Prof. dr hab. inż. Bernard Kontny
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Instytut Geodezji i Geoinformatyki
Ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław,
Tel. kom. 607069557, e-mail: bernard.kontny@gmail.com

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartosza Naumowicza,
pt. „Wyznaczenie ruchów pionowych skorupy ziemskiej na obszarze Polski przy użyciu różnych zbiorów danych"

1. Podstawa formalna.

Formalną podstawą recenzji jest pismo nr 29.200.001.5201.2.2025 Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie z dnia 10.12.2025 r. przekazujące decyzję Rady Naukowej Dyscypliny o wyznaczeniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartosza Naumowicza (Uchwała Rady Dyscypliny Naukowej nr 48 z dnia 14.10.2025) oraz Umowa o dzieło nr 9/29200001/2025/UD z dnia 28 listopada 2025 roku zawarta pomiędzy Uniwersytetem Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie i mną na wykonanie tej recenzji.

2. Charakterystyka i ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego rozprawę doktorską pt. „Wyznaczenie ruchów pionowych skorupy ziemskiej na obszarze Polski przy użyciu różnych zbiorów danych"

2.1. Ogólny opis osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe, o którym mowa w art. 187 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz.U.2024.1571 ze zm.) na temat: **„Wyznaczenie ruchów pionowych skorupy ziemskiej na obszarze Polski przy użyciu różnych zbiorów danych",** stanowi zbiór powiązanych tematycznie czterech artykułów naukowych, opublikowanych w latach 2022-2025:

[1]. Bartosz Naumowicz, Beata Wieczorek, Renata Pelc-Mieczkowska (2022), *Possibility of using the DInSAR method in the development of vertical crustal movements with Sentinel-1 data*, Open Geosciences (Vol. 14, Issue 1, s. 1290-

1309), DOI: 10.1515/geo-2022-0401

[2]. Bartosz Naumowicz, Kamil Kowalczyk, Renata Pelc-Mieczkowska (2024), *PPP Solution-Based Model of Absolute Vertical Movements of the Earth's Crust in Poland with Consideration of Geological, Tectonic, Hydrological and Mineral Information*, Earth and Space Science, 2024, 11(12), DOI: 10.1029/2023EA003268

[3]. Bartosz Naumowicz, Kamil Kowalczyk (2025) *Integration of Leveling and GNSS Data to Develop Relative Vertical Movements of the Earth's Crust Using Hybrid Models*, Applied Sciences, 2025, 15, 8224, DOI: 10.3390/app15158224

[4]. Bartosz Naumowicz, Beata Wieczorek, Kamil Kowalczyk (2025), *The use of hybrid data: PsInSAR, GNSS and levelling in the development of a modern model of vertical movements of the Earth's crust in Poland*, Geodynamics 2(39), DOI: 10.23939/jgd2025.02.005

Trzy artykuły ([1], [2] i [3]) zostały opublikowane w znaczących w geodezyjnym środowisku naukowym czasopismach o międzynarodowym zasięgu. Publikacja [4] została wydana w czasopiśmie, o bardziej lokalnym zasięgu. Wszystkie cztery publikacje są współautorskie, a Doktorant jest pierwszym autorem z dominującym udziałem. Współautorami poszczególnych prac są głównie promotor oraz promotor pomocniczy. Wszystkie artykuły są ściśle związane tematycznie z ogólnym tematem rozprawy doktorskiej i bez wątpienia stanowią cykl monotematyczny. Zatem w mojej opinii cykl publikacji stanowiących rozprawę spełnia wszystkie wymogi artykułu 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

2.2. Krótka charakterystyka prac stanowiących cykl spójny tematycznie.

W pierwszej pracy [1] zbadana została możliwość wykorzystania różnicowej satelitarnej interferometrii radarowej (DInSAR) do wyznaczenia pionowych ruchów skorupy ziemskiej w lokalizacjach czterech polskich stacji GNSS: Borowa Góra, Borowiec, Lamkówko i Józefosław. Wykorzystano radarowe dane satelitarne z satelitów Sentinel-1A i 1B z 2020 roku, a przedziały czasowe utworzonych interferogramów wynosiły 12, 24 i 336 dni dla każdej z orbit: wstępującej i zstępującej. Obliczone z danych radarowych prędkości ruchów pionowych skorupy ziemskiej zweryfikowano poprzez prędkości pionowe wyznaczone z danych GNSS zarejestrowanych na wybranych stacjach w okresie 2010 - 2021. Obserwacje GNSS opracowano metodą precyzyjnego pozycjonowania punktu (PPP). Uzyskane wartości przemieszczeń pionowych z danych DInSAR różnią się zarówno pomiędzy typami orbit (wstępująca i zstępująca), jak i znacząco różnią od wartości

uzyskanych z danych GNSS.

Celem drugiej pracy [2] było opracowanie absolutnego modelu współczesnych pionowych ruchów skorupy ziemskiej (VCM) i pionowych ruchów powierzchni terenu (VLM) na obszarze Polski w oparciu o szeregi czasowe współrzędnych stacji GNSS sieci ASG-EUPOS wyznaczone metodą PPP dla okresu 11 lat (2011-2021). Uzyskane prędkości pionowe stacji za pomocą czterech różnych strategii obliczeniowych poddano porównaniu, analizie i interpretacji na podstawie informacji geologicznej, tektonicznej, hydrologicznej i mineralnej. Przeprowadzono analizę porównawczą wyników z rezultatami innych autorów oraz analizę przestrzenną. Bezwzględne prędkości pionowe skorupy ziemskiej uzyskane dla Polski wahają się głównie między +1,0 a −1,0 mm/rok, a tylko ok. 5% stacji GNSS przekracza ten zakres. Obszar Polski można uznano za stabilny tektonicznie, a opracowany model VCM koreluje z budową geologiczną i tektoniczną regionu.

W pracy [3] podjęto temat integracji danych niwelacyjnych i GNSS w celu określenia względnych ruchów pionowych skorupy ziemskiej. Zastosowano dwa podejścia do integracji danych: metodę łącznego wyrównania sieci hybrydowej oraz metodę transformacji. Jako dane testowe wykorzystano rezultaty pomiarów sieci niwelacji precyzyjnej w Polsce z lat 1974-1982 i 1997-2003 oraz obserwacje GNSS na stacjach sieci ASG-EUPOS z lat 2011-2021 opracowane przy użyciu techniki PPP. Do wyrównania sieci hybrydowej zastosowano metodę najmniejszych kwadratów, a do transformacji użyto metod izometrycznej, konforemnej i afinicznej, z poprawką Hausbrandta i bez niej. Jako punkty dopasowania wykorzystano tzw. punkty pseudo-węzłowe, tj. punkty zidentyfikowane jako wspólne w obu sieciach, których wagę określono zgodnie z założeniami teorii sieci bezskalowych. Na podstawie wyników przeprowadzonych obliczeń testowych stwierdzono, że obie metody dopasowania dają podobne wyniki i nadają się do integracji danych niwelacyjnych i GNSS w celu określenia względnych ruchów pionowych skorupy ziemskiej. Średni błąd jednostkowy m0 transformacji prędkości pionowych wyniósł 0,1 mm/rok, a średni błąd prędkości pionowych po wyrównaniu sieci hybrydowej wyniósł też 0,1 mm/rok. Zastosowanie poprawki Hausbrandta nie poprawiło znacząco wyników transformacji. Jako metodę transformacji autorzy zalecają 12-parametrową transformację afiniczną.

Celem publikacji [4] było opracowanie pierwszego w Polsce (jak podają Autorzy) modelu współczesnych względnych ruchów pionowych skorupy ziemskiej, opartych na integracji ruchów pionowych wyznaczonych z trzech różnego typu źródeł danych: danych GNSS sieci ASG-EUPOS, danych PSInSAR z produktów EGMS oraz wyników podwójnych pomiarów państwowej sieci niwelacji precyzyjnej. Ze względu na różnice w rozdzielczości

czasowej i przestrzennej danych, konieczne było opracowanie spójnej metodologii integracji. Do przekształcenia absolutnych ruchów pionowych (GNSS i PSInSAR) na układ względny zgodny z danymi niwelacyjnymi zastosowano transformację afiniczną. Uzyskano średni błąd transformacji dla pojedynczego punktu około 0,20 mm/rok. Produkty EGMS, okazały się wiarygodne w procesie weryfikacji i uzupełniania danych o ruchach pionowych na wybranych stacjach GNSS. Potwierdzono, że bufor 0,3 km jest optymalny do tego celu, zapewniając wysoką spójność wyników. Ze względu na zróżnicowanie wartości ruchu pionowego w mikroobszarach, uzasadnione okazało się zastosowanie mediany jako miary reprezentatywnej dla zbioru punktów PSInSAR w mikroobszarach. Analiza wykazała, że w niektórych lokalizacjach stacji GNSS występują ruchy pionowe związane z czynnikami antropogenicznymi, co wymaga ich wykluczenia z modelu geodynamicznego. Ostateczny model przestrzenny ruchów pionowych opracowano przy użyciu metody wielomianów lokalnych.

2.3. Ocena osiągnięcia naukowego

W przedstawionym jako osiągniecie naukowe cyklu publikacji Doktorant podejmuje problematykę wyznaczania współczesnych względnych ruchów pionowych skorupy ziemskiej w Polsce metodami geodezyjnymi. Jest to naturalna konsekwencja zainteresowań naukowych opiekuna naukowego i promotora pracy, znanego specjalisty z tego zakresu i Autora najnowszego opublikowanego modelu względnych ruchów pionowych obszaru Polski wyznaczonego z danych niwelacyjnych. Wyznaczenie aktualnego i wiarygodnego modelu współczesnych ruchów pionowych ma znaczenie nie tylko poznawcze dla geodezji, geodynamiki i geofizyki, ale także znaczenie czysto praktyczne dla utrzymania w aktualności państwowego układu odniesień przestrzennych, zwłaszcza osnów wysokościowych.

Głównym celem rozprawy jest zbadanie możliwości użycia różnych geodezyjnych zbiorów danych (satelitarnych i naziemnych) i ich integracji na potrzeby monitorowania pionowych ruchów skorupy ziemskiej w Polsce. Wykorzystano w tym celu dane obserwacyjne stacji permanentnych GNSS sieci ASG-EUPOS, pomiary niwelacji precyzyjnej wykonane na liniach podwójnej niwelacji obejmujące obszar Polski z ostatnich dwóch kampanii pomiarowych, wybrane radarowe obrazy satelitarne Sentinel-1A i 1B oraz dane interferometrii radarowej z produktów EGMS (European Ground Motion Service). Rozwój metod satelitarnych, w tym interferometrii radarowej (InSAR, DInSAR, PSInSAR), otworzył nowe możliwości w zakresie obserwacji deformacji terenu na dużych obszarach ze znacznie wyższą rozdzielczością przestrzenną, niż stosowane dotychczas metody

pomiarowe (precyzyjna niwelacja geometryczna i GNSS). Integracja danych uzyskanych różnymi metodami geodezyjnymi wymaga jednak rozwiązania problemu wzajemnego dostosowania danych pomiarowych uzyskanych z różną dokładnością i w różnych układach odniesienia. Badania przeprowadzone w ramach pracy doktorskiej, których wyniki opublikowano w czterech artykułach stanowiących rozprawę doktorską, stanowią pewną autorską, moim zdaniem bardzo obiecującą, próbą rozwiązania tego problemu.

Oprócz celu nadrzędnego, jaki zdaniem Doktoranta było „zdobycie wiedzy na temat względnych ruchów pionowych skorupy ziemskiej w Polsce", sformułowano w rozprawie cele szczegółowe:

Cel 1: Zbadanie możliwości wykorzystania danych z różnicowego interferometrycznego radaru z syntetyczną aperturą (DInSAR) do wyznaczenia ruchów pionowych skorupy ziemskiej. Zagadnienie to było przedmiotem badań opisanych w publikacji [1].

Cel 2: Opracowanie absolutnych ruchów pionowych skorupy ziemskiej w nowym układzie współrzędnych ITRF2014 na podstawie różnych metod wyznaczania prędkości z szeregów czasowych GNSS, co było treścią publikacji [2].

Cel 3: Zbadanie możliwości integracji pionowych ruchów skorupy ziemskiej opracowanych na podstawie dwóch niezależnych zestawów danych (tj. danych niwelacji geometrycznej i danych GNSS PPP) z użyciem metody wyrównania sieci hybrydowej i transformacji matematycznej. Badania te szeroko opisano w publikacji [3].

Cel 4: Zbadanie możliwości wyznaczenia modelu współczesnych, względnych ruchów pionowych skorupy ziemskiej, na podstawie danych z trzech źródeł: pomiarów GNSS w sieci ASG-EUPOS, pomiarów podwójnej precyzyjnej niwelacji geometrycznej oraz produktów EGMS uzyskanych z pomiarów stałych rozpraszaczy techniką PSInSAR. Wyniki tej próby przedstawiono w publikacji [4].

Postaram się w skrócie przedstawić moją ocenę realizacji tych celów szczegółowych.

Na podstawie wyników badań przedstawionych w pierwszym artykule, cel 1, moim zdaniem nie został w pełni zrealizowany. Przemieszczenia pionowe powierzchni terenu w otoczeniu stacji GNSS wyznaczone metodą DInSAR znacząco różnią się od przemieszczeń punktów GNSS wyznaczonych z rozwiązań PPP. Metoda DInSAR może zapewniać wysokie dokładności wyznaczania deformacji pionowych na poziomie pojedynczego milimetra, lub nawet submilimetrowe, ale do wyznaczania deformacji względnych, gdy na interferogramach dysponujemy punktami stałymi lub punktami (pikselami) o znanych przemieszczeniach pionowych (np. wyznaczonych inną metodą pomiarową). Pozwala to na dokładną kalibrację obrazów radarowych i redukcję wpływów zakłócających, głównie atmosferycznych. Według mojej wiedzy wyznaczenie

bezwzględnych zmian pionowych z taką dokładnością jest obecnie niezwykle trudne, możliwe do osiągnięcia np. przez wykorzystanie tzw. stabilnych rozpraszaczy w metodzie PSInSAR (przyznaję jednak, że nie jestem specjalistą z zakresu pomiarów radarowych i mogę się tu mylić). Dokładność metody DInSAR ściśle zależy od koherencji obrazów, co jest związane z rodzajem pokrycia terenu, a przede wszystkim z bazą czasową obrazów, im krótsza tym lepiej. W zastosowaniach techniki radarowej do wyznaczania prędkości ruchów pionowych terenu zazwyczaj stosuje się składanie kolejnych obrazów w szeregi czasowe. Doktorant szeroko to komentuje we wnioskach publikacji [1] rozprawy.

W pełni natomiast został zrealizowany cel 2 rozprawy. Przeprowadzone obliczenia wartości prędkości pionowych ruchów stacji GNSS czterema strategiami obliczeniowymi dały bardzo podobne rezultaty. Zarówno absolutny model ruchów pionowych powierzchni terenu, jak i absolutny model ruchów pionowych skorupy ziemskiej wykazują niewielkie zmiany pionowe w całej Polsce, przeważnie od +1 do −1 mm/rok, lokalnie od +1,7 do −2,2 mm/rok. Obszar Polski można uznać za stabilny tektonicznie, a model ruchów pionowych koreluje ze strukturą geologiczną i tektoniczną regionu. Opracowanie aktualnego i tak dokładnego modelu absolutnych ruchów pionowych uznaję za istotne osiągnięcie Doktoranta.

Do realizacji celu 3 do integracji danych niwelacyjnych i danych GNSS PPP zastosowano dwa podejścia: metodę łącznego ścisłego wyrównania sieci hybrydowej oraz metodę transformacji. Obserwacjami wyrównania hybrydowego były względne ruchy pionowe między stacjami GNSS i względne ruchy pionowe między węzłami sieci podwójnej niwelacji. Ponieważ stacje GNSS nie pokrywają się fizycznie z punktami węzłowymi podstawowej sieci wysokościowej, do określenia punktów łączących obie sieci zastosowano tzw. punkty pseudo-węzłowe, co w tym wypadku uważam za w pełni zasadne. Jako punkt odniesienia całej sieci łącznej wykorzystano mareograf we Władysławowie. Transformacja między układami polegała na przeliczeniu współrzędnych (?) - czy raczej prędkości pionowych (?) z układu pierwotnego sieci GNSS do układu wtórnego sieci niwelacji geometrycznej za pomocą translacji, skalowania i obrotu. Wyznaczenie parametrów transformacji wymagało identyfikacji punktów wspólnych w obu układach (pierwotnym i wtórnym), jako które przyjęto punkty łączne wyrównania hybrydowego (tzw. punkty pseudowęzłowe). Zastosowano trzy metody transformacji: izometryczną (6 parametrów), konforemną (7 parametrów) i afiniczną (12 parametrów?), wszystkie w wariancie bez i z poprawką Hausbrandta. Chociaż wprowadzenie poprawek Hausbrandta miało na celu pozostawienie współrzędnych punktów dopasowania w układzie wtórnym bez zmian, to w konkluzjach końcowych Autorzy publikacji stwierdzają,

że poprawki te nie mają istotnego znaczenia. Jako najlepszy Doktorant wybrał wariant 12-parametrowej transformacji afinicznej przy 11 punktach dopasowania, ze względu na najmniejsze błędy dopasowania na punktach łącznych. Do tego rozwiązania mam szereg pytań szczegółowych, które przedstawię w następnej części recenzji. Obie metody integracji pomiarów niwelacyjnych i GNSS dały bardzo satysfakcjonujące rezultaty biorąc pod uwagę dokładności wyznaczonych prędkości pionowych. Różnice wartości prędkości pionowych wyznaczonych za pomocą obu podejść w większości przypadków nie przekroczyły wartości 1 mm/rok, ale należy mieć na uwadze, że pionowe ruchy skorupy ziemskiej na obszarze Polski w na ogół mieszczą się w tym zakresie. Na podstawie uzyskanych wyników można uznać, że cel 3 rozprawy został w pełni osiągnięty, chociaż szczegóły zastosowanych podejść prowokują mnie do podjęcia dyskusji, co uczynię poniżej.

Realizacja celu 4 stanowi zamknięcie i swego rodzaju podsumowanie głównego celu rozprawy jakim jest, zgodnie z tytułem, wyznaczenie ruchów pionowych skorupy ziemskiej na obszarze Polski przy użyciu różnych zbiorów danych. W badaniach opisanych w publikacji [4] jako zbiorów danych użyto wyniki podwójnej precyzyjnej niwelacji geometrycznej, szeregi czasowe współrzędnych stacji GNSS wyznaczonych metodą PPP oraz dane pomiarów satelitarnych PSInSAR w postaci produktów European Ground Motion Service (EGMS). W procesie integracji danych do przekształcenia absolutnych ruchów pionowych (GNSS i PSInSAR) na układ względny zgodny z danymi niwelacyjnymi zastosowano transformację afiniczną. Uzyskano średni błąd transformacji dla pojedynczego punktu około 0,20 mm/rok co należy uznać za osiągniecie istotne. Ostateczny model przestrzenny ruchów pionowych skorupy ziemskiej na obszarze Polski opracowano przy użyciu metody wielomianów lokalnych. Cel szczegółowy 4 rozprawy został zatem w pełni zrealizowany.

2.4. Uwagi dyskusyjne i krytyczne.

Cztery artykuły naukowe stanowiące rozprawę doktorską zostały opublikowane w czasopismach naukowych o międzynarodowym zasięgu, wyróżnionych w JCR i jako takie podlegały już ocenie. W swojej opinii nie będę zatem odnosił się do kwestii układu pracy, jakości i czytelności tabel i rysunków, kompletności cytowanej literatury, poprawności zapisów matematycznych, języka czy terminologii. Te wszystkie elementy podlegały ocenie wydawnictw i niezależnych recenzentów merytorycznych. Skupię się więc przede wszystkim na problemach istotnych dla rozprawy jako całości, ale odnosząc się też szczegółowo do niektórych treści poszczególnych artykułów cyklu.

Pierwszym tematem dyskusyjnym jest układ (poziom) odniesienia dla wyznaczanych w pracy pionowych ruchów skorupy ziemskiej. O ile przyjęty dla wyznaczeń absolutnych układ ITRF2014 (publikacje [1] i [2]) nie budzi żadnych zastrzeżeń to przyjęcie dla wyznaczeń względnych (publikacje [3] i [4]) poziomu Morza Bałtyckiego na mareografie we Władysławowie jest co najmniej dyskusyjne. Przyjmowanie poziomu morza jako poziomu odniesienia dla wszelkich pomiarów wysokościowych miało uzasadnienie w czasach, gdy pomiary absolutne nie zapewniały wymaganych dokładności, a poziom morza identyfikowany był z powierzchnią geoidy ziemskiej. Obecnie metody satelitarne zapewniają dokładności porównywalne, a niejednokrotnie wyższe niż precyzyjna niwelacja geometryczna, szczególnie dla wyznaczenia zmian wysokości w długich okresach czasu. Poza tym obecnie poziom mórz i oceanów podnosi się w tempie znacznie przekraczającym prędkości ruchów skorupy ziemskiej na obszarach o niskiej aktywności tektonicznej (poza obszarami wynoszenia postglacjalnego). Uśredniony poziom całego Morza Bałtyckiego wyznaczony z danych altimetrycznych w okresie od 1999 do 2024 roku wzrastał z trendem liniowym 4,8 mm/rok (Copernicus Marine Service), w niektórych rejonach Bałtyku nawet 5,8 mm/rok. Według danych IMGW-PIB na mareografie we Władysławowie poziom Morza Bałtyckiego względem punktu odniesienia na wybrzeżu w okresie od 1950 roku zmienia się z średnim trendem liniowym ok. +2,2 mm/rok, ale zmiany nie są regularne. Np. w okresie pomiędzy ostatnimi pomiarami sieci niwelacji precyzyjnej (1974 – 2003) następował wzrost ok. +5 mm/rok, a w okresie 2011 – 2021 (szeregi czasowe GNSS PPP) nawet ok. +6,5 mm/rok. Ale np. w okresie dwudziestolecia 1990 – 2010 zmiana wskazań mareografu była prawie zerowa. Tymczasem średnia prędkość zmian wysokości bezwzględnej stacji GNSS WLAD z danych satelitarnych wyznaczona przez Doktoranta w rozprawie wynosi ok. +0,8 mm/rok. Przyjęcie jako poziomu odniesienia poziomu morza na mareografie we Władysławowie spowodowało, że na modelach współczesnych ruchów pionowych obszaru Polski opublikowanych w pracach [3] i [4] dominują osiadania (średnio 2-3 mm/rok) podczas gdy obliczone z danych GNSS bezwzględne ruchy pionowe (publikacja [2]) mieszczą się w przedziale od -1 do +1 mm/rok dla 95% punktów, a na modelu interpolacyjnym (mapie) dominują obszary wypiętrzeń.

Drugim problemem dyskusyjnym jest przyjęcie do dostosowania prędkości pionowych absolutnych (GNSS) do układu prędkości względnych (niwelacja geometryczna) modelu transformacji afinicznej, 12-parametrowej. Szkoda, że Autorzy publikacji [3] nie podali szczegółowej postaci równań transformacyjnych powołując się tylko na pracę Tierra et all., Computer & Geosciences, 34 (2008), w której podano jedynie reguły transformacji konforemnej dla potrzeb przeliczania współrzędnych geodezyjnych w różnych układach

odniesienia. Transformacja afiniczna powinna zawierać składowe translacji, rotacji oraz zmiany skali dla wszystkich trzech osi, zatem w sumie 9 parametrów, jakie są zatem 3 pozostałe parametry transformacji afinicznej zastosowanej w rozprawie? Transformacja 12-parametrowa na ogół będzie wykazywała lepsze wskaźniki dokładnościowe dopasowania niż transformacja 6- lub 7-parametrowa, ale jakie jest merytoryczne uzasadnienie dla przyjęcia takiego rodzaju transformacji? W jaki sposób określono współrzędne punktów pseudo-węzłowych w obu układach? Parametry transformacji współrzędnych geodezyjnych z układu związanego z elipsoidą (GNSS) do układu związanego z geoidą (niwelacja), po przeliczeniach do układu kartezjańskiego X, Y, Z, dla szerokości geodezyjnych obszaru Polski, powinny zawierać co najmniej niezerowe składowe translacji i rotacji, dlaczego zatem w tabeli 8 publikacji [3] przedstawiono jedynie wartości tylko 4 parametrów (jeden parametr translacji i trzy składowe zmiany skali)? Oczekuję od Doktoranta wyjaśnienia tych kwestii podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Trzecim tematem do dyskusji jest niespójność czasowa obserwacji wykonywanych trzema różnymi technikami pomiarowymi. Pomiary niwelacyjne, których wyniki wykorzystano w rozprawie wykonywano w dwóch kampaniach pomiarowych w latach 1974-1982 oraz 1997-2003, pomiary GNSS opracowywane metodą PPP pochodzą z lat 2011 – 2021, zaś produkty EGMS L2 i L3 z danych satelity Sentinel-1 pochodzą ze stosunkowo krótkiego okresu 2018-2022. O ile dane GNSS i InSAR w postaci stosunkowo gęstych szeregów czasowych (GNSS- dobowe; InSAR – co 6 dni) koincydują w czasie, to pomiary niwelacyjne wykonywane były dużo wcześniej, a w każdej kampanii były znacznie rozciągnięte w czasie. Jednakże z uwagi na to, że ruchy pionowe skorupy ziemskiej przebiegają w czasie geologicznym, a zmiany ich prędkości na obszarach asejsmicznych następują stosunkowo wolno, założenie ich stałości w okresie ok. 50 lat jest, moim zdaniem, akceptowalne.

Oprócz przedstawionych kwestii dyskusyjnych mam kilka uwag i pytań szczegółowych:

1. Z czego wynikają tak duże różnice prędkości na wybranych czterech stacjach GNSS pomiędzy rozwiązaniem UWM PPP, a rozwiązaniem NGL PPP (publikacja [1])?
2. W tabeli 9 publikacji [1] zestawiono przemieszczenia wyznaczone metodą DInSAR z prędkościami wyznaczonymi z danych GNSS. Porównywane powinny być takie same wielkości: albo przemieszczenia, albo prędkości.
3. Szkoda, że do modelowania ruchów pionowych w publikacji [2] nie włączono stacji poza granicami Polski. Model byłyby bardziej wiarygodny na granicach opracowania.

4. Mam nieodparte wrażenie, że streszczenia artykułów w języku polskim zamieszczone w opisie rozprawy tłumaczone były z angielskiego softwarowo i nie skorygowano tych tłumaczeń uważnie. Stąd np. „punkty całkowania", a nie punkty dostosowania, „metody całkowania", a nie metody dostosowania, czy np. zdanie: „Celem niniejszego badania jest wyznaczenie absolutnego współczesnych pionowych ruchów skorupy ziemskiej (VCM) i pionowych ruchów lądu (VLM)...". Tego typu „usterek" językowych jest więcej.

Przedstawione uwagi mają charakter tematów do dyskusji i w niczym nie obniżają mojej bardzo pozytywnej oceny merytorycznej osiągnięcia naukowego Doktoranta. Mgr inż. Bartosz Naumowicz wykazał, że jest pracownikiem naukowym dobrze przygotowanym do prowadzenia badań zarówno teoretycznie jak i warsztatowo oraz do podejmowania w tych badaniach problemów istotnych dla rozwoju dyscypliny naukowej, a przy tym przydatnych w praktyce.

3. Wniosek końcowy

Uwzględniając przedstawione w niniejszej recenzji omówienie i ocenę rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartosza Naumowicza uważam, że jest On dobrze przygotowanym naukowcem, szczególnie w zakresie wykorzystania różnych metod i technik pomiarowych (precyzyjna niwelacja geometryczna, GNSS, DInSAR) w badaniach geodezyjnych i geodynamicznych.

Doktorant wykazał się bardzo dobrą wiedzą teoretyczną w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport w zakresie geodezji oraz posiadł umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, a przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska spełnia wszystkie wymogi ustawowe.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że kandydat spełnia wymogi określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz.U.2024.1571 ze zm.) i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Bartosza Naumowicza do publicznej obrony swojej rozprawy doktorskiej.

Wrocław, dnia 26.01.2026 r.

B. Kontny

Bernard Kontny