

**Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. arch. Agnieszki Chudzińskiej  
pod tytułem: Wpływ formy architektonicznej budynków wysokich na lokalne ograniczenie  
zanieczyszczenia powietrza**

**a. Podstawy opracowania**

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Architektura i Urbanistyka Politechniki Warszawskiej prof. dr hab. inż. arch. Krystyny Solarek. Podstawę merytoryczną stanowi przekazana praca doktorska.

**b. Charakterystyka pracy**

Opiniowana praca doktorska napisana jest w języku polskim, liczy w sumie 188 stron. Zawiera 117 ilustracji i 5 zestawień tabelarycznych. Spis bibliografii liczy 54 pozycje. Ponadto dołączono streszczenie w języku polskim i angielskim. Praca posiada także załącznik w zawierający wybrane materiały pochodzące z innego opracowania naukowego z dyscypliny inżynieria mechaniczna, które posłużyły jako założenia do części eksperymentalnej pracy.

Praca składa się z pięciu rozdziałów, w tym z rozdziału wprowadzającego, w którym uzasadniono wybór tematu, odniesiono się do aktualnego stanu badań, zaprezentowano cele pracy, jej tezy, strukturę oraz definicje kluczowych pojęć.

Drugi rozdział odnosi się do problematyki zanieczyszczeń powietrza w środowisku zurbanizowanym na świecie i w Warszawie. Zaprezentowano w nim aktualny stan wiedzy na ten temat oraz wynikające w niego problemy dotyczące pracy.

Rozdział trzeci dotyczy możliwości redukcji zanieczyszczeń w miastach. Zawarto w nim systematykę możliwych rozwiązań obejmujących działania związane z urbanistyką i architekturą.

W rozdziale czwartym zaprezentowane zostały autorskie badania dotyczące możliwości wykorzystania budynku wysokiego jako elementu wpływającego pozytywnie na lokalny ruch powietrza pod względem usuwania zanieczyszczeń. Autorka przeanalizowała konkretny przykładowy budynek usytuowany w Warszawie wykorzystując różne metody badań z zakresu aerodynamiki.

Rozdział piąty zawiera wnioski i podsumowanie pracy.

### **3. Ocena merytoryczna pracy**

#### **3.1. Ocena doboru tematu**

Temat pracy mieści się w polu zagadnień środowiskowych, które stały się jednymi z ważniejszych we współczesnych uwarunkowaniach cywilizacyjnych. Zatem z tego już powodu można uznać dobór tematu za wartościowy. Autorka odniosła się do zagadnień związanych z zanieczyszczeniami powietrza w miastach i możliwością wykorzystania warsztatu architekta w redukowaniu tego problemu. Tym samym wkroczyła na pole interdyscyplinarne łączące architekturę i urbanistykę z inżynierią mechaniczną i inżynierią środowiska. Te dwie ostatnie dyscypliny zawierają obszary wiedzy z zakresu mechaniki płynów, która jest podstawą teoretyczną dla wszelkich badań związanych ze zjawiskami wiatrowymi. Należy podkreślić, że zjawiska te należą do najbardziej skomplikowanych i trudnych do rozpoznania porównując do innych (na przykład świetlnych, termicznych) zachodzących w przestrzeniach miejskich. Poszukiwanie zależności pomiędzy zjawiskami wiatrowymi a decyzjami urbanistycznymi i architektonicznymi są stosunkowo rzadko podejmowane przez architektów w pracach badawczych. Zatem zarówno wagę podjętego tematu, jak i skalę jego trudności oraz innowacyjność należy ocenić wysoko. Szczególnie ten drugi aspekt świadczy o odwadze Autorki i Jej gotowości na ambitne wyzwania.

#### **3.2. Cele, tezy i zakres pracy**

Autorka zdefiniowała siedem celów pracy. Część z nich ma charakter poboczny (np. „zwrócenie uwagi na...”) lub pomocniczy polegający na rozpoznaniu istniejącego stanu badań (np. „zbadanie problemów Warszawy w kontekście zanieczyszczeń”). Część z kolei wydaje się zbyt ambitna jak na możliwości pracy doktorskiej np. „określenie najlepszych sposobów na ograniczenie zanieczyszczeń powietrza w miastach” lub „zapropozowanie wytycznych do kształtowania formy budynku wysokiego, która sprzyja przewietrzaniu pionowemu”. Najbardziej wartościowe z naukowego punktu widzenia i realne cele spośród wymienionych polegają na: (1) usystematyzowaniu współczesnych rozwiązań wchodzących w zakres urbanistyki i architektury które sprzyjają oczyszczaniu powietrza w miastach oraz (2) na próbie oceny możliwości wykorzystania w tym celu właściwie uformowanych budynków wysokościowych (na podstawie autorskich badań interdyscyplinarnych dotyczących jednego przypadku budynku zlokalizowanego w Warszawie).

Teza pracy składa się z czterech elementów. Pierwszy z nich ma charakter ogólny i dotyczy możliwości wykorzystania architektury i urbanistyki jako narzędzia do przeciwdziałania zanieczyszczeniom w miastach. To stwierdzenie jest już potwierdzone przez współczesną naukę i raczej należy je traktować bardziej jako wstęp dla kolejnych części tezy. Dotyczą one możliwości wykorzystania budynków wysokościowych jako elementów zaburzających warstwę inwersyjną powietrza. Zakres badań został zawężony do obszaru Warszawy, co jest zrozumiałe. Do realizacji tak postawionych celów konieczne są badania spoza zakresu architektury i urbanistyki dotyczące zjawisk

wiatrowych, zatem w pełni uzasadnione jest wzmocnienie opieki nad pracą o promotora pomocniczego z zakresu inżynierii mechanicznej i środowiska.

Ogólnie ujęcie naukowe pracy oceniam dobrze jako logiczne i ukierunkowane na określone cele, wartościowe zarówno z teoretycznego, jak i praktycznego punktu widzenia.

### **3.3. Najważniejsze elementy wartości naukowej pracy**

Najważniejsze elementy wartości naukowej opiniowanej pracy to:

- Usystematyzowanie możliwych do zastosowania rozwiązań z zakresu planowania przestrzennego oraz projektowania urbanistycznego i architektonicznego, które mogą wspomagać przeciwdziałaniu koncentracji zanieczyszczeń w miastach. Poszczególne grupy rozwiązań zostały przyporządkowane różnym skalom projektowania – od decyzji przestrzennych w skali całego miasta po te dotyczące detali budowlanych.
- Wykonanie i opracowanie autorskich badań eksperymentalnych w tunelu aerodynamicznym (kilkoma uzupełniającymi się technikami) dotyczących zjawisk wokół przykładowego budynku wysokościowego w zakresie jego wpływu na intensyfikację pionowego ruchu powietrza umożliwiającego wymianę powietrza w jego otoczeniu.
- Zestawienie wyników autorskich badań eksperymentalnych z wynikami badań numerycznych wykonanych przez innego badacza, ale dotyczących tego samego przypadku.
- Wykazanie możliwości i ograniczeń w zakresie wykorzystania budynków wysokościowych jako elementów wspomagających usuwanie zanieczyszczeń w miastach – na podstawie badanego jednego przypadku.
- Próba wykazania szerszego kontekstu badanego problemu i konieczności jego systemowego ujęcia.

### **3.4. Część badawcza pracy**

Część badawcza pracy składa się dwóch zasadniczych elementów. Pierwszy z nich zawarty został w rozdziale trzecim, w którym Autorka odniosła się do znanych metod ograniczania zanieczyszczeń w miastach, które pośrednio i bezpośrednio dotyczą urbanistyki i architektury. Uporządkowała je według różnych skal przestrzeni, wykazując przy tym jak szeroka paleta rozwiązań wchodzi w grę i jak zróżnicowany jest ich zakres oddziaływania. Najbardziej wartościowym elementem tej części jest usystematyzowanie tego zagadnienia i umiejscowienie go w na tle różnych etapów procesu projektowania. Takie podejście może się wydawać zastanawiające w zestawieniu ze znacznie bardziej szczegółowym tematem pracy i bardzo konkretnymi celami, które wyraźnie dotyczą budynków wysokościowych. Sens bardziej ogólnego i systemowego rozpracowania tego zagadnienia staje się bardziej zrozumiały z perspektywy lektury całości pracy i zostaje uzasadniony przez Autorkę dopiero w dalszej części zawierającej podsumowanie (powrócę do tej myśli w dalszej części recenzji). Niezależnie od tego uzasadnione byłoby rozpracowanie bardziej szczegółowo zagadnień dotyczących

budynków wysokościowych. Choć dotychczasowe badania rzeczywiście nie dostarczają jednoznacznej odpowiedzi na pytania o skuteczność elementów wysokościowych w zakresie usuwania zanieczyszczeń, jednak istnieje już wiele opracowań studialnych, badań typu case-study oraz prototypowych przykładów realizacji, które pozwalają przestudiować to zagadnienie głębiej niż zrobiła to Autorka. Takie badania pozwoliłyby na lepsze opracowanie założeń dla autorskich badań zaprezentowanych w dalszej części pracy, czyli w drugim elemencie części badawczej, zawartym w rozdziale czwartym. Zaprezentowano w nim badania przykładowego budynku wysokościowego usytuowanego w centrum Warszawy w zakresie jego skuteczności w usuwaniu zanieczyszczeń powietrza. Są to bardzo cenne badania wykonane we współpracy interdyscyplinarnej z Wydziałem Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa pod okiem specjalistów, w tym promotora pomocniczego dr inż. Marty Poćwierz. Wykorzystano tunel aerodynamiczny średnich prędkości wykonując serię badań w trzech różnych technikach wizualizacyjnych – olejowej, saltacji piasku i dymowej. Ponadto wykorzystano wyniki badań numerycznych wykonanych przez innego Autora w innym opracowaniu, ale dotyczących tego samego przypadku. Pozwoliło na zasymulowanie rzeczywistej sytuacji w sposób możliwie wiarygodny, rozpoznanie zjawisk aerodynamicznych tworzących się wokół badanej zabudowy przy różnych ukierunkowaniach wiatru oraz ocenę skuteczności tych zjawisk w usuwaniu zanieczyszczeń w otoczeniu budynku. Rzetelność przeprowadzonych badań nie budzi wątpliwości, natomiast zdecydowanie za słabo uzasadniono decyzje architektoniczne co do formy, wielkości i lokalizacji badanego przykładowego budynku. Autorka nie wyjaśniła w swojej pracy dlaczego przyjęła kształt budynku jako formy rozszerzającej się ku górze, skoro przesłanki konstrukcyjne, o czym sama wspomniała w pracy, skłaniają ku stosowaniu dokładnie odwrotnej logiki zmiany przekroju poziomego wraz wysokością. Nie wiadomo dlaczego przyjęto formę gzymsu jako zwieńczenia budynku i dlaczego zmieniono jego profil w badaniach numerycznych i dymowych. Wydaje się, że wspomniany wyżej brak głębszego rozpracowania dotychczasowego stanu wiedzy dotyczącego zależności między formą budynku wysokościowego i wiatrem nie pozwolił Autorce przyjąć przekonujących założeń w tym zakresie. Z kolei zbyt rozbudowano w tej części pracy fragmenty o charakterze podręcznikowym, dotyczące podstawowej wiedzy o zjawiskach aerodynamicznych wokół budynków. Jest ona z pewnością ciekawa dla osób nie znających dobrze tych zagadnień. Nie podbudowuje jednak ona zasadniczo metodologii badań Autorki. Można mieć też zastrzeżenia co do staranności i porządku w opisie badań.

Ostatecznie przeprowadzone badania wykazały, że ten konkretny przypadek budynku w tym konkretnym usytuowaniu urbanistycznym nie pozwala na osiągnięcie założonego efektu aerodynamicznego w postaci zaburzenia warstwy inwersyjnej. Co prawda następuje intensyfikacja ruchu pionowego powietrza, co może poprawić lokalnie sytuację związaną z zanieczyszczeniami, ale należy się także liczyć ze strefami, gdzie ruch powietrza zostaje spowolniony. Zatem nie można stwierdzić jednoznacznie pozytywnej roli tego budynku wysokościowego dla jakości powietrza w jego otoczeniu. Ten niejako „negatywny” wynik badań skłonił Autorkę do wniosków, że jedynie

systemowe podejście do problemu zanieczyszczeń jako problemu urbanistycznego i architektonicznego może pozwolić na skuteczne działania, a pokładanie nadziei w elementach wysokościowych to za mało. Uzasadnia to zatem na wspomniane już w recenzji rozbudowanie rozdziału drugiego, który z początkowo wydawał się nieco oddalony od głównego wątku pracy.

Podsumowując opinię na temat wartości badawczej pracy, uważam, że pomimo „fiaska” co do odważnych założeń ma ona dużą wartość jako przyczynek dla dalszych badań i jako wniosek co do konieczności systemowego podejścia. Autorka wykazała niezbędną dla naukowca obiektywność i rzetelność, jednak można byłoby pokusić się o podjęcie kilku dodatkowych prób, choćby ograniczonych odpowiadających na przykład na pytania „co byłoby gdyby radykalnie zwiększyć wysokość budynku?”, „co gdyby zabudowa otaczająca była znacznie niższa?”, „co gdyby ustawić szereg takich budynków wplecionych w niższą zabudowę?”. Pozwoliłoby to wykroczyć Autorce poza zakres ekspertyzy określonej sytuacji w zakres rozważań teoretycznych, które mogłyby znacząco wzbogacić pracę. Warto byłoby także podjąć dyskusję na ile cel usuwania zanieczyszczeń za pomocą budynków wysokościowych może być sprzeczny z celem komfortu wiatrowego wokół nich czy wreszcie na ile podporządkowywanie form wysokościowych, tak dominujących w przestrzeni miejskiej, powinno podlegać kryteriom badanym w pracy a na ile innym wynikającym z typowych architektoniczno-urbanistycznych uwarunkowań, na przykład kompozycji.

Niezależnie jednak od tych uwag doceniam wartość badawczą pracy, szczególnie, że jest to tematyka ważna, a sporadycznie podejmowana przez naukowców z dyscypliny architektura i urbanistyka.

#### **4. Uwagi krytyczne**

Poza wymienionymi wyżej uwagami krytycznymi, kilka innych, bardziej szczegółowych nasunęło się podczas czytania pracy:

- a. Autorka niezbyt starannie zbudowała chronologię opisu pracy. Na przykład nazwy zastosowanych metod badań eksperymentalnych pojawiają się już w części wprowadzającej oraz są wielokrotnie wymieniane w rozdziale 4, a zostają wyjaśnione niemal na końcu tego rozdziału.
- b. Opis techniki dymowej jest mało zrozumiały (na przykład w zakresie wprowadzenia światła lasera umożliwiającego zobrazowanie przekroju pionowego sytuacji).
- c. Autorka posługuje się terminem kanionu ulicznego, który jest powszechnie używany przez badaczy klimatu miejskiego, jednak nie jest znany w dyscyplinie architektury i urbanistyka, należałoby wyjaśnić to pojęcie w pracy.

- d. Niezrozumiałe są ilustracje IV.17, 18 i 19. Autorka w jednej w nich odnosi się do sytuacji budynku Spinaker w Warszawie, a w kolejnych do budynku badanego przez siebie. Opis tych rysunków raczej pogłębia niezrozumienie.
- e. Na str. 119 nie zgadzają się opisy numeracji rysunków w tekście i te pod ilustracjami.
- f. Ilustracje IV.2 i 3 są „zacytowanie” z opracowań innych autorów, ale bez wyjaśnienia symboli.
- g. Ilustracja IV.9 obrazująca ocenę efektywności klinów nawietrzających Warszawę jest nieczytelna. Nie została także w żadne sposób omówiona w tekście, a dotyczy bardzo ważnych informacji z punktu widzenia tematu pracy.

## 5. Ocena strony formalnej pracy

Poziom formalny pracy jest ogólnie dobry. Jej główna konstrukcja logiczna jest prawidłowa, choć jak wspomniano, należałoby dopracować kolejność i zakres opracowania poszczególnych wątków. Praca zawiera dużą liczbę ilustracji, które są właściwie dobrane i w większości przedstawiają dobry poziom graficzny. Autorka wykazała się umiejętnością powoływania na źródła. Bibliografia pracy jest wystarczająca, choć niebyt bogata i można byłoby ją uzupełnić, szczególnie o aktualne pozycje dotyczące zjawisk wiatrowych związanych z budynkami wysokościowymi.

Praca napisana jest dobrym językiem, choć przydałaby się dodatkowa korekta redakcyjna. Czyta się ją jednak swobodnie, pomimo skomplikowanej technicznie zawartości merytorycznej, która łączy dwie odrębne dyscypliny naukowe.

## 6. Wnioski końcowe

W opiniowanej pracy doktorskiej rozwiązano postawione zadanie naukowe. Autorka właściwie sformułowała problem badawczy i wniosła nowe wartości naukowe, pomimo braku pełnego potwierdzenia postawionych hipotez. Szczególnie docenić należy interdyscyplinarny charakter pracy i podjęcie skomplikowanej tematyki wiatrowej niemal nieobecnej w opracowaniach z zakresu architektury i urbanistyki. Autorka wykazała się umiejętnością organizowania pracy badawczej i analizowania złożonych zjawisk łączących zagadnienia architektoniczne i wiatrowe. Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że przedłożona przez **mgr inż. arch. Agnieszkę Chudzińską** praca doktorska pod tytułem: **„Wpływ formy architektonicznej budynków wysokich na lokalne ograniczenie zanieczyszczenia powietrza”** stanowi twórczy wkład do nauki w dyscyplinie *architektura i urbanistyka* oraz spełnia ustawowe wymogi stawiane pracom doktorskim. Stawiam zatem wniosek o dopuszczenie rozprawy do publicznej dyskusji.