



# UNIWERSYTET GDAŃSKI KATEDRA LIMNOLOGII



80-952 Gdańsk, ul. Bażyńskiego 4, tel. 58 523 6549, e-mail: bajka37@wp.pl, www.kl.ug.edu.pl

Dr hab. Elżbieta Bajkiewicz-Grabowska, prof. UG  
Katedra Limnologii  
Wydział Oceanografii i Geografii  
Uniwersytetu Gdańskiego

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr Łukasza Pietruszyńskiego**

### pt. **ROLA OBSZARÓW BEZODPŁYWOWYCH EWAPOTRANSPIRACYJNYCH W OBIEGU SUBSTANCJI BIOGENICZNYCH NA OBSZARACH MŁODOGLACJALNYCH**

wykonanej w Katedrze Hydrologii Instytutu Geografii  
Uniwersytetu Gdańskiego  
pod kierunkiem prof. UG, dr hab. Romana Cieślińskiego

#### Uwagi ogólne

Głównymi „wyróżnikami” krajobrazu młodoglacjalnego, mającymi decydujący wpływ na obieg w nim materii, w tym wody i substancji biogenicznych, są sieć hydrograficzna składająca się z różnej wielkości zbiorników wodnych i cieków ze sobą powiązanych oraz mnogość zagłębień bezodpływowych. Siecią rzeczną, która dość często składa się też z odcinków jeziornych, jest transportowana materia do głównego cieku systemu drenażu (recypienta) i dalej wraz z jego biegiem do ujścia. Zagłębienia bezodpływowe, których skupiska tworzą obszary bezodpływowe, nie uczestniczą w powierzchniowym transporcie wody i niesionej nią materii. Stanowią jednak integralną część zlewni systemu rzeczno-jeziornego, którym transportowana jest materia. Nie są one tak jak ciek, zbiorniki wodne, bagna, źródła obiektem hydrograficznym „budującym” sieć hydrograficzną, ale stanowią jednostkę struktury hydrograficznej zlewni odwadnianej przez system rzeczny. Ich udział w strukturze hydrograficznej zlewni młodoglacjalnych jest znaczny.

Ze względu na budowę podłoża w dnach tych topograficznych obszarów bezodpływowych (obszarów endoreicznych) mogą występować obiekty hydrograficzne (np.: bagna, zbiorniki wodne, ciek). Obszary bezodpływowe zawsze pełnią rolę retencyjną, albo zwiększając retencję zbiornikową (gdy w ich dnach są zbiorniki wodne



lub bagna) – wówczas są nazywane ewapotranspiracyjnymi, albo zwiększając retencję strefy aeracji i strefy saturacji – wówczas nazywane są chłonnymi. Zarówno jedne jak i drugie mogą uczestniczyć w wymianie wody w jej podziemnej fazie obiegu.

Jak wykazały dotychczasowe badania te bezodpływowe zagłębienia w dnie których leżą zbiorniki wodne (oczka) mogą „tracić” bezodpływowość, gdy poziom wody w oczku przekroczy próg zagłębienia i woda „wylewająca się” z niego uformuje odpływ liniowy włączając ten zbiornik wodny do sieci drenażu powierzchniowego. Zwiększa się w ten sposób powierzchnia zlewni odwadnianej przez tę sieć rzeczna o powierzchnię alimentującą oczko włączone do odpływu rzeczno, czyli o powierzchnię zlewni zagłębienia bezodpływowego. Wraz z wodą, która wypływa z oczka przez próg zagłębienia bezodpływowego trafia do sieci rzecznej także materia, która przy bezodpływowości oczka była w nim akumulowana.

Każda próba oceny ilościowej jak zmiana struktury hydrograficznej zlewni ciekupojeziernej wpływa na wielkość odpływu rzeczno i transport materii trafiającej ze zlewni do ciekup doprecyzowuje naszą wiedzę o obiegu materii w krajobrazie młodoglacjalnym.

**Dysertacja mgr. Łukasza Pietruszyńskiego** wpisuje się w tę tematykę. Jest bowiem próbą oceny roli zagłębień bezodpływowych ewapotranspiracyjnych w transporcie materii biogenicznej w zlewni rzeki pojeziernej.

### **Sposób przedstawienia materiału**

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr. Łukasza Pietruszyńskiego liczy 225 stron tekstu (bez spisu literatury), zawiera 92 ryciny i 42 tabele. Spis cytowanej literatury (str. 226-243) obejmuje 290 pozycji (w tym 61 obcojęzycznej), zawierającej obok artykułów także: maszynopisy, podręczniki, skrypty, rozporządzenia, roczniki GUS, biuletyny meteorologiczne oraz instrukcje i wytyczne do opracowania map. Około 58% cytowanych przez Doktoranta prac ukazało się po 2000 roku, 1% po 2010 r. Wśród cytowanych prac są 2 artykuły Doktoranta, których jest głównym współautorem.

Treść dysertacji Doktorant przedstawił w 12 rozdziałach: **Wprowadzenie** (str. 5-24), **Postępowanie badawcze** (str. 15-41), **Charakterystyka wybranych komponentów środowiska przyrodniczego** (str. 42-61), **Charakterystyka komponentów środowiska abiotycznego** (str. 62-70), **Charakterystyka hydrometeorologiczna okresu badań** (str. 71-89), **Uproszczona elementarna struktura hydrograficzna** (str. 90-116), **Charakterystyka hydrologiczna badanych oczek** (str. 117-134), **Jakość wód powierzchniowych w zlewni Borucinki** (str. 135-171), **Funkcja obszarów bezodpływowych w obiegu materii w zlewni** (str. 172-197), **Wpływ wybranych uwarunkowań geograficznych na ilość substancji biogenicznych w zlewni** (str. 198-209), **Potencjalne zorganizowanie sieci hydrograficznej w warunkach ekstremalnej dostawy opadu atmosferycznego** (str. 210-217), **Wnioski i rekomendacje** (str. 218-225).

Treść tych rozdziałów składa się na trzy części pracy: **pierwsza, metodyczna** wprowadza w tematykę badawczą i przedstawia metody badawcze wykorzystane przez Doktoranta do realizacji celu mającego zweryfikować sformułowaną przez niego hipotezę badawczą (rozdziały 1 i 2); **druga, opisowa**, zawiera charakterystykę wybranych komponentów środowiska geograficznego obszaru badań (rozdziały 3 i 4); **trzecia, o charakterze analityczno-syntetycznym**, prezentuje wyniki uzyskane przez Doktoranta z badań terenowych, laboratoryjnych i kameralnych (rozdziały: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11) oraz wnioski wypływające z przeprowadzonych badań i rekomendacje (rozdział 12).



Już w **części metodycznej** Doktorant wprowadza chaos pojęciowy stosując skrót myślowy i moim zdaniem niepoprawną terminologię obowiązującą w hydrologii. Zamiast struktura systemu hydrograficznego (ewentualnie struktura hydrograficzna zlewni) używa pojęcia struktura hydrograficzna, którą wyjaśnia, że „*jest rozumiana jako typ występujących jednostek (jakich?), ich ułożenie względem siebie oraz rozmieszczenie w systemie hydrograficznym*” (str. 5). Z tak zdefiniowaną strukturą hydrograficzną wiążą się pytania:

1) jakie są to jednostki? czy są to obiekty hydrograficzne?

2) czy system hydrograficzny to sieć obiektów hydrograficznych?

Nie zrozumiałe jest też zdanie, że „*w wyniku czasowej zmienności atrybutów zlewni (cieki, jeziora, oczka, mokradła itp.) zmienia się sposób krążenia wody, a co za tym idzie reżim funkcjonowania całego systemu hydrograficznego*”. Czy zdanie to należy rozumieć w ten sposób, że jeżeli w zlewni zanikają cieki, zmniejsza się liczba zbiorników wodnych to zmienia się funkcjonowanie całego systemu drenażu? Jeśli natomiast przyjmiemy, że zlewnia jest systemem hydrograficznym to jeśli zmieni się liczba cieków i zbiorników wodnych tworzących w niej sieć drenażu to zmieni się „reżim” zlewni? Czy tym reżimem ma być obieg wody w zlewni? Jak zatem definiować reżim funkcjonowania całego systemu hydrograficznego?

Zastrzeżenia mam też do pojęć dopływ zmienny i dopływ bazowy w odniesieniu do alimentacji koryt rzecznych (str. 5). W rozdziale przedstawiającym problematykę badawczą powinno się używać pojęć jednoznacznie wskazujących na źródło dostawy wody do cieku i zamiast zdania, że „*w półroczu zimowym dominuje alimentacja dopływem zmiennym, a w półroczu letnim dominuje alimentacja dopływem bazowym*” napisać, że w półroczu zimowym dominuje zasilanie dopływem mieszanym (powierzchniowym i podziemnym) a w półroczu letnim dominuje zasilanie dopływem podziemnym.

Uważam też, że powinno się używać terminu odpływ rzeczny a nie odpływ potamiczny (str. 7). Określenia potamiczny i apotamiczny są zarezerwowane do wskazywania, czy wody podziemne mają kontakt hydrauliczny z ciekami, czy nie.

Doktorant przyjął następującą **hipotezę badawczą**: „*decydującą przyczyną okresowych zmian wielkości ładunku substancji biogenicznych w przypadku zlewni młodoglacjalnych jest zmieniająca się w czasie elementarna struktura hydrograficzna. O wielkości ładunku (dodałabym: przemieszczającego się) w zlewni decydują przede wszystkim obszary bezodpływowe ewapotranspiracyjne, które akumulują lub uwalniają materię w zależności od stanu retencji zlewni.*”

**Podstawowym celem** jego badań była „*próba określenia roli, jaką jednostki struktury hydrograficznej, a w szczególności obszary bezodpływowe ewapotranspiracyjne, pełnią w zróżnicowaniu dróg migracji materii w małych zlewniach młodoglacjalnych.*”

Realizacją podstawowego celu pracy i podstawą weryfikacji przyjętej przez Doktoranta hipotezy badawczej były wyniki zrealizowanych celów częściowych dotyczących: 1) oceny stałości i okresowości funkcjonowania obiektów hydrograficznych w zlewniach bezodpływowych, 2) organizacji sieci rzecznej, będącej nośnikiem materii przy różnym stanie retencji zlewni, 3) oceny sezonowych zmian jakości wody głównej rzeki systemu drenażu i jej dopływów, 4) migracji materii w zlewni badanej rzeki pojeziernej.

Doktorant za obiekt badań wybrał zlewnię Borucinki, która uchodzi do Jeziora Raduńskiego Górnego i jest dopływem Raduni. W zlewni tej badania były prowadzone od listopada 2012 r. do końca października 2014 r. Obejmowały zatem dwa pełne lata hydrologiczne 2013 i 2014.



W części dotyczącej przeglądu literatury (podrozdział 1.3) Doktorant przypomina na ogół znaną wiedzę na temat: struktury hydrograficznej zlewni młodoglacjalnych systemów hydrograficznych, roli zagłębień bezodpływowych w strukturze hydrograficznej zlewni nie tylko młodoglacjalnych, hierarchizacji (uporządkowaniu) sieci rzecznej na obszarach młodoglacjalnych, roli oczek w inicjowaniu odpływu rzeczno, dotychczasowych badań środowiska fizycznogeograficznego zlewni Borucinki, przyrodniczych uwarunkowaniach transportu związków azotu i fosforu rzekami Przymorza. Przypomina tu też osiągnięcia hydrologów ośrodka gdańskiego.

W rozdziale 2. Doktorant przedstawia metody badawcze wykorzystane w pracy. Główną metodą badawczą było wykonanie 11 zdjęć hydrograficznych przy różnych stanach retencji zlewni Borucinki. W czasie każdego z kartowań inwentaryzowano obiekty hydrograficzne na podkładzie mapy topograficznej 1:10 000, wykonywano pomiary natężenia przepływu funkcjonujących cieków w wyznaczonych 14 przekrojach, mierzono stany wody w 10 wyznaczonych do badań oczkach, in situ mierzono podstawowe parametry fizyczne wody cieków i oczek oraz pobierano próbki wody do dalszych analiz laboratoryjnych. W lipcu 2014 r. wykonano też plany batymetryczne wytypowanych do badań oczek.

Analizy chemiczne pobranych w terenie próbek wody cieków i oczek przeprowadzono w Laboratorium Hydrochemicznym Katedry Hydrologii UG. Oznaczono stężenia głównych kationów i anionów za pomocą chromatografu jonowego ICS-1100. Stężenia azotu ogólnego i fosforu ogólnego oznaczono techniką kolorymetryczną za pomocą spektrofotometru Nova 400 firmy MERCK, przy użyciu testów odczynnikowych. Wodorowęglany oznaczono metodą miareczkowania.

Prace kameralne dotyczyły kwerendy literatury i materiałów źródłowych, ich weryfikacji, opracowania i wizualizacji. Doktorant wykorzystał mapy tematyczne w skali 1:50 000 (geologiczną, hydrogeologiczną, hydrograficzną, topograficzną) i objaśnienia do tych map oraz mapy topograficzne 1:10 000 pokrywające obszar badań.

W pracy wykorzystał też dane meteorologiczne i hydrometryczne (stany wody Borucinki i natężenie przepływu) ze stacji w Borucinie. Warunki termiczne i opadowe lat 2013 i 2014 opracował na podstawie kwantylowej klasyfikacji termicznej i opadowej zaproponowanej przez Miętusa i in. Parowanie terenowe w zlewni Borucinki w okresie badań obliczył metodą Konstantinowa. Podstawowe charakterystyki odpływu wyznaczył na podstawie obowiązujących w hydrometrii wzorów. Podobnie na podstawie obowiązujących wzorów obliczył ładunki średnie miesięczne i jednostkowe azotu ogólnego i fosforu ogólnego. Typ hydrochemiczny wody cieków i oczek ocenił stosując klasyfikację hydrochemiczną zaproponowaną przez Altowskiego-Szwieca. Do uporządkowania sieci rzecznej w zlewni Borucinki Doktorant wykorzystał dwie metody: metodę zaproponowaną przez Drwala jako podstawową i metodę Hortona-Strahlera jako porównawczą.

Wpływ uwarunkowań geograficznych i antropogenicznych na stan jakości wody 10 badanych oczek Doktorant ocenił metodą analizy wielozmiennej na podstawie syntetycznego wskaźnika Perkala i metody Warda.

Doktorant wykorzystał też narzędzia do modelowania hydrologicznego GIS, by na numerycznym modelu terenu (DEM) zlewni Borucinki wyznaczyć potencjalne drogi odpływu powierzchniowego.

Do tej części dysertacji mam kilka uwag, zwłaszcza do prac kameralnych. Całkiem zbędne są tutaj wyjaśnienia jak oblicza się parowanie metodą Konstantinowa, jak z pomiarów oblicza się natężenie przepływu cieku, jak oblicza się podstawowe charakterystyki odpływu, gęstość sieci rzecznej, czy podstawowe charakterystyki



morfometryczne mis oczek. Bardziej zasadne byłoby wyjaśnienie do czego te miary byłyby potrzebne w części analityczno-syntetycznej pracy.

Niejasno jest podana informacja jaką metodą uzyskano dobowe hydrogramy odpływu Borucinki w profilu zamykającym zlewnię. Jak obliczono % udział odpływu podziemnego w całkowitym odpływie rzeki w poszczególnych terminach badawczych i w jakim celu to zrobiono.

Brak jest też informacji jak obliczano jednostkowy ładunek biogenów (fosforu ogólnego i azotu ogólnego) w zlewniach różnicowych.

**Część opisowa** dysertacji jest nierówna. Rozpoczyna ją podrozdział 3.1. Budowa geologiczna, rzeźba terenu i przepuszczalność gruntów. Treść tak zatytułowanego podrozdziału ogranicza się do charakterystyki utworów powierzchniowych w zlewni badanej rzeki, ich przepuszczalności i rzeźby terenu wynikającej z występujących na obszarze tej zlewni form geomorfologicznych. Treść tego podrozdziału nie jest spójna i wskazuje, że ten podrozdział powinien być inaczej nazwany.

Podrozdział 3.2 zawiera poprawnie przedstawioną charakterystykę wybranych elementów klimatu przedstawioną na podstawie danych z wielolecia 1961-2000 ze stacji w Borucinie.

Kolejny podrozdział zawiera charakterystykę sieci hydrograficznej w zlewni Borucinki. Opisana jest głównie Borucinka od źródeł do ujścia oraz jeziora: Szewinko, Glinne i Boruckie. Szkoda, że zbyt mało jest informacji o dopływach Borucinki, a zwłaszcza o głównym dopływie tej rzeki – Potoku Kamieńczyk. Zabrakło też w tym opisie informacji o wielkości odpływu rzeki i jego zmienności rocznej, miesięcznej. Podana jest tylko książkowa informacja o ustroju wodnym tej rzeki. Brak jest też informacji o innych obiektach hydrograficznych, w tym oczkach. Nie ma także słowa o strukturze hydrograficznej zlewni Borucinki.

W następnym podrozdziale omawiane są wody podziemne w granicach zlewni. Są to informacje literaturowe. Jedyne na końcu tego podrozdziału Doktorant zamieścił wykres zmienności stanów wody podziemnej na tle miesięcznych sum opadów w latach badań. Szkoda, że nie wskazał, który z poziomów wodonośnych reprezentuje studnia w Gowidlinie. Szkoda też, że nie pokusił się o jakikolwiek wniosek wynikający z przedstawionego rysunku 12.

Opis środowiska przyrodniczego kończy użytkowanie terenu, opracowane na podstawie ortofotomapy, które w zasadzie powinno się znaleźć w następnym 4. rozdziale dysertacji, charakteryzującym wybrane komponenty środowiska antropogenicznego zlewni Borucinki. W tym bowiem rozdziale Doktorant opisuje działalność człowieka w badanej zlewni polegającą na użytkowaniu rolniczym, odwadnianiu terenu, budowaniu przepustów pod drogami, budowie przydomowych oczyszczalni ścieków, wskazuje na występujące w zlewni Borucinki źródła zanieczyszczeń obszarowych (nawożenie) i punktowych (składowiska obornika, rozlewiska gnojowicy, nielegalne wysypiska śmieci, zrzuty ścieków bytowych). Podaje liczbę gospodarstw rolnych, gęstość zaludnienia. Przedstawione dane pozwalają na ilościową ocenę presji antropogenicznej na środowisko wodne zlewni Borucinki, której nie zrobiono.

Najważniejszą częścią dysertacji jest **część analityczno-syntetyczna** prezentująca wyniki przeprowadzonych przez Doktoranta badań. Rozpoczyna ją charakterystyka hydrometeorologiczna okresu badań (rozdział 5). Z treści tego rozdziału wynika, że rok 2013 pod względem warunków opadowych był normalny, a rok 2014 suchy i cieplejszy od roku 2013. Doktorant przedstawił miesięczne klimatyczne bilanse wodne w obu latach analizując okresy z nadwyżką wody opadowej i z jej



deficytem. Szkoda, że nie przedstawił tego na wykresach sumując te nadwyżki i deficyty od początku roku hydrologicznego 2013 do końca roku hydrologicznego 2014.

Uzyskanych wyników bilansu klimatycznego w okresie badań, jakże istotnych dla stanu organizacji sieci wodnej w zlewni Borucinki, w dalszej części pracy Doktorant jednak nie wykorzystuje.

Podrozdział 5.2. jest bardzo źle napisany. Miary odpływu są różne i korzysta się z tej miary, która jest istotna dla osiągnięcia celu pracy. Charakterystyka stanów wody Borucinki w tym rozdziale jest zbędna. Można było ją zamieścić w podrozdziale 3.3. Istotne w tej części pracy są przede wszystkim wyniki pomiarów natężenia przepływu Borucinki i jej dopływów przy różnym stanie retencji zlewni. A stan ten wyznacza odpływ rzeki w profilu zamykającym jej zlewnię.

Istotną treścią tego podrozdziału jest hydrogram odpływu Borucinki w okresie badawczym wraz z histogramem opadów i zaznaczonymi terminami wykonywanych zdjęć hydrograficznych zlewni (ryc. 28) oraz tabela 10, w której Doktorant zestawiał natężenie przepływu kontrolowanych cieków. Pozwoliło mu to „wskazać”, które zdjęcia hydrograficzne odpowiadają wysokiemu stanowi retencji zlewni, stanowi przeciętnemu i stanowi niskiemu. Doktorant uznał, że gdy Borucinką w profilu ujściowym płynie powyżej  $110 \text{ dcm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ilość zretencjonowanej wody w zlewni jest wysoka (funkcjonują wszystkie okresowe cieki uchodzące do Borucinki, obszary bezodpływowe zajmują około 50% zlewni), gdy przepływ rzeki mieści się w zakresie od 55 do  $110 \text{ dcm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ilość zretencjonowanej wody w zlewni jest przeciętna (funkcjonuje tylko część cieków okresowych będących dopływami Borucinki), a gdy przepływ rzeki spada poniżej  $55 \text{ dcm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  zasoby wody retencjonowane w zlewni są niewielkie (stała sieć cieków występuje tylko w dniu głównej rynny).

Charakterystykę „wodności” Borucinki, wskazującą na stan retencji jej zlewni, można było zrobić już w podrozdziale 3.3. na podstawie wielolecia określając przepływy charakterystyczne rzeki.

W hydrologii wymiennie z natężeniem przepływu stosuje się inne miary: odpływ, warstwę odpływu, współczynnik odpływu i odpływ jednostkowy. Doktorant scharakteryzował wszystkie te miary odpływu przedstawiając ich zmienność miesięczną w latach 2013-2014.

Szkoda tylko, że mając taki materiał hydrometryczny, Doktorant nie przedstawił map jednostkowego odpływu w zlewni przy różnych stanach jej retencji na podstawie przepływów charakterystycznych Borucinki.

Prosiłabym Doktoranta o wyjaśnienie co oznacza zdanie: *Miesięczny rozkład struktury genetycznej odpływu dobrze koreluje z rozkładem natężenia przepływu* (str. 86). I kolejne zdanie: *W strukturze genetycznej rzeki Borucinki we wszystkich miesiącach dominującą formą jest odpływ podziemny, co potwierdza jak ważny jest udział wód gruntowych w formowaniu odpływu wód potamicznych dla rzek pojeziernych.*

Interesujący i ważny dla weryfikacji hipotezy badawczej jest 6 rozdział dysertacji. Zawiera on opis obrazów sieci hydrograficznej w zlewni Borucinki. Na podstawie badań terenowych Doktorant zweryfikował wielkość zlewni tej rzeki wykazując, że w zależności od sytuacji hydrometeorologicznej jej powierzchnia zmienia się od  $26,24 \text{ km}^2$  do  $32,50 \text{ km}^2$ . W zależności od pory roku sieć hydrograficzna w zlewni Borucinki ulega znacznym zmianom. Zmienia się liczba i wielkość zbiorników wodnych oraz liczba i długość funkcjonujących cieków. Powoduje to zmiany powierzchni aktywnie uczestniczącej w zasilaniu systemu Borucinki, czyli zmiany struktury hydrograficznej jej zlewni.

W okresie badań wykonano trzy zdjęcia przy wysokim stanie retencji zlewni, trzy zdjęcia przy stanie przeciętnej retencji i 5 zdjęć przy niskim stanie retencji. W kolejnych podrozdziałach Doktorant analizuje jak przy różnym stanie retencji zlewni zmienia się w



niej sieć hydrograficzna i jakim zmianom ulega jej struktura hydrograficzna. Miarami tych zmian w przypadku sieci wodnej są: liczba cieków, ich sumaryczna długość i gęstość sieci rzecznej (tabela 15), liczba wszystkich oczek, ich średnia wielkość, gęstość oczek oraz liczba oczek przepływowych (tabela 16). W przypadku struktury hydrograficznej zlewni ocenianymi miarami są: wielkość powierzchni obszarów egzoreicznych oraz wielkość powierzchni obszarów bezodpływowych (ewapotranspiracyjnych i chłonnych) (tabela 20).

Analizując zmiany organizacji sieci wodnej w zlewni w różnych stanach jej retencji Doktorant wprowadził pewien chaos pojęciowy. Na str. 93 napisał: „Wykształcenie sieci hydrograficznej oznacza rodzaj elementów hydrograficznych (rzeka, jezioro, mokradło, zagłębienie bezodpływowe, itp.), ich wygląd (kształt, wielkość itp.) oraz zmienność w czasie (okresowość, epizodyczność).” I tym zdaniem zaprzeczył temu co do tego miejsca przedstawiał w pracy. Bowiem rzeka, jezioro, mokradło są to obiekty (a nie elementy) hydrograficzne tworzące sieć hydrograficzną, a zagłębienie bezodpływowe jest jednostką struktury hydrograficznej zlewni. Pisząc zatem o zmianach organizacji sieci wodnej analizował obiekty hydrograficzne: cieki i oczka. I zapewne tak to było, bo wskazują na to wyniki przedstawione w tabelach 15 i 16. Szkoda, że w tabeli 16 nie ma też kolumny z liczbą oczek odpływowych.

W części tej nie powinno się znaleźć też zdanie i nie logiczne i nie prawdziwe, że „Odpływ z cieków okresowych bardzo często inicjują zagłębienia ewapotranspiracyjne, w tym oczka.”

Podrozdziały przedstawiające zmiany sieci hydrograficznej w zlewni i zmiany struktury hydrograficznej zlewni przy różnym stanie jej retencyjności przedziela podrozdział 6.3. prezentujący uporządkowanie sieci rzecznej metodą Drwała i metodą Hortona-Strahlera. Moim zdaniem synteza treści tego podrozdziału powinna znaleźć przy omawianiu zmian sieci rzecznej w podrozdziale 6.2.

I tu mam pytanie: jaki był cel zastosowania dwóch metod hierarchizacji cieków w systemie drenażu Borucinki?

I drugie pytanie: dlaczego obraz przeprowadzonej hierarchizacji cieków przy niskim stanie retencji metodą Drwała (ryc. 40) jest aż tak różny od obrazu wykonanego metodą Hortona-Strahlera (ryc. 41)?

Następny rozdział części wynikowej pracy (7.) zawiera charakterystykę hydrologiczną 10 badanych oczek. Treść tego rozdziału stanowią dane morfometryczne oczek z ich planami batymetrycznymi, ocena zmienności stanów wody w oczkach w okresie badań, charakterystyczne stany wody każdego oczka w badanym okresie, zmiany funkcji hydrologicznej oczek w okresie badań, informacje o zlewni badanych oczek: jej wielkość i sposób użytkowania. Ta część jest dobrze i zrozumiale napisana i właściwie zilustrowana. Uważam, że treść tego rozdziału powinna się znaleźć we wcześniejszych podrozdziałach.

W kolejnym rozdziale dysertacji Doktorant podaje charakterystykę fizyczno-chemiczną wody Borucinki (podrozdział 8.1), jej dopływów (podrozdział 8.2) i 10 oczek (podrozdział 8.3). Rozdział ten jest dobrze napisany, poprawnie zilustrowany, zawiera bardzo dużo informacji, a co ważne również syntezę wyników.

Doktorant, na podstawie przeprowadzonej analizy jakości wody wyróżnił dwie grupy cieków różniących się składem chemicznym wody. Pierwsza grupa to cieki płynące dnem Rynny Borzestowskiej. Ich woda ma obojętny lub lekko zasadowy odczyn, jest dobrze natleniona, dominują w niej jony wodorowęglanowo-wapniowe, stężenia podstawowych jonów rozpuszczonych w wodzie tych cieków są wyższe niż w wodzie cieków grupy drugiej, podobnie jak mineralizacja ogólna oraz przewodność elektrolityczna. Drugą grupę stanowią cieki płynące na wysoczyźnie morenowej. Ich



woda ma kwaśny lub lekko kwaśny odczyn, wyraźnie niższy stopień natlenienia, jest mniej zmineralizowana, a jej skład jonowy jest mało zmienny w czasie.

Również na podstawie analizy jakości wody (ale metodą statystyczną) Doktorant wyróżnił dwie grupy oczek. Jedna ich grupa charakteryzuje się niską zawartością w wodzie azotu ogólnego, fosforu ogólnego i potasu, druga zaś ma wysoką zawartość w wodzie azotu ogólnego, chlorków i magnezu. O jakości wody oczek decyduje sposób użytkowania ich zlewni.

Co z punktu widzenia eutrofizacji wód jest najbardziej interesujące, to w badanym okresie stężenia azotu ogólnego i fosforu ogólnego w wodzie Borucinki były niskie, odpowiadające 1 klasie jakości według *Rozporządzenia Ministra Środowiska... 2011*. W ciekach okresowo funkcjonujących stężenia obu biogenów były wyższe, a w wodzie niektórych dopływów nie odpowiadała już 1 klasie jakości.

Najwyższe średnie ładunki biogenów zanotowano w maju 2014 r., najniższe ich ładunki obserwowano w miesiącach letnich i 2013 r. i 2014 r. Średnia wielkość miesięcznego ładunku azotu ogólnego w zlewni Borucinki wyniosła w badanym okresie  $375 \text{ kgN} \cdot \text{miesiąc}^{-1}$ , a fosforu  $40 \text{ kgP} \cdot \text{miesiąc}^{-1}$ . A zatem w zlewni tej w badanym okresie ładunek jednostkowy azotu ogólnego wyniósł  $14,3 \text{ kgN} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{mies.}^{-1}$ , a ładunek jednostkowy fosforu ogólnego wyniósł  $1,52 \text{ kgP} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{mies.}^{-1}$ .

Bardzo interesujący, i wnoszący nową wiedzę o obiegu materii w krajobrazie młodoglacjalnym, jest rozdział 9. Aby określić funkcje obszarów bezodpływowych w transporcie materii w zlewni Borucinki Doktorant w granicach obszaru tej zlewni wyznaczył 9 zlewni cząstkowych. Były to zlewnie 5 dopływów Borucinki, zlewnia górnej Borucinki do wypływu z jeziora Szewinko, przyrzecze Borucinki pomiędzy jeziorem Szewinko i ujściem do niej Potoku Kamieńczyk, przyrzecze dolnej Borucinki od ujścia Potoku Kamieńczyk do profilu zamykającego zlewnię oraz zlewnia okresowo zasilająca Potok Kamieńczyk. Wydzielone zlewnie cząstkowe uczestniczą w dostawie wody i materii biogenicznej do Borucinki i jej dopływów przy wysokiej retencyjności zlewni, tylko 6 z nich dostarcza materię biogeniczną do systemu drenażu powierzchniowego w warunkach przeciętnego stanu retencji zlewni, a tylko 5 w warunkach niskiego stanu retencji zlewni.

Struktura hydrograficzna wydzielonych zlewni cząstkowych zmienia się w zależności od stanu ich retencji skutkując zmianą powierzchni aktywnie uczestniczącej w dostawie wody i transportowanej nią materii biogenicznej do koryta Borucinki. Sezonowe zmiany struktury hydrograficznej zlewni cząstkowych Doktorant opisuje oraz ilustruje na ryc. 78-80 i ilościowo przedstawia w tabeli 35. Z prezentowanych danych wynika, że w zlewni dopływów Borucinki udział obszarów aktywnie uczestniczących w transporcie materii zależy od sezonu noże wynosić od 0 do 66%.

W wyznaczonych 9 zlewniach cząstkowych Doktorant oblicza na podstawie danych rzeczywistych (wyniki analiz laboratoryjnych pobranych z cieków próbek wody) jednostkowe odpływy azotu ogólnego i fosforu ogólnego w okresach różnego stanu retencji zlewni Borucinki. Wyniki tych obliczeń przedstawia metodą kartogramu na ryc. 81, 82, 83, 84, 85 i 86. Otrzymane wyniki porównuje z danymi podawanymi w literaturze.

Do tej części dysertacji mam dwie uwagi. Zacznę od przytoczenia fragmentu tekstu z dysertacji: „*Obszar bezodpływowy ewapotranspiracyjny to element, który jest w systemie miejscem alimentacji odpływu bazowego i częściowo również podpowierzchniowego. Nadwyżki wody spływają ku centrom bezodpływowych zagłębień ewapotranspiracyjnych. Wyjściem z elementu jest wsiąkanie oraz w głównej mierze parowanie z wolnej powierzchni wody oraz terenu.*”



Tekst ten może zawierać bardzo ważną informację o obiegu wody w zlewniach zagłębień bezodpływowych, ale nie mogę go skomentować bo go nie rozumiem. Z pierwszej części tego zdania wynika bowiem, że obszar bezodpływowy ewapotranspiracyjny w zlewni jest miejscem zasilania odpływu bazowego (?) i częściowo odpływu podpowierzchniowego (?). Że nadwyżki wody (jakiej?) spływają w kierunku środka zagłębienia. I że wody ubywa z zagłębienia ewapotranspiracyjnego przez wsiąkanie ale przede wszystkim przez parowanie.

Na podstawie mojej wiedzy obieg wody w zlewni zagłębienia trwale powierzchniowo bezodpływowego, zarówno chłonnego jak i ewapotranspiracyjnego, można przedstawić w postaci następującego równania bilansowego:  $P = E + \Delta R + \Delta Z_{pdz}$ . (P – opad, E – parowanie,  $\Delta R$  – zmiany retencji zbiornikowej – gdy w dnie zagłębienia jest oczko, lub gruntowej – gdy w dnie zagłębienia nie ma obiektu hydrograficznego,  $\Delta Z_{pdz}$  – wypadkowa zasilania podziemnego, gdy  $\Delta Z_{pdz} < 0$  zagłębienie zasila wody podziemne, gdy  $\Delta Z_{pdz} > 0$  dno zagłębienia jest bazą drenażu dla wód podziemnych). Na podstawie tego równania można oceniać funkcje zagłębienia bezodpływowego w obiegu wody i materii. Można określić co jest „wejściem” do systemu (zlewnia zagłębienia bezodpływowego) i co jest „wyjściem” z systemu.

Uważam też, że hydrologicznie byłoby poprawniej wielkość odpływu jednostkowego ładunków biogenów w wydzielonych zlewniach obliczać na podstawie ładunku wynoszonego ze zlewni i całkowitej powierzchni tej zlewni, a nie tylko z powierzchni tej części zlewni, która jest aktywna. Ciekim płynie przecież woda pochodząca nie tylko ze zlewni aktywnej. Przy niskim stanie retencji zlewni ciekami płynie woda pochodząca z drenażu podziemnego a nie spływu powierzchniowego.

Przy założeniu Doktoranta, że w zlewniach cząstkowych dostawa biogenów pochodzi tylko ze zlewni aktywnej kartogramy odpływu jednostkowego powinny wyglądać zupełnie inaczej niż na ryc. 81-86.

W dalszej części rozprawy doktorskiej zarejestrowane w czasie badań terenowych przestrzenne zróżnicowanie eksportu ładunków jednostkowych azotu i fosforu w zlewniach cząstkowych na obszarze alimentującym Borucinkę Doktorant porównuje z teoretyczną wielkością ładunków jednostkowych azotu i fosforu powstającego w tych zlewniach cząstkowych i w granicach całej zlewni Borucinki (rozdział 10). Te teoretyczne wielkości ładunków jednostkowych azotu i fosforu Doktorant oszacował na podstawie zaproponowanych przez Instytut Ochrony Środowiska i stosowanych do oceny presji zlewni na ekosystemy wodne wartości jednostkowych ładunków biogenów w zależności od sposobu użytkowania zlewni.

Porównanie rzeczywistego eksportu biogenów w zlewni Borucinki z teoretyczną wielkością eksportu tych biogenów zdaniem Doktoranta pozytywnie weryfikuje hipotezę dysertacji, że zagłębienia bezodpływowe modyfikują transport materii biogennej w zlewni rzeki pojezierniej. W okresach niskiego i przeciętnego stanu retencji zlewni akumulują tę materię a w okresach wysokiego stanu retencji materia biogeniczna jest z nich wymywana i transportowana siecią rzeczną. Doktorant też podkreśla, że „*samo użytkowanie terenu zlewni nie decyduje o ilości eksportu ładunków substancji biogenicznych, natomiast organizacja sieci hydrograficznej oraz jej zmienność w czasie odzwierciedlają drogi krążenia wody i materii na powierzchni ziemi* (str. 203)”.

Kolejna analiza przeprowadzona przez Doktoranta dotyczyła oczek, ich gęstości i rozmieszczenia w zlewni Borucinki. Treść tego podrozdziału powinna być przedstawiona w podrozdziale 3.3 a wnioski z przeprowadzonej analizy powinny się znaleźć w podrozdziale 9.3.

Również podrozdział 10.3 powinien być na końcu podrozdziału 9.3. gdyż uważam, że jest podsumowaniem przedstawionych w tym podrozdziale wyników.



Moim zdaniem, także ostatni 11 rozdział pracy pt. „Potencjalne zorganizowanie sieci hydrograficznej w warunkach ekstremalnej dostawy opadu atmosferycznego” powinien stanowić uzupełnienie treści rozdziału 6. Uzyskany z modelowania GIS obraz przedstawiający potencjalny zasięg sieci drenażu powierzchniowego w zlewni Borucinki pokazuje, że do odpływu rzeczno-żeglownego zostały włączone też obszary bezodpływowe chłonne. Stanu tego Doktorant nie komentuje, więc kieruję do niego pytanie, czy sytuacja taka może wystąpić w rzeczywistości i jeśli tak to jakie może mieć skutki hydrologiczne?

Na końcu dysertacji Doktorant formułuje 16 wniosków, które podsumowuje pisząc, „*że przyczyną okresowych zmian wielkości ładunku substancji biogenicznych w przypadku zlewni młodoglacjalnych jest zmieniająca się w czasie elementarna struktura hydrograficzna, a przede wszystkim ilość i wielkość obszarów bezodpływowych ewapotranspiracyjnych, które akumulują lub uwalniają materię w zależności od stanu retencji zlewni.*”

Odnosząc się do tego podsumowania, można zadać pytanie: a co z obszarami ewapotranspiracyjnymi, które są trwale wyłączone z odpływu powierzchniowego?

Po wnioskach i ich podsumowaniu Doktorant przedstawia kilka rozwiązań, które mogą poprawić stan jakościowy wód w zlewni Borucinki. Dotyczą one zarówno działań ochronnych prowadzonych w zlewni, jak i ochrony cieków i oczek.

### **Główne osiągnięcia pracy**

Za główne osiągnięcia pracy uważam:

1. zebranie w czasie badań terenowych bogatego materiału dokumentacyjnego w postaci zdjęć hydrograficznych zlewni Borucinki, pomiarów hydrometrycznych i danych fizyko-chemicznych wody cieków i oczek;
2. udokumentowany ilościowo obraz dynamiki sieci wodnej w zlewni pojeziernej i dynamiki struktury hydrograficznej tej zlewni w okresie dwóch lat hydrologicznych;
3. przestrzenny obraz zróżnicowania transportowanego systemem rzeczno-żeglownym Borucinki ładunku biogenów odpowiadających za eutrofizację wód;
4. wykazanie, że włączenie oczka bezodpływowego do odpływu rzeczno-żeglownego znacznie zwiększa ładunki biogenów trafiające do rzeki głównej.

### **Zastrzeżenia i uwagi merytoryczne**

W pracy jest wiele potknięć stylistycznych i wiele niefortunnych sformułowań. Na przykład:

- str. 8 – Doktorant, hydrolog napisał, że oczka i mokradła są elementami; są to obiekty hydrograficzne;
- str. 26 – w hydrografii nie ma podmokłości, są obszary podmokłe;  
– pomiarów hydrometrycznych nie prowadzi się w punktach pomiarowych, ale w przekrojach (profilach wodowskazowych), lub na stacjach (w przypadku wód podziemnych);
- str. 34 – przepływ na cieku; powinno być przepływ cieku;  
– stan wody na rzece; powinno być stan wody rzeki;
- str. 58 – amplituda wahań stanów wody; powinno być amplituda stanów wody;
- str. 62 – obszary zabagnione są siedliskiem torfowisk wysokich i przejściowych;
- str. 71 – reżim zasilania cieku;
- str. 85 – pozostałe profile zlokalizowane na ciekach okresowych funkcjonowały tylko podczas wiosennych roztopów...



- średnia wartość procentowego zasilania Borucinki wodami podziemnymi dla poszczególnych terminów badawczych wyniosła 65,8%.
- str. 87 – w miesiącu maju...
- str. 88 – odpływ jednostkowy Borucinki (odpływ jednostkowy jest liczony w zlewni danej rzeki a nie dla rzeki);
- str. 98 – liczba zagłębień przepływowych; co to za obiekt hydrograficzny?
  
- str. 221 – przenoszenie tej materii za pomocą sieci rzecznej;  
itd.....

### Uwagi formalne

Uważam, że pod względem metodologicznym konstrukcja pracy nie jest zwarta, zwłaszcza w części analityczno-syntetycznej. W pracy jest wiele powtórzeń, skrótów myślowych, niefortunnych sformułowań i niedomówień metodycznych, co znacznie ogranicza jej odbiór. W spisie literatury panuje chaos.

Praca nie w pełni ma poprawną strukturę treści. Tematy rozdziałów oraz ich kolejność niezbyt trafnie są dobrane do podstawowego celu pracy; niektóre rozdziały są zbędne. Sporo treści zawartej w dysertacji nie jest związane z głównym celem pracy. Należy jednak podkreślić, że wyniki badań są dobrze udokumentowane. Ryciny są starannie wykonane i w zasadzie poprawnie opisane. Uzyskane z analiz wyniki Doktorant często porównuje z adekwatnymi wynikami z literatury.

Zawarte w recenzji uwagi krytyczne i wątpliwości powinny pomóc Doktorantowi w usunięciu usterek przy przygotowaniu ewentualnych publikacji z recenzowanej dysertacji.

### Podsumowanie

Pomimo wielu uwag, niedociągnięć z zakresu hydrologii, licznych błędów edytorskich uważam, że rozprawa doktorska Pana mgr. **Łukasza Pietruszyńskiego spełnia kryteria stawiane pracom doktorskim**. Podjęta przez Niego problematyka badawcza wnosi nowe treści do wiedzy o obiegu wody i materii biogenicznej w krajobrazie młodoglacjalnym.

Doktorant osiągnął założony cel badawczy i zweryfikował pozytywnie przyjętą hipotezę. Wykazał dostateczną wiedzę teoretyczną w zakresie zagadnień przedstawionych w rozprawie i dostateczną umiejętność zarówno prowadzenia badań naukowych, jak i analizy oraz interpretacji wyników. Rozprawa doktorska Pana mgr. Łukasza Pietruszyńskiego dowodzi też umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

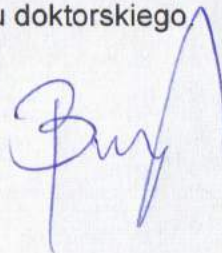
Zgromadzony przez Doktoranta materiał dokumentacyjny, a zwłaszcza zdjęcia hydrograficzne wykonane przy różnych stanach retencji zlewni oraz pomiary hydrometryczne i hydrochemiczne cieków i oczek są dobrą podstawą do ilościowej oceny obiegu wody i materii biogennej w zlewni młodoglacjalnej.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. **Łukasza Pietruszyńskiego** „*Rola obszarów bezodpływowych ewapotranspiracyjnych w obiegu substancji biogenicznych na obszarach młodoglacjalnych*” przygotowana pod opieką Pana dr hab. Romana Cieślińskiego, prof. UG **spełnia zarówno merytoryczne jak i formalne warunki** określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. Nr 65, poz. 595 ze zmianami w Dz.U z 2005 r., nr 165, poz. 1365).



Upoważnia mnie to do wystąpienia do Wysokiej Rady Naukowej Wydziału Oceanografii i Geografii Uniwersytetu Gdańskiego z wnioskiem o dopuszczenie mgr. Łukasza Pietruszyńskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego

25 października 2017 r.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Bury', written in a cursive style.