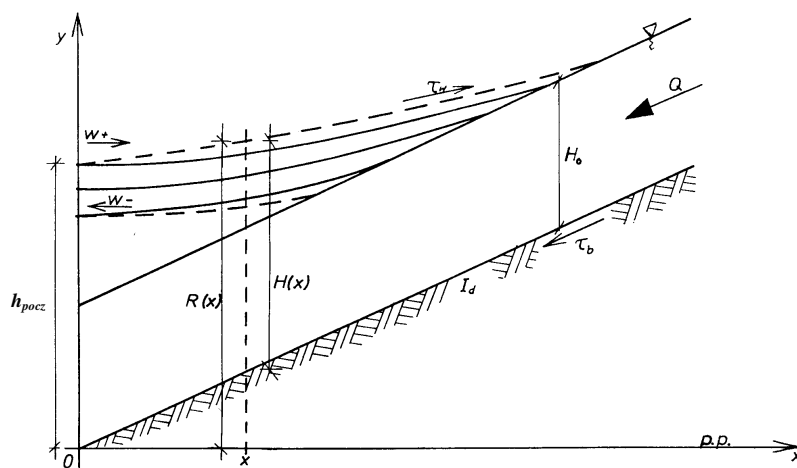


DOROTA LIBRONT¹

ANALIZA WPŁYWU WSPÓŁCZYNNIKA SZORSTKOŚCI NA WIATROWĄ KRZYWĄ SPIĘTRZENIA.

1. Wstęp

W ujściowych odcinkach rzek ze względu na niewielkie spadki zwierciadła wody obserwujemy zjawisko powstawania tzw. cofki wiatrowej (Buchholz, 1989). Wiatr oddziałuje w tych rejonach na płynącą wodę zarówno bezpośrednio jak i pośrednio poprzez zmianę poziomu wody w odbiorniku (rys. 1).



Rys.1 Schemat krzywej spiętrzenia dla wiatru zgodnego i przeciwnego przepływowi głównemu (Libront, 2001)

Przy analizie wpływu wiatru na ruch wody w korytach otwartych posługujemy się następującą zależnością:

$$\frac{dH}{dx} = -I_d \frac{1 - \frac{H_0^3}{H^3}}{1 - \frac{H_{kr}^3}{H^3}} - I_w^* \frac{\frac{H_0}{H}}{1 - \frac{H_{kr}^3}{H^3}} \quad (1)$$

gdzie:

H_0 - głębokość w ruchu jednostajnym odpowiadająca danemu przepływowi,

H_{kr} - głębokość krytyczna,

I_d - spadek podłużny,

I_w^* - spadek wywołany bezpośrednim działaniem wiatru oraz:

¹ Politechnika Szczecińska, Szczecin

$$H_{kr}^3 = \frac{\alpha \cdot q^2}{g}; \quad H_0^3 = \frac{q^3}{c^2 \cdot I_d}; \quad H_G^3 = \frac{q \cdot K_x}{g} \quad (2)$$

Współczynnik c najczęściej przyjmujemy wg Manninga:

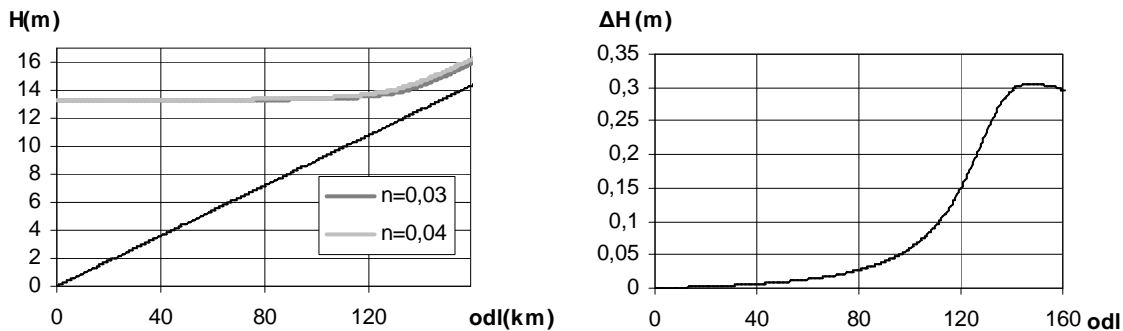
$$c = \frac{1}{n} \cdot R_h^{\frac{1}{6}} \quad (3)$$

2. Analiza współczynnika szorstkości

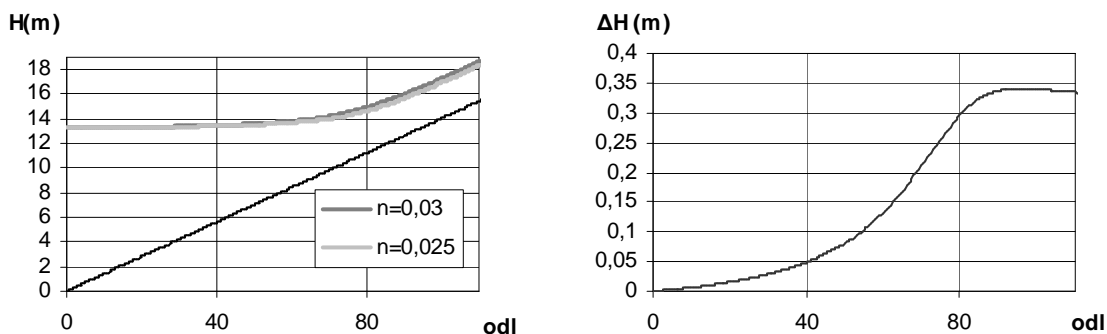
Program komputerowy oparty o równanie (1) pozwala na obliczanie krzywych spiętrzenia dla różnych parametrów i warunków brzegowych. Jednym z takich parametrów jest współczynnik szorstkości n .

Współczynnik szorstkości uzależnia się od rodzaju powierzchni dna i brzegów koryta. Jednak jego poprawna identyfikacja budzi wiele wątpliwości. Okazuje się, że dla dolnej Odry jego wartość może przyjmować wartości od $0,016 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ do $0,042 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ -zależnie od przepływu (Kurnatowski, 2004), a nie jak przyjmuje się najczęściej $0,03 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$.

Wartość współczynnika szorstkości ma zasadniczy wpływ na krzywą spiętrzenia bez wiatru, ze względu na bezpośredni związek z górnym warunkiem brzegowym H_0 , który zależy od przepływu Q . Jednak nie wpływa zasadniczo na jego zasięg (rys 2,3).



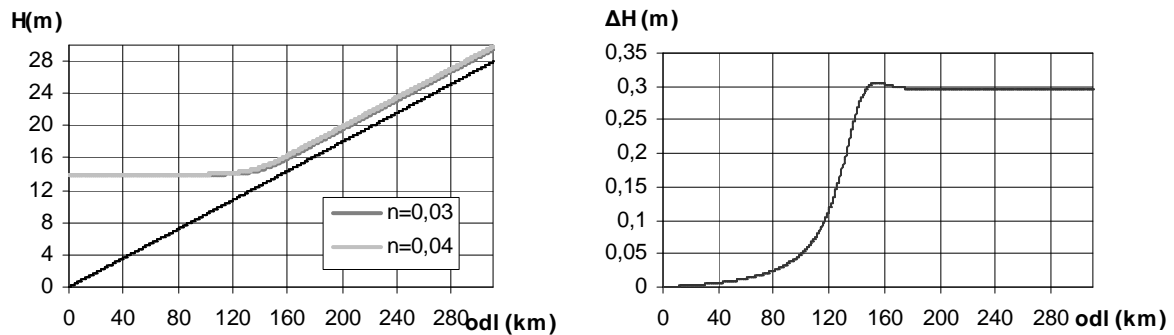
Rys. 2 Krzywe spiętrzenia dla $Q=134 \text{ m}^3/\text{s}$ i różnych współczynników szorstkości bez wiatru



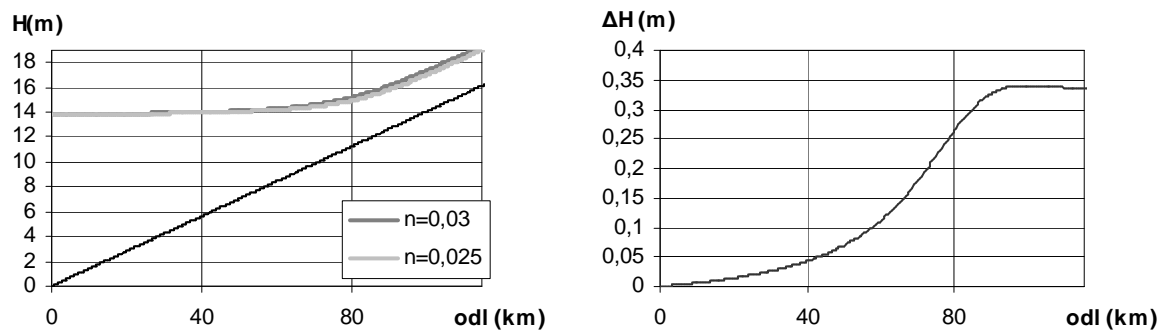
Rys. 3 Krzywe spiętrzenia dla $Q=547 \text{ m}^3/\text{s}$ i różnych współczynników szorstkości bez wiatru

Do analizy krzywych spiętrzenia z wiatrem przyjęto prędkość wiatru 10 m/s malejącą od ujścia wzdłuż biegu rzeki. Wpływ wiatru jest największy przy niskich przepływach dlatego przeanalizowano wpływ współczynnika szorstkości na krzywą spiętrzenia dla przepływu $134 \text{ m}^3/\text{s}$ (NNQ) i $547 \text{ m}^3/\text{s}$ (SSQ). Dla przepływu $134 \text{ m}^3/\text{s}$ współczynnik ten może wynosić max. do $0,04 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$, a dla przepływu $547 \text{ m}^3/\text{s}$ min. $0,025 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$. Porównano tak obliczone krzywe spiętrzenia z krzywymi obliczonymi dla współczynnika $n=0,03 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$. Podobnie jak

w sytuacji bez wiatru wyraźnie widać wpływ współczynnika szorstkości na górny warunek brzegowy, a tym samym na kształt krzywej spiętrzenia i nieznaczny wpływ na zasięg spiętrzenia (rys 4,5).

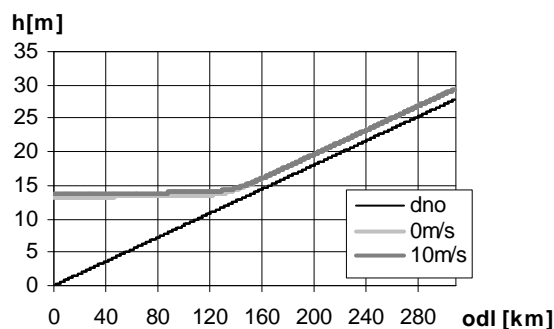


Rys. 4 Krzywe spiętrzenia dla $Q=134\text{m}^3/\text{s}$ i różnych współczynników szorstkości z wiatrem $+10\text{m/s}$ malejącym wzdłuż rzeki

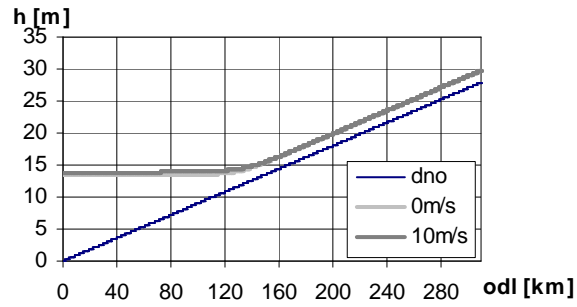


Rys. 5 Krzywe spiętrzenia dla $Q=547\text{m}^3/\text{s}$ i różnych współczynników szorstkości z wiatrem $+10\text{m/s}$ malejącym wzdłuż rzeki

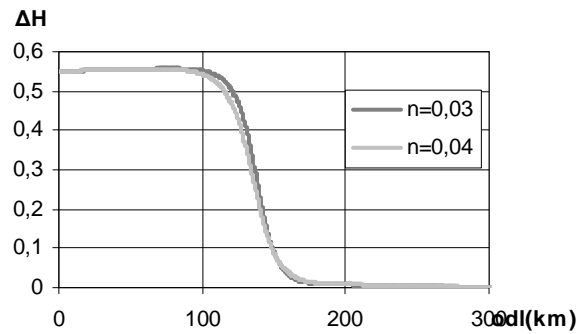
W kolejnych obliczeniach porównano krzywe spiętrzenia z wiatrem i bez wiatru. Okazuje się, że działanie wiatru powoduje taką samą zmianę krzywej spiętrzenia niezależnie od tego jaką wartość współczynnika szorstkości przyjmujemy (rys. 6, 7, 8, 9, 10, 11).



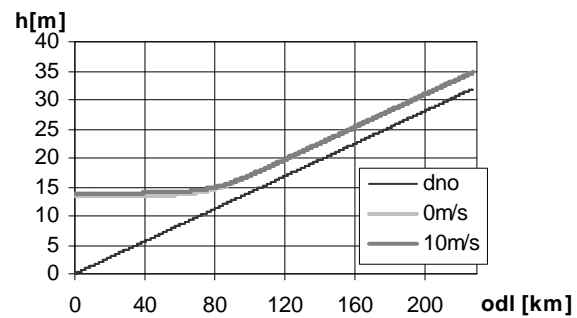
Rys. 6 Krzywe spiętrzenia z wiatrem i bez wiatru dla $Q=134\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,03\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$



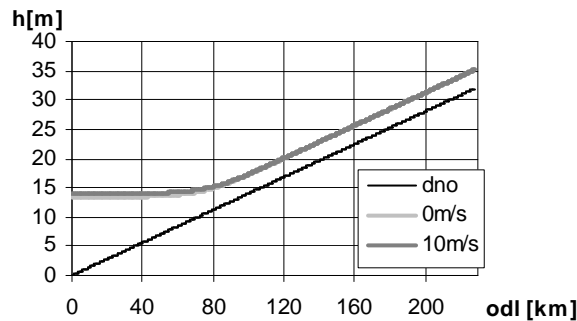
Rys. 7 Krzywe spiętrzenia z wiatrem i bez wiatru dla $Q=134\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,04\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$



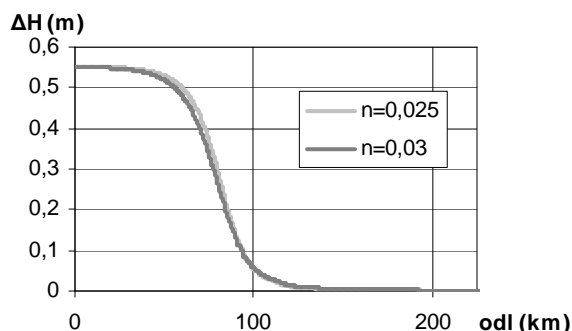
Rys. 8 Porównanie krzywych spiętrzenia z wiatrem i bez wiatru dla dwóch wartości współczynnika n i $Q=134\text{m}^3/\text{s}$



Rys. 9 Krzywe spiętrzenia z wiatrem i bez wiatru dla $Q=547\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,025\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$

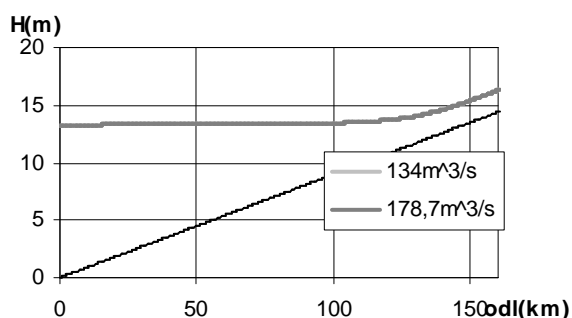


Rys. 10 Krzywe spiętrzenia z wiatrem i bez wiatru dla $Q=547\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,03\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$

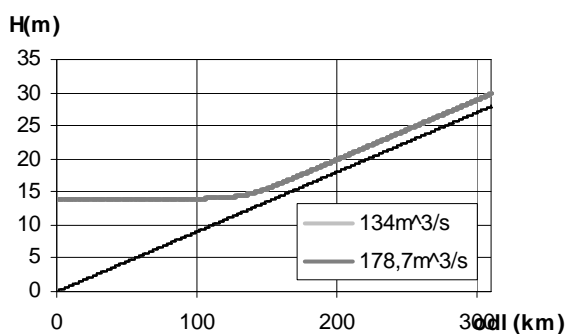


Rys 11 Porównanie krzywych spiętrzenia z wiatrem i bez wiatru dla dwóch wartości współczynnika n i $Q=547\text{m}^3/\text{s}$

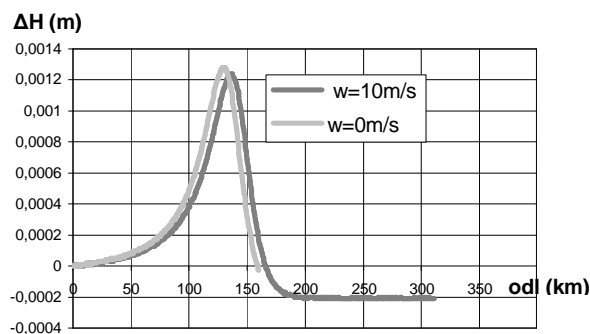
Za górny warunek brzegowy można również przyjąć poziom wody (głębokość) zamiast przepływu. Przy takim założeniu zmiana współczynnika szorstkości powoduje zmianę natężenia przepływu (oczywistym jest zależność odwrotnie proporcjonalna). Porównano tak obliczone krzywe spiętrzenia. Zarówno dla sytuacji z wiatrem (rys 12, 13, 14) jak i bez wiatru (rys. 15, 16, 17) krzywe spiętrzenia są prawie identyczne. Maksymalna różnica obliczonego położenia zwierciadła wody w odległości 130 km od ujścia nie przekracza 1,5 mm.



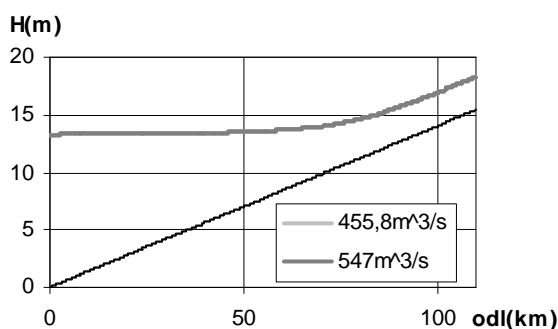
Rys 12 Krzywe spiętrzenia dla $Q=134\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,04$ oraz $Q=178,7\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,03$ bez wiatru



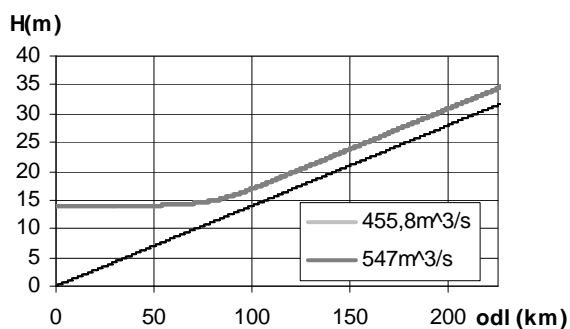
Rys 13 Krzywe spiętrzenia dla $Q=134\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,04$ oraz $Q=178,7\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,03$ z wiatrem



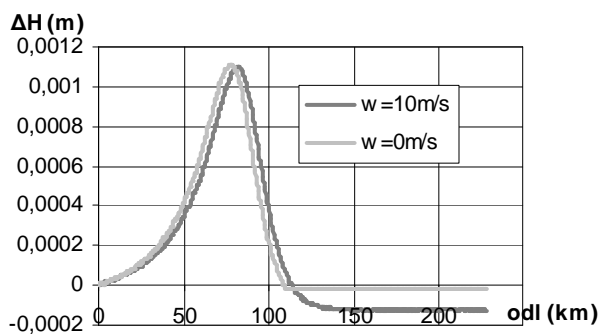
Rys 14 Porównanie krzywych spiętrzenia dla $Q=134\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,04$ oraz $Q=178,7\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,03$ bez wiatru i z wiatrem



Rys 15 Krzywe spiętrzenia dla $Q=455,8\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,03$ oraz $Q=547\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,025$ bez wiatru



Rys 16 Krzywe spiętrzenia dla $Q=455,8\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,03$ oraz $Q=547\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,025$ z wiatrem



Rys. 17 Porównanie krzywych spiętrzenia dla $Q=455,8\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,03$ oraz $Q=547\text{m}^3/\text{s}$ i $n=0,025$ bez wiatru i z wiatrem

3. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i analizy krzywych spiętrzenia można stwierdzić, że ich kształt i zasięg nie zależy od przyjętego współczynnika szorstkości, a tylko od prawidłowo założonych warunków brzegowych. Należy przyjmować je jako poziomy wody (głębokości). Odrębnym natomiast zagadnieniem jest prawidłowe określenie natężenia przepływu.

Literatura

Buchholz W., Wpływ wiatru na przepływy w ujściach rzek., Wydawnictwo IM, 1989
Kurnatowski J., Współczynniki szorstkości koryt dolnej Odry, Regionalne problemy gospodarki wodnej i hydrotechniki., Szczecin –Dziwnów 2004;
Libront D., Modelowanie przepływów wód dolnej Odry w warunkach działania wiatru., Inżynieria morska i geotechnika nr 5, Gdańsk 2001

ANALYSIS OF ROUGHNESS COEFFICIENT INFLUENCE WIND SWELLING CURVE

Summary

In the paper influence of roughness coefficients size and range of wind swelling curves was presented basing on the lower Odra.

Streszczenie

W pracy przedstawiono wpływ współczynnika szorstkości na wielkość i zasięg spiętrzeń wiatrowych na przykładzie dolnej Odry.