше изработката на новиот модел по точно утврдени чекори без простор за грешки и временски губитоци.

Моделот на заштитен елек за специјална намена е составен од два предни (внатрешен и надворешен) и три задни (внатрешен, средишен и надворешен) делови. Во новиот модел се вклучени и мобилни додатоци во пределот на половината и рамениот дел. Планови на технолошки операции и планови на монтажа направени се за секој дел поединечно.



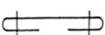









Од причини што станува збор за облека за специјална намена со систем за брзо отстранување од телото на носителот, не постојат странични и рамени шавови, па од тие причини и не постои план на монтажа на преден со заден дел.

Во продолжение се дадени плановите на технолошки операции и плановите на монтажа за секој дел одделно.

5.1.1. Елек за специјална намена – конструктивни делови (Vest for special purposes – construction parts)

Преден надворешен дел: Предниот надворешен дел е составен од еден основен конструктивен дел на кој се пришиени помали конструктивни делови. Во планот на технолошки операции за преден надворешен дел се вклучени фазите на изработка кои се претставени табеларно (таб. 5.1), а на слика (сл. 5.1) претставен е планот на монтажа на преден надворешен дел од заштитен елек за специјална намена.

Табела 5.1. План на технолошки операции за преден надворешен дел
 Table 5.1. Technological operation plan for the front outer part

Ред.бр./ Ser.no.	Име на операцијата/ operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка/ Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиции на велкро/Marking Velcro positions	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
4.	Обележување на позиции на гуртни/Marking of the pickles positions	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
5.	Пришивање на гуртни/Sewing the pickles		301		Нема/No
6.	Обележување на позиција на капак/ Marking the flap position	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
7.	Пришивање на капак/Sewing the flap		301		Нема/No
8.	Обележување на позиција на џеб/Marking the pocket position	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
9.	Изработка на џеб/Making a pocket				Разгледано во табела 5.7/ Considered in the table
10.	Фиксирање на платка/fixing the shawl	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
11.	Пришивање на паспул трака/Sewing a strip of tape		301		Нема/No
12.	Обележување на позиција на гуртни/Marking the position of the pickles	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
13.	Пришивање на гуртни/ Sewing pickles		301		Нема/No
14.	Обележување на позиција на платка/ Marking the position of the shawl	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
15.	Прицврстување на платка на преден дел/ Fixing the shawl to the front part		301		Нема/No



Слика 5.1 План на монтажа на преден надворешен дел од заштитен елек за специјална намена







Figure 5.1 Montage plan for the front outer part of vest for special purpose

Преден внатрешен дел и комплетирање на преден дел: Предниот внатрешен дел е составен од еден дел изработен од 3D Спејсер. На основниот кроен дел се пришиваат додатните делови. Во планот на технолошки операции

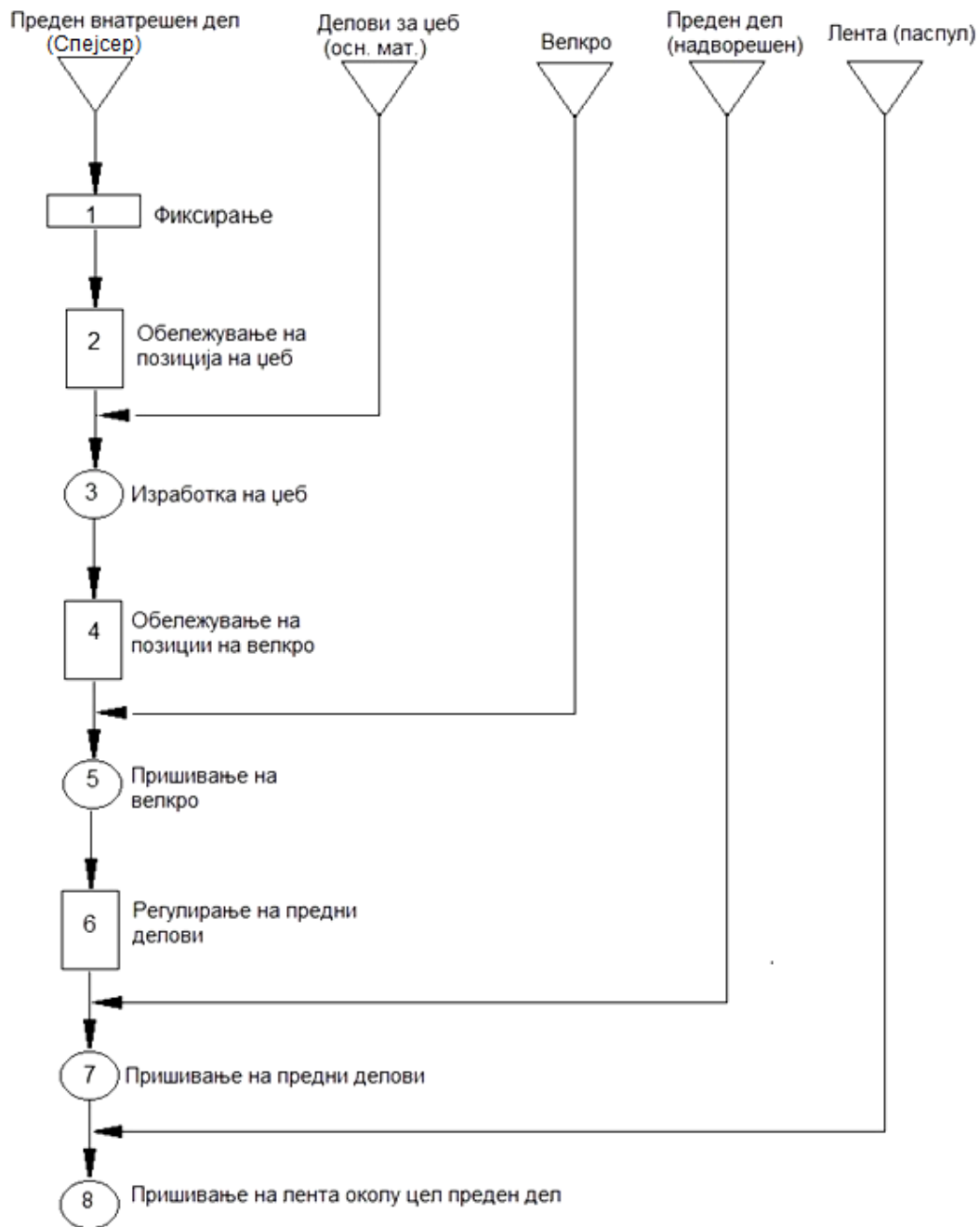
за преден внатрешен дел се вклучени следните фази на изработка кои водат до комплетирање на двата предни делови од заштитниот елек (таб. 5.2).

Табела 5.2. План на технолошки операции за преден внатрешен дел и комплетен преден дел.

Table. 5.2. Technological operation plan for the front inner part and completed front part.

Ред.бр./ Ser.no.	Име на операцијата/ Operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка/ Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиција на џеб (со два паспули)/ Marking the position of the pocket (with two poles)	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Изработка на џеб/Making a pocket				Разгледано во табела 5.10/ Considered in the table 5.10
4.	Обележување на позиции на велкро/Marking velcro positions	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
5.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
6.	Регулирање на предни делови/ Adjusting the front parts	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
7.	Пришивање на предни делови (надворешен и внатрешен)/ Sewing the front parts (external and internal)		301		Нема/No
8.	Пришивање на трака (лента, паспул) околу цел преден дел (надворешен и внатрешен)/ Sewing the tape (ribbon, patch) around the whole front part (external and internal)		301		Нема/No

На сликата подолу прикажан е планот на монтажа на преден внатрешен дел и комплетирање на преден дел од заштитен елек за специјална намена (сл. 5.2).





Слика 5.2. План на монтажа на преден внатрешен дел и комплетирање на преден дел од заштитен елек за специјална намена

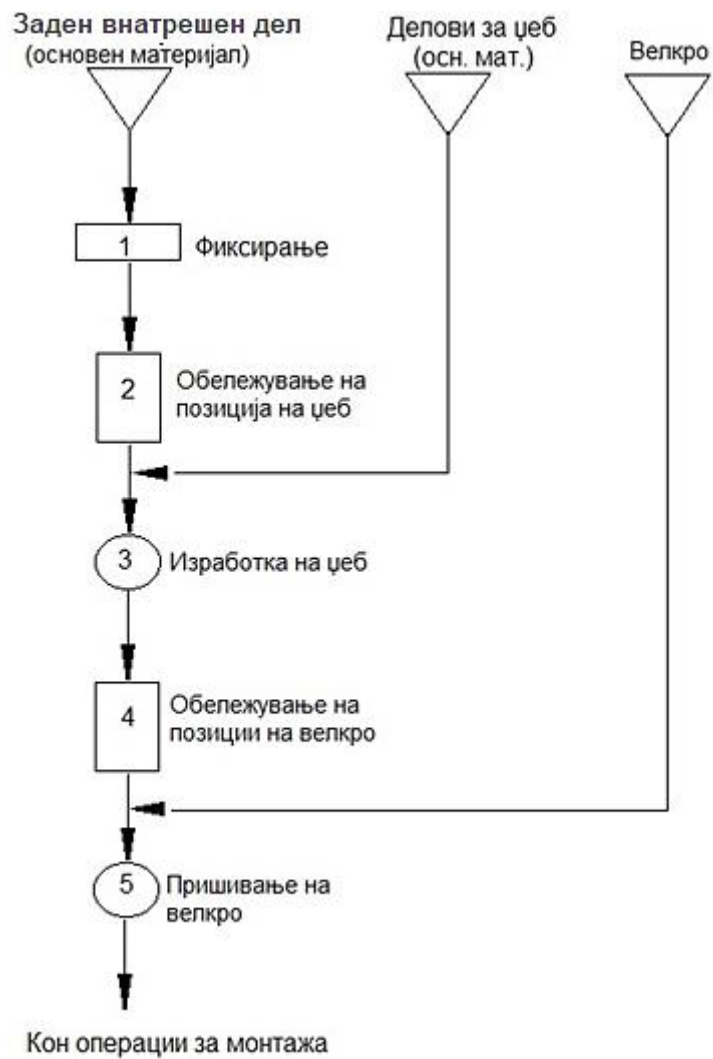
Figure 5.2. Montage plan for the front inner part and completing the front part of the vest for special purpose

Заден дел на елек за специјална намена – конструктивни делови на заден внатрешен дел: Задниот внатрешен дел е составен од еден основен конструкциски крој. Кон основниот кроен дел се пришиваат претходно

обработените делови. Планот на технолошки операции (таб. 5.3) и планот за монтажа (сл. 5.3) на заден внатрешен дел се прикажани во табелата подолу.

Табела 5.3 План на технолошки операции за заден внатрешен дел
Table 5.3 Technological operation plan for the rear inner part

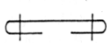





Ред.бр./ Ser.no.	Име на операцијата/ Operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка/ Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиција на џеб (со два паспули)/Marking the position of the pocket (with two poles)	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Изработка на џеб/Making a pocket				Разгледано во табела 5.10/ Considered in the table 5.10
4.	Обележување на позиции на велкро/Marking Velcro positions	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
5.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No

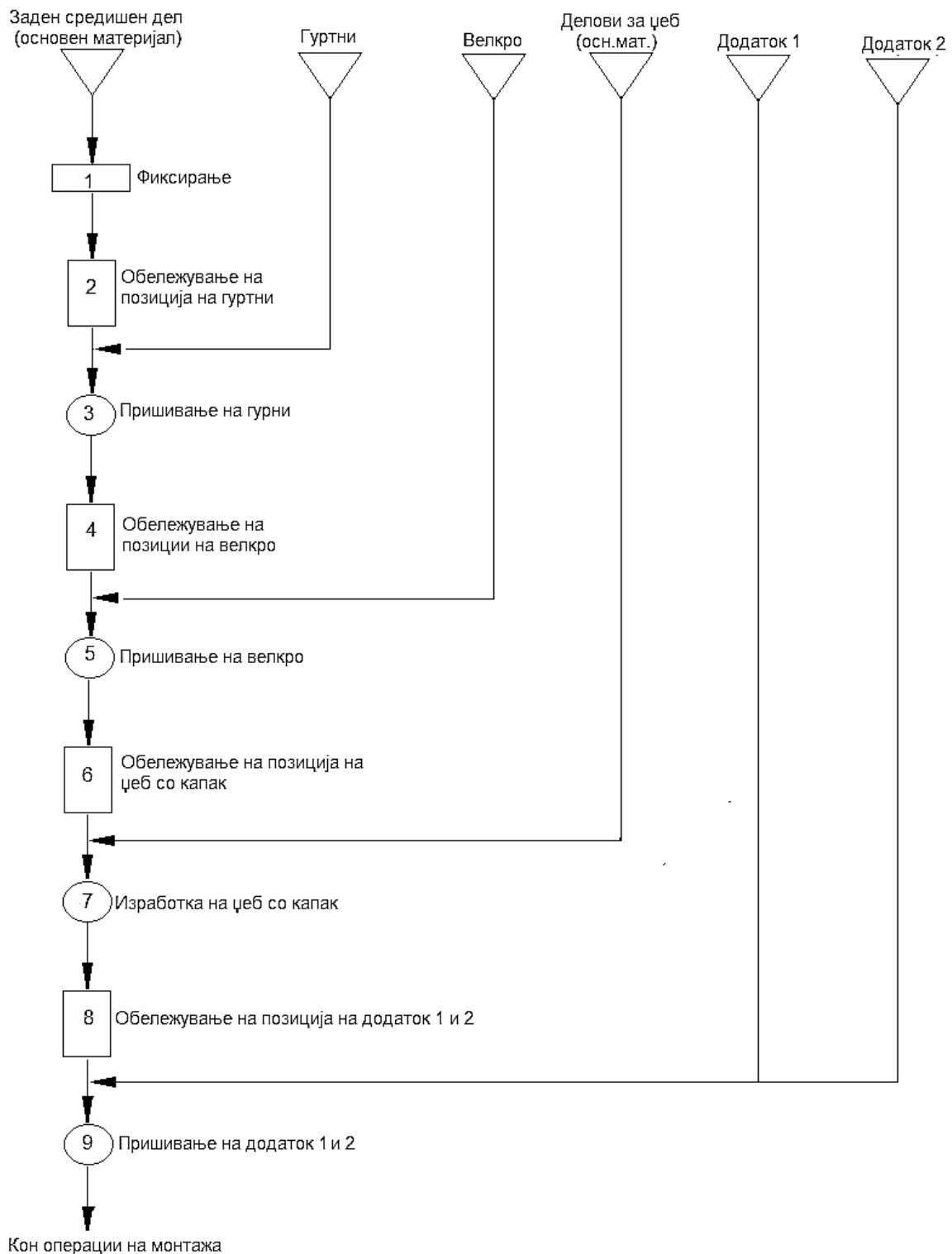


Слика 5.3. План на монтажа на заден внатрешен дел од заштитен елек за специјална намена
 Figure 5.3. Montage plan for the back inner part of the vest for special purpose

Заден средишен дел: Планот на технолошки операции (таб. 5.4) и планот за монтажа (сл. 5.4) за заден средишен дел се прикажани во продолжение.

Табела 5.4. План на технолошки операции за заден средишен дел
Table 5.4. Technological operation plan for the rear middle part

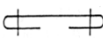

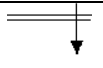



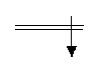



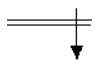

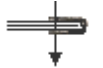

Ред.бр./ Ser.no.	Име на операцијата/ Operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка/ Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиции на гуртни/Marking of the pickles positions	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Пришивање на гуртни/Sewing the pickles		301		Нема/No
4.	позиции на велкро/Marking velcro positions	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
5.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
6.	Обележување на позиција на џеб/Marking the pocket position	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
7.	Изработка на џеб/Making a pocket				Разгледано во табела 5.7/ Considered in the table 5.7
8.	Обележување на позиција на лев и десен страничен додаток (додаток 1 и 2)/Marking the position of the left and right side raise part (part 1 and 2)	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
9.	Пришивање на лев страничен додаток/Sewing the left side raise part		301		Нема/No
10.	Пришивање на десен страничен додаток/ Sewing the right side raise part		301		Нема/No

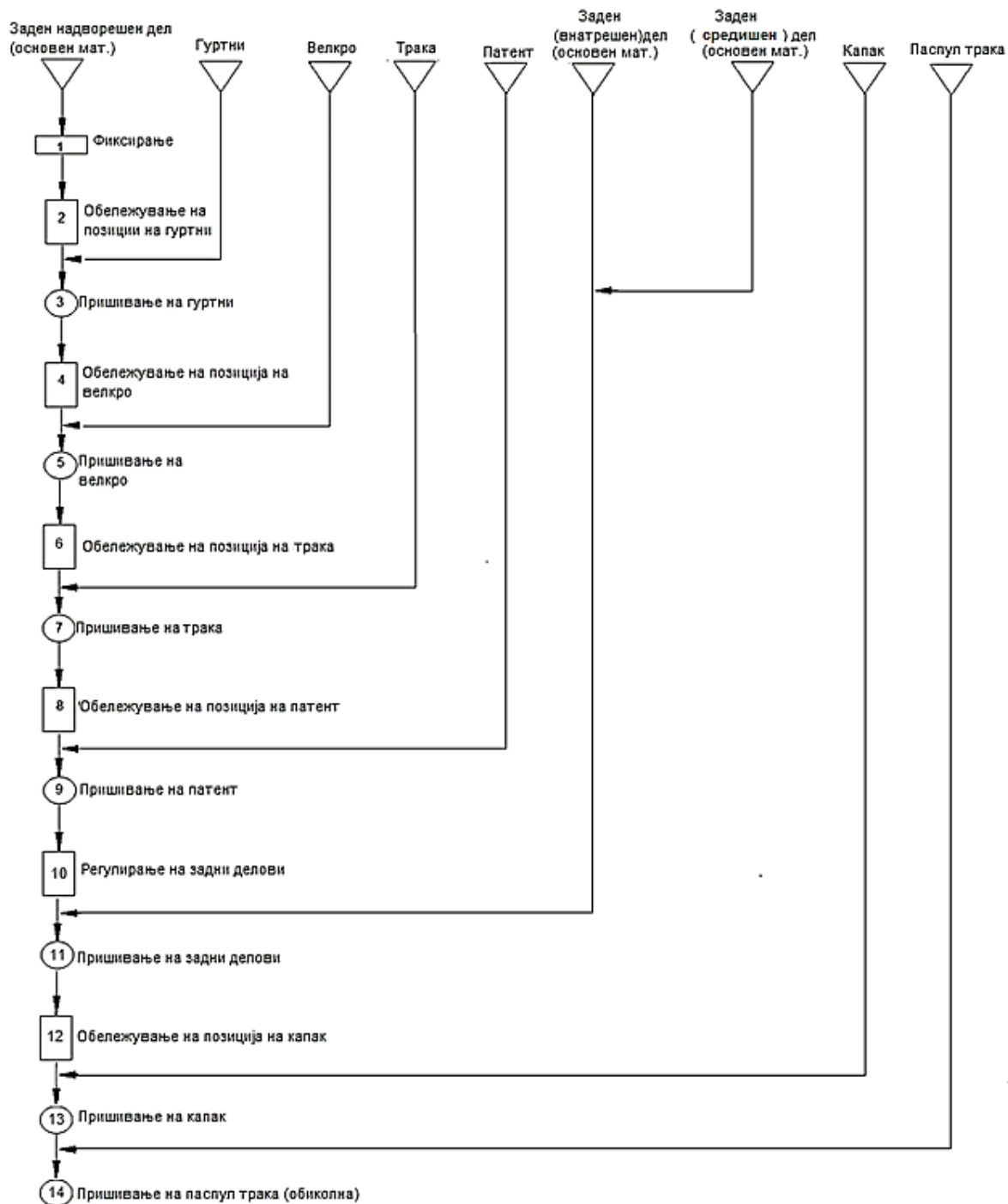


Слика 5.4. План на монтажа на заден средишен дел од заштитен елек за специјална намена
 Figure 5.4. Mountage plan for the back middle part of the vest for special purpose

Заден надворешен дел: Планот на технолошки операции (таб. 5.5) и планот за монтажа (сл. 5.5) на за заден надворешен дел се прикажани подолу.

Табела 5.5. План на технолошки операции за заден надворешен дел
 Table 5.5. Technological operation plan for the rear outer part

Ред.бр./ Ser.no.	Име на операцијата/ Operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка /Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиции на гуртни/Marking of the pickles positions	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Пришивање на гуртни/Sewing the pickles		301		Нема/No
4.	Обележување на позиции на велкро/Marking velcro positions	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
5.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
6.	Обележување на позиција на трака/Marking the position of the tape	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
7.	Пришивање на трака/Sewing the tape		301		Нема/No
8.	Обележување на позиција на патент/Marking the position of zipper	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
9.	Пришивање на патент/sewing the zipper		301		Нема/No
10.	Регулирање на задни делови/Adjustment of the rear parts	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
11.	Пришивање на задни делови/Sewing the rear parts		301		Нема/No
12.	Обележување на позиција на капак/Marking the flap position	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
13.	Пришивање на капак (Пришивање без вртење)/ Sewing the flap (without turning)		301		Нема/No
14.	Пришивање на лента (трака) околу пришиени задни делови/ Sewing the ribbon (tape) around sewn rear parts		301		Нема/No











Слика 5.5. План на монтажа на заден надворешен дел од заштитен елек за специјална намена

Figure 5.5. Mountage plan for the back outer part of the vest for special purpose

План на технолошки операции за мали делови: Во планот на технолошки операции за мали делови спаѓаат сите помали делови кои имаат функционална намена и се неизоставен дел од создавањето на новиот модел

на заштитна облека за специјална намена. Планот на технолошки операции (таб. 5.6) за малите делови од заштитниот елек е претставен подолу.

Табела 5.6. План на технолошки операции за изработка на капак за отвор на заден надворешен дел
Table 5.6. Technological operation plan for sewing flap for the hole of the back outer part

Ред.бр./ Ser.no.	Име на операцијата/ Operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type Of Stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка/ Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиција на велкро/Marking velcro position	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
4.	Пришивање на деловите/sewing the parts		301		Нема/No
5.	Пришивање на трака (паспул) околу капак/ /Sewing a strip of tape around the flap		301		Нема/No
6.	Пришивање на капак на заден надворешен дел/sewing the flap of the back outer part		301		Нема/No

Џебовите кои се составен дел од новиот модел на заштитна облека за специјална намена за војска и полиција играат исклучиво функционална улога. Истите служат за инсертирање на тврдата балистичка заштита. Големината на ѓебовите во овој случај се дефинирани од стандардните димензии на балистичките плочи, без значајни можности за промена на нивниот дизајн. Во табела (таб. 5.7) е даден планот на технолошки операции за изработка на надворешно пришиен ѓеб со капак.

Табела 5.7 План на технолошки операции за изработка на надворешно пришиен џеб со капак

Table 5.7 Technological operation plan for sewing an outer sewn pocket with flap

Ред.бр. Ser.no.	Име на операцијата/ operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка/ Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Прошивање на внатрешен шев/sewing the inner stitch	Нема/No	301	Нема/No	Нема/No
3.	Одсекување на аглите/Cutting the corners	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
4.	Вртење/Turning	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
5.	Пеглање и прекршување/Ironing and breaching	Нема/No	Рачно (преса, пегла) / Hand work (press,iron)	Нема/No	Нема/No
6.	Пришивање на велкро/Velcro sewing	Нема/No	301		Нема/No
7.	Нашивање на горен шев кон основниот дел/Sewing the upper stitch to the base	Нема/No	301		Нема/No
8.	Довршување/ Completion				

Пришивање на капак кон надворешниот џеб за тврда балистика - Капакот за џебот се изработува од основниот материјал и е поширок од џебот за 0,5-1,0 cm. На внатрешната страна од капакот се пришива велкро трака. Прикачувањето на капакот се врши со два шева и тоа:

1. Ушивање по единечен основен материјал и пеглање
2. Зашивање на капак кон основен дел со горен шев.













При шиенето густината на бодовите соодветствува на онаа на горниот шев на џебот. Ширината на шевот е иста кај џебот и капакот.

Капакот без џеб на предниот дел - има функционална улога и служи да ги поврзи (слепи) страничните додатоци за поврзување на преден и заден дел. Капакот е пришиен надворешен преден дел, а на него потоа се пришиваат гуртни за мобилни додатоци (чија улога е функционална), а на внатрешната

страна се пришива велкро. Планот на технолошки операции за капакот без џеб (таб. 5.8) е прикажан во продолжение.

Табела 5.8. План на технолошки операции за изработка на капак на преден надворешен дел

Table 5.8. Technological operations plan for making a flap on the front outer part








Ред.бр./ Ser.no.	Име на операцијата/ operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт /Type of transport	Забелешка/ Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиција на велкро/Marking velcro position	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
4.	Обележување на позиции на гуртни/Marking of the pickles positions	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
5.	Пришивање на гуртни/Sewing the pickles		301		Нема/No
6.	Пришивање на деловите/sewing the parts		301		Нема/No
7.	Пришивање на трака (паспул) околу капак/ the tape around the flap		301		Нема/No
8.	Пришивање на капак на преден надворешен дел/ Sewing the flap on the front outer part		301		Нема/No
9.	Поминување на горен шев/ Passing the upper seam		301		Нема/No

Капакот без џеб на задниот дел - исто така има функционална улога и служи да го покрие капакот за системот за брзо отстранување на елекот од телото на корисникот. Составен е од два дела: Внатрешен и надворешен. Најпрво се нашиват велкро и патент на внатрешниот дел, а потоа на надворешниот дел се

нашиваат гуртни, двата дела се пришиваат на тој начин што се поставуваат лице во лице, потоа се вртат и се поминува покривен бод. Планот на технолошки операции (таб. 5.9) е презентирани во продолжение.

Табела 5.9. План на технолошки операции за изработка на капак на заден надворешен дел








Table 5.9. Technological operations plan for making the flap on the rear outer part

Ред.бр. /Ser.no	Име на операцијата/ operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка /Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиции на велкро/Marking velcro positions	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
4.	Одредување на позиција на патент/Determine the position of the zipper	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
5.	Пришивање на патент/ Sewing the zipper		301	Нема/No	Нема/No
6.	Обележување на позиции на гуртни/Marking of the pickles positions	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
7.	Пришивање на гуртни/Sewing the pickles		301	Нема/No	Нема/No
8.	Поминување на составен шев на деловите (надворешен и внатрешен)/ sewing the integral seam of the parts (external and internal)		301		Нема/No
9.	Отворање на шевот/Opening the seam	Нема/No	Пегла	Нема/No	Нема/No
10.	Поминување на внатрешни составни шавови/of internal constituent seams		301 2x301	Нема/No	Нема/No
11.	Отсекување на аглите/Cutting the corners	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
12.	Вртење/Turning	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
13.	Пеглање/Ironing	Нема/No	Пегла /Iron	Нема/No	Нема/No
14.	Довршување/Completion				

Во моделот се вклучени два паспулирани џеба без подлисток. Овие џебови служат за инсертирање на меката балистичка заштита. Во планот на технолошки операции за изработка на двојно паспулираниот џеб без подлисток се вклучени следните операции (таб. 5.10):

Табела 5.10. План на технолошки операции за изработка на двојно паспулиран џеб без подлисток

Table 5.10. Technological operation plan for sewing double cleaved pocket without a sip





Ред.бр./Ser.no.	Име на операцијата/operation name	Симбол на шевот/Seam symbol	Тип на бод/Type of stitch	Тип на транспорт/Type of transport	Забелешка/Note
1.	Фиксирање на основниот дел и паспулите/Fixing the base and the strip tape	Нема/No	Преса/Press	Нема/No	Нема/No
2.	Поминување на составен шев на паспулот и основниот дел/Passage of a integrated seam of the strip tape and the base part		301		Нема/No
3.	Пеглање на резервите на паспулите/Ironing the stocks of the strip tape	Нема/No	Пегла/Iron	Нема/No	Нема/No
4.	Зацврстување на двата агли/Strengthening the two corners	Нема/No	301		Ринглица (специјална шивачка машина)
5.	Зацврстување на долниот паспул со горен шев/Fixing the lower side with an upper stitch		301		Нема/No
6.	Зацврстувањена горниот паспул со горен шев/Fixing upper top with an upper seam		301		Нема/No

Изработка на нараменици- Кај новиот модел на заштитна облека за специјална вградени се два конструктивно различни типови на нараменици и тоа:

1. Нараменици во облик на лента.
2. Нараменици во облик на футрола.

Нарамениците изработени во облик на лента служат како водичи за инсертите за брзо отстранување на елекот од телото на носителот, а вториот тип играат улога на футроли. И двата типа на нараменици се изработени од основниот материјал со пришиена велкро трака кон лицето и опачината. Со лепење на велкро траката се врши и нивно меѓусебно поврзување. Планот на технолошки операции за нараменици во облик на лента е прикажан подолу (таб. 5.11).








Табела 5.11. План на технолошки операции за нараменици во облик на лента
Table 5.11. Plan of technological operation for shoulder tape shape

Ред.бр. /Ser.no.	Име на операцијата/ operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт /Type of transport	Забелешка/ Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиција на велкро/Marking velcro position	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
4.	Пришивање на паспул (трака)/Sewing the strip tape		301		Нема/No

Табела 5.12. План на технолошки операции за нараменици во облик на футрола

Table 5.12. Plan of technological operations for shoulder holster shape







Ред.бр. /Ser.no.	Име на операцијата/ operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод Type of stitch	Тип на транспорт /Type of transport	Забелешка/ Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиција на велкро/Marking velcro positions	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No

3.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
4.	Пришивање на паспул (трака)/ Sewing the strip tape		301		Нема/No
5.	Поминување на внатрешен шев/Sewing the inner seam		301		Нема/No
6.	Опшивање/Overlock		504	Нема/No	Нема/No
7.	Вртење на лице/Turning in to face	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
8.	Пеглање/Ironing	Нема/No	Пегла/ Iron	Нема/No	Нема/No

Изработка на странични делови (канали) низ кои поминуваат додатоците (1 и 2) за поврзување на преден и заден дел: Овие делови се вкупно два (лев и десен соодветно) и се пришиваат на задниот средишен дел. Нивната намена е функционална т.е низ нив поминуваат левиот и десниот страничен додаток за поврзување на предниот со задниот дел од заштитниот елек.

Табела 5.13. План на технолошки операции за изработка на странични делови (канали) лев и десен











Table 5.13. Technological operation plan for sewing the side parts (canals) left and right

Ред.бр. /Ser.no.	Име на операцијата/ operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка /Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
3.	Пришивање на паспул (трака)/ Sewing the strip tape		301		Нема/No
4.	Пришивање на додаток со велкро на лев додаток		301		Нема/No
5.	Довршување/ Completion				













Изработка на странични делови (додатоци) за поврзување на преден и заден дел – Овие два дела имаат идентична димензија и конструктивно се

исти. Изработени се од основниот материјал на кој потоа се пришиваат гуртните и пластичните додатоци за брзо отстранување на елекот од телото на корисникот. Останатите два дела чија улога е да го притегнат задниот дел од елекот до телото имаат различна конструкција. Едниот е сигурносен ластик со пришиен велкро од внатрешната страна (на 10 см од крајот на ластикот), а другиот дел е изработен од основниот материјал со пришиена велкро трака од внатрешната страна. План на технолошки операции за изработка на страничен додаток 1 и 2 се прикажани подолу (таб. 5.14 и таб. 5.15).

Табела 5.14. План на технолошки операции за изработка на страничен додаток 1
Table 5.14 Technological operation plan for sewing the side part 1

Ред.бр./ Ser.no.	Име на операцијата/ operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка /Note
1.	Пришивање на гуртни на надворешниот дел / Sewing pickles to the outer part		301		Нема/No
2.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
3.	Поминување на составен шев на деловите (надворешен и внатрешен)/ sewing the integral seam of the parts (external and internal)		301		Нема/No
4.	Отворање на шевот/Opening the seam	Нема/No	Пегла/ Iron	Нема/No	Нема/No
5.	Поминување на внатрешни составни шавови)/ Sewing the inner integral seams		301 2x301		Нема/No
6.	Отсекување на аглите/Cutting the corners	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
7.	Вртење/Turning	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
8.	Пеглање/Ironing	Нема/No	Пегла/ Iron	Нема/No	Нема/No
9.	Поминување на горен шев/Sewing the upper seam		301 2x301		Нема/No
10.	Довршување/ Completion				

Табела 5.15. План на технолошки операции за изработка на страничен додаток 2
Table 5.15. Technological operation plan for sewing the side part 2

Ред.бр./Ser.no.	Име на операцијата/ operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка/ Note
1.	Пришивање на гуртни на надворешниот дел /Sewing the pickles to the outer part		301		Нема/No
2.	Пришивање на велкро/ Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
3.	Поминување на составен шев на деловите (надворешен и внатрешен)/sewing the integral seam of the parts (external and internal)		301		Нема/No
4.	Отворање на шевот/Opening the seam	Нема/No	Пегла/ Iron	Нема/No	Нема/No
5.	Поминување на внатрешни составни шавови)/ Sewing the inner integral seams		301 2x301		Нема/No
6.	Отсекување на аглите/Cutting the corners	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
7.	Вртење/Turning	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
8.	Пришивање на паспул/Sewing a string tape		301		Нема/No
9.	Пеглање/Ironing	Нема/No	Пегла/ Iron	Нема/No	Нема/No
10.	Поминување на горен шев/Sewing the upper seam		301 2x301		Нема/No
11.	Довршување/ Completion				

Изработка на јака: Конструкцијата на јаката е направена во согласност со барањата кои ги налага системот за брзо отстранување на елекот од телото на носителот. Се со цел јаката да може да се отстрани од телото заедно со предниот и задниот дел, потребно е истата да биде направена од два дела и тоа:









1. Преден дел од јаката – се прикачува со велкро за предниот дел од заштитниот елек и се ослободува од телото заедно со него.



2. Заден дел од јаката - се прикачува со велкро за задниот дел од заштитниот елек и се ослободува од телото заедно со него.

Предниот и задниот дел од јаката се составени исто од два дела: Внатрешен и надворешен.









Во табелата подолу е прикажан планот на технолошки операции за изработка на јаката на новиот модел на облека за специјална намена.

Табела 5.16 План на технолошки операции за изработка на јака (преден дел)
Table 5.16 Technological operation plan for sewing the collar (front part)

Ред.бр./ Ser.no.	Име на операцијата/ Operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка /Note
1.	Фиксирање на деловите/ Fixing parts	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиција на велкро/Marking velcro position	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Пришивање на велкро /Velcro sewing		301		Нема/No
4.	Пришивање на гуртни/ Sewing pickles		301		Нема/No
5.	Поминување на составен шев на деловите (надворешен и внатрешен)/ sewing the integral seam of the parts (external and internal)		301		Нема/No
6.	Отворање на шевот/Opening the seam	Нема/No	Пегла/ Iron	Нема/No	Нема/No
7.	Отсекување на аглите/Cutting the corners	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
8.	Вртење/Turning	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
9.	Поминување на зацврстувачки бод по надворешната контура на јаката/ Sewing the reinforcement stitch along the outer contour of the collar		301		Нема/No
10.	Обележување на позиција на велкро ленти/Marking velcro tape position	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No

11.	Пришивање на велкро ленти/Velcro tape sewing		301		Нема/No
12.	Пеглање/Ironing	Нема/No	Пегла/ Iron	Нема/No	Нема/No
13.	Довршување/ Completion				





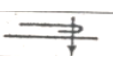



Табела 5.17 План на технолошки операции за изработка на јака (заден дел)
Table 5.17 Technological operation plan for sewing the collar (back part)



Ред.бр. Ser.no.	Име на операцијата Operation name	Симбол на шевот Seam symbol	Тип на бод Type of stitch	Тип на транспорт Type of transport	Забелешка Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиција на велкро/Marking velcro position	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Пришивање на велкро /Velcro sewing		301		Нема/No
4.	Поминување на составен шев на деловите (надворешен и внатрешен)/ sewing the integral seam of the parts (external and internal)		301		Нема/No
5.	Отворање на шевот/Opening the seam	Нема/No	Пегла/ Iron	Нема/No	Нема/No
6.	Отсекување на аглите/Cutting the corners	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
7.	Вртење/Turning	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
8.	Поминување на зацврстувачки бод по надворешната контура на јаката/ Sewing the reinforcement stitch along the outer contour of the collar		301		Нема/No
9.	Обележување на позиција на велкро ленти/Marking velcro tape position	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
10.	Пришивање на велкро ленти/Velcro tape sewing		301		Нема/No
11.	Пеглање/Ironing	Нема/No	Пегла/ Iron	Нема/No	Нема/No
12.	Довршување/ Completion				

Изработка на полуракави: Полуракавите се изработени од два дела: Внатрешен и надворешен. Пришиен е и велкро за регулирање на ширината во горниот дел на раката. Со помош на гајќи се обезбедува сигурност и одржување во позиција на велкро траката. Отворот за вметнување на мека балистичка заштита се затвора со помош на велкро. Прикачувањето на полуракавите на елекот се врши со велкро.



Во табелата подолу (таб. 5.18) се прикажани планот на технолошки операции за изработка на полуракавите и изработка на гајќи (таб. 5.19) на новиот модел на облека за специјална намена.

Табела 5.18. План на технолошки операции за изработка на полу-ракави
Table 5.18. Technological operation plan for sewing the half-sleeves

Ред.бр./ Ser.no.	Име на операцијата/ Operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка/ Note
1.	Фиксирање / Fixing	Нема/No	Преса/ Press	Нема/No	Нема/No
2.	Обележување на позиција на велкро/Marking velcro position	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Пришивање на паспул (трака) на едната страна од велкро лентата/ Sewing the strip (tape) on one side of the velcro tape		301		Нема/No
4.	Пришивање на велкро/Velcro sewing		301		Нема/No
5.	Обележување на позиција на гајќи/Marking the position of loops	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
6.	Пришивање на гајќи/Sewing the loops		301		Нема/No
7.	Поминување на составен шев на деловите (надворешен и внатрешен)/ sewing the integral seam of the parts (external and internal)		301		Нема/No
8.	Отворање на шевот/Opening the seam	Нема/No	Пегла/ Iron	Нема/No	Нема/No

9.	Отсекување на аглиите/Cutting the corners	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
10.	Вртење/Turning	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
11.	Поминување на зацврстувачки бод по надворешната контура на полуракавот/ Sewing the reinforcement stitch along the outer contour of the half-sleeve		301		Нема/No
12.	Пеглање/Ironing	Нема/No	Пегла/ Iron	Нема/No	Нема/No
13.	Довршување/ Completion				

Табела 5.19. План на технолошки операции за изработка на гајќи
Table 5.19. Technological operation plan for sewing the loops







Ред.бр./ Ser.no.	Име на операцијата/ Operation name	Симбол на шевот/ Seam symbol	Тип на бод/ Type of stitch	Тип на транспорт/ Type of transport	Забелешка/ Note
1.	Пеглање/Ironing	Нема/No	Пегла/ Iron	Нема/No	Нема/No
2.	Отсекување на гуртни по должина/ Cutting pickles by length	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Пришивање на гајќи/Sewing the loops		301		Нема/No

Гајките се изработени од гуртни со стандардна ширина од 2,0 cm, па затоа и дел од операциите во кои се вклучени операциите поминување на внатрешен шев, вртење на лице и поминување на горен шев (301 или 2x301) не се дел од планот на технолошки операции за изработка на гајќи кај новиот модел.

Изработка на додаток за брзо отстранување на елекот од телото на корисникот: Овој дел е составен од кабли и велкро. Со помош на велкро изработена е футрола во која се инсертирани каблите за брзо отстранување. Велкрото се лепи на предниот надворешен дел. Со извлекување на овој додаток (кој има минорни димензии и е скоро незабележителен), елекот се ослободува од телото за неколку секунди.

Табела 5.20. План на технолошки операции за изработка на систем за брзо отстранување на елекот

Table 5.20. Technological operation plan for sewing the system for quick removal of the vest

Ред.бр. Ser.no.	Име на операцијата operation name	Симбол на шевот Seam symbol	Тип на бод Type of stitch	Тип на транспорт Type of transport	Забелешка Note
1.	Пришивање на велкро на / Velcro sewing		301		Нема/No
2.	Инсертирање на систем за брзо отстранување/Inserting a system for quick removal	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
3.	Поминување на составни шавови/Sewing compound stitches		301 2x301		Нема/No
4.	Отсекување на аглите/Cutting the corners	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
5.	Вртење/Turning	Нема/No	Рачно/ Hand work	Нема/No	Нема/No
6.	Поминување на горен шев/Sewing the upper seam		301 2x301		Нема/No
8.	Довршување/ Completion				

Моделот беше точно и прецизно изработен според плановите на технолошки операции и плановите на монтажа прикажани погоре. Исто така, се олесни и процесот на изработка на моделот и се заштеди време. Благодарение на овие планови моделот се изработуваше во фази се до негово конечно (финално) комплетирање.

5.2. Изглед на модел во фаза на монтажа и конечен изглед



Слика 5.6 Изглед на преден надворешен дел во фаза на монтажа (предна страна)

Figure 5.6 Appearance of front outer part in montage phase (front side)



Слика 5.7 Изглед на преден надворешен дел во фаза на монтажа (опачина)

Figure 5.7 Appearance of front outer part in montage phase (back side)



Слика 5.8 Изглед на преден внатрешен дел во фаза на монтажа (предна страна)

Figure 5.8 Appearance of front inner part in montage phase (front side)



Слика 5.9 Изглед на преден внатрешен дел во фаза на монтажа (опачина)

Figure 5.9 Appearance of front inner part in montage phase (back side)



Слика 5.10 Изглед на заден средишен дел во фаза на монтажа (предна страна)
Figure 5.10 Appearance of back middle part in montage phase (front side)



Слика 5.11 Изглед на заден средишен дел во фаза на монтажа (опачина)
Figure 5.11 Appearance of back middle part in montage phase (back side)



Слика 5.12 Изглед на капак и отвор на заден надворешен дел
Figure 5.12 Appearance of flap and hole on the rear outer part



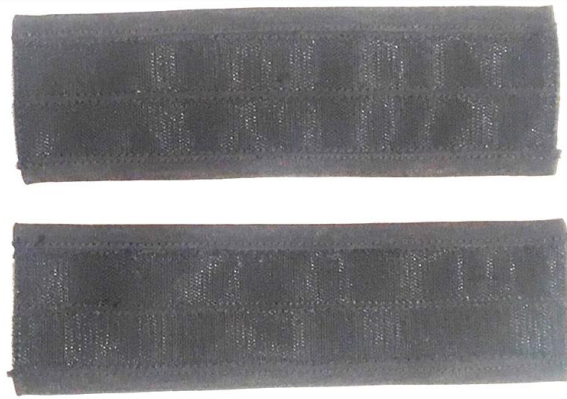
Слика 5.13 Изглед на заден надворешен дел во фаза на монтажа
Figure 5.13 Appearance of back outer part in montage phase



Слика 5.14 Изглед на заден внатрешен дел во фаза на монтажа
Figure 5.14 Appearance of back inner part in montage phase



Слика 5.15 Изглед на капак без џеб, странични додатоци (каналы) и
нараменици во облик на лента монтирани на комплетиран заден (надворешен)
дел
Figure 5.15 Appearance of flap without pocket, side parts (canals), and shoulders
tape form mounted on completed back (outer) part



Слика 5.16 Изглед на нараменица во облик на лента после монтажа
Figure 5.16 appearance of shoulder tape shape after the montage phase



Слика 5.17 Изглед на нараменица во облик на футрола после фаза на монтажа
Figure 5.17 appearance of shoulder holster shape after the montage phase



Слика 5.18 Изглед на странични делови (канали) лев и десен
Figure 5.18 Appearance of the side parts (canals) left and right



Слика 5.19 Изглед на странични делови (за сигурносно прицврстување на заден дел кон телото)
Figure 5.19 Appearance of the side parts (for securely fastening the rear part to the body)



Слика 5.20 Изглед на странични додатоци 1 и 2 по фазата на монтажа
Figure 5.20 Appearance of side parts 1 and 2 after the montage phase



Слика 5.21 Изглед на полуракав по фаза на монтажа
Figure 5.21 Appearance of half-sleeves after the montage phase



Слика 5.22 Изглед на јака по фаза на монтажа (преден, заден дел и комплетирана)
Figure 5.22 Appearance of collar after the montage phase (front, rear part and completed)



Слика 5.23 Изглед на систем за брзо отстранување
Figure 5.23 Appearance of the system for quick removal



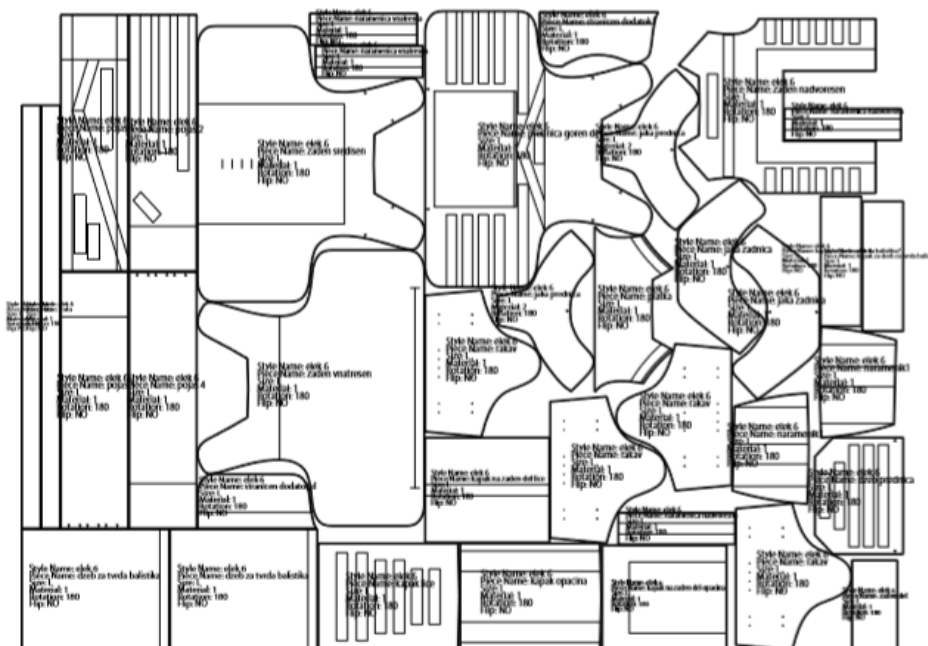
Слика 5.24 Изглед на комплетиран модел
Figure 5.24 Appearance of completed model

Освен добивањето на модел според претходно пропишаните барања и критериуми, во предвид треба да се земе и потрошувачката на материјал за негово добивање. Добриот производ значи и добар однос на дизајн/цена, а доколку не се направат напори за заштеда на материјалот при кроење трошоците за негово добивање ќе бидат поголеми, а со тоа и цената на производот ќе биде повисока. Ова е од особена важност за материјалите кои имаат висока цена како што се надворешниот материјал (РА) и 3D Спејсерот (100 % Полиамид). Поставата е полесно достапна на пазарот, а нејзината цена е многу пониска, па затоа во ова истражување истата нема да биде земена во предвид.

5.3. Кројни слики, степен на искористување на материјалот при искројување како и можности за заштеда (Cutting layouts, the percentage of utilization of the cutting material and utilization possibilities)

За испитување на влијанието на видот, ширината, должината на кројната слика и бројот на кројни наслаги врз потрошувачката и искористувањето на текстилните материјали употребени во новиот модел, анализирани се пет кројни слики за основниот материјал и три за 3D Спејсерот, кои се разликуваат во однос на употребените конфекциски големини, должината и бројот на наслаги од материјал. Кројните слики за основниот материјал и за Спејсерот беа изработени во софтверскиот програм OPTITEX CutPlan.

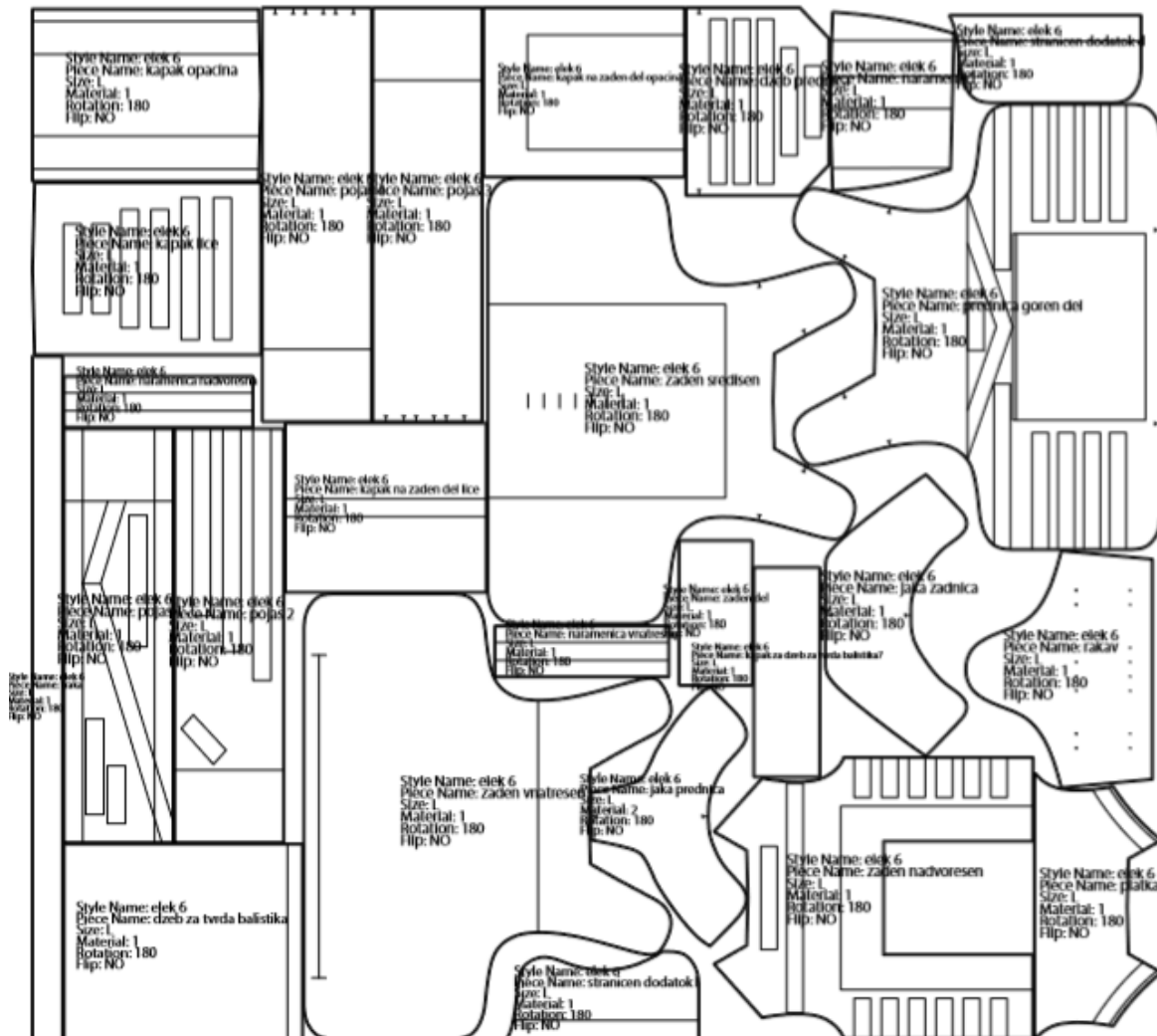
На сликите (сл. 5.25 – сл. 5.29) прикажани се пет типа на кројни слики кои се однесуваат за основниот материјал (Полиамид 6.6). Станува збор за различни варијанти на кројни слики во кои се вклопени различни конфекциски големини, со различен број на наслаги и различна должина на кројната слика. Ширината на кројната слика кај сите 5 типа е земена за стандардна и изнесува 144 cm (корисна ширина). Резултатите од искористувањето на основниот материјал поединечно за секоја кројна слика се прикажани во продолжение (таб. 5.21-таб. 5.25), а компаративните резултати се прикажани графички и со помош на блок дијаграм (сл. 5.30 и сл. 5.31).



Слика 5.25. Изглед на кројна слика 1
Figure 5.25. Appearance of cutting layout 1

Табела 5.21. Степен на искористување на основен материјал за кројна слика 1
 Table 5.21. Utilization degree of the main material for cutting layout 1

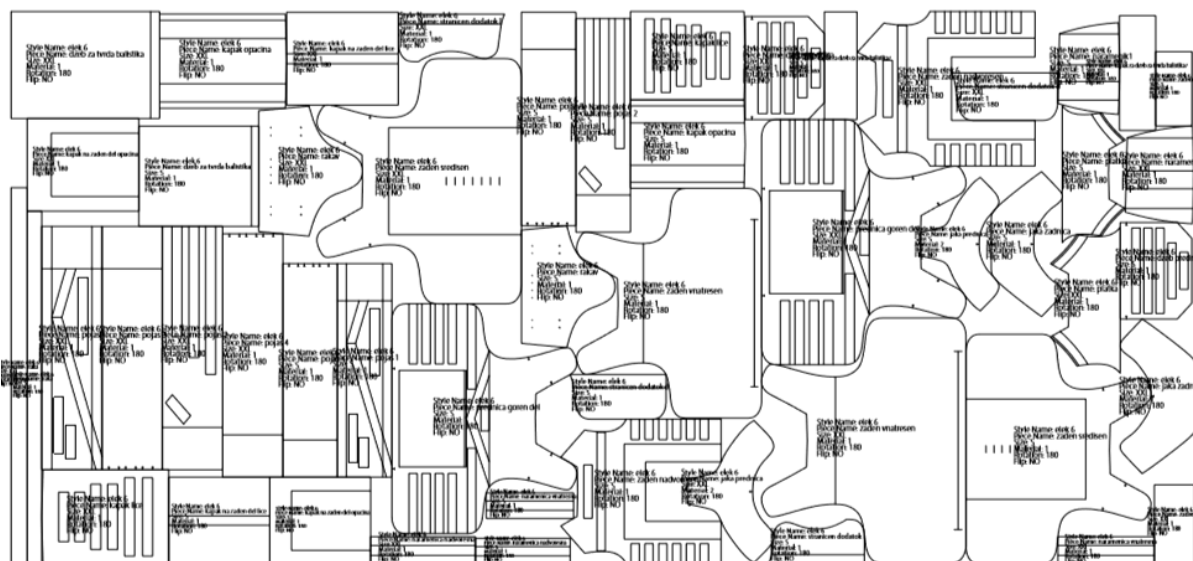
Ширина на кројна слика/ Width of a cutting layout 1,44 m	ВИД НА КРОЈНА СЛИКА/ TYPE OF CUTTING LAYOUT	
	Едногелеминска – (L) / 1 наслага/ One size - (L) / 1 Layer	
	Искористеност/Usage (%)	Должина/Length (m)
	81,22	1.98



Слика 5.26. Изглед на кројна слика 2
 Figure 5.26. Appearance of cutting layout 2

Табела 5.22. Степен на искористување на основен материјал за кројна слика 2
 Table 5.22. Utilization degree of the main material for cutting layout 2

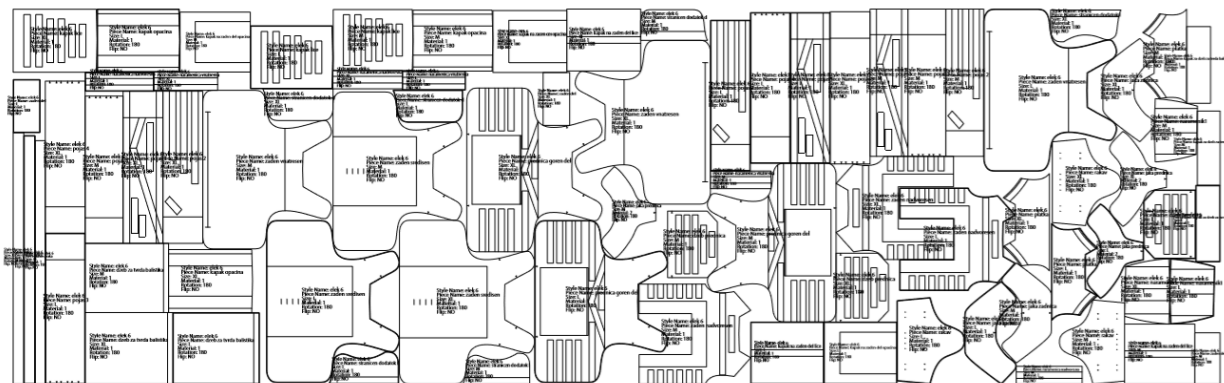
Ширина на кројна слика/ Width of a cutting layout 1,44 m	ВИД НА КРОЈНА СЛИКА/ TYPE OF CUTTING LAYOUT	
	Едноголеминска – (L) / 10 наслаги One size – (L) / 10 Layers	
	Искористеност/Usage (%)	Вкупна должина на сите наслаги од материјал/ Total length of all layers of material (m)
	82.33	15.3



Слика 5.27. Изглед на кројна слика 3
 Figure 5.27. Appearance of cutting layout

Табела 5.23. Степен на искористување на основен материјал за кројна слика 3
 Table 5.23. Utilization degree of the main material for cutting layout 3

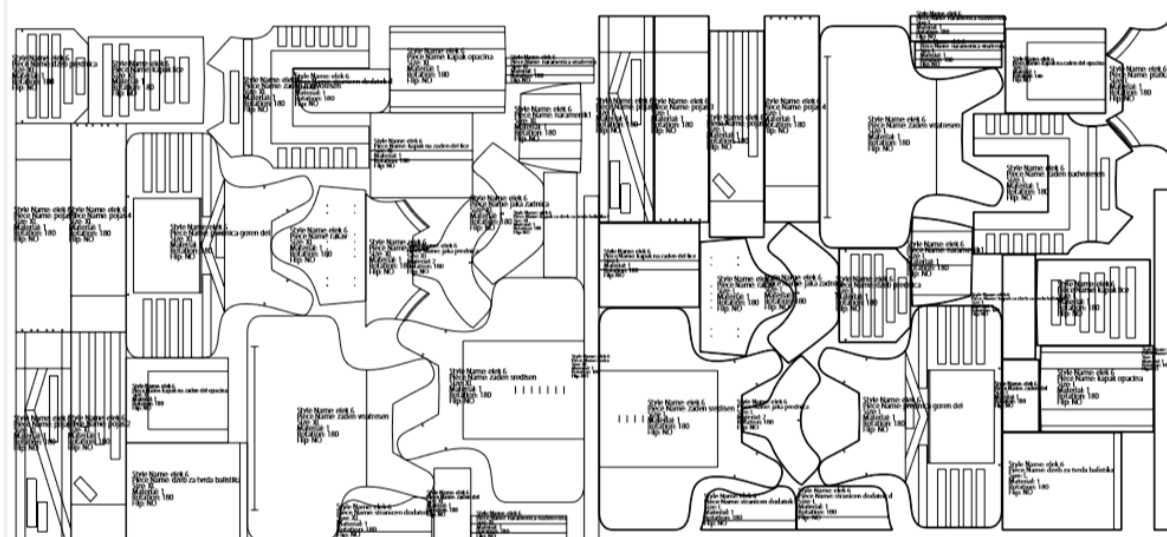
Ширина на кројна слика/ Width of cutting layout 1,44 m	ВИД НА КРОЈНА СЛИКА/ TYPE OF CUTTING LAYOUT	
	Двоголеминска (S и XXL)/ 5 наслаги Two-sized (S и XXL)/ 5 layers	
	Искористеност/Usage (%)	Вкупна должина на сите наслаги од материјал/ Total length of all layers of material (m)
	84.44	15.5



Слика 5.28. Изглед на кројна слика 4
Figure 5.28. Appearance of cutting layout 4

Табела 5.24. Степен на искористување на основен материјал за кројна слика 4
Table 5.24. Utilization degree of the main material for cutting layout 4

Ширина на кројна слика/ Width of a cutting layout 1,44 m	ВИД НА КРОЈНА СЛИКА/ TYPE OF CUTTING LAYOUT	
	Повеќеголеминска (M, L и XL)/ 5 наслаги/ Multi-sized (M, L и XL)/ 5 layers	
	Искористеност/Usage (%)	Вкупна должина на сите наслаги од материјал/ Total length of all layers of material (m)
	83.45	23.25



Слика 5.29. Изглед на кројна слика 5
Figure 5.25. Appearance of cutting layout 5

Табела 5.25. Степен на искористување на основен материјал за кројна слика 5
 Table 5.25. Utilization degree of the main material for cutting layout 5

Ширина на кројна слика/ Width of a cutting layout 1,44 m	ВИД НА КРОЈНА СЛИКА/ TYPE OF CUTTING LAYOUT	
	Двоголеминска (L и XL)/ 10 наслаги со должина 3.22 m (L и XL) и 5 наслаги (над нив со големина L) со должина 1.59 m Two-sized (L and XL)/ 10 layers with length 3.22 m (L/XL) and 5 layers (above with size L) with length 1.59 m	
	Искористеност/Usage (%)	Вкупна должина на сите наслаги од материјал/ Total length of all layers of material (m)
82.06	39.7	

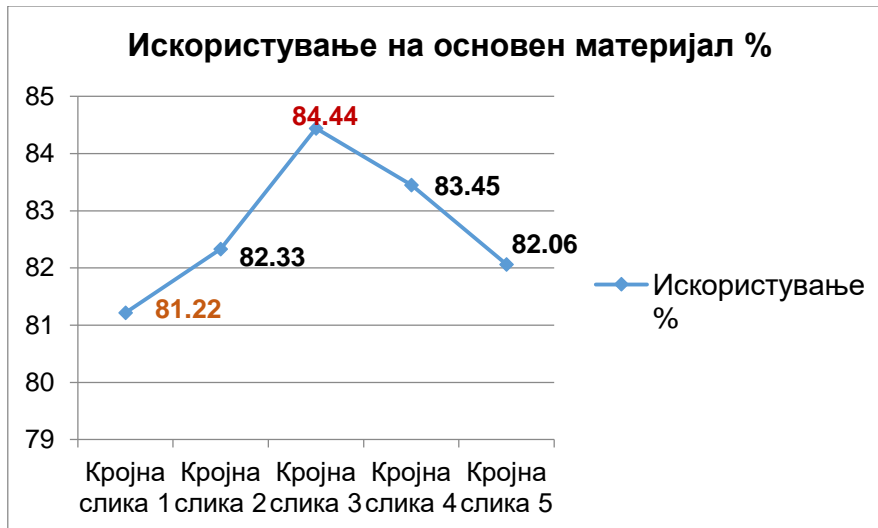
Од добиените резултати за сите 5 типа на кројни слики направени за основниот материјал може да се заклучи дека најмало искористување (81,22%) на материјалот се јавува кај кројна слика 1 каде е вклопена само L големина. Помал процент на искористување се јавува и кај кројна слика 2 (82.33%) каде е вклопена само една големина (L), но бројот на кројни наслаги е десет. Примената на поголем број на наслаги е непрактично посебно за подебели и скапи материјали. Од причини што основниот материјал од кој е изработен моделот има висока и цена и дебелина не се препорачува да се крои во поголем број на наслаги. Тоа што материјалот е обработен со премаз (за истиот да биде водоотпорен) дополнително го отежнува процесот на кроење (доколку кроењето се изведува со вертикален нож), бидејќи може да дојде до растопување на премазот од генерираната топлина - настаната како резултат на фрикцијата на ножот со ткаенината во самиот процес на кроење. Ова е особено веројатно да се случи кај материјали кои содржат Полиамид и Полиестер. Од причини што моделот е изработен од ткаенини на база на овие влакна се препорачува кроењето да се изведе со рачни ножици, наместо со вертикален нож. Искројувањето на материјалот со рачни ножици ја елиминира можноста за слепување на слоевите од кројната наслага што се случува при искројување со вертикален нож (за што потоа би требало да се изврши механичко/насилно одлепување на слоевите од материјал, што од друга страна може да предизвика трајни оштетувања на материјалот). Недостатокот пак на процесот на искројување со рачни ножици е ограничувањето на висината на кројната наслага, што го прави процесот на искројување подолг.

Доколку постои потреба за заштеда на време тогаш може да се користат повеќе кројни наслаги со употреба на вертикален нож за искројување, но за да не се појават гореспоменатите несакани ефекти се препорачува поставување на специјална хартија помеѓу секоја наслага од материјал (во фазата на положување) која ќе ја елиминира можноста за меѓусебно слепување на слоевите, или како алтернатива може да се примени спреј за ладење на ножот во процесот на искројување. Пожелно е и брзината на искројување, исто така, да биде намалена.

Едноголеминските кројни слики реално и не даваат висок процент на искористување, па затоа и се скоро непрактични за употреба. Кројната слика 5 во која се вклопени две конфекциски големини (L и XL), со број на наслаги од материјал значително поголем од останатите, не покажа значителен процент на искористување на материјалот, вкупната должината на наслагите од материјал во овој случај се одрази негативно врз степенот на искористување на материјалот (82.06%). Големата должина на кројната слика е непрактична посебно за скапи материјали бидејќи се зголемува веројатноста за појава на грешки како во искројувањето така и кај материјалот (должината на кројната слика е голема, па материјалот за наредната кројна наслага може да биде од друга ролна која може да се разликува од претходната во нијанса), притоа овие грешки може да доведат и до големи парични губитоци. Кројната слика 4 покажува нешто поголемо искористување (83.45%), а во неа се вклопени три големини (M, L и XL), кројната слика иако е мешовита (кројните делови од употребените три конфекциски големини се измешани меѓусебе) не се постигна највисок процент на искористување. Сепак, најголем процент на искористување на материјалот е забележан кај кројната слика 3 (84.44%) каде мешовито се вклопени две големини, најмалата и најголемата (S и XXL) со пет наслаги од материјал.

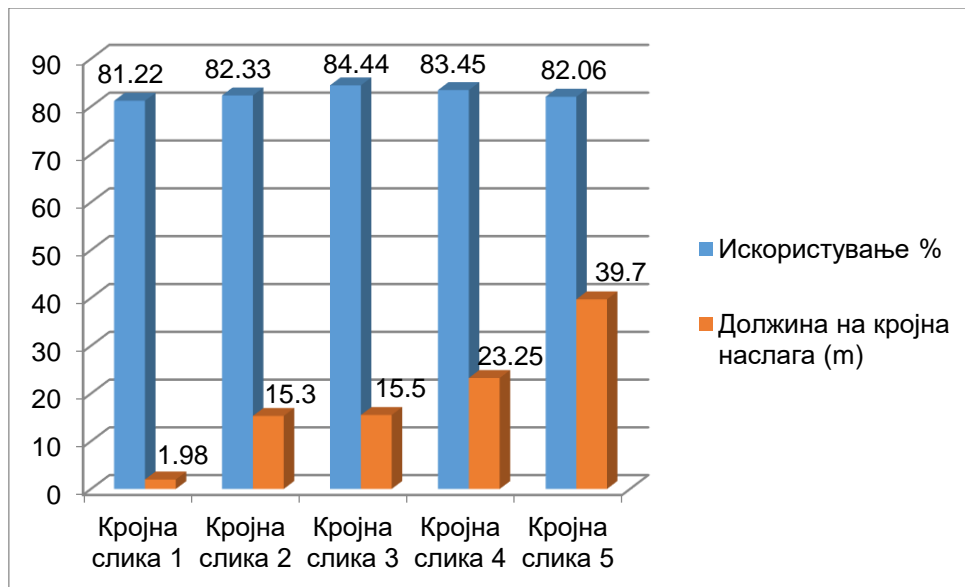
Сумарно од добиените резултати може да се заклучи дека вклопувањето на најмалата и најголемата конфекциска големина даваат најголем процент на искористување. Должината на кројната слика исто така не треба да е преголема, а треба да се ограничи и висината на кројната наслага на само неколку слоеви. Не е препорачливо користење на едноголемински кројни слики, бидејќи не даваат висок степен на искористување. Правецот на кроење на моделот е уште еден ограничувачки фактор. Имено, правецот на кроење е

паралелен на основната линија што ја ограничува можноста за целосно ротирање (360°) на кројните делови. Дозволеното ротирање е ограничено на 180° што влијае негативно за добивање на поголем степен на искористување на материјалот.



Слика 5.30 Графички приказ за искористување на основниот материјал при кроење

Figure 5.30 Graphical view of the utilization degree for the main cutting material



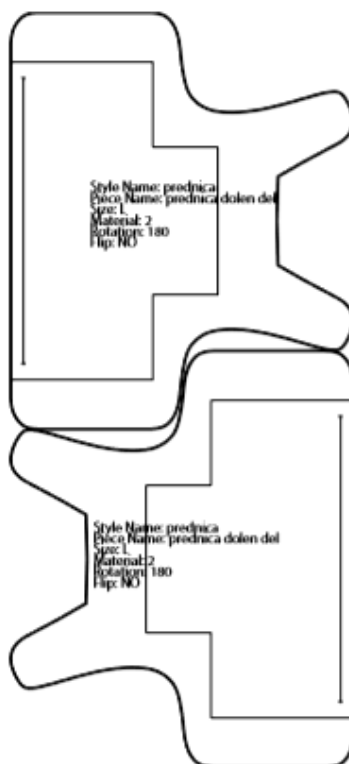
Слика 5. 31. Степен на искористување на материјалот при кроење во однос на должината на кројната слика

Figure 5.31. The utilization degree of the material during cutting in relation to the length of the cutting layout

На сликите подолу (сл. 5.29, сл. 5.30 и сл 5.31) прикажан е изглед на кројни слики 6, 7 и 8 за 3D Спејсерот кој се користеше за изработка на предниот

внатрешен дел. Во трите кројни слики направена е различна комбинација на конфекциски големини при стандардна ширина на материјалот од 1.49 м. Искројувањето е извршено само на една кројна наслага поради дебелината и структурата на материјалот.

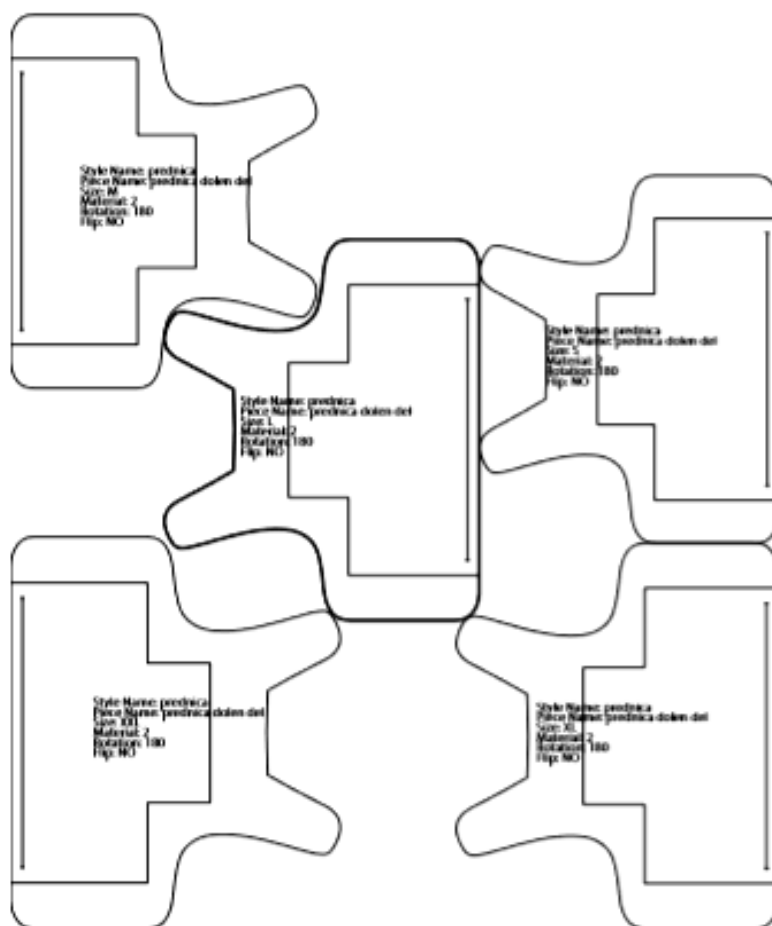
Добиените резултати од секоја кројна слика се сумирани и презентирани табеларно (таб. 5.26, таб. 5.27 и таб. 5.28) и со помош на блок дијаграм (сл. 5.35).



Слика 5.32. Изглед на кројна слика 6
Figure 5.32. Appearance of cutting layout 6

Табела 5.26. Степен на искористување на 3D Спејсер за кројна слика 6
Table 5.26. Utilization degree of the main material for cutting layout 6

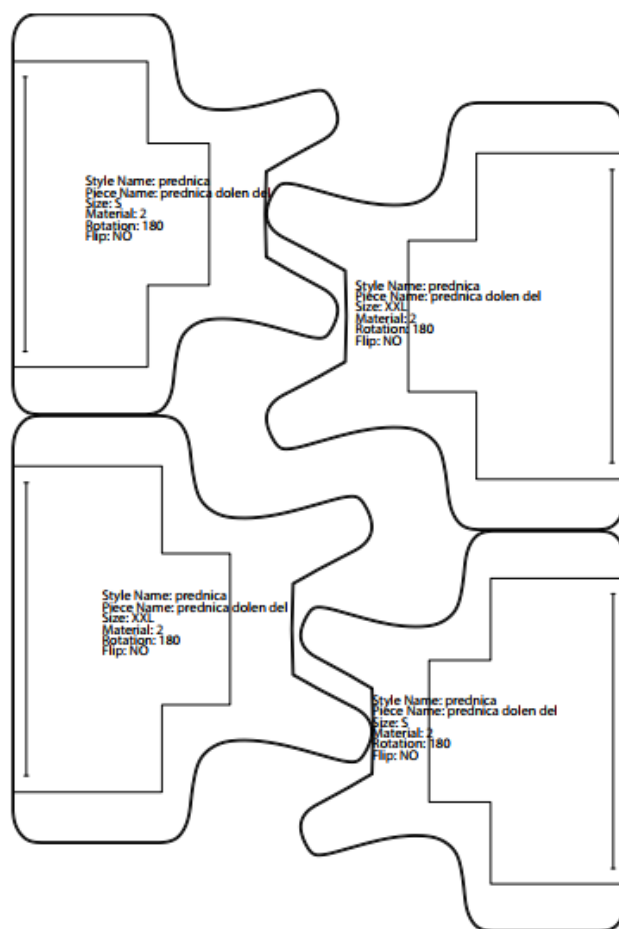
Ширина на кројна слика/ Width of a cutting layout 1,49 m	ВИД НА КРОЈНА СЛИКА/ TYPE OF CUTTING LAYOUT	
	Едноголеминска/ L (Large) вклопена двапати/1 наслага One size - (L) / fitted twice/1 layer	
	Искористеност/Usage (%)	Должина/Length (m)
	55%	0.51



Слика 5.33. Изглед на кројна слика 7
Figure 5.33. Appearance of cutting layout 7

Табела 5.27. Степен на искористување на 3D Спејсер за кројна слика 7
Table 5.27. Utilization degree of the main material for cutting layout 7

Ширина на кројна слика/ Width of a cutting layout 1,49 m	ВИД НА КРОЈНА СЛИКА/ TYPE OF CUTTING LAYOUT	
	Повеќеголеминска (S,M,L,XL,XXL) 1 наслага Multi-sized (S,M,L,XL,XXL)/1 layer	
	Искористеност/Usage (%)	Должина/Length (m)
	57%	1.49



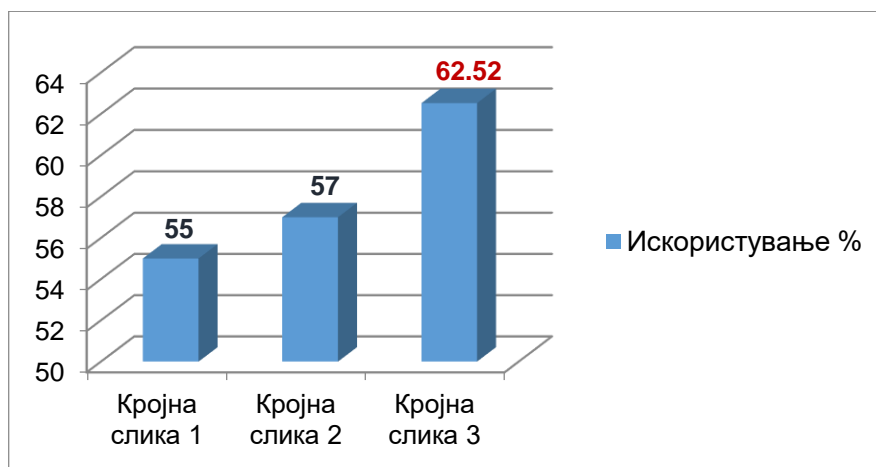
Слика 5.34. Изглед на кројна слика 8
Figure 5.34. Appearance of cutting layout 8

Табела 5.28. Степен на искористување на 3D Спејсер за кројна слика 8
Table 5.28. Utilization degree of the main material for cutting layout 8

Ширина на кројна слика/ Width of a cutting layout 1,49 m	ВИД НА КРОЈНА СЛИКА/ TYPE OF CUTTING LAYOUT	
	Двеголеминска/ (S и XXL) вклопени двапати/1 наслага/ Two-sized (S and XXL) fitted twice/1 layer	
	Искористеност/Usage (%)	Должина/Length (m)
	62,52	0,92

Резултатите покажаа дека најголем процент на искористување (62,52%) кај 3D Спејсерот е постигнат кај двеголеминската кројна слика каде мешовито се вклопени 2 големини-најмалата (S) и најголемата (XL). Најмало искористување (55%) на Спејсерот е добиено кај едноголеминската кројна слика каде е вклопена само големината L (што беше случај и кај основниот материјал). Бројот на наслагы е земен за еден од причини што 3D Спејсерот има дебелина од 6.25 mm (изграден е од два слоја мрежест материјал

одделени со меѓупростор од влакна) и од тие причини не се препорачува кроење во наслаги, бидејќи висината на кројната наслага може негативно да влијае на искројувањето, а посебно доколку се крои со вертикален нож. Загревањето на ножот при кроење може да предизвика топење на влакната, што од друга страна може негативно да се одрази на готовиот производ добиен од така искроените кројни делови. Во однос на должината исто така и кај 3D Спејсерот не се препорачуваат кројни слики со голема должина, бидејќи дебелината на материјалот ја отежнува можноста за маневрирање низ кројната слика особено во пределот на ракавната кривина и вратниот изрез.



Слика 5.35 Степен на искористување на 3D спејсер при кроење
 Figure 5.35. The utilization degree for cut 3D Spacer

Сумарно резултатите пак, од двата материјали (Полиамид 6.6 и 3D Спејсер) говорат за тоа дека со правилен распоред на кројните делови во кројната слика, правилната комбинација на големини, со регулирањето на должината и висината на кројната наслага (доколку структурата на материјалот тоа ни го дозволува), може да се добие зголемено искористување на материјалот, кое е од особено значење доколку моделот индустриски се произведува во голема количина. Но сепак, моделот на заштитна облека за специјална намена во целост ќе ги исполни критериумите за дизајн, перформанси и цена доколку истиот освен што солидно одговори на оценките за дизајн, конструкција и заштеда на материјал, ќе има и позитивна оцена за неговата функција, односно степен на заштита за нивото за кое е конструиран. За таа цел во продолжение ќе бидат презентирани резултатите од испитувањето на заштитата вградена во новиот модел.

5.4. Резултати од испитувањата за мека и тврда балистичка заштита на моделот /елекот за специјална намена (Tests results for soft and hard ballistic protection of the model-vest for special purpose)

Приготвените материјали за мека и тврда балистичка заштита на елекот спаѓаат во групата на типичните ламинирани влакна/пластика композити. По дефиниција, за композити се сметаат материјалите коишто се состојат од две или повеќе хемиски различни фази забележливи на макро скала, со видливи меѓу површини кои ги раздвојуваат фазите (NIJ, 1988). Оваа дефиниција, во полна мерка, се однесува на пластиките зајакнати со влакна, кои сигурно претставуваат најголема и најзначајна група на современи композитни материјали. Тоа се многу атрактивни конструктивни материјали со одлични механички карактеристики, а посебно се впечатливи нивните специфични (јачина врз единица маса) механички карактеристики и даваат можност за внесување на голема флексибилност при нивното проектирање. Се состојат од ткаенина како зајакнувачка фаза и матрица како врзувачка фаза. Генерално, зајакнувачката фаза им дава јачина на композитите, додека улогата на матрицата е да ги држи влакната заедно и да ја зачува нивната позиција и ориентација, да врши дистрибуција на оптоварувањето меѓу влакната, да ги заштитува влакната од неповолните влијанија на околината и деградација и да им дава облик и форма на композитите. Термореактивните матрици покрај наведените карактеристики даваат крутост и термичка отпорност на композитите, додека термопластичните матрици, пак, даваат еластичност и жилавост (Impact and Ballistics of Composite Structures, 2002). Балистичките композити, особено оние што се наменети за тврда заштита, потребно е да ги поседуваат двете особини: крутоста и еластичноста. За тоа да се оствари не е доволно само да се вградат крути и/или еластични влакна, бидејќи носител на тие особини кај композитите е матрицата. Вградувањето на “конфекциска” матрица, термореактивна или термопластична, не би овозможило максимално искористување на балистичкиот потенцијал на влакната. Композитите со крута (термореактивна) матрица, заради нејзино напукнување и несоодветен пренос на оптоварувањето кон влакната, покажуваат полоша балистичка отпорност, додека композитите со еластична (термопластична) матрица, заради недостаток од крутост, покажуваат многу

голема пластична деформација при оптоварувањето, односно голем трауматолошки ефект. Затоа, матрицата за да ја оствари својата улога во композитот, посебно онаа на распределувач на оптоварувањето, потребно е таа да има добри адхезиони својства и да создава добра врска меѓу неа и влакната (Dyneema-lightweight and personal armour”, Technical Literature, Edition 11/93, DSM High Performance Fibers BV, 1993).

Во рамките на истражувањата во оваа докторска дисертација користена е термопластична матрица (полиуретан и гума) за производство на композити за тврда балистичка заштита. Имено, материјалите за производство на композитите беа испорачани од производителот во форма на препрег односно зајакнувачката фаза беше заедно со тенок филм од термопластична матрица. Во рамките на истражувањата од оваа докторска дисертација беше избегната постапката за нанесување на матрица на зајакнувачката фаза односно беше избегната технолошката постапка за добивање на полупроизвод – препрег.

Улогата на влакната е да му дадат јачина и крутост на композитот и повторно кај современите композитни материјали таа улога ја имаат полимерите. Всушност познато е дека материјалите во влакнеста форма поседуваат највисоки механички карактеристики. Особено тоа е карактеристично за полимерите, а причина за тоа е ориентираноста на молекулите долж оската на влакното. Нивните карактеристики можат да се споредуваат со теоретски пресметаните вредности врз база на маѓуатомските сили.

Особините на композитите главно се определени од особините, распределбата и интеракцијата на нивните конституенти. Особините на зајакнатите пластики, каде конституенти се зајакнувачки влакна и полимерна матрица, можат да бидат дадени како сума на производите на особините на конституентите и нивната волуменска фракција, односно со таканареченото правило на смеши:

$$P_c = P_v V_v + P_m V_m$$

каде што:

P_c - особината на композитот

P_v - особината на влакната

P_m - особината на матрицата

V_v - волуменскиот удел на влакната во композитот

V_m -волуменскиот удел на смолата во композитот

Ако земеме дека особината P е балистичката отпорност, имајќи ја во предвид релацијата погоре и земајќи таблични вредности за балистичките јачинаи на матрицата и влакната многу лесно ќе ја одредиме балистичката јачина на композитот.

Но конституентите реагираат меѓу себе на синергетски начин, па особините на композитите не можат да се изразат со правилото на смеси, т.е.

$$P_c \neq P_v V_v + P_m V_m$$

Случаите кога важи неравенката се многу почести од случаите кога важи правилото на смеси за особините на композитите. Имено особините на композитите зависат од особините на конституентите, содржината на конституентите и интеракцијата меѓу нив (синергетскиот ефект), распределбата на конституентите, геометријата и ориентацијата на влакната. Содржината на конституентите, претставена преку волуменскиот удел во композитот, покрај особините на конституентите, секако дека е најважниот параметар што ги одредува особините на композитот. Тој претставува лесно контролирана променлива преку која се менуваат особините на композитот.

5.4.1. Резултати од испитувањата за меката заштита на елекот (Test results for soft protection of the vest)

Како што е познато од механиката на композитите зајакнати со влакна, носители на механичките карактеристики се влакната (Product Listing for Ballistic & Protection Products, 2001). Истата констатација можеме да ја примениме и за балистичката отпорност на композитите. Носител на балистичката отпорност на композитите се влакната. Некои автори (Димески, Персонална балистичка заштита -"Интерна скрипта од 11 Октомври Еурокомполит", 2002) балистичката отпорност ја третираат како механичка карактеристика, односно како ударна јачина или жилавост при екстремни

брзини на зголемување на оптоварувањето во споредба со оптоварувањето при тестирањето на ударната јачина според методите на *Charpy* или *Izod*. Оттука и размислувањата дека, како и другите така и оваа механичка карактеристика е детерминирана од влакната.

Со оглед на тоа дека механичките карактеристики имаат големо влијание врз балистичката отпорност, беа подготвени тест примероци од материјалите за мека заштита на елекот во согласност со стандардите за механички тестирања и истите беа тестирани. Повисоки вредности за ударната јачина покажаа арамидните ткаенини, а потоа следат HPPE еднонасочните ленти. Резултатите од добиените вредности за механичките карактеристики се дадени во табелата подолу (таб. 5.29).

За испитување на балистичките особини на мекиот заштитен дел од елекот беа направени пакети од двата видови на балистички материјали односно беа подготвени пакети од арамидна ткаенина (T717) и пакети од HPPE еднонасочни ленти (SB 51). Пакетите за испитување беа подготвени од различен број на слоеви, а бројот на слоеви беше одреден според барањата во стандардот NIJ 0101.06 за задоволување на ниво на заштита III-A кое е највисокото ниво на заштита што моментално е на располагање за заштитни елеци. Пакетите беа направени со димензии кои одговараат за вградување во заштитниот елек со големина L (Large). Во табела (таб. 5.30) дадени се основните податоци на подготвените пакети за балистичко тестирање.

Табела 5.29. Механички карактеристики на материјалите за мека балистичка заштита на елекот

Table 5.29. Mechanical characteristics of ballistic soft ballistic materials

Карактеристика/ Characteristic	Арамидна ткаенина T717/ Aramide fabric	HPPE еднонасочна лента SB51/ HPPE UD tape SB51
Јачина на истегнување, МПа	568,5	544,8
Модул на истегнување, GPa	32,7	31,4
Издолжување, %	2,5	2,6
Јачина на свиткување, МПа	597,1	559,2
Јачина на притисок, МПа	240,2	222,8
Јачина на удар, Charpy, кJ/m ²	239,0	233,6
Јачина на смолкнување, МПа	41,3	40,1

Табела 5.30. Карактеристики на подготвените пакети материјал за балистичко тестирање

Table 5.30. Characteristics of the prepared ballistic material packing material

Карактеристики/ Characteristics	Користени материјали за мека балистичка заштита/ Used materials for soft ballistic protection	
	Арамидна ткаенина/Aramide fabric T717	HPPE еднонасочни ленти/UD tapes SB 51
Површинска маса (g/m ²)	281	250
Заштитна површина за заштитен елек со големина L (m ²)	0,35	0,35
Слоеве на заштитен панел	24	20
Маса на мека балистичка заштита за заштитен елек со големина L (g)	2360	1750

Подготвените пакети материјал за балистичко тестирање беа тестирани во лабораторија со температура на воздухот од 18-24 °C и влажност на воздухот од 30 до 35%. За секој вака подготвен пакет материјал испитана е брзината на зрното, балистичката карактеристика V_{50} и трауматологијата, а резултатите од испитувањето се дадени во табелите подолу.

Испитувањата беа направени со пиштол M57 TT 7,62x25 mm и FMJ куршуми со маса од 5.5 g, со пиштол M84 7,62x54R и FMJ куршуми со маса од 11 g, со полуавтоматска пушка ПАП 7,62x39 mm и FMJ куршуми со маса од 8 g., со .44 Magnum и 9 mm куршуми и други типови на оружје и зрна согласно стандардот NIJ 0101.06 за задоволување на ниви на заштита III-A. Зрната беа испукувани од различни растојанија, а беа мерени нивните брзини и следено беше стопирањето на зрната, како што е прикажано во табелите (таб од 5.31-5.36).

Табела 5.31. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал SB 51 со пиштол M57 TT 7,62x25mm FMJ

Table 5.31. Test results of a protective panel of material SB 51 with a gun M57 TT 7,62x25mm FMJ

Погодок број/ Hit number	Тип на оружје/ Type of weapon	Муниција/ Ammunition	Маса на зрно/ Mass on the grain g	Растојание на дејство/ Action distance m	Брзина на зрно/ Grain size m/s	Траума/ Trauma Mm
1	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	412	18
2	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	405	21
3	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	413	17
4	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	410	21
5	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	412	19
6	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	415	22

Табела 5.32. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал SB 51 со пиштол Luger 9 mm

Table 5.32. Test results of a protective panel made of material SB 51 with a Luger 9 mm gun

Погодок број/ Hit number	Тип на оружје/ Type of weapon	Муниција/ Ammunition	Маса на зрно/ Mass on the grain g	Растојание на дејство/ Action distance m	Брзина на зрно/ Grain size m/s	Траума/ Trauma Mm
1	Пиштол Luger 9 mm	Fiocchi FMJ	8,2	5	388	24
2	Пиштол Luger 9 mm	Fiocchi FMJ	8,2	5	403	23
3	Пиштол Luger 9 mm	JSP Flat	6,2	5	412	21
4	Пиштол Luger 9 mm	JSP Flat	6,2	5	404	22
5	Пиштол Luger 9 mm	Ruag SeCa	6,4	5	394	18
6	Пиштол Luger 9 mm	Ruag SeCa	6,4	5	403	21

Табела 5.33. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал SB 51 со пиштол Пиштол SVB.44 JHR

Table 5.33. Test results of a protective panel of material SB 51 with gun Gun SVB.44 JHR

Погодок број/ Hit number	Тип на оружје/ Type of weapon	Муниција/ Ammunition	Маса на зрно/ Mass on the grain g	Растојание на дејство/ Action distance m	Брзина на зрно/ Grain size m/s	Траума/ Trauma Mm
1	Пиштол SVB	.44 JHR	15,6	7,8	433	38
2	Пиштол SVB	.44 JHR	15,6	7,8	433	36
3	Пиштол SVB	.44 JHR	15,6	7,8	438	35
4	Пиштол SVB	.44 JHR	15,6	7,8	436	25
5	Пиштол SVB	.44 JHR	15,6	7,8	438	26
6	Пиштол SVB	.44 JHR	15,6	7,8	434	29

Табела 5.34. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал SB 51 со пиштол Пиштол SVB 9 x 19 mm

Table 5.34. Test results of protective panel of material SB 51 with gun Gun SVB 9 x 19 mm

Погодок број/ Hit number	Тип на оружје/ Type of weapon	Муниција/ Ammunition	Маса на зрно/ Mass on the grain g	Растојание на дејство/ Action distance m	Брзина на зрно/ Grain size m/s	Траума/ Trauma Mm
1	Пиштол SVB	9 x 19 mm	8	7,8	432	20
2	Пиштол SVB	9 x 19 mm	8	7,8	433	20
3	Пиштол SVB	9 x 19 mm	8	7,8	435	20
4	Пиштол SVB	9 x 19 mm	8	7,8	438	15
5	Пиштол SVB	9 x 19 mm	8	7,8	436	13
6	Пиштол SVB	9 x 19 mm	8	7,8	436	10

Табела 5.35. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал SB 51 со полуавтоматска пушка PAP 7,62x29mm FMJ

Table 5.35. Test results of a protective panel of material SB 51 with a semi-automatic rifle PAP 7,62x29mm FMJ

Погодок број/ Hit number	Тип на оружје/ Type of weapon	Муниција/ Ammunition	Маса на зрно/ Mass on the grain g	Растојание на дејство/ Action distance m	Брзина на зрно/ Grain size m/s	Траума/ Trauma Mm
1	PAP	7,62x39 mm FMJ	8	10	722	25
2	PAP	7,62x39 mm FMJ	8	10	715	21
3	PAP	7,62x39 mm FMJ	8	10	713	27
4	PAP	7,62x39 mm FMJ	8	10	718	21
5	PAP	7,62x39 mm FMJ	8	10	712	23
6	PAP	7,62x39 mm FMJ	8	10	725	26

Табела 5.36. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал SB 51 со полуавтоматска пушка M84 7,62x54R

Table 5.36. Results of testing of protective panel of material SB 51 with semiautomatic rifle M84 7,62x54R

Погодок број/ Hit number	Тип на оружје/ Type of weapon	Муниција/ Ammunition	Маса на зрно/ Mass on the grain g	Растојание на дејство/ Action distance m	Брзина на зрно/ Grain size m/s	Траума/ Trauma Mm
1	PAP M84	7,62x54R	11,7	10	772	31
2	PAP M84	7,62x54R	11,7	10	765	30
3	PAP M84	7,62x54R	11,7	10	773	36
4	PAP M84	7,62x54R	11,7	10	768	32
5	PAP M84	7,62x54R	11,7	10	770	33
6	PAP M84	7,62x54R	11,7	10	775	35

Од прикажаните резултати во табелите може да се забележи дека панелот од 20 листови SB 51 материјал ги исполнува барањата за ниво на заштита III-A според стандардот NIJ 0101.06. Во панелот беа испукани по 6 зрна со различна

маса од различно оружје, а зрната имаа и различна кинетичка брзина. Панелите ги задржаа испуканите зрна со дозволена трауматологија помала од 44 mm. Кај испуканите зрна од различни оружја (пиштолска муниција) кои беа со брзина од 400 m/s до 440 m/s, застојот на зрната кај многу панели беше во 5-тиот слој, а кај некои во 7-иот и 9-тиот слој. Додека испуканите зрна од полуавтоматска пушка беа со брзина од 700 m/s до 780 m/s и кај нив забележана е поголема трауматологија, но помала од 44 mm. Застојот на зрната беше во 10-тиот до 13-тиот слој од панелот.

Резултатите од балистичките испитувања испитувањата на панелите од арамидна ткаенина T717 се прикажани во табелите 5.37 и .5.38

Табела 5.37. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал T717 со пиштол M57 7,62x25 mm FMJ

Table 5.37. Results of testing of protective panel of material T717 with pistol M57 7,62x25 mm FMJ

Погодок број/ Hit number	Тип на оружје/ Type of weapon	Муниција/ Ammunition	Маса на зрно/ Mass on the grain g	Растојание на дејство/ Action distance m	Брзина на зрно/ Grain size m/s	Траума/ Trauma Mm
1	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	418	26
2	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	412	18
3	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	421	32
4	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	411	17
5	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	419	23
6	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	420	28

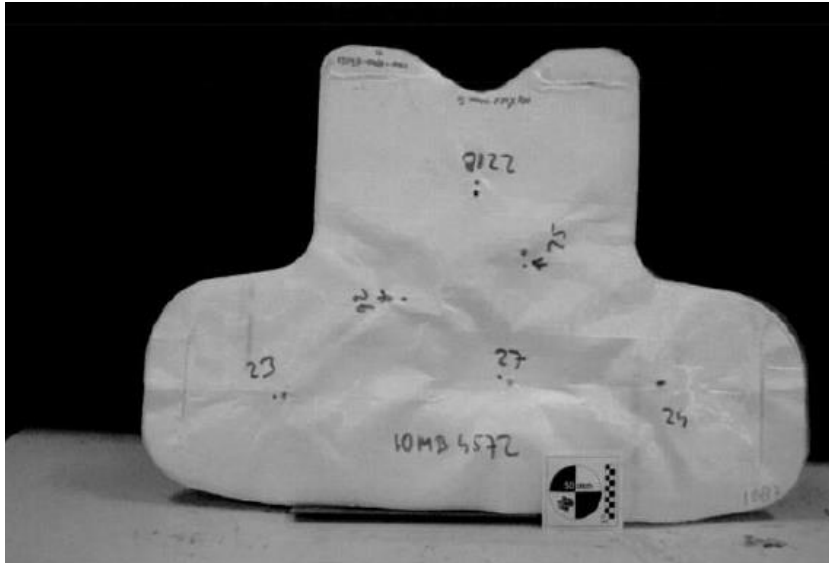
Табела 5.38. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал T717 со пиштол Пиштол M88 PARA 9 x 19 mm

Table 5.38. Testing results of a T717 protective panel with a gun Gun M88 PARA 9 x 19 mm

Погодок број/ Hit number	Тип на оружје/ Type of weapon	Муниција/ Ammunition	Маса на зрно/ Mass on the grain g	Растојание на дејство/ Action distance m	Брзина на зрно/ Grain size m/s	Траума/ Trauma Mm
1	Пиштол M88 PARA	9 x 19 mm	5,5	8	438	33
2	Пиштол M88 PARA	9 x 19 mm	5,5	8	432	28
3	Пиштол M88 PARA	9 x 19 mm	5,5	8	433	32
4	Пиштол M88 PARA	9 x 19 mm	5,5	8	439	37
5	Пиштол M88 PARA	9 x 19 mm	5,5	8	433	29
6	Пиштол M57 TT	7,62x25mm FMJ	5,5	5	420	28

Може да се забележи дека панелот од 24 листови T717 материјал ги исполнува барањата за ниво на заштита III-A според стандардот NIJ 0101.06. Во панелите беа испукани по 6 зрна со различна маса од различно оружје, а зрната имаа и различна кинетичка брзина. Панелите ги задржаа испуканите зрна со дозволена трауматологија помала од 44 mm. Испуканите зрна од различни оружја (пиштолска муниција) беа со брзина од 412 m/s до 439 m/s, а застојот на зрната кај некои панели беше во 3-тиот слој, а кај повеќето во 5-тиот и во 10-тиот слој.

На сликите (сл. 5.36 и сл. 5.37) прикажани се панелите од HPPE еднонасочни ленти SB51 после тестирањето.



Слика 5.36. Ударна страна на примерокот
Figure 5.36. Shock side of the sample



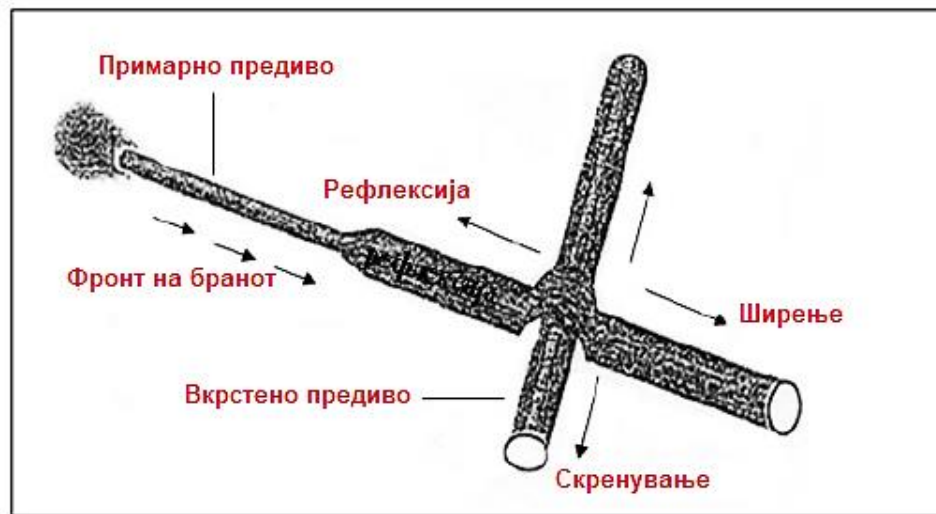
Слика 5.37. Внатрешна страна на примерокот што допира до телото
Figure 5.37. Inner side of the sample that touches the body

Во двата типови на композитни панели се вградени ткаенини кои се процесирани во различни текстилни производи:

Ткаенина- кај која влакната се вкрстени односно испреплетени меѓу себе и **еднонасочни ленти** - кај кои влакната се положени паралелно.

Очигледно е дека при еднаквост на сите останати параметри, причината за различната балистичка јачина треба да се бара во различниот текстилен производ, во кој влакната се процесирани. Имено, механизмот на балистичката заштита кај различните текстилни производи е различен (Espinosa, Lu, & Xu,

1996); (Wang & Chou, 1997); (Twaron CT Microfilament For More Comfort and Better Protection, 1996).



Слика 5.38. Надолжно ширење на деформациониот бран кај ткаенина по балистичкиот удар
Figure 5.38. Longitudinal spread of the deformation wave in fabric after a ballistic impact

Кога проектилот ќе удри во ткаенината, се создава шок или деформационен бран кој се шири низ предивото. Примарно удреното предиво содејствува со другите предива преку спојот, односно со местата на вкрстување на предивата по јаток и основа. На овој начин деформациониот бран се проширува врз голем број предива, како по јаток така и по основа. Позитивниот ефект на овој механизам е што енергијата ќе биде апсорбирана на голема површина од влакната. Брзината на деформациониот бран и на дисипацијата на енергијата зависат пропорционално од модулот на влакната. Негативен ефект на овој механизам е што точките на вкрстување (преплетување) меѓу основата и јатокот рефлектираат дел од деформациониот бран, (сл.5.38) и го инхибираат пропагирањето на бранот на поголемо растојание. Точките на вкрстувањето се однесуваат како фиксирани краеве (fixed ends). Кај фиксирани краеве, амплитудата на рефлектираниот бран има ист правец, но спротивен смер со амплитудата од примарниот деформационен бран, па доаѓа до суперпонирање (superposing). На тој начин, се создаваат голем број деформациони бранови кои се движат во двата правца во предивото. Како резултат на суперпонирањето на брановите, доаѓа до издолжување на влакната до нивниот

максимум, издолжување-при-прекин (elongation at break), што води до нивно прекинување и олеснување на продорот на проектилот низ прекинатите влакна.

Токму тој негативен ефект од преплетувањето кај ткаенините е причина за развој на еднонасочните композити за предметната намена. Кај нив, влакната кои се положени еднонасочно се поврзани со термопластична матрица и градат еден слој. Повеќе слоеви (2 или 4) се поставуваат вкрстено под $0^\circ/90^\circ$ и го градат крајниот продукт. При ваква еднонасочна конструкција, предивата немаат “класични” точки на вкрстување во рамките на еден слој, како што е случајот кај ткаенините. Кај нив постои само вкрстување на влакната од едниот слој со влакната на соседниот (но не и директен физички контакт заради филмот од матрицата), но не и во рамките на еден ист слој. Секако дека и овде постои интеракција меѓу слоевите, но делот на рефлектираниот бран е многу помал отколку оној кај ткаенините. Покрај тоа, непостоењето на точки на вкрстување овозможува деформациониот бран непречено да се движи низ предивото и така да помине подолга оддалеченост од местото на ударот. Подолгиот пат значи дека поголема маса од влакната е ангажирана во запирањето на зрното, па оттука следи поефикасната заштита при единица маса на композитот.

Беше направено испитување на материјалите за мека балистичка заштита и со симулатор на фрагменти врз основа на стандардот STANAG 2920 со кој е предвидено тестирање со симулатори на фрагменти. За тоа испитување беа подготвени заштитни панели од двата типови на материјал за мека заштита и тоа со димензија 400×450 , а беа испалувани од пушка. Проектилот може да биде било кој куршум за кој што заштитната опрема е наменета да штити но, во случај на опрема што треба да штити од фрагменти тогаш проектилот (фрагментот) е јасно дефиниран. Затоа испитувањето се правеше со симулатор на фрагмент со маса од 1.102 g . За задоволување на ниво на заштита IIIA потребно е заштитните панели да имаат $V_{50} \geq 650 \text{ m/s}$.

По 7 истрели беа испалени кон примерокот при температура од $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и релативна влажност од $65 \pm 5\%$ и беа измерени нивните брзини. При испитување на материјалите се внимаваше да нема два удари во исто

предиво. Невалидните истрели не беа земени при калкулацијата на балистичкиот лимит на примерокот.

Во табелите (таб. 5.39 и таб. 5.40) дадени се резултатите од испитувањата за карактеристиката V_{50} за мека балистика од материјал T717 и од материјал SB 51, соодветно. Двата типови на материјали имаат $V_{50} \geq 650$ m/s и обезбедуваат ниво на балистичка заштита IIIA според стандардот NIJ 0101.06.

Табела 5.39. Резултати од тестирање на V_{50} на заштитен панел од араמידна ткаенина T717

Table 5.39. Test results of the V_{50} on a protective panel made of aramid fabric T717

Погодок број/Hit number	Тип на оружје/ Type of weapon	Муниција/ Ammunition	Маса на зрно/ Mass on the grain g	Растојание на дејство/ Action distance m	Поединечни брзини на зрно/ Individual grain speeds m/s	
					Vz	Vp
1	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	652,4	679,4
2	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	674,6	675,2
3	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	652,3	679,1
4	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	655,7	676,8
5	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	657,1	679,2
6	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	649,6	681,4
7	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	655,4	678,6
Средни брзини, m/s					Vzsr = 656,7	Vpsr = 678,5
V_{50}, m/s					667,6	

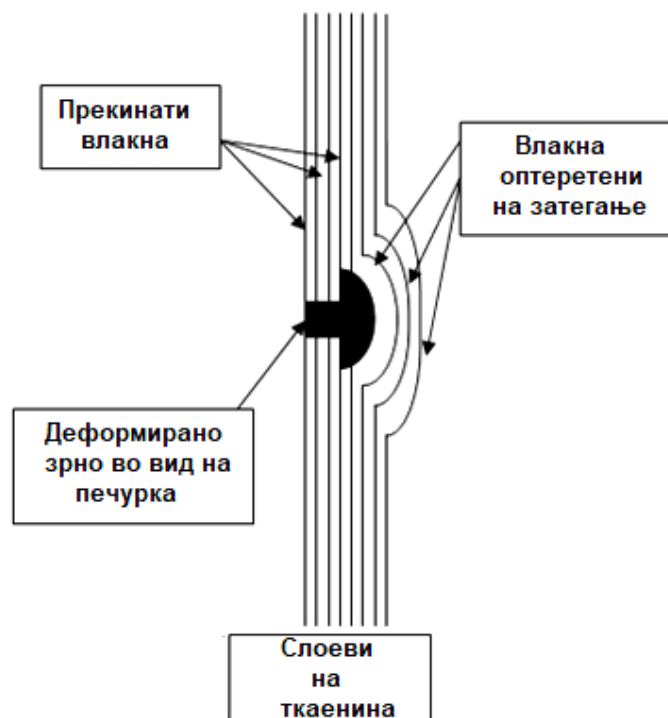
Табела 5.40. Резултати од тестирање на V_{50} на заштитен панел од NRPE еднонасочни ленти SB51

Table 5.40. Test results of the V_{50} on the protective panel from the NRRE single-directional tapes SB51

Погодок број/Hit number	Тип на оружје/ Type of weapon	Муниција/ Ammunition	Маса на зрно/ Mass on the grain g	Растојание на дејство/ Action distance m	Поединечни брзини на зрно/ Individual grain speeds m/s	
					Vz	Vp
1	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	673,2	696,4
2	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	670,5	692,5
3	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	666,2	689,0
4	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	677,5	681,3
5	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	679,2	682,0

6	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	676,5	681,5
7	Пушка МК кал.5,6 mm	Симулатор	1,102г.	10	675,3	686,4
Средни брзини, m/s					$V_{zsr} = 674,0$	$V_{psr} = 687,0$
V_{50}, m/s					680,5	

Wendlant (Wendlant, 1999) направил микроскопската анализа на пресекот на местото на ударот на проектилот која покажува дека фронтот на пенетрирачкото зрно ги оптоварува удрените влакна на истегнување, што во почетокот резултира со кинење на влакната и пенетрација на зрното во композитот (сл. 5.39) Тоа значи дека една од особините на влакната која влијае на стопирањето на зрното е јачината на влакното, при што важи едноставна релација за правопрпорционалната зависност на ефикасноста на стопирањето на проектилот од јачината на влакната.



Слика 5.39. Пресек на композитот на местото на пенетрацијата на проектилот Figure5.39. Cross-section at the penetration spot of the projectile (Wendlant, 1999)

Но сепак, само врз база на вредноста на оваа особина не може да се суди за балистичките перформанси на композитот. Врската меѓу механичките особини на влакната и балистичките карактеристики на ткаенината исткаена од такви влакна, не е никогаш воспоставена.

Вредностите за јачината на употребените влакна се дадени во табелата 5.41.

Табела 5.41. Основните физички карактеристики на употребените влакна
 Table 5.41. The basic physical characteristics of the used fibers

Карактеристика/ Characteristic	Единица/Unit	Арамид/ Aramide	НРРЕ
Јачина на затегање/ Tensile strength	GPa	3.3	3.2
Модул/Module	GPa	75	95
Густина/Density	g/cm ³	1.44	0.97
Издолжување/Elongation	%	3.6	3.7

Јачината на влакната, кај двата типа на влакна, во корелација со останатите механички особини, не се пресликува подеднакво во балистичката отпорност. НРРЕ влакната имаат најголема специфична јачина на истегнување потоа следат арамидните. Во иста насока се и нивните балистички цврстини. Сите се органски влакна со ориентирани молекули долж оската на влакната и се типично анизотропни материјали, со поволни особини по должината на влакната, додека во напречна насока имаат значително послаби механички особини. При продорот на зрното низ балистичкиот материјал доаѓа до оптоварување на истегнување и прекин на влакната. Колку е јачината на влакната поголема, толку е поголем отпорот според зрното, односно толку е поголема апсорпцијата на енергија. Тоа значи дека јачината на истегнување на влакната е фактор кој влијае врз нивните балистички особини.

Друг фактор, кој го споменуваат повеќе автори; (Wang & Chou, 1997); (Song, 1994); (Stanag 2920 – Ballistic Test Method For Personal Armours, 1996) е соничната брзина на влакната. Тоа е карактеристика за брзината на преносот на звукот низ влакната или со други зборови, тоа е брзина на преносот на деформиращкиот или шок-бранот (strain or shock wave) низ влакната кој настанува како последица на балистичкиот удар.

Соничната брзина зависи од модулот и густината на влакната и е дефинирана со релацијата:

$$v = \sqrt{(1/\mu)d\sigma/d\varepsilon} = \sqrt{E/\rho}$$

каде што:

v - сонична брзина на влакната

μ - линиска густина на влакната

∂ - јачина на влакната

ε - деформација (издолжувањето) на влакната

E - модул на влакната

ρ - густина на влакната

Литературните податоци (Iremonger & Went, 1996); (Song, 1994) за соничната брзина за типот на употребените влакна се презентирани во продолжение (табела 5.42).

Табела 5.42. Сонична брзина на зајакнувачките влакна
Table 5.42. Sonic velocity of reinforcing fibers

	Арамид/Aramide	HPPE
Сонична брзина/ Sonic velocity m/s	8200	10000

Највисока вредност за соничната брзина имаат HPPE влакната со вредност од 10000 m/s, потоа следат араמידните со 8200 m/s.

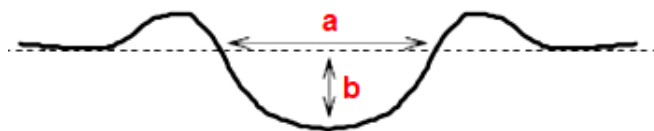
Како што е споменато погоре по балистичкиот удар во влакната, на местото на ударот се формира деформиращки или шок бран кој патува долж влакната, оддалечувајќи се од местото на ударот. Соничната брзина е карактеристика што одредува колкав пат ќе помине деформиращкиот бран по балистичкиот удар. Колку е тој пат поголем, толку повеќе влакна се ангажирани во амортизацијата на балистичкиот удар, односно толку поголема маса (должина) од ангажираните влакна учествува во амортизацијата, резултирајќи во поголема балистичка отпорност. Оваа карактеристика, како што може да се види од равенката погоре, директно зависи од модулот на влакната. Тоа значи дека, покрај јачината и модулот на влакната е фактор кој ја определува балистичката јачина на композитот.

За жал, нема модел кој го објаснува механизмот по кој особините на влакната, како што се јачината и крутоста, се трансформираат во балистички перформанси, односно стопирачка снага. Не постојат публикации кои ја третираат оваа тема. Постојат само емпириски согледувања, но не постои модел кој ги предвидува балистичките перформанси во функција од измерените особини на влакната.

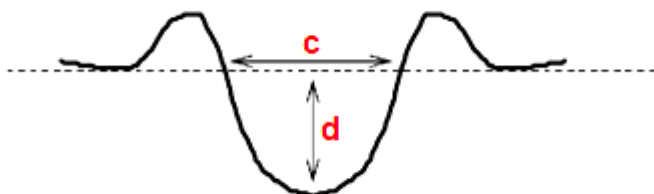
Од извршените истражувања за типовите на материјал за мека заштита која треба да се вгради во заштитниот елек може да се заклучи дека и двата анализирани материјали: пакет од слоеви на арамидна ткаенина и пакет од слоеви на еднонасочни ленти, може да бидат вградени како мека балистичка заштита во елекот. Според добиените вредности за балистичките карактеристики и двата материјали ги задоволуваат барањата за ниво на заштита III-A според стандардот NIJ 0101.06. Разликата е само во тежината на мекиот заштитен дел. Заради тоа, еднонасочните ленти наоѓаат поголема примена и се супериорни над ткаенините односно двонасочните текстилни материјали. Но, во апликациите каде цената е приоритетна, двонасочните композити се во голема предност. За производство на еднонасочни композити за балистичка заштита, исклучиво се користат високоперформансни влакна, и тоа главно НРРЕ влакната, иако во последно време се применуваат и арамидните. Од аспект на балистичката апликација најголем недостаток на НРРЕ влакната е нивната скромна термичка отпорност, односно драстичното губење на јачина на повишена температура, како и ниската температура на топење на влакната (134 °C) што доведува до делимично, а над точката на топење, и до целосно губење на балистичката отпорност. Главна предност на овие влакна е нивната мала маса (0.97 g/cm³) што води кон високи специфични механички особини и одлична балистичка отпорност.

Главна предност на арамидните влакна е во нивната одлична термичка стабилност и одличната ударна и балистичка отпорност. Недостаток им е непостојаноста спрема UV светлината и апсорпцијата на вода кои негативно влијаат врз балистичката јачина.

Исто така, постои забележлива разлика во трауматолошкиот ефект кај пакетот слоеви од арамидната **ткаенина**, кај која влакната се вкрстени односно испреплетени меѓу себе и пакетот од слоеви на **еднонасочните ленти** кај кои влакната се положени паралелно. Кај еднонасочните ленти трауматолошкиот ефект зафаќа поголема површина и е поплаток, (сл. 5.40), додека кај ткаенината тој зафаќа помала површина но е подлабок (сл. 5.41).



Слика 5.40.Трауматолошки ефект кај пакет слоеви од еднонасочни ленти
Figure 5.40. Traumatological effect in a package of layers of unidirectional tapes



Слика 5.41. Трауматолошки ефект кај пакет слоеви од араמידна ткаенина
Figure 5.41. Traumatological effect in a package of layers of aramid fabric

И повторно оваа разлика може да се објасни со различните текстилни форми во кои се влакната преработени. Според некои теории (The Kevlar HT Fabric Style 363 For Lighter Bullet Resistant Vests Product Sheet); (Ballistic Resistant Protective Materials-NIJ Standard 0108.01 US Department of Justice, 1985) површината на трауматолошкиот ефект одговара на патот којшто го поминува деформациониот бран, оддалечувајќи се од местото на ударот. Кај еднонасочните ленти, заради непостоењето на преплетување, движењето е непречно и деформациониот бран поминува поголем пат (a) на сл. 5.40) отколку кај ткаенината ($a > c$), при што доаѓа до деформација на поголема површина од композитот. Кај ткаенината, заради точките на преплетување, кои го инхибираат пропагирањето на бранот и заради рефлексивата, деформациониот бран поминува помало растојание (c на сл. 5.41). Тоа значи дека помала маса на влакната е ангажирана за стопирање на балистичкиот удар, што резултира во нивно поголемо напрегање. Тоа, пак, се манифестира во подлабока (d на сл. 5.41) деформација на ангажираните влакна ($d > b$).

Деформацијата на сликата (сл. 5.40) е попожелна, затоа што длабината на трауматолошкиот ефект е помала, а токму од неа претстои опасноста за носителот на заштитната опрема, а не од зафатената површина. Всушност површината на трауматолошкиот ефект во стандардот NIJ 0101.06 не е ограничена, за разлика од длабината, која не смее да надмине 44 mm (1.73 in).

5.4.2. Резултати од испитувањата за тврдата заштита на елекот (Test results for hard protection of the vest)

За добивање на тврдата заштита на елекот беа произведени ламинирани композитни заштитни плочи од два типа на повеќеслојни, еднонасочни препрези врз база на HPPE влакна. Беа користени препрезите Dyneema HB 2 и Dyneema HB 210, кои како што е напоменато погоре во текстот се испорачуваат заедно со матрицата која е во вид на филм, а нивните карактеристики се дадени беа дадени табелата (таб.4.8).

Резултатите од испитувањата на механичките карактеристики на еднонасочните препрези се дадени табеларно (таб. 5.43).

Табела 5.43. Механички особини на еднонасочните препрези Dyneema HB 2 и Dyneema HB 210
Table 5.43. Mechanical properties of direct current Dyneema HB 2 and Dyneema HB 210

Карактеристики/Characteristics	Dyneema HB 2	Dyneema HB 210
Јачина на истегнување, МПа	1096	1088
Модул на истегнување, GPa	38.1	37.7
Издолжување, %	2.88	2.89
Јачина на свивање, МПа	1341	1326
Јачина на притисок, МПа	293	293
Јачина на удар, Чагру, KJ/m ²	464	458
Јачина на смолкнување, МПа	57.5	59.4

Познато е дека особините на композитите покрај од особините на конституентите, нивниот удел, ориентираноста на влакната итн., зависат и од технолошките параметри на преработка. Технолошките параметри при производството на ламинатните композити со директно пресување се: *температурата, времето и притисокот на пресување*. Времето и температурата на пресување се детерминирани од конституентите, најчесто од матрицата. Со регулација на тие два параметра, треба да и се соопшти на матрицата доволно енергија за да премине од Б - состојба во којашто е во препрегот, во Ц - состојба на целосна вмреженост, во каква што е во композитот. Во таа состојба смолата може да помине ако е загреана на дадена температура за одредено време. При повисока температура, тоа може да се постигне за пократко време и обратно. Тоа значи дека овие два параметра не

се независни еден од друг, туку напротив, делуваат во спрега.

Друг важен показател, е точката на топење на влакната која во никој случај не смее да се достигне или надмине за да не се наруши ориентираноста на молекулите во влакната. Типичен пример за ова се HPPE влакната кои се топат на 134°C што е детерминирачки фактор при одредувањето на температурата на пресување на ламинатите врз база на HPPE влакната.

Кај третиот технолошки параметар - притисокот нема такви ограничувања од страна на конституентите. Притисокот на пресување може да се менува во широк дијапазон, спрема техничките можности на опремата, како и да се проучува неговото влијание врз особините на композитите.

За испитување на балистичките особини на тврдиот заштитен дел од елекот беа направени композитни плочи од двата видови на балистички материјали односно беа подготвени пакети за пресување од еднонасочните препрези Dyneema HB 2 и Dyneema HB 210. Беа произведени композитни плочи со површинска маса од 20 kg/m², а за да се постигне таа површинска маса, пакетите за пресување беа подготвени од различен број на слоеви. Површинската маса од 20 kg/m² не е случајно избрана. Имено, таа површинска маса овозможува ниво на заштита III според стандардот NIJ 0101.06 . Всушност тоа е и највисокото ниво за персонална балистичка заштита што може да се постигне со зајакнат полимерен материјал, додека за повисоко ниво (IV) се користи керамика (Justice, 1988); или веќе цитираниот стандард.

Во рамките на истражувањата, беа произведени композитни плочи при различен притисок на пресување од 2000, 6000 и 10000 kPa. Поголем притисок од 10000 kPa не се користеше затоа што не можеше да постигне поради техничката можност на пресата за тоа. Композитните плочи беа направени со димензии (250 x 300) mm кои одговараат за вградување во џебовите на заштитниот елек. Во табела (таб. 5.44) дадени се основните податоци на подготвените пакети за пресување за балистичко тестирање.

Табела 5.44. Карактеристики на подготвените пакети материјал за пресување
 Table 5.44. Characteristics of the prepared packed material for pressing

Карактеристики/Characteristics	Користени материјали за тврда балистичка заштита/ Used materials for hard ballistic protection	
	Dyneema HB 2	Dyneema HB 210
Површинска маса (g/m ²)	262	132
Заштитна површина (m ²)	0,075	0,075
Слоеве на заштитен панел за пресување	73	145
Тежина на тврда балистичка заштита за заштитен елемент (g)	1424	1436

На добиените композитни плочи беа испитани балистички перформанси - трауматолошкиот ефект и балистичката карактеристика V_{50} . Балистичките особини беа испитувани со муниција 7.62 x 39 mm FMJ, чија маса е 8 ± 1 g. Испитувањето на V_{50} е извршено според NATO стандардот за евалуација на балистички материјали STANAG 2920.

Резултатите од испитувањето на балистичката карактеристика V_{50} во зависност од притисокот на пресување за еднонасочните композити од Dyneema HB 2 и Dyneema HB 210 се дадени во табелата (таб. 5.45) и на сликите (сл. 5.42 и сл. 5.43) соодветно.

Табела 5.45. Резултати од тестирање на V_{50} на заштитна композитни плочи од еднонасочни препрези Dyneema HB 2 и Dyneema HB 210
 Table 5.45. Test results of the V_{50} on protective composite plates from direct current Dyneema HB 2 and Dyneema HB 210

Притисок на пресување/Pressing pressure kPa	V_{50} на композитна плоча од еднонасочни препрези/ V_{50} on composite plate with unidirectional prepregs	
	Dyneema HB 2	Dyneema HB 210
2000	753,2	746,2
6000	762,8	756,8
10000	774,4	768,7



Слика 5.42. Влијание на притисокот на пресување врз V_{50} кај композитна плоча од Dyneema HB 2

Figure 5.42. Effect of the pressing pressure on the V_{50} in the composite plate from Dyneema HB 2

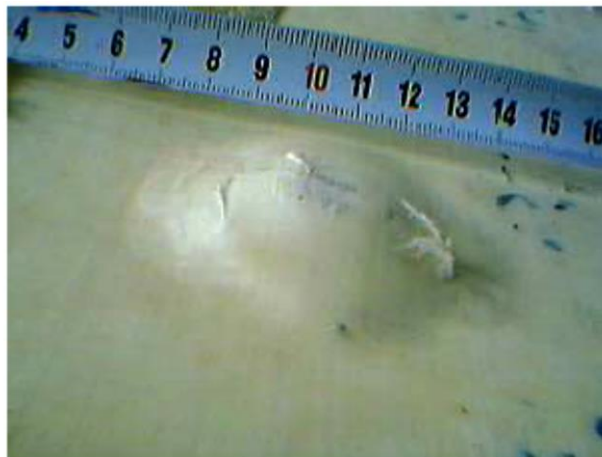


Слика 5.43. Влијание на притисокот на пресување врз V_{50} кај композитна плоча од Dyneema HB 210

Figure 5.43. Effect of the pressing pressure on the V_{50} in the composite plate of the Dyneema HB 210

Од добиените резултати може да се заклучи дека со зголемувањето на притисокот на пресување се зголемува балистичката јачина на композитните плочи добиени од еднонасочните препрези Dyneema HB 2 и Dyneema HB 210. Како што е веќе споменато, трауматолошки ефект е деформацијата што ја трпи задната страна од балистичката заштитна опрема по балистичкиот удар кога проектилот е задржан во неа. Трауматолошкиот ефект, доколку е преголем,

може да биде, исто така, опасен по безбедноста на носителот, како и продорот. Имено, кога е во функција, заштитниот елек е непосредно наслонет врз телото на носителот така што деформацијата на задната страна од елекот по балистичкиот удар и преку на него пренесената кинетичка енергија, директно се пресликува врз телото на носителот. Ако таа деформација е многу голема (според NIJ 0101.06 дозволено е до 44 mm) може да предизвика оштетување на виталните внатрешни органи и може да биде и со трагични последици.



Слика 5.44. Трауматолошки ефект кај композитна плоча од Дунеема HB 2 при притисок на пресување од 10 МПа
Figure 5.44. Traumatic effect in a composite plate from Dyneema HB 2 at a pressure pressure of 10 MPa



Слика 5.45. Трауматолошки ефект кај композитна плоча од Дунеема HB 2 при притисок на пресување од 6 МПа
Figure 5.45. Traumatic effect in a composite plate from Dyneema HB 2 at a pressing pressure of 6 Mpa

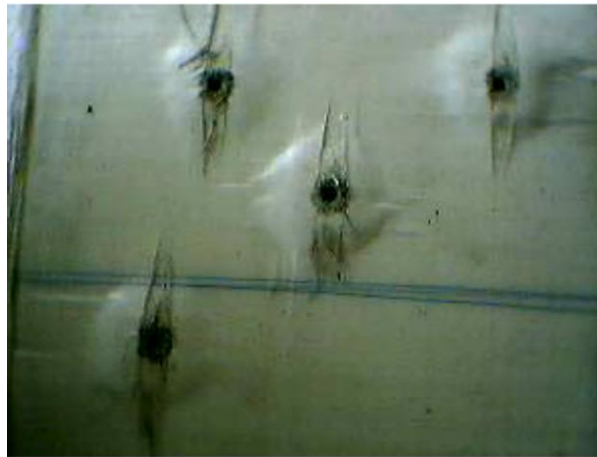
Резултатите од испитувањето на трауматолошкиот ефект во зависност од притисокот на пресување кај композитната заштитна плоча добиена од еднонасочниот препрег Dyneema HB 2 се презентирани на сликите (сл. 5.44, сл. 5.45 и сл. 5.46).



Слика 5.46. Трауматолошки ефект кај композитна плоча од Dyneema HB 2 при притисок на пресување од 2 МПа
Image 5.46. Traumatic effect in a composite plate from Dyneema HB 2 at a pressing pressure of 2 Мпа

Од горните слики може да се заклучи дека притисокот на пресување има влијание врз трауматолошкиот ефект кај еднонасочните композити. Со зголемување на притисокот, трауматолошкиот ефект и по површина и по длабина се намалува и обратно. Композитите пресувани при 10000 кПа покажаа најмала површина и најмала длабина на трауматолошкиот ефект, додека композитите пресувани при 2000 кПа, покажаа најголеми вредности и за длабината и за површината. Кај овие композити, јасно воочливо беше кинењето на последните слоеви од препрегот, како последица на трауматолошкиот ефект. При деформацијата на задната страна од композитите, најголемо поместување (displacement) доаѓа кај последниот слој и слоевите блиски до него. Притоа тие трпат најголемо оптоварување на истегнување кое, често пати, при поголеми деформации доведува до прекин на влакната. Тоа не е како последица на “plug” (чивија) ефектот на зрното врз композитот карактеристичен за почетните слоеви, туку заради оптоварувањето на истегнување на влакната како последица на деформацијата, кое доведува до истегнување на влакната над критичната вредност (3,6%) и до нивно кинење. Карактеристично кај овие композити при нивната визуелна инспекција

по тестирањето е тоа што кај пресуваните примероци при 2000 кРа е забележлива поголема тенденција на деламинација за разлика од оние пресувани при 10000 кРа. Имено, по балистичкиот удар, првата половина (во пресрет на проектилот) на плочата е чисто перфорирана, што резултира во добро обликувана дупка, без да има некакво забележително оштетување на околниот материјал, освен незначително трауматолошко набубрување, слика 5.47.



Слика 5.47. Перфорација на плочата по балистичкиот удар
Figure 5.47. Perforation of the plaque after a ballistic impact

Некаде од средината на дебелината од плочата настанува деламинација, (сл. 5.48). Деламинацијата (раздвојување меѓу слоевите) кај еднонасочните композити придонесува кон апсорпцијата на кинетичката енергија на проектилот и затоа не е непожелна. Деламинацијата, всушност, нема влијание врз балистичките перформансите на еднонасочните композитите при повеќекратни удари, под услов материјалот да остане на своето место, што не е проблем во пракса ако се знае дека плочите се ставаат во заштитниот елек во специјално за нив скроени џебови. Истражувачите од Eindhoven (Wu & Springer, 1988) даваат многу едноставно објаснување за фактот дека деламинацијата настанува во средината на плочата: тоа е местото каде вонрамнинските (out-of-plane) сили на смолкнување во плочата го постигнуваат својот максимум. Што значи, ако настане деламинација, таа ќе настане на средината од плочата. Овој ефект е илустриран сликовито (сл. 5.48). Тоа значи дека функцијата на еднонасочниот материјал е различна во двете половини на плочата. Челната половина функционира само како апсорбер на енергија,

додека задната половина функционира како сигурносна мрежа. Тоа значи дека, ако се тежнее да се постигне максимален ефект, особините на влакната во челната половина на плочата треба да бидат такви да овозможат оптимална апсорпција на енергија, без разлика која особина на влакната е најприкладна за тоа (дали јачината или пак модулот). Задната половина треба да биде така скроена, да овозможи максимална деформација и максимална дисипација на енергијата.



Слика 5.48. Деламинација на еднонасочните композити при притисок на пресување од (a) 10 МПа и (b) 2 МПа
Figure 5.48. Delamination of unidirectional composites at pressing pressure of (a) 10 МПа and (b) 2 МПа

Од извршените анализи на материјалите за добивање на композитни заштитни плочи кои треба да се вградат во заштитниот елек како дополнителна заштита, може да се заклучи дека и двата анализирани материјали ги исполнуваат критериумите за ниво на заштита III според стандардот NIJ 0101.06. Разликата меѓу еднонасочните препрези Дунеема НВ 2 и Дунеема НВ 210 се должи, пред се, на различниот тип на термопластична матрица кој што е употребен кај овие материјали и на различниот однос на конституентите. Имено, Дунеема НВ 2 содржи 78-84% влакна додека Дунеема НВ 210 содржи 79-83% влакна. При процесирање на овие еднонасочни препрези големо влијание на балистичките особини има притисокот на пресување. Имено, поголемиот притисок обезбедува добивање на композитни плочи кои имаат поголеми вредности за балистичката карактеристика V_{50} . Исто така, со зголемување на притисокот на пресување трауматолошкиот ефект и по

површина и по длабина се намалува и обратно, а деформацијата каде длабината на трауматолошкиот ефект е помала е попожелна, затоа што од неа претстои опасноста за носителот на заштитната опрема. Затоа, длабината на трауматолошкиот ефект е дефинирана и во стандардот NIJ 0101.06, а зафатената површина не е ограничена.

5.5. Споредба на новиот модел на облека за специјална намена со стандардните веќе постоечки модели (Comparison of the new model of clothes for special purpose with standard/already existing models)

Во нашата земја веќе постои производство на опрема за специјална намена која се подобрува и/или адаптира според барањата на крајните корисници. На пазарот пласирани се и достапни се повеќе модели кои ги задоволуваат критериумите за дизајн и ниво на заштита, а прикажани се на слика 5.49. Од прикажаните модели може за се забележи дека сите имаат сличен изглед и дека кај сите модели запазени се основните кројни делови за преден и заден дел. Истите меѓу себе се поврзани со шавови. Разликата меѓу моделите се состои во разните типови на додатоци за рамена, џебови, карличен дел и слично како и во изборот на бојата и дезенот на конфекцискиот дел во зависност од неговата крајна намена. Додатните елементи на елеците прават промена во тежината, комфорот, функционалноста и на целиот дизајн. Затоа, различните модели се наменети за користење во различни ситуации. Меѓутоа на пазарот има барања за тип на облека за специјална намена која ќе има посовремен дизајн, подобар комфор и функционалност, а притоа да биде задоволено барањето за тежина/перформанси. Од таа причина, направени се истражувањата во оваа докторска дисертација и добиен е и конструиран нов модел на заштитен елек кој има подобрени карактеристики од веќе постоечките модели како во поглед на дизајнот, така и во поглед на функционалност, конструктивност и современост.

Имено, новиот модел на облека (сл. 5.24) за специјална намена нуди повисок степен на комфор и олеснето движење, реализирано преку редуцирање на кројните делови (особено во пределот на рамото, ракавната кривина и должината) и нивно моделирање. Редуцирањето на кројните делови е направено со оптимизирање на истите, а притоа запазена е големината на

заштитната површина согласно стандарот NIJ 010106. Дополнително, во новиот модел, бројот на шавови (критични точки) е сведен на минимум и истиот обезбедува голема модуларност на деловите. На таков начин обезбеден е модел кој има мала тежина односно помала од веќе постоечките модели, а притоа обезбедено е соодветното ниво на заштита на истиот.

Системот за брзо отстранување на моделот од телото на корисникот е една од важните карактеристики по кои новиот модел значително се издвојува од останатите. Тој систем воедно придонесува и за примена на сосема нови начини на конструкција кои не се применети во останатите модели. Имено, станува збор за поврзување на сите модуларни делови со кабли со чија помош тие ја прават комплетната конструкција, а овозможуваат и нејзино демодулирање со нивно повлекување во два до три потега. Примената на ваков систем за брзо отстранување го прави моделот различен од сите останати и уникатен, а благодарение на него моделот станува модуларен, без да се влијае негативно врз неговата заштитна функција. Ваквиот модел овозможува користење на оваа облека за специјлни цели каде што ќе може истата брзо и едноставно да биде отстранета од телото на носителот.

Заштитата која ја нуди новиот модел заедно со модуларноста на основните делови е она по што истиот се издвојува врз основа на функционалноста и комфорот во однос на постоечките модели. Во однос на заштитата во новиот модел беше направено истражување за избор на најсоодветни напредни материјали кои покажаа одлични перформанси и мала тежина, што позитивно се одрази на крајната тежина на моделот. Благодарение на подобрената конструкција и малата тежина на моделот/елекот се овозможи поголема тактичка и оперативна мобилност и безбедност при движењето. Со новиот дизајн и перформанси на моделот носителите ќе дадат поголема ефикасност од претходно што позитивно ќе се одрази во исполнувањето на зададените задачи со минимален напор.



Слика 5.49. Изглед на стандардни модели на опрема за специјална намена
 Figure 5.49. Appearance of Standard Models of Special Purpose Equipme

Од аспект на дизајнот, новиот модел има далеку посовремен изглед кој може да биде споредлив со моделите на европскиот и светскиот пазар, за разлика од веќе постоечките модели каде е јасно видливо е дека има големи недостатоци од аспект на дизајнот (сл. 5.49). Како што може да се види дезенот на конфекцискиот дел е маскирно зелена, кафеав, терет или црн, а тоа е во зависност од околината, односно средината за која истиот ќе биде применет. Денес постои голема листа на камуфлажни модели, кои се применуваат и се карактеристични за различни држави во светот. Во рамките на оваа докторска дисертација изработениот модел е во црна боја, која не е камуфлажна, но истата се смета за боја кој создава психолошки дискомфорт кај осомничената/спротивставената страна и истата влијае како фактор за

заплашување (Intimidation factor). Меѓутоа модуларноста на моделот е сосема независна од изборот на боите и камуфлажата, што значи дека моделот може биде апликативен во разни камуфлажни варијанти според средината за која ќе биде наменет. Субјективниот избор на бојата во новиот модел не ја ограничува неговата апликативност, туку преку црната боја е покажана неговата неутралност, а преку модуларноста на новиот модел по што истиот видливо се разликува од веќе постоечките модели на пазарот, е покажана неговата уникатност, препознатливост и современ дизајн.

6. ЗАКЛУЧОК (CONCLUSION)

Врз основа на направените истражувања за дизајн и перформанси на облека за специјална намена, добиени се следните заклучоци:

1. Беше направено истражување и избор на најсоодветните текстилни материјали за изработка на модел на облека за специјална намена односно за изработка на заштитен елек.
2. Беше направено истражување и анализа за потребите на пазарот во однос на дизајнот, функционалноста, комфорот и новите трендови на заштитна облека, а врз основа на тоа беше пристапено кон конструктивни решенија.
3. Беа конструирани основните кројни делови со помош на техники на моделирање.
4. Заштитниот елек беше конструктивно решен да биде модуларен односно да биде составен од повеќе делови кои по потреба може да се прикачат (или да не се прикачат) на основниот модел, без притоа ја нарушат неговата функција.
5. Рачно изработените кројни делови беа дигитализирани со помош на софтверскиот програм Optitex Pattern Design Software (PDS), со што беа добиени кројни делови со голема точност во однос на димензиите, а исто така со голема точност беа одредени и позициите на сите останати делови кои се составен дел од заштитниот елек.
6. Основните кројни делови беа градираны во софтверскиот програм Optitex Pattern Design Software (PDS) и беа добиени сите големини на новиот модел на заштитен елек.
7. Со помош на софтверскиот програм Optitex CutPlan беа изработени кројни слики, преку кои се покажа која комбинација на конфекциски големини е најоптимална за максимално искористување на материјалот. Исто така се испита и влијанието на должината на кројната слика како и бројот на кројни наслаги врз степенот на искористување на материјалот. Ова истражување е од големо значење бидејќи применетите материјали имаат доста висока цена на пазарот.
8. Беше добиен комплетен модел на заштитен елек каде сите модуларни делови кои го сочинуваат се поврзани меѓусебно со кабли преку систем за

брзо отстранување. Тој систем обезбедува лесно и брзо отстранување на елекот од телото на носителот, што пак од друга страна го прави уникатен, современ и напреден.

9. Добиениот модел на заштитен елек преку системот за брзо отстранување на истиот од телото на носителот решава еден од проблемите поврзани со евакуацијата на повредените корисници на опремата. Имено, модуларната конструкција на елекот ја олеснува евакуацијата на повредениот од местото на опасноста без можност за додатни повреди (кои може да се јават) преку напорите да облеката што побрзо се отстрани од неговото тело.
10. Во добиениот модел на заштитен елек конструрани се два типа на џебови во кои треба да се вгради меката и тврдата заштита. Меката заштита всушност ја опфаќа целата површина од конфекцискиот дел на заштитниот елек, а тврдата дополнителна заштита предвидено е по потреба да се инсертира во џебови кои се наоѓаат на предниот и задниот централен дел од елекот.
11. Во рамките на докторската дисертација направени се одредени истражувања и анализи за материјалите кои треба да обезбедат мека и тврда заштита со соодветно ниво на заштита според стандардот NIJ 0101.06.
12. За меката заштита која треба да се вгради во елекот, беа подготвени пакети од два типови на материјали: арамидна ткаенина и еднонасочни ленти од високоперформансни полетиленски влакна. Беа тестирани механичките и балистичките карактеристики на двата типови материјали. Според добиените вредности за балистичките карактеристики и двата материјали ги задоволуваат барањата за ниво на заштита III-A според стандардот NIJ 0101.06, кое е највисокото ниво на заштита за заштитни елеци. Разликата е само во тежината на мекиот заштитен дел односно заштитен елек со мека заштита од еднонасочни ленти од високоперформансни полетиленски влакна има помала тежина во споредба со заштитен елек со мека заштита од арамидна ткаенина. Заради тоа, еднонасочните ленти наоѓаат поголема примена и се супериорни над ткаенините односно двонасочните текстилни материјали.

Но, во апликациите каде цената е приоритетна, ткаенините се во голема предност.

13. Јачината и модулот на влакната се карактеристики кои директно влијаат врз балистичките карактеристики на влакната, односно нивните композити. Појаките влакна, потешко се кинат односно бараат поголема енергија за тоа па оттука пружаат и поголем отпор на пенетрирачкото зрно. Високомодулните влакна овозможуваат поминување на подолг пат на деформациониот бран од местото на балистичкиот удар, со што се ангажира поголема маса од материјалот во амортизацијата на балистичкиот удар, резултирајќи во постигнување на повисоки балистички вредности. Која од овие особини, јачината или модулот, се доминантни не е познато, но во секој случај најдобро е кога истовремено влакната би имале и висока јачина и висок модул.
14. Од аспект на балистичката апликација најголем недостаток на НРРЕ влакната е нивната скромна термичка отпорност, односно драстичното губење на јачина на повишена температура, како и ниската температура на топење на влакната ($134\text{ }^{\circ}\text{C}$) што доведува до делимично, а над точката на топење, и до целосно губење на балистичката отпорност. Главна предност на овие влакна е нивната мала маса (0.97 g/cm^3) што води кон високи специфични механички особини и одлична балистичка отпорност. Главна предност на арамидните влакна е во нивната одлична термичка стабилност и одличната ударна и балистичка отпорност. Недостаток им е непостојаноста спрема UV светлината и апсорпцијата на вода кои негативно влијаат врз балистичката јачина.
15. Добиена е разлика и во трауматолошкиот ефект кај пакетот слоеви од арамидната *ткаенина*, кај која влакната се вкрстени односно испреплетени меѓу себе и пакетот од слоеви на *еднонасочните ленти* кај кои влакната се положени паралелно. Кај еднонасочните ленти трауматолошкиот ефект зафаќа поголема површина и е поплаток, додека кај ткаенината тој зафаќа помала површина но е подлабок. Деформацијата при која длабината на трауматолошкиот ефект е помала, е попожелна, затоа што, токму од неа претстои опасноста за носителот на заштитната опрема, а не од зафатената површина.

16. За тврдата заштита која треба да се вгради во заштитниот елек, беа произведени со компресионо пресување композитни заштитни плочи. За нивно производство беа користени два типови: еднонасочните препрези Дупеета НВ 2 и Дупеета НВ 210. Беа тестирани механичките и балистичките карактеристики на двата типови материјали.
17. Според направените испитувања за балистичка заштита на композитните плочи, може да се заклучи дека и двата анализирани материјали ги исполнуваат критериумите за ниво на заштита III според стандардот NIJ 0101.06. Разликата меѓу еднонасочните препрези Дупеета НВ 2 и Дупеета НВ 210 се должи, пред се, на различниот тип на термопластична матрица која што е употребена кај овие материјали и на различниот однос на конституентите.
18. При процесирање односно при компресионото пресување на еднонасочните препрези големо влијание на балистичките особини има притисокот на пресување. Имено, поголемиот притисок обезбедува добивање на композитни плочи кои имаат поголеми вредности за балистичката карактеристика V_{50} . Со зголемувањето на притисокот на пресување се зголемува балистичката јачина на еднонасочните композит. Со зголемување на притисокот, трауматолошкиот ефект се намалува, како по површина така и по длабина и обратно. Композитните плочи пресувани при 10 МРа покажаа најмала површина и најмала длабина на трауматолошкиот ефект, додека композитните плочи пресувани при 2 МРа покажаа најголеми вредности и за длабината и за површината.
19. Добиениот модел на заштитен елек има современ дизајн кој ги задоволува барањата на пазарот за наменска облека и заедно со вградените делови за мека и тврда заштита достигнува тежина не поголема од 4000 грама (за модел со големина L).
20. Новиот дизајн на моделот на заштитен елек комплет ги задоволува барањата за заштитна облека како од аспект на современ дизајн, функционалност и комфор така и од аспект за балистичка заштита од повисоко ниво на заштита.

7. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Adanur, S., & Tewari, A. (1997). An overview of military textiles. *Indian Journal of Fibre & Textile Research Vol.22* , 348-352.
2. Agnes, K., & Hanna. (1922). *Pattern making*. New York: The Macmillan company.
3. Alil, L. B. (2011). Considerations regarding the next generation of ballistic protective equipment such as Liquid body armor. *Journal of Buletin stintific 2(38)*, 97-102.
4. Alil, L., Badea, S., & Ilie, F. (2014). Considerations regarding the next generation of ballistic protective equipment such as liquid body armor. *Journal of Buletin stintific 2(38)*.
5. Allen, S., & Roche, E. (1989). Deformation behaviour of Kevlar aramid fibers. *Polymer, Vol.30*, 236-244.
6. Arminius, & Jacobus. (2016). *Armor*. Преземено Септември, 2016 од New world encyclopedia: <http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Armor>
7. Badea, C., & Iures, L. (2017). *library.upt.ro*. Преземено Јануари 28, 2018 од <http://www.library.upt>.
8. Bader, M., Smith, W., Isham, A., J, R., & Metzner, B. (1990). *Delaware Composites Design Encyclopedia Vol. 3*, 326. Lancaster: Technomic Publishing.
9. Bajaj, P., & Sriram. (1997). Ballistic protective clothing: An overview. *Indian journal of fibre&textile research, Vol. 22* , 274-291.
10. Balasubramanian, M. (2014). *Composite Materials and Processing*. Boca Raton: CRC Press.
11. *Ballistic Resistant Protective Materials-NIJ Standard 0108.01-US Department of Justice*. (1985). National Institute of Justice.
12. Berhe, G. (2015). *SflapeShare*. Преземено Април 10, 2017 од Military textiles/ Defence Textiles-Wollo University : <https://www.sflapeshare.net/GranchBerheTseghai/7-military-textiles-52380790>
13. Bakelite Kunststoffe-Phenol Harze. (1995). *Bakelite Gesellschaft mbh, Lethmate (Deutschalnd)* .

14. Bullet proof me body armor (2017). Преземено Септември 27 од <http://www.bulletproofme.com>
15. Bishop, P., Balilonis, G., Davis, J., & Zhang, Y. (2013). Ergonomics and Comfort in Protective and Sport Clothing: A Brief Review. *Journal of ergonomics*, 1-7.
16. Black, J. (2003). *World War Two: a military history*.
17. Bogdanovich, A., & Pastore, C. (1996). *Mechanics of Textile and Laminated Composites*. London: Chapman & Hall.
18. Booker, & Boysen, E. (2005). *Nanotechnology for dummies*. Indianapolis: Willey publishing.
19. Byrne, C. et.al. (1995). *Technical textiles 2 (95)*, 12-16.
20. Carr, & Latham's. (2008). *Technology of clothing manufacture*. Blackwell Publishing.
21. Chang, E. (1995). Woven glass/epoxy laminates subject to projectile impact. *International Journal of Impact Engineering, Vol. 16*, 607-619.
22. Clark, G. (1989). Modelling of impact damage in composite laminates. *Composites, Vol. 20*, 2019-214.
23. Cook, G. (1967). *Handbook of textile fibers*. England: Woodhead Publishing.
24. Cook, J. (1984). *Handbook of Textile Fibres, Manmade Fibres*. Woodhead Publishing.
25. Cooke, T. (1991). Inorganic fibres-a literature review. *Journal of the American ceramic society, 74 (12)*, 2959-2978.
26. *Creative sewing- techniques of advanced clothing construction*. Преземено Септември 2017 од UF George a smarters libraries: <http://ufdc.ufl.edu>
27. *CSR incorporated*. (2018). Преземено Јануари 27, 2018 од Technora® Fiber: <http://csrbraids.com/index.php/technora-fiber.html>
28. Csukat, G. (2006). A study on the ballistic performance of composites. *Macromol. Symposium 239*, 217-226.
29. Cuniff, P. (1996). A Semiempirical Model for the Ballistic Impact Performance of Textile-Based Personnel Armor. *Textile Research Journal*, 45-59.
30. Cuniff, M. (1992). An analysis of the system effects in woven fabrics under ballistic impact. *Textile Research Journal Vol. 62*, 495-509.

31. Deskovski, S., & Angelevski, S. (2000). *Nadvoresna balistika*. Skopje: Voena Akademija.
32. Dimeski, D. (2001). Komparativne Balisticke karakteristike kompozitnog materijala na bazi polietilenskih i aramidnih ojacavajućih vlakana. *XXI Simpozijum o eksplozivnim materijama, Tara*, 353-358.
33. Dimeski, D., & et.al. (1987). Termoreaktivni smolni Sistemi za Kompozite OjacaneVlaknima-Izbor i Osobine. *Savremeni Materijali, Vol.15 (1)*.
34. Dimeski, D., Gaceva, G., & Srebrenkoska, V. (2011). Resin content and molding pressure influence on ballistic properties and trauma effect of aromatic amide fibers composites. *Zbornik radova Tehnološkog fakulteta u Leskovcu*, 192-200.
35. Dimeski, D., Spaseska, D., Samakoski, B., & Srebrenkoska, V. (1999). Полиетиленски филц и ткаенина за балистичка заштита. *16-ти конгрес на хемичарите и технолозите на Македонија*, 147-150.
36. *Directive 89/686/EEC-Personal protective equipment*. (1989, Декември 21). Преземено Септември 29, 2017 од COUNCIL DIRECTIVE: http://www.BS_EN_340_2003
37. Directive89/686/EEC. (2009). EN 13921:2007 Personal protective equipment. Ergonomic principles. Белград, Србија.
38. Dor. G., & et.al. (1999). Some Ballistic Properties of Non-Homogenous Shields. *Composites: Part A* 30, 733-736.
39. Duffin, D. (1966). *Laminated Plastics*. New York: Reinhold Publishing Corporation.
40. Dunstan, S. (2005). *Flak jackets, 20th century military body armour*. Osprey publishing,.
41. Dupont. (2001). *Nakedwhiz.com*. Преземено Јануари 25, 2018 од Technical Guide for NOMEX® brand fiber: <http://www.nakedwhiz.com/gasketsafety/nomextechnicalguide.pdf>
42. *Dyneema UD-SB31*. (2000). Product Data Sheet, DSM High Performance Fibers bv, ref.PDS B03.
43. *Dyneema with you when it matters*. (2018). Преземено Јануари 27, 2018 од Ultra High Molecular Weight Polyethylene Fiber from DSM Dyneema: <http://www.dyneema.com/>

44. *Dyneema-lightweight and personal armour*, (1993). Technical Literature, Edition 11/93, DSM High Performance Fibers BV.
45. Espinosa, H., Lu, H., & Xu, Y. (1996). A novel technique for penetrator velocity measurement and damage identification in ballistic penetration experiments. *Journal of Composite Materials*, 722-743.
46. *Fact-sheet*. (2008). Преземено Јануари, 2018 од Dyneema high-strength, high modulus polyethylene fiber: <http://winchhydro.eu>
47. Fiberline. (2018). *NOMEX® Meta aramid*. Преземено Јануари 28, 2018 од fiber-line moving HIGH PERFORMANCE FIBERS FORWARD: <https://www.fiber-line.com>
48. Fung, W. (2002). *Coated and Laminated Textiles*. Cambridge: Woodhead publishing limited.
49. Galster, K., & Nosch, M. (2010). Textile History and the Military: An Introduction, Textile History. *Journal of Textile history*, 41, 1-5.
50. Gellert, P., Pattie, D., & Woodward, L. (1998). Energy transfer in ballistic perforation of fibre reinforced composites. *Journal of Materials Science vol.33*, 1845-1850.
51. Geršak, J., & Marčič, M. (2013). The complex design concept for functional protective clothing. *Tekstil 62 (1-2)*, 38-44.
52. *Globalsecurity.org*. (2011). Преземено Декември 09, 2016 од Body Armor History: <https://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/body-armor2.htm>
53. Griffiths, E. (1984). Wrap Spun Plain and Fancy Yarns-Tomorrow's Yarns. *Conference Proceedings, UMIST*.
54. Grimberg, J., & et.al., (1996). Dyneema Non-Wovens and Fabrics in Ballistic Protection. *II-nd Int.Ballistic Conference-Moscow* .
55. Gupta, P. (1988). *Fibre Reinforcements for Composite Materials*, 19-72. Elsevier Publishers.
56. Gupta, B. (2011). Functional clothing-definition and classification. *Indian Journal of Fibre and Textile research*. 36, 321-326.
57. Haan, J., & Peijs, T. (1996). Mechanical properties of flexible knitted composites. *Advanced Composite Letters, Vol.5 (1)* .

58. Harding, J., & Welsh, L. (1983). A tensile testing technique for fibre reinforced composites at impact rates of strain. *Journal of Materials Science, Vol. 18*, 1810 - 1826.
59. Harel, H., & Marom, G. *The Hebrew University of Jerusalem*. Превземено од: Interfacial Bonding Effects on Ballistic Performance of Single-Polymer and Hybrid PE Composites, Casali Institute of Applied Chemistry: <http://www.casali.edu>
60. Hartman, D., Greenwood, M., & Miller, D. (1996). *www.agy.com*. Преземено Јануари 25, 2018 од High Strength glass fibers: https://www.agy.com/wpcontent/uploads/2014/03/High_Strength_Glass_Fibers-Technical.pdf
61. Hearle, J. (2001). *High-Performance Fibers*. England: Woodhead Publishing Ltd.
62. Honeywell. (2017). *Advanced fibers and composites*. Преземено Јули 2017 од <http://www.honeywell-advancedfibersandcomposites.com>
63. Hongu, T., & Phillips, G. (1997). *New Fibers second edition*. Woodhead Publishing Ltd.
64. Hoof, J. et.al. (1999). Effect of Post-Failure Modelling on the Response of Ballistically Impacted Composites. *International Conference on Composite Materials-XII Paris*.
65. Horrocks, R., & Subhash, A. (2000). *Handbook of technical textiles*. Cambridge: Woodhead limited.
66. Howel, E. (2014). *Livescience*. Преземено Февруари 2018 од Future Soldiers May Wear Bulletproof Spider Silk: <https://www.livescience.com>
67. *Impact and Ballistics of Composite Structures*. (2002). Преземено Јуни 2017 од UBC composites group: <http://www.composites.ubc.ca/>
68. Iremonger, M., & Went, A. (1996). *Ballistic impact of fibre composite armours by fragment-simulating projectiles, Composites: Part A 27A571-581*.
69. ISO 8559 ISO 8559:1989 Garment construction and anthropometric surveys - Body dimensions. Geneva, Switzerland.
70. Jahner, K. (2016). *Army to roll out better body armor, combat shirt in 2019*. Преземено Октомври, 2017 од: <http://www.armytimes.com>
71. James, M. et.al. (2009). Personnel Protective Armor CHAPTER XI.

72. Jathar, A. (2015). Importance of Work wear and New Innovations. *International journal on Textile Engineering and Processes*, 1(3), 8- 17.
73. Jenq, S., Wang, S., & Sheu, L. (1992). A model for predicting the residual strength of GFRP laminates subjected to ballistic impact. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Vol. 11, 1127-1141.
74. Justice, U. D. (1988). *Selection and Application Guide to Police Body Armor-National Institute of Justice Guide*. www.nij.gov
75. Karacan, I. (2005). Structure-Property Relationship In High Strength High Modulus Polyethylene Fibers. *Journal of Fibres And Textiles Vol.13*, 15-21.
76. Kaufmann, C., Cronin, D., Worswick, M., Pageau, G., & Beth, A. (2003). Influence of material properties on the ballistic performance of ceramics for personal body armour. *Shock and Vibration IOS Press Vol. 10*, 51–58.
77. Kennedy. (2014). *The Guardian*. Преземено 30 Јануари, 2018 од Tests prove that a bulletproof silk vest could have stopped the first world war: <https://www.theguardian.com>
78. Kershaw, G. (2013). *Pattern making for menswear*. London: Laurence King Publishing.
79. Kinney, R. (2002). Advanced Soldier Ballistic Protection. *International Infantry Conference, Natic (USA)*.
80. Kirchbaum, R. (1986). High strength/high modulus polyethylene fibers. 25 *Internationale Chemifasertagung, Dornbirn (Austria)*, 229-235.
81. Krishan, K. (2012). *Composite Materials- Science and Engineering*. New York: Springer-Verlag New York.
82. Kumar, S. (1991). Advances in high performance fibers. *Indian Journal of Fibre & Textile research Vol.16* , 52-64.
83. Laible, R. (1980). *Ballistic Materials and Penetration Mechanics*. New York: ElsevierScientific Publishing Company.
84. Lammle, R. (2010). *Mentalfloss*. Преземено февруари 1, 2018 од A Brief History of Bulletproof Vests: <http://mentalfloss.com>
85. Landa, P. (1989). An Analytical Model to Design Composite Material Armours. *Int.Conf.Mech.Prop. Materials at High Rates of Strain* .
86. Lee. (1989). *Reference book for composites technology*. Technomic Publishing company.

87. Lee, B. (1994). Failure of Spectra Polyethylene Fiber-Reinforced Composites under Ballistic Impact Loading. *Journal of Composite Materials*, Vol.28 (13), 1202-1227.
88. Lee, S. (1993). *Handbook of Composite Reinforcements*. VCH Publishers.
89. Leong, K., Ramakrishna, S., & Hamada, H. (1997). The potential of knitting for engineering composites. *V SAMPE Symposium*, 629-633. Tokyo.
90. Lewin, M., & Preston, J. (1989). *Handbook of Fiber Science and Technology. High Technology Fibers Part B*. CRC Press.
91. Machi, V., & Materials, I. T. (2016). Industry Tackling Body Armor Burden with New Materials. *National Defense magazine*.
92. Maj, C., Beyer, M., Enos, W., Col, M., & Holmes, R. (2009). Personnel Protective Armor.
93. Mallick, P. (2007). *Fiber reinforced composites: Materials, Manufacturing, And Design, Third Edition*. CRC Press.
94. Marissen, R. (2011). Design with Ultra Strong Polyethylene. *Fibers, Materials Sciences and Applications 2*, 319-330.
95. Marks, R. (1989). *An Introduction to Textiles – Workbook: Fabric Production - Weaving*. Manchester: Textiles plc.
96. *Matbase*. (2018). Преземено Јануари 25, 2018 од Дупеема: <https://www.matbase.com>
97. Mccurry, J. (2017). *Meeting military needs one fabric and finish at a time*. Преземено септември 19, 2017 од Apparel.Edgl.com
98. McIntyre, E. (1988). High-performance fibres for industrial textiles. *Textile Horizon*, 43–45.
99. McIntyre, J., & Daniels, P. (1995). *Textile terms and definitions*. Manchester: Textile Institute,.
100. *Mega Engineering vehicles, Military Protective Gear*. Преземено Септември, 2017 од <http://www.megaev.com/military-protective-gear>
101. Milenković, L., Škundrić, P., Sokolović, R., & Nikolić, T. (1999). Comfort properties of defense protective clothing. *Working and Living Environmental Protection Vol.1(4)*, 101– 106.
102. Miles, I. (1996). Flame-resistant fabrics. *Textile Month*, 37–41.

103. Miner, L., & Penzoza, F. (1976). Cutting and Machining of Kevlar Aramid and its Composites. *The 21st National Symposium and Exhibition of the SAMPE, Los Angeles*
104. Mirafteb, M. (2000). *Technical fibres*. England: Woodhead Publishing.
105. Morrison, C., & Bowyer, W. (1996). Factors Affecting the Ballistic impact resistance of Kevlar laminates. *Proceedings of the 2nd Symposium of Composite Materials*, 233-245. Paris.
106. Mortimer, R., & et.al. (1973). Behaviour of laminated composite plates subjected to impact. Foreign Object Impact Damage To Composites. *Symposium, Philadelphia*, 173-177.
107. Morye, S., & et.al. (1999). A comparison of the properties of hot compacted gel-spun polyethylene fibre composites with conventional gel-spun polyethylene fibre composites. *Composites: Part A* 30, 649-660.
108. Naik, N., Shrirao, P., & Reddy, B. (2005). Ballistic impact behavior of woven fabric composites. *Materials science and Engineering vol.412*, 104-116.
109. NIJ. (1988). *U.S. Department of Justice*. Превземено од "Selection and Application Guide to Police Body Armor" National Institute of Justice Guide 100-98, www.nij.gov
110. Oğulata, R. (2007). The Effect of Thermal Insulation of Clothing on Human Thermal Comfort. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15 (2), 67-72.
111. Ormerod, A., & Sondhelm, W. (1999). *Weaving-Technology and Operations*. Manchester: The Textile Institute.
112. P. Srirao. (2002). *Indian Institute of Technology, Bombay*.
113. Pamuk, O. (2008). Clothing comfort properties in textile industry. *e-Journal of New World Sciences Academy Vol. 3(1)*, 69- 74.
114. Perepelkin, K. (2001). Chemical fibers with specific properties for industrial application and personnel protection. *Journal of industrial textiles*, 31(2), 87-102.
115. Pfanner, T. (2004). *Military uniforms and the law of war. RICR Mars IRRC March*. Преземено 18 Септември, 2017 Преземено од: <https://www.icrc.org>
116. Phenol Harze Spezifikation. (1992). *Plasta Erkner-Kunstharz-und Preßmassefabrik GmbH, Berlin* .

117. Pierini, D. (2015). *Cult of Mac*. Преземено Јануари 30, 2018 од: Stopping bullets with silk was this priest's unlikely calling. <https://www.cultofmac.com>
118. Pinzelli, R. (1983). Kevlar Aramid Fibre in Hybrid Composites. *SAMPE Conference, Bordeaux*.
119. Poruschi, F., Fărîmă, D., & G, I. (2010). Design-quality factor for protective clothing. *buletinul institutului politehnic din iași Publicat de Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX), Fasc. 2, 2010 secția TEXTILE. PIELĂRIE*.
120. Prevorsek, D., et.al. (1991). Strain rate effect in ultrastrong polyethylene fibers and composites. *Journal of Applied Polymer Science: Applied Polymer Symposium 47*, 45-66.
121. *Product Listing for Ballistic & Protection Products*. (2001). Hexcel Corporation.
122. Prosser, A. (1988). Penetration of nylon ballistic panels by fragment-simulating projectiles Part II: Mechanism of Penetration. *Textile Research Journal Vol.58*, 161-165.
123. Pryce and, A., & Smith, P. (1992). Behaviour of unidirectional and crossply ceramic matrix composites under quasi-static tensile loading. *Journal of material science*, 27 (10), 2695-2704.
124. Raheel, M., & Dekker, M. (1994). *Protective Clothing Systems and Materials ISBN 0-8247-9118-5*.
125. Ramakrishna, S., et.al. (1997). Development of a Flexible Composite Material. *Advanced Composites Letters, Vol.6, No.1*.
126. Ranges, V. (2011). *Soft Body Armor: An Overview of Materials, Manufacturing, Testing, and Ballistic Impact Dynamics. NUWC-NPT Technical Report*. Engineering and Analysis Department, (12) 057.
127. *Rdecom*. (2009). Преземено Октомври 2, 2017 од Future soldier 2030 initiative: www.wired.com
128. Roerdink, E., & Dingenen, J. (2002). Past and Future of High Performance Fibers. *Polymer Fibers Symposium, Heerlen (NL)*, 235-244.
129. Roylance, D., et.al. (1973). Ballistic Impact of Textile Structures. *Textile Research Journal, Vol 18*, 34-41.
130. Russell, J., & Cohn, R. (2012). *Casimir Zeglen*.

131. Sahin, O., Kayacan, E., & Bulgun, Y. (2005). Smart Textiles for Soldier of the Future. *Defence Science Journal*, 55 (2), 195-205.
132. Sankar, C. (2010). *Comfort of Military clothing and fabrics*. *Textile review*.
133. Scott, R. (2005). *Textiles for Protection*. England: Woodhead Publishing in Textiles.
134. Sharma, N., et.al. (1998). *Modelling an Experimental Investigation of the Ballistic behaviour of an Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE)/Thermoplastic Rubber Matrix Composite*. Превземено од British Crown Copyright,,: <https://www.gov.uk>
135. Shelby, & Stanton. (1991). *U.S. Army Uniforms of World War II*. Stackpole books.
136. Smith, W. I. (2016). Преземено Јули 9, 2016 од An overview of protective clothing-markets, materials, needs: www.intexa.com
137. Song, J. (1994). Thermoplastic composites for ballistic application. *26th International SAMPE Technical Conference*.
138. *Specification 514 Dyneema Fabric*. (1995). Product Data Sheet, DSM High Performance Fibers bv, ref.031 fab514.
139. *Stanag 2920 – Ballistic Test Method For Personal Armours*. (1996). NATO, Military Agency For Standardization.
140. Standardization, B. S. (2003, Декември). *Protective clothing: General requirements BS EN 340:2003*. Britain.
141. Stanton, S. (1991). *U.S Army Uniforms of World War II*.
142. Steele, V. (2005). *Encyclopedia of clothing and fashion*, Vol 3, 64. Thomson Gale, a part of the Thomson Corporation.
143. Strong, B. (2002). *Brigham university*. Преземено Ноември 2017 од Polimeric Reinforcing Fibers-Kevlar, Spectra, and Others, Brigham Young University: <http://www.brighamuniversity.edu/>
144. Strong, B. (2008). *Fundamentals of composites manufacturing: materials, methods and applications*. Society of Manufacturing ingeneers.
145. Stuart, P., & Godoy, J. (1998). *Heroic Armor of the Italian Renaissance: Filippo Negroli and his Contemporaries with essays and a compilation of documents by Silvio Leydi*. Met Publications.

146. Systems, S. (2017). *SP Systems Guide to composite*. Преземено февруари 02, 2017 од Composite engineering materials: www.spsystems.com
147. Takeda, N., et.al. (1982). Delamination - crack propagation in ballistically impacted glass/epoxy composite laminates. *Experimental Mechanics*, 19-25.
148. Tan, P., Tong, L., & Grant, S. (1997). Modelling for predicting the mechanical properties of textile composites. *Journal of reinforced plastics and composites*, 28 (11), 903-922.
149. Taylor, W., Jr, & Vinson, J. (1990). Modeling Ballistic Impact into Flexible Materials. *AIAA Journal*, Vol.28 (12), 2098-2103.
150. Tech-faq. (2017). *Who Invented the Bullet Proof Vest?* Преземено од <http://www.tech-faq.com>
151. *Technical Literature, Dyneema Properties & Applications*. (1993). DSM High Performance Fibers BV.
152. Technical Literature, E. (1994). *Aramid Fibers "The Twaron Helmet Story"*,. Akzo Faser AG.
153. Technical Literature, E. (1994). *Aramid Fibers Twaron in Soft Body Armour*. Akzo Faser AG.
154. Technical Literature Edition 1995/1. (1995). *Twaron in Ballistic Protection-Twaron Helmets*. Akzo Nobe.
155. Teijin, (2012). Twaron - A versatile high-performance fiber. Netherlands.
156. *The Kevlar HT Fabric Style 363 For Lighter Bullet Resistant Vests Product Sheet*. Du Pont de Nemours Engineering Fibre Systems, H-38445.
157. *The week*. (2011). Преземено Јануари 30, 2018 од Military breakthrough: 'Bulletproof' skin made from spider silk: <http://theweek.com>
158. Thomas, H. (2017). *Multicomponent Structures for Ballistic Protection, Auburn University, Textile Engineering*. Преземено декември 25, 2017 од <http://www.auburnuniversity.edu>
159. *Twaron CT Microfilament For More Comfort and Better Protection*. (1996). Akzo Nobel Faser AG.
160. US Department of Justice. (1986). *Ballistic Tests of Used Soft Body Armor - NBSIR 86-3444*. National Institute of Justice.
161. Wallenberger, T., Watson, C., & Li. (2001). Glass fibers. *ASM Handbook, vol (21) Composites*, 27-33.

162. Wampler, A. (2012). *Resolution of Crystalline Phases in Polymorphic Gel-Spun Ultra-High Molecular Weight Polyethylene Fibers Using Restrained Differential Scanning Calori*. Proquest, Umi Dissertation Publishing.
163. Wang, B., Chou, S. (1997). The behaviour of laminated composite plates as armour. *Journal of Materials Processing Technology* 68, 279-287.
164. Wendlant, H. (1999). *Manual for Dyneema Ballistic Panels, Technical Manual, DSM High Performance Fibers BV*.
165. Wichmann, R. (2017). *www.Fibre2Fashion.com*. Преземено Март 09, 2017 од A Bit of History about Camouflage Clothing:
<http://www.fibre2fashion.com/industry-article/305/a-bit-of-history-about-military-camouflage-clothing?Page=1>
166. Williams, A. (1999). The Steel of the Negroli. *Metropolitan Museum Journal Vol. 34*, 101-124.
167. Woodward, R., et.al. (1994). Resistance to Penetration and Compression of Fiberreinforced Composite Materials. *Composite Engineering, Vol.4 (3)*, 329-341.
168. Wu, & Springer, G. (1988). Measurement of matrix cracking and delamination caused by impact on composite plates. *Journal of Composite Materials, Vol. 22*, 518 - 532.
169. Wu, E., Tsai, C., & Chen, Y. (1994). Penetration into glass/epoxy composite laminates. *Journal of Composite Materials, Vol. 28*, 1783 - 1802.
170. *www.phelpsgaskets.com*. (2018). Преземено Јануари 26, 2018 од Fiberglass-Types, Properties, and applications across Industries:
<https://www.phelpsgaskets.com/blog/fiberglass--types-properties-and-applications-across-industries>
171. Young. (1992). Dyneema-the strongest fibre in the world. *ech. Textiles Int*.
172. Young, S. (1992). The use of Kevlar para-aramid fibre in ballistic protection garments. *Tech. Textiles Int*.
173. Zee, R., et. al. (1991). Ballistic Response of Polymer Composites. *Polymer Composites Vol.12*, 196-202.
174. Антиќ, Б., Антиќ, А., & Зафирова, К. (1985). *Преплетки кај ткаенините I дел*. Просветно дело Скопје.
175. Димески, Д. (2016). Заштитни текстилни материјали и облека. Интерна скрипта. Штип, Р. Македонија.

176. Димески, Д. (2002). *Персонална балистичка заштита-"Интерна скрипта од 11 Октомври Еурокомполит"*. Прилеп.
177. Јовановиќ, Р. (1975). *Текстилни влакна*. Белград.
178. Комиссаржевский, Ф. (2005). *Уникальные материалы по истории костюма с древнейших времен*. Russia: Издательство АСТ.
179. Кочевар, Ф. (1971). *Наук о блакних*. Љубљана.
180. Пислер, Б. (1960). *Синтетичките влакна*. Москва.

8. ЛИСТА НА ТАБЕЛИ

Табела 2. Карактеристики на балистички влакна

Табела 2.1. Дистрибуција на фрагменти од експлодирани артилериски гранати

Табела 2.2. Особини на најлонските влакна

Табела 2.3. Типови на комерцијални арамидни влакна

Табела 2.4. Компаративни карактеристики на влакната кои најчесто се користат за балистичка заштита

Табела 2.5. Механички карактеристики на некои зајакнувачки влакна

Табела 2.6. Споредба на својствата според типот на преплетка

Табела 4.1. Техничката спецификација на Полиамид 6.6 HT на DuPont- Invista

Табела 4.2. Технички карактеристики за материјалот за постава

Табела 4.3. Технички карактеристики на 3D Спејсер

Табела 4.4. Игли кои се користат за изработка на новиот модел на заштитна облека

Табела 4.5. Конец кој се користи за изработка на новиот модел на заштитна облека

Табела 4.6. Фактори кои влијаат врз балистичките перформанси кај меката заштита

Табела 4.7. Карактеристики на користените материјали за мека заштита

Табела 4.8. Карактеристики на еднонасочните препрези

Табела 4.9. Фактори кои влијаат врз балистичките перформанси кај тврдата заштита

Табела 4.10. Кинетички енергии на одредени зрна

Табела 5.1. План на технолошки операции за преден надворешен дел

Табела 5.2. План на технолошки операции за преден внатрешен дел и комплетен преден дел.

Табела 5.3. План на технолошки операции за заден внатрешен дел

Табела 5.4. План на технолошки операции за заден средишен дел

Табела 5.5. План на технолошки операции за заден надворешен дел

Табела 5.6. План на технолошки операции за изработка на капак за отвор на заден надворешен дел

Табела 5.7 План на технолошки операции за изработка на надворешно пришиен џеб со капак

Табела 5.8. План на технолошки операции за изработка на капак на преден надворешен дел

Табела 5.9. План на технолошки операции за изработка на капак на заден надворешен дел

Табела 5.10. План на технолошки операции за изработка на двојно паспулиран џеб без подлисток

Табела 5.11. План на технолошки операции за нараменици во облик на лента

Табела 5.12. План на технолошки операции за нараменици во облик на футрола

Табела 5.13. План на технолошки операции за изработка на странични делови (каналы) лев и десен

Табела 5.14. План на технолошки операции за изработка на страничен додаток 1

Табела 5.15. План на технолошки операции за изработка на страничен додаток 2

Табела 5.16. План на технолошки операции за изработка на јака (преден дел)

Табела 5.17. План на технолошки операции за изработка на јака (заден дел)

Табела 5.18. План на технолошки операции за изработка на полу-ракави

Табела 5.19. План на технолошки операции за изработка на гајќи

Табела 5.20. План на технолошки операции за изработка на систем за брзо отстранување на елекот

Табела 5.21. Степен на искористување на материјал за кројна слика 1

Табела 5.22. Степен на искористување на материјал за кројна слика 2

Табела 5.23. Степен на искористување на материјал за кројна слика 3

Табела 5.25. Степен на искористување на материјал за кројна слика 5

Табела 5.26. Степен на искористување на 3D Спејсер за кројна слика 6

Табела 5.27. Степен на искористување на 3D Спејсер за кројна слика 7

Табела 5.28. Степен на искористување на 3D Спејсер за кројна слика 8

Табела 5.29. Механички карактеристики на материјалите за мека балистичка заштита на елекот

Табела 5.30. Карактеристики на подготвените пакети материјал за балистичко тестирање

Табела 5.31. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал SB 51 со пиштол M57 TT 7,62x25mm FMJ

Табела 5.32. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал SB 51 со пиштол Luger 9 mm

Табела 5.33. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал SB 51 со пиштол Пиштол SVB.44 JHR

Табела 5.34. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал SB 51 со пиштол Пиштол SVB 9 x 19 mm

Табела 5.35. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал SB 51 со полуавтоматска пушка PAP 7,62x29mm FMJ

Табела 5.36. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал SB 51 со полуавтоматска пушка M84 7,62x54R

Табела 5.37. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал T717 со пиштол M57 7,62x25 mm FMJ

Табела 5.38. Резултати од тестирање на заштитен панел од материјал T717 со пиштол Пиштол M88 PARA 9 x 19 mm

Табела 5.39. Резултати од тестирање на V_{50} на заштитен панел од араמידна ткаенина T717

Табела 5.40. Резултати од тестирање на V_{50} на заштитен панел од HPPE еднонасочни ленти SB51

Табела 5.41. Основните физички карактеристики на употребените влакна

Табела 5.42. Сонична брзина на зајакнувачките влакна

Табела 5.43. Механички особини на еднонасочните препрези Dyneema HB 2 и Dyneema HB 210

Табела 5.44. Карактеристики на подготвените пакети материјал за пресување

Табела 5.45. Резултати од тестирање на V_{50} на заштитна композитни плочи од еднонасочни препрези Dyneema HB 2 и Dyneema HB 210

9. ЛИСТА НА СЛИКИ

Слика 2.1. Генерална поделба на балистиката

Слика 2.2. Поделба на балистичката заштита

Слика 2.3. Класификација на природните и хемиските влакна

Слика 2.4. Структурна формула на најлон 6.6

Слика 2.5. Структурна формула на најлон 6

Слика 2.6. Полипарафенилентерефталамид (Kevlar 29)

Слика 2.7. Реакција на добивање на полиетилен од етилен

Слика 2.8. Ориентираност на макромолекулите кај полиетиленот

Слика 2.9. Структурна формула на HPPE

Слика 2.10. Криви напрегање/деформација кај природни и синтетички влакна кои наоѓаат честа примена во техничкиот текстил

Слика 2.11. Криви напрегање/деформација кај синтетичките влакна кои наоѓаат честа примена во техничкиот текстил

Слика 2.12. Правец на основата и јатокот за ткаени материјали (платно)

Слика 2.13. Конструкција на унидирекционален панел

Слика 2.14. Типови на преплетки: (а) платно, (б) кепер, (в) сатен, (г) панама, (д) газа преплет, (ф) лажна газа преплет

Слика 2.15. Изглед на а) тврда и б) мека балистичка заштита

Слика 2.16. Шема на машината за импрегнирање

Слика 2.17. Фактори кои влијаат врз балистичките перформанси кај меката и тврдата заштита

Слика 2.18. Веројатност на продор во однос на ударна брзина

Слика 2.19. Трауматолошка површина и длабина и трауматолошки ефект

Слика 2.20. Потребни чекори за избор на ткаенина за заштитна облека

Слика 2.21. Основни барања за дизајн и конструкција на облека за специјална намена

Слика 2.22. Современ изглед на војничка облека со неопходни додатоци - елек

Слика 4.1. Технички цртеж за изглед на новиот модел на заштитен елек преден и заден дел

Слика 4.2. Најважни точки на растегнување на кожата на телото при конструкцијана елек за специјална намена

Слика 4.3. Големина на крој за мека заштита (според NIJ 0101.06-C-4-L)

Слика 4.4. Изглед на 301 шивачки бод

Слика 4.5. Изглед на: а) 504 шивачки бод скица б) на лице и опачина модел

Слика 4.6. Изглед на обичен шев а) скица б) кај новиот модел

Слика 4.7. Изглед на обмотувачки шев а) скица б) кај новиот модел

Слика 4.8. Изглед на украсен шев а) скица б) кај новиот модел

Слика 4.9. Изглед на лентовиден шев а) скица б) кај новиот модел

Слика 4.10. Изглед на компјутерскиот систем за планирање на кројни слики, како и за дизајнирање и градирање на кројните делови

Слика 4.11. Дигитализирање на кројните делови во софтверскиот програм optitex PDS

Слика 4.12. Конструкциски крој за преден (надворешен дел)

Слика 4.13. Конструкциски крој за преден (внатрешен дел)

Слика 4.14. Конструкциски крој за џеб на надворешен преден дел

Слика 4.15. Конструкциски крој на заден (внатрешен дел) на заштитен елек

Слика 4.16. Конструкциски крој за заден (средишен дел)

Слика 4.17. Конструкциски крој за страничен додатоци 1 и 2 (заден средишен дел)

Слика 4.18. Конструкциски крој за заден (надворешен дел)

Слика 4.19. Конструкциски кроеви за капак на заден средишен дел (лице и опачина)

Слика 4.20. Конструкциски кроеви за капак на заден надворешен дел (лице и опачина)

Слика 4.21. Конструкциски крој за додаток со велкро трака (сигурносна)

Слика 4.22. Конструкциски крој за џеб за тврда балистика

Слика 4.23. Конструкциски крој за капак за џеб за тврда балистика

Слика 4.24. Конструкциски крој за лента за џеб за тврда балистика

Слика 4.25. Конструкциски крој за нараменици 1 во облик на лента

Слика 4.26. Конструкциски кроеви за нараменици 2 во облик на лента

Слика 4.27. Конструкциски крој за странични (мобилни) додатоци за поврзување на преден и заден дел

Слика 4.28. Конструкциски крој за странични (мобилни) додатоци за поврзување на преден и заден дел

Слика 4.29. Конструкциски крој за нараменици во облик на футрола

Слика 4.30. Конструкциски крој за платка

- Слика 4.31.** Конструкциски крој за јака (преден дел)
- Слика 4.32.** Конструкциски крој за јака (заден дел)
- Слика 4.33.** Конструкциски крој за полу-ракав
- Слика 4.34.** Изглед на градираните кројни делови во софтверскиот програм PDS
- Слика 4.35.** Градирање на преден (надворешен дел) на заштитен елек (од S – XXL)
- Слика 4.36.** Градирање на заден (надворешен дел) на заштитен елек (од SXXL)
- Слика 4.37.** Изглед на кројна слика од моделот во OPTITEX CutPlan
- Слика 4.38.** Изглед на HPPE еднонасочната лента за мека балистика (SB 51)
- Слика 4.39.** Конструкција на еднонасочната лента
- Слика 4.40.** Пресување на заштитни композитни плочи
- Слика 4.41.** Универзална машина за механички испитувања со снага од 250 кN
- Слика 4.42.** Шема на опремата за испитување со куршуми
- Слика 4.43.** Универзално постолје за испалување
- Слика 4.44.** Изглед на зрната за поедините нивоа на балистичка заштита
- Слика 4.45.** Трауматолошки ефект врз арамиден панел а) и негово мерење б)
- Слика 4.46.** Балистичко испитување спрема NIJ 0101.06
- Слика 4.47.** Вообичаени локации на импакт (напред и назад)
- Слика 4.48.** Енергијата на зрната од поедините нивоа на NIJ 0101.06
- Слика 4.49.** . Изглед на зрната од табела 4.11
- Слика 4.50.** Симулатори на фрагменти
- Слика 4.51.** Балистичка испитна композитна плоча
- Слика 5.1** План на монтажа на преден надворешен дел од заштитен елек за специјална намена
- Слика 5.2.** План на монтажа на преден внатрешен дел и комплетирање на преден дел од заштитен елек за специјална намена
- Слика 5.3.** План на монтажа на заден внатрешен дел од заштитен елек за специјална намена
- Слика 5.4.** План на монтажа на заден средишен дел од заштитен елек за специјална намена
- Слика 5.5.** План на монтажа на заден надворешен дел од заштитен елек за специјална намена

Слика 5.6. Изглед на преден надворешен дел во фаза на монтажа (предна страна)

Слика 5.7. Изглед на преден надворешен дел во фаза на монтажа (опачина)

Слика 5.8. Изглед на преден внатрешен дел во фаза на монтажа (предна страна)

Слика 5.9. Изглед на преден внатрешен дел во фаза на монтажа (опачина)

Слика 5.10. Изглед на заден средишен дел во фаза на монтажа (предна страна)

Слика 5.11. Изглед на заден средишен дел во фаза на монтажа (опачина)

Слика 5.12. Изглед на капак и отвор на заден надворешен дел

Слика 5.13. Изглед на заден надворешен дел во фаза на монтажа

Слика 5.14. Изглед на заден внатрешен дел во фаза на монтажа

Слика 5.15. Изглед на капак без џеб, странични додатоци (каналы) и нараменици во облик на лента монтирани на комплетиран заден (надворешен) дел

Слика 5.16. Изглед на нараменица во облик на лента после монтажа

Слика 5.17. Изглед на нараменица во облик на футрола после фаза на монтажа

Слика 5.18. Изглед на странични делови (каналы) лев и десен

Слика 5.19. Изглед на странични делови (за сигурносно прицврстување на заден дел кон телото)

Слика 5.20. Изглед на странични додатоци 1 и 2 по фазата на монтажа

Слика 5.21. Изглед на полуракав по фаза на монтажа

Слика 5.22. Изглед на јака по фаза на монтажа (преден, заден дел и комплетирана)

Слика 5.23. Изглед на систем за брзо отстранување

Слика 5.24. Изглед на комплетиран модел

Слика 5.25. Изглед на кројна слика 1

Слика 5.26. Изглед на кројна слика 2

Слика 5.27. Изглед на кројна слика 3

Слика 5.28. Изглед на кројна слика 4

Слика 5.29. Изглед на кројна слика 5

Слика 5.30. Степен на искористување на основниот материјал при кроење кај сите 5 типа на кројни слики

Слика 5.31. Степен на искористување на основниот материјал при кроење во однос на должината на кројната слика

Слика 5.32. Изглед на кројна слика 6

Слика 5.33. Изглед на кројна слика 7

Слика 5.34. Изглед на кројна слика 8

Слика 5.35. Степен на искористување на 3D спејсер при кроење кај сите 3 типа на кројни слики

Слика 5.36 Ударна страна на примерокот

Слика 5.37. Внатрешна страна на примерокот што допира до телото

Слика 5.38. Надолжно ширење на деформациониот бран кај ткаенина по балистичкиот удар

Слика 5.39. Пресек на композитот на местото на пенетрацијата на проектилот

Слика 5.40. Трауматолошки ефект кај пакет слоеви од еднонасочни ленти

Слика 5.41. Трауматолошки ефект кај пакет слоеви од арамидна ткаенина

Слика 5.42. Влијание на притисокот на пресување врз V_{50} кај композитна плоча од Дунеета HB 2

Слика 5.43. Влијание на притисокот на пресување врз V_{50} кај композитна плоча од Дунеета HB 210.

Слика 5.44. Трауматолошки ефект кај композитна плоча од Дунеета HB 2 при притисок на пресување од 10 МПа

Слика 5.45. Трауматолошки ефект кај композитна плоча од Дунеета HB 2 при притисок на пресување од 6 МПа

Слика 5.46. Трауматолошки ефект кај композитна плоча од Дунеета HB 2 при притисок на пресување од 2 МПа

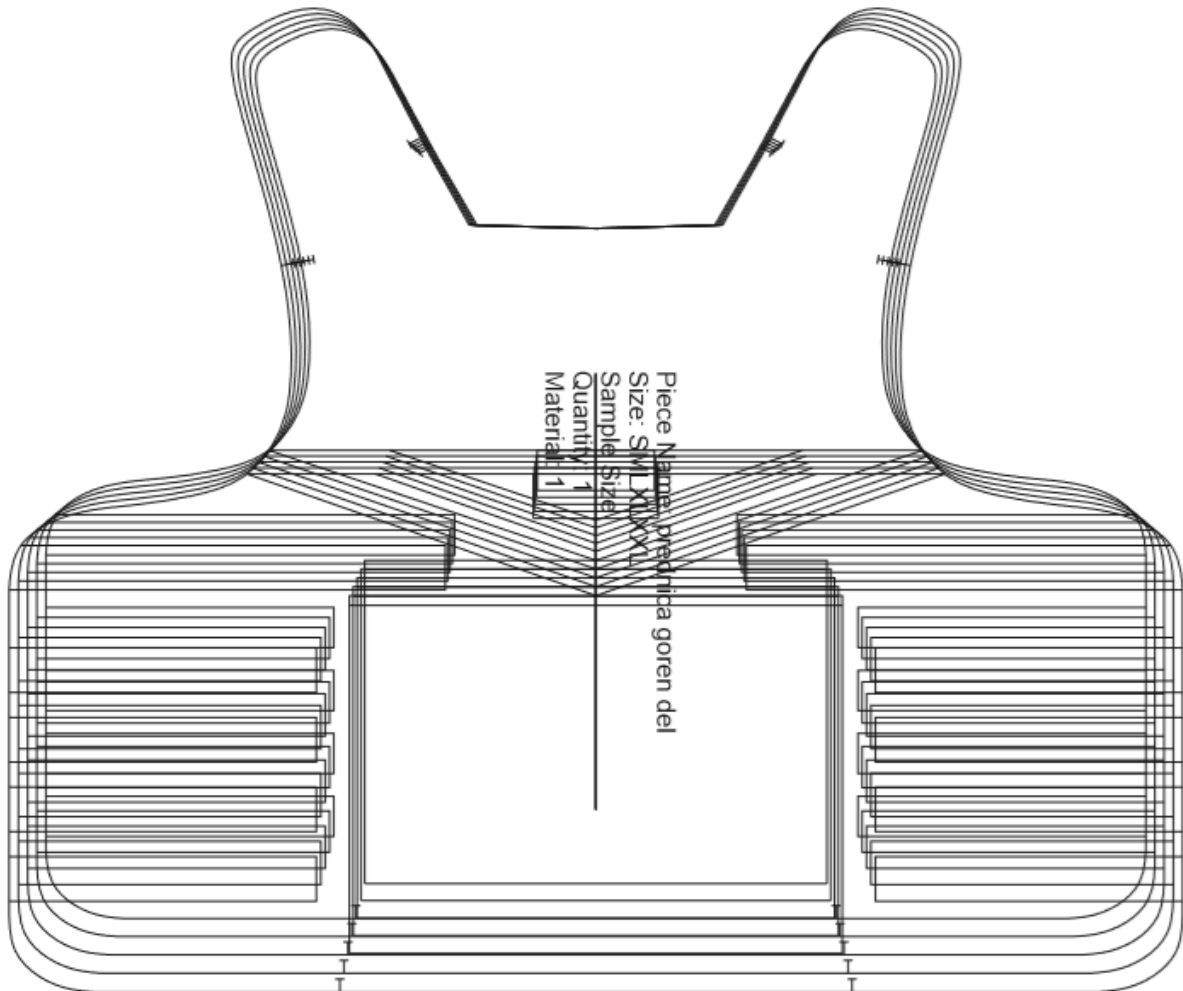
Слика 5.47. Перфорација на плочата по балистичкиот удар

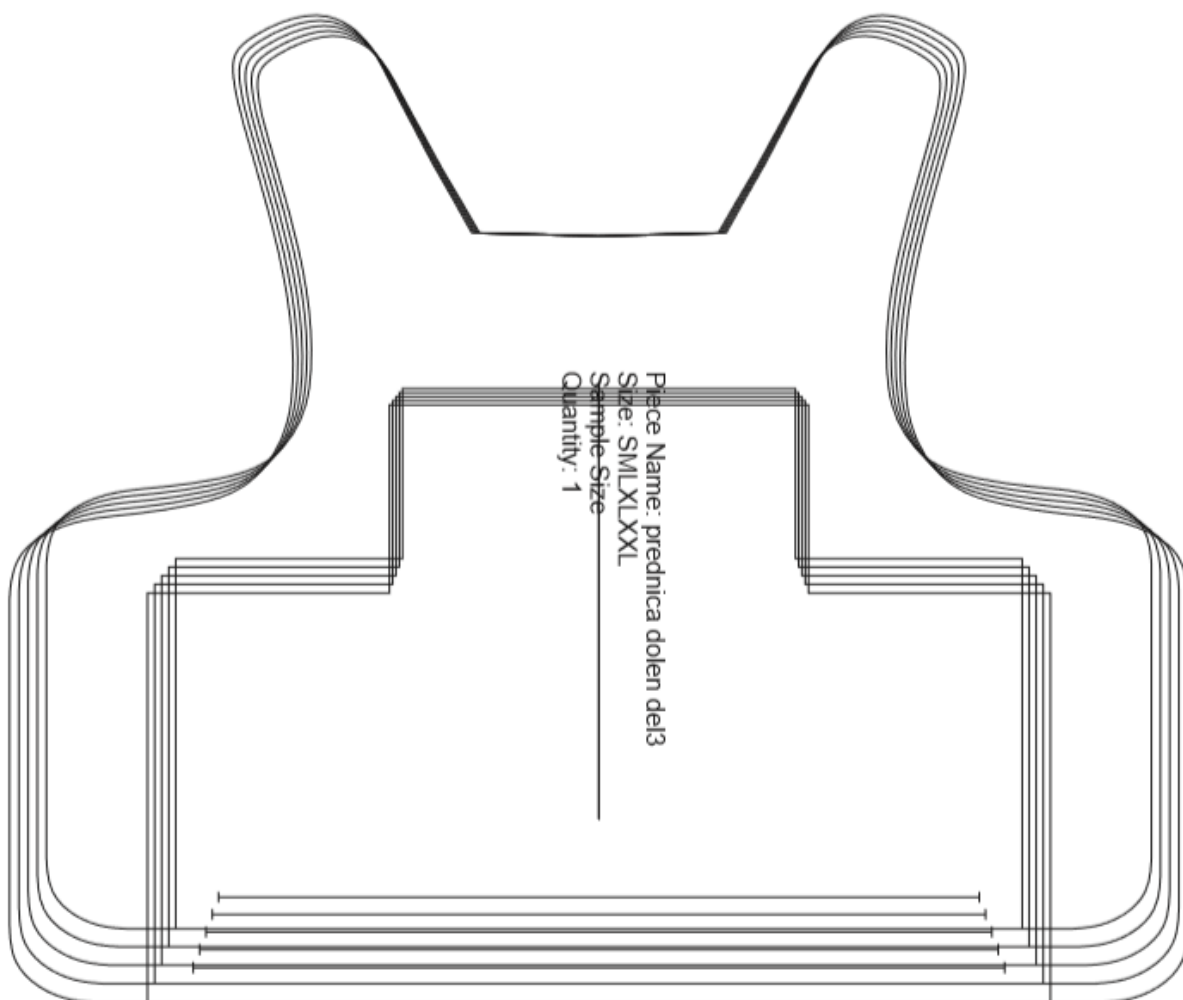
Слика 5.48. Деламинација на еднонасочните композити при притисок на пресување од (a) 10 МПа и (b) 2 МПа

Слика 5.49. Изглед на стандардни модели на опрема за специјална намена

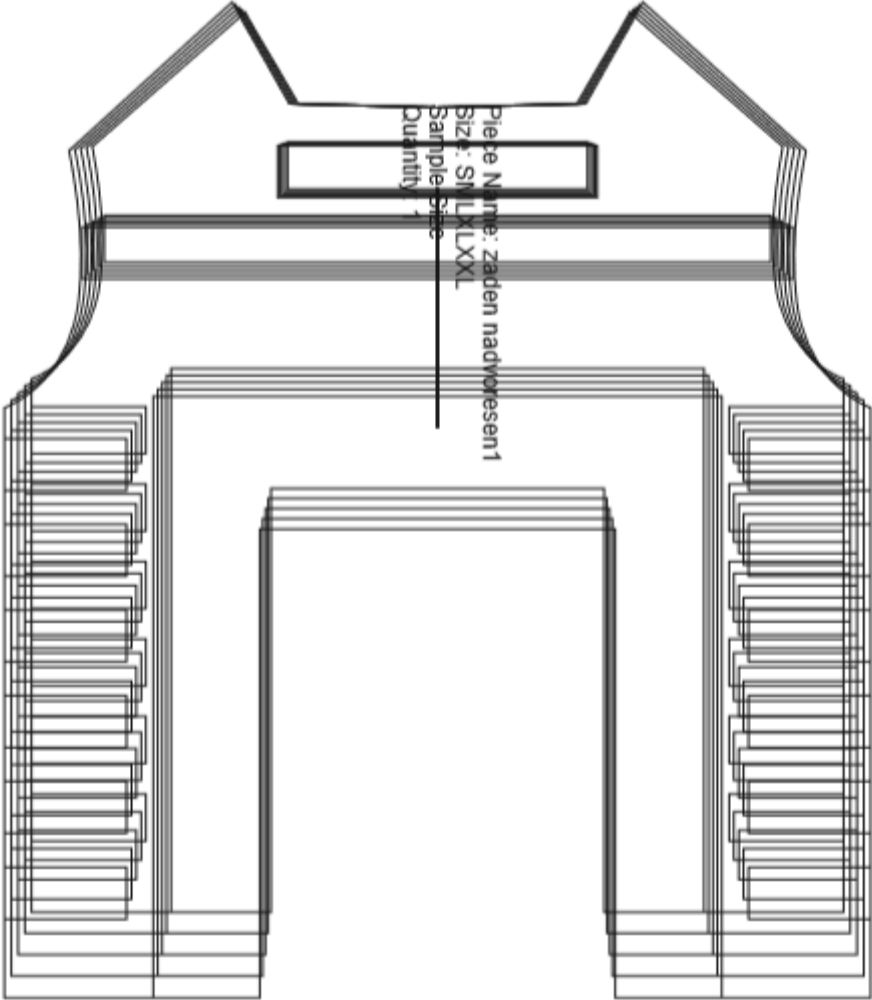
10. ПРИЛОЗИ

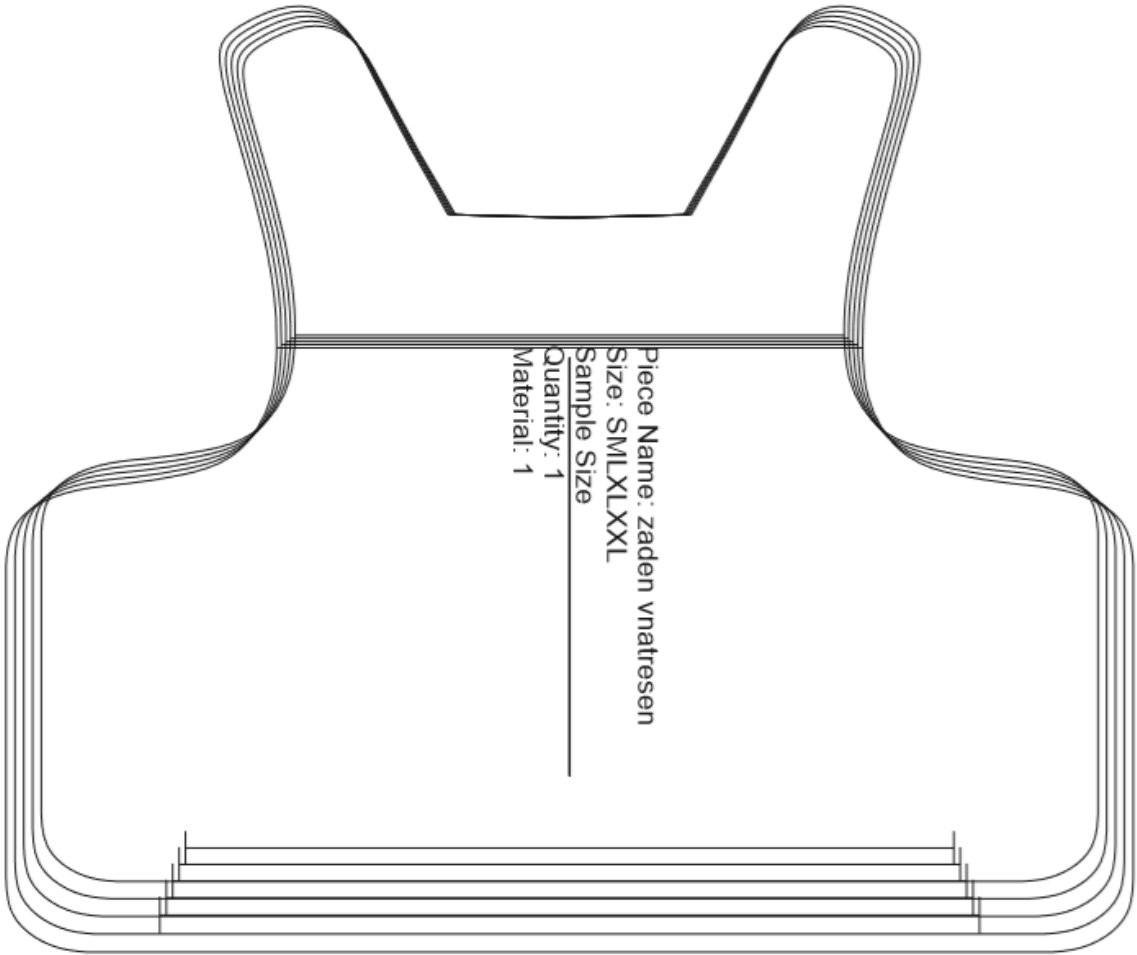
ПРИЛОГ А – ГРАДИРАЊЕ НА КРОЈНИ ДЕЛОВИ ЗА ПРЕДЕН ДЕЛ

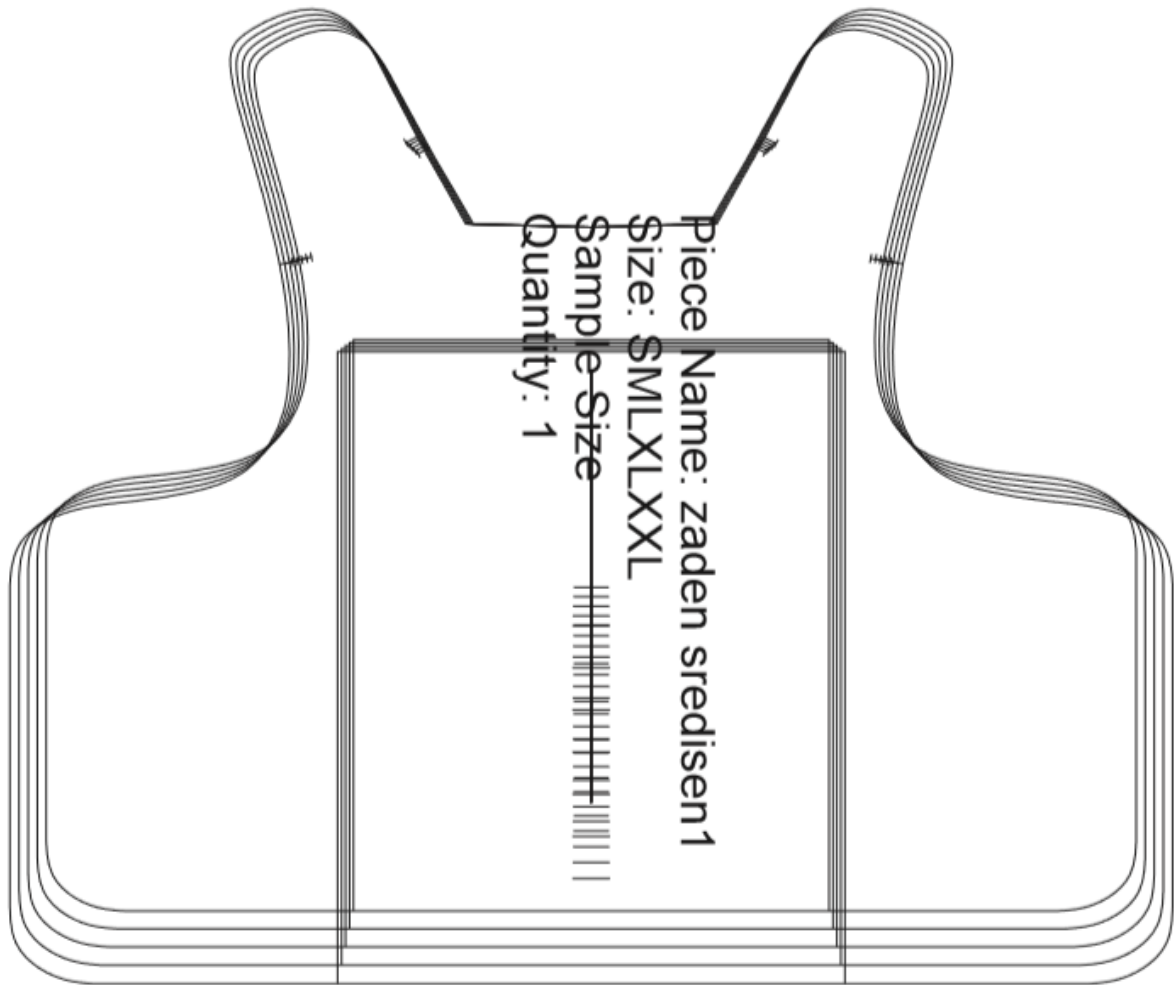




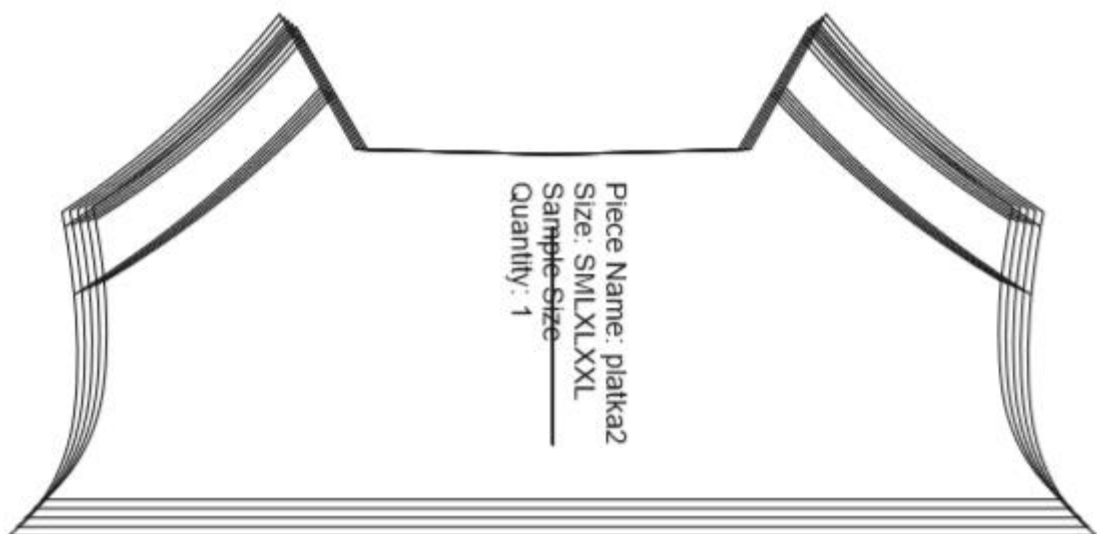
ПРИЛОГ В – ГРАДИРАЊЕ НА КРОЈНИ ДЕЛОВИ ЗА ЗАДЕН ДЕЛ

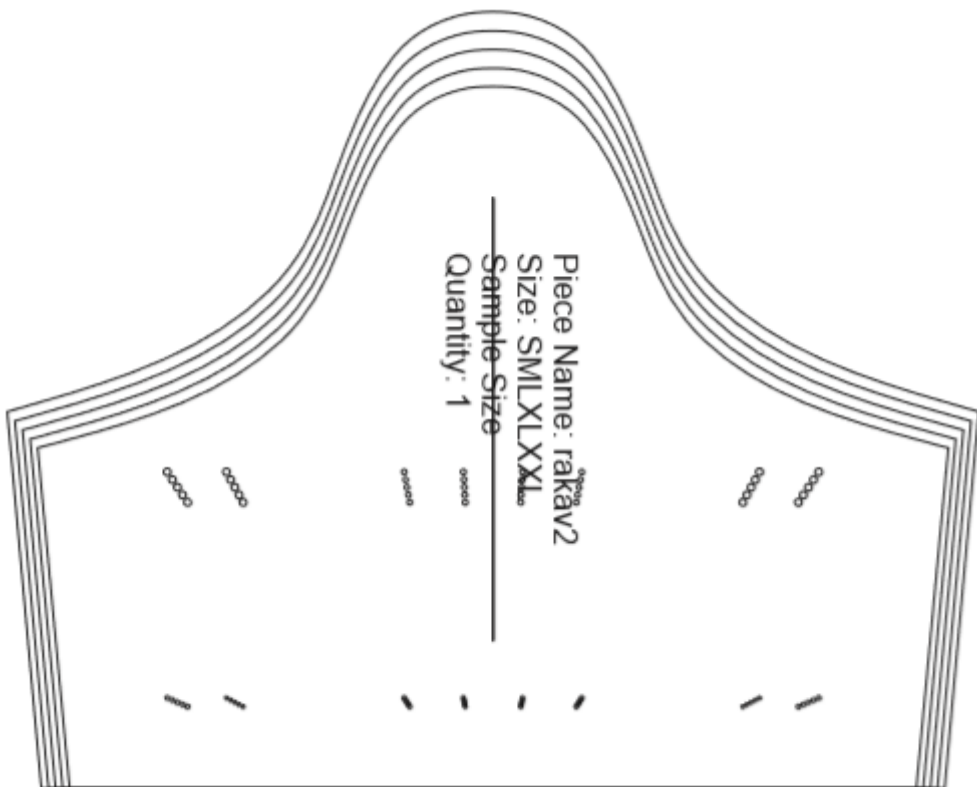
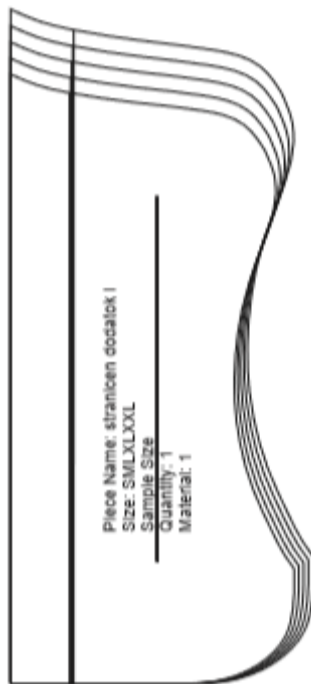
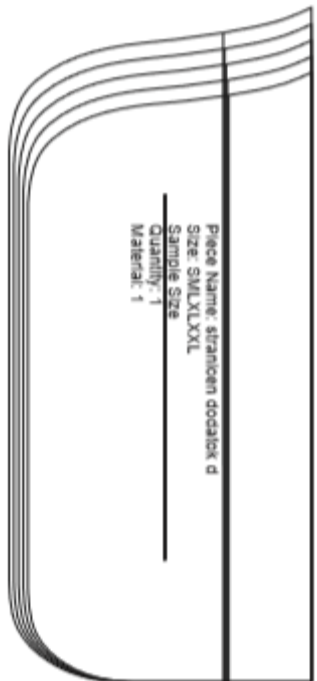


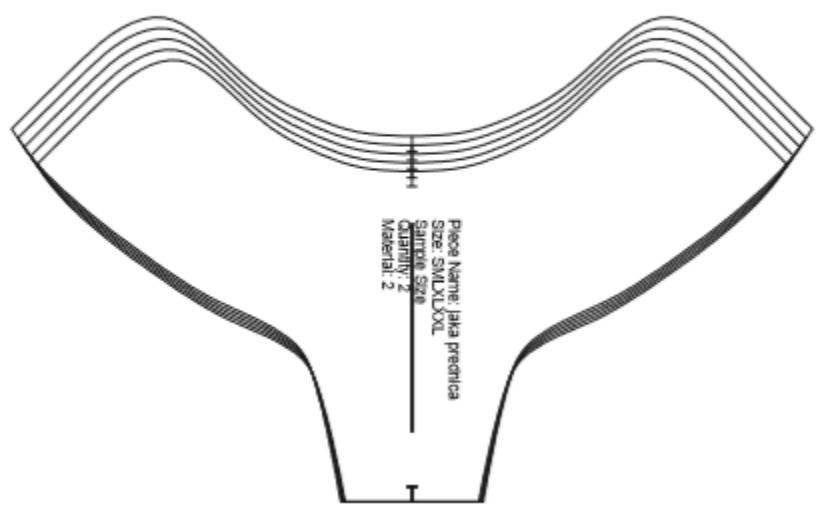
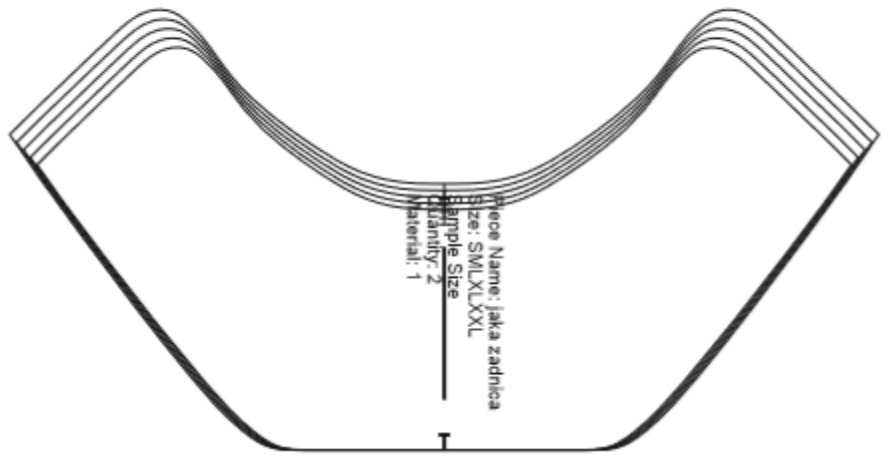
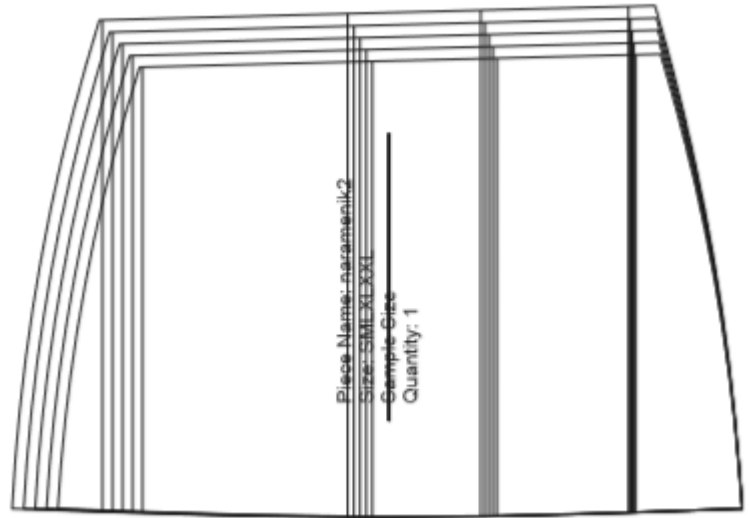




ПРИЛОГ С – ГРАДИРАЊЕ НА МАЛИ ДЕЛОВИ



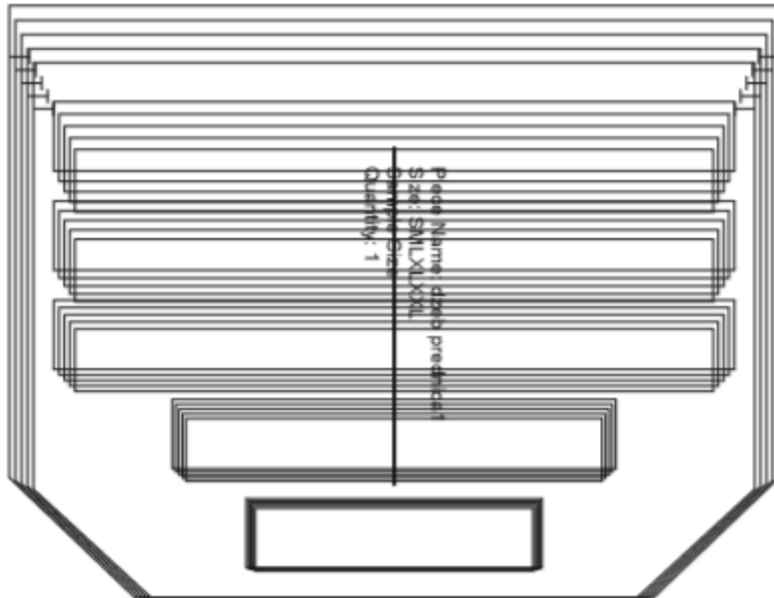
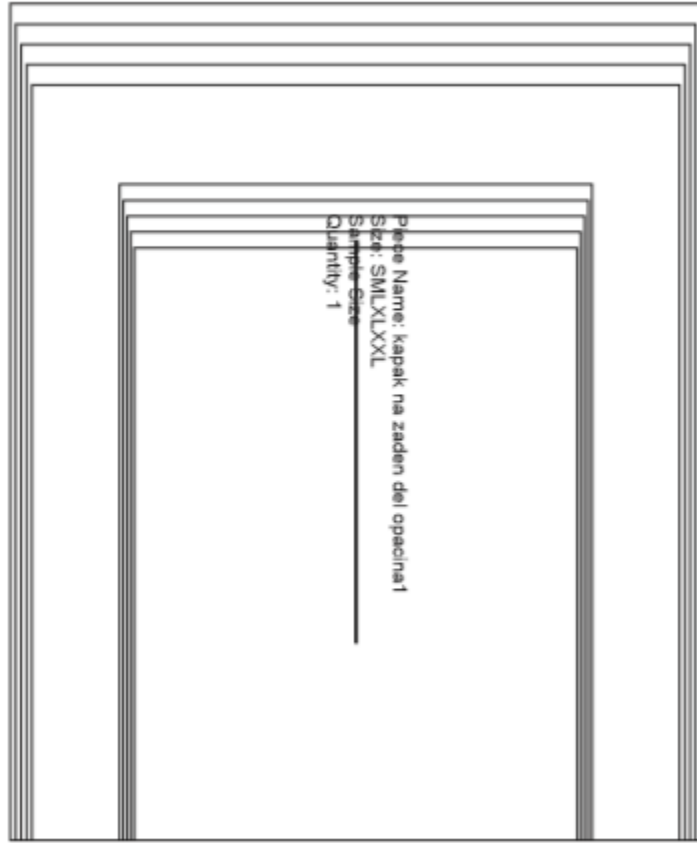




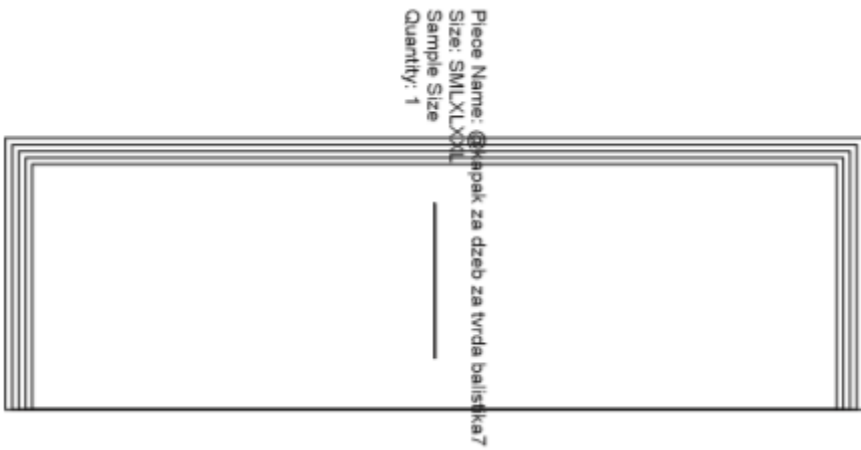
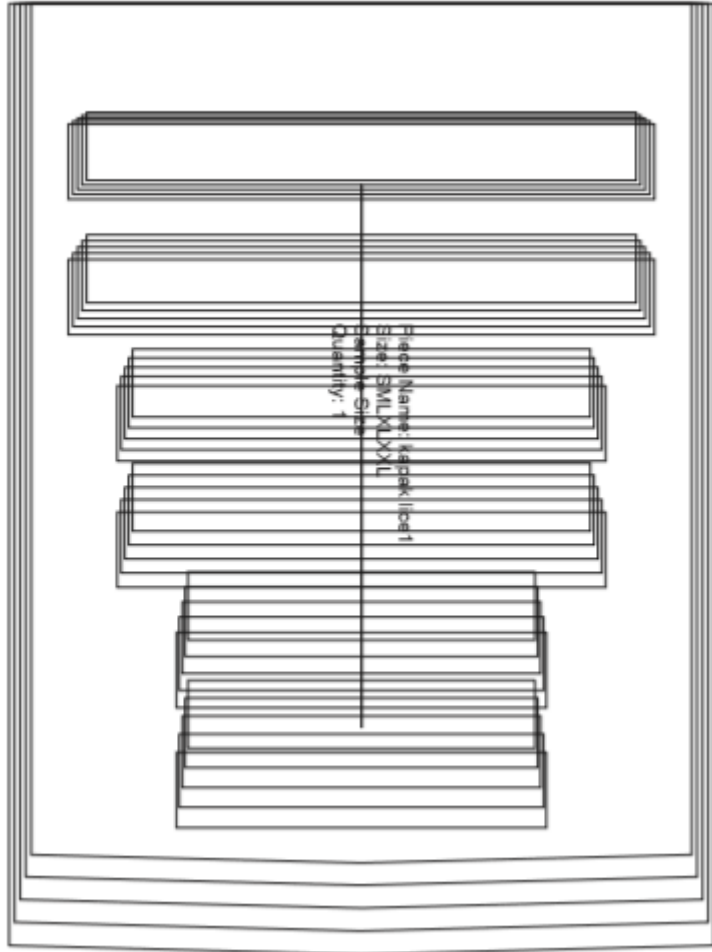
Piece Name: <u>paramedica.nadkrossna1</u>
Size: <u>SMLLXXL</u>
Sample Size _____
Quantity: <u>1</u>

Piece Name: <u>@paramedica.vasthena7</u>
Size: <u>SMLLXXL</u>
Sample Size _____
Quantity: <u>1</u>

Piece Name: <u>zaden del1</u>
Size: <u>SMLLXXL</u>
Sample Size _____
Quantity: <u>1</u>

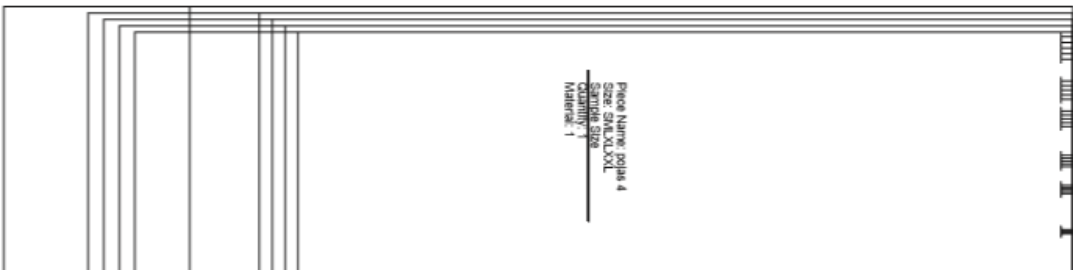
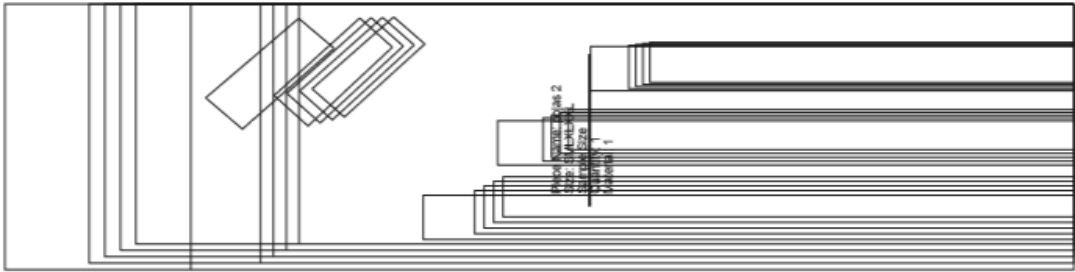
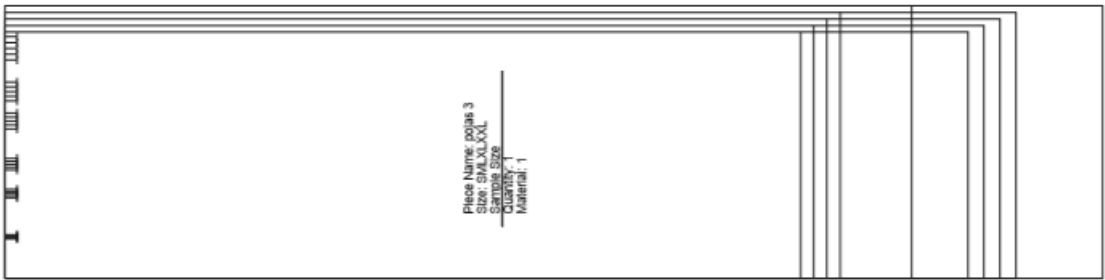
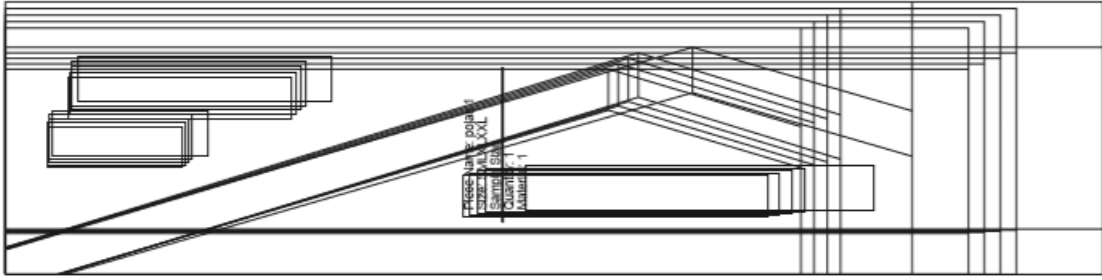


<p>Piece Name: kapak opacina 1 Size: SMLXLXXL Sample Size _____ Quantity: 1</p>
--



<p>Piece Name: dzeb za tvrda balistika1</p> <p>Size: SMLXXXL</p> <p>Sample Size</p> <p>Quantity: 1</p>
--

<p>Piece Name: dzeb za tvrda balistika1</p> <p>Size: SMLXXXL</p> <p>Sample Size</p> <p>Quantity: 1</p>
--



ПРИЛОГ D - Прилог табели

ТЕХНИЧКИ СПЕЦИФИКАЦИИ НА УПОТРЕБЕНИ ПОМОШНИ МАТЕРИЈАЛИ ЗА ИЗРАБОТКА НА МОДЕЛОТ

ТЕХНИЧКА СПЕЦИФИКАЦИЈА ЗА ГУРТНА СО ШИРИНА 25mm	
Материјал	100% PA
Материјал по основа	PA 6
Материјал по јаток	PA 6
Стандард за ткаење	MIL-W-17337
Дебелина 10 mm $\pm 10\%$	1,30
Тежина (g/m) $\pm 10\%$	20,90
Ширина (mm) $\pm 10\%$	25
Боја	Црна
Третман	Термофиксиран
Јачина на кинење (ISO 13934-1:2013)	3601 N
Издолжување до кинење (ISO 13934-1:2013)	38%
Јачина на кинење (ISO4674-A2)	Min 330 N
Отпорност на абразија (ISO 12947-2 12 kPa)	>60.000
РН-вредност (ISO 3071:2008)	6
ПОСТОЈАНОСТ НА БОЈАТА	
Постојаност кон алкалии (ISO 105-E04:2014)	5/5/4-5
Постојаност кон киселини (ISO 105-E04:2014)	5/5/4-5
Триење-суво (ISO 105-X12:2003)	4-5
Триење- мокро (ISO 105-X12:2003)	4-5
Перење на 60 °C (ISO 105-C06:2010)	5/4-5/4
Морска вода (ISO 105-E02:2013)	5/5/4-5
Триење- Органски растворувачи (ISO 105-D02:2003)	5/5
Белење- Хипохлорид (ISO 105-N01:2003)	4
Светлина (ISO 105-B02:2014)	6

ТЕХНИЧКА СПЕЦИФИКАЦИЈА ЗА ГУРТНА СО ШИРИНА 20mm	
Материјал	100% PA
Материјал по основа	PA 6
Материјал по јаток	PA 6
Стандард за ткаење	MIL-W-17337
Дебелина 10 mm ±10%	1,15
Тежина (g/m) ±10%	17,5
Ширина (mm) ±10%	20
Боја	Црна
Третман	Термофиксиран
РН-вредност (3071:2008)	6
ПОСТОЈАНОСТ НА БОЈАТА	
Постојаност кон алкалии (ISO 105-E04:2014)	4/4/4
Постојаност кон киселини (ISO 105-E04:2014)	4/4/4
Триење-суво (ISO 105-X12:2003)	4
Триење- мокро (ISO 105-X12:2003)	4
Перење на 60 °C (ISO 105-C06:2010)	4/4-5/4
Морска вода (ISO 105-E02:2013)	4-5/4-5/4
Триење- Органски растворувачи (ISO 105-D02:2003)	4-5/4-5
Белење- Хипохлорид (ISO 105-N01:2003)	4
Светлина (ISO 105-B02:2014)	6

ТЕХНИЧКА СПЕЦИФИКАЦИЈА ЗА ПАСПУЛ СО ШИРИНА 25mm	
Материјал	100% PES
Материјал по основа	PES
Материјал по јаток	PES
Стандард за ткаење	PMTС
Дебелина 10 mm ±10%	0,7
Тежина (g/m) ±10%	8,4
Ширина (mm) ±10%	25
Боја	Црна
Третман	Термофиксиран
РН-вредност (3071:2008)	5,8

ПОСТОЈАНОСТ НА БОЈАТА	
Постојаност кон алкалии (ISO 105-E04:2014)	4/4/4
Постојаност кон киселини (ISO 105-E04:2014)	4/4/4
Триење-суво (ISO 105-X12:2003)	4-5
Триење- мокро (ISO 105-X12:2003)	4-5
Перење на 60 °C (ISO 105-C06:2010)	4/4-5/4
Морска вода (ISO 105-E02:2013)	4-5/4-5/4
Триење- Органски растворувачи (ISO 105-D02:2003)	4-5/4-5
Белење- Хипохлорид (ISO 105-N01:2003)	4
Светлина (ISO 105-B02:2014)	6

ТЕХНИЧКА СПЕЦИФИКАЦИЈА ЗА ЛАСТИК	
Материјал	30% Еластичен конец/70% PES
Материјал по основа	PES/Еластичен конец
Материјал по јаток	PES
Стандард за ткаење	PMTC
Дебелина 10 mm ±10%	1,13
Тежина (g/m) ±10%	38,3
Ширина (mm) ±10%	50
Боја	Црна
Третман	Термофиксиран
Издолжување до кинење (ISO 13934-1:2013)	189%
РН-вредност (3071:2008)	5,9
ПОСТОЈАНОСТ НА БОЈАТА	
Постојаност кон алкалии (ISO 105-E04:2014)	5/5/5
Постојаност кон киселини (ISO 105-E04:2014)	5/5/5
Триење-суво (ISO 105-X12:2003)	5
Триење- мокро (ISO 105-X12:2003)	5
Перење на 60 °C (ISO 105-C06:2010)	5/5/4-5
Морска вода (ISO 105-E02:2013)	4-5/5/4-5
Триење- Органски растворувачи (ISO 105-D02:2003)	4/4-5
Белење- Хипохлорид (ISO 105-N01:2003)	5
Светлина (ISO 105-B02:2014)	5

ВЕЛКРО	
ТЕСТИРАН ПРОТИВ ШТЕТНИ СУПСТАНЦИИ	
Сертификат	Стандард
TESTEX AG, Институт за тестирање на текстил, Швајцарија	OEKO-TEX® Standard 100

МАТЕРИЈАЛЕН БИЛАНС ЗА ИЗРАБОТКА НА МОДЕЛОТ			
Реден Број	Употребени основни и помошни материјали	Единица мера	Оптимална количина за изработка на моделот
1	Кордура 100%РА	m ²	5,0
2	Полиамидна гуртна $\neq 1,2 \times 25\text{mm}$	m	16,6
4	Полиамидна гуртна $\neq 1,5 \times 20\text{mm}$	m	9,0
5	Велкро трака – рапава со ширина 25mm	m	8,0
6	Велкро трака – рапава со ширина 25mm	m	6,0
7	Велкро трака – мазна со ширина 50mm	m	6,0
8	Велкро трака – рапава со ширина 50mm	m	3,9
9	Велкро трака – мазна со ширина 100mm	m	3,5
10	Велкро трака – рапава со ширина 100mm	m	2,5
13	Ластик ширина 100mm	m	0,6
14	Пластични алки за гуртни 25mm	Парче	20,0
15	Полиамидна гуртна-паспул 0,5x22mm	m	13,0
18	Мрежа 3D SPACER	m ²	0,55
19	Постава – водоотпорна	m ²	4,3
20	Мека балистика	m ²	24,3
22	Повеќежичен конец 30/3	m	800