



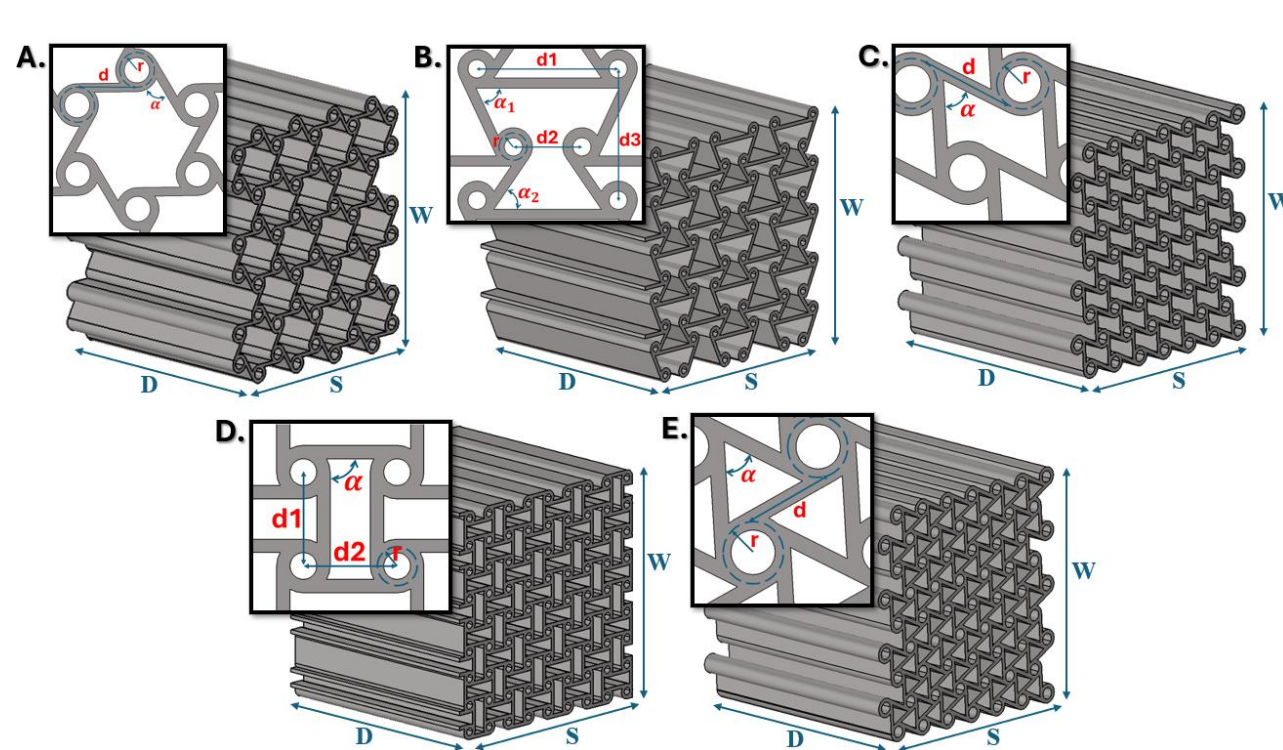
Badania numeryczne paneli balistycznych o różnych topologiach struktury wewnętrznej

Wstęp

Głównym celem zrealizowanych badań numerycznych była ocena zjawiska penetracji paneli balistycznych o różnej topologii struktury wewnętrznej. Do testów wytypowano pięć struktur komórkowych o właściwościach auksetycznych. Oceny ich skuteczności dokonano w oparciu o trzeci poziom normy STANAG 4569 (pocisk 7.62x54 mm B32). Analizowano zdolność każdej z topologii do pochłaniania energii kinetycznej pocisku oraz odporność na przebicie.

Budowa modeli numerycznych

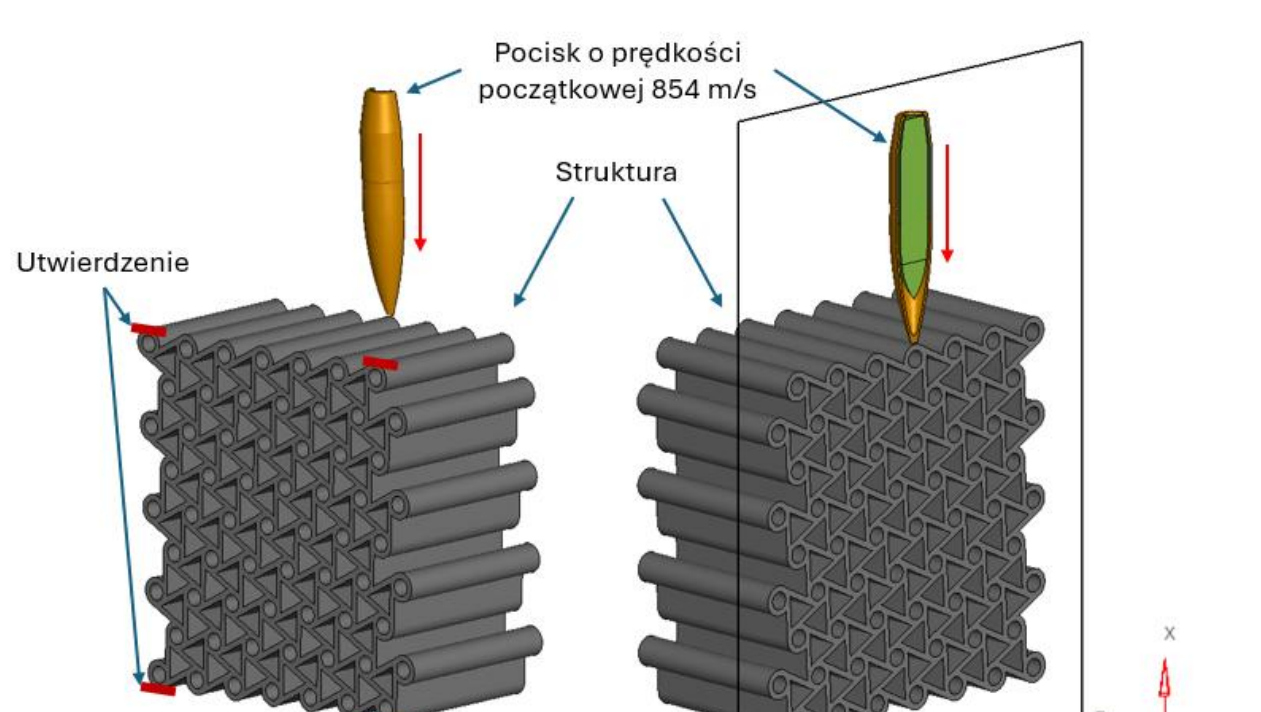
Symulacje numeryczne uderzenia pocisku 7.62x54 mm w pięć typów struktur chiralnych (A. TRI, B. ATRI, C. TET, D. ATET, E. HEX) przeprowadzono w środowisku LS-Dyna. Całą geometrię zdyskretyzowano za pomocą siatki heksagonalnej o rozmiarze ok. 0.2 mm. Strukturom przypisano właściwości stali M300. Do odwzorowania zachowania materiałów podczas zjawisk szybkościennych wykorzystano model konstytutywny Johnsona-Cooka. Pocisk składał się ze stalowego płaszcza, ołowianej koszulki oraz utwardzanego rdzenia stalowego. Parametry zniszczenia tego rdzenia zostały precyzyjnie dobrane w sposób iteracyjny, na podstawie dodatkowych symulacji kalibracyjnych – dzięki którym rdzeń został podzielony na dwie części wierzchołek oraz pozostała jego część, przypisując im dodatkowe parametry zniszczenia numerycznego. Zgodnie z 3 poziomem normy STANAG 4569, pociskowi nadano prędkość początkową równą 854 m/s. Struktury zostały utwierdzone w narożach. Symulacje wykonano w dwóch wariantach: uderzenie w węzeł struktury oraz żebro.



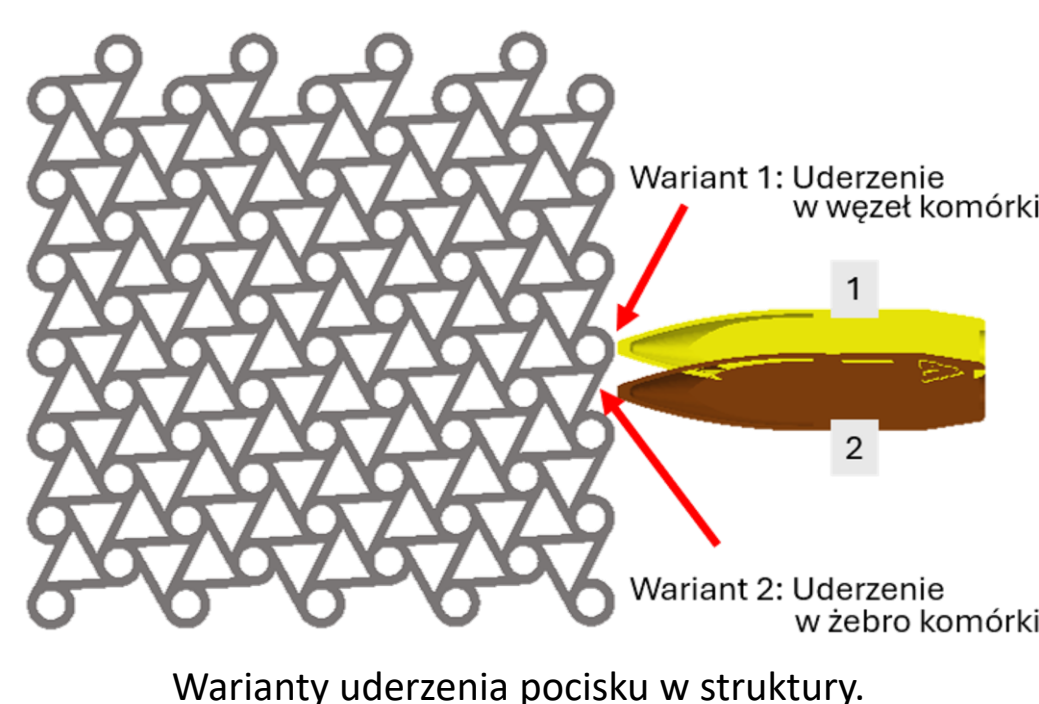
Wykonane topologie struktur: A. TRI, B. ATRI, C. TET, D. ATET, E. HEX.

Topologia:	TRI	ATRI	TET	ATET	HEX
Wymiar:					
Długość (D) [mm]	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Szerokość (S) [mm]	60.4	63.4	60.7	61.5	60.7
Wysokość (W) [mm]	68.3	63.5	59.8	59.6	59.8
d / d1 [mm]	7.0	14.0	7.0	7.0	7.0
d2 [mm]	-	6.8	-	7.0	-
d3 [mm]	-	13.0	-	-	-
r [mm]	1.95	1.5	1.95	1.5	1.95
α / α_1 [°]	120.0	65.0	60.0	90.0	60.0
α_2 [°]	-	55.6	-	-	-
Grubość żebra [mm]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

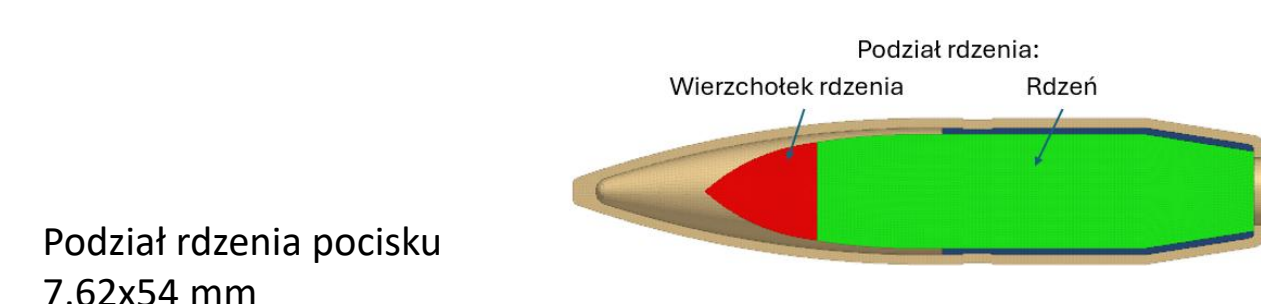
Wymiarowanie struktur komórkowych.



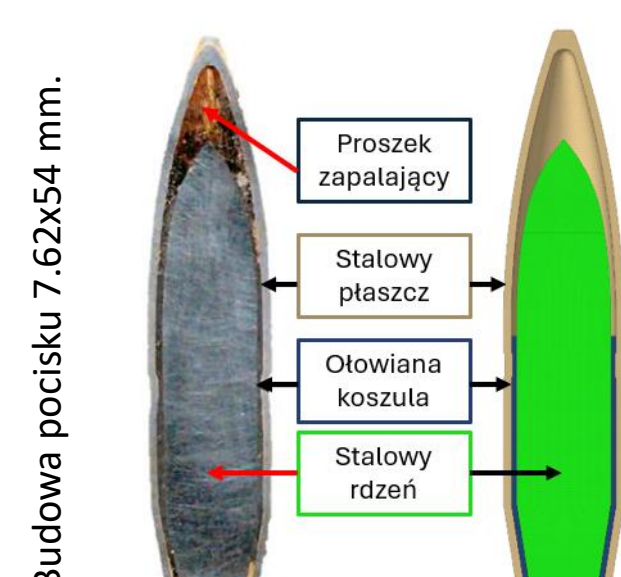
Model numeryczny uderzenia pocisku 7.62x54 mm w struktury komórkowe.



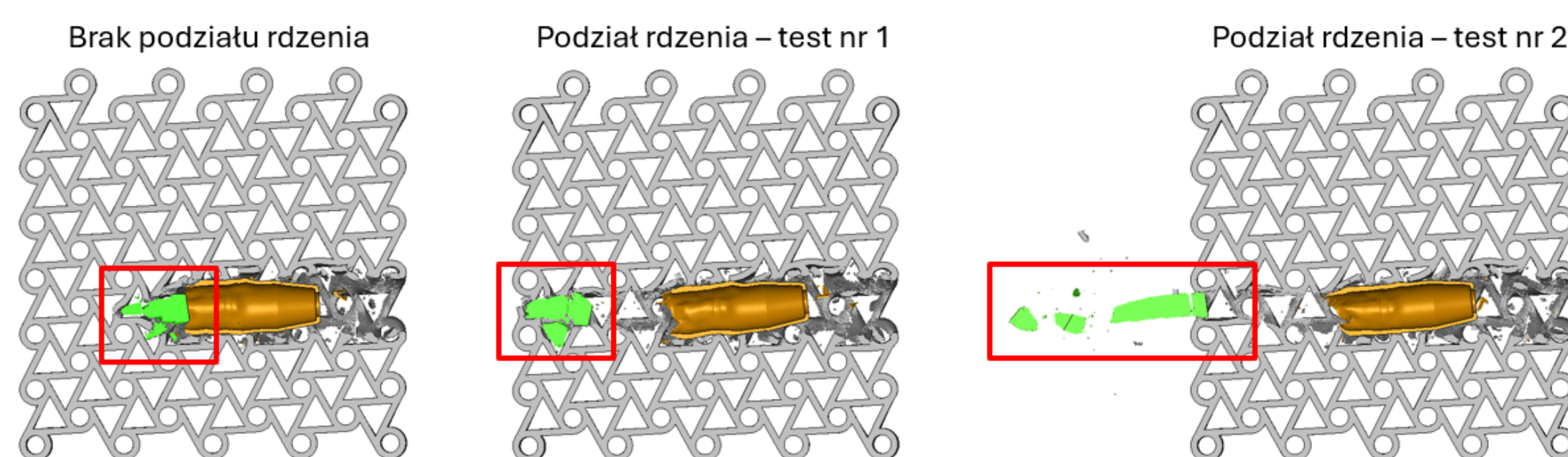
Warianty uderzenia pocisku w strukturę.



Podział rdzenia pocisku 7.62x54 mm



Budowa pocisku 7.62x54 mm.



Dodatkowe symulacje pozwalające na dobór parametrów zniszczenia numerycznego

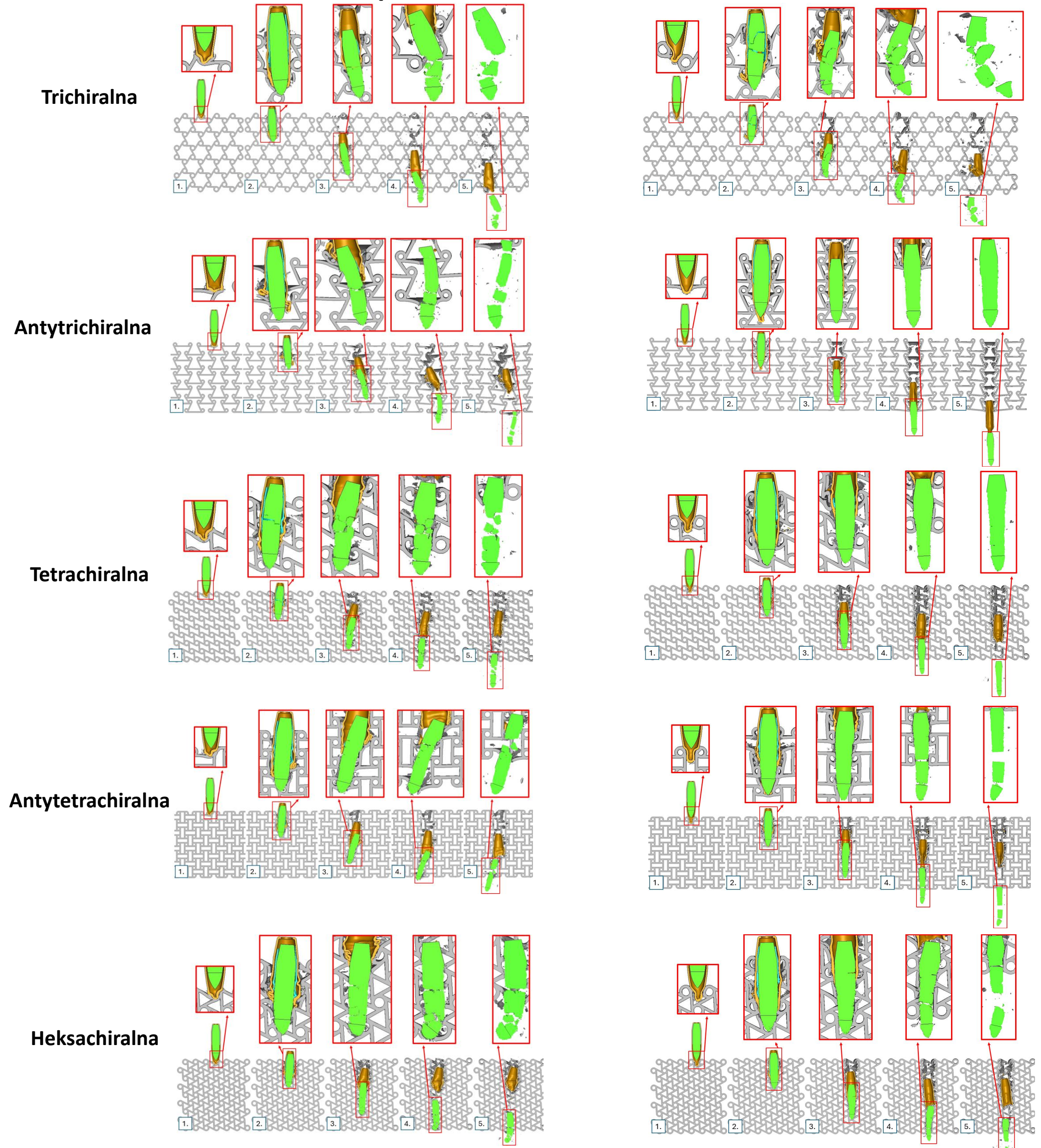
Wyniki analiz numerycznych

Przeprowadzono analizy numeryczne penetracji wytypowanych struktur komórkowych przez pocisk kalibru 7.62x54 mm, rozpatrując dwa miejsca trafienia. Wszystkie struktury uległy perforacji. Uderzenie w węzeł struktury, we wszystkich badanych przypadkach, skutkowało fragmentacją rdzenia pocisku. Z kolei uderzenie w żebro charakteryzowało się odmienną mechaniką zniszczenia i w części topologii nie doprowadziło do fragmentacji rdzenia.

Wariant uderzenia:

I. Węzeł

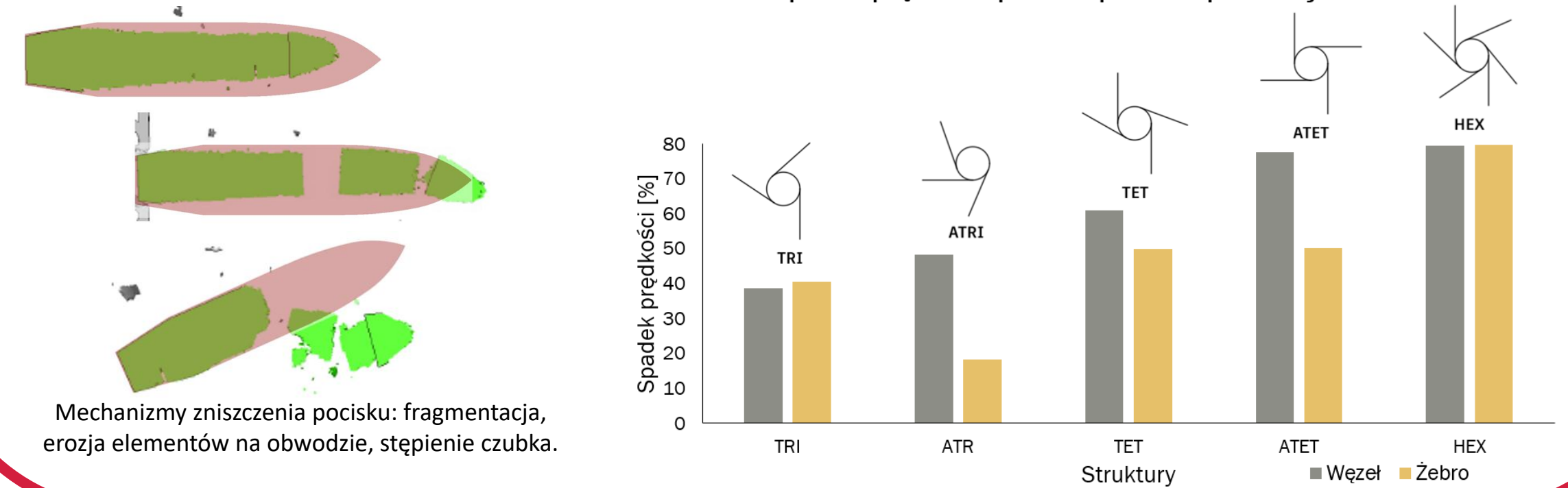
II. Żebro



Wnioski

- Wszystkie struktury uległy perforacji.
- Najwyższą efektywnością balistyczną wykazała się struktura heksachiralna. Spadek prędkości pocisku dla obu wariantów uderzenia wyniósł ok. 80%.
- Mimo perforacji celu, uderzenie w węzeł struktury powoduje fragmentację rdzenia pocisku i redukcję jego masy. Analizy wykazały asymetryczne obciążenie rdzenia generowane przez topologie: co doprowadziło do fragmentacji poprzez zginanie oraz ścinanie, stępienie wierzchołka, erozję elementów na obwodzie.
- Przeprowadzone analizy numeryczne wymagają walidacji badaniami eksperymentalnymi.

Spadek prędkości pocisku podczas perforacji struktur



Mechanizmy zniszczenia pocisku: fragmentacja, erozja elementów na obwodzie, stępienie czubka.

Specjalność: **TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII MECHANICZNEJ**