Prof. UTP Maciej Kordian Kumor
Katedra Geotechniki
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
mkkumor@utp.edu.pl

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Edyty Nartowskiej
pt.: *„Zawartość fazy ciekłej wody w gruntach spoistych poniżej 0^0 C w warunkach cyklicznego zamrażania"*,
promotor: dr hab. inż. Tomasz Kozłowski, Prof. PŚk.

1. Wstęp

Podstawa opracowania recenzji.

- Zlecenie pani prof. dr hab. inż. Lidii Dąbek, Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 4 czerwca 2013 roku,
- Umowa o dzieło naukowo-badawcze, z dnia 11 czerwca 2013, zawarta pomiędzy Politechniką Świętokrzyską w Kielcach a recenzentem.

2. Uwagi ogólne

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Edyty Nartowskiej zawarta została w jednym tomie. Praca - obejmuje 124 strony tekstu oraz 5 załączników tabelarycznych.

Część tekstowa składa się z 7 rozdziałów, które obejmują między innymi:

- wstęp obejmujący zjawiska mrozowe w układach woda-grunt, wraz z określonym celem i zakresem pracy,
- opis i charakterystykę materiału badawczego,
- metodykę badawczą z przeglądem metod i procedurą badawczą, interpretacją temperatur charakterystycznych i wyznaczaniem funkcji zawartości wody niezamarzniętej na podstawie termogramów rzeczywistych efektów termicznych,
- zmiany mikrostruktury gruntów w wyniku cyklicznego zamrażania i odmrażania,
- wyniki i analizę czynników determinujących zmianę zawartości wody niezamarzniętej, oraz modele oszacowania zawartości wody niezamarzniętej z wykorzystaniem technik regresyjnych,
- podsumowanie i wnioski końcowe,
- spis literatury i załączników.

W załącznikach przedstawiono dokumentację wyników przeprowadzonych badań, obejmującą między innymi rezultaty z analizy masy i wilgotności próbek, parametry pików

DCS, zawartości wody niezamarzniętej w temperaturach od -1^{0}C do -40^{0}C dla cykli f = 1 do 5, oszacowania wody niezamarzniętej przy udziale modeli empirycznych.

Przyjęty przez Doktorantkę układ pracy można uznać za prawidłowy i kompletny.

Doktorantka podjęła w rozprawie bardzo trudne zagadnienie naukowe, tj. zbadanie zawartości wody niezamarzniętej w trójfazowym ośrodku gruntowo-wodnym zbudowanym z niestabilnego (ekspansywnego) szkieletu mineralnego. Szkielet stanowiły silne zdyspergowane modelowe minerały ilaste z grupy smektytów o zmodyfikowanych strukturach wskutek wprowadzenia wymiany jonów na dwuwartościowe (Ca^{+2}, Mg^{+2}) i jednowartościowe (Na^{+} i $K^{+2)}$. Zachowanie się złożonego ośrodka gruntowo-wodnego pod wpływem zamarzania wody porowej jest, nawet przy obecnych możliwościach badawczych, zagadnieniem trudnym do jednoznacznego zinterpretowania, szczególnie w odniesieniu do cyklicznego przemrażania. W europejskich warunkach klimatu umiarkowanego rzetelna wiedza o stopniu destrukcji mrozowej podłoża jest niezbędna do racjonalnego projektowania i bezpiecznego użytkowania wielkogabarytowych i liniowych, otwartych obiektów budowlanych narażonych na wpływy czynników klimatycznych, w tym mrozu. W wielu znanych przypadkach awarii brak wiedzy w tym zakresie lub ignorowanie praw natury doprowadziło do zagrożeń życia lub katastrofy obiektu inżynierskiego.

Natura cyklicznego przemrażania gruntów bardzo spoistych, szczególnie o cechach ekspansywnych, w połączeniu z anizotropią i genetyczną niejednorodnością ośrodka gruntowego przy możliwości fazowego pęcznienia i skurczu oraz wewnętrznej redystrybucji cząsteczek wody pod wpływem cyklicznego zamrażania i odmrażania, powodują złożoność propagacji w warunkach wpływu na rzeczywiste podłoże i obiekty budowlane. Przemieszczenia cząsteczek wody i transformacji mikroagregatów gruntu w wyniku działania gradientu termicznego i zmiany poziomu równowagi termodynamicznej, powodują dodatkowe mikro naprężenia, poza obciążeniami geostatycznymi, które musi przenieść degradowany przez mróz grunt, jako zasadniczy element układu konstrukcyjnego. Pory niedrożne gruntu po wielokrotnym zadawaniu zamrażaniu roztworu porowego w praktyce stają się otwartymi, co prowadzi do wzrostu przepuszczalności ośrodka, utraty wytrzymałości statycznej gruntu i spadku globalnej nośności podłoża budowlanego lub naruszenia szczelności bariery hydraulicznej.

Biorąc pod uwagę wnioski Doktorantki z analizy literatury, wynikające z przeglądu aktualnego stanu wiedzy o przemianach fazowych wody w układach woda-grunt, sformułowała Ona następujące główne cele badawcze:

A – metodyczne:

- tj. opracowanie i zaadoptowanie do wymogów aparatury najnowszej generacji, szczegółowej metodyki wyznaczania zawartości wody niezamarzniętej w gruntach metodą różnicową kalorymetrią skaningową strumienia ciepła (Heat Flux Differential Scanning Calorimetry), z uwzględnieniem rozmycia piku kalorymetrycznego, konstrukcji płynnej linii bazy pod pikiem oraz wpływu temperatury na utajone ciepło topnienia lodu.
- Wyznaczenie krzywych zawartości wody niezamarzniętej w funkcji temperatury dla próbek różniących się pochodzeniem, składem mineralnym, składem kompleksu sorpcyjnego i wilgotnością, zamrażanych cyklicznie do temperatury −90°C.

B – merytoryczne:

- Określenie wpływu wybranych czynników, takich jak skład mineralny, skład kompleksu sorpcyjnego, wilgotność, a w szczególności liczby cykli zamrażanie-odmrażanie na skład fazowy wody w gruntach bardzo spoistych poniżej 0°C do -90^{0}C.

Pracę podporządkowano następującym hipotezom badawczym:

- Istnieje związek fizyczny pomiędzy zawartością wody niezamarzniętej a właściwościami fizyko-chemicznymi gruntu takimi, jak; skład mineralny, skład kompleksu sorpcyjnego, pojemność wymiany jonowej, powierzchnia właściwa i uziarnienie.
- Cykliczne zamrażanie-odmrażanie jest istotnym statystycznie czynnikiem wpływającym na zawartość wody niezamarzniętej w gruntach bardzo spoistych.
- Na zmianę zawartości wody niezamarzniętej na skutek cyklicznego zamrażania-odmrażania wpływają: rodzaj minerału ilastego formującego grunt, skład kompleksu sorpcyjnego, pochodzenie i wilgotność.
- Możliwe jest opracowanie metody ilościowej predykcji zawartości wody niezamarzniętej w gruntach przy użyciu modeli empirycznych, uwzględniających temperaturę i wybrane właściwości fizyczne ośrodka.

Obecnie rozpoczęte przez Doktorantkę prace badawcze w Politechnice Świętokrzyskiej w Kielcach, nad zgłębieniem zagadnień zwartości wody niezamarzniętej i problemów transformacji mikrostruktury ośrodków silnie zdyspergowanych stanowią nową jakość poznawczą, w ostatnich 50 latach nie tylko w naszym kraju. W latach 60 ubiegłego wieku prowadzono dysertacje doktorskie w Politechnice Krakowskiej i Akademii Rolniczej w Krakowie oraz w SGGW, które wtedy sygnalizowały aktualnie identyfikowane problemy wody niezamarzniętej, np.: zachodzące w lessach. Brak jest jednak współczesnych badań, również metodycznych, ujmujących zagadnienia od strony fizyki mikrostruktury strefy zniszczeniowej w procesie wpływu cyklicznego przemrażania na szeroko rozumianą mrozoodporność gruntów bardzo spoistych, iłów ekspansywnych.

Wybór przez Doktorantkę materiału badawczego reperowych monojonowych modelowych iłów pochodzenia polskiego i amerykańskiego i zakres oznaczoności są trafne. Od wielu lat prowadzone są przez naukowców na świecie szczegółowe, badania właściwości gruntów podłoża, praktycznie wszystkich istotnych w geologii inżynierskiej parametrów, na wybranych przez Doktorantkę materiałach wzorcowych. Doktorantka nawiązuje do bardzo dobrze zidentyfikowanych iłów z Chmielnika, bentonitu Wyoming i bentonitu z Teksasu, przebadanych między innymi przez zespół badawczy prof. T. Kozłowskiego. Wybór próbek, należy ocenić, jako właściwy dla realizacji celu naukowego i reprezentatywny dla serii.

Ocenę wpływu cyklicznego przemrażania na zawartość wody niezamarzniętej iłów modelowych, omawia Doktorantka na podstawie szczegółowej identyfikacji w warunkach laboratoryjnych właściwości fizycznych i mikrostrukturalnych materiału spoistego.

Program badań i zakres oznaczoności zmiennych niezależnych nawiązano do danych obserwacyjnych z analizy przedmiotu badań oraz wniosków z literatury, np.: Andersland, Ladanyi (2004), Kozłowski (1997) i inni.

W tym ujęciu recenzowana praca doktorska *„Zawartość fazy ciekłej wody w gruntach spoistych poniżej 0^0 C w warunkach cyklicznego zamrażania"*, stanowi pierwsze w kraju opracowanie naukowe badań wysoko zdyspergowanych iłów monojonowych o oryginalnej

autorskiej metodyce oraz jest monografią o cechach poznawczych i metodycznych ważnych we współczesnej geoinżynierii.

Dla osiągnięcia postawionego celu naukowego Doktorantka przeprowadziła szerokie próby laboratoryjne, wykonała identyfikację materiału badawczego, stwierdzając, że analizowane grunty zbudowane są niemal wyłącznie z montmorillonitu. Zasadnicze serie badań wykonano przy pomocy kalorymetrii skaningowej (DSC) do określenia fazy ciekłej wody w gruntach spoistych w warunkach cyklicznego zamrażania-odmrażania. Wykorzystano nowoczesny kalorymetr skaningowy DSC Q200 firmy TA Instruments. Wynikiem pomiaru jest krzywa DSC przedstawiająca zależność między różnicą strumieni cieplnych przeliczoną na moc a temperaturą. Do celów przeliczenia ciepła przemiany na wodę niezamarzniętą pracowano w programie JETHRO autorstwa promotora, prof. T. Kozłowskiego. Interpretacja termogramów ogrzewania wg programu wymagała dobrego przygotowania Doktorantki do wnikliwej analizy i poprawności interpretacyjnej w celu obliczenia między innymi całkowitego efektu cieplnego przemiany fazowej. Topnienie lodu bowiem w układzie wodno-gruntowym nie zachodzi naturalnie w jednej określonej temperaturze.

Wykonano bardzo staranie szerokie analizy cech fizycznych, stosując znane metodyki przyjęte w laboratoriach gruntoznawczych, oraz oryginalne, nowatorskie związki np.: utajonego ciepła topnienia, SEM.

Prace Doktorantka zrealizowała przede wszystkim w laboratoriach w Politechnice Świętokrzyskiej oraz w specjalistycznych instytucjach naukowych, na najnowocześniejszym sprzęcie badawczym, jaki aktualnie jest do dyspozycji badaczy w kraju.

Otrzymane wyniki opracowano przy pomocy analizy matematycznej i przedstawiono je w sposób czytelny. Na podstawie wniosków z badań własnych i studiów literaturowych zaproponowano oryginalny model empiryczny, który przy udziale powierzchni właściwej, frakcji iłowej wyznaczonej metodą dyfrakcji laserowej oraz wilgotności, umożliwia oszacowanie zawartości wody niezamarzniętej w określonej temperaturze. Model poddano wielostronnej krytycznej weryfikacji statystycznej.

Do tego dodać należy niekonwencjonalne testy gruntoznawcze (sorpcyjne) i analizy zdjęć mikroskopowych, identyfikujące mikrostrukturę, skład mineralogiczny i powierzchnię właściwą. Wszystko to stworzyło kompleksową bazę danych eksperymentalnych o imponujących rozmiarach i systematyce, która stanowiła bardzo solidną podstawę kalibrowania i weryfikacji zaproponowanego modelu. Co więcej, będzie bardzo przydatna do wszelkiego rodzaju jego rozwinięć i udoskonaleń.

Warto też zauważyć, że dzięki wzorcowej prezentacji wyników ma uzyskana baza wielką wartość utylitarną, jako kompendium informacji dla przyszłych badaczy.

Badania cech geotechnicznych naturalnych gruntów spoistych i bardzo spoistych o charakterze poznawczym, mają szczególne znaczenie dla właściwej i wszechstronnej oceny charakterystyki bardzo wrażliwych na działanie czynników zewnętrznych podłoży, o ogólnie uznawanych dobrych cechach dla inżynierii środowiska i budownictwa. Zawarte w rozprawie podejście do tego typu trudnych i złożonych analiz w inżynierii lądowej jest niezmiernie rzadkie i nie jest powszechnie wykorzystywane w zagadnieniach praktycznych. W tym zakresie ośrodek kielecki ma znaczące osiągnięcia (habilitacje, doktoraty), bardzo dobre doświadczenia, publikowane w licznych pracach, dotyczących identyfikacji mrozowych właściwości fizycznych, przez zespół prof. Kozłowskiego. Do prac tego zespołu zalicza się także recenzowana rozprawa doktorska mgr Edyty Nartowskiej.

Podsumowując uważam, że przyjęty przez Doktorantkę układ pracy i metoda badań są właściwe, wskazujące na opanowanie zasad metody naukowej w wyborze i uzasadnieniu metodyk roboczych a także ich realizacji.

Podjęty temat badawczy jest nowoczesnym kierunkiem i istotną częścią współczesnej analizy problemu geoinżynieryjnej oceny podłoża budowlanego w zakresie poznania praw i zjawisk w cyklicznie mrożonych gruntach bardzo spoistych w stanie nasyconym. Wzbogaca wiedzę inżynierii geotechnicznej o nowe fakty naukowe istotne w poszukiwaniu inżynierskich rozwiązań bezpiecznych posadowień obiektów.

Zagadnienie naukowe zostało rozwiązane w nowoczesny sposób na aktualnym poziomie wiedzy, z wykorzystaniem szerokiej znajomości literatury (cytowane 59 najistotniejszych pozycji) wyprzedzającym nie tylko krajową praktykę.

Podsumowując ogólną ocenę rozprawy uważam, że przyjęty przez Doktorantkę **układ pracy i metoda badań są właściwe a cel naukowy wyraźnie określony**, wskazujące na opanowanie zasad metody naukowej w wyborze i uzasadnieniu metodyk roboczych a także ich realizacji.

Zagadnienie naukowe zostało rozwiązane na aktualnym poziomie wiedzy, wyprzedzającym krajową praktykę inżynieryjną.

3. Uwagi szczegółowe

3.1. Uwagi formalne

W zasadzie poza pojedynczymi błędami literowymi nie zauważa się w rozprawie błędów formalnych. Widoczna jest duża dbałość o stronę edycyjną rozprawy i dobra w tym zakresie współpraca Doktorantki z Promotorem.

Ogólnie tekst rozprawy charakteryzuje indywidualnym stylem, zróżnicowanym co do precyzji wyrażania myśli, np.: niezgrabne skróty myślowe, *stary model – str. 113, ilość cykli* – powinno być *liczba cykli, - str. 69 i inne,* ale napisanym komunikatywnym językiem. Pozostałe uwagi typu pisarskiego przekazałem Doktorantce.

3.2. Uwagi merytoryczne

Rozprawa doktorska dotyczy przede wszystkim oceny zmiany zawartości wody niezamarzniętej w modelowych gruntach bardzo spoistych jako sumy efektów wewnętrznych wywoływanych przez cykliczne zamrażanie i odmrażanie. Bardzo dobrą ilustracją meritum jest przedstawiony w rozprawie rozdział 4, dotyczący zmiany typów mikrostruktur na skutek cykli mrożenia.

Badania wybranych właściwości geotechnicznych tj. wyznaczenia zawartości wody niezamarzniętej, pod wpływem cyklicznego mrożenia, identyfikacja materiału, wpływ wilgotności wybranych gruntów, powierzchni właściwej i właściwości plastycznych, ustalenia zależności funkcyjnej analizowanych gruntów spoistych, oraz propozycja algorytmu procedury identyfikacji dopasowania progów jest bardziej uniwersalna. Może być ona zastosowana wszędzie tam, gdzie możliwe jest wstępne ustalenia właściwej funkcji progu w oparciu o niezależne dane eksperymentalne. Badaniami niezależnymi w rozprawie są oznaczenia zawartości wody niezamarzniętej przy pomocy kalorymetrii skaningowej (DSC) w warunkach cyklicznego zamrażania-odmrażania.

Zgadzając się generalnie z wywodem rozprawy i słusznymi wnioskami Doktorantki chcę podnieść kwestie merytoryczne, które budzą moim zdaniem potrzebę dyskusji naukowej.

1. Autorka w analizie podsumowującej wyniki badań formułuje dyskusyjne stwierdzenie, że temperatura -40^{0}C odnosi się do stanu, gdzie (w

którym) tylko woda niezamarznięta jest obecna we wszystkich próbkach bezpośrednio przed rozpoczęciem procesu topnienia. Proszę o uściślenie stwierdzenia w odniesieniu do dyskutowanych w dalszej części wyników w temperaturze -90^{0}C.

2. Otrzymano z badań istotne informacje, które pominięto w dyskusji, szczególnie w zakresie do -5^{0}C do -10^{0}C, wskazujące na występowanie w gruntach bardzo spoistych w przewadze wody niezamarzniętej, niezależnie od liczby cykli zamrażania. Nasuwa się pytanie praktyczne. Jeżeli takie zjawisko występuje w tym przedziale temperatur, to jak należy rozumieć zakaz wykonywania prac gruntowych w okresach zimowych przy temperaturach poniżej zera?

3. W analizie całościowej zawartości wody niezamarzniętej w oznaczonej poszczególnych temperaturach zamrażania, brak jest końcowego odniesienia do rodzajów wody występującej w iłach, szczególnie silnie związanej i słabo związanej, wody warstw dyfuzyjnych. Sądzę, że Doktorantka na podstawie wyników badania właściwości sorpcyjnych i powierzchni właściwej poszerzy ten fragment analiz podczas prezentacji autoreferatu.

4. Badania prowadzono w zamkniętym systemie gruntowo-wodnym. Jaki zatem ma wpływ system na lokalną redystrybucję wilgotności w cyklicznym zamrażaniu, szczególnie w niższych, ujemnych temperaturach? Badania współczynników filtracji, *Kurpis-Warianek (2008),* wykazały np.: wzrost wartości liczbowych współczynników filtracji w podobnych warunkach.

5. Jak wytłumaczyć wnioski z modelu predykcyjnego drzewa regresyjnego, że zawartość frakcji iłowej jest najmniej ważna i nie wpływa na zmianę zawartości wody niezamarzniętej, podczas gdy, jak wspomniano (str. 106), rodzaj gruntu jest drugim najważniejszym predykatorem?

6. Na stronie 92 podano ocenę współczynnika korelacji (r), dla potrzeb interpretacji siły między zmiennymi. Podano: *silną zależność, słabą* itd..; ale nie ma **najlepszej,** którą zamieszczono np.; na stronie 93. Sądzę, że korzystniej byłoby w analizie wykonać test istotności współczynnika korelacji.

Podsumowując uważam, że praca stanowi **nowatorskie opracowanie problemu wpływu liczby cykli zamrażania na zawartość wody niezamarzniętej w silnie zdyspergowanych gruntach spoistych** - pod względem poznawczym, jak i pod kątem wykorzystania otrzymanych zależności w praktycznej geoinżynierii środowiska.

4. Ocena rozprawy

Inspiracja dla podjętego tematu rozprawy doktorskiej E. Nartowskiej, wynika z dobrej znajomości problemów przemrażania i uznanego dorobku w tym zakresie Promotora, oraz pracowników naukowych Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej.

Przyjęta i zmodyfikowana dla potrzeb eksperymentu metodyka umożliwiła w sposób wieloaspektowy poznanie związków, jakie zachodzą w zdefiniowanym obszarze badań, obejmującym szeroki zakres liczby cykli przemrażania w temperaturach do -40^{0}C (-90^{0}C).

Opracowanie oryginalnego empirycznego modelu zawartości wody niezamarzniętej uwzględniającego zawartość frakcji iłowej i wilgotność naturalną jest zasadniczym osiągnięciem naukowym Doktorantki.

Określenie ścisłych zależności w postaci równania empirycznego dla predykcji wody niezamarzniętej – u, w funkcji powierzchni właściwej – S, zawartości frakcji iłowej – C, wilgotności gruntu – w, obniżenia temperatury – T:

$$lnu = 0{,}58419 x lnS + 0{,}00994 x C - 1{,}87874 x S^{-0{,}39178} x w^{0{,}09386} x lnT.$$

Związki te, jak określiła Doktorantka przy pomocy sztucznych sieci neuronowych i modelem predykcyjnego drzewa regresyjnego, są zależne od cech litologicznych i fizycznych gruntów, co potwierdza właściwe przyjęcie materiału badawczego.

Innymi osiągnięciami oryginalnymi rozprawy są między innymi:

- adaptacja procedury obliczeniowej umożliwiającej transformację pików endotermicznych w krzywe zawartości wody niezamarzniętej, uwzględniająca specyfikę zaawansowanego różnicowego kalorymetru skaningowego strumienia ciepła TA Q200,
- analiza typów mikrostruktur gruntów niemrożonych oraz poddanych kolejnym cyklom zamrażanie-odmrażanie, wykorzystując fotogramy elektronowej mikroskopii skaningowej SEM, określenie zmiany kształtu i wielkości porów na skutek cyklicznego zamrażania, stosując numeryczną analizę obrazu (NIA) w stosunku do fotogramów SEM,
- zbadanie, że w niższych temperaturach ($T \leq -5°C$) główną frakcję wody niezamarzniętej stanowi woda adsorbowana na płaskich powierzchniach krystalitów montmorillonitu, podczas gdy w temperaturach bliższych 0°C ($T > -5°C$) poważnie wzrasta udział wody niezamarzniętej zamkniętej w mezoporach,
- przeprowadzenie analizy istotności wpływu temperatury, rodzaju gruntu, liczby cykli zamrażanie-odmrażanie, wilgotności, granic konsystencji, zawartości frakcji iłowej i powierzchni właściwej na zawartość wody niezamarzniętej w bentonitach w temperaturach $-40°C$, $-5°C$, $-2°C$ i $-1°C$, przy pomocy zaawansowanych technik obliczeniowych, takie jak drzewa regresyjne i sztuczne sieci neuronowe,
- ustalenie, w całym zakresie temperatur, $T = -40°C$ i $T = -5°C$ bardzo silnych współzależności, a w zakresie temperatur bliższych 0°C wzrost wpływu granicy płynności i zawartości frakcji iłowej,
- przeprowadzenie badania DSC na próbkach bentonitów o różnych wilgotnościach, poddawanych 1-5 cyklom zamrażanie-odmrażanie w zakresie temperatury do $-90°C$ do 20°C.

W wymienionych względach otrzymane eksperymentalne dane i dobrze udokumentowane wyniki dla monojonowych iłów wzorcowych - stanowią, zatem oryginalne rozwiązanie Doktorantki, które mogą mieć zastosowanie bezpośrednio w zagadnieniach naukowych wyznaczających dalsze obszary poszukiwań, w tym metod badań.

Uogólniając uważam, że wnioski w rozprawie są właściwie sformułowane i syntetyzują wyniki przeprowadzonych badań laboratoryjnych. Przedstawione są w sposób jasny w pełni przydatne w geoinżynierii środowiska.

5. Zakończenie

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Edyty Nartowskiej jest wykonana w sposób samodzielny przy twórczej pomysłowości autorki w zakresie opracowania nowych metod badawczych i stosowania metod nowych i tradycyjnych do nowych zadań. Wskazuje na istotne powiązanie problemu z aktualnym stanem wiedzy i zadaniami praktycznymi. Wyniki badań są przedstawione poprawnie z punktu widzenia teoretyczno-logicznego i samodzielności doktoranta.

Praca zawiera pewne, nieliczne uchybienia pisarskie, które nie są istotne i łatwo je usunąć przygotowując publikacje rozprawy.

Przedstawione przeze mnie uwagi merytoryczne prowokują dysputę, a wątpliwości nie mają znaczenia zasadniczego dla wysokiej wartości pracy.

Sądzę, że zaznaczone w recenzji krytyczne elementy, będą mogły stanowić początek naukowej dyskusji podczas publicznej obrony.

6. Wniosek

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Edyty Nartowskiej pt. „Zawartość fazy ciekłej wody w gruntach spoistych poniżej 0^0 C w warunkach cyklicznego zamrażania", - **spełnia wymogi** *Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.)* bowiem jest oryginalnym rozwiązaniem przez autorkę zagadnienia naukowego z zakresu mechaniki gruntów oraz wykazuje Jej ogólną wiedzę i umiejętności prowadzenia pracy naukowej.

Wnioskuję o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Uważam, że praca stanowi oryginalne i nowatorskie opracowanie problemu wpływu liczby cykli zamrażania na zawartość wody niezamarzniętej w silnie zdyspergowanych gruntach – o wysokich walorach pod względem poznawczym. Jest pierwszą rozprawą naukową w Polsce w zakresie identyfikacji zmian zawartości wody niezamarzniętej w monojonowych gruntach bardzo spoistych.

Wnioskuję o wyróżnienie pracy.

Bydgoszcz, 24 czerwca 2013 roku.