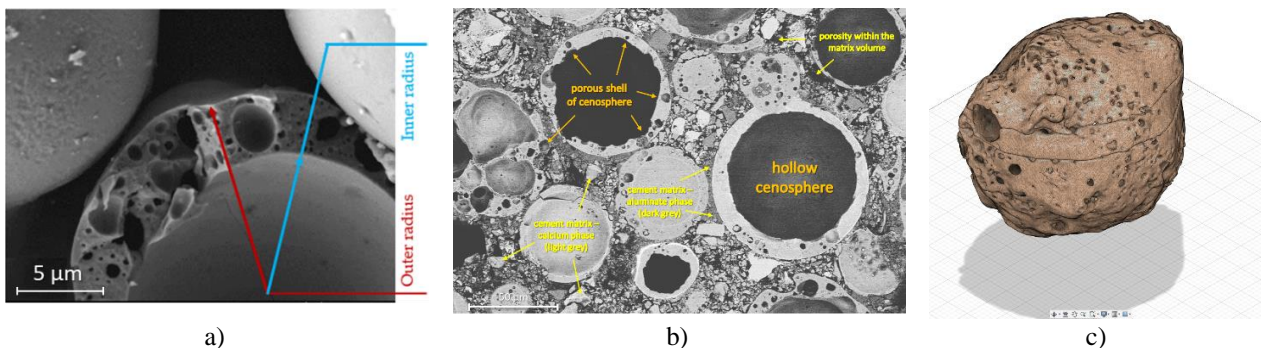


# Wieloskalowa analiza multifizycznych właściwości nowych zrównoważonych energetycznie kompozytów. Badania eksperymentalne i modelowanie.

## Streszczenie Popularnonaukowe Projektu

Zrównoważone energetyczne materiały kompozytowe stanowią nowoczesne rozwiązanie dla współczesnych potrzeb inżynierskich, oferując ulepszone właściwości mechaniczne i trwałość, jednocześnie wspierając efektywność energetyczną i neutralność środowiskową. Zastosowanie różnego rodzaju wzmocnienia, np. cenosfer aluminosilikatowych (rysunek 1a) do kompozytów cementowych pozwala na uzyskanie obiecującej równowagi pomiędzy zredukowaną przewodnością termiczną a odpowiednią wytrzymałością na ściskanie, czyniąc je realną alternatywą dla tradycyjnych materiałów. Prezentowane kompozyty zapewniają praktyczne zastosowanie, opłacalność i efektywność, wspierając tym samym procesy przemysłowe w redukcji strat ciepła i poprawie efektywności energetycznej.

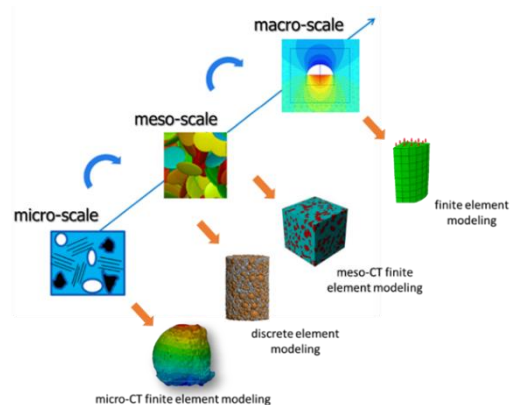
Mimo swojej atrakcyjności, zrównoważone energetyczne materiały kompozytowe na osnowie betonowej ze wzmocnieniem (np. cenosferami) są wyzwaniem dla inżynierii materiałowej ze względu na swoją złożoność i nieprzewidywalność. Precyzyjne badania, zwłaszcza w modelowaniu właściwości multifizycznych, takich jak deformacja wraz ze zniszczeniem, przewodność cieplna oraz właściwości akustyczne, są trudnym zadaniem ze względu na skomplikowaną strukturę materiału (rysunek 1b). Wykorzystanie technik badawczych takich jak mikrotomografia komputerowa (ang. *micro-CT*) umożliwia dokładną rekonstrukcję niejednorodnej mikrostruktury 3D materiału (rysunek 1c), ułatwiając dalszą symulację właściwości na różnych skalach. W odróżnieniu od tradycyjnych metod, analiza wieloskalowa uwzględnia jednocześnie modele na różnych poziomach analizy, łącząc efektywność skali makroskopowej z precyzją skal mikroskopowej.



**Rysunek 1.** Mikroskopowe zdjęcia ultralekkich kompozytów z cenosferami wykonane przez Autorów: a) pojedyncza cenosfera, b) mikrostruktura kompozytu i c) przykład rekonstrukcji mikro-CT pojedynczej cenosfery.

W ramach proponowanego projektu naszym celem jest opracowanie, wdrożenie i walidacja modeli numerycznych i analitycznych rozwijanych do przewidywania multifizycznych właściwości innowacyjnych zrównoważonych energetycznych materiałów kompozytowych na różnych skalach, od mikroskopowej, poprzez mezoskopowej po makroskopowej (Rysunek 2). Zakres pracy obejmuje stworzenie wieloskalowego modelu do oceny właściwości mechanicznych, termicznych i akustycznych, wykorzystując różnorodne podejścia numeryczne dostosowane do każdej skali. Finalnym krokiem w podejściu wieloskalowym będzie uzyskanie narzędzia umożliwiającego optymalizację procesu wytwarzania kompozytów.

Modele numeryczne będą weryfikowane przy użyciu wyników z własnych badań eksperymentalnych, skupiających się na charakteryzacji pod kątem mechanicznym, termicznym i akustycznym. Planowa jest dokładna analiza różnych składów mieszanin kompozytowych obejmujących różne proporcje cementu glinokrzemianowego (jako matrycy) i różnych rodzajów dodatków, takich jak cenosfery aluminosilikatowe, granulaty szkła pochodzące z recyklingu o różnych frakcjach oraz granulaty powstałe z produkcji materiałów polistyrylowych.



**Rysunek 2.** Schemat proponowanego wieloskalowego modelu.