

Text přednášky „**Nové trendy v balistické ochraně**“ pro LEX Brno 17.02. 2012
v 18h prostory střelnice TRIGGER Brno.

1. **Historie ochranných prostředků jednotlivce od středověku po současnost**
2. **Balistické materiály, co dělá balistický materiál tak odolným, typy materiálů srovnání**
3. **Současné trendy v balistické ochraně co se používá v ČR a ve světě, typy vest a dalších ochranných prvků, kompozitní materiály pancíře,**
4. **Mezinárodní normy a jejich užití, srovnání Česko a zahraničí**
5. **Budoucnost a předpoklad dalšího vývoje balistických ochranných, např. nový typ balistické přílby vývoj, Dragon skin atd.**
6. **Závěr-diskuze, ukázky již testovaných materiálů**
7. **Praktická část, střelení do balistické vložky z Kevlaru, a střelení do vložky UHMWPE.**

Krevní řečiště, nebezpečná místa pro zásah-obrázek

Stručná historie ochrany těla bojovníka:

Od doby kdy člověk začal používat zbraně ať už pro lov, nebo pro boj zabýval se také myšlenkou ochrany svých důležitých částí těla. Nebudu Vás zatěžovat přesnými daty, ale řekněme, že můžeme hovořit o sofistikovanějších ochránách již 500 let před Kristem, a to **koženým kyrysem**, na který se potom připevnil železné nebo bronzové destičky. Tento ochranný prostředek bojovníka vlastně koncepčně přetrval dodnes. Jeho základní tvar kopírující proporce člověka v základním provedení od krku dolů k pasu včetně boční ochrany.

Viz. Obrázek brnění z kůže.

S vývojem nových materiálů se postupně používaly kombinace kůže a bronzu, kovaných nebo tepaných železných plátů. Tento způsob přetrval celá staletí až do středověku, řekněme okolo 15 století, kdy především tehdejší kováři a pasíři vyráběli na zakázku pro šlechtu a jejich vojsko na tehdejší dobu velmi komplexní brnění což byla v podstatě ochrana celého těla.

Opět přeskočíme do současnosti, protože taková komplexní ochrana se používá ovšem z jiných materiálů u tzv. **bomb suit, přesněji těžkých pyrotechnických obleků**.

Viz. Obrázek Německého brnění a obrázek pyrotechnického obleku.

Pochopitelně, přestože byl uživatel poměrně solidně ochráněn, byla váha takového brnění velmi vysoká až 50 kg a přestože tehdejší rytíři měli velmi dobrý a náročný výcvik a byli houževnatí, delší boj v brnění je velmi vysiloval, a pokud nebyla bitva rozhodnuta rychle technickou převahou, tito bojovníci velmi rychle slábli a dokonce sami se při boji některých součástí brnění sami zbavovali, protože by je vlastně toto brnění pomalu zabilo jen tím, že je vysílí a rebelující bojovník v lehkém brnění potom snadno tohoto rytíře přemohl.

Proto se postupem času od těchto brnění ustupovalo a ponechávala se velmi dlouho pouze **drátěná košile, rukavice** a již zmíněný **železný kyrys**. Ovšem se začínajícím masovým používáním prachových střelných zbraní se postupně i toto přestalo používat, a když se v čase posuneme do napoleonských válek tak zjistíme, že brnění již používalo jen velmi malé procento vojska, a to především jízda.

Různé kovové ochrany se jako takové různě používali ještě v období celého 19 století. Ovšem koncem 19 století se začali aplikovat ochrany a to v podobě kovových pancířů především na děla, protože osádka byla ohrožena cílenou nepřátelskou palbou, nebo zásahy střepin protivníkově dělostřelectva.

Následně se tato ochrana přední kryt začala používat pro první kulometry, nejznámější je **kulomet MAXIM 303**. Za ocelovou deskou byl střelec a nabíječ velmi účinně chráněn před cílenou palbou útočníka a takový kulomet šel vyřadit pouze granátem hozeným velmi blízko obsluhy.

První světová válka

Paradoxně se v první světové válce řešila především ochrana pilotů letadel a to především před palbou ze země. Pancéřování letadla nebo i jen jeho kokpitu bylo s ohledem na váhu zcela nemyslitelné, protože tehdy měla letadla jinou konstrukci a jiné použité materiály, které neumožňovaly integrovat ocelové pláty.

Začalo se tedy experimentovat s oblekem, který byl vybaven kapsami, do kterých se vkládaly ocelové destičky. Oblek byl také poměrně těžký a velmi znesnadnil pohyb pilota a to i při použití pouze ochrany hrudníku a zad, to stejné se zkoušelo u pozemních vojsk a v obou případech se díky omezené pohyblivosti se přestalo nadále experimentovat.

V první světové válce se pancéřování využilo masově pouze na prvních tancích.

Druhá světová válka

V meziválečném období se vývojem vest nikdo nezabýval a dokonce se na vývoj ochranných vest hledělo jako na vývojový omyl. Ovšem ne natrvalo.

Opět se k vestám vrátili z potřeby ochránit piloty a posádky bombardérů, protože flak nad Německem byl velmi účinný a ztráty byly velmi vysoké.

Především zásahy střepin způsobovali masivní krvácení, které nebylo možné na palubách letadel nijak účinně řešit. Přímé zásahy letadel nezpůsobovaly takové škody jako kroupení střepin a kuliček z flaku.

Ke slovu se opět dostávají vesty.

Tyto vesty byly opět velmi jednoduše řešené jako přehozy ze dvou částí, kde se strčila hlava a vesta se jednoduše navlékla a na bocích se stáhla popruhy. Tyto vesty byly vybaveny dvěma materiály a to právě vynalezeným nylonem a do toho pruhy destiček vzájemně se překrývající a přitom byly do jisté míry flexibilní a pohyblivé.

Takové vesty byly sice také poměrně těžké, ale svou úlohu plnily poměrně spolehlivě. Proto se doporučovalo vesty oblékat těsně před tím, než se letadlo dostalo do horkých oblastí. Zpravidla chránily celý trup a podbřišek a doplnily se ocelovou přílbou.

Přestože tyto vesty nebyly dokonalé, jejich hodnocení a statistické údaje potvrdily jejich výbornou účinnost.

Období lokálních konfliktů Vietnam

Počátkem šedesátých let se průmyslu dařilo zlepšovat vlastnosti NYLONU. Tento se především začal masově používat do tzv. **protistřepinových vest**. Tyto vesty se pomalu začaly stávat standardem v ochraně vojáků a opět pilotů vrtulníků. Tyto vesty již byly poměrně lehké a proto více komfortní a také se daly doplňovat přídavnými pancéřovými deskami.

Tyto zpravidla ocelové desky o tloušťce cca 6 mm spolehlivě zastavily v té době používané projektily do automatických ručních zbraní.

V té době to byl velmi rozšířený náboj **7,62x51mm**, také **5,56x45mm** a všem dobře známý náboj **7,62x39mm** do Kalašnikova. Tyto desky se ale používaly především u pilotů, pozemní vojsko tyto desky využívalo jen velmi zřídka, protože celková váha přední a zadní desky byla více než 7 kg a protože v té době se vyplatilo nosit sebou více střeliva a granátů, tak se tyto novodobé kyrsy používali opravdu zřídka. Časem se svým tvarem a použitím začaly vesty blížit současným typům vest.

V té době firma DuPont ve svých laboratořích vyvinula úspěšně materiál meta aramid značky **NOMEX**. Dalším zkoumáním a modifikacemi se o další deset let později přišlo s materiálem para aramidem, známým pod značkou **Kevlar 29**. Toto vlákno bylo původně vyvíjeno místo ocelových kordů do pneumatik, ale jak už to při vývoji a výzkumu bývá, vždy ten hlavní směr nakonec ukáže i další boční cesty, které mají smysl. A v tomto případě šlo o budoucí slavný balistický materiál. V tomto odvětví měla firma DuPont až do 80 let dvacátého století monopol, teprve v roce 1980 koupila společnost Teijin firmu Akzo Nobel, která podobně jako Kevlar vyvinula vlastní para-aramidový materiál značky **Twaron**. Obdobný materiál k NOMEXu byl materiál **Technora** od stejné firmy.

Vlastnosti, které tento materiál tolik proslavily, jsou **nizký modul tažnosti** a **pětkrát vyšší pevnost než ocel**. Ovšem v té době se materiál para-aramid pořád nepoužíval nijak masově a jeho uplatnění v armádních aplikacích ještě zdaleka nebylo v takovém měřítku, ale tato doba přišla velmi brzo. Za další deset let na začátku devadesátých let pochopily vojenské mocnosti, že v ochraně vojáka sehraji tyto materiály důležitou roli, a nechaly se přesvědčit velkou lobby obou zmíněných firem a začaly v masovém měřítku nakupovat balistické ochranné vesty.

Vrátíme se tedy na chvíli zase do historie a to do doby římských legií. Nebudeme hovořit o vojenských kvalitách ale o tom jak komplexně přistupovali tehdejší odborníci na ochranu a brnění. Římský voják byl v té době nejlépe cvičený a nejlépe vybavený ať už se to týká osobních ochranných prostředků nebo i technických pomůcek.

Budeme se pochopitelně bavit především o ochranných pomůckách běžného vojáka. Hlavním reformátorem římských legií byl **Gaius Marius**, tento vojenský odborník vypiloval ochranu legií do velmi dokonalé podoby tehdejší doby. Když se pozorně zamyslíte nad obrázky tehdejších vojáků a jejich vybavení ve vztahu k osobní ochraně, zjistíte, že se do dnešní moderní doby téměř nezměnila, pouze se začaly používat jiné materiály.

Pro srovnání nejlépe vypilovanou ochranu co komplexnosti má **německá GSG9**, u které je krásně vidět že mnoho komponentů jejich balistické ochrany je vlastně vzhledem ke chráněným místům na těle velmi společné s vojákem Římských legií. Rozdíl je pouze v tom že se změnil design a to nejdůležitější a to je váha. Pochopitelně také dnes chrání způsobem naší doby, především proti projektilům z vysokých výkonem z pistolí, samopalů a automatických pušek.

Dovolím si trochu zaspokulovat a to směrem k faktickému vybavení především směrem k tomu, co má takový specialista jako člen protiteroristického komanda k dispozici a jak ho to dostatečně chrání nebo naopak nechrání.

Ale nejdříve si řekneme jaký je vlastně rozdíl v balistických materiálech aramidem a polyethylenem a také jaký je rozdíl i mezi aramidem. Základní rozdíl je v samotné gramáži používaných tkanin a také v jemnosti použitého primárního vlákna. Tyto dvě veličiny vlastně hrají jednu z hlavních rolí. Další velmi důležitou podmínkou je typ vazby tkanin a také tzv. počet nití v osnově a útku, které se měří na jeden centimetr tkaniny. Tyto všechny veličiny ve výsledku dělají kvalitu a odolnost tkaniny. Uvedeme si nejběžnější kombinaci balistické tkaniny taková tkanina má okolo 185 g/m², tkanina je v plátňové vazbě a maximální dostava je 12x12nití na cm. To je tkanina, která se běžně používá pro balistické vesty. Tkanina, která se používá pro výrobu kompozitních pancířů je o více než polovinu těžší a to 440 g/m². Váha je vyšší zejména proto, že je použito více balistického materiálu a to především v podobě vstupního vlákna a také váhu zvyšuje i použitá pryskyřice, která je na tkaninu nanášena.

Obrázek GSG9, nebo jinou speciální jednotku.

Dalšími revolučními materiály je SPECTRA , Dyneema, GOLDflex, StarFlex .Tyto materiály jsou od dalších výrobců a přišly na svět až koncem osmdesátých let. Ovšem jejich bum nastal až za posledních deset let.

Pokud hovoříme o výbavě v podobě balistické ochrany, jde především o přilbu s balistickým vizorem-hledím-to je nejčastěji používaná ochrana která je na úrovni ochrany III.A, což je pistolové střelivo 44 Mag. a 9 mm s vyšší ústovou rychlostí, parametry těchto projektilů všichni jistě znají a není potřeba o tom hovořit. Dále je to **balistická vesta v tzv. těžkém provedení**, toto se skládá s ochrany ramen, ochrany krku, ochrany paží, dále přední a zadní díl samotné vesty, která je zpravidla do pasu a dole je vybavená chráničem slabin. Potom jsou ve většině případů doplněné chrániči stehů až ke kolenům a dále jsou to chrániče holení až po taktickou obuv. Všechny tyto jmenované díly jsou v nejvyšší odolnosti III.A **v tzv. měkké balistice**. Dále je možné do vesty vložit přidavné kompozitní pancéřové **ICW** nebo **SAPI panely** velké ve standardním rozměru 250x300mm, do bočních kapes vesty se potom mohou vložit **malé SAPI** v rozměru 200x150mm. Tyto panely jsou v odolnosti stupeň IV.

Tento stupeň odolnosti je stanoven jako standard a tyto panely odolají několika výstřelům i z bezprostřední blízkosti standardními puškovými projektily, které mají ocelové kalené jádro nebo jádro z Wolfram karbide. Jsou to především ráže, 7,62x54R, 7,62x39, 5,45x39, 5,56x45, 7,62x51, 7,62x63.

Toto jsou zpravidla munice, se kterými se běžně střelí po celém světě a všech konfliktech.

Když si tedy představíte, co na sobě takto vybavený člen komanda má, dospějete k závěru, že ochrana před těmito vysoce průbojnými střelami není vůbec komplexní a uživatele opravdu chrání jen na trupu a to ještě ne v celé ploše. Hlava, která je sice krytá přilbou je prakticky nechráněna proti výstřelu z tolik užívaného Kalašnikova, který je schopen přilbu i štít spolehlivě penetrovat. Nemusím tedy nikomu vysvětlovat, že balistická ochrana je tím nedostatečná.

Pokud někdo zná a ví, jak vypadá výbava české zvláštní jednotky URN, tak dokonce zjistí, že ani tato u nás nejkvalitnější jednotka má vybavení, které odpovídá jen tak tak. Pochopitelně se používají známé balistické štíty, které jsou v různých velikostech, a tato jednotka je vlastní.

Ovšem s takovým štítem se prakticky do dveří běžného bytu nedostanete a použití takového panelu je spíše záležitost venkovní anebo vnitřních prostor, kde je dostatek místo pro manipulaci.

Více vybavení české policie nebo zvláštní jednotky kritizovat nechci, berte to, prosím, spíše jako konstatování odborníka, který tuto oblast opravdu sleduje a dělá pro sebe v tomto směru osobní závěry, které používá pro další testování nebo vývoj balistických materiálů a jejich kombinací.

SAPI a ICW panely

Balistické **kompozitní panely SAPI a ICW**, jsou kombinací zpravidla dvou typů materiálů, které se vzájemně spojí a výsledek je opravdu velmi odolný pancíř.

Jaký je rozdíl v názvu, označení těchto panelů je větší množství je to také tím aby se od sebe pochopitelně výrobci odlišily a mohli deklarovat, že právě ta jejich značka-výrobek je ta nejlepší.

SAPI panel je deska, která má **vlastnost udržet několik výstřelů ráže 7,62x63mm Springfield** a to samostatně tedy bez balistické vesty která se umístí pod panel ať už při balistickém testu v laboratoři nebo při praktickém užití. Je to tzv. typ **stand alone** (samostatný panel).

ICW deska je prakticky totožná pouze se liší v provedení, **je lehčí a nemá takový výkon jako SAPI deska**, ale musí se pod tuto desku vložit balistická vesta nejméně v odolnosti III.A, potom je teprve zaručena udaná balistická odolnost. Stejně provedení je i u tzv. bočních panelů, ale ty se zpravidla používají v typu stand alone.

Tyto panely mají v podstatě jeden úkol, a to ten, že **penetrující projektil** a případně také jeho jádro pokud je integrované, natolik zdeformovat a zničit, aby jeho kinetická energie byla následně natolik snížena, že projektil již neprotrhne skrz panel. To je pochopitelně stručně řečeno.

PROČ a z čeho je vlastně panel vyroben, kombinuje se několik typů balistických materiálů, může to být již zmíněný **para aramid**, nebo **polyetylen**. Značky je zbytečné uvádět, protože jde nám o materiál a ne o značku, protože pouze tyto materiály jsou nejčastěji používány. Dále se používají materiály keramické a to od nejdlevnějšího **oxid hliníku Al₂O₃**, **karbid křemíku SiC**, a nejdražší materiál je **karbid boru B₄C**. Uvedu příklad aplikace: pokud naskládáte dostatečné množství materiálu aramidu nebo polyetylenu na sebe na příklad 100 vrstev, takto navršená tkanina je v případě aramidu ještě prosycena určitým typem fenolické pryskyřice a vloží se do lisu, který má vyhřívanou formu a tam se pod tlakem až 240tun lisuje a zároveň se zahřívá na určitou teplotu, kdy dojde k reakci tkaniny a pojiva. Tímto technologickým zpracováním získáme tzv. kompozitní pancíř v určité odolnosti, ta se ještě potom dodatečně vylepšuje použitím keramických destiček.

Tímto postupem se pochopitelně také vyrábějí pancíře, které se umísťují na bojovou techniku, vozidla, letadla a helikoptéry. Princip je zcela stejný pouze se mění tvar a tloušťka materiálu.

Můžeme také porovnat rozdíl mezi váhou materiálu v ocelovém pancíři a také váhou pancíře kompozitního při zachování stejné balistické odolnosti. Cena příznivá při porovnání bohužel není.

Je to pochopitelně dáno tím, že kompozitní materiály jsou z oblasti Hi-tech a jejich výroba není zcela jednoduchá a především jsou drahé vstupní materiály. Ovšem, váha, kterou uspoříte, je opravdu velmi podstatná a hraje klíčovou roli společně s balistickou odolností.

Základní rozdělení balistických vest:

Rozlišujeme dva typy balistických vest, a to ty které jsou určeny pro tzv. **skryté nošení** a pro tzv. **zjevné nošení**.

Pro skryté nošení jsou vesty typu **Diplomat**, které se nosí především pod oblečením a jejich odolnost je definována třídou a normou podle které jsou zhotoveny. Velmi lehké vesty jsou zpravidla v odolnosti třídy dle **US STD II**. to je základní odolnost, která spolehlivě zastaví projektil, pomalá 9 mm, 38 Spec. Tato vesta je velmi lehká a tenká, zpravidla je její tloušťka okolo 5 mm a váha dle velikosti okolo 1,8 kg.

Dále máme **vesty pro zjevné nošení**, kterých je mnoho typů a které se v základu dají rozdělit na **policejní** a **armádní**. Tyto vesty se opravdu liší spíše konečným designem a provedením, které se týká hlavně možnosti ostatního vybavení, jako jsou chrániče slabin, chrániče zadní části zad, chrániče ramen, chrániče paží apod. Modifikací je skutečně mnoho. Dále jsou vesty zhotoveny speciálně pro určité použití v rámci výbavy, na těle nosiče vesty jsou našity různé velikosti kapes, do kterých se dá vsunout další potřebné vybavení.

Hitem posledních let jsou především vesty, které jsou vybaveny tzv. **systémem MOLLE** s tzv. **bezpečnostním odhozem**, který je centrálně řešen uvnitř vesty a jedním zatažením záchranného lanka se vesta a její hlavní části rozpojí a dojde k rychlému odhození.

Tento systém je vlastně soustava horizontálních popruhů po celé ploše vesty, do kterých si může uživatel jednoduše připevnit právě různé kapsy a sumky tak jak zrovna potřebuje. Tyto vesty se rozšířily především v armádním sektoru, ale dostávají se postupně také do služebního použití u policie nebo u bezpečnostních agentur. Tyto vesty konstrukčně patří mezi nejvíce dokonalé a také mezi nejdražší modely. Je to zejména proto, že je na nich použit velmi kvalitní materiál zpravidla je to **Cordura** nebo **100% polyester**. Dále pracovní náročnost šití a členitost vesty je cenově pro zhotovení náročná a pracná, taková vesta může být i ve velmi dobře vybaveném výrobním podniku vyráběna až 25 hodin. Plně vybavená vesta s tímto systémem v odolnosti III.A stojí zpravidla okolo 25tis.Kč a výše.

Paradoxem, ale je že jedině v čem se vesty liší, není balistická odolnost, ale právě provedení. Balistická odolnost je vlastně téměř pro všechny vesty stejná, tedy pokud se budeme bavit o nejvyšší odolnosti což je III.A v textilním provedení, a nebo odolnosti IV. s přídatným panelem. V dnešní době jsou v drtivé většině případů poptávány především vesty dle US STD NIJ III.A.

Další rozdíly jsou ve váze samotné vesty, tyto jsou především závislé na tom jak je vesta vybavená a který se použije balistický materiál.

Když budeme vycházet ze standardu, který poptává zpravidla policie nebo armáda uvádí se trojí váhové rozlišení, a to vesta v základním provedení, přední a zadní díl bez dalších přídatných ochranných vest, vesta v plné výbavě a vesta v plné výbavě s přídatnými balistickými panely ve všech kapsách (již nějakou dobu se totiž používají nejen panely velké do přední a zadní části vesty, ale i do tzv. bočních kapes).

V takovém případě si zadavatel určí, které váhy a v jakém provedení požaduje, a dokonce definuje i tloušťku balistického materiálu v dané odolnosti.

Příklad je u AČR, kde vesta v základním provedení v odolnosti III.A má váhu 4,9 kg v kalkulační velikosti L a v plné výbavě včetně všech ochranných je to do 12 kg. Takto přesná definice vlastně určuje, který je použitý balistický materiál a který balistický materiál nelze použít vůbec. Jak jsem se již zmínil, jedná se v tomto případě o **kombinace dvou materiálů** a to **Dyneema** a **Kevlar**.

Náboje s průbojnou střelou:

Náboje s **průbojnou střelou** patří do skupiny zakázaného střeliva pro civilní použití. Od 1.2.2009 je průbojná střela zákonem o zbraních nově definována jako jednotná střela, která je tvořena materiálem (např. jádrem) **tvrdším než 250 HB** (HB – tvrdost podle Brinella), nebo střela, která je laborována do střeliva, jež svou konstrukcí nebo energií střely vykazuje průbojný účinek. Toto vymezení průbojné střely je ve druhé části dosti nešťastné, neboť průbojný účinek, tj. schopnost probít určité překážky definované tloušťky, vykazuje každá pohybující se střela bez ohledu na svou konstrukci a energii.

Podívejme se nejdříve na pojem **tvrdost**. Tvrdost je obvykle definována jako vlastnost materiálu, vyjádřená odporem proti vnikání cizího tělesa. Tvrdost je charakteristikou odporu proti tvárné deformaci malých objemů. I přesto, že se jedná o poměrně významnou charakteristiku mechanických vlastností materiálů, nejedná se o jednoznačnou fyzikální veličinu. Její experimentální kvantifikace je poměrně problematická, neboť ke stanovení tvrdosti se používá poměrně mnoho odlišných metod, z nichž každá je vhodná jen pro určité druhy materiálů. Hodnoty tvrdosti stanovené různými metodami, lze mezi sebou porovnávat pouze na základě empiricky získaných relací.

Zkušební metody měření tvrdosti jsou založeny na vtlačování tělíska definovaného tvaru do hodnoceného materiálu. Ukazatelem tvrdosti jsou smluvní rozměry vtisku. K běžným zkušebním metodám měření tvrdosti patří tyto tři metody, které se liší tvarem a druhem materiálu zkušebního tělíska:

- **Vickersova** – používá diamantový jehlan – označení HV (Hardness Vickers),
- **Rockwellova** – používá diamantový kužel (HRA a HRC) nebo ocelovou kalenou kuličku (HRB),
- **Brinellova** – používá kuličky různého průměru – označení HB (Hardness Brinell). Označení tvrdosti HB odpovídá nejběžnější Brinellově zkoušce, tj. průměru kuličky $D = 10$ mm, síle $F = 30\,000$ N a době zatížení $t = 10$ s.

Jaké jsou tedy **hodnoty tvrdosti HB běžných materiálů**? Např. měkké dřevo (např. borovice) má tvrdost kolem 1,6 HB, tvrdé dřevo (např. dub) do 4 HB, nejtvrdší dřeva 6 – 7 HB, olovo 38 HB, měď 95 HB, měkká ocel s nízkým obsahem uhlíku 120 HB, vysoce tvrdá ocel 600 HB, sklo 1550 HB, tvrzená nástrojová ocel 1500 – 1900 HB, borid rheničitý (diborid rhenia ReB₂) 4600 HB. Přesný převod tvrdosti podle Brinella na jiné stupnice neexistuje. Např. u nízkolegovaných ocelí přibližně platí 250 HB = 25 HRC = 101 HRB = 62 HRA = 265 HV. Těmto hodnotám tvrdosti odpovídá mez pevnosti v tahu R_m = 850 MPa.

S rostoucí tvrdostí materiálu roste i jeho mez pevnosti v tahu R_m. Pro Brinellovu tvrdost např. platí R_m = 3,1 – 4,1 HB [MPa]. U vysokopevnostních tvrdých materiálů, tedy i u průbojných jader střel je však nevhodnější metodou pro stanovení tvrdosti metoda Rockwell HRC. Jedná se o tvrdost určenou diamantovým kuželem (C = cone) při celkovém zatížení 1500 N. Tuto metodu se doporučuje používat pro rozsah HRC = 20 - 67. Spodní hranicí mezi nekalenými **ocelovými jádry** (která nahrazují olověné výplně) a kalenými ocelovými jádry střel je tvrdost **25 HRC**, které přibližně odpovídá tvrdost **250 HB**. Kalená průbojná jádra puškových vojenských střel mají tvrdost v rozsahu 50 - 70 HRC, tj. přibližně od 480 HB výše.

Z hlediska hodnocení tvrdosti materiálů má orientační význam Mohsova stupnice tvrdosti, kterou známe ze školních let. Používá 10 stupňů tvrdosti (1 – mastek, 10 – diamant) – viz tabulka. Materiál, který má vyšší číslo v Mohsově stupnici, je schopen udělat vryp do materiálu s číslem nižším.

Například nehet má tvrdost 1,5-2, tj. lze s ním udělat rýhu do mastku i sádrovce. Mince mají tvrdost 3,4 – 4, kapesní nůž přibližně 5, a pokud určitý materiál zanechává rýhu ve skle, má tvrdost větší než 5.

Nerost	Mohsova stupnice tvrdosti	Absolutní tvrdost	Tvrdost Vickers HV	Tvrdost Brinell HB
Mastek	1	1	2,4	2,3
Sádrovec	2	2	36	34
Kalcit	3	9	109	105
Fluorit	4	21	189	180
Apatit	5	48	536	510
Živec	6	72	795	760
Křemen	7	100	1 120	1 060
Topas	8	200	1 427	1 360
Korund	9	400	2 060	1 960
Diamant	10	1 500	10 060	9 560

V tabulce jsou pro jednotlivé nerosty doplněny i údaje o absolutní tvrdosti a orientační údaje o tvrdosti podle Vickerse a Brinella. Z tabulky plyne, že průbojná střela o tvrdosti 250 HB leží svou tvrdostí mezi fluoritem a apatitem. Z hlediska posuzování tvrdosti průbojné střely je významná i **tvrdost překážky**, již má střela proniknout. Obecně platí, že šance střely na pronik překážkou výrazně klesají, má-li překážka vyšší tvrdost, než střela, resp. její nejtvrďší část. U ocelových pancířů dosahují tvrdosti hodnot od 380 HB (válcovaná ocel RHA) do 600 HB (materiály s vysokou tvrdostí). Např. švédské nízkolegované vysokopevnostní pancéřové oceli **ARMOX** jsou dodávány v tvrdostech 500 až 600 HB (ARMOX 500 a ARMOX 600). Obdobné vlastnosti má i levnější švédská ořezuvzdorná ocel s vysokou tvrdostí **HARDOX** v řadách 400, 450, 500 a 600 (číslo indexu opět odpovídá zaručené střední tvrdosti podle Brinella). Je tedy zřejmé, že české průbojné střely s tvrdostí 250 HB jsou ve srovnání s těmito materiály, které svou tvrdostí výrazně převyšují běžné konstrukční oceli, poněkud měkké.

Průbojnost střely na dané překážce však není dána pouze její tvrdostí, ale zejména **dopadovou energií**. V minulých letech byly provedeny experimenty zaměřené na hodnocení balistické odolnosti 10 mm plechů Hardox 450 (s tvrdostí 450 HB) proti dopadajícím střelám s olověnou výplní s vysokou dopadovou energií. Konkrétně bylo použito střelivo **338 Lapua Magnum s celoplášťovou a expanzivní střelou** s dopadovou energií kolem 6500 J. Obě střely, byť byly vyrobeny z materiálů o tvrdosti nižší, než 200 HB, pronikly plechy tl. 10 mm s přebytkem energie a vytvořily v plechu otvory o průměru mnohem větším, než je jejich ráže, tj. 8,6 mm.

U **celoplášťových střel Lock Base** byl průměr otvoru okolo 12 mm, u **expanzivních střel Scenar** až 15 mm. Podrobnosti jsou uvedeny v jiném článku.

Mechanismus proniku tlustostěnného plechu olověnou střelou je následující. Pokud na plech dopadá střela nadlimitní, vysoce nadzvukovou rychlostí a má tedy relativně vysokou dopadovou energii, dochází v první fázi po nárazu k deformaci měkké střely, která se zkracuje a nabývá na průměru. V důsledku vysoké dopadové energie střely však dochází k poškození povrchové vrstvy desky, i když má relativně vysokou tvrdost. K tomu přispívá tvar pláště střely s ostrou špičkou, která je poměrně kompaktní.

Střela postupně vniká do hloubky desky, dále se deformuje a v přední části se rozkládá (zvětšuje průměr a zkracuje se, ubývá erodující a tříštící se materiál výplně střely - olovo). Současně dochází k erozi materiálu desky v místě vstupu a střelný kanál rovněž nabývá na průměru.

Pokud je však dopadová energie střely vysoká, dochází při dosažení určité hloubky vniku zbytku střely do desky ke smykovému porušení zbývající vrstvy desky za vzniku masivní výtrže z desky. Za ní proniká deskou zbytek rozložené střely o přibližně stejném průměru. Střední průměr střelného kanálu je tak podstatně větší, než průměr dopadající střely (až dvojnásobně).

Expanzivní střely tak paradoxně vzhledem ke své větší deformaci vytvořily průstřel o větším průměru ve srovnání se střelami celoplášťovými.

Střeleckými experimenty bylo tedy prokázáno, že pokud má střela dostatek energie při dopadu na plech určité tloušťky, dojde k probití plechu i v případě extrémně velkého rozdílu v tvrdosti a pevnosti materiálu střely a plechu (tvrdost plechu HARDOX 450 je výrazně vyšší, než tvrdost olova). **O průbojné schopnosti střely tedy při vysokých dopadových energiích téměř vůbec nerozhoduje její konstrukce a jakékoliv diskuze o tvrdosti střely v tomto případě ztrácí význam.**

Přehled balistických norem a standardů:

Balistické normy pro odolnost materiálů má zpravidla zaveden každý stát jako tzv. Národní normu. V České republice je to norma číslo **ČSN 395360**, tato norma řeší odolnosti běžných dostupných nábojů především je kladen důraz na náboje používané a rozšířené v minulosti tedy Varšavská

smlouva a její speciality. Tato norma je přísná především z jednoho důvodu tedy v porovnání s americkým standardem a to, že kromě průtisku, který se v plastelinovém bloku po nástřelu měří což je řekněme běžné, tak ještě navíc měří obsah tohoto průhyb a to nalitím vody do tohoto dolíku, voda takto nalitá nesmí překročit ve svém objemu 8ml.

Proti americkému standardu je tato naše norma opravdu přísnější, ale co nám vlastně tato norma řeší?? Tato norma řeší především následná zranění, která vzniknout po výstřelu. Někdo si jistě řekne, to je výborné, naše norma je tedy vlastně šetrná k lidskému tělu, pokud to budeme brát takto tak ano to je beze sporu pravda. Podrobnější rozbor, ale můžeme udělat v diskuzi, jak se taková věc řeší nebo jak se dá jednoduše obejít. To jaký je v tom rozdíl, aby se dal exaktně vyjádřit je jednoduchý. Pokud použijeme dva balistické materiály stejného typu v tomto případě Kevlar, tak při americkém standardu použijeme například 28 vrstev, zatím co dle českého standardu použijeme 32 vrstev.

Ale odolnost je ve výsledku vlastně stejná pokud to převedeme na typ náboje, který je v obou případech stejný.

Dále jsou to normy:

Evropská norma EN 1063, 1522, 1523

US STD NIJ 0101.04 nebo **NIJ 0101.06**, která je nejnovější

Německá norma DIN

Ruská norma GHOST

Nebo norma **STANAG 4569** ve všech částech a **2920** jako odolnost proti fragmentům střepin.

Rozebírat jednotlivé normy podle mého názoru nemá smysl, protože to je povídání na další minimálně hodinu. Ale řekněme si, co mají tyto normy společné.

V určitých hladinách odolností řeší vlastně stejné projektily, takže aby se vlastně sjednotilo označení na mezinárodním poli balistických ochranných prostředků, přistoupilo se v zadáních téměř ve všech státech dle amerického standardu, což je v současné době NIJ 0101.04. Když totiž kdekoliv ve světě hovoříte v americké normě, všichni zasloučení vědí, o čem hovoříte a co vlastně chcete. Tak jak se téměř všude domluvíte globálně anglickým jazykem, tak u balistiky řešíte pouze dvě normy a to NIJ a STANAG.

Předpoklad dalšího vývoje balistických ochranných prostředků:

Vývoj těchto materiálů jde neustále kupředu společně s potřebou chránit lidské životy. Společnosti, které jsou výrobci balistických materiálů, provádějí vlastní vývoj a výzkum, který potom aplikují do konečných výrobků další zpracovatelé a odběratelé. Nikdo z výrobců těchto materiálů vlastně balistické vesty nevyrábí, což je pochopitelné, ale musí v rámci svého vývoje vesty vyrobit a otestovat už jen proto, aby vlastnosti mohli srovnat a definovat a vlastně i zjistit jestli to má opravdu ten výsledek který jim vyšel v teoretických výpočtech.

Ovšem musíme se zamyslet, které materiály lze účinně zdokonalit, jsou to staré známé textilie? Nebo jejich kombinace s dalšími materiály, které po aplikaci jejich vlastností vylepší natolik, aby se především zachovaly mechanicko-fyzikální vlastnosti a klesla váha. Ano tento trend je velmi patrný, materiály se vlastně v drtivé většině používají již mnoho let stejné, pouze se vylepšují jejich konstrukce. Je tím především myšleno, že je možné kombinovat několik typů materiálů, jakými jsou polymery, speciální plasty, a ty jsou vlastně armovány-vyztuženy některým typem vláken.

Pak zde máme na scéně za posledních deset let skloňované **nano-materiály**, tyto materiály jsou velmi v módě, protože představují v tomto zprofanovaném názvu absolutní technologickou špičku. Již na začátku tohoto semináře jsme hovořili, že textilní materiály se skládají z množství jemných vláken, které se potom dalšími úpravami přetvoří do tzv. přízí. Balistický materiál je o to výkonnější pokud se

těchto malých kapilár použije velké množství. Jen pro srovnání v konstrukci letadel, ve kterých se hojně používají kompozity a především uhlík, se dočtete, že takový kompozit je kvalitnější, pokud se na příklad použije tzv. **3K carbon fiber**. To číslo vlastně znamená, že těch kapilár je uvnitř svazku 3000 a jsou tak jemné, že potom mají takový výkon v samotném výrobku.

Nebudu tady technicky rozebírat přesná čísla a porovnání, ale uvědomíme si, že NANO vlastně znamená laicky řečeno hodně malé nebo Nano velikost, a pokud toto převedeme do konstrukce například tkanin, tak najednou zjistíte, že takto jemná vlákna již nejdou utkat na klasickém i velmi dobře technicky vybaveném tkacím stavu. Takže musíte hledat jinou technologii, která tato vlákna dokáže spolehlivě a kvalitně zpracovat.

Taková technologie je za posledních pět let vyvíjena a dnes už i používána v Liberci, jedná se o tzv. **NanoSpider**. Tyto vlákna a technologie jsou dílem několika vědeckých pracovníků z Technické univerzity v Liberci. Tato technologie, nebo spíše její další modifikace mohou v budoucnu vyrábět tzv. **netkanou textilii**, která může mít až překvapující balistické vlastnosti. Protože již dnes dokáže vyrobit nano textilii, které struktura je patrná pouze pod mikroskopem. A to je přesně ta budoucnost, kterým se bude nejen balistická textilie ubírat. Ovšem v současné době například **konglomerát BAE** provádí pokusy s **balistickým gelem**. Tento gel má již dnes vynikající vlastnosti na to, že hmota ve své struktuře je primárně skutečně skoro krémová substance.

Ovšem BAE k těmto vlastnostem pochopitelně nedává mnoho informací, pravděpodobně bude stejně potřeba použít určitý speciální obal nebo pouzdro do kterého bude tento produkt zasunut a ten by mohl být zase z jiného klasického balistického materiálu.

Když jsem ovšem shlédl krátké propagační video, které představuje tento technický skvost, bylo zřetelně vidět, že střela ráže 9 mm penetrovala poměrně dost hluboko a na stránkách **armádní noviny.cz**, kde je o této informaci také solidní článek, je patrné, do jaké hloubky projektil vniknul, než se zcela zastavil.

Na obrázku je patrné a dá se to i odhadnout, že překonal minimálně trojnásobnou délku projektilu, který může mít 12-14mm délky. Dále je z videa velmi zřetelné, jako kdyby byl gel ještě nanesen na nějakém nosiči, tedy ne obalen, ale natřen. Protože neznám další technické vlastnosti, nechci v žádném případě tento převratný vynález nijak kritizovat nebo více technicky komentovat, ale dovolím si malou spekulaci. Průměrná balistická vložka do vesty, která má zastavit pouze 9 mm para, má tloušťku přibližně 4,8 mm při váze 3,7 kg na metr čtvereční. A k zastavení projektilu dojde přibližně na tloušťce 3,36 mm tedy přibližně na 70 ti %.

Příčemž trauma efekt odpovídá normě. Z videa je ovšem patrná daleko větší masa materiálu a trauma efekt není nijak prezentován.

Chtěl bych sdělit, že i naše společnost v rámci svých možností provádí výzkum, vývoj a kombinace různých typů materiálů. Máme dokončen vlastní vývoj balistické tkaniny na bázi UHMWPE, tedy určitý ekvivalent materiálu Dyneema. Jsou vyvinuty dva typy materiálu, jeden zcela **čistý UHMWPE** a druhý **s obsahem karbonových nano-trubiček**. Tento materiál je v porovnání s materiálem Dyneema maximálně o 15 % horší, tím myslíme váha a počet vrstev, které je potřeba použít pro stejnou balistickou odolnost. Jestliže si vezmeme, že je potřeba pro odolnosti III.A přibližně 36 vrstev **Dyneema SB31** řekněme při ceně 16 Euro na čtvereční metr, dostaneme se k výsledku cenu 14.400Kč.

Materiál **Ballistex CNT** potřebuje maximálně 42 vrstev při ceně 10,50 Euro na čtvereční metr, opět jednoduchým výpočtem dojdeme k následujícímu výsledku pro porovnání což je 11.000 Kč Ovšem v konečném součtu náš vývoj ještě neskončil a pravděpodobně se dostaneme na hodnoty ještě o něco nižší. Náš cíl je o 30% nižší cena v porovnání s klasickým materiálem Dyneema SB31. Váha pro srovnání je: Dyneema SB31 138 g/m² a Ballistex 150 g/m², takže ani váha se v konečném součtu neliší více jak o deset procent, což je při vestě Diplomat velikosti L je asi o 200 gramů více.

Další novinku, kterou chystáme, bude **balistická přilba**, která je sice již ve světě hotová, a existuje na trhu, ale bude cenově zcela jistě někde jinde. Tuto přilbu vyvíjíme primárně pro zásahové a proti teroristické jednotky policie. Bude to celobličejeová přilba s balistickou odolností proti projektilu ráže

7,62x39mm a 223 Rem. Protože tyto ráže a zbraně se vyskytují jednoduše řečeno na druhé straně pomyslné barikády. Přilba je ve stádiu prototypu a momentálně pracujeme na konečné výrobní technologii. Pokud všechno půjde tak jak se domníváme, budeme ji oficiálně prezentovat na příštím IDETu v Brně v roce 2013.

Ovšem s policií chceme začít jednat již v tomto roce. Přilba bude mít také lehčí verzi v odolnosti III.A, přičemž bude vybavená i **štítem z transparentního pancíře** od firmy **COORSTEK**. Dále plánujeme integrovat plynovou masku a systém nočního vidění které se pomocí kamery bude promítat na HUD display. Ovšem toto vylepšení je zatím ve fázi počítačové simulace, ale již dnes víme, že je to proveditelné vylepšení. Ovšem cena takto vybavené a odolné přilby již bude přesahovat běžnou cenovou hladinu a další vývoj budeme pravděpodobně realizovat jen za předpokladu projevení zájmu ze strany armády nebo policie.

Poslední vývojovou novinkou, kterou hodláme představit je česká verze známého brnění americké provenience integrovaného v balistické vestě **Dragon skin**. Pokud toto řešení znáte, nebudu zabíhat do nějakých podrobností. Stručně zmíním pouze základní vlastnosti.

Vesta je ve své konstrukční podstatě jakousi kombinací aramidového kompozitu a keramických segmentů, které jsou do sebe vzájemně integrované a překrývají se přes sebe, tak aby případný projektil neproniknul v mezerách mezi jednotlivými segmenty.

Naše řešení je pochopitelně velmi podobné, pouze jsme šli jinou finální cestou. Jedná se o to, že budeme mít kompletní dílce, které se budou do určitých komor vesty samostatně zasunovat, to znamená, že uživatel si bude moct vestu plně vybavit v celé ploše, anebo jen některá exponovaná místa vybavit tímto tzv. inzertem. Na tuto výrobu použijeme zcela novou technologii pro výrobu kompozitů pomocí vakua, kterou naše společnost již v současné době přes rok testuje.

Takto bude vesta více variabilní a docílíme tím ochrany v celé ploše vesty až na stupeň IV. Pochopitelně i tato vesta bude vhodná spíše pro zvláštní použití. Jsme v tomto bodě skutečně velmi pragmatictí a neděláme si ambice na použití v AČR, protože tato komplexní ochrana bude pochopitelně vyvážená vyšší hmotností, což je u běžného vojáka nepřijatelné. Podrobnosti a další detaily nebudeme sdělovat, protože podléhají vysokému stupni utajení a v současné době jednáme s patentovou kanceláří o možnosti nějakého stupně patentové ochrany.

Závěrem bych chtěl podotknout, že jakýkoliv vývoj či výzkum jsou tisíce pracovních hodin a statisíce až miliony korun, které se musí utratit, abyste zjistili, že Váš produkt, který je kvalitativně srovnatelný se zahraničím a cenově dostupný, nakonec nemůžete prodat, protože nechcete nikomu dávat v igelitce peníze. Na druhou stranu pokud máte zájem o konzultace s odborníky z řad policie nebo armády, je zase problém v tom, že Vás někdo další označí za korupčníka. A když toto všechno překonáte a přelezete všechny problémy, dorazí Vás finanční úřad, který Vám tvrdí, že jste vlastně spotřebovali mnoho materiálu a nebude možné si ani vaše vlastní prostředky, které investujete vložit do daňového základu. Proto podle vlastních zkušeností obdivuji všechny, kteří jakýkoliv produkt úspěšně vyvinuli, dokončili a začali ho prodávat na trhu.

Dovolím si ještě jednu poznámku. Každá soukromá firma, která provádí vlastní vývoj, musí akademickou půdu prosit, aby pro ně spočítali nebo otestovali to či ono, a když je nakonec přesvědčíte, tak vysoká škola tedy spíše samotní docenti a profesori, kteří disponují mnohdy špičkovým vybavením placeným z peněz od daňových poplatníků, Vám tento úkon budou nabízet přes svou soukromou firmu, kde Vám to řádně napočítá, a přitom všechno provede zcela zdarma na vybavení svého ústavu. Další důvod je především ten, že „akademici“ mají mnoho svých skutečně někdy nesmyslných projektů, které mnohdy řeší za obrovské milionové částky bez jasného výsledku. A kupodivu se tím velmi dobře žijí a jejich kontrola je vlastně velmi nesystematická a tím si opravdu mohou dělat, co chtějí. O těchto praktikách nikdo nikde nepíše a nemluví, i když je to vlastně veřejné tajemství.

Dovolím si jako poslední větu říci jeden známý výrok jedné známé postavy dvacátého století a to Winstona Spencera Churchilla: **“dejte nám nářadí a my tu záležitost vyřídíme”.**