

**Małgorzata BASIŃSKA**

Politechnika Poznańska • Instytut Inżynierii Środowiska  
ZAKŁAD OGRZEWNICTWA, KLIMATYZACJI I OCHRONY POWIETRZA  
ul. Berdychowo 4, 61-131 Poznań

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Dawida TĄTY  
pt. „*Doskonalenie ogrzewania i wentylacji pasywnych budynków mieszkalnych*”

### Przedmiot i podstawa formalna opracowania recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pana mgra inż. Dawida Tąty prowadzona na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej, której promotorem jest pan dr hab. inż. Henryk Foit, a promotorem pomocniczym jest pani dr hab. inż. Joanna Ferdyn-Grygierek, prof. PS. Recenzję opracowano na zlecenie Prodziekana ds. Nauki i Organizacji Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej dr hab. inż. Joanny Kalki – zgodnie z uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki z dnia 26.04.2019 (pismo RIE-BD/4/442/2018/2019).

### Krótką charakterystyka rozprawy

Opiniowana rozprawa doktorska pt. „*Doskonalenie ogrzewania i wentylacji pasywnych budynków mieszkalnych*” obejmuje łącznie 10 rozdziałów, 121 stron, w tym 31 rysunków, 14 tabel. Literatura liczy 100 pozycji, w tym 31 pozycji w czasopismach anglojęzycznych, 14 pozycji w czasopismach o zasięgu krajowym, 38 pozycji literatury stanowią inne źródła, do których autor zaliczył normy, publikacje ASHRAE, instrukcje obsługi programów oraz strony internetowe. W literaturze znajdują się 3 pozycje własne Autora (wszystkie we współautorstwie).

Rozprawa doktorska ma charakter zarówno teoretyczny, jak i z racji przeprowadzonych analiz analityczny. Tekst podzielono na cztery części:

- wstępną obejmującą streszczenie, przegląd literatury dotyczącej budynków pasywnych, cel i zakres pracy,
- część teoretyczną złożoną z trzech rozdziałów obejmującą przegląd rozwiązań konstrukcyjnych oraz przedstawiającą podstawowe założenia dotyczące realizacji celu pracy,
- część analityczną podzieloną na trzy rozdziały,
- podsumowanie pracy.

Widoczny jest chronologiczny układ poszczególnych rozdziałów. Uzyskane przez Autora rozprawy wyniki z przeprowadzonych analiz uzupełniają wiedzę w zakresie projektowania budynków pasywnych i ich technicznego wyposażenia w polskich warunkach klimatycznych.

## Ocena merytoryczna rozprawy

Jednym z warunków rozwoju współczesnego świata jest ciągle dążenie do zmniejszania zużycia energii w różnych obszarach działalności człowieka. Problematyka ta jest bardzo aktualna w Polsce, gdzie problem optymalnego zużycia energii do ogrzewania i wentylacji budynków nie został jeszcze zadowalająco rozwiązany. Podjęty zatem przez autora rozprawy doktorskiej temat jest zasadny. Tematyka pracy jest szczególnie ważna w kontekście coraz większego zainteresowania w Polsce budownictwem niskoenergetycznych, w szczególności pasywnym. Przenoszone z innych krajów w sposób bezkrytyczny wymagania, bez dostosowania ich do warunków ekonomicznych i klimatycznych występujących w innym kraju, mogą prowadzić do wystąpienia błędów projektowych i wykonawczych. Dodatkowo należy mieć na uwadze fakt, że w budynku traktowanym jako całościowo powiązany system energetyczny decyduje całokształt zastosowanych rozwiązań projektowych: budynek, instalacje ogrzewania i wentylacji, chłodzenia oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Wybór przez Doktoranta tematyki związanej z określeniem cech wybranych elementów konstrukcyjnych budynku pasywnego oraz systemów grzewczych i wentylacyjnych w takim budynku jest, w takiej sytuacji, aktualny, trafny i celowy.

Celem rozprawy, według Autora, jest *opracowanie zasad kształtowania wybranych elementów konstrukcyjnych oraz systemu grzewczego i wentylacyjnego typowego pasywnego budynku jednorodzinnego zlokalizowanego w Polsce*. W ramach realizacji celu przeprowadzono analizy symulacyjne zachowania budynku przy zmiennych parametrach konstrukcyjnych i instalacyjnych.

Cel rozprawy (str. 34) sformułowany jest szczegółowo, ponieważ opiera się na sformułowaniu ... *opracowanie zasad* ... W celach szczegółowych przedstawiono zakres pracy. Szkoda, że nie przedstawiono tezy rozprawy doktorskiej.

Wobec tak sprecyzowanego celu i zakresu pracy oceniam część teoretyczną pracy (rozdział 1 i 2) za dość ogólną (24 strony). W części tej przedstawiono podstawowe definicje budynku pasywnego oraz analizę stanu wiedzy. Podano kolejno informacje o:

- wymaganiach stawianych budownictwu pasywnemu (konstrukcyjne i instalacyjne oraz prawne),
- zaleceniach dotyczących usytuowania budynku pasywnego,
- sposobie przygotowania c.w.u. w budynku pasywnym,
- ogólnej charakterystyce ogrzewania i wentylacji budynków pasywnych,
- akumulacji ciepła w budynkach pasywnych.

Przedstawione w tych rozdziałach informacje są powszechnie znane. Szkoda, że podrozdział 2.7 *Budynki pasywne w Polsce* ograniczono jedynie do dwóch akapitów. Powyższa uwaga dotyczy również podrozdziału 2.9 *Akumulacja ciepła w budynkach pasywnych*, w którym można było bardziej skoncentrować się nad wpływem pojemności cieplnej budynku na utrzymanie wymaganych parametrów klimatycznych przy zmiennych zyskach wewnętrznych i słonecznych w budynku pasywnym. Szkoda, że w zgromadzonej literaturze nie uwzględniono pracy doktorskiej dra inż. Szymona Firląga pt.: *Wpływ rodzaju systemu grzewczego na komfort cieplny i zużycie energii w jednorodzinnych budynkach pasywnych*.

Podstawową, merytoryczną część pracy stanowi część analityczna (80 stron).

Po wprowadzeniu i przedstawieniu zasadniczego celu pracy oraz zakresu analiz, w rozdziale 4 przedstawiono rozwiązania konstrukcyjne elementów powłoki zewnętrznej budynku pasywnego przyjęte do analiz energetycznych oraz w rozdziale 5 założenia dotyczące realizacji celu pracy. Dla uzyskania wiarygodnych i porównywalnych wyników analiz wykorzystano program ESP-r służący do oceny wydajności energetycznej budynków. Założenia początkowe

zwalidowano wynikami z pomiarów energetycznych wykonanych w rzeczywistym budynku mieszkalnym, w którym nie ma zaprojektowanej wentylacji N-W. Szkoda, że do dalszych teoretycznych analiz wybrano inny budynek, niż użyty do walidacji modelu, charakteryzujący się innym kształtem.

W przypadku budynku wykorzystanego do walidacji modelu założono wentylację naturalną, dla której ustalenie rzeczywistego strumienia przepływającego powietrza jest trudne.

W budynku poddanym analizie teoretycznej założono wentylację N-W z odzyskiem ciepła. Takie rozwiązanie przyjęto dla wszystkich analizowanych układów grzewczych pomimo, że na stronie 34 Doktorant podał, że *Celem rozprawy jest opracowanie zasad kształtowania wybranych elementów konstrukcyjnych oraz systemu grzewczego i wentylacyjnego typowego budynku jednorodzinego zlokalizowanego w Polsce.*

W rozdziale 7 od podrozdziału 7.5 przedstawione wyniki analiz dotyczyły poszukiwania najkorzystniejszej powierzchni okna wraz z oceną kosztów całkowitych w okresie grzewczym i chłodniczym przy uwzględnieniu wewnętrznych zysków ciepła i bez ich uwzględniania. Dla każdej analizowanej powierzchni okien przedstawiono wykresy zmienności energii na ogrzewanie / chłodzenie w funkcji udziału szklenia w przegrodzie. Dodatkowo przedstawiono zapotrzebowanie na energię do napędu pompy ciepła.

Szkoda, że przedstawiając założenia do analiz (podrozdział 7.3 *Przyjęte założenia*) nie podano dokładnie jakie przyjęto źródło energii, podano jedynie ... *założono idealnie nadążne źródło ciepła i chłodu w każdym pomieszczeniu z idealnie nadążnym przekazywaniem ciepła i chłodu do wnętrza pomieszczenia ...* (strona 57). Czy z powyższego założenia wynikało, że przyjęto sprawność całkowitą układu równą 100 % i energia końcowa równa jest energii użytkowej?

W rozdziale 8 obejmującym tylko niespełna 2 pełne strony maszynopisu przedstawiono informacje dotyczące wpływu otoczenia roślinnego na zyski energii od promieniowania słonecznego. Podanie informacji końcowej, że ... *pełne zacienienie budynku pasywnego wystąpi przypuszczalnie dopiero po wielu latach od wzniesienia budynku ...* wydaje się mało techniczne i niewystarczające.

W rozdziale 9 opracowano kilka możliwych do zastosowania w budynku pasywnym systemów instalacji ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. W analizach porównawczych założono działanie instalacji wentylacyjnej N-W wyposażonej w rekuperator oraz przewidziano wykorzystanie gruntowego powietrznego wymiennika ciepła (wstępne podgrzanie powietrza wentylacyjnego – do jakiego poziomu?).

W pracy brak informacji na jakie potrzeby działa instalacja wentylacji mechanicznej N-W, jakie strumienie powietrza przyjęto do obliczeń, jaką założono temperaturę powietrza nawiewanego oraz wywiewanego.

Nasuwa się również pytanie, dlaczego pomimo, że w celu pracy doktorskiej wskazano na ... *opracowanie zasad kształtowania wybranych elementów konstrukcyjnych oraz systemu grzewczego i wentylacyjnego ...* w analizach nie uwzględniano zmiany sposobu przygotowania powietrza wentylacyjnego a skoncentrowano się jedynie na systemach ogrzewania.

W podpunkcie 9.1.4 *Inne rozwiązania* przedstawiono inne rozwiązania, które jednak, według Autora rozprawy, ze względu na brak *niektórych elementów na rynku komercyjnym* lub ... *wysokim stopniem skomplikowania ...*, ... *wykonania modelu w programie symulacyjnym* nie były analizowane.

W tych rozwiązaniach, na rysunkach 9.7 oraz 9.8 przedstawiono instalacje ... *wykorzystujące do ogrzewania pomieszczeń system wentylacyjny*. Sformułowanie, że ... *takie rozwiązania mogą nie być komfortowe dla użytkowników domów położonych w klimacie Polskim* jest nieoparte żadnymi analizami i wysoce dyskusyjne. Przecież celem pracy była analiza możliwych rozwiązań również po stronie instalacji N-W.

W podrozdziale 9.2 *Program analiz* przedstawiono obliczenia zapotrzebowania na energię elektryczną potrzebną do napędu pompy ciepła. Główne obliczenia przeprowadzono w środowisku programu EnergyPlus. Dla czytelnika czytelniejsze byłoby podanie informacji o założeniach w osobnym punkcie niż tak jak to zrobił Doktorant przy opisie kroków postępowania w programie EnergyPlus.

W rozdziale 10 przedstawiono wnioski końcowe, które w opinii recenzenta powinny nazywać się podsumowaniem. Do wniosków końcowych można zaliczyć wypunktowane cztery wnioski ogólne przedstawione na końcu rozdziału 10.

Szkoda, że nie podano matrycy rozwiązań technicznych możliwych do zastosowania w budownictwie pasywnym w Polsce. Sformułowanie ... *wszelkie odstępstwa od przyjętych w tej pracy założeń dotyczących rozważanego budynku mogą prowadzić do innych rozstrzygnięć związanych z konstrukcją i rozwiązaniem instalacyjnym* ... w mojej opinii powoduje ograniczenie w stosowaniu uzyskanych wniosków, wnioski nie są reprezentatywne.

### Uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne

Układ pracy nie budzi zastrzeżeń, choć uważam, że niektóre rozdziały powinny być inaczej opracowane (rozdział 7 i 9). W trakcie opracowywania opinii nasunęły mi się następujące uwagi krytyczne, część o charakterze dyskusyjnym.

1. Cel pracy obejmuje opracowanie zasad dla *typowego pasywnego budynku jednorodzinnego*. Co Autor rozprawy rozumie pod pojęciem typowy?
2. Autor w części przeglądowej (*Rozdział 2 Przegląd literatury dotyczącej budynków pasywnych*) podał bardzo oczywiste informacje dotyczące budownictwa pasywnego. Za najciekawszy w tej części uważam podrozdział 2.11 *Wskazanie luki badawczej*, w której Autor podaje informacje o funkcjonowaniu budynków pasywnych w Polsce i na świecie. Szkoda, że informacje o problemach związanych z budową i eksploatacją budynków pasywnych zostały uproszczone tylko do niespełna dwóch stron maszynopisu.
3. Mówiąc o cechach budownictwa pasywnego (Rozdział 2.2) mamy na uwadze spełnienie pewnych wymagań koniecznych, a nie jak podaje Autor zalecanych. Dotyczy to wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na energię do ogrzewania i wentylacji jak i całkowitego zapotrzebowania energii pierwotnej, który **nie może przekraczać** danej wartości. Stwierdzenie Doktoranta **nie powinno** nie oznacza tego samego.
4. Mój niedosyt budzi sposób sformułowania postawionego celu oraz brak tezy. Wybór najbardziej efektywnego rozwiązania konstrukcyjnego oraz układów ogrzewania i wentylacji zależy od przyjętych kryteriów oceny np. ekonomicznych w danych realiach cenowych.
5. Jako duży błąd w pracy uważam brak analiz dla układów powietrznych, które w mojej ocenie są najczęściej stosowanymi rozwiązaniami w budynkach pasywnych.
6. Na stronie 20 Autor podaje, że w *przypadku stosowania instalacji wentylacyjnej, jako instalacji grzewczej, stosowany jest stały strumień powietrza wentylacyjnego*. Po czym zaprzecza temu sformułowaniu w podpunkcie 2 (str. 21). Jak jest w rzeczywistości w takich układach?
7. Na stronie 25 Autor podaje, że *rozwiązanie z nagrzewnicą wodną za wymiennikiem odzysknicowym zwiększa koszty inwestycyjne układu grzewczo-wentylacyjnego*. Proszę o wyjaśnienie, na jakiej podstawie wyciągnięto taki wniosek.
8. Na stronie 26 podaje Autor, że praca pompy ciepła nie jest zależna od warunków zewnętrznych – pogody. Stwierdzenie nieprawdziwe. Proszę o komentarz.



9. Jakie koszty uwzględnił Autor w *Kosztach wzniesienia* (Tab.4.2).
10. Nie zgodzę się ze stwierdzeniem, że niewiele jest opracowań dotyczących przegrzewania pomieszczeń latem w naszych warunkach klimatycznych (str. 48). Na ten temat wiele publikacji przed laty poświęcił zespół prof. dra hab. inż. Jerzego Pogorzelskiego.
11. W opisie budynku rzeczywistego podano, że wykorzystano pompę ciepła. Proszę o sprecyzowanie jaką i w jakim układzie pracującą (str. 51). Założono wentylację naturalną. Jakie przyjęto strumienie powietrza? (str. 52).
12. W budynku poddanym analizie założono strumień wentylacyjny równy wymaganiom higienicznym. Proszę podać konkretną wartość (str. 57).
13. Na stronie 69 Autor podał, że założono spuszczenie rolet w ciągu dnia w miesiącach letnich. Dlaczego nie skorzystano założeń normy PN-EN ISO 13790 *Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia uzależniających pozycje rolety od natężenia promieniowania słonecznego*.
14. Do jakiej energii odniesiono emisję CO<sub>2</sub>? (str. 76).
15. Brak legendy do rys. 9.1 – 9.9 utrudnia czytelność schematów.
16. Punkt 9.3 powinien raczej nazywać się Założenia.

### Inne uwagi szczegółowe

W pracy zauważono wiele usterek redakcyjnych i językowych, które zakładam będą usunięte przed opublikowaniem ważniejszych wyników pracy. Niektóre z nich jako przykładowe sygnalizuję poniżej:

1. W spisie oznaczeń brak przy niektórych wielkościach jednostek.
2. Str. 9 – Sformułowanie *zachowanie odpowiedniej szczelności budynku, wymaga zastosowania wentylacji mechanicznej* jest dyskusyjne. Wysoka szczelność nie jest warunkiem koniecznym do zastosowania wentylacji mechanicznej. Może być tylko zaleceniem.
3. Zadaniem ramki dystansowej nie jest, jak podaje Autor rozprawy, *ograniczenie strat ciepła*, jest to element konstrukcyjny okna mający wpływ na straty ciepła przez okno (str. 15).
4. Wymagania dotyczące izolacji cieplnej przewodów podane są w WT, a nie jak podaje Doktorant ... *grubość może przekraczać grubości normatywne*. Mam również wątpliwość do użytego słowa **może**.
5. Nazewnictwo dotyczące kolektorów słonecznych powinno być zgodne z normą PN-EN ISO 9488:2002 (str. 17).
6. Brak odwołań do literatury (str. 29, 45).
7. Przy prezentowanych wzorach brak jednostek.
8. Liczne błędne w nazewnictwie: np. baterie czerpne, wymiennik odzysknicowy, elektryczna sprężarkowa pompa ciepła, zamiana liczby osób przebywających w pomieszczeniach, powalają ustalić.
9. Błędy w numeracji rysunków, rozdziałów (str. 81, 95, 97, 107).
10. Przy rysunku 9.7 oraz 9.8 – błędna nazwa pod rysunkiem.
11. Mała czytelność rysunków od 9.10 do 9.14.

12. W literaturze przy niektórych pozycjach brak dokładnych danych bibliograficznych. W pozycji [30] błąd w nazwisku prof. dr hab. inż. Tomasza Kisielewicz. Pod numerem [55] znajdują się dwie pozycje bibliograficzne. Przy źródłach internetowych brak informacji o dostępie.

Istnieje również kilka drobniejszych przeoczeń, błędów gramatycznych i literowych, których nie przytaczam.

### **Ocena pracy i wniosek końcowy**

Mgr inż. Dawid Tąta w rozprawie doktorskiej, przygotowanej pod opieką dra hab. inż. Henryka Foita oraz promotora pomocniczego dra hab. inż. Joanny Ferdyn-Grygierek, prof. PS, rozważał ważną problematykę ustalenia wymagań konstrukcyjnych i instalacyjnych dla budynku pasywnego zlokalizowanego w Polsce i połączył w sposób właściwy eksperyment doświadczalny z symulacjami energetycznymi oraz z analizami ekonomicznymi.

Przytoczone wcześniej uwagi ogólne i szczegółowe nie umniejszają zasadniczych wartości merytorycznych pracy. Część z nich jest dyskusyjna, mają one wpłynąć na skorygowanie uchybień. Założony cel naukowy w pracy został zrealizowany w sposób zadawalający.

Stwierdzam, że Doktorant potrafi formułować i rozwiązywać problemy naukowe oraz potrafi je wykorzystać również dla celów inżynierskich. Dobrze porusza się w modelowaniu numerycznym z wykorzystaniem narzędzi ESP-r oraz EnergyPlus.

Uważam, że opiniowana rozprawa doktorska mgra inż. Dawida Tąty pt.: *Doskonalenie ogrzewania i wentylacji pasywnych budynków mieszkalnych* spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U z 2003 r, nr 65 poz. 595 – 2002 z późn. zm) – biorąc pod uwagę art. 179 ust. 1. Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U z dnia 30 sierpnia 2018 r., poz. 1669).

Wnoszę więc o dopuszczenie jej do publicznej dyskusji.

