



Opracowanie oraz analiza numeryczna wybranej topologii struktury komórkowej o właściwościach auksetycznych

Wstęp

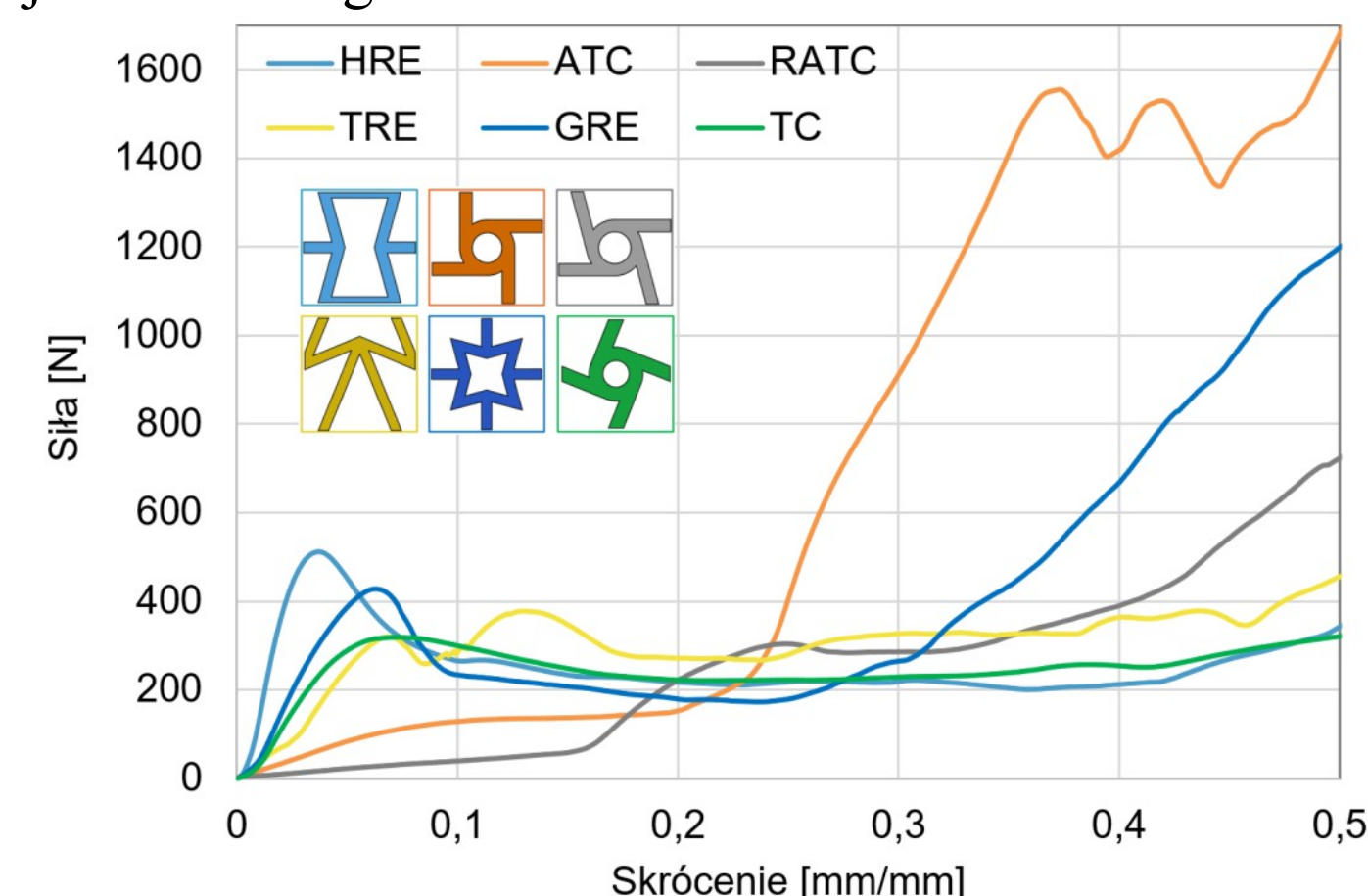
Celem pracy było opracowanie i badanie topologii struktur komórkowych o właściwościach auksetycznych zaprojektowanych na dwa sposoby: przy zachowaniu stałej grubości ścianki (SGS) oraz przy zachowaniu stałej wielkości komórki elementarnej (SWK).

Spośród istniejących topologii struktur auksetycznych wybrano sześć topologii 2D i opracowano ich modele geometryczne. Następnie struktury te wytworzono za pomocą technologii addytywnej. Wykonano badania materiałowe oraz przeprowadzono testy jednoosiowego ściskania wytworzonych struktur. Przeprowadzono korelację modelu materiałowego i przygotowano modele numeryczne. Zbadano również wpływ wielkości siatki na wyniki analizy.

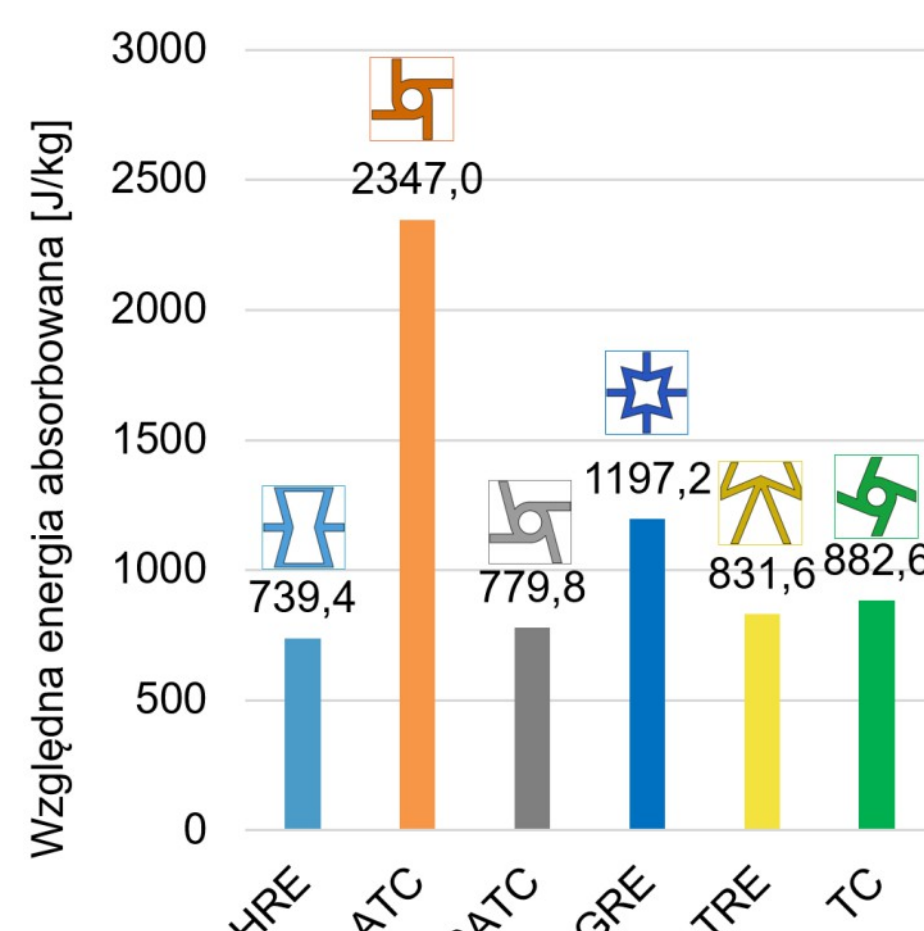
Kluczowym aspektem badań było porównanie opracowanych topologii struktur pod względem zdolności do pochłaniania energii, zestawienie wyników uzyskanych na drodze eksperymentu oraz analiz numerycznych, a także ocena różnic wynikających z dwóch różnych podejść do projektowania struktur komórkowych.

Badania eksperymentalne

Struktury zaprojektowane przy zachowaniu SGS wytworzono przy pomocy drukarki 3D Formlabs Form 3 (SLA) z materiału Durable firmy Formlabs i poddano testom ściskania jednoosiowego.



Charakterystyka siły w funkcji skrócenia dla struktur o SGS uzyskana na podstawie testów eksperymentalnych

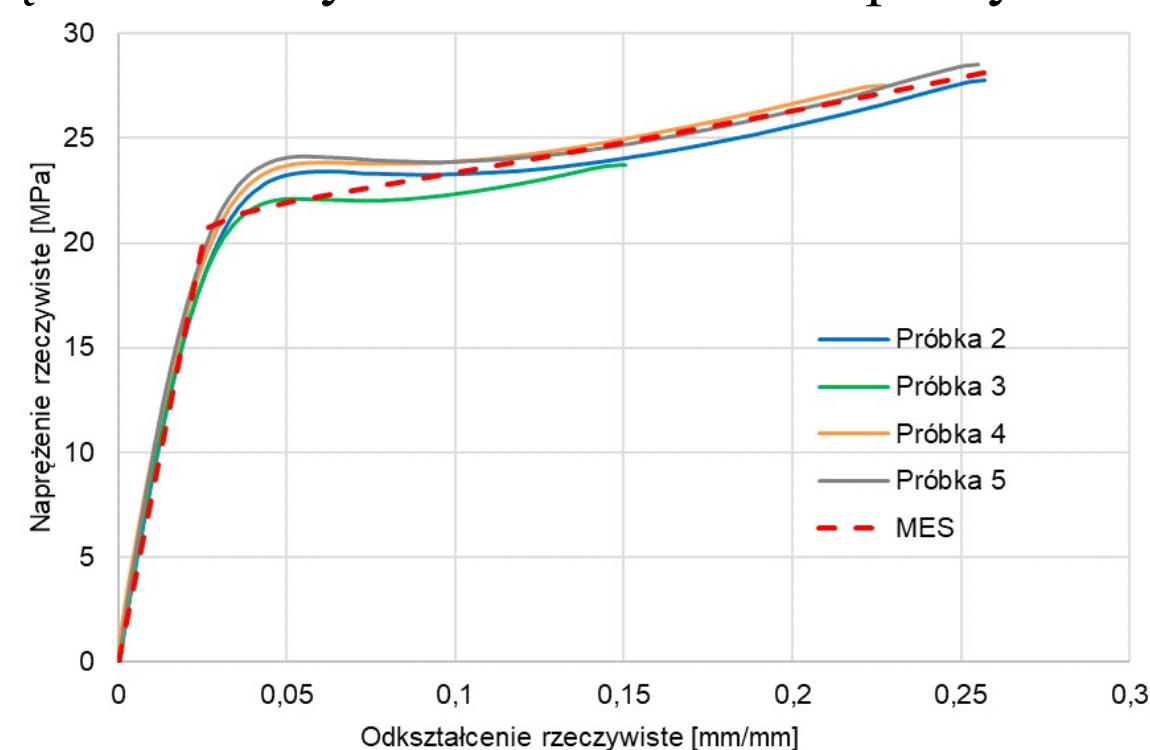


Porównanie wartości względnej energii absorbowanej przy 50% skrócenia

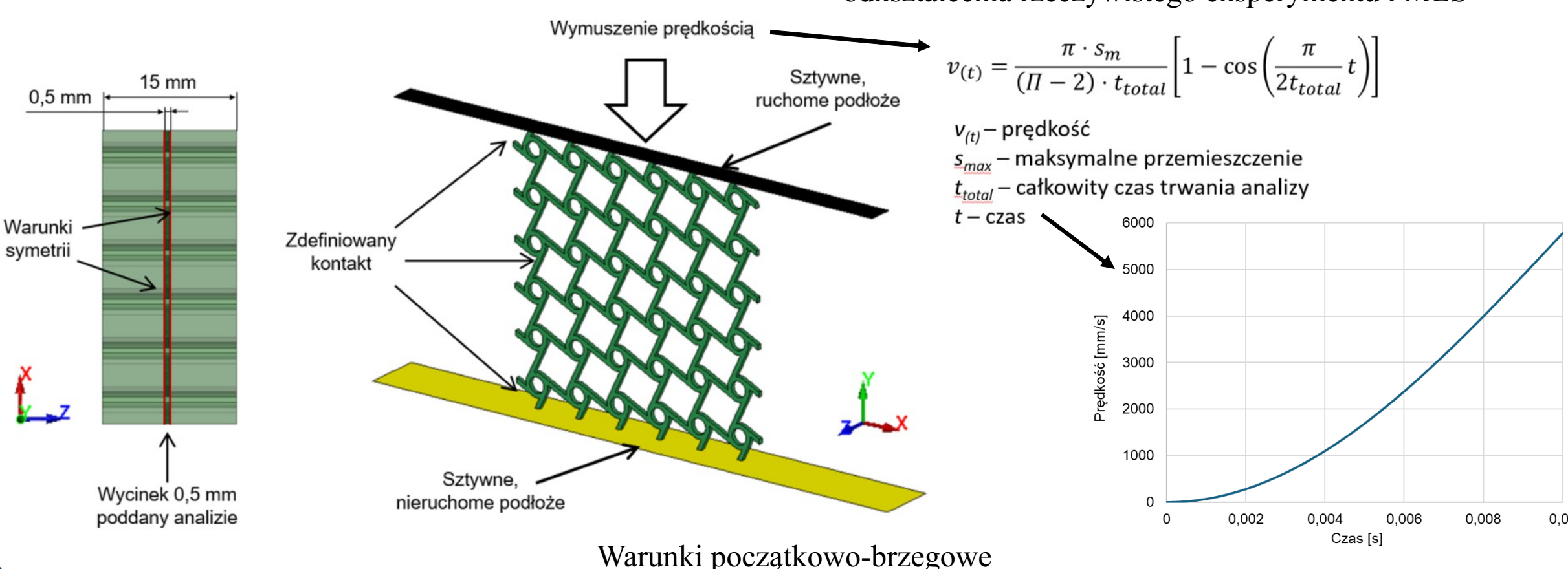
Korelacja modelu materiałowego i modele numeryczne

W celu określenia właściwości użytego materiału przeprowadzono statyczną próbę rozciągania. Próbkę zaprojektowano zgodnie z normą PN-EN ISO 527:2012, jednak ze względu na ograniczenia technologiczne wymiary próbek zostały zmniejszone o 30%. Następnie przeprowadzono korelację modelu materiałowego. Zastosowano sprężysto-plastyczny model materiału, w którym wykorzystano krzywą naprężenie rzeczywiste-odkształcenie plastyczne.

Przeprowadzono nieliniową analizę numeryczną z użyciem oprogramowania LS-Dyna, stosując podejście jawne. W analizach numerycznych struktury były ściskane identycznie jak w przypadku testów eksperymentalnych, tzn. do 50% pierwotnej wysokości próbki. Ruch górnej płyty wymuszono prędkością.



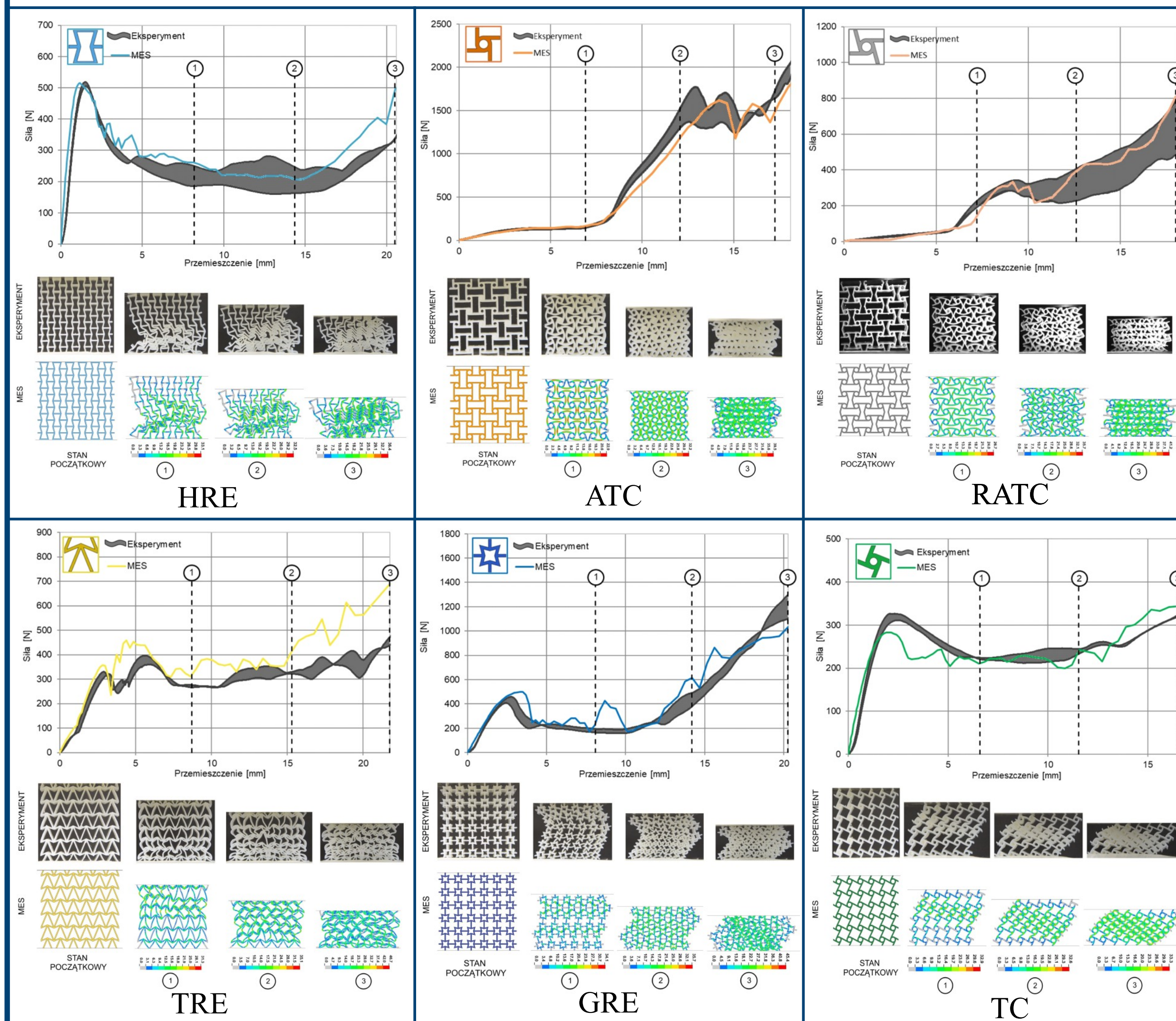
Porównanie krzywych naprężenia rzeczywistego od odkształcenia rzeczywistego eksperymentu i MES



Specjalność: **TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII MECHANICZNEJ**

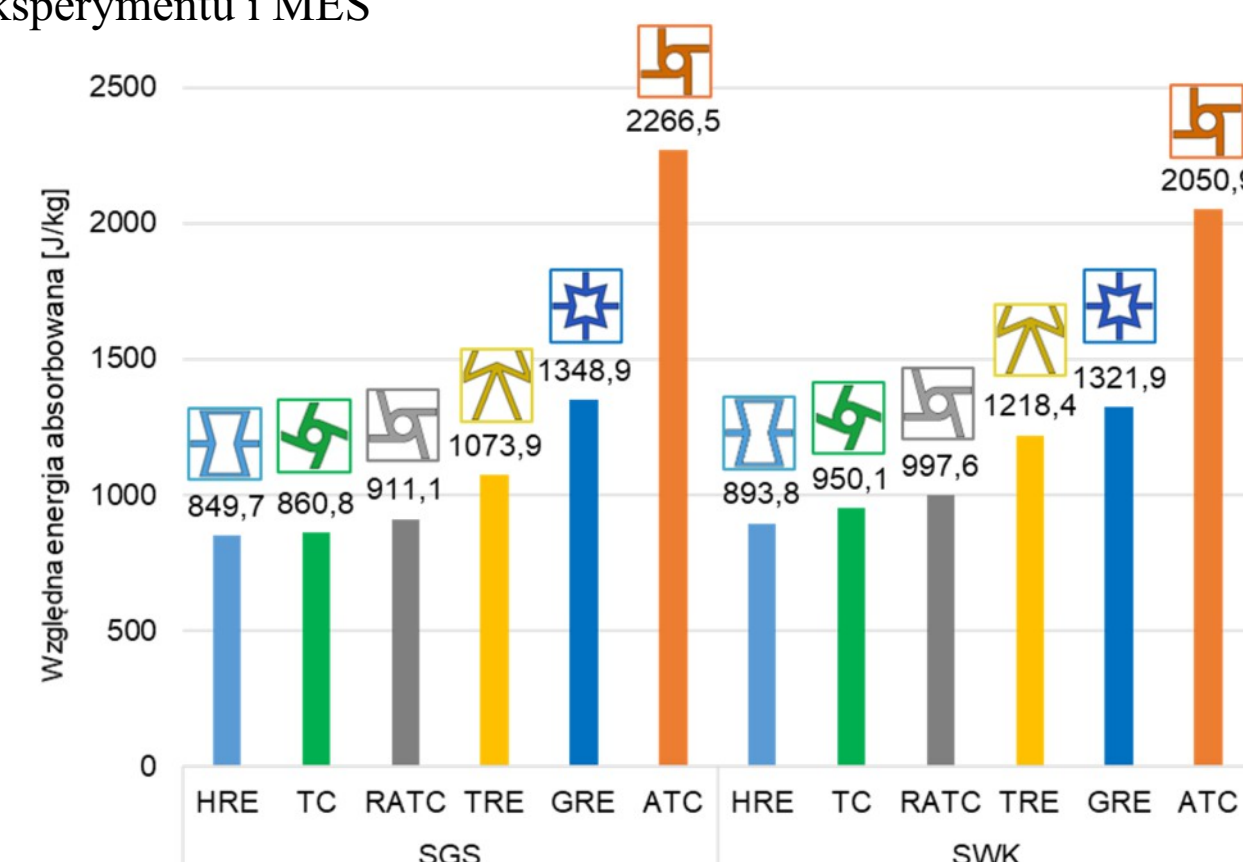
Analizy MES

Przeanalizowano i porównano wyniki uzyskane w eksperymencie oraz symulacjach numerycznych. Uzyskano dobrą zgodność zachowania zaprojektowanych struktur podczas ściskania oraz dopasowania krzywych siła-przemieszczenie.



Porównanie wykresów siły w funkcji przemieszczenia oraz etapów deformacji uzyskanych na drodze eksperymentu i MES

Przeprowadzono dodatkowe studium numeryczne dla opracowanych struktur auksetycznych o SWK. Przeanalizowano i porównano wpływ metody projektowania topologii struktur auksetycznych na ich zachowanie podczas testu jednoosiowego ściskania oraz na zdolność do pochłaniania energii.



Porównanie uzyskanych wartości względnej energii absorbowanej w analizie MES dla struktur o SGS i SWK

Wnioski

- Topologie TRE i GRE uzyskały wyższą wartość pochłoniętej energii, jednak bardzo wcześnie doszło w nich do densyfikacji materiału, co jest zjawiskiem niepożądanym.
- Najlepsze wyniki w eksperymencie osiągnęła topologia TC, która pochłonęła najwięcej energii, jednocześnie zachowując długi region plateau.
- Najmniejszą zdolność do pochłaniania energii wykazała topologia HRE, zarówno w analizach numerycznych, jak i testach eksperymentalnych.
- Obie metody projektowania pozwalają na wiarygodne porównanie topologii struktur auksetycznych pod względem sposobu deformacji oraz zdolności do pochłaniania energii. Jednak ze względu na pewne różnice między nimi, kluczowe jest konsekwentne stosowanie jednej wybranej metody.
- Zastosowany materiał wykazuje wysoką odporność na pękanie, nawet przy dużych odkształceniach oraz zdolność do pełnego odzyskiwania pierwotnego kształtu po odciążeniu, takie właściwości mogą być wykorzystane w elementach pochłaniających energię przy wielokrotnych obciążeniach, należałoby jednak przeprowadzić dodatkowe testy wielokrotnego ściskania.