

Dr hab. inż. Jolanta Dąbrowska, prof. uczelni  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji  
Instytut Budownictwa  
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław

## **RECENZJA**

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Anny Miskowskiej** pt.:  
**„Wpływ kolmatacji mechanicznej na warunki  
przepływu wody w filtrach geosyntetycznych”**  
wykonanej w Instytucie Inżynierii Lądowej  
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego  
pod kierunkiem promotora prof. dr. hab. inż. Eugeniusza Kody  
oraz promotora pomocniczego dr. inż. Zygmunta Krzywosza

### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Podstawą formalną recenzji jest pismo nr IIL–24/2020 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie z dnia 11 marca 2020 r.

### **2. Ogólna charakterystyka pracy**

Przedłożona praca liczy łącznie 237 stron. Podzielono ją na następujące części: spis treści (str. 9–11); wykaz ważniejszych symboli, oznaczeń, skrótów (str. 13–14); siedem numerowanych rozdziałów merytorycznych (str. 15–141); literatura (str. 142–155); spis rysunków (str. 156–159); spis tabel (str. 160–162) oraz pięć załączników obejmujących łącznie 75 stron – osobno numerowanych. Bibliografia składa się z 226 pozycji. W większości stanowią ją opublikowane w języku angielskim artykuły naukowe z czasopism znajdujących się w bazie Journal Citation Reports oraz materiały konferencyjne z renomowanych konferencji międzynarodowych. Ponadto znalazły się tam artykuły z czasopism branżowych, książki i inne recenzowane prace (poz. 1–179), normy,

raporty, specyfikacje i dokumentacje (poz. 180–220) oraz strony internetowe (poz. 221–226).

**Rozdział 1** to wstęp do dysertacji (str. 15–18). Autorka zwięźle przedstawiła tu uzasadnienie podjętego tematu oraz hipotezę badawczą i cel pracy.

Geosyntetyki są materiałami powszechnie stosowanymi w budownictwie i inżynierii środowiska. Należą do najszybciej rozwijających się grup wyrobów budowlanych. Mimo powszechnego stosowania geowłóknin nadal istotnym i nie do końca rozpoznanym problemem, który wpływa na pogorszenie się ich właściwości filtracyjnych w trakcie eksploatacji, jest proces kolmatacji.

Na podstawie studiów literatury oraz wyników badań własnych Autorka sformułowała następującą hipotezę badawczą: **geowłóknina igłowana stosowana jako warstwa filtracyjna jest odporna na kolmatację mechaniczną tylko przy jednoczesnym spełnieniu czterech warunków:**

1. **zatrzymywania cząstek, z uwzględnieniem charakterystycznej średnicy porów,**
2. **odpowiedniej przepuszczalności poprzecznej wyrobu,**
3. **zachowania wymaganego wskaźnika gradientów  $GR$ ,**
4. **odpowiedniej liczby przewężeń  $m$ .**

Głównym celem przedstawionej pracy doktorskiej było opracowanie nowego zakresu dopuszczalnej liczby przewężeń  $m$  geowłóknin igłowanych z uwzględnieniem charakterystycznej średnicy porów  $O_{90}$  – jako kryterium odporności na kolmatację.

Autorka wyodrębniła również cztery cele szczegółowe:

1. określenie zmiany współczynnika przepuszczalności poprzecznej geowłóknin pobranych po wieloletniej eksploatacji w systemach drenażowych,
2. opracowanie metody badania charakterystyk przepuszczalności poprzecznej geowłóknin pobranych po wieloletniej eksploatacji w systemach drenażowych,
3. określenie zmiany wskaźnika gradientów  $GR$  układu grunt–geowłóknina,
4. weryfikacja stosowanych kryteriów doboru geowłóknin na warstwy filtracyjne.

Pierwszą część pracy – **poznawczą**, która jest przeglądem stanu wiedzy na temat analizowanego zagadnienia – stanowią rozdziały 2–4.

W **rozdziale 2** (str. 19–28) Autorka przedstawiła ogólną charakterystykę geosyntetyków – tj. zgodny z obowiązującymi normami podział, ich zalety, zastosowania i funkcje.

**Rozdział 3** (str. 29–54) zawiera charakterystykę filtrów geosyntetycznych – obejmującą ich zastosowanie, mechanizm filtracji oraz czynniki wpływające na warunki przepływu wody w filtrach geosyntetycznych. W tym rozdziale Autorka szczegółowo omówiła wpływ procesu kolmatacji na właściwości filtracyjne geotekstyliów oraz związane z tym badania parametrów włókien filtracyjnych.

W dalszej części pracy, czyli w **rozdziale 4** (str. 55–75), przedstawiono kryteria doboru geowłóknin na warstwy filtracyjne.

Druga część pracy – **badawcza (empiryczna)** – obejmuje badania własne Autorki i zaproponowane kryteria doboru geowłóknin na warstwy filtracyjne. Poddane analizie geowłókniny pobrano po 22 i 23 latach eksploatacji z drenażu zapory ziemnej Białobrzegi (Jezioro Zegrzyńskie). Część badań wykonano dla ośmiu (fabrycznie nowych) geowłóknin igłowanych *PP* o różnej liczbie przewężeń oraz gruntu niespoistego niesufozyjnego i spoistego sufozyjnego.

W **rozdziale 5** (str. 76–132) znajdują się wyniki prac terenowych związanych z pobraniem próbek geowłóknin. Zawarto tam też opracowanie, analizę i dyskusję na temat wyników badań laboratoryjnych właściwości fizycznych, mechanicznych i hydraulicznych geowłóknin – zgodnie ze znanymi metodykami. Autorka wykorzystwała zdjęcia wykonane za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego do zobrazowania zakolmatowania włókien. W efekcie potwierdziła obecności ziaren i cząstek gruntów w porach badanych geowłóknin. Ponadto zaproponowała metodykę wyznaczania charakterystyk przepuszczalności w kierunku prostopadłym do płaszczyzny geowłóknin poddanych procesowi kolmatacji w warunkach normalnych.

Dalszą częścią prowadzonych badań było zaproponowanie w **rozdziale 6** (str. 133–137) kryteriów doboru włókien na warstwy filtracyjne. W tej części Autorka przedstawiła opracowany nomogram zależności charakterystycznej średnicy porów  $O_{90}$ , grubości geowłóknin  $t_{GTX}$ , grubości włókien  $d_f$  oraz liczby przewężeń  $m$ . Był on podstawą do modyfikacji kryterium odporności na kolmatację z uwzględnieniem liczby przewężeń  $m$ .

**Rozdział 7** (str. 138–141) zawiera podsumowanie i wnioski. Autorka zakończyła dysertację czterema wnioskami ogólnymi, czternastoma szczegółowymi – opartymi na badaniach laboratoryjnych, a także dwoma wynikającymi z proponowanej modyfikacji kryterium odporności na kolmatację. Wskazała również cztery kierunki dalszych badań.

### 3. Uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne

Praca zawiera bardzo dobrze udokumentowane badania laboratoryjne i terenowe, trafne odniesienia do aktualnej literatury przedmiotu, wyczerpujący opis wyników i prawidłowe ich opracowanie. Nie znalazłam uchybień o charakterze merytorycznym.

W związku z zaproponowaną metodyką badań pojawiają się jednak następujące zagadnienia do dyskusji i wymagające komentarza.

- Część badań laboratoryjnych dotyczących właściwości geowłóknin wykonuje się pod obciążeniem. Autorka w rozprawie przyjęła, że pobrane z zapory ziemnej geowłókniny były eksploatowane pod obciążeniem 5 kPa (odwzorowała warunki *in situ*). Przy badaniu grubości w punkcie 5.2.2.1. pominięto obciążenie 200 kPa – jako niewystępujące przy tego typu zastosowaniach geowłóknin. Jaki jest zakres obciążeń dla geowłóknin eksploatowanych w systemach drenażowych? Czy obciążenie w tym zakresie ma istotny wpływ na właściwości filtracyjne geowłóknin? Proszę w tym kontekście o komentarz do przyjęcia liniowej zależności obciążenie–grubość.
- Na rysunku 5.17 Autorka na osobnych wykresach przedstawiła zależność prędkości przepływu od różnicy wysokości naporu hydraulicznego dla każdej z ośmiu geowłóknin (wyniki dla pięciu powtórzeń). Czy nie lepiej byłoby uśrednić wyniki pomiarów i pokazać osiem zależności – uzyskanych dla poszczególnych geowłóknin – na jednym wykresie? Pozwoliłoby to na łatwe porównanie właściwości badanych materiałów.
- W przypadku zależności przedstawionych na rysunku 5.23 wskazane wydaje się podanie informacji na temat miar dopasowania.

#### 4. Uwagi szczegółowe dotyczące strony formalnej pracy

Praca została napisana w języku polskim, w stylu właściwym dla rozprawy doktorskiej. Układ pracy jest logiczny, a kolejność rozdziałów prawidłowa. Bardzo wysoko oceniam dobór i wykorzystanie źródeł literaturowych (226 pozycji, w większości wydanych w języku angielskim). Wśród cytowanych publikacji dominują artykuły i książki renomowanych wydawców. Autorka przeprowadziła szeroki przegląd literatury, który oddaje stan aktualnej wiedzy na omawiany temat. Ponadto uzyskane przez siebie wyniki badań odniosła do informacji przedstawionych w tych publikacjach – w znacznej części są to prace autorów o ugruntowanej pozycji międzynarodowej w analizowanym zagadnieniu. Odsyłacze bibliograficzne są poprawne. Należy podkreślić, że rozprawa została przygotowana wyjątkowo starannie pod względem edytorskim.

#### 5. Merytoryczna strona rozprawy

Branża geosyntetyczna od lat rozwija się niezwykle dynamicznie. Nadal jednak projektanci konstrukcji inżynierskich z wykorzystaniem materiałów geosyntetycznych napotykają brak norm i zaleceń technicznych lub niespójne rekomendacje. W przypadku tematyki podjętej w niniejszej dysertacji projektanci mogą znaleźć w literaturze dużą liczbę dostępnych, ale niedostatecznie usystematyzowanych kryteriów doboru geosyntetyków na warstwy filtracyjne.

Wybór problematyki badawczej jest więc w pełni uzasadniony. Autorka zdecydowała się zająć niezwykle aktualnym kierunkiem badań naukowych, które przez swój utylitarny charakter przyczyniają się do dokładniejszego rozpoznania zjawiska kolmatacji mechanicznej geowłóknin igłowanych. Są one więc też cennym uzupełnieniem wskazówek dotyczących projektowania skutecznych i bezawaryjnych systemów drenażowych.

Osiągnięcia Autorki wykazane w rozprawie.

- **Przeprowadzenie unikalnych badań przepuszczalności poprzecznej geowłóknin igłowanych.**

Wysunięty wniosek ogólny: współczynnik przepuszczalności poprzecznej wyrobów geosyntetycznych po eksploatacji powinien być wyznaczany przy maksymalnej wartości różnicy wysokości naporu hydraulicznego – równej 5 mm. Jest to

uwarunkowane możliwym „oczyszczeniem” badanych próbek przy wyższych gradientach.

- **Określenie zmiany wskaźnika gradientów  $GR$  układu grunt–geowłóknina.**

Wysunięty wniosek ogólny: wskaźnik gradientów  $GR$  w układzie grunt–geowłóknina zwiększa się wraz ze wzrostem zewnętrznego gradientu hydraulicznego i wraz z czasem trwania procesu filtracji – co wskazuje na postęp procesu kolmatacji. Uzyskane wartości wskaźników gradientów  $GR_4$  oraz  $GR_8$  były wyższe od wyznaczanego powszechnie wskaźnika gradientów  $GR_{25}$  dla każdej badanej próbki geowłóknin. Sugeruje to, że uwzględnianie tych parametrów jest konieczne w procesie projektowania filtrów.

- **Zweryfikowanie stosowanych kryteriów doboru geowłóknin na warstwy filtracyjne.**

Wysunięty wniosek ogólny: geowłókniny o tej samej charakterystycznej średnicy porów mogą charakteryzować się odmiennymi właściwościami filtracyjnymi. Dlatego kryterium odporności na kolmatację nie może się opierać jedynie na wartości  $O_{90}$ .

- **Opracowanie nowego zakresu dopuszczalnej liczby przewężeń  $m$  geowłóknin igłowanych z uwzględnieniem charakterystycznej średnicy porów  $O_{90}$  – jako kryterium odporności na kolmatację.**

Wysunięty wniosek ogólny: zaprezentowane kryterium uwzględniające liczbę przewężeń  $m$  (w zakresie od 20 do 45) może być przyjęte jako podstawowy warunek stosowany w celu określenia odporności geowłókniny igłowanej na kolmatację mechaniczną.

Całość omawianej dysertacji należy uznać za wartościowe opracowanie dotyczące kolmatacji mechanicznej polipropylenowych geowłóknin igłowanych pełniących funkcję filtracyjną. W pracy zawarto opis pokażnej liczby badań i analiz, które są wskazówkami do właściwego doboru geowłóknin na warstwę filtracyjną, ale także do prowadzenia badań laboratoryjnych nad przepuszczalnością i odpornością geowłóknin na kolmatację. Bardzo dobrze przygotowany przegląd literatury przedmiotu stanowi dopełnienie części empirycznej.

## **6. Ocena końcowa**

Oceniana rozprawa została przygotowana na wysokim poziomie pod względem merytorycznym, metodycznym i redakcyjnym. W pełnym zakresie stanowi oryginalne rozwiązanie aktualnego problemu naukowego. Problematyka przeprowadzonych badań mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych – w dyscyplinie inżynierii lądowej i transportu. Autorka wykazała się umiejętnościami analitycznymi, poprawnie prezentowała i interpretowała uzyskane wyniki. Materiał doświadczalny przedstawiony w recenzowanej pracy jest obszerny i wartościowy. Autorka udokumentowała tezę pracy i osiągnęła założone cele. Mgr inż. Anna Miskowska potwierdziła umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i formułowania prawidłowych wniosków na podstawie analizowanych badań, a także stworzyła rekomendacje dotyczące użyteczności uzyskanych wyników.

**Recenzowaną rozprawę doktorską oceniam wysoko. Spełnia ona wymagania zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki. Wnoszę o dopuszczenie pracy doktorskiej mgr inż. Anny Miskowskiej do publicznej obrony.**

**Biorąc pod uwagę wyżej sformułowaną opinię, uważam, że rozprawa zasługuje na wyróżnienie.**

Wrocław, 11 kwietnia 2020 r.

