

# ELEKTRONICZNY SYSTEM OSTRZEGANIA POWODZIOWEGO (ESOP)

## Raport Końcowy



**DHI Polska Sp. z o. o.**

**Lipiec 2014r.**



# ELEKTRONICZNY SYSTEM OSTRZEGANIA POWODZIOWEGO (ESOP)

## Raport Końcowy

Przygotowano dla: Starostwo Powiatowe w Tarnowie

Znak sprawy: ZP 272.9.2013



|                                              |                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kierownik projektu                           | Jan Spatka                                                                                                                                                                   |
| Zespół projektowy                            | Waldemar Mlaś, Łukasz Szuptarski, Marcin Kieżun, Paulina Lech-Surowiec, Marcela Svobodova, Aurelien Gasc, Stanislav Vanecek, Filip Krejci, Vladimir Shevchuk, Kristian Thage |
| Koordinator projektu ze strony Zamawiającego | Wiesław Gadziła, Starostwo Powiatowe w Tarnowie                                                                                                                              |

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| Numer Projektu | 388000973880009738800097 |
| Data           | Lipiec 2014              |
| Wersja         | Finalna                  |
| Klasyfikacja   | Z ograniczeniami         |





## Spis treści

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Spis treści .....                                                                                                              | 3  |
| Spis tabel .....                                                                                                               | 5  |
| Spis rysunków .....                                                                                                            | 6  |
| 1 Pomiary geodezyjne .....                                                                                                     | 9  |
| 1.1 Metodyka pomiaru oraz narzędzia wykorzystane do realizacji zadania. ....                                                   | 9  |
| 2 Budowa modelu hydrologicznego i hydraulicznego cieków w zlewni rzeki Biała Tarnowska .....                                   | 11 |
| 2.1 Charakterystyka obszaru zlewni.....                                                                                        | 11 |
| Biała Tarnowska .....                                                                                                          | 12 |
| Mostysza .....                                                                                                                 | 14 |
| Jasienianka.....                                                                                                               | 15 |
| Zborowianka .....                                                                                                              | 16 |
| Jastrzębianka .....                                                                                                            | 17 |
| Rzepianka.....                                                                                                                 | 18 |
| Szwedka .....                                                                                                                  | 19 |
| Wątok .....                                                                                                                    | 20 |
| 2.2 Metodyka obliczeń hydrologicznych.....                                                                                     | 22 |
| Obliczanie wartości przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie<br>przewyższenia w zlewniach kontrolowanych ..... | 22 |
| Obliczenie fal hipotetycznych w zlewniach niekontrolowanych – model hydrologiczny .....                                        | 26 |
| Opis bezwymiarowego hydrogramu jednostkowego .....                                                                             | 27 |
| Metodyka ustalenia parametrów modelu.....                                                                                      | 28 |
| Dane wejściowe przyjęte do modelowania hydrologicznego .....                                                                   | 29 |
| Parametr CN.....                                                                                                               | 35 |
| Czas opóźnienia – spadek zlewni i najdłuższe ścieżki spływu .....                                                              | 40 |
| Wyniki obliczeń hydrologicznych.....                                                                                           | 42 |
| Struktury modeli i wyniki obliczeń dla zlewni kontrolowanych.....                                                              | 42 |



|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Struktury modeli i wyniki obliczeń dla zlewni niekontrolowanych ..... | 45  |
| 2.3 Modelowanie hydrauliczne .....                                    | 61  |
| Opis narzędzia do modelowania hydraulicznego .....                    | 61  |
| Budowa modelu .....                                                   | 62  |
| Schematyzacja sieci rzecznej.....                                     | 63  |
| Przekroje poprzeczne .....                                            | 67  |
| Budowle inżynierskie .....                                            | 71  |
| Szorstkości .....                                                     | 76  |
| Ustalenie parametrów początkowych .....                               | 95  |
| Przyjęcie warunków brzegowych .....                                   | 95  |
| 2.4 Metodyka kalibracji i weryfikacji modelu.....                     | 103 |
| 3 Kalibracja i weryfikacja modelu hydraulicznego .....                | 107 |
| 4 Mapy zalewowe .....                                                 | 115 |
| 4.1 Ryzyko związane z niewłaściwą interpretacją map zalewowych .....  | 115 |
| 5 Opis działania systemu ESOP.....                                    | 117 |
| 5.1 Prognoza numeryczna pogody.....                                   | 117 |
| 5.2 Obliczenia modelowe w trakcie wezbrania powodziowego w 2014.....  | 118 |
| Wyniki wskazań modelu dla powodzi z maja 2014r. ....                  | 118 |
| 6 Główne elementy systemu ESOP .....                                  | 119 |
| 6.1 Moduł Operatora.....                                              | 119 |
| 6.2 Moduł Dyspozytora (Dashboard).....                                | 124 |
| 6.3 Serwis publiczny .....                                            | 128 |
| 7 Porównanie interfejsów użytkownika.....                             | 135 |
| 7.1 System dostępu publicznego .....                                  | 135 |
| 7.2 System Dashboard dla Dyspozytora .....                            | 135 |
| 7.3 System Operator Real-Time.....                                    | 135 |

## Spis tabel

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tab. 1. Przyporządkowanie rodzaju gleby do grup glebowych .....                                                                 | 35  |
| Tab. 2. Przyporządkowanie warstw CORINE LAND COVER (2006) do warstw SCS .....                                                   | 37  |
| Tab. 3. Wartości przepływów uzyskane w drodze interpolacji i ekstrapolacji w oparciu o dane wodowskazowe – Biała Tarnowska..... | 44  |
| Tab. 4. Wartości parametrów w modelu –Mostysza .....                                                                            | 46  |
| Tab. 5. Wyniki obliczeń – Mostysza .....                                                                                        | 46  |
| Tab. 6. Wartości parametrów w modelu – Jasienianka.....                                                                         | 48  |
| Tab. 7. Wyniki obliczeń – Jasienianka .....                                                                                     | 49  |
| Tab. 8. Wartości parametrów w modelu – Zborowianka .....                                                                        | 50  |
| Tab. 9. Wyniki obliczeń – Kakonianka wraz z Dopływem z Porąbki .....                                                            | 51  |
| Tab. 10. Wartości parametrów w modelu – Jastrzębianka .....                                                                     | 52  |
| Tab. 11. Wyniki obliczeń – Jastrzębianka .....                                                                                  | 53  |
| Tab. 12. Wartości parametrów w modelu – Rzepianka.....                                                                          | 54  |
| Tab. 13. Wartości parametrów w modelu – Szwedka .....                                                                           | 56  |
| Tab. 14. Wyniki obliczeń – Szwedka .....                                                                                        | 57  |
| Tab. 15. Wartości parametrów w modelu – Wątok .....                                                                             | 58  |
| Tab. 16. Wyniki obliczeń – Wątok .....                                                                                          | 59  |
| Tab. 17. Wykaz długości odcinków cieków zaimplementowanych do modelu hydraulicznego .....                                       | 67  |
| Tab. 18. Zestawienie ilości przekrojów poprzecznych w poszczególnych ciekach.....                                               | 67  |
| Tab. 19. Zestawienie ilości obiektów mostowych w poszczególnych ciekach .....                                                   | 72  |
| Tab. 20. Zestawienie ilości obiektów hydrotechnicznych w poszczególnych ciekach .....                                           | 74  |
| Tab. 21. Określenie wartości szorstkości – Biała (do wodowskazu Grybów) .....                                                   | 77  |
| Tab. 22. Określenie wartości szorstkości – Bieśnianka .....                                                                     | 85  |
| Tab. 23. Określenie wartości szorstkości – Jastrzębianka.....                                                                   | 86  |
| Tab. 24. Określenie wartości szorstkości – Rzepianka .....                                                                      | 87  |
| Tab. 25. Określenie wartości szorstkości – Szwedka .....                                                                        | 89  |
| Tab. 26. Określenie wartości szorstkości – Wątok.....                                                                           | 90  |
| Tab. 27. Określenie wartości szorstkości – Wojnarówka .....                                                                     | 93  |
| Tab. 28. Tabelaaryczne zestawienie wyników kalibracji dla rzeki Białej, wodowskaz Grybów .....                                  | 109 |



## Spis rysunków

|                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Rys. 1. Zlewnie Białej Tarnowskiej.....                                                                                                       | 13 |
| Rys. 2. Zlewnia Mostyszy.....                                                                                                                 | 14 |
| Rys. 4. Zlewnia Zborowianki.....                                                                                                              | 16 |
| Rys. 5. Zlewnia Jastrzębianki.....                                                                                                            | 17 |
| Rys. 6. Zlewnia Rzepianki.....                                                                                                                | 18 |
| Rys. 8. Zlewnia Wątku.....                                                                                                                    | 21 |
| Rys. 9. Metoda ekstrapolacji w górę biegu rzeki.....                                                                                          | 23 |
| Rys. 10. Metoda ekstrapolacji w dół biegu rzeki.....                                                                                          | 23 |
| Rys. 11. Metoda interpolacji.....                                                                                                             | 24 |
| Rys. 12. Biała Tarnowska z lokalizacją wodowskazów IMGW.....                                                                                  | 25 |
| Rys. 13. Rzeki niekontrolowane, dla których stworzono hydrogramy hipotetyczne.....                                                            | 26 |
| Rys. 15. Zlewnie niekontrolowane objęte opracowaniem.....                                                                                     | 30 |
| Rys. 16. Rozkład dobowy opadu wg DVWK dla zlewni Mostyszy.....                                                                                | 31 |
| Rys. 18. Rozkład dobowy opadu wg DVWK dla zlewni Zborawianki.....                                                                             | 32 |
| Rys. 19. Rozkład dobowy opadu wg DVWK dla zlewni Jastrzębianki.....                                                                           | 32 |
| Rys. 21. Rozkład dobowy opadu wg DVWK dla zlewni Szwedki.....                                                                                 | 33 |
| Rys. 23. Grupy gleb na obszarze zlewni Białej Tarnowskiej.....                                                                                | 36 |
| Rys. 24. Klasy użytkowania w zlewni Białej Tarnowskiej (wg CORINE 2006).....                                                                  | 39 |
| Rys. 25. Parametr CN, Biała Tarnowska.....                                                                                                    | 40 |
| Rys. 26. DTM pokrywający obszar Białej Tarnowskiej.....                                                                                       | 41 |
| Rys. 27. Struktura modelu dla zlewni Białej.....                                                                                              | 43 |
| Rys. 28. Struktura modelu hydrologicznego dla Mostyszy.....                                                                                   | 45 |
| Rys. 29. Struktura modelu hydrologicznego dla zlewni Jasienianki.....                                                                         | 48 |
| Rys. 30. Struktura modelu hydrologicznego dla Zborowianki.....                                                                                | 50 |
| Rys. 31. Struktura modelu hydrologicznego dla Jastrzębianki.....                                                                              | 52 |
| Rys. 32. Struktura modelu hydrologicznego dla zlewni Rzepianki.....                                                                           | 54 |
| Rys. 33. Struktura modelu hydrologicznego dla Szwedki.....                                                                                    | 56 |
| Rys. 34. Struktura modelu hydrologicznego dla Wątku.....                                                                                      | 58 |
| Rys. 35. Skorygowane na podstawie map topograficznych i ortofotomap oraz zdigitalizowane w oparciu o NMT odcinki cieków objętych analizą..... | 64 |
| Rys. 36. Odcinek rzeki Białej objęty modelowaniem zaimplementowany w modelu MIKE11.....                                                       | 65 |
| Rys. 37. Odcinki cieków objętych modelowaniem zaimplementowane w modelu MIKE11.....                                                           | 66 |
| Rys. 38. Lokalizacja geodezyjnych przekrojów poprzecznych.....                                                                                | 69 |
| Rys. 39. Przekrój dolinowy w km 9+680 rzeki Białej.....                                                                                       | 70 |



|                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Rys. 41. Rozmieszczenie obiektów mostowych dla cieków objętych projektem .....                                            | 73  |
| Rys. 42. Rozmieszczenie obiektów hydrotechnicznych dla cieków objętych projektem .....                                    | 75  |
| Rys. 43. Fragment topograficznej z widocznym użytkowaniem i zagospodarowaniem terenu w rejonie przekroju w km 1+191 ..... | 77  |
| Rys. 44. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Białej.....                                             | 96  |
| Rys. 45. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Bieśnianki .....                                        | 97  |
| Rys. 46. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Jastrzębianki .....                                     | 97  |
| Rys. 47. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Mostyszy .....                                          | 98  |
| Rys. 48. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Pławianki .....                                         | 99  |
| Rys. 49. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Rzepianki.....                                          | 99  |
| Rys. 50. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Szwedki .....                                           | 100 |
| Rys. 51. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Wątoka .....                                            | 101 |
| Rys. 52. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Wojnarówki.....                                         | 102 |
| Rys. 53. Warunki brzegowe zaimplementowane w zintegrowanym modelu hydraulicznym zlewni Białej .....                       | 103 |
| Rys. 55. Wodowskaz Grybów na rzece Białej – hydrogramy przepływów, 2010 r .....                                           | 108 |
| Rys. 56 Wodowskaz Grybów na rzece Białej – hydrogramy stanów, 2001 r.....                                                 | 109 |
| Rys. 57. Wodowskaz Grybów na rzece Białej – hydrogramy przepływów, 2001 r .....                                           | 110 |
| Rys. 59. Wodowskaz Ciężkowice na rzece Białej – hydrogramy przepływów, 2010 r .....                                       | 111 |
| Rys. 61. Wodowskaz Ciężkowice na rzece Białej – hydrogramy przepływów, 2001 r .....                                       | 112 |
| Rys. 63. Wodowskaz Koszyce Wielkie na rzece Białej – hydrogramy przepływów 2010 r .....                                   | 113 |
| Rys. 65. Wodowskaz Koszyce Wielkie na rzece Białej – hydrogramy przepływów.....                                           | 114 |
| Rys. 67. Strefa zalewowa przy wjeździe do Tuchowa, widoczny most na ul. Daszyńskiego, Q5% ...                             | 116 |
| Rys. 68. Most w Tuchowie na ul. Daszyńskiego, Droga Krajowa 977 .....                                                     | 116 |
| Rys. 70. Warstwy dostępne w widoku szczegółowym (żółte zaznacznie) .....                                                  | 120 |
| Rys. 71. Prognozowany stan lustra wody oraz progi .....                                                                   | 121 |
| Rys. 72. Publikacja ostrzeżenia o potencjalnym zagrożeniu powodziowym do sieci Web.....                                   | 122 |
| Rys. 73. Menu wysyłania ostrzeżeń email .....                                                                             | 123 |
| Rys. 74. Logowanie do stanowiska dyspozytorskiego .....                                                                   | 124 |
| Rys. 75. Zmiana hasła przez użytkownika .....                                                                             | 124 |
| Rys. 76. Wygląd stanowiska dyspozytorskiego.....                                                                          | 125 |
| Rys. 77. Otwarta grupa warstw Prognozy 00:00 - 06:00 11.10.2014 .....                                                     | 126 |
| Rys. 78. Grupa narzędzi do pracy z mapą.....                                                                              | 126 |
| Rys. 79. Przeglądanie danych prognostycznych .....                                                                        | 127 |
| Rys. 80. Okno główne interfejsu publicznego wraz z opisem elementów.....                                                  | 128 |
| Rys. 81. Widok powiększenia pojedynczego arkusza.....                                                                     | 129 |





|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Rys. 82. Wykres widoczny dla użytkownika publicznego.....                                            | 130 |
| Rys. 83. Powiększenie wraz ze strefą zalewową .....                                                  | 131 |
| Rys. 84. Pobieranie mapy lokalnie na komputer .....                                                  | 132 |
| Rys. 85. Informacja o braku zagrożeń powodziowych .....                                              | 132 |
| Rys. 86. Wykryto zagrożenie powodziowe .....                                                         | 133 |
| Rys. 87. Pobieranie lokalnie na komputer map odpowiednich dla konkretnego przedziału czasowego ..... | 134 |

## 1 Pomiary geodezyjne

Na potrzeby modeli matematycznych użytych w systemie ESOP, należało wykonać szereg pomiarów geodezyjnych koryta rzeki Białej oraz dopływów. Orientacyjna długość rzek w zlewni Białej Tarnowskiej wynosi 160 km. Wykonano 189 przekrojów typowych, 137 przekrojów obiektów mostowych oraz 9 obiektów hydrotechnicznych. Obwałowania przeciwpowodziowe na terenie Białej Tarnowskiej stanowią łącznie 19,340 km.

Każde z miejsc wyselekcjonowanych do wykonania przekroju geodezyjnego podzielono na 3 części:

- Teren lewej terasy zalewowej,
- Koryto główne,
- Teren prawej terasy zalewowej.

Wizja w terenie oraz analiza ortofotomap pozwoliła na określenie wartości współczynników szorstkości dla lewej i prawej terasy zalewowej, a kody pokrycia terenu pozyskane przez geodetów w trakcie pomiarów terenowych na określenie wartości współczynników dla koryt rzecznych. Wartości szorstkości przyjęto w oparciu o opracowanie Amerykańskiej Służby Geologicznej „Guide for Selecting Manning’s Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains”, publikację prof. Ven Te Chow’a „Open - Channel Hydraulics” oraz doświadczenia DHI w tym zakresie.

### 1.1 Metodyka pomiaru oraz narzędzia wykorzystane do realizacji zadania.

**Terenowy pomiar przekrojów wykonany został dwoma metodami:**

1. Metodą GPS – pomiar ten wykonano dla terenów odkrytych, ogólnie dostępnych,
2. Metodą kombinowaną – pomiar osnowy pomiarowej wykonano odbiornikami GPS, natomiast pomiar bezpośredni szczegółów sytuacyjnych wykonano tachimetrami elektronicznymi z automatycznego zapisem pomiaru.

**Do pomiaru terenowego przekrojów wykorzystano GPS-y firmy:**

1. Trimble R8,

**Dalmierze firmy:**

1. Topcon,

**Oprogramowanie do obliczeń i transformacji**

1. Winkalk,

**Oprogramowanie do tworzenia rysunków przekrojów:**

1. MK 2006,





## **2 Budowa modelu hydrologicznego i hydraulicznego cieków w zlewni rzeki Biała Tarnowska**

Obliczenia przeprowadzono w oparciu o aktualne dane wyjściowe udostępnione przez Zamawiającego w postaci opracowania wykonanego przez Biuro Prognoz Hydrologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Krakowie.

### **2.1 Charakterystyka obszaru zlewni**

Do wyznaczenia parametrów fizyczno-geograficznych zlewni wykorzystano następujące źródła:

- Numeryczny Model Terenu (NMT).
- Mapy Podziału Hydrograficznego Polski (MPHP).
- Mapy topograficznej.
- Ortofotomapy oraz Numeryczny Model Pokrycia Terenu (NMPT).

## Biała Tarnowska

Zlewnia **Białej Tarnowskiej** położona jest na obszarze dwóch dużych regionów geomorfologicznych: Pasma Beskidów (Beskid Niski), Podgórze Karpackie (Wiśnickie, Ciężkowickie i Strzyżowskie).

Rzeka Biała Tarnowska jest prawobrzeżnym dopływem Dunajca o długości całkowitej 101,8 km, uchodzącym w 30,3 km jego biegu. Rzeka odwadnia zbocza Ostrego Wierchu, Lackowej i Białej Skały. Biała Tarnowska bierze początek w Beskidzie Niskim na wysokości 900 m n.p.m. Do Grybowa przyrost zlewni Białej jest znikomy, a jej powierzchnia na wysokości wodowskazu Grybów wynosi 209,7 km<sup>2</sup>. Wpływając na teren Pogórza Ciężkowickiego Biała zwiększa powierzchnię zlewni do 412 km<sup>2</sup>. Dolina rzeki jest tu dość wąska wycięta w piaskowcach Pogórza Ciężkowickiego. Wzdłuż biegu rzeka przyjmuje szereg dopływów prawo- i lewobrzeżnych m.in. potoki: Kąśnianka, Zborowianka i Szwedka. Deniwelacje terenu w zlewniach dopływów wahają się między 100 a 200 m. Poniżej Tuchowa dolina Białej rozszerza się do 2-3 km, a następnie rzeka tworzy przełom przez wzgórze zbudowane z łupków piaskowca. Poniżej ujścia dopływu Spod Ostrej Góry Biała wypływa z Karpat do Kotliny Sandomierskiej. W km 7,6 przyjmuje prawostronny dopływ Wątok. Przy ujściu do Dunajca powierzchnia zlewni Białej Tarnowskiej wynosi 983,3 km<sup>2</sup>. Zlewnia Białej Tarnowskiej położona jest w karpackim regionie klimatycznym w części górnej i środkowej oraz w regionie krakowsko-sandomierskim w części dolnej. Średnia suma roczna opadów waha się od powyżej 900 mm w części źródłowej do poniżej 700 mm w części ujściowej. Przeważają opady okresu letniego (450÷550 mm) na opadami okresu zimowego (250÷350 mm). Średni udział opadów stałych w ogólnej sumie rocznej zawiera się w granicach 16÷20 %. Średnia temperatura roczna jest wyższa od 8 °C w dolnym odcinku i spada do niższej od 5,5 °C w górnych partiach zlewni. Średnia temperatura półrocza zimowego waha się w granicach 1,0÷ -1,0°C, a półrocza letniego 12÷14,5 °C.

Na Rys. 1 zamieszczono fragment mapy z zaznaczoną zlewnią Białej Tarnowskiej.



Rys. 1. Zlewnie Białej Tarnowskiej



## Mostysza

**Mostysza** (in. Mostysz lub Florynka) to potok o długości około 11 km i powierzchni zlewni 51 km<sup>2</sup> położony w zachodniej części Beskidu Niskiego, pierwszy duży (lewobrzeżny) dopływ Białej. Mostysza swój początek bierze na wysokości 700-740 m n.p.m. na północnych stokach góry Pasieczka (792 m n.p.m.), na samym zachodnim skraju Beskidu Niskiego. Spływa początkowo w kierunku północno-wschodnim przez Berest i Polany. Poniżej tej drugiej wsi zwraca się ku północy, po czym w dolnej części wsi Florynka, na wysokości ok. 370 m n.p.m. wpada do Białej.

Główne dopływy Mostyszy to Piorunka, Kamienna oraz Szklarka.

Na Rys. 2 zamieszczono fragment mapy z zaznaczoną zlewnią.

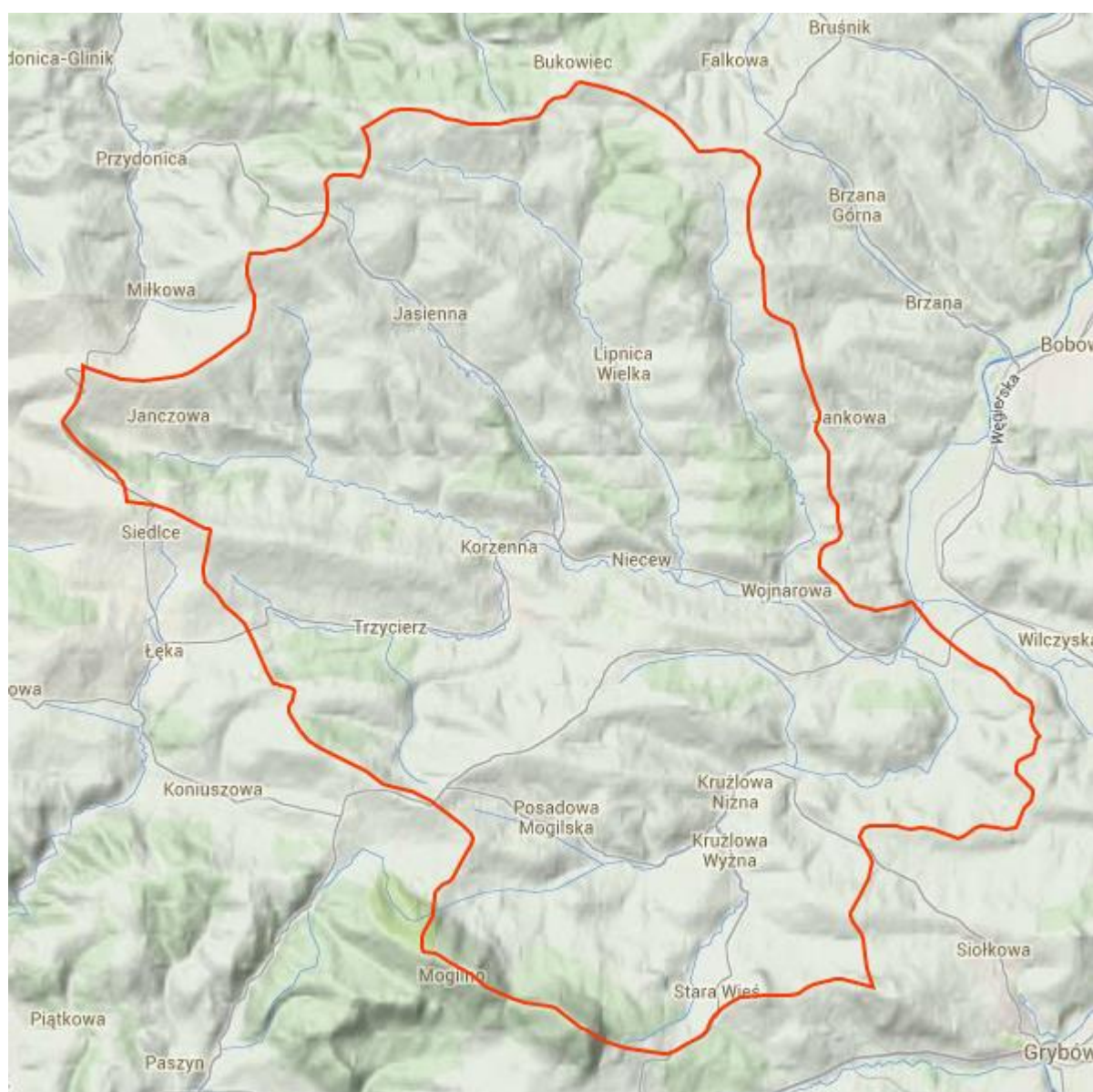


Rys. 2. Zlewnia Mostyszy

## Jasienianka

**Jasienianka** – rzeka o długości 13 km i powierzchni zlewni około 95 km<sup>2</sup>. wypływa na północ od m. Jasienna na wysokości ok. 490 m n.p.m. Dolina Jasieniarki jest wąska a zbocza łagodne.

Na rysunku Rys. 3 **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** zamieszczono fragment mapy z zaznaczoną zlewnią.



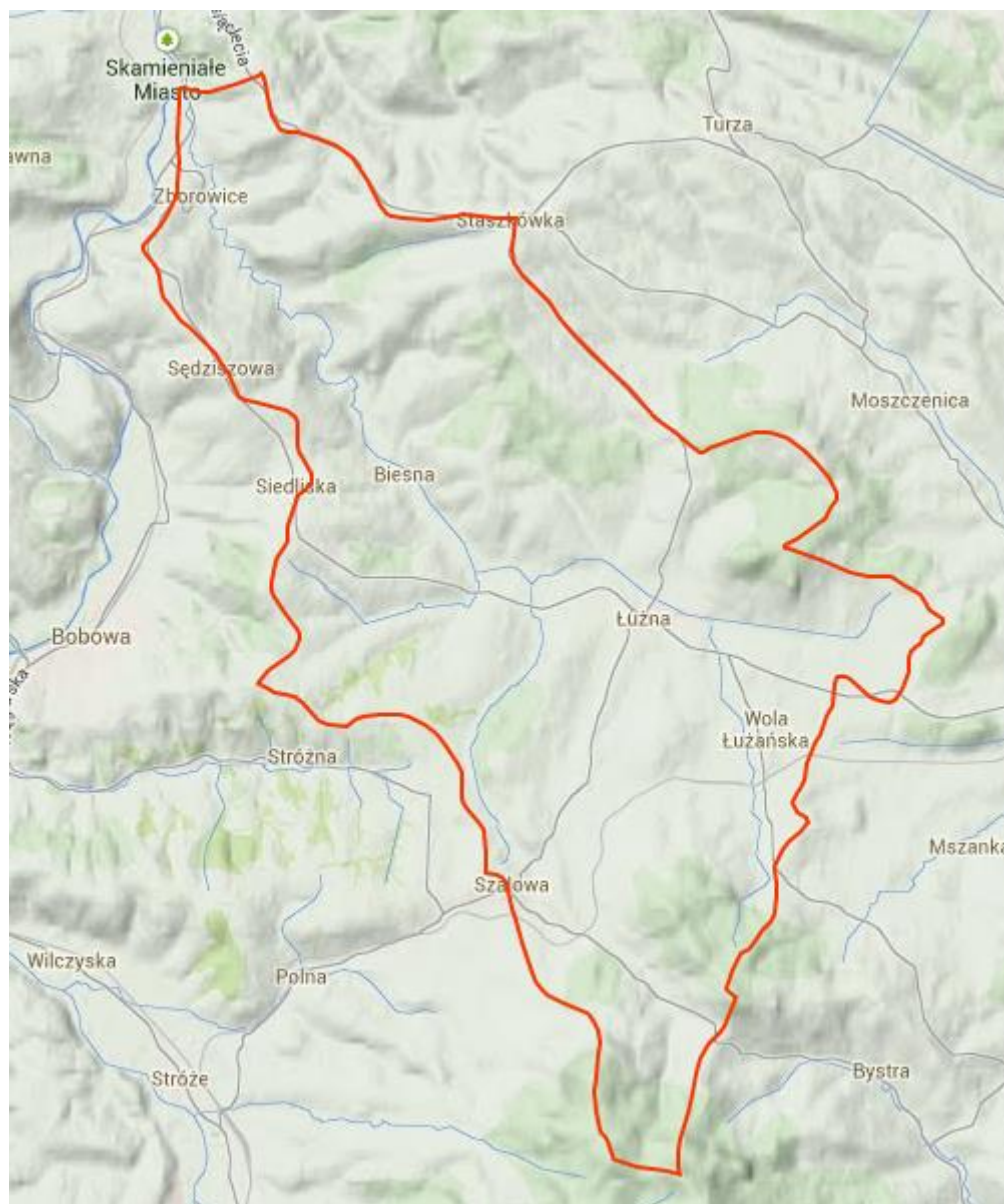
Rys. 3. Zlewnia Jasieniarki



## Zborowianka

**Zborowianka** – bierze początek w okolicy Woli Łużańskiej. Jej długość wynosi ok. 16,5 km, a powierzchnia zlewni 56 km<sup>2</sup>. Deniwelacja w zlewni sięga 200m. Zlewnia położona jest na Pogórzu Ciężkowickim, zbudowanym z łupków i piaskowców krośnieńskich i ciężkowickich.

Na Rys. 4 zamieszczono fragment mapy z zaznaczoną zlewnią.

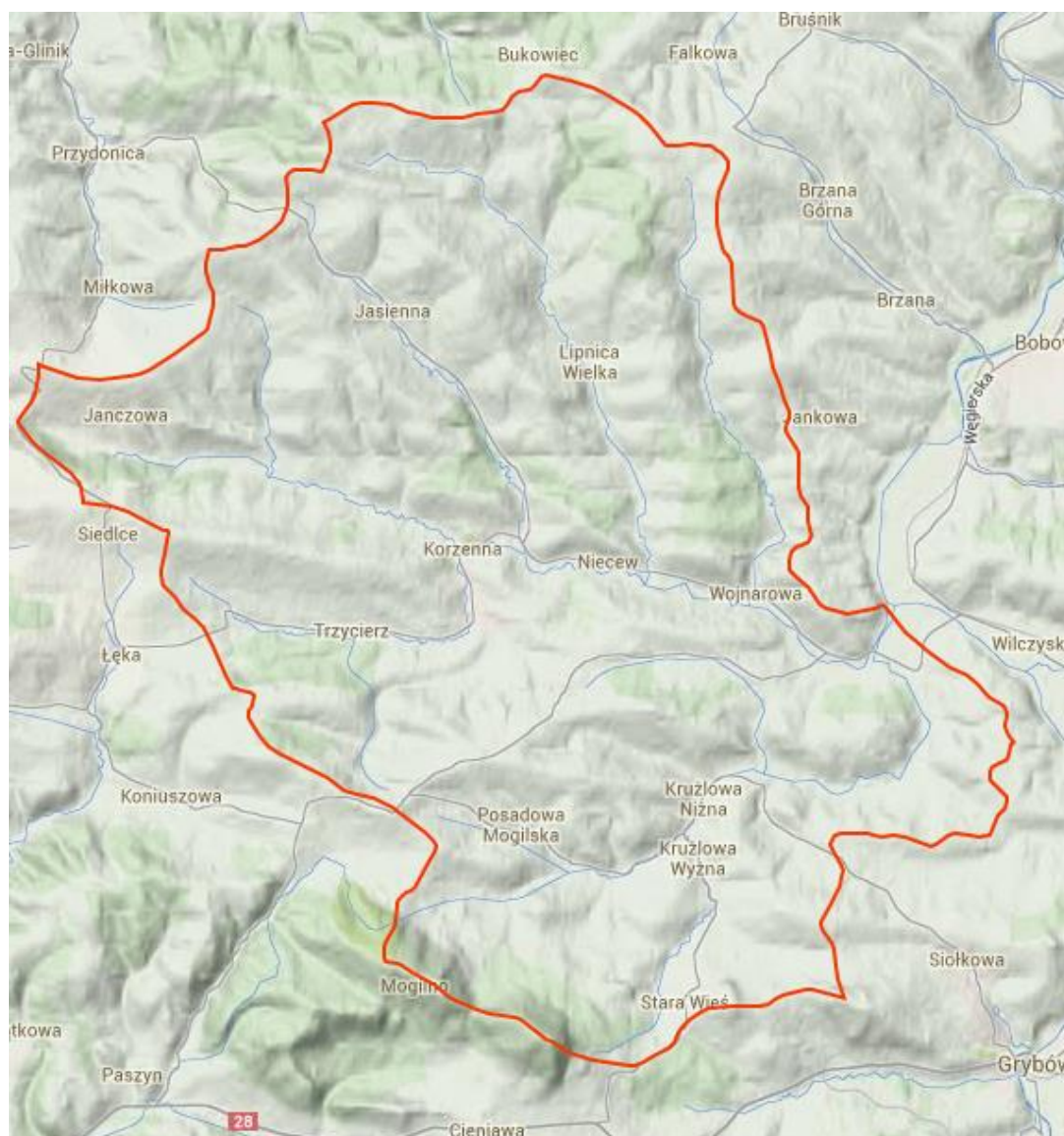


Rys. 4. Zlewnia Zborowianki

## Jastrzębianka

**Jastrzębianka** zwana też **Kąśnianką** wypływa z piaskowców ciężkowickich koło m. Nowy Świat. Dolina rzeki jest wąska o wyraźnych krawędziach. Jej długość to ok.12 km, a powierzchnia zlewni – 45 km<sup>2</sup>. Jej główne dopływy to: Siekierzanka, Dopływ spod Jastrzębiej i Dopływ spod Przybyłowa.

Na rysunku Rys. 5 zamieszczono fragment mapy z zaznaczoną zlewnią.



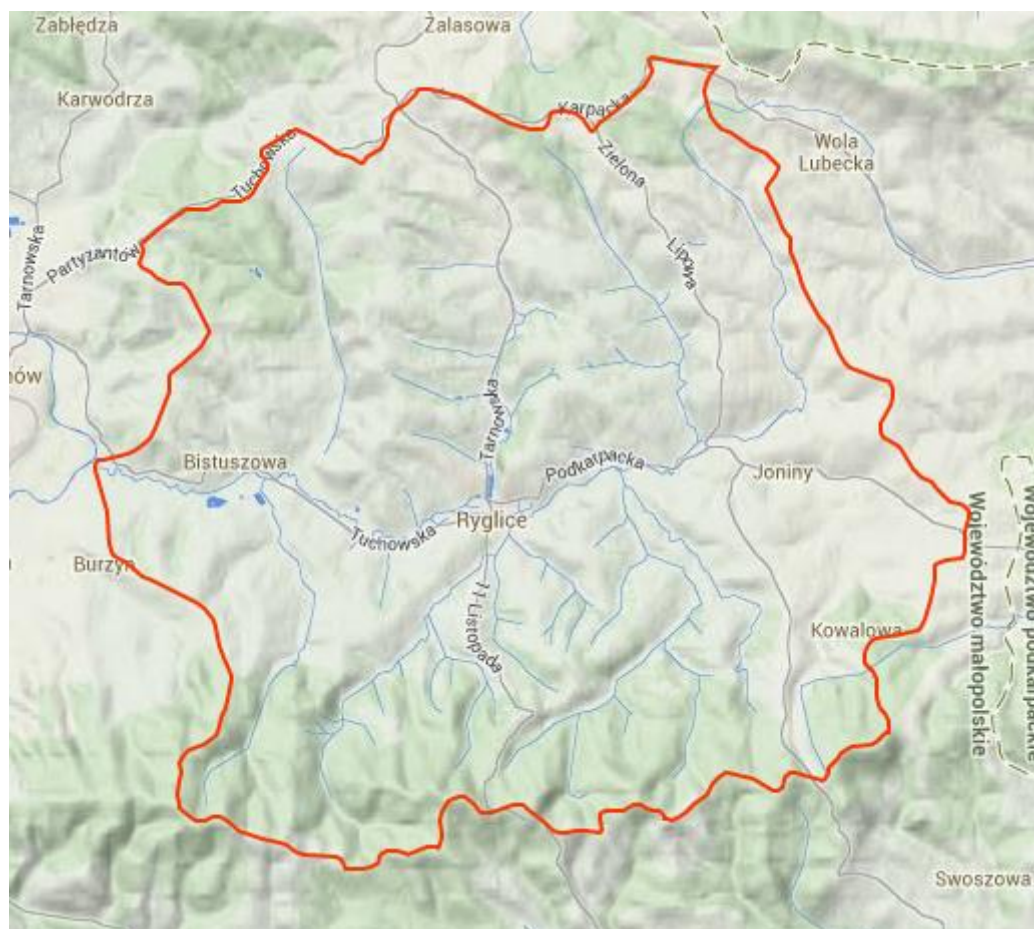
Rys. 5. Zlewnia Jastrzębianki



## Szwedka

**Szwedka** – prawobrzeżny dopływ Białej o długości ok. 16 km i powierzchni zlewni 73 km<sup>2</sup>. Zlewnia wcięta jest w trzeciorzędowe piaskowce i łupki krośnieńskie. Południowy dział zlewni biegnie zalesionymi wzniesieniami: Gilową Górą (508 m n.p.m.), Ptasią (530 m n.p.m.), Brzonką (538 m n.p.m.).

Na rysunku Rys. 7 zamieszczono fragment mapy z zaznaczoną zlewnią.



Rys. 7. Zlewnia Szwedki



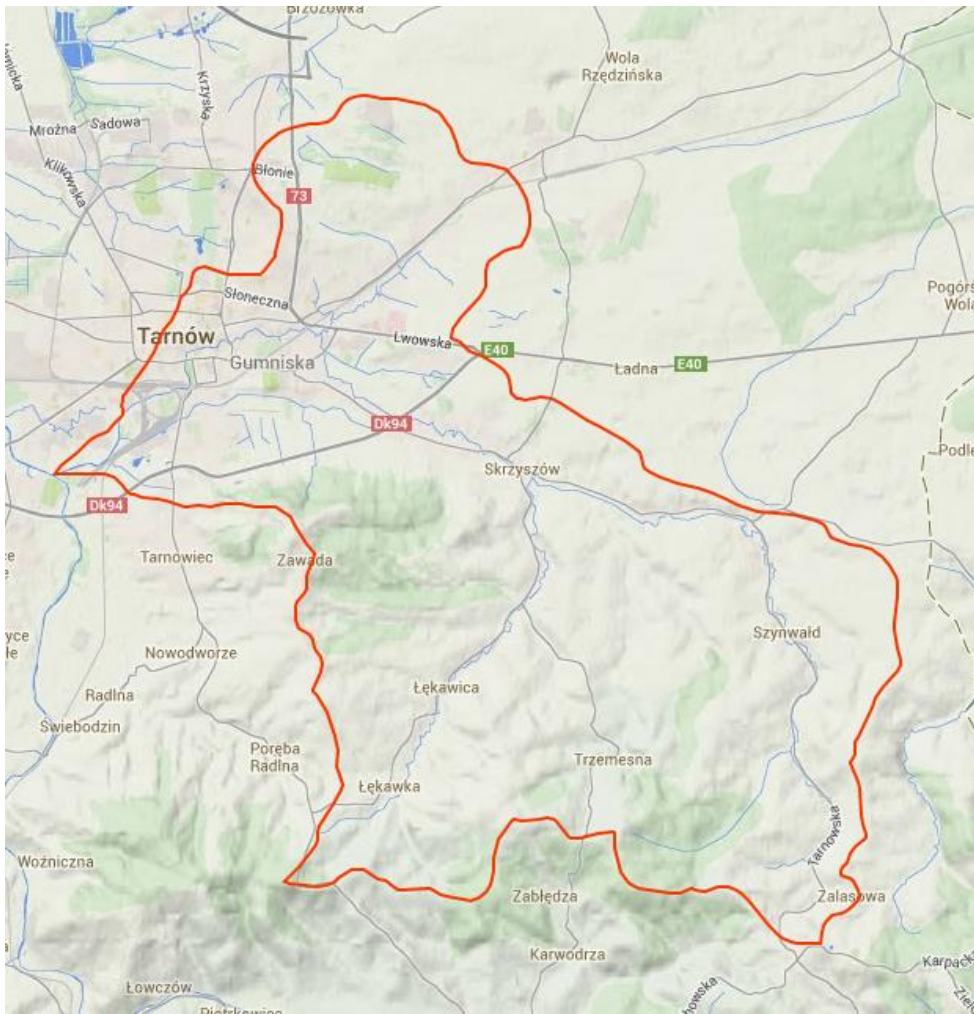
## Wątok

**Wątok** jest prawobrzeżnym dopływem rzeki Białej. Jego źródła znajdują się na terenie m. Stawiska koło Ryglic, na wysokości 321 m n.p.m. Przez kilka kilometrów swego biegu zbiera wody małych cieków, aż do ujścia największego dopływu - potoku Łękawka, posiadającego bardzo gęstą sieć wodną. Wątok ma charakter potoku górskiego, cechuje się gwałtownymi przyrostami przepływów i wysokimi kulminacjami wody.

Zlewnia Wątku położona jest na terenie dwóch jednostek geomorfologicznych o zupełnie odmiennym charakterze. Górna i lewostronna część zlewni leży na Pogórzu Ciężkowickim. Na tym obszarze przeważają gleby lessowe o zdolnościach do zaskorupiania się, co wpływa na duże wartości spływu powierzchniowego. W korycie zauważyć można wychodnie piaskowca. Pozostała część zlewni, położona w Kotlinie Sandomierskiej, zbudowana jest z osadów trzeciorzędowych, przykrytych piaskami lodowcowymi i rzecznyymi.

Zlewnia Wątku jest mało zalesiona i w przeważającej części użytkowana rolniczo. Jedynie w jej górnych partiach występują lasy. To sprawia, że zlewnia charakteryzuje się niską zdolnością do gromadzenia wód opadowych, co w połączeniu z dużym spływem powierzchniowym powoduje gwałtowne przybory wód, a zatem ryzyko powodzi.

Na rysunku Rys. 8 zamieszczono fragment mapy z zaznaczoną zlewnią.



Rys. 8. Zlewnia Wątku



## 2.2 Metodyka obliczeń hydrologicznych

Obliczenia hydrologiczne do wyznaczenia stref zalewowych przeprowadzono w zależności od tego czy zlewnia danej rzeki była zlewnią kontrolowaną czy zlewnią niekontrolowaną.

### Obliczanie wartości przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w zlewniach kontrolowanych

Wartości przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie zostały obliczone z niżej zamieszczonego wzoru:

$$Q_x = Q_w \left( \frac{A_x}{A_w} \right)^n$$

gdzie:

$Q_x$  - przepływy w przekroju obliczeniowym w  $m^3/s$ ,

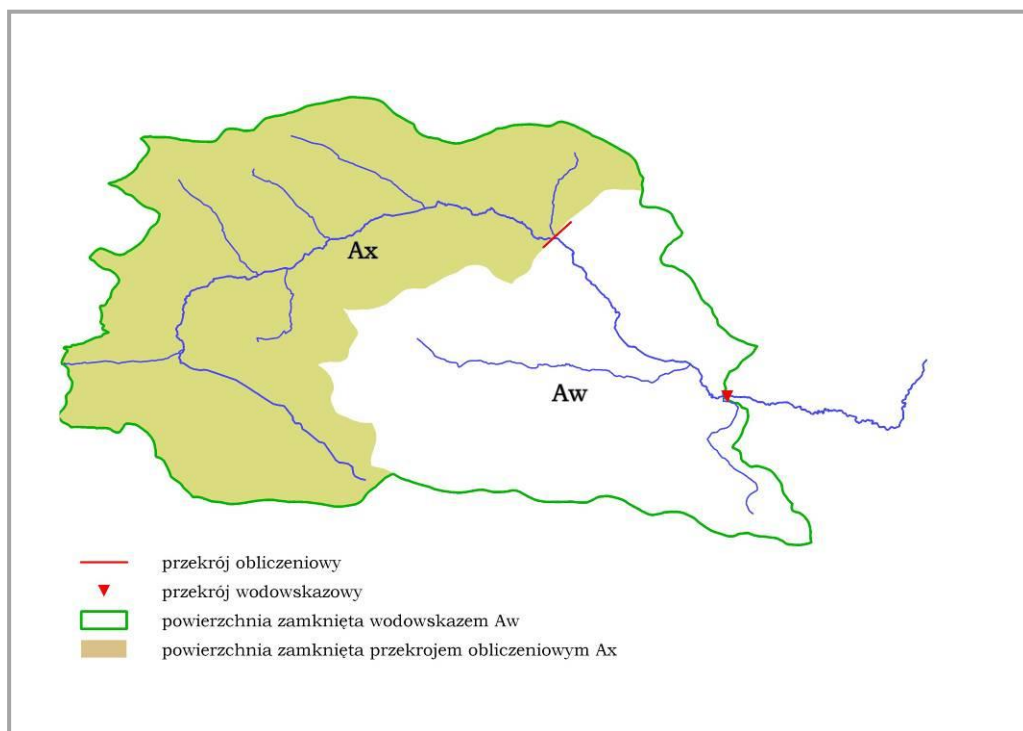
$Q_w$  - przepływy w przekroju wodowskazowym w  $m^3/s$ ,

$A_x$  - powierzchnia zlewni do przekroju obliczeniowego w  $km^2$ ,

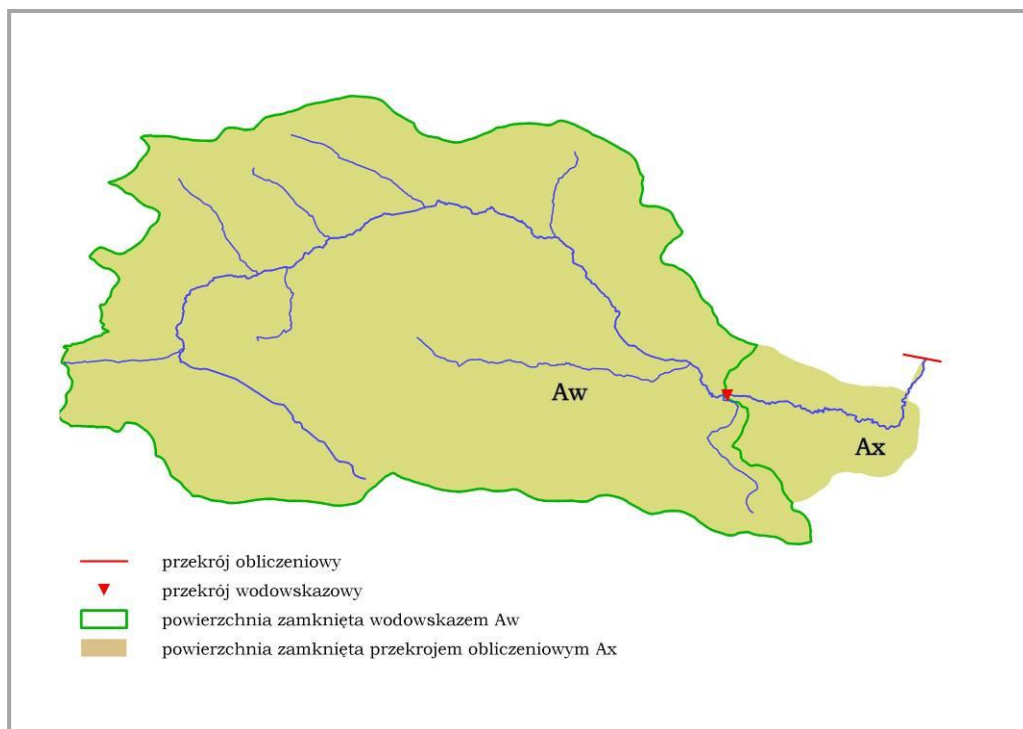
$A_w$  - powierzchnia zlewni do przekroju wodowskazowego w  $km^2$ ,

$n$  - parametr równania ekstrapolacyjnego.

Przy określaniu wartości przepływów kierowano się zasadami, iż można je ekstrapolować w górę rzeki – do przekroju zamykającego zlewnię  $A_x$ , nie mniejszą jednak od połowy zlewni zamkniętej wodowskazem  $A_w$  ( $A_x \geq 0,5 \cdot A_w$ ) lub w dół rzeki – do przekroju zamykającego zlewnię  $A_x$ , której powierzchnia nie przekracza połowy zlewni zamkniętej wodowskazem ( $A_x \leq 1,5 \cdot A_w$ ). Zasady te obrazują niżej zamieszczone rysunki.



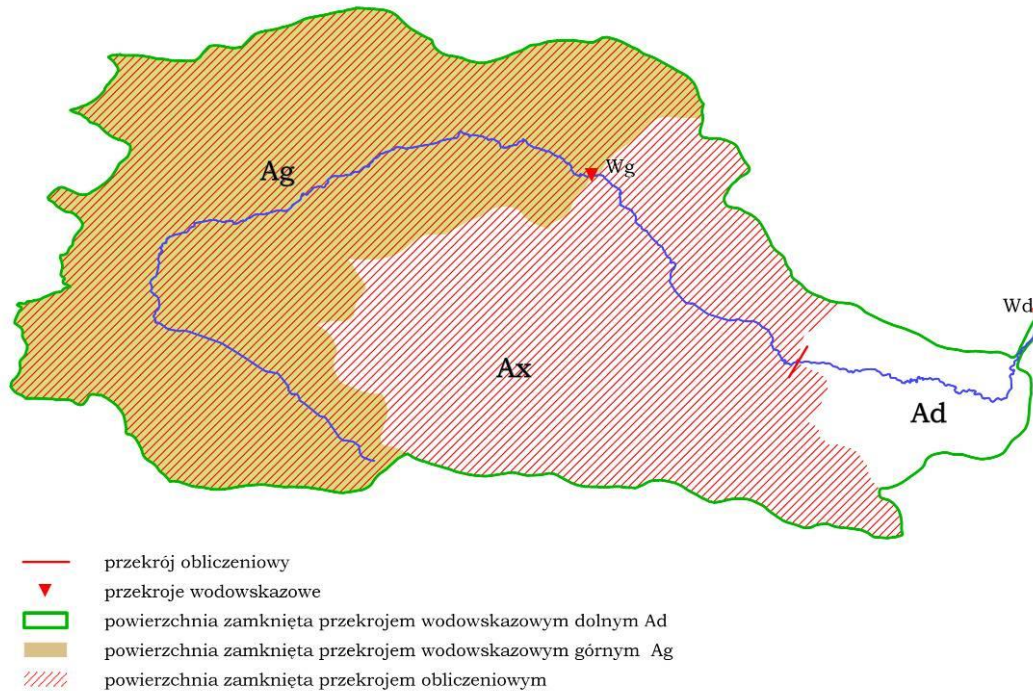
Rys. 9. Metoda ekstrapolacji w górę biegu rzeki



Rys. 10. Metoda ekstrapolacji w dół biegu rzeki



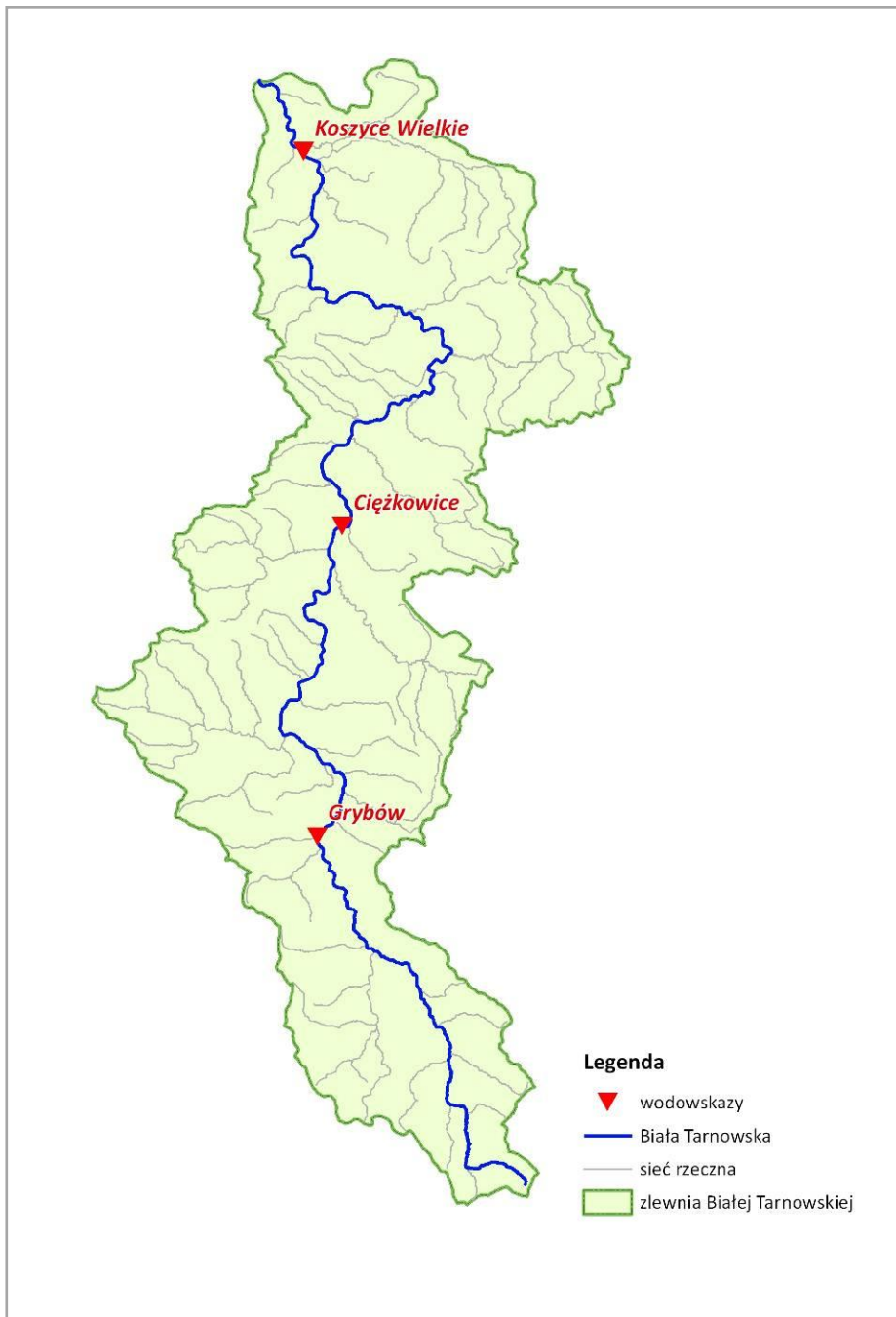
Metodę interpolacyjną (Rys. 11) stosuje się w przypadku, gdy przekrój obliczeniowy znajduje się pomiędzy przekrojami wodowskazowymi położonymi na tym samym cieku powyżej (wodowskaz górny WG) i poniżej (wodowskaz dolny WD).



Rys. 11. Metoda interpolacji

Dla zlewni kontrolowanych wykorzystane zostały dane hydrologiczne pozyskane z Biura Prognoz Hydrologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Krakowie.

Na rysunku poniżej przedstawiono zlewnię Białej Tarnowskiej z lokalizacją posterunków wodowskazowych.



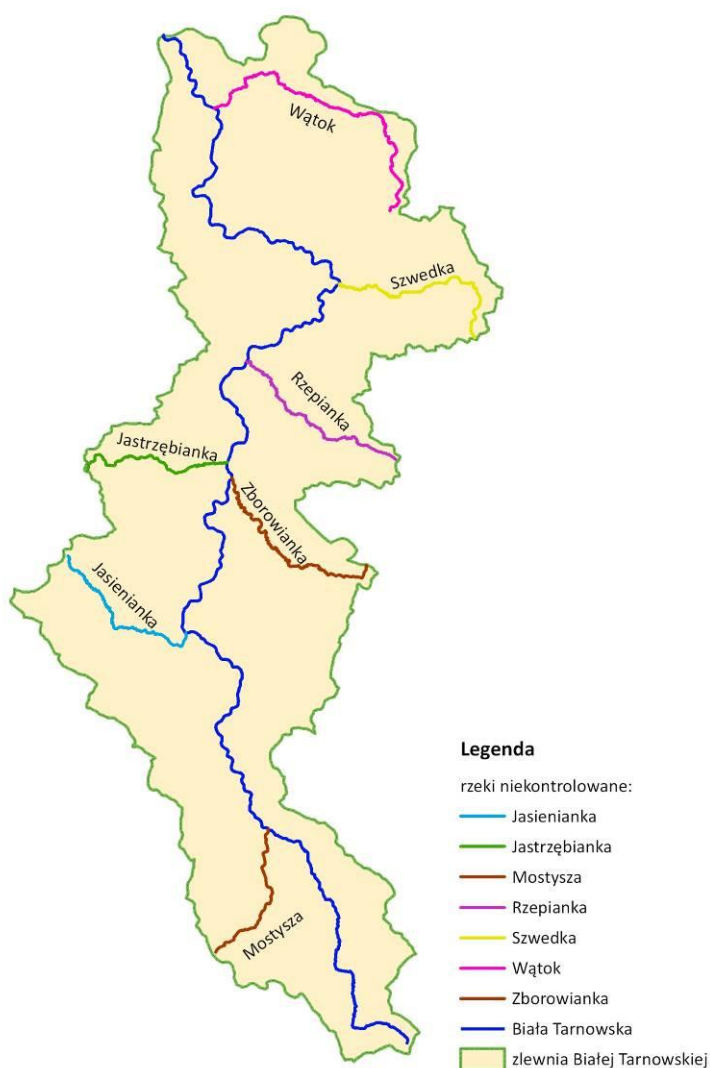
Rys. 12. Biała Tarnowska z lokalizacją wodowskazów IMGW



## Obliczenie fal hipotetycznych w zlewniach niekontrolowanych – model hydrologiczny

Dla zlewni niekontrolowanych obliczenia przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia przeprowadzono wykorzystując matematyczny model odpływu typu opad-odpływ.

Na rysunku poniżej przedstawiono rzeki niekontrolowane, dla których w celu określenia warunków brzegowych w modelu hydraulicznym zastosowano model hydrologiczny.



Rys. 13. Rzeki niekontrolowane, dla których stworzono hydrogramy hipotetyczne

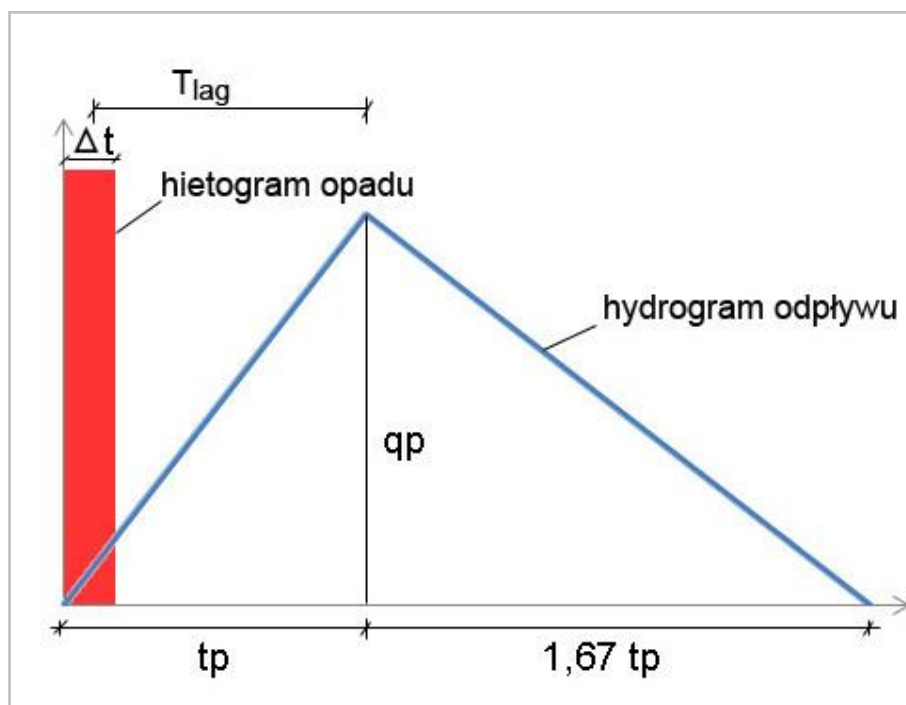


## Opis bezwymiarowego hydrogramu jednostkowego

Do potrzeb modelowania odpływu wezbraniowego posłużono się oprogramowaniem HEC – HSM opracowanym przez Ośrodek Inżynierii Hydrologicznej Korpusu Inżynieryjnego Armii Stanów Zjednoczonych Ameryki.

Spośród wielu dostępnych w modelu HEC – HMS metod obliczeń opadu efektywnego należy wybrać metodę SCS ze względu na najmniejszą liczbę wymaganych danych wejściowych.

Do transformacji opadu w odpływ należy wybrać model SCS UH, który pozwala na określenie wartości przepływu kulminacyjnego, całkowitą objętość odpływu, kształt hydrogramu i jego przebieg w czasie.



Rys. 14. Parametry hydrogramu trójkątnego w metodzie SCS UH

gdzie:

$A$  – powierzchnia zlewni [km<sup>2</sup>]

$t_p$  – czas wznoszenia się fali kulminacyjnej, [godz.]

$c$  – parametr ( $c=2,08$ )

$T_{lag}$  – czas opóźnienia, [godz.]

$\Delta t$  – czas trwania opadu efektywnego, [godz.]



## Metodyka ustalenia parametrów modelu

Przy określaniu parametrów modelu przyjęto warunki wymagane przy obliczaniu hydrogramu jednostkowego wg Shermana [Chow 1964], a mianowicie:

- Opad efektywny ma jednolity rozkład w czasie trwania,
- Opad efektywny ma jednolity rozkład na obszarze zlewni,
- Podstawa hydrogramu lub czas jego trwania wywołany jednostkowym opadem efektywnym jest stała,
- Objętości odpływu powierzchniowego wywołane opadami deszczu o tym samym czasie trwania są do siebie proporcjonalne tak, jak i rzędne hydrogramów odpływu po tym samym czasie  $t$  od chwili wystąpienia wezbrania,
- Dla danej zlewni hydrogram jednostkowy odzwierciedla kombinacje fizycznych charakterystyk zlewni.

Z założeń tych wynika m.in., że metodę hydrogramu jednostkowego można stosować tylko w zlewniach małych, bowiem hydrogram wezbrania można wtedy uprościć do trójkąta i cała zlewnia jest objęta jednolitym opadem efektywnym. W przypadku zlewni większych założenie to nie jest spełnione. Z uwagi na to, że w przypadku omawianego obszaru mamy często do czynienia z dużymi zlewniami niekontrolowanymi, wydzielano zlewnie cząstkowe dla których obliczano odpływ powierzchniowy. W przekroju ujściowym ze zlewni odpływ był sumą, zgodnie z zasadą superpozycji, odpływów ze zlewni cząstkowych. Decyzję o wydzielaniu zlewni cząstkowych podejmowano w oparciu o następujące kryteria:

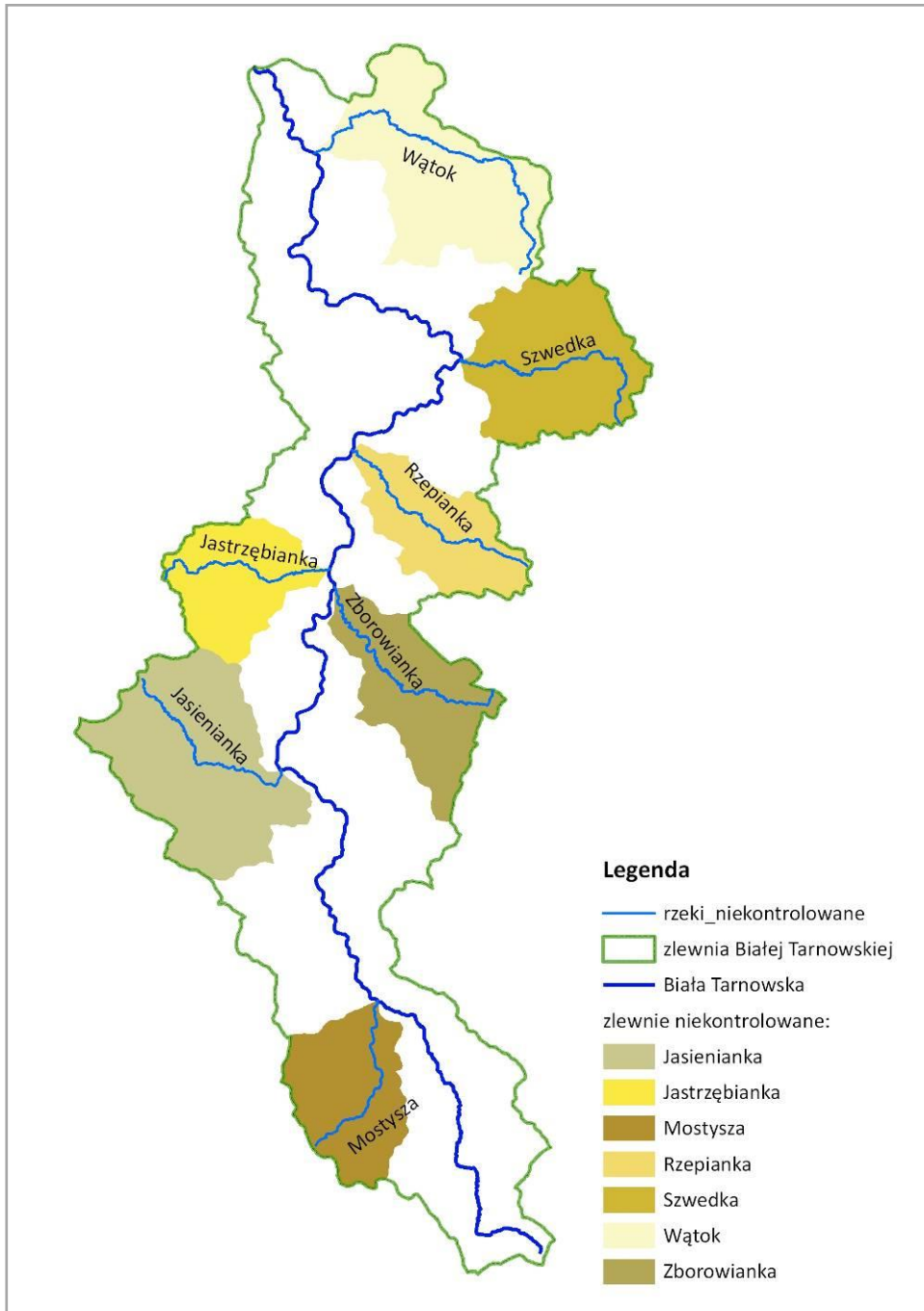
- Wielkość zlewni cząstkowych nie powinna przekraczać  $50 \text{ km}^2$ , ze względu na wymogi modelu SCS UH;
- Rezygnowano z wydzielania zlewni cząstkowej, gdy przyrost powierzchni wynikający z uwzględnienia dopływu bocznego nie przekraczał 10%;
- Wydzielano zlewnię cząstkową, zamykającą górną część zlewni do przekroju, który stanowił tzw. górny warunek brzegowy w modelu hydraulicznym.

Sposób podziału danej zlewni niekontrolowanej na zlewnie cząstkowe wynikał także z wymogów modelu hydraulicznego, w którym oprócz znajomości charakterystyk hydrologicznych w przekroju stanowiącym górny warunek brzegowy, konieczne jest obliczenie przepływów dla dopływów do cieku głównego (tzw. dopływy skupione) i rozłożonych na długości cieku pomiędzy dopływami (dopływ rozłożony).

## Dane wejściowe przyjęte do modelowania hydrologicznego

### Opad całkowity przyjęty w modelowaniu zlewni niekontrolowanych

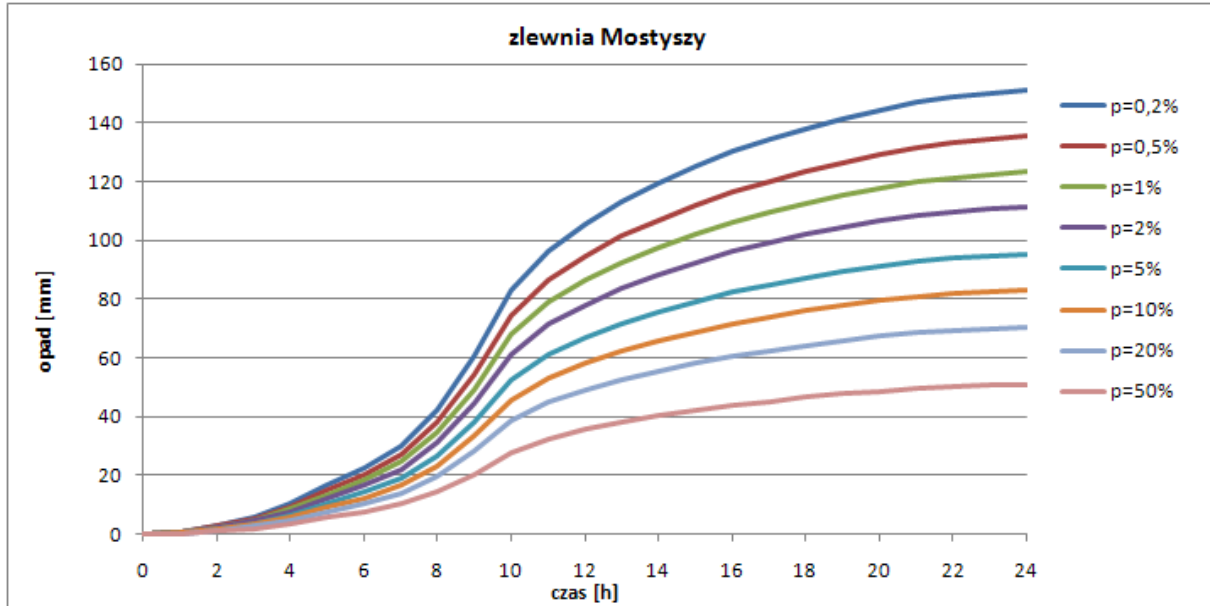
Dla każdej zlewni niekontrolowanej w zlewni Białej Tarnowskiej został pozyskany opad średni dla zlewni o określonym prawdopodobieństwie dla czasu trwania opadu równego 24 godziny. Stosując rozkład opadu DVWK stworzono hietogramy opadu dla poszczególnych zlewni niekontrolowanych. Rozmieszczenie poszczególnych zlewni niekontrolowanych obrazuje niżej zamieszczony obrazek (Rys. 15 **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**), zaś skumulowany rozkład opadu dobowego o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla każdej zlewni na rysunkach 0 -0.



Rys. 15. Zlewnie niekontrolowane objęte opracowaniem

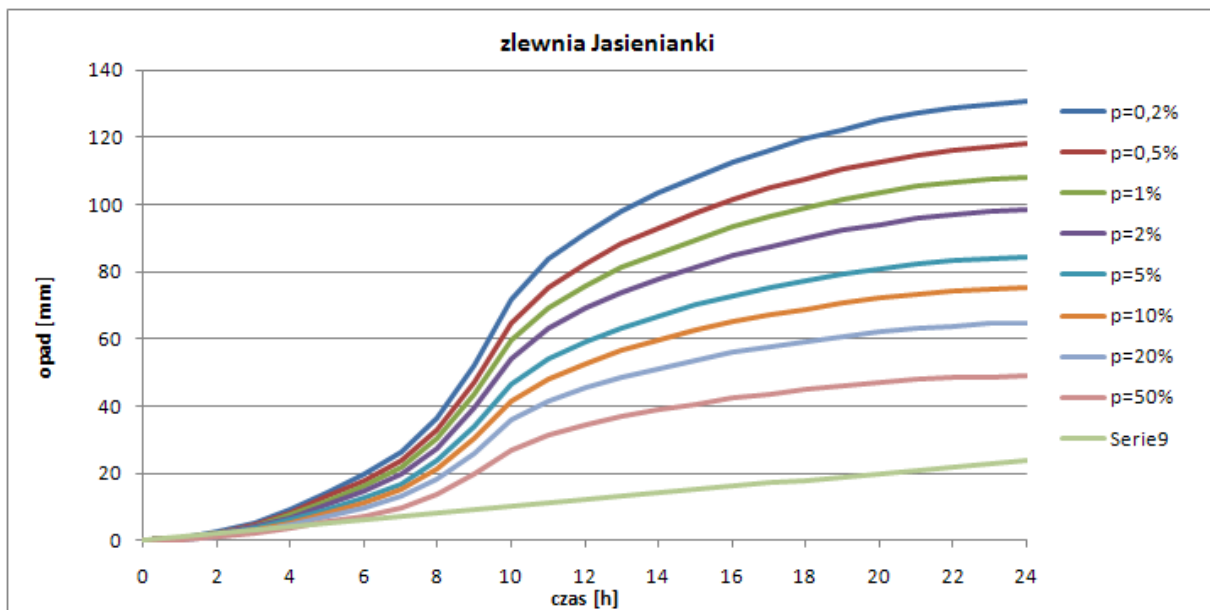


## Zlewnia Mostyszzy



Rys. 16. Rozkład dobowy opadu wg DVWK dla zlewni Mostyszzy

## Zlewnia Jasieniarki

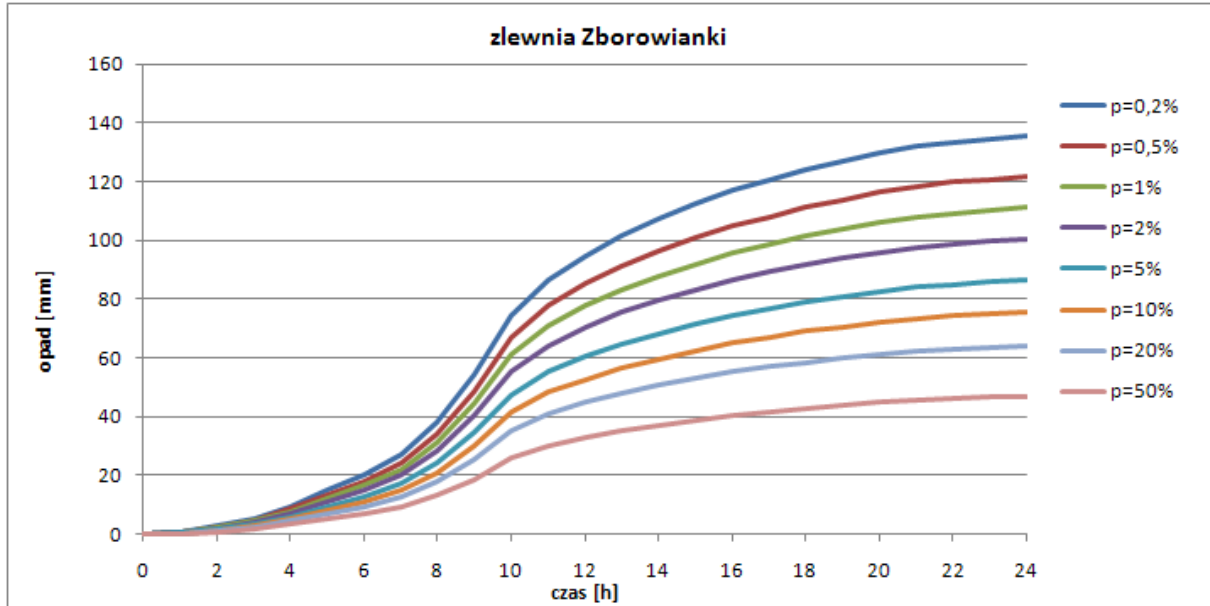


Rys. 17. Rozkład dobowy opadu wg DVWK dla zlewni Jasieniarki



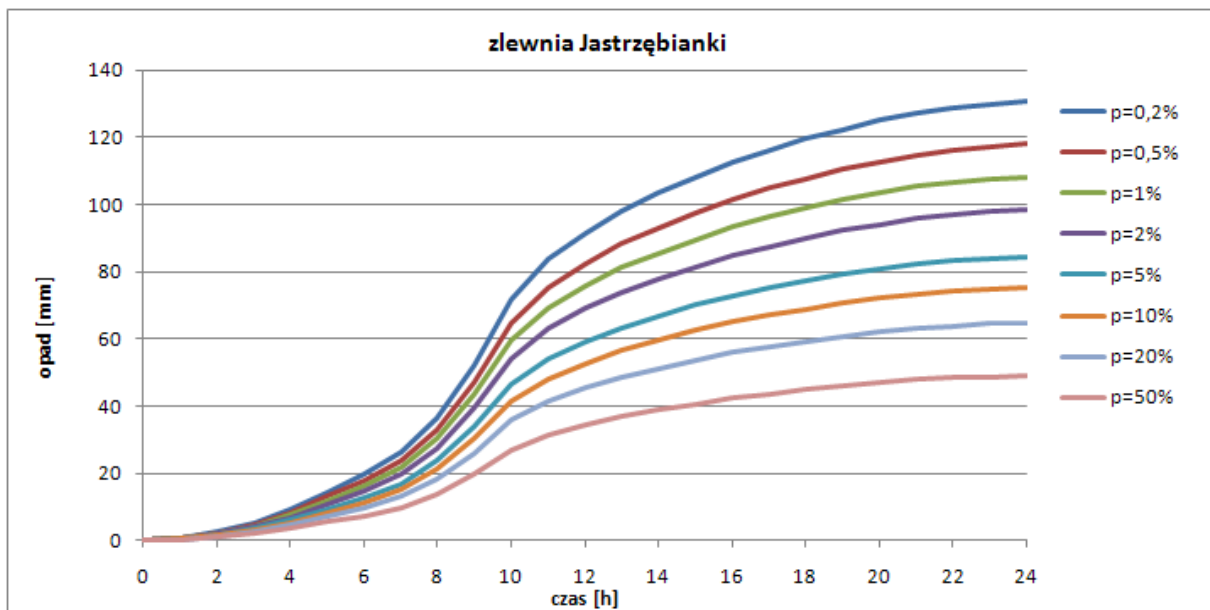


## Zlewnia Zborowianki



Rys. 18. Rozkład dobowy opadu wg DWVK dla zlewni Zborowianki

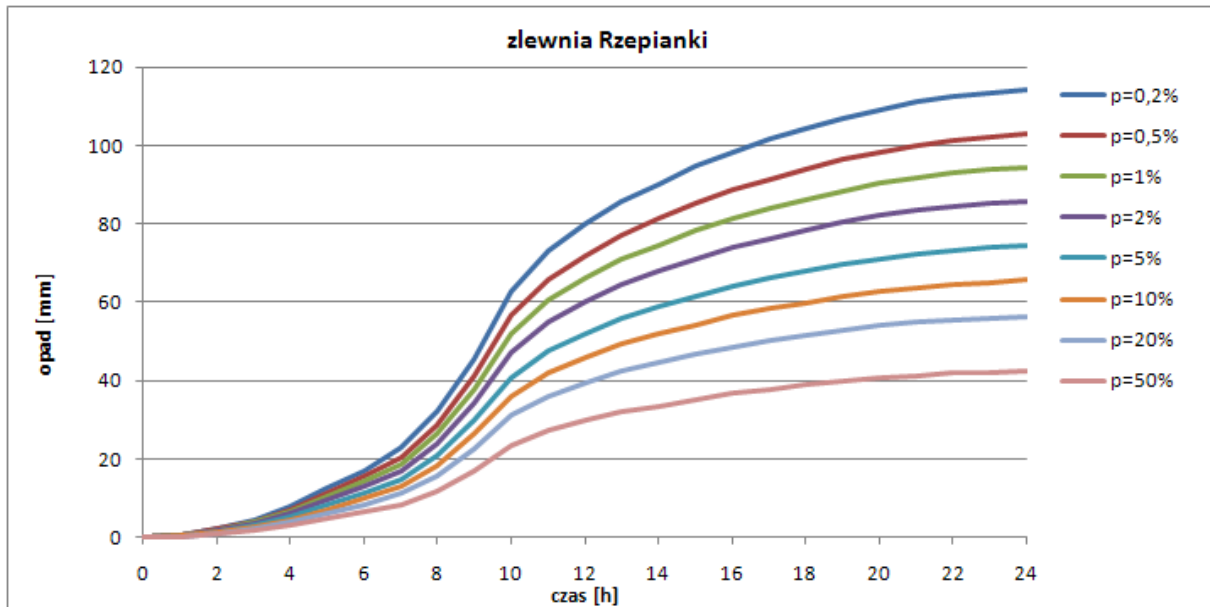
## Zlewnie Jastrzębianki



Rys. 19. Rozkład dobowy opadu wg DWVK dla zlewni Jastrzębianki

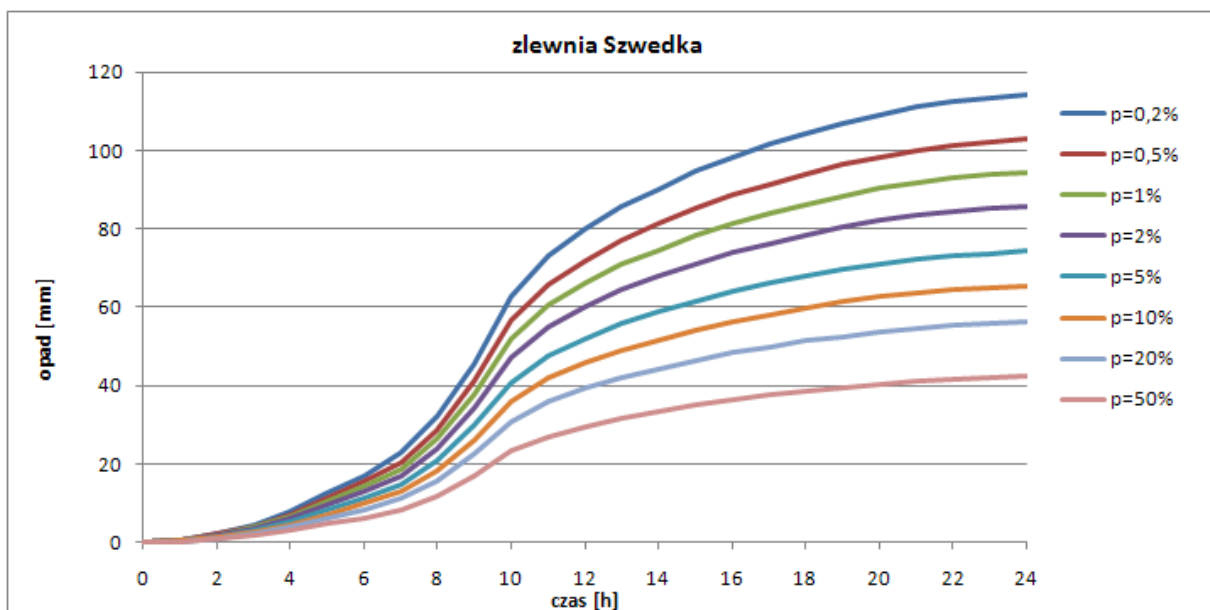


## Zlewnia Rzepianki



Rys. 20. Rozkład dobowy opadu wg DVWK dla zlewni Rzepianki

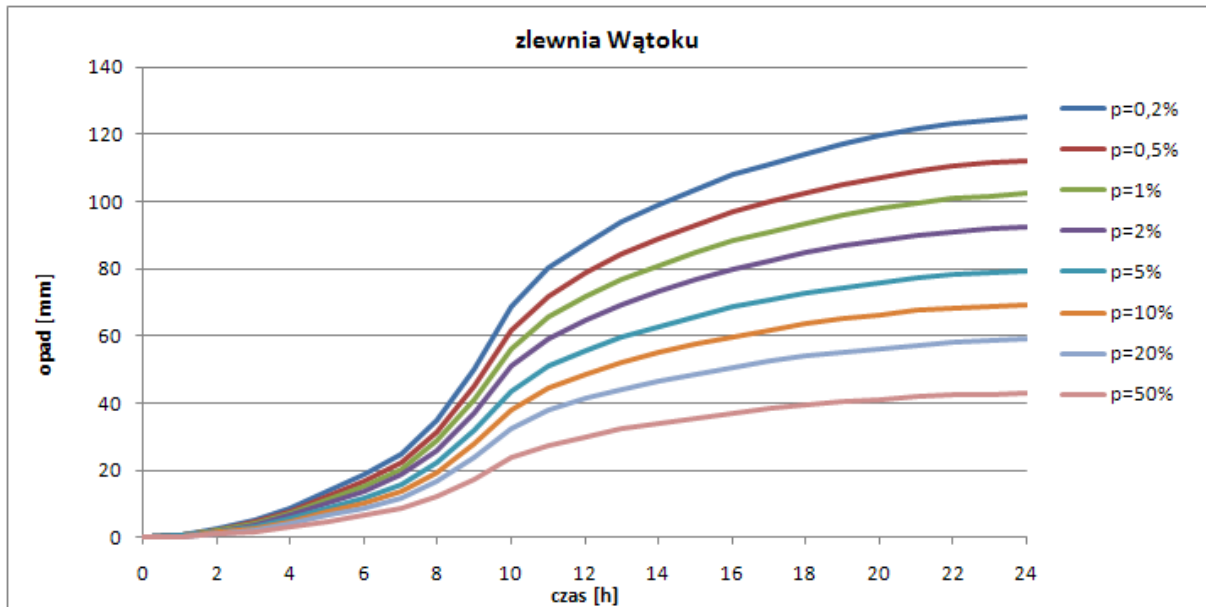
## Zlewnia Szwedki



Rys. 21. Rozkład dobowy opadu wg DVWK dla zlewni Szwedki



## Zlewnia Wątołu



Rys. 22. Rozkład dobowy opadu wg DWK dla zlewni Wątołu



## Parametr CN<sup>1</sup>

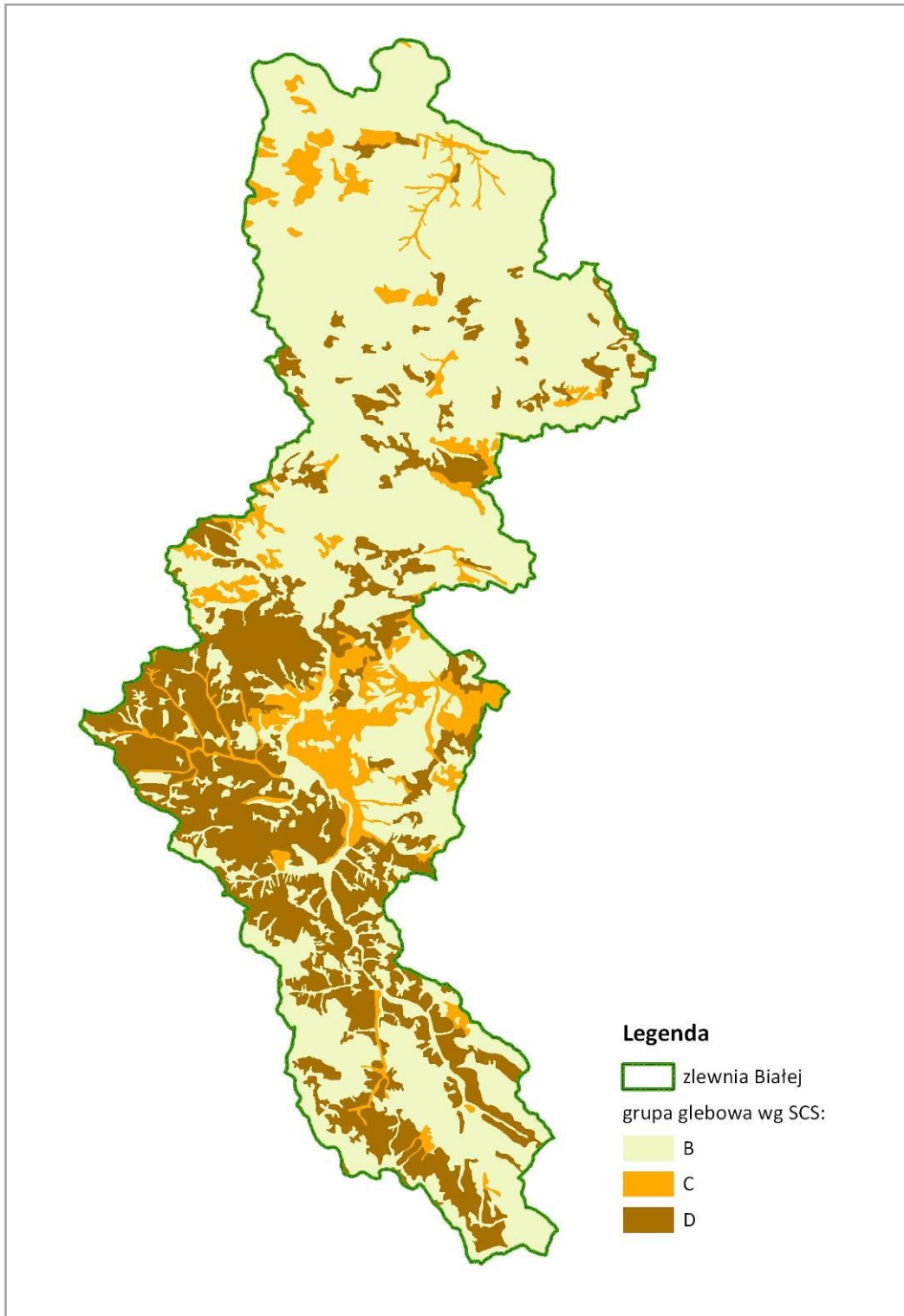
W oparciu o mapy glebowe pozyskane od Zamawiającego dokonano przyporządkowania gleb do poszczególnych grup, co obrazuje niżej zamieszczona tabela.

Tab. 1. **Przyporządkowanie rodzaju gleby do grup glebowych**

| <b>symbol</b> | <b>rodzaj gleby</b>                         | <b>grupa gleb</b> |
|---------------|---------------------------------------------|-------------------|
| c             | rędziny ciężkie                             | C                 |
| ls            | lessy                                       | B                 |
| s             | rędziny średnie głębokie                    | B                 |
| gc            | gliny ciężkie                               | D                 |
| gcp           | gliny ciężkie pylaste                       | D                 |
| gsp           | gliny średnie pylaste                       | D                 |
| i             | iły                                         | D                 |
| pli           | pyły ilaste (gleby pyłowe mocne)            | C                 |
| glp           | gliny lekkie pylaste                        | C                 |
| gs            | gliny średnie                               | D                 |
| gl            | gliny lekkie                                | C                 |
| l             | gleby lessowe i lessowate lekkie i średnie  | B                 |
| plz           | pyły zwykłe (gleby pyłowe lekkie i średnie) | B                 |

Grupy gleb występujące na obszarze zlewni Białej Tarnowskiej obrazuje rysunek Rys. 23

<sup>1</sup> Parametr CN – relacja opad-odpływ



Rys. 23. Grupy gleb na obszarze zlewni Białej Tarnowskiej

W związku z odmienną nomenklaturą opisującą rodzaj pokrycia zlewni w metodzie SCS, a bazą danych CORINE LAND COVER, na podstawie której opracowano zagospodarowanie terenu, rodzajowi pokrycia z metody SCS przypisano charakter zagospodarowania powierzchni zlewni określony na podstawie bazy CORINE LAND COVER, co przedstawiono w 0

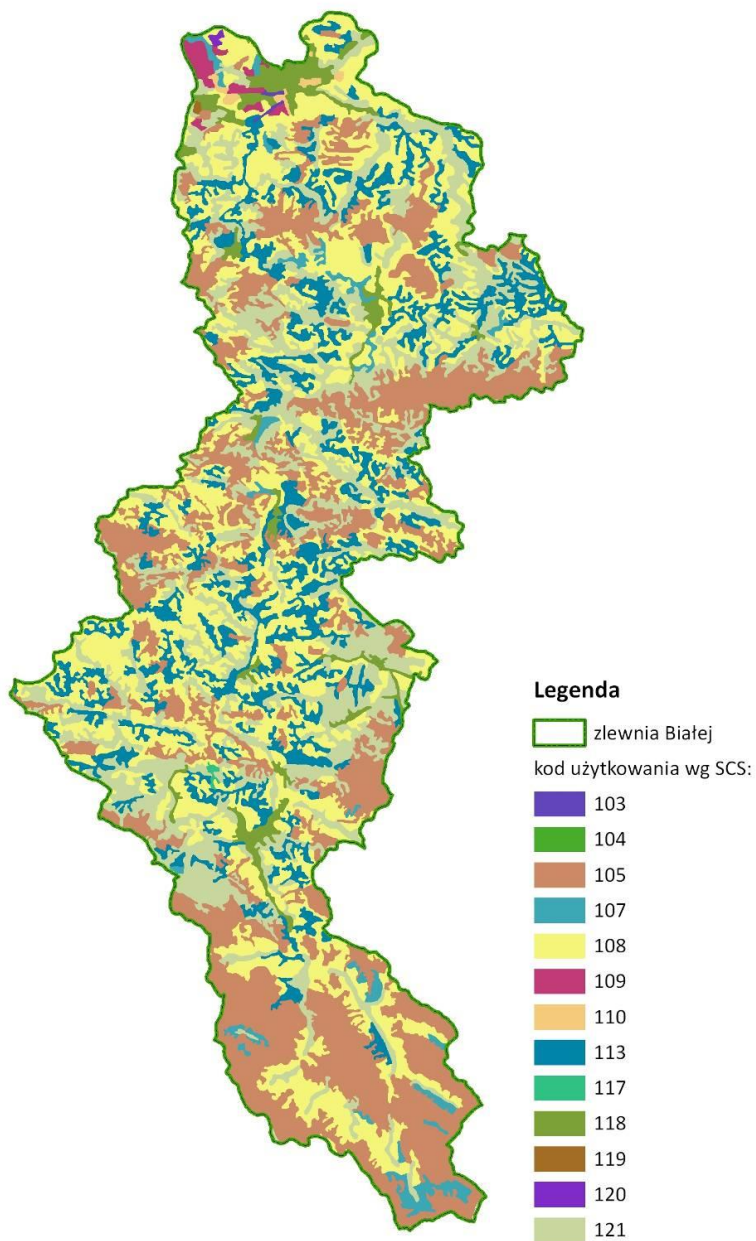
Tab. 2. Przyporządkowanie warstw CORINE LAND COVER (2006) do warstw SCS

| <b>kod CORINE</b> | <b>opis warstw CORINE</b>                                                     | <b>kod SCS</b> | <b>opis warstwy SCS</b>                           |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------|
| 411               | Bagna śródlądowe                                                              | 102            | drogi gruntowe (błotniste)                        |
| 412               | Torfowiska                                                                    | 102            | drogi gruntowe (błotniste)                        |
| 122               | Tereny komunikacyjne i związane z komunikacją drogową i kolejową              | 103            | drogi z twardą nawierzchnią                       |
| 324               | Lasy i roślinność krzewiasta w stanie zmian                                   | 104            | las przerzedzony                                  |
| 311               | Lasy liściaste                                                                | 105            | las średnio gęsty (średnie warunki)               |
| 312               | Lasy iglaste                                                                  | 105            | las średnio gęsty (średnie warunki)               |
| 313               | Lasy mieszane                                                                 | 105            | las średnio gęsty (średnie warunki)               |
| 231               | Łąki, pastwiska                                                               | 107            | łąki, pastwiska                                   |
| 211               | Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających                            | 108            | okopowe, zbożowe (uprawy rządowe, złe warunki)    |
| 121               | tereny przemysłowe lub handlowe                                               | 109            | okręgi przemysłowe (85% uszczelnieni)             |
| 133               | Budowy                                                                        | 110            | otwarte przestrzenie powierzchni trawiastej (75%) |
| 141               | Tereny zielone                                                                | 110            | otwarte przestrzenie powierzchni trawiastej (75%) |
| 142               | Tereny sportowe i wypoczynkowe                                                | 110            | otwarte przestrzenie powierzchni trawiastej (75%) |
| 243               | Tereny zajęte głównie przez rolnictwo z dużym udziałem roślinności naturalnej | 113            | pastwiska, łąki (średnie warunki)                 |
| 124               | lotniska                                                                      | 116            | tereny handlowe i przemysłowe (85% uszczelnienia) |
| 222               | Sady i plantacje                                                              | 117            | tereny otwarte ((50-75%) powierzchni trawiastej   |
| 111               | zabudowa miejska zwarta                                                       | 118            | tereny zamieszkałe (65%)                          |



| <b>kod CORINE</b> | <b>opis warstw CORINE</b>        | <b>kod SCS</b> | <b>opis warstwy SCS</b>                |
|-------------------|----------------------------------|----------------|----------------------------------------|
|                   |                                  |                | uszczelnienia)                         |
| 112               | zabudowa miejska luźna           | 118            | tereny zamieszkałe (30% uszczelnienia) |
| 131               | Miejsca eksploatacji odkrywkowej | 119            | ugór                                   |
| 512               | Zbiorniki wodne                  | 120            | wody                                   |
| 242               | Złożone systemy upraw i działek  | 121            | zabudowa wiejska                       |

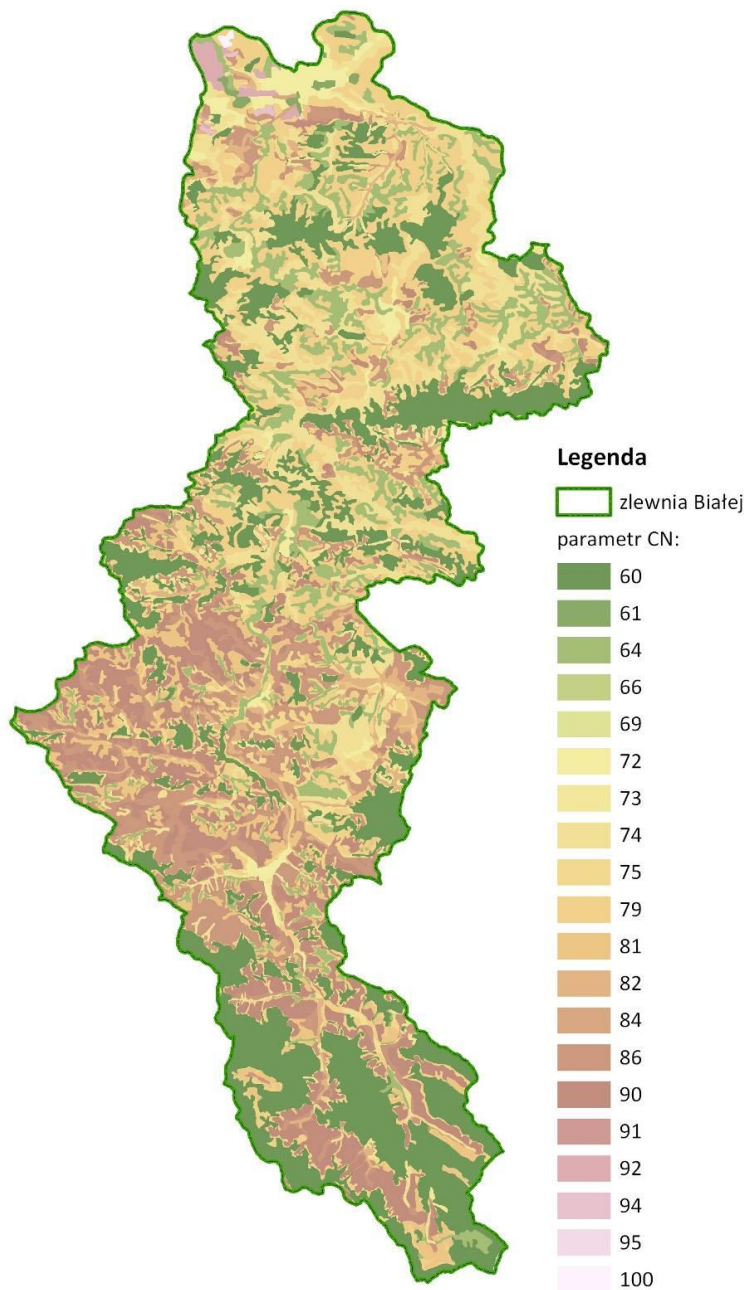
Zagospodarowanie zlewni Białej Tarnowskiej obrazuje rysunek Rys. 24.



Rys. 24. Klasy użytkowania w zlewni Białej Tarnobrzegskiej (wg CORINE 2006)

Parametr CN wyliczony w zależności od grupy gleb i zagospodarowania obrazuje niżej zamieszczony rysunek Rys. 25.

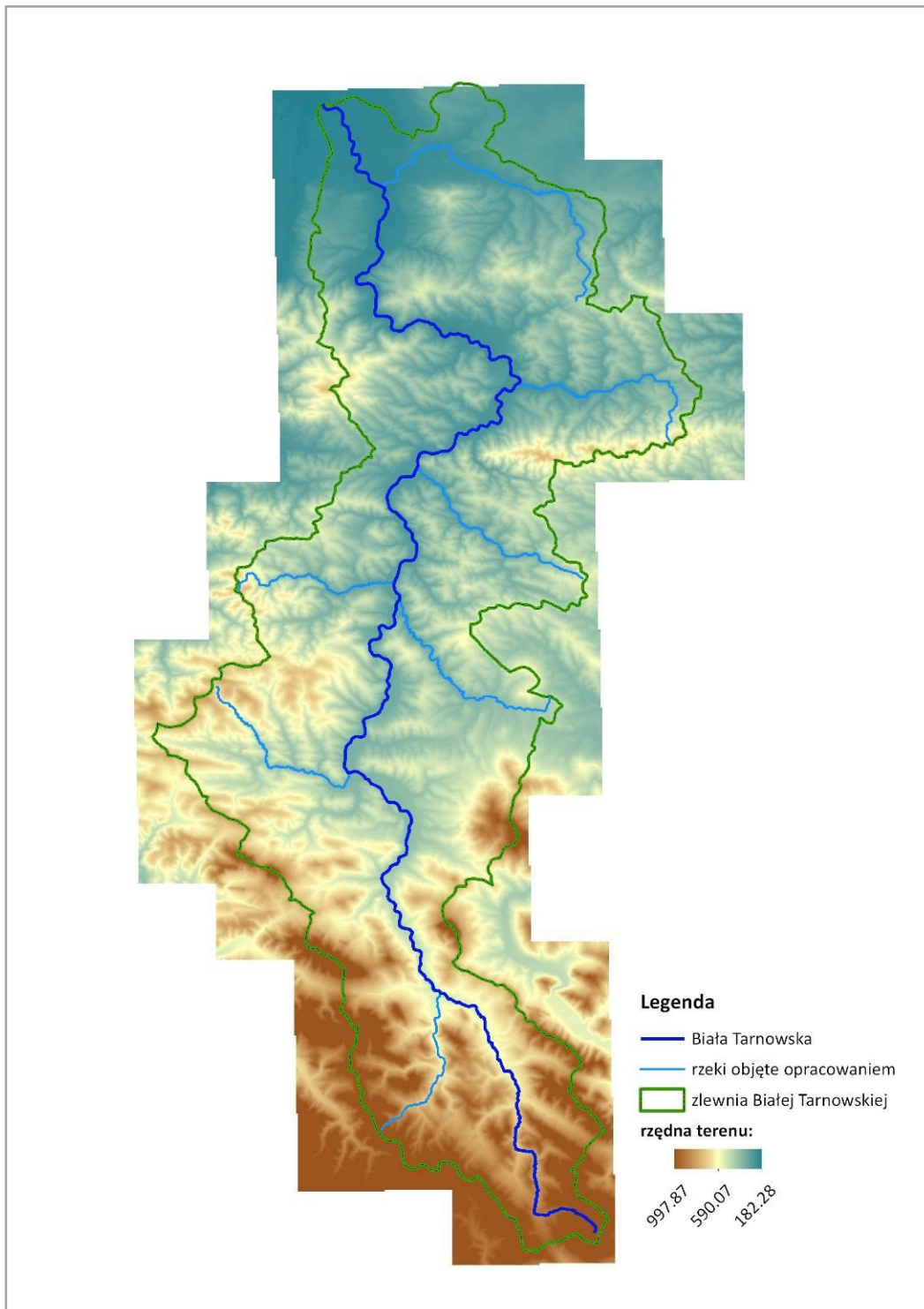




Rys. 25. Parametr CN, Biała Tarnowska

### Czas opóźnienia – spadek zlewni i najdłuższe ścieżki spływu

Spadek i najdłuższe ścieżki spływu dla każdej zlewni modelowej spadek został wyliczony z użyciem oprogramowania ArcGis na podstawie numerycznego modelu terenu DTM (Rys. 26).



Rys. 26. DTM pokrywający obszar Białej Tarnowskiej



## Wyniki obliczeń hydrologicznych

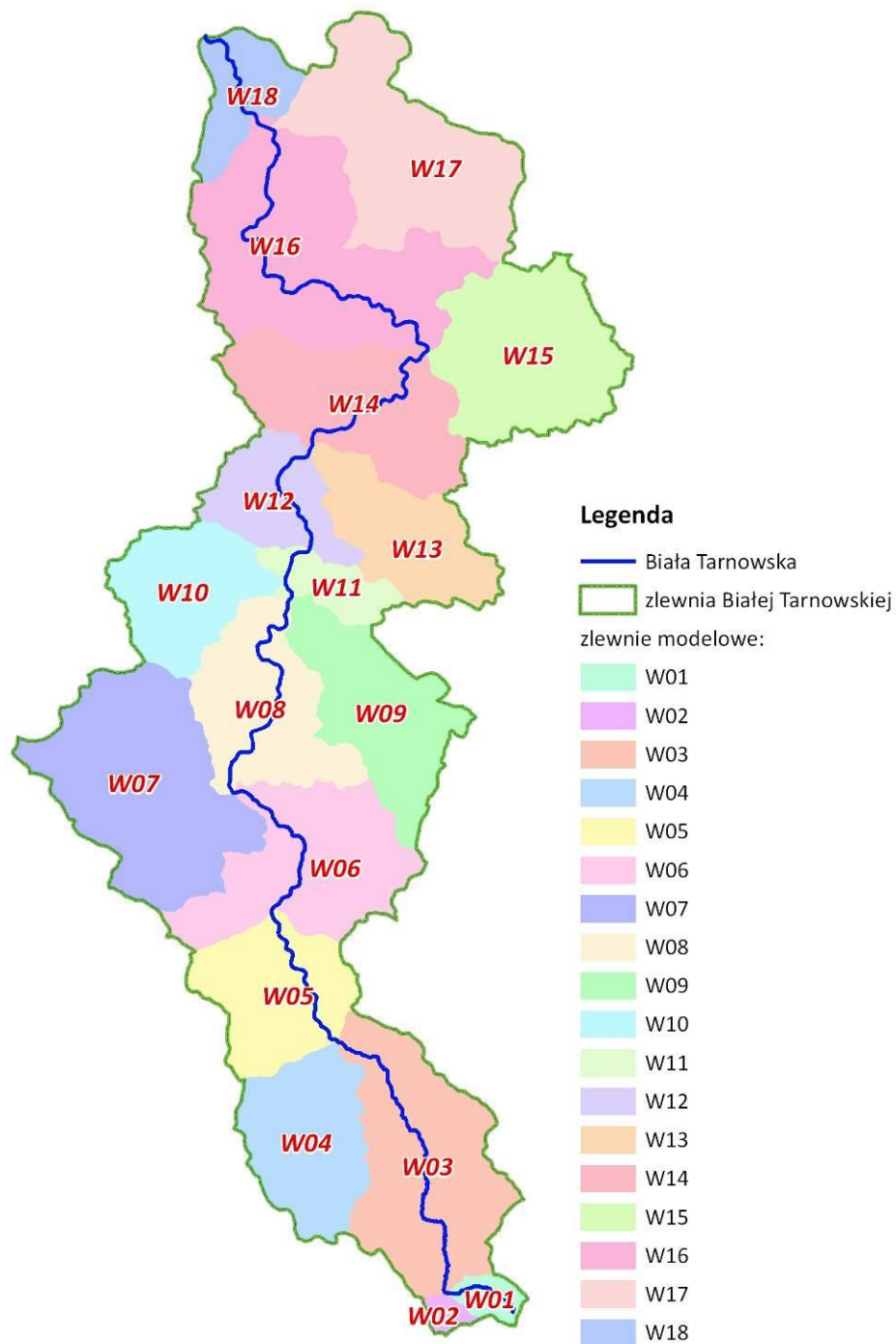
W niżej zamieszczonych tabelach zestawiono jedynie wartości maksymalne przepływów o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia. Hydrogramy hipotetyczne dla każdej zlewni (będące danymi wejściowymi do modelu hydraulicznego) zawarte są w odpowiednim katalogu (dfs0) z modelowaniem hydraulicznym.

## Struktury modeli i wyniki obliczeń dla zlewni kontrolowanych

### **Biała Tarnowska**

Na Rys. 27. przedstawiono schemat podziału zlewni Białej Tarnowskiej na zlewnie modelowe.

Wartości przepływów uzyskane w drodze interpolacji i ekstrapolacji, w oparciu o dane wodowskazowe zlokalizowane na rzece Biała Tarnowska, zamieszczono w Tab. 2.



Rys. 27. Struktura modelu dla zlewni Białej



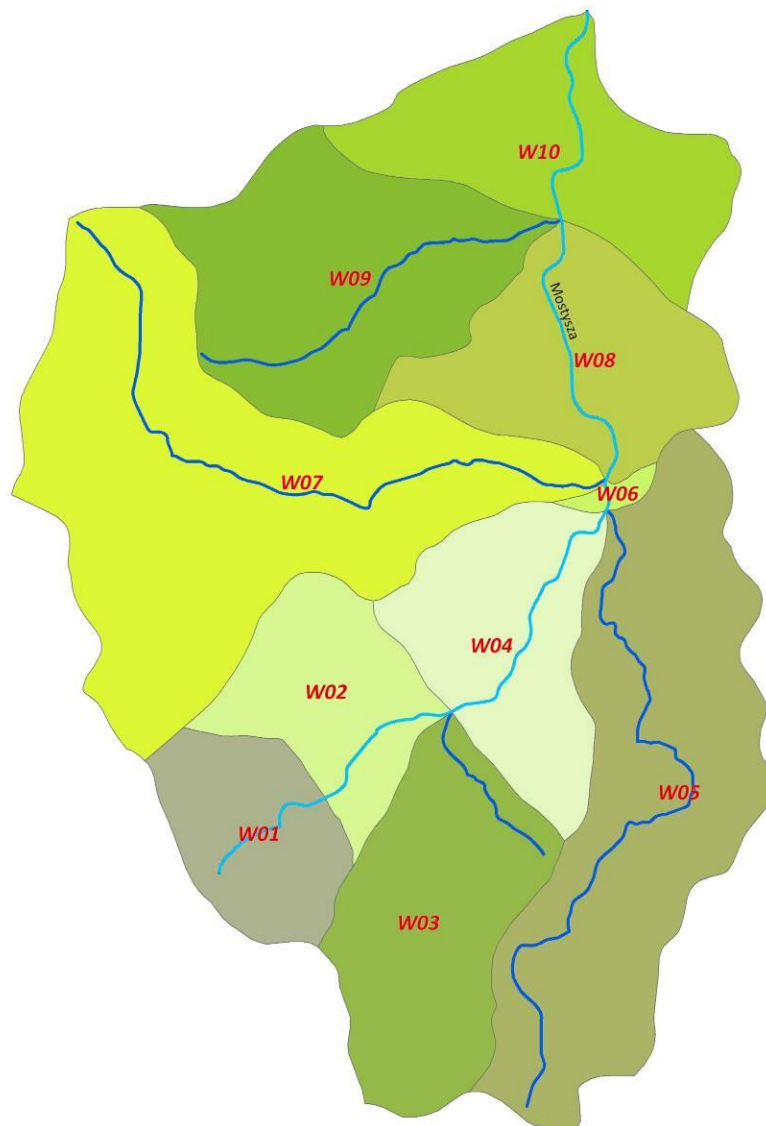
Tab. 3. Wartości przepływów uzyskane w drodze interpolacji i ekstrapolacji w oparciu o dane wodowskazowe – Biała Tarnowska

| zlewnia       | A [km <sup>2</sup> ] | Przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia p [%] |        |        |        |        |       |       |       |
|---------------|----------------------|-----------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
|               |                      | 0,2                                                 | 0,5    | 1      | 2      | 5      | 10    | 20    | 50    |
| W01           | 7.15                 | 74.11                                               | 58.68  | 48.46  | 39.33  | 28.79  | 21.95 | 15.86 | 5.48  |
| W02           | 3.76                 | 24.24                                               | 19.19  | 15.85  | 12.86  | 9.42   | 7.18  | 5.19  | 1.79  |
| W03           | 84.05                | 320.84                                              | 254.04 | 209.82 | 170.30 | 124.67 | 95.03 | 68.68 | 23.71 |
| W04           | 51.19                | 140.41                                              | 111.18 | 91.82  | 74.53  | 54.56  | 41.59 | 30.06 | 10.38 |
| W05           | 50.19                | 122.41                                              | 96.92  | 80.05  | 64.97  | 47.56  | 36.26 | 26.20 | 9.05  |
| w. Grybów     |                      | 682.0                                               | 540.0  | 446.0  | 362.0  | 265.0  | 202.0 | 146.0 | 50.4  |
| W06           | 69.80                | 43.90                                               | 50.05  | 51.90  | 51.28  | 47.18  | 41.44 | 33.44 | 24.94 |
| W07           | 94.75                | 59.59                                               | 67.95  | 70.46  | 69.62  | 64.05  | 56.25 | 45.39 | 33.86 |
| W08           | 57.35                | 36.07                                               | 41.13  | 42.64  | 42.14  | 38.77  | 34.05 | 27.47 | 20.50 |
| W09           | 56.05                | 35.26                                               | 40.20  | 41.68  | 41.19  | 37.89  | 33.28 | 26.85 | 20.03 |
| W10           | 45.38                | 28.54                                               | 32.54  | 33.74  | 33.34  | 30.68  | 26.94 | 21.74 | 16.22 |
| W11           | 16.91                | 10.64                                               | 12.13  | 12.58  | 12.43  | 11.43  | 10.04 | 8.10  | 6.04  |
| w. Ciężkowice |                      | 896.0                                               | 784.0  | 699.0  | 612.0  | 495.0  | 404.0 | 309.0 | 172.0 |
| W12           | 33.84                | 61.06                                               | 50.69  | 42.92  | 35.47  | 25.27  | 17.98 | 11.01 | 2.83  |
| W13           | 45.06                | 81.31                                               | 67.51  | 57.16  | 47.23  | 33.65  | 23.94 | 14.67 | 3.78  |
| W14           | 68.45                | 123.50                                              | 102.53 | 86.81  | 71.74  | 51.10  | 36.36 | 22.28 | 5.73  |
| W15           | 72.95                | 131.62                                              | 109.28 | 92.52  | 76.46  | 54.46  | 38.75 | 23.74 | 6.11  |
| W16           | 112.72               | 203.39                                              | 168.86 | 142.97 | 118.15 | 84.16  | 59.89 | 36.69 | 9.44  |
| W17           | 84.86                | 153.12                                              | 127.13 | 107.63 | 88.95  | 63.36  | 45.08 | 27.62 | 7.11  |
| w. Koszyce    |                      | 1650.0                                              | 1410.0 | 1229.0 | 1050.0 | 807.0  | 626.0 | 445.0 | 207.0 |
| W18           | 25.36                | 29.24                                               | 24.99  | 21.78  | 18.61  | 14.30  | 11.09 | 7.89  | 3.67  |



## Struktury modeli i wyniki obliczeń dla zlewni niekontrolowanych

### Mostysza



Rys. 28. Struktura modelu hydrologicznego dla Mostyszy



Tab. 4. Wartości parametrów w modelu –Mostysza

| zlewnia cząstkowa | CN    | spadek zlewni | długość ścieżki | Tlag <sup>2</sup> | Tlag  |
|-------------------|-------|---------------|-----------------|-------------------|-------|
|                   |       | [%]           | [km]            | [h]               | [min] |
| W01               | 71.16 | 15.95         | 8.69            | 1.50              | 90.01 |
| W02               | 72.44 | 14.38         | 1.22            | 0.32              | 19.02 |
| W03               | 68.34 | 20.61         | 6.35            | 1.11              | 66.51 |
| W04               | 73.64 | 12.25         | 0.56            | 0.18              | 10.62 |
| W05               | 72.79 | 15.12         | 6.36            | 1.15              | 68.88 |
| W06               | 75.58 | 12.69         | 2.84            | 0.61              | 36.41 |
| W07               | 69.79 | 14.33         | 4.70            | 1.00              | 60.28 |
| W08               | 73.56 | 11.80         | 0.97            | 0.28              | 16.91 |
| W09               | 68.05 | 18.55         | 5.34            | 1.02              | 61.44 |
| W10               | 71.38 | 14.95         | 4.23            | 0.87              | 52.01 |

Tab. 5. Wyniki obliczeń – Mostysza

| zlewnia cząstkowa | Przepływ dla prawdopodobieństwa przewyższenia p |       |       |       |       |      |      |      |
|-------------------|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
|                   | 0,2%                                            | 0,5%  | 1%    | 2%    | 5%    | 10%  | 20%  | 50%  |
| W01               | 6.79                                            | 5.37  | 4.35  | 3.38  | 2.18  | 1.37 | 0.79 | 0.23 |
| W02               | 12.44                                           | 10.42 | 8.94  | 7.48  | 5.61  | 4.30 | 2.98 | 1.28 |
| W03               | 15.45                                           | 12.65 | 10.61 | 8.64  | 6.13  | 4.40 | 2.80 | 0.98 |
| W04               | 17.43                                           | 14.81 | 12.86 | 10.94 | 8.43  | 6.60 | 4.73 | 2.25 |
| W05               | 27.59                                           | 22.84 | 19.33 | 15.94 | 11.66 | 8.64 | 5.79 | 2.25 |
| W06               | 0.95                                            | 0.82  | 0.72  | 0.62  | 0.49  | 0.39 | 0.29 | 0.16 |
| W07               | 25.41                                           | 20.27 | 16.53 | 13.07 | 8.78  | 5.95 | 3.48 | 1.15 |

<sup>2</sup> Czas opóźnienia

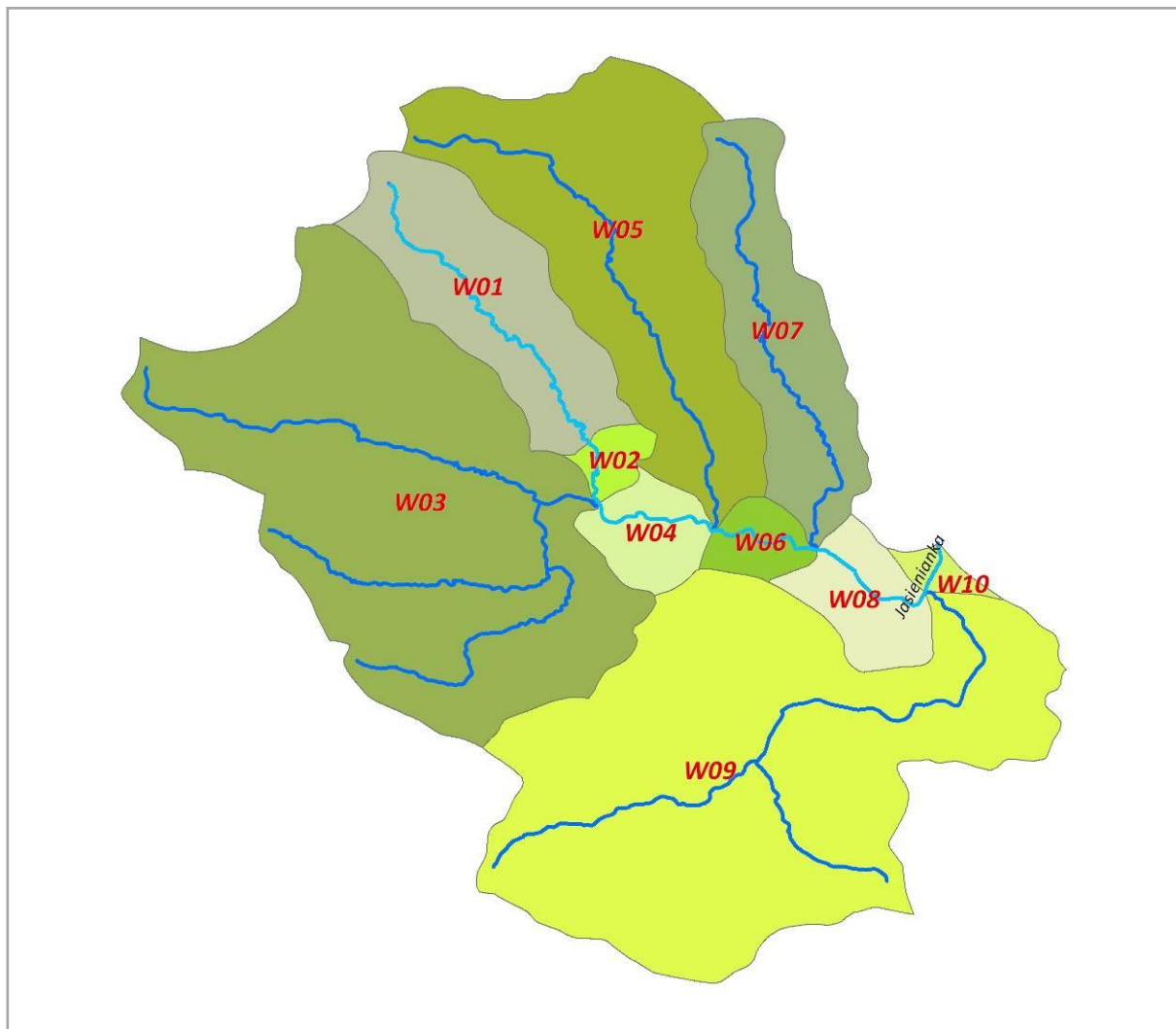


| zlewnia cząstkowa | Przepływ dla prawdopodobieństwa przewyższenia p |       |       |       |      |      |      |      |
|-------------------|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
|                   | 0,2%                                            | 0,5%  | 1%    | 2%    | 5%   | 10%  | 20%  | 50%  |
| W08               | 10.98                                           | 8.73  | 7.12  | 5.58  | 3.72 | 2.52 | 1.49 | 0.46 |
| W09               | 13.28                                           | 10.45 | 8.42  | 6.52  | 4.26 | 2.82 | 1.56 | 0.50 |
| W10               | 20.14                                           | 17.08 | 14.82 | 12.58 | 9.66 | 7.53 | 5.37 | 2.52 |





## Jasienianka



Rys. 29. Struktura modelu hydrologicznego dla zlewni Jasienianki

Tab. 6. Wartości parametrów w modelu – Jasienianka

| zlewnia cząstkowa | CN    | spadek zlewni | długość ścieżki | Tlag | Tlag  |
|-------------------|-------|---------------|-----------------|------|-------|
|                   |       | [%]           | [km]            | [h]  | [min] |
| W01               | 84.61 | 16.76         | 6.34            | 0.76 | 45.39 |
| W02               | 80.83 | 16.72         | 1.90            | 0.33 | 19.64 |
| W03               | 82.49 | 16.73         | 8.42            | 1.02 | 61.20 |

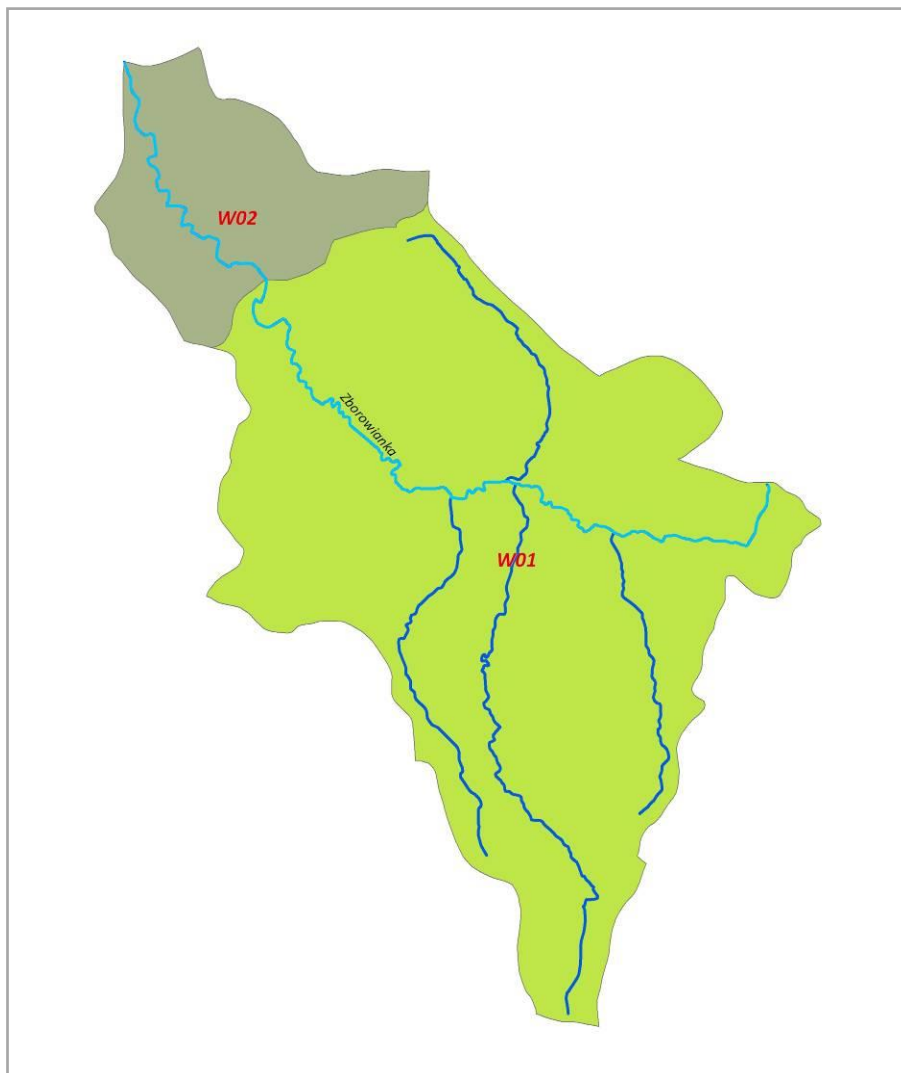


| zlewnia cząstkowa | CN    | spadek zlewni | długość ścieżki | Tlag | Tlag  |
|-------------------|-------|---------------|-----------------|------|-------|
|                   |       | [%]           | [km]            | [h]  | [min] |
| W04               | 84.86 | 16.09         | 2.16            | 0.32 | 19.37 |
| W05               | 82.01 | 17.11         | 9.25            | 1.10 | 66.26 |
| W06               | 85.74 | 18.33         | 2.09            | 0.29 | 17.17 |
| W07               | 79.16 | 15.61         | 8.03            | 1.13 | 67.81 |
| W08               | 83.10 | 15.33         | 2.92            | 0.45 | 26.86 |
| W09               | 81.29 | 17.03         | 10.59           | 1.26 | 75.77 |
| W10               | 81.32 | 12.60         | 1.18            | 0.25 | 15.22 |

Tab. 7. Wyniki obliczeń – Jasienianka

| zlewnia cząstkowa | Przepływ dla prawdopodobieństwa przewyższenia p |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | 0,2%                                            | 0,5%  | 1%    | 2%    | 5%    | 10%   | 20%   | 50%   |
| W01               | 32.84                                           | 28.35 | 25.02 | 21.71 | 17.46 | 14.19 | 10.86 | 6.21  |
| W02               | 3.52                                            | 3.01  | 2.63  | 2.26  | 1.78  | 1.41  | 1.04  | 0.54  |
| W03               | 101.84                                          | 87.39 | 76.77 | 66.15 | 52.31 | 41.81 | 31.25 | 17.04 |
| W04               | 10.28                                           | 8.91  | 7.90  | 6.89  | 5.57  | 4.54  | 3.48  | 2.02  |
| W05               | 54.86                                           | 46.94 | 41.11 | 35.30 | 27.74 | 22.09 | 16.52 | 8.90  |
| W06               | 6.45                                            | 5.61  | 4.99  | 4.37  | 3.56  | 2.92  | 2.26  | 1.34  |
| W07               | 25.32                                           | 21.41 | 18.55 | 15.75 | 12.18 | 9.52  | 6.89  | 3.47  |
| W08               | 12.05                                           | 10.36 | 9.11  | 7.88  | 6.30  | 5.09  | 3.85  | 2.15  |
| W09               | 101.07                                          | 86.28 | 75.44 | 64.61 | 50.56 | 40.01 | 29.76 | 15.78 |
| W10               | 2.46                                            | 2.10  | 1.85  | 1.59  | 1.26  | 1.01  | 0.75  | 0.40  |

## Zborowianka



Rys. 30. Struktura modelu hydrologicznego dla Zborowianki

Tab. 8. Wartości parametrów w modelu – Zborowianka

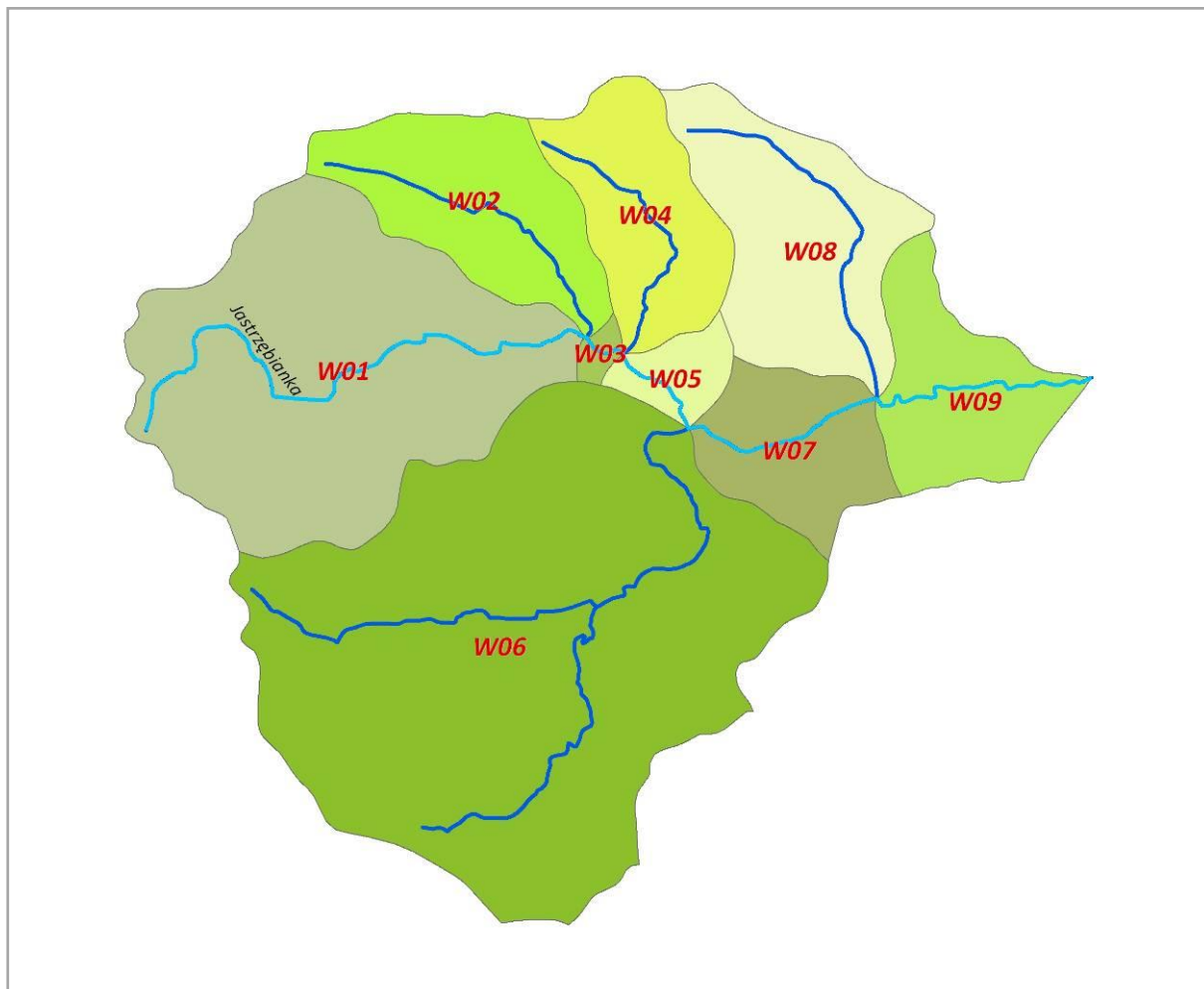
| zlewnia cząstkowa | CN    | spadek zlewni | długość ścieżki | Tlag | Tlag   |
|-------------------|-------|---------------|-----------------|------|--------|
|                   |       | [%]           | [km]            | [h]  | [min]  |
| W01               | 76.19 | 11.17         | 16.14           | 2.55 | 153.16 |
| W02               | 77.81 | 16.80         | 6.99            | 1.02 | 60.98  |



Tab. 9. Wyniki obliczeń – Kakonianka wraz z Dopływem z Porąbki

| zlewnia cząstkowa | Przeływ dla prawdopodobieństwa przewyższenia p |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | 0,2%                                           | 0,5%  | 1%    | 2%    | 5%    | 10%   | 20%   | 50%   |
| W01               | 101.58                                         | 84.60 | 72.03 | 59.80 | 44.52 | 33.57 | 23.12 | 10.24 |
| W02               | 28.31                                          | 23.68 | 20.32 | 16.99 | 12.70 | 9.66  | 6.74  | 3.01  |

## Jastrzębianka



Rys. 31. Struktura modelu hydrologicznego dla Jastrzębianki

Tab. 10. Wartości parametrów w modelu – Jastrzębianka

| zlewnia cząstkowa | CN    | spadek zlewni | długość ścieżki | Tlag | Tlag  |
|-------------------|-------|---------------|-----------------|------|-------|
|                   |       | [%]           | [km]            | [h]  | [min] |
| W01               | 71.57 | 21.49         | 6.14            | 0.97 | 58.12 |
| W02               | 81.99 | 14.19         | 3.79            | 0.59 | 35.69 |
| W03               | 79.27 | 19.99         | 0.66            | 0.13 | 8.07  |
| W04               | 73.31 | 15.26         | 3.28            | 0.66 | 39.83 |

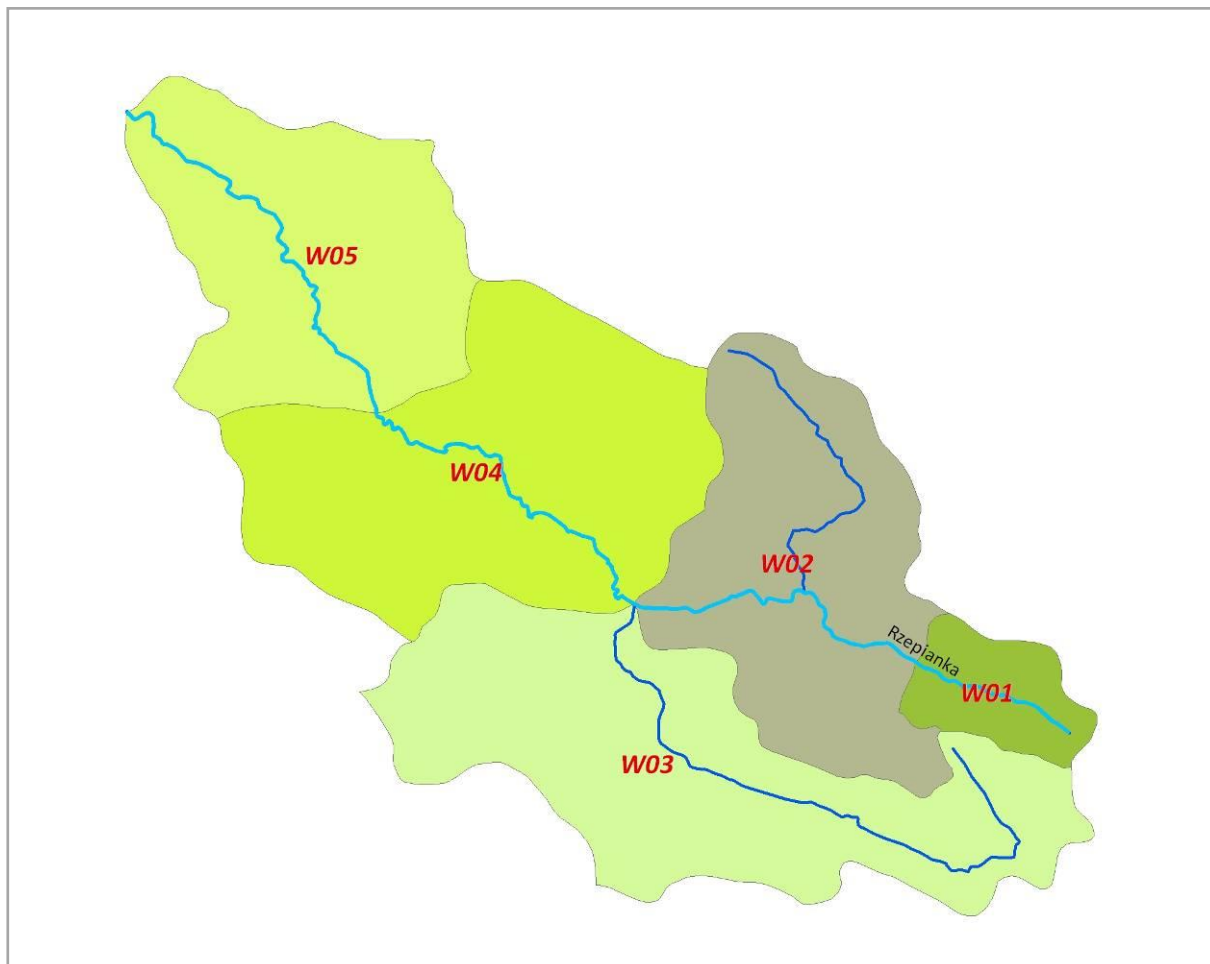


| zlewnia cząstkowa | CN    | spadek zlewni | długość ścieżki | Tlag | Tlag  |
|-------------------|-------|---------------|-----------------|------|-------|
|                   |       | [%]           | [km]            | [h]  | [min] |
| W05               | 78.02 | 19.25         | 1.24            | 0.24 | 14.15 |
| W06               | 75.93 | 19.41         | 7.20            | 1.02 | 61.38 |
| W07               | 75.92 | 14.40         | 2.39            | 0.49 | 29.48 |
| W08               | 74.75 | 14.10         | 4.26            | 0.82 | 48.98 |
| W09               | 69.72 | 14.13         | 2.98            | 0.70 | 42.28 |

Tab. 11. Wyniki obliczeń – Jastrzębianka

| zlewnia cząstkowa | Przepływ dla prawdopodobieństwa przewyższenia p |       |       |       |       |       |       |      |
|-------------------|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|                   | 0,2%                                            | 0,5%  | 1%    | 2%    | 5%    | 10%   | 20%   | 50%  |
| W01               | 22.71                                           | 18.58 | 15.57 | 12.73 | 8.97  | 6.74  | 4.42  | 1.77 |
| W02               | 12.99                                           | 11.12 | 9.77  | 8.44  | 6.53  | 5.32  | 3.98  | 2.16 |
| W03               | 0.72                                            | 0.61  | 0.54  | 0.46  | 0.35  | 0.29  | 0.21  | 0.11 |
| W04               | 7.91                                            | 6.50  | 5.52  | 4.58  | 3.28  | 2.49  | 1.65  | 0.70 |
| W05               | 2.78                                            | 2.35  | 2.05  | 1.75  | 1.32  | 1.05  | 0.76  | 0.37 |
| W06               | 49.00                                           | 40.93 | 35.00 | 29.30 | 21.54 | 16.83 | 11.72 | 5.47 |
| W07               | 7.54                                            | 6.31  | 5.43  | 4.57  | 3.37  | 2.63  | 1.82  | 0.80 |
| W08               | 11.64                                           | 9.66  | 8.23  | 6.85  | 4.95  | 3.82  | 2.61  | 1.17 |
| W09               | 6.29                                            | 5.10  | 4.24  | 3.43  | 2.33  | 1.70  | 1.08  | 0.40 |

## Rzepianka



Rys. 32. Struktura modelu hydrologicznego dla zlewni Rzepianki

Tab. 12. Wartości parametrów w modelu – Rzepianka

| zlewnia cząstkowa | CN    | spadek zlewni | długość ścieżki | Tlag | Tlag  |
|-------------------|-------|---------------|-----------------|------|-------|
|                   |       | [%]           | [km]            | [h]  | [min] |
| W01               | 74.37 | 15.67         | 2.14            | 0.45 | 27.02 |
| W02               | 71.08 | 15.84         | 6.40            | 1.18 | 70.84 |
| W03               | 71.15 | 16.32         | 7.13            | 1.27 | 75.97 |
| W04               | 70.49 | 17.28         | 6.24            | 1.13 | 67.62 |
| W05               | 75.95 | 17.22         | 6.87            | 1.05 | 62.73 |



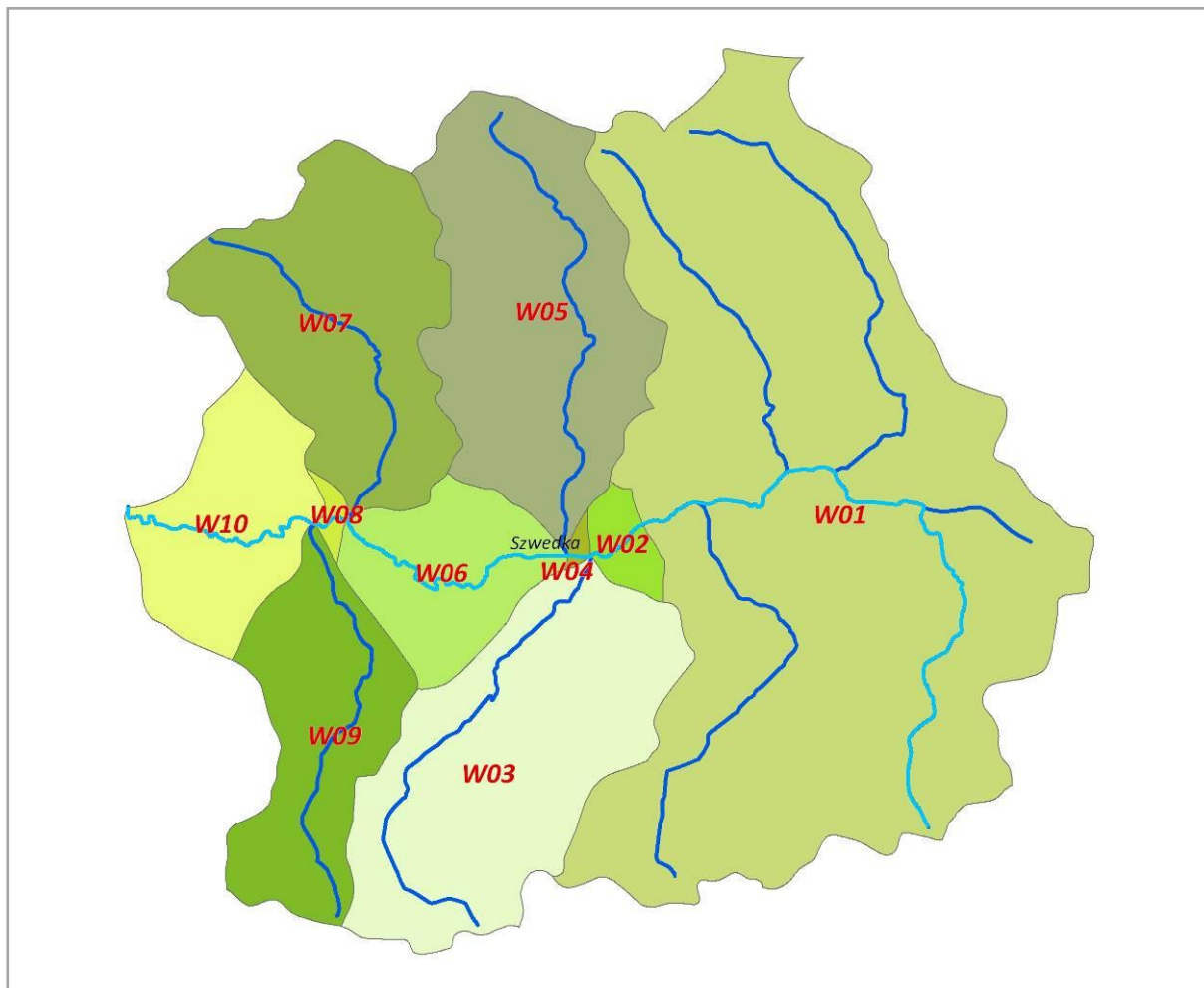
*Wyniki obliczeń – Rzepianka*

| zlewnia cząstkowa | Przepływ dla prawdopodobieństwa przewyższenia p |       |       |       |      |      |      |      |
|-------------------|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
|                   | 0,2%                                            | 0,5%  | 1%    | 2%    | 5%   | 10%  | 20%  | 50%  |
| W01               | 4.51                                            | 3.71  | 3.12  | 2.56  | 1.84 | 1.34 | 0.85 | 0.33 |
| W02               | 15.14                                           | 12.20 | 10.06 | 8.03  | 5.60 | 3.93 | 2.44 | 0.90 |
| W03               | 20.34                                           | 16.36 | 13.48 | 10.81 | 7.52 | 5.30 | 3.31 | 1.23 |
| W04               | 19.20                                           | 15.38 | 12.65 | 10.07 | 6.96 | 4.84 | 2.97 | 1.09 |
| W05               | 18.97                                           | 15.63 | 13.20 | 10.92 | 7.98 | 5.96 | 4.02 | 1.69 |





## Szwedka



Rys. 33. Struktura modelu hydrologicznego dla Szwedki

Tab. 13. Wartości parametrów w modelu – Szwedka

| zlewnia cząstkowa | CN    | spadek zlewni | długość ścieżki | Tlag | Tlag  |
|-------------------|-------|---------------|-----------------|------|-------|
|                   |       | [%]           | [km]            | [h]  | [min] |
| W01               | 71.16 | 15.95         | 8.69            | 1.50 | 90.01 |
| W02               | 72.44 | 14.38         | 1.22            | 0.32 | 19.02 |
| W03               | 68.34 | 20.61         | 6.35            | 1.11 | 66.51 |

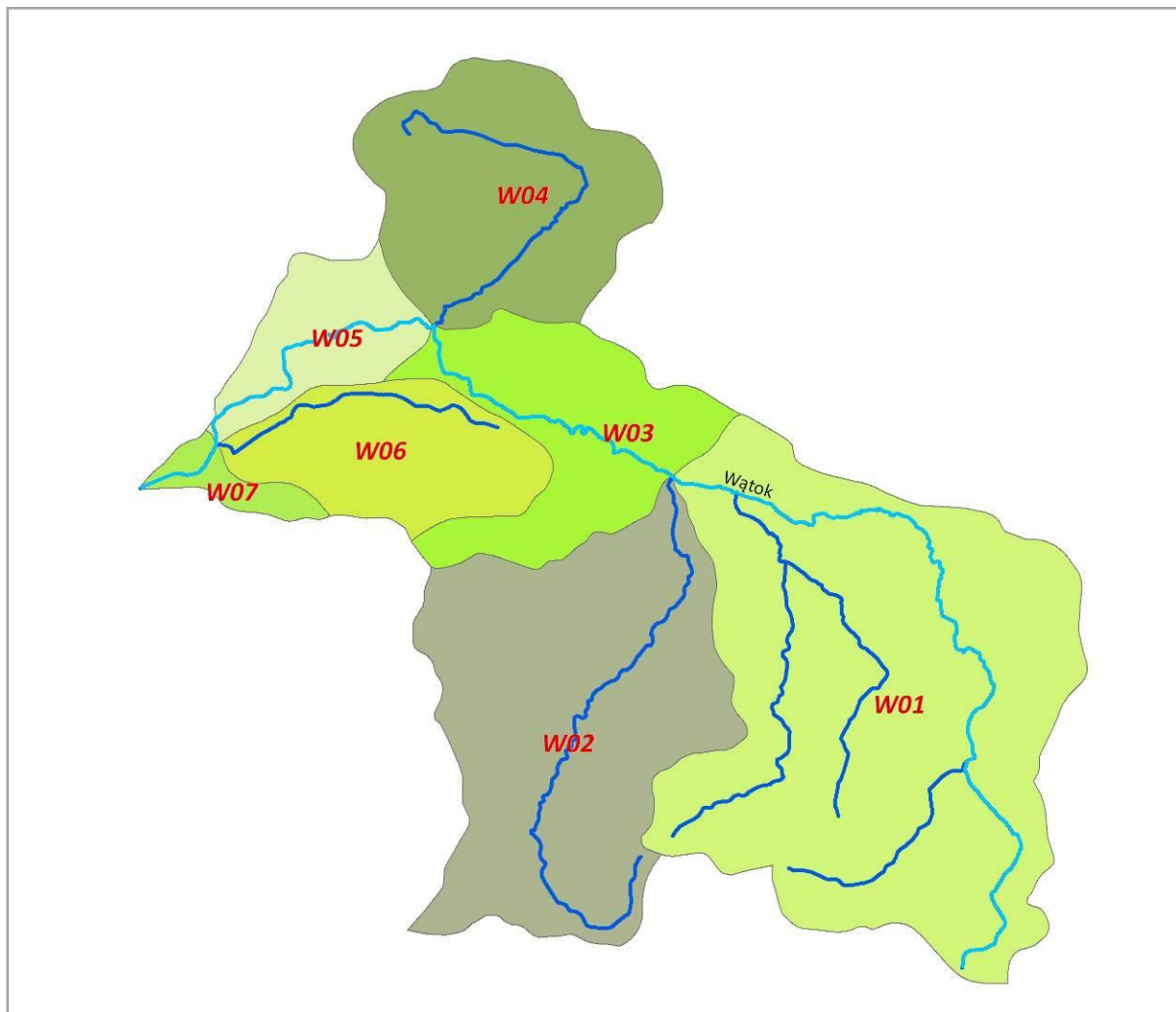
|     |       |       |      |      |       |
|-----|-------|-------|------|------|-------|
| W04 | 73.64 | 12.25 | 0.56 | 0.18 | 10.62 |
| W05 | 72.79 | 15.12 | 6.36 | 1.15 | 68.88 |
| W06 | 75.58 | 12.69 | 2.84 | 0.61 | 36.41 |
| W07 | 69.79 | 14.33 | 4.70 | 1.00 | 60.28 |
| W08 | 73.56 | 11.80 | 0.97 | 0.28 | 16.91 |
| W09 | 68.05 | 18.55 | 5.34 | 1.02 | 61.44 |
| W10 | 71.38 | 14.95 | 4.23 | 0.87 | 52.01 |

Tab. 14. Wyniki obliczeń – Szwedka

| zlewnia cząstkowa | Przepływ dla prawdopodobieństwa przewyższenia p |       |       |       |       |       |      |      |
|-------------------|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
|                   | 0,2%                                            | 0,5%  | 1%    | 2%    | 5%    | 10%   | 20%  | 50%  |
| W01               | 49.84                                           | 40.09 | 33.15 | 13.02 | 18.49 | 13.02 | 8.09 | 3.16 |
| W02               | 1.58                                            | 1.28  | 1.06  | 0.86  | 0.60  | 0.42  | 0.26 | 0.09 |
| W03               | 13.50                                           | 10.70 | 8.67  | 6.79  | 4.55  | 3.06  | 1.80 | 0.68 |
| W04               | 0.25                                            | 0.20  | 0.17  | 0.14  | 0.10  | 0.07  | 0.05 | 0.02 |
| W05               | 16.37                                           | 13.27 | 11.04 | 8.95  | 6.35  | 4.54  | 2.90 | 1.09 |
| W06               | 8.30                                            | 6.83  | 5.75  | 4.74  | 3.44  | 2.52  | 1.66 | 0.68 |
| W07               | 12.32                                           | 9.83  | 8.02  | 6.35  | 4.34  | 2.98  | 1.78 | 0.67 |
| W08               | 0.47                                            | 0.38  | 0.32  | 0.26  | 0.19  | 0.13  | 0.08 | 0.03 |
| W09               | 7.42                                            | 5.84  | 4.72  | 3.69  | 2.47  | 1.65  | 0.96 | 0.36 |
| W10               | 7.24                                            | 5.83  | 4.80  | 1.87  | 2.67  | 1.87  | 1.16 | 0.41 |



## Wątok



Rys. 34. Struktura modelu hydrologicznego dla Wątku

Tab. 15. Wartości parametrów w modelu – Wątok

| zlewnia cząstkowa | CN    | spadek zlewni | długość ścieżki | Tlag | Tlag   |
|-------------------|-------|---------------|-----------------|------|--------|
|                   |       | [%]           | [km]            | [h]  | [min]  |
| W01               | 73.08 | 11.17         | 12.79           | 2.32 | 138.97 |
| W02               | 71.91 | 13.17         | 9.97            | 1.81 | 108.31 |
| W03               | 74.07 | 7.11          | 6.71            | 1.69 | 101.10 |

|     |       |      |      |      |        |
|-----|-------|------|------|------|--------|
| W04 | 74.30 | 4.34 | 6.91 | 2.19 | 131.66 |
| W05 | 70.77 | 4.46 | 4.65 | 1.74 | 104.47 |
| W06 | 79.26 | 8.19 | 5.77 | 1.19 | 71.60  |
| W07 | 82.60 | 7.65 | 2.86 | 0.63 | 38.04  |

Tab. 16. Wyniki obliczeń – Wątok

| zlewnia cząstkowa | Przeływ dla prawdopodobieństwa przewyższenia p |       |       |       |       |       |       |      |
|-------------------|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|                   | 0,2%                                           | 0,5%  | 1%    | 2%    | 5%    | 10%   | 20%   | 50%  |
| W01               | 63.26                                          | 52.70 | 45.10 | 37.90 | 28.67 | 22.01 | 15.76 | 7.79 |
| W02               | 40.69                                          | 33.81 | 28.81 | 24.12 | 18.12 | 13.85 | 9.82  | 4.72 |
| W03               | 19.83                                          | 16.57 | 14.18 | 11.96 | 9.09  | 7.02  | 5.05  | 2.51 |
| W04               | 24.66                                          | 20.64 | 17.71 | 14.93 | 11.34 | 8.76  | 6.32  | 3.18 |
| W05               | 8.92                                           | 7.39  | 6.28  | 5.25  | 3.92  | 2.97  | 2.09  | 0.99 |
| W06               | 19.97                                          | 16.93 | 14.70 | 12.60 | 9.79  | 7.75  | 5.75  | 3.09 |
| W07               | 4.45                                           | 3.80  | 3.31  | 2.85  | 2.22  | 1.77  | 1.31  | 0.70 |





## 2.3 Modelowanie hydrauliczne

Modele hydrauliczne zostały opracowane w dwóch wariantach – dla potrzeb wyznaczenia stref zalewowych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia opracowano osobne modele dla każdego z cieków objętych przedmiotowym projektem, a następnie na etapie budowy modelu prognostycznego dokonano ich scalenia w jeden model.

### Opis narzędzia do modelowania hydraulicznego

Do modelowania procesu przepływu wody w korycie i dolinie przy wykorzystaniu jednowymiarowego modelu ruchu nieustalonego wolnozmiennego użyto oprogramowania DHI MIKE-11. Model ten służy do obliczeń przepływu wody w korytach otwartych na podstawie równania ruchu nieustalonego Saint Venant'a wykorzystującego prawa zachowania masy i pędu.

## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

### Budowa modelu

Budowa modelu hydraulicznego składała się z kilku etapów. Były to:

- schematyzacja sieci rzecznej,
- wprowadzenie przekrojów poprzecznych,
- wprowadzenie budowli inżynierskich,
- ustalenie parametrów hydrodynamicznych,
- ustalenie parametrów początkowych,
- kalibracja i weryfikacja
- wykonanie obliczeń modelowych.

Realizacja powyższych etapów w module hydraulicznym narzędzia MIKE 11 wykonywana jest za pomocą specjalnych, wewnętrznych edytorów:

- M11-RNE (RIVER NETWORK EDITOR) – edytor sieci rzecznej, który został wykorzystany do:
  - zdefiniowania sieci rzecznej w oparciu o dostępne mapy elektroniczne;
  - zlokalizowania przekrojów poprzecznych oraz struktur hydraulicznych znajdujących się w obrębie modelowanych koryt i kanałów (jazy, przepusty, mosty, itp.);
  - definiowania parametrów oraz schematów pracy obiektów hydraulicznych.
- M11-CSE (CROSS SECTION EDITOR) – edytor przekrojów poprzecznych – służy do implementacji oraz zarządzania bazą danych o przekrojach poprzecznych, do modyfikacji ich parametrów geometrycznych i hydraulicznych oraz określania wartości współczynników szorstkości,
- M11-BDE (BOUNDARY DATA EDITOR) – edytor warunków brzegowych,
- M11-HDPE (HYDRO DYNAMIC PARAMETR EDITOR) – edytor parametrów hydrodynamicznych modelu, współczynników warunków implementacji oporów ruchu przekrojów poprzecznych lub odcinków rzek, parametrów równań matematycznych oraz sposobu ich rozwiązania,
- M11-TSE (TIME SERIES EDITOR) – edytor serii czasowych – służy do wprowadzania oraz zarządzania informacjami na temat szeregów czasowych stanów i przepływów wody.
- M11-SE (SIMULATION EDITOR) – edytor parametrów symulacji, który jest obiektem sterującym dla wykonania obliczeń modelowych i służy do:



### Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

- określenia typu obliczeń symulacyjnych,
- modułów składowych procesu,
- czasu i kroku obliczeń symulacyjnych,
- sposobu definiowania warunków początkowych,
- startu i przeprowadzenia procesu obliczeniowego.

### Schematyzacja sieci rzecznej

W celu właściwego odwzorowania kształtu i przebiegu cieków objętych przedmiotowym projektem wykorzystano numeryczny model terenu (NMT) opracowany metodą skaningu laserowego (LIDAR) w ramach projektu ISOK. NMT został pozyskany przez Zamawiającego z Zasobu Geodezyjnego Kraju i przekazany do prac projektowych. Na jego podstawie wygenerowano oś cieków. Następnie w oparciu o mapy topograficzne w skali 1:10 000 oraz ortofotomapy w skali 1:5 000 (również pozyskane z Zasobu Geodezyjnego Kraju) dokonano weryfikacji danych pozyskanych bezpośrednio z NMT. Na rysunku poniżej przedstawiono zdigitalizowaną w oparciu o NMT oraz skorygowaną na podstawie map topograficznych oś cieków na odcinku objętym analizą.



## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

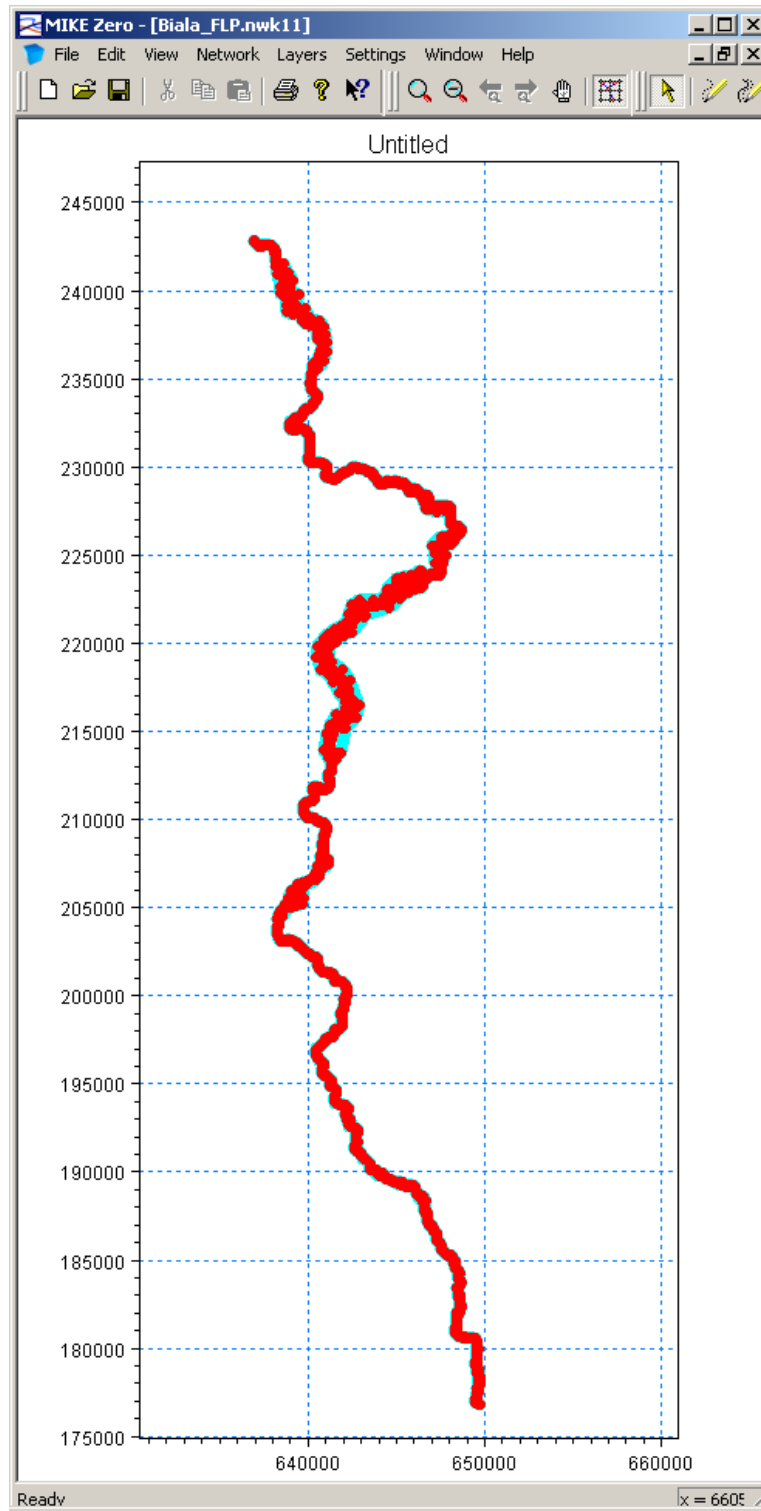


Rys. 35. Skorygowane na podstawie map topograficznych i ortofotomap oraz zdigitalizowane w oparciu o NMT odcinki cieków objętych analizą

Tak opracowane osie cieków w formacie shapefile zaimplementowano do programu symulacyjnego (MIKE 11). Efekt tych prac przedstawiono na Rys. 36 (sieć rzeczna dla przykładowego modelu dla Białej) oraz Rys. 37 (sieć rzeczna dla modelu zintegrowanego).



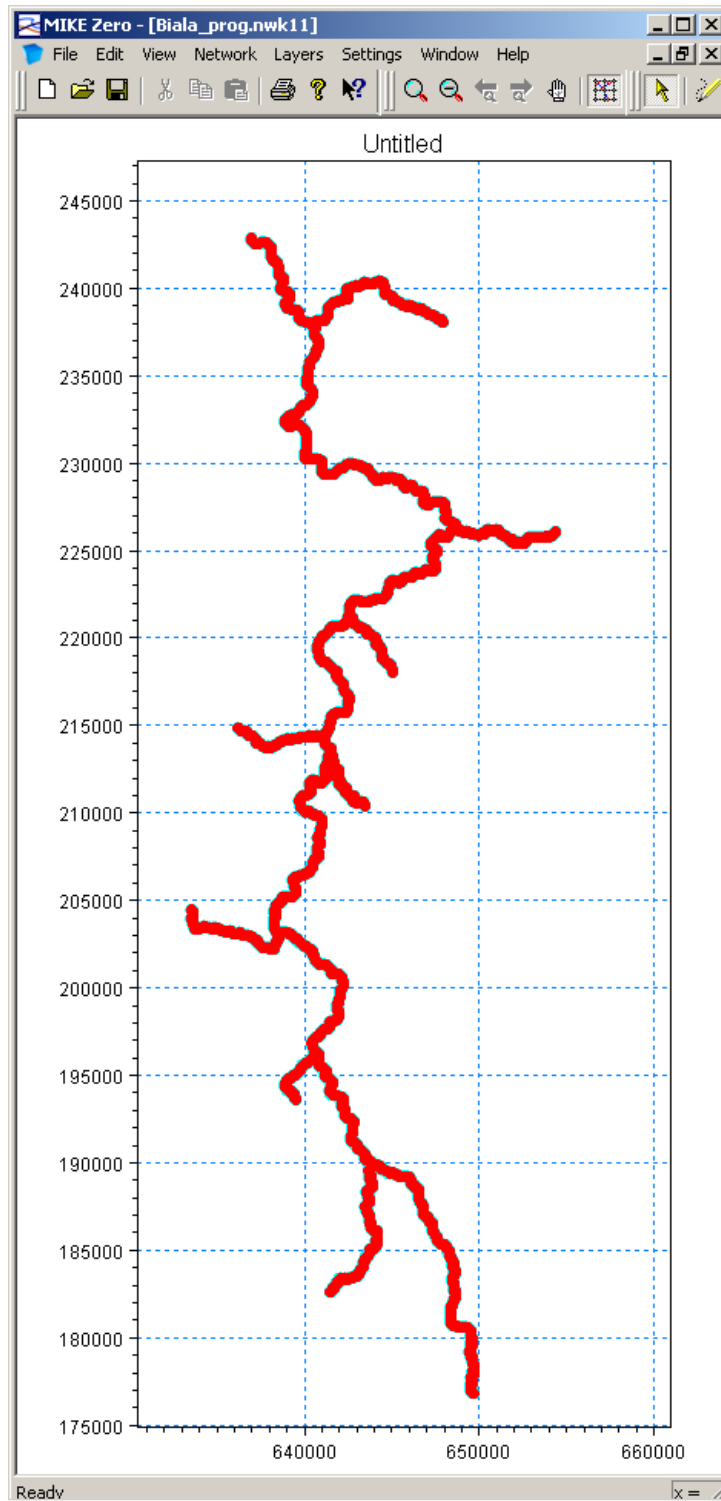
Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 36. Odcinek rzeki Białej objęty modelowaniem zaimplementowany w modelu MIKE11.



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 37. Odcinki cieków objętych modelowaniem zaimplementowane w modelu MIKE11.

## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Tab. 17. Wykaz długości odcinków cieków zaimplementowanych do modelu hydraulicznego

| Nazwa ciek    | Nazwa alternatywna | Długość odcinka w modelu hydraulicznym [km] |
|---------------|--------------------|---------------------------------------------|
| Biała         | -                  | 103,276                                     |
| Bieśnianka    | Zborowianka        | 5,230                                       |
| Jastrzębianka | Kąśnianka          | 6,422                                       |
| Mostysza      | -                  | 10,238                                      |
| Pławianka     | -                  | 4,449                                       |
| Rzepianka     | -                  | 5,366                                       |
| Szwedka       | -                  | 8,542                                       |
| Wątok         | -                  | 11,431                                      |
| Wojnarówka    | Jasienianka        | 7,815                                       |

### Przekroje poprzeczne

Jednowymiarowe modele hydrauliczne, które posłużyły do wyznaczenia rzędnych zwierciadła wody powodziowych dla odcinków cieków objętych projektem zostały zbudowane w oparciu o przekroje poprzeczne rozmieszczone w odległościach nie przekraczających 500 m. Przekroje poprzeczne zostały pomierzone geodezyjnie w terenie w 2013 roku przez zespół geodetów z firmy OPGK Sp. z o.o w Krakowie.

Łącznie wykonano 553 przekrojów poprzecznych, zgodnie z zamieszczoną poniżej tabelą:

Tab. 18. Zestawienie ilości przekrojów poprzecznych w poszczególnych ciekach

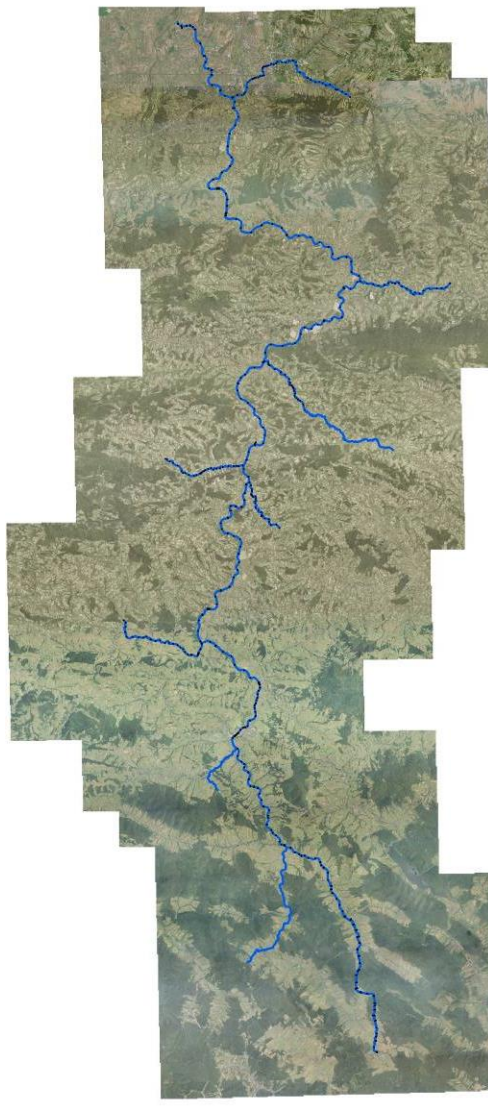
| Nazwa ciek    | Nazwa alternatywna | Ilość przekrojów |
|---------------|--------------------|------------------|
| Biała         | -                  | 247              |
| Bieśnianka    | Zborowianka        | 23               |
| Jastrzębianka | Kąśnianka          | 28               |
| Mostysza      | -                  | 63               |
| Pławianka     | -                  | 29               |

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| <b>Nazwa cieku</b> | <b>Nazwa alternatywna</b> | <b>Ilość przekrojów</b> |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|
| Rzepianka          | -                         | 51                      |
| Szwedka            | -                         | 21                      |
| Wątok              | -                         | 54                      |
| Wojnarówka         | Jasienianka               | 37                      |

Poniżej na rysunku pokazano lokalizację przekrojów poprzecznych uwzględnionych w modelach hydraulicznych.

## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 38. Lokalizacja geodezyjnych przekrojów poprzecznych

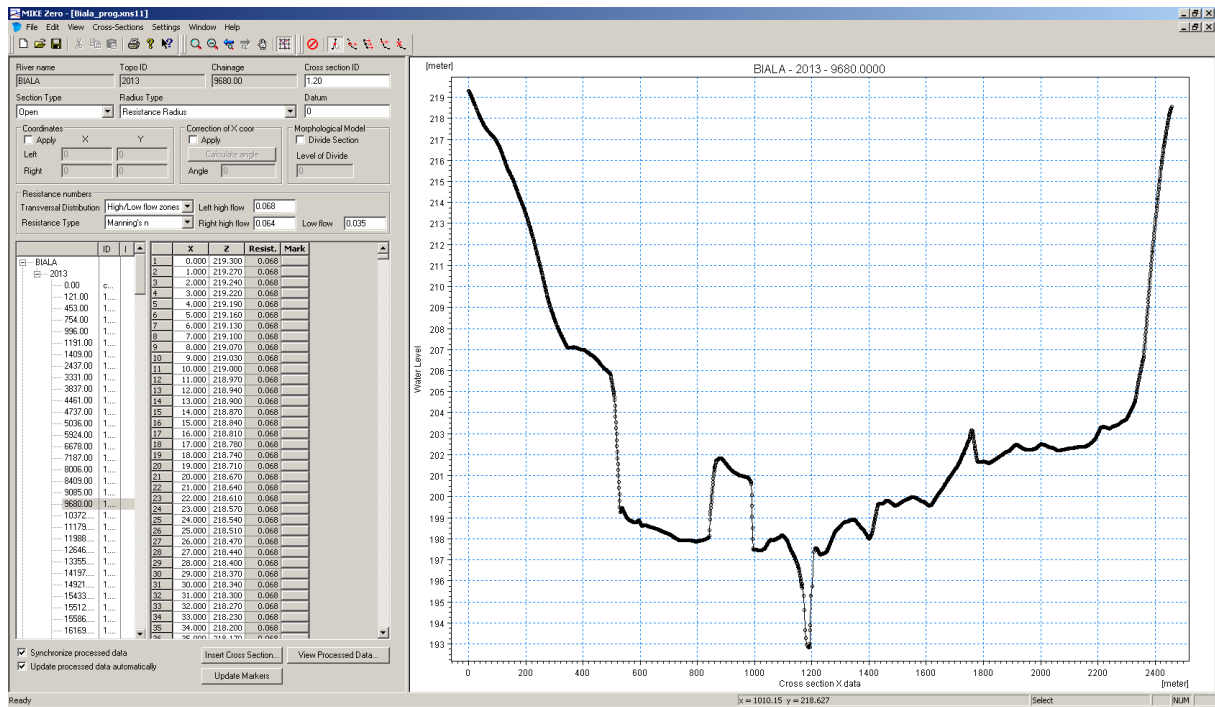
Przekroje poprzeczne zostały w dalszej kolejności zaimplementowane do modelu hydraulicznego. Dla potrzeb opracowania modelu hydraulicznego przekrojom poprzecznym został nadany lokalny kilometrąż wyznaczony w oparciu o sieć rzeczną, której opracowanie opisano w pkt. 6.2.1. „Schematyzacja sieci rzecznej”.

Przekroje korytowe zostały pomierzone w terenie, a następnie poszerzone do przekrojów dolinowych w oparciu o numeryczny model terenu (NMT). Taki sposób odwzorowania ukształtowania terenu na obszarze objętym modelowaniem pozwolił na pełne odzwierciedlenie warunków wielkich przepływów.

### Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Na rysunku poniżej zaprezentowano przykładowy przekrój dolinowy wprowadzony do modelu hydraulicznego powstały poprzez połączenie przekroju korytowego z terasami zalewowymi wygenerowanymi w oparciu o numeryczny model terenu.

Na poniższym rysunku zaprezentowano przykładowy przekrój poprzeczny w km 9+680 Białej zaimplementowany do modelu powstały poprzez połączenie przekroju korytowego z terasami zalewowymi wygenerowanymi w oparciu o numeryczny model terenu.



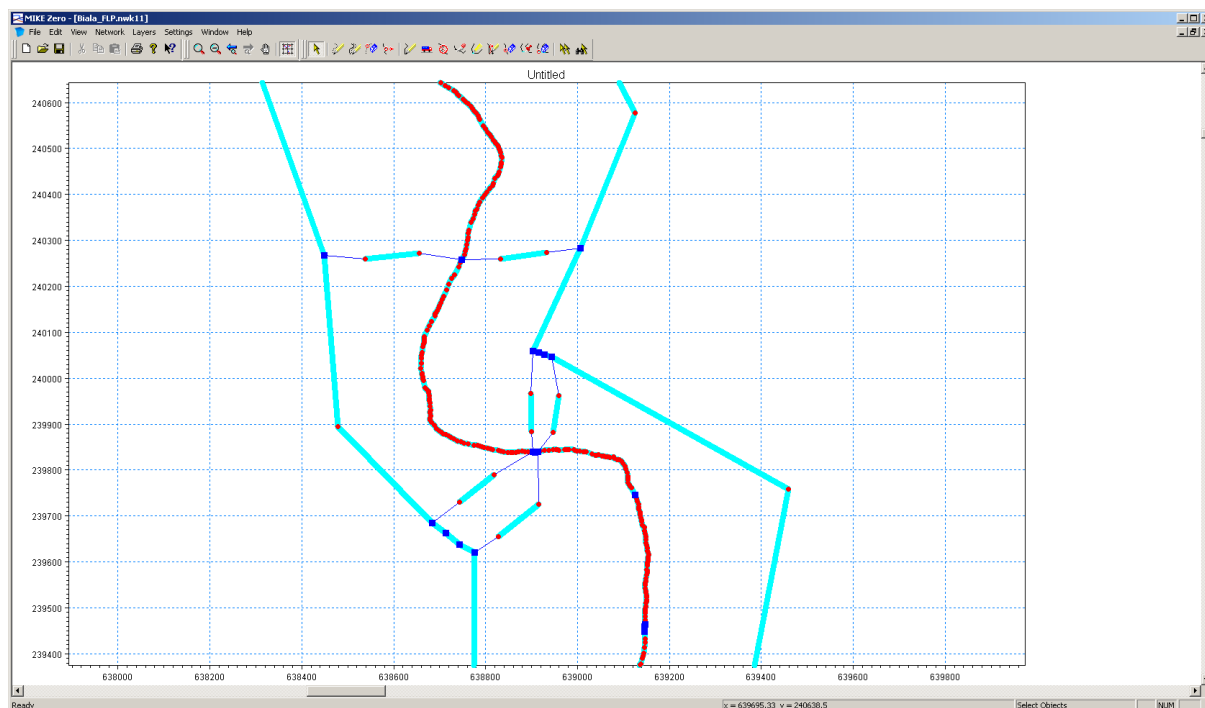
Rys. 39. Przekrój dolinowy w km 9+680 rzeki Białej

Efektom finalnym prac był kompletny model hydrauliczny, bazujący na przygotowanej uprzednio sieci rzecznej, przekrojach dolinowych uwzględniający obiekty inżynierskie, pozwalający na symulację przepływu wód powodziowych w korytach cieków objętych modelowaniem, jak również na ich terenach zalewowych.

W celu odzwierciedlenia przepływu wody na terasach zalewowych, dla zidentyfikowanych na wcześniejszym etapie prac struktur hydraulicznych opisujących przepływ wody wzdłuż teras, wyodrębniono dotyczące ich części przekrojów dolinowych. Części te uwzględniane są w pracy modelu hydraulicznego tylko w przypadku faktycznego przedostania się wody z koryta na terasę zalewową i dalszego przepływu wody wzdłuż tej terasy.

Fragment przykładowej struktury modelu jednowymiarowego, zawierającego wymienione wyżej elementy pokazano na rysunku poniżej.

## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 40. Fragment struktury przestrzennej modelu hydraulicznego, uwzględniającej przepływ wody w korycie i na terasach zalewowych, rzeka Biała

## Budowle inżynierskie

Wszelkiego rodzaju budowle inżynierskie, takie jak: mosty, kładki, przepusty, jazy, progi oraz inne przeszkody znajdujące się w korycie cieku to elementy, które w istotny sposób mogą kształtować warunki przepływu wielkich wód. Ich obecność w korycie związana jest ze zmianą takich parametrów hydrodynamicznych jak współczynnik szorstkości, promień hydrauliczny czy spadek podłużny dna, co znajduje odzwierciedlenie w wynikach obliczeń, tj. w prędkościach wody i napełnieniach koryta. Z tego też względu uwzględnienie w modelu tego typu budowli jest konieczne z punktu widzenia zachowania odpowiedniej jakości modelu i poprawności wyników obliczeń.

W ramach prac inwentaryzacyjnych OPGK w Krakowie dokonano identyfikacji obiektów mostowych i hydrotechnicznych mających wpływ na kształtowanie się rozkładu zwierciadła wody w profilach analizowanych rzek i na terenach zalewowych.

Inwentaryzacja obiektów inżynierskich obejmowała pomiary geodezyjne koryta cieku w miejscu lokalizacji obiektów oraz pomiary konstrukcji obiektów w punktach charakterystycznych (takich jak przyczółki i filary, położenie spodu i korony konstrukcji nośnej mostu czy kształt i światło przelewu oraz wysokość spadu w przypadku stopni, progów bądź jazów). Pełna informacja inwentaryzacyjna na ten temat została zawarta w operacie geodezyjnym.

Z uwagi na ostateczny cel projektu, jakim jest precyzyjne określenie zagrożenia powodziowego podjęto decyzję o wprowadzeniu wszystkich obiektów inżynierskich, których pomiary geodezyjne zostały wykonane w ramach przedmiotowego projektu, lub pozyskane od RZGW w Krakowie, a pochodzące z opracowania p.n. „Analiza zagrożenia powodziowego w zlewni Dunajca” (dla Pławianki i Mostyszy).



### Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Ostatecznie do modeli wprowadzono 141 obiektów mostowych (w tym 4 pozyskane od RZGW w Krakowie) oraz 45 obiektów hydrotechnicznych (w tym 36 pozyskanych od RZGW w Krakowie).

Rozmieszczenie poszczególnych obiektów przedstawiono na Rys. 42 oraz Rys. 43, a liczby obiektów przypisanych do poszczególnych cieków w Tab. 19 i Tab. 20.

Tab. 19. Zestawienie ilości obiektów mostowych w poszczególnych ciekach

| Nazwa cieku   | Nazwa alternatywna | Ilość przekrojów |
|---------------|--------------------|------------------|
| Biała         | -                  | 55               |
| Bieśnianka    | Zborowianka        | 10               |
| Jastrzębianka | Kąśnianka          | 13               |
| Mostysza      | -                  | 6                |
| Pławianka     | -                  | 4                |
| Rzepianka     | -                  | 9                |
| Szwedka       | -                  | 5                |
| Wątok         | -                  | 29               |
| Wojnarówka    | Jasienianka        | 10               |



POMOC TECHNICZNA  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

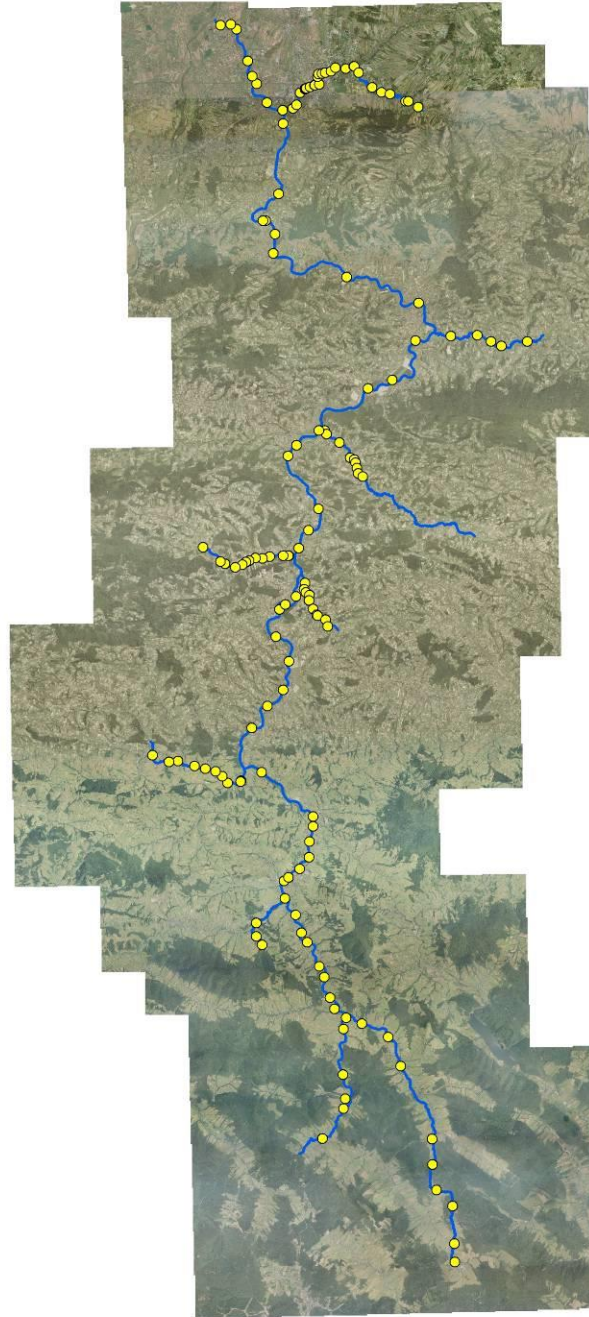


POWIAT TARNOWSKI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



### Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



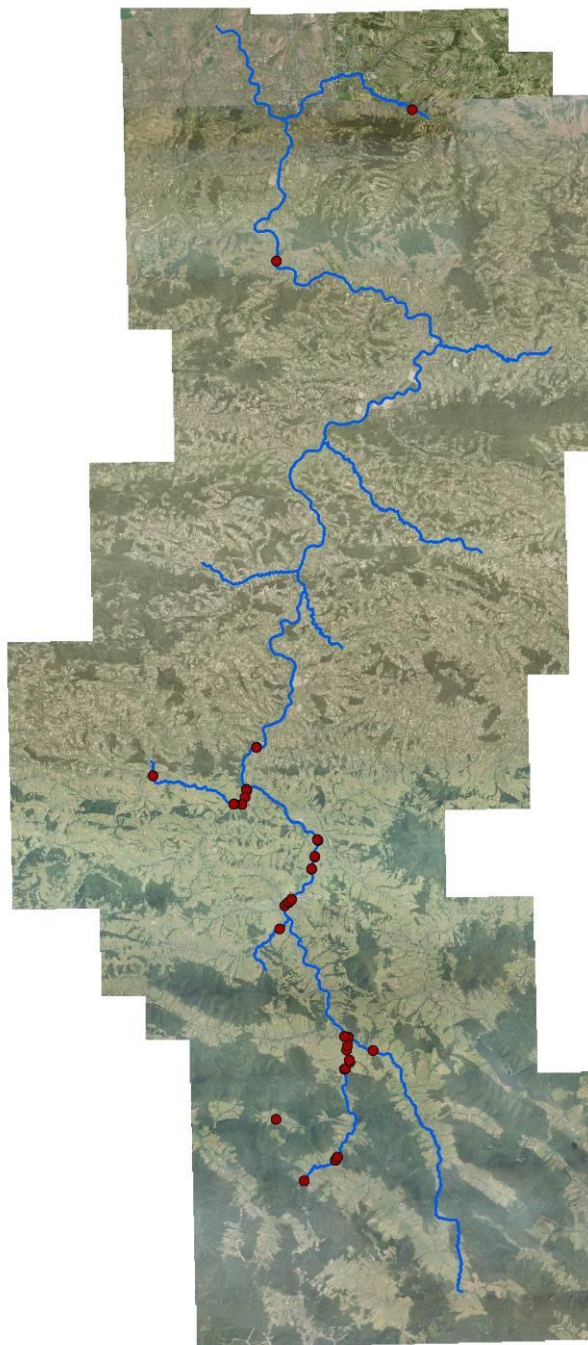
Rys. 41. Rozmieszczenie obiektów mostowych dla cieków objętych projektem

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Tab. 20. Zestawienie ilości obiektów hydrotechnicznych w poszczególnych ciekach

| Nazwa cieku   | Nazwa alternatywna | Ilość przekrojów |
|---------------|--------------------|------------------|
| Biała         | -                  | 18               |
| Bieśnianka    | Zborowianka        | -                |
| Jastrzębianka | Kąśnianka          | -                |
| Mostysza      | -                  | 11               |
| Pławianka     | -                  | 1                |
| Rzepianka     | -                  | -                |
| Szwedka       | -                  | -                |
| Wątok         | -                  | 1                |
| Wojnarówka    | Jasienianka        | 9                |

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 42. Rozmieszczenie obiektów hydrotechnicznych dla cieków objętych projektem

## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

### Szorstkości

W każdym z przekroi wydzielono 3 strefy charakteryzujące się odmienną szorstkością:

- Teren lewej terasy zalewowej (LT),
- Koryto główne (KG),
- Teren prawej terasy zalewowej (PT).

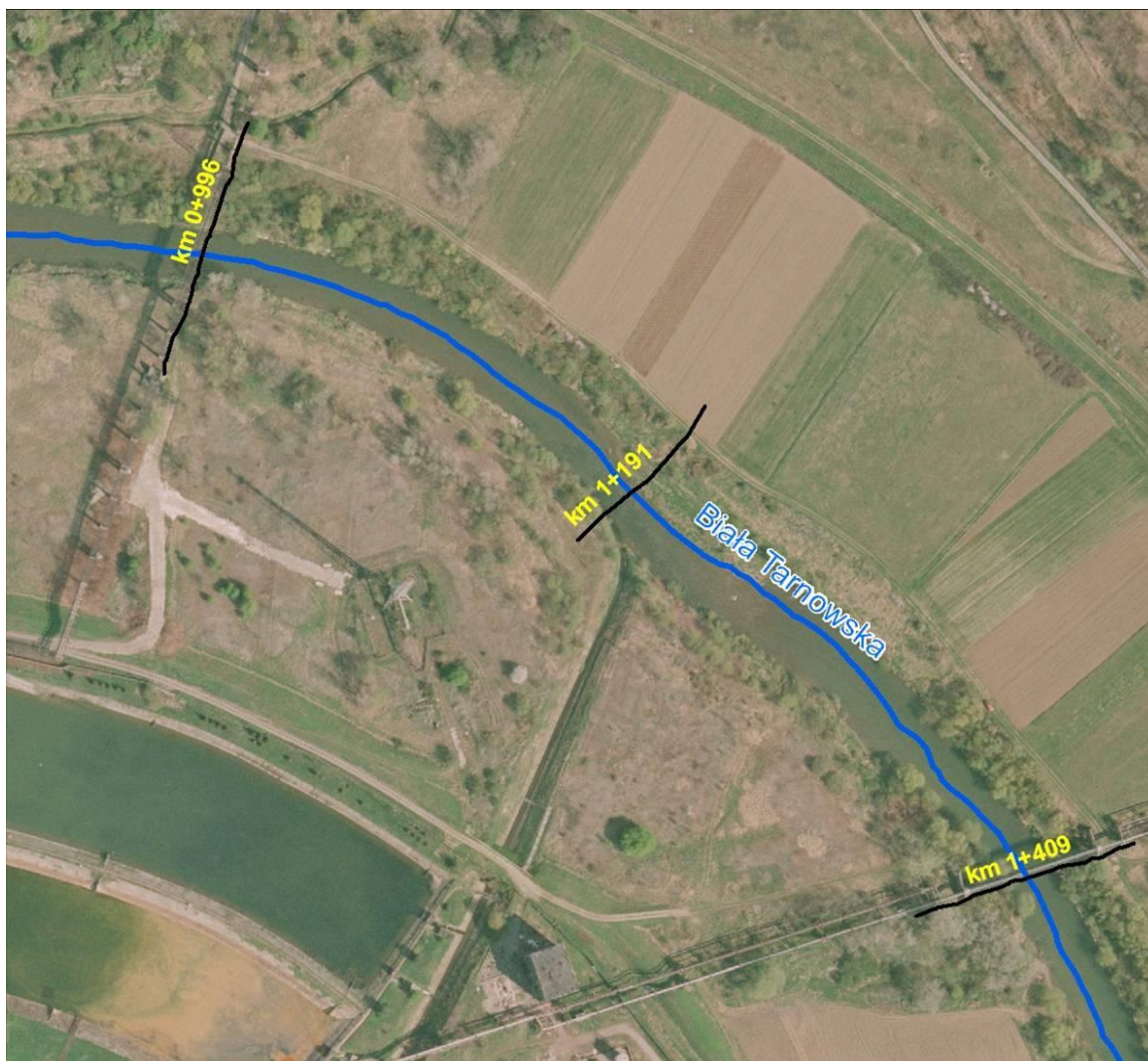
W przypadku modelu Białej powyżej wodowskazu Grybów (od km 76+636) przyjęto rozłożone wartości współczynnika szorstkości – w oparciu o wyniki prac firmy ADASA Sistemas pozyskane od RZGW w Krakowie.

Wizja w terenie oraz analiza ortofotomap pozwoliła na określenie wartości współczynników szorstkości dla lewej i prawej terasy zalewowej, a kody pokrycia terenu pozyskane przez geodetów w trakcie pomiarów terenowych na określenie wartości współczynników dla koryt rzecznych.

Wartości szorstkości przyjęto w oparciu o opracowanie Amerykańskiej Służby Geologicznej „Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains”, publikację prof. Ven Te Chow'a „Open - Channel Hydraulics” oraz doświadczenia DHI w tym zakresie.

Dodatkowo w poniższych tabelach zestawiono wartości współczynników dla poszczególnych przekrojów poprzecznych w każdej z rzek objętych projektem.

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 43. Fragment topograficznej z widocznym użytkowaniem i zagospodarowaniem terenu w rejonie przekroju w km 1+191

Tab. 21. Określenie wartości szorstkości – Biała (do wodowskazu Grybów)

| Nazwa ciek      | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|-----------------|---------------|-------|-------|-------|
| Biała Tarnowska | km 0+121      | 0.045 | 0.033 | 0.043 |
| Biała Tarnowska | km 0+453      | 0.039 | 0.033 | 0.038 |
| Biała Tarnowska | km 0+754      | 0.038 | 0.033 | 0.035 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa ciek      | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|-----------------|---------------|-------|-------|-------|
| Biała Tarnowska | km 0+996      | 0.04  | 0.033 | 0.048 |
| Biała Tarnowska | km 1+191      | 0.047 | 0.035 | 0.05  |
| Biała Tarnowska | km 1+409      | 0.052 | 0.034 | 0.055 |
| Biała Tarnowska | km 2+437      | 0.051 | 0.035 | 0.048 |
| Biała Tarnowska | km 3+331      | 0.055 | 0.033 | 0.052 |
| Biała Tarnowska | km 3+837      | 0.049 | 0.035 | 0.054 |
| Biała Tarnowska | km 4+461      | 0.044 | 0.033 | 0.047 |
| Biała Tarnowska | km 4+737      | 0.048 | 0.032 | 0.042 |
| Biała Tarnowska | km 5+36       | 0.052 | 0.033 | 0.049 |
| Biała Tarnowska | km 5+924      | 0.047 | 0.033 | 0.058 |
| Biała Tarnowska | km 6+678      | 0.054 | 0.035 | 0.056 |
| Biała Tarnowska | km 7+187      | 0.05  | 0.034 | 0.052 |
| Biała Tarnowska | km 8+6        | 0.048 | 0.035 | 0.05  |
| Biała Tarnowska | km 8+409      | 0.053 | 0.036 | 0.053 |
| Biała Tarnowska | km 9+85       | 0.062 | 0.034 | 0.07  |
| Biała Tarnowska | km 9+680      | 0.068 | 0.035 | 0.064 |
| Biała Tarnowska | km 10+372     | 0.06  | 0.034 | 0.06  |
| Biała Tarnowska | km 11+179     | 0.059 | 0.035 | 0.059 |
| Biała Tarnowska | km 11+988     | 0.048 | 0.035 | 0.062 |
| Biała Tarnowska | km 12+646     | 0.052 | 0.035 | 0.065 |
| Biała Tarnowska | km 13+355     | 0.047 | 0.036 | 0.061 |
| Biała Tarnowska | km 14+197     | 0.048 | 0.035 | 0.058 |
| Biała Tarnowska | km 14+921     | 0.053 | 0.037 | 0.054 |
| Biała Tarnowska | km 15+433     | 0.052 | 0.034 | 0.056 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa ciek      | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|-----------------|---------------|-------|-------|-------|
| Biała Tarnowska | km 15+512     | 0.05  | 0.035 | 0.055 |
| Biała Tarnowska | km 15+586     | 0.051 | 0.034 | 0.055 |
| Biała Tarnowska | km 16+169     | 0.055 | 0.035 | 0.052 |
| Biała Tarnowska | km 16+566     | 0.058 | 0.036 | 0.054 |
| Biała Tarnowska | km 16+972     | 0.056 | 0.036 | 0.059 |
| Biała Tarnowska | km 17+432     | 0.066 | 0.036 | 0.062 |
| Biała Tarnowska | km 17+450     | 0.065 | 0.035 | 0.062 |
| Biała Tarnowska | km 17+513     | 0.066 | 0.035 | 0.061 |
| Biała Tarnowska | km 17+623     | 0.055 | 0.036 | 0.06  |
| Biała Tarnowska | km 18+452     | 0.048 | 0.035 | 0.058 |
| Biała Tarnowska | km 19+234     | 0.055 | 0.036 | 0.056 |
| Biała Tarnowska | km 20+88      | 0.06  | 0.035 | 0.055 |
| Biała Tarnowska | km 20+950     | 0.064 | 0.035 | 0.057 |
| Biała Tarnowska | km 21+702     | 0.062 | 0.036 | 0.062 |
| Biała Tarnowska | km 22+390     | 0.048 | 0.036 | 0.048 |
| Biała Tarnowska | km 22+967     | 0.062 | 0.035 | 0.064 |
| Biała Tarnowska | km 23+894     | 0.057 | 0.035 | 0.052 |
| Biała Tarnowska | km 24+707     | 0.059 | 0.035 | 0.05  |
| Biała Tarnowska | km 25+580     | 0.055 | 0.036 | 0.053 |
| Biała Tarnowska | km 26+297     | 0.058 | 0.036 | 0.054 |
| Biała Tarnowska | km 26+877     | 0.06  | 0.036 | 0.05  |
| Biała Tarnowska | km 27+608     | 0.047 | 0.035 | 0.056 |
| Biała Tarnowska | km 28+156     | 0.042 | 0.034 | 0.058 |
| Biała Tarnowska | km 28+676     | 0.045 | 0.035 | 0.055 |





Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa ciek      | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|-----------------|---------------|-------|-------|-------|
| Biała Tarnowska | km 29+369     | 0.075 | 0.034 | 0.048 |
| Biała Tarnowska | km 29+918     | 0.062 | 0.036 | 0.065 |
| Biała Tarnowska | km 30+446     | 0.06  | 0.036 | 0.057 |
| Biała Tarnowska | km 31+94      | 0.066 | 0.036 | 0.055 |
| Biała Tarnowska | km 31+609     | 0.055 | 0.035 | 0.057 |
| Biała Tarnowska | km 32+430     | 0.065 | 0.036 | 0.062 |
| Biała Tarnowska | km 33+260     | 0.06  | 0.036 | 0.063 |
| Biała Tarnowska | km 33+968     | 0.066 | 0.036 | 0.054 |
| Biała Tarnowska | km 34+717     | 0.056 | 0.035 | 0.052 |
| Biała Tarnowska | km 35+315     | 0.052 | 0.034 | 0.052 |
| Biała Tarnowska | km 35+366     | 0.052 | 0.036 | 0.053 |
| Biała Tarnowska | km 35+889     | 0.049 | 0.036 | 0.05  |
| Biała Tarnowska | km 36+436     | 0.038 | 0.034 | 0.053 |
| Biała Tarnowska | km 36+907     | 0.068 | 0.034 | 0.058 |
| Biała Tarnowska | km 37+453     | 0.059 | 0.035 | 0.054 |
| Biała Tarnowska | km 38+179     | 0.063 | 0.036 | 0.055 |
| Biała Tarnowska | km 39+18      | 0.068 | 0.036 | 0.069 |
| Biała Tarnowska | km 39+775     | 0.061 | 0.036 | 0.06  |
| Biała Tarnowska | km 40+449     | 0.059 | 0.035 | 0.079 |
| Biała Tarnowska | km 41+143     | 0.058 | 0.036 | 0.056 |
| Biała Tarnowska | km 41+908     | 0.053 | 0.036 | 0.057 |
| Biała Tarnowska | km 42+728     | 0.055 | 0.037 | 0.053 |
| Biała Tarnowska | km 43+73      | 0.054 | 0.036 | 0.067 |
| Biała Tarnowska | km 43+504     | 0.058 | 0.035 | 0.064 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa ciek      | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|-----------------|---------------|-------|-------|-------|
| Biała Tarnowska | km 43+981     | 0.064 | 0.037 | 0.059 |
| Biała Tarnowska | km 44+532     | 0.057 | 0.038 | 0.053 |
| Biała Tarnowska | km 45+84      | 0.056 | 0.037 | 0.067 |
| Biała Tarnowska | km 45+691     | 0.049 | 0.038 | 0.065 |
| Biała Tarnowska | km 46+455     | 0.051 | 0.038 | 0.058 |
| Biała Tarnowska | km 47+107     | 0.055 | 0.037 | 0.057 |
| Biała Tarnowska | km 47+652     | 0.058 | 0.037 | 0.068 |
| Biała Tarnowska | km 48+178     | 0.06  | 0.037 | 0.059 |
| Biała Tarnowska | km 48+774     | 0.063 | 0.038 | 0.06  |
| Biała Tarnowska | km 49+429     | 0.058 | 0.038 | 0.057 |
| Biała Tarnowska | km 49+955     | 0.06  | 0.037 | 0.062 |
| Biała Tarnowska | km 50+586     | 0.048 | 0.038 | 0.077 |
| Biała Tarnowska | km 51+242     | 0.072 | 0.037 | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 51+834     | 0.05  | 0.038 | 0.064 |
| Biała Tarnowska | km 52+408     | 0.062 | 0.038 | 0.07  |
| Biała Tarnowska | km 52+941     | 0.056 | 0.039 | 0.068 |
| Biała Tarnowska | km 53+455     | 0.061 | 0.039 | 0.08  |
| Biała Tarnowska | km 53+891     | 0.062 | 0.037 | 0.062 |
| Biała Tarnowska | km 54+224     | 0.07  | 0.039 | 0.061 |
| Biała Tarnowska | km 54+590     | 0.058 | 0.039 | 0.064 |
| Biała Tarnowska | km 55+195     | 0.062 | 0.038 | 0.062 |
| Biała Tarnowska | km 55+833     | 0.075 | 0.038 | 0.066 |
| Biała Tarnowska | km 56+198     | 0.077 | 0.037 | 0.063 |
| Biała Tarnowska | km 56+714     | 0.07  | 0.038 | 0.067 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa ciek      | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|-----------------|---------------|-------|-------|-------|
| Biała Tarnowska | km 57+167     | 0.078 | 0.038 | 0.071 |
| Biała Tarnowska | km 57+624     | 0.064 | 0.039 | 0.068 |
| Biała Tarnowska | km 58+140     | 0.065 | 0.04  | 0.073 |
| Biała Tarnowska | km 58+621     | 0.072 | 0.038 | 0.07  |
| Biała Tarnowska | km 59+226     | 0.071 | 0.039 | 0.069 |
| Biała Tarnowska | km 59+803     | 0.075 | 0.04  | 0.068 |
| Biała Tarnowska | km 60+443     | 0.078 | 0.041 | 0.069 |
| Biała Tarnowska | km 61+130     | 0.072 | 0.04  | 0.049 |
| Biała Tarnowska | km 61+732     | 0.068 | 0.04  | 0.053 |
| Biała Tarnowska | km 62+362     | 0.076 | 0.038 | 0.063 |
| Biała Tarnowska | km 62+872     | 0.074 | 0.039 | 0.065 |
| Biała Tarnowska | km 63+564     | 0.067 | 0.037 | 0.056 |
| Biała Tarnowska | km 63+581     | 0.067 | 0.039 | 0.056 |
| Biała Tarnowska | km 63+582     | 0.066 | 0.038 | 0.055 |
| Biała Tarnowska | km 63+633     | 0.075 | 0.039 | 0.058 |
| Biała Tarnowska | km 63+698     | 0.077 | 0.04  | 0.063 |
| Biała Tarnowska | km 64+243     | 0.072 | 0.041 | 0.065 |
| Biała Tarnowska | km 64+688     | 0.077 | 0.038 | 0.072 |
| Biała Tarnowska | km 65+387     | 0.073 | 0.038 | 0.069 |
| Biała Tarnowska | km 66+103     | 0.07  | 0.038 | 0.054 |
| Biała Tarnowska | km 66+820     | 0.072 | 0.037 | 0.069 |
| Biała Tarnowska | km 67+272     | 0.075 | 0.038 | 0.073 |
| Biała Tarnowska | km 67+897     | 0.068 | 0.039 | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 68+526     | 0.077 | 0.038 | 0.078 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa ciek      | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|-----------------|---------------|-------|-------|-------|
| Biała Tarnowska | km 69+143     | 0.075 | 0.037 | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 69+944     | 0.08  | 0.038 | 0.062 |
| Biała Tarnowska | km 70+627     | 0.064 | 0.038 | 0.069 |
| Biała Tarnowska | km 71+309     | 0.063 | 0.039 | 0.07  |
| Biała Tarnowska | km 71+372     | 0.065 | 0.038 | 0.066 |
| Biała Tarnowska | km 71+429     | 0.065 | 0.039 | 0.066 |
| Biała Tarnowska | km 71+444     | 0.065 | 0.038 | 0.066 |
| Biała Tarnowska | km 71+449     | 0.065 | 0.037 | 0.066 |
| Biała Tarnowska | km 71+458     | 0.065 | 0.039 | 0.066 |
| Biała Tarnowska | km 71+458     | 0.065 | 0.039 | 0.066 |
| Biała Tarnowska | km 71+470     | 0.065 | 0.039 | 0.066 |
| Biała Tarnowska | km 71+669     | 0.072 | 0.038 | 0.069 |
| Biała Tarnowska | km 71+892     | 0.07  | 0.039 | 0.068 |
| Biała Tarnowska | km 72+134     | 0.069 | 0.039 | 0.076 |
| Biała Tarnowska | km 72+381     | 0.068 | 0.038 | 0.068 |
| Biała Tarnowska | km 72+397     | 0.069 | 0.038 | 0.068 |
| Biała Tarnowska | km 72+555     | 0.07  | 0.039 | 0.07  |
| Biała Tarnowska | km 72+759     | 0.074 | 0.039 | 0.072 |
| Biała Tarnowska | km 72+903     | 0.072 | 0.04  | 0.074 |
| Biała Tarnowska | km 73+66      | 0.07  | 0.04  | 0.073 |
| Biała Tarnowska | km 73+68      | 0.07  | 0.04  | 0.073 |
| Biała Tarnowska | km 73+84      | 0.07  | 0.04  | 0.073 |
| Biała Tarnowska | km 73+85      | 0.069 | 0.039 | 0.072 |
| Biała Tarnowska | km 73+333     | 0.067 | 0.038 | 0.077 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa ciek      | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|-----------------|---------------|-------|-------|-------|
| Biała Tarnowska | km 73+603     | 0.065 | 0.04  | 0.074 |
| Biała Tarnowska | km 74+98      | 0.063 | 0.041 | 0.07  |
| Biała Tarnowska | km 74+522     | 0.067 | 0.04  | 0.074 |
| Biała Tarnowska | km 74+693     | 0.066 | 0.041 | 0.069 |
| Biała Tarnowska | km 74+821     | 0.068 | 0.04  | 0.075 |
| Biała Tarnowska | km 74+836     | 0.068 | 0.039 | 0.075 |
| Biała Tarnowska | km 75+48      | 0.075 | 0.041 | 0.08  |
| Biała Tarnowska | km 75+286     | 0.077 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+292     | 0.077 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+385     | 0.077 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+474     | 0.075 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+474     | 0.075 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+484     | 0.075 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+484     | 0.075 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+494     | 0.077 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+494     | 0.077 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+504     | 0.077 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+505     | 0.077 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+519     | 0.077 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+519     | 0.077 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+604     | 0.077 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+625     | 0.077 | 0.04  | 0.078 |
| Biała Tarnowska | km 75+787     | 0.078 | 0.041 | 0.079 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Tab. 22. Określenie wartości szorstkości – Bieśnianka

| Nazwa cieku | Kilometr cieku | LT    | KG    | PT    |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|
| Bieśnianka  | km 0+54        | 0.077 | 0.038 | 0.072 |
| Bieśnianka  | km 0+284       | 0.071 | 0.039 | 0.067 |
| Bieśnianka  | km 0+553       | 0.064 | 0.039 | 0.068 |
| Bieśnianka  | km 0+718       | 0.067 | 0.04  | 0.065 |
| Bieśnianka  | km 0+921       | 0.075 | 0.039 | 0.075 |
| Bieśnianka  | km 1+33        | 0.073 | 0.04  | 0.069 |
| Bieśnianka  | km 1+138       | 0.072 | 0.041 | 0.07  |
| Bieśnianka  | km 1+362       | 0.068 | 0.042 | 0.07  |
| Bieśnianka  | km 1+503       | 0.058 | 0.041 | 0.072 |
| Bieśnianka  | km 1+673       | 0.064 | 0.042 | 0.074 |
| Bieśnianka  | km 1+908       | 0.067 | 0.041 | 0.075 |
| Bieśnianka  | km 2+254       | 0.071 | 0.042 | 0.07  |
| Bieśnianka  | km 2+629       | 0.07  | 0.042 | 0.072 |
| Bieśnianka  | km 2+931       | 0.069 | 0.042 | 0.077 |
| Bieśnianka  | km 3+213       | 0.074 | 0.041 | 0.068 |
| Bieśnianka  | km 3+279       | 0.072 | 0.041 | 0.069 |
| Bieśnianka  | km 3+362       | 0.072 | 0.042 | 0.069 |
| Bieśnianka  | km 3+664       | 0.08  | 0.042 | 0.078 |
| Bieśnianka  | km 3+990       | 0.071 | 0.042 | 0.073 |
| Bieśnianka  | km 4+203       | 0.074 | 0.042 | 0.072 |
| Bieśnianka  | km 4+488       | 0.077 | 0.043 | 0.074 |
| Bieśnianka  | km 4+924       | 0.078 | 0.043 | 0.078 |
| Bieśnianka  | km 5+240       | 0.076 | 0.043 | 0.076 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Tab. 23. Określenie wartości szorstkości – Jastrzębianka

| Nazwa ciek    | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|
| Jastrzębianka | km 0+58       | 0.048 | 0.038 | 0.049 |
| Jastrzębianka | km 0+340      | 0.056 | 0.039 | 0.068 |
| Jastrzębianka | km 0+362      | 0.055 | 0.04  | 0.069 |
| Jastrzębianka | km 0+512      | 0.074 | 0.039 | 0.068 |
| Jastrzębianka | km 0+698      | 0.075 | 0.039 | 0.075 |
| Jastrzębianka | km 1+141      | 0.072 | 0.039 | 0.08  |
| Jastrzębianka | km 1+531      | 0.068 | 0.04  | 0.069 |
| Jastrzębianka | km 1+844      | 0.063 | 0.042 | 0.069 |
| Jastrzębianka | km 2+82       | 0.065 | 0.04  | 0.068 |
| Jastrzębianka | km 2+417      | 0.064 | 0.041 | 0.069 |
| Jastrzębianka | km 2+628      | 0.065 | 0.04  | 0.068 |
| Jastrzębianka | km 2+813      | 0.065 | 0.04  | 0.07  |
| Jastrzębianka | km 3+1        | 0.066 | 0.04  | 0.069 |
| Jastrzębianka | km 3+91       | 0.066 | 0.04  | 0.068 |
| Jastrzębianka | km 3+189      | 0.067 | 0.041 | 0.069 |
| Jastrzębianka | km 3+312      | 0.068 | 0.042 | 0.069 |
| Jastrzębianka | km 3+442      | 0.069 | 0.042 | 0.07  |
| Jastrzębianka | km 3+690      | 0.068 | 0.042 | 0.069 |
| Jastrzębianka | km 3+904      | 0.07  | 0.041 | 0.073 |
| Jastrzębianka | km 4+275      | 0.072 | 0.041 | 0.072 |
| Jastrzębianka | km 4+550      | 0.073 | 0.042 | 0.072 |
| Jastrzębianka | km 4+726      | 0.069 | 0.042 | 0.069 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa ciek    | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|
| Jastrzębianka | km 4+898      | 0.074 | 0.041 | 0.071 |
| Jastrzębianka | km 5+391      | 0.072 | 0.043 | 0.073 |
| Jastrzębianka | km 5+776      | 0.073 | 0.042 | 0.073 |
| Jastrzębianka | km 6+81       | 0.069 | 0.043 | 0.076 |
| Jastrzębianka | km 6+332      | 0.07  | 0.044 | 0.072 |
| Jastrzębianka | km 6+436      | 0.07  | 0.043 | 0.074 |

Tab. 24. Określenie wartości szorstkości – Rzepianka

| Nazwa ciek | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|------------|---------------|-------|-------|-------|
| Rzepianka  | km 0+52       | 0.067 | 0.036 | 0.066 |
| Rzepianka  | km 0+433      | 0.059 | 0.036 | 0.069 |
| Rzepianka  | km 0+589      | 0.055 | 0.037 | 0.068 |
| Rzepianka  | km 0+687      | 0.062 | 0.038 | 0.07  |
| Rzepianka  | km 1+140      | 0.07  | 0.038 | 0.071 |
| Rzepianka  | km 1+630      | 0.068 | 0.037 | 0.068 |
| Rzepianka  | km 2+52       | 0.069 | 0.039 | 0.069 |
| Rzepianka  | km 2+486      | 0.069 | 0.038 | 0.062 |
| Rzepianka  | km 2+776      | 0.07  | 0.037 | 0.064 |
| Rzepianka  | km 3+6        | 0.071 | 0.036 | 0.066 |
| Rzepianka  | km 3+146      | 0.076 | 0.038 | 0.076 |
| Rzepianka  | km 3+259      | 0.073 | 0.039 | 0.075 |
| Rzepianka  | km 3+359      | 0.072 | 0.04  | 0.077 |
| Rzepianka  | km 3+460      | 0.075 | 0.041 | 0.073 |





Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa ciek | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|------------|---------------|-------|-------|-------|
| Rzepianka  | km 3+674      | 0.076 | 0.039 | 0.075 |
| Rzepianka  | km 3+852      | 0.073 | 0.04  | 0.078 |
| Rzepianka  | km 4+91       | 0.075 | 0.038 | 0.069 |
| Rzepianka  | km 4+298      | 0.073 | 0.039 | 0.072 |
| Rzepianka  | km 4+454      | 0.071 | 0.038 | 0.07  |
| Rzepianka  | km 4+648      | 0.07  | 0.038 | 0.073 |
| Rzepianka  | km 4+996      | 0.07  | 0.04  | 0.073 |
| Rzepianka  | km 5+370      | 0.075 | 0.04  | 0.074 |
| Rzepianka  | km 5+977      | 0.059 | 0.04  | 0.066 |
| Rzepianka  | km 6+507      | 0.064 | 0.04  | 0.065 |
| Rzepianka  | km 6+975      | 0.06  | 0.041 | 0.07  |
| Rzepianka  | km 7+437      | 0.059 | 0.042 | 0.069 |
| Rzepianka  | km 7+814      | 0.068 | 0.042 | 0.072 |
| Rzepianka  | km 7+976      | 0.07  | 0.041 | 0.071 |
| Rzepianka  | km 8+292      | 0.068 | 0.042 | 0.07  |
| Rzepianka  | km 8+737      | 0.071 | 0.041 | 0.068 |
| Rzepianka  | km 8+915      | 0.069 | 0.04  | 0.072 |
| Rzepianka  | km 9+196      | 0.069 | 0.042 | 0.07  |
| Rzepianka  | km 9+316      | 0.07  | 0.042 | 0.072 |
| Rzepianka  | km 9+366      | 0.069 | 0.041 | 0.07  |
| Rzepianka  | km 9+538      | 0.071 | 0.04  | 0.071 |
| Rzepianka  | km 9+659      | 0.07  | 0.041 | 0.07  |
| Rzepianka  | km 9+877      | 0.068 | 0.042 | 0.072 |
| Rzepianka  | km 10+293     | 0.065 | 0.042 | 0.068 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa ciek | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|------------|---------------|-------|-------|-------|
| Rzepianka  | km 10+703     | 0.071 | 0.041 | 0.069 |
| Rzepianka  | km 11+5       | 0.075 | 0.04  | 0.07  |
| Rzepianka  | km 11+218     | 0.072 | 0.041 | 0.074 |
| Rzepianka  | km 11+353     | 0.07  | 0.042 | 0.07  |
| Rzepianka  | km 11+744     | 0.047 | 0.042 | 0.049 |
| Rzepianka  | km 12+100     | 0.068 | 0.042 | 0.059 |
| Rzepianka  | km 12+422     | 0.07  | 0.041 | 0.06  |
| Rzepianka  | km 12+745     | 0.069 | 0.042 | 0.059 |
| Rzepianka  | km 13+61      | 0.069 | 0.041 | 0.055 |
| Rzepianka  | km 13+280     | 0.068 | 0.042 | 0.046 |
| Rzepianka  | km 13+613     | 0.08  | 0.043 | 0.075 |
| Rzepianka  | km 14+42      | 0.077 | 0.042 | 0.07  |
| Rzepianka  | km 14+299     | 0.076 | 0.043 | 0.078 |

Tab. 25. Określenie wartości szorstkości – Szwedka

| Nazwa ciek | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|------------|---------------|-------|-------|-------|
| Szwedka    | km 0+73       | 0.063 | 0.036 | 0.061 |
| Szwedka    | km 0+796      | 0.072 | 0.036 | 0.075 |
| Szwedka    | km 1+262      | 0.075 | 0.037 | 0.074 |
| Szwedka    | km 1+704      | 0.072 | 0.038 | 0.073 |
| Szwedka    | km 2+194      | 0.073 | 0.038 | 0.077 |
| Szwedka    | km 2+727      | 0.076 | 0.038 | 0.073 |
| Szwedka    | km 3+60       | 0.074 | 0.037 | 0.072 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa ciek | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|------------|---------------|-------|-------|-------|
| Szwedka    | km 3+325      | 0.076 | 0.038 | 0.074 |
| Szwedka    | km 3+720      | 0.075 | 0.039 | 0.073 |
| Szwedka    | km 4+62       | 0.077 | 0.039 | 0.072 |
| Szwedka    | km 4+423      | 0.073 | 0.038 | 0.073 |
| Szwedka    | km 4+871      | 0.075 | 0.04  | 0.072 |
| Szwedka    | km 5+237      | 0.072 | 0.039 | 0.072 |
| Szwedka    | km 5+556      | 0.073 | 0.039 | 0.072 |
| Szwedka    | km 5+996      | 0.07  | 0.038 | 0.07  |
| Szwedka    | km 6+444      | 0.072 | 0.039 | 0.073 |
| Szwedka    | km 6+940      | 0.073 | 0.04  | 0.071 |
| Szwedka    | km 7+442      | 0.07  | 0.04  | 0.075 |
| Szwedka    | km 7+781      | 0.072 | 0.041 | 0.072 |
| Szwedka    | km 8+169      | 0.07  | 0.041 | 0.071 |
| Szwedka    | km 8+561      | 0.073 | 0.04  | 0.073 |

Tab. 26. Określenie wartości szorstkości – Wątok

| Nazwa ciek | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|------------|---------------|-------|-------|-------|
| Wątok      | km 0+72       | 0.072 | 0.035 | 0.072 |
| Wątok      | km 0+155      | 0.072 | 0.036 | 0.069 |
| Wątok      | km 0+443      | 0.071 | 0.036 | 0.07  |
| Wątok      | km 0+755      | 0.075 | 0.037 | 0.07  |
| Wątok      | km 0+897      | 0.07  | 0.035 | 0.069 |
| Wątok      | km 1+27       | 0.069 | 0.036 | 0.069 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa cieku | Kilometr cieku | LT    | KG    | PT    |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|
| Wątok       | km 1+371       | 0.075 | 0.037 | 0.072 |
| Wątok       | km 1+723       | 0.066 | 0.036 | 0.085 |
| Wątok       | km 1+889       | 0.068 | 0.037 | 0.085 |
| Wątok       | km 2+51        | 0.068 | 0.038 | 0.07  |
| Wątok       | km 2+65        | 0.068 | 0.037 | 0.07  |
| Wątok       | km 2+81        | 0.068 | 0.038 | 0.07  |
| Wątok       | km 2+119       | 0.068 | 0.039 | 0.07  |
| Wątok       | km 2+143       | 0.068 | 0.039 | 0.07  |
| Wątok       | km 2+244       | 0.075 | 0.039 | 0.069 |
| Wątok       | km 2+348       | 0.074 | 0.038 | 0.075 |
| Wątok       | km 2+480       | 0.076 | 0.038 | 0.067 |
| Wątok       | km 2+626       | 0.076 | 0.039 | 0.069 |
| Wątok       | km 2+634       | 0.077 | 0.039 | 0.069 |
| Wątok       | km 2+761       | 0.08  | 0.038 | 0.076 |
| Wątok       | km 2+922       | 0.077 | 0.039 | 0.073 |
| Wątok       | km 3+136       | 0.078 | 0.038 | 0.085 |
| Wątok       | km 3+348       | 0.076 | 0.039 | 0.08  |
| Wątok       | km 3+428       | 0.085 | 0.04  | 0.082 |
| Wątok       | km 3+498       | 0.085 | 0.04  | 0.082 |
| Wątok       | km 3+591       | 0.085 | 0.039 | 0.082 |
| Wątok       | km 3+703       | 0.085 | 0.038 | 0.082 |
| Wątok       | km 3+788       | 0.085 | 0.039 | 0.082 |
| Wątok       | km 3+890       | 0.085 | 0.04  | 0.082 |
| Wątok       | km 4+126       | 0.085 | 0.04  | 0.082 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa cieku | Kilometr cieku | LT    | KG    | PT    |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|
| Wątok       | km 4+311       | 0.085 | 0.038 | 0.082 |
| Wątok       | km 4+502       | 0.085 | 0.039 | 0.082 |
| Wątok       | km 4+653       | 0.077 | 0.04  | 0.074 |
| Wątok       | km 4+976       | 0.065 | 0.04  | 0.071 |
| Wątok       | km 5+261       | 0.066 | 0.039 | 0.075 |
| Wątok       | km 5+515       | 0.069 | 0.04  | 0.068 |
| Wątok       | km 5+778       | 0.068 | 0.038 | 0.068 |
| Wątok       | km 5+798       | 0.068 | 0.038 | 0.069 |
| Wątok       | km 6+134       | 0.07  | 0.039 | 0.077 |
| Wątok       | km 6+399       | 0.072 | 0.039 | 0.075 |
| Wątok       | km 6+976       | 0.071 | 0.04  | 0.077 |
| Wątok       | km 7+727       | 0.075 | 0.04  | 0.065 |
| Wątok       | km 7+995       | 0.08  | 0.041 | 0.08  |
| Wątok       | km 8+336       | 0.078 | 0.039 | 0.075 |
| Wątok       | km 8+587       | 0.076 | 0.039 | 0.077 |
| Wątok       | km 8+835       | 0.079 | 0.039 | 0.072 |
| Wątok       | km 9+169       | 0.077 | 0.039 | 0.078 |
| Wątok       | km 9+763       | 0.079 | 0.04  | 0.076 |
| Wątok       | km 10+286      | 0.08  | 0.04  | 0.08  |
| Wątok       | km 10+401      | 0.07  | 0.041 | 0.069 |
| Wątok       | km 10+465      | 0.077 | 0.041 | 0.065 |
| Wątok       | km 10+788      | 0.075 | 0.042 | 0.069 |
| Wątok       | km 11+88       | 0.073 | 0.041 | 0.071 |
| Wątok       | km 11+445      | 0.069 | 0.041 | 0.07  |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Tab. 27. Określenie wartości szorstkości – Wojnarówka

| Nazwa ciek | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|------------|---------------|-------|-------|-------|
| Wojnarówka | km 0+22       | 0.075 | 0.038 | 0.063 |
| Wojnarówka | km 0+55       | 0.07  | 0.038 | 0.062 |
| Wojnarówka | km 0+58       | 0.07  | 0.038 | 0.062 |
| Wojnarówka | km 0+75       | 0.07  | 0.038 | 0.062 |
| Wojnarówka | km 0+77       | 0.07  | 0.038 | 0.062 |
| Wojnarówka | km 0+426      | 0.055 | 0.038 | 0.055 |
| Wojnarówka | km 0+462      | 0.055 | 0.038 | 0.055 |
| Wojnarówka | km 0+465      | 0.055 | 0.038 | 0.055 |
| Wojnarówka | km 0+708      | 0.064 | 0.039 | 0.067 |
| Wojnarówka | km 0+768      | 0.066 | 0.039 | 0.062 |
| Wojnarówka | km 0+856      | 0.061 | 0.038 | 0.06  |
| Wojnarówka | km 0+889      | 0.061 | 0.038 | 0.06  |
| Wojnarówka | km 0+893      | 0.061 | 0.039 | 0.06  |
| Wojnarówka | km 1+330      | 0.053 | 0.039 | 0.054 |
| Wojnarówka | km 1+362      | 0.053 | 0.038 | 0.054 |
| Wojnarówka | km 1+366      | 0.053 | 0.038 | 0.054 |
| Wojnarówka | km 1+603      | 0.055 | 0.038 | 0.056 |
| Wojnarówka | km 1+857      | 0.054 | 0.037 | 0.055 |
| Wojnarówka | km 2+77       | 0.062 | 0.037 | 0.052 |
| Wojnarówka | km 2+311      | 0.074 | 0.038 | 0.068 |
| Wojnarówka | km 2+542      | 0.069 | 0.039 | 0.072 |
| Wojnarówka | km 2+842      | 0.076 | 0.039 | 0.077 |
| Wojnarówka | km 3+187      | 0.075 | 0.04  | 0.072 |



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

| Nazwa ciek | Kilometr ciek | LT    | KG    | PT    |
|------------|---------------|-------|-------|-------|
| Wojnarówka | km 3+544      | 0.076 | 0.039 | 0.076 |
| Wojnarówka | km 3+905      | 0.071 | 0.04  | 0.071 |
| Wojnarówka | km 4+272      | 0.068 | 0.041 | 0.077 |
| Wojnarówka | km 4+665      | 0.054 | 0.04  | 0.068 |
| Wojnarówka | km 5+64       | 0.068 | 0.04  | 0.068 |
| Wojnarówka | km 5+283      | 0.065 | 0.04  | 0.07  |
| Wojnarówka | km 5+577      | 0.067 | 0.039 | 0.08  |
| Wojnarówka | km 6+85       | 0.066 | 0.041 | 0.077 |
| Wojnarówka | km 6+522      | 0.076 | 0.42  | 0.08  |
| Wojnarówka | km 6+875      | 0.078 | 0.042 | 0.08  |
| Wojnarówka | km 6+901      | 0.077 | 0.041 | 0.076 |
| Wojnarówka | km 7+317      | 0.069 | 0.042 | 0.074 |
| Wojnarówka | km 7+611      | 0.08  | 0.041 | 0.077 |
| Wojnarówka | km 7+834      | 0.068 | 0.042 | 0.075 |

## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

### Ustalenie parametrów początkowych

Warunkiem rozwiązania równań Saint – Venanta opisujących przepływ nieustalony jest zdefiniowanie wartości przepływu i stanu wody (rzędnych) dla każdego przekroju obliczeniowego na początku obliczeń symulacyjnych. Wartości te nazywane są warunkami początkowymi.

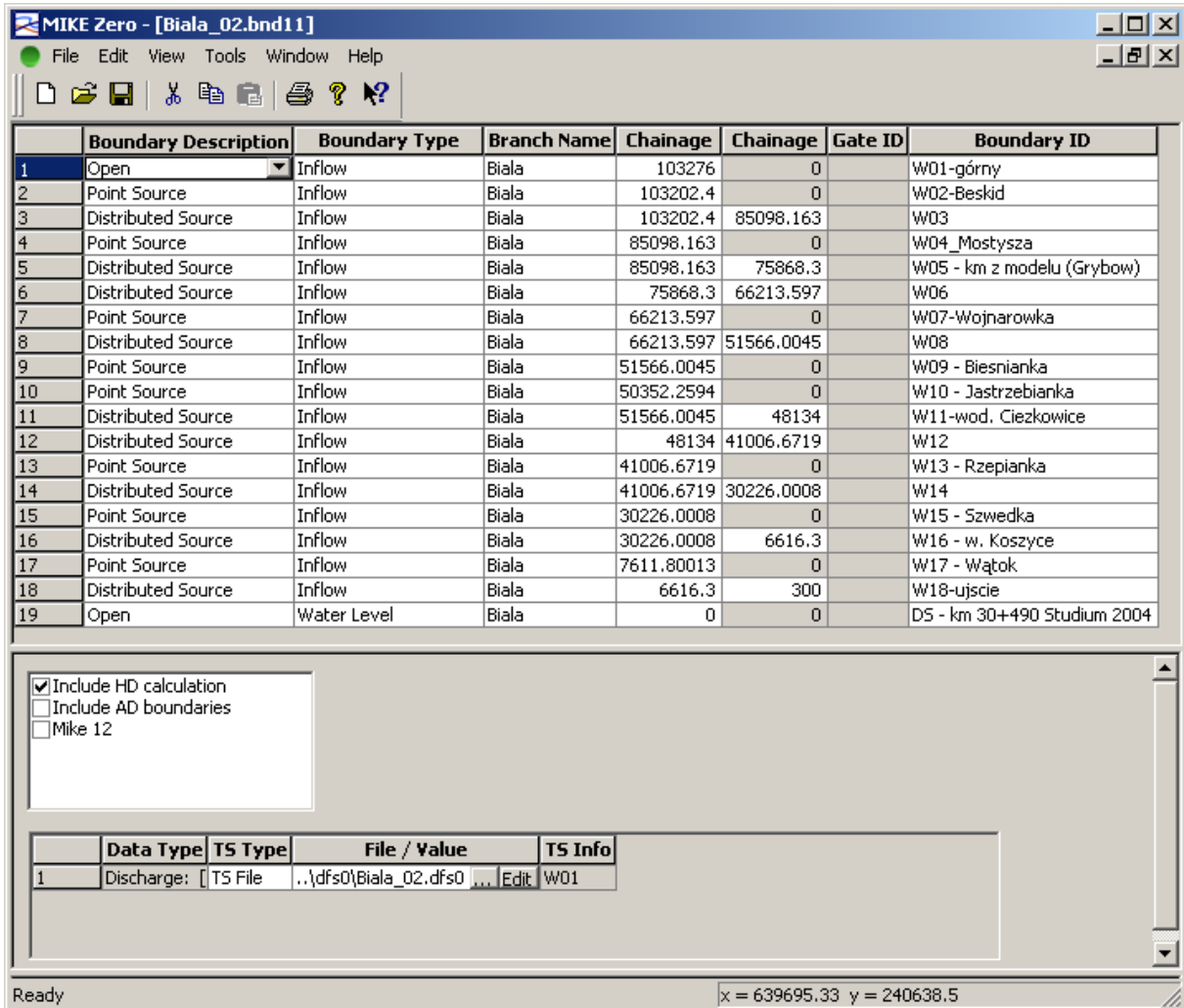
Z uwagi na fakt, iż właściwe obliczenia zostały poprzedzone tzw. obliczeniami inicjującymi, których celem jest stabilizacja modelu w początkowym okresie działania, zdecydowano się przyjąć globalne warunki początkowe w wielkości: 10 cm – stan wody i  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  – przepływ.

### Przyjęcie warunków brzegowych

Dla zbudowanego w ramach niniejszego opracowania modelu hydraulicznego warunki brzegowe modelu określono w oparciu o wyniki modelowania hydraulicznego. Układ wprowadzonych warunków brzegowych zaimplementowanych do modelu przedstawiają poniższe rysunki.



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



MIKE Zero - [Biala\_02.bnd11]

File Edit View Tools Window Help

|    | Boundary Description | Boundary Type | Branch Name | Chainage   | Chainage   | Gate ID | Boundary ID                 |
|----|----------------------|---------------|-------------|------------|------------|---------|-----------------------------|
| 1  | Open                 | Inflow        | Biala       | 103276     | 0          |         | W01-górny                   |
| 2  | Point Source         | Inflow        | Biala       | 103202.4   | 0          |         | W02-Beskid                  |
| 3  | Distributed Source   | Inflow        | Biala       | 103202.4   | 85098.163  |         | W03                         |
| 4  | Point Source         | Inflow        | Biala       | 85098.163  | 0          |         | W04_Mostysza                |
| 5  | Distributed Source   | Inflow        | Biala       | 85098.163  | 75868.3    |         | W05 - km z modelu (Grybow)  |
| 6  | Distributed Source   | Inflow        | Biala       | 75868.3    | 66213.597  |         | W06                         |
| 7  | Point Source         | Inflow        | Biala       | 66213.597  | 0          |         | W07-Wojnarowka              |
| 8  | Distributed Source   | Inflow        | Biala       | 66213.597  | 51566.0045 |         | W08                         |
| 9  | Point Source         | Inflow        | Biala       | 51566.0045 | 0          |         | W09 - Biesnianka            |
| 10 | Point Source         | Inflow        | Biala       | 50352.2594 | 0          |         | W10 - Jastrzebianka         |
| 11 | Distributed Source   | Inflow        | Biala       | 51566.0045 | 48134      |         | W11-wod. Cieczkowice        |
| 12 | Distributed Source   | Inflow        | Biala       | 48134      | 41006.6719 |         | W12                         |
| 13 | Point Source         | Inflow        | Biala       | 41006.6719 | 0          |         | W13 - Rzepianka             |
| 14 | Distributed Source   | Inflow        | Biala       | 41006.6719 | 30226.0008 |         | W14                         |
| 15 | Point Source         | Inflow        | Biala       | 30226.0008 | 0          |         | W15 - Szwedka               |
| 16 | Distributed Source   | Inflow        | Biala       | 30226.0008 | 6616.3     |         | W16 - w. Koszyce            |
| 17 | Point Source         | Inflow        | Biala       | 7611.80013 | 0          |         | W17 - Wątok                 |
| 18 | Distributed Source   | Inflow        | Biala       | 6616.3     | 300        |         | W18-ujście                  |
| 19 | Open                 | Water Level   | Biala       | 0          | 0          |         | DS - km 30+490 Studium 2004 |

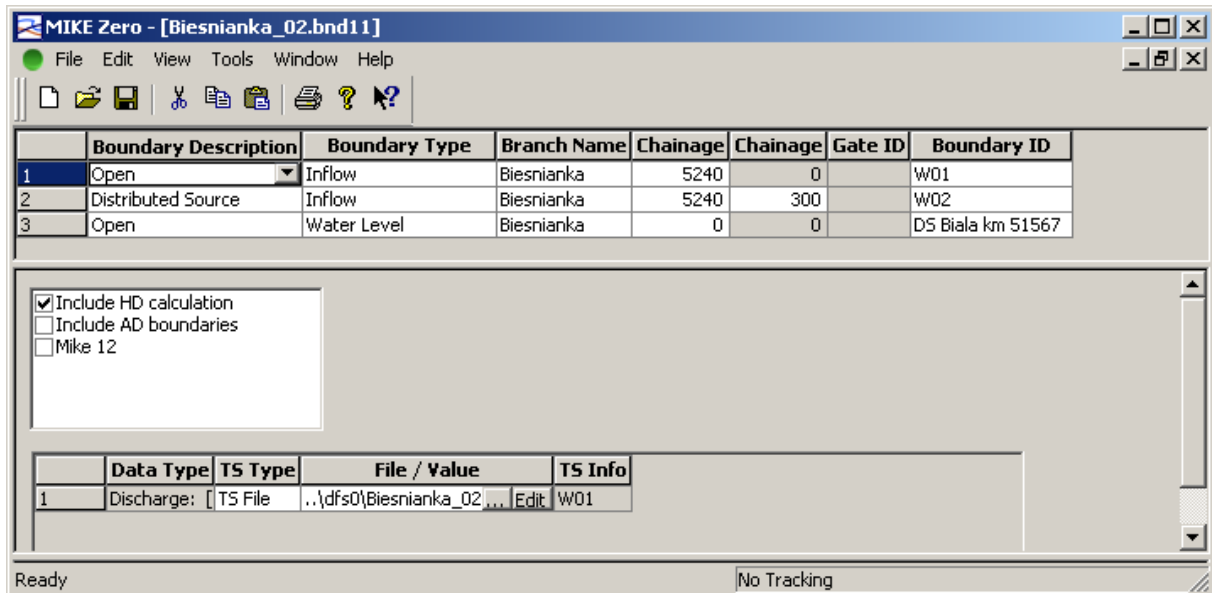
Include HD calculation  
 Include AD boundaries  
 Mike 12

|   | Data Type  | TS Type | File / Value                   | TS Info |
|---|------------|---------|--------------------------------|---------|
| 1 | Discharge: | TS File | ..\dfs0\Biala_02.dfs0 ... Edit | W01     |

Ready x = 639695.33 y = 240638.5

Rys. 44. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Białej

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



MIKE Zero - [Biesnianka\_02.bnd11]

File Edit View Tools Window Help

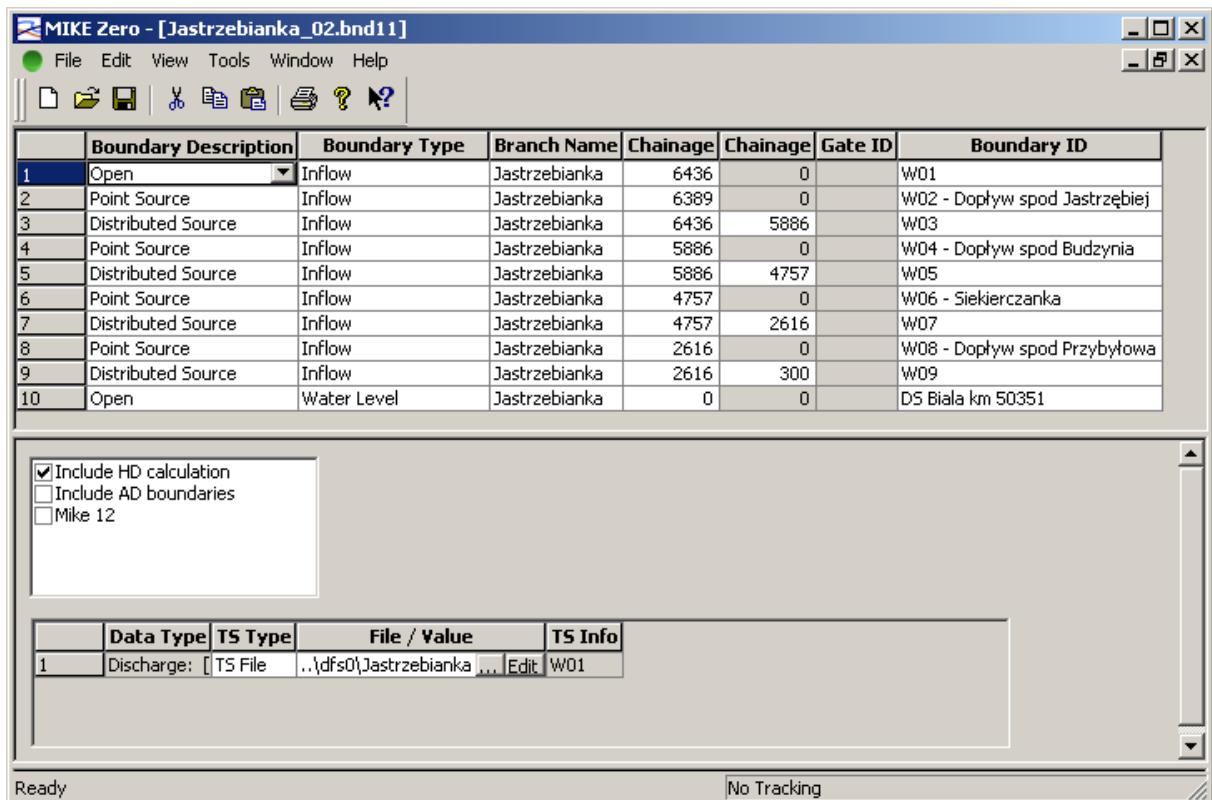
|   | Boundary Description | Boundary Type | Branch Name | Chainage | Chainage | Gate ID | Boundary ID       |
|---|----------------------|---------------|-------------|----------|----------|---------|-------------------|
| 1 | Open                 | Inflow        | Biesnianka  | 5240     | 0        |         | W01               |
| 2 | Distributed Source   | Inflow        | Biesnianka  | 5240     | 300      |         | W02               |
| 3 | Open                 | Water Level   | Biesnianka  | 0        | 0        |         | DS Biala km 51567 |

Include HD calculation  
 Include AD boundaries  
 Mike 12

|   | Data Type  | TS Type | File / Value                  | TS Info |
|---|------------|---------|-------------------------------|---------|
| 1 | Discharge: | TS File | ..\dfs0\Biesnianka_02... Edit | W01     |

Ready No Tracking

Rys. 45. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Bieśnianki



MIKE Zero - [Jastrzebianka\_02.bnd11]

File Edit View Tools Window Help

|    | Boundary Description | Boundary Type | Branch Name   | Chainage | Chainage | Gate ID | Boundary ID                   |
|----|----------------------|---------------|---------------|----------|----------|---------|-------------------------------|
| 1  | Open                 | Inflow        | Jastrzebianka | 6436     | 0        |         | W01                           |
| 2  | Point Source         | Inflow        | Jastrzebianka | 6389     | 0        |         | W02 - Dopływ spod Jastrzębiej |
| 3  | Distributed Source   | Inflow        | Jastrzebianka | 6436     | 5886     |         | W03                           |
| 4  | Point Source         | Inflow        | Jastrzebianka | 5886     | 0        |         | W04 - Dopływ spod Budzynia    |
| 5  | Distributed Source   | Inflow        | Jastrzebianka | 5886     | 4757     |         | W05                           |
| 6  | Point Source         | Inflow        | Jastrzebianka | 4757     | 0        |         | W06 - Siekierzanka            |
| 7  | Distributed Source   | Inflow        | Jastrzebianka | 4757     | 2616     |         | W07                           |
| 8  | Point Source         | Inflow        | Jastrzebianka | 2616     | 0        |         | W08 - Dopływ spod Przybytowa  |
| 9  | Distributed Source   | Inflow        | Jastrzebianka | 2616     | 300      |         | W09                           |
| 10 | Open                 | Water Level   | Jastrzebianka | 0        | 0        |         | DS Biala km 50351             |

Include HD calculation  
 Include AD boundaries  
 Mike 12

|   | Data Type  | TS Type | File / Value                   | TS Info |
|---|------------|---------|--------------------------------|---------|
| 1 | Discharge: | TS File | ..\dfs0\Jastrzebianka ... Edit | W01     |

Ready No Tracking

Rys. 46. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Jastrzębianki

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

MIKE Zero - [Mostysza\_02.bnd11]

File Edit View Tools Window Help

|    | Boundary Description | Boundary Type | Branch Name | Chainage | Chainage | Gate ID | Boundary ID |
|----|----------------------|---------------|-------------|----------|----------|---------|-------------|
| 1  | Open                 | Water Level   | Mostysza    | 0        | 0        |         | D5          |
| 2  | Distributed Source   | Inflow        | Mostysza    | 2372     | 131      |         | 260B        |
| 3  | Point Source         | Inflow        | Mostysza    | 2264     | 0        |         | 261B        |
| 4  | Distributed Source   | Inflow        | Mostysza    | 5350     | 2372     |         | 262B        |
| 5  | Point Source         | Inflow        | Mostysza    | 5273     | 0        |         | Kamienna    |
| 6  | Distributed Source   | Inflow        | Mostysza    | 5657     | 5350     |         | 264B        |
| 7  | Distributed Source   | Inflow        | Mostysza    | 8424     | 5657     |         | 265B        |
| 8  | Point Source         | Inflow        | Mostysza    | 8326     | 0        |         | 267B        |
| 9  | Distributed Source   | Inflow        | Mostysza    | 10214    | 8424     |         | 268B        |
| 10 | Distributed Source   | Inflow        | Mostysza    | 10238    | 10214    |         | 269B        |
| 11 | Open                 | Inflow        | Mostysza    | 10238    | 0        |         | U5          |

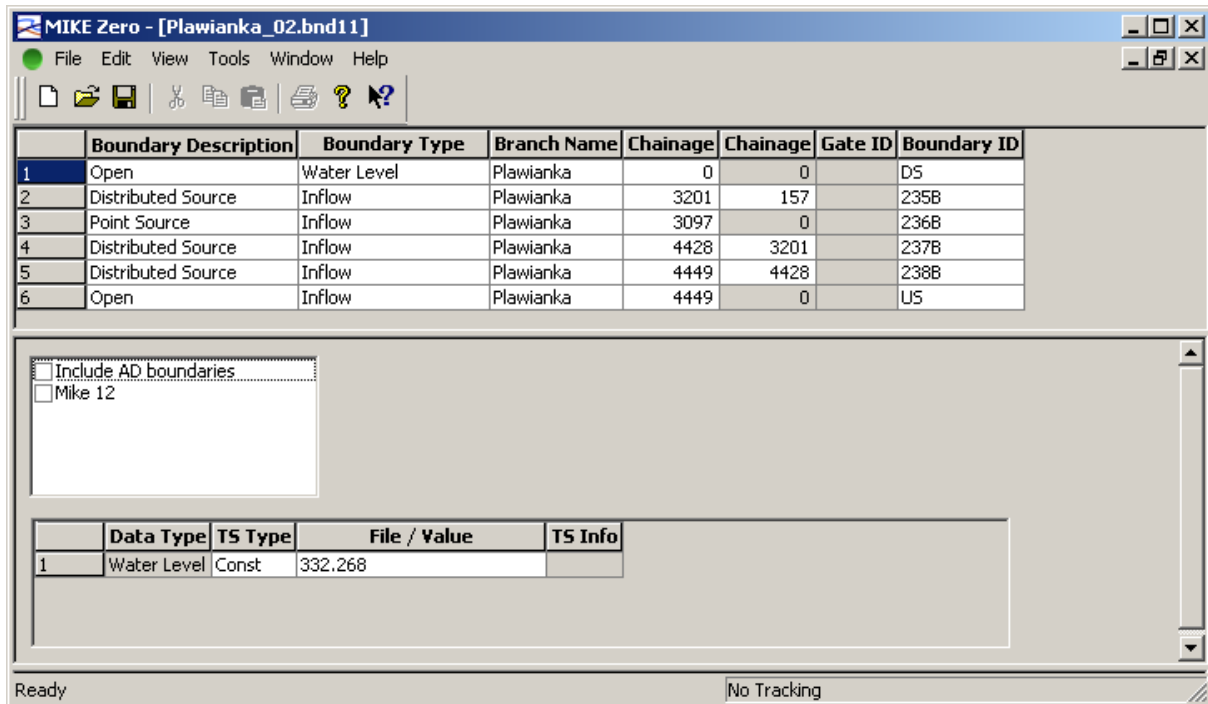
Include AD boundaries  
 Mike 12

|   | Data Type   | TS Type | File / Value | TS Info |
|---|-------------|---------|--------------|---------|
| 1 | Water Level | Const   | 382.034      |         |

Ready No Tracking

Rys. 47. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Mostyszy

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

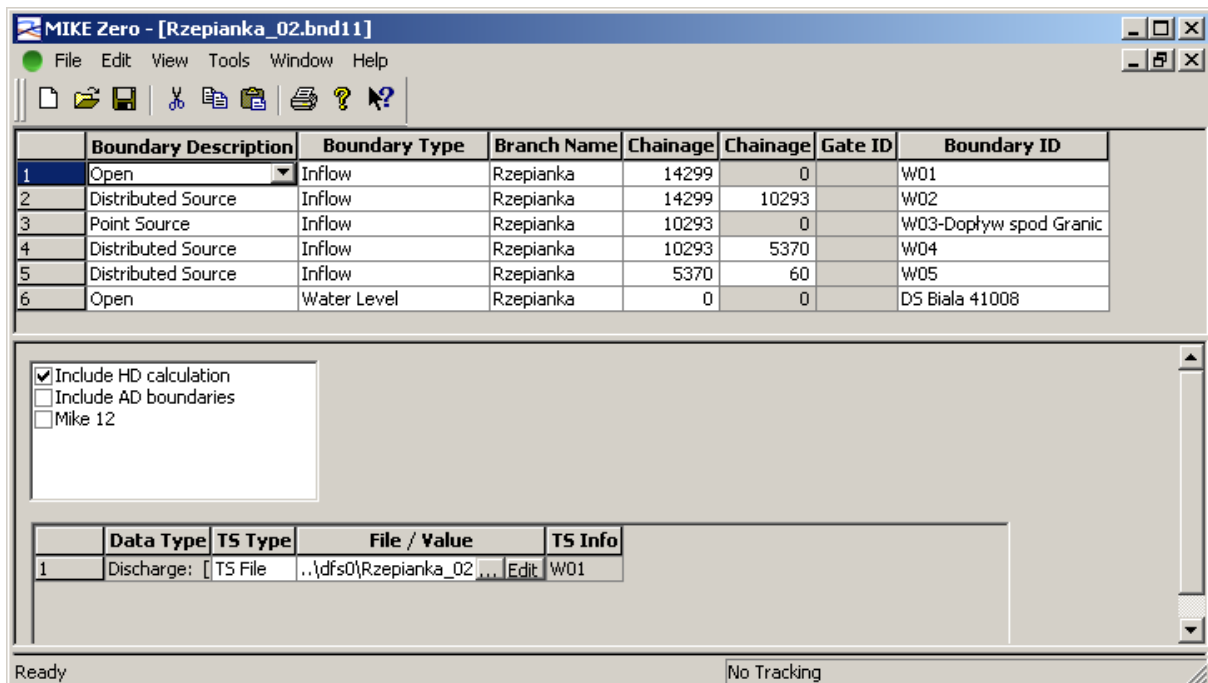


|   | Boundary Description | Boundary Type | Branch Name | Chainage | Chainage | Gate ID | Boundary ID |
|---|----------------------|---------------|-------------|----------|----------|---------|-------------|
| 1 | Open                 | Water Level   | Pławianka   | 0        | 0        |         | DS          |
| 2 | Distributed Source   | Inflow        | Pławianka   | 3201     | 157      |         | 235B        |
| 3 | Point Source         | Inflow        | Pławianka   | 3097     | 0        |         | 236B        |
| 4 | Distributed Source   | Inflow        | Pławianka   | 4428     | 3201     |         | 237B        |
| 5 | Distributed Source   | Inflow        | Pławianka   | 4449     | 4428     |         | 238B        |
| 6 | Open                 | Inflow        | Pławianka   | 4449     | 0        |         | US          |

|   | Data Type   | TS Type | File / Value | TS Info |
|---|-------------|---------|--------------|---------|
| 1 | Water Level | Const   | 332.268      |         |

Rys. 48. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Pławianki



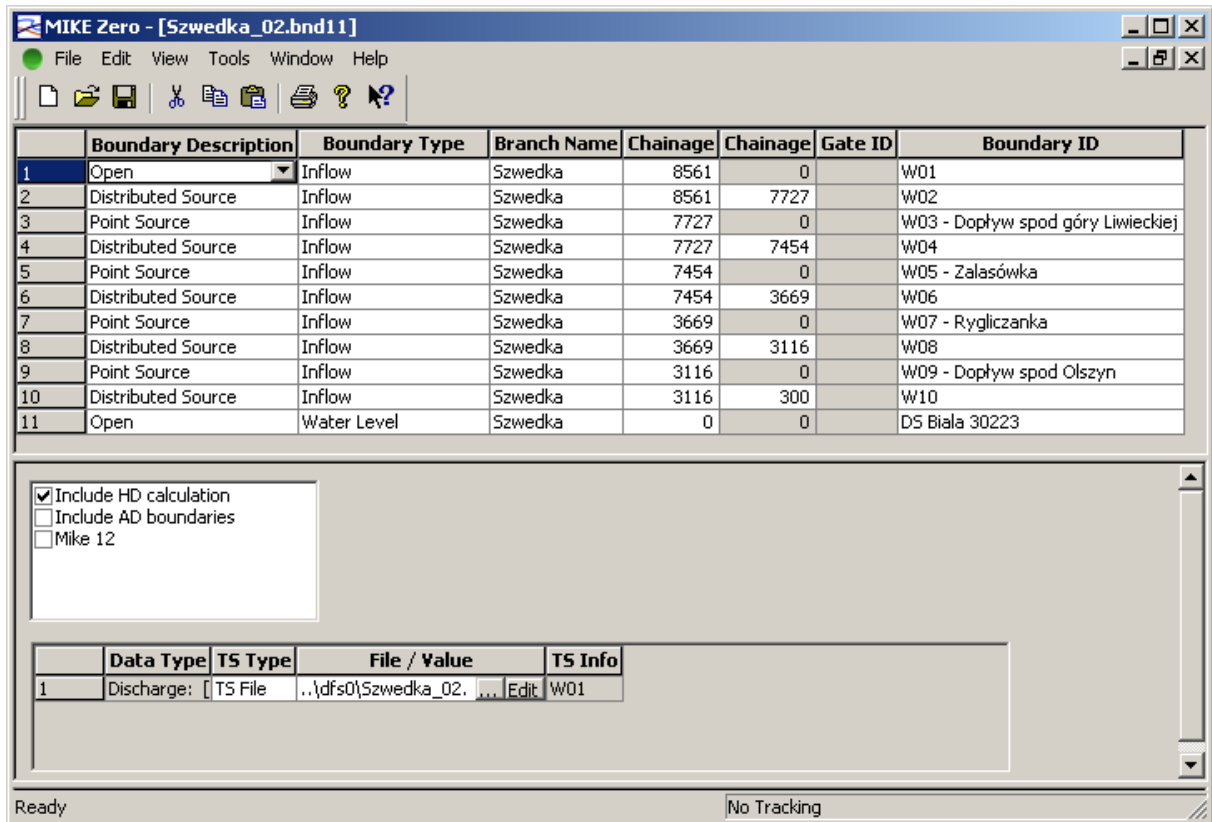
|   | Boundary Description | Boundary Type | Branch Name | Chainage | Chainage | Gate ID | Boundary ID            |
|---|----------------------|---------------|-------------|----------|----------|---------|------------------------|
| 1 | Open                 | Inflow        | Rzepianka   | 14299    | 0        |         | W01                    |
| 2 | Distributed Source   | Inflow        | Rzepianka   | 14299    | 10293    |         | W02                    |
| 3 | Point Source         | Inflow        | Rzepianka   | 10293    | 0        |         | W03-Dopływ spod Granic |
| 4 | Distributed Source   | Inflow        | Rzepianka   | 10293    | 5370     |         | W04                    |
| 5 | Distributed Source   | Inflow        | Rzepianka   | 5370     | 60       |         | W05                    |
| 6 | Open                 | Water Level   | Rzepianka   | 0        | 0        |         | DS Biała 41008         |

|   | Data Type  | TS Type | File / Value                  | TS Info |
|---|------------|---------|-------------------------------|---------|
| 1 | Discharge: | TS File | ..\dfs0\Rzepianka_02_... Edit | W01     |

Rys. 49. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Rzepianki

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



MIKE Zero - [Szwedka\_02.bnd11]

File Edit View Tools Window Help

|    | Boundary Description | Boundary Type | Branch Name | Chainage | Chainage | Gate ID | Boundary ID                       |
|----|----------------------|---------------|-------------|----------|----------|---------|-----------------------------------|
| 1  | Open                 | Inflow        | Szwedka     | 8561     | 0        |         | W01                               |
| 2  | Distributed Source   | Inflow        | Szwedka     | 8561     | 7727     |         | W02                               |
| 3  | Point Source         | Inflow        | Szwedka     | 7727     | 0        |         | W03 - Dopływ spod góry Liwieckiej |
| 4  | Distributed Source   | Inflow        | Szwedka     | 7727     | 7454     |         | W04                               |
| 5  | Point Source         | Inflow        | Szwedka     | 7454     | 0        |         | W05 - Zalasówka                   |
| 6  | Distributed Source   | Inflow        | Szwedka     | 7454     | 3669     |         | W06                               |
| 7  | Point Source         | Inflow        | Szwedka     | 3669     | 0        |         | W07 - Ryglizanka                  |
| 8  | Distributed Source   | Inflow        | Szwedka     | 3669     | 3116     |         | W08                               |
| 9  | Point Source         | Inflow        | Szwedka     | 3116     | 0        |         | W09 - Dopływ spod Olszyn          |
| 10 | Distributed Source   | Inflow        | Szwedka     | 3116     | 300      |         | W10                               |
| 11 | Open                 | Water Level   | Szwedka     | 0        | 0        |         | D5 Biała 30223                    |

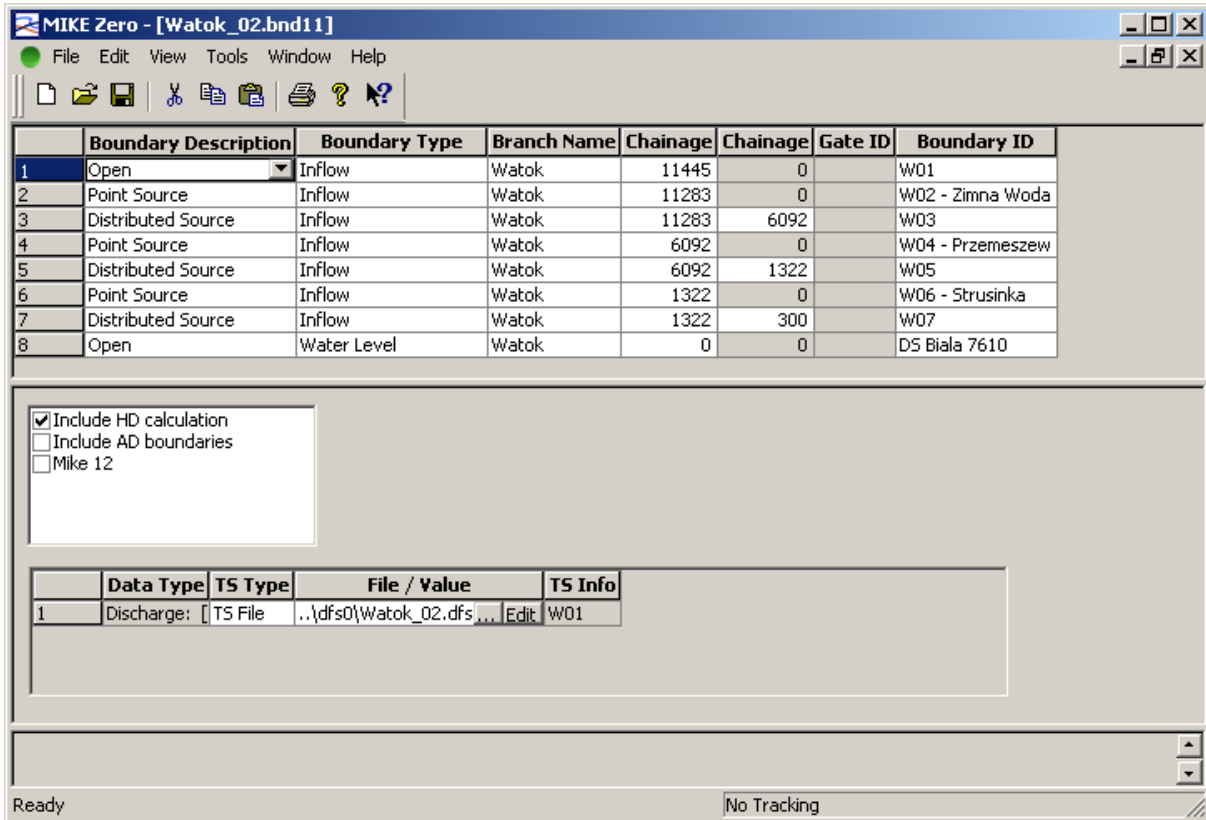
Include HD calculation  
 Include AD boundaries  
 Mike 12

|   | Data Type  | TS Type   | File / Value                 | TS Info |
|---|------------|-----------|------------------------------|---------|
| 1 | Discharge: | [ TS File | ..\dfs0\Szwedka_02. ... Edit | W01     |

Ready No Tracking

Rys. 50. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Szwedki

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



MIKE Zero - [Watok\_02.bnd11]

File Edit View Tools Window Help

|   | Boundary Description | Boundary Type | Branch Name | Chainage | Chainage | Gate ID | Boundary ID       |
|---|----------------------|---------------|-------------|----------|----------|---------|-------------------|
| 1 | Open                 | Inflow        | Watok       | 11445    | 0        |         | W01               |
| 2 | Point Source         | Inflow        | Watok       | 11283    | 0        |         | W02 - Zimna Woda  |
| 3 | Distributed Source   | Inflow        | Watok       | 11283    | 6092     |         | W03               |
| 4 | Point Source         | Inflow        | Watok       | 6092     | 0        |         | W04 - Przemieszew |
| 5 | Distributed Source   | Inflow        | Watok       | 6092     | 1322     |         | W05               |
| 6 | Point Source         | Inflow        | Watok       | 1322     | 0        |         | W06 - Strusinka   |
| 7 | Distributed Source   | Inflow        | Watok       | 1322     | 300      |         | W07               |
| 8 | Open                 | Water Level   | Watok       | 0        | 0        |         | DS Biała 7610     |

Include HD calculation  
 Include AD boundaries  
 Mike 12

|   | Data Type  | TS Type   | File / Value            | TS Info    |
|---|------------|-----------|-------------------------|------------|
| 1 | Discharge: | [ TS File | ..\dfs0\Watok_02.dfs... | Edit   W01 |

Ready No Tracking

Rys. 51. Warunki brzegowe zaimplementowane w modelu hydraulicznym Wątoka



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

MIKE Zero - [Biala\_calib\_II.bnd11]

File Edit View Tools Window Help

|    | Boundary Description | Boundary Type | Branch Name   | Chainage   | Chainage   | Gate ID | Boundary ID                |
|----|----------------------|---------------|---------------|------------|------------|---------|----------------------------|
| 1  | Open                 | Inflow        | Biala         | 103276     | 0          |         | W01                        |
| 2  | Point Source         | Inflow        | Biala         | 103202.4   | 0          |         | W02                        |
| 3  | Distributed Source   | Inflow        | Biala         | 103202.4   | 85098.163  |         | W03                        |
| 4  | Open                 | Inflow        | Mostysza      | 10238      | 0          |         | W04                        |
| 5  | Distributed Source   | Inflow        | Mostysza      | 10238      | 0          |         | W05                        |
| 6  | Distributed Source   | Inflow        | Biala         | 85098.163  | 75868.3    |         | W06 - km z modelu (Grybow) |
| 7  | Distributed Source   | Inflow        | Biala         | 75868.3    | 66213.597  |         | W07                        |
| 8  | Open                 | Inflow        | Wojnarowka    | 7815       | 0          |         | W08-gorny                  |
| 9  | Distributed Source   | Inflow        | Wojnarowka    | 7815       | 0          |         | W09                        |
| 10 | Distributed Source   | Inflow        | Biala         | 66213.597  | 51566.0045 |         | W10                        |
| 11 | Open                 | Inflow        | Biesnianka    | 5240       | 0          |         | W11 - gorny                |
| 12 | Distributed Source   | Inflow        | Biesnianka    | 5240       | 100        |         | W12                        |
| 13 | Distributed Source   | Inflow        | Biala         | 51566.0045 | 48134      |         | W13 - wod. Ciekowice       |
| 14 | Open                 | Inflow        | Jastrzebianka | 6422       | 0          |         | W14                        |
| 15 | Distributed Source   | Inflow        | Jastrzebianka | 6422       | 0          |         | W15                        |
| 16 | Distributed Source   | Inflow        | Biala         | 48134      | 41006.6719 |         | W16                        |
| 17 | Open                 | Inflow        | Rzepianka     | 5370       | 0          |         | W17 - gorny                |
| 18 | Distributed Source   | Inflow        | Rzepianka     | 5370       | 0          |         | W18                        |
| 19 | Distributed Source   | Inflow        | Biala         | 41006.6719 | 30226.0008 |         | W19                        |
| 20 | Open                 | Inflow        | Szwedka       | 8561       | 0          |         | W20 - gorny                |
| 21 | Distributed Source   | Inflow        | Szwedka       | 8561       | 0          |         | W21                        |
| 22 | Distributed Source   | Inflow        | Biala         | 30226.0008 | 6616.3     |         | W22 - wod. Koszyce         |
| 23 | Open                 | Inflow        | Watok         | 11445      | 0          |         | W23 - gorny                |
| 24 | Point Source         | Inflow        | Watok         | 11270      | 0          |         | W24                        |
| 25 | Distributed Source   | Inflow        | Watok         | 11445      | 0          |         | W25                        |
| 26 | Distributed Source   | Inflow        | Biala         | 6616.3     | 300        |         | W26                        |
| 27 | Open                 | Inflow        | Plawianka     | 4449       | 0          |         | 238B                       |
| 28 | Distributed Source   | Inflow        | Plawianka     | 4449       | 3201       |         | 237B                       |
| 29 | Point Source         | Inflow        | Plawianka     | 3201       | 0          |         | 236B                       |
| 30 | Distributed Source   | Inflow        | Plawianka     | 3201       | 0          |         | 235B                       |
| 31 | Open                 | Q-h           | Biala         | 0          | 0          |         | DS                         |

Include HD calculation  
 Include AD boundaries  
 Mike 12

|   | Data Type  | TS Type | File / Value | TS Info |
|---|------------|---------|--------------|---------|
| 1 | Discharge: | Const   | 0.1          |         |

Ready No Tracking

Rys. 53. Warunki brzegowe zaimplementowane w zintegrowanym modelu hydraulicznym zlewni Białej

## 2.4 Metodyka kalibracji i weryfikacji modelu

Kalibracja polega na określeniu parametrów modelu w taki sposób, aby otrzymać zgodny z powodziowym wezbraniem historycznym, obliczeniowy rozkład przepływów i stanów wody w profilu podłużnym rzeki. Zgodność ta sprowadza się do uzyskania zbieżnych hydrogramów przepływów i stanów wody, zarówno pod względem wartości jak i czasu w punktach kalibracyjnych (o znanych wartościach historycznych  $Q(t)$  i  $H(t)$ ).



### Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Weryfikacja modelu wykonywana jest na wezbraniu powodziowym innym niż wezbranie, dla którego wykonano kalibrację. Polega na ocenie zgodności hydrogramów historycznych i obliczeniowych  $Q(t)$  i  $H(t)$  pod względem wartości i czasu w tych samych punktach oraz w oparciu o te same parametry modelu, dla których wykonano kalibrację.

Kryteria kalibracji i weryfikacji modelu to założone, dopuszczalne różnice pomiędzy wartościami rzeczywistymi i modelowanymi w zakresie:

- Bilansowania objętości przepływów  $V$
- Wartości maksymalnych przepływów  $Q(\max)$
- Wartości maksymalnych stanów wody  $H(\max)$
- Przesunięcia fazowego hydrogramów  $Q$  i  $H$
- Zgodności hydrogramów  $Q$  i  $H$  w całym zakresie

Kalibracja oraz weryfikacja została wykonana dla Białej Tarnowskiej a więc ciekę kontrolowanego tj. takich na których zlokalizowany jest co najmniej 1 posterunek wodowskazowy (w przypadku Białej były to 3 posterunki: Grybów, Ciężkowice i Koszyce Wielkie) Dodatkowo spełniony był warunek, iż wodowskazy muszą być zlokalizowane na odcinku objętym modelem hydraulicznym. W przypadku pozostałych cieków objętych przedmiotowym projektem (bezpośrednich dopływów Białej), z braku posterunków wodowskazowych dokonano tzw. kalibracji eksperckiej bazującej na ocenie parametrów szorstkości koryta i terenów zalewowych.

Następujące parametry, które poddano analizie na etapie kalibracji i weryfikacji modelu hydraulicznego:

- Współczynnik korelacji ( $R$ ),
- Specjalny współczynnik korelacji ( $R_s$ ),
- Całkowity błąd kwadratowy (CBK),
- Błąd stanu kulminacji ( $\Delta H_{\max}$ ),
- Błąd przepływu kulminacyjnego ( $\Delta Q_{\max}$ ),
- Przesunięcie kulminacji ( $\Delta t_{\max}$ ),
- Błąd objętości fali wezbraniowej ( $\Delta V_{\max}$ ).

Proces kalibracji i weryfikacji został przeprowadzony w oparciu o kryteria i parametry, stawiane przez RZGW w Krakowie modelom hydraulicznym opracowywanym na zlecenie tej instytucji i wykorzystywanym przez nią w działaniach związanych z ochroną przeciwpowodziową.

### Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Zgodnie z wytycznymi RZGW w Krakowie przyjęto zasadę, iż w przypadku kalibracji dla każdego z kryteriów model musi otrzymać ocenę „znakomity”, „bardzo dobry” lub „dobry”.

W przypadku weryfikacji dla każdego z kryteriów model musi otrzymać ocenę „znakomity”, „bardzo dobry”, „dobry” lub „dość dobry”.

W przypadku niespełnienia, któregoś z w/w kryteriów należy przedstawić interpretację, która wskaże tego przyczynę.



## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

### 3 Kalibracja i weryfikacja modelu hydraulicznego

Kalibracja polega na określeniu parametrów modelu w taki sposób, aby otrzymać zgodny z powodziowym wezbraniem historycznym, obliczeniowy rozkład przepływów i stanów wody w profilu podłużnym rzeki. Zgodność ta sprowadza się do uzyskania zbieżnych hydrogramów przepływów i stanów wody, zarówno pod względem wartości jak i czasu w punktach kalibracyjnych (o znanych wartościach historycznych  $Q(t)$  i  $H(t)$ ).

Weryfikacja modelu wykonywana jest na wezbraniu powodziowym innym niż wezbranie, dla którego wykonano kalibrację. Polega na ocenie zgodności hydrogramów historycznych i obliczeniowych  $Q(t)$  i  $H(t)$  pod względem wartości i czasu w tych samych punktach oraz w oparciu o te same parametry modelu, dla których wykonano kalibrację.

Kryteria kalibracji i weryfikacji modelu to założone, dopuszczalne różnice pomiędzy wartościami rzeczywistymi i modelowanymi w zakresie:

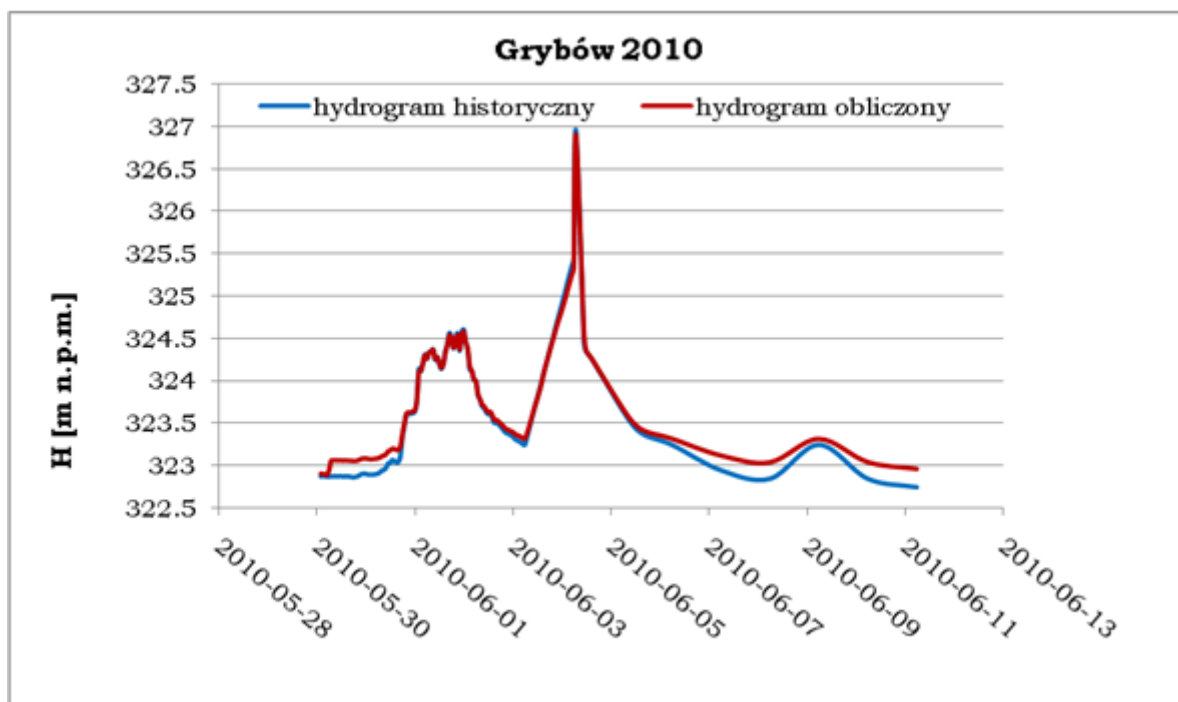
- bilansowania objętości przepływów  $V$ ,
- wartości maksymalnych przepływów  $Q(\max)$ ,
- wartości maksymalnych stanów wody  $H(\max)$ ,
- przesunięcia fazowego hydrogramów  $Q$  i  $H$ ,
- zgodności hydrogramów  $Q$  i  $H$  w całym zakresie.

Kalibracja oraz weryfikacja została wykonana dla Białej Tarnowskiej a więc ciekę kontrolowanego tj. takiego, na którym zlokalizowany jest co najmniej 1 posterunek wodowskazowy (w przypadku Białej były to 3 posterunki: Grybów, Ciężkowice i Koszyce Wielkie) Dodatkowo spełniony był warunek, iż wodowskazy muszą być zlokalizowane na odcinku objętym modelem hydraulicznym. W przypadku pozostałych cieków objętych przedmiotowym projektem (bezpośrednich dopływów Białej), z braku posterunków wodowskazowych dokonano tzw. kalibracji eksperckiej bazującej na ocenie parametrów szorstkości koryta i terenów zalewowych.

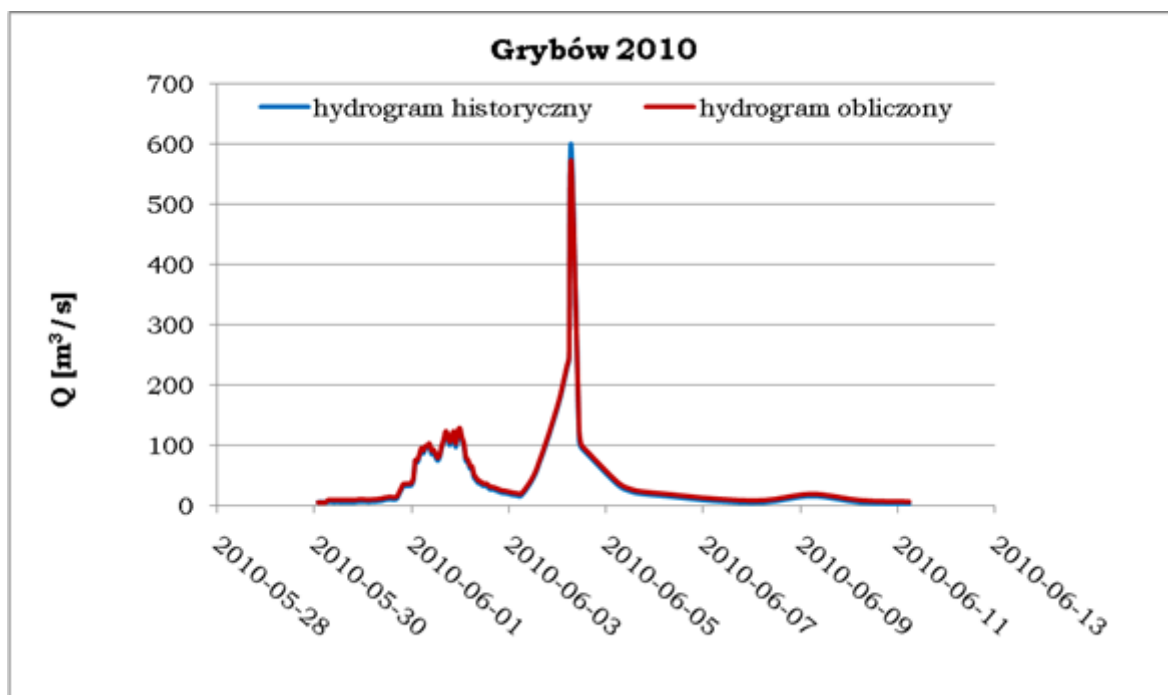
Kalibracja i weryfikacja modelu została przeprowadzona w oparciu o dane wodowskazowe (hydrogramy stanów i przepływów) z dwóch ostatnich wielkich powodzi, które miały miejsce w latach 2010 oraz 2001 dla których udało się pozyskać komplet danych z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej o. Kraków.

Kalibrację przeprowadzono na fali powodziowej z 2010 roku (większe wartości przepływów) natomiast weryfikację na fali wezbraniowej z 2001 roku. Poniżej zestawiono wyniki przeprowadzonych prac:

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 54. Wodowskaz Grybów na rzece Białej – hydrogramy stanów, 2010 r

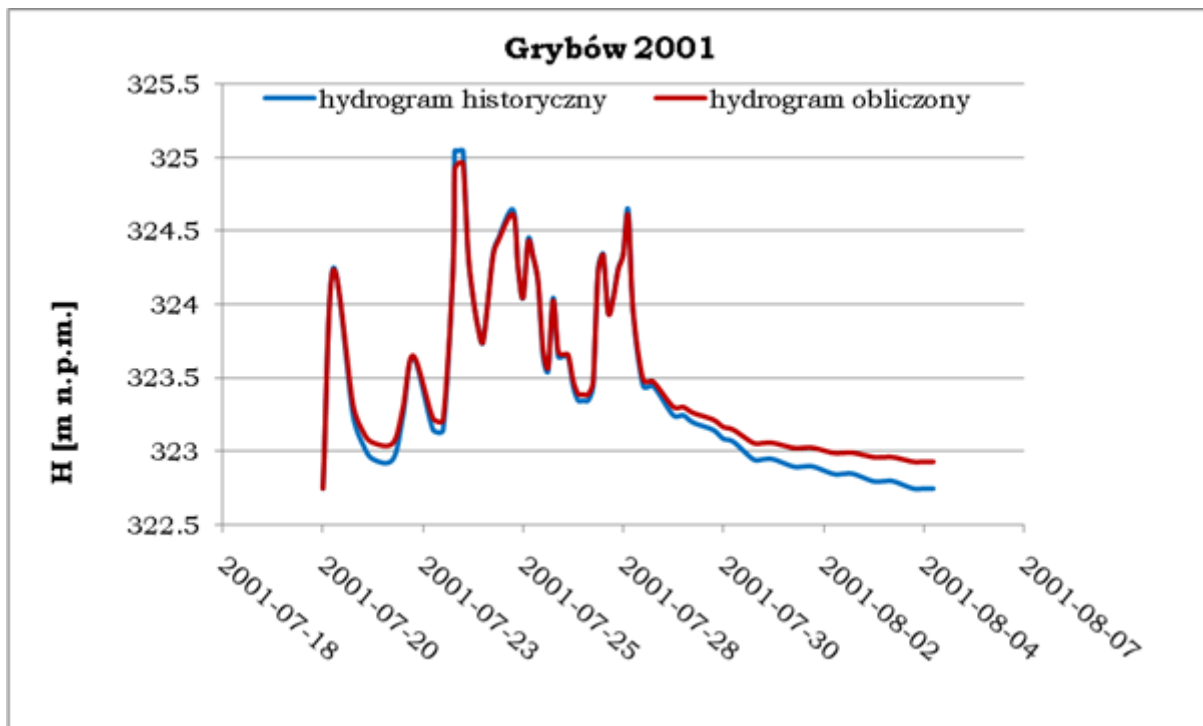


Rys. 55. Wodowskaz Grybów na rzece Białej – hydrogramy przepływów, 2010 r

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Tab. 28. Tabelaryczne zestawienie wyników kalibracji dla rzeki Białej, wodowskaz Grybów

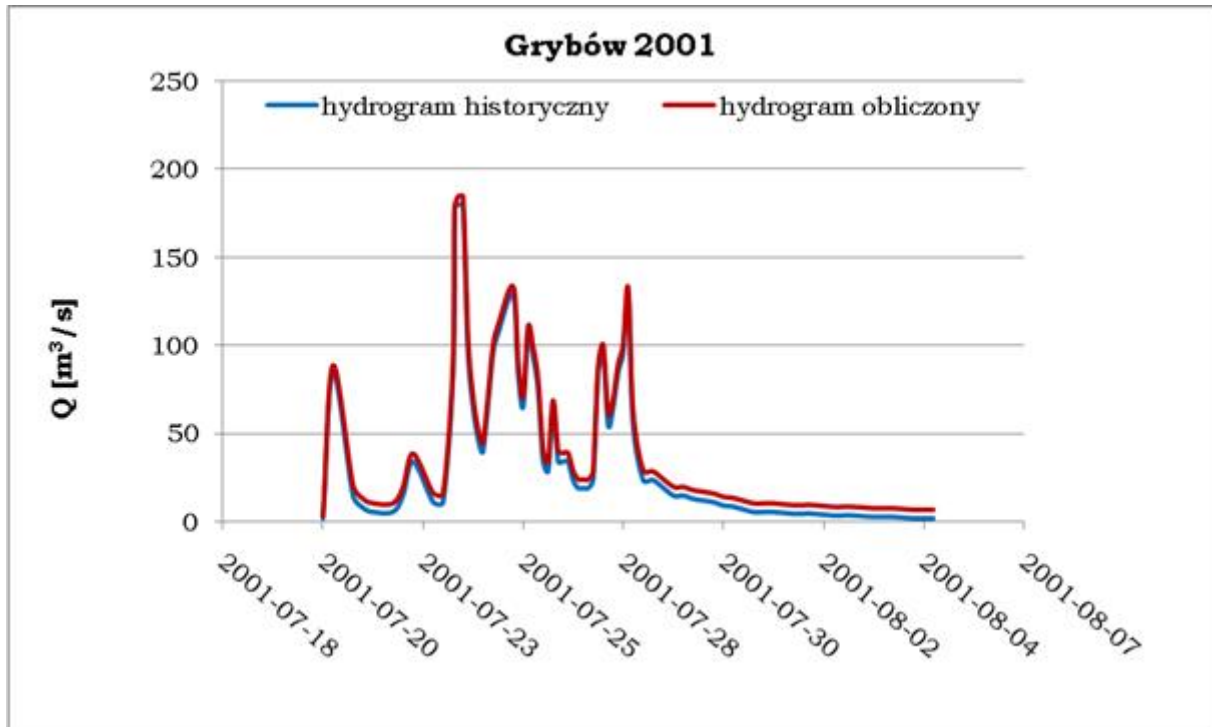
| Rzeka: Biała; Wodowskaz: Grybów, Fala: 2010 - kalibracja |           |                    |                    |           |           |                  |                  |                  |                  |
|----------------------------------------------------------|-----------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| R (Q)                                                    | R (h)     | R <sub>s</sub> (Q) | R <sub>s</sub> (h) | CBK (Q)   | CBK (h)   | $\Delta H_{max}$ | $\Delta Q_{max}$ | $\Delta t_{max}$ | $\Delta V_{max}$ |
| [-]                                                      | [-]       | [-]                | [-]                | [%]       | [%]       | [cm]             | [%]              | [h]              | [%]              |
| 1.00                                                     | 1.00      | 1.00               | 1.00               | 0.87      | 0.00      | 5                | 4.66             | 0.00             | 1.39             |
| znakomity                                                | znakomity | znakomity          | znakomity          | znakomity | znakomity | znakomity        | bardzo dobry     | znakomity        | znakomity        |



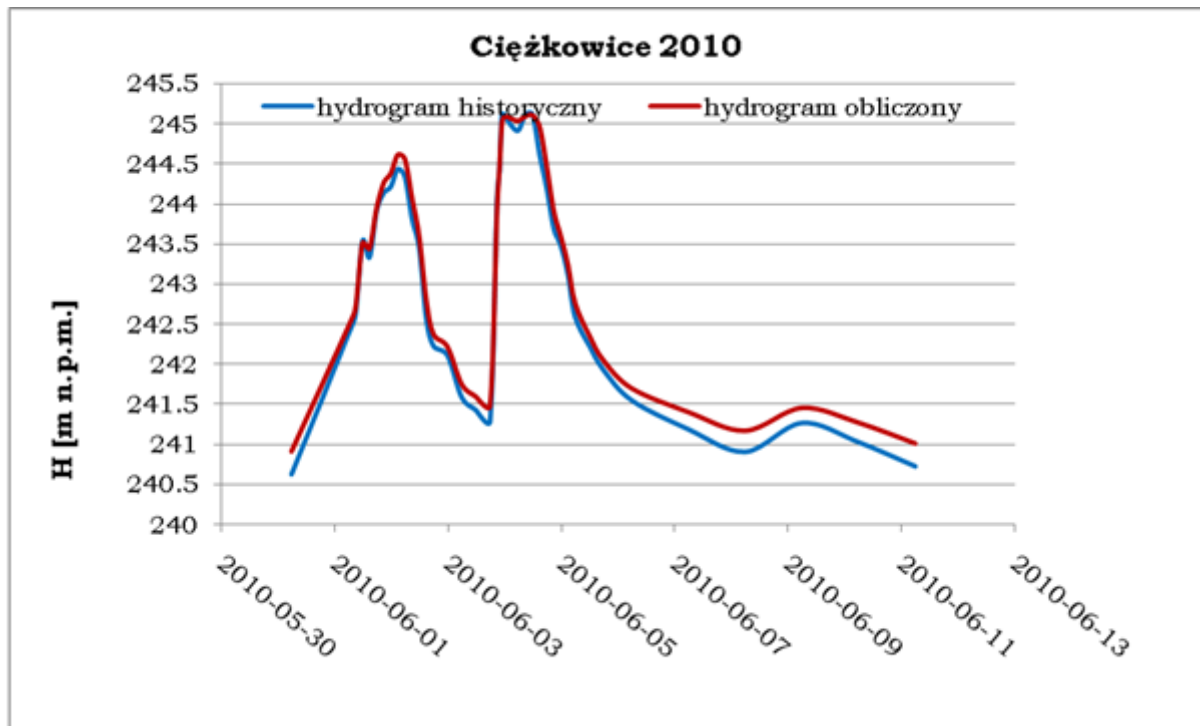
Rys. 56 Wodowskaz Grybów na rzece Białej – hydrogramy stanów, 2001 r



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

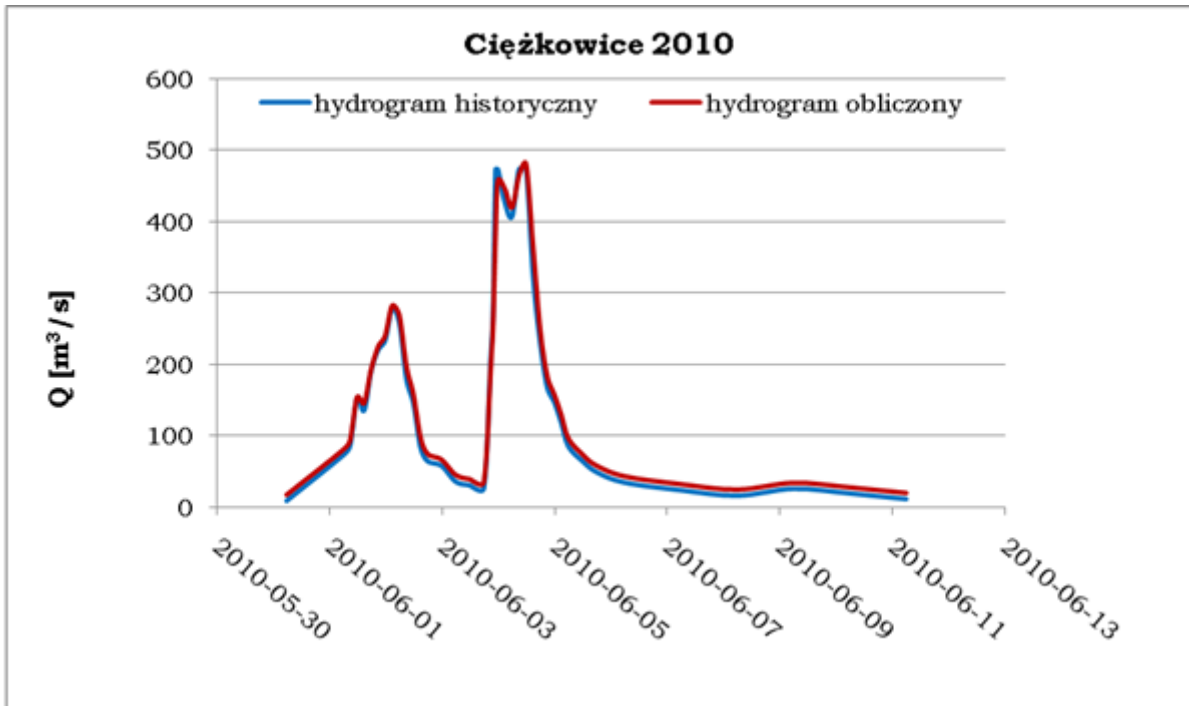


Rys. 57. Wodowskaz Grybów na rzece Białej – hydrogramy przepływów, 2001 r

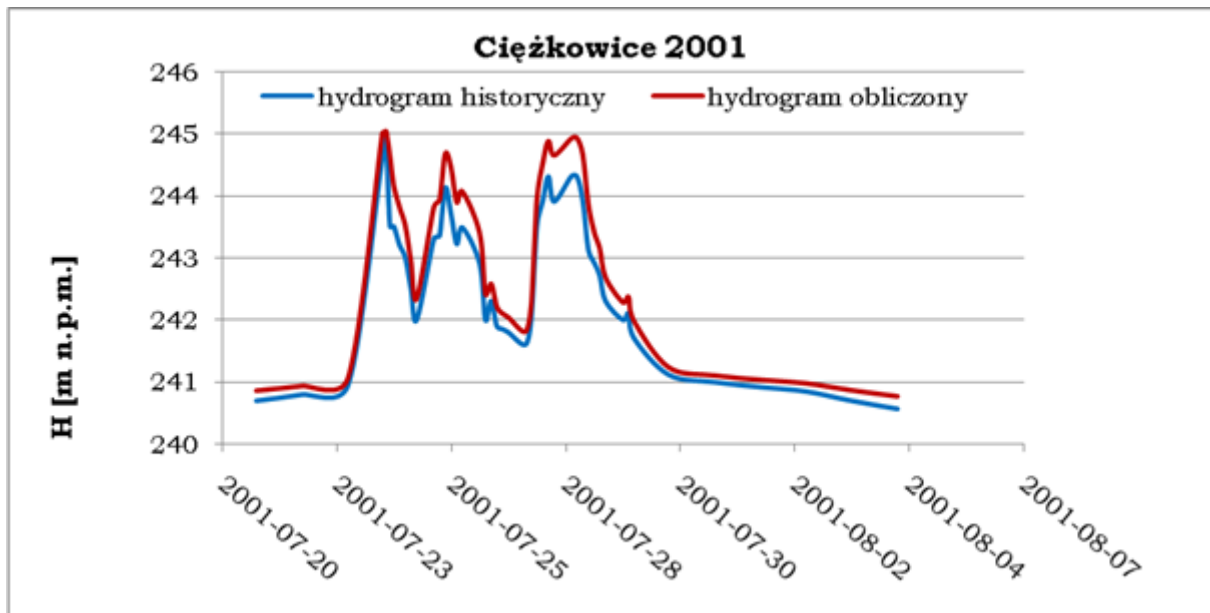


Rys. 58. Wodowskaz Ciężkowice na rzece Białej – hydrogramy stanów, 2010 r

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



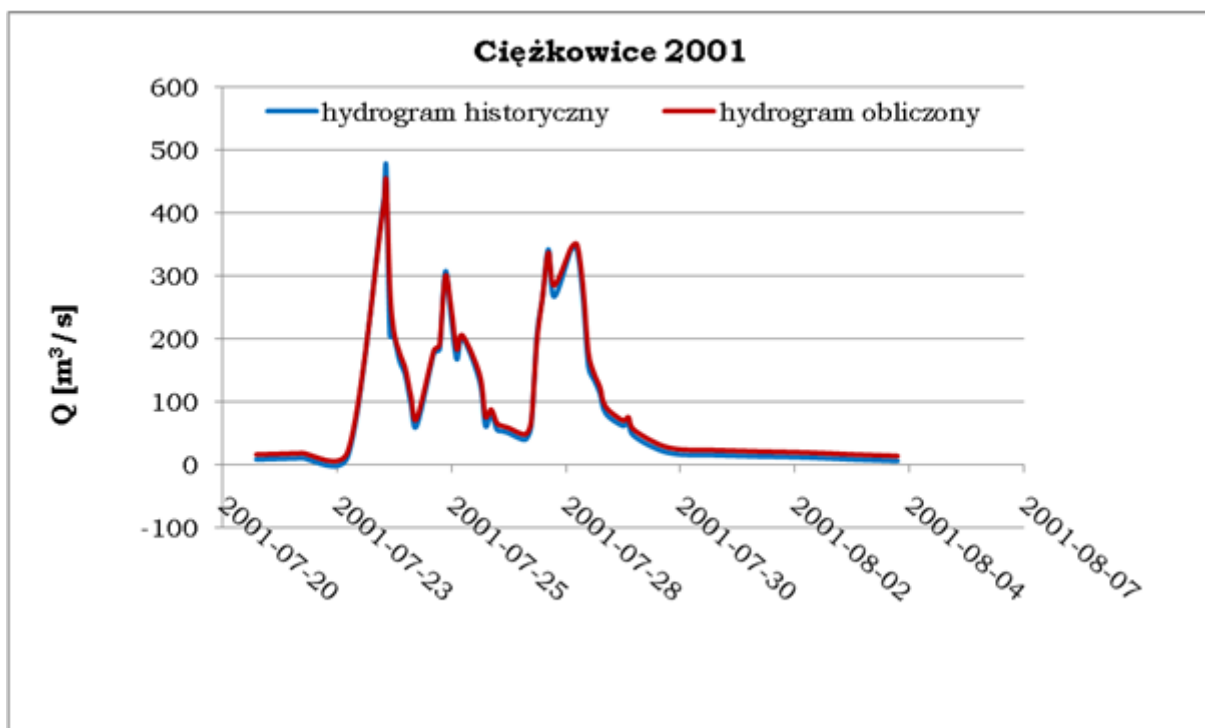
Rys. 59. Wodowskaz Ciężkowice na rzece Białej – hydrogramy przepływów, 2010 r



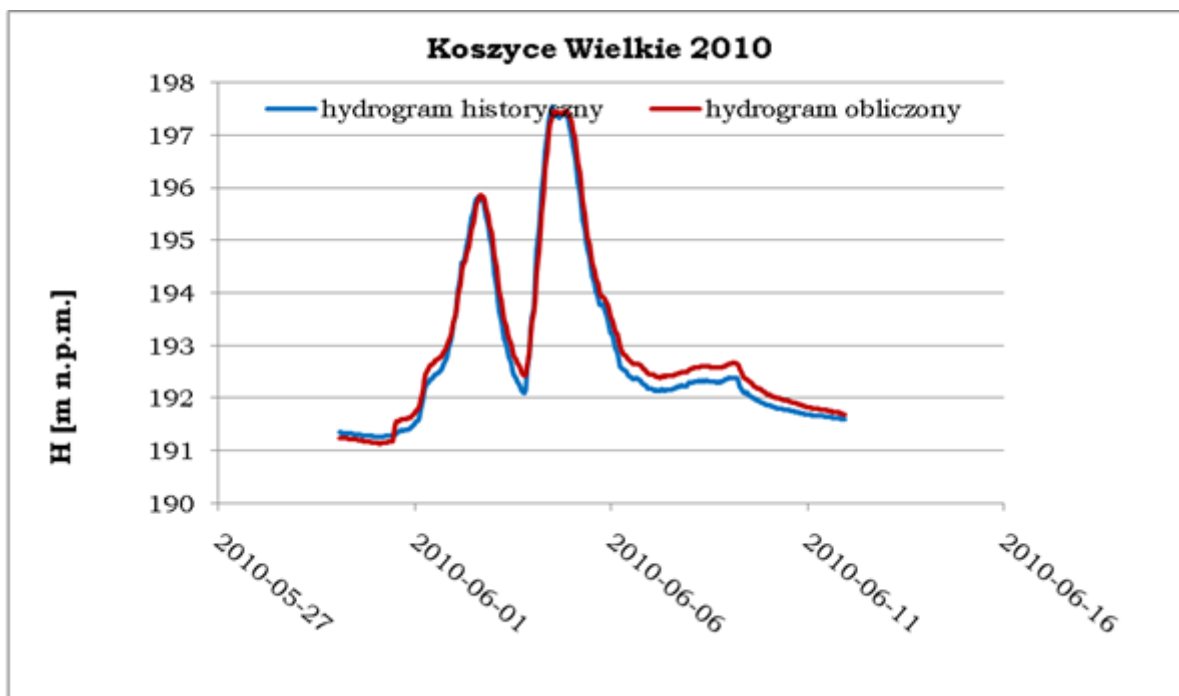
Rys. 60. Wodowskaz Ciężkowice na rzece Białej – hydrogramy stanów, 2001 r



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

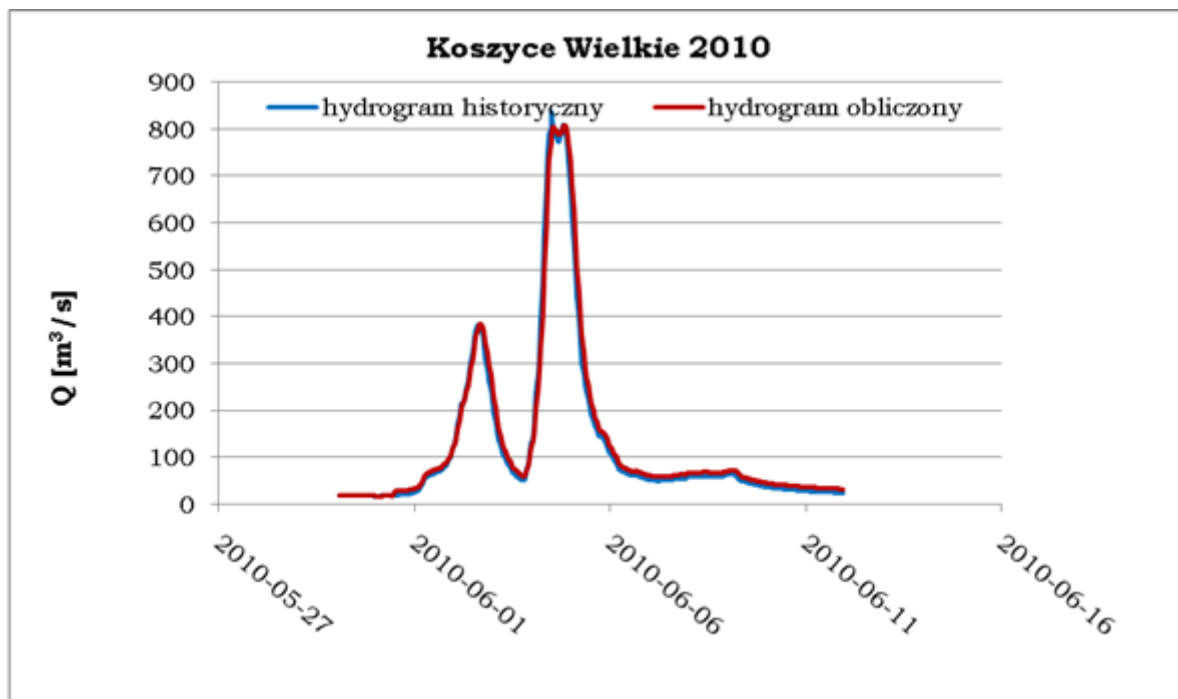


Rys. 61. Wodowskaz Ciężkowice na rzece Białej – hydrogramy przepływów, 2001 r

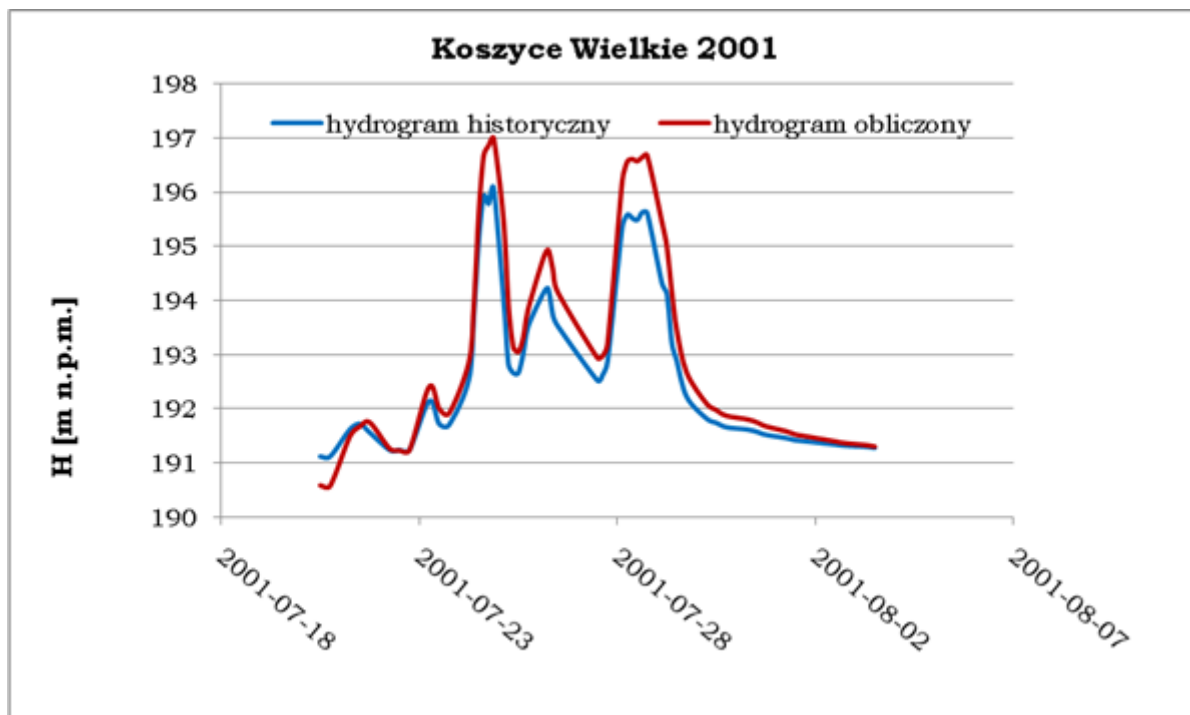


Rys. 62. Wodowskaz Koszyce Wielkie na rzece Białej – hydrogramy stanów, 2010 r

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

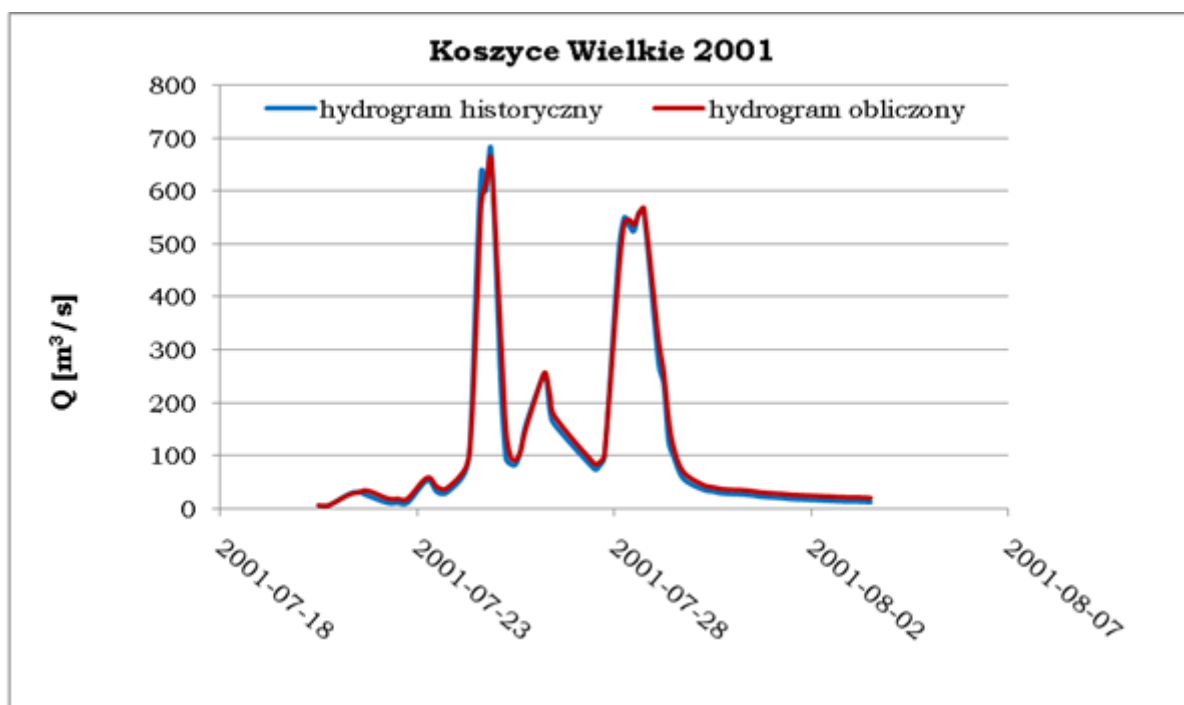


Rys. 63. Wodowskaz Koszyce Wielkie na rzece Białej – hydrogramy przepływów 2010 r



Rys. 64. Wodowskaz Koszyce Wielkie na rzece Białej – hydrogramy stanów, 2001 r

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 65. Wodowskaz Koszyce Wielkie na rzece Białej – hydrogramy przepływów

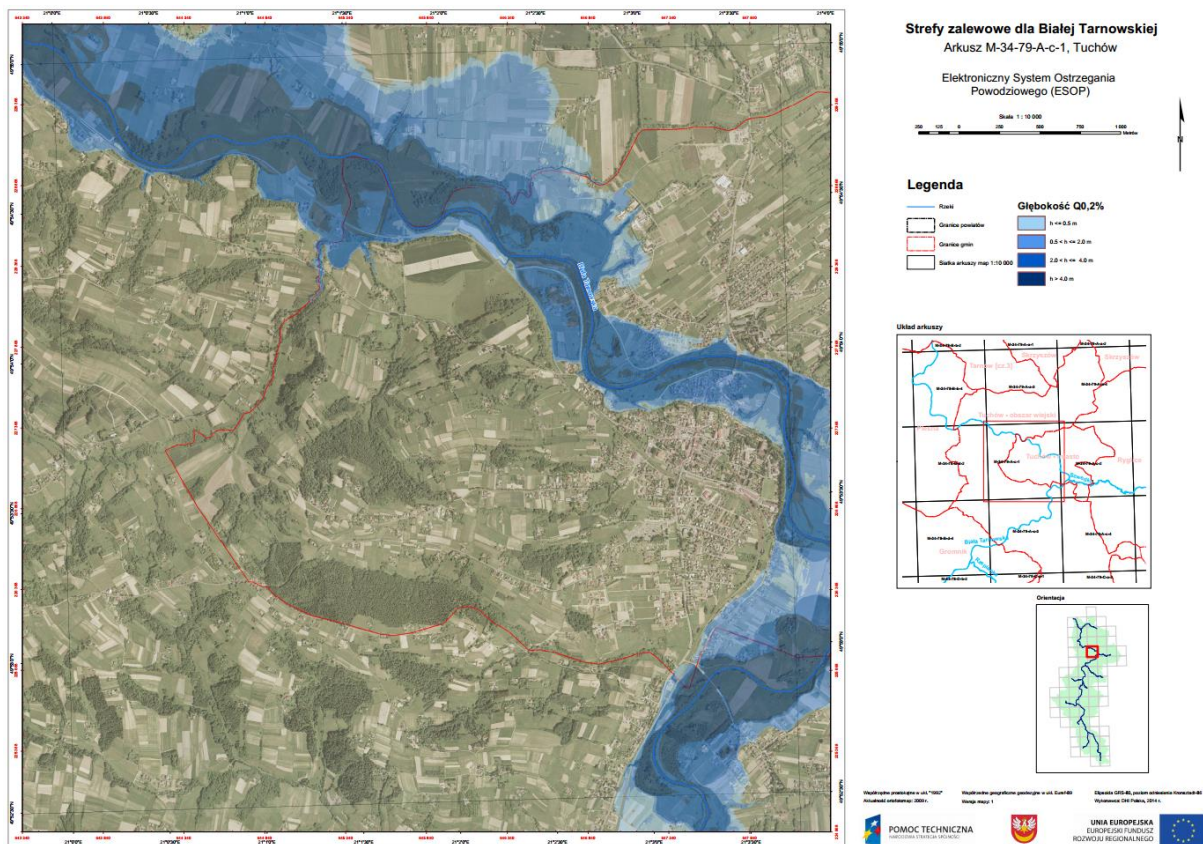
Przeprowadzona kalibracja na wezbranie z 2010 roku wykazała bardzo wysoką zbieżność opracowanego modelu w stosunku do zaobserwowanych na stacjach wodowskazowych Grybów, Ciężkowice i Koszyce Wielkie. Wszystkie parametry mieściły się w przedziałach wskazanych przez RZGW w Krakowie, tak więc jakość modelu można określić na „znakomitą”.

Weryfikacja przeprowadzona w oparciu o wezbranie z 2001 roku potwierdziła wysoką jakość opracowanego modelu. Z wyjątkiem jednego parametru -  $\Delta H(\max)$  dla wodowskazu Koszyce Wielkie, wszystkie parametry mieściły się w przedziałach wskazanych przez RZGW w Krakowie. Z uwagi na fakt, iż w przypadku fali wezbraniowej z 2010 roku relacja stan/przepływ dla tego wodowskazu była w pełni zachowana przy wystąpieniu wyższych wartości przepływu (ocena parametru: „bardzo dobry”), uzyskana wartość „niezadowolający” jednoznacznie wskazuje na błędnie oszacowaną górną gałąź krzywej natężenia przepływu w zakresie przepływów wysokich – powyżej rzędnej 193.00 m n.p.m. Fakt ten potwierdzają uzyskane b. wysokie wartości parametrów związanych z korelacją i przesunięciem w czasie hydrogramów obliczeniowego i historycznego.

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

## 4 Mapy zalewowe

Na podstawie wyników modelu matematycznego zostały opracowane strefy zalewowe wraz mapą głębokości dla obszaru projektu. Mapy zostały opracowane zgodnie z obowiązującą metodyką dla przygotowania map o takim charakterze. W sumie powstało 320 arkuszy map, 40 arkuszy dla każdego z 8 wstępnie zdefiniowanych scenariuszy powodziowych.

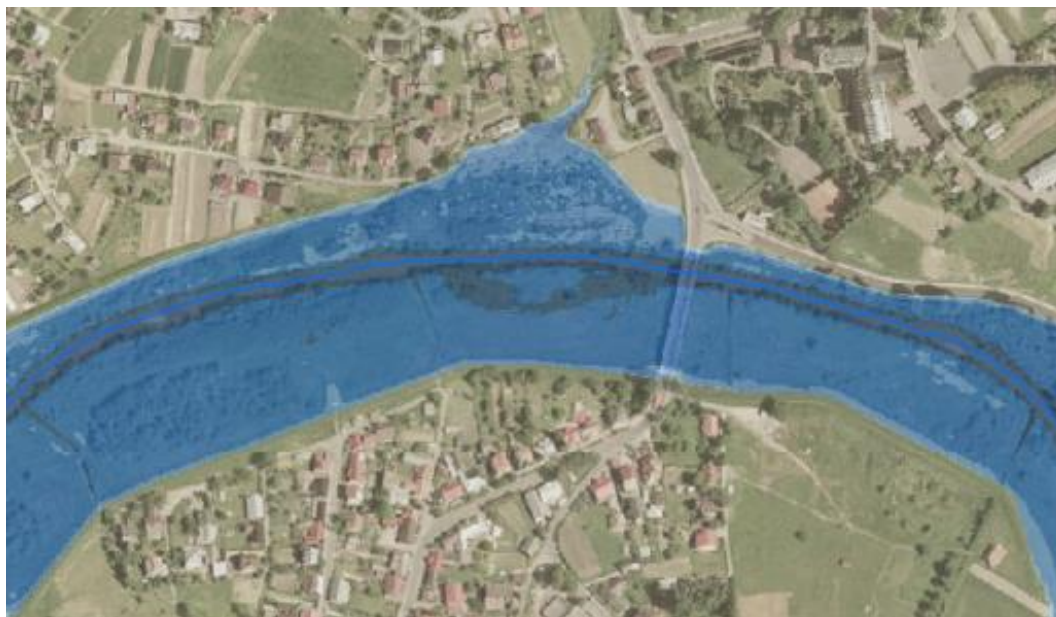


Rys. 66. Przykładowa mapa zalewowa. Okolice Tuchowa Q0,2%

### 4.1 Ryzyko związane z niewłaściwą interpretacją map zalewowych

Mapy zalewowe zostały opracowane poprzez porównanie różnic rzędnych zwierciadła wody i rzędnej numerycznego modelu terenu (NMT) zgodnie z obowiązującą metodyką. Otrzymane strefy zalewowe z podziałem na 4 stopnie głębokości zostały umiejscowione na ortofotomapie. W związku z tym może dochodzić do sytuacji, gdy na mapie obiekty hydrotechniczne (m.in. mosty, estakady) wizualnie znajdują się w strefie zalewowej. W rzeczywistości, mapa jedynie obrazuje głębokość wody i nie jest oparta o numeryczny model pokrycia terenu (NMPT), a tym samym nie uwzględnia obiektów, które znajdują się ponad powierzchnią terenu (m.in. mosty i estakady). Z taką sytuacją można spotkać się m.in. w przypadku mostu na Drodze Krajowej 977, przy wjeździe do Tuchowa (Rys. 67). Most wizualnie objęty strefą zalewową w rzeczywistości biegnie na estakadzie (Rys. 68), a woda przepływająca całkowicie mieści się pod jego koroną nie powodując zalewania samego mostu i podniesionej drogi dojazdowej.

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 67. Strefa zalewowa przy wjeździe do Tuchowa, widoczny most na ul. Daszyńskiego, Q5%



Rys. 68. Most w Tuchowie na ul. Daszyńskiego, Droga Krajowa 977

## 5 Opis działania systemu ESOP

Elektroniczny System Ostrzegania Powodziowego będzie narzędziem, które umożliwi podejmowanie wyprzedzających decyzji w obliczu zagrożenia powodziowego. Ostrzeżenie o możliwości nadejścia powodzi, szczególnie w przypadku tzw. powodzi błyskawicznych, może znacząco zwiększyć bezpieczeństwo mieszkańców i zmniejszyć ostateczne straty powodziowe. W ankiecie przeprowadzonej na obszarach dotkniętych katastrofalną powodzią w zlewni Rzeki Bogatyni w 2010 roku aż 60% respondentów potwierdziło, iż wczesne ostrzeżenie zmniejszyłoby ich straty, a jedynie 14% było odmiennego zdania. Jednocześnie ponad połowa ankietowanych uważała, że ostrzeżenie powodziowe mogłoby prowadzić do paniki i chaosu (M. Trylańska, 2012). Te wyniki ankiety uświadamiają jak wielkim wyzwaniem jest wdrożenie ESOP nie tylko w zakresie samego systemu informatycznego, ale również w zakresie odpowiedniego zaplanowania sposobu funkcjonowania systemu ostrzeżeń i reakcji poszczególnych służb i ludności na przekazywane informacje. Wdrożenie wiąże się też z ogromną odpowiedzialnością. System, który np. wskutek błędnych obliczeń, wygeneruje kilka razy niepotrzebne ostrzeżenia szybko straci wiarygodność, co może zniweczyć wysiłek włożony w jego tworzenie, ale również zmarnować pozytywny potencjał jaki niesie za sobą wczesne ostrzeżenie przeciwpowodziowe.

ESOP będzie wykorzystywał wszelkie dostępne informacje do przeprowadzenia zautomatyzowanej analizy hydrologicznej i hydraulicznej sytuacji w zlewni. Źródłem takich informacji są systemy monitoringu złożone z urządzeń pomiarowych dokonujących pomiarów w czasie rzeczywistym takich jak pluwiometry, stacje wodowskazowe i radary meteorologiczne oraz systemy transmisji danych. Drugim podstawowym źródłem informacji są prognostyczne modele meteorologiczne, które dokonują obliczeń przewidywanych opadów w perspektywie kilku dni.

Pierwszym zadaniem ESOP będzie asymilacja wprowadzanych do systemu danych. Wiąże się to z automatycznym wprowadzeniem surowych danych do systemu wraz z oceną ich wiarygodności na podstawie algorytmów kontrolnych. System będzie również umożliwiał wstępne przetwarzanie surowych danych w zakresie ich agregacji, filtracji, itp.

Kolejną funkcją będzie uruchamianie automatycznych obliczeń modelowych w celu uzyskania danych na temat aktualnej i prognozowanej sytuacji w zlewni. ESOP będzie zawierał narzędzia do wizualizacji i analizy wyników modeli.

Na podstawie wygenerowanych prognoz system będzie dokonywał wyboru map zagrożenia powodziowego, a następnie przekazywał odpowiednie informacje do serwisu WWW oraz generował ostrzeżenia dla służb i ludności.

### 5.1 Prognoza numeryczna pogody

System ESOP uzyskuje dane prognostyczne odnośnie opadów oraz temperatury z obszaru zlewni Białej Tarnowskiej w formie siatki punktów o boku 4 km. Każdy punkt co okres 6 godzin uaktualniany jest 48 godzinną prognozą opadów oraz temperatury. Z punktów prognostycznych generowany jest raster. Prognozy opadów zostają użyte do wykonania symulacji w modelach hydraulicznych.



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO

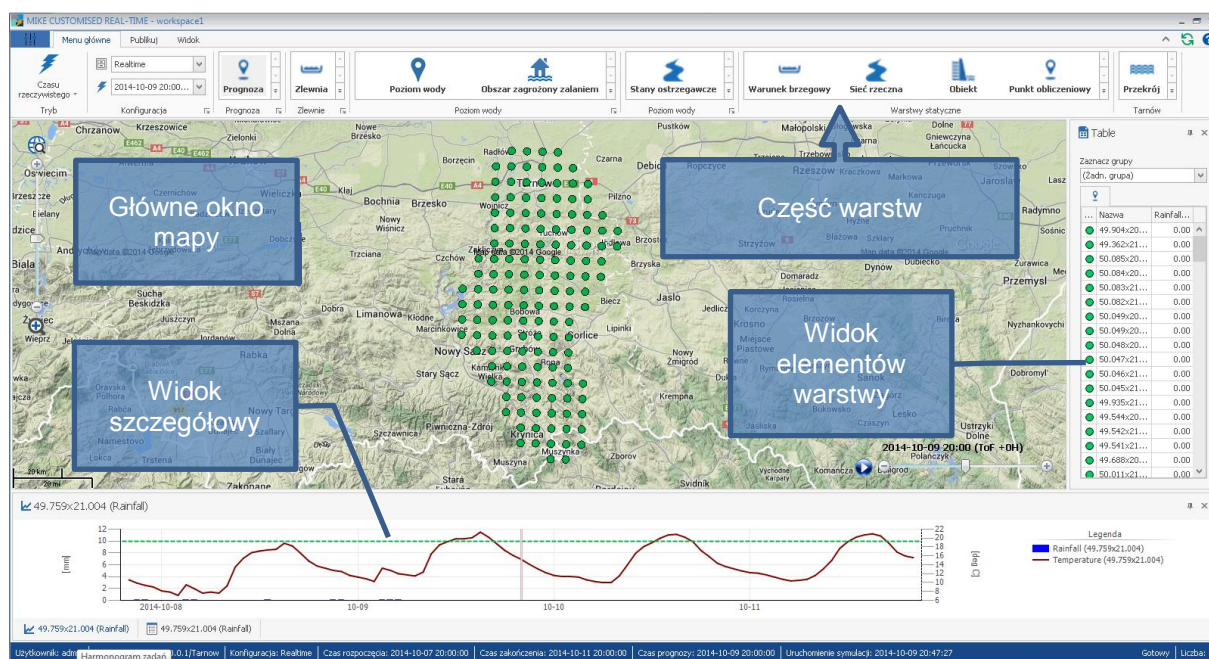


## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

# 6 Główne elementy systemu ESOP

## 6.1 Moduł Operatora

Po uruchomieniu Aplikacji Operator – Real Time, użytkownik widzi na ekranie monitora główne okno aplikacji:



Rys. 69. Główne okno programu Operator Real - Time

Okno podzielone jest na kilka zasadniczych części:

- Część warstw (na górze strony)
- Główne okno mapy (środkowa część okna)
- Widok elementów warstwy (prawa strona okna)
- Widok szczegółowy (dół okna)

W części warstw, użytkownik ma możliwość włączania/wyłączania poszczególnych warstw:

- Prognoza – warstwa zawierająca punkty prognostyczne oraz dane odnośnie temperatury/opadów do tych punktów przyporządkowane. Warstwa widoczna jest w postaci zielonych kropek widocznych na ekranie – po kliknięciu jednej z nich na dole ekranu pojawia wykres obrazujący opady oraz temperaturę (prognozę) dla tego konkretnego punktu. Aktualnie wybrany punkt podświetlony jest w widoku elementów warstwy (po lewej stronie ekranu). Klikając w tym miejscu inny element, użytkownik wyświetla wykres innego punktu – wybrany punkt zostaje również podświetlony na seledynowo na mapie.
- Zlewnia – Obszar zlewni Białej Tarnowskiej podzielony na podzlewnie. Po wybraniu dowolnej podzlewni podobnie jak w przypadku prognozy, wykres obrazujący opad na zlewnię (aktualny oraz skumulowany), zostanie wyświetlony na wykresie na dole ekranu. Wyboru aktualnie

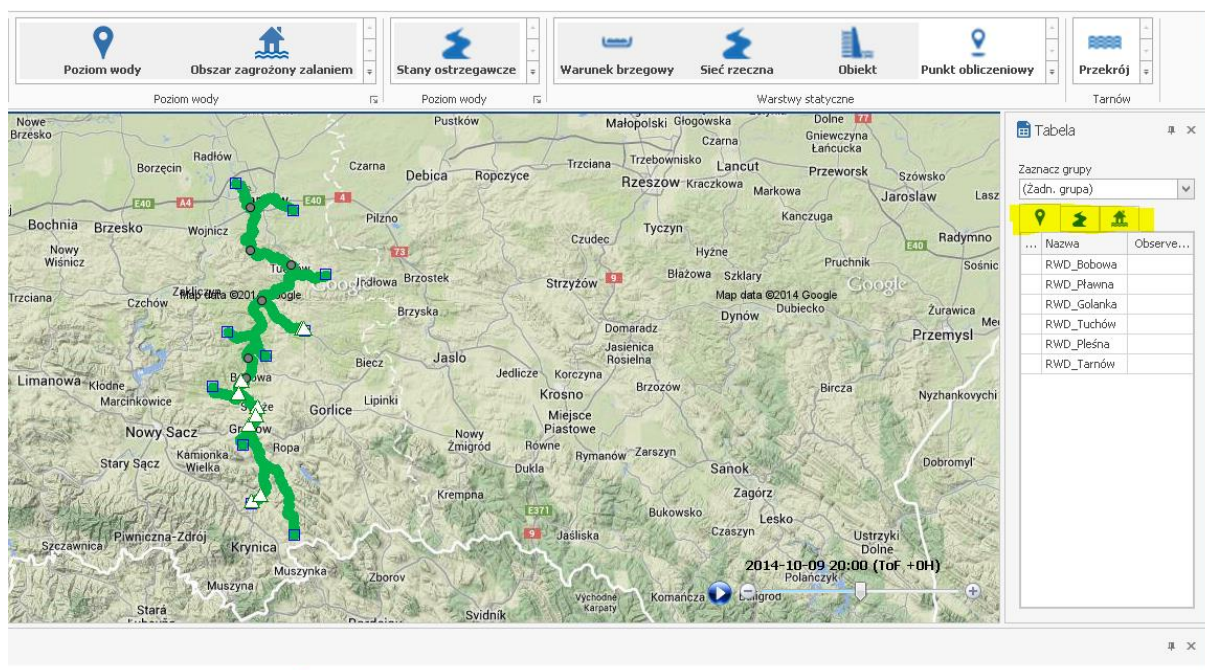


### Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

zaznaczonej zlewni można dokonywać poprzez kliknięcie określonego elementu w widoku elementów warstwy (po lewej stronie ekranu), lub poprzez kliknięcie interesującej zlewni na ekranie.

- Poziom wody – warstwa ta, zawiera dane pomiarowe z aktualnej sieci 6 punktów wodowskazowych. Po włączeniu warstwy punkty widoczne są w postaci szarych symboli na mapie a ponadto widać je w tabeli po prawej stronie.
- Obszar zagrożony zalaniem – warstwy ta zawierają obszary mogące zostać zalane w przypadku zaistnienia zjawiska powodziowego. Warstwy te skoncentrowana są wokół rzeki Białej oraz jej dopływów. W przypadku wystąpienia ryzyka powodziowego warstwy symbolizujące określone obszary kolorują się odpowiednio, ukazując kolor odpowiedni do prognozowanego zjawiska powodziowego.
- Stany ostrzegawcze – warstwa zawiera sieć rzeczną oraz stany wód będące wynikiem prognoz historycznych oraz przyszłych, rzeka Biała oraz dopływy mają przypisany prognozowany poziom oraz progi ostrzeżenia oraz alarmu. Przy przekroczeniu któregoś z progów system informuje operatora mailowo o zaistniałej sytuacji.
- Warunek brzegowy – warstwy powstałe na użytek modelu. Zawierają dane początkowe, z jakimi uruchamiana jest symulacja. Ta warstwa oraz 4 poniżej należą do grupy warstw statycznych i nie są do nich przypisane żadne dane. Warstwy obecne są w systemie w celach prezentacyjnych.
- Sieć rzeczna – warstwa pokazująca aktualną strukturę rzeki Białej oraz jej dopływów.
- Obiekt – warstwa zawierająca obiekty hydrotechniczne.
- Punkt obliczeniowy – punkty obliczeniowe modelu, dla każdego z tych punktów model wykonuje obliczenia.
- Przekrój – wszystkie przekroje wprowadzone do systemu.

Przy aktywnych kilku warstwach w oknie widoku elementów warstwy (po prawej stronie ekranu) widoczne są dostępne warstwy oraz aktualnie wybrana.

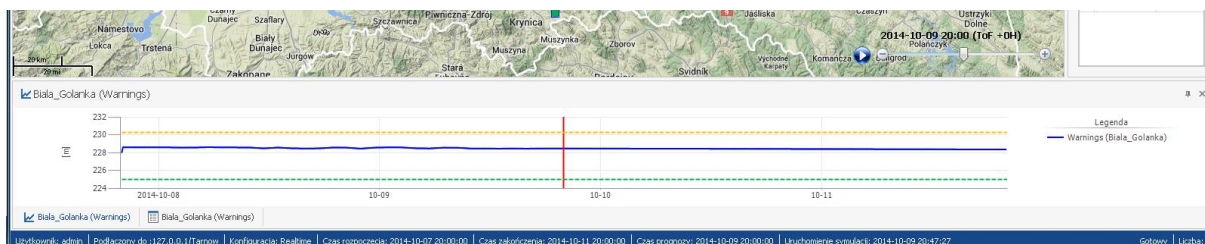


Rys. 70. Warstwy dostępne w widoku szczegółowym (żółte zaznaczenie)

## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Na rysunku powyżej widać, że aktualnie wybrana warstwa to Poziom wody (niebieska pinezka), jeżeli chcemy przełączyć się na Stany ostrzegawcze, należy kliknąć ikonkę „Stany ostrzegawcze” – użytkownik zobaczy wtedy listę elementów dostępnych w ramach tej warstwy oraz informacje o tym, które stany są przekroczone. Po zmianie aktywnej warstwy zmienia się wygląd okna elementów warstwy oraz widok szczegółowy pokazujący dokładne wykresy wybranych elementów.

W przypadku aktywnej warstwy „Obszar Zagrożony Zalaniem” użytkownik w widoku szczegółowym ma możliwość konfrontacji aktualnego/prognozowanego poziomu wody z progami powodzi statystycznych.

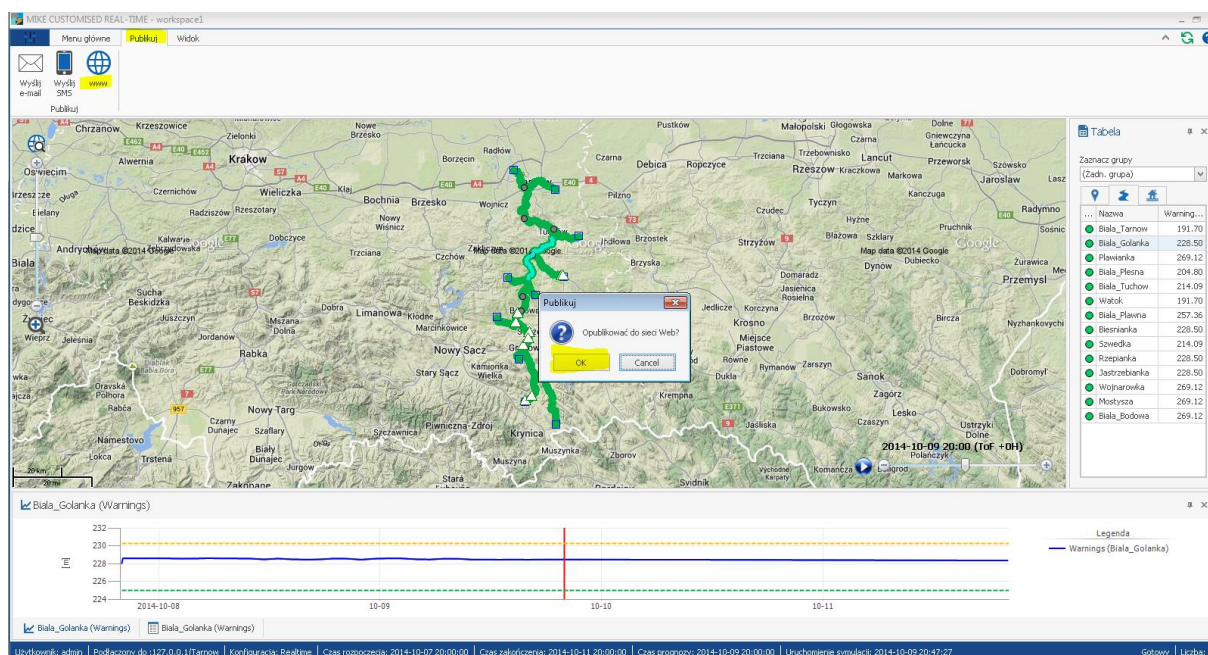


Rys. 71. Prognozowany stan lustra wody oraz progi

Jeżeli system wykryje prawdopodobieństwo przekroczenia przez wodę określonych progów, główny operator zostaje powiadomiony mailowo. Następnie operator może odtworzyć kroki symulacji klikając przycisk play (biały trójkąt na niebieskim tle widoczny na Rys. 71) znajdujący się w prawej dolnej części głównego okna mapy. Po tej czynności, czerwony pionowy marker widoczny w widoku szczegółowym na dole okna zaczyna przemieszczać się w prawo z 30 minutowym krokiem czasowym odtwarzając przebieg symulacji. Jeśli w tym czasie aktywna jest warstwa Obszar zagrożony zalaniem to kolorujące się odpowiednio warstwy obrazują użytkownikom wylewanie rzeki Białej oraz jej dopływow.

W sytuacji, gdy dane o prognozowanym przekroczeniu progów ostrzegawczych lub zalaniu określonego obszaru się potwierdzą, główny operator może opublikować ostrzeżenie w interfejsie www (strona publiczna). W tym celu należy przejść do zakładki Publikuj w aplikacji Real time, następnie kliknąć ikonę www (globus) i zatwierdzić pytanie o publikację ostrzeżenia do sieci Web.

## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 72. Publikacja ostrzeżenia o potencjalnym zagrożeniu powodziowym do sieci Web

Po twierdzącej odpowiedzi na pytanie zadane przez system, użytkownik widzi okno, gdzie określa wiadomość wyświetlaną użytkownikowi publicznemu. Od tego momentu interfejs publiczny będzie wyświetlał zagrożenie automatycznie tam gdzie się potencjalnie znajdzie. Aby odwołać alarm publiczny, należy twierdząco odpowiedzieć na pytanie odnośnie publikacji ostrzeżenia do sieci Web, a następnie opublikować **pusty** komunikat – informacja o potencjalnym zagrożeniu powodziowym zostanie usunięta z serwisu publicznego.

Główny operator, może przed publikacją ostrzeżenia dla użytkowników publicznych powiadomić określone grupy odbiorców mailingu – w tym celu, należy przejść do zakładki Publikuj, a następnie wybrać opcję Wyślij e-mail.

## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

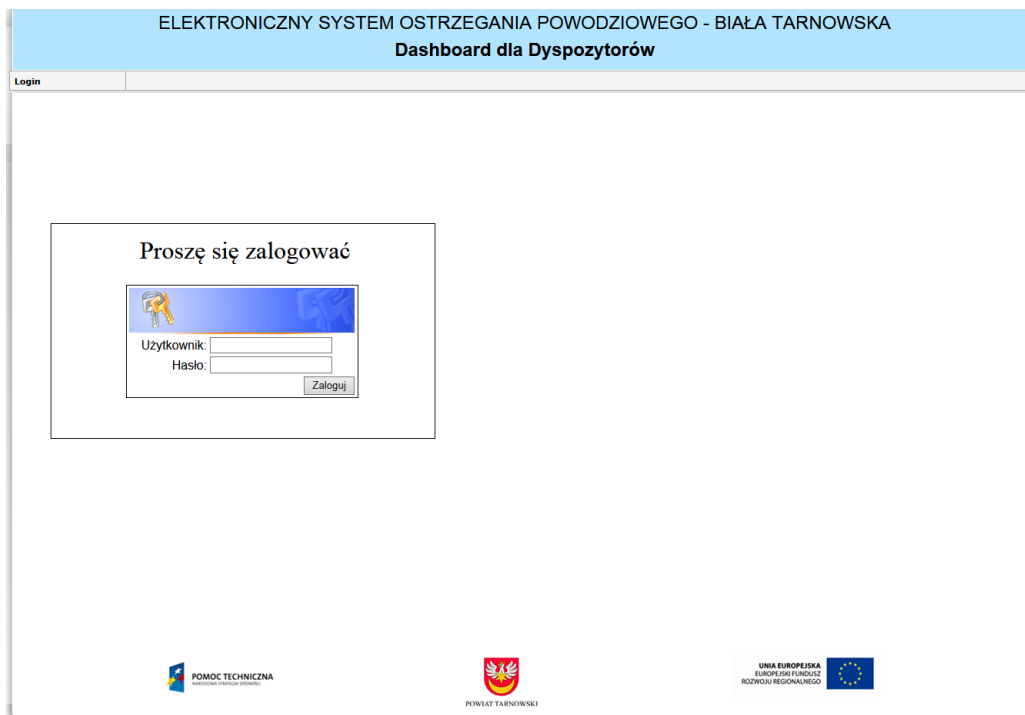
Rys. 73. Menu wysyłania ostrzeżeń email

W oknach po lewej stronie należy wybrać progi, po przekroczeniu, których użytkownicy mają zostać poinformowani (standardowo są to wszystkie wartości inne niż niski/normalny). Po wybraniu odpowiednich wartości i kliknięciu przycisku Generuj, odpowiednia tabelka zostanie wygenerowana w ciele wiadomości email. Następnym krokiem jest wybór adresatów wiadomości. Po prawej stronie widoczne są kontakty wprowadzone do systemu – aby wybrać część z nich, należy je zaznaczyć przeciągając lewym klawiszem myszy od pierwszego do ostatniego kontaktu (można zaznaczać kontakty pojedyncze z użyciem klawisza Ctrl), kliknąć na zaznaczonych elementach prawym klawiszem myszy i wybrać opcję aktywuj. Kiedy w obszarze wiadomości wygenerowana jest tabela zawierająca odpowiednie dane oraz odpowiedni odbiorcy wiadomości zostali wybrani, należy uzupełnić pole Temat wiadomości, dodać stosowny komentarz do okna głównego wiadomości oraz wysłać ją do wybranych adresatów przy użyciu przycisku Wyślij.

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

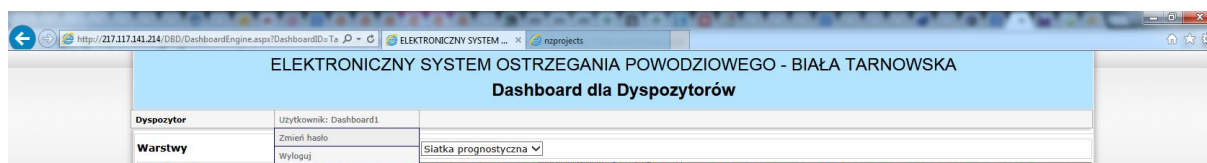
## 6.2 Moduł Dyspozytora (Dashboard)

Aby załogować się do stanowiska dyspozytora, należy w przeglądarce internetowej użyć adresu <http://217.117.141.214/DBD>. Po wpisaniu powyższego adresu użytkownik zostanie zapytany o hasło dostępu do serwisu.



Rys. 74. Logowanie do stanowiska dyspozytorskiego

Należy użyć kombinacji hasła oraz nazwy użytkownika dostarczonych razem z systemem. Po załogowaniu się użytkownik widzi główny ekran prezentujący mapę, sieć rzeczną, zlewnie, godła map, siatkę prognostyczną oraz stacje pomiaru poziomu wody.



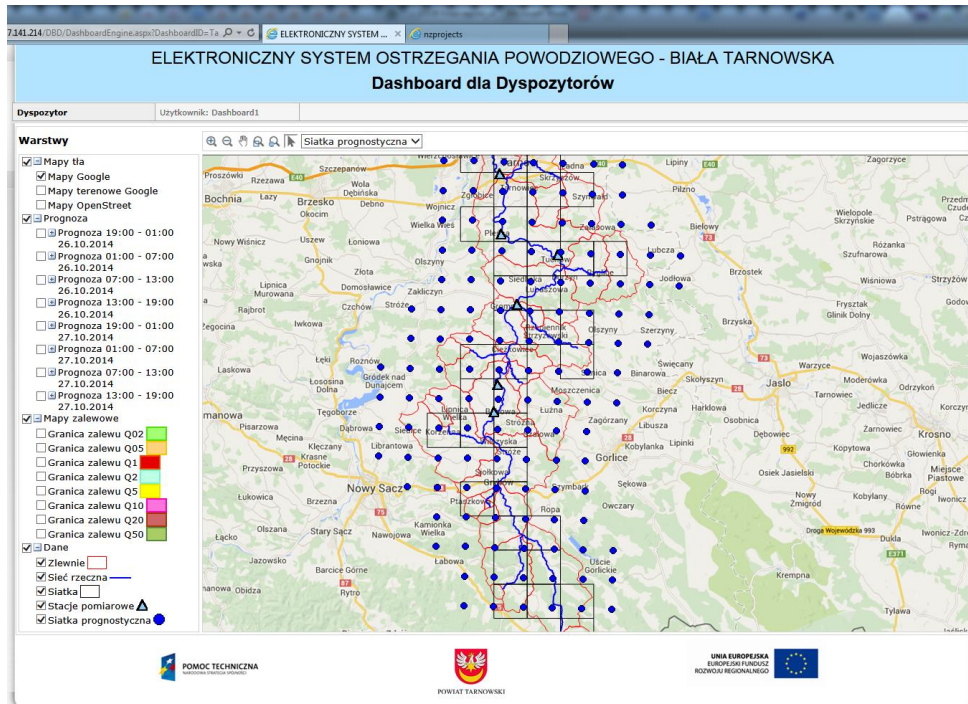
Rys. 75. Zmiana hasła przez użytkownika

Po załogowaniu do systemu użytkownik ma możliwość zmiany hasła – w tym celu należy najechać myszką na przycisk Użytkownik widoczny na Rys. 75, a następnie wybrać opcję Zmień hasło. Kolejnym krokiem jest wprowadzenie dotychczas używanego hasła oraz dwukrotne wprowadzenie hasła nowego i zatwierdzenie wszystkiego przyciskiem Zmień hasło.

Oprócz zmiany hasła użytkownik może przejrzeć wiadomości systemowe (przycisk Wiadomości). Powrót do okna głównego aplikacji realizowany jest za pomocą przycisku Dyspozytor.



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



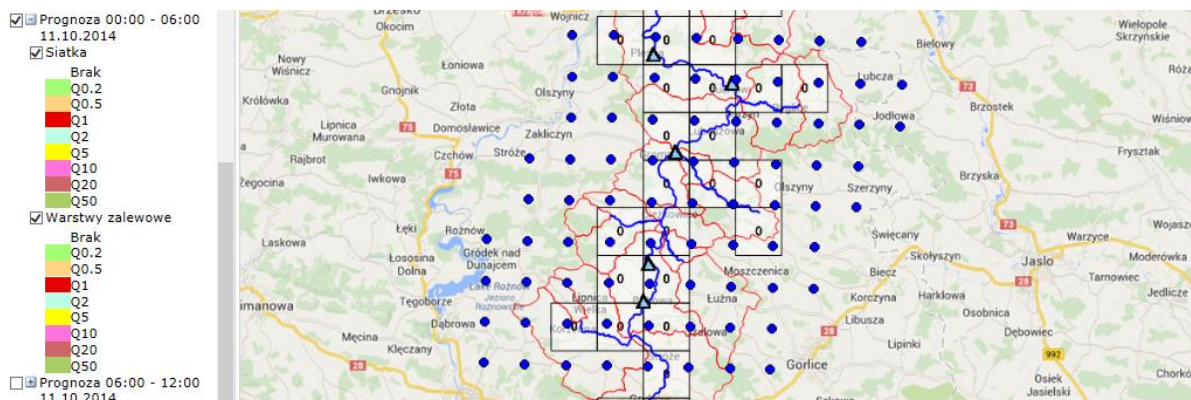
Rys. 76. Wygląd stanowiska dyspozytorskiego

Po lewej stronie ekranu widoczne są dostępne warstwy (aby rozwinąć/zwinąć grupę warstw należy kliknąć symbol plus/minus na lewo od nazwy grupy warstw):

- Mapy tła – warstwa realizuje połączenie z usługą WMS prezentując użytkownikowi mapę google w warstwie tła
- Mapy zalewowe – grupa ośmiu warstw zawierająca strefy zalewowe o różnym prawdopodobieństwie (od 50 do 0.2 %). Poszczególne warstwy można pojedynczo aktywować poprzez kliknięcie w kwadracik na lewo od nazwy warstwy. Po aktywowaniu warstwy wyświetla się ona na głównej mapie pokazując użytkownikowi obszar pokryty wodą przy wodzie o wybranym prawdopodobieństwie.
- Prognoza – warstwa ta zawiera dane w przypadku detekcji przez system ESOP zjawiska powodziowego. Np. w sytuacji, gdy system wykryje zjawisko powodziowe 11.10.2014 o godzinie 04:30, stosowne dane zawierać będzie warstwa Prognoza 00:00 – 06:00 11.10.2014. Warstwa prognoza zawiera osiem podgrup warstw odpowiadających poszczególnym przedziałom czasowym, w których pracuje system. Każda z tych podgrup zawiera dwie warstwy – siatka oraz warstwy zalewowe. W sytuacji gdy spodziewane jest zjawisko powodziowe i aktywna jest odpowiednia podgrupa przedziału czasowego, warstwa siatka koloruje kwadraty widoczne na mapie głównej zgodnie legendą widoczną po lewej stronie (Rys. 77), w każdym kwadracie pojawi się dodatkowo liczba pokazująca prawdopodobieństwo spodziewanego zjawiska powodziowego. Sugeruje się, aby warstwa prognozy np. na okres + 40 – 48 h była aktywna cały czas – pozwoli to dyspozytorowi uzyskać natychmiastową informację na temat spodziewanego zjawiska powodziowego.
- Dane – grupa zawierająca warstwy dodatkowe, takie jak zlewnia oraz podzlewnie rzeki Biała Tarnowska, sieć rzeczną Białej Tarnowskiej oraz jej dopływy, podział arkuszowy na terytorium zlewni Białej Tarnowskiej. Dostępne są również warstwy zawierające dane ze stacji pomiaru poziomu wody z sześciu punktów pomiarowych wraz z poziomem prognozowanym na

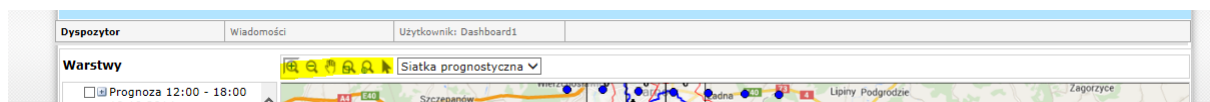
### Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

najbliższe 48 godzin oraz warstwa Siatka prognostyczna zawierająca dane prognostyczne (temperatura oraz opady)



Rys. 77. Otwarta grupa warstw Prognozy 00:00 - 06:00 11.10.2014

W celu pracy z mapą główną użytkownik ma do dyspozycji kilka narzędzi. Grupa tych narzędzi znajduje się na pasku nad mapą w oknie głównym.

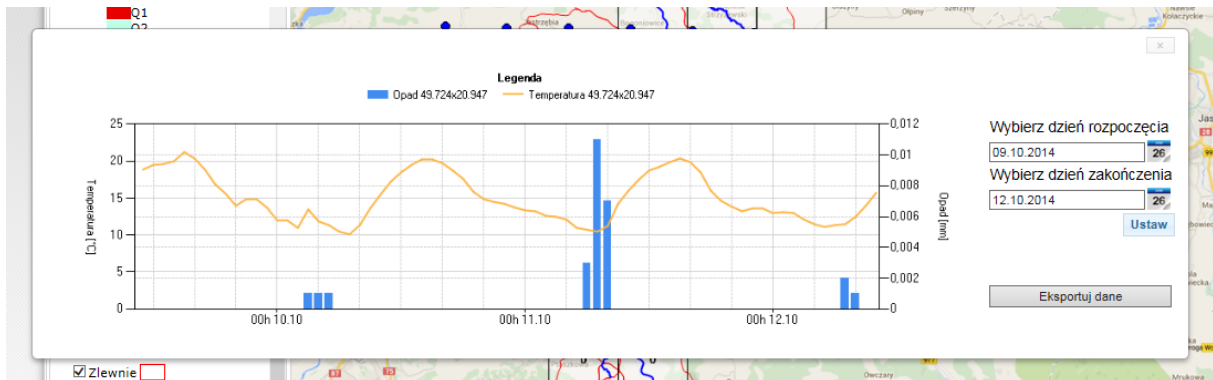


Rys. 78. Grupa narzędzi do pracy z mapą

Dwa narzędzia od lewej strony służą do powiększania/pomniejszania aktualnego widoku mapy. Po wybraniu symbolu szkła powiększającego z plusem lub minusem i kliknięciu na obszar mapy, aktualny widok ulegnie powiększeniu lub pomniejszeniu. Kolejne narzędzie z symbolem łapki, służy do przesuwania mapy w wybranym przez użytkownika kierunku, wystarczy wybrać kliknięciem lewego przycisku myszy to narzędzie, następnie kliknąć w interesującym miejscu mapy i trzymając przycisk przesunąć ją odpowiednio. Następne w kolejności narzędzie służy do powiększania do obszaru wyrysowanego prostokąta, po wybraniu narzędzia, należy kliknąć w interesującym miejscu mapy i trzymając klawisz myszy przeciągnąć kursor do przeciwległego rogu po przekątnej i zwolnić klawisz myszy – obszar widoczny zostanie powiększony do zaznaczonego prostokąta. W sytuacji, gdy użytkownik chce powrócić do widoku wszystkich elementów, należy użyć narzędzia Powiększ do pełnego zakresu (ikona druga od prawej – szkło powiększające z symbolem globusa). Po użyciu narzędzia, na ekranie widać całą zlewnię oraz wszystkie obiekty. W celu przejrzania danych prognozy meteorologicznej, lub zmierzonego/prognozowanego poziomu wody, należy użyć narzędzia Wybierz element (czarny kursor myszy) oraz z menu rozwijalnego wybrać interesującą warstwę (Siatka prognostyczna lub Stacje pomiarowe). Po wybraniu konkretnej warstwy, należy kursorem myszy kliknąć na odpowiednim elemencie (Siatka prognostyczna – niebieskie kółka, Stacje pomiarowe – seledynowe trójkąty).



### Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 79. Przeglądanie danych progностycznych

Po kliknięciu wybranego elementu, użytkownik widzi okno z wykresem, gdzie ma możliwość zdefiniowania daty początku oraz rysowania wykresu – wybór odpowiednich dat należy zatwierdzić przyciskiem Ustaw. Tak przygotowane dane można wyeksportować z systemu przyciskiem Eksportuj dane – spowoduje to zapisanie lokalnie na komputerze pliku \*.zip z danymi w formacie xls.



Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

### 6.3 Serwis publiczny

Po wejściu na stronę Elektronicznego Systemu Ostrzegania Powodziowego (ESOP) (wpisanie w okno przeglądarki adresu <http://217.117.141.214>) wyświetla się mapa obszaru, przez który przepływa rzeka Biała Tarnowska oraz jej dopływy (obszar zlewni Białej Tarnowskiej). Niebieskim kolorem na mapie oznaczone są rzeki, czerwonym – granice poszczególnych zlewni (patrz: legenda w prawym dolnym rogu mapy).

**ELEKTRONICZNY SYSTEM OSTRZEGANIA POWODZIOWEGO - BIAŁA TARNOWSKA**

Strona główna | O projekcie | Instrukcja podczas zagrożenia | Galeria | Jak korzystać z systemu | Kontakt | Rejestracja

**Strefy zalewowe:**

- 50% powódź 2-letnia
- 20% powódź 5-letnia
- 10% powódź 10-letnia
- 5% powódź 20-letnia
- 2% powódź 50-letnia
- 1% powódź 100-letnia
- 0.5% powódź 200-letnia
- 0.2% powódź 500-letnia

**Punkty pomiarowe** – kliknij aby zobaczyć dane opadowe i temperaturę powietrza dla tego miejsca

W menu „Strefy zalewowe” jak wylewa rzeka dla różnych typów powodzi

W przypadku wykrycia zagrożenia powodziowego tutaj wyświetli się komunikat

Granica zlewni

Najedź kursorem na obszar czarnych prostokątów, aby zobaczyć powiększenie mapy. Kliknij aby wydrukować, bądź zapisać mapę

Legenda mapy

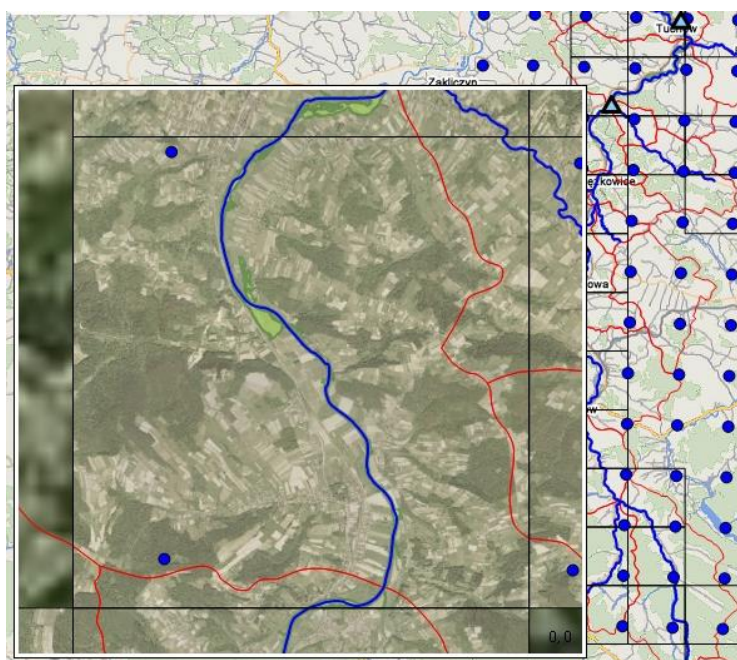
**Legenda:**

- prognoza opadu i temperatury
- granice zlewni
- cieki
- ▲ wodowskaz
- obszar mapy terenów zalewowych
- strefa zalewowa - powódź 2-letnia
- strefa zalewowa - powódź 5-letnia
- strefa zalewowa - powódź 10-letnia
- strefa zalewowa - powódź 20-letnia
- strefa zalewowa - powódź 50-letnia
- strefa zalewowa - powódź 100-letnia
- strefa zalewowa - powódź 200-letnia
- strefa zalewowa - powódź 500-letnia

Rys. 80. Okno główne interfejsu publicznego wraz z opisem elementów

### Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

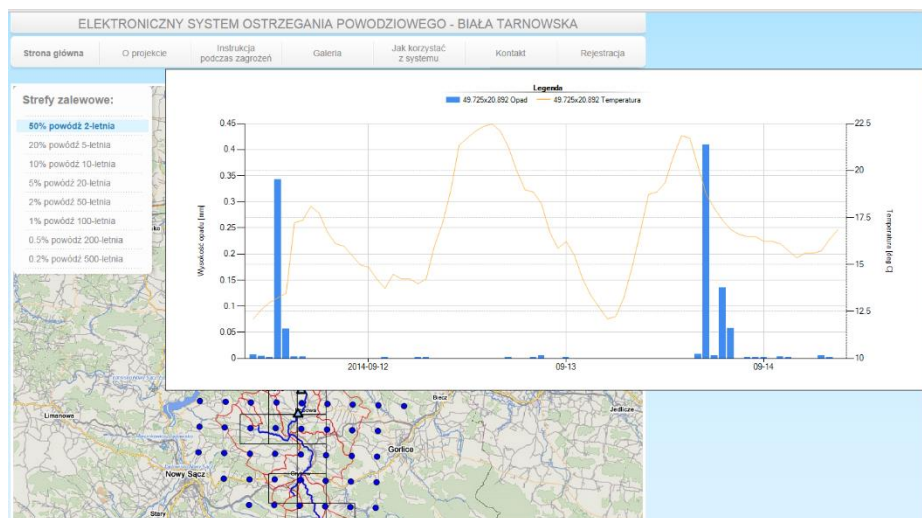
Zlewnia Białej Tarnowskiej podzielona jest na niewielkie kwadratowe obszary – po najechaniu kursorem myszki na dany kwadrat wyświetli się jego powiększenie w postaci zdjęcia satelitarnego. Takie zdjęcie obrazuje obszar w znacznym powiększeniu z możliwością identyfikacji czy poszczególne gospodarstwa znajdują się w obszarze zagrożonym zalaniem.



Rys. 81. Widok powiększenia pojedynczego arkusza

Obszar na mapie pokryty jest siecią niebieskich punktów (punkty pomiarowe), dla których możliwe jest odczytanie takich danych jak temperatura i wysokość opadu w danej godzinie. W tym celu należy najechać kursorem myszki na interesujący nas punkt.

## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 82. Wykres widoczny dla użytkownika publicznego

Z wykresu możemy odczytać temperaturę (żółta linia) oraz wielkość opadu (niebieskie słupki). Wartości temperatury należy odczytać z osi znajdującej się z prawej strony wykresu, wielkość opadu – z lewej.

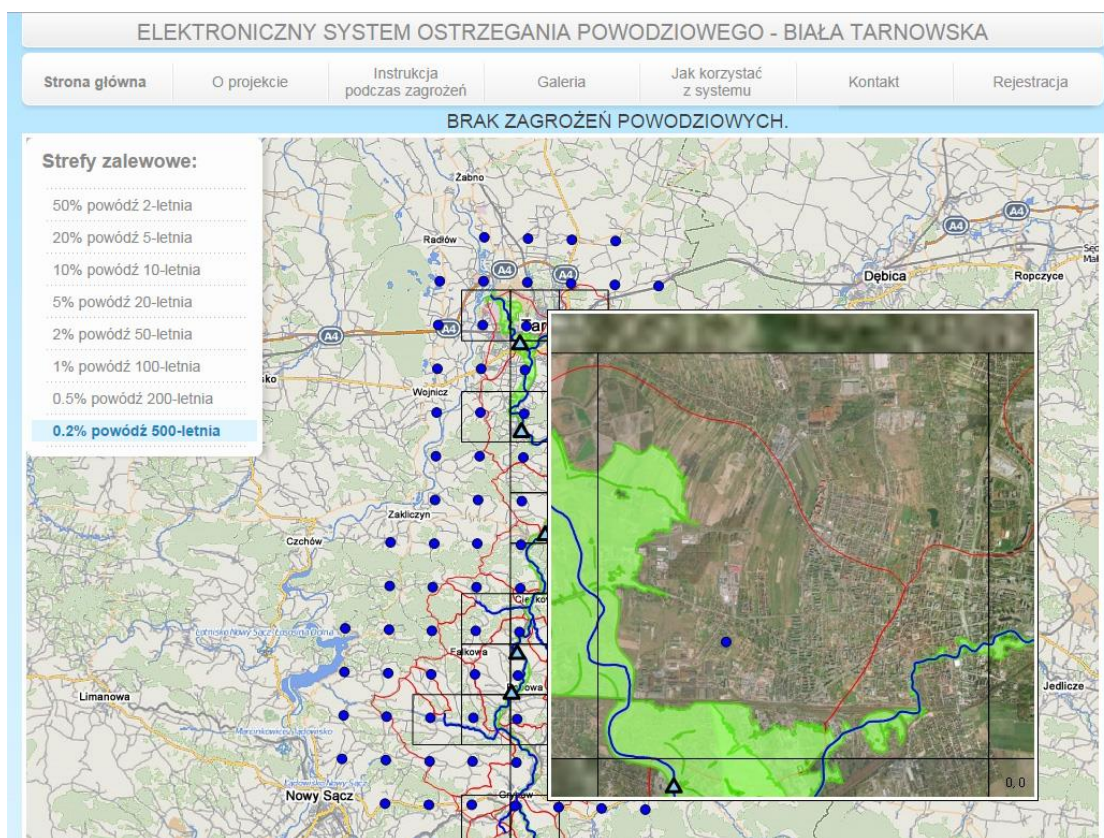
**UWAGA!**

Po kliknięciu na punkt wykres pojawi się w pełnym oknie.

Menu po lewej stronie umożliwia wygenerowanie map zalewowych dla następujących zdarzeń:

- Powódź 2-letnia (prawdopodobieństwo wystąpienia 50%) – czyli taka, która może wystąpić średnio co 2 lata (tutaj najmniej groźna)
- Powódź 5-letnia (prawdopodobieństwo wystąpienia 20%)
- Powódź 10-letnia (prawdopodobieństwo wystąpienia 10%)
- Powódź 20-letnia (prawdopodobieństwo wystąpienia 5%)
- Powódź 50-letnia (prawdopodobieństwo wystąpienia 2%)
- Powódź 100-letnia (prawdopodobieństwo wystąpienia 1%)
- Powódź 200-letnia (prawdopodobieństwo wystąpienia 0.5%)
- Powódź 500-letnia (prawdopodobieństwo wystąpienia 0.2%) – czyli taka, która może wystąpić statystycznie co 500 lat (w tym przypadku najbardziej niebezpieczna w skutkach)

Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

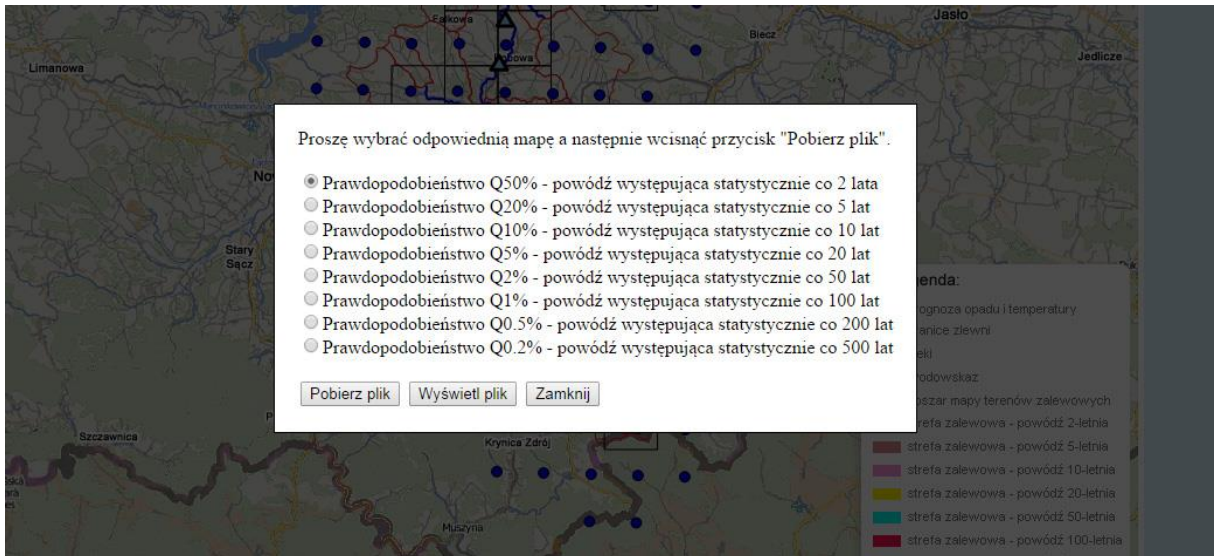


Rys. 83. Powiększenie wraz ze strefą zalewową

Obszar zaznaczony kolorem oznacza strefę zalewową w przypadku wystąpienia powodzi o odpowiednim prawdopodobieństwie. Na powyższym rysunku na zielono widzimy obszar zalewowy w przypadku wystąpienia powodzi 500-letniej (prawdopodobieństwo wystąpienia 0.2) w centrum Tarnowa.

Mapę możemy wydrukować, lub zapisać na dysku twardym w formacie PDF klikając w interesujący nas obszar w obrębie czarnych kwadratów.

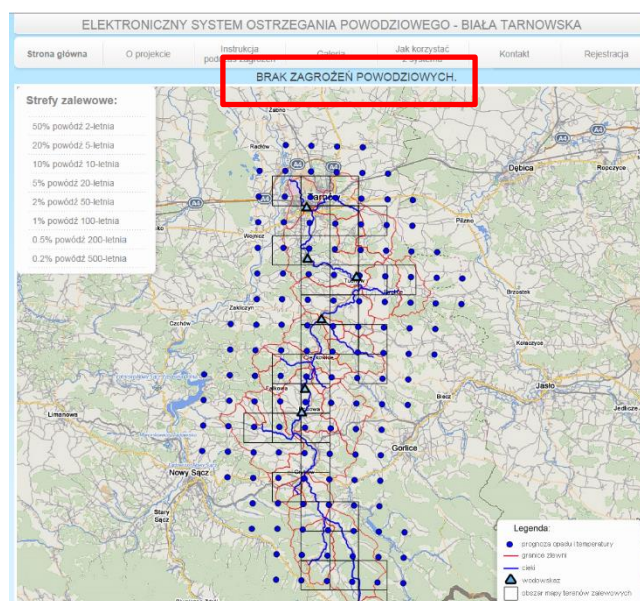
Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska



Rys. 84. Pobieranie mapy lokalnie na komputer

Wybieramy mapę o interesującym nas prawdopodobieństwie wystąpienia powodzi a następnie klikamy na przycisk „Pobierz plik” w celu zapisania go na dysku twardym, lub „Wyświetl plik”, aby wyświetlić mapę na ekranie.

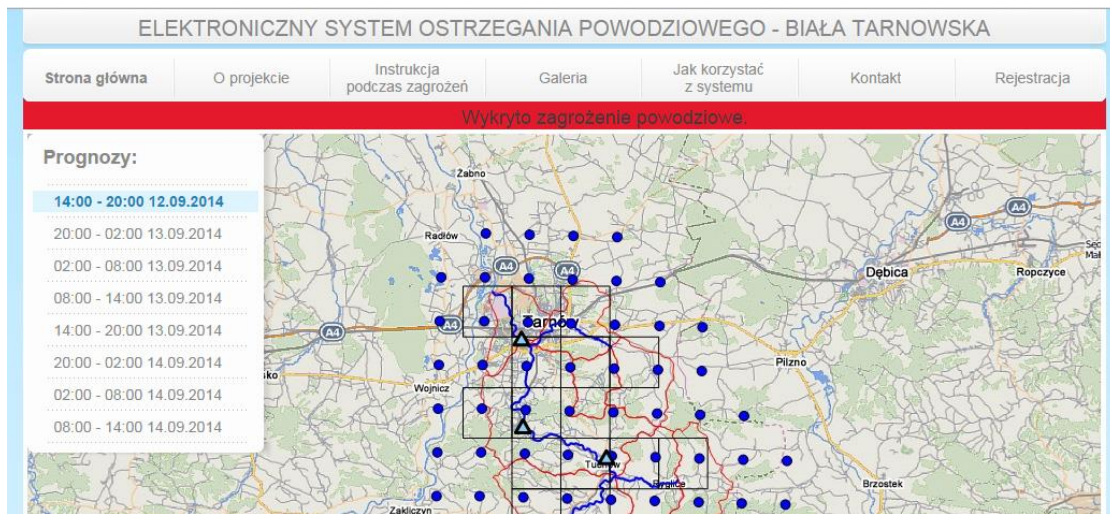
Powyżej górnej krawędzi mapy widoczny jest komunikat o aktualnym zagrożeniu powodziowym dla obszaru zlewni Białej Tarnowskiej.



Rys. 85. Informacja o braku zagrożeń powodziowych

## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Dopóki system nie wykryje zagrożenia na błękitnym tle widoczny jest napis „BRAK ZAGROŻEŃ POWODZIOWYCH”. W przypadku wykrycia przez system potencjalnego zagrożenia oraz decyzji głównego operatora o publikacji ostrzeżenia wyświetli się odpowiedni komunikat, a tło zmieni barwę na czerwoną:



Rys. 86. Wykryto zagrożenie powodziowe

Jak widzimy na powyższym rysunku, menu po lewej stronie ze strefami zalewowymi zostało zastąpione przez 6-cio godzinne prognozy. Klikając w odpowiedni przedział czasowy uzyskujemy dane prognostyczne w interesującym nas przedziale czasu.

Dodatkowo klikając w dany obszar mapy terenów zalewowych, system wygeneruje dla nas mapę ilustrującą odpowiednią prognozę, którą możemy wydrukować, bądź zapisać na swoim komputerze w formacie zip. W sytuacji, kiedy na jednym kwadratowym elemencie znajdują się np. dopływy, dla których prawdopodobieństwo powodzi jest inne, niż dla głównej rzeki, w zapisanej na komputer paczce zip, znajdzie się liczba map pdf odpowiednia do ilości prawdopodobieństw na danym kwadracie obecnych.



POMOC TECHNICZNA  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



POWIAT TARNOWSKI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



## Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

ELEKTRONICZNY SYSTEM OSTRZEGANIA POWODZIOWEGO - BIAŁA TARNOWSKA

Strona główna O projekcie Instrukcja podczas zagrożenia Galeria Jak korzystać z systemu Kontakt Rejestracja

Wykryto zagrożenie powodziowe

Prognozy:

- 00:00 - 06:00 14.09.2014
- 06:00 - 12:00 14.09.2014
- 12:00 - 18:00 14.09.2014
- 18:00 - 00:00 15.09.2014
- 00:00 - 06:00 15.09.2014
- 06:00 - 12:00 15.09.2014
- 12:00 - 18:00 15.09.2014
- 18:00 - 00:00 16.09.2014

Proszę wybrać odpowiednią mapę a następnie wcisnąć przycisk "Pobierz plik".

- Prognoza od 00:00 14.09.2014 do 06:00 14.09.2014
- Prognoza od 06:00 14.09.2014 do 12:00 14.09.2014
- Prognoza od 12:00 14.09.2014 do 18:00 14.09.2014
- Prognoza od 18:00 14.09.2014 do 00:00 15.09.2014
- Prognoza od 00:00 15.09.2014 do 06:00 15.09.2014
- Prognoza od 06:00 15.09.2014 do 12:00 15.09.2014
- Prognoza od 12:00 15.09.2014 do 18:00 15.09.2014
- Prognoza od 18:00 15.09.2014 do 00:00 16.09.2014

Pobierz plik Wyświetl plik Zamknij

Rys. 87. Pobieranie lokalnie na komputer map odpowiednich dla konkretnego przedziału czasowego

## 7 Porównanie interfejsów użytkownika

System ESOP posiada 3 interfejsy użytkownika. Każdy z interfejsów adresowany jest do innej grupy użytkowników docelowych. W zależności od typu interfejsu funkcjonalności poszczególnych platform dostępowych się różnią. W podpunktach poniżej interfejsy dostępne w ramach ESOP zostaną pokrótce scharakteryzowane.

### 7.1 System dostępu publicznego

System otwarty, dostępny dla szerokiego grona użytkowników. Nie wymaga logowania – jest otwarty dla wszystkich. Zawiera zakładki z informacjami o projekcie, instrukcje postępowania podczas zagrożeń, galerię, kontakt oraz instrukcję korzystania z systemu. Interfejs daje możliwość zostawienia swoich danych personalnych, które przesyłane są na adres mailowy starostwa.

Użytkownik widzi mapę tła z naniesionymi na stałe warstwami: zlewnia Białej i jej pod zlewnie, sieć rzeki Białej i jej dopływy oraz podział arkuszowy obszaru Białej Tarnowskiej.

Użytkownik ma możliwość wyświetlania obszaru dotkniętego zalaniem w skali całej zlewni przy wystąpieniu jednego z 8 scenariuszy zalewowych, po najechnaniu na dowolny arkusz użytkownik widzi obszar zagrożony zalaniem w powiększeniu umożliwiającym identyfikację gospodarstw domowych.

Z każdym arkuszem skojarzone są odpowiednie mapy zalewowe (8 map – zgodnie z ilością prawdopodobieństw wystąpienia powodzi), taką mapę w formacie PDF użytkownik ma możliwość otworzyć lub zapisać lokalnie u siebie na komputerze.

Dodatkowo użytkownik może na bieżąco sprawdzać prognozę opadu i temperatury z wyprzedzeniem 48 godzin oraz aktualny stan wody w 6 punktach pomiarowych na rzece Biała Tarnowska.

### 7.2 System Dashboard dla Dyspozytora

System dostępny w Internecie i wymagający podania danych uwierzytelniających. Po zalogowaniu użytkownik widzi mapę dynamiczną oraz warstwy po lewej stronie ekranu. Warstwy można włączać lub wyłączać indywidualnie jak również grupowo. Użytkownik ma możliwość włączać mapy zalewowe o prawdopodobieństwie wylania od 50 do 0.2% i operując powiększeniem sprawdzić zasięg wystąpienia wylania. Użytkownik serwisu Dashboard jest w stanie stwierdzić nadchodzące zjawisko powodziowe - służą do tego sześciogodzinne przedziały, którymi operuje system w trakcie pracy. Jeśli aktywna jest grupa warstw odpowiednia dla przedziału czasowego, gdzie spodziewane jest zjawisko powodziowe, arkusze mapy zostaną odpowiednio pokolorowane. Użytkownik ma możliwość dostępu do danych o prognozie pogody 48h w przód oraz zmierzonego oraz prognozowanego stanu rzeki w punktach pomiarowych. Użytkownik takie dane może wyeksportować w formie xls oraz poddać dalszej obróbce statystycznej.

### 7.3 System Operator Real-Time

Aplikacja zainstalowana na serwerze razem z systemem Mike Customized. Ikona aplikacji przypięta jest na pasku zadań.

Aplikacja pozwala użytkownikowi komponować wygląd poprzez włączanie/wyłączanie poszczególnych warstw zarówno statycznych jak i dynamicznych. Użytkownik widzi w tle mapę google, której skalę może z dużą dowolnością zmieniać. Jeżeli do danej warstwy obecnej w systemie przyporządkowane są jakieś dane, to można je w systemie wyświetlić. System wykonuje zautomatyzowane symulacje z określonym interwałem czasowym. Jeżeli w wyniku, takiej symulacji przekroczone zostają określone przez użytkownika progi/poziomy, system reaguje w zdefiniowany przez użytkownika sposób (może to być wysłanie emaila pod określony adres). Użytkownik ma dostęp do całego okresu symulacji i może



### Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska

odtworzyć wyniki takiej symulacji obserwując na ekranie komputera rozlewanie się fali wezbraniowej. Użytkownik ma możliwość wybrania i analizy danych historycznych np. w oprogramowaniu zewnętrznym. Progi, przy których wyzwalane są działania alarmowe są definiowalne. Użytkownik systemu Real-time ma możliwość sterowania komunikatami pojawiającymi się w interfejsie publicznym – użytkownik określa, jaką wiadomość umieścić oraz kiedy taką wiadomość odwołać. W programie jest możliwość edycji warstw widocznych w systemie oraz zmiany ich wyglądu.