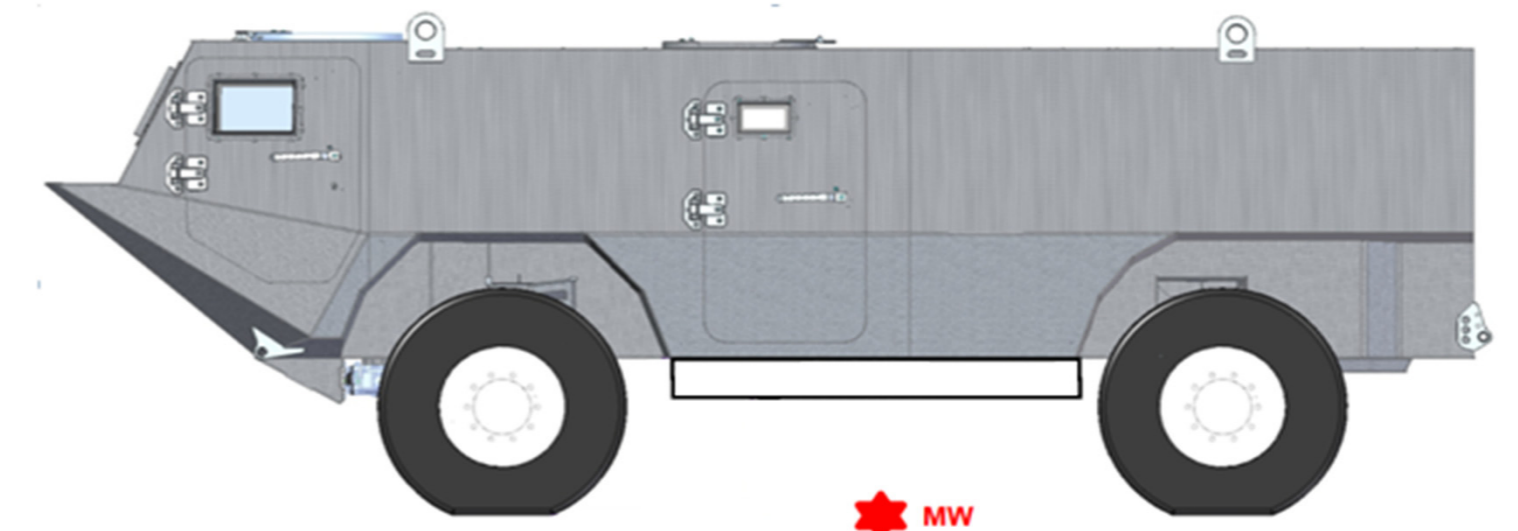


OPRACOWANIE I ANALIZA NUMERYCZNA ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH ROZPRASZAJĄCYCH OBCIĄŻENIA UDAROWE PRZEKAZYWANE NA ŻOŁNIERZA W POJEŹDZIE WOJSKOWYM

Przeprowadzono symulacje numeryczne w celu zbadania wybranego rozwiązania konstrukcyjnego rozpraszającego obciążenie udarowe dla danej grupy urazów.

Aspekt techniczny badań: doposażenie pojazdu o dodatkowe systemy ochronne

Aspekt medyczny: ochrona i przetrwanie żołnierza na polu walki



Walidacja

Walidacja odbyła się na podstawie badań eksperymentalnych z Protokołu z badań nr 94/LIM/2018.

Skupiono się na podłodze pod nogami załoganta oraz na jego kończynach dolnych, ze względu na to, że są to miejsca najbardziej narażone na oddziaływanie fali wybuchu.

Część ciała	Jednostka	Eksperyment	Analiza numeryczna	Różnica [%]
Kość udowa	kN	0,88	1,11	26
Kość piszczelowa		7	5,79	20
PODŁOGA POD KOŃCZYNAMI DOLNYMI				
		Eksperyment	Analiza numeryczna	Różnica [%]
Max. przemieszczenie [mm]		35	29,4	19

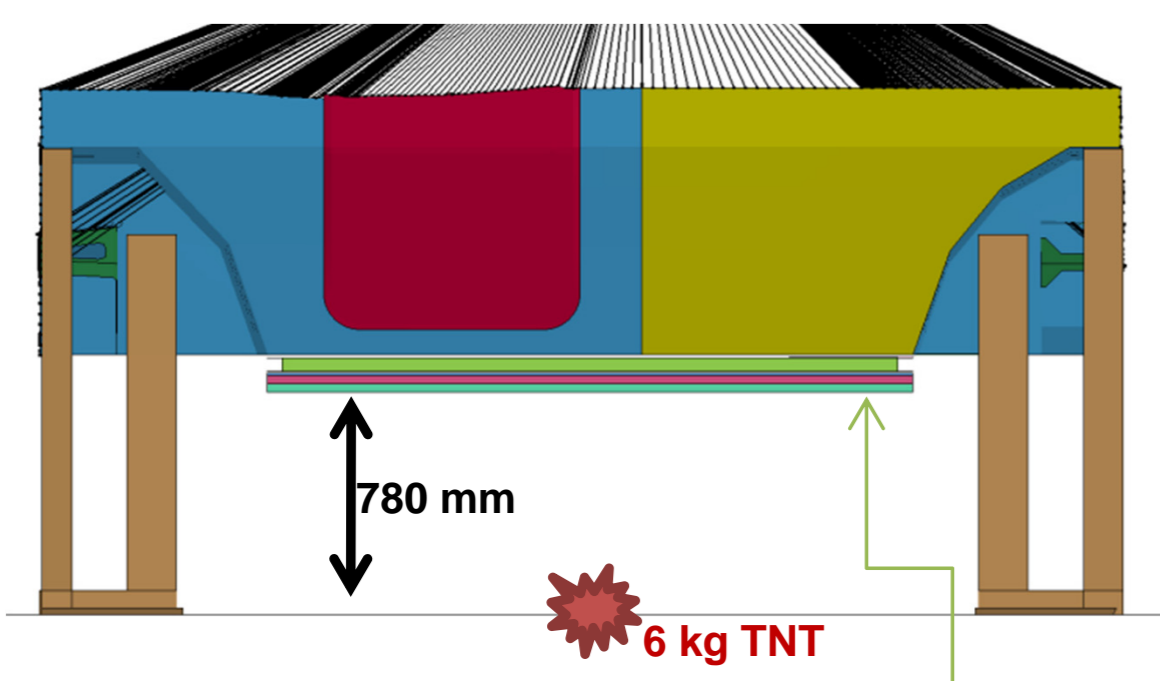
- Różnice sił w piszczeli oraz w udzie wynosiły około 20%, co w tego typu szybkozmiennych procesach jest wartością akceptowalną. Podobną różnicę zaobserwowano w przypadku przemieszczenia maksymalnego podłogi pomiędzy nogami załoganta – tj. 20%.
- Różnice te mogą wynikać m.in. szeregu uproszczeń zastosowanych w modelu numerycznym tj. rozmieszczenie mas skupionych, brak uwzględnienia okien i drzwi, konstrukcją fotela i pasów bezpieczeństwa,
- Walidacja potwierdziła poprawność opracowanych modeli.

WNIOSKI

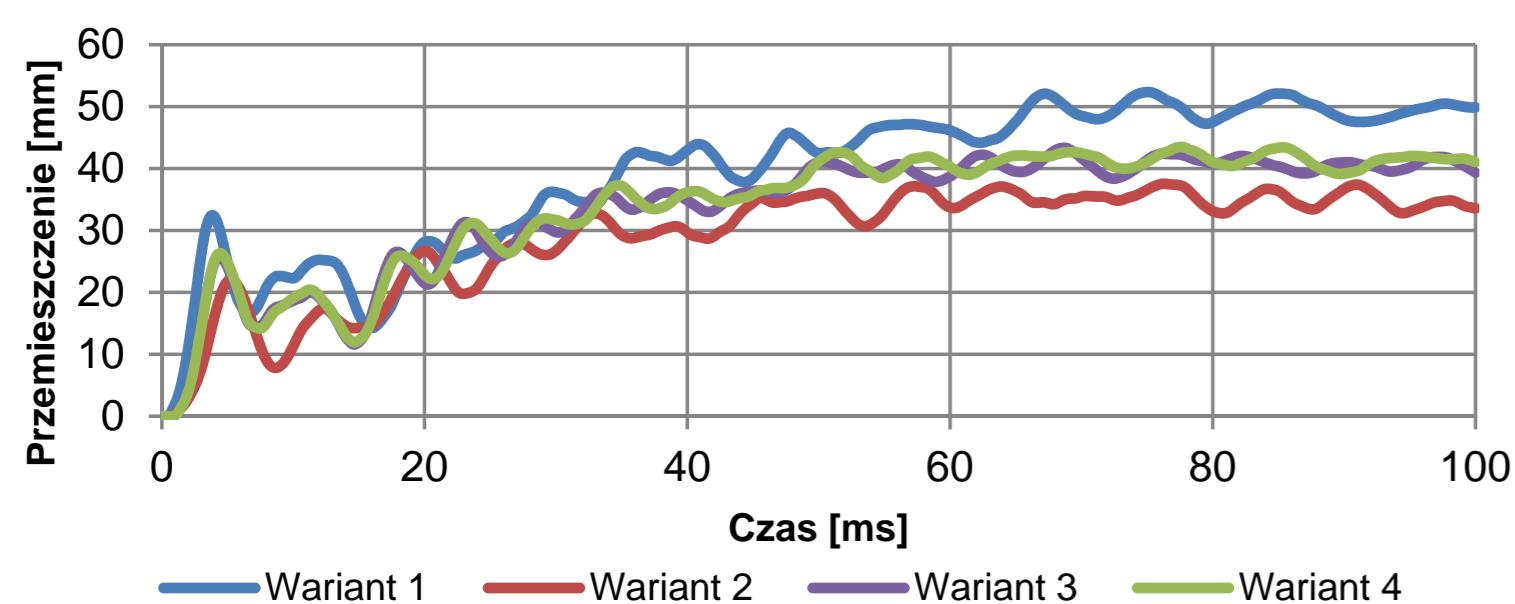
- Opracowano modele i przeprowadzono symulacje numeryczne, na podstawie których wytypowano wielowarstwową strukturę energochłonną mogącą stanowić doposażenie pojazdu zwiększające ochronę i przetrwanie żołnierza na polu walki,
- W Etapie I, symulacje numeryczne energochłonności układów wskazały przewagę materiałów o niskiej gęstości (posiadają kilkukrotnie większą jednostkową zdolność do absorbowania energii) nad tradycyjnymi materiałami wykorzystywanymi w osłonach balistycznych,
- W Etapie II, ocena skuteczności wytypowanego panelu energochłonnego, na podstawie analizy wybranych czynników biomechanicznych potwierdziła możliwość zwiększenia poziomu ochrony, a tym samym przetrwania na polu walki żołnierza w pojeździe wojskowym.

Etap I: Badanie wielowarstwowego panelu energochłonnego

Celem Etapu I było zbadanie i wybór najbardziej efektywnego systemu ochronnego w postaci struktury wielowarstwowej. Opracowano uproszczony model lekkiego pojazdu opancerzonego o masie 11 ton.



- Wariant 1: model referencyjny (pojazd bez systemu ochronnego)
- Wariant 2: płyta pancerna Armstal
- Wariant 3: panel energochłonny (Cymat)
- Wariant 4: panel energochłonny (Cymat + korek)



Wykres. Przesunięcie podłogi pod kończynami dolnymi załoganta w funkcji czasu

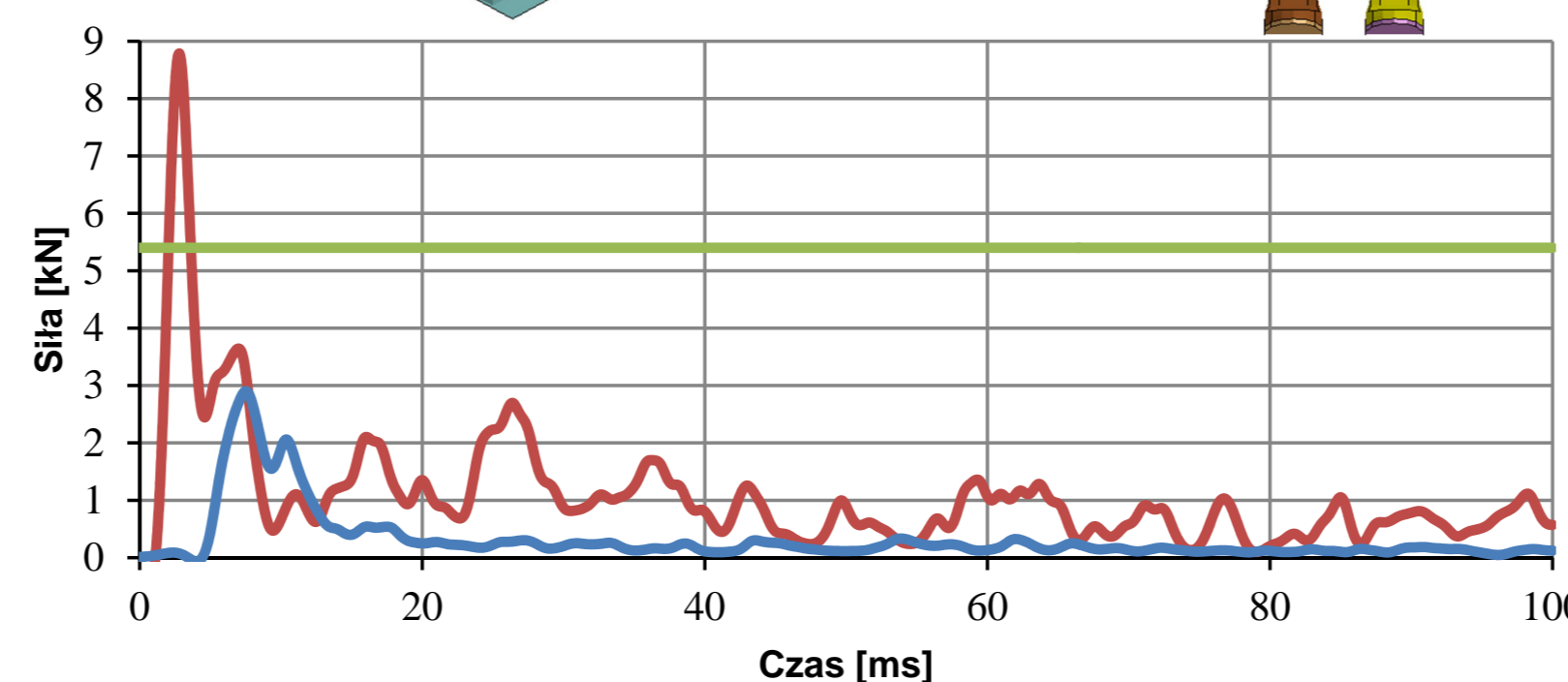
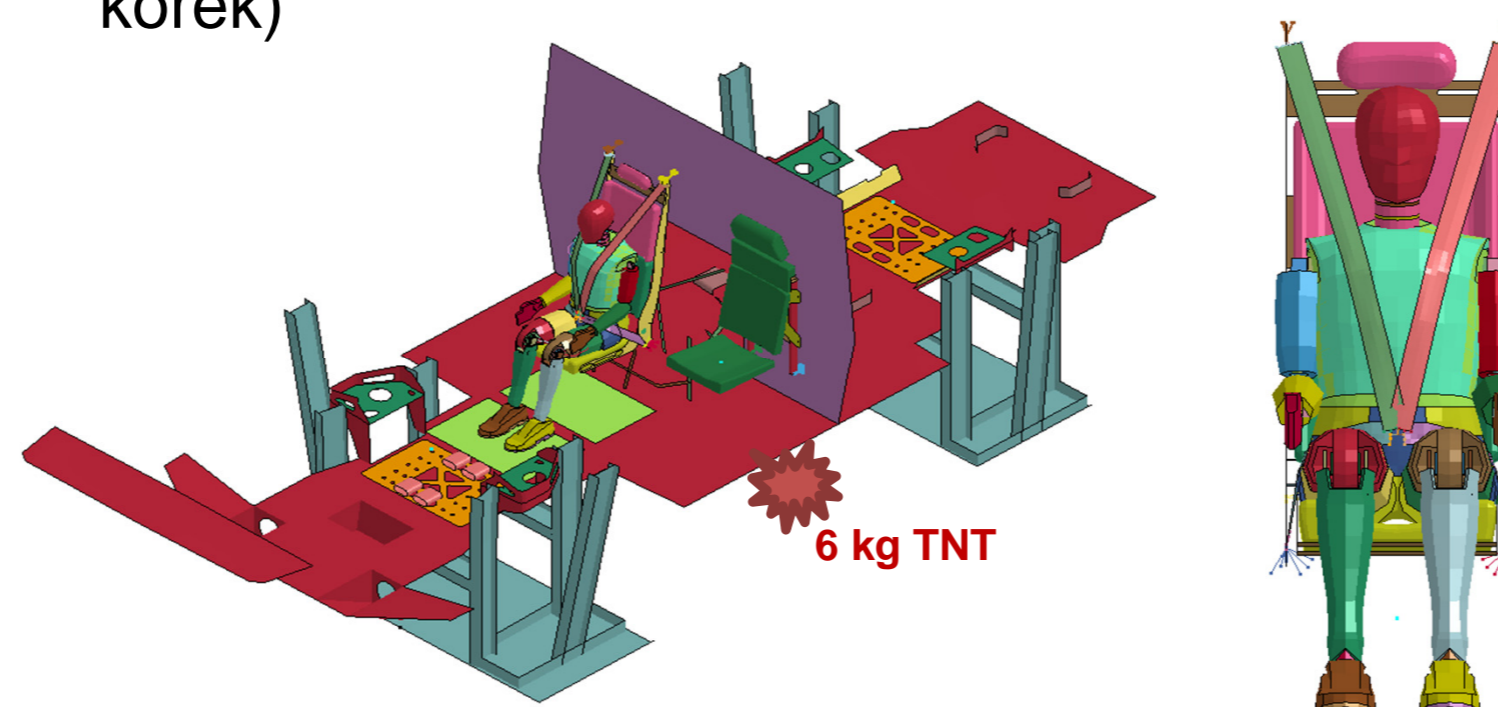
	Max. energia wewnętrzna [J]	Masa systemu ochronnego [kg]	Pochłonięta en. przez 1 kg systemu ochr.
Wariant 1	48700	-	-
Wariant 2	27300	303,088	90,73
Wariant 3	542000	69,5	7798,56
Wariant 4	572000	58,88	9727,89

- Do największej redukcji mierzonych wartości dochodzi w Wariacie 2, co jest spowodowane dużą sztywnością układu i jego geometrią,
- Pochłonięcie energii uderzeniowej w Wariacie 2 jest ponad 100 krotnie mniejsze niż w panelu energochłonnym wykonanym w Wariacie 4,
- Pochłonięta energia w odniesieniu do 1kg masy systemu ochronnego dla Wariantu 4 jest o 2000 J/kg większa niż dla Wariantu 3,
- Do dalszych analiz wytypowano Wariant 4 charakteryzujący się największą energochłonnością w odniesieniu do jednostkowej masy.

Etap II: Badanie obciążenia udarowego przekazywanego na żołnierza

Celem Etapu II była ocena skuteczności wytypowanego panelu energochłonnego na podstawie analizy wybranych czynników biomechanicznych u żołnierza znajdującego się w pojeździe opancerzonym.

- Wariant 1: model referencyjny
- Wariant 4: panel energochłonny (Cymat + korek)



Wykres. Siła wygenerowana w prawym piszczelu w funkcji czasu

	Jednostka	Wariant 1	Wariant 4	Redukcja [%]
Stopa prawa	kN	18	5,87	67,4
Piszczał prawy		17,9	5,79	67,7
Miednica		2,18	1,11	49,1
Szyja		1,88	1,55	17,6

- Na podstawie wskaźnika przeżywalności wg NATO AEP-55:
 - siły w piszczelach nie przekraczają wartości granicznej 5,4kN, ale tylko dla żołnierza znajdującego się w pojeździe z panelem energochłonnym. Siły w piszczelach żołnierza w pojeździe referencyjnym są trzykrotnie większe od tych dopuszczalnych,
 - siła w szyi w obu badanych przypadkach mieszczą się w maksymalnej wartości dopuszczalnej 4 kN przez 0 ms.
- Na podstawie krzywej WSTC stwierdzono, że żołnierz w pojeździe z panelem energochłonnym znajduje się w obszarze życia: 48,3 g do 113 g. Niebezpieczny przedział, obszar śmierci wynosi około 150 g. W modelu referencyjnym przyspieszenia zawierały się w przedziale od 93,4 g do 804 g.

Specjalność: TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII MECHANICZNEJ