

GIS dla bezpiecznej żeglugi

Bezpieczeństwo na wodzie to podstawa – zwłaszcza w miejscach, gdzie statki przemierzają wąskie tory wodne w drodze do portów. Jeśli dno okaże się zbyt płytkie, skutki mogą być poważne: od osiadania statków, przez zablokowanie portu, aż po zagrożenie ekologiczne w razie uszkodzenia kadłuba. Dlatego miejsca takie jak Kanał Piastowski, łączący Zalew Szczeciński z rzeką Świną, muszą być regularnie monitorowane i pogłębiane. Ale w jaki sposób sprawdzić, czy dno naprawdę się zmienia? Z pomocą przychodzi technologia GIS.

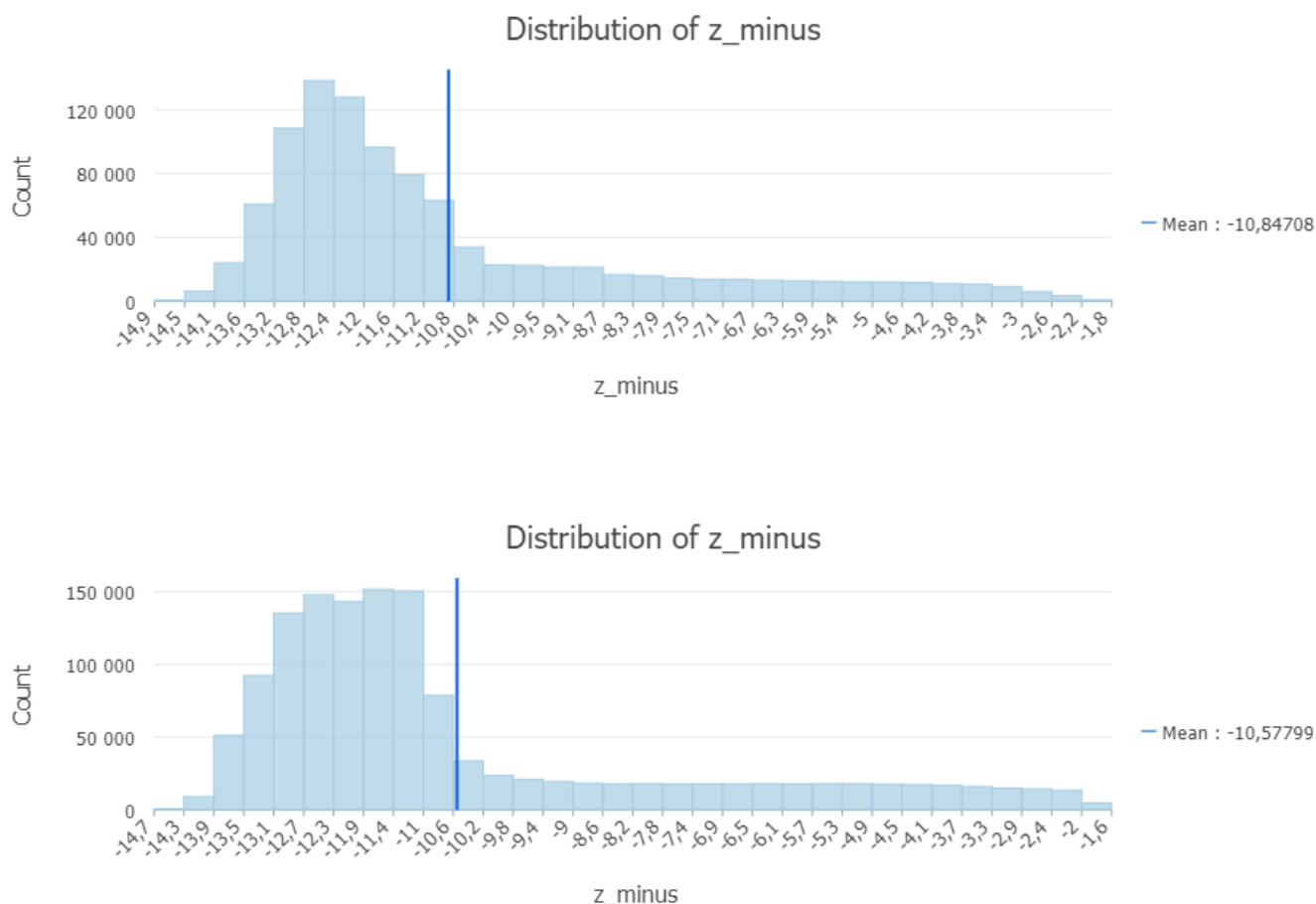
W tym artykule autorzy opowiedzą, jak wyglądały badania dna Kanału Piastowskiego, jakie dane i analizy wykorzystano oraz co udało się odkryć dzięki nowoczesnym narzędziom geoinformatycznym. Analiza zmian Kanału Piastowskiego stanowi doskonały przykład możliwości, jakie geoinformatyka oferuje w **zarządzaniu akwenami wodnymi** na całym świecie, a opracowane metody i wyniki analizy mogą być również **przykładem dla innych projektów** tego typu.

Po co mierzyć dno?

Kanał Piastowski to kluczowy element żeglugi pomiędzy portami Szczecina i Świnoujścia. Jego utrzymanie w odpowiednim stanie jest niezbędne, aby zapewnić **sprawny i bezpieczny ruch statków**. Problem w tym, że dno regularnie się zamula, przez co głębokość kanału nieustannie się zmienia. Aby skutecznie zarządzać torami wodnymi, potrzebujemy **dokładnych pomiarów i analiz**, które wskażą, gdzie konieczne są prace pogłębiarskie.

Jak przebiega badanie dna?

Do analizy dna wykorzystano **dane hydrograficzne z lat 2014 i 2018** pozyskane z Urzędu Morskiego w Szczecinie dla celów badawczych i dydaktycznych. Zostały one zebrane przez echosondę wielowiązkową, czyli urządzenie, które mierzy głębokość poprzez wysyłanie i odbieranie sygnałów dźwiękowych. Dane te, w surowej postaci, przypominały nieuporządkowany plik tekstowy, dlatego pierwszym krokiem było ich opracowanie – od konwersji na wygodny format SHP, przez oczyszczanie i scalanie, aż po wycięcie obszaru samego kanału. Ważnym aspektem była również zmiana Z na $-Z$, co ma obrazować pomiar echosondą w stronę dna. Dzięki temu uzyskano kompletny zestaw danych, który pozwolił na przeprowadzenie analiz w środowisku ArcGIS Pro (ryc. 1).

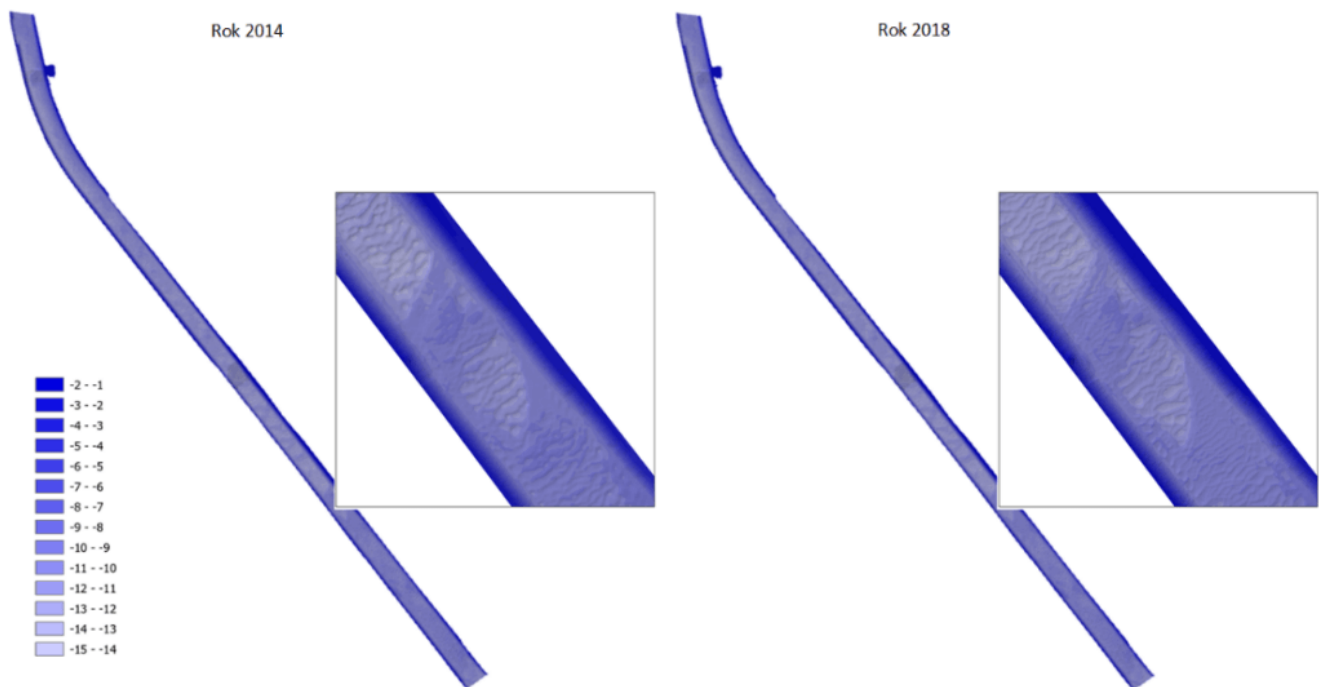


Ryc. 1. Wstępna analiza statystyk i histogramu dla głębokości.

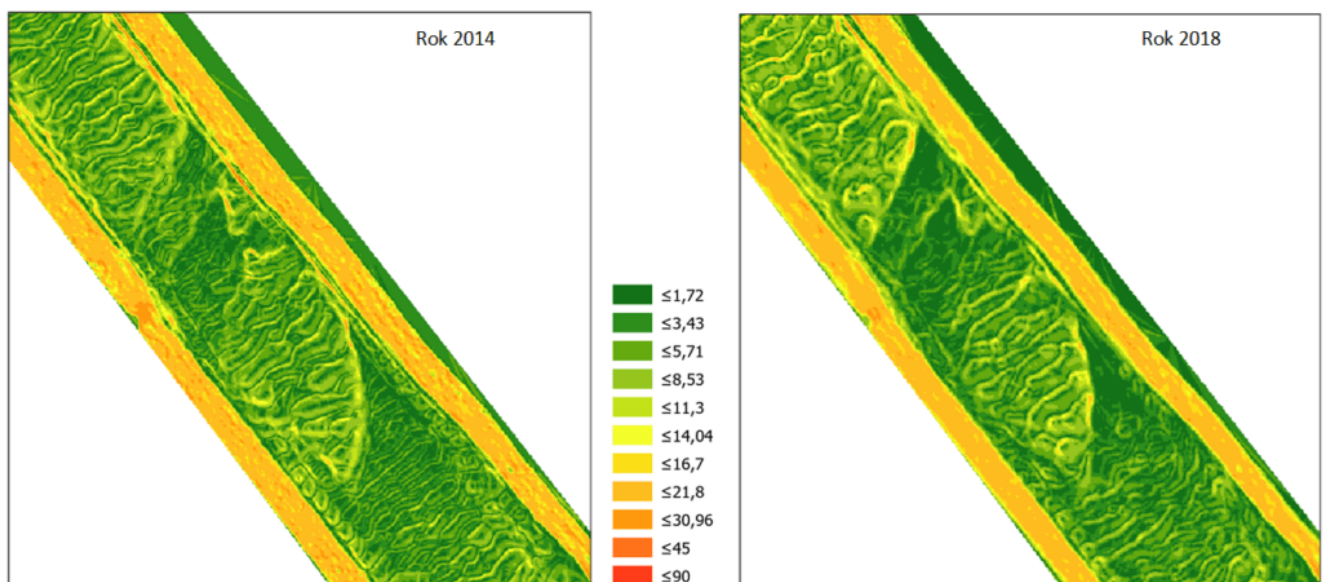
Na górze: dane z 2014 roku, na dole: dane z 2018 roku.

Zmiany dna na przestrzeni lat

Wyniki pokazały, że średnia głębokość dna w 2014 roku wynosiła -10,85 metra, a w 2018 roku -10,58 metra. Statystycznie to niewielkie wypłycenie, co sugeruje, że regularne pogłębianie kanału skutecznie zapobiega większym zmianom. Analizując przedstawione wartości należy pamiętać, że pomiary obejmowały cały Kanał Piastowski, a nie tylko tor wodny, a więc uwzględniają też niewielkie głębokości przy brzegu. Narzędzia geoinformatyczne pozwalają przeprowadzać dodatkowe analizy. Przykładem są **trójwymiarowe modele dna** (ryc. 2.), które pozwoliły dokładnie przeanalizować jego strukturę oraz **mapy nachyleń** (ryc. 3.), które prezentują, gdzie dno jest bardziej strome, co może wskazywać na intensywniejsze procesy erozji lub zamulania. Kolejne wykonane opracowania to **mapy cieniowania** (ryc. 4) dla badanej powierzchni dna (*Hillshade*) oraz **mapy z wygenerowanymi izobatami**, czyli liniami łączącymi punkty o tej samej głębokości (ryc. 5). Umożliwiły one lepsze **zrozumienie struktury dna** w formie wizualnej oraz układu dna i głębokości na danym obszarze.



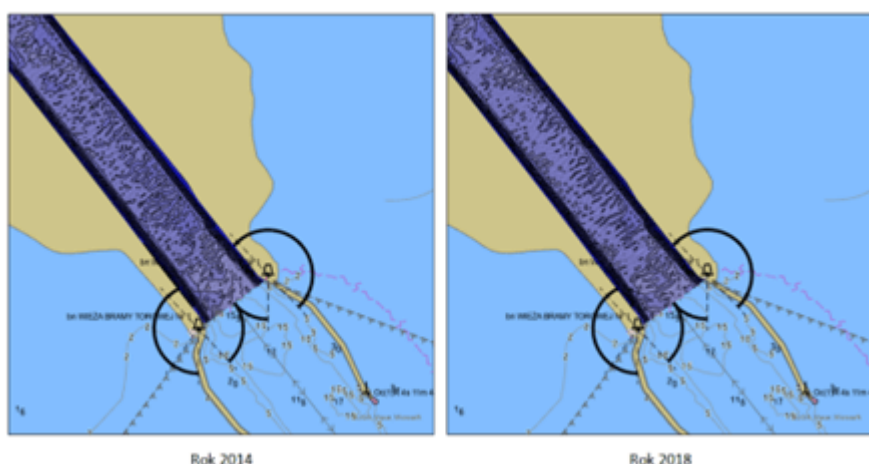
Ryc. 2. Dla danych z poszczególnych lat stworzono trójwymiarowe modele powierzchni dna w postaci TIN (Triangulated Irregular Network). Jest to model, który pozwala na dokładne **odwzorowanie powierzchni dna**, uwzględniając wszystkie istotne punkty pomiarowe. Model TIN umożliwia szczegółowe analizy przestrzenne, takie jak **identyfikacja zmian** w strukturze dna.



Ryc. 3. Mapy nachyleń dna (Slope) ukazują **zmiany stromizny** w analizowanym obszarze. Analiza nachyleń może być użyteczna w **identyfikacji miejsc** narażonych na intensywniejsze procesy erozji czy zamulania.



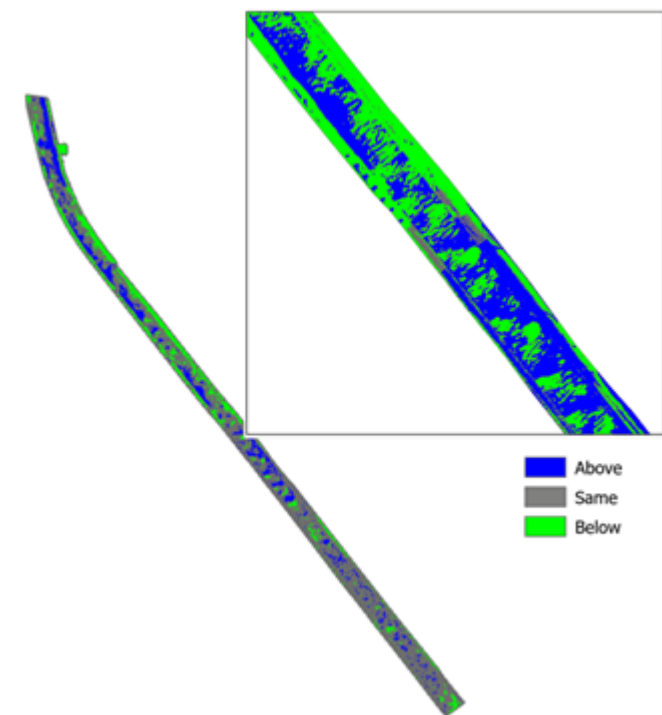
Ryc. 4. Mapa cieniowana pozwala lepiej zrozumieć strukturę dna w formie wizualnej. Na przykładowym obszarze cieniowania szczególnie dobrze widoczny jest pomost po zachodniej stronie kanału, co pokazuje potencjał tej metody w **detekcji obiektów na dnie**.



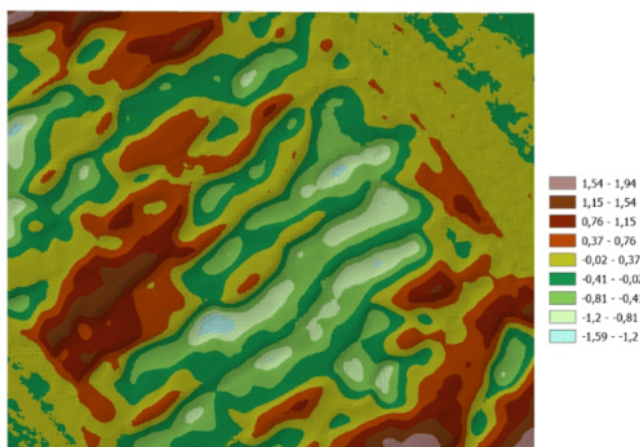
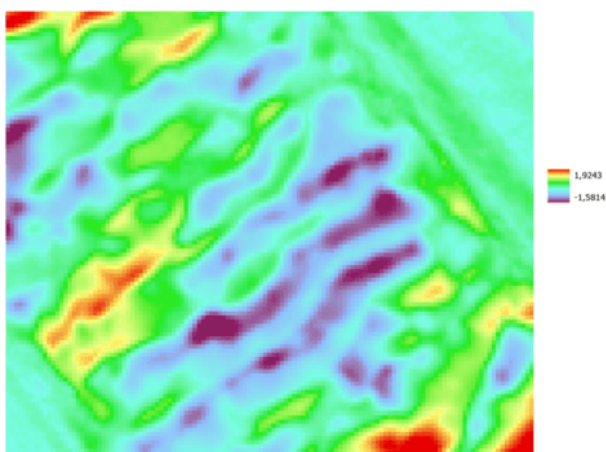
Ryc. 5. Izobaty są kluczowym elementem wizualizacji hydrograficznej, umożliwiającym szybkie zrozumienie układu dna i głębokości na danym obszarze, a także typowym elementem stosowanym na mapach nawigacyjnych. W 2018 roku widać było mniejszą zmienność w środkowej części kanału, co wskazuje na stabilizację.

Obliczono także objętość wody w kanale. W 2014 roku wynosiła ona ponad 13,5 miliona m³, a w 2018 roku nieco mniej – ok. 13,4 miliona m³, co potwierdza, że w skali całego kanału nastąpiło lekkie wypłycenie. Za pomocą narzędzia „Surface Difference” określono obszary, gdzie doszło do obniżenia (Below), podwyższenia (Above) lub braku zmian w dnie (Same) (ryc. 6). Wygenerowano także wyniki w postaci modelu

rastrowego oraz modelu TIN. W celu porównania wyodrębniono fragment obszaru dna, ukazujący szczegółowe zmiany jego powierzchni (ryc. 7).

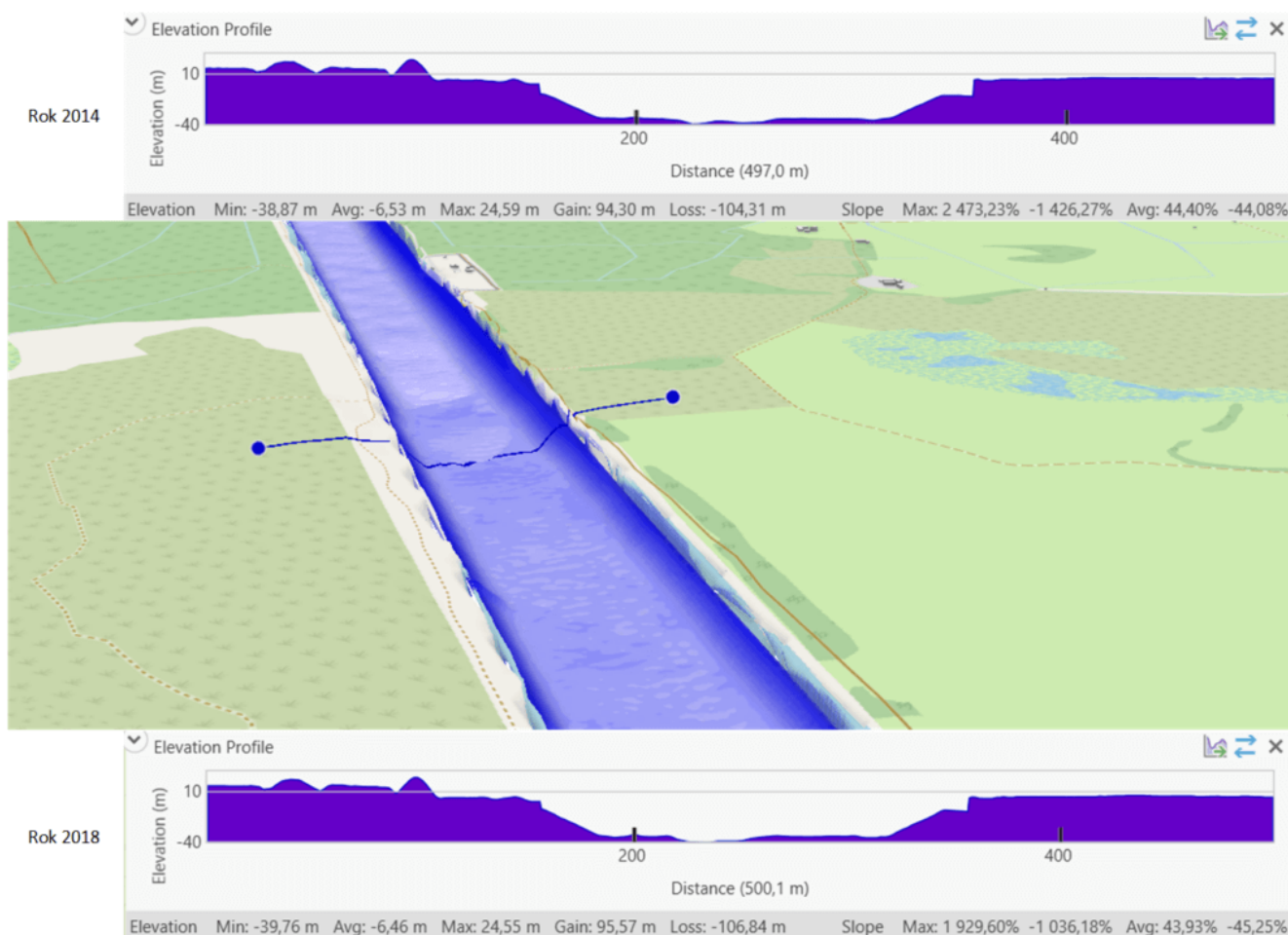


Ryc. 6. Większość zmian dotyczyła stref przybrzeżnych, podczas gdy w obszarze samego toru wodnego w większości nastąpiło spłytenie.



Ryc. 7. Dzięki narzędziu Surface Difference możliwe jest szczegółowe porównanie zarówno wybranych odcinków, jak i całości modelu.

Do analizy lokalnych różnic zastosowano narzędzie *Elevation Profiles*. Z jego pomocą opracowano w wybranych lokalizacjach **przekroje poprzeczne** (ryc. 8). Ilustrują one zmiany głębokości dna i stanowią ważne narzędzie analizy szczegółowej, zwłaszcza w kontekście lokalnych zmian w strukturze dna.



Ryc. 8. W powyższym przykładzie widać, że w miejscu, gdzie wygenerowano profil, nastąpiło niewielkie pogłębienie i wygładzenie dna na torze wodnym.

Co wynika z analiz?

W artykule przedstawiono przegląd narzędzi z pakietu ArcGIS w aspekcie ich wykorzystania do **analizy zmienności dna na obszarach wodnych**. Przedstawienie wielu narzędzi miało w

istocie pokazać różne spojrzenie na to zagadnienie. Każde narzędzie ma bowiem swoją specyfikę i może być wykorzystane w różnym celu.

Analiza przeprowadzona z wykorzystaniem narzędzi GIS jasno pokazuje, jak duże możliwości oferuje ta technologia w kontekście **zarządzania torami wodnymi**. Dzięki zaawansowanym funkcjom analizy przestrzennej, precyzyjnego modelowania oraz wizualizacji możliwe jest nie tylko skuteczne **monitorowanie stanu dna**, ale również **planowanie i optymalizacja** jego prac utrzymaniowych. Uzyskane wyniki potwierdzają również, że Kanał Piastowski jest utrzymywany w odpowiedniej kondycji, a procesy takie jak zamulanie są regularnie kontrolowane i eliminowany jest ich wpływ na głębokość toru wodnego. Zastosowanie narzędzi geoinformacyjnych, takich jak ArcGIS Pro, stanowi kluczowy element w utrzymaniu **bezpieczeństwa żeglugi** oraz **efektywności infrastruktury wodnej**.