

4M Systems a.s.

FUNKČNÍ VZOREK

**Funkční vzorek modulárního ergonomicky tvarovaného
ochranného prostředku**

FW06010271-V6

Autor:

Radek Duchek, (4M Systems a.s.)

Jan Kříž, (4M Systems a.s.)

Patrik Kutílek, (ČVUT v Praze)

Lýdie Leová, (ČVUT v Praze)

Petr Volf, (ČVUT v Praze)

Jiří Halaška, (ČVUT v Praze)

Jan Hejda, (ČVUT v Praze)

Marek Sokol, (ČVUT v Praze)

Roman Vítek, (UO)

Pavel Skalický, (UO)

Luděk Jedlička, (UO)

Hynek Schvach, (UO)

Ľudovít Púdelka, (UO)

Milan Růžička, (UO)

Klára Dušková, (UO)

Číslo projektu: FW06010271

Identifikační číslo výsledku: FW06010271-V6

Typ výsledku: Gfunk

Odpovědný pracovník: Radek Duchek, (4M Systems a.s.)

PRAHA, 5/2025

Jazyk výsledku: CZE

Hlavní obor: JJ - Ostatní materiály

Uplatněn: ANO

Název výsledku česky:

Funkční vzorek modulárního ergonomicky tvarovaného ochranného prostředku

Název výsledku anglicky:

Functional sample of modular ergonomically shaped protective device

Popis výstupu/výsledku z návrhu projektu FW06010271-V6:

Bude se jednat o ochranný speciálně tvarovaný prostředek ICW (ve spojení s měkkou balistickou vložkou) a SA (samostatně používaný) proti střelám z dlouhých zbraní za předpokládaného opakovaného zásahu. Ergonomicky optimalizovaný tvar nebude omezovat pohyb, bude chránit životně důležité orgány lidského těla. Bude umožňovat ochranu hrudní a zádové části a dále ostatních částí těla - krk, horní a dolní končetiny, spodní část břicha.

Abstrakt k výsledku česky:

Předmětem funkčního vzorku je modulární ergonomický balistický panel nové generace, vyvinutý pro potřeby ozbrojených složek v rámci projektu MIHRIL II. Výsledek kombinuje vysokou balistickou odolnost s důrazem na schopnost vícenásobného zásahu (MultiHit) a zvýšení uživatelského komfortu. Hybridní konstrukce využívá nárazovou vrstvu z karbidu křemíku (SiC) a podpůrný kompozit z vysokopevnostního polyethylenu (PE). Klíčovým přínosem je pokročilé anatomické tvarování (iterace DOCTOR), optimalizované pomocí CAD modelování a 3D tisku na základě testování s armádními jednotkami. Ergonomické úpravy v oblasti ramen, břicha a lopatek eliminují tlakové body a zvyšují mobilitu uživatele při zachování celkové hmotnosti v rozmezí 2,6–3,5 kg dle konfigurace. Systém je plně připraven pro integraci se specializovanými nosiči a elektronickými moduly pro monitoring účinků zásahu.

Abstrakt k výsledku anglicky:

The subject of this functional sample is a next-generation modular ergonomic ballistic panel, developed for the needs of armed forces within the MIHRIL II project. The result combines high ballistic resistance with an emphasis on multi-hit capability and enhanced user comfort. The hybrid construction utilizes a strike face (stopper) made of silicon carbide (SiC) and a backing composite of high-performance polyethylene (PE). A key benefit is the advanced anatomical shaping (DOCTOR iteration), optimized through CAD modeling and 3D printing based on testing with military units. Ergonomic adjustments in the shoulder, abdominal, and scapular areas eliminate pressure points and increase user mobility while maintaining a total weight ranging from 2.6 to 3.5 kg, depending on the configuration. The system is fully prepared for integration with specialized plate carriers and electronic modules for monitoring impact effects.

Klíčová slova Česky:

balistický plát, ergonomie, modularita, armáda

Klíčová slova anglicky:

ballistic plate, ergonomics, modularity, army

Vlastník výsledku:

4M SYSTEMS a.s. - 75%,
České vysoké učení technické v Praze - 25%,

Lokalizace: 4M SYSTEMS a.s.

Licence: Ne

Licenční poplatek: Ne

Ekonomické parametry:

Funkční vzorek představuje ergonomický progresivní balistický pancíř navržený pro ozbrojené složky, jehož primárním cílem je maximalizace balistické ochrany při současné optimalizaci ergonomie. Tímto dojde ke snížení "skrytých" nákladů na zdravotní péči: Ergonomické tvarování snižuje zátěž na bederní páteř a ramena. Dlouhodobě to znamená méně absencí a nižší náklady na léčbu muskuloskeletálních poruch u příslušníků.

Efektivita výcviku a nasazení: Nižší únava operátora díky optimalizaci těžiště zvyšuje operační dosah a bojovou efektivitu (vyšší návratnost investice do vojáka).
Zvýšení ochrany těla: Snižuje náklady na léčbu zraněných.

Kategorie nákladů: výše nákladů ≤ 5 mil. Kč.

Popis funkčního vzorku

1. Koncepce a systémová integrace

Funkční vzorek představuje ergonomický progresivní balistický pancíř navržený pro ozbrojené složky, jehož primárním cílem je maximalizace balistické ochrany při současné radikální optimalizaci ergonomie. Vývoj reaguje na současné hrozby a limity konvenčních ochranných zbraňových systémů zjištěné v aktuálních konfliktech, zejména s ohledem na schopnost odolávat vícenásobným zásahům (**multihit**) z dlouhých zbraní. Systém je koncipován jako modulární, což umožňuje integraci se specializovaným nosičem a pokročilou elektronikou pro měření účinků zásahu.

2. Materiálové složení a konstrukce „Hybrid-Ceramic“

Konstrukce panelu je tvořena třemi klíčovými funkčními vrstvami:

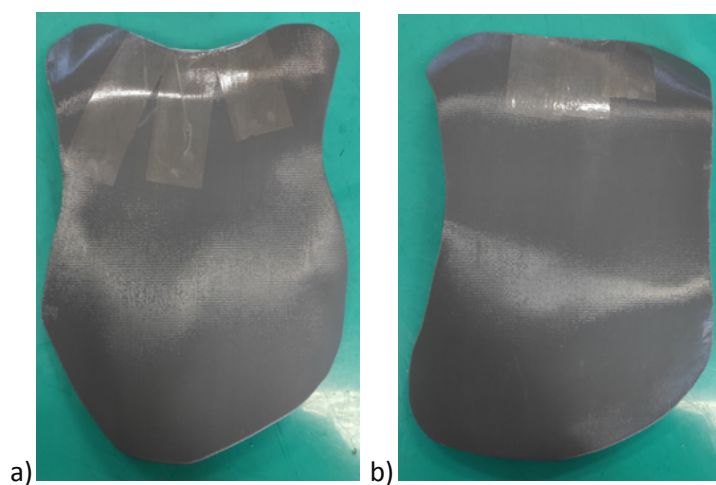
- **Nárazová vrstva (Stopper):** Je tvořena keramikou na bázi **karbidu křemíku (SiC)**. Tato volba byla učiněna na základě balistických testů zohledňujících požadavek na vícenásobný zásah (MultiHit) a potřebu tvarování do komplexnějších struktur. SiC poskytuje optimální poměr mezi tvrdostí, cenou a hmotností oproti alternativám jako B4C (křehčí) nebo Al₂O₃ (příliš těžká). Tloušťka keramiky byla stanovena v několika variantních provedeních dle požadované třídy ochrany a cílové hmotnosti ochranného prostředku.
- **Podpurná vrstva (Backing):** Skládá se z houževnatých kompozitních materiálů, konkrétně z vysokopevnostního polyethylenu (**PE**). Počet vrstev PE tkaniny v různých konfiguracích přímo ovlivňuje schopnost zastavení projektilu, disipaci energie a hmotnost ochranného prostředku.

3. Anatomická optimalizace a ergonomický design (Iterace DOCTOR)

Vývoj tvaru probíhal v několika iteracích za využití digitálních CAD modelů a 3D tisku prototypů v plné tloušťce. Klíčovými poznatky z testování s příslušníky speciálních jednotek (skupina **COMMANDOS**) byla úprava geometrie tak, aby panel neomezoval v pohybu:

- **Úprava ramen a klíčních kostí:** Zúžení v horní části pro lepší nahození zbraně do střelecké pozice a eliminaci tlaku na klíční kosti.
- **Břišní část:** Změna zakřivení a délky spodní hrany, aby panel při sezení (např. při transportu ve vozidle) netlačil do spodní části břicha.

- **Lopatky a záda:** Optimalizace zadního panelu pro snížení tlaku na lopatky a zlepšení komfortu při nošení těžkých tlumoků.



Obr.1: Plát a) přední, b) zadní, velikost L



Obr.3.: Sestava plátů v nosiči a) pohled zepředu, b) pohled zezadu

4. Technické parametry

Vzorky byly podrobeny laboratornímu i polnímu testování

- **Testované konfigurace:** Hmotnost vzorků se pohybuje od 2,6 kg do 3,3 kg dle třídy odolnosti pro velikost Large (L).



Obr. Ukázka testování upraveného plátu, Proband 3 s výstrojí



Obr. Ukázka testování upraveného plátu, Proband 3 s tlumokem