Warszawa, dn. 23 stycznia 2020 r.

Artur Badyda
Politechnika Warszawska
Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Alessandro Slamy pt. "Analysis of hospitalizations and primary healthcare visits connected with air pollution in five Polish cities".

Praca została odebrana do wykonania recenzji w dniu 16 grudnia 2019 roku.

1. Zasadność podjęcia pracy

Zaprezentowana w pracy problematyka dotyczy styku zagadnień związanych z naukami medycznymi i naukami o zdrowiu oraz naukami o środowisku, a konkretnie o problemach jakości powietrza. Interdyscyplinarne podejście jest tu zdecydowanie wskazane, mając na uwadze współczesną, relatywnie bogatą już wiedzę dotyczącą skutków jakie dla zdrowia i życia człowieka niesie ekspozycja na zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Problem jakości powietrza w Polsce pozostaje nierozwiązany, mimo znaczącego ograniczenia emisji zanieczyszczeń, w szczególności z sektora produkcji i dystrybucji energii oraz sektora przemysłu, jakie obserwuje się w okresie ostatnich 30 lat. Niezmienna w zasadzie emisja zanieczyszczeń do powietrza z tzw. sektora komunalno-bytowego i narastająca nawet emisja niektórych rodzajów zanieczyszczeń z sektora transportu drogowego, powodują, że stężenia w powietrzu utrzymują się na znacznie wyższych poziomach, aniżeli w większości innych krajów Unii Europejskiej. Tym samym silniejsze jest narażenie mieszkańców Polski na zanieczyszczenia powietrza, choć należy też mieć na uwadze, że jest ono silnie zróżnicowane w różnych częściach kraju. Z tego też powodu właściwym krokiem było uwzględnienie w rozważaniach Autora ocenianej pracy doktorskiej 5 miast o zróżnicowanych stężeniach zanieczyszczeń. Choć wybór ten nie jest do końca oczywisty, o czym mowa w dalszej części recenzji, to wskazuje na właściwy kierunek podjętych przez Doktoranta analiz.

Warto podkreślić, że ekspozycja na pył zawieszony i zawarte w nim metale ciężkie oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, ale także niektóre zanieczyszczenia gazowe (jak choćby tlenki azotu, ditlenek siarki, czy ozon troposferyczny) powoduje zwiększoną zachorowalność na poważne schorzenia układu oddechowego i sercowo-naczyniowego, choć zanieczyszczeniom powietrza przypisuje się również zwiększone ryzyko chorób neurodegeneracyjnych i nowotworowych. Rokrocznie Europejska Agencja Środowiska wskazuje czołowe wśród krajów UE miejsce Polski, jeśli chodzi o wysokie stężenia pyłu zawieszonego i benzo(a)pirenu w powietrzu atmosferycznym. Ubiegłoroczny raport wskazuje, że spośród ówczesnych 28 państw Unii Europejskiej w Polsce zanotowano najwyższe stężenia pyłu $PM_{2,5}$ i BaP, zaś pod względem stężeń pyłu PM_{10} Polska ustąpiła jedynie Bułgarii. Nieco lepiej jest pod względem stężeń ditlenku azotu i ozonu, jednak postępujące zmiany klimatu i cały czas dynamicznie rosnący problem dużego natężenia ruchu pojazdów na polskich drogach, szczególnie w sieciach drogowo-ulicznych miast, mogą spowodować, że narastać będzie również problem wysokich stężeń tych zanieczyszczeń gazowych.

Autor w swojej pracy skupia uwagę na hospitalizacjach oraz wizytach u lekarzy podstawowej opieki zdrowotnej, które mogą być związane z zachorowaniami i zaostrzeniami istniejących chorób przewlekłych, w szczególności układu oddechowego, w przypadku których Autor stwierdził istnienie najsilniejszych związków. Mając na uwadze, że zachorowania na choroby, dla których na gruncie badań klinicznych i epidemiologicznych udowodniono istnienie związków przyczynowo-skutkowych z zanieczyszczeniem powietrza, stanowią obecnie w Polsce 8 najważniejszy czynnik wpływający na życie w warunkach niepełnosprawności, wydaje się, że podjęta przez Autora tematyka jest jak najbardziej słuszna. Gdy dodatkowo weźmie się pod uwagę koszty, jakie są generowane choćby w związku z koniecznością podjęcia leczenia, hospitalizacji, czy farmakoterapii, jak również skutki gospodarcze związane z przebywaniem na zwolnieniach lekarskich, czy przedwczesną koniecznością zakończenia kariery zawodowej z powodu chorób przewlekłych których źródłem mogą być zanieczyszczenia powietrza, problem urasta do jednego z najważniejszych wyzwań stojących przed społeczeństwem nie tylko Polski, ale również Europy i Świata.

Podjęty temat należy zatem uznać za jak najbardziej uzasadniony i ważny, nie tylko jako oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, ale również jako istotny z punktu widzenia potrzeb społecznych, czy gospodarczych.

2. Ogólna charakterystyka i ocena rozprawy

Oceniana rozprawa została podzielona na 7 rozdziałów merytorycznych, z których część zawiera również szereg szczegółowych podrozdziałów. Ponadto, poza spisem wykorzystanych w pracy pozycji bibliograficznych, rozprawę uzupełniono o dodatkowe elementy, jak choćby tabelę skrótów i oznaczeń zastosowanych w pracy, listę publikacji i wystąpień konferencyjnych Autora, czy też spis tabel i ilustracji graficznych. W pracy znajdują się ponadto streszczenia w języku angielskim oraz polskim. Należy podkreślić, że cała praca została przygotowana w języku angielskim.

Pierwszym merytorycznym rozdziałem pracy jest *Introduction* (*Wprowadzenie*), w którym Doktorant prezentuje pokrótce rys historyczny problemu zanieczyszczeń, nakreślając nieco bardziej szczegółowo obecną sytuację związaną ze skutkami zdrowotnymi narażenia na zanieczyszczenia powietrza. Wyszczególnione zostały tu również najważniejsze zanieczyszczenia powietrza, które podlegają monitorowaniu. Znalazło się tu również syntetyczne omówienie standardów jakości powietrza, z uwzględnieniem obowiązujących w krajach Unii Europejskiej przepisów oraz wytycznych Światowej Organizacji Zdrowia (WHO). Rozdział kończy krótka charakterystyka najważniejszych skutków zdrowotnych wynikających z oddziaływania zanieczyszczeń powietrza oraz syntetyczna informacja o polskim systemie opieki zdrowotnej, która w kontekście informacji zaprezentowanych we wcześniejszej części rozdziału sprawia wrażenie nieco „sztucznie doklejonej" do tego rozdziału. Przydatne byłoby kilka zdań, dzięki którym ta część zostałaby płynnie powiązana z poprzedzającymi podrozdziałami. Przywołując dane Światowej Organizacji Zdrowia, warto byłoby zwrócić uwagę na nowsze statystyki, z roku 2016, przypisujące zanieczyszczeniom powietrza atmosferycznego 4,2 mln przedwczesnych zgonów oraz 3,8 mln zgonów zanieczyszczeniom powietrza wewnętrznego. Przywołane przez Doktoranta dane z 2012 roku, w istocie wskazywały na 6,5 mln zgonów przypisywanych łącznie zanieczyszczeniom powietrza zewnętrznego i wewnętrznego. Jednym z podrozdziałów tej części jest rozdział zatytułowany *Air Pollution' Short-term effects*, jednak opisano tam przede wszystkim skutki długoterminowe, a nie krótkoterminowe. Faktem jest, że podrozdział ten jest bardzo krótki i jak należy rozumieć wynika to z faktu, że stanowi on część wprowadzenia do pracy.

Niemniej jednak wydaje się, że można byłoby osobno opisać specyfikę skutków krótko- i długoterminowych. Należy również podkreślić, że w części opisującej skutki zdrowotne Autor posiłkuje się literaturą pochodzącą w większości co najmniej z poprzedniej dekady, jeśli nie z lat 90-tych ubiegłego stulecia. Oczywiście ta literatura może stanowić dobry punkt wyjścia do charakterystyki problemu, jednak w ostatnich latach pojawiły się liczne badania i związane z nimi publikacje opisujące bardziej szczegółowo i dogłębnie skutki zdrowotne związane z narażeniem na poszczególne rodzaje zanieczyszczeń powietrza. Wydaje się więc, że warto byłoby uwzględnić tu również prace z ostatnich lat;

Rozdział drugi – *Possible Study Designs* (*Możliwe rodzaje badań*) – zawiera krótką charakterystykę możliwych scenariuszy realizacji badań ukierunkowanych na ocenę skutków zdrowotnych związanych z narażeniem na zanieczyszczenia powietrza. Autor skupia swoją uwagę na 4 wybranych typach metod badawczych służących do oceny związku pomiędzy narażeniem, a odpowiedzią organizmu. Doktorant charakteryzuje metody stosowane zarówno w badaniach o charakterze prospektywnym, jak i retrospektywnym. Poza metodami scharakteryzowanymi przez Doktoranta, w epidemiologii środowiskowej istnieją również inne metody służące ocenie takich związków. Oczywiście nie sposób je tu wszystkie przytaczać, jednak warte byłoby to zaznaczenia, że zaprezentowane metody nie stanowią zamkniętego katalogu. Warto również zwrócić uwagę na bardziej współczesną literaturę przedmiotu, jak np. publikacje podręcznikową autorstwa prof. Marka Nieuwenhijsena z 2015 roku, która dość szczegółowo opisuje i charakteryzuje kilka najważniejszych metod badawczych w tym zakresie tematycznym, jak choćby powszechnie wykorzystywane metody badań przekrojowych (cross-sectional studies), czy badań klinicznych (case-control studies). W końcowej części rozdziału Autor wskazuje Polskę i Czechy, jako przykłady krajów, w których procesy spalania węgla przyczyniają się do podwyższonych stężeń zanieczyszczeń. Autor nie wskazuje jednak, o jakie zanieczyszczenia chodzi. Dla porządku jednak wydaje się, że warto byłoby wspomnieć również o innych krajach, w których jakość powietrza jest niska. W dalszej części ostatniego podrozdziału Doktorant wspomina również o energetyce węglowej, stanowiącej w domyśle problem jakości powietrza. Biorąc jednak pod uwagę te zanieczyszczenia, które ze względu na ich stężenia w powietrzu stanowią obecnie szczególnie silne zagrożenie dla zdrowia, to akurat sektor produkcji i dystrybucji energii nie należy do szczególnie kluczowych źródeł – w przypadku pyłów jest to kilka procent, w przypadku benzo(a)pirenu kilkanaście. Duży udział ma co prawda energetyka w emisji ditlenku siarki, jednak ilościowo są to obecnie znacznie mniejsze emisji, aniżeli w okresie transformacji ustrojowej, kiedy to faktycznie energetyka stanowiła poważne zagrożenie dla jakości powietrza. Autor wspomina jeszcze o sektorze komunalno-bytowym, który stanowi obecnie najpoważniejsze źródło emisji do powietrza najbardziej szkodliwych dla zdrowia zanieczyszczeń, w tym w szczególności pyłów zawieszonych, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, niektórych metali przejściowych, czy też substancji z grupy polichlorowanych dibenzodioksyn i polichlorowanych dibenzofuranów. Niemniej jednak uzupełnieniem wspomnianych źródeł powinien być zdecydowanie transport drogowy, który w szczególności w miastach, a więc tam gdzie mieszka przeważająca część ludności Polski i gdzie gęstość zaludnienia jest relatywnie duża, stanowi istotne źródło kształtujące jakość powietrza, którym oddychają mieszkańcy. Reasumując przedstawiony w tym podrozdziale materiał, Doktorant wskazuje na niedostatki wiedzy w zakresie długoterminowych wyników analiz, prezentujących związki pomiędzy określonymi stężeniami zanieczyszczeń powietrza a skutkami zdrowotnymi, np. mierzonymi liczbą hospitalizacji, czy wizyt u lekarzy POZ z powodu wystąpienia określonej choroby lub jej zaostrzenia. Co prawda podobne analizy zaczęły być w ostatnich miesiącach realizowane, nawet na danych pochodzących z okresów około 10-letnich, jednak w chwili przygotowywania ocenianej pracy doktorskiej takie materiały nie były znane,

jak również do chwili obecnej wydaje się, że nie zostały opublikowane w postaci ogólnodostępnych prac naukowych.

Kolejny – trzeci – rozdział pracy to *Aim of the study* (*Cel badań*), w którym Doktorant w zwięzły sposób prezentuje cel, jaki przyświecał mu w trakcie przygotowywania rozprawy doktorskiej. Co do zasady cel ten został prawidłowo sformułowany, a Autor uwzględnił dodatkowo 4 cele cząstkowe. Wydaje się jednak, że ze względu na bardzo krótki charakter tego rozdziału, spokojnie można byłoby go połączyć z rozdziałem następnym, tworząc następnie podrozdziały dotyczące celu oraz zakresu badań i ich metodyki.

W rozdziale czwartym – *Material and methods* (*Materiał i metody*) – Autor dokonuje krótkiego scharakteryzowania materiału badawczego oraz zastosowanych w pracy metod statystycznej analizy wyników. Opisuje dane pozyskane z Narodowego Funduszu Zdrowia, które zostały wykorzystane w dalszych analizach, w tym w szczególności wzięte pod uwagę grupy chorób oraz rodzaje zanieczyszczeń powietrza i uzupełniające je dane meteorologiczne. Druga część rozdziału prezentuje sposób przygotowania danych do analiz oraz zastosowane w obliczeniach metody statystyczne. Na uwagę zasługuje tu zastosowanie ciekawego modelu statystycznego DLNM i wykorzystanie metody Almona, które pierwotnie znajdowała zastosowanie w analizach ekonometrycznych, ewoluując w ciągu ostatnich około 20 lat do zastosowań w analizach skutków zdrowotnych powiązanych z czynnikami środowiskowymi. Brakuje jednak w tym rozdziale dość kluczowej informacji dotyczącej przesłanek, jakie kierowały Autorem podczas wyboru miast będących przedmiotem rozważań. Co prawda w rozdziale poprzedzającym Autor napomknął, że jednym z celów cząstkowych jest ocena różnic w zakresie hospitalizacji pomiędzy silniej i słabiej zanieczyszczonymi miastami, ale wydaje się to być zbyt ogólnikowym stwierdzeniem. Wybór materiału badawczego powinien być bardziej szczegółowo uzasadniony, choćby poprzez przywołanie wyników pomiarów stężeń zanieczyszczeń w wybranych miejscowościach na przestrzeni ostatnich lat (częściowo te dane są przytoczone, ale dopiero w kolejnym rozdziale prezentującym wyniki). Zastanawia również pod względem wielkości populacji – wśród rozważanych miejscowości są 4 duże miasta o liczebności przekraczającej minimalną populację dla aglomeracji miejskich oraz jedno miasto średniej wielkości (Bielsko-Biała). Jeśli wielkość populacji i jakość powietrza (dobra/zła) stanowiły kluczowe kryteria wyboru, to wybór Krakowa oraz Gdańska i Białegostoku nie budzi większych zastrzeżeń. Zastanawiający jest tu wybór Warszawy, cechującej się znacznie większą populacją od pozostałych miast i raczej pośrednim stężeniem zanieczyszczeń, jak również Bielska-Białej, gdzie z kolei liczebność populacji jest zauważalnie mniejsza, ale stężenia zanieczyszczeń zdecydowanie wysokie. Nie oznacza to oczywiście, że ten wybór jest zły, jednak brak jest wystarczającego jego uzasadnienia, co budzi wątpliwości dotyczące kryteriów tego wyboru.

Najbardziej obszerny rozdział piąty – *Results* (*Wyniki*) – stanowi kluczową część rozprawy. Doktorant prezentuje kolejno dane dotyczące jakości powietrza, zmienności parametrów meteorologicznych oraz statystyki dotyczące hospitalizacji. W kolejnym kroku dokonuje łączenia różnych grup czynników ze sobą, tj. hospitalizacji ze zmienności warunków meteorologicznych i hospitalizacji ze zmiennością jakości powietrza. Rozdział ten jest wzbogacony dość dużą liczbą zestawień tabelarycznych oraz ilustracji graficznych, w szczególności różnorodnych wykresów. W początkowej części rozdziału Autor wskazuje na 2 miasta, pisząc, że to one „have shown the strongest pollution data", co najpewniej oznacza, że cechują się najwyższymi stężeniami zanieczyszczeń powietrza. Jednak podstawowe pytanie dotyczy okresu, z którego pochodzą dane oraz stacji monitoringu jakości powietrza, które wzięto pod uwagę do analiz. W każdym z rozważanych miast (za wyjątkiem Bielska-Białej) jest kilka stacji monitoringu. W szczególności w dużych miastach stacje te spełniają różne funkcje, tj. w szczególności

stacji tła miejskiego, stacji komunikacyjnych, czy też stacji przemysłowych. Nie jest jednak jasne, które z nich Autor wziął pod uwagę w swoich rozważaniach, czy uwzględnił dane tylko z wybranych stacji, czy może ze wszystkich, uśredniając wyniki ich wskazań, czy też biorąc jakąś inną miarę wypadkową z tych stacji. Mając na uwadze, że wyniki pochodzące z Państwowego Monitoringu Środowiska zostały następnie wykorzystane przez Doktoranta do obliczeń związanych z wpływem stężeń określonych zanieczyszczeń powietrza na skutki zdrowotne (w tym przypadku mierzone liczbą hospitalizacji), jest dość kluczową kwestią, jak wyznaczono stężenia zanieczyszczeń, które następnie wykorzystano do analiz. W podrozdziale poświęconym zależnościom pomiędzy jakością powietrza a hospitalizacjami Autor przytacza m.in. tabelę prezentującą współczynniki korelacji. Brak jest jednak jakiejkolwiek informacji, jakie współczynniki korelacji są tu prezentowane. Zakładając, że są to współczynniki korelacji liniowej Pearsona, należałoby podać czy sprawdzono wszystkie założenia umożliwiające liczenie takiego właśnie rodzaju korelacji. Ponadto Autor wskazuje, że zaznaczono najsilniejsze korelacje, tj. takie, gdzie współczynnik korelacji przekracza wartość 0,15, co ma jasno sugerować istnienie związku pomiędzy zmiennością stężeń zanieczyszczeń a występowaniem hospitalizacji z powodu chorób układu oddechowego. Należy jednak wziąć pod uwagę, że korelacja na poziomie 0,15 jest korelacją słabą, a nie silną. Za silną uważa się zależność, w której współczynnik korelacji przekracza wartość 0,6, a takie w prezentowanej tabeli nie występują. brakuje również informacji, jaki został przyjęty poziom istotności (p-value), przy którym wyniki uznawano za statystycznie istotne. Przedstawione wyniki, zakładając że spełniają założenia do obliczenia korelacji liniowej Pearsona, wskazują, że istnieje znacząca niewiadoma odnośnie czynników wpływających na zmienność zmiennej zależnej. Brak jest tu rozważań, wskazujących na dociekania Autora jakie to mogą być czynniki, choć we wcześniejszej części pracy Doktorant wskazywał, że zastosuje m.in. metodę regresji wielokrotnej, której wyniki mogłyby pomóc na uzyskanie choćby częściowej odpowiedzi na wskazane wątpliwości. Interesująco z kolei pokazane zostały wyniki analiz z modelu DLNM, prezentujące rosnące liczebności hospitalizacji, czy wizyt w POZ w odniesieniu do wzrostu o każde dodatkowe 10 jednostek stężenia danego zanieczyszczenia w okresie kolejnych 10 dni. Jak należy rozumieć, dotyczy to kolejnych dni liczonych od momentu wystąpienia stężenia szczytowego. Nie jest jedynie jasne, jakie stężenia traktuje się jako szczytowe, a zatem jaki moment przyjmowany jest za początek analizy. To wymagałoby szerszego wyjaśnienia, żeby dobrze zrozumieć istotę zaprezentowanych przez Doktoranta wyników.

Kolejny – szósty – rozdział pracy zatytułowany *Discussion* (*Dyskusja*) stanowi swoiste podsumowanie przedstawionego w pracy materiału, z rozwinięciem niektórych zagadnień poruszonych we wcześniejszych fragmentach rozprawy. Autor dokonuje również próby dyskusji własnych wyników z rezultatami prezentowanymi w osiągnięciach naukowych innych autorów. Doktorant opisuje pokrótce jakich wyników się spodziewał, odnosząc się do kilku pozycji literaturowych, choć nie podejmuje niestety próby żadnej syntezy z czego mogą wynikać uzyskane różnice. Wskazuje również na brak istotnego związku pomiędzy niektórymi rozważanymi czynnikami meteorologicznymi, a liczbą hospitalizacji, jednak nie podejmuje próby wielowymiarowego ujęcia, w którym pod uwagę brane byłyby jednoczesne oddziaływania związane z parametrami określającymi jakość powietrza i czynnikami meteorologicznymi. W dalszej części dowodzi, że notowane w Polsce stężenia zanieczyszczeń w rozważanym w pracy okresie są dalekie od stężeń krytycznych, nie precyzując jednak o jakie dokładnie wartości liczbowe chodzi, a warto jednak mieć na uwadze, że w rozważanym okresie wystąpiło w Polsce kilka poważnych epizodów smogowych, w tym jeden szczególnie znaczący, z początku 2017 roku, kiedy to w wielu miejscach w Polsce zanotowano stężenia w szczególności zanieczyszczeń pyłowych, przekraczające dotychczasowe najwyższe poziomy notowane od początku prowadzenia pomiarów stężeń pyłów PM_{10} i $PM_{2,5}$. Doktorant wskazuje również na zróżnicowany

przebieg sezonowej zachorowalności na grypę w poszczególnych latach, jednak nie dokonuje żadnej głębszej analizy w zakresie wpływu tej zachorowalności na ewentualne obciążenie wyników zaprezentowanych w pracy. Pisząc o chorobach układu sercowo-naczyniowego, w końcowej części rozdziału wskazuje z kolei na wiek i inne czynniki, które powinny być przedmiotem rozważań w kontekście zachorowalności, jednak myśl ta pozostaje bez rozwinięcia. A warto byłoby choćby wymienić te czynniki. Końcowa część rozdziału zawiera krótką analizę ograniczeń wynikających z zastosowanej metody badawczej i źródła danych oraz perspektyw dalszych badań rozważanej problematyki.

Ostatni merytoryczny rozdział pracy to *Conclusions* (*Wnioski*), w którym w syntetyczny sposób, w kolejnych punktach Autor prezentuje najważniejsze obserwacje wynikające z przedstawionych wyników analiz.

Warto dodatkowo zwrócić uwagę na spis pozycji bibliograficznych wykorzystanych w pracy. W spisie zawarto około 120 prac (spis nie jest ponumerowany), co należy uznać za wystarczające w przypadku rozprawy doktorskiej. Na literaturę składają się zarówno pozycje monograficzne, artykuły naukowe, raporty, czy akty prawne. Zastosowanie numeracji oraz podział na najważniejsze rodzaje wykorzystanych prac podniosłyby przejrzystość spisu literatury. Spośród wykorzystanych pozycji bibliograficznych jedynie około 30 pochodzi z okresu ostatnich 5 lat przed rokiem publikacji rozprawy, zaś około 50 z okresu ostatnich 10 lat. Ponadto praca została zilustrowana 18 zestawieniami tabelarycznymi i 36 rysunkami.

3. Uwagi redakcyjne

Praca zasadniczo napisana jest w sposób dość czytelny, czyta się płynnie i z zainteresowaniem. Niemniej jednak nie jest pozbawiona drobnych uchybień natury edytorskiej, choć należy podkreślić, że drobne błędy redakcyjne są naturalne przy redagowaniu tak obszernego opracowania. Mając na uwadze, że nie wpływają one zasadniczo na merytoryczną ocenę pracy, recenzent ograniczył się do wskazania tylko wybranych uchybień edytorskich, które uznał za istotne:

1. Str. 3 – wydaje się, że spis treści byłby bardziej czytelny, gdyby poszczególne rozdziały i przynależące do nich podrozdziały zostały ponumerowane. Numerowanie wielopoziomowe umożliwiłoby lepszą identyfikację, co jest rozdziałem głównym, a co jego podrozdziałem/podrozdziałami. Zwłaszcza, że w spisie treści nie ma np. rozdziału „*Results*", który można znaleźć na str. 30, a są wymienione jedynie jego podrozdziały;
2. Str. 5 – skrót od Policyclic Aromatic Hydrocarbons powinien brzmieć PAH a nie PAC;
3. Str. 7 – wydaje się, że sfomułowanie „vis-a-vis" w zdaniu „Has listed 489 publications which covered... and birth outcomes vis-a-vis 12 air pollutants" nie zostało w tym kontekście użyte prawidłowo;
4. Str. 8 – wyraz „Sulphur" (w akapicie 3) powinien być pisany małą literą;
5. Str. 10 – w wyrażeniu „partial combustion" należałoby raczej zastosować termin „incomplete", który w języku angielskim jest używany do określenia zjawiska spalania niecałkowitego;
6. Str. 12 – w wyrażeniach „nitric oxide gas" oraz „nitrogen dioxide gas" wyraz „gas" jest zbędny;
7. Str. 13 – wyrażenie „high level exposure to nitrogen dioxide" jest w tej formie mało zrozumiałe. Zdecydowanie wyraz „level" zaburza sens tego zdania. Ekspozycja (exposure) jest jednoznacznie określonym terminem, zatem nie ma potrzeby dookreślania go przez dodanie

wyrazu poziom (level). Wyrażenie „high exposure" jednoznacznie określa wówczas co Autor ma na myśli;

8. Na str. 15 – zamiast wyrazu „snort-" (w akapicie 1) powinien być wyraz „short-";
9. Na str. 15 – w akapicie 3, jak również w końcowej części akapitu 4 przytoczona jest pozycja źródłowa „WHO Air Pollution 2019". Niestety takiego opracowania nie można znaleźć w spisie literatury w końcowej części pracy;
10. Na str. 16 – w akapicie 4 Autor pisze o fizjo-chemicznej charakterystyce zanieczyszczeń („physio-chemical characteristics"). Czy czasem nie powinno tu być mowy o charakterystyczne fizyko-chemicznej („physicochemical")? Zgodnie z definicją słownikową termin „physio-chemical" jest związany z „physiological chemistry". Nie jestem pewien czy Autor miał faktycznie ma myśli to ostatnie znaczenie, czy jednak chodziło o charakterystykę fizyko-chemiczną;
11. Na str. 22 – w akapicie 2 zamiast „electricity power stations" powinien być zdecydowanie użyty termin „power plants", który w języku angielskim jest powszechnie używany w celu określenia elektrowni. W tym samym akapicie Autor używa również sformułowania „coal as combustible". Jeśli już to powinno być „coal as combustible material", ale zdecydowanie trafniejszy byłby tu termin „fuel". W końcowej części tego akapitu termin „daily values of air pollution" powinien być zamieniony na „daily concentrations of air pollutants". Nie wiadomo bowiem, co dokładnie miałoby opisywać określenie „value of pollution" (wartość zanieczyszczenia), zaś „concentration" (stężenie) dokładnie charakteryzuje zawartość substancji w powietrzu;
12. Na str. 23 – wydaje się, że nieco pomieszały się Autorowi nazwy dwóch różnych instytucji – Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska oraz Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Zamiast „...Water Management and Chief Inspectorate of Environmental Policy and the Institute of Meteorology", powinno być "...Chief Inspectorate of Environmental Protection and the Institute of Meteorology and Water Management";
13. Na str. 24 – Autor zaznacza, że Kraków i Gdańsk to miasta o populacji powyżej 0,6 miliona mieszkańców. W Krakowie co prawda liczba mieszkańców dochodzi do 0,8 miliona, to jednak w Gdańsku jest to wyraźnie poniżej 0,5 miliona. Zatem zapis „>0,6 M" jest nieprecyzyjny;
14. Na str. 24 – w tytule Rysunku 8 pojawia się zapis „...picture to be changed", który sugeruje, że ilustracja nie jest zamieszczona w ostatecznej wersji;
15. Na str. 26 – w akapicie 3, skoro Autor pisze „collects" to analogicznie powinno być „publishes" a nie „published". W kolejnym akapicie nie do końca wiadomo czym miał być wyraz „obect". Czy chodziło o „object"?
16. Na str. 27 – w ostatnim zdaniu wyraz „were" wydaje się być zbędny;
17. Na str. 29 – w ostatnim zdaniu zamiast „increae" powinno być „increase";
18. Na str. 30 – w akapicie 1 powinno być „air pollutants concentrations" a nie „air pollution values". W dalszej części tego akapitu wyraz „have" powinien być pisany małą literą;
19. Na str. 38 – zaprezentowano zestaw wykresów (rysunek 15), które wydają się być bardzo podobne, jeśli nie identyczne, do wykresów przedstawionych na str. 33 (rysunek 11). Czy tu występują jakieś różnice, czy też omyłkowo wstawiono dwa identyczne zestawy na dwóch różnych ilustracjach?
20. Na str. 39 – w tytule podrozdziału „Meteorological values..." wyraz „values" powinien być zamieniony np. na „parameters". Sformułowanie „Meteorological values..." równie niewłaściwie brzmi w języku angielskim, jak „Wartości meteorologiczne..." w języku polskim.

W dalszej części rozdziału, w tabeli 4 należałoby podać jednostki, w jakich wyrażone są poszczególne parametry meteorologiczne;

21. Na str. 41 – w wyrażeniu „average daily values of the hospitalizations" fragment „values of the" jest zbędny. Wyrażenie „average daily hospitalizations" jednoznacznie określa o jakie średnie chodzi;
22. Na str. 46 – na rysunku 21 dane liczbowe są praktycznie nieczytelne;
23. Na str. 52 – w akapicie 3 w punkcie b) zamiast „increased air pollution concentration" powinno być „increased air pollutant concentration". W języku angielskim różnica pomiędzy dwoma terminami jest dość wyraźna, jako że „pollution" oznacza zanieczyszczenie jako zjawisko, zaś „pollutant" zanieczyszczenie, jako substancję zanieczyszczającą. Stąd też w pierwszym przypadku nie może być mowy o pomiarze stężenia, ponieważ termin ten nie określa konkretnej substancji zanieczyszczających a jedynie pewien stan środowiska polegający na obecności w nim mieszaniny różnych substancji, z których każda z osobna może być zmierzona;
24. Na str. 53-55 – na rysunkach 26-28 bardzo słabo czytelne są legendy. Brakuje również skali i informacji co prezentuje oś odciętych (pozioma) wykresów. Jednocześnie niezrozumiały dla mnie jest fakt umieszczania dwóch wykresów prezentujących zależności z różnymi zanieczyszczeniami, jako jednej ilustracji. Każdy z tych wykresów powinien stanowić osobną ilustrację. Podobna uwaga dotyczy rysunków 29 i 30 zaprezentowanych na str. 61-62;
25. Na str. 58 – w akapicie 3 pod tabelą w wyrażeniu „lowest values P-values" pierwszy wyraz „values" jest zbędny;
26. Na str. 60 – w akapicie 1 należy rozumieć, że zamiast „Table 12" powinno być „Table 13", zaś zamiast „Figure 16 and 17" powinno być „Figure 29 and 30". Czy tak?
27. Na str. 60 – w akapicie 2 powinno być „can also be observed" zamiast „can be also observed";
28. Na str. 64 – w akapicie 1 należy rozumieć, że zamiast „Table 32" powinno być „Table 31". Czy tak?
29. Na str. 66 – w akapicie 1 wydaje się, że ponownie występuje błędne przywołanie ilustracji – zamiast „Figure 33" i „Figure 34" powinno być „Figure 32" i „Figure 33". Zdaje się, że Autor w trakcie przygotowywania pracy usunął niektóre ilustracje i tabele, nie dokonując aktualizacji numeracji;
30. Na str. 68 – w akapicie 5 wyrażenie „...ambient air pollutants is related..." powinno być poprawione np. na: „...ambient air pollutants concentrations changes are related...";
31. Na str. 76 – w akapicie 1 przywołane są tabele 2 i 2a, przy czym w treści pracy nie ma tabeli 2a. Nie wiadomo co Autor miał na myśli;

4. Uwagi dotyczące aspektów merytorycznych i uwagi krytyczne

Nie ulega wątpliwości, że podjęty przez Doktoranta temat zdecydowanie wpisuje się zarówno w światowe, jak i krajowe trendy w zakresie analizy zdrowotnych uwarunkowań związanych z narażeniem społeczeństwa na zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Praca dotyka ważnego aspektu związanego z wpływem zanieczyszczeń powietrza na występowanie chorób i ich zaostrzeń skutkujących koniecznością hospitalizacji lub wizyty u lekarza podstawowej opieki zdrowotnej. Warto podkreślić interdyscyplinarny charakter pracy, który wymagał od Doktoranta połączenia elementów wiedzy z obszaru nauk medycznych i nauk zdrowiu z aspektami nauk o środowisku, w tym w szczególności dotyczących jakości powietrza atmosferycznego. Należy podkreślić, że podjęte przez Doktoranta wyzwanie zostało zrealizowane bardzo dobrze. Niemniej jednak należy również zwrócić

uwagę na pewne uchybienia natury merytorycznej. Większość z nich to raczej drobne nieścisłości lub niedomówienia, choć pojawiają się też pytania dość zasadnicze dotyczące zawartości merytorycznej pracy. Warto je na tym etapie wskazać przede wszystkim ze względu na możliwość ich uniknięcia w dalszej działalności naukowej Doktoranta. Poniżej przedstawiono zatem pewne wybrane uwagi krytyczne natury merytorycznej, jak również pytania, które wydały mi się szczególnie warte zaznaczenia.

1. Na str. 8 (akapit 3) termin „atmospheric components" jest zbyt mało precyzyjny, jeśli zamiarem Autora było wskazanie czynników warunkujących powstawanie zanieczyszczeń wtórnych. Czynnikami tymi mogą być bowiem zarówno procesy fizyczne, jak i chemiczne, także związane z działaniem warunków meteorologicznych, a w szczególności wilgotności, opadów atmosferycznych, czy promieniowania słonecznego. Tego typu czynniki powinny były być wskazane przez Autora pracy;
2. W dalszej części tego samego akapitu Autor pisze o cząstkach stałych, jako najważniejszych zanieczyszczeniach pierwotnych, jednak w przypadku zanieczyszczeń wtórnych je pomija. A należy mieć na uwadze, że istotna część cząstek stałych to również zanieczyszczenia wtórne, jak choćby powstające z przemian ditlenku azotu w powietrzu atmosferycznym;
3. Także w tym samym akapicie Doktorant wśród zanieczyszczeń wtórnych wymienia „SMOG". Należy uznać to za dość istotne uchybienie w przypadku pracy, której zadaniem jest ukształtowanie wiedzy w zakresie skutków zdrowotnych oddziaływania zanieczyszczeń powietrza. SMOG nie jest zanieczyszczeniem powietrza i nie może być z nimi utożsamiany. Jest to zjawisko, w przypadku którego w wyniku jednoczesnego oddziaływania specyficznych warunków meteorologicznych oraz określonych rodzajów zanieczyszczeń powietrza (charakterystycznych dla różnych źródeł emisji), dochodzi o kumulowania się zanieczyszczeń w dolnej warstwie troposfery. W tym kontekście należy również zwrócić uwagę na 2 zasadnicze rodzaje smogu: letni i zimowy. Stąd też zjawisko to, wymagające do zaistnienia zanieczyszczeń powietrza, nie jest jednak absolutnie tożsame z samym zanieczyszczeniem;
4. Na str. 8 (akapit 4) Autor wskazuje na istotną rolę warstwy ozonowej w ochronie powierzchni Ziemi przed oddziaływaniem promieniowania ultrafioletowego. Skoro już ten aspekt został poruszony, warto byłoby napisać, o jaki dokładnie rodzaj promieniowania UV chodzi, tj. jakiej długości fale są przede wszystkim absorbowane w warstwie ozonowej;
5. W dalszej części tego akapitu Doktorant pisze, że ozon jest formowany fotochemicznie (photochemically formed), co jest mało precyzyjnym określeniem i w zasadzie nie do końca wiadomo, co dokładnie Autor miał na myśli. Jeśli już, to można byłoby napisać coś w rodzaju „...formed in the process of photochemical reactions";
6. W końcowej części tego akapitu Doktorant wskazuje, że ozon troposferyczny jest składnikiem tzw. smogu. Po pierwsze o zjawisku smogu trudno jest powiedzieć „tak zwane". Jest to dobrze zdefiniowane, znane i opisane 115 lat temu zjawisko, w związku z czym w kontekście smogu nie powinno używać się określenia „so-called". Druga kwestia dotyczy tu roli ozonu – owszem ozon jest składnikiem smogu, ale nie każdego. Jest to typowe zanieczyszczenie występujące w trakcie epizodów smogu letniego (kalifornijskiego), co należałoby w tym zdanie zdecydowanie napisać;
7. Na str. 8 (akapit 5) wspomniano o ditlenku azotu, który w procesie reakcji fotochemicznych skutkuje powstawaniem ozonu. Nie wskazano jednak, że NO_2 jest tylko jednym z prekursorów ozonu troposferycznego. Opisując zjawisko reakcji fotochemicznych skutkujących

postawaniem ozonu, należałoby wspomnieć o pozostałych kluczowych prekursorach, jak choćby CO, czy lotne związki organiczne i niektóre inne węglowodory;

8. Na str. 9 przytoczono w uproszczony sposób proces zachodzenia reakcji fotochemicznych z udziałem NO_2. Mając na uwadze, że w rzeczywistości ten proces jest bardziej skomplikowany, warto byłoby podkreślić uproszczony sposób jego prezentacji w pracy;
9. Na str. 9 (w akapicie 1 rozdziału „Particulate matter (PM)") jest mowa o bardzo szerokim rozpowszechnieniu (very widely spread) cząstek stałych. Stwierdzenie to, ze względu na jego ogólnikowość, wymaga zdecydowania doprecyzowania, jakiego rodzaju rozpowszechnienie Autor ma na myśli;
10. W dalszej części tego akapitu przytoczono informację o źródłach emisji pyłów, wskazując procesy spalania w przemyśle i silnikach pojazdów. Oczywiście jest to prawda, jednak warto byłoby dodać, że w zasadzie każdy proces spalania w szczególności paliw stałych, ale również wielu paliw płynnych skutkuje emisją zanieczyszczeń pyłowych do powietrza, a akurat przemysł, czy transport drogowy nie należą obecnie do najważniejszych źródeł emisji pyłów;
11. Wskazując frakcje wielkościowe pyłu, warto byłoby dodać, że poza wspomnianymi pyłami PM_{10}, $PM_{2,5}$ i $PM_{0,1}$ wyróżnia się również frakcję PM_1;
12. W tym samym akapicie Autor pisze, że pył bardzo drobny reprezentuje 50 do 70% pyłu całkowitego. Przede wszystkim brakuje tu informacji, czy Autor miał na myśli udział masowy, czy objętościowy, bo to nie jest to samo. Druga sprawa dotyczy sformułowania „total PM air pollutions", które jak można się domyślać oznacza wspomniany przeze mnie pył całkowity. Jednakowoż w takim przypadku należałoby zastosować termin „Total suspended particles", oznaczany w skrócie jako TSP;
13. Na str. 10 (akapit 1) Autor wskazuje na wpływ cząstek stałych na choroby naczyń mózgowych oraz choroby sercowo-naczyniowe, nie wspominając jednak o ważnych w tym kontekście chorobach układu oddechowego;
14. Na str. 10 (akapit 2) wśród źródeł emisji tlenku węgla Autor na jednym z pierwszych miejsc wymienia gaz ziemny. Jeśli już, to źródło to należałoby raczej umieścić na ostatnim miejscu, jeśli nie pomijać go w ogóle. Spalanie gazu ziemnego rzadko zachodzi w sposób niecałkowity i niezupełny, w związku z czym rzadko też w tym przypadku dochodzi do powstawania tlenku węgla. Jeśli już, dotyczy to sytuacji użytkowania niesprawnych instalacji gazowych, co raczej jest zjawiskiem marginalnym, aniżeli regułą;
15. Na str. 11 (akapit 1) Autor wskazuje na silniejsze wiązanie się hemoglobiny z tlenkiem węgla, aniżeli z tlenem. Warto byłoby wskazać dokładne informacje liczbowe, jako że siła powinowactwa hemoglobiny do CO w stosunku do O2 jest znana i jest 200-krotnie większa w przypadku tego pierwszego;
16. W dalszej części tego akapitu Autor wskazuje na asfiksję, jako przyczynę zgonów w przypadku narażenia na wysokie stężenia tlenku węgla. Wydaje się, że dla porządku warto byłoby tu przytoczyć dane dotyczące skutków narażenia w zależności od stężenia CO i czasu narażenia, nie zapominając również o tworzeniu się karboksyhemoglobiny, która stanowi pierwotną przyczynę niedotlenienia organizmu i dopiero w jej wyniku następuje proces skutkujący pojawieniem się zamartwicy;
17. Na str. 11 (akapit 3) Autor przytacza dane dotyczące zwężenia oskrzeli, które może zachodzić w wyniku narażenia na SO_2 już przy stężeniu 1,6 ppm. Warto mieć na uwadze, że takie stężenia bardzo rzadko pojawiają się w powietrzu atmosferycznym, a prawidłowy proces oddychania jest upośledzany już przy znacznie niższych stężeniach ditlenku siarki – mowa jest o tym choćby

w rekomendacjach WHO. Tak wysokie stężenia SO_2, na które wskazuje Autor, są raczej charakterystyczne dla narażenia zawodowego, a nie środowiskowego;

18. W końcowej części tego samego akapitu Autor używa sformułowania „concentration of SO_2 exposure". Nie do końca jest jasne, co Autor ma tu na myśli, bowiem stężenie i ekspozycja to są dwie różne kwestie i nie za bardzo wiadomo, co wobec tego miałoby oznaczać sformułowanie „stężenie ekspozycji", czy jego angielski odpowiednik „concentration of exposure";
19. Na str. 13 (akapit 2) pojawia się następujące wyrażenie „...nitrogen dioxide is believed to hinder the capability of the red blood cells to carry oxygen". Proces powstawania nitrozohemoglobiny (analogiczny do tworzenia się karboksyhemoglobiny) jest procesem znanym o opisanym w literaturze przedmiotu. A zatem nie jest wystarczające stwierdzenie, że „uważa się, że" (is believed to), bowiem tworzy się wówczas wrażenie, że nie jest to naukowo potwierdzony fakt, a jedynie jakiegoś rodzaju podejrzenia. Należy jednoznacznie stwierdzić, że ditlenek azotu ogranicza możliwość transportu tlenu przez czerwone krwinki, wskutek znacznie większego powinowactwa hemoglobiny do NO_2, aniżeli do O_2;
20. Na str. 13 (akapit 3) mowa jest o udziale tlenków azotu w procesie powstawania zjawiska smogu. Ponownie należy tu podkreślić, że chodzi o smog fotochemiczny, a nie każdy rodzaj smogu;
21. Na str. 14 (akapit 3) Autor wskazuje, że wytyczne WHO są bardziej selektywne, aniżeli obowiązujące w UE regulacje prawne. Nie do końca jest jednak zrozumiałe to wyrażenie „they are in general more selective". W zasadzie bowiem, w kontekście jakości powietrza zewnętrznego, wytyczne WHO dotyczą tego samego zbioru zanieczyszczeń, jaki objęty jest dyrektywą CAFE. Wytyczne WHO są owszem bardziej restrykcyjne i to nie ulega wątpliwości, jednak nie jest dla mnie do końca zrozumiałe pojęcie selektywności w tym kontekście;
22. Na str. 15 (akapit 3) Autor przytacza sposób rozumienia skutków długoterminowych przez Światową Organizację Zdrowia. W następnym akapicie pisze, iż efektem tych skutków może być również zgon. Mając na uwadze, że podrozdział, w którym ten fragment się znajduje ma w założeniu opisywać efekty krótkoterminowe, wydaje się, że warto byłoby podkreślić, że przedwczesny zgon może być również skutkiem krótkoterminowym. W tym zakresie istnieje bogaty zbiór prac poświęconych np. nagłym zgonom będących następstwem epizodów smogowych;
23. Na str. 16 (akapit 4) Autor twierdzi, że zanieczyszczenia oddziałują na człowieka w wysokich stężeniach, a następnie, że analogiczne efekty są wywoływane wskutek ekspozycji na mniejsze stężenia, ale w dłuższym czasie. Co do zasady krótkoterminowe skutki narażenia na wysokie stężenia i długoterminowe skutki narażenia nawet na relatywnie niewielkie stężenia są zróżnicowane. Z licznej literatury przedmiotu (w tym w szczególności ze zbiorczych publikacji WHO) wynika, że skutki krótkoterminowe są powiązane przede wszystkim z zaostrzeniami istniejących chorób, ale także ze zgonami wynikającymi z tych zaostrzeń, zaś skutki długoterminowe mogą być związane z indukcją nowych przypadków chorób, pojawianiem się chorób przewlekłych, jak również ze zwiększonym ryzykiem chorób nowotworowych. Przedwczesne zgony są wówczas powiązane ze skróceniem oczekiwanej długości życia. Zatem trudno jest uznać, że skutki długoterminowego narażenia na mniejsze stężenia są analogiczne do krótkoterminowego narażenia na wysokie stężenia, zwłaszcza, że ograniczono się do stwierdzeń typu „high concentrations" i „lower concentrations" nie wskazując na konkretne rodzaje zanieczyszczeń i wartości liczbowe opisujące te stężenia;

24. Na str. 17 (akapity 1 i 2) Autor opisuje skutki wynikające z narażenia na tlenek węgla. Jak już wskazano we wcześniejszej części recenzji, skutki narażenia na stężenia CO obecne w środowisku zewnętrznym są pomijalnie małe, ze względu na stężenia tlenku węgla daleko niższe od stężeń, które mogą powodować negatywne efekty zdrowotne. Stąd też przywoływanie CO, jako przykładu wydaje się być w tym przypadku trochę nieuzasadnione. Znacząco więcej miejsca należałoby poświęcić charakterystyce skutków sercowo-naczyniowych wynikających z narażenia na cząstki stałe, mające wpływ nie tylko na problemy związane z procesem krzepnięcia krwi, czy niewydolnością mięśnia sercowego, ale również na zwiększone ryzyko miażdżycy naczyń krwionośnych, zawału mięśnia sercowego, a tym samym również choroby niedokrwiennej serca, czy ostrych zespołów wieńcowych;
25. Na str. 17 (akapit 3) pojawia się stwierdzenie „Dioxins and other metals". Jest ono z gruntu błędne, sugerując, że dioksyny są metalami. Jeśli już Autor uważa za stosowne jednoczesne omawianie skutków narażenia na dioksyny i metale, powinien napisać po prostu „Dioxins and metals", ale też jeśli chodzi o metale to warto byłoby doprecyzować o jakiego rodzaju metale chodzi (np. ciężkie (heavy), czy przejściowe (trace));
26. Na str. 27 (rysunek 9) nie do końca jest jasne co przedstawia ilustracja. Czy są to dane z jednej z analizowanych miejscowości, czy może jakaś wartość wypadkowa (średnia, mediana?) z danych pochodzących ze wszystkich miast? Czy wykres dotyczy całego okresu będącego przedmiotem rozważań, czy jedynie jakiegoś wybranego? Czy przedstawione dane obejmują wszystkie rozważane kody ICD-10, czy jedynie wybrane? Bez tych informacji i uzasadnienia określonego wyboru trudno jest dokonywać wnioskowania w zakresie wzorców hospitalizacji;
27. Na str. 28 (rysunek 10) występują podobne wątpliwości, jak w przypadku rysunku 9, zwłaszcza jeśli chodzi o rodzaje ujętych chorób. W tekście poprzedzającym rysunek Autor wskazuje, że występuje korelacja pomiędzy temperaturą powietrza a liczbą hospitalizacji, w szczególności w przypadku chorób układu oddechowego. W związku z tym pojawia się pytanie, czy na rysunku 10 uwzględniono jedynie kody z grupy J, czy też wszystkie rozważane grupy chorób. Osobną kwestię stanowi sam sposób liczenia korelacji. Autor nie zaznaczył, jakiego rodzaju korelację liczył (np. Pearsona, Spearmana), nie wskazując wobec tego również czy zostały sprawdzone warunki rozkładu analizowanych zmiennych umożliwiające liczenie określonego rodzaju korelacji pomiędzy nimi;
28. Na str. 30 (akapit 2) Autor wskazuje na Kraków i Warszawę, jako dwa najbardziej zanieczyszczone z analizowanych miast. Wątpliwość budzi brak w tym zestawieniu Bielska-Białej, gdzie występują zauważalnie wyższe stężenia m.in. pyłów aniżeli w Warszawie. Nie do końca jasne jest również z jakiego powodu Autor podaje stężenia NO_2 w ppb, podczas gdy w danych z monitoringu środowiska stężenia NO_2 podawane są w $\mu g/m^3$. Czy Autor przeliczał jakoś jedne stężenia na drugie? Jeśli podane stężenia są wartościami średnimi rocznymi, to wydaje się to być mało prawdopodobne – stężenie NO_2 na poziomie 61,82 ppb jest równoznaczne z ponad 116 $\mu g/m^3$, a takie stężenia w Warszawie nie występują nawet na stacji komunikacyjnej, która rejestruje najwyższe stężenia (w ciągu ostatnich kilkunastu lat odkąd funkcjonuje ta stacja stężenia NO_2 nie przekraczały 70 $\mu g/m^3$, a w ostatnich latach są raczej bliżej 50 $\mu g/m^3$);
29. Na str. 30 (akapit 6) Autor pisze, że spalanie w pojazdach odpowiada za więcej niż 50% emisji prekursorów ozonu. Pytanie, jaki kraj lub region Autor miał na myśli, bowiem w warunkach polskich transport drogowy odpowiada za około 37% całkowitej emisji NO_x oraz 12% całkowitej

emisji LZO (VOC). Średnio dla wszystkich krajów UE te statystyki są zbliżone (odpowiednio 38% i 8%). Stąd też należałoby to doprecyzować;

30. Na str. 31 (tabela 2) pominąwszy fakt, że w kolumnie, w której należałoby się spodziewać przedziałów czasowych widnieją jakieś liczby sprawiające wrażenie przypadkowości (najpewniej jest to wynik przyporządkowania datom określonych wartości liczbowych w arkuszu kalkulacyjnym, co nie zostało wychwycone i zweryfikowane podczas analiz i prezentowania tych wyników), należy zwrócić uwagę na brak informacji o pochodzeniu danych, tj. z jakiej stacji pomiarowej lub jakich stacji pomiarowych one pochodzą, co może mieć istotne znaczenie dla dalszych analiz związanych z oceną skutków zdrowotnych;
31. Na str. 32 (tabela 3) ponownie w kolumnach, w których powinny być zaprezentowane przedziały czasowe (Data range (from-to)) znajdują się trudne do identyfikacji wartości. Brak jest również informacji o tym, jakiego rodzaju średnie wartości (Mean) prezentują pozostałe kolumny. Ponownie nie wiadomo, czy są to dane z pojedynczych (jakich?) stacji, czy ze wszystkich w danej miejscowości. Jeśli występuje ta druga sytuacja, to brakuje informacji o powodzie uśredniania stężeń z różnych typów stacji. Osobną kwestią pozostają jednostki, w których prezentowane są dane. W przypadku pyłów podanie jako jednostek mg/m^3 jest prawdopodobnie zwyczajnym błędem – powinno to być bowiem w $\mu g/m^3$. W przypadku pozostałych zanieczyszczeń w tabeli zaznaczono, że stężenia tlenków azotu, ozonu i ditlenku siarki są podane w ppb (parts per billion). Pytanie, czy na pewno tak właśnie jest, bo po przeliczeniu stężeń np. dla ozonu w Warszawie, wychodzi, że 67 ppb jest równoważne ok. 134 $\mu g/m^3$. Czy to jest średnia roczna, czy jakaś inna? Jeśli roczna, to wartość jest nieprawdopodobna, bo na terenie Warszawy średnioroczne stężenia ozonu wahają się 40-50 $\mu g/m^3$. Podobnie z SO_2 – jeśli wartość 13 podana jest w ppb, to po przeliczeniu na $\mu g/m^3$ otrzymuje się około 37. Na terenie Warszawy średnioroczne stężenia SO_2 są rzędu 3 $\mu g/m^3$. Być może są to więc stężenia wynikające z innych czasów uśredniania, jednak nie zostało to nigdzie zaznaczone. Druga kwestia w tej tabeli dotyczy ostatniej kolumny – standardy jakości powietrza, które zostały tu przywołane są wartościami wyrażonymi w $\mu g/m^3$, w związku z czym trudno je przyrównywać do wartości poddanych w ppb. W przypadku NO_2, żaden z dwóch poziomów dopuszczalnych nie wynosi 50 $\mu g/m^3$. Prawdopodobnie jest to pomylona wartość 40 $\mu g/m^3$, będąca w przypadku tego zanieczyszczenia średniorocznym poziomem dopuszczalnym. Jednak ponownie należy podkreślić, bez zastosowania odpowiednich przeliczników, nie ma możliwości porównania tej wartości ze stężeniami wyrażonymi w ppb. Jeśli chodzi o pozostałe zanieczyszczenia, to poziomy dopuszczalne są dla ozonu wyrażone jako średnia 8-godzinna krocząca, dla SO_2 jako średnia jednogodzinna, zaś dla PM_{10} i $PM_{2,5}$ jako średnia roczna. Wartości o tak różnych czasach uśredniania nie można ze sobą ot tak porównywać. Jeśli, co prawdopodobne, wartości średnie podane w tabeli są średnimi rocznymi (choć tego nie można stwierdzić, wskutek braku jakiejkolwiek informacji na ten temat), to nie mogą być w żadnym wypadu przyrównywane do stężeń dopuszczalnych określonych dla 1, 8, czy 24 godzin. Mogą być porównywane jedynie z poziomami dopuszczalnymi średniorocznymi, o ile oczywiście takowe zostały ustalone;
32. Na str. 33 (rysunek 11) wykresy nie zostały opisane w sposób umożliwiający identyfikację źródeł danych. Nie wiadomo w szczególności z jakich stacji monitoringu jakości powietrza pochodzą (w rozważanym czasie w Warszawie funkcjonowały 3, a w niektórych latach 4 stacje monitoringu, w których mierzono przynajmniej część z analizowanych zanieczyszczeń). Ponownie należy wskazać na błędne jednostki w przypadku wykresów prezentujących

przebiegi stężeń pyłów PM_{10} i $PM_{2,5}$ (mg/m^3 zamiast µg/m^3) oraz zadać pytanie o faktyczne jednostki w przypadku pozostałych zanieczyszczeń. Podobne uwagi dotyczą również rysunku 12 na str. 34 i rys. 13 na str. 35;

33. Na str. 36 (akapit 1) Autor pisze o korelacji pomiędzy rozkładami stężeń ozonu i pyłu $PM_{2,5}$. Brak jest tu jednak odniesienia do obliczeń, które wskazywałyby na istnienie bądź brak takiej korelacji, ale zasadnicze pytanie dotyczy celowości analizowania korelacji pomiędzy stężeniami tych dwóch zanieczyszczeń, które cechują się zupełnie odmiennymi źródłami pochodzenia, a procesy fizyczne i chemiczne związane z przemianami obu rodzajów zanieczyszczeń nie są od siebie zależne. Zatem trudno znaleźć racjonalny powód analizowania takich zależności, za wyjątkiem jedynie chęci pokazania, że maksymalne i minimalne stężenia tych zanieczyszczeń w skali roku występują w innych okresach. Niemniej jednak to jest akurat fakt powszechnie znany, wynikający z intensywności źródeł emisji pyłu oraz prekursorów ozonu oraz intensywności zjawisk meteorologicznych wpływających na procesy przemian tych zanieczyszczeń w powietrzu;
34. Na str. 39 (tabela 4) podobnie, jak w przypadku prezentacji stężeń zanieczyszczeń powietrza, brakuje informacji o źródle danych, tj. liczby i lokalizacji stacji meteorologicznych, z których pozyskano dane, a zatem również informacji, czy przedstawione w tabeli wartości pochodzą z jednej, czy większej liczby lokalizacji. Jeśli z jednej, to z jakiej? Jeśli z kilku, to jaki był powód uśredniania wykorzystanych ciągów pomiarowych?
35. Na str. 40 (rysunek 16) z tytułu ilustracji wynika, jakoby przedstawione przebiegi dotyczyły wszystkich 5 miast. Na każdym z wykresów widać jednak tylko pojedyncze ciągi danych, w związku z czym powstaje pytanie, w jaki sposób powstały te wykresy. Czy to są jakoś uśrednione wartości dla wszystkich 5 miast? Jeśli tak, to jaki był powód takiego uśredniania i jaka jest użyteczność informacji, że np. danego dnia średnia temperatura Warszawy, Krakowa, Gdańska, Białegostoku i Bielska-Białej wynosi 15°C?
36. Na str. 41 (akapit 1) Autor wskazuje na występowanie znacznych wartości odchyleń standardowych w danych dotyczących przyjęć do szpitali, tłumacząc to zjawisko obawami przed tzw. efektem weekendu. Niemniej jednak nie prezentuje żadnych danych, np. osobno danych dla dni roboczych i dni wolnych, które stanowiłyby poparcie tej tezy;
37. Na str. 43 (tabela 5) zaprezentowano dane dotyczące hospitalizacji w podziale na grupy przyczyn (wg kategorii ICD-10) w poszczególnych miastach. Trudno jest jednak z danych zestawionych w takiej tabeli wyciągać jakieś daleko idące wniosku. Zdecydowanie uzupełnieniem tej tabeli powinna być prezentacja uwzględniająca przeliczenie liczby hospitalizacji choćby w zależności od wielkości populacji, zwłaszcza że w zestawieniu uwzględniono miasta różniące się liczebności populacji do 10 razy (Warszawa vs. Bielsko-Biała);
38. Na str. 44 (akapit 1) nie jest jasne co Autor rozumie poprzez wpływ temperatury na hospitalizacje w zakresie od 35% do 50% i analogicznie sformułowany wpływ pozostałych parametrów meteorologicznych. Współczynnik R^2, czyli współczynnik determinacji, jest miarą dopasowania modelu do badanego zjawiska. Pomijając fakt, że nie jest to idealna miara dopasowania, zastanawiające jest czy właśnie ów stopień dopasowania modelu do rzeczywistości miał Autor na myśli. Brak jest jednak w treści tego podrozdziału jakiejkolwiek wzmianki o modelu regresji jedno- czy wielokrotnej. Autor zamieścił wykresy, na których znajdują się zbiory danych wraz z zapewne linią regresji, jednak nie zawierają one żadnej dodatkowej informacji dotyczącej zarówno samej krzywej regresji, jak i opisujących ją parametrów, w szczególności R^2;

39. Na str. 44-47 Autor opisuje zależności pomiędzy liczbą hospitalizacji z powodu chorób układu oddechowego a temperaturą powietrza. Nie wskazuje jednak na potencjalne przyczyny takiego zjawiska. Pojawia się w związku z tym pytanie, czy zdaniem Autora obserwowane zależności mają mieć związek z zanieczyszczeniem powietrza, a jeśli tak, to z jakim zanieczyszczeniem i w jakim stopniu. Czy też może jest to po raz kolejny potwierdzenie znanego na poziomie klinicznym uzasadnienia, tj. odpowiedzi organizmu na spadek temperatury warunkujący zwiększoną częstość występowania infekcji dróg oddechowych wskutek przesuszenia (zmniejszenia wilgotności) dróg oddechowych, prowadzące do większej podatności na przeziębienie dróg oddechowych, a tym stworzenie dogodnych warunków dla rozwoju mikroorganizmów chorobotwórczych. Brakuje tu podejścia, bazującego choćby na prostych modelach regresyjnych, dzięki którym na gruncie statystyki matematycznej można byłoby domniemywać, jaki udział w wyjaśnianiu wariancji zmiennej zależnej mają czynniki takie jak temperatura, czy stężenie pyłu $PM_{2,5}$. Warto także zauważyć, że niebagatelne znaczenie może mieć również kwestia dłuższego, niż w cieplejszych porach roku, przebywania w zamkniętych pomieszczeniach, w których rośnie ryzyko rozwoju mikroorganizmów chorobotwórczych. Z oczywistych względów, w retrospektywnym podejściu bazującym na analizie danych z NFZ, czynnik ten nie jest możliwy do uwzględnienia, jednak powinien być przez Doktoranta dostrzeżony;
40. Na str. 50 (akapit 5) nie do końca jasne jest stwierdzenie, że dla przypadków b), c) i d) korelacja nie jest silna, a następnie wskazanie, że ze względu na wielkość analizowanej próby oczekuje się, iż statystyczna istotność współczynników korelacji będzie relatywnie dobra;
41. Na str. 57 (tabela 9) warto byłoby wskazać, jaki dokładnie wniosek płynie z informacji o niższych i wyższych poziomach istotności w kolejnych dniach w odniesieniu do poszczególnych grup chorób. Jak już wspomniano we wcześniejszej części recenzji, wyniki modeli DLNM wydają się być interesujące, jednak brakuje tu odpowiedniej ich interpretacji;
42. Na str. 58 (pod tabelą 10) Autor wskazuje, że procentowy wzrost zgłoszeń do szpitali w odniesieniu do wzrostu stężenia zanieczyszczenia obliczono dla przesunięcia czasowego o 7 dni. Brak jest jednak informacji, o jakie zanieczyszczenie lub zanieczyszczenia chodzi, jak również nie bardzo widać wyniki tych obliczeń. Podobna uwaga dotyczy informacji z pierwszego akapitu na str. 59;
43. Na str. 64 (akapit 1) Autor wskazuje, że zmienność w zakresie hospitalizacji z powodu niektórych grup chorób wykazują związek ze zmiennością temperatury powietrza, co jednak znajduje się poza obszarem zainteresowania recenzowanej pracy. Wydaje się, że to podejście nie jest do końca właściwe i że czynniki meteorologiczne powinny zostać uwzględnione w analizie wielowymiarowej, której wyników zresztą recenzent się spodziewał. Mając na uwadze relatywnie niskie współczynniki korelacji, świadczące o słabym związku pomiędzy rozważanymi zmiennymi niezależnymi a zależnymi, warto byłoby poszukać czynników, które pozwoliłyby wyjaśnić większą część wariancji zmiennej zależnej, a niektóre parametry meteorologiczne mogłyby być takimi czynnikami;
44. Na str. 66 (akapit 2) Autor pisze, że w miesiącach letnich można oczekiwać występowania wysokich stężeń ozonu w porównaniu z miesiącami zimowymi. Taka zależność w strefie klimatycznej, w której leży Polska (jak i cała Europa) jest potwierdzonym faktem, a nie przypuszczeniem, jak można to odczytywać z przytoczonej przez Autora wypowiedzi. Nie można się również zgodzić z utożsamianiem podwyższonych stężeń ozonu troposferycznego ze zjawiskiem smogu fotochemicznego, jak by to wynikało z fragmentu „...ambient O_3 pollution

(also known as „photochemical smog...")". Samo podwyższone stężenia ozonu nie są równoznaczne ze zjawiskiem smogu, do którego wystąpienia niezbędna jest również obecność pewnych charakterystycznych zjawisk meteorologicznych, jak i specyficznej z reguły topografii. Uwaga ma podobny charakter do wskazywanego wcześniej utożsamiania wysokich stężeń np. pyłu ze smogiem zimowym. Doktorant, podejmując taką tematykę, powinien rozumieć różnice pomiędzy wysokimi stężeniami niektórych zanieczyszczeń oraz zjawiskiem smogu, co wydaje się jednak wynikać z drugiej części tego samego akapitu. Tym samym powinien zwrócić większą uwagę na taki sposób budowania wypowiedzi, który nie będzie niepotrzebnie wzbudzał wątpliwości co do rozumienia podstawowych procesów zachodzących w troposferze;

45. Na str. 67 (akapit 2) Autor pisze, że mniejsze miejscowości (z rozważanych w pracy), czyli Białystok i Bielsko-Biała są wyraźnie mniej zanieczyszczone w porównaniu do Warszawy, a w szczególności Krakowa. Z tą wypowiedzią zgodzić się nie można z dwóch względów. Po pierwsze, jak już wspominano wcześniej, jakkolwiek Bielsko-Białą można nazwać mniejszą miejscowością (choć raczej jest to średniej wielkości miasto), to trudno takiego określenia używać w stosunku do Białegostoku, będącego aglomeracją i jednym z 10 największych miast w Polsce. Druga kwestia dotyczy samego poziomu zanieczyszczenia. Faktycznie Białystok należy do jednych z najczystszych polskich miast, czego zdecydowanie nie można powiedzieć o Bielsko-Białej. Stężenia choćby pyłów w tej ostatniej miejscowości, zgodnie z danymi z Państwowego Monitoringu Środowiska są wyraźnie wyższe niż w Warszawie, a więc przytoczone we wskazanym fragmencie stwierdzenie nie znajduje pokrycia w rzeczywistości. Ta sama uwaga dotyczy informacji zamieszczonej w pierwszym akapicie na str. 76;
46. Na str. 74 (akapit 2) pojawia się zdanie, którego sens nie jest do końca jasny dla recenzenta, a mianowicie „Burning charcoal generates...". Nie jestem pewien, czy Autor miał na myśli, że spalanie węgla drzewnego jest związane z wysoką zawartością tlenków siarki i czy wyraz „then", który znajduje się w drugiej części zdania, przypadkiem nie powinien być wyrazem „than". Niezależnie od tego, sens tej wypowiedzi nie jest zrozumiały. Jeśli Autor chciał wskazać, że podczas spalania węgla drzewnego powstaje więcej SO_x aniżeli podczas spalania oleju napędowego, to należy podkreślić, że oba te paliwa nie generują praktycznie tlenków siarki, a jeśli już, to w nieznacznych ilościach;
47. Na str. 76 (akapit 3) Autor stwierdza, że w miastach o wyższych stężeniach zanieczyszczeń gazowych procentowy przyrost hospitalizacji jest niższy w porównaniu z miastami o generalnie niższych stężeniach. Co prawda może to być spowodowane efektem przyzwyczajenia do wysokich stężeń w bardziej zanieczyszczonych miastach, jak wskazuje na to Autor, jednak warto zastanowić się, czy może to być wynikiem działania innych niż zanieczyszczenia powietrza czynników, które mogą wpływać na obserwowane różnice. W szczególności, jeśli wziąć pod uwagę nieznaczną część wariancji zmienności hospitalizacji, którą można tłumaczyć zmiennością stężeń zanieczyszczeń powietrza. W przypadku zanieczyszczeń pyłowych z kolei istnieje bogata literatura wskazująca na liniową zależność pomiędzy wzrostem stężenia PM, a wzrostem liczebności skutków zdrowotnych, co wyjaśnia obserwację poczynioną przez Autora;

5. Wniosek końcowy

Jak już zaznaczono na wstępie, podjęta przez Doktoranta tematyka jest istotna z punktu widzenia współczesnych problemów nie tylko Polski, ale również wielu innych krajów i regionów. Przedłożona do oceny rozprawa doktorska stanowi próbę oceny wpływu zmienności stężeń zanieczyszczeń

powietrza na zmiany w liczbie przyjęć pacjentów do placówek ochrony zdrowia, a w szczególności hospitalizacji i wizyt u lekarzy podstawowej opieki zdrowotnej. Z tego też względu należy uznać pracę za oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, gdy weźmie się pod uwagę, że w momencie podjęcia przez Doktoranta prac nad rozprawą, podobne opracowania nie były w Polsce przedmiotem rozważań. Dodatkowym atutem jest fakt, że analizy problemu, w tym także polskiej specyfiki, podjęła się osoba niepochodząca z Polski. Przedstawienie rozprawy w języku angielskim stwarza ponadto lepsze możliwości w zakresie prezentowania wyników szerszej grupie odbiorców i dalszej publikacji wyników. Niemniej jednak warto byłoby skorzystać z trakcie przygotowywania tekstu w języku angielskim z pomocy lingwistycznej, w celu eliminacji pewnych niedociągnięć natury językowej.

Niniejsza recenzja wskazuje na obecność dość znacznej liczby uwag krytycznych odnoszących się do przedstawionego w pracy materiału. Nie stanowią one podważenia ostatecznie pozytywnej oceny pracy, ale należy podkreślić, że recenzent spodziewał się nieco wyższego poziomu przedmiotowej rozprawy i bardziej dogłębnej analizy problematyki ze strony Doktoranta, dzięki czemu możliwe byłoby uniknięcie przynajmniej części błędów i niedociągnięć. Zamieszczone w recenzji uwagi powinny być dla Autora rozprawy wskazówką, że pracę doktorską należałoby staranniej dopracować pod względem merytorycznym, w szczególności w newralgicznych jej fragmentach, z uwzględnieniem zarówno sposobu prezentacji materiału badawczego, metod i przedstawienia wyników, jak również ich dyskusji czy wniosków końcowych. Autor powinien także zwrócić uwagę na większą staranność podczas opracowywania redakcyjnego, w tym także pomijanie niektórych ważnych elementów w tabelach, czy na wykresach. W opinii recenzenta, mając na uwadze temat pracy, zabrakło osobnego rozdziału, w którym dogłębnie zostałyby scharakteryzowane skutki krótko- i długoterminowe związane z narażeniem człowieka na określone rodzaje zanieczyszczeń powietrza. Mając na uwadze bardzo bogatą już obecnie literaturę światową w tym obszarze, przygotowanie takiego rozdziału nie powinno stanowić poważnej trudności. W szczególności warte uwzględnienia w takim zestawieniu powinny być te zanieczyszczenia i te jednostki chorobowe, które są w badawczej części pracy przedmiotem zainteresowania Doktoranta.

Pomimo wskazanych mankamentów, należy uznać pracę za wartościową, a podjęty temat za ważny z punktu widzenia współczesnych problemów związanych z jakością powietrza atmosferycznego i skutkami zdrowotnymi będącymi ich następstwem. Autor podjął próbę kompleksowego podejścia do niełatwego, interdyscyplinarnego tematu i choć nie uniknął błędów, to jednak starał się zrealizować interesujące analizy, wykonując również obliczenia mające udowodnić prawdziwość założonych tez. Tym samym można uznać, że wykazał się wystarczającą ogólną wiedzą teoretyczną w zakresie podjętego tematu i umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Należy wyrazić nadzieję, że przedstawione w recenzji uwagi i postawione pytania przyczynią się do zmotywowania Doktoranta do pogłębiania wiedzy w przedmiotowym zakresie, jak również do rozwijania dalszych kompetencji w zakresie prowadzenia prac naukowych.

Na koniec recenzent pragnie wyrazić oczekiwanie, że Autor ustosunkuje się do przedstawionych uwag i wątpliwości i odpowiednio wyczerpująco je wyjaśni. Niektóre wątpliwości, szczególnie podkreślone przez recenzenta, są dość kluczowe z punktu widzenia wniosków wyciąganych w oparciu o wykonane analizy i obliczenia. Stąd też ich wyjaśnienie jest istotne z punktu widzenia generalnych założeń i postawionych przez Doktoranta tez, które próbował udowodnić.

Mając powyższe na uwadze, należy stwierdzić, że będąca przedmiotem oceny rozprawa doktorska Pana mgr Alessandro Slamy, pt. *Analysis of hospitalizations and primary healthcare visits connected*

with air pollution in five Polish cities spełnia wymogi określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018.1668), a w szczególności zapisy zawarte w art. 187 ustawy. W oparciu o powyższe stawiam wniosek o skierowanie rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.

Artur Badyda.