

JACEK KURNATOWSKI¹

MODELOWANIE PRZEPIŁYWÓW DOLNEJ ODRY W RÓŻNYCH WYSOKOŚCIOWYCH UKŁADACH ODNIESIENIA

Stosowane obecnie modele przepływów wód w sieci rzek i kanałów dolnej Odry (pomiędzy Widuchową i Trzebieżą) jako jeden z parametrów wprowadzają współczynnik szorstkości Manninga. Współczynnik ten jest przyjmowany jako wartość zunifikowana dla wszystkich koryt całego układu i identyfikowana w drodze kalibracji modelu przy określonych warunkach brzegowych, którymi są: globalny przepływ wody w sieci, stany wody w przekrojach wodowskazowych Trzebież i Widuchowa oraz parametry wiatru.

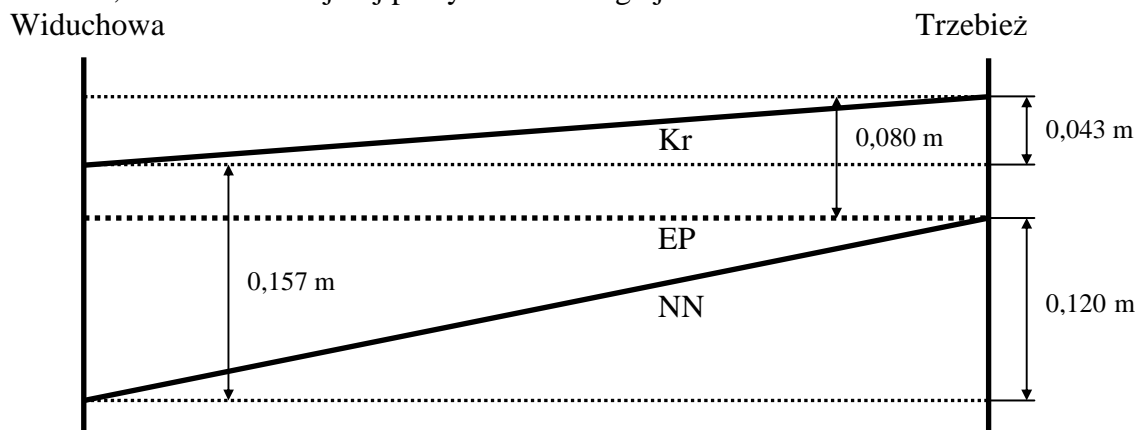
Zunifikowany współczynnik szorstkości, identyfikowany dla różnych zestawów rzeczywistych warunków brzegowych pozyskiwanych z wyników pomiarów prowadzonych w warunkach ruchu quasi-ustalonego, wykazuje dużą zmienność w zależności od przepływu (Kurnatowski 2004a). Przedział zmienności tego współczynnika zależy również od wysokościowego układu odniesienia, w którym określane są rzędne zwierciadła wody, a w konsekwencji także spadki podłużne. Wynika to z faktu, że powierzchnia odniesienia układu nie jest równoległa do rzeczywistego poziomu, jakim jest geoida, zatem spadki podłużne zwierciadła wody, uzyskiwane na podstawie obserwacji wodowskazowych przeliczanych na rzędne, są obciążone tą nierównoległością. W procesie identyfikacji współczynnika szorstkości błąd spadku podłużnego zwierciadła wody jest kompensowany odpowiednią zmianą spadku hydraulicznego i oporów ruchu, a w konsekwencji identyfikowanego parametru.

Przedstawione w pracy Kurnatowskiego (2004a) wyniki identyfikacji zunifikowanego współczynnika szorstkości prowadzonej dla 34 niezależnych przypadków ruchu quasi-ustalonego w układzie Kronsztad 86 (Kr) oraz, dla porównania, w nie obowiązującym obecnie układzie NN wykazują dużą zmienność wyznaczonej wartości, silnie skorelowanej z przepływem, przy czym układ Kr wykazuje mniejszy zakres zmienności szorstkości. Jest to wynikiem lepszego odwzorowania położenia geoidy przez powierzchnię odniesienia tego nowocześniejszego układu, czyli mniejszym błędem określania spadków podłużnych.

W pracy Kurnatowskiego (2004b) przedstawiono metodę wyznaczania nierównoległości powierzchni odniesienia układu w stosunku do geoidy na odcinku Widuchowa – Trzebież, bazującą na wynikach identyfikacji szorstkości sieci Odry dla różnych warunków brzegowych. W wyniku zastosowania tej metody otrzymano odchylenia powierzchni odniesienia układów względem geoidy wynoszące na odcinku Widuchowa – Trzebież o długości ok. 67 km dla układów NN i Kr odpowiednio 0,120 m i 0,043 m. Jednocześnie wyznaczono wartość szorstkości identyfikowanej w ekwipotencjalnym układzie wysokości, którego powierzchnię odniesienia stanowi geoida, jako niezależną od warunków brzegowych i wynoszącą 0,0201. Układ taki formalnie dotychczas nie istnieje

¹ Politechnika Szczecińska, Szczecin

w praktycznych zastosowaniach geodezyjnych i nie posiada żadnego normatywnego oznaczenia; dla celów niniejszej pracy oznaczono go jako EP.



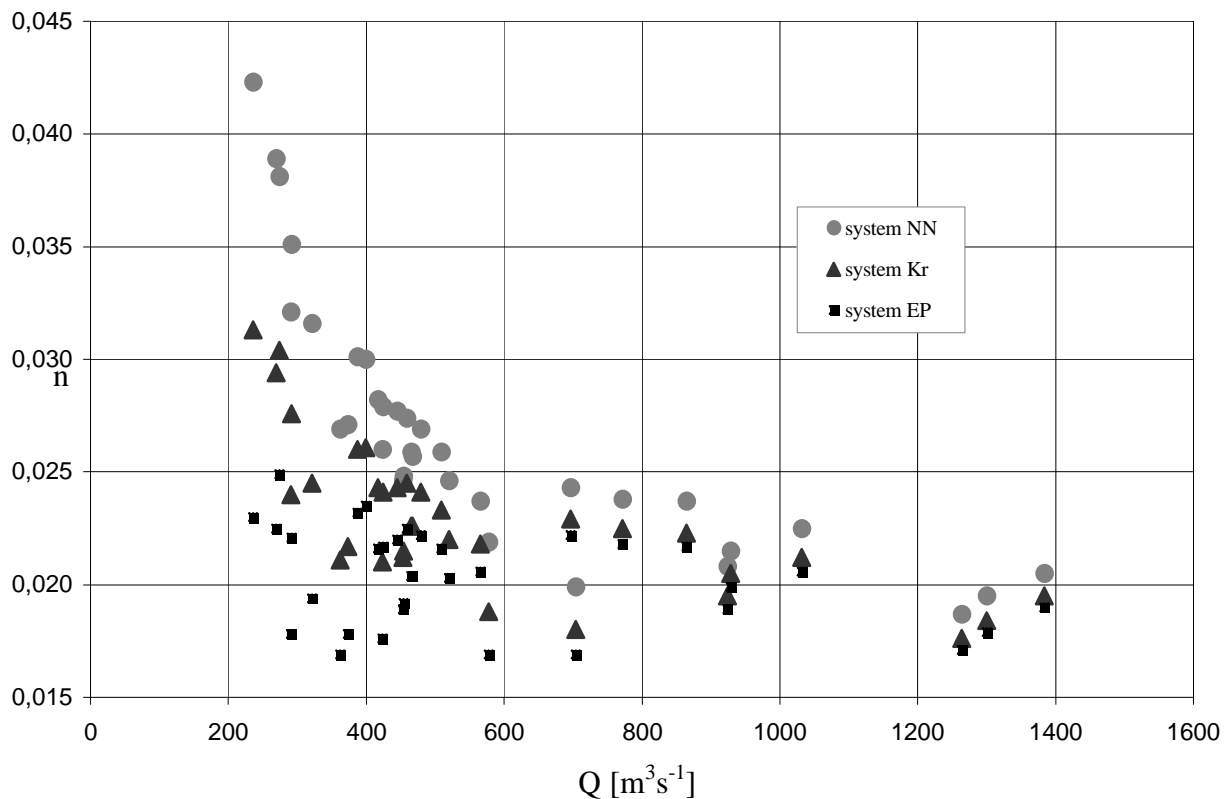
Rys. 1. Położenie powierzchni odniesienia w różnych układach na odcinku Widuchowa - Trzebież

Wzajemne położenie powierzchni odniesienia wszystkich powyższych układów wysokości przedstawiono schematycznie na rys. 1. Linie kropkowane stanowią przykłady zbioru linii ekwipotencjalnych. Należy zaznaczyć, że pionowe przesunięcie położenia geoidy względem powierzchni odniesienia któregośkolwiek z pozostałych układów nie jest możliwe do wyznaczenia przy użyciu cytowanej metody, zatem na przedstawionym schemacie geoidą może być którakolwiek z zaznaczonych linii ekwipotencjalnych lub linii do nich równoległych. Dla dalszej analizy przyjęto położenie powierzchni odniesienia układu EP jak na rysunku (linia kropkowana wytłuszczona) i w tym układzie wysokościowym przeprowadzono ponowną identyfikację szorstkości dla badanych 34 przypadków ruchu quasi-ustalonego. Wyniki identyfikacji zunifikowanej szorstkości sieci dolnej Odry „n” w funkcji przepływu globalnego w sieci „Q” we wszystkich trzech wysokościowych układach odniesienia (NN, Kr i EP) przedstawiono na rys. 2. Wyraźna jest redukcja rozpiętości przedziału zmienności szorstkości w układzie EP względem układu Kr, a zwłaszcza względem układu NN.

Wykazane nierównoległości powierzchni odniesienia (czyli „spadki własne” tych układów) w większości zastosowań technicznych nie mają żadnego praktycznego znaczenia. Przy ich wartościach rzędu $6 \cdot 10^{-7}$ - $2 \cdot 10^{-6}$ nie miałyby również żadnego znaczenia przy modelowaniu ruchu wód większości rzek. Są to jednak wielkości porównywalne ze spadkami zwierciadła wody w dolnej Odrze, zwłaszcza dla przepływów niskich, zatem nie mogą być pominięte w procesie modelowania, przynajmniej dopóki nie zostanie przeprowadzony dowód, że wybór układu odniesienia nie wpływa w znaczący sposób na wyniki modelowania, czyli że modelowane wartości przepływów na poszczególnych odcinkach nie będą zależeć od wyboru układu.

W celu zbadania ewentualnego wpływu nierównoległości powierzchni odniesienia układu na wyniki modelowania przepływów przeprowadzono symulację obejmującą zakres przepływów wody w sieci od $250 \text{ m}^3/\text{s}$ do $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ i wszystkie kierunki róży wiatrów w zakresie $0 - 5 \text{ m/s}$. Symulację prowadzono modelując warunki ruchu ustalonego w sieci dolnej Odry (rys. 3) dla 34 obserwowanych przypadków ruchu quasi-ustalonego w trzech wysokościowych układach odniesienia: NN, Kr i EP. Otrzymane wartości przepływów na poszczególnych odcinkach sieci dla układów NN i Kr porównano z wynikami dla układu EP i określono obwiednie względnych zmian. Otrzymane rezultaty przedstawia rys. 4, gdzie w odniesieniu do każdego odcinka sieci zaznaczono maksymalne względne różnice modelowanych przepływów pomiędzy układami EP i NN (schemat „a”) oraz pomiędzy

układami EP i Kr (schemat „b”). Dla zwiększenia czytelności rysunku pominięto większość odcinków Odry Wschodniej i Odry Zachodniej powyżej Skońnicy.



Rys. 2. Identyfikowane szorstkości dolnej Odry w różnych układach odniesienia

Analiza otrzymanych wyników wykazuje istnienie znacznych różnic pomiędzy wartościami przepływów na poszczególnych odcinkach sieci przy zastosowaniu różnych wysokościowych układów odniesienia. Szczególnie ostro różnice te zaznaczają się dla odcinków położonych w rejonie jeziora Dąbie (Odra Gryfia, Odra Czajcza, Przekop Mieleński, Parnica). Porównanie wyników dla układu EP z układem Kr zamiast układu NN poprawia sytuację w niewielkim stopniu, co jest dość zaskakujące, biorąc pod uwagę zdecydowanie (praktycznie trzykrotnie) lepszą zgodność powierzchni odniesienia układu Kr, niż układu NN, z geoidą. Należy również zauważyć duże podobieństwo otrzymanych wyników do wyników badań zmienności modelowanych przepływów przy zastosowaniu różnych metod określania oporów ruchu w korytach (Kurnatowski 2005). Skłania to ku przypuszczeniu, że wrażliwość poszczególnych odcinków wyrażająca się zmianami wartości przepływów na tych odcinkach przy działaniu czynników zakłócających modelowany rozdział przepływów w sieci dolnej Odry może nie zależeć od charakteru tych czynników, lecz stanowić immanentną cechę tych odcinków wynikającą z topologii oraz geometrii sieci.

Otrzymane wyniki potwierdzają tezę (Kurnatowski 2005) o konieczności przeprowadzenia szczegółowych terenowych badań wartości przepływów w poszczególnych korytach sieci dolnej Odry, co pozwoliłoby na dokładniejszą, niż dotychczasowa, identyfikację modeli dolnej Odry. Dodatkowo, oprócz osiągnięć w dziedzinie hydrauliki sieci rzecznych, można wówczas oczekiwać postępu w ustalaniu położenia geoidy, które to zagadnienie jest jednym z najbardziej interesujących i istotnych problemów geodezji wyższej.

Literatura

Kurnatowski J., Współczynniki szorstkości koryt dolnej Odry, Materiały konferencji „Regionalne problemy gospodarki wodnej i hydrotechniki”, Dziwnów, 28-30 maja 2004.

Kurnatowski J., Współczynniki szorstkości a położenie geoidy, Materiały konferencji „Regionalne problemy gospodarki wodnej i hydrotechniki”, Dziwnów, 28-30 maja 2004.

Kurnatowski J., Wpływ metody określania oporów ruchu na modelowanie rozptyłów w sieci dolnej Odry, Materiały konferencji „Regionalne problemy gospodarki wodnej i hydrotechniki”, Świnoujście, 3-5 czerwca 2005.

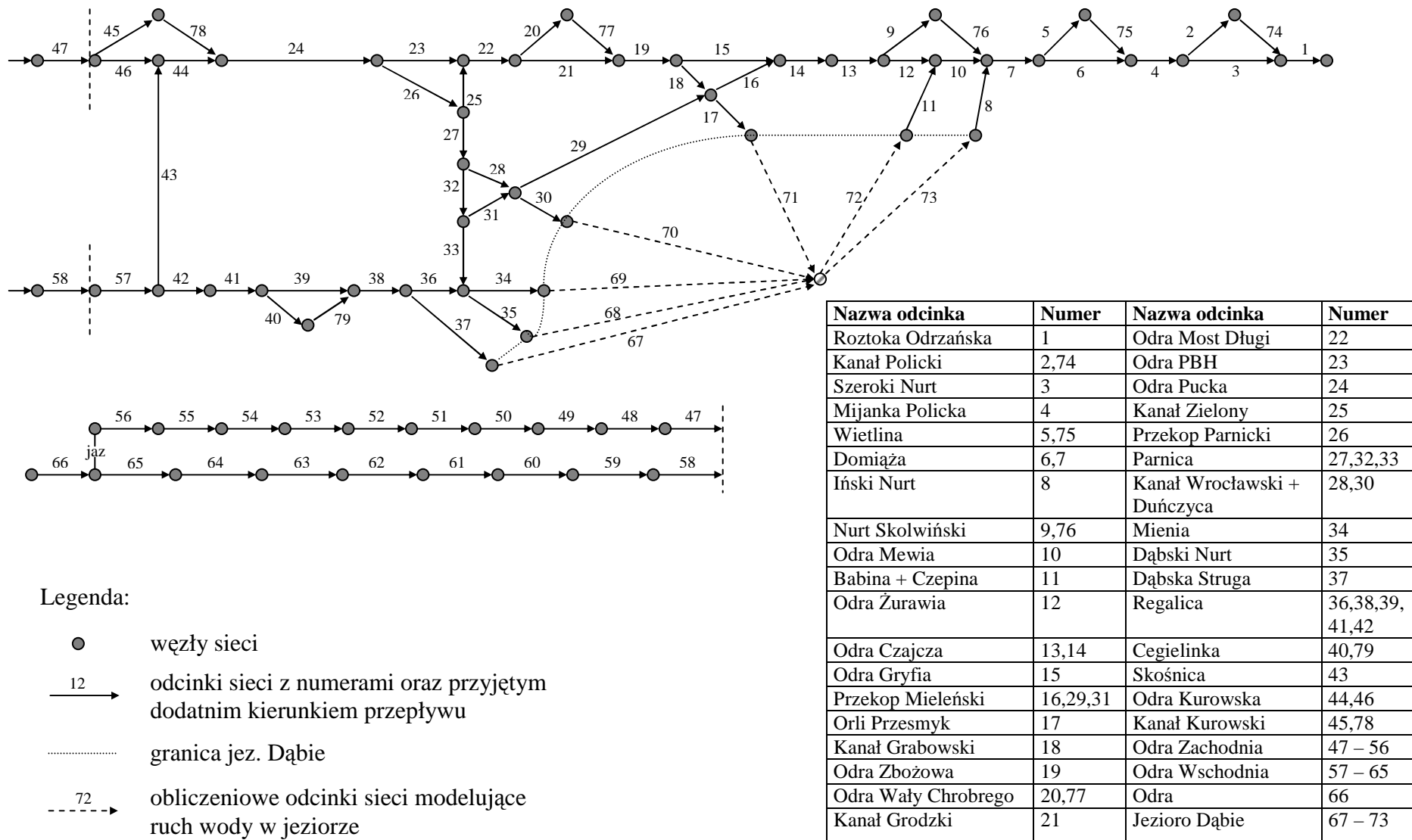
MODELING OF LOWER ODER FLOWS AT DIFFERENT VERTICAL REFERENCE SYSTEMS

Summary

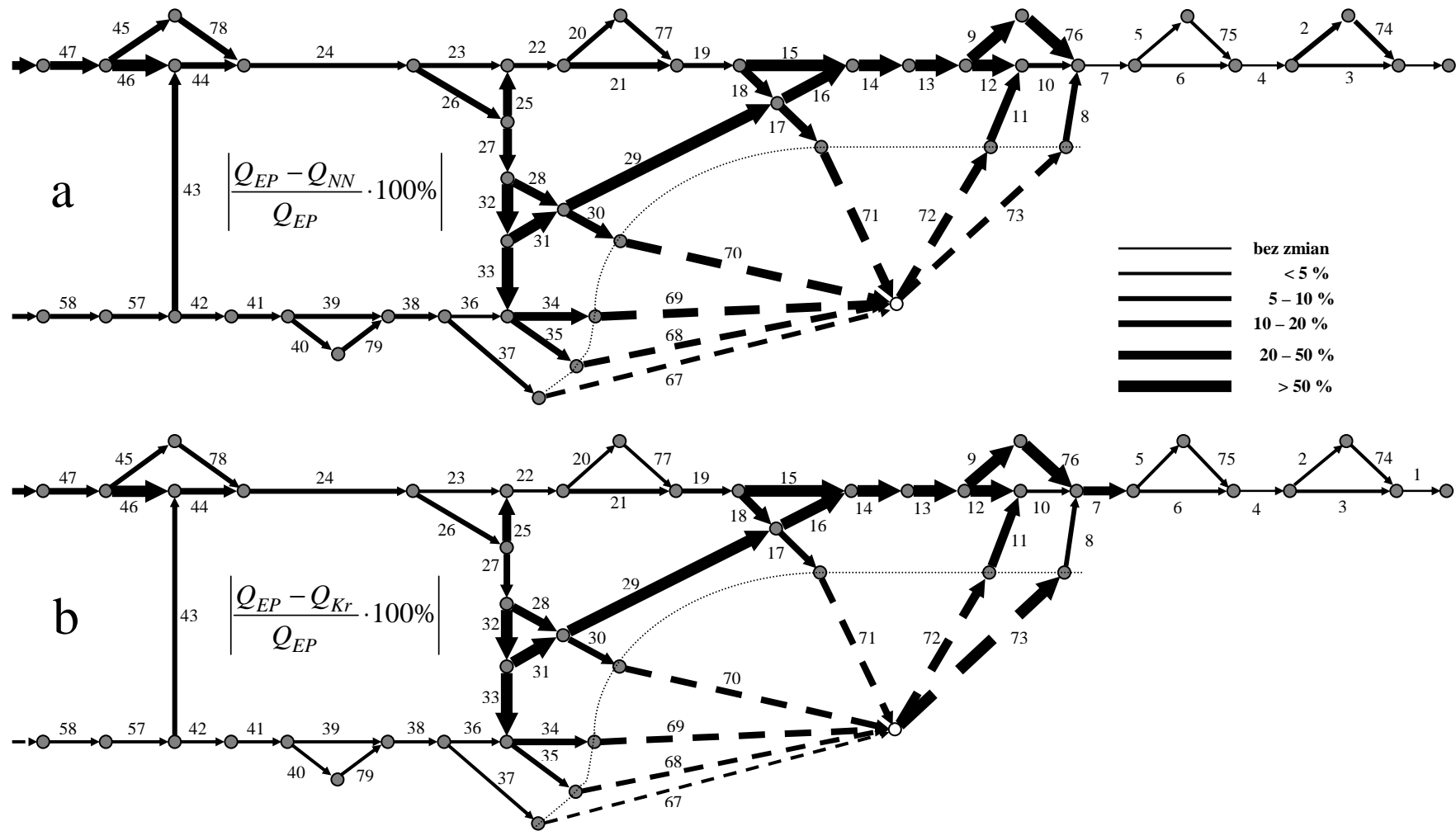
The Manning's roughness coefficient as an identified parameter of the flow models for lower Oder rivers and channels network varies in a wide range, what results from deflection of the datum for vertical reference systems NN and Kr being applied hitherto from geoid. It has been shown that the modeled flows in particular network reaches also depend on the applied vertical reference system.

Streszczenie

Współczynnik szorstkości Manninga, będący podlegającym identyfikacji parametrem modeli rozptyłów wód w sieci rzek i kanałów dolnej Odry, zmienia się w szerokim zakresie, co jest wynikiem nierównoległości powierzchni odniesienia stosowanych dotychczas układów wysokości NN i Kr względem geoidy. Wykazano, że modelowane wartości przepływów na poszczególnych odcinkach sieci są również uzależnione od przyjętego wysokościowego układu odniesienia.



Rys. 3. Hydrografia sieci rzecznej dolnej Odry (Kurnatowski 2005)



Rys. 4. Względne zmiany modelowanych przepływów w sieci dolnej Odry w wyniku zastosowania różnych układów odniesienia