

dr hab. inż. Irina Galuskina
Wydział Nauk o Ziemi
Uniwersytet Śląski

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Pani mgr Marty Prell

„DETERIORACJA ELEMENTÓW KAMIENNYCH W WYBRANYCH ZABYTKACH WROCLAWIA”

przygotowanej pod kierunkiem dr hab. Marka Awdankiewicza, prof. nadzw. UW.
oraz promotora pomocniczego dr Joanny Kostylew

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi decyzja Rady Instytutu Nauk Geologicznych Wydziału Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Wrocławskiego z dnia 7 kwietnia 2017 r. oraz prośba Dyrektora Instytutu Nauk Geologicznych, Pani dr hab. Krystyny Chomy-Moryl, prof. nadzw. UW. o wykonanie recenzji z dnia 10 kwietnia 2017 r.

2. Przedmiot i zawartość rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pani mgr Marty Prell pt. „Deterioracja elementów kamiennych w wybranych zabytkach Wrocławia”. Praca składa się ze streszczenia w języku polskim i angielskim, ośmiu rozdziałów głównych oraz rozdziału dziewiątego ze spisem literatury, zawierającym 164 pozycje. Tekst rozprawy liczy 245 stron, w tym 142 rysunki i 65 tabel.

We Wstępie (rozdział 1) autorka wprowadza czytelnika w problematykę rozprawy doktorskiej, która dotyczy deterioracji wybranych zabytków architektury we Wrocławiu. Autorka wspomina, że badania nad procesami wietrzenia naturalnego kamienia w obiektach zabytkowych w warunkach miejskiej atmosfery oraz aspekty petrograficzno-mineralogiczno-geochemiczne tych procesów prowadzone są w wielu rejonach świata. We Wrocławiu takie prace były prowadzone sporadycznie.

Brak jest szczegółowych opracowań petrograficzno-geochemicznych dotyczących deterioracji zabytkowych obiektów, słabo zbadane jest również oddziaływanie organizmów na kamienne zabytki miasta.

Dalej Doktorantka omawia przedmiot i cele badań. Przedmiotem badań są piaskowce stanowiące elementy wybranych zabytków Wrocławia oraz piaskowce górnej kredy z wybranych kamieniołomów niecki północnosudeckiej i śródsudeckiej, z których pochodził kamień do zabytkowych budowli. Podstawowym celem niniejszej pracy było rozpoznanie charakteru i skutków procesów wietrzenia oraz procesów deterioracji zachodzących na powierzchni piaskowców wystawionych na działania naturalnych i antropogenicznych czynników środowiska. Badania zostały wykonane na przykładzie piaskowców pochodzących z zabytkowych budowli z centrum Wrocławia oraz z wybranych kamieniołomów. W ramach niniejszej rozprawy doktorskiej realizowane były następujące zadania badawcze:

1. charakterystyka mineralogiczna, petrograficzna i geochemiczna próbek z wybranych obiektów badawczych,
2. określenie składu mineralnego patyny tworzącej się na piaskowcach z zabytków oraz z kamieniołomów,
3. porównanie stref wietrzenia na piaskowcach z zabytków i kamieniołomów,
4. oznaczenie głównych gatunków mchów i porostów oraz ocena ich roli w procesach wietrzenia badanych skał.

Następnie Doktorantka dokładnie opisuje wybrane obiekty badań oraz uzasadnia wybór tych obiektów.

Rozdziały od drugiego do czwartego włącznie zostały napisane na podstawie danych literaturowych (str. 8-30).

Rozdział drugi „Wietrzenie skał i deterioracja kamienia – zarys problematyki” obejmuje omówienie terminów używanych przez autorkę oraz opis procesów podstawowych powodujących niszczenie skał przez różnorodne czynniki środowiska.

W rozdziale trzecim „Wietrzenie materiałów skalnych w warunkach zanieczyszczenia atmosfery” Doktorantka przybliżyła problem deterioracji kamienia w zabytkach, podkreśla, że jest to nowa dyscyplina naukowa na pograniczu geologii, architektury i konserwacji kamienia, która zaczęła się rozwijać pod koniec lat 90-tych XX wieku. Doktorantka przytacza liczne publikacje o podobnej tematyce na obszarach innych aglomeracji miejskich, a także podkreśla, że problem wietrzenia materiałów kamiennych w zabytkach architektury w Polsce przyciąga coraz większą grupę badaczy.

W rozdziale czwartym „Klimat i zanieczyszczenia atmosfery na obszarze badań” zostały opisane warunki klimatyczne we Wrocławiu oraz główne źródła emisji zanieczyszczeń na terenie

miasta. W formie tabel pokazane zostały wskaźniki jakości powietrza na terenie Wrocławia, takie jak emitowane gazy i pył zawieszony oraz zawartość zanieczyszczeń chemicznych występujących w powietrzu. W podobnej formie przedstawiono dane na temat dziewięciu zakładów przemysłowych emitujących najwięcej zanieczyszczeń gazowych i pyłowych na terenie Wrocławia. Na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego skwalifikowano Wrocław jako miasto ze stosunkowo niskim poziomem emisji gazowej i pyłowej.

W piątym rozdziale zostały wymienione zastosowane metody badawcze.

W rozdziale szóstym przedstawione są wyniki badań terenowych i laboratoryjnych wykonanych przez Doktorantkę. W pierwszej części bardzo szczegółowo zostały opisane wybrane zabytki architektury, sposób poboru próbek do badań, a także scharakteryzowano każdy zabytkowy obiekt oraz wytypowane kamieniołomy, z których prawdopodobnie pochodziły piaskowce do budowy wybranych zabytków. W drugiej części zostały zaprezentowane wyniki badań wg metod badawczych począwszy od mikroskopii optycznej, mikroskopii skaningowej i mikrosondy rentgenowskiej, następnie dyfrakcji proszkowej oraz analiz geochemicznych, które zostały wykonane w Acma Analytical Laboratories Ltd. (Kanada), a także rozpoznanie biologiczne mchów i porostów występujących na badanych obiektach architektury i kamieniołomów.

W rozdziale siódmym „Podsumowanie i dyskusja wyników badań” Doktorantka bazując na uzyskanych wynikach wnioskuje, że skład mineralny badanych piaskowców w zabytkowych budowlach oraz kamieniołomach jest bardzo zbliżony. Wszystkie badane piaskowce zostały sklasyfikowane jako arenity kwarcowe. Dużą część rozprawy obejmują wyniki badań otrzymane za pomocą mikrosondy oraz mikroskopii skaningowej. Wybrane próbki – frakcja ilasta oraz naskorupienia, poddane były analizie PXRD. Analizy geochemiczne zostały wykonane dla wytypowanych próbek i wyniki tych analiz zostały umieszczone w formie tabel. Badania biologiczne zostały wykonane we współpracy z biologami. Mchy i porosty – dwie podstawowe grupy obiektów biologicznych zostały wytypowane do szczegółowych badań. Oznaczono w ten sposób 3 gatunki mchów i 49 gatunków porostów. Oprócz tego dla mchów zostały wykonane analizy chemiczne zawartości pierwiastków ciężkich.

W rozdziale ósmym „Podsumowanie i dyskusja wyników badań” autorka omawia otrzymane wyniki badań w czterech podrozdziałach zgodnie z założonymi zadaniami badawczymi – charakterystyka mineralogiczna, petrograficzna i geochemiczna próbek z wybranych obiektów badawczych, skład mineralny patyny tworzącej się na piaskowcach z zabytków oraz z kamieniołomów, oznaczenie głównych gatunków mchów i porostów oraz ocena ich roli w procesach wietrzenia badanych skał.

Rozdział ósmy zawiera główne wnioski rozprawy doktorskiej ujęte w pięciu punktach. W tych wnioskach właściwie zostały podsumowane główne osiągnięcia Doktorantki.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Układ rozprawy doktorskiej Pani mgr Marty Prell jest prawidłowy. Część teoretyczna, prezentacja wyników badań oraz dyskusja są wyważone. Metody badań zostały dobrane prawidłowo, język rozprawy jest poprawny, wszystkie postawione cele badawcze zostały osiągnięte w trakcie realizacji pracy. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska spełnia wymogi pracy naukowej.

Aktualność tematu badawczego. Temat rozprawy doktorskiej dotyczy wietrzenia skał oraz deterioracji kamienia w zabytkach architektury Wrocławia. W ostatnich dziesięcioleciach problem zachowania zabytków architektury należy do jednych z priorytetowych zadań współczesnego społeczeństwa. W wielu krajach pracują międzydziedzinowe grupy badawcze, których głównym celem jest ustalenie przyczyn wietrzenia kamienia w zabytkach architektury i zachowanie tych zabytków dla następnych pokoleń. Bardzo ostro ten problem przejawia się w aglomeracjach miejskich, gdzie zabytki architektury są wyeksponowane na oddziaływanie czynników antropogenicznych, głównie zanieczyszczeń atmosfery. Te z kolei powodują między innymi wzrost rozpowszechnienia mikroorganizmów, które także przyczyniają się do destrukcji kamienia. Rozprawa doktorska Pani mgr Marty Prell dotyczy badań piaskowców w naturalnych (kamieniołomy) i antropogenicznych (kamień w zabytkach architektury) systemach oraz ustalenia przyczyn wietrzenia (niszczenia) kamienia. Rezultaty tychże badań mają być wskazówką dla konserwatorów zabytków w sprawie działań zapobiegających dalszemu niszczeniu obiektów historycznych. Problem dotyczący zbadania przyczyn deterioracji kamienia w wybranych zabytkach Wrocławia jest aktualny.

Wartość naukowa i praktyczna wyników badań. Recenzowana praca doktorska dotyczy badań kamienia w zabytkach Wrocławia, ustalenia składu mineralnego i chemicznego oraz charakterystyki petrograficznej próbek, identyfikacji kamieniołomów, z których był pobrany materiał do budowy, a także rozpoznania i zbadania form wietrzenia i procesów destrukcji kamienia. Podczas realizacji zadań postawionych w niniejszej pracy, autorka wykorzystwała szereg badań zazwyczaj stosowanych w takiego typu pracach. Uwzględniła również czynniki zewnętrzne (warunki klimatyczne, zanieczyszczenie antropogeniczne, wietrzenie fizyczne, chemiczne i biologiczne) mające wpływ na stan i stopień zachowania piaskowca w zabytkach Wrocławia.

Cennym wkładem niniejszej pracy jest zbadanie mchów i porostów zasiedlających piaskowce w zabytkach oraz w kamieniołomach, a także porównanie gatunków rozwijających się w warunkach naturalnych oraz w aglomeracji miejskiej. Oprócz tego dla mchów (do porównania

zebrano również próbki osadu znajdującego się pomiędzy skałą, a mchem oraz skały macierzystej) były wykonane analizy stężenia wybranych metali metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej. Pozwoliło to na stwierdzenie podwyższonej zawartości szkodliwych pierwiastków (Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, V, Zn) w mchach pobranych z zabytków. Znacznie mniejsze są stężenia tych metali w mchach występujących w kamieniołomach. Dla porostów nie wykonano takich analiz. Stwierdzono jednak, że plechy osobników występujących w kamieniołomach są znacznie większe i bardziej rozbudowane w porównaniu do słabiej rozwiniętych plech porostów w zanieczyszczonym środowisku miejskim.

Wartość praktyczną pracy stanowi systematyczne opracowanie obejmujące dokładne zbadanie składu mineralnego stref przypowierzchniowych kamienia w zabytkach, wykazujące zmiany powstałe w wyniku wietrzenia oraz w strefach wewnętrznych, niezmiennych. Dane opracowane mogą służyć jako wskazówki dla architektów i konserwatorów zabytków.

W ramach tematu pracy doktorskiej zostały opublikowane trzy artykuły (Scopus):

1. Prell, M., Zagodzón, K.D. (2011) Natural stone used in the selection of commercial facilities in Wrocław [Kamień naturalny w wybranych obiektach komercyjnych Wrocławia]. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej*, Issue 133, 109-121.
2. Kryza, R., Dziedzic, M., Unterwurzacher, M., Prell, M., Pietrzykowska, K., Strick, D., Schumacher, V., Wilhelm, D. (2015) Local and exotic building and decorative stones in historical castles of SW Poland: A reconnaissance study. *Przegląd Geologiczny*, Volume 63, Issue 6, 332-344.
3. Kosior, G., Prell, M., Samecka-Cymerman, A., Stankiewicz, A., Kolon, K., Kryza, R., Brudzińska-Kosior, A., Frontasyeva, M., Kempers, A.J. (2015) Metals in *Tortula muralis* from sandstone buildings in an urban agglomeration. *Ecological Indicators*, Volume 58, 122-131.

Oprócz tego doktorantka co rok zaczynając od roku 2011 brała udział w konferencjach krajowych i międzynarodowych prezentując wyniki badań.

Nowe dane otrzymane w trakcie realizacji pracy doktorskiej.

- po raz pierwszy kompleksowo zostały zbadane piaskowce stanowiące elementy budowy zabytków Wrocławia z wykorzystaniem metod mineralogiczno-petrograficznych, analiz geochemicznych i biologicznych;
- po raz pierwszy zostały przeprowadzone badania porównawcze pod kątem deterioracji piaskowców z zabytków oraz z wytypowanych kamieniołomów;
- wykonane zostały analizy geochemiczne dla stref przypowierzchniowych oraz niezmiennych, stwierdzono wzrost zawartości pierwiastków śladowych w warstwach przypowierzchniowych;
- zostały zbadane i scharakteryzowane dominujące gatunki mchów i porostów zasiedlające piaskowce na zabytkach architektury oraz w kamieniołomach;

- przedstawiono modele obrazujące schematy przebiegu procesów wietrzenia w piaskowcach z zabytków oraz z kamieniołomów;
- stwierdzono, że wyższe zawartości niektórych pierwiastków (Ca, Fe, S, P, Ba) w naskorupieniach z zabytków związane są z zanieczyszczeniami atmosfery, a także mogą mieć źródło z zapraw ceglanych ścian oraz z substancji konserwujących kamień.

4. Uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne

Uwagi ogólne:

1. Doktorantka prezentuje wyniki badań wg metod badawczych poprzedzając omówienie uzyskanych wyników dokładnym opisem metodyki i toku badań. W tym przypadku rozdział 5 „Metodyka badań” jest zbędny, w nim zostały tylko wymienione stosowane metody badawcze.
2. Na większości zdjęć BSE skala jest nieczytelna. W przypadku przygotowana publikacji z użyciem tych materiałów, trzeba zadbać o lepszą czytelność ilustracji.
3. Używając mikroskopy rentgenowskiej, należałoby wykonać ilościowe analizy na fazach (skaleń potasowy, apatyt, baryt, gips, tlenki-wodorotlenki Fe i Ti itp.), gdyż diagnostyka minerałów za pomocą EDS możliwa jest z użyciem mikroskopu skaningowego, który jest tańszy w użytkowaniu.
4. Opis metodyki badań dotyczący mikroskopu skaningowego Philips XL30 na WNoZ, UŚ wymaga weryfikacji – na mikroskopie skaningowym nie ma miernika prądu, dlatego w Tabeli 43 należy skreślić wartość 10nA, a zostawić tylko napięcie 15kV w warunkach analiz. Należy również wskazać, czy próbki zostały napyłone/nie napyłone węglem przed wykonaniem badań. Jest to ważna informacja, gdyż napyłone próbki dają bardziej wiarygodny wynik składu chemicznego. W celu rozpoznania faz minerałów o mikronowych rozmiarach pomocna jest również spektroskopia Ramana, która w dzisiejszych czasach jest dostępną metodą, a spektra ramanowskie dostarczają informacji zarówno o typie związku chemicznego, jak i o obecności grup molekularnych zawierających wodę, grupy OH, CO₃ itp.
5. Przy pierwszej wzmiance w tekście na temat określonego minerału, należałoby podać jego wzór krystallochemiczny.
6. Niefortunne jest określenie „mika-K”. Tym bardziej, że widmo EDS oraz dane dyfrakcji rentgenowskiej dają jasną identyfikację – illit lub muskowitz. W tym przypadku spektroskopia Ramanowska również pozwoliłaby na dokładne rozpoznanie tych faz.
7. Opisy do zdjęć powinny być podawane pod rysunkiem, a jeżeli rysunek jest złożony i zawiera kilka obiektów, to należy opisać je jako A, B, C... (Ryc. 59, 63, 64, 65, 66 itp.).
8. Autorka wykonała liczne profile oraz mapy rozkładu pierwiastków. Dlaczego nie uwzględniono Al na mapach rozkładu pierwiastków, który często występuje w profilach tych samych próbek? –

Ryc. 72-73, Ryc. 91, 93, 96, 97).

Uwagi szczegółowe:

Pierwsze kilka uwag dotyczy identyfikacji faz mineralnych występujących w badanych próbkach, można byłoby zastosować spektroskopię Ramana do potwierdzenia tych faz.

str. 101 – spektrum EDS PhA, możliwe, że jest to minerał z grupy waryscyту, dane dyfrakcyjne jednej z próbek potwierdzałyby tę możliwość

str. 105 – spektrum EDS Ph B, może jest to spektrum minerału z grupy smektytu?

str. 110 – spektrum EDS – kalcyt?

str. 118 – spektrum EDS – hopeit lub parahopeit o wzorze krystalochemicznym $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$.

str. 160, drugi akapit od góry – „Obok dominującego w badanym materiale kaolinitu, występują widma innych minerałów..” użyto słowa „widma” zamiast „refleksy”.

str. 207 – powinno być „goethyt”.

5. Zakończenie:

Recenzowana praca doktorska Pani mgr Marty Prell prezentuje dobry poziom naukowy. Wymienione uwagi krytyczne nie wpływają na ogólną dobrą ocenę tej pracy. Rozprawa doktorska mgr Marty Prell należy do prac, które czyta się z zainteresowaniem, a zaprezentowane w niej wyniki badań mają także aspekt praktyczny, który może być wykorzystany przez konserwatorów zabytków. Recenzowana praca spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim (Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65 poz. 595 z późn. zm.) oraz Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 r. (Dz. U. 2011 nr 204 poz. 1200). Wnoszę o dopuszczenie Pani mgr Marty Prell do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jrım Baluskiw