

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2014

JAROSLAVA FRAJOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

**ODĚVNÍ KONSTRUKCE
NEPRŮSTŘELNÝCH ODĚVŮ PRO
ŽENY**

**CLOTHING CONSTRUCTION OF
BULLET PROOF APPAREL FOR
WOMEN**

LIBEREC 2014

JAROSLAVA FRAJOVÁ

PROHLÁŠENÍ

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji rodičům a všem, kteří přispěli k dokončení mé diplomové práce. Jmenovitě pak děkuji vynikající vedoucí práce paní Ing. Janě Drašarová Ph.D., odbornému konzultantovi Mgr. Radimu Dejlovi. Děkuji paní akad. mal. Emilii Frýdecké za konzultaci v oblasti designu. Za odbornou pomoc při měřeních děkuji paní Ing. Renatě Nemčokové, Ing. Kataríně Zelové, Ph.D., panu Ing. Romanu Knížkovi. Za mikroskopické snímky děkuji Ing. Vladimíru Kovačičovi. Miroslavu Bezděkovi a Ing. Leoši Kukačkovi děkuji za podporu a dobré rady. Děkuji za ochotu měření probantek Adéle Paulínové, Ing. Janě Černé, Haně Kostruchové, Aleně Říhové. Děkuji za výbornou spolupráci fotografce Barboře Kestlerové. Za kvalitní spolupráci velmi děkuji modelce a vizážistce Michaele Vávrové a Sargsyan Tathevik. Za odborné konzultace, za zprostředkovaný materiál a spolupráci děkuji firmě Gared, s.r.o. Rovněž děkuji za podporu v oblasti balistického testování, konzultacím a spolupráci firmě Army Arms s.r.o. V neposlední řadě tímto děkuji Fakultě textilní Technické univerzity v Liberci za částečnou finanční záštitu v řešení dílčích úkolů související jak s touto prací, tak i s projektem SGS 21027 MŠMT.



ANOTACE

Cílem práce bylo vytvořit speciální oděvní konstrukce ochranných balistických (neprůstřelných) vest pro ženy. Byly vybrány vhodné materiály pro zpracování balistické vložky a oděvní kamufláže. Vrstvené vzorky s různými druhy spojů byly balisticky testovány a dále byla zjišťována pevnost ve švu. Byly zhotoveny dvě padnouce balistické konstrukce pro neprůstřelnou diplomickou vestu pro ženy a zhotoveny tři druhy modelů oděvní variabilní kamufláže pro vytvořené balistické vložky. Práce je doplněna návrhy a pilotním provedením dalších doprovodných zkoušek (např. návrh testu vhodnosti termoregulačního materiálu jako podšívky do systému neprůstřelných vest). Je doporučen experimentální postup při nestandardním testování těchto speciálních textilních systémů.

ANOTATION

The aim of the thesis was to design and create special clothing constructions of protective ballistic (bullet proof) vests for women. Suitable materials were chosen for ballistic inlays and top camouflages. Layered samples of the ballistic materials with various kinds of joining seams were ballistically tested. Further also the tensile strength of the joinings was tested. Two ballistic constructions for bullet proof vest for women were created along with three models of variable top clothing camouflage for the ballistic inlays. The work is supplemented with other specifically designed experiments (e.g. test of suitability of thermoregulating material for inner padding of the vests). The thesis suggests an approach for nonstandard testing of these special textile systems.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Balistická vesta, balistická ochrana, kinetická energie, střela, vysocepevná vlákna, Kevlar, Dyneema, Twaron, konstrukce, balistická vložka, oděvní kamufláž, spojování balistická vesty

KEY WORDS:

Bullet proof vest, ballistic protection, Dyneema, Twaron, Kevlar, kinetic energy, bullet, high solid fiber, construction, clothing constructions of protective ballistic, staple ballistic vest, camouflage clothing

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	HISTORIE OCHRANY PROTI (STŘELNÝM) ZBRANÍM	9
3	VYSOCEPEVNÁ VLÁKNA PRO BALISTICKOU OCHRANU	13
3.1	Vlákna na bázi para aramidu	13
3.1.1	Kevlar®	13
3.1.2	Twaron®	19
3.2	Vlákna na bázi polyethylenu.....	21
3.2.1	Dyneema®	21
3.3	Vlákna na bázi polypropylenu.....	22
3.3.1	Innega®	22
3.3.2	Tegris®.....	23
4	VYSOCE PEVNÁ ŽÁRUVZDORNÁ VLÁKNA	25
4.1	Vlákna na bázi meta-aramidu.....	25
4.1.1	Nomex®	25
4.1.2	Technora®.....	26
4.2	Ostatní žáruvzdorná vysoce-pevná vlákna.....	26
4.2.1	Zylon®	26
5	BALISTICKÁ ODOLNOST	28
5.1	Kinetická energie.....	28
5.2	Třída balistické odolnosti	29
5.3	Rozdělení zbraní a nábojů pro orientaci v balistice.....	29
5.3.1	Ruční palné zbraně	30
5.3.2	Náboje pistolové a puškové	31
5.4	Třídy odolnosti – normy	32
5.5	Test neprůstřelnosti.....	33
6	KONSTRUKCE BALISTICKÝCH VEST	35
6.1	Konstrukce vest podle třídy ochrany	35
6.2	Konstrukce vest podle funkčních vrstev.....	37
7	KONSTRUKCE BALISTICKÉ OCHRANY.....	39
7.1	Speciální vnitřní skladba balistických vrstev.....	39
8	DIPLOMATICKÉ BALISTICKÉ VESTY PRO ŽENY	41
8.1	Na trhu dostupné prototypy.....	41

9	ÚVOD K EXPERIMENTU.....	44
9.1	Problematika konstrukce a technologického zpracování balistiky pro ženy.....	44
9.2	Spolupráce s firmou Gared s.r.o.....	45
10	INOVACE KONSTRUKCE STŘIHŮ BALISTICKÉ OCHRANY.....	47
10.1	Konstrukce balistické vložky (nerealizované)	47
10.2	Konstrukce balistické vložky (realizované)	49
10.2.1	Střihová konstrukce	49
10.2.2	Parametry materiálů a technologické zpracování	51
10.2.3	Testování dílčích vzorků.....	55
10.3	Měření pevnosti švů a materiálů.....	55
10.3.1	Popis vzorků a metody.....	55
10.3.2	Hodnocení a diskuze.....	57
10.4	Měření balistické odolnosti	61
10.4.1	Popis vzorků.....	61
10.4.2	Popis metody – balistická zkouška.....	62
10.4.3	Hodnocení a diskuze.....	63
10.4.4	Zhodnocení metodiky a doporučení.....	69
11	NÁVRH VARIABILNÍ KAMUFLÁŽNÍ VRSTVY S PODŠÍVKOU	71
11.1	Testování podšívkového materiálu s termoregulační funkcí.....	72
11.1.1	Bezdotykové měření teploty pomocí termovize.....	73
11.1.2	Měření tepelně izolačních vlastností.....	75
11.2	Inovace pro oděvní kamufláž.....	77
11.2.1	Inspirace.....	77
11.2.2	Popis modelů a jejich technické parametry	80
12	ZÁVĚR.....	92
	LITERATURA	94
	PŘÍLOHA	98

1 ÚVOD

Lidská společnost a lidské tělo samo je velmi zranitelné. Nestandardní a nebezpečné situace člověka nutí vyvíjet prostředky k tomu, aby se snižovalo riziko nebezpečí. Z historie víme, že zbraně jsou vždy o krok napřed oproti ochraně proti nim. Proto se neustále vylepšují již dostupné znalosti a zkušenosti. Hlavním tématem diplomové práce je soustředěna na konstrukci a její zpracování i na vzhled neprůstřelného diplomatického oděvu pro ženy. Ženy mají vyklenutý hrudník a to přináší konstrukční i technologické problémy ve zpracování balistické ochrany, které jsou řešeny v této práci.

Hlavním cílem je navrhnout lépe padnoucí dámskou diplomatickou vestu s balistickou ochranou s univerzálněji tvarovanou vložkou pro nositelky s větším poprsím.

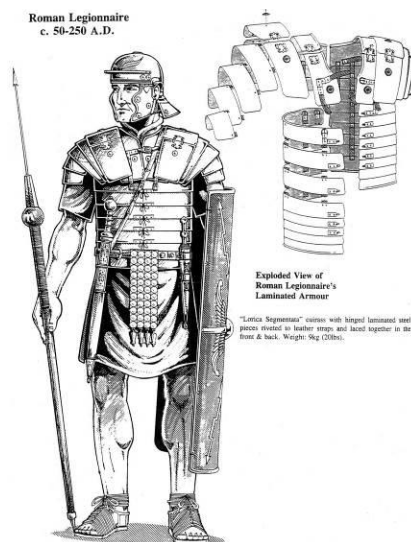
Sekundárním úkolem této diplomové práce je navrhnout princip maskování balistické ochrany tak, aby byl v publiku záměrně vyvolán dojem šatového modelu vytvořeného módním návrhářem. Tento způsob nevojenské kamufláže je zejména vhodný pro ženy pracující na pozicích s vyšším rizikem nežádoucího nebezpečí od okolí. Tím je myšleno: návštěvy VIP společenských událostí, práce v bankovníctví a finančních službách, provozování činnosti v nočních podnikcích nabízející pohostinství, práce v sociálních službách a s lidmi v nízkoprahových centrech. Při snížení vzhledově atraktivních doplňků, zvýšení technického stříhu možno použít v zaměstnáních, kde je vyžadováno nosit firemní (nevojenskou) uniformu – stewardka, profesionální řidička dopravních prostředků, speciální pedagog v rizikových školských a výchovných ústavech.

2 HISTORIE OCHRANY PROTI (STŘELNÝM) ZBRANÍM

Jedna z nejstarších a nejznámějších „bojových ochran“ je samurajská kožená zbroj. Pruhy kůže byly kolmo sešívány silnými barevnými šňůrami. Z obrázku je patrné, že celá skladba brnění je zároveň velmi vkusná. Samurajové byli **japonští**, velice vážení bojovníci s mečem, ovšem nepřátelským šípům nakonec ve středověku podlehli.



Obr. 1 Samuraj v koženém brnění [16]



Obr. 2: Římská legionářská zbroj [17]

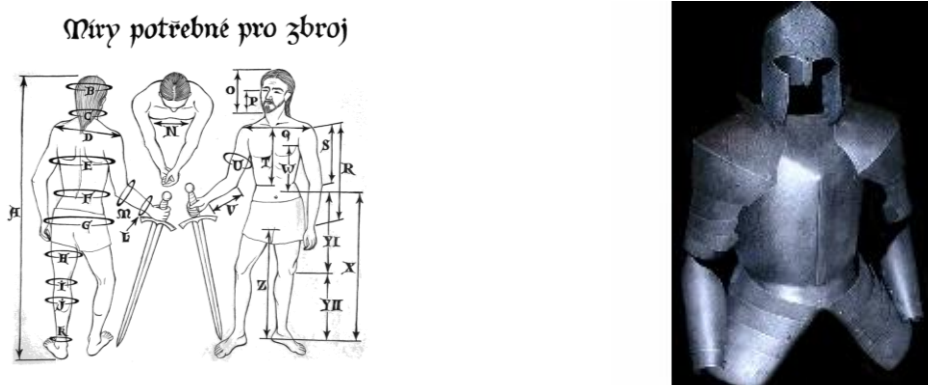
Silnou armádou **starověké** Evropy byly římské legie. Dostupnost nerostného bohatství dovolila římským legiím mít kovovou zbroj (brnění). Pod vestou s ramenními chrániči nosili červené šaty. Velmi typické za dob Julia Caesara v 1. stol.př.n. l.

Středověká zbroj v období gotiky získává svoji dobovou podobu díky používání kroužkové konstrukci drátěných vest (košil). Ve své době byl zbrojář nebo kovář v tomto směru velmi zručný, protože kroužky sestavoval s různou hustotou. V pozdějších letech, a za dob křížáckých výprav, se na drátěnou konstrukci přidávaly ještě obdélníkové pláty nebo kovové šupiny. Výzbroj byla velmi těžká, nejméně 10kg, a skládala se z tisíců kroužků (viz obr. 3).



Obr. 3: Kroužkové síťe košile a ukázky drátěných košilí z 12. - 14.stol. [18]

Na obrázku 4 je vidět tělesné míry, které byly potřeba pro tepanou zbroj. Jsou to horizontální a vertikální rozměry na hrudní krunýř, kalhoty, nárameníky, na přilbu. Zobrazené kování je určeno pro jezdeckou pěchotu 14. století.



Obr. 4 Míry pro kované zbrojení-Ukázka kovaného brnění[19]

V době **raného novověku** se velmi dobře ujala vyzorovaná schopnost vrstveného textilu, která je, v rámci možností, odolná proti seknutí šavlí. Změna vybavení vojáků je určena vývojem bitevní taktiky a používaných zbraní. Palcáty a těžkopádně zbraně vystřídaly ostré šavle, začínající pušky a děla. Obrázek 5a ukazuje ochranný oděv pro ženské tělo, který mohl mít i další, nejen bojové ochranné funkce.



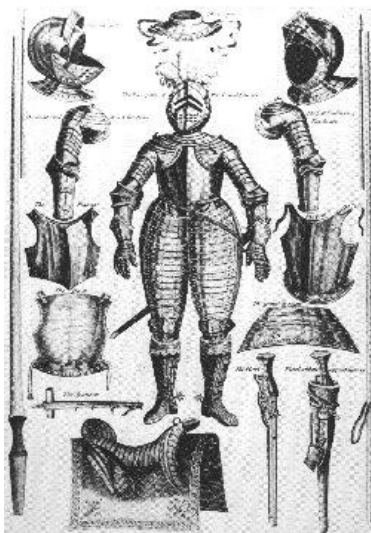
Obr. 5: Dámský ochranný oděv[14]



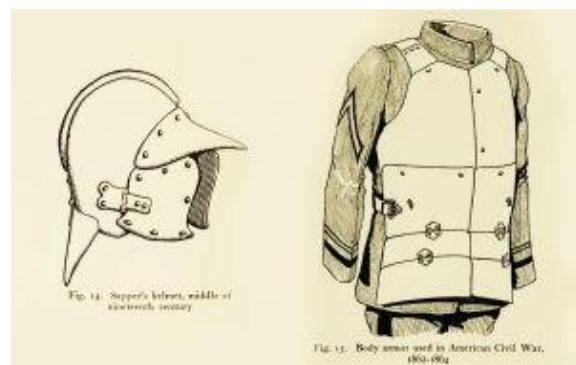
Obr. 6: Prošívaná košile[15]

V období baroka se v Evropě odehrává třicetiletá válka, ale Evropa se vojensky střetává také s Asií a Afrikou. Na bitevních polích bojují především najatí žoldnéři. Vojenský oděv je značně ovlivněn tehdejší módou, jako u všech vojenských oděvů své doby. Stále se kovaly krunýře zavazované na rameni a v pase a přilby pro jezdecké tumaje se sklápěcím hledím.

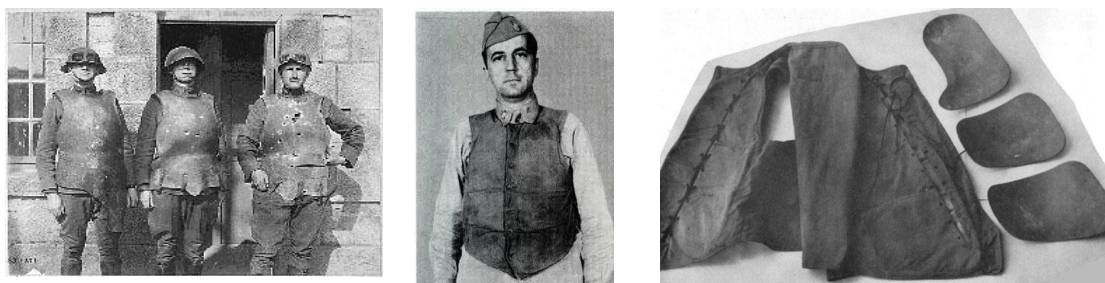
Jinak je tomu asi **o 200 let později**, za Napoleonských válek v 19. století. Oděv této doby je strohý a svojí konstrukcí ho můžeme považovat za současný. Vojáci měli uniformy, které byly přiléhavé na tělo, tím se stali velmi zranitelní. Na obrázku je vidět snaha o ochranu nejzranitelnějších míst na těle: hrudník, břicho a záda. Je inspirovaná historií a zkušenostmi s nýtováním, což byla základní technologie, jak pojit kovové díly od poloviny 19. století. Na obrázku je vidět ochranný krunýř a helma z roku 1862.



Obr. 7: Ochranné prostředky 19.stol, Barokní výbroj [13]



Velmi rychlý vývoj zbraní a ochrany proti nim zaznamenává **20. století**. Díky první a druhé světové válce se produkt neprůstřelných vest stal nezbytný. Už na konci 18. století v Japonsku a Korei vyvinuli takzvanou měkkou zbroj. První neprůstřelné vesty se skládaly z 30 vrstev hedvábí. Hedvábí je velmi pevné a zároveň mnohem pružnější než pevnější Kevlar objevený v 60. letech 20. stol. Naskytovala se příležitost, jak udělat tuto vestu odolnější. V Chicagu dva vědci, Casimir Zeglen a Jan Szczepanik, vpleli 1,6 mm tenký ocelový drát do čtvrté vrstvy hedvábí. Tato struktura zastavila střelu ráže .44. Zeglen se stal populární po tom, co po sobě v New Yorku nechal vystřelit před publikem. Ovšem příliš veliké zisky z vynálezu neměl. K jeho škodě byl prezident McKinley zabit střelou, kterou by vesta pravděpodobně zastavila. Bohužel se tato událost stala dříve než byla vesta představena státním složkám. Arcivévoda Ferdinand Habsburský tuto vestu nosil, ale smrtelné zranění způsobila rána na krku – tedy mimo oblast ochrany poskytnuté vestou. Zeglen tak získal nechtěně špatnou pověst, a téma „neprůstřelných materiálů“ zůstalo relativně neřešené až do příchodu syntetických vláken. Prvním vláknem použitým k výrobě balistické ochrany byl nylon (PAD 6.6) objevený ve 30. letech 20. stol. V 60. letech 20. stol. firma DuPont v čele se Stephanie Kwolek a Herbertem Bladem vyvinula tzv. paraaromatické vlákno. Vlastnosti a složení těchto vláken jsou popisovány v následujících kapitolách.



Obr. 8: Panceřové vesty německého typu a vpravo dva obrázky Zeglenovy vesty [20]



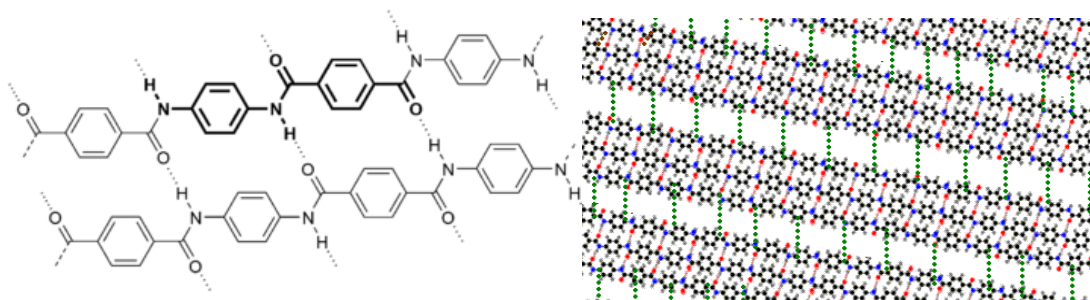
Obr. 9: vlevo japonská bojová vesta, bullet proof vest, uprostřed vesta z roku 1942, vpravo vesty z 90.let

3 VYSOCEPEVNÁ VLÁKNA PRO BALISTICKOU OCHRANU

Vysoce pevná vlákna vhodná pro balistickou ochranu mají typickou chemickou podstatu, jsou to aromatické polyamidy nebo polyetyleny a jim podobné struktury, které mají vysokou pevnost. Chemická struktura je určující pro výsledné vlastnosti. Jedná se o vlákna pod obchodními názvy: Dyneema®, Innegra®, Tegriss®, Kevlar®, Twaron®, a další. Všechna tyto vlákna mají díky svým specifickým vlastnostem široké využití napříč mnoha průmyslovými odvětvími.

3.1 Vlákna na bázi para aramidů

V této kapitole jsou uvedeny základní informace o para-aramidových vláknech vyráběných pod obchodními názvy Kevlar a Twaron



Obr. 10: Chemická struktura Para aramidů[21]

3.1.1 Kevlar®

V roce 1965 v americkém DuPontu vyvinula technoložka Stephanie Kwolek s Herbertem Bladem nové polyamidové vlákno, pod obchodním názvem Kevlar.

Všechny kevlarové produkty mají reznou barvu žlutou, je to dáno vazbou s uhlíkem a dusíkem ve struktuře polymeru.

Chemické složení

Tento typ vysoce pevného vlákna se skládá z para aromatických polymerů, které mají dlouhé řetězce amidových vazeb (-CO-NH-). Spojují je dvě benzenová jádra. Tyto jádra spojují lineární syntetické makromolekuly s aromatickými jádry. Jsou spojeny amidovými vazbami v poloze PARA. Proto se vyjadřujeme o para-aramidech. Zkrácená chemická značka PPTA značí para polyphenyl tereftal amid.

Benzenová jádra zajišťují tepelnou stabilitu a vysokou pevnost. Materiál je dlouhodobě použitelný do 180°C, degraduje při 450°C. Při změně polohy vazeb a velikosti makromolekul nebo směru makromolekul jsou získány meta-armidy známé pod názvy Nomex®, Conex®.

Fyzikální vlastnosti [30], [25]

Oproti klasickým textilním vláknům má vysokou **teplotu tání**, odolnost vůči plameni, vysokou pevnost v tahu, srovnatelnou měrnou hmotnost.

Teplota přechodu do podoby skla je 375°C

Teplotní tání pro PPTA je to 530°C (za určitých podmínek, vlákno však dříve degraduje)

Tepelný rozklad lze sledovat termogravimetrickou analýzou TGA při, které je poměr ztráty hmotnosti při dané teplotě přesně určený. Všechny tyto materiály se tepelně rozkládají okolo 400°C – 500°C.

Tepelná objemová stabilita, hořlavost - Kevlar má vysokou objemovou stabilitu. Vlákna nehoří, ale uhelnatí.

Vysocepevná vlákna málo **absorbují tekutiny**, slanou vodu nasakuje mnohem rychleji než dešťovou. Mokrá vlákna ztrácejí své užité vlastnosti. U Kevlaru je to běžně 7 % vlhkosti. Souvisí to také s obsahem prachu a jiných nečistot.

Chemická odolnost vláken je nadměrně dobrá. Odolává organickým rozpouštědlům, alkaliím, zředěné kyselině. Struktura se rozrušuje při silných kyselinách a zásadách. Většinu těchto typů láken lze rozpustit v kyselinách – sírové, fluorovodíkové. Na rozdíl od ostatních polymerů nejsou dobře rozpustné v kyselině mravenčí a v m-krezolu. Vlákna jsou citlivá na hydrolyzu (štěpí se hlavní řetězce), mají nízkou rozpustnost v anorganických látkách. Pokud se při výrobě kevlar dobře „nevypere“ vodou (tj. neodstraní se přebytečná kys. sírová), degraduje zezelenáním.

Vlákna mají slabé **mechanické vlastnosti** v příčném směru a velmi nízkou odolnost vůči axiálnímu tlakovému namáhání. U většiny vlastností je podélná tuhost stejná jako v tahu.

Kevlar má nízkou pevnost v tlaku, v důsledku anizotropie a nízké smykové tuhosti. Tahové zatížení je přenášeno kovalentními vazbami, ale tlakové slabými vodíkovými Van der Waalovými můstky. Vazby zapřičiňují fibrilaci nebo lokální skluz a tak vzniká poškození při ohybu vláken na stlačené straně vlákna.

Vlákna podléhají **foto-degradaci** na slunci (UV-VIS, UV ultrafialové). Sluneční paprsky způsobí vyblednutí a dochází ke snižování mechanických vlastností.

Základní charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 1.

Druhy kevlaru

Aramid není jenom jedno jediné vlákno, ale modifikací se docílilo většího spektra druhů Kevlarů s mírně rozdílnými vlastnostmi a tím i specifikaci pro různé účely.

Kevlar 29 odolává střele, žáru, proříznutí...

Kevlar 49 je velmi lehký a má vysoký modul pružnosti (větší než u 29) a nízkou hmotnost. Vysoce odolný vůči poškození vibracemi. Kevlar 49 odolává organickým i anorganickým kyselinám zásadám a jiným chemikáliím. Horké kyseliny a zásady rozkládají vlákno.

Kevlar 119 poskytuje z kevlarů největší elasticitu. Má lepší odolnost vůči únavě materiálu a rozměrovou stabilitu

Kevlar 129 je mnohem houževnatější než kevlar 29.

Kevlar 100 je jediný z řady kevlarů, který se dá barvit.

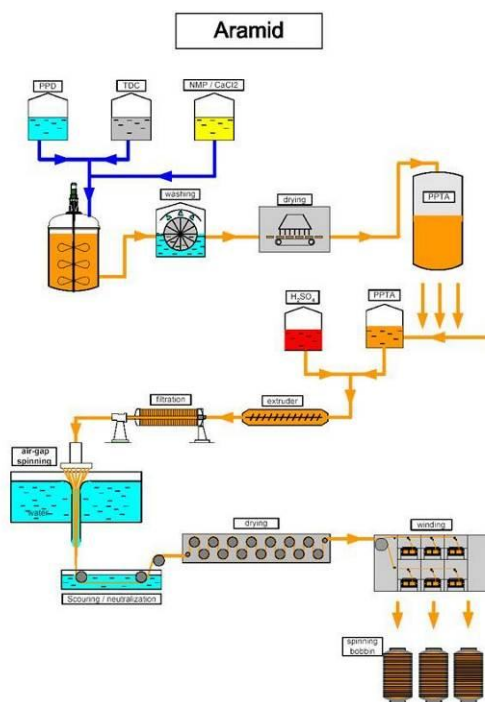
Kevlar KM2 má vysokou houževnatost a pevnost.

Tabulka 1: Vlastnosti různých typů vláken Kevlar [30]

Tabulka vlastností	Kevlar 29	Kevlar 129	Kevlar 119	Kevlar 49
Houževnatost (cN/Tex)	205	235	205	205
Pevnost v tahu (MPa)	2700	3324	3024	2900
Tažnost do přetrhu (%)	5,0	3,0	4,5	2,5
Rovnovážnost vlhkosti (%)	7	7	7	7
Hustota (g/cm ³)	1,44	1,44	1,44	1,44
Teplota rozkladu (°C)	500	500	500	500

VÝROBA KEVLARU

Kevlarové vlákno se vyrábí, čili zvlákňuje, polykondenzací v roztoku PPD *p-fenylendiamidu*, TCl *tereftal chloridu* ve vodě. Tento roztok se kape do kyseliny sírové, kde se vlákno sráží a vytahuje se samotné vlákno, protože se voda oddělila. Tato příprava nezajistí stejnoměrné vlákno.



Obr. 11: Výroba aramidových vláken [22]

Druhá možnost, jak vyrobit vlákno stejnoměrné, je upravený způsob výroby v prvním odstavci. Herbert Blades vynalezl **zvlákňování „dry jet wet spinning,“** který dokáže z anizotropního roztoku aramidu vytvořit vlákno. Vlákno lze zvlákňovat za sucha i za mokra. Přístroj pracuje tak, že roztok je vytlačen zvlákňovací tryskou přes vzduchovou mezeru přímo do srážecí lázně, ze které se namotává rovnoměrné vlákno. Lze vytvořit několik typů vláken, které se od sebe liší lineární hustotou a vlastnostmi.

TEXTILNÍ PRODUKTY

Tato kapitola je věnována přehledu polotovarů, ve kterých se používají kevlarová vlákna.

Vláknenná **stříž** (nařezaná krátká vlákna) a **kevlarová drť** se využívá jako výplň do kompozitních struktur.

Dalším typickým a často používaným textilním útvarem jsou **délkové textilie**. Jemnost se většinou udává pomocí čísla metrického, které určuje, kolik gramů váží příze délky 1000 metrů ($T [\text{tex}] = 1000 [\text{m}] / m [\text{g}]$). Běžně je na trhu k dispozici Kevlar jako **nekonečné vlákno** v nízkých jemnostech a v omezené barevné paletě. **Příze** lze vyrobit v barvě rezně žluté, černé, tmavě modré, zelené a oranžové. DuPont nabízí příze ve všech škálách duhy. Firma Schoeller dodává dlouhostaplovou kompaktně předenou přízi (vlákna 90 mm) z Kevlaru ve vysokých jemnostech Čm 28-150 (35-7 tex) s textilním příjemným omakem, minimální chlupatostí a mírným leskem. Skané příze v těchto jemnostech Čm 28/2 (36×2 tex), Čm 50/1 (20×1 tex), Čm 50/2 (20×2 tex), Čm 80/2 (13×2 tex). Příze z Kevlaru lze vyrobit jako přízi jádrovou s možností dvoj- i vícenásobného skaní pro zlepšení mechanicko-fyzikálních vlastností. Jde o směsovou dlouhostaplovou česanou přízi 70% Panox / 30% Kevlar (směs preoxidovaného polyakrylu s Kevlarem) (Čm 14/2 (72×2 tex), Čm 36/2 (28×2 tex)). Příze jádrového typu se nazývá příze DREF ve 40% Kevlar (jádro) 60% viskóza FR (plášť) - Čm (tex) 40/2 (25×2).

Z délkových útvarů jsou vyráběny následující typy **plošných textilií**. **Netkané textilie** se vyrábí v podobě vložek nebo mřížek. **Tkaniny** se vyrábí na klasických stavech jako metráž v plátnové nebo keprové vazbě. Materiál se také plete. **Pletenina** není ovšem vhodná k balistickým účelům, i když se dříve používala. Tkaniny se kombinují i s jinými textilními a funkčními přízemi. Jde potom o vysoce pevné a vodivé (uhlíkové) materiály.

Plošné textilie se nepoužívají jen samostatně, ale také v podobě tzv. **laminátů**. Tkaná soustava se lisuje do hydrofobní či spíše vlhko nepropustných folií. Pro balistickou odolnost je důležité, aby se mezi kladené vrstvy nedostala vlhkost. Ta totiž velmi výrazně snižuje funkční vlastnosti balistické odolnosti. V současné době se tedy většinou nepoužívá kevlar bez potahu, naopak se kevlarová textilie laminuje ještě neprořeznou vrstvou připomínající brusný papír. Dalším příkladem je tzv. AT FLEX, což je obchodní název laminátu aramidové tkaniny v plátnové vazbě s navrstvenou tenkou tuhovou uhlíkovou vrstvou.

Plošná hmotnost a cena kevlaru se liší v závislosti na hustotě dostavy a jemnosti vláken, použité vazbě tkaniny a v neposlední řadě na výrobci. Materiál tkaného kevlaru firmy DuPont se vyrábí v Polsku, ve Francii, v Anglii a v Americe. Další výrobci aramidu jsou asijské velmoci jako např. Čína. Čínský „kevlar“ je sice mnohem levnější, ovšem dle zkušeností výrobců balistických vest, s rizikem nejisté kvality.

Kromě toho se kevlar zpracovává i ve formě papíru.



Obr. 12: Kevlar příze, stříž, drť, vrstvení pro výtuhu v lodích. Vpravo hybridní tkanina s uhlíkovými vlákny [31]

Použití

Použití kevlarových textilních struktur vyplývá z charakteristických vlastností a to zejména pevnosti, která je až 5x větší než pevnost oceli při stejných rozměrech. Nevýhodou je jejich navlhavost. Nejčastěji se využívá v ochranných oděvech např. pro armádní využití, jako pancíře na tanky, balistické vesty apod. Důležitým faktorem ochrany je ochrana proti prořezu a oděru (prohoření), nejčastěji aplikované na pracovních oděvech nejen dřevorubců. Vyrábí se jako ochranné pletené rukavice. Motorkáře zachraňují helmy odolné proti oděru a kevlarové ochranné oděvy, kdy jsou vlákna zatkávána do struktury denimu (oděv je funkční, vzhledný a pohodlný).



Obr. 13: Aplikace kevlaru

Dále se využívá pro konstrukci částí raketoplánů. Ve stavebnictví se používá jako podklad pro střešní krytiny. Na výškových budovách tvoří nehořlavé těsnění. Nanáší se jako impregnace, membrány a v obuvnictví tvoří modifikované pryžové podrážky turistických a vysoce zatěžovaných bot. Kevlar se nanáší na optická vlákna, jako ochrana pro nosiče informací. Z kevlaru se vyrábí i rybářské vlasce a lana.

3.1.2 Twaron®

Vlákno pod obchodním názvem Twaron® vzniklo v 80. letech. Vyráběla ho konkurenční firma DuPontu, firma AKZO, ale v současnosti hovoříme o společnosti TEIJIN. Vlákno se vyrábí v Japonsku a vyvinuli ho japonští vývojáři Ozawa a Nakagawa. Touto firmou je také patentováno. Mimo jiné materiály od firmy Teijin využívá český výrobce neprůstřelných vest GARED, s.r.o..

Chemická struktura

Twaron® je para - aromatické vlákno, skládá se z dlouhých molekulových řetězců sestávajících z poly-paraphenylene terephthalamidu. Je zde také mnoho meziřetězcových vazeb což dělá materiál extrémně pevným. Jedná se o vodíkové vazby mezi karbonylovými skupinami a protony na sousedních polymerových řetězcích.

Fyzikální vlastnosti

Twaron je nevodivé, špatně zápalné vlákno, má vysokou pevnost a vysoký Youngův modul pružnosti. Vlákno je odolné vůči oděru, odolává organickým rozpouštědlům.

Vlákno má velmi dobrou odolnost proti vysokým teplotám, zachovává si svou pevnost a pružnost i při nízkých teplotách (-196 °C); dokonce je při těchto teplotách o něco pevnější. Při vysokých teplotách je pevnost v tahu snížena o 10-20%, a již po několika hodinách se pevnost nadále snižuje. Například při 160°C se snížení pevnosti o 10% projeví po 500 hodinách. Při 260°C se snížení pevnosti o 50% projeví po 70 hodinách. Při teplotě 450 °C Twaron® sublimuje.

Vlákno je citlivé na ultrafialové záření.

Obtížně barvitelné vlákno se vyrábí v rezné barvě žluté, okrové a čemé. Twaron® je 5x pevnější než ocel a přitom je velmi lehký. Výhodou tohoto materiálu může být **proti únavová odolnost** - malý úbytek pevnosti při opakovaném namáhání v tlaku, ohybu i abrazi (obrusu).

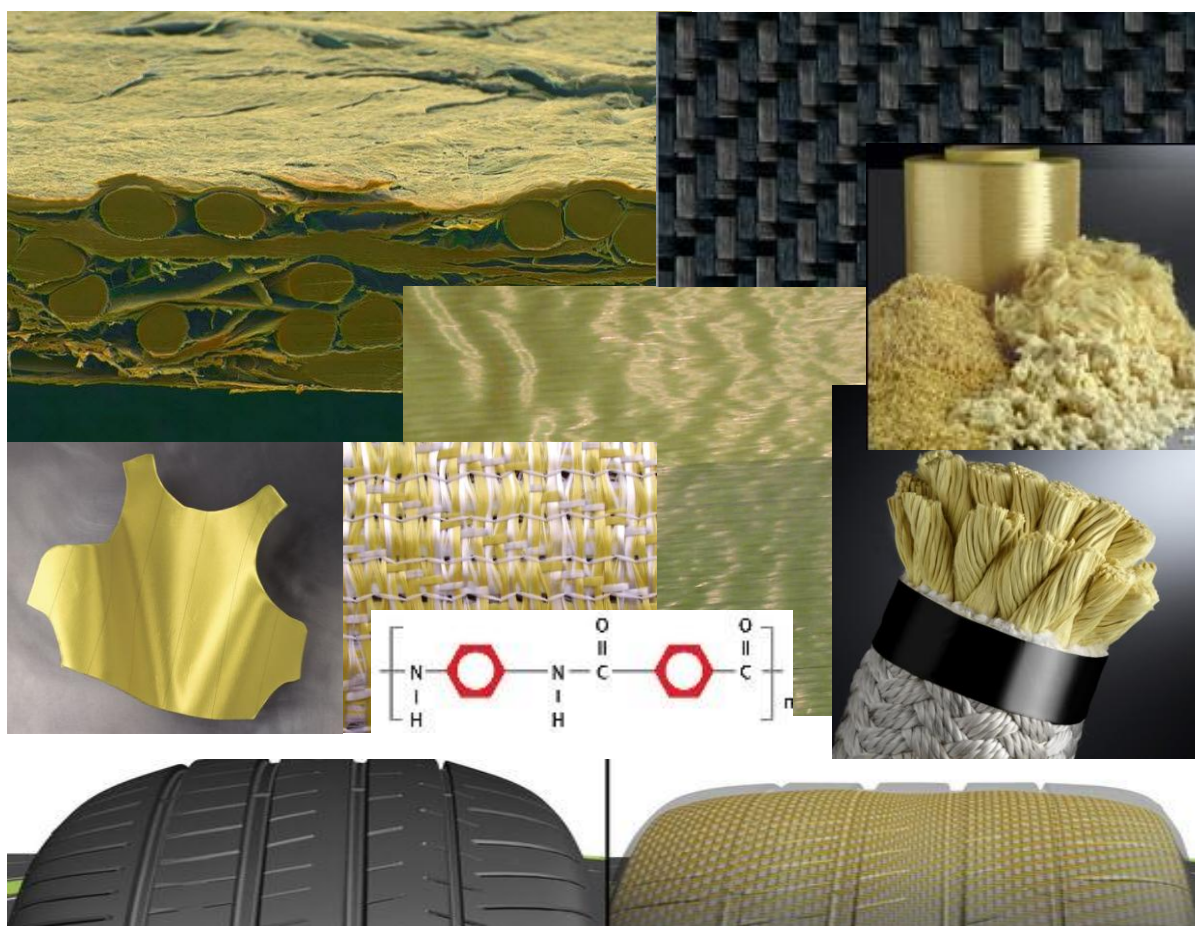
Produkty

Na trhu jsou nabízeny polotovary typu twaronová **drť, dělená vlákna** (tzv. kostky) určené ke směsování (viz obr. 14), nejčastěji se používají vlákna ve formě multifilu, za kterých se zpracovávají tkané struktury. [38]

Využití

Twaronové struktury jsou používány v mnoha různých speciálních aplikacích podobně jako Kevlar. Jsou známy pro svou velkou pevnost, nehořlavost a recyklační potenciál.

Jako nejčastější aplikace lze jmenovat startovací kabely, obal komunikačních kabelů (např. dráty ke sluchátkům a domácí elektronice), teplotně odolné výrobky, prořezu odolné výrobky, balistickou ochranu, pneumatiky, hadice, hnací a převodové řemeny, další gumové výrobky (např. dopravní pásy, pneumatické pružiny, anti-vibrační výrobky, brzdové těsnění, spojkové obložení, těsnící materiály, kompozity (pro armádu, leteckou a pozemní přepravu), výrobky pro sport a relaxaci).



Obr. 14: Twaronové struktury a aplikace [36], [38]

3.2 Vlákna na bázi polyethylenu

Chemické značení těchto vláken je UHMW-PE (ultra high molekul weight polyetylen). Typ vláken UHMW-PE se vyrábí pod obchodními názvy Spectra[®], Dyneema[®], Tensylon[®].

Chemická struktura

Jedná se o ultra-vysoko-molekulární poly-ethylenové vlákno. Vyrábí se jako obyčejný PE (CH₂-CH₂), má velmi protáhlé řetězce, které jsou vysoce orientované. Díky této orientaci dochází k vysokému stupni provázání mezi řetězci.

3.2.1 Dyneema[®]

Název Dyneema její obchodní pojmenování pro polyethylenová vlákna vyráběná společnostmi DSM v Holandsku a Honeywell v Americe. [37]

Fyzikální vlastnosti

Ve stručnosti je možno uvést, že vlákno nenavhává a je 15x pevnější než ocelové vlákno stejných rozměrů. Vesty z Dyneemy jsou obvykle 2,5x lehčí než z Kevlaru stejné třídy odolnosti. Vlákna jsou odolná vůči oděru a UV záření. Mají také dobrou odolnost proti slané vodě. Při -100 °C pevnost stoupá a při hoření neuvolňuje toxické látky jako kevlar. Již při teplotě 80 °C se snižují užité vlastnosti materiálu, při teplotě 145 °C dochází k nevratným deformacím. Plošná měrná hmotnost je 0,97 g/m³, pružnost v tahu 172 GPa, pevnost v tahu 3 GPa, deformace do přetrhu je 1,7 %. Vlákno má bílou barvu.

Produkty

Plošné útvary z Dyneemy se vyrábí v různých formách (podrobněji viz kapitola 7. 1). Časté jsou pleteniny i tkaniny z nekonečných vláken. Pro balistické vrstvení se používají tzv. rovingy. Ty vznikají zatavením soustavy nekonečných vláken, kolmo kladených až ve 30 vrstvách do polymerní folie (technologie thermolis). Takto vzniká houževnatá, ale ohebná deska.

Použití

UHMW-PE DSM Dyneema je považován v námořnictví za nejvhodnější materiál pro dlouhodobé a ultra hlubinné kotvení až do hloubky 2000 m. Tato kotevní lana mohou být lehčí a mají menší průměr než ocelová. Lana však při dlouhodobějším hlubinném kotvení degradují, jejich životnost je 12 měsíců. Dále se lana Dyneema používají jako lana do

výškových budov na výtahy, ocel je totiž příliš těžká. Zajímavým použitím je plachtovinová membrána, pracovní rukavice a oděvy i batohy. Uvažuje se o aplikaci Dyneemy jako zpevňujícího prvku ve výstavbě silnic.



Obr. 15: Aplikace vlákna Dyneema [37]

3.3 Vlákna na bázi polypropylenu

Vlákna na bázi polypropylenu se nachází opět ve skupině UHMW-PP pod obchodním názvem Innegra® a Tegrís®. [39]

3.3.1 Innegra®

Vlákno vyrábí firma Milliken & Company, sídlící v Greenville (Jižní Karolína, USA). Tato firma prezentuje své výrobky jako novinku mezi pevnostními vlákny. Innegru rozlišujeme v několika druzích - Innegra®, Innegra™H, Innegra™S.

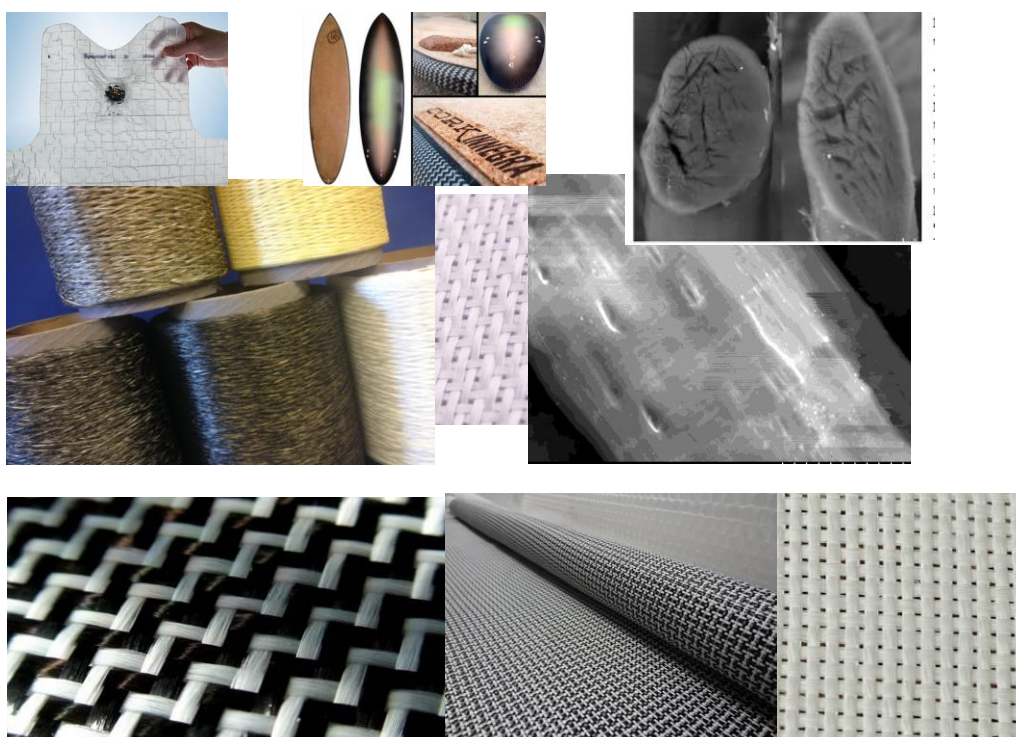
Pokud hovoříme o vlákně Innegra™H, bude se vždy jednat o směs (H – hybridní) polypropylenu s dalšími vysoce pevnými látkami (aramid, uhlík, nebo skla). Innegra™S (jednosložková) odolává silným nárazům a její výhodou je recyklovatelnost.

Fyzikální vlastnosti

Výrobce uvádí, že vlákna Innegra S a H jsou tužší, lehčí a více odolná proti nárazu než doposud všechna dostupná vlákna (pevnost 690 - 730 MPa). Vlákno je stabilní při teplotě 150 °C.

Použití

Materiál je používán při konstrukci profesionálních závodních vozů, do hokejových holí, tenisových raket, windsurfingu, kajaků, do obranných štítů pro policisty aj. Aplikace pro balistickou ochranu jsou stále ve vývoji. Jedná se totiž stále o nedávnou záležitost



Obr. 16.: Innegra™H a Innegra™S [39] [40]

3.3.2 Tegrís®

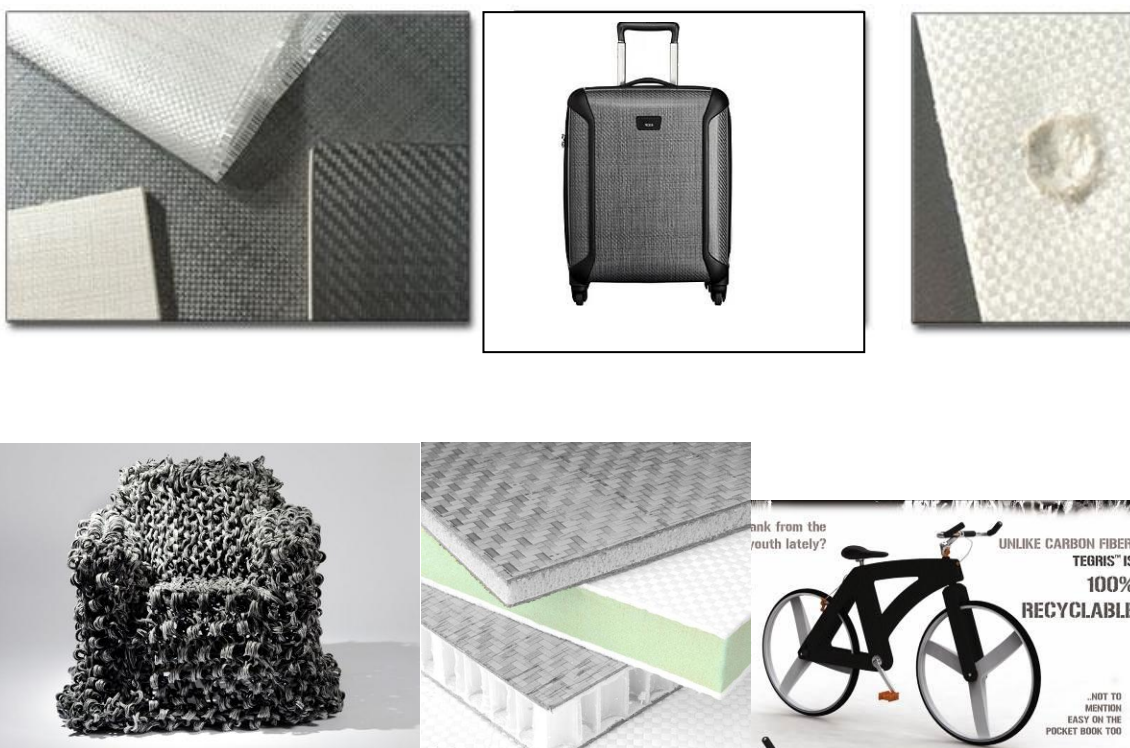
Výrobou a vývojem se zabývá Milliken & Company. Jedná se o stejnou firmu, která vyrábí Innegru. Pro zajímavost uvedme, že tato firma doposud vlastní 2000 patentů. Tegrís, dříve označen jako MFT vlákno, se skládá ze 100% polypropylenu. Jedná se o tzv. tape technologii – kladení úzkých ale pevných pásek s měkčím jádrem přes sebe křížem podobně jako rohože.

Fyzikální vlastnosti

Tegris je termoplastický kompozitní materiál s vynikající tuhostí a odolností proti nárazům. Má nízkou měrnou hmotnost ve srovnání s dosavadními vlákny. Například jedna vrstva materiálu Tegrise o tloušťce 0,132 mm váží 0,11 kg / m². Tegrise je plně recyklovatelný.

Využití

Tegrise umožňuje vytvářet široké škály kompozitních struktur ve formě lehkých desek, které se vyrábějí z koextrudovaných polypropylenových vrstvených vláknenných pásků. Jedná se o strukturu prepreg. (Viz kapitola 7.1). Tegrise desky vidíme na obrázku 17. Ideální aplikací pro vlákno Tegrise jsou výztužné pásy, batohy, popruhy, cestovní kufry, sportovní helmy, lodní konstrukce apod.



Obr. 17 Tegrise lamináty, kufr, současný design-křeslo Tegrise jako absolutně recyklovatelné v produktu kola [41],

4 VYSOCE PEVNÁ ŽÁRUVZDORNÁ VLÁKNA

Tato část práce je věnována materiálům pro balistickou ochranu na bázi vysoce-pevných vláken, ale tyto materiály vykazují často zároveň i vysokou odolnost vůči teplotám. Proto je tato kapitola věnována vláknům, která kombinují oba typy vlastností. Vlákna odolná vůči vysokým teplotám mají velkou pevnost a podobnou chemickou podstatu jako vlákna známá pod obchodními názvy Kevlar a Twaron. V této kapitole jsou popsány nejčastěji používané protipožární materiály.

4.1 Vlákna na bázi meta-aramidu

4.1.1 Nomex®

Nomex je ustálený obchodní název pro vlákno patentované společností DuPont.

Chemická struktura

Specialní vlákna Nomex se od Kevlaru (para-aramidové vlákno, viz kapitola 3.1) liší pouze orientací napojených řetězců na aromatická jádra, které nazýváme meta aramid.

Fyzikální vlastnosti

Vláknenná rezná barva je bílá. Vlákno tepelně degraduje při teplotě nad 500 °C (škvaří se).

Výroba a použití

Nomex se vyrábí pouze ve formě stříže, tkaniny a pleteniny. Používá se pro elektroizolační materiály, filtry spalovacích zplodin a pro pracovní a žáruvzdorné oděvy.



Obr. 18:Meta aramid, barevná aramidová vlákna Spun nomex [42], [43]

4.1.2 Technora®

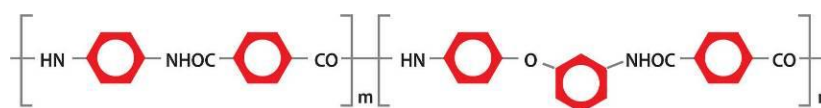
Technorou nazýváme para-aramidové vlákno prodávané od roku 1987.

Fyzikální vlastnosti

Technora je stejně jako Nomex meta-aramid. Vlákno je pevné a odolné vůči chemicky agresivním látkám a slané vodě. Teplota degradace je 500 °C. Pevnost Technory můžeme poměřit s pevností ocele tak, že Technora je 8x pevnější v tahu než ocel. Stejně jako Twaron má i Technora dobrou odolnost proti únavě materiálu. Vyznačuje se dlouhodobou rozměrovou stabilitou. Vlákno je přirozeně bílé barvy. [38]

Využití

Nehořlavé vlákno najde použití jako většina zmiňovaných vláken aramidových pro kompozity a pro výrobu lan.



Obr. 19: Technora [38]

4.2 Ostatní žáruvzdorná vysoce-pevná vlákna

Žáruvzdorné vlákno vyvinula společnost SRI v 80. letech 20. století. Dnes jej vyrábí Japonská firma TOYOBO CORPORATION.

4.2.1 Zylon®

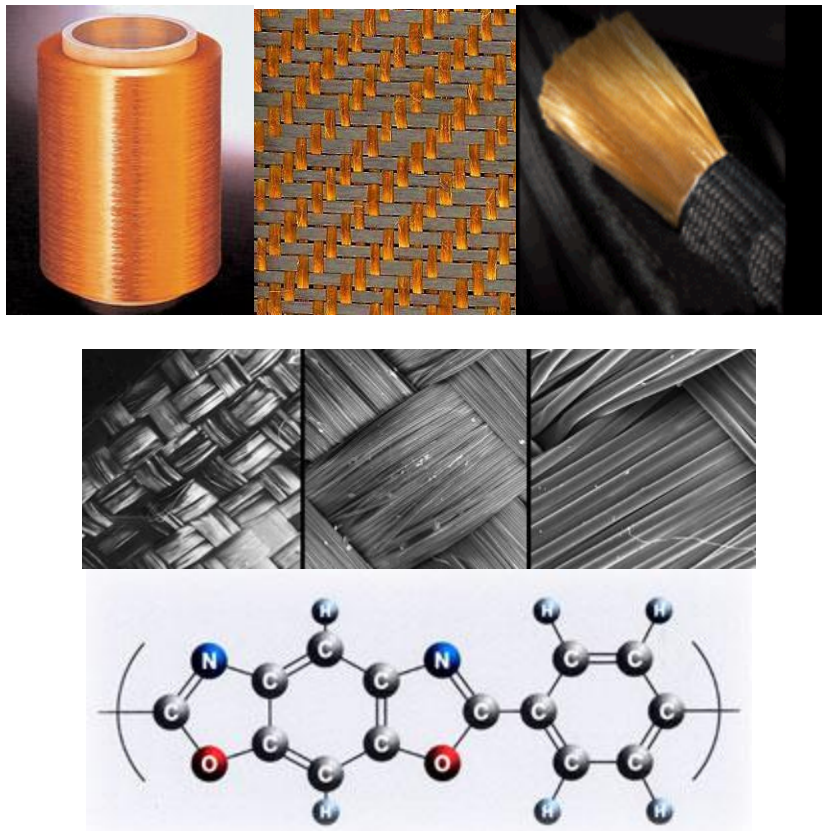
Chemická struktura

Základní chemická struktura zylonu je PBO, jak už zkratka napovídá, jedná se o polyoxazolové složení (poly-fenylen-2,6-benzobisoxazol). Dalšími typy tohoto vlákna jsou pro Zylon HS a Zylon HM, taktéž v PBO skupině. HS – s vysokou pevností, HM – s vysokým modulem.

Fyzikální vlastnosti

Oranžové vlákno Zylonu degraduje při působení UV záření. Pevnostní a žáruvzdorné vlastnosti má podobné jako jmenovaná vlákna v této kapitole. Díky své pevnosti se před 10 lety zkoušelo jako náhrada para-aramidu v balistické ochraně. Avšak kvůli technologické chybě při výrobě vlákno degradovalo rychleji, než udával výrobce. Na základě soudního sporu bylo toto vlákno nakonec k balistické ochraně v USA zakázáno. Společnost Toyobo se několik let po nápravě této technologické chyby snaží vrátit na americký trh, zatím však neúspěšně.

Používá se na zpevnění pálek na stolní tenis, zpevnění kajaků, na kabely a lana.



Obr. 20: Struktura Zylonu [44]

5 BALISTICKÁ ODOLNOST

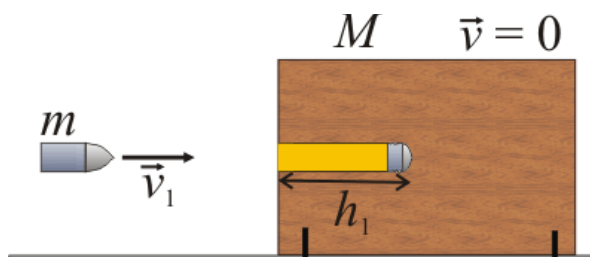
Balistickou odolností rozumíme schopnost vrstveného materiálu pohltit kinetickou energii střely na základě deformace střely při průniku materiálem. Střela projde hlavní zbraně, a díky vnitřním drážkám tvaru šroubovice získá po výstřelu rotaci v ose dráhy střely, čímž se stabilizuje při svém letu. Když střela proniká jednotlivými vrstvami balistiky, vlákna svojí houževnatostí zpomalují a deformují špičku střely. Na balistickém materiálu se poškození projeví jako plastická deformace. Jde o to, aby tato deformace byla co nejvíce rozložena do plochy. Největší účinnost je v kolmém směru nárazu na osu vlákna (nejlepší absorpce a rozložení kinetické energie, viz obrázek 21, 23). Balistickou odolností se označuje stupeň „neprůstřelnosti“ ochranného oděvu (vest). Stupeň odolnosti závisí na konstrukci textlie (kompozitu), je dána dostavou, jemností vláken a plošné měrné hmotnosti a dalším specifickým kladením balistických vrstev kompozitu (viz kapitola 7.1). Konstrukce kompozitu spočívá v počtu a směru kladení vrstev aramidových (Kevlar, Twaron) nebo polyetylenových plošných vlákenných struktur (Dyneema).

5.1 Kinetická energie

Fyzikální jev, který patří do oblasti Newtonovy mechaniky. Kinetická energie je určena vztahem (1), který popisuje, jak je pohybová energie střely závislá na její hmotnosti a rychlosti:

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad [\text{J}], \quad (1)$$

kde m je hmotnost (tělesa) střely, v je vektor rychlosti (tělesa) střely.



Obr. 21: Znárodnění zkoušky neprůstřelnosti [45]

Místo rychlosti lze pro výpočet použít hybnost. Matematický výraz

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} . \quad (2)$$

Kinetická energie je stejná, změní-li se směr pohybu a zachová-li se velikost rychlosti. Druhá mocnina vektoru rychlosti či hybnosti ve vzorcích je skalární součin vektoru se sebou samým. Výsledkem této operace je druhá mocnina velikosti vektoru. [30]

$$E_k = \frac{\mathbf{p}^2}{2m} . \quad (3)$$

5.2 Třída balistické odolnosti

Třída balistické odolnosti přesně vymezuje proti jakým střelám (projektilům) musí vesta bezpečně svého uživatele chránit. Podle americké normy NIJ existuje pět základních tříd odolnosti, I; IIA; II; IIIA; IV. Diplomatičké vesty se šijí v maximální třídě odolnosti IIIA, potom už se jedná o vesty těžké s tvrdými pláty, protože jsou určeny k ochraně před puškovou střelou o rychlosti např. 869 m/s. Nižší třída II. poskytuje odolnost proti slabším pistolovým střelám o rychlostí 329 m/s.

Zbraně a střelivo resp. pravidla, jak s nimi fyzicky nakládat, upravuje v České republice zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu, kde jsou popsány skupiny zbraní a vymezeny veškeré důležité pojmy. Zákon je doplněn rovněž doplněn o prováděcí vyhlášky, které detailněji vykládají určité části zákona 119. V zákoně jsou rozděleny střelné palné zbraně do kategorií A až D a pravidla, za kterých je občan ČR může nabývat. Kromě zbraní kat. D musí být občan ČR k právnímu nabytí zbraně držitelem zbrojního průkazu (ZP) příslušné skupiny (A až F) podle typu zbraně a účelu použití. Pro sportovní účely může dospělý občan ČR získat ZP již v 18 letech. Pro výkon povolání nebo na ochranu života, zdraví a majetku až od 21 let.

5.3 Rozdělení zbraní a nábojů pro orientaci v balistice

Zbraní, střel a patron se na současném trhu vyskytuje veliké množství druhů. Proto je zde uvedeno základní rozdělení zbraní a střel, které jsou z hlediska balistické odolnosti relevantní. Celý proces výstřelu z palné zbraně je založen na mechanickém (zbraň) a chemickém principu (náboj).

5.3.1 Ruční palné zbraně

Je třeba zdůraznit, že vývoj zbraní je vždy o krok dále než ochrana proti nim, proto se objevují také zbraně hybridní (bodné a kulové ...). Základní dělení palných zbraní je shrnuto v následujícím textu.

I. Krátké

A) Samonabíjecí pistole – zbraň, která vystřeluje projektily různé délky a průměru. Pistole jsou nabíjeny zásobníkem, nejčastěji zespodu v pistolové rukojeti. Před prvním výstřelem se musí zbraň tzv. natáhnout, čímž se přemístí náboj ze zásobníku do komory, odkud může být odpálen hlavní ven ze zbraně. Díky zpětnému rázu po výstřelu se pistole pro druhý výstřel sama natáhne a připraví se na další výstřel. Nejznámější zástupci pistolí jsou ČZ 75, Beretta 92, Colt 1911, Glock 17.

B) Samočinné pistole umožňují vystřelit dvě a více střel po sobě na jedno zmáčknutí spouště. Nesprávně označovány jako „automatické“ (pozn. samonabíjecí jsou de facto také automatické). Zástupci: Beretta 93, Glock 18, APS Stečkin.

C) Revolver je palná, krátká zbraň opatřená nábojovým rotačním bubínkem, který nejčastěji pojme 5 až 6 nábojů. Před každým výstřelem je nutné u revolveru natáhnout kohoutek, čímž se otočí bubínek a připraví komoru s nábojem pro výstřel. Až potom je možné stisknout spoušť. Revolver tedy není samonabíjecí zbraň a musí se pokaždé natáhnout „kohoutek“. Zástupci: Colt .357 Magnum, Ruger .44 Magnum, Colt Detective Special .38.

II. Dlouhé

A) Brokové tzv. brokovnice jsou dlouhé zbraně, vyjma speciálních kompaktních modelů vystřelující shluk broků, kulí popř. jednotnou střelu skrze hladkou hlaveň bez vývrtu (drážek). Uvolněná energie po výstřelu je masivní a neexistuje účinná balistická ochrana před kinetickou energií dopadající na „neprůstřelnou vestu“. Balistika není sice prostřelena, ale její masivní deformace způsobí těžké trauma na trupu a vnitřní zranění. Jediná nevýhoda brokovnice je jejich relativní malý dostřel, který je však vykompenzován velkým průměrem (rozptylem), které jsou broky schopny zasáhnout a pokrýt. Nábojem je broková patrona např. o průměru cca 20 mm a délce až 76 mm. Brokové zbraně mohou být různé – jednoranné, dvouranné, opakovací tzv. pumpovací, samonabíjecí se zásobníkem nebo dokonce samočinné. Zástupci: Remington 870 (pumpa), Saiga 12 (samonabíjecí nebo samočinná).

B) Kulové zbraně dlouhé jsou všechny zbraně střílející kulovým nábojem, jsou delší než zbraň krátká (přesně definuje zákon 119) a nestřílí brokovým nábojem (vyjma kombinovaných loveckých zbraní). Stejně jako brokovnice mohou být jednoranné, dvouranné, opakovací, samonabíjecí se zásobníkem nebo samočinné (také se zásobníkem). Podle druhu resp. délky použitého náboje hovoříme o *samopalech* – samočinné kompaktní zbraně střílející pistolový náboj (existují i civilní samonabíjecí verze), *útočných puškách* střílející dlouhý puškový náboj (opět samočinné nebo samonabíjecí), *opakovacích puškách* (stále stejný puškový náboj, před každým výstřelem se musí zbraň určitým pohybem nabít), *kulometech* (samočinné zbraně střílející puškový nebo kulometný náboj, jsou nabíjeny vysokokapacitním zásobníkem nebo nábojovým pásem).

Zástupci:

- samopaly – vzor 61 Škorpión; MP5; CZ Skorpion EVO; APC
- útočné pušky – vzor 58; Kalašnikov AK-47; Kalašnikov AK-74; M16; M4
- opakovací pušky – ČZ 550; Remington 700; Winchester 1873; Mauser K98
- kulometry – UK 59; MG-42; M60; M249; RPK; PK

5.3.2 Náboje pistolové a puškové

1) Pistolové, puškové a kulometné kulové náboje

Standardní celoplášťové střely (FMJ = full metal jacket) mají podlouhlé tělo, které má „měkké“ jádro z olova (*pozn. ve skutečnosti je dostatečně tvrdé, ale tvrdým jádrem se míní ocelové jádro*) a ještě měkčí vnějšík z mosazi nebo mědi. Měkký plášť může být v podstatě libovolný, třeba i teflon, což je plast. Střely se liší tvarem (ogivál, špičatý kužel), délkou a průměrem. Kalibr zbraně neboli ráže je definována délkou a průměrem střely. Náboje se také různí podle množství střelného prachu v nábojnici (čím více prachu, tím obvykle delší nábojnice, a tím vyšší kinetická energie).

2) Brokové náboje

Jedná se o náboje v patronách – plastové válečky. Patrony jsou naplněny různě velkými broky, kulemi, jednotnou střelou a střelným prachem s ucpávkou. To vše se najednou vystřelí. Plastový obal patrony se ručně vyhodí nebo vyletí ze zbraně sám.

3) Střely se speciální konstrukcí

Do této kategorie se řadí různé nestandardní typy střel, např. průbojné - protipancéřové, duté s vyšším ranivým účinkem, zápalné střely, výbušné střely, střely s řízenou deformací (RIP AMMO, LIBRA Snails). Proti střelám s řízenou deformací neexistuje v současné době lehká ani těžká protibalistická ochrana.



Obr. 22: České testované náboje z Vlašimi Sellier a Bellot, náboj 7.62x25 mm probije IIA i IIIA stupeň NIJ normy odolnosti, zbraň ruský Tokarev TT33 [28]

5.4 Třídy odolnosti – normy

V tabulce pro třídu odolnosti balistické ochrany se ke každé třídě vymezují parametry o střele a zbrani. Jde o průměr hlavně a délku střely, váhu střely, rychlost střely a kinetickou energii. Existuje několik uznávaných norem odolnosti:

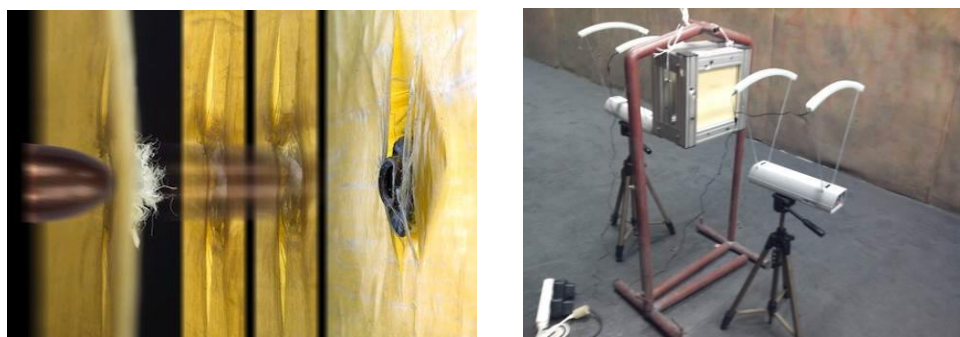
- americká NIJ 0101.04
- německá AKII
- anglická, EU-CEN
- ČR; ČSN 39 5360

Konkrétní příklad pro II. třídu odolnosti je ráže 9 mm, váha jedné střely do 124 gr (grainů) tj. 8 g (gramů), rychlost 358 m/s, a kinetická energie 512,6 J.

Normy určují počet vrstev a tím i balistickou odolnost a vzhled vesty. Výrobce si může vybrat, jakou normu použije. Česká norma je velmi přísná a dost nepraktická, proto se více používá i v českých podmínkách americká norma NIJ.

5.5 Test neprůstřelnosti

Západní státy patřící do NATO vycházejí z obecně uznávané normy STANAG 2920 (Standardization Agreement). Stanovuje limity a metody testování materiálů, která je zároveň vzorem pro ostatní obranné standardy členských států NATO (v ČR ČOS - Český ochranný standard). Na základě norem lze sestavit měřící aparaturu, kterou můžeme testovat ostrými zbraněmi kategorie A, B. Testování provádí osoby způsobilé dle zákona č. 119/2002 Sb. o střelných a palných zbraních. Neprůstřelné vesty se testují na certifikovaných střelnicích. V České Republice to je ve Slavičíně a v Praze ČUZS (britská střelna).



Obr. 23: Deformaci střely při průchodu střely vrstvami kevlaru, vpravo hradla Competition Electronics Pro Chrono Digital měřidla rychlosti střely.

Každý materiál používaný v armádě jako pancíř je charakterizován jistou rychlostí, ať je to ocel, beton nebo kevlarová deska. Rychlost V_{50} je rychlost, při které právě polovina střel pancíř prostřelí a polovina je pancířem odražena nebo zachycena. Jde tedy o 50% pravděpodobnost zachycení střely v pancíři. Je nutné dosáhnout průstřelů. Aby bylo možné takovou pravděpodobnost vypočítat, musí se vystřelit do pancíře min 6 ran nebo více, ale vždy sudý počet. Průstřelu se dosahuje tak, že se při stejné ráži střely zvyšuje její rychlost - buď větším množstvím střelného prachu v nábojnici, nebo zkracováním vzdáleností mezi místem výstřelu a cílovým místem (testovaný vzorek). V_{50} je potom rychlost, která se udává jako minimální rychlost schopná zastavit střelu dané ráže s pravděpodobností 50%. Rychlost a ráži je možno schovat přímo pod hodnotu energie, kterou pancíř dokáže odolat např. 9 mm Luger (500 J) .357 Magnum (1000 J) .44 Magnum (1500 J). Norma dovoluje testovat vzorek o užité ploše 25x25 cm nebo 50x50 cm vzorku upevněného v kovovém rámečku. Za vzorkem je umístěn duralový plech odpovídající normě ČSN 10 204. Jeho pevnost v tahu musí být minimálně 440 MPa, která odpovídá normě STANAG 2920. Tento plech se upíná do

zadních čelistí a slouží k dopočítávání kinetické energie při průstřelu vzorku. Během střelení se měří rychlost letících projektilů před vzorkem, a pokud je materiál prostřelen, je změřena tzv. reziduální (zbytková) rychlost při prostřelení kovové destičky. Je vypočtena energie, kterou měla střela při průchodu vzorkem (rozdíl počáteční kinetické energie střely a kinetické energie střely která prošla duralovým plechem).

Dalším posuzovaným parametrem je míra prohlubní na figuríně a na vestě. Normy stanovují jak hluboký a objemný otisk na figuríně (náhrada lidského těla) může projektil zanechat. Česká norma stanovuje maximální hloubku otisku 20 mm a objem jen 8 ml).

6 KONSTRUKCE BALISTICKÝCH VEST

Balisticky odolné oděvy mají chránit trup, ramena a u některých krk a třísla proti smrtelnému zranění střelnými a řeznými zbraněmi. Měla by se snadno oblékat a sestavovat (pomocí popruhů a suchých zipů, plastových komponentů). Vesta chrání při fyzickém kontaktu a nepřízní počasí. Především svrchní materiál vesty nesmí příliš omezovat v pohybu (například při jízdě autem je pro policisty z útvaru zásahové jednotky omezená pohyblivost v oblasti průramků).

Principiálně lze konstrukci vest rozdělit na čtyři vrstvy: podšívku, ochrannou měkkou balistickou textilní nebo kompozitní vrstvu, ochrannou tvrdou balistickou vrstvu kompozitní s textilem a keramikou (volitelně), nosič balistické vložky s kamufláží nebo bez.

6.1 Konstrukce vest podle třídy ochrany

Konkrétní konstrukce vesty záleží na tom, jaký stupeň poskytnuté ochrany je očekáván.

Vesta pro vojáky a policisty

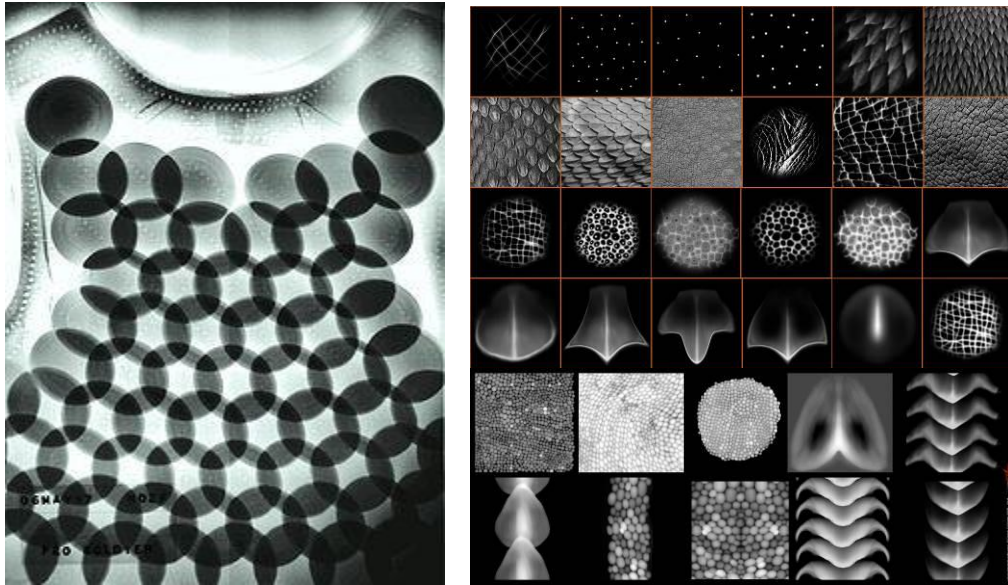
Těžká vesta pro vyšší (od IIIA) balistické odolnosti, váží od 5 do 10 kg s keramickými pláty v oblasti hrudi, zad a boků. Má často vyztužený límec z měkké balistiky. Vestu doplňuje ochrana tříslel, krku a ramen také z měkké balistiky. Existují i různé odlehčené varianty např. bez boků, bez zad nebo bez keramické přídavné ochrany. Záleží na očekávaném stupni ohrožení. Balistiky v odolnosti II a IIA se v podstatě již v armádě nepoužívají ani jako proti-střepinové vesty.

Vesta diplomatická

Tzv. lehká vesta chrání pouze trup, popřípadě krk. Vesta se obléká nejčastěji pod oblečení, tzv. podkošilovka. Její délka z praktických důvodů bývá jenom do pasu pro zachování mobility a nenápadnosti. IIA a IIIA mají nižší balistický stupeň odolnosti (chrání jen před pistolovými střelami). Vesta v IIIA odolnosti se nejčastěji nosí přes košili a je často využívána jako rychlá zásahová ochranná vesta u policie nebo ochrany VIP.

Neprůstřelné vesty typu Dragon skin

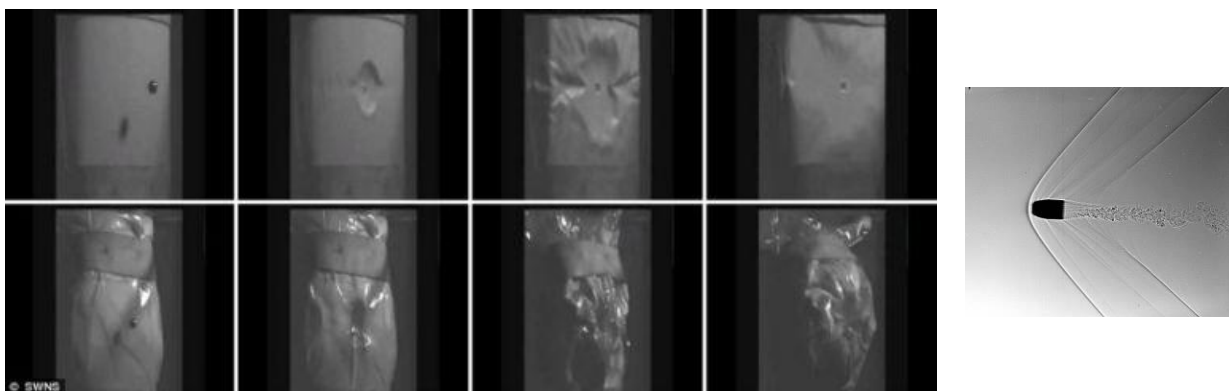
Tato vesta se liší svojí vnitřní konstrukcí. Přibližuje se struktuře kůži plazů. Tento způsob skladby je spomý, protože pokud je vystavena náročným vodním a slunečním zátěžím kroužky se od sebe odlepují a vesta je nepoužitelná.



Obr. 24: struktury Dragon skin [46]

Novinky v balistickém odvětví - tekutý pancíř

Jako jednu ze zveřejněných novinek lze uvést tzv. „**tekutý pancíř**“ vyvinutý britskými vědci z BAE Systems. Speciální tekutá látka při nárazu projektilu okamžitě zatuhne a rozprostře kinetickou energii střely na velkou plochu. Je možné, že budoucí neprůstřelné vesty založené na tekutém pancíři budou mnohem lehčí, odolnější a ohebnější než ty současné. Kevlarové vrstvy budou tvořit vnější obal a samotná tekutá látka, nebo spíše krém, bude umístěn uvnitř. „Krémy,“ je možná vhodnější překlad, protože dle zjednodušeného výkladu zdroje [46] lze popsat princip, kdy se molekuly tekutého pancíře do sebe zamykají stejným způsobem, jako když při vaření zahušťujeme krém či omáčku. V tomto případě však energii potřebnou k „ohřátí a zamíchání“ dodá kinetická energie střely. Tato technologie jde nejlépe vysvětlit na příkladu míchání vody lžící. Ve vodě cítíte malý odpor vůči lžici. Čím rychleji budete míchat, tím těžší to bude při dopadu střely, proto materiál prudce tuhne a rozprostírá energii na velkou plochu. Dle [29] může být nová generace neprůstřelných vest až o 50 % lehčí než ta současná. Například americká vesta **Interceptor**, vybavena **SAPI pláty**, bočními pláty a ochranou paží váží až 15 kilogramů. Snížení váhy vesty by tedy bylo na 7,5 kg při zachování stejné či vyšší balistické odolnosti.



Obr. 27: Projektil ráže 9 mm proniká "tekutým pancířem". Nahoře vidíme dopad projektilu na látku složenou z 10 vrstev kevlaru a vrstvy tekutého pancíře. Dole vidíme bortící se látku složenou z 31 vrstev kevlarové tkaniny / BAE Systems, [29]

6.2 Konstrukce vest podle funkčních vrstev

1) Podšívka

Podšívkou se rozumí vrstva, která je nejbližší na těle, proto je snaha mít podšívku takovou, která co nejrychleji odvede pot, který bohužel vzniká kvůli nepropustnosti tekutin balistické vrstvy. Přispívá ke komfortnímu nošení vesty na těle a pro lepší odvod potu. Používá se například distanční pletenina či síťoviny nebo kombinace síťoviny se speciálním novým materiálem, který odvádí teplo a tím tělo ochlazuje - potí se tedy podstatně méně (jde o bodové nánosy na netkanou textilií).

2) Měkká balistická ochrana textilní (příp. kompozitní)

Skládá se z vysoce funkčních materiálů, viz kapitola o vláknech. Celé vrstvení se vsazuje do šitého obalu podšívky se zátěrem, který nenavhne a nepropustí vlhkost mezi balistické vrstvy. Druhá vrstva (nebo spíše celý komplikovaný systém) plní funkci balistické ochrany. Možností konstrukce je více, bude podrobněji popsáno v následujících kapitolách. V tomto systému se vesty vybavují také tzv. anty-šokovými vložkami. Jsou ve vestě na straně u těla a vyrábí se z materiálů, které jsou schopné absorbovat kinetickou energii nebo ji rozložit na větší ploše tak, aby nedošlo k podlitinám a poškození uživatele.

3) Nosič balistické vložky s kamufláží (nebo bez ní)

Vrstva viditelná na povrchu. Materiál se vybírá podle toho, pro jakou příležitost je vesta určena. Na polní bojiště s maskovacím dezénem a s MOLLE vazbou (systém uchycení výstroje), do městské zástavby policejní černá vesta s MOLLE vazbou nebo imitace reálného

společenského diplomatického oděvu. Třetí vrstva, tzv. vrchní obal, drží hmotnost balistické vložky a splňuje potřebnou kamuflážní barevnost. Nejčastějším materiálem pro vrchní obal balistické vložky jsou netažné textilie. Jedná se o tkaniny ve vazbě panama, plátno nebo kepr. Samozřejmě je možné použít jakýkoli jiný materiál. Nejznámější je materiál typu Cordura Nylon, lze použít různé brokáty, hedvábí díky své pevnosti, dále lze použít materiály typu watterrepellent apod.

3) Ochranná tvrdá balistická vrstva kompozitní s textilem a keramikou (volitelně)

Netextilní část jsou zesilující keramické pancíře příp. kovové pláty v místech hrudníku, boků a zad. Na této vrstvě je nalaminována textilní vrstva sloužící jako elastická výztuž tvrdého pancíře. Jedná se tedy o laminované kompozity. Vesty jsou opatřeny speciální kapsou, do které se vkládají tyto volitelné balistické pláty. Vesta je často v kombinaci s taktickou nebo zásahovou vestou a je používána jak armádou, tak policií.

Výrobci neprůstřelných vest v ČR: rodinná firma GARED, s.r.o. (bývalá firma Petris), sídlem v Solnici, specialista ve svém oboru. Pracuje s nejkvalitnějšími materiály na trhu. V Jevíčku na Moravě firma Mars (výroba vest, padáků a doplňků k vestám).

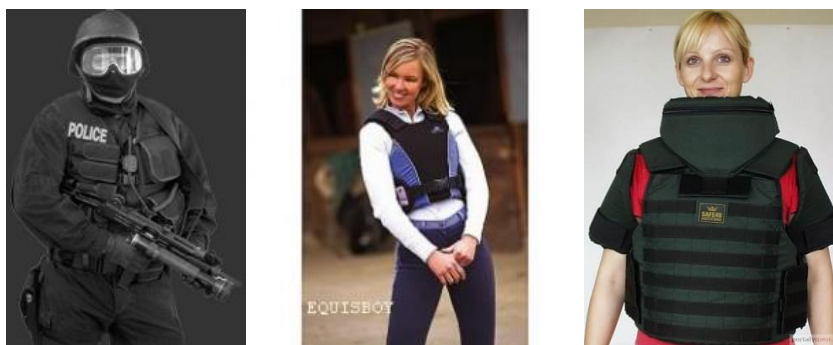
Specialista na výrobu neprůstřelných oděvů: Miguel Caballero v Columbi

Prodejci balistických vest v České Republice jsou nejznámější Stonetex s.r.o., firma Patric, Hodovský s.r.o.

7 KONSTRUKCE BALISTICKÉ OCHRANY

Pro kvalitní balistickou vložku je potřeba zvolit kvalitní materiál s vnitřní skladbou a technologií zpracování. Potom je zapotřebí stanovit si produkt v třídě odolnosti, který je potřeba zhotovit. Konstrukce balistické ochrany se vždy provádí vrstvením vysoce pevného materiálu, protože každá vrstva hraje svoji roli pro ochranu života uživatele. Mezi jednotlivé vrstvy lze vložit také vrstvu neprořeznou. Běžné vrstvení se skládá z prvních vrstev deformačních, kde se deformuje projektil. Další vrstva ortotropní zpomaluje šíření vlny nárazového šoku. Vrstvení zastavuje střely v kolmém směru, ztrácí funkci při ráně z boku. Převážná většina z kinetické energie se ukládá přímo do procházejících vláken v bodu dopadu střely.

Nakládání a řezání nálože probíhá stejně jako v oděvním průmyslu. Většinou se vyřezou všechny potřebné vrstvy podle osnovy nebo útku najednou na plotru. Záleží také na vnitřní skladbě každé vrstvy zvlášť.



Obr.: 25 Policejní, diplomatická a vojenská vesta pro ženy

7.1 Speciální vnitřní skladba balistických vrstev

Dříve se do balistických vrstev používalo vrstvení tkanin, nyní se za nejprogressivnější trend považuje používání vrstvení tzv. rovingů nebo prepregů.

1) ROVINGY

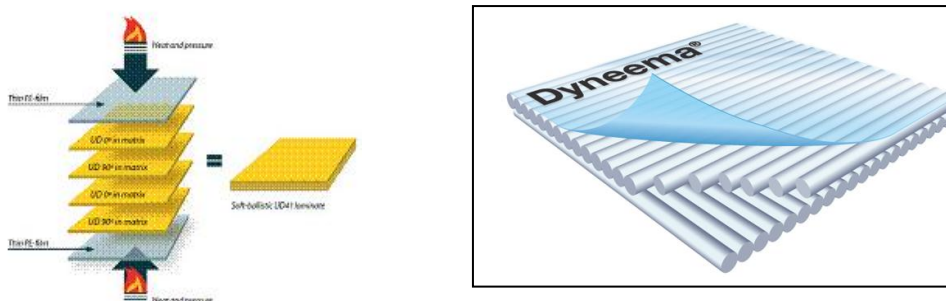
Jedna vrstva rovingu vzniká kladením jednotlivých vláken paralelně vedle sebe. Tyto vrstvy jsou na sebe kladeny pod úhlem 90°. Vrstvy plošné vlákenné struktury (viz obr. 26) jsou pak zataveny do několika vrstev polyethylenových folií, termoplastických matic (např. produkt Spectra Shield).

2) PREPREGY

Prepregy mají podobnou skladbu jako rovingy. Je zde rozdíl v tom, že každé vlákno je předimpregnované a tavené. Prepregy jsou kladeny v páscích do plochy. Jednotlivé pásky se skládají z vláken kladených vedle sebe, které jsou zataveny k sobě jinou polymerní látkou. Pásky se pak kladou a lisují nebo tzv. taví z několika takto vzniklých vrstev pásků. Jednotlivé vrstvy se stlačují při 10 nebo 20 barech. Vrstvení se provádí jednotlivě po úhlech $0^\circ / 90^\circ / 30^\circ$. Pro názornost jmenujme Twaron UD 41, což je tzv. jednosměrný laminát, který se skládá ze čtyř vrstev twaronových vláknenných staplů kladených $0^\circ / 90^\circ / 0^\circ / 90^\circ$. UD technologie zaručuje, že vlákna jsou rovnoběžná v každé vrstvě a že každá vrstva je individuálně zalita v pryskyřičné matrici a termoplastickém filmu a laminována ve čtyřech vrstvách. (další výrobní generace UD 22, AT FLEX aj.)

3) TEJPY

Tejpy mají podobnou strukturu jako prepregy. Ve stavbě se liší zřetelně tím, že mají předimpregnovaná vlákna kladená v páscích, které se protkávají jako osnova s útkem. Vznikají tzv. technické rohože. Tvoří tak tedy desky v plátňové nebo keprové vazbě (můžeme vidět na kufrech).



Obr. 26: Twaron, vrstvení do neprůstřelné vesty [32]

Pro konstrukci balistické ochranné vrstvy třídy II. se používá nejčastěji 28 vrstev prepregů materiálu Dyneema, nebo 32 vrstev prepregů materiálu Twaron. Pro konstrukci balistické ochranné vrstvy třídy III. se používá nejčastěji 32 vrstev prepregů materiálu Dyneema, nebo 40 vrstev prepregů materiálu Twaron.

8 DIPLOMATICKÉ BALISTICKÉ VESTY PRO ŽENY

Označení diplomatická se používá pro balistickou třídu odolnosti v rozmezí II a IIIA podle americké normy NIJ. V následující kapitole jsou uvedeny prototypy na trhu dostupných řešení diplomatických neprůstřelných vest pro ženy. Výběr je proveden s ohledem na řešení konstrukce, případně uvedené zajímavé detaily.

8.1 Na trhu dostupné prototypy

Vesta LS-08 WOMEN ONE (obr. 28)

Dámská vesta je určena pro vrchní nošení na oděv. Svým konstrukčním a stříhovým řešením poskytuje ochranu uživatelky po celém obvodu horní části trupu v čelním, bočním a zadním profilu a částečně v oblasti ramen. Tvarové a konstrukční řešení vesty z důvodu určení pro ženy je řešeno systémem „monocup“.

Ochranná vesta je dělená v oblasti ramen a fixovaná pomocí suchých zipů a pružných gum. Polohování na bocích je zajištěno též soustavou suchých zipů a gum, kdy se gumové pásky zakončenou spojkou ze suchých zipů upínají směrem ze zadního dílu na přední, kde je našit stuhový uzávěr s mechovou částí.

Oba dva systémy upínání v oblasti ramen a boků jsou variabilní a umožňují dokonalé upnutí ochranné vesty dle potřeb. Střih a konstrukční řešení vesty splňuje požadavky na komfort nošení při standardním účelu použití a umožňuje bezproblémové ovládání motorového vozidla.

Vesta je vykrojena do mírného oblouku v přední a zadní části. Konstrukční řešení vesty umožňuje vyjmutí základní balistické ochrany (ochranných balistických vložek) z předního a zadního dílu nosiče (povlaku) ochranné vesty. Strana balistických vložek, která se přikládá k tělu, je označena štítkem s informací o straně kterou se přikládá tělu. Vlastní balistická vložka je složena z vrstev aramidové tkaniny s vodoodpudivou úpravou. Typový štítek obsahuje veškeré údaje a parametry vesty (výrobce, datum výroby, balistická odolnost).



Obr. 27 Vesta LS a vesta s lisovaným poprsím[49]

RAV Ladies First (obr. 29)

Balistická aramidová vesta s třídou odolností IIIA NIJ 0101.04. Lze měnit plášť vesty pro skryté nošení a pro venkovní nošení s příslušenstvím. Barva a velikost je volitelná zákazníkem. Hmotnost vesty je 2,6 kg. Na obrázku lze vidět členění vesty princesovým stříhem. Vesta má nastavitelnou šíři pomocí dvou pásů, které se mohou zapnout různě vysoko.



Obr. 29 [50]

Dámský Large Ranger Anti Stab (obr. 30)

Vesta je vyrobena z Kevlaru 29 v třídě odolnosti IIIA, je dostupná v mnoha barvách. Celková váha vesty je 3kg. Vesta ukrývá mezi vrstvami balistiky neprořeznou vrstvu Anti Stab. Americký prodejce.



Obr. 30 [51]

Neprůstřelná vesta FEM (obr. 31)

Dámská vesta odolnosti IIIA. Princesové členění a hluboce vykrojený průrámek umožňuje lepší pohyblivost při kleku a sezení. Důležitá k lepšímu pohybu je i délka vesty do pasu. Vestu lze použít pro vnější nošení nebo jako vestu skrytou. Obal vesty je vyroben ze dvou materiálů (Evaportex™, materiál vysoce odolný proti roztržení a Coolmax™, odvádí velmi dobře pot). Hmotnost vesty ve velikosti L je 1,18 kg, balistická plocha 0,32 m², tloušťka 0,5 cm. Výrobce - latinská Amerika.



Obr. 31 [48]

BPI "Neon" neprůstřelná vesta (obr. 32)

Výrobce garantuje ochranu z pěti metrů proti 9 mm rážím a střelám vážících 8 g, s rychlostí až 390 m/s. Kamuflážní vložka je hydrofobní. Vesta má antyšokovou vložku. Všechny tyto vesty mají posuvná ramena. Na vestě je našita reflexní nášivka.



Obr. 32 [52]

Vesta Neon BPF (obr. 33)

Hmotnost vesty se odvíjí od velikosti, která je měřena v obvodu hrudníku a pasu. Nejmenší velikost vesty v odolnosti IIA váží 2kg, ve třídě IIIA váží 2,5 kg. Velikosti XXL se pohybují u IIA okolo 2,9 kg a IIIA vesta váží 3,7 kg. Vesta je zajímavá konstrukčním řešením předního dílu, protože má šev vytvořený od dolního kraje po prsní vrchol.

Přední a zadní kapsy slouží pro zvýšení ochrany nositelky. Do vest se vkládají Up-Armour keramické desky. Obal vesty lze prát v pračce



Obr. 33 [52]

Neprůstřelný kabát z Columbijské firmy (obr. 34)

Na obrázku vidíme dámský model neprůstřelného kabátu vyrobený firmou **Miguel Caballero**. Jeho obchodním záměrem jsou diskrétní neprůstřelné oděvy.



Obr. 34 [35]

9 ÚVOD K EXPERIMENTU

Tématem původního experimentu této diplomové práce je inovace stříhu diplomatických vest pro ženy, jako pohodlné balistické oděvní kamufláže (v celé práci myšleno jako nosič balistické vložky). Tento úkol je řešen v etapách, kterým jsou věnovány jednotlivé kapitoly. Nejprve jsou popsány hlavní problematické body konstrukce a technologického zpracování balistické ochranné vesty pro ženy. Následně byla navázána spolupráce s firmou Gared s.r.o. a byly navrženy inovované střihy. Po konzultacích se zkušenými pracovníky byl vybrán preferovaný střih, podle kterého byl z dostupných materiálů zhotoven prototyp a sada zkušebních vzorků. Pro dva různé typy konstrukcí byl proveden výpočet výtěžnosti polohování střihů. Na vzorcích byl proveden balistický test, pevnost v tahu ve švu a pevnost tahu jednotlivých materiálů. Protože firmou byly poskytnuty i zajímavé materiály na podšívku, byl navržen a proveden unikátní experiment snímání teplotních polí termokamerou. Tyto experimenty byly doplněny proměřením tepelně izolačních charakteristik jednoduchých podšívkočin. Byly měřeny plošné hmotnosti jednotlivých konstrukcí a proveden výpočet celkové hmotnosti vesty.

Postup prací, výsledky, výstupy a diskuze k jednotlivým etapám jsou popsány v následujících kapitolách.

9.1 Problematika konstrukce a technologického zpracování balistiky pro ženy

Neprůstřelné vesty se vyrábí v různých velikostech. Výhodou menších obvodů hrudi je, že se žena vcelku pohodlně přizpůsobí vestě pánské. Somatotyp ženy pro větší obvod hrudi potřebuje vestu s řešeným vyklenutím na prsa. „Nevýhodou“ žen je, že mají různě vystouplé hrudníky (poprsí), dokonce každý obvod hrudníku má jiný poměr obvodu přes prsa a pod prsy a poměr mezi šíří zadní a přední. Proto je v technologii oděvní konstrukce téma neprůstřelných vest pro ženy téměř tabu. Jde především o obavu z nesplnění norem. Dle pravidel jakékoli překrytí nebo sešití dílů balistiky musí mít 4 cm švovou záložku. Švy se sešívají přeplátovaně. Při odšívání záševků vznikají místa, která nemají předepsanou záložku 4 cm. To se musí napravit přidáním podkladového čtverečku nebo kratším záševkem a to je stále rizikové. Komfortnost nošení a vzhledu ovlivňuje především technologie a vývoj samotného materiálu. Pokud materiál bude dostatečně pružný a pevný, vesta se stane tenčí a měkčí při stejné třídě odolnosti. Jednotlivost tuhých vrstev balistiky se nesmí výrazně narušit stříháním nebo šitím. Dostupné konstrukční metody a alternativní metody

konstruování musí vždy řešit záševkem nebo členicím švem. Záleží na délce záševku, umístění záševku. Členicí šev může být členěn od náramenice po celé délce vesty nebo od průramku. Prováděla se také kusová výroba na míru, kde se hrudníky odlévaly, a vytvořil se krunýř. To se po praktické stránce neukázalo jako dobré. Ženy vytvarované košíky tlačily, a pokud mělo vestu používat plošně více žen, projevila se různorodost ženských hrudníků a vesty vůbec neseděly. Další konstrukční zvláštností je nutnost nastavitelných náramenic a boční variabilita zapínání a upínání. Ramenní nastavitelný pás směřuje do předního dílu. Vzniká zde zesílené místo, které nevypadá příliš vzhledně. Bylo by zajímavé se zaměřit také na různé jiné konstrukční a technologické možnosti. V místě přepínání na boku se přepásává část zadního dílu do předního nebo pomocí gum a přezek se boky stahují z obou bočnic. U prvního případu vzniká problém navrstvení materiálu na jednom místě a v druhém případě vzniká problém s nesnadnou manipulací s vestou. V současné době neexistují jiné než tyto jmenované možnosti jak docílit vyklenutí tuhých vest. Cesta je v technologii spojování balistiky lepením a jinými nekonvenčními způsoby, případně ve vývoji kompozitní balistiky. Univerzální velikosti vest pro ženy by potom fungovaly stejně jako u pánských vest. Další možností je umístění posuvného systému na boku nebo v místě poprsí.

9.2 Spolupráce s firmou Gared s.r.o.

Experimentální část této práce je řešena za přispění firmy Gared s.r.o. Společnost GARED s.r.o. se zabývá vývojem a výrobou ochranných prostředků jako jsou balistické vesty, taktické vesty, protiúderové komplety, balistické a protiúderové přilby, protiúderové štíty a další produkty. Firma umožňuje u katalogových výrobků podle požadavků zákazníka různé úpravy, případně také pozáruční opravy. Firma v těchto oblastech navazuje na dlouholeté zkušenosti a tradici výroby společnosti PETRIS Solnice s.r.o. a S.P.V. a. s. Společnost sídlí v malém městě v Solnici u Hradce Králové, kde vyvíjí a inovují neprůstřelné vesty a doplňky. Samotná výroba vest se uskutečňuje na Slovensku. [47]

Firma Gared spolupracuje se společností SP3 s.r.o. při zajišťování obchodní činnosti, obě firmy úzce kooperují. Dodávání produktů lze registrovat u mezinárodních mírových jednotek SFOR, KFOR, Policie České republiky, Slovenské republiky, Portugalska, Litvy a některých afrických států. Veškeré balistické produkty jsou testovány podle americký standard NIJ STD 0101.04, technické podmínky Spolkové republiky Německo AK II, nebo podle česká normy ESN 39 5360 a jsou dokladovány atesty ověřujícími jejich kvalitu. Pro balistické ochranné prostředky používá firma současné vývojové trendy materiálů Kevlar,

Twaron, Dyneema nebo Spectra a jejich kombinace. Výrobky splňují certifikaci Certifikátem ISO 9001. Jedná se o:

- **balistické prostředky;** balistické vesty, balistické přilby, panely
- **protiúderové prostředky;** protiúderové komplety, přilby, rukavice, štíty, chrániče
- **ostatní produkty;** taktické vesty, transportní tašky, pouzdra (pro vesty), kombinézy, kukly atd.

Spolupráce spočívala v poskytování technologií pro realizaci prototypu, prostředků pro měření a především odborných konzultací se zaměstnanci firmy. Další výhodou spolupráce bylo seznámení se současnými materiálovými trendy v oblasti balistické ochrany. Odborné konzultace umožnily kvalitní výběr balistické ochrany. Jednalo se o zhotovení balistické vložky i standardní kamuflážní vesty. Během několikadenní návštěvy byl zhotoven prototyp jedné celé balistické vesty. Byla vytvořena také druhá inovativní balistická konstrukce. K vytvoření prototypu byla k dispozici šicí dílna, řezací pila a stříhačské stoly a materiál ze skladových zásob pro inovaci. Další spoluprací bylo poskytnutí materiálů pro výrobu vzorků pro balistické testování. Konkrétnímu popisu prací jsou věnovány následující kapitoly.

10 INOVACE KONSTRUKCE STŘIHŮ BALISTICKÉ OCHRANY

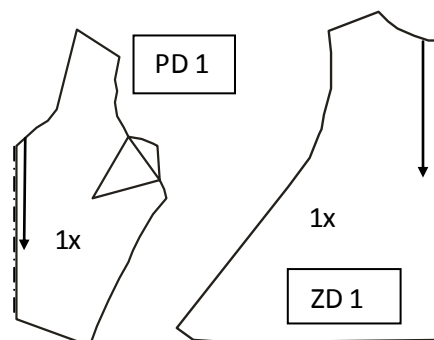
Inovace konstrukce střihů balistické ochrany vychází z poznatků shmutých v kapitole 9.1 Problematika konstrukce a technologického zpracování balistiky pro ženy. Základním problémem bylo vyřešení konstrukce střihu balistické ochrany s ohledem na materiál tak, aby výsledek poskytoval komfortní nošení zároveň s garantovaným stupněm balistické ochrany. Firma GARED nabídla materiálovou a konstrukční pomoc. Bylo zjištěno, že v inovaci balistiky je velmi těžké vyprodukovat komfortní střihy, protože jakýkoliv zásah pro vytvarování poprsí ohrožuje balistickou odolnost vesty. Vznikla řada technických nákrešů a střihů, jak by mohl vypadat přední díl vesty.

10.1 Konstrukce balistické vložky (nerealizované)

V této kapitole jsou uvedeny navržené konstrukce předního dílu balistické vložky. Tyto konstrukce byly konzultovány s odborníky firmy Gared a zde jsou v diskuzi k jednotlivým návrhům uvedena negativa. Tyto poznatky jsou zde v textu diplomové práce uváděny, protože tato část práce oděvního konstruktéra je odlišná od tvorby konstrukce běžných oděvů. U zadního dílu se předpokládá neměnná konstrukce (viz obr. 42). Každá zde graficky znázorněná konstrukce má délku do pasu.

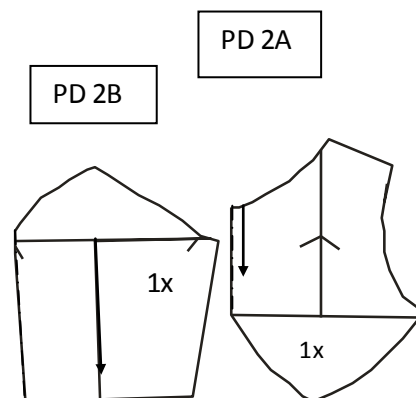
Na obr. 35 je uvedena konstrukce předního a zadního dílu. Přední díl má délku do pasu, hranatý průkrčník a přední středovou osu s překladem. Prsní výběr je přenesen do průramku, boční linie je úžená do pasu.

Zadní díl má prodloužené boční okraje, které přesahují do předního dílu, kde obepíná přední díl. Na zadním díle by se umísťovalo zapínání. Zúžení předního dílu je příliš veliké, což by představovalo problém při pohybu. Hranatý průkrčník není problémem.



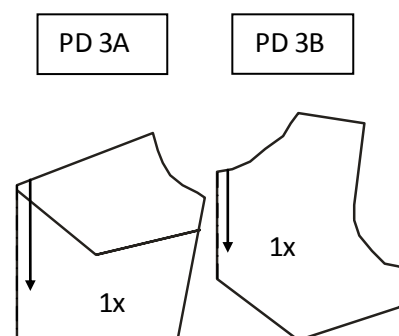
Obr. 35

Na konstrukci v obr 36 je ukázán členěný přední díl. Jedná se o překrytí tvarovaného dílu s přinechanou podsádkou pro hrudník PD 2B s tvarovaným dílem PD 2A přes sebe. Konstrukce je inspirovaná čínskými konstrukcemi[1]. Překryté díly zajišťují částečnou variaci tvarování pro poprsí. Nedostatkem je zde nekompaktnost dílů, protože by střela mohla proniknout mezi tyto dělené vrstvy.



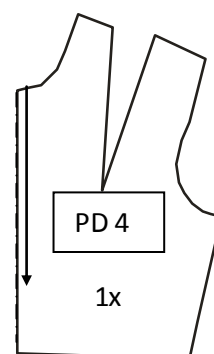
Obr. 36

Na konstrukci předního dílu PD 3A a PD 3B (obr 37) lze vidět podobný princip překrývání jako u konstrukce na obr 36 s tvarovaným dílem s podsádkami. Obě dvě části se stříhají jedenkrát po přehybu. Nepříznivá je zde širší ramena. Celkově všechny konstrukce pro balistiku musejí mít kratší průramkovou výšku. Tento díl má stejné nevýhody jako u obr 36.



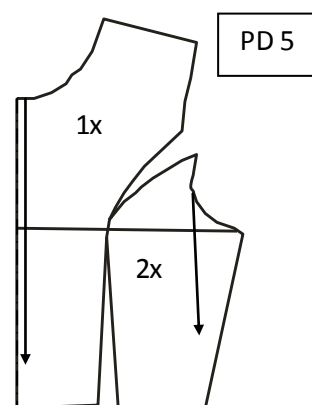
Obr. 37

Přední díl na obr 38 zanechává prsní záševek bez přemístění. Přední středová linie má překlad. Pro lepší balistické padnutí je zapotřebí na této konstrukci změnit hloubku a šířku průkrčníku a zkrátit průramkovou výšku. Záševek v této části je z balistického hlediska nejméně rizikový, je zde ovšem možný problém kvůli nepohodlnosti při nošení, protože v náramenici se výška balistiky zdvojnásobí.



Obr. 38

Obr. 39 je členěn klasickým princesovým způsobem. Je to velmi elegantní a časté řešení nejen oděvní, ale také pro balistické diplomatické vesty. Boční díl se stříhá dvakrát a díl s překladem jednou. Na konstrukci je opět vidět nevyhovující šíře náramenice. Švová záložka pro sešívání musí být podle předpisů 4cm.



Obr. 39

Z konzultací je zřejmé, že výrobce při tvorbě stříhů upřednostňuje nečleněné plochy, protože dává přednost minimalizaci bezpečnostních rizik a ekonomickému nakládání s materiálem. Tento postup je založen na ryze empirickém přístupu, nepodloženém jakýmkoliv systematickým výzkumem. Zde se ukázal potenciál spolupráce s vývojovým pracovištěm. Proto bylo rozhodnuto v rámci této DP vytvořit vzorky s různými typy spojování a podrobit je balistické zkoušce.

10.2 Konstrukce balistické vložky (realizované)

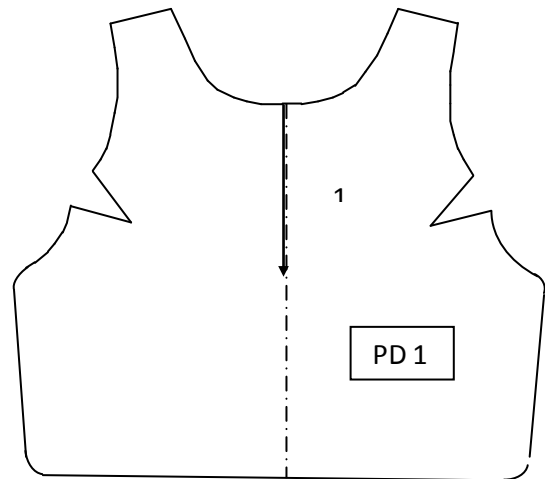
Po konzultacích byl pro realizaci balistické vložky vybrán stříh s krátkým prsním záševkem. Při postupu prací byla realizace rozšířena a vznikly dvě balistické vložky.

10.2.1 Střihová konstrukce

Balistická konstrukce je odvozena od Müllerovy konstrukce halenky a tvarovaná podle stříhu firmy Gared. Jednalo se o tvarování záševku, průkrčníku a délky předního a zadního dílu. Velikost vesty byla vybrána M, podle obvodu hrudi 96cm. Velikost byla vybrána na základě průzkumu Zuzany Šimkové, která změřila 202 žen, sledovala nejčastější somatotyp v České Republice pro tvorbu konstrukcí podle normy EN 13 402 [2]. Z tabulky změřených žen byl nejčastější výskyt právě velikosti M. Pro konkrétnější představu o somatotypu žen, které v zaměstnání nosí neprůstřelné vesty, byly změřeny ženy z řad policistek a vojaček v Liberci (jednalo se o 10 žen z různých oddělení). Měření žen ukázalo, že ani v těchto oborech není možné jednoznačně určit somatotyp. Proto se vývoj konstrukce odklonil od univerzálních velikostí, ale zaměřil se na klasické oděvní zpracování balistické vložky.

Konstrukce PD balistiky 1 realizované vložky

Tato konstrukce byla upravena na základě empirických pravidel a poznatků pracovníků firmy GARED, které jsou následující. Pro balistickou konstrukci není vhodné mít v trupové části ostré hrany, důvodem je zařezávání dílu do těla. Doporučuje se mít ne příliš hluboký výstřih. U inovované vesty je hloubka průkrčníku 13 cm. Neměl by být příliš odkrytý dekolt, hrozilo by totiž ohrožení aorty. Pokud se jedná o vesty a ne o oděvní kamufláž, měla by být polohovatelná ramena a obvod pasu..

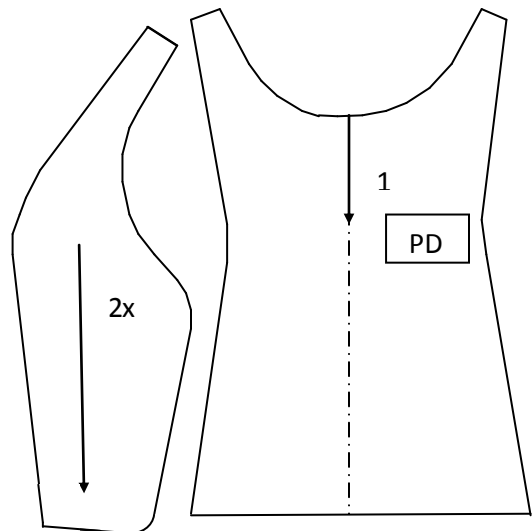


Obr 40

Střih má kulatý průkrčník a záševky dlouhé 5 cm. Přední díl má délku do pasu a má zkrácenou průrazkovou výšku. Do balistické vložky by se mělo co nejméně stříhat kvůli tvarování. Proto byl zvolen zkrácený záševek na prsní přímce jako inovativní prvek pro hotový prototyp.

Konstrukce PD balistiky 2 realizované vložky

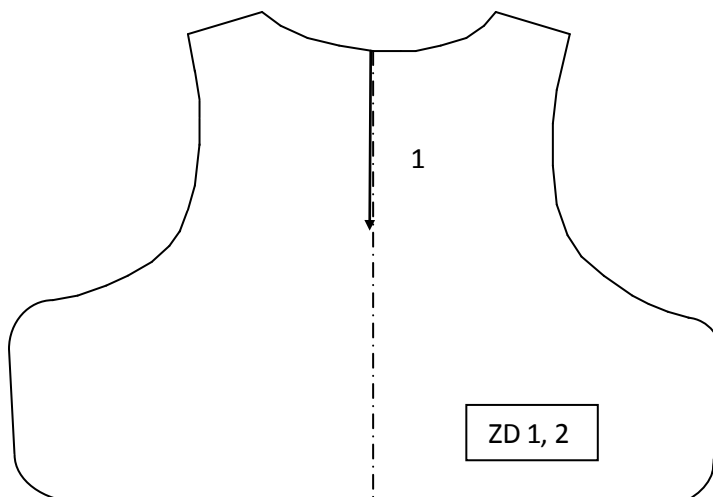
Tato konstrukce vychází z konstrukce na obr 40. Inovací je členící šev po celé délce předního dílu. Zajišťuje tak větší odolnost u ramene a trupu v místě švu. Jedná se o experiment, jako jedna z reálných možností pro budoucí výrobu. Švová záložka švu musí být 4 cm. Přední díl má stejné tvarování průkrčníku, průramku i okrajů jako konstrukce obr 40. s naznačeným směrem osnovních nití. Pokud stříháme z prepregu, není zde osnova zcela určující pro položení stříhů, protože nemá osnovu ani útek, jedná se o kompozit vláken.



Obr 41

Konstrukce ZD balistiky 1 a 2 realizované vložky

Zadní díl na Obr. 42 je určen pro oba přední díly. Má prohloubený průramek, který směřuje k prodlouženému bočnímu okraji. Boční kraj směřuje do předního dílu. ZD je ideální konstrukce pro lepší obepnutí a ochranu těla na boku. Délka konstrukce je opět do pasu a náramenice zkrácena.



Obr 42

10.2.2 Parametry materiálů a technologické zpracování

V následující tabulce jsou uvedeny **základní parametry materiálů** pro konstrukci zhotovených prototypů vest. Bližší popis parametrů je proveden v následujícím textu.

Tabulka 2: Parametry materiálu pro konstrukci balistické vložky

Vzorek	Materiál vlákno	Plošná hmotnost vrstvy	Počet vrstev	Struktura materiálu
1	Kevlar ARTEC 155	161,3 g/ m ²	22	Tkaniina (plátňová vazba)
2				

Tabulka 3: Parametry spojování vrstev balistické vložky

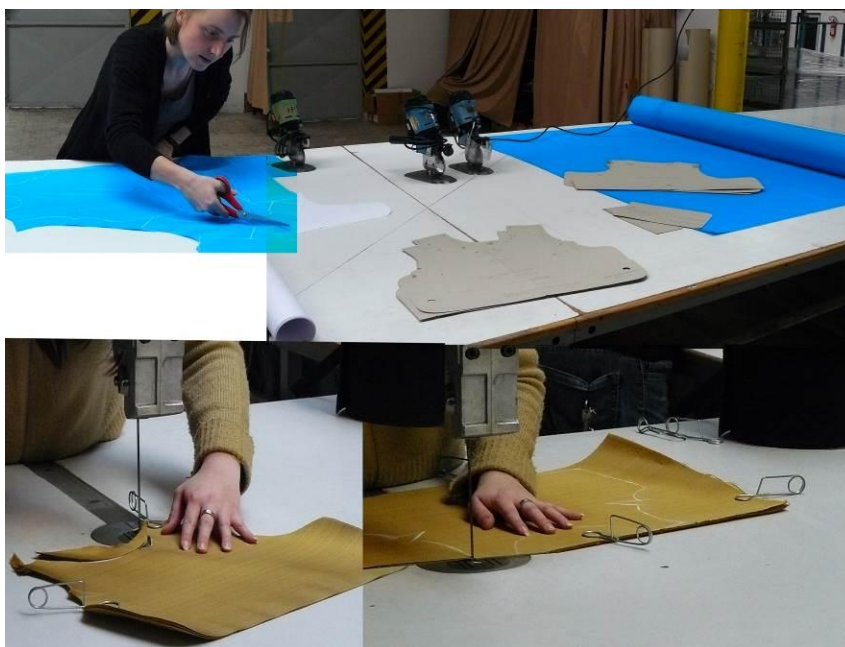
Konstrukce	Počet spojovaných vrstev	Umístění švů	Šev Iso třída	Průřez	Steh Iso třída
1	6x3 a 1x4	Sešití záševků	Přeplátovaný 2.00.00	<p>LS</p>	Dvounitný vázaný 300
2	6x3 a 1x4	Sešití montážního švu bočního dílu s předním dílem			

Pro realizaci prototypů byl firmou poskytnut materiál (kevlarová tkanina v plátňové vazbě). Jedná se o skladovou zásilku z Číny. Jde to materiál, který se v současné době ve firmě již pro výrobu vest nepoužívá. Toto řešení bylo přijato z ekonomických důvodů, protože při realizaci v této fázi šlo především o ověření vhodnosti stříhové konstrukce balistické ochrany, která nebude využita k balistickým zkouškám, nýbrž budou tyto vložky využity jako základní konstrukce pro výměnné kamuflážní oděvní obaly. Ve firmě byly zhotoveny dvě kompletní balistické vložky. Všechny parametry byly zachovány jako pro standardní balistickou ochranu.

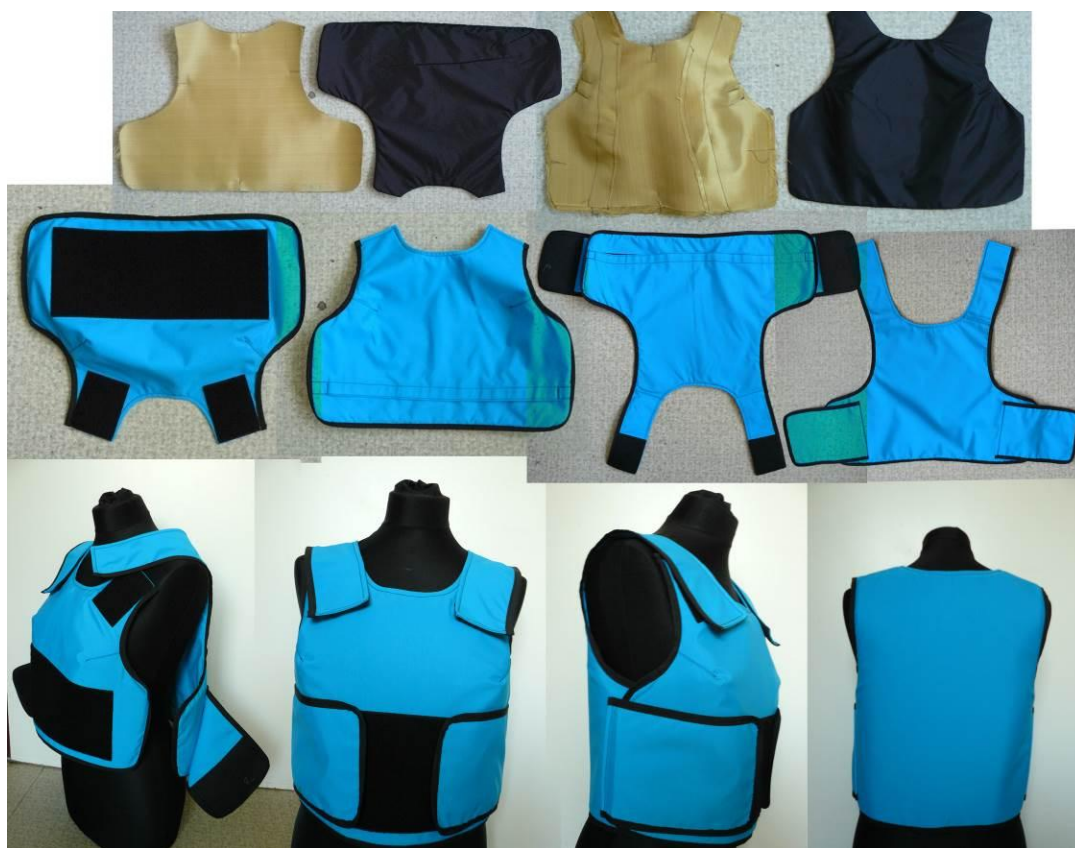
Zpracování konstrukce balistiky 1 a 2 realizované vložky

Počet vrstev byl zvolen 22. Tento počet odpovídá hranici odolnosti IIA a IIIA. Polohování stříhů balistiky se provádělo po osnově nebo po útku, aby se ušetřil materiál a byl tak menší odpad. Firma Gared ve svém vývoji pro větší množství vzorků používá plotr, ale pro naše potřeby se zvolilo nakládání ruční a oddělování stříhů z nálože řezací rotační a pásovou pilou. Nálož pro 22 dílů (PD1, PD2, ZD1,2) vznikala tak, že se nastříhaly pruhy látek v šíři dílu a navrstvily se tak, aby bylo vyřezáno 22 dílů. Na vrchní pruh materiálu byl překreslen díl. Každý díl měl svoji vlastní nálož, která se řezala na pásové pile. Při ručním stříhání se samozřejmě musely použít nůžky na kevlar. Po vyřezání dílů se zpracovával záševek a členění v šicí dílně.

Sešívání balistických vrstev není zcela tradiční metoda, protože sešít desítky vrstev je časově a někdy technologicky a tím i ekonomicky náročné. V našem případě pro ženy se musel odšít záševek na vyklenutí hrudníku. Nesešívaly se jednotlivé vrstvy, ale přizpůsobil se počet vrstev možnostem stroje a švadleny. Proto do 22 vrstev se sešívalo po třech vrstvách (při více vrstvách prokluzoval materiál strojem). Firma Gared má k dispozici technologii proti posuvu dílů, která umožňuje sešít i všechny balistické vrstvy najednou speciálními výkonnými jednohlovými stroji, ale tato technologie není příliš vhodná pro zpracování záševků. Plošné textilie byly sešívány standardní 100% PES šicí nití (multifil 60 tex) na průmyslovém jednohlovém stroji. Záševek byl odšit přeplátovaně. U konstrukce 2 probíhalo technologické zpracování s parametry pro švové záložky 4 cm, což se ukázalo jako vcelku nevhodné v místě zaoblení členění. Proto se může nebo nemusí záložka prošíť ještě za okraj. Díly se sešívaly opět po vícero vrstvách najednou přeplátovaně na jednohlovém stroji dvounitým vázaným stehem. Bylo vyzkoušeno, že daná kevlarová tkanina v 6 vrstvách může být prošita i kufříkovým jednohlovým strojem SINGER s kovovým rámem. (čínský kevlar prošel Singer stroj všech 22 vrstvách na okrajích najednou).



Obr. 43a: Stříhání a řezání dílů balistiky



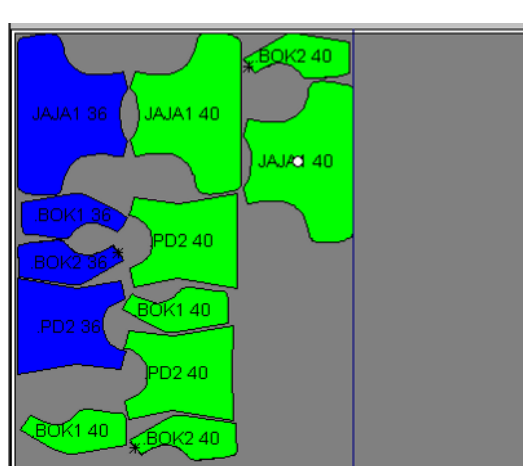
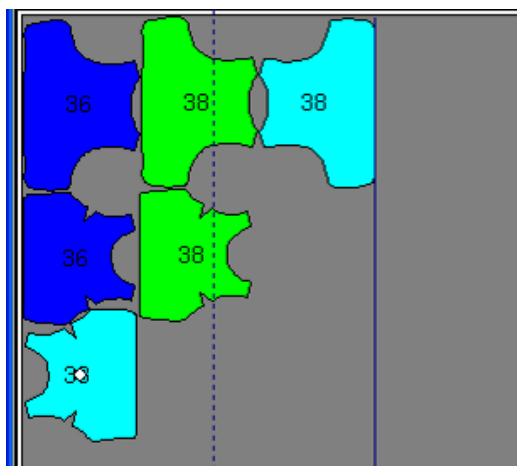
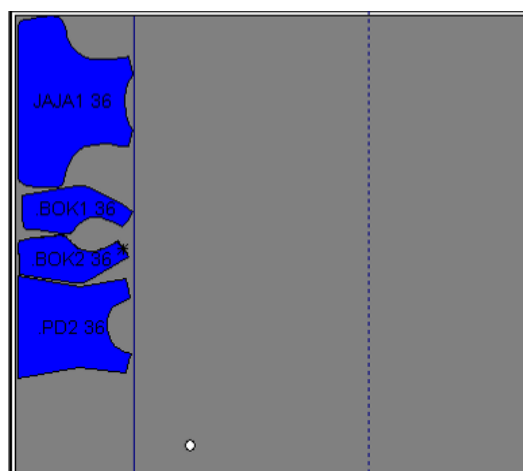
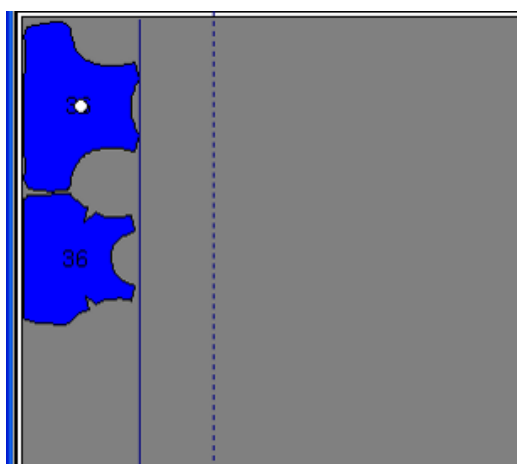
Obr. 43b Technické detaily zpracování vesty a vytvořená vesta

Výtěžnost realizovaných konstrukcí

Pro realizaci balistické ochrany je podstatným parametrem cena, která je výrazně ovlivně množstvím spotřebovaného materiálu. Pro dva různé typy konstrukcí byla vypočítána výtěžnost polohovaných stříhů na šířce materiálu 1600 mm jednoduchým jednocílním nakládáním. Mezi přímou návazností dílů je prostor pro ořez u těchto poloh 5mm.

Konstrukce 1 má výtěžnost jedné polohy 46 % a spotřeba materiálu pro jednu polohu je na šíři 1600 mm 0,4m. Výtěžnost trojpolohy je 45,8 % se spotřebou materiálu 1,2 m.

Pro konstrukci 2 s členicím dílem je výtěžnost trojpolohy 55,4 % a poloha se rozkládá na 1,2 m délky. U jednoplohy se díly rozkládají na 0,4 m šířky materiálu a výtěžnost je 55,9 %. Výtěžnost konstrukce 2 je o 10 % větší než u konstrukce 1.



Obr. 44:Konstrukce 1 Jednopoloha trojpoloha

Obr. 45:Konstrukce 2 Jednopoloha a trojpoloha

10.2.3 Testování dílčích vzorků

Vlastní testování neprobíhalo na vestě samotné (z ekonomických důvodů), ale na vzorcích zhotovených podle parametrů a norem vycházejících z NATO a z technických norem. Prototyp vesty nebyl předem určen pro certifikované balistické zkoušení, muselo se nejdříve provést průzkumné měření, které by potvrdilo, že tento systém je vyhovující a vesty se švem jsou zcela pořádku v balistické ochraně. Teprve posléze by se dala vyrobit reálná vesta pro certifikaci na střelnici ve Slavičíně. Aby bylo zjištěno, který materiál a jaké vrstvení je nejvhodnější pro tento druh produktu, byly vyrobeny dílčí vzorky pro zkoušení (měření pevnosti materiálu, měření pevnosti ve švu, balistické testování).

10.3 Měření pevnosti švů a materiálů

Během konstrukce vzorků pro měření balistické odolnosti se ukázalo jako vhodné testovat pevnost jednoduchých plošných útvarů (prepregů) a pevnost těchto prepregů ve švu. Zkoušky byly postupně vyvíjeny a testované vzorky jsou popsány v tabulce.

10.3.1 Popis vzorků a metody

Pro výrobu vzorků byly k dispozici tři typy materiálů (označené 1, 2, 3 – parametry plošná hmotnost, typ vrstvy (viz tabulka 4). U každého vzorku bylo provedeno testování pevnosti materiálu v jedné a třech vrstvách (počet vrstev 1,3). Pro obě možnosti vrstvení byla zkoumána pevnost ve spoji vytvořeném ultrazvukem (U), ve spoji konvenčním (K) s pomocí šicí nitě 100% PES (multifil 60 tex) (značeno PES) a s pomocí šicí nitě 100% kevlar (multifil 37 tex) (značeno Kevlar).

Pro **konvenční způsob spojování** byl použit dvounitný vázaný steh (jednoehlový krabicový stroj Singer / Promise[™] 1409). Byla vždy použita jednak nit 100% polyesterové hedvábní 60 tex a dále jemnější nit kevlarová, Kevlar 75, 37 tex.

Jako inovativní a ve firmě dosud nepoužívaný způsob spojování bylo testováno několik způsobů **nekonvenčního spojování**. Byly zkoušeny možnosti svařování ultrazvukem (PFAFF 8310) a svařování horkým klínem (PFAFF 8304- 020). Už při prvních zkouškách se ukázalo, že spoj vzniklý spojováním horkým klínem nevyhovuje ani pro jeden z materiálů (Twaron, Dyneema). Natavila se jen vnější folie, nastala delaminace. Při tvorbě spojů ultrazvukem na struktuře Twaronu opět docházelo k delaminaci a nedocházelo k propojení vrstev, proto byly tímto způsobem připraveny vzorky jen z materiálu Dyneema, které jeví lepší adhezi mezi vrstvami.

Tabulka 4: Příprava vzorků

Vzorek	Materiál vlákno	Plošná hmotnost vrstvy	Typ vrstvy	Počet vrstev	Spojování	Šicí nit
1	Dyneema	172 g/m ²	prepreg	1	Bez spoje	-
					U	
					K	PES
				3		Kevlar
					Bez spoje	-
					U	-
	K	PES				
		Kevlar				
2	Kevlar	384 g/m ²	tkanina ve folii	1	Bez spoje	
					K	PES
						Kevlar
3	Twaron UD 22	278,8 g/m ²	prepreg	1	Bez spoje	-
					K	PES
						Kevlar
				3	Bez spoje	-
						PES
					K	Kevlar

Tahové vlastnosti plošných textilií i balistických švů byly měřeny na stejném zařízení s nastavením stejných parametrů, podle české technické normy ČSN, EN ISO 13934-1 z roku 1999. a EN ISO 6892-1

Velikost vzorku: 5x30 cm.

Použité stroje: dynamometr s maximální silou 10 000 N a dynamometr TIRA TEST 2300 s rozsahem do 5kN. Během měření se zjistilo, že pro použité materiály prepregu Dyneema a Twaron postačí dynamometr s maximálním rozsahem do 5kN.

Parametry měření: Upínací délka čelistí je 20mm, rychlost prodloužení 50mm/min.

Průběh měření: Do upínací délky čelistí se vložil připravený vzorek. Při vykreslení grafu se vyzemila tečna tahové křivky pro modul. Měření skončilo při snížení síly o 90%.

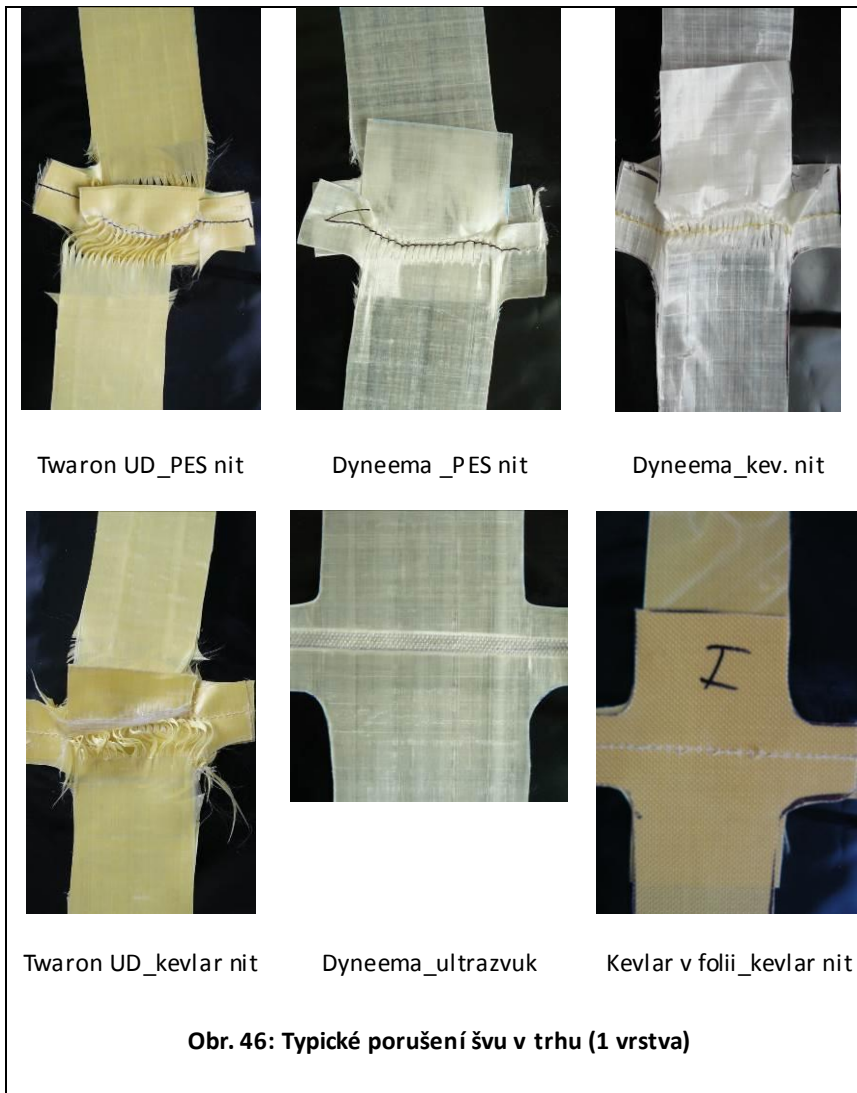
Vyhodnocení: Byly vždy vyrobeny a testovány minimálně 3 vzorky (měření bylo provedeno 3x ve směru jedné soustavy vláken, vzorky jsou co do parametrů symetrické).

10.3.2 Hodnocení a diskuze

Protože je cena materiálu vysoká, a v této fázi spolupráce s firmou se jednalo především o navržení experimentu, byla provedena vždy jen tři nebo pět měření pro devatenáct typů vzorků. V tomto případě je ovšem problematické statistické vyhodnocení velmi malého počtu vzorků. V průběhu experimentů byla sledována variabilita výsledků. Protože nedocházelo k výrazně vychýleným měřením, bylo rozhodnuto provést pouze orientační hodnocení pomocí aritmetického průměru. Hodnocené parametry jsou uvedeny v příloze 5, zde je provedeno grafické srovnání charakteristik jednotlivých materiálů (typů vrstvení, typů spojování, šicí niti).

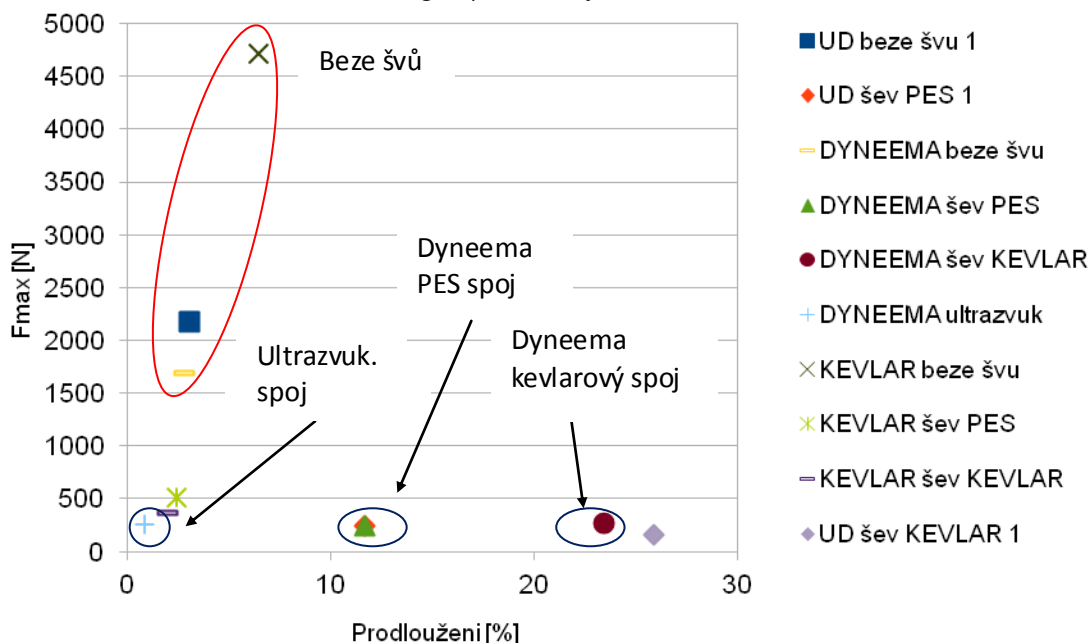
Tabulka 5: Výsledky měření

Vzorek	Počet vrstev	Spojování	Šicí nit	E [MPa]	Prodloužení [%]	F max. [N]	W [J]
1 (Dyneema)	1	Bez spoje	-	67223	2,78	1686	17,08
		U	-	1320	0,84	261	0,24
		K	PES	215	11,70	247	4,73
			Kevlar	387	23,42	273	12,12
	3	Bez spoje	-	1991	2,27	2120	5,64
		U	-	631	1,25	490	0,34
		K	PES	516	0,82	559	1,22
			Kevlar	343	2,30	449	0,63
2 (Kevlar (Kevlar tkanina ve folii))	1	Bez spoje	-	960	6,48	4715	42,21
		K	PES	435	2,44	510	1,1
			Kevlar	288	1,98	366	0,52
3 (UD Twaron)	1	Bez spoje	-	1641	3,05	2176	18,72
		K	PES	83	28,34	172	7,97
			Kevlar	61	25,91	153	6,55
	3	Bez spoje	-	1934	2,91	2662	9,40
		K	PES	311	4,30	456	1,93
			Kevlar	219	4,46	545	2,28



1 vrstva Dyneema, Kevlar UD, Kevlar ve folii

Obr. 48: graf pevnosti v jedné vrstvě materiálů



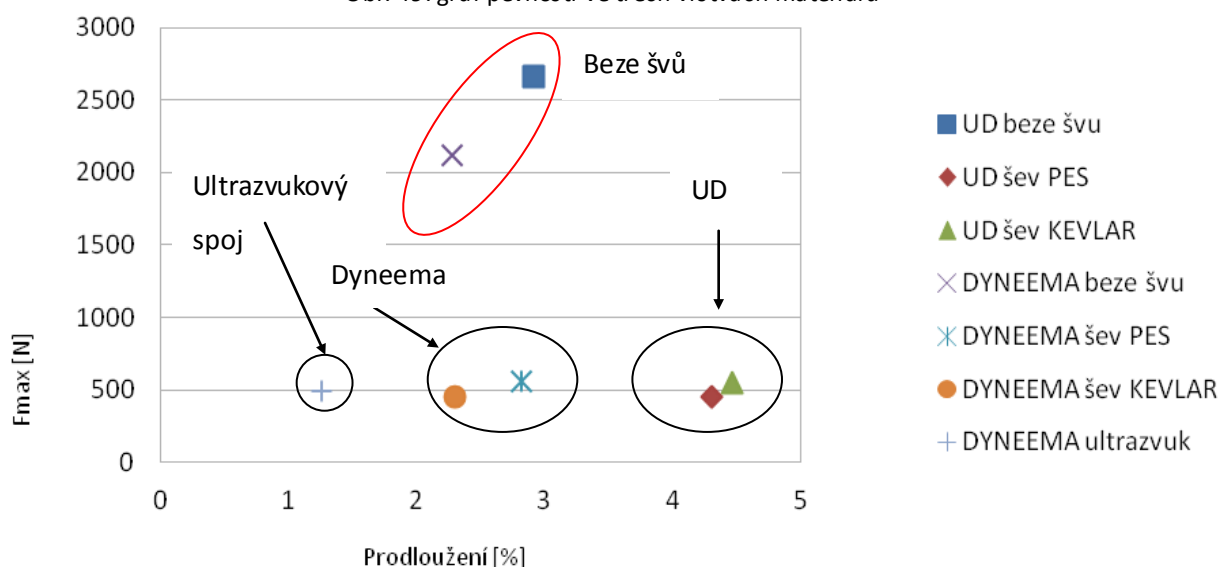
Jednotlivé parametry jsou hodnoceny odděleně. Lze konstatovat následující trendy:

Jednovrstvý vzorek (graf na obrázku) (Twaron UD je v grafu popisován jako UD)

- vzorky beze švu (tedy nestříhané a nešité) mají nejvyšší pevnosti a nejnižší tažnosti. Mezi těmito vzorky dosahuje nejvyšších hodnot vzorek 2 (Kevlar tkanina ve folii)
- vzorky rozstřížené a sešité výrazně ztrácejí pevnost (až 10krát) a narůstá tažnost. Lze jsou viditelné následující fakta:
 - vzorek 2 (Kevlar tkanina ve folii) s původní maximální pevnosti klesl nejvíce a to ať už je použita nit polyesterová, nebo kevlarová, docházelo k praskání nití tvořících šev, struktura plošné textilie se neporušovala.
 - vzorky 1 (Dyneema prepreg) a 3 (UD Twaron prepreg) mají vyšší pevnost a především výrazně vyšší tažnost v případě švu, který je tvořen kevlarovou nití, oproti pevnosti ve švu tvořeném polyesterovou nití. Zde nedocházelo k porušení niti ve švu, ale k celkové destrukci struktury prepregu.
 - jako nekonvenční typ spojování byl vyzkoušen ultrazvuk, který bylo možno aplikovat jen na vzorek 1 (Dyneema). Hodnoty pevnosti a tažnosti ve švu jsou v tomto případě oproti ostatním typům spojování minimální.

3 vrstvy Dyneema a Kevlar UD

Obr. 49: graf pevnosti ve třech vrstvách materiálů



Trojvrstvý vzorek (graf na obrázku 49) (Twaron UD je v textu popisován jako UD)

- Prošívání více vrstev najednou je běžnou praxí při výrobě balistických vest především z ekonomických důvodů. Byly zhotoveny vzorky z materiálu 1 (Dyneema prepreg) a 3(UD Twaron prepreg). Materiál 2 (Kevlar tkanina ve folii) nebylo možno takto prošít.
- Z porovnání jednovrstvých a třívrstvých vzorků plyne:
 - Vzorky beze švu poskytují ve třech vrstvách pevnost vyšší pouze o cca 23% a zároveň mírně klesá tažnost.
 - Pevnost sešitím tří vrstev mírně roste, ale významně klesá tažnost (ať již je použita kevlarová, nebo polyesterová nit)
- vzorky beze švu (tedy nestříhané a nešité) mají vyšší pevnosti. Vzorek 3 (UD Twaron prepreg) dosahuje vyšších hodnot pevnosti a tažnosti oproti vzorku 1 (Dyneema prepreg)
- provedením rozstřížení a sešití tří vrstev pevnost klesá 5krát. Pevnosti jsou srovnatelné, rozdíl je v tažnostech – nejvyšší tažnost je u materiálu 3 (bez ohledu na použitou šicí nit)
- spojování ultrazvukem poskytuje nejnižší hodnotu tažnosti.

Další závěry budou diskutovány ve srovnání s balistickou zkouškou.

10.4 Měření balistické odolnosti

Měření balistické odolnosti bylo prováděno za účelem zjištění bezpečnosti materiálu ve švu. Byly vyrobeny vzorky 32 vrstev plošné textilie, které byly postupně spojovány přeplátovaným švem různým způsobem spojování. Tyto vzorky byly podrobeny balistické zkoušce.

10.4.1 Popis vzorků

V následující tabulce jsou uvedeny základní parametry vzorků. Jedná se o vzorky plochy 30*30 cm, které se sestávají z 32 vrstev jednoduché plošné textilie. Každá jednoduchá PT byla rozstřížena, spojena konvenčním či nekonvenčním způsobem přeplátované s překrytím 4 cm. Těchto 32 vrstev tvoří jeden vzorek, který byl podroben balistické zkoušce. Bližší popis parametrů je proveden v textu. U vzorku nekonvenčním spojením byly použity tyto strojové parametry svaru; výkon 10 W, přítlak 5 bar, rychlost 1,3 m/min, výška kotouče od vzorku 1 mm.

Tabulka 6: příprava balistických vzorků

Vzorek	Materiál vlákno	Plošná hmotnost vrstvy	Typ vrstvy	Počet vrstev	Typ švu	Typ niti
1	Dyneema	172 g/ m ²	prepreg	32	Ultrazvuk	-
2	Dyneema	172 g/ m ²	prepreg	32	Konvenční	PES
3	Dyneema Kevlar	172 g/ m ² 384 g/ m ²	Prepreg Tkanina ve folii	30 2	Konvenční	Kevlar
4	Twaron UD 22	278,8 g/ m ²	prepreg	32	Konvenční	PES
5	Twaron UD 22	278,8 g/ m ²	prepreg	32	Konvenční	Kevlar

Spojování materiálů bylo prováděno nekonvenčním i konvenčním způsobem, jako v kapitole 10.3.1. Nejprve byly vyrobeny vzorky z 1 a 2 (32 vrstev prepregu Dyneema), které ale v pozdější balistické zkoušce vykazovaly vysoký stupeň traumatického prohloubení (viz kapitola 10.4.3), proto byl vyroben vzorek 3, kde je jako 18. a 20. vrstva kevlarová tkanina zalisovaná ve folii (má vyšší plošnou hmotnost a tuhost).

10.4.2 Popis metody – balistická zkouška

Testování balistické odolnosti bylo provedeno dle normy NATO STANAG 2920. Této kapitole je uveden stručný výčet parametrů.

Aparatura: hradla Competition Electronics Pro Chrono Digital s vnitřními LED osvětlením (viz obr. 23 v kapitole 5.5)

Teplota prostředí: 19,5 °C a 21°C

Střelivo:

1) 9 mm Luger, 8 g, 124 gr, SP (poloplášťová olověná střela hmotnosti 8 g tj. 124 grainů)







2) .44 Magnum, 15,55 g, 240 gr, SP (poloplášťová olověná střela hmotnosti 15,55 g tj. 240 grainů)



Testovací zbraně:

Kalibrace hradel, provedená před experimentem je uvedena pro jednotlivé typy zbraní v následující tabulce. Kde v_0 je ústňová rychlost střely, s je standardní odchylka a v je variační koeficient

Tabulka 7: První testování, kalibrac zbraní

Typ zbraně	Vizuál zbraně	v_0 [m/s]	s [m/s]	v [%]
Glock 17 (pistole)		318,3	4,6	1,5
POF MP5A5 (samopal)		340,8	8,9	2,6
CZ Scorpion EVO III S1 (samopal)		341,2	5,3	1,6
Ruger Redhawk.44 Magnum (revolver)		407,5	-	-

Tabulka 8: Druhé testování, kalibrace zbraní

Typ zbraně	Vizuál zbraně	v_0 [m/s]	s [m/s]	V [%]
CZ Scorpion EVO III S1 (samopal)		324, 2	5,3	1,4
Ruger Redhawk.44 Magnum (revolver)		399,3	6,3	2,5

10.4.3 Hodnocení a diskuze

Zjištěné parametry jsou uvedeny v tabulce. Dále je provedena diskuze k celkové vhodnosti metodiky.

Tabulka 9: Výsledky testovaných vzorků 1 až 5

vzorek	Počet střel	Popis	Zbraň	Rychlost letících projektilů před vzorkem [m/s]	$E_k = \frac{1}{2} mv^2$ kinetická energie při vstupu do vzorku [J]	E_k Kinetická energie při výstupu [J]
1 – Dyneema	2	konvenční spoj kevlarovou nití	Samopal	344	1 164,6	Nedošlo k průstřelu
	1		Revolver	387	2111,2	
2 – Dyneema	1	nekonvenční spoj, svar ultrazvukem	Revolver	428	1 424,3	
3 – Twaron UD	1	konvenční spoj polyesterovou nití	Samopal	389	692,2	
	1		Revolver	416	2076, 7	
4– Dyneema	1	konvenční spoj polyesterovou nití	Revolver	403	1007, 0	
5 – Twaron UD	1	konvenční spoj kevlarová nit	Revolver	410	1008,6	

Vzorek 1 Dyneema, konvenční spoj kevlarovou nití

Testovaný vzorek o hmotnosti 720 [g], tloušťce h 7,0 [mm] (v místě švu 17,1 mm) a objemové hustotě ρ 911,4 [kg/m³] byl otestován 3 střelami podle standardu NATO STANAG 2920. Pro testování NIJ Level II byl zvolen samopal 9 mm Luger (CZ Scorpion EVO III) kvůli poskytované vyšší ústové rychlosti střely oproti 9mm pistoli. Testována byla především oblast spoje, švu, mezi dvěma kusy balistické vložky z prepregu Dyneema o počtu 32 vrstev. Vrstvy byly sešity po dvou a po jedné vrstvě. Do švu byly vypáleny 2 náboje 9 mm Luger SP a jedna střela 44 Magnum SP. Více střel vzorek neumožňoval vypálit vzhledem k menší cílové ploše než je zvykem. Ani jedna střela neprošla skrz a byla zastavena v první třetině vložky. Střela 44 Magnum, odpovídá testu NIJ Level III, byla zastavena se stejnými výsledky jako 9 mm Luger. Oblast spoje se nijak nerozpadala a vstupní otvor měl pouze porušené stehy po průniku střely do vložky. Svědečný systém aparatury nebyl prostřelen, pouze při vyražení vložky z testovacího rámu se střela 44 Magnum lehce otiskla o duralový plech. Vzorek a jeho šev je shledán vyhovujícím pro použití v balistické ochraně. Celková kinetická energie zachycená balistickou vložkou byla E_{k0} 2111,2 [J].



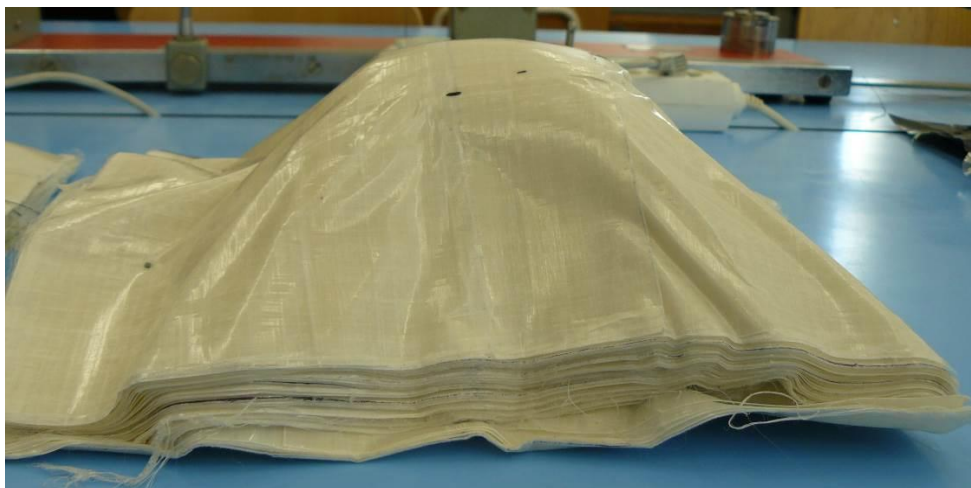
Obr. 50: Traumatická deformace – vzorek 1



Obr. 51: detail vstřelu v místě švu

Vzorek 2 Dyneema, nekonvenční spoj, svar ultrazvukem

Testovaný vzorek o hmotnosti m 650 [g], tloušťce h 7,1 [mm] v místě spoje 17 mm a objemové hustotě ρ 822, 8 [kg/m³] byl otestován pouze jednou střelou podle standardu NATO STANAG 2920. Pro testování NIJ Level III byl zvolen revolver 44 Magnum. Vzhledem k vyražení testovaného vzorku z rámu a jeho značnému prohnutí nebylo možné do vzorku střílet vícekrát – výsledek nemusí být zcela vypovídající, ale lze konstatovat, že balistická vložka nebyla sice prostřelena, střela byla zachycena v první třetině vložky, nicméně masivní deformace by jedinci způsobila obrovské traumatické vnitřní zranění. Je tedy otázkou, zda by balistická ochrana v NIJ Level III byla vyhovující. Šev nebyl nijak vážně porušen. Balistická vložka vzorek 2 se lišila od vzorku 1 pouze způsobem spojení dvou kusů o počtu 32 vrstev Dyneema prepreg. Spojování materiálu pomocí ultrazvuku by bylo možné a pravděpodobně vyhovující. Pro NIJ Level II je vzorek shledán vyhovujícím. Celková kinetická energie zachycená balistickou vložkou byla E_{K0} 1424,3 [J] (nelze porovnávat se vzorkem 1 – nízký počet střel).



Obr. 52: Traumatická deformace – vzorek 2



Obr. 53: Dopad střely, deformace ultrazvukového spoje

Vzorek 3 Twaron UD, konvenční spoj polyesterovou nití

Testovaný vzorek o hmotnosti m 880 [g], tloušťce h 7,8 [mm] v místě spoje 16 mm a objemové hustotě ρ 977,8 [kg/m³] byl otestován 2 střelami podle standardu NATO STANAG 2920. Pro testování NIJ Level II byl zvolen samopal 9 mm Luger (CZ Scorpion EVO III) jako v minulých zkouškách. Testována byla především oblast spoje, švu prepregu Kevlaru UD o počtu 32 vrstev. Do švu byly vypáleny 2 střely 9 mm Luger SP a jedna střela 44 Magnum. Po druhé ráně se testovaný vzorek vytrhl z rámu, proto se do vzorku už více nestřílelo. Je možné, že je to zapříčiněno předčasným vytažením vzorku z rámu. Nicméně ve vrstvách byla střela zcela deformována, což tuto domněnku vyvrací. Vzorek švu ve vícevrstvých spojích mírně popraskal v místě nejvyšší dopadající kinetické energie. U testovaného vzorku kevlaru UD vznikla velmi malá traumatická prohlubeň a tím i malý traumatický šok u postřeleného jedince. Vzorek a jeho šev je shledán vyhovujícím pro použití v balistické ochraně. Celková kinetická energie zachycená balistickou vložkou byla $E_{KO} 2076, 7$ [J].



Obr. 54: Traumatická deformace – vzorek 3



Obr. 55: Deformace střely a materiálu v místě dopadu střely

Vzorek 4 Dyneema, konvenční spoj polyesterovou nití

Testovaný vzorek o hmotnosti m 0,650 [g], tloušťce h 6,9 [mm] v místě spoje 15 mm a objemové hustotě ρ 812,5 [kg/m³] byl otestován pouze 1 střelou podle standardu NATO STANAG 2920. Pro testování NIJ Level III byl zvolen revolver 44 Magnum. Vzorek se už po první ráně vytrhl z rámu a tím nebylo možno střílet do testovaných vzorků vícekrát. Vrstvy prepregu Dyneemy byly v poslední třetině proloženy dvěma tuhými vrstvami kevlaru (tkanina ve folii) což napomohl k tomu, že se kinetická energie rozkládala lépe, než tomu bylo u vzorků Dyneema 1 a 2. Vzorek obsahoval 32 vrstev. Traumatická deformace byla podstatně hlubší než u vzorků Kevlaru UD. Šev polyesterovou nití popraskal v posledním vícevrstevém spoji (7 vrstev v jednom švu) v místě dopadající kinetické energie nit popraskala nejvíce. Popraskala také u jedné vrstvy kevlaru (tkanina ve folii). Celkově ovšem šev v balistickém testu obstál. A tím by se mohl používat v balistické ochraně. Celková kinetická energie zachycená balistickou vložkou byla E_{KO} 1007, 0 [J].



Obr. 56: Traumatická deformace – vzorek 4



Obr. 57: Deformace střely, mechanické rozrušení materiálu v místě dopadu střely

Vzorek 5 Twaron UD, konvenční spoj kevlarová nit

Testovaný vzorek o hmotnosti m 860 [g], tloušťce h 7,8 [mm] v místě spoje 16 mm a objemové hustotě ρ 966,3 [kg/m³] byl otestován pouze 1 střelou podle standardu NATO STANAG 2920. Pro testování NIJ Level III byl zvolen revolver 44 Magnum. Vzorek se už po první ráně vytrhl z rámu, a proto nebylo možno střílet do testovaných vzorků vícekrát. Balistická vložka nebyla sice prostřelena, střela byla zachycena v prvních vrstvách vložky a traumatické zranění by u tohoto vzorku nebylo vysoké, traumatická deformace u Kevlaru byla nízká. Celkově šev nebyl výrazně poškozen. V místě švu docházelo také k popraskání nebo povolení nití mezi vrstvami až do poslední vrstvy v místě s nejvyšší dopadající kinetickou energií. Vzorek a jeho šev je shledán vyhovujícím pro použití v balistické ochraně. Celková kinetická energie zachycená balistickou vložkou byla E_{k0} 960 [J].



Obr. 58: Traumatická deformace – vzorek 5



Obr. 59: Střela zavrtnaná v prvních vrstvách vzorku

10.4.4 Zhodnocení metodiky a doporučení

Testování balistických vrstev přineslo zajímavé závěry o vlastnostech ve švu různých materiálů a zjištění, že testovací zařízení musí projít technickou změnou.

Při testování byla zjištěna nedostačující kapacita upevňujících čelistí. Jednalo se o nejmenší možnou verzi pro testování balistických vrstev podle normy NATO STANAG 2920. Pro testování vyšších odolností užitná plocha 30x30 cm ovšem nestačí kvůli vysoké kinetické energie zbraní pro třídu odolnosti III. Pro kvalitnější vyhodnocení je lépe začínat s nižším počtem vrstev ve vzorku (třída odolnosti II.).

Pro tento experiment, který testoval pevnost ve švu balistickou zkouškou, nebylo nutné otestovat přímo odolnost III., ale charakterizovat různé druhy spojů při zasažení střelou.

Testové vzorky Dyneema a Twaron s rozdílnými spoji ukázaly, že konvenční spojení má velmi příbuzné vlastnosti ať už jde o spojení kevlarovou nebo PES nití. Velkým rozdílem pro funkci balistické ochrany je zvolený samotný materiál.

Tabulka 10: Zhodnocení metodiky a doporučení

Materiál vzorku	Šev kevlar	Šev PES	Ultrazvuk
Dyneema	Šev praská méně ve struktuře s jednou vrstvou nebo ve dvou vrstvách prepregu. Šev popraskal nejvíce v prvních zasažených vrstvách, a následně až v posledních vícevrstvých spojích (posledních 10 vrstev) v místě přímého dopadu kinetické energie.		Šev zhotoven pouze po jedné vrstvě. V první třetině tloušťky vzorku šev mírně popraskal. Šev v posledních vrstvách nepraskal.
	Deformace vzorku je trvalá		
	Traumatická deformace by zřejmě lidské tělo těžce poškodila		
	Dyneema se bez problému sešívá i ve více vrstvách. (Stroj plynule prošívá a podával materiál).		Spojování ultrazvukem bylo nejpevnější v jedné a ve dvou vrstvách. Ve více vrstvách docházelo k prokluzům nebo nedovaru do všech vrstvách.
UD Twaron	Šev praskal a uvolňoval se ve všech vrstvách a nejvíce v prostoru dopadu střely a v posledních vrstvách.		
	Deformace u prepregu Twaronu UD je vratná a má minimální traumatické vyklenutí po zásahu střely do materiálu ve švu. Zřejmě proto, že Twaron UD má vyšší (protažení v tahu) a pružnost než Dyneema.		
	Twaron UD svojí impregnací při sešívání na stroji špinil patku a podavač a jehlu.		
	Pokud je švová záložka menší než 1 cm, nelze výrobek doporučit, dochází k vytrhnutí ze švu		
Vzorek Dyneemy je řádově o 150 g lehčí (na vzorku 30x30 cm) než UD Twaron.			

11 NÁVRH VARIABILNÍ KAMUFLÁŽNÍ VRSTVY S PODŠÍVKOU

Hlavní testované materiály v diplomové práci jsou Dyneema a Twaron. Hlavní jsou proto, že se používají ve většině diplomatických vest. K těmto materiálům základního vrstvení balistiky se přidávají další materiály pro zlepšení funkčnosti neprůstřelné diplomatické vesty. Jedná se o různé typy materiálů podle požadované funkce.

Jednou z těchto vrstev je **doplňková vrstva proti prořezu** „tzv. šmirgl“ o plošné hmotnosti 456, 5 g/ m², která se umísťuje mezi vrstvy balistické ochrany. Jedná se o kevlarovou tkaninu potaženou zrnky korundového smirku.

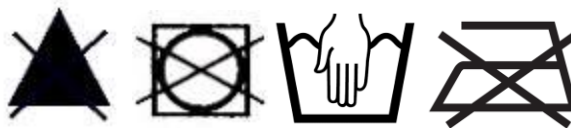
Další vrstvou je **traumatická vložka**, která se umísťuje do systému balistické ochrany nejbližší k tělu. Její nejdůležitější vlastnost je příznivé rozložení kinetické energie a rázové vlny do materiálu. Jsou dva základní typy traumatická vložka o tloušťce 0,2 mm a plošné hmotnosti 153 g/ m² nebo traumatická vložka o tloušťce 0,5 mm má 145 g/ m². Jde o pěnový materiál.

Pro zlepšení komfortu nošení (pocení a tepelná ventilace) slouží **podšívka** v různých podobách. Jedna ze standardně používaných podšivek je distanční pletenina 241,1 g/m² nebo distanční žebrová pletenina 475,4 g/m². Další podobou podšívky používaná ve firmě Gared je síťovina, pod kterou je termoregulační materiál Cleamonts PCM materiál o plošné hmotnosti 157, 5 g/ m² s. Měření tepelně izolačních vlastností tohoto materiálu je věnována následující 11.1.2.

Kamuflážní vrstva je umístěna na povrchu a její funkcí v případě diplomatických vest je utajit její nošení. Návrhu inovativní kamuflážní vrstvy je věnována kapitoly od 11.2

Údržba vest s podšívkou Cleamonts

Vyjímatelná kamufláž s podšívkou lze prát pouze ručně, nesmí se žehlit, nesmí se bělit a chemicky čistit. Čistit vestu je povoleno pouze bez balistické vložky.



Obr. 60: Symboly údržby podšívky vest s podšívkou Cleamonts

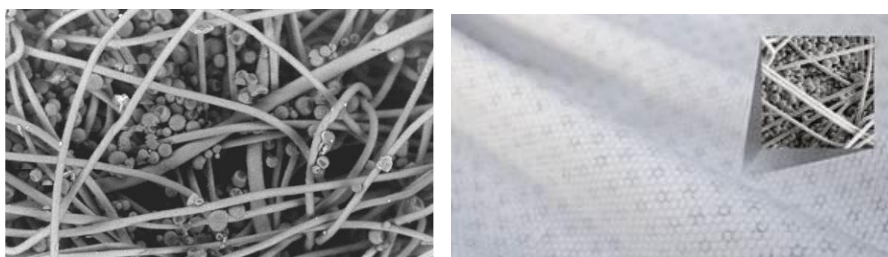
11.1 Testování podšívkového materiálu s termoregulační funkcí

Při konzultacích ve společnosti Gared jsme se seznámili s jejich novinkou. Je to vesta s Outlast podšívkou. Tato vesta byla zapůjčena pro další testování a měření. Společnost Gared má licenci na používání patentovaného termoregulačního materiálu Outlast a tím se stala oficiálním partnerem společnosti Outlast Europe GmbH.

Outlast Technologies byla založena v roce 1990 a sídlí v Coloradu, USA, v Evropě se sídlem v Německu a v Asii v Tokyu, Japonsko. Outlast® technologie byla původně vyvinuta pro NASA k ochraně astronautů před výkyvy teplot. V roce 2003 získala prestižní ocenění "Certifikovaná Space Technology™".

Outlast® je materiál, který umí akumulovat a uvolňovat teplo. Používá se pro aplikace, kde pomáhá vytvářet stabilní mikroklima mezi pokožkou a textilií.

Outlast Cleamonts je termoregulační materiál, který pracuje s mikrokapsulemi na principu fázové změny PCM, který obsahuje inteligentní Outlast® technologii. Pod mikroskopem se Outlast® jeví jako malé kuličky zachycené na vláknech textilie. V kapslích Thermocules® vlastně neustále probíhá cyklus změny skupenství. Aby kapsle nevytekla nebo se nevypařila, je obalena vrstvičkou, která je natolik pevná, aby vydržela nošení i samotnou výrobu oblečení. Na netkané textilií Cleamonts jsou zřetelné kapsle s gelovou tekutinou, které v tomto případě akumulují teplo do sebe.



Obr.61:mikroskopická struktura Outlast-Cleamonts

Princip materiálu je změna látky z pevného skupenství na kapalné, kdy je třeba teplo dodat (teplo je v kapalině akumulováno), mění-li se z kapalného na pevné, teplo je uvolněno.

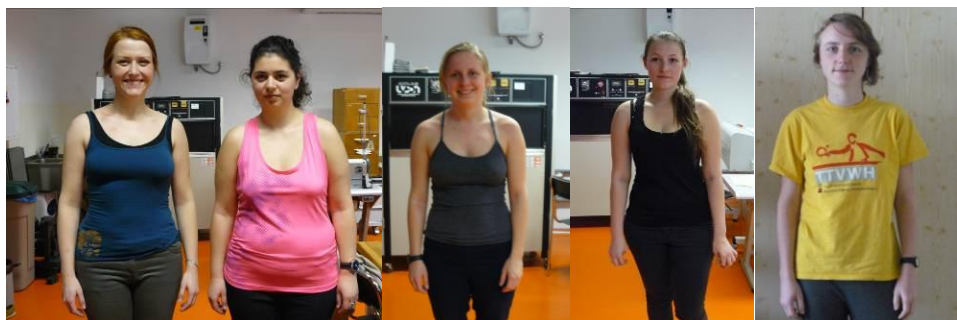
Pro ověření tohoto efektu bylo provedeno bezdotykové měření teploty pomocí termovize a měření tepelně izolačních vlastností pomocí přístroje ALAMBETA a tepelné kapacity kalorimetrem.

11.1.1 Bezdotykové měření teploty pomocí termovize

Bezdotykovým měřením a analýzou teplotních polí s infračervenou kamerou se měřil rozsah rozložení teplot povrchu lidského těla a oděvu při různých stupních fyzické zátěže dvou rozdílných vest. Porovnávala se vesta zhotovená s běžnými parametry a zpracováním a druhá vesta vybavená s PCM chladivým podšívkovým materiálem Cleamonts. Obě vesty ve třídě odolnosti IIA.

K měření byl použit přístroj **chlazený termografický systém FLIR SC6540**, snímání probíhalo v temné komoře, vzdálenost termokamery od měřeného předmětu 1,5 m. **Emisivita** byla zvolena 0,9, která vychází z tabulkových hodnot pro emisivitu textilu. Emisivita je definovaná jako poměr intenzity vyzařování reálného tělesa k intenzitě vyzařování absolutně černého tělesa se stejnou teplotou. Emisivita tak určuje schopnost tělesa vyzařovat teplo. Je to bezrozměrná veličina. Emisivita pro daný povrch není konstantní, ale je funkcí řady parametrů, např. teplotě objektu, vlnové délce, barvě povrchu, struktuře povrchu.

Podmínky měření: Teplota okolí 20 – 25 °C, normální vlhkost, 5 měřených probantek

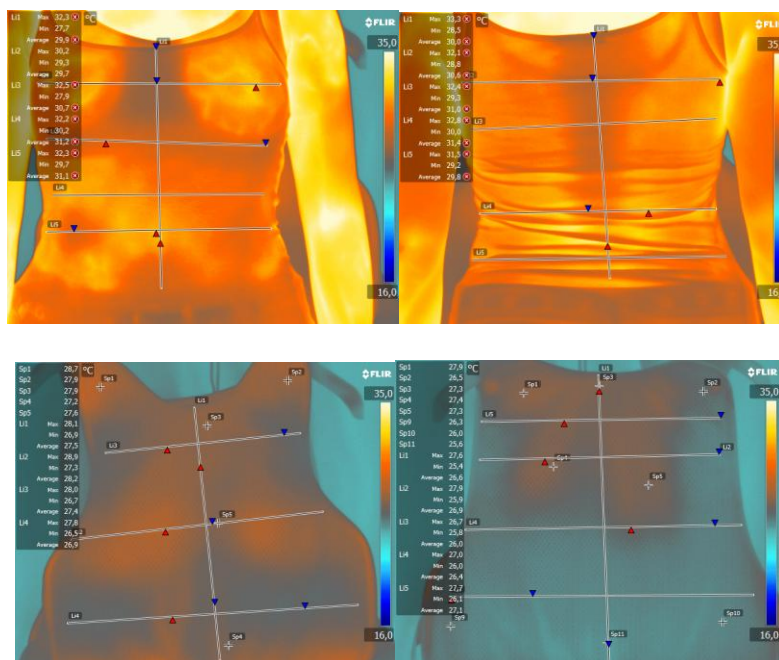


Obr 62: měřené probantky

Průběh měření

Tento typ měření není nijak normován. Byl navržen postup, kdy byla termokamerou snímána teplotní pole probantek (s vestou/bez vesty, před zátěží/po zátěži) a podšívky vest (před zátěží/po zátěži) a to v několika časových intervalech - snímání podšívky vest hned po svlečení, potom po 1 min., 5 min., 10 min). Hodnoty jsou zaznamenány v tabulce v příloze.

Pro potřeby této práce byly odečítány maximální hodnoty na stanovených liniích



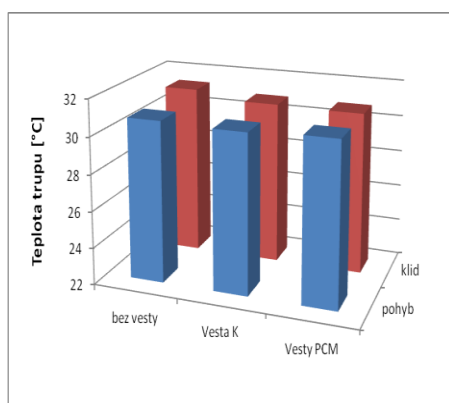
Obr. 63: Linie pro stanovení maximální teploty (trup probantky, vesta)

Hodnocení a diskuze

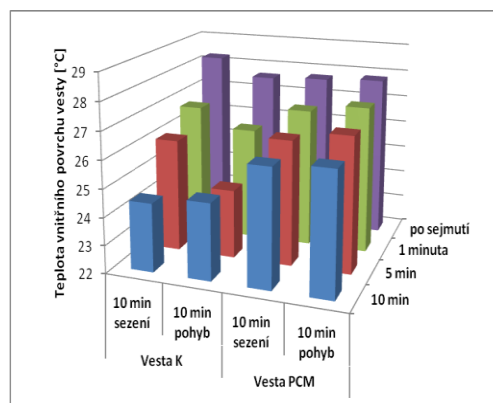
Při vyhodnocování tohoto experimentu byla konstatována řada problémů k řešení doporučení pro další postup. Byly hodnoceny maximální teploty, jak je pro porovnání ukázáno v grafech na obr..

Pro stanovení trendů a další doporučení je nutno uvést:

- teplota vnitřní strany vesty před oblečením byla 18,3°C.
- teplota trupu ve stabilizovaném stavu byla 30,8°C.



Obr.64: Teplota trupu



Obr.65: Teplota vnitřní strany vesty

Lze konstatovat, že:

- **teplota trupu** oblečením vesty a jejím nošením (v klidovém režimu, tj. sezení, stání) po dobu 10 minut vede k mírnému snížení tělesné teploty. Patrně se jedná o vyrovnání tělesné teploty a teploty vesty); typ vesty (resp. PCM podšívka) nemá vliv na míru zahřátí trupu (po dobu 10 minut); intenzivní pohyb (10 minut přeskoky přes švihadlo) nemá vliv na míru zahřátí trupu.
- byla snímána **teplota vesty** (vnitřní strany), která byla svlečena po 10 minutách sezení, a dále po 10 minutách intenzivní aktivity. Teplota byla snímána okamžitě, dále po 1, 5 a 10 minutách. Zde se jeví trend rychlejšího chladnutí vesty s konvenčí podšívkou (a to jak po klidové, tak aktivní fázi).

Pro dokonalejší zhodnocení termoregulačního efektu funkční podšívky Cleamonts by bylo lépe zaměřit se na jednu probantku a testovat vestu v delších časových intervalech. V proběhlých měřeních totiž jednotlivé probantky měly odlišnou regulaci své vlastní teploty při pohybu i v klidovém stavu, a proto metoda vykazovala nejasnosti pro vyhodnocování.

Další možností by bylo hodnocení rozložení telotních polí, ale bylo by nutno zaručit použití stejného typu spodního oděvu, případně současné snímání vlhkosti.

11.1.2 Měření tepelně izolačních vlastností

Toto měření je koncipováno jako orientační pro bližší seznámení s materiálem a metodikami zkoumání tepelně izolačních vlastností. Měření bylo v první fázi provedeno na přístroji ALAMBETA, pro porovnání samotného funkčního materiálu s ostatními běžnými materiály užívaných jako podšívkoviny. Protože se jednalo o orientační měření, bylo proměřeno jen 5 vzorků každého materiálu, je porovnání provedeno pouze aritmetickým průměrem. Naměřené hodnoty jsou charakterizovány níže popsanými veličinami.

Tepelná vodivost λ , jednotka $[\text{WK m}^{-1}]$ je schopnost materiálu vést teplo. Představuje rychlost, s jakou se teplo šíří z jedné zahřáté části do jiných (o rozdílu 1K). Je charakterizována **součinitelem tepelné vodivosti**. S rostoucí teplotou teplotní vodivost klesá. Materiály, které mají vysokou hodnotu, se označují jako vodiče, materiály s nízkou hodnotou jako izolátory. Vyšší průměr vláken a tloušťka materiálu tepelnou vodivost zvyšují.

Měrná teplotní vodivost, jednotka $[\text{m}^2\text{S}/10^{-6}]$ vyjadřuje schopnost látky vyrovnávat teplotu. Čím je hodnota větší, tím látka rychleji vyrovnává teplotu.

Plošný odpor vedení tepla r , jednotka $[W^{-1}K m^2 / 10^{-3}]$ je dán poměrem tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti. Udává, jaký odpor klade materiál proti průchodu tepla textilií. Čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor. Vysoký tepelný odpor a nízká tepelná vodivost charakterizují kvalitní tepelnou izolaci.

Hodnocení a diskuze

Tabulka 11: Tepelné vlastnosti různých typů podšívek

Porovnávaný materiál	$\lambda [WK m^{-1}]$	$a [m^2S]$	$r [W^{-1}K m^2]$	$h [mm]$
Cleamonts (PCM)	39×10^{-3}	98×10^{-6}	$10,2 \times 10^{-3}$	0,41
PES ryps	48×10^{-3}	56×10^{-6}	$6,2 \times 10^{-3}$	0,40
PES Podšívka	24×10^{-3}	135×10^{-6}	$3,3 \times 10^{-3}$	0,08
Hedvábí	25×10^{-3}	38×10^{-6}	$3,8 \times 10^{-3}$	0,09

h = tloušťka materiálu v [mm]

Nejvyšší tepelnou vodivost měl materiál PES ryps a Cleamonts (PCM), další jemné splývavé podšívky měly tepelnou vodivost menší o více jak desítku jednotek, což patrně souvisí s tloušťkou materiálu. Tloušťka materiálu ovlivňuje i další charakteristiky a tuto zkoušku bylo rozhodnuto dále v rámci této práce nerozvíjet.

Jako další měření bylo provedeno u vybraného materiálu PCM měření **tepelné kapacity** (na přístroji KALORIMETR.) Tepelná kapacita je fyzikální veličina, která vyjadřuje množství tepla, kterým se těleso ohřeje o 1° (kelvin). Tepelná kapacita materiálu Cleamonts je $399 Jkg^{-1}K^{-1}$. V porovnání s vodou, která má tepelnou kapacitu $4189 Jkg^{-1}K^{-1}$ má Cleamonts více než desetinásobně nižší kapacitu, čili přijímá teplo okamžitě. Tím je splněn předpoklad funkce termoregulace.

11.2 Inovace pro oděvní kamufláž

Z hlediska této práce je další důležitou inovací diplomatické vesty oděvní kamufláž. Je zjevné, že na světě existuje v současné době jediná firma, která se zabývá oděvním zpracováním neprůstřelných oděvů se zaručenou kvalitou. Jedná se o firmu v Columbi, kterou jsem požádala o konzultace poté, co mne ujistili, že mají konstrukce bez záševků. Inovativní pro kamufláž je, že by balistická vložka, která je vyjmutelná, mohla mít několik oděvních kamufláží. Tím by se stal neprůstřelný oděv více variabilní a do jisté míry výhodný pro uživatele, protože podle situace by si žena mohla jen vyměnit balistiku do jiného oděvu. Mohly by vznikat i celé oděvní kolekce, které by podtrhovaly a chránily ženskou krásu. Takže by si mohly dovolit vestu všechny ženy, které se cítí být v ohrožení.

Vznikla kolekce, kde se snažím objevit českou identitu a nacházím jí v mentalitě oblékání První republiky. Oděv první republiky byl autentický svou střídmostí a kvalitním vypracováním s detaily. Kolekce je vytvořena jako elegantní pret-a-porte řada s doplňky, které by mohly být do budoucna také balisticky funkční nebo odolné proti prořezům nebo ožehu. Dalším cílem je sblížení techniky s designem v harmonickou jednotku.

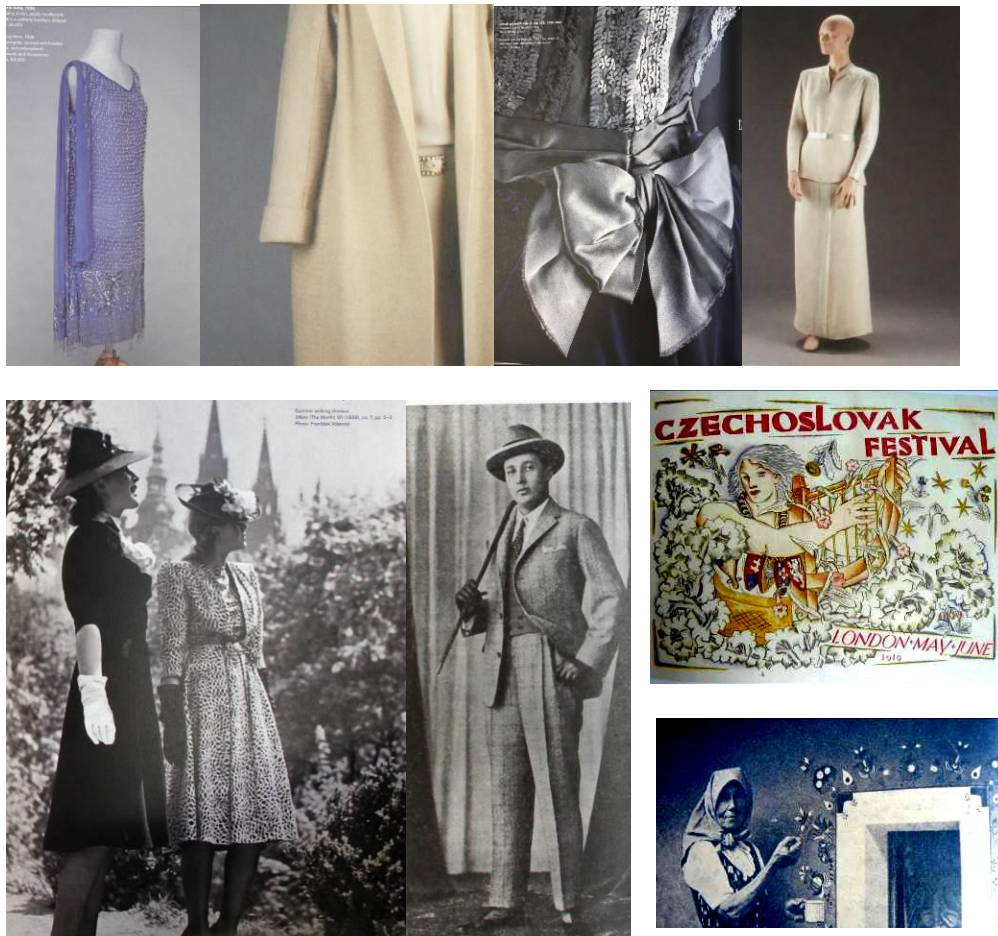
11.2.1 Inspirace

Hledání národní (České) identity v odívání. Tvarová inspirace hledá českou identitu v globalizovaném světě. V módním světě si každý národ uchovává jistou identitu odívání. Především Francie, Itálie, ale také Německo, Polsko a další. České módě se zatím nedaří vystoupit na světové scéně jako identická rozpoznatelná oblast.

Pokud si ve slovníku vyhledáme pojem identita, nalezneme jako vysvětlení totožnost nebo úplnou shodu. Jedná se tak o náš otisk, kdo jsme a kým jsme. (Identita) „*Je často chápána jako vědomí svébytné totožnosti, jako soulad projevů chování a jednání člověka s jeho totožností (tohle chování patří k tobě) nebo jako ztotožnění se s někým jiným, se skupinou, ideou (tyto názory, hodnoty, jednání jsou mi vlastní). Také je zároveň chápána jako lidská základní potřeba. Kdo identitu nemá, přirozeně ji hledá. Pocit identity dodává pocit bezpečí, seberealizace apod.*“ [53]

Identita nemusí zahrnovat jen naši vlastní totožnost a projev chování, ale může jít i o identitu celých skupin, které se nevylučují s naší osobní identitou, ale jde spíše o vrstvy, které se k té naší, osobní a pro nás přirozeně nejdůležitější přidávají a dotváří tak postupně o nás stále ucelenější obraz. U ovládaných národů (jako i český) je těžké hledat jasné znaky

národní identity. Jedná se spíš o krajové nebo místní identity (Moravan, Pražák). Českou identitu ve zkratce vidím v povaze, že národ vyvíší jedince jako vzor, potom ho velmi často zničí a následně jeho děti nebo osobnost samotnou po smrti opět vyzvedávají. Bylo tomu tak například u dcery Havlíčka Borovského. Dalším jiným znakem české identity je shlížení se a idealizování si období první republiky jako nejsilnějšího a nejšťastnějšího období. Jedná se o úžasné módní salony, z nichž jmenujme například salon Heleny Podolské, která oblékala filmové herečky. Oděvy první republiky se vyznačovaly nenápadností, ovšem s výjimečným smyslem pro detail a luxusním vypracováním. Vytvořená kolekce oděvů je tedy diskrétní černé diplomatické barvy s doplněnými detaily pro všechny ženy na celém světě.



Obr. 66: inspirační koláž

Všechny modely mohou být zhotoveny v různých barvách, protože barvy působí na každého, lze jimi do jisté míry ovlivnit atmosféru i pocity. Pro kolekci a konkrétně pro vybrané modely jsou barevné varianty číslované podle Pantone řady. Jsou vytvořeny trendové linie barevných linií. Jde o Ruby line, červené odstíny modelů; Black line, černé odstíny modelů; Blue line, modré odstíny modelů.

Psychologie černé a šedé barvy v odívání

Jedná se o doplňkové barvy. Černá je znamením příležitostné elegance. Černé šaty si oblékáme především při oficiálních příležitostech, nebo pokud chceme vyjádřit formálnost, oficiálnost, tajemnost a eleganci. Šedá, antracitová značí neutralitu. Antracitové oděvy jsou daleko přístupnější a přátelštější než černá barva. Může se využít zvláště ve dnech, kdy potřebujeme, aby se nám lidi otevřeli. Šedá se může libovolně kombinovat s jakoukoliv barvou.

Psychologie modré barvy v odívání

Modrá a její odstíny značí důstojnost a důvěru. Modrá barva je synonymem klidu, spolehlivosti a důstojnosti. Modrý oděv je vhodný pro příležitost prvního představení.

Psychologie červených odstínů v odívání

Červená je znamením rozhodnosti, sebejistoty a vzrušení. Tomu, kdo ji nosí, propůjčuje tato barva energii a je nejúčinnějším prostředkem k získání pozornosti opačného pohlaví. Fialová barva je působivá, vznešená, éterická barva, podněcující vitalitu, symbolizující vzrušení, vášně a motivaci.

11.2.2 Popis modelů a jejich technické parametry

Z celé kolekce návrhů byly vybrány pro názornost variability kamufláže pro jednu balistickou vložku tři modely. Model 1 kabát, Model 2 vesta se sukní, Model 3 šaty. Barevné možnosti, použitý materiál a další technické parametry jsou popsány níže.



BAREVNÉ VARIANTY MODELŮ_BARVY PANTONE

Ruby line

Black line

Blue line

Pantone 169

Pantone 420

Pantone 300

Pantone 1789

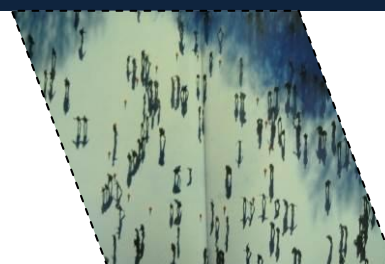
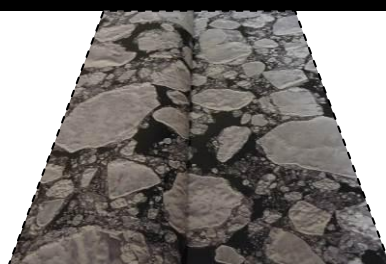
Pantone 424

Pantone 3155



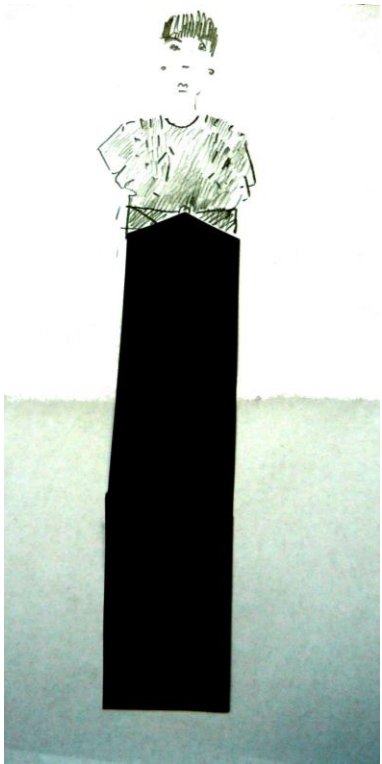
Pantone 187

Pantone 412

Pantone 2965

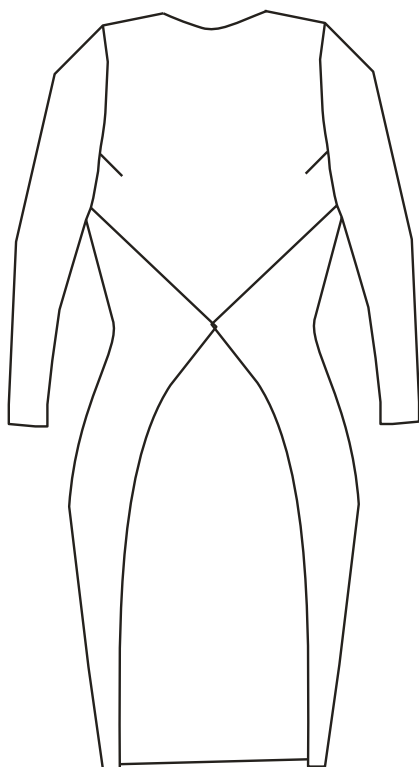


Použitý materiál pro diplomatickou vestu kamuflující oděv byly vybrány materiály vhodné pro nošení několika kilových vložek a zároveň materiály příjemné na omak pro nošení.

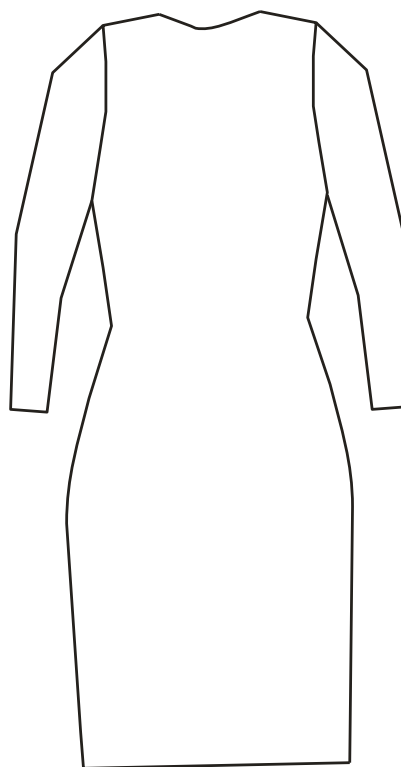
		
<p>Model 1</p>	<p>Model 2</p>	<p>Model 3</p>
<p>Vrchový materiál vlněný krul s jemným vzorem lomeného kepru (80% Wool, 20% PA)</p>	<p>Vrchový materiál počesaná oblekovka (70% PES, 30% VS)</p>	<p>Vrchový materiál šatovka se zesíleným útkem (100% Ba)</p>
<p>Podšívka rongo (100% PES)</p>	<p>Podšívka krajkovina a Cleamonts</p>	
	<p>Doplňkový materiál šifon s vytvořeným plisé</p>	

Model 1

Technický nákres PD



Technický nákres ZD

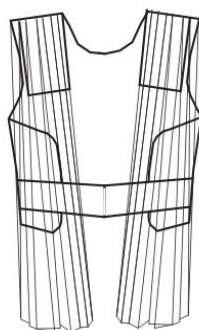
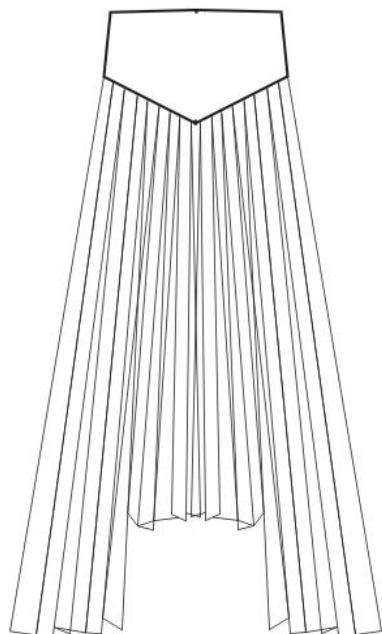


Přední díl kabátu je samostatně vypracovaný díl s podšívkou. Boční kraje nejsou spojeny montážním švem se zadním dílem. Přední díl se zadním dílem je spojen v nárameníci. Přední díl má vypracovaný prsní zásevek. Podšívka je u kabátu vypracována s otvorem se suchým zipem pro vkládání balistické vložky. Podšívka je vypracována celotrupovým podšíváním.

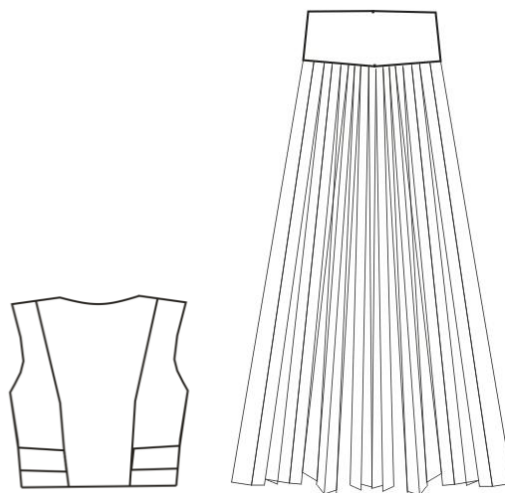
Zadní díl kabátu je samostatně vypracovaný díl s přesahem bočního okraje do předního dílu. Prodloužený zadní díl tvoří zapínání kabátu na předním díle. Možnost zapínání může být zapínání na suchý zip, zavazování na stuhu nebo nýtovací knoflíky popřípadě plastovou sponou. Zadní díl podšívky vypracován s otvorem se suchým zipem pro vkládání balistické vložky.

Model 2

Technický nákres PD



Technický nákres ZD



Přední díl vesty je vypracován samostatně s podšívkou. Na náramenicovém dílu našitém na zadní náramenici je všit plisovaný díl, který volně směřuje přes celou délku předního dílu. Tvoří variabilní doplněk oděvu, který může sloužit jako šál přes krk nebo se může přehodit do zadního dílu. Zapínání je řešeno vypracovaným pružným páskem směřující ze členícího švu zadního dílu do předního. Přední a zadní díl se spojuje suchým zipem v místě náramenice. Podšívka předního i zadního dílu je zpevněna podlepením krajkoviny. V místech středu dílu je umístěn termoregulační materiál. Podšívka má vypracované zapínání se suchým zipem pro vkládání balistické vložky. Podšívkování použito celotrupové.

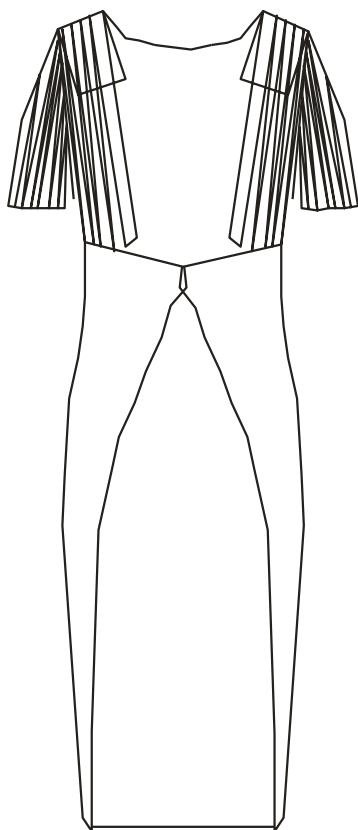
Přední díl sukně má zachovanou pasovou linii zapravenou podsádkou a délka sukně je 90 cm od pasu. Plisé sukně je vytvořeno ze dvou délek 80 cm délky a ve středu 70 cm. Plisé materiál je vsazen do tvarovaného dílu. Boční okraj je vypracován skrytým zdrhovadlem

Zadní díl vesty s délkou do pasu je členěn bočním dílem. Ve švu je zasazen pásek, který směřuje jako zapínání celé vesty do předního dílu. Zapínání pásku je na suchý zip. Vočnice zadního dílu se můžou překrývat přes přední díl nebo pod přední díl. Zadní díl je vypracován s podšívkou celotrupovým podšívkováním. Na podšívce je otvor pro vsazování balistické vložky. Do náramenic zadního dílu je našit prodloužený díl náramenice se všitým plisovaným dílem.

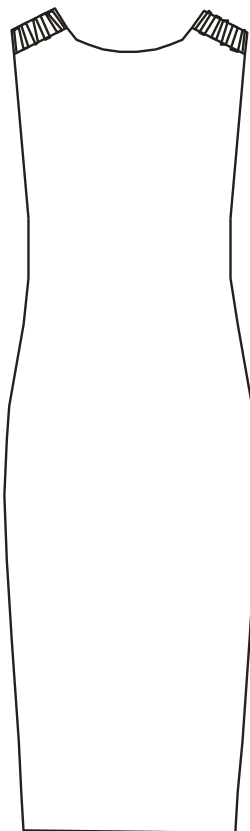
Zadní díl sukně má zachovanou pasovou linii zapravenou podsádkou a délka sukně je 90 cm od pasu. Zadní a přední díl je vypracován

Model 3

Technický nákres PD



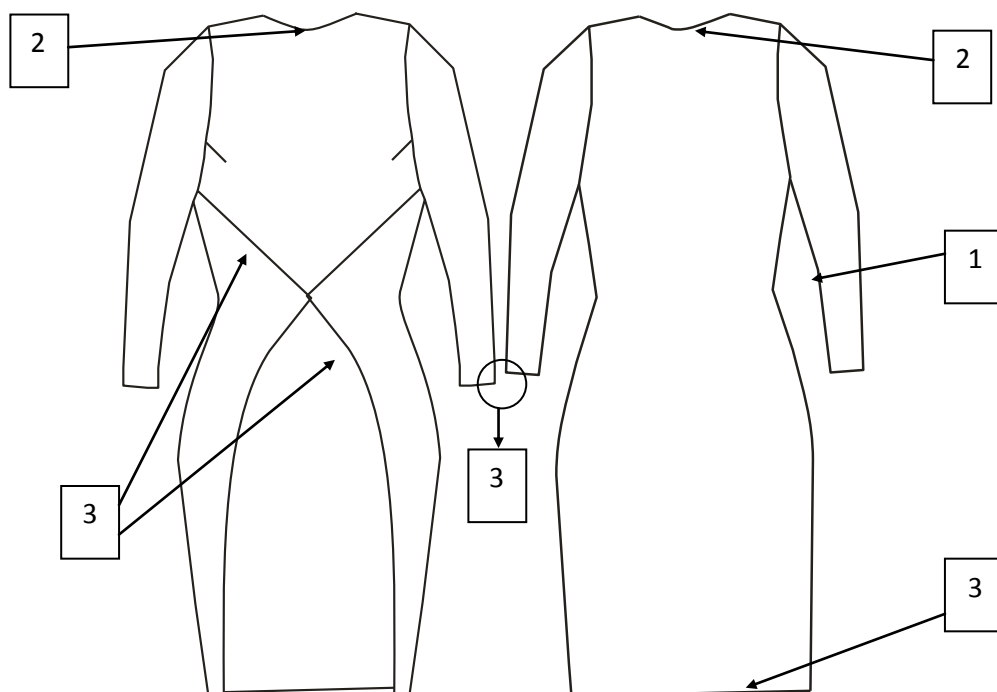
Technický nákres ZD






Přední díl šatů je samostatně podšit a vypracován bez sešití se zadním dílem. Přední díl má odšitý prsní záševek podle balistické konstrukce. Délka podšívky končí v pasové přímce, kde je upevněna prošitím se šaty. Podšívka předního i zadního dílu je zpevněna podlepením krajkoviny. V místech středu dílu je umístěn termoregulační materiál. Podšívka má vypracované zapínání se suchým zipem pro vkládání balistické vložky. Zapravení průkrčníku a průranků je zajištěno podšívkou. Okraje sukňe šatů jsou zapraveny obrubovacím švem.

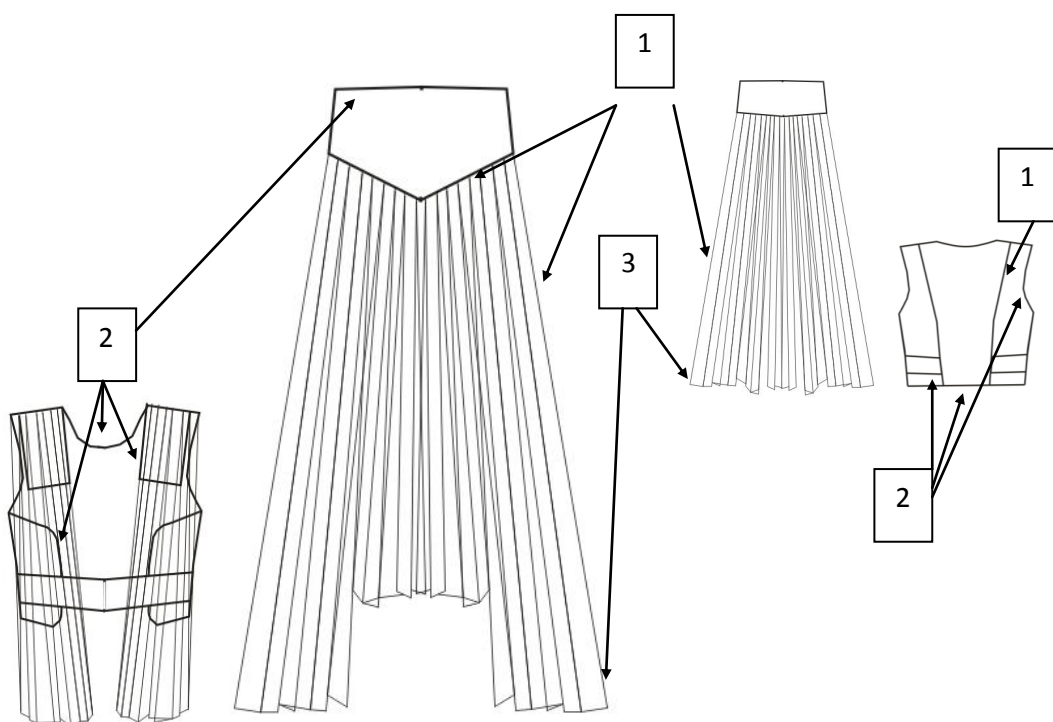
Zadní díl šatů je vypracován samostatně s podšívkou. Okraje šatů přední středové linie směřují do předního dílu, kde se v pasové linii zapínají. Možnost zapínání je opět na potencionálním zákazníkovi. Podmínkou je, že komponent nesmí být skleněný ani kovový. Na náramenici zadního dílu je všita prodloužená náramenice předního a zadního dílu na který je všit plisé díl do přední části dílu. Tvoří tak rukáv na předním díle. Při sešívání dílů náramenice a prodloužené náramenice je vsazen další plizovaný díl, který volně splývá do předního dílu. Okraje a podšívka je vypracována stejně jako přední díl.




Grafická analýza stehů a švů Modelu 1



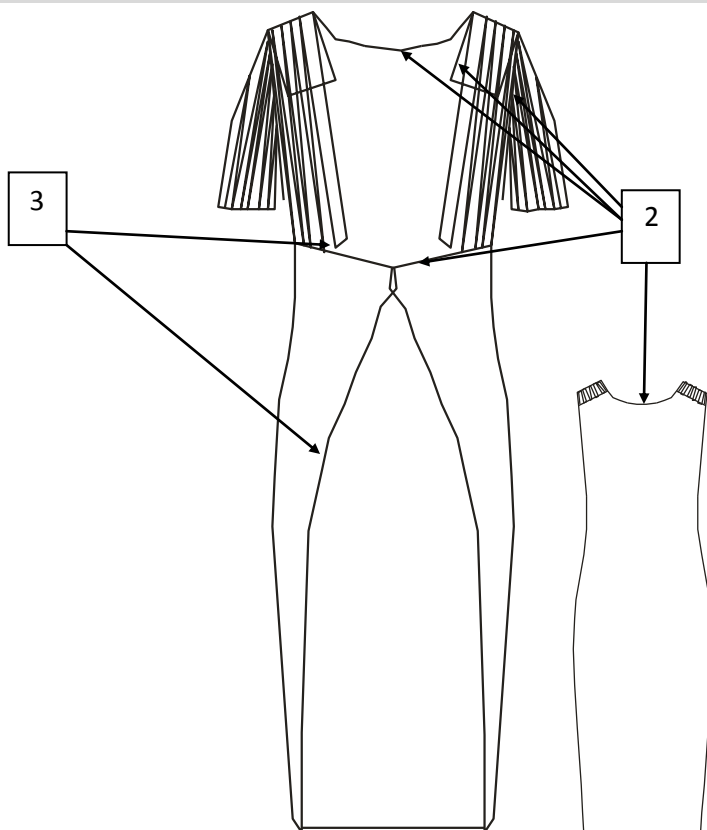
Model 1	Umístění švů	ISO třída švu	Šev průřez	ISO třída stehu průřez
1	Rozžehlený hřbetový šev	Hřbetový 3.01.00	LS 	Dvounitný vázaný 300
2	Zapravení okrajů Prošití šv. z. z LS podsádky	Hřbetový 3.02.00	LS 	
3	Sežehlený hřbetový šev	Hřbetový 3.01.00	LS 	
Technická příprava, použitá technika				
nit	PES hedvábí 60 tex			
výztuž	vlizelín tkanina			
Šicí stroj	SINGER Promise™ 1409, jednojehlový stroj s kovovým rámem			
Žehlička	domácí parní žehlička PHILIPS, Mistral 44			

Grafická analýza stehů a švů Modelu 2



Model 1	Umístění švů	ISO třída švu	Šev průřez	ISO třída stehu průřez
1	Rozžhlený hřbetový šev	Hřbetový 3.01.00	LS 	Dvounitný vázaný 300
2	Zapravení okrajů podsádkou. Prošití šv. z. z LS podsádky	Hřbetový 3.02.00	LS 	
3	Zapravení okrajů	Obrubovací 6.03.00	LS 	
Technická příprava, použitá technika				
nit	PES hedvábí 60 tex			
výztuž	vlizelín netkaná textilie			
Šicí stroj	SINGER Promise™ 1409, jednojehlový stroj s kovovým rámem			
Žehlička	domácí parní žehlička PHILIPS, Mistral 44			

Grafická analýza stehů a švů Modelu 3



Model 1	Umístění švů	ISO třída švu	Šev průřez	ISO třída stehu průřez
1	Rozžhlený hřbetový šev	Hřbetový 3.01.00	LS 	Dvounitný vázaný 300
2	Zapravení okrajů Prošití šv. z. z LS podsádky	Hřbetový 3.02.00	LS 	
3	Zapravení okrajů	Obrubovací 6.03.00	LS 	
Technická příprava, použitá technika				
nit	PES hedvábí 60 tex			
výztuž	vlizelín netkaná textilie, lepidlo tavný proužek PETEX			
Šicí stroj	SINGER Promise™ 1409, jednojehlový stroj s kovovým rámem			
Žehlička	domácí parní žehlička PHILIPS, Mistral 44			



MODEL 1



MODEL 2



MODEL 3

Celková konstrukce a technologie pro tvorbu kamufláže je zaměřena pro co nejsnadnější zpracování, aby výroba nebyla příliš drahá. Celková konstrukce neprůstředných oděvů neumožňuje vytvářet vypasované a složité konstrukční tvarování, proto už návrhy vznikaly s ohledem na tvarové omezení. Konstrukce pro oděvní kamufláž vyšla ze základní balistické konstrukce. Modelování stříhů a realizace navazuje podle navržených modelů.

12 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce je návrh oděvní konstrukce neprůstřelných diplomatických vest pro ženy. Sekundárním úkolem této diplomové práce je navrhnout maskování balistické ochrany.

Pro vyhotovení konstrukce a prvních prototypů bylo zapotřebí vybrat vhodný materiál, spoj, vhodný počet vrstev balistického materiálu a následně je otestovat. V rešeršní části je popsána historie ochranných oděvů proti zbraním a jsou shrnuty poznatky o používaných vláknech. Parametry balistických struktur a technologie výroby balistických materiálů až po nutné parametry pro zhotovování vest tvoří důležitou část textu. V neposlední řadě je v textu popsán mechanismus balistické ochrany a popis balistické zkoušky, která se následně prováděla v experimentu.

S ohledem na technické parametry vest a konstrukce materiálů vycházejících z rešerše bylo navrženo několik oděvních konstrukcí balistické ochrany řešících vyklenutí hrudníku. Realizovaná konstrukce vesty vznikala také díky odborným konzultacím ve firmě Gared, která zároveň poskytla materiál na výrobu vzorků i prototypů balistických vložek. Realizovány byly dvě balistické vložky a jeden základní nosič pro vytvořené balistické vložky. Materiály tvořící balistickou vložku byly spojovány pro vyklenutí ženských hrudníků záševkem a členícím švem s překrytím švů 4cm po celé délce dílu. Spojování probíhalo na standardních jednohlových strojích.

Protože bylo nutno provést testování vzorků v doposud nestandardním typu švu (prsí záševek) byla zhotovena sada vzorků. Nejprve byla provedena zkouška pevnosti ve švu (konvenční i nekonvenční spojování). Výsledkem je zjištění, že pevnost ve švu je cca 4*nižší než pevnost celistvého materiálu, spojování ultrazvukem poskytuje nejnižší hodnotu tažnosti.

Dále byly připraveny balistické vzorky (32 vrstev plošné textilie – tzv. prepregu se zhotoveným švem). Tyto vzorky byly tvořeny ze tří typů vlákených materiálů (Kevlar, Dyneema, Twaron), bylo použito konvenčního způsobu spojování (2typy nití PES, kevlar) a prozkoušen byl i nekonvenční spoj – ultrazvuk. Testování balistických vrstev přineslo zajímavé závěry o vlastnostech ve švu různých materiálů a zjištění, že testovací zařízení musí projít technickou změnou. Při testování byla zjištěna nedostačující kapacita upevňujících čelistí. Jednalo se o nejmenší možnou verzi pro testování balistických vrstev podle normy NATO STANAG 2920. Pro testování vyšších odolností užitná plocha 30x30 cm

ovšem nestačí kvůli vysoké kinetické energie zbraní pro třídu odolnosti III. Pro kvalitnější vyhodnocení je lépe začínat s nižším počtem vrstev ve vzorku (třída odolnosti II.). Testové vzorky Dyneema a Twaron s rozdílnými spoji ukázaly, že konvenční spojení má velmi příbuzné vlastnosti ať už jde o spojení kevlarovou nebo PES nití. U konvenčních spojů docházelo k popraskání švů v proražených vrstvách a v posledních vrstvách vzorků. Velkým rozdílem pro funkci balistické ochrany je zvolený samotný materiál. Spojitost s pevnostmi materiálů a balistickou odolností není zřejmá. Můžeme ale říci, že snížení pevnosti ve švech nebrání balistickému vzorku ve vrstvách plnit svoji funkci neprůstřelnosti. Větší problém se jeví deformování vzorků po výstřelu, což nesouviselo se zhotovenými švy.

Protože byly firmou poskytnuty také zajímavé materiály na podšívku (PCM Cleamonts, podšívkový materiál), byl navržen a proveden experiment snímání teplotních polí termokamerou. Tento experiment byl koncipován pouze jako orientační návrh pro další měření, ale v této fázi se neprojevily žádné výhody materiálu s PCM kapsulemi.

Další část práce je věnována návržení maskování balistické ochrany tak, aby byl vyvolán dojem běžného, nebo ještě lépe elegantního modelu. Inspirací bylo hledání národní identity obecně zvláště pak hledání české identity v kultuře odívání. Jako nejúspěšnější dobu nalezení identity česků lze komplexněji spatřovat v období První republiky (originální kultura odívání, nenápadná móda s brilantně vypracovanými detaily).

Originalita vytvořených modelů je v tom, že si žena může jedinou balistickou vložku vyměnit do oděvu, který jí právě vyhovuje. To na světové scéně zatím vůbec nefunguje. Je to jednoduchý princip, který je aplikovatelný na jakýkoliv druh trupového oděvu nebo celých šatů i kabátů.

Vlastní práce je věnovaná všem ženám, které oděvy potřebují ke své činnosti k ochraně života a pro všechny ženy, co se cítí být ohrožovány.

LITERATURA

- [1] NAKAMICHI, Tomoko. *Pattern magic*. [Japan: Bunka Publishing Bureau], 2007, 99 s. ISBN 978-4-579-11170-1.
- [2] ŠIMKOVÁ, Veronika. *Statistické zpracování údajů somatometrického šetření souboru dospělých žen zaměřeného na tvorbu konstrukčních rozměrů v relaci s normou EN 13 402: The statistical data evaluation of the adult women somatometric survey focused on the construction dimensions setting in relation with the standard EN 13 402*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006, 91 s.
- [3] JANEČKA, Stanislav a Marie NEJEDLÁ. *Transformace stříhových dílů do počítače s využitím modulu pro tvorbu maker v CAD systému AccuMark: Transformation pattern parts on a computer using the module for the creation of macros in the CAD system AccuMark*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010, 35 s. Transformace stříhových dílů do počítače s využitím modulu pro tvorbu maker v CAD systému AccuMark
- [4] BRAY, Natalie, Wanda ORLOWICZ a Tadeusz ORLOWICZ. *Dress fitting: basic principles and practice*. Classic ed. Oxford: Blackwell Science, 2006, 112 s. ISBN 0-632-06499-4.
- [5] HAGGAR, Ann. *Pattern cutting for lingerie, beachwear and leisurewear*. 2nd ed. Oxford: Blackwell, 2004, 279 s. ISBN 1-4051-1858-x.
- [6] ALDRICH, Winifred. *Pattern cutting for women's tailored jackets: classic and contemporary*. 1st pub. Oxford: Blackwell, 2002, 120 s. ISBN 0-632-05467-0.
- [7] ALDRICH, Winifred a James ALDRICH. *Fabric, form and flat pattern cutting*. 2nd ed. Oxford: Blackwell, 2007, 218 s. ISBN 1-4051-3620-0.
- [8] SHIN, Kristina. *Pattemmaking for underwear desing*. [S.l.: Kristina Shin], 2010, 251 s. ISBN 978-1451511598.
- [9] LIECHTY, Elizabeth G, Della N POTTBERG a Judith RASBAND. *Fitting & pattem alteration: a multi-method approach*. 1st print. New York: Fairchild Fashion & Merchandising Group, 1992, 344 s. ISBN 0-87005-775-8.
- [10] BEAZLEY, Alison a Terry BOND. *Computer-aided pattern design and product development*. 1st ed. Oxford: Blackwell, 2003, 220 s. ISBN 1-4051-0283-7.
- [11] UCHALOVÁ, Eva, Zora DAMOVÁ a Viktor ŠLAJCHRT. *Pražské módní salony 1900-1948: Prague fashion houses 1900-1948*. V Praze: Uměleckoprůmyslové museum, c2011, 311 s. ISBN 978-80-7101-107-1.

- [12] Armadinoviny.cz: aktuální zpravodaj ze světa armádní techniky. GROHMANN, Jan. [online]. © 2012. [cit. 2014-03-01].
- [13] Pancer net forum: Ochráné prostředky v 19.století. Pancéřová ochrana pěchoty No.1 [online]. SMF © 2006–2010,.
- [14] NORTICA, Silva. Vývoj zbroje ve vrcholném středověku a raném novověku, díl III., roky 1350-1400. In: [online]. 2009 [cit. 2014-05-01].
- [15] DOBA KARLOVA: Předmět příspěvku: Podzbrojové prošívanice. In: [online]. Praha: 2291, 2008 [cit. 2014-05-01].
- [16] Samuraj. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2014 [cit. 2014-03-7].
- [17] III.Legie AGUSTA: Římské legie II. [online]. © 2008 [cit. 2014-05-01].
- [18] Curia Vitkov: Zbroj - ochranné odění. *Curia Vitkov - Dvůr velmože z 12. století* [online]. Horní Vitkov u Chrastavy: Curia Vitkov o.s., Copyright © 1999–2013 [cit. 2014-03-27].
- [19] Ve stopách předků Drakarria: části zbroje. [online]. 2007-2014 [cit. 2014-05]
- [20] OLIVE DRAB: Body Armor. [online]. Olive-Drab.com LLC., © Copyright 1998-2014, 12 October 2011 [cit. 2014-03-27].
- [21] Kevlar chemical structure. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- 2009 [cit. 2014-03-28].
- [22] Bulletproof Vest: The Manufacturing Process. [online]. Infidel Body Armor, Copyright © 2014 Advameg, Inc [cit. 2014-03-28].
- [23] *Analýza kevlarových vláken*. Liberec, 2009. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ing. Vladimír Kovačič.
- [24] *Distribuce pevnosti aramidových vláken*. Liberec, 1998. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [25] Markéta DORUŠÁKOVÁ; *Studium smáčivosti kevlaru*. Liberec, 2002. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Markéta DORUŠÁKOVÁ
- [26] *nalýza šicích schopností kevlarových nomexových šicích nití*. Liberec, 2006. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.
- [27] VONDRÁČEK, Jiří. *Komfortní vlastnosti uniforem pod neprůstřelné a taktické vesty*. Liberec, 2012. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.

- [28] <http://www.sellier-bellot.cz/cesky/>: výrobce střeliva. [online]. Vlašim [cit. 2013-04-04].
- [29] <http://www.armadinoviny.cz/unikatni-tekuty-pancir-pro-neprustrelne-vesty.html>: Unikátní tekutý pancíř pro neprůstřelné vesty [online]. [cit. 2013-04-04].
- [30] DEJL, Radim. *Vlastnosti vybraných speciálních vláken Properties of the Selected Special Fibres*. Liberec, 2010. Diplomové práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Jan Grégr.
- [31] What is Twaron. [online]. The Composites Wiki, 2014 [cit. 2014-03-28].
- [32] Innovation in textiles: Home > Fibres, Yarns & Fabrics > Twaron UD41 offers extra protection for police and military Twaron UD41 offers extra protection for police and military. [online]. United Kingdom: Nantwich [cit. 2014-05-01]
- [33] Vagus: Helma Kevlar Menthol. PILNÝ, Pavel. [online]. VagusTeam s.r.o., 2011 [cit. 2014-03-7].
- [34] *Miguel Caballero: bullet proof* [online]. Columbia, 2013 [cit. 2014-04-1].
- [35] *Týden.cz: Neprůstřelné obleky šije prezidentům krejčí z Bogoty* [online]. © 2006 EMPRESA MEDIA, a.s., 2006-2014 [cit. 2014-04-1].
- [36] *TEIJIN: Aramid paper* [online]. 2014 [cit. 2014-04-1].
- [37] *Offshore technology.com: DSM Dyneema - Lightweight Offshore Ropes* [online]. Copyright 2014 Kable, 2014 [cit. 2014-04-1].
- [38] *TEIJIN: Aramids* [online]. 2014 [cit. 2014-04-1].
- [39] *INNEGRA TECHNOLOGIES: Corporate Presentation* [online]. www.innegrates.com. Greenville, : www.innegrates.com[cit. 2014-04-2].
- [40] *Barrday: Materials and Capabilities* [online]. <http://www.barrday.com>. 2013 [cit. 2014-04-3].
- [41] *Selfridges: TUMI Tegrís* [online]. <http://www.selfridges.com>. Selfridges, 2013 [cit. 2014-04-3].
- [42] *Sewing Threads: spun Nomex®* [online]. Selfridges, 2013, Updated April 18, 2014 [cit. 2014-04-3].
- [43] [online]. <http://www.dupont.com/>. Selfridges, April 18, 2014 [cit. 2014-04-3].
- [44] *TOYOBO Ideas and chemistry: product* [online]. <http://www.toyobo-global.com>. 1996 - 2014 TOYOBO CO [cit. 2014-04-3].

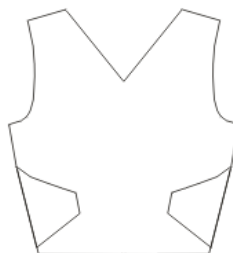
- [45] Kinetická energie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2014, 26. 4. 2014 [cit. 2014-04-27].
- [46] Dragon skin. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2014, 26. 4. 2014 [cit. 2014-04-27].
- [47] GARED s.r.o. In: *the free encyclopedia* [online]. Solnice, 2011 [cit. 2014-03-27].
- [48] Police. In: *Police* [online]. <http://www.policemag.com>. 2011 [cit. 2014-03-27]
- [49] Argon: Vesta LS-08 WOMEN ONE. In: [online]. Hradec Králov, 2013 [cit. 2014-03-27].
- [50] Rabintex: Soft Ballistic Solutions. In: [online]. <http://www.rabintex.com>. 2013 [cit. 2014-03-27].
- [52] Bullet proof bodyarmor HQ: Ladies Bullet proof Vest. In: [online]. 2013 [cit. 2014-03-27].
- [52] BPI: BPI "Neon" bullet proof vest. In: *BPI* [online]. Ballistic Proof Institute, 2009 [cit. 2014-03-27].
- [53] kulturní idetnita. *czechkid*. [online]. 24.10.2011 [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: <http://www.czechkid.cz/si1120.html>

PŘÍLOHA

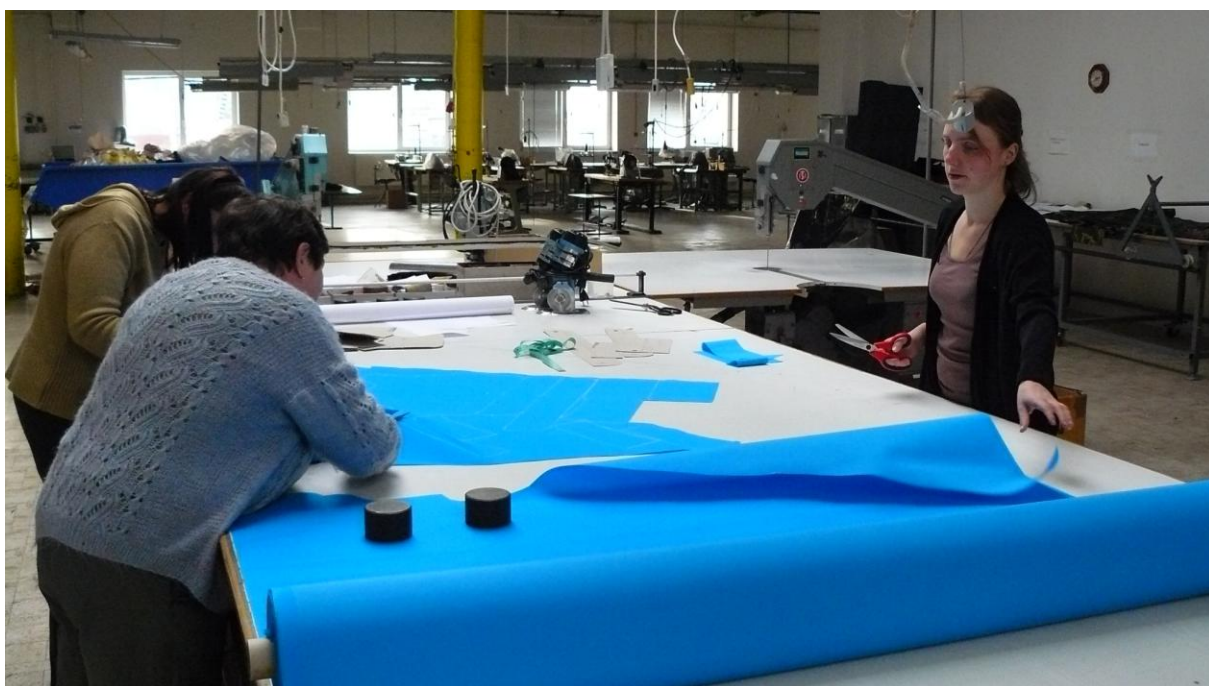
1. Vizualizace konstrukcí vest
2. Výroba balistických vložek
 3. Balistická zkouška
 4. Měření termokamerou
 5. Měření pevnosti materiálů
6. Fotodokumentace návrhů kolekce
7. Fotodokumentace zhotovených modelů

Příloha 1: Vizualizace konstrukcí vest nevybrané technické nákresy pro konstrukce vesty

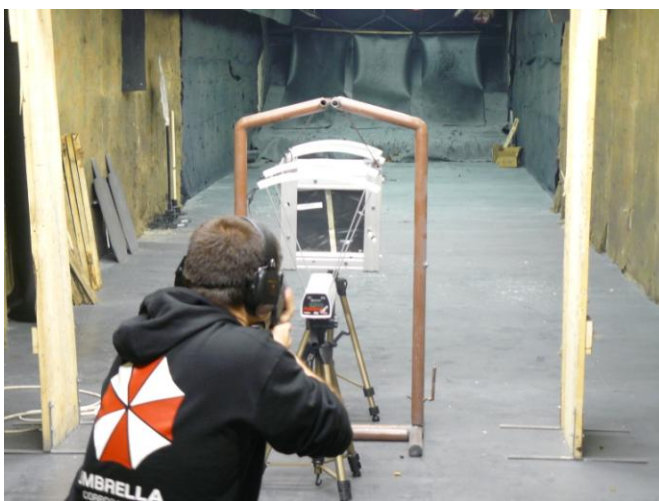
Technické nákresy předních dílů navržených pro realizaci



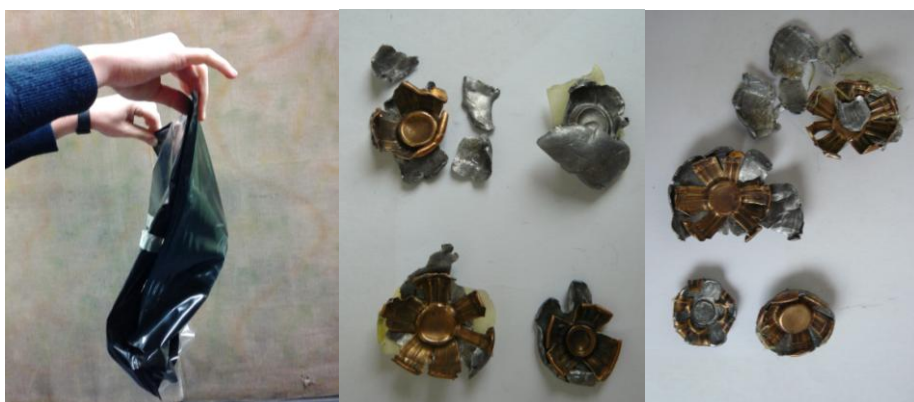
Příloha 2: Obrazová dokumentace – výroba balistických vložek



Příloha 3: Obrazová dokumentace – balistická zkouška

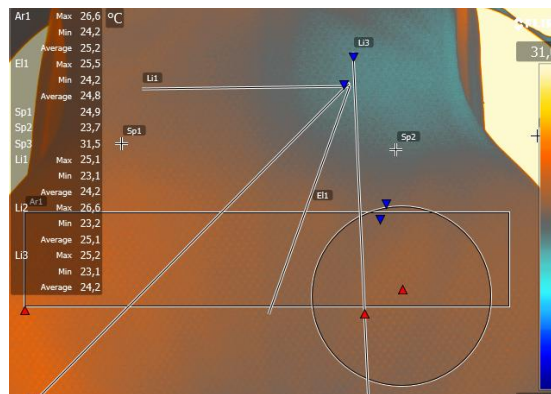


Střelna Army Arms, testovací zařízení (hradla Competition Electronics Pro Chrono Digital měřidla rychlosti střely) a rám se vzorkem.

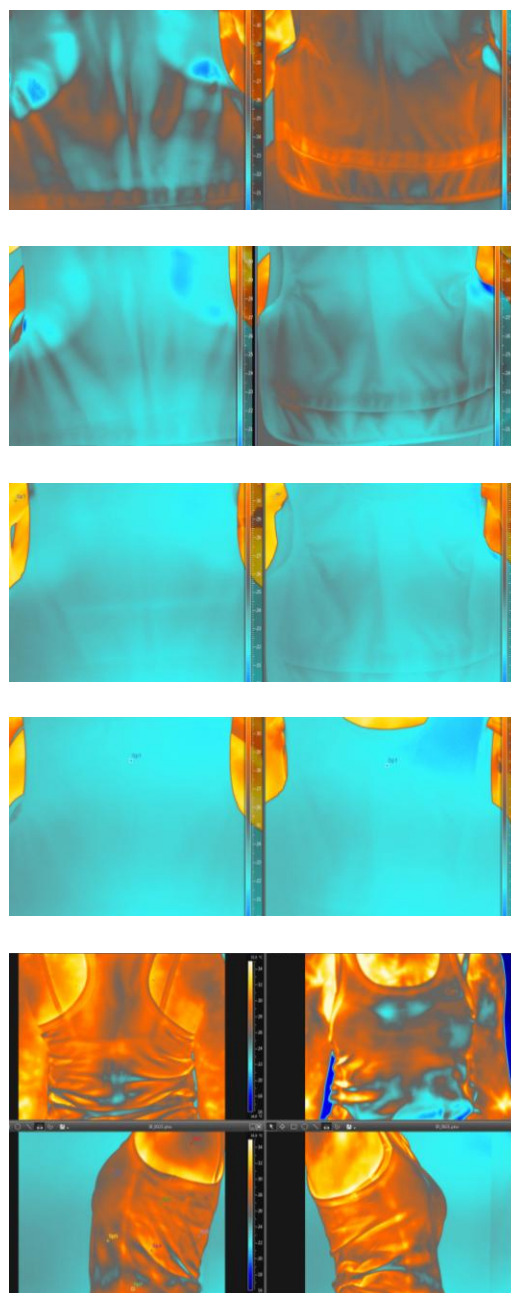
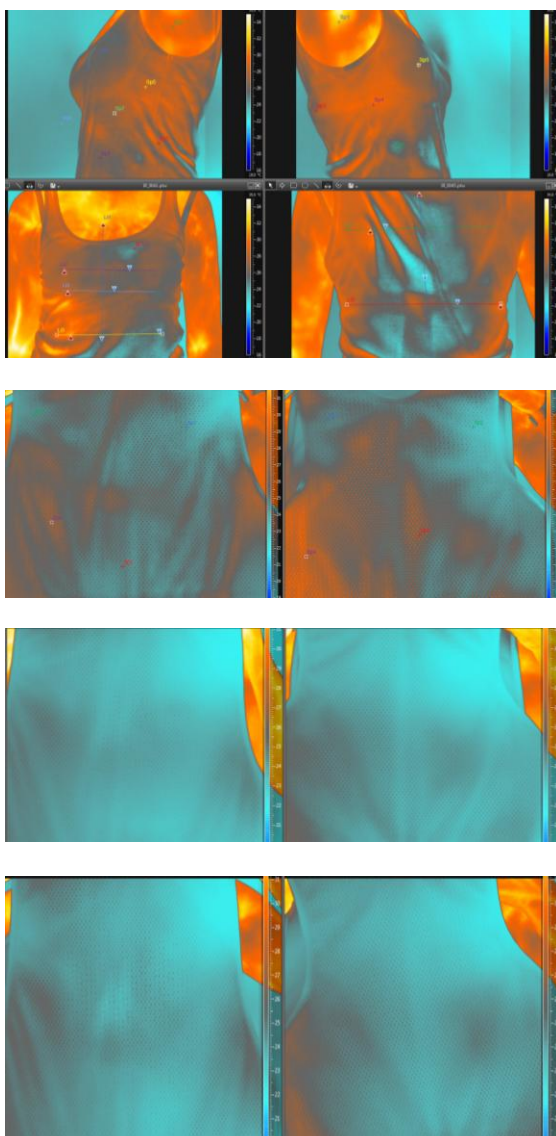


Balistický vzorek z Dyneemy po střelbě, deformace střely dvouplášťové první i druhé testování

Příloha 4: Obrazová dokumentace – testování termokamerou



chlazený termografický systém FLIR SC6540, ukázka analyzování teplotních polí



V pravém sloupci snímky probanda 1 a vesta klasická po tělesné zátěži a chlazení vesty hned, 1. min 5. min 10. min

V levém sloupci probanda 1 a vesta s Cleamonts po tělesné zátěži a chlazení vesty 1. min 5. min 10. min

Příloha 5: Měření pevnosti materiálů

VZOREK	Materiál vlákno	Plošná hmotnost vrstvy	Typ vrstvy	Počet vrstev	Spojování	Šicí nit	E [MPa]	Prodloužení [%]	F max. [N]	W [J]
1	Dyneema	172 g/m ²	prepreg	1	Bez spoje	-	6722,5	2,78	1686,01	17,08
					U		1319,69	0,84	261	0,24
					K	PES	214,83	11,7	247,34	4,73
						Kevlar	386,69	23,42	272,93	12,12
				3	Bez spoje	-	1991,26	2,27	2120,06	5,64
					U	-	630,75	1,25	490,4	0,34
					K	PES	516,07	0,82	559,26	1,22
						Kevlar	342,78	2,3	449,25	0,63
2	Kevlar	384 g/m ²	tkanina ve folii	1	Bez spoje		959,75	6,48	4714,79	42,21
					K	PES	435,42	2,44	510,6	1,1
						Kevlar	287,45	1,98	365,91	0,52
3	Twaron UD 22	278,8 g/m ²	prepreg	1	Bez spoje	-	1641,38	3,05	2175,62	18,72
					K	PES	83,25	28,34	171,88	7,97
						Kevlar	61,05	25,91	153,37	6,55
				3	Bez spoje	-	1934,35	2,91	2661,62	9,4
					K	PES	311,3	4,3	455,65	1,93
						Kevlar	218,72	4,46	544,83	2,28

Bez spoje	Typ vzorku	E [MPa]	Prodloužení max [%]	Fmax [N]	W [J]
UD	1vrstva	1641,38	3,05	2175,62	18,72
Dyneema		6722,5	2,78	1686,01	17,08
Kevlar folie		959,75	6,48	4714,79	42,21
Bez spoje	Typ vzorku	E [MPa]	Prodloužení [%] max	Fmax	W [J]
UD	3 vrstvy	1934,35	2,91	2661,62	9,4
Dyneema		1991,26	2,27	2120,06	5,64

PES šev	Typ vzorku	E [MPa]	Prodloužení [%] max	Fmax	W [J]
UD	1 vrstva	83,25	28,34	171,88	7,97
Dyneema		214,83	11,7	247,34	4,73
Kevlar folie		435,42	2,44	510,6	1,1

Šev PES	Typ vzorku	E [MPa]	Prodloužení [%] max	Fmax [N]	W [J]
UD	3 vrstvy	311,3	4,3	455,65	1,93
Dyneema		516,07	0,82	559,26	1,22

Šev Kevlar	Typ vzorku	E [MPa]	Prodloužení [%] max	Fmax	W [J]
UD	1 vrstva	61,05	25,91	153,37	6,55
Dyneema		386,69	23,42	272,93	12,12
Kevlar folie		287,45	1,98	365,91	0,52

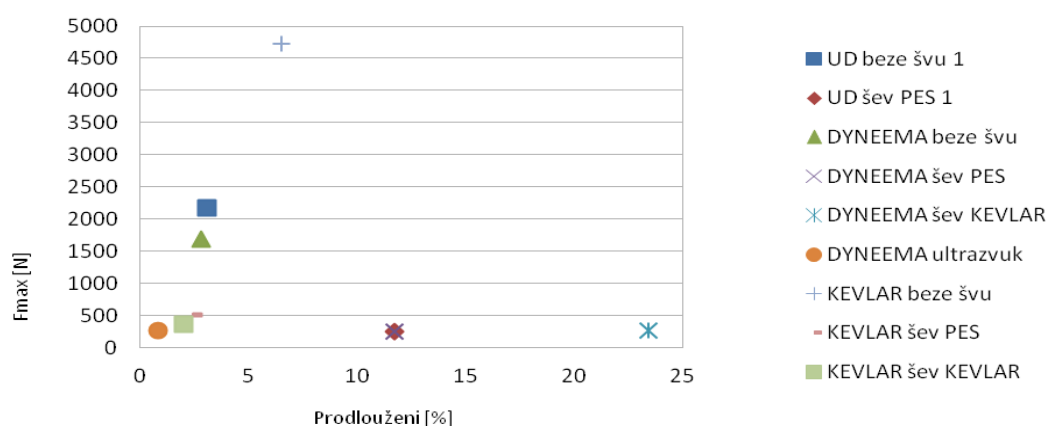
Šev kevlar	Typ vzorku	E [MPa]	Prodloužení [%] max	Fmax	W [J]
UD	3 vrstvy	218,72	4,46	544,83	2,28
Dyneema		342,78	2,3	449,25	0,63

Vzorek	Zpracování	Vrstvy	E [MPa]	Prodloužení [%] max	Fmax	W [J]
UD 22	Šev kevlar	1	61,05	25,91	153,37	6,55
UD 22	Šev PES		83,25	28,34	171,88	7,97
Dyneema	Šev ultrazvuk		1319,69	0,84	261	0,24
Dyneema	Šev PES		214,83	11,7	247,34	4,73
Dyneema	Šev kevlar		386,69	23,42	272,93	12,12
Kevlar ve folii	Šev PES		435,42	2,44	510,6	1,1
Kevlar ve folii	Šev kevlar		287,45	1,98	365,91	0,52

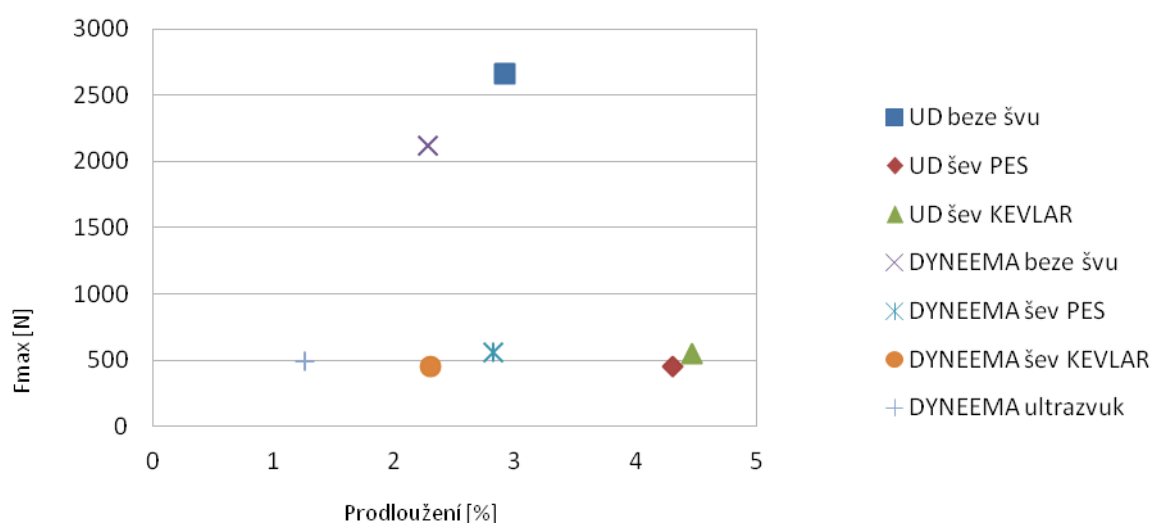
Vzorek	Zpracování	Vrstvy	E [MPa]	Prodloužení [%] max	Fmax	W [J]
UD 22	Šev kevlar	3	218,72	4,46	544,83	2,28
UD 22	Šev PES		311,3	4,3	455,65	1,93
Dyneema	Šev ultrazvuk		630,75	1,25	490,4	0,34
Dyneema	Šev PES		516,07	0,82	559,26	1,22
Dyneema	Šev kevlar		342,78	2,3	449,25	0,63

Bez spoje	Typ vzorku	E [MPa]	Prodloužení [%] max	Fmax	W [J]
UD 22	1vrstva	1641,38	3,05	2175,62	18,72
UD 22	3vrstvy	1934,35	2,91	2661,62	9,4
Dyneema	1vrstva	6722,5	2,78	1686,01	17,08
Dyneema	3vrstvy	1991,26	2,27	2120,06	5,64
Kevlar ve folii	1 vrstva	959,75	6,48	4714,79	42,21

1 vrstva Dyneema, Kevlar UD, Kevlar ve folii

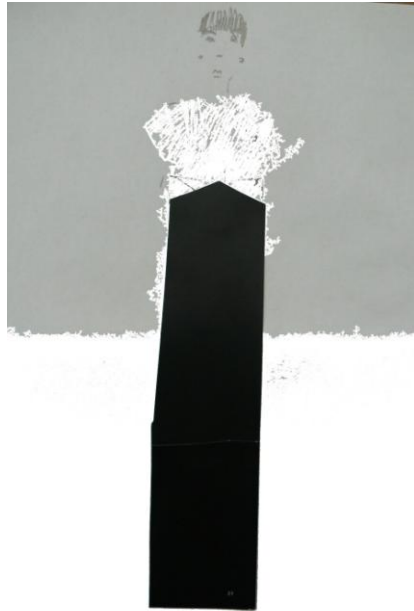
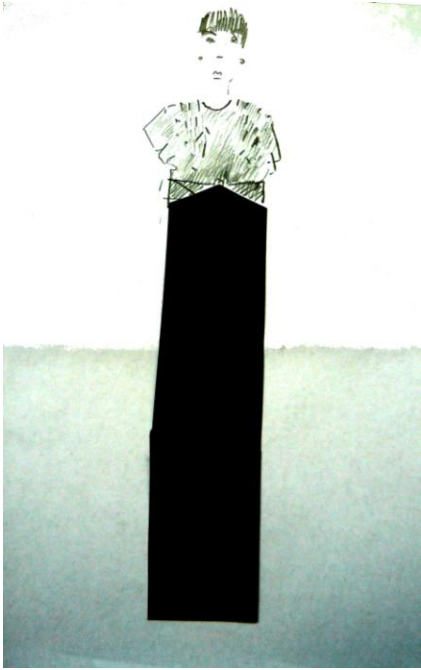


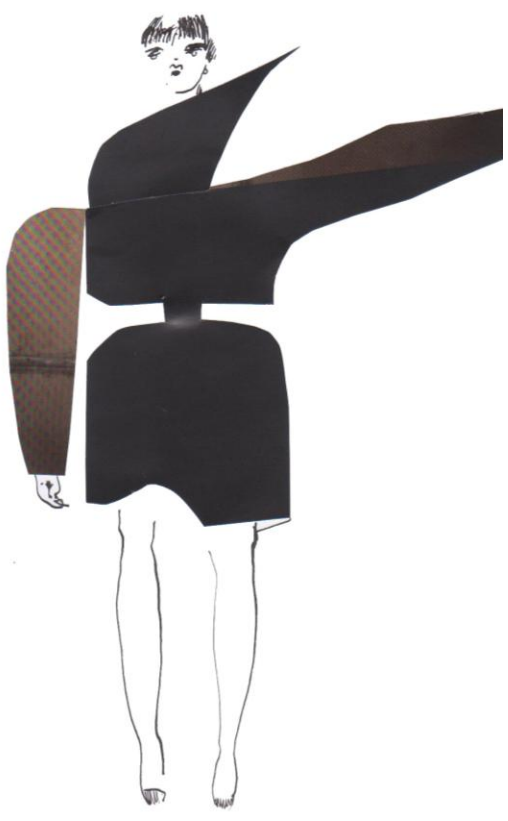
3 vrstvy Dyneema a Kevlar UD



Příloha 6: Fotodokumentace návrhů kolekce







Příloha 7: Fotodokumentace zhotovených modelů









