

## **Cel projektu**

Głównym celem projektu jest dokładne zrozumienie oraz sporządzenie szczegółowego opisu kinetyki przemian fazowych płynów zawartych w systemie porów. Ponadto opisana zostanie relacja pomiędzy postępem przemiany fazowej, a naprężeniem w szkielecie materiału. Takie ustalenia pozwolą na zwiększenie precyzji przewidywania/szacowania trwałości porowatych materiałów. Przeważająca większość naturalnych, a także wytworzonych przez człowieka materiałów charakteryzuje się skomplikowaną strukturą wewnętrzną. System porów jest zwykle wypełniony wodą zawierającą szereg rozpuszczonych substancji, np. zanieczyszczenia, sole nieorganiczne itp. Z powodu zmiennych warunków zewnętrznych (t.j. temperatura, wilgotność względna) płyn wypełniający pory ulega przemianie fazowej.

Parametry równania kinetycznego przemian fazowych roztworów znajdujących się w porach materiału zostaną wyznaczone w oparciu o procedurę rekomendowaną przez *International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry*. Związek pomiędzy postępem i szybkością przemiany fazowej, a naprężeniem pojawiającym się w szkielecie materiału zostanie zbadany za pomocą specjalnie zaprojektowanego i zbudowanego przyrządu. Zniszczenie materiału narażonego na szybkie zmiany temperatury zostanie przeanalizowane eksperymentalnie poprzez pomiar, między innymi, takich parametrów jak: sieczny moduł elastyczności, wytrzymałość na ściskanie, rozkład porów, przepuszczalność gazu.

## **Badania realizowane w projekcie**

Wszystkie przemiany fazowe pierwszego rzędu są związane z wymianą ciepła pomiędzy rozpatrywaną substancją, a otoczeniem. W ramach projektu planowane jest monitorowanie postępu przemiany fazowej roztworu wypełniającego porowaty materiał za pomocą różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC). Pierwszym etapem badań jest analiza m.in. zamarzania wody oraz krystalizacji wody w mezoporowatych materiałach krzemionkowych, które charakteryzują się jedną dominującą średnicą porów (MCM-41, SBA-15). Wyniki takich badań umożliwią opis zależności pomiędzy parametrami równania kinetycznego (energiami aktywacji, modelem przemiany), a średnicą porów. Kolejnym etapem będzie przeprowadzenie analogicznego badania dla materiałów budowlanych o skomplikowanej strukturze wewnętrznej (kamień, zaczyn cementowy, ceramika). Wpływ kinetyki przemiany fazowej na naprężenia powstające w szkielecie materiału zostanie zbadany za pomocą specjalnie skonstruowanego urządzenia, którego działanie będzie oparte na prawie Archimedesasa. Umożliwi ono monitorowanie zmian objętości nasyconego materiału zanurzonego w płynie o kontrolowanej, zmiennej temperaturze. Wyniki badań umożliwią ilościowe oszacowanie naprężeń spowodowanych przemianą fazową cieczy w porach materiału. Mikrostruktura wykorzystanych materiałów zostanie zbadana za pomocą m.in. metody optycznej, porozymetrii rtęciowej, niskotemperaturowej sorpcji azotu z zastosowaniem sprzętu stanowiącego wyposażenie Katedry Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych oraz innych jednostek Politechniki Łódzkiej. Oddziaływanie pomiędzy substancjami rozpuszczonymi w wodzie, a szkieletem materiału będzie analizowane za pomocą spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera.

## **Oczekiwany wpływ badań na rozwój nauki**

Wyniki uzyskane w ramach projektu umożliwią dokładniejsze zrozumienie mechanizmu procesów związanych z przemianami fazowymi roztworów wypełniających pory materiałów. Szybki rozwój ekonomiczny powoduje, iż warunki środowiskowe stają się coraz bardziej agresywne i zmienne. Dlatego też rozwój nowych technik i narzędzi, zarówno eksperymentalnych, jak i numerycznych jest niezbędny do oszacowania trwałości materiałów użytkowanych w takich warunkach. Ponadto, urządzenie zaprojektowane i skonstruowane w ramach projektu może znaleźć szerokie zastosowanie w innych obszarach nauki i przemysłu, np. przy oszacowaniu odpowiedniej ilości napowietrzającej domieszki stosowanej do betonu, czy w przypadku materiałów fazowozmiennych stosowanych w domach pasywnych. Podsumowując, wyniki uzyskane w ramach projektu przyczynią się do zwiększenia skuteczności ochrony dziedzictwa kulturowego oraz pomogą w zapewnieniu zrównoważonego rozwoju w wielu dziedzinach. Otrzymane wyniki zostaną zaprezentowane na międzynarodowych konferencjach oraz opublikowane w czasopiśmie naukowych znajdujących się na liście JCR. Ponadto badania opisane zostaną w rozprawie doktorskiej kierownika projektu.