

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Metaliczne materiały kompozytowe w aplikacjach lotniczych w tym materiały typu Glare

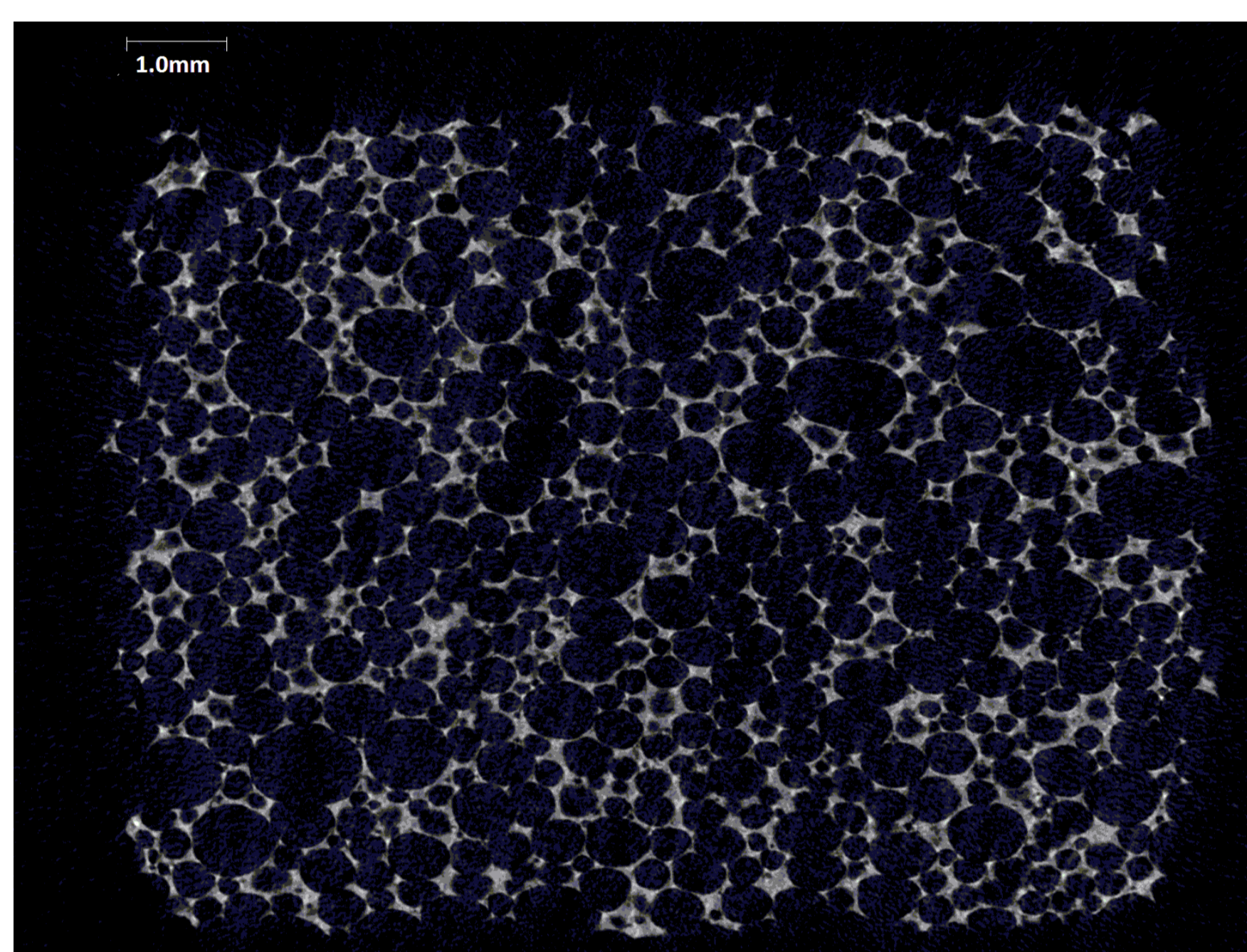
Composite metallic materials in aviation applications (including Glare-type materials)

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Politechnika Śląska, Instytut Lotnictwa w Warszawie
Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk

Wyniki badań Results

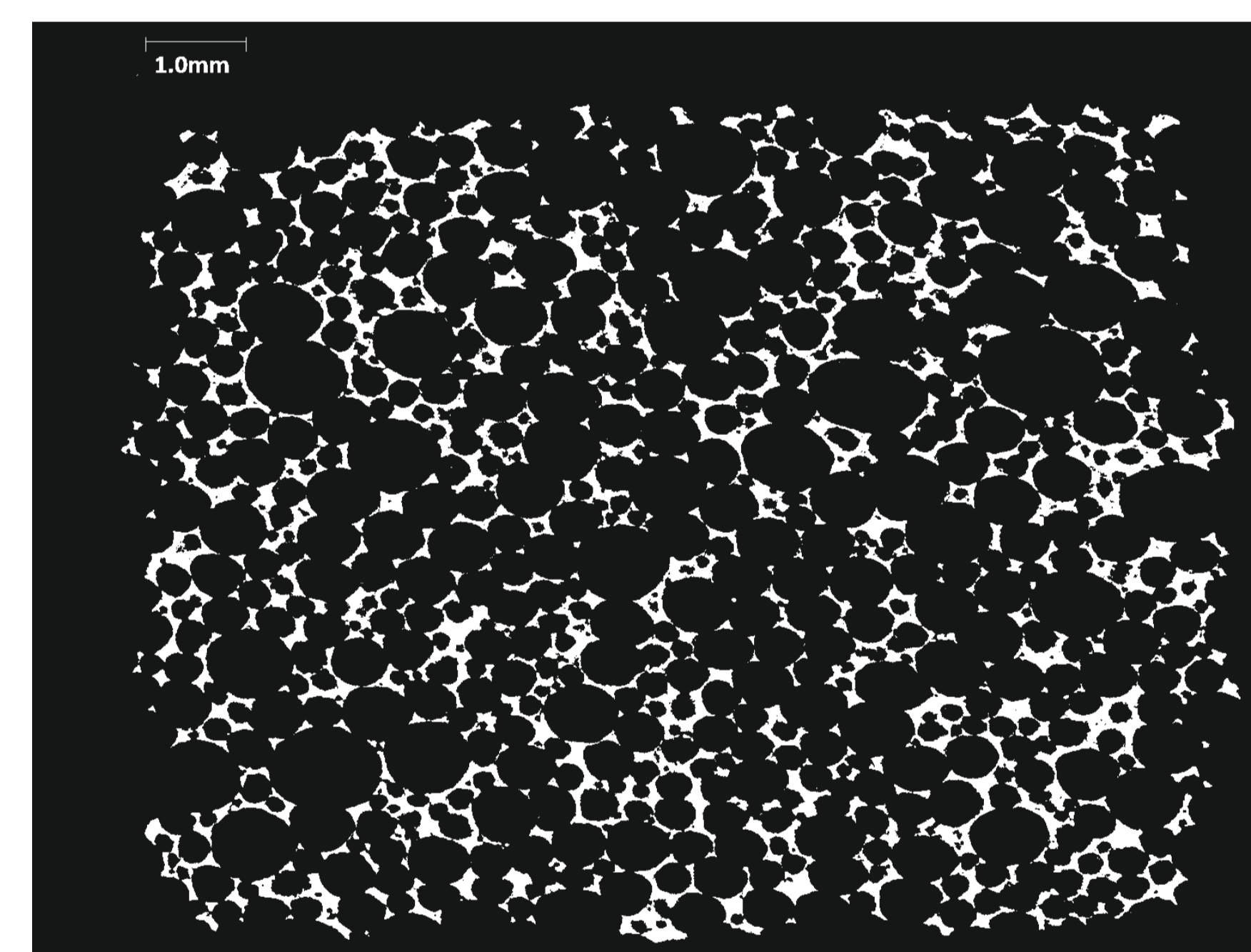
The geometry of the open cell ceramics foam was studied in detail using 3D image analysis. First, the foam sample with porosity 86% was imaged using microtomography. Then, the three-dimensional microstructure was reconstructed from the serial sections by using own program. For the obtained geometries of the foam numerical simulation was carried out to determine elastic constant, e.g. Young modulus.

Dla pianki korundowej o porowatości 86% zostały wykonane badania za pomocą mikrotomografii komputerowej. Mikrotomografia pozwala na dokładne zeskanowanie struktury badanego materiału. Jeden z otrzymanych w wyniku badań obrazów został przedstawiony na rysunku 1. Obraz ten przedstawia przekrój poprzeczny w połowie wysokości badanego materiału. Szereg takich obrazów uzyskanych wzdłuż wysokości próbki pozwala na odtworzenie jej wewnętrznej geometrii. Odpowiednio dobrana wielkość voxla jest podstawowym parametrem mającym wpływ na dokładność uzyskanego obrazu struktury jak i na jej wielkość. Dla rysunku przedstawionego poniżej wielkość voxla wynosi - 0.01mm. Uzyskana rozdzielczość obrazów pozwala badać strukturę piankową o wielkości ok. 10x10x10 mm.



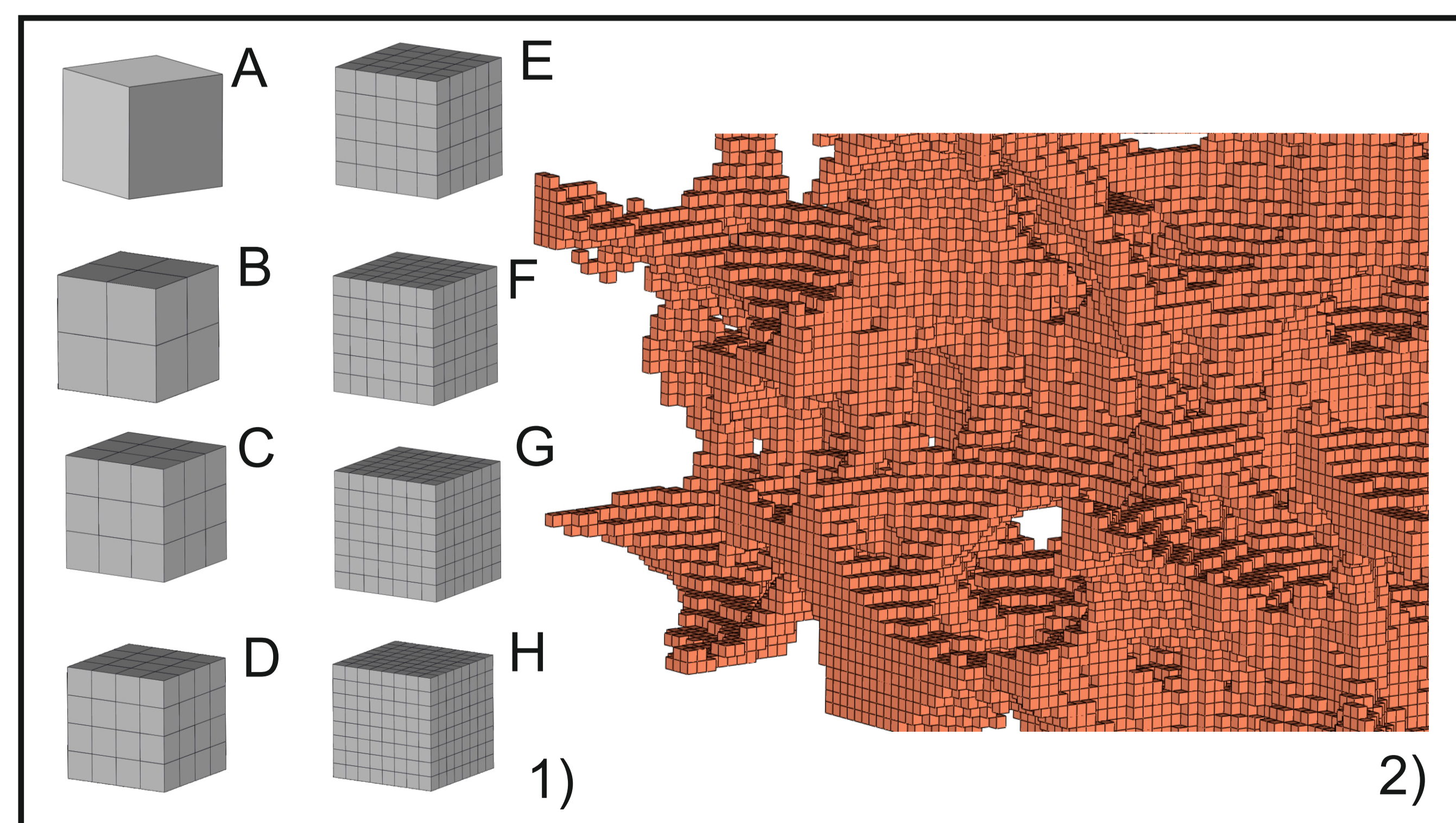
Rys. 1. Obraz szkieletu pianki o porowatości 86% wykonany za pomocą mikrotomografii komputerowej
Fig. 1. Cross-section of the foam with porosity 86%

Otrzymane z badań za pomocą mikrotomografii komputerowej obrazy 2D przekrojów poprzecznych pianki zostały w dalszej kolejności poddane analizie numerycznej mającej na celu wydzielenie dwóch faz (szkieletu - kolor biały i pustek - kolor czarny). Wynik przetworzonego obrazu z rysunku 1 został przedstawiony na rysunku 2.



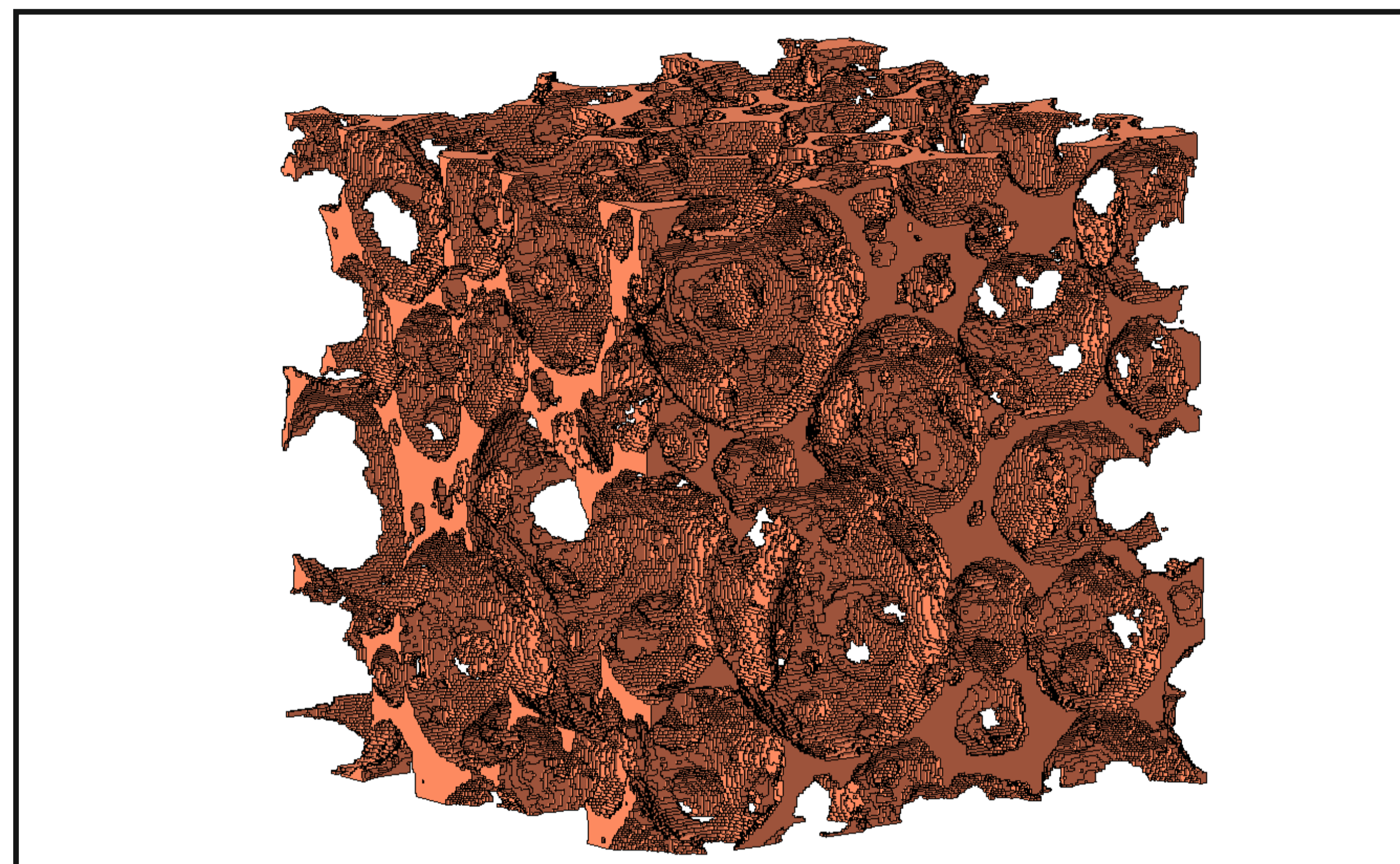
Rys. 2. Numerycznie przetworzony obraz 2D przekroju pianki, kolor biały - szkielet, kolor czarny - pustki.
Fig. 2. Cross-section of the foam, white color - foam core, black color - bubbles

W kolejnym kroku tworzenia numerycznego modelu geometrii pianki został opracowany program umożliwiający zamianę jednego lub większej liczby voxli na element skończony. Analizie zostały podane elementy skończone, których wielkość została przedstawiona na rysunku 3.1. Najmniejszy wymiar elementu skończonego wynosi 1x1x1 voxel, natomiast największy wymiar to 8x8x8 voxli. Dla każdego elementu reprezentującego strukturę pianki została obliczona porowatość wyrażona jako stosunek liczby voxli czarnych (pustki) do wszystkich voxli zawartych w elemencie. Gdy porowatości wynosiła mniej niż 50% element tylko taki zostawał w procesie iteracji dodawany do tworzonego modelu geometrii szkieletu pianki. W ten sposób uzyskano siatkę elementów skończonych której fragment został przedstawiony na rysunku nr 3.2.

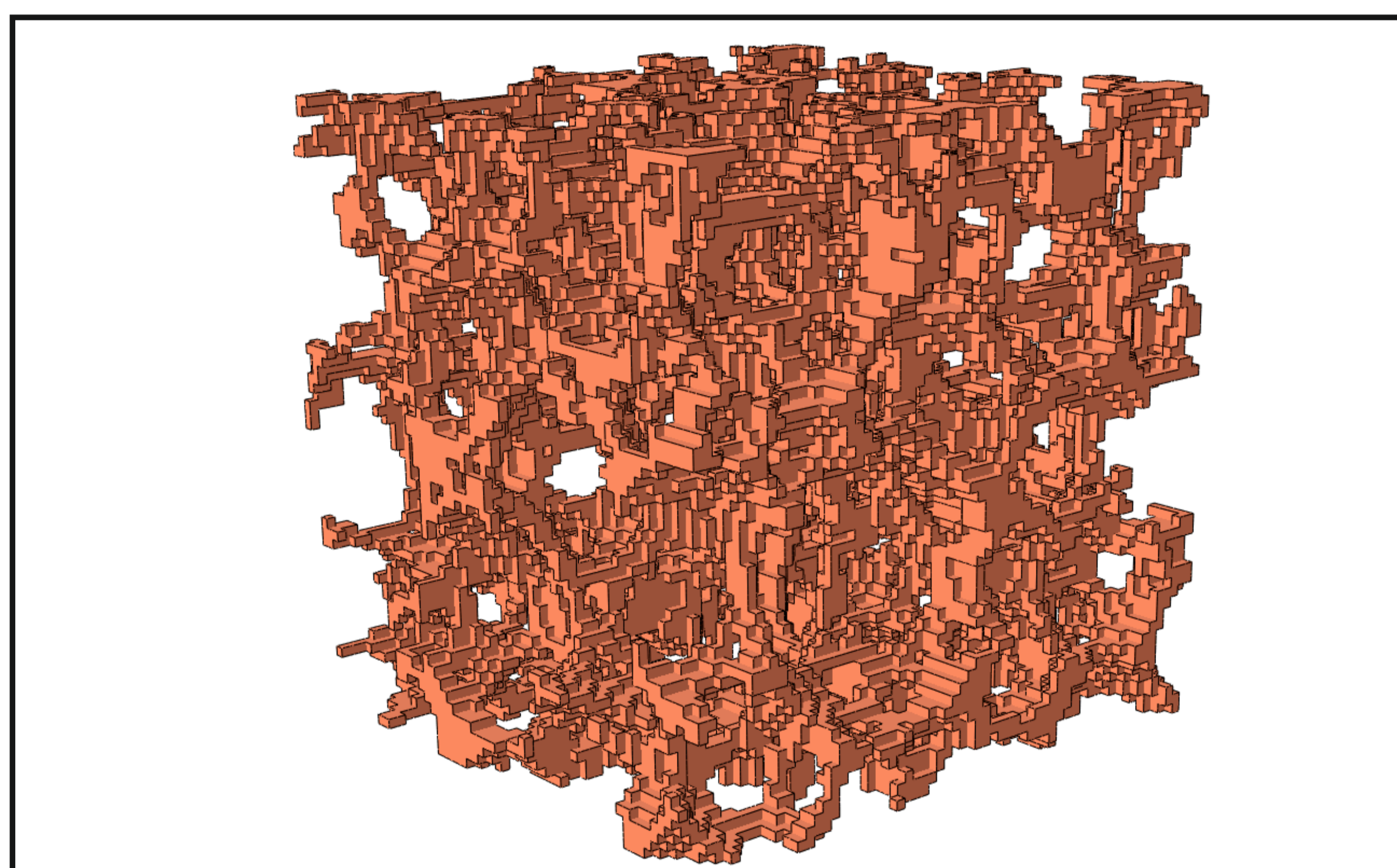


Rys. 3.1 Graficzna reprezentacja wielkości użytych elementów skończonych:
A - 1x1x1, B-2x2x2, C - 3x3x3, D - 4x4x4, E - 5x5x5, F - 6x6x6, G - 7x7x7, H - 8x8x8 voxel
3.2. Fragment Siatki elementów skończonych dla szkieletu pianki o porowatości 86%

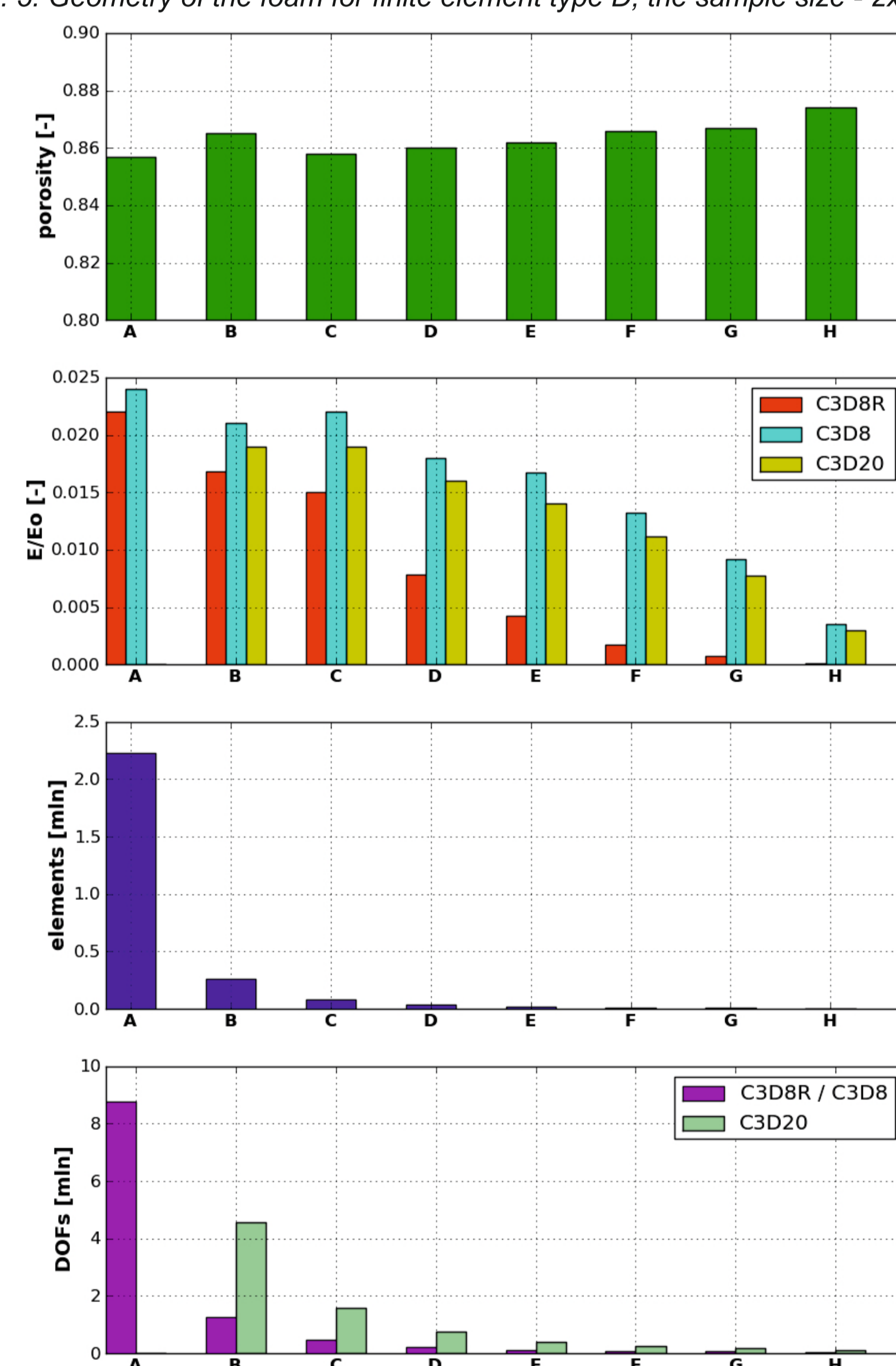
Proces tworzenia geometrii struktur piankowych został przeprowadzony dla próbek sześciennych o wymiarach 2x2x2, 4x4x4, 6x6x6 mm jak również dla różnych wielkości elementów skończonych przedstawionych schematycznie na rysunku numer 3.1. Przeprowadzona została również analiza wpływu rodzaju zastosowanego elementu skończonego na wielkość otrzymanych modułów sprężystych szkieletu piankowego. Na rysunkach 4 i 5 zostały przedstawione uzyskane geometrie szkieletu piankowego o wymiarach 2x2x2 mm różniących się między sobą wielkością elementu skończonego.



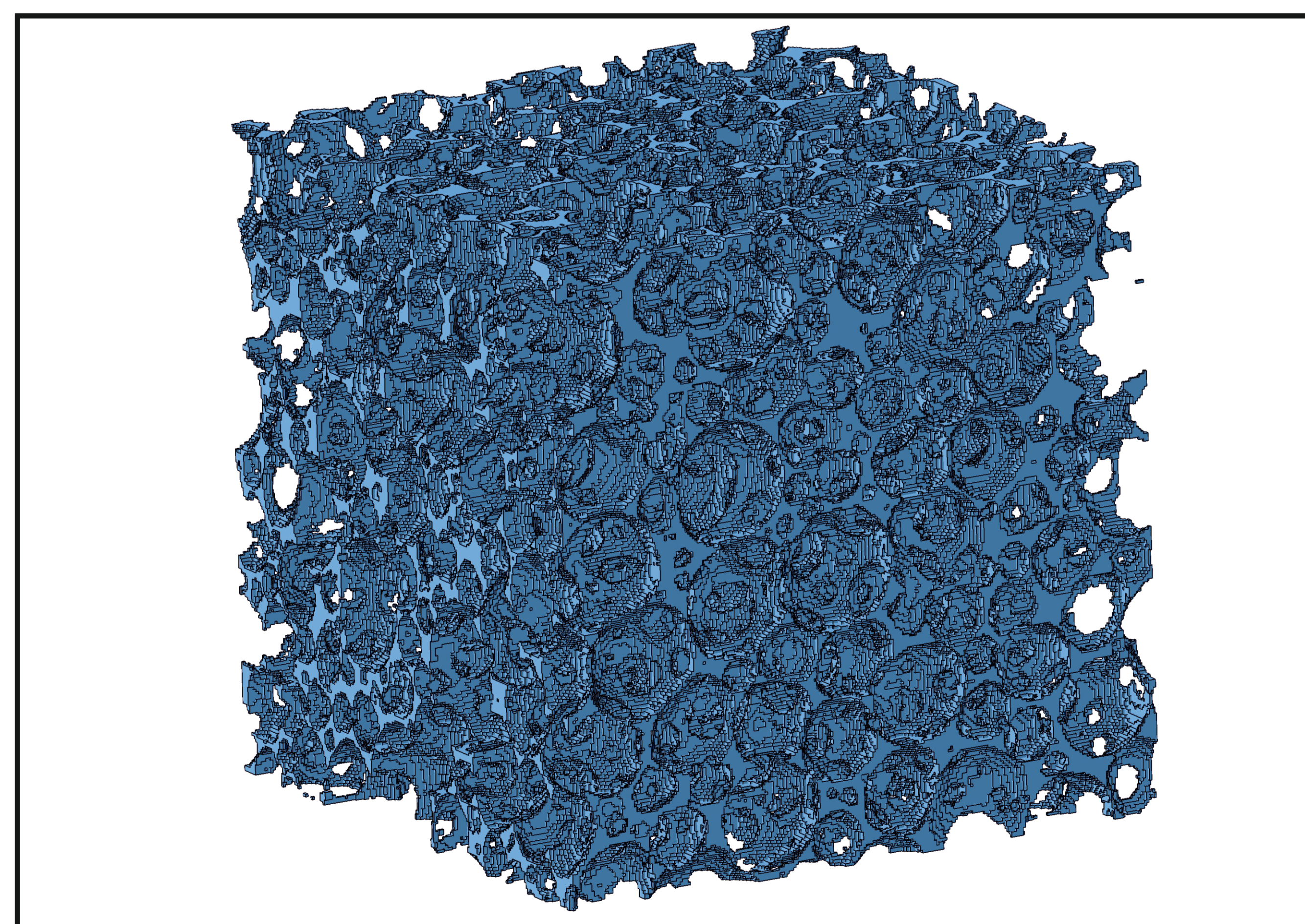
Rys.4. Uzyskana numerycznie geometria szkieletu piankowego dla elementu skończonego typu A wymiar 2x2x2 mm
Fig. 4. Geometry of the foam for finite element type A, the sample size - 2x2x2 mm



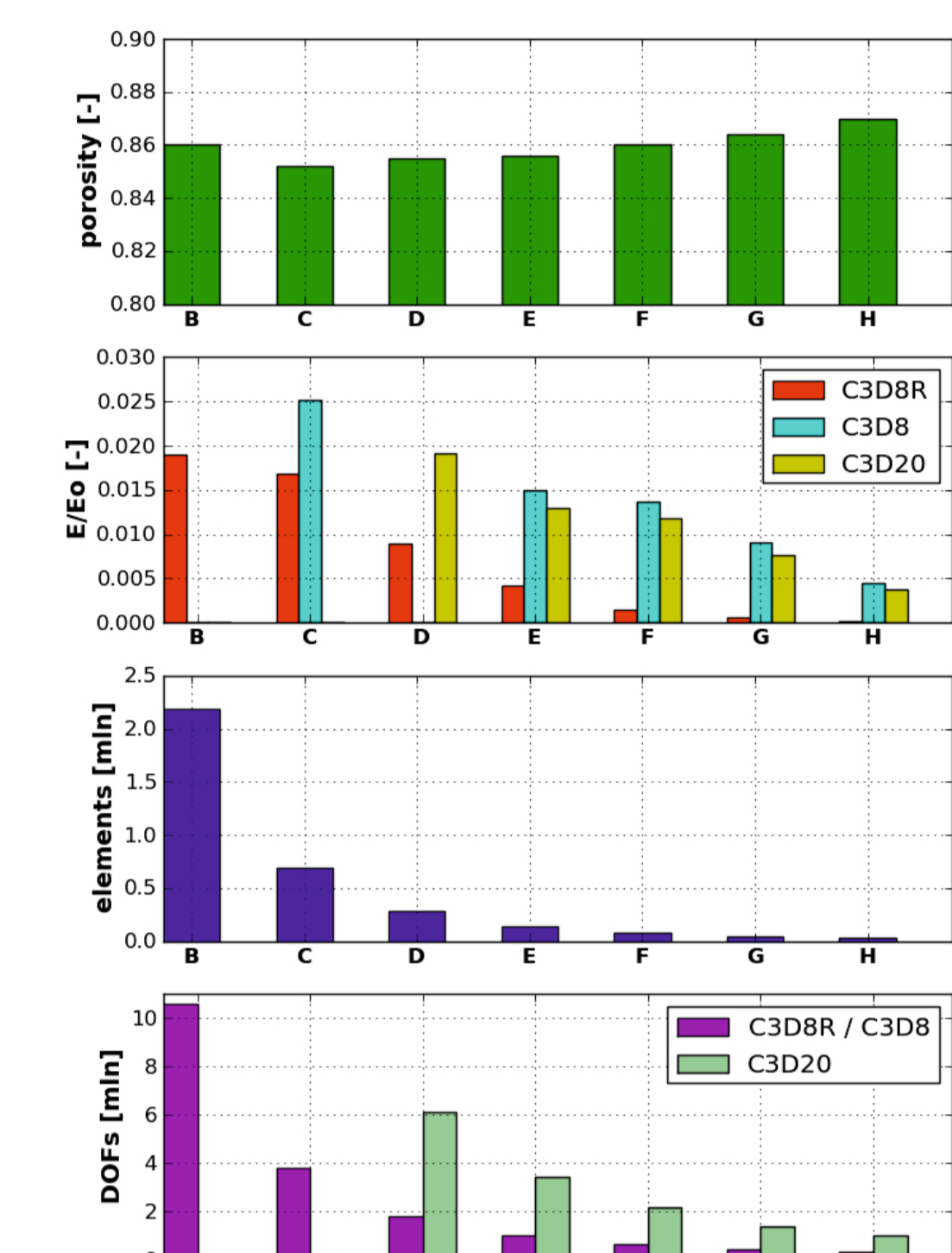
Rys.5. Uzyskana numerycznie geometria szkieletu piankowego dla elementu skończonego typu D wymiar 2x2x2 mm
Fig. 5. Geometry of the foam for finite element type D, the sample size - 2x2x2 mm



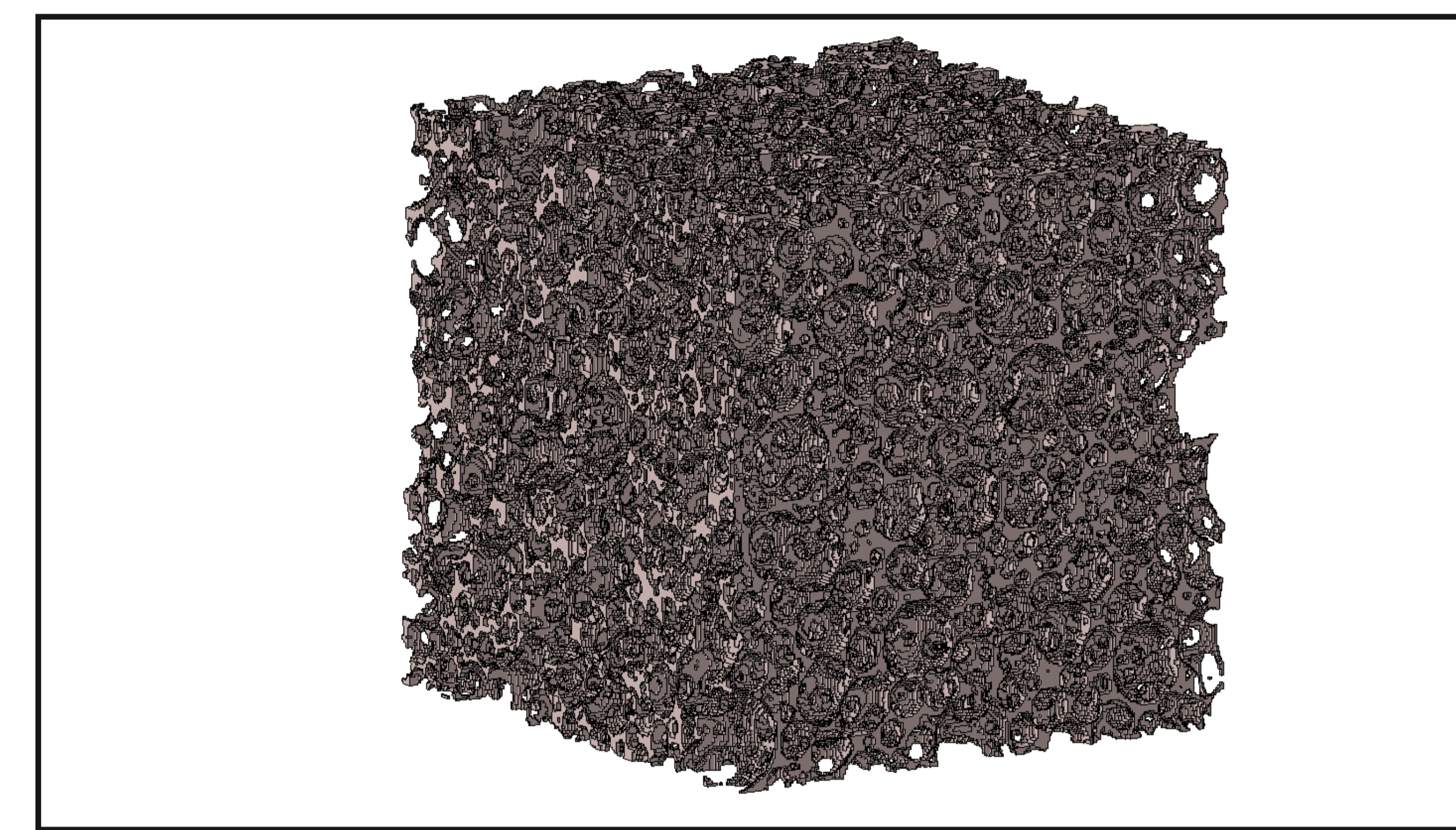
Rys. 6. Wyniki obliczeń numerycznych dla struktury piankowej o wymiarach 2x2x2 mm
Fig. 6. Results of the numerical simulations for all type of elements for the foam sample 2x2x2 mm



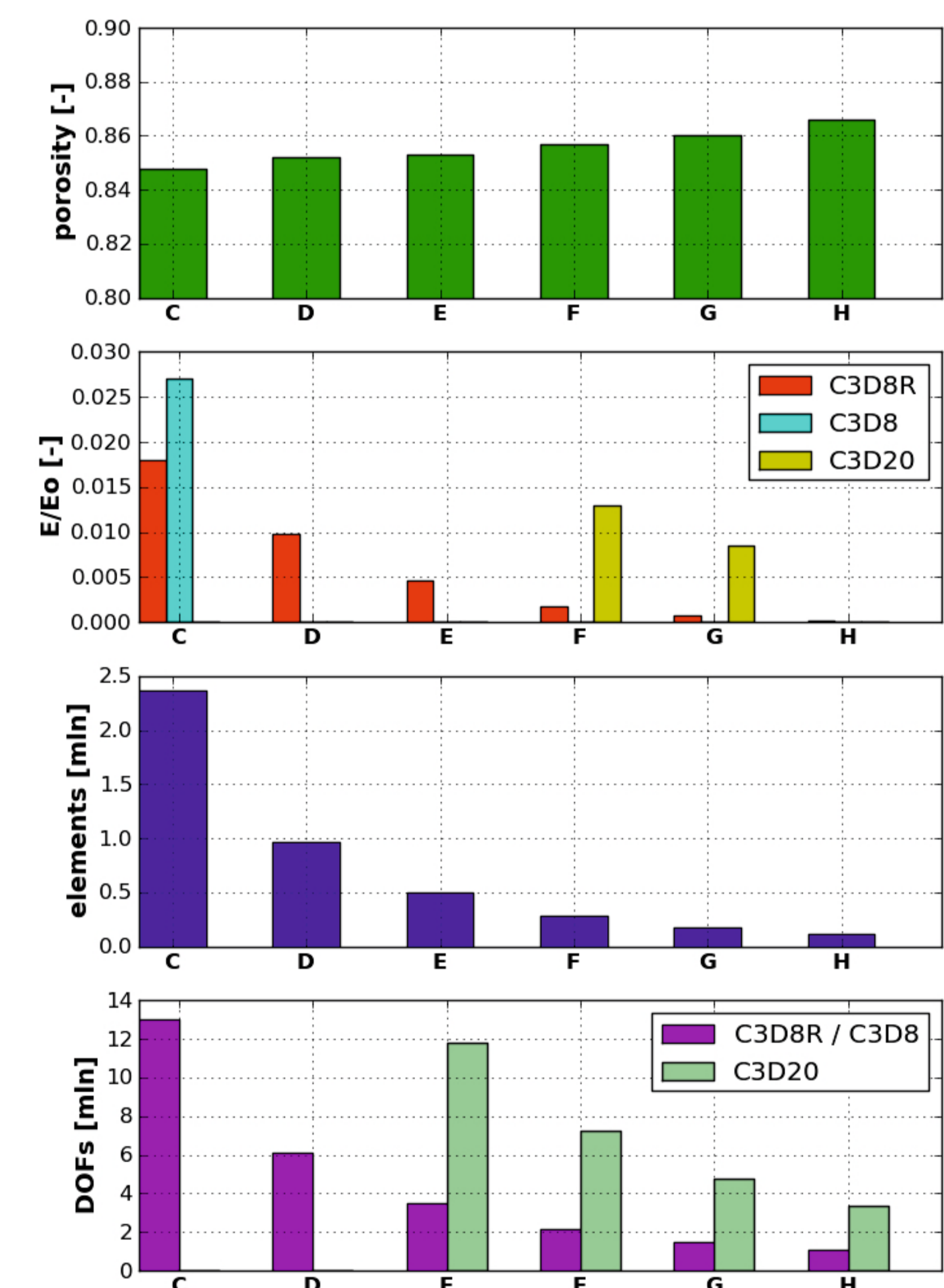
Rys.7. Uzyskana numerycznie geometria szkieletu piankowego dla elementu skończonego typu B wymiar 4x4x4mm
Fig. 7. Geometry of the foam for finite element type B, the sample size - 4x4x4mm



Rys. 8. Wyniki obliczeń numerycznych dla struktury piankowej o wymiarach 4x4x4 mm
Fig. 8. Results of the numerical simulations for all type of elements for the foam sample 4x4x4 mm



Rys.9. Uzyskana numerycznie geometria szkieletu piankowego dla elementu skończonego typu C wymiar 6x6x6mm
Fig. 9. Geometry of the foam for finite element type C, the sample size - 6x6x6mm



Rys.10. Wyniki obliczeń numerycznych dla struktury piankowej o wymiarach 6x6x6 mm
Fig. 10. Results of the numerical simulations for the foam sample 6x6x6 mm

Dla trzech wielkości struktur o wymiarach 2x2x2, 4x4x4 i 6x6x6mm zostały przeprowadzone symulacje numeryczne w celu określenia wartości modułów sprężystych. Wyniki zostały zestawione na rysunkach 6, 8 i 10.

Wnioski Conclusions

Z przeprowadzonych obliczeń można ustalić wartości modułów sprężystych dla przeanalizowanej rzeczywistej struktury piankowej. Wartość tych modułów silnie zależy od typu i wielkości elementu skończonego. Natomiast wielkość rozważanej próbki nie ma aż tak dużego wpływu na wartość modułów sprężystych.

The results of the numerical simulations which were performed allow to determine the values of elastic modulus for the real foam structure. The value of these modulus is strongly dependent on the type and size of the finite element. On the other hand, the volume of the foam structure has not so big influence on determination of elastic constants.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty:

- M. Nowak, Z. Nowak, R. Pęcherski: *Symulacja numeryczna procesu deformacji regularnych struktur piankowych*, IX-ta Konferencja Odsztatczalności Metali i Stopów, 22-25.11.2011 Łańcut
- M. Nowak, Z. Nowak, R. Pęcherski: *On the compressive strength of open-cell ceramic foams*, 27-30.08.2012 SolMech Warsaw (przyjęty)

Publikacje:

- M. Nowak, Z. Nowak, R. Pęcherski, M. Potoczek, R. Śliwa, *Modelowanie procesu deformacji regularnych struktur piankowych*, Rudy i Metale (złożony)

Prace doktorskie

Tytuł: *Numeryczne symulacje powstawania struktur komórkowych materiałów oraz ich deformacji sprężysto-lepkoplastycznych i zniszczenia*

Autor: Marcin Nowak
Promotor: dr hab. inż. Zdzisław Nowak
Status: *W trakcie realizacji*