



Biuro Prognoz Hydrologicznych w Krakowie

Sekcja dokumentacji hydrologicznej w Krakowie

Obliczenie przepływów maksymalnych o prawdopodobieństwie przewyższenia 0,5% i 1% oraz odpowiadających im rzędnych zwierciadła wody dla Sanu w profilu niekontrolowanym w m. Chyrzyna

Wykonawcy:

zagadnienia hydrologiczne:

mgr Marta Cygan

zagadnienia modelowania:

mgr inż. Małgorzata Maczuga

Kierownik
Biura Prognoz Hydrologicznych
w Krakowie

Kierownik
Biura Prognoz Hydrologicznych

mgr Agnieszka Malota

mgr Agnieszka Malota

Kierownik
Centrum Modelowania
Powodzi i Suszy

W Krakowie

Kierownik Centrum Modelowania
Powodzi i Suszy w Krakowie

mgr inż. Jadwiga Niedbała

Dyrektor
IMGW PIB Oddział w Krakowie

Dyrektor Oddziału

mgr Jan Sadoń

Sierpień 2014

Spis treści:

| | |
|--|-----------|
| 1. Podstawa opracowania | 3 |
| 2. Materiały wejściowe | 3 |
| 3. Zakres prac kameralnych | 3 |
| 4. Charakterystyka hydrograficzna zlewni Sanu pomiędzy Dynowem a Przemysłem | 4 |
| 5. Charakterystyka stacji wodowskazowych | 5 |
| 6. Obliczenie przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia | 6 |
| 7. Wyznaczenie rzędnych odpowiadających maksymalnym przepływowom o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% i 0,5% na rzece San w przekroju obliczeniowym wskazanym przez Zleceniodawcę w miejscowości Chyrzyna | 7 |
| 8. Literatura | 10 |

- Zamawiający po otrzymaniu danych nie ma prawa do dalszej ich redystrybucji, powielania, odstępowania i odsprzedaży,
- rozpowszechnianie i wykorzystanie danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowego Instytutu Badawczego możliwe jest wyłącznie do celów określonych w zleceniu otrzymanym przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy,
- w przypadku, kiedy Zamawiający zamierza wykorzystać otrzymane dane do realizacji kolejnej pracy, musi ponownie złożyć zlecenie do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowego Instytutu Badawczego,
- wykorzystujący udostępnione dane zobowiązany jest do zamieszczenia we własnym opracowaniu klauzuli: „Dane pochodzą ze zbiorów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowego Instytutu Badawczego”.

1. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania „Obliczenie przepływów maksymalnych o prawdopodobieństwie przewyższenia 0,5% i 1% oraz odpowiadających im rzędnych zwierciadła wody dla Sanu w profilu niekontrolowanym w m. Chyrzyna” było zlecenie Firmy Projektowej Wanecki Sp. z o.o. z Gliwic. Obliczone wartości wykorzystane zostaną do celów projektowych w zadaniu pn. „Trasy rowerowe w Polsce Wschodniej”- woj. Podkarpackie - obiekt 88.2 – Inwestor: Podkarpacki Zarząd Dróg Wojewódzkich ul. T. Boya Żeleńskiego 19 a, 35-105 Rzeszów.

2. Materiały wejściowe

Danymi wejściowymi zebranymi dla potrzeb realizacji zadania były materiały zgromadzone w zasobach archiwalnych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowego Instytutu Badawczego, Oddziału w Krakowie oraz szkic sytuacyjny z naniesionym przekrojem obliczeniowym w m. Chyrzyna dostarczony przez Zleceniodawcę.

3. Zakres prac kameralnych

Zakres prac kameralnych dla Sanu w profilu niekontrolowanym w m. Chyrzyna obejmował:

- obliczenie przepływów maksymalnych o prawdopodobieństwie przewyższenia 0,5% i 1%,
- obliczenie rzędnych zwierciadła wody dla w/w przepływów z wykorzystaniem modelu hydrodynamicznego.



Przekrój obliczeniowy na rzece San wyznaczony przez Zleceniodawcę położony jest powyżej ujścia potoku Chyrzynka (prawy) i Kamionki (lewy). Usytuowany jest pomiędzy wodowskazami Dynów (kilometr 234+900) [1] i Przemysł (kilometr 165+900) posiadającymi długie ciągi obserwacyjne przepływów.

4. Charakterystyka hydrograficzna zlewni Sanu pomiędzy Dynowem a Przemysłem

San jest ostatnim karpackim dopływem Wisły i jednocześnie największym z nich. Jego długość wynosi 443,1 km [1], a powierzchnia zlewni równa się 16 876,95 km² [4]. Bieg Sanu można podzielić na 3 odcinki [6]:

- bieg górny – od źródeł po cofkę zbiornika w Solinie o długości 92 km i średnim spadku 4,6 ‰,
- bieg środkowy od cofki zbiornika w Solinie po ujście Wiaru o długości 192 km i średnim spadku 1,2 ‰,
- bieg dolny od ujścia Wiaru po ujście Sanu do Wisły o długości 160 km i średnim spadku 0,34 ‰.

San wypływa w Bieszczadach Zachodnich na stokach Piniaszkowego na wysokości 843 m n.p.m. w pobliżu przełęczy Użok [6]. Na długości 55,2 km jest rzeką graniczną.

W rzeźbie terenu zlewni Sanu pomiędzy Dynowem a Przemysłem zaznaczają się przede wszystkim pogórza z szerokimi, spłaszczonymi garbami oraz płaskie dna dolin i niższe terasy [3]. Na budowę geologiczną składają się margle, wapienie, piaskowce, łupki i zlepieńce, w dolinach rzek mady, piaski i żwir rzeczne.

W tej części zlewni Sanu występują gleby płowe, gleby brunatne kwaśne i gleby brunatne wyługowane wytworzone z niewęglanowych zwietrzelin skał osadowych o średnim i ciężkim składzie mechanicznym lub z pyłów, glin i iłków oraz gleby płowe, gleby brunatne wyługowane, gleby odgórnie oglejone [3] wytworzone z piasków gliniastych i pyłów. W dolinach znajdują się niewielkie ilości madów o różnej przepuszczalności.

Rozpatrywany obszar leży na granicy regionu klimatu kotlin podgórskich oraz regionu klimatu pogórza karpackiego (piętro umiarkowanie ciepłe) [2]. Średnia roczna suma opadów dla tej części zlewni Sanu wynosi od 600 do 800 mm. Przeważają opady okresu letniego, z sumą opadów w granicy od 400 do 550 mm, nad opadami okresu zimowego z sumą opadów w granicy 200÷300 mm. Opady stałe stanowią około 16 % ogólnej sumy rocznej opadów. Średnia roczna temperatura powietrza tego regionu wynosi około 7,5 °C [3].

5. Charakterystyka stacji wodowskazowych

Stacja wodowskazowa **Dynów** zlokalizowana jest w dorzeczu Wisły [5], w 234+900 [1] kilometrze rzeki San i zamyka zlewnię o powierzchni 2944,51 km² [4]. Rzędna zera wodowskazu ma wartość 234,848 m n.p.m. w układzie Kronsztadt.

Wodowskaz usytuowany jest w wolnym profilu, na prawym brzegu Sanu. Składa się z czterech łat wodowskazowych o łącznym zakresie 80÷690 cm. Obecnie stacja wyposażona jest w czujnik telemetryczny rejestrujący stany wody.

Na przebieg obserwacji i pomiarów w profilu ma wpływ gospodarka wodna na zbiornikach Solina - Myczkowce.

Stacja wodowskazowa **Przemyśl** zlokalizowana jest w dorzeczu Wisły [5], w 165+900 kilometrze rzeki San [1]. Zamyka zlewnię o powierzchni 3688,76 km² [4]. Poziomą rzędną zera wodowskazu wynosi 190,547 m n.p.m. w układzie Kronsztadt.

Stacja znajduje się przy moście drogowym w centrum Przemyśla (most Orłat Przemyskich) na lewym brzegu rzeki. Składa się z pięciu łat wodowskazowych o łącznym zakresie od 80 do 1020 cm. Obecnie wyposażona jest w czujnik telemetryczny rejestrujący stany wody.

Na przebieg obserwacji i pomiarów w profilu ma wpływ gospodarka wodna na Zespole Elektrowni Wodnych Solina - Myczkowce.

6. Obliczenie przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia

6.1. Obliczenie przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w profilach wodowskazowych

Obliczenia przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla profili wodowskazowych Dynów i Przemyśl na Sanie wykonano na podstawie ciągów historycznych przepływów maksymalnych rocznych zestawionych dla tych przekrojów. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy dysponuje ciągami przepływów maksymalnych rocznych WQ dla profilu wodowskazowego Dynów z okresu 1961-2013, a dla profilu Przemyśl z okresu 1951-2013. Ilość elementów ciągów przepływów maksymalnych rocznych wynosi odpowiednio 53 i 63. W przypadku, gdy ilość elementów ciągu rozdzielczego przepływów maksymalnych przekracza 30 elementów, do obliczeń wielkich wód prawdopodobnych stosuje się metody statystyczne. Metoda ta, wykorzystuje wieloletnie dane pomiarowe i opiera się na założeniu, że maksymalne przepływy roczne podlegają określonemu rozkładowi prawdopodobieństwa, a parametry tego rozkładu szacuje się na podstawie próby losowej, czyli serii maksymalnych przepływów rocznych zaobserwowanych w przeszłości [7, 8, 9, 10, 11].

Na podstawie analizy danych stwierdzono, że ciągi maksymalnych przepływów rocznych uformowane na podstawie istniejących materiałów hydrologicznych stanowią ciągi jednorodne dla Sanu dla obydwóch stacji wodowskazowej z lat hydrologicznych 1969-2010. Do obliczeń, w przypadku Dynowa, wykorzystano rozkład logarytmiczno normalny, a w przypadku Przemyśla rozkład Pearsona III typu, które uznano za najbardziej wiarygodne spośród rozkładów niesprzecznych.

6.2. Obliczenie przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w profilu obliczeniowym

Wielkości przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla Sanu w przekroju w miejscowości Chyrzyna wskazanym przez

Zlecniodawcę obliczono metodą zmiany przepływów w funkcji wielkości powierzchni zlewni z profili wodowskazowych Dynów i Przemysł (metoda interpolacji) [7, 9, 10].

Wyniki obliczeń przepływów maksymalnych o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,5\%$ i 1% dla Sanu w profilu niekontrolowanym w miejscowości Chyrzyna przedstawiono w tabeli 1. W wymienionej tabeli podano również wartości $Q_{\max p\%}$ wraz ze średnimi błędami oszacowania dla górnej granicy przedziału ufności na poziomie $P_\alpha = 0,84$.

Tab. 1. Zestawienie przepływów maksymalnych o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,5\%$ i 1% dla Sanu w profilu niekontrolowanym w miejscowości Chyrzyna.

| Prawdopodobieństwo przewyższenia p [%] | Wartość przepływu $Q_{\max p}$ [m^3/s] | Przedział ufności górne ograniczenie $P_\alpha = 84\%$ [m^3/s] |
|--|--|--|
| 0,5 | 1870 | 1905 |
| 1 | 1640 | 2189 |

7. Wyznaczenie rzędnych odpowiadających maksymalnym przepływowom o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% i 0,5% na rzece San w przekroju obliczeniowym wskazanym przez Zlecniodawcę w miejscowości Chyrzyna

Podanie wartości rzędnych odpowiadających maksymalnym przepływowom o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% i 0,5% na rzece San w przekroju obliczeniowym było możliwe dzięki wykorzystaniu hydrodynamicznego (hydraulicznego) modelu transformacji przepływu w korycie i na terasach zalewowych rzeki San. Geometria koryt rzecznych i dolin zalewowych opisana została przekrojami poprzecznymi a istotne dla transformacji przepływu

współczynniki szorstkości oszacowane zostały na podstawie opisów wykonanych podczas pomiarów geodezyjnych przekrojów poprzecznych, map oraz zdjęć lotniczych.

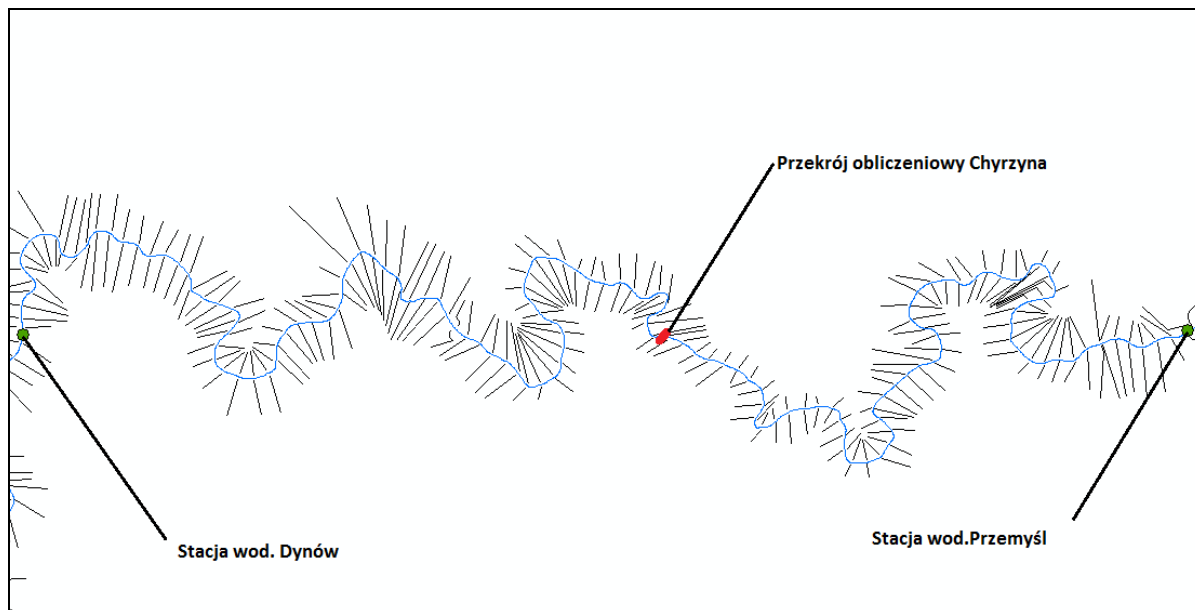
Przekrój obliczeniowy w miejscowości Chyrzyna leży pomiędzy dwoma sygnalizującymi stacjami wodowskazowymi, Dynów i Przemysł, co obrazuje rysunek 1, na którym umieszczono także wizualizację przekrojów dolinowych. Lokalizację przekroju obliczeniowego przedstawiono także na rysunku 2.

Dla uruchomienia modelu transformacji niezbędne jest wprowadzenie tzw. warunków brzegowych.

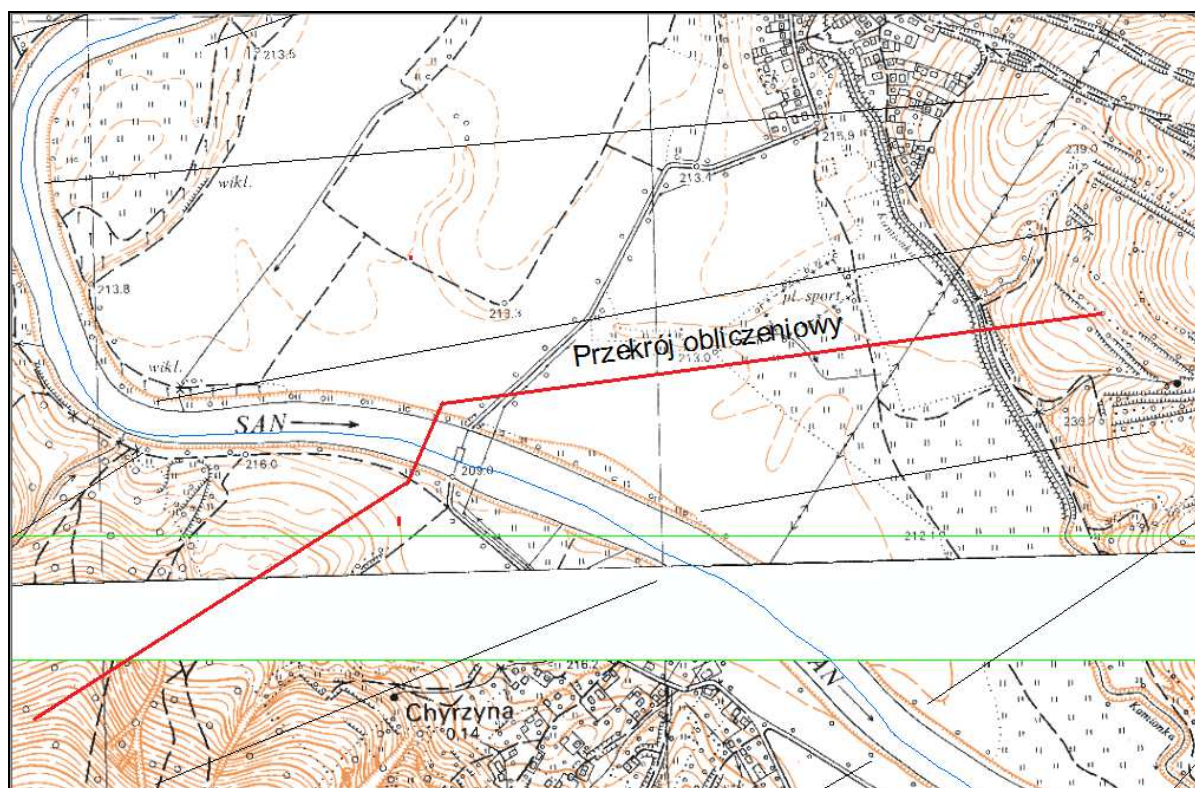
- górnym warunkiem brzegowym, wprowadzanym w profilu stacji wodowskazowej Dynów jest maksymalny przepływ o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia.
- dolnym warunkiem brzegowym w profilu stacji wodowskazowej Przemysł jest krzywa natężenia przepływu.

Mając warunki brzegowe oraz wspomniany wyżej model hydrauliczny Sanu określone zostały rzędne zwierciadła wody odpowiadające maksymalnym przepływom o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w przekroju obliczeniowym. Są to następujące wartości:

- Rzędna zwierciadła wody H dla $Q_{\max,p} 0,5\% = 216,00$ m n.p.m.;
- Rzędna zwierciadła wody H dla $Q_{\max,p} 1\% = 215,60$ m n.p.m.



Rys. 1. Lokalizacja przekroju obliczeniowego na rzece San pomiędzy przekrojami wodowskazowymi Dynów i Przemyśl wraz z przekrojami dolinowymi.



Rys. 2. Lokalizacja przekroju obliczeniowego na rzece San w miejscowości Chyrzyna – zbliżenie na mapie topograficznej.

8. Literatura

1. Praca zbiorowa, 1983. *Podział hydrograficzny Polski*, cz. I, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
2. Praca zbiorowa, 1991. *Dorzecze górnej Wisły*, Część I. PWN, Warszawa – Kraków.
3. Praca zbiorowa, 1987. *Atlas Hydrologiczny Polski*, tom 1, Wyd. Geolog., Warszawa.
4. Praca zbiorowa, 2005. *Atlas podziału hydrograficznego Polski*, cz. II, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa
5. Praca zbiorowa, 1972. *Wodowskazy na rzekach Polski*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa
6. Praca zbiorowa, 1990. *Uaktualnianie danych hydrologicznych dla projektu kompleksowej gospodarki wodnej w dorzeczu Raby, Dunajca, Sanu*. IMGW Oddział Kraków, Zakład Badań Regionalnych.
7. A. Byczkowski, 1996. *Hydrologia* t.II. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
8. Praca zbiorowa pod red. Stachy J., 1991: *Zasady obliczania maksymalnych rocznych przepływów rzek polskich o określonym prawdopodobieństwie pojawiania się*, IMGW, Warszawa, seria Instrukcje i podręczniki
9. Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., 1994. *Hydrologia stosowana*. PWN
10. Byczkowski A., 1999: *Hydrologia*, t. I, SGGW, Warszawa.
11. Byczkowski A., 1972: *Hydrologiczne podstawy projektowania budowli wodno – melioracyjnych*, PWRL, Warszawa.