



**PRO WODA**

**Pracownia Gospodarki Wodnej**

**„PRO-WODA”**

**ul. Wąwozowa 33 m 34,**

**02-796 Warszawa,**

**NIP 521-189-92-01, REGON 010356440**

**ZLECENIODAWCA:**

**PREZYDENT MIASTA BIAŁYSTOK**

**15-950 Białystok**

**ul. Słonimska 1**

**Studium hydrograficzne doliny rzeki Białej  
z wytycznymi do zagospodarowania rekreacyjno-  
wypoczynkowego i elementami małej retencji  
oraz prace hydrologiczne niezbędne do sporządzenia  
dokumentacji hydrologicznej**

**Zespół autorski**

**Kierownictwo zespołu:**

**dr inż. Sylwester Tyszewski**

upr. do wykonywania dokumentacji  
hydrologicznych nr 39/2004

**dr inż. Ignacy Kardel**

**Wykonawcy:**

dr inż. Dorota Puśłowska-Tyszevska

prof. dr hab. inż. Tomasz Okruszko

dr inż. Tomasz Stańczyk

dr Paweł Ogłęcki

dr inż. Jarosław Chormański

dr inż. Dorota Mirosław-Świątek

inż. Robert Michałowski

inż. Wiktor Polak

Warszawa, wrzesień 2009



## SPIS TREŚCI

1	ZAŁOŻENIA DOTYCZĄCE MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA DOLINY RZEKI BIAŁEJ PRZYJĘTE W OPRACOWANIU	11
1.1	Funkcje rzeki Białej	11
1.2	Podział rzeki Białej na odcinki	12
2	HYDROGRAFIA	15
2.1	Ogólna charakterystyka zlewni Białej	15
2.2	Profil podłużny	20
2.3	Infrastruktura	23
2.4	Podsumowanie	24
3	WARUNKI METEOROLOGICZNE	28
3.1	Charakterystyka klimatu Białegostoku	28
3.2	Charakterystyka danych meteorologicznych wykorzystanych w opracowaniu	28
3.3	Opady historyczne – analizy statystyczne	29
3.4	Charakterystyka warunków meteorologicznych okresu badań na tle wielolecia	30
3.5	Podsumowanie	34
4	HYDROLOGIA I HYDROMETRIA	35
4.1	Pomiary hydrometryczne	35
4.2	Krzywe przepływów	41
4.3	Analiza przepustowości koryta Białej	47
4.4	Przebieg zmienności stanów wody w przekrojach z diverami na tle opadów atmosferycznych w okresie badań	57
4.5	Przebieg zmienności przepływów w przekrojach z diverami na tle opadów atmosferycznych w okresie badań	61
4.6	Analiza zakresu zmienności oraz częstości występowania stanów i przepływów okresie badań	66
4.7	Podsumowanie	71
5	HYDROLOGICZNY MODEL BIAŁEJ	73
5.1	Podstawowe założenia modelu	73
5.2	Identyfikacja i weryfikacja modelu	74
5.3	Symulacja przepływów dla ciągów opadowych z wielolecia	76
5.4	Analiza statystyczna wyników symulacji	77
6	JAKOŚĆ WÓD BIAŁEJ	80
6.1	Źródła zanieczyszczeń	80
6.2	Identyfikacja stanu jakości wód	83
6.2.1	Jakość opadów atmosferycznych	83
6.2.2	Jakość wód powierzchniowych	86
6.3	Podsumowanie	96
7	WALORYZACJA PRZYRODNICZO - KRAJOBRAZOWA DOLINY RZEKI BIAŁA	97
7.1	Wstęp i metodyka	97
7.2	Wyniki badań	102
7.3	Podsumowanie	104
8	WSKAZANIA DO ZAGOSPODAROWANIA KORYTA I DOLINY BIAŁEJ	111

9	PODSUMOWANIE	165
9.1	Wnioski wypływające z rozpoznania warunków przyrodniczych rzeki Białej i jej doliny	165
9.2	Propozycje działań w dolinie	167
9.3	Wskazania i zalecenia dla polityki wodnej miasta	169
9.4	Wskazania do zapisów w dokumentach planistycznych	170
9.5	Wskazania do dalszych opracowań i prac	172
10	BIBLIOGRAFIA	174

## **ZAŁĄCZNIKI**

METEOROLOGIA

MODEL HYDROLOGICZNY

DESZCZÓWKA

PROFIL HYDROLOGICZNY W SKALI 1 : 100 / 1 : 10 000

ZAŁĄCZNIK MAPOWY W SKALI 1 : 2 500

ZAŁĄCZNIK CD

### **Katalogi:**

Hydrologia

Meteorologia

Model hydrologiczny

Profil podłużny

Propozycje zagospodarowania

Tekst studium

Zasięg zalewów

## SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1.1	Podział Białej na odcinki .....	14
Rysunek 2.1	Ukształtowanie terenu zlewni Białej .....	15
Rysunek 2.2	Zgeneralizowana mapa użytkowania terenu w zlewni Białej .....	16
Rysunek 2.3	Podział administracyjny zlewni Białej .....	17
Rysunek 2.4	Podział hydrograficzny zlewni Białej na podstawie Atlasu Hydrograficznego Polski .....	18
Rysunek 2.5	Podział hydrograficzny zlewni w granicach miasta Białystok wg Kwiatkowskiego i in. (2004).....	20
Rysunek 2.6	Porównanie istniejącego (Kwiatkowski i inni, 2004) z planowanym zasięgiem (na podstawie opracowania Politechniki Białostockiej, 2008) kanalizacji deszczowej .....	24
Rysunek 4.1.	Lokalizacja przekrojów pomiarowych.....	36
Rysunek 4.2.	Przekroje poprzeczne koryta – POHD66.....	39
Rysunek 4.3.	Przekroje poprzeczne koryta – POHD18.....	39
Rysunek 4.4.	Przekroje poprzeczne koryta – POHD46.....	40
Rysunek 4.5.	Przekrój poprzeczny koryta – POHD9 .....	40
Rysunek 4.6.	Krzywa przepływu – przekrój POHD66-B1.....	41
Rysunek 4.7.	Krzywa przepływu – przekrój POHD46-B2.....	42
Rysunek 4.8.	Krzywa przepływu – przekrój POHD18-B3.....	42
Rysunek 4.9.	Krzywa przepływu – przekrój POHD9-B4.....	43
Rysunek 4.10.	Geometria przekroju .....	46
Rysunek 4.11.	Krzywa przepływu.....	46
Rysunek 4.12.	Krzywa przepływu dla rozszerzonego zakresu stanów wody – przekrój PO1 .....	47
Rysunek 4.13.	Przekrój poprzeczny koryta rzeki i mostu przy ul. Sienkiewicza .....	52
Rysunek 4.14.	Dolina Białej w przekroju PO11 – skutki ograniczania szerokości doliny .....	54
Rysunek 4.15.	Krzywe przepływu dla przekroju PO11 z uwzględnieniem ograniczania szerokości doliny .....	54
Rysunek 4.16.	Zasięgi potencjalnych zalewów dla wody stuletniej.....	56
Rysunek 4.17.	Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w okresie badań – przekrój POHD66 .....	57
Rysunek 4.18.	Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w okresie badań – przekrój POHD46 .....	57
Rysunek 4.19.	Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w okresie badań – przekrój POHD18 .....	58
Rysunek 4.20.	Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w okresie badań – przekrój POHD9 .....	58
Rysunek 4.21.	Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w czerwcu 2009 roku – przekrój POHD66 .....	59
Rysunek 4.22.	Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w czerwcu 2009 roku – przekrój POHD46 .....	59
Rysunek 4.23.	Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w czerwcu 2009 roku – przekrój POHD18 .....	60
Rysunek 4.24.	Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w czerwcu 2009 roku – przekrój POHD9 .....	60
Rysunek 4.25.	Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD66 na tle opadów atmosferycznych w okresie badawczym z krokiem 6-godzinnym .....	62
Rysunek 4.26.	Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD46 na tle opadów atmosferycznych w okresie badawczym z krokiem 6-godzinnym .....	62

Rysunek 4.27.	Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD18 na tle opadów atmosferycznych w okresie badawczym z krokiem 6-godzinnym .....	63
Rysunek 4.28.	Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD9 na tle opadów atmosferycznych w okresie badawczym z krokiem 6-godzinnym .....	63
Rysunek 4.29.	Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD66 na tle opadów atmosferycznych w czerwcu 2009 roku z krokiem 6-godzinnym .....	64
Rysunek 4.30.	Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD46 na tle opadów atmosferycznych w czerwcu 2009 roku z krokiem 6-godzinnym .....	64
Rysunek 4.31.	Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD18 na tle opadów atmosferycznych w czerwcu 2009 roku z krokiem 6-godzinnym .....	65
Rysunek 4.32.	Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD9 na tle opadów atmosferycznych w czerwcu 2009 roku z krokiem 6-godzinnym .....	65
Rysunek 4.33.	Przebieg zmienności przepływów w przekrojach z diverami w czerwcu 2009 roku z krokiem 6-godzinnym.....	66
Rysunek 4.34.	Krzywe gwarantowanych przepływów.....	68
Rysunek 4.35.	Krzywe gwarantowanych stanów wody .....	69
Rysunek 4.36	Wykres zmian napełnienia koryta [m] w przekrojach z diverami – krok czasowy 20 min. ....	70
Rysunek 4.37	Wykres zmian przepływów [m <sup>3</sup> /s] w przekrojach z diverami – krok czasowy 20 min.....	71
Rysunek 5.1	Podział zlewni Białej na zlewnie cząstkowe opracowany dla potrzeb modelowania hydrologicznego .....	74
Rysunek 5.2	Obserwowane i obliczone przepływy w przekroju bilansowym B3 (POHD18) w okresie kalibracyjnym 24.10.2008-01.07.2009 .....	76
Rysunek 5.3	Symulacja odpływu w profilu obserwacyjnym B4 obliczona dla ciągu opadów 1.01.1988-27.07.2009. ....	79
Rysunek 6.1	Przebieg kanalizacji deszczowej i lokalizacja potencjalnych zagrożeń jakości wód w miejskiej części zlewni rzeki Białej.....	83
Rysunek 6.2	Lokalizacja punktów monitoringu jakości wód powierzchniowych .....	89
Rysunek 6.3	Zmiany stężeń charakterystycznych wybranych wskaźników jakości wody w 2006 r. ....	89
Rysunek 6.4	Rozkład stężeń wybranych oznaczeń wód rzeki Białej na odcinku miejskim w okresie X. 2008-V. 2009 (pomiaru poza opadami nawalnymi) .....	94
Rysunek 6.5	Średnie dobowe wartości przewodności właściwej wody (01.11.2008 – 01.07.2009) ....	95
Rysunek 6.6	Wykres przewodności właściwej, stanów i temperatur wody w okresie opadów nawalnych w przedziałach 20-minutowych.....	95
Rysunek 7.1.	Waloryzacja środowiska w strefie korytowej.....	106
Rysunek 7.2.	Waloryzacja środowiska w strefie brzegowej .....	107
Rysunek 7.3.	Waloryzacja środowiska w strefie przykorytowej.....	108
Rysunek 7.4.	Waloryzacja środowiska w strefie tarasów i zboczy .....	109
Rysunek 7.5.	Ogólna waloryzacja środowiska .....	110
Rysunek 8.1	Mapa odcinka 1 .....	117
Rysunek 8.2	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 79 na odcinku 1 .....	118
Rysunek 8.3	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 76 na odcinku 1 .....	119
Rysunek 8.4	Przykład kładki umożliwiającej udostępnienie terenów podmokłych do celów edukacyjnych i rekreacyjnych. ....	121
Rysunek 8.5	Mapa odcinka 2 .....	122
Rysunek 8.6	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 74 na odcinku 2.....	124
Rysunek 8.7	Mapa odcinka 3 .....	126
Rysunek 8.8	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 70 na odcinku 3.....	128
Rysunek 8.9	Mapa odcinka 4 .....	130
Rysunek 8.10	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 66 na odcinku 4.....	131
Rysunek 8.11	Przykład tarasowania skarpy głębokiego koryta na odcinku 4 w celu utworzenia pojemności retencyjnej i zwiększenia dostępności do rzeki.....	132

Rysunek 8.12	Przykład sztucznej kaskady na brzegu rzeki.....	133
Rysunek 8.13	Mapa odcinka 5 .....	134
Rysunek 8.14	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 58 na odcinku 5.....	135
Rysunek 8.15	Przykład tarasowania skarpy głębokiego koryta na odcinku miejskim w celu zwiększenia dostępności do rzeki. ....	136
Rysunek 8.16	Mapa odcinka 6 .....	137
Rysunek 8.17	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 52 na odcinku 6.....	138
Rysunek 8.18	Mapa odcinka 7 .....	139
Rysunek 8.19	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 45 na odcinku 7.....	141
Rysunek 8.20	Przykład remeandryzacji prostoliniowego odcinka niewielkiej rzeki podczas prac wykonawczych. ....	142
Rysunek 8.21	Mapa odcinka 8 .....	143
Rysunek 8.22	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 40 na odcinku 8.....	144
Rysunek 8.23	Mapa odcinka 9 .....	145
Rysunek 8.24	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 40 na odcinku 9.....	146
Rysunek 8.25	Mapa odcinka 10.....	148
Rysunek 8.26	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 25 na odcinku 10.....	149
Rysunek 8.27	Mapa odcinka 11.....	151
Rysunek 8.28	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 19 na odcinku 11.....	153
Rysunek 8.29	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 16 na odcinku 11.....	153
Rysunek 8.30	Mapa odcinka 12.....	155
Rysunek 8.31	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 13 na odcinku 12.....	156
Rysunek 8.32	Przykład renaturyzacji płaskiej doliny niewielkiego potoku poprzez utworzenie rozlewisk z roślinnością bagienną .....	157
Rysunek 8.33	Mapa odcinka 13.....	158
Rysunek 8.34	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 11 na odcinku 13.....	159
Rysunek 8.35	Mapa odcinka 14 w skali 1:15 000.....	161
Rysunek 8.36	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 5 na odcinku 14.....	163
Rysunek 8.37	Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 2 na odcinku 14.....	163

## SPIS TABEL

Tabela 1.1	Zestawienie przyjętych w studium odcinków Białej.....	12
Tabela 2.1	Zestawienie form użytkowania terenu w zlewni Białej.....	16
Tabela 2.2	Charakterystyki zlewni Białej.....	19
Tabela 2.3	Przepływy charakterystyczne Białej w przekroju Zawady z wielolecia 1964-1990 .....	19
Tabela 2.4	Zestawienie przekrojów poprzecznych przez dolinę Białej.....	21
Tabela 2.5	Wyniki kontroli współrzędnej pionowej podczas wykonywania profilu podłużnego rzeki Białej.....	22
Tabela 2.6	Charakterystyka odcinków Białej.....	23
Tabela 2.7	Zestawienie obiektów infrastruktury na poszczególnych odcinkach Białej .....	23
Tabela 3.1.	Sumy opadów i opady maksymalne dobowe dla roku oraz półrocza letniego i zimowego .....	29
Tabela 3.2.	Sumy opadów miesięcznych.....	30
Tabela 3.3.	Sumy ciągłych opadów w poszczególnych miesiącach.....	30
Tabela 3.4.	Opady maksymalne dobowe w poszczególnych miesiącach.....	30
Tabela 3.5.	Liczba dni opadem w poszczególnych miesiącach.....	30
Tabela 3.6.	Wartości parametrów meteorologicznych w okresie badań oraz w wieloleciu 1973-2008 .....	31
Tabela 3.7.	Okres badań na tle wielolecia 1973-2008 – sumy roczne opadów oraz maksymalne opady dobowe w roku.....	32
Tabela 3.8.	Okres badań na tle wielolecia 1973-2008 – miesięczne sumy opadów .....	32
Tabela 3.9.	Okres badań na tle wielolecia 1973-2008 – sumy ciągłego opadu w poszczególnych miesiącach .....	33
Tabela 3.10.	Okres badań na tle wielolecia 1973-2008 – maksymalne dobowe sumy opadu w poszczególnych miesiącach .....	33
Tabela 3.11.	Okres badań na tle wielolecia 1973-2008 – liczba dni z opadem w poszczególnych miesiącach .....	34
Tabela 4.1.	Lokalizacja i charakterystyka przekrojów hydrometrycznych .....	35
Tabela 4.2.	Syntetyczne wyniki pomiarów hydrometrycznych.....	37
Tabela 4.3.	Zestawienie przekrojów obliczeniowych.....	44
Tabela 4.4.	Charakterystyki hydrauliczne wody brzegowej.....	46
Tabela 4.5.	Wstępna klasyfikacja mostów pod kątem wpływu na ograniczenie przepustowości koryta w okresach wezbraniowych.....	48
Tabela 4.6.	Wstępna klasyfikacja przepustów i kładek pod kątem wpływu na ograniczenie przepustowości koryta w okresach wezbraniowych.....	49
Tabela 4.7.	Wstępna klasyfikacja rurociągów pod kątem wpływu na ograniczenie przepustowości koryta w okresach wezbraniowych.....	50
Tabela 4.8.	Wyniki analizy przepustowości mostów i przepustów zaklasyfikowanych do grupy mogących stanowić zagrożenie podtopieniami .....	53
Tabela 4.9.	Przepływy maksymalne o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% i odpowiadające im rzędne zwierciadła wody .....	55
Tabela 4.10.	Zakresy zmienności przepływów w przekrojach z diverami w okresie badań.....	66
Tabela 4.11.	Zakresy zmienności stanów wody w przekrojach z diverami w okresie badawczym w m npm .....	66
Tabela 4.12.	Częstość występowania przepływów o różnej wielkości .....	67
Tabela 4.13.	Częstość występowania stanów [m npm] oraz głębokości wody [m] .....	67
Tabela 5.1	Zestawienie przekrojów uwzględnianych w modelu.....	77



Tabela 5.2	Wartości przepływów charakterystycznych w przekrojach bilansowych obliczone na podstawie wyników symulacji dla wielolecia 1988-2009 .....	78
Tabela 5.3	Zestawienie statystycznych charakterystyk przepływu w przekrojach lokalizacji analizowanej infrastruktury .....	78
Tabela 6.1	Zestawienie ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do rzeki Białej z oczyszczalni miejskiej (mechaniczno-biologiczna, osad czynny, z podwyższonym usuwaniem biogenów) w 2008 r. ....	80
Tabela 6.2	Uśrednione wartości wybranych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach deszczowych z terenu Białegostoku (Andraka i in., 1998).....	82
Tabela 6.3	Charakterystyka stężeń zanieczyszczeń w opadach atmosferycznych dla stacji IMGW Białystok z okresu 2000-2007 – na podstawie danych IMGW .....	85
Tabela 6.4	Zestawienie statystyk wyników monitoringu wód rzeki Białej prowadzonego przez WIOŚ Białystok w latach 2006 i 2008 .....	87
Tabela 6.5	Wyniki monitoringu badawczego jakości wód rzeki Białej i jej dopływów prowadzonego przez Laboratorium monitoringu wód SGGW .....	92
Tabela 7.1.	Ocena przyrodniczo - krajobrazowa koryta rzeki .....	98
Tabela 7.2.	Ocena przyrodniczo-krajobrazowa strefy brzegowej .....	99
Tabela 7.3.	Ocena przyrodniczo-krajobrazowa strefy tarasów i zboczy .....	100
Tabela 7.4.	Ocena przyrodniczo-krajobrazowa strefy przydolinowej .....	102
Tabela 7.5.	Walory przyrodniczo-krajobrazowe doliny rzeki Biała.....	102
Tabela 7.6.	Klasy walorów środowiskowych poszczególnych stref doliny rzeki Biała .....	103
Tabela 7.7.	Taksony fauny stwierdzone w poszczególnych strefach doliny rzeki Biała.....	103
Tabela 8.1	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 1. ....	120
Tabela 8.2	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 2. ....	125
Tabela 8.3	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 3. ....	129
Tabela 8.4	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 4. ....	133
Tabela 8.5	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 5. ....	136
Tabela 8.6	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 6. ....	138
Tabela 8.7	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 7. ....	142
Tabela 8.8	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 8. ....	144
Tabela 8.9	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 9. ....	147
Tabela 8.10	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 10. ....	150
Tabela 8.11	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 11. ....	154
Tabela 8.12	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 12. ....	157
Tabela 8.13	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 13. ....	160
Tabela 8.14	Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 14. ....	164

*Studium hydrograficzne doliny rzeki Białej z wytycznymi do zagospodarowania rekreacyjno-wypoczynkowego i elementami małej retencji  
oraz prace hydrologiczne niezbędne do sporządzenia dokumentacji hydrologicznej*

# **1 ZAŁOŻENIA DOTYCZĄCE MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA DOLINY RZEKI BIAŁEJ PRZYJĘTE W OPRACOWANIU**

## **1.1 FUNKCJE RZEKI BIAŁEJ**

Rzeka Biała jest rzeką silnie zmienioną na skutek funkcjonowania na obszarze zurbanizowanym. Ponad 60% zlewni rzeki leży na obszarze miasta Białystok, którego rozwój doprowadził do całkowitego przekształcenia zarówno rzeki jak i jej doliny. Zmiany te były podyktowane zarówno rozwojem terenów zurbanizowanych jak i przystosowaniem rzeki do pełnienia funkcji użytecznych w środowisku miejskim lub podmiejskim. Dla potrzeb niniejszego studium zostały rozpoznane podstawowe funkcje, które spełnia obecnie rzeka Biała. Podstawowym założeniem pracy zespołu było bowiem opracowanie wytycznych, które w sposób optymalny pozwolą na wypełnianie wszystkich funkcji rzeki, także po jej zagospodarowaniu dla potrzeb rekreacyjno-wypoczynkowych z elementami małej retencji.

Funkcja wiodąca Białej jest związana z pełnieniem przez ciek roli odbiornika wód deszczowych, a w dolnym biegu także odbiornika oczyszczonych ścieków. Dlatego też rzeka została silnie przekształcona dla pełnienia tej roli - praktycznie na całej długości rzeki koryto jest uregulowane, a na wielu odcinkach prostoliniowe z ukształtowanymi technicznie brzegami i wylotami kanalizacji deszczowej. W chwili obecnej możliwości Białej jako odbiornika wód deszczowych zostały praktycznie wyczerpane, o czym świadczą występujące podtopienia, zwłaszcza w okresie opadów nawalnych. Pełnienie roli odbiornika wód deszczowych zmieniło w sposób drastyczny reżim hydrologiczny ciek (gwałtowne, krótkotrwałe wezbrania i długie, głębokie niżówki) oraz silnie zmodyfikowało (pogorszyło) jakość zasobów wodnych wprowadzając dużą zmienność parametrów jakościowych w zależności od sytuacji meteorologicznej. Taka właściwość rzeki w znacznym stopniu ogranicza możliwości gromadzenia wody w zbiornikach retencyjnych ze względu na zamulanie oraz szereg niekorzystnych procesów biologiczno-chemicznych, którym podlega stagnująca woda o złych parametrach jakościowych.

Druga funkcja, którą rzeka spełnia, związana jest z rekreacją w otoczeniu Białej. Rzeka i jej dolina jest naturalną osią miasta, wzdłuż której koncentrują się tereny wykorzystywane obecnie, lub które mogą być wykorzystywane w przyszłości, dla poprawy jakości życia mieszkańców poprzez rekreację, przeżycia estetyczne czy też kontakt z naturą. Wraz z rozwojem materialnym miasta i jego mieszkańców należy oczekiwać wzrostu wagi tej funkcji, podobnie jak to się dzieje we wszystkich zamożnych krajach świata.

Należy podkreślić fakt, iż rzeka Biała powinna być także postrzegana przez pryzmat Ramowej Dyrektywy Wodnej, która dla wszystkich wód na obszarze Unii Europejskiej wyznaczyła cele środowiskowe, które powinny być osiągnięte do roku 2015. Zgodnie ze stanem rzeczywistym Biała została zakwalifikowana jako silnie zmieniona część wód, czyli celem działań powinno być uzyskanie dobrego potencjału (a nie stanu) ekologicznego wód. W praktyce oznacza to konieczność dbania o dobre parametry fizyko-chemiczne wód płynących Białą oraz poprawę warunków hydromorfologicznych ciek, takich jak kształt koryta, lub drożność, które upodobią go do rzeki naturalnej.

Uwzględniając powyższe, zidentyfikowane funkcje, zespół autorski postawił sobie jako cel opracowanie studium, które maksymalizuje możliwości wykorzystania rzeki Białej dla celów rekreacyjnych przy jednoczesnym nieupośledzeniu jej funkcji jako odbiornika wód deszczowych i ścieków. Ponadto działania planistyczne na terenie miasta powinny umożliwiać uzyskanie dobrego potencjału ekologicznego rzeki.

## 1.2 PODZIAŁ RZEKI BIAŁEJ NA ODCINKI

Dla potrzeb niniejszego studium analizowany teren obejmujący dolinę rzeki Białej w granicach miasta Białystok oraz dolinę jej lewego dopływu - Bażantarki podzielono na 14 odcinków (Rys 1.1) obejmujących fragmenty doliny o możliwie jednolitym charakterze krajobrazu. Granice odcinków wyznaczano zazwyczaj w miejscach przecięcia doliny przez ulice. Podstawowe charakterystyki wyróżnionych odcinków Białej przedstawiono w tab. 1.1. Celem takiego podziału było: zwiększenie spójności opracowania w zakresie waloryzacji i wskazań do zagospodarowania terenu ze względu na homogeniczność wyróżnionych odcinków, ułatwienie we wprowadzeniu zaleceń studium do poszczególnych, miejscowych planów zagospodarowania, możliwość efektywnego hierarchizowania przyszłych działań technicznych poprzez wybór całych odcinków do realizacji.

Tabela 1.1 Zestawienie przyjętych w studium odcinków Białej  
Oznaczenia funkcji: D – dydaktyczna, E – estetyczna, P – przyrodnicza, Ri – rekreacyjna (intensywna), Re – rekreacyjna (ekstensywna), T – tranzytowa

Nr odcinka	Kilometraż		Ulica		Długość [km]	Funkcje odcinka
	początek	koniec	początek	koniec		
1	22.325	21.259	Plażowa	Dojlidy Fabryczne	1.07	E, P, D, T
2	21.259	20.466	Dojlidy Fabryczne	Ciołkowskiego	0.79	E, T, Re
3	20.466	19.500	Ciołkowskiego	Miłosza	0.97	P, D
4	19.500	17.737	Miłosza	Sienkiewicza	1.76	E
5	17.737	16.870	Sienkiewicza	Poleska	0.87	E, Ri
6	16.870	16.355	Poleska	Radzymińska	0.52	E
7	16.355	15.190	Radzymińska	tory kolejowe	1.17	E, Re, P
8	15.190	14.350	tory kolejowe	okolice Dębowej	0.84	P
9	14.350	13.340	okolice Dębowej	Antoniuk Fabryczny	1.01	E, Ri
10	13.340	11.816	Antoniuk Fabryczny	Al. Jana Pawła II	1.52	E, Re
11*)	11.816**)	10.475	Al. Jana Pawła II	Al. Jana Pawła II	1.34	P, Re
12***)	2.790	1.390	Hetmańska	Marczukowska	1.40	P, D
13	10.475	7.889	Al. Jana Pawła II	Maczka	2.59	P, E
14	7.889	4.050	Maczka	granica miasta	3.84	P, D

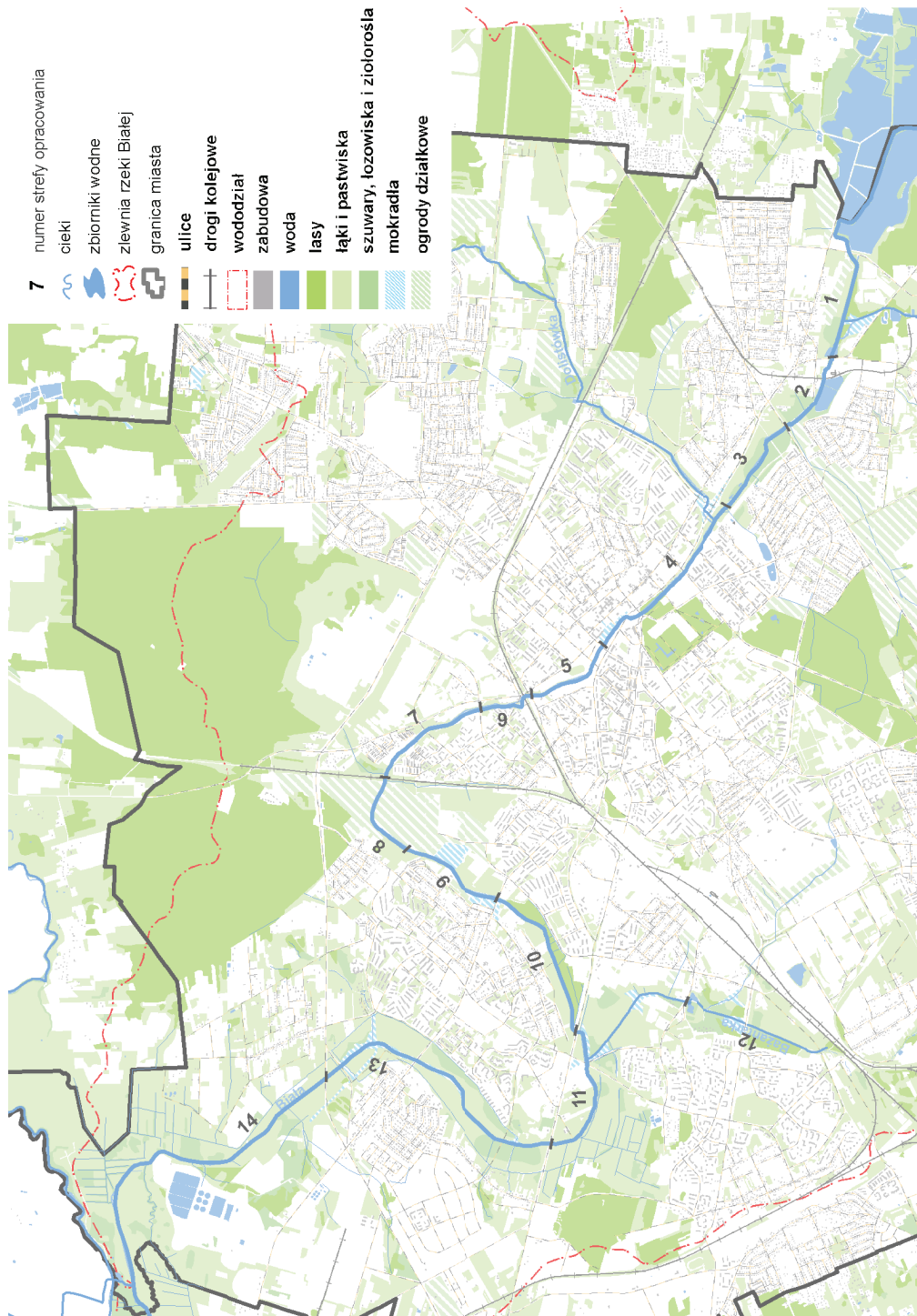
\*) Odcinek 11 obejmuje również Bażantarkę w obrębie doliny Białej

\*\*) Wszystkie podane wartości odnoszą się do rzeki Białej

\*\*\*) Odcinek 12 obejmuje Bażantarkę

Podział na odcinki, po wstępnym rozpoznaniu terenowym i jego konfrontacji z istniejącymi dokumentami planistycznymi, jest efektem ustaleń dokonanych w trakcie seminarium w Urzędzie Miasta Białystok w styczniu 2009 roku. W czasie tego spotkania wyróżniono także wiodące funkcje z zakresu rekreacji i wypoczynku, które powinna spełniać rzeka Biała i jej dolina na poszczególnych odcinkach.

Układ poszczególnych rozdziałów Studium, a zwłaszcza rozdziałów 7 (Waloryzacja) i 8 (Wskazania) została podporządkowana takiemu podziałowi, a prace terenowe z zakresu hydrografii (rozdział 2) i hydrologii (rozdział 4) miały za zadanie jak najlepsze uchwycenie wiodących cech hydromorfologicznych poszczególnych odcinków.

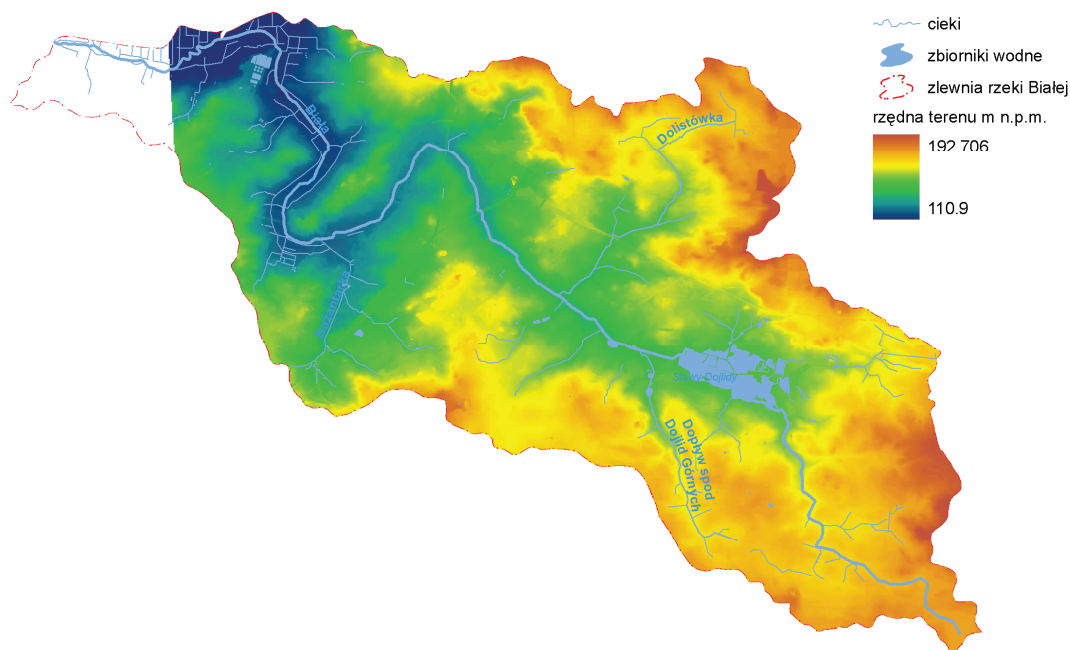


Rysunek I.1 Podział Białej na odcinki

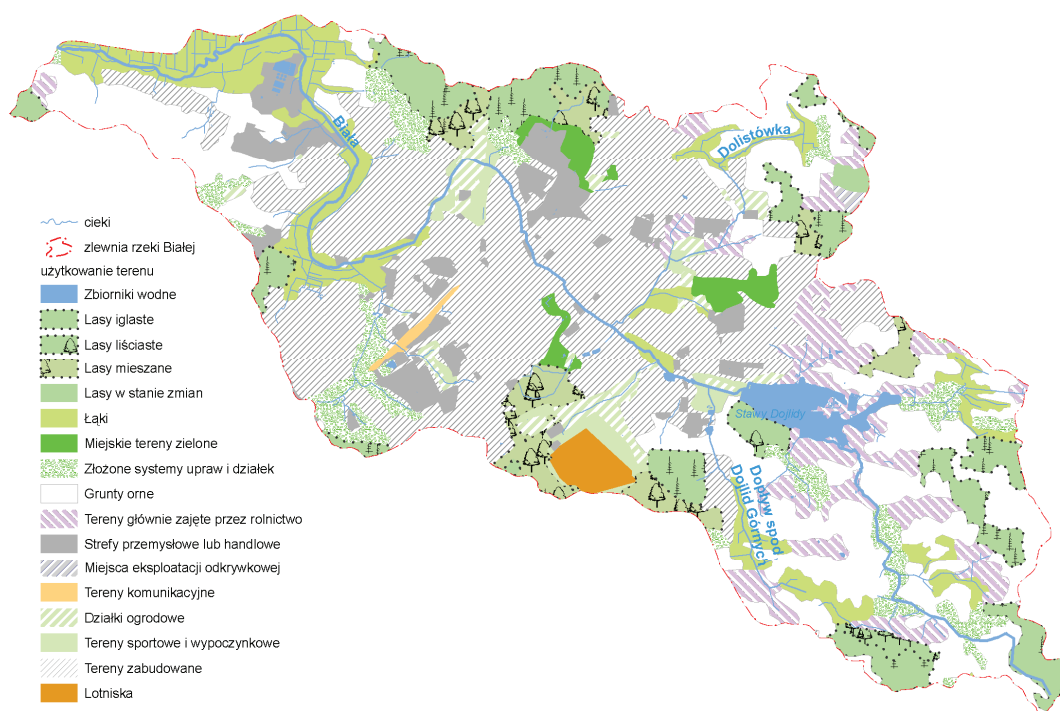
## 2 HYDROGRAFIA

### 2.1 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI BIAŁEJ

Biała (Białka) jest rzeką IV rzędu, lewostronnym dopływem rzeki Supraśl. Według podziału fizyczno-geograficznego Kondrackiego (Kondracki, 2001) zlewnia Białej leży w mezoregionie Wysoczyzna Białostocka (makroregion Nizina Północnopodlaska). Powierzchnia terenu jest zbudowana z utworów czwartorzędowych. Ukształtowanie powierzchni terenu jest w zlewni Białej zróżnicowane. Zlewnia ma generalne nachylenie z południowego wschodu na północny zachód. Taki sam jest kierunek płynięcia Białej, przy czym rzeka dwukrotnie zmienia kierunek omijając wydłużone wzgórze poniżej centralnej części miasta. Największym zróżnicowaniem ukształtowania charakteryzują się północno-wschodnie i wschodnie krańce zlewni i tam też występują największe wysokości terenu. Centralna i dolna część zlewni ma formę równinno-falistą z obniżeniem wykorzystywanym przez Białą. Przyujściowy fragment zlewni ma charakter zdecydowanie równinny i należy do doliny Supraśli. Numeryczny model terenu zlewni Białej wykonany na podstawie warstw map topograficznych w skali 1 : 10 000 i zdjęć lotniczych przedstawiono na rys. 2.1. Dominującymi formami użytkowania terenu w zlewni są obszary zabudowane (29%), grunty orne (20%) oraz łąki i pastwiska (9%). Formy użytkowania terenu, opracowane na podstawie danych satelitarnych (LandSat 7, rok aktualności 2000) i zdjęcia lotniczego udostępnionego przez Urząd Miasta Białystok, przedstawiono na rys. 2.2 i w tabeli 2.1. Szczegółowej mapy użytkowania terenu zlewni nie opracowano ze względu na przewidziany zakres studium.



Rysunek 2.1 Ukształtowanie terenu zlewni Białej



Rysunek 2.2 Zgeneralizowana mapa użytkowania terenu w zlewni Białej

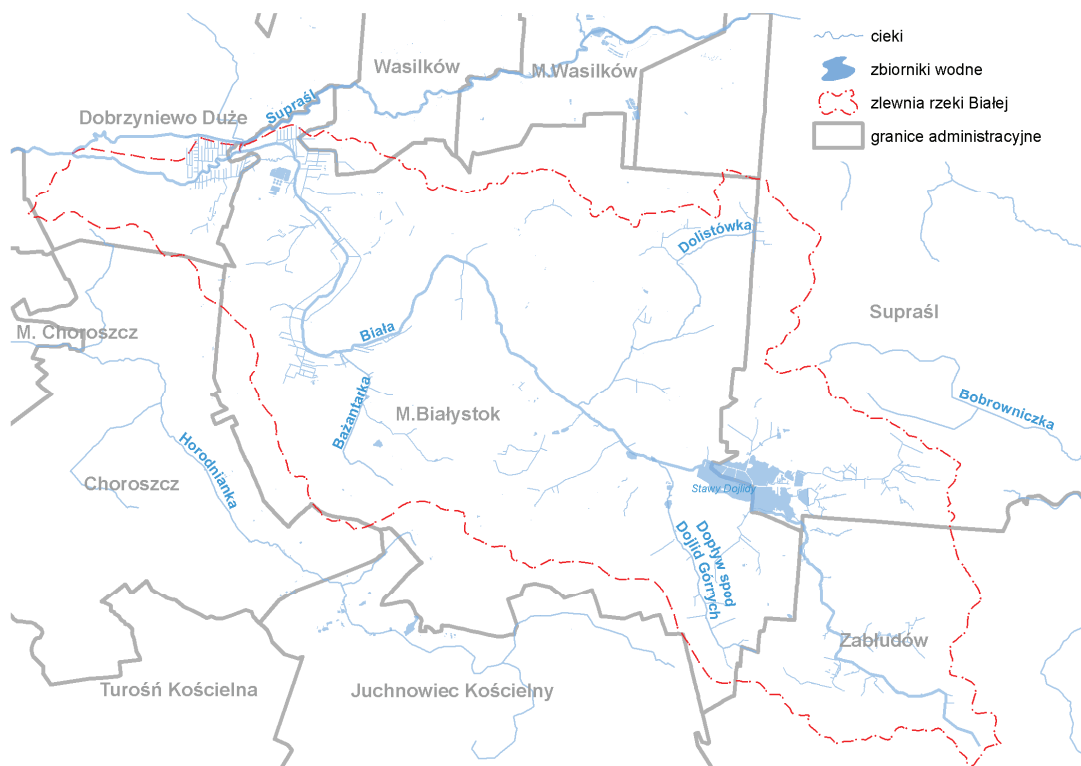
Tabela 2.1 Zestawienie form użytkowania terenu w zlewni Białej

Rodzaj użytkowania	Powierzchnia [ha]	Udział w powierzchni zlewni [%]
Działki ogrodowe	321	2.6
Grunty orne	2 529	20.1
Lasy iglaste	1 032	8.2
Lasy liściaste	118	0.9
Lasy mieszane	478	3.8
Lasy w stanie zmian	30	0.2
Lotniska	120	1.0
Łąki	1 168	9.3
Miejsca eksploatacji odkrywkowej	17	0.1
Miejskie tereny zielone	200	1.6
Strefy przemysłowe lub handlowe	824	6.6
Tereny głównie zajęte przez rolnictwo	906	7.2
Tereny komunikacyjne	32	0.3
Tereny sportowe i wypoczynkowe	232	1.9
Zabudowa luźna	3 675	29.3
Zbiorniki wodne	161	1.3
Złożone systemy upraw i działek	705	5.6

W podziale administracyjnym kraju zlewnia Białej jest położona w granicach 6 gmin (rys. 2.3). Największa część zlewni należy do miasta Białystok (65.8%), pozostałe gminy



obejmujące swym zasięgiem zlewnię Białej to Zabłudów (14.2%), Supraśl (12.0%), Dobrzyniewo Duże (6.8%) oraz Choroszcz i Wasilków (po ok. 1%).

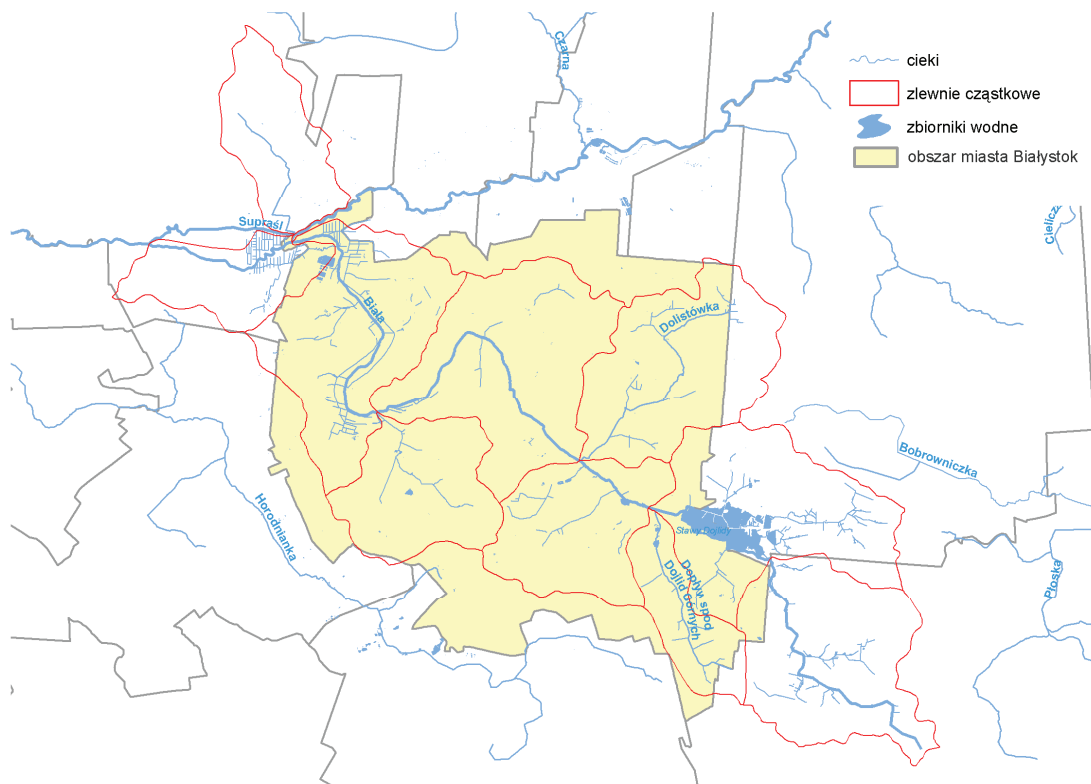


Rysunek 2.3 Podział administracyjny zlewni Białej

Zlewnia leży w obszarze działania Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Warszawie i podlega Zarządowi Zlewni w Giżycku. W ramach prac związanych z opracowaniem planów gospodarowania wodami Białą wraz z dopływami (Dolistówką i Bażantarką) została określona jako jednolita część wód powierzchniowych (PLRW2000172616899) oraz scalona część wód powierzchniowych (SW1018). W „Opracowaniu analizy presji...” (IMGW i in., 2007) została sklasyfikowana jako silnie zmieniona część wód powierzchniowych, zagrożona ryzykiem nieosiągnięcia celów środowiskowych. Do działań niezbędnych dla osiągnięcia celów środowiskowych zaliczono m.in.: działania związane z unieszkodliwianiem ścieków bytowo-gospodarczych (rozbudowę sieci kanalizacyjnej, budowę i kontrolę użytkowania szczelnych szamb oraz oczyszczalni przydomowych), unieszkodliwianiem odpadów (likwidację dzikich wysypisk, gromadzenie i oczyszczanie odcieków ze składowisk, zagospodarowanie osadów ściekowych), zapobieganiem awariom (opracowanie stosownych programów) i kształtowaniem zagospodarowania terenu (tworzenie stref buforowych wokół wód oraz opracowanie planów zagospodarowania dla stref i obszarów ochronnych dla wód oraz stref zagrożeń powodziowych).

Długość Białej wynosi 32.7 km, z czego w granicach miasta Białystok ok. 20 km. Stałymi dopływami Białej w granicach miasta są: Dopływ spod Dojlid Górnych, Dolistówka i Bażantarka. Pozostałe cieki mają głównie charakter okresowy i prowadzą wodę w okresie roztopów i większych opadów.

Powierzchnia zlewni Białej wg Atlasu Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1 : 50 000 (IMGW, 2005) wynosi 133,37 km<sup>2</sup>, z czego ok. 83 km<sup>2</sup> w obszarze miasta (rys. 2.4). W tabeli 2.2 zestawiono podstawowe charakterystyki Białej i jej dopływów. IMGW prowadził stałe obserwacje wodowskazowe Białej w latach 1964-1990 w profilu Zawady zlokalizowanym w 7.2 km biegu rzeki i zamykającym zlewnię o powierzchni 108.5 km<sup>2</sup>, (dane o przepływach były publikowane w Rocznikach Hydrologicznych w latach 1973-1983). W tabeli 2.3 zestawiono przepływy charakterystyczne z wielolecia 1964 – 1990 obliczone dla Zawad (Operat hydrologiczny Województwa Podlaskiego, 1992).



Rysunek 2.4 Podział hydrograficzny zlewni Białej na podstawie Atlasu Hydrograficznego Polski

W zlewni Białej można wyróżnić trzy części o zdecydowanie odmiennym charakterze: część górna, do przekroju ujęcia wody dla Stawów Dojlidzkich o dominującym charakterze rolniczym, część środkowa, największa, którą zajmuje miasto Białystok oraz niewielka część dolna, poniżej oczyszczalni miejskiej w Białymstoku, gdzie pod wpływem zrzutu z oczyszczalni rzeka zmienia charakter, a w zlewni dominują tereny otwarte.

Tabela 2.2 Charakterystyki zlewni Białej  
(Na podstawie Atlasu Podziału Hydrograficznego Polski, IMGW, 2005)

Rzeka	Przekrój	km	Długość [km]	Powierzchnia zlewni [km <sup>2</sup> ]	
				cząstkowa	sumaryczna
Biała	powyżej Stawów Dojlidy	26.1	-	17.03	17.03
Biała	od Stawów Dojlidy do Dopływu spod Halickich (L)	23.5	-	17.79	34.82
Dopływ spod Halickich (Dopływ spod Dojlid Górnych)	ujście	21.18	5.13	6.17	40.99
Biała	od Dopływu spod Halickich do Dolistówki (P)	19.02	-	11.49	52.48
Dolistówka	ujście	19.02	6.62	16.51	68.99
Biała	od Dolistówki do Bażantarki (L)	11.2	-	19.43	88.42
Bażantarka	ujście	11.2	3.90	10.78	99.2
Biała	od Bażantarki do Dopływu spod Bohdana (P)	4.24	-	17.55	116.75
Dopływ spod Bohdana*)	ujście	4.24	4.49	8.91	125.66
Biała	od Dopływu spod Bohdana do ujścia do Supraśli	0.0	32.7	7.7	133.36

\*) Dopływ spod Bohdana jest przeprowadzony przez Supraśl syfonem i doprowadzony do Białej; w większości opracowań powierzchnia jego zlewni jest nieuwzględniana w powierzchni zlewni Białej

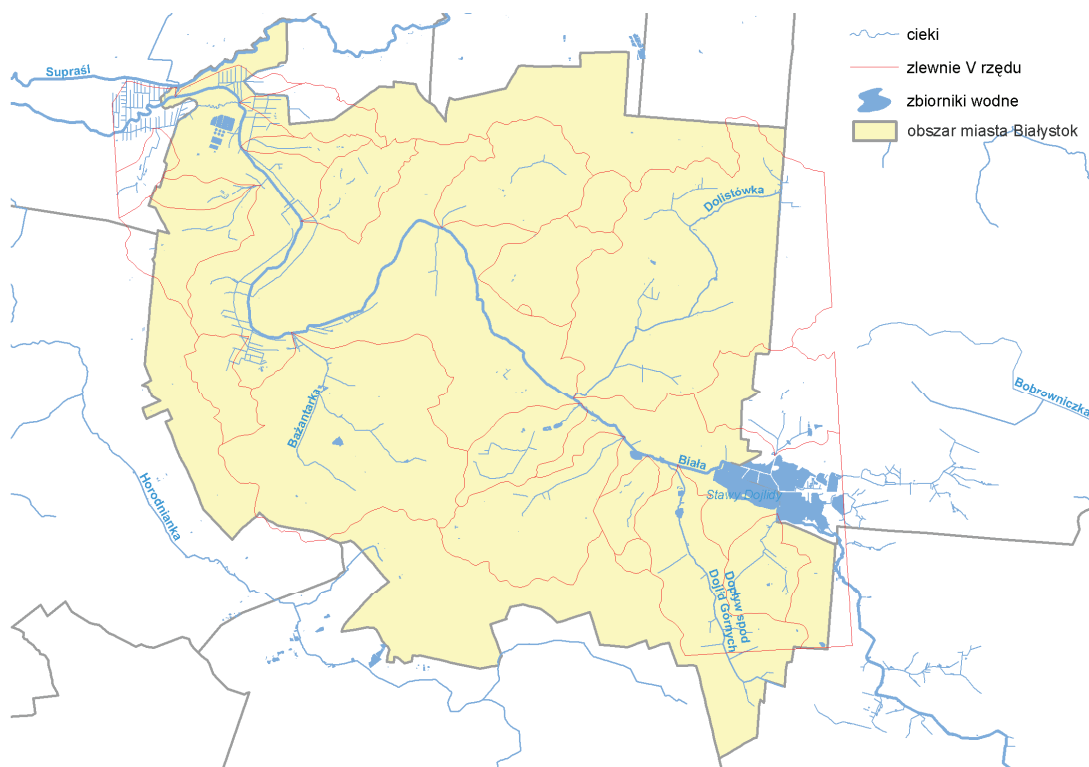
Tabela 2.3 Przepływy charakterystyczne Białej w przekroju Zawady z wielolecia 1964-1990  
(na podstawie Operatu hydrologicznego..., 1992)

Przepływy charakterystyczne główne			Przepływy maksymalne prawdopodobne		
rodzaj przepływu	oznaczenie	wartość [m <sup>3</sup> /s]	rodzaj przepływu	oznaczenie	wartość [m <sup>3</sup> /s]
najniższy	NNQ	0.05	o prawdopodobieństwie przewyższenia p=10%	Qmax <sub>p=10%</sub>	12.4
średni niski	SNQ	0.53	o prawdopodobieństwie przewyższenia p=5%	Qmax <sub>p=5%</sub>	15.6
średni	SSQ	1.20	o prawdopodobieństwie przewyższenia p=1%	Qmax <sub>p=1%</sub>	23.0
najniższy z wysokich	NWQ	1.70			
średni z wysokich	SWQ	5.97			
najwyższy	WWQ	21.5			

Funkcjonowanie hydrologiczne rzeki Białej jest zaburzone pod wpływem antropopresji. Zmiany te są wynikiem ujmowania części wód Białej i jej dopływów w górnym odcinku do zaopatrzenia Stawów Dojlidzkich, funkcjonowaniem sieci kanalizacji deszczowej miasta w środkowej części zlewni oraz zrzutem z oczyszczalni, pod wpływem którego następuje istotny wzrost przepływów. W środkowej części zlewni ma charakter zlewni zurbanizowanej, co wpływa na reżim przepływów rzeki: występowanie niskich przepływów w okresach bezopadowych i gwałtowne, krótkotrwałe wzrosty przepływów w trakcie opadów i bezpośrednio po ich zakończeniu oraz w okresie roztopów. Zabudowa terenu i odprowadzanie wód opadowych przez kanalizację deszczową uniemożliwiają infiltrację do wód gruntowych, w konsekwencji zasilanie cieków i ich dolin na terenie miasta jest znacznie ograniczone, co powoduje wydłużenie czasu trwania i obniżenie przepływów niskich w Białej i jej głównych dopływach, a także prowadzi do wysychania innych cieków i drobnych zbiorników wodnych. W środkowej części zlewni również koryto i dolina Białej są najbardziej przekształcone. Koryto jest uregulowane, na wielu odcinkach prostoliniowe, z ukształtowanymi technicznie brzegami. Charakter doliny Białej został zmieniony przez

przecinające ją nasypy infrastruktury komunikacyjnej, rowy melioracyjne i groble. W centralnej części miasta dolina rzeczna uległa tak dużym przekształceniom, że można mówić o jej braku.

W trakcie przygotowania ekofizjografii Białegostoku (Kwiatkowski i in., 2004) w części zlewni Białej położonej w granicach miasta wydzielono, w oparciu o mapy topograficzne (w skali 1 : 10 000) i pomiary terenowe, 18 zlewni cząstkowych (rys. 2.5). Jednocześnie na podstawie „Programu ogólnej kanalizacji deszczowej” (2000) opracowano mapę kanalizacji oraz zlewni poszczególnych kolektorów (Kwiatkowski i in., 2004), co pozwoliło stwierdzić, że znaczna część zlewni kanalizacji deszczowej nie pokrywa się ze zlewniami topograficznymi. Zgodnie z przedstawionymi danymi kanalizacją deszczową w 2000 roku objęte było 47.35% powierzchni miasta (Kwiatkowski i in., 2004), a w roku 2008 udział obszaru miasta objętego istniejącą bądź projektowaną siecią kanalizacji deszczowej stanowił 56.4% (Politechnika Białostocka, 2008).



Rysunek 2.5 Podział hydrograficzny zlewni w granicach miasta Białystok wg Kwiatkowskiego i in. (2004)

## 2.2 PROFIL PODŁUŻNY

Prace geodezyjne dla potrzeb przygotowania profilu podłużnego wykonano techniką Global Positioning System – Real Time Kinematic (GPS-RTK). Prace zostały wykonane przez trzysobowy zespół w trakcie trzech kampanii: 13-14 listopada 2008, 01-02 grudnia 2008, 03-04 kwiecień 2009. Podczas pomiarów rejestrowano następujące elementy:

wysokości skarp, zwierciadło wody<sup>1</sup>, dno rzeki, górę, dół oraz szerokość kładek i mostów, wyloty kanalizacji wraz ze średnicą, przejścia rurociągów (wraz ze średnicą), budowle piętrzące oraz dna rowów uchodzących do Białej. Ponadto wykonano 85 przekrojów poprzecznych przez dolinę rzeki. Ogółem zarejestrowano ponad 2595 pikiet.

Tabela 2.4 Zestawienie przekrojów poprzecznych przez dolinę Białej

Lp.	Przekrój	Kilometr biegu rzeki	Odcinek rzeki	Lp.	Przekrój	Kilometr biegu rzeki	Odcinek rzeki	Lp.	Przekrój	Kilometr biegu rzeki	Odcinek rzeki
1	P0A	4.055	14	31	P29	13.356	9	61	PO59	17.425	5
2	P0B	5.184	14	32	PO30	13.476	9	62	P60	17.591	5
3	PO1	5.370	14	33	P31	13.659	9	63	PO61	17.698	5
4	PO2	5.803	14	34	P32	13.686	9	64	P62	17.973	4
5	PO3	6.372	14	35	P33	13.741	9	65	PO63	18.155	4
6	PO4	6.564	14	36	PO34	13.964	9	66	PO64	18.628	4
7	PO5	6.946	14	37	P35	14.82	9	67	P65	18.806	4
8	P6	7.513	14	38	P36	14.213	9	68	POHD66	19.200	4
9	PO7	7.748	14	39	P37	14.317	9	69	PO67	19.361	4
10	P8	7.993	13	40	PO38	14.449	8	70	PO68	19.573	3
11	POHD9	8.311	13	41	P39	14.567	8	71	P69	19.734	3
12	P10	8.613	13	42	P40	14.698	8	72	P70	19.845	3
13	PO11	8.920	13	43	P41	14.853	8	73	P71	20.296	3
14	P12	9.684	13	44	PO42	15.35	8	74	POH72	20.454	3
15	P13	9.967	13	45	PO43	15.270	7	75	P73	20.535	2
16	PO14	10.105	13	46	P44	15.431	7	76	P74	20.733	2
17	P15	10.372	13	47	P45	15.603	7	77	P75	21.51	2
18	PO16	10.901	11	48	POHD46	15.730	7	78	P76	21.311	1
19	P17	11.143	11	49	P47	15.868	7	79	PO77	21.440	1
20	POHD18	11.380	11	50	P48	15.991	7	80	P78	21.702	1
21	PO19	11.727	11	51	P49	16.166	7	81	P79	21.806	1
22	P20	11.893	10	52	PO50	16.241	7	82	P80	21.988	1
23	P21	12.111	10	53	P51	16.377	6	83	POH81	22.133	1
24	P22	12.314	10	54	PO52	16.487	6	84	P82	22.188	1
25	PO23	12.405	10	55	P53	16.547	6	85	P83	22.325	1
26	P24	12.735	10	56	P54	16.604	6				
27	P25	12.838	10	57	PO55	16.880	5				
28	P26	12.940	10	58	P56	16.950	5				
29	P27	13.103	10	59	PO57	17.42	5				
30	PO28	13.240	10	60	P58	17.158	5				

Lokalizację przekrojów poprzecznych przez dolinę Białej pokazano na rysunku 4.1 oraz w tabeli 2.4. Do identyfikacji przekrojów przyjęto następujący system oznaczeń:

- P - przekrój,
- PO - przekrój obliczeniowy,
- POH - przekrój obliczeniowy i hydrometryczny,
- POHD - przekrój obliczeniowy i hydrometryczny z zainstalowanym diverem.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów opracowano szczegółowy kilometraż Białej, przyjmując za punkt początkowy (0.000) ujście Białej do Supraśli oraz wartość  $L = 4.183$  km na granicy miasta w dolnym odcinku Białej (współrzędne przekroju Białej na granicy Białegostoku w układzie 1992 wynoszą  $x = 772\ 259$  m,  $y = 597\ 838$  m).

<sup>1</sup> Wszystkie pomiary zostały wykonane przy niskich stanach wody, a położenie zwierciadła przeliczono do jednolitego poziomu

W trybie GPS-RTK antena odbiornika bazowego ustawiona jest nad punktem o znanych współrzędnych, a odbiornik bazowy w wyznaczonych odstępach czasu wyznacza – na podstawie położenia satelitów – własną pozycję oraz błąd położenia względem pozycji zadanej. Obliczona poprawka wyznaczenia pozycji jest przesyłana na bieżąco do odbiornika, którym wykonywane są pomiary. Metoda GPS-RTK pozwala na uzyskanie centymetrowej dokładności wyników pomiarów w krótkim czasie.

Do pomiarów w dolinie rzeki Białej wykorzystano zestaw dwuczęstotliwościowych (L1/L2) odbiorników GPS-RTK firmy Topcon – Legacy H. Zestaw ten wykorzystuje własne radiomodemy do transmisji sygnału korekcyjnego.

Dokładność pomiarów wykonywanych z użyciem w/w instrumentu wynosi według producenta: w poziomie:  $\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}^2$ , w pionie:  $\pm 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ . Pomiary rejestrowane były w układzie współrzędnych płaskich PUWG 1992 oraz układzie wysokościowym WGS84. Wyznaczone rzędne następnie skorygowano na podstawie numerycznego modelu geoidy „GEOIDA NIWELACYJNA 2001”, który jest standardem technicznym wchodzącym w skład instrukcji technicznej G-2 (CODGiK, 2001). Do wyznaczenia wysokości terenu wykorzystano cztery repery, zlokalizowane na mostach, których rzędne zestawiono w poniższej tabeli. Wysokości oraz lokalizacje reperów zostały zakupione w Urzędzie Miejskim w Białymstoku, w Departamencie Geodezji. Pierwszy z nich, zlokalizowany na moście nad ulicą Ciołkowskiego wykorzystano jako reper nawiązania, natomiast trzy pozostałe jako repery kontrolne. Poniższa tabela w kolumnie „Błąd” zawiera różnicę rzędnych między wartością zakupioną a wyznaczoną w trakcie pomiarów terenowych.

Tabela 2.5 Wyniki kontroli współrzędnej pionowej podczas wykonywania profilu podłużnego rzeki Białej

LP	Lokalizacja	Oznaczenie	Wysokość reperu [m n.p.m.]	Wysokość pomierzona GPS-RTK [m n.p.m.]	Błąd [m]
1	Ciołkowskiego	CC1335	133.348	133.348	0.000
2	Jana Pawła II	AH 1077	121.522	121.531	0.009
3	Gen. Sikorskiego	CC1411	121.912	121.912	0.000
4	Gen. Maczka	AA8785	120.170	120.179	0.009

Profil podłużny wykonano w postaci cyfrowej i wydrukowano w skali 1 : 100 / 10 000 (Załącznik PROFIL PODEŁUŻNY), dodatkowo profil wykreślono na mapie sytuacyjno-wysokościowej w skali 1 : 2 500 (ZAŁĄCZNIK MAPOWY). Wyniki opracowania są dostępne w wersji cyfrowej w załączniku CD (katalog PROFIL PODEŁUŻNY) w formacie programu ArcGis 9.2 (\*.mdb \*.mxd) dla mapy sytuacyjnej i formacie AutoCad dla profilu podłużnego. Mapa zawiera następujące warstwy: linie (brzeży i dno cieków), poligony (budowle), pikiety (parametry wysokościowe terenu, dna wlotów, góry rurociągów i mostów, reperów), hektometry.

Charakterystykę poszczególnych odcinków Białej opracowaną na podstawie prac terenowych przedstawiono w tabeli 2.6.

<sup>2</sup> Dotyczy odległości od odbiornika bazowego

Tabela 2.6 Charakterystyka odcinków Białej

Nr strefy	Kilometraż		Długość [km]	Rzędna dna		Średni spadek
	początku	końca		początek	koniec	
1	22.325	21.259	1.07	133.70	131.49	0.00207
2	21.259	20.466	0.79	131.49	129.80	0.00213
3	20.466	19.500	0.97	129.80	128.42	0.00143
4	19.500	17.737	1.76	128.42	125.84	0.00146
5	17.737	16.870	0.87	125.84	124.12	0.00198
6	16.870	16.355	0.52	124.12	123.59	0.00103
7	16.355	15.190	1.17	123.59	121.65	0.00167
8	15.190	14.350	0.84	121.65	120.59	0.00126
9	14.350	13.340	1.01	120.59	119.94	0.00064
10	13.340	11.816	1.52	119.94	118.36	0.00104
11	11.816	10.475	1.34	118.36	116.84	0.00113
12	2.790	1.390	1.40			
13	10.475	7.889	2.59	116.84	113.97	0.00111
14	7.889	4.050	3.84	113.97	110.71	0.00085

## 2.3 INFRASTRUKTURA

W ramach opracowania profilu podłużnego prowadzono inwentaryzację infrastruktury przecinającej koryto lub dolinę Białej. W tabeli 2.7 przedstawiono liczby obiektów infrastruktury na poszczególnych odcinkach Białej. Zestawienie wszystkich zinwentaryzowanych obiektów zamieszczono na płycie CD stanowiącej załącznik do niniejszego opracowania (katalog PROFIL PODŁUŻNY).

Tabela 2.7 Zestawienie obiektów infrastruktury na poszczególnych odcinkach Białej

Nr odcinka	Kilometraż [km]		Liczba obiektów						
	początku	końca	mosty	kładki	przepusty	progi	jazy	wyloty	rurociągi
1	22.325	21.259		1	1	1	2	2	
2	21.259	20.466	2	2		1		1	
3	20.466	19.500	2	2				2	1
4	19.500	17.737	6	7		1	1	41	9
5	17.737	16.870	2			1	2	20	13
6	16.870	16.355	1	1	1			10	4
7	16.355	15.190	2			2		24	5
8	15.190	14.350	1	1		1		2 <sup>*)</sup>	
9	14.350	13.340		1		2		6	5
10	13.340	11.816	1	1		1		17 <sup>*)</sup>	2
11	11.816	10.475	4	1				11	14
12 <sup>**)</sup>	2.790	1.390							
13	10.475	7.889	4			1		10	6
14	7.889	4.050	1			1		2	2
<b>Razem</b>			<b>26</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>148</b>	<b>61</b>

<sup>\*)</sup> Dodatkowo 1 wylot zasypany

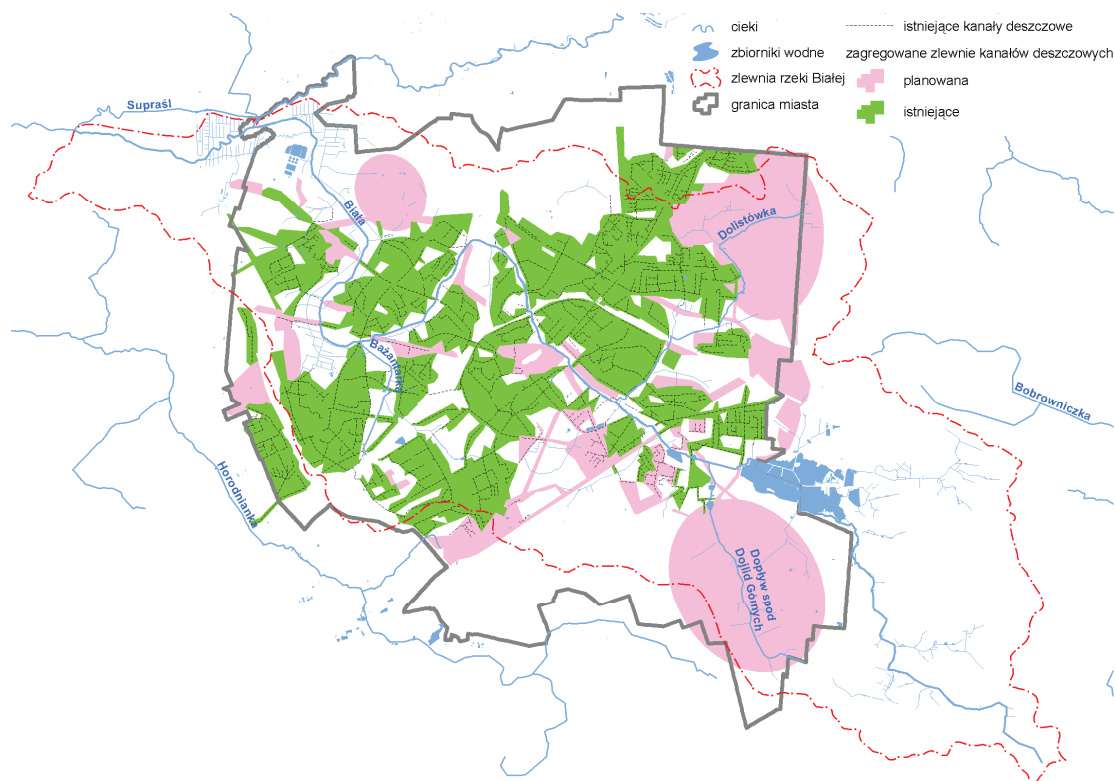
<sup>\*\*)</sup> Odcinek zlokalizowany na Bażantarcie

## 2.4 PODSUMOWANIE

W aktualnym stanie zagospodarowania terenu obszar miasta Białystok zajmuje 65.8% powierzchni zlewni Białej. Udział powierzchni pokrytych materiałami nieprzepuszczalnymi w powierzchni zlewni jest znaczący – w przybliżeniu 43% w samym mieście Białystok, a dodatkowo w obszarze zlewni zlokalizowanych jest szereg mniejszych miejscowości (m.in. Sobolewo, Zagórki, Sowlany, Kuriany).

Sieć hydrograficzna w obszarze miasta jest w istotnym stopniu przekształcona antropogenicznie (status silnie zmienionego cieku i zlewni zgodnie klasyfikacją wód wymaganą przez Ramową Dyrektywę Wodną). Koryto Białej jest uregulowane, prostoliniowe, znacznie skrócone w stosunku do pierwotnego przebiegu (zakres przekształceń przebiegu koryta jest widoczny np. na mapie własności gruntów – odcinek 3), istotnie zagłębione w stosunku do powierzchni terenu i w znaczącej części pozbawione doliny. Oprócz większych dopływów Białej, Cieką spod Dojlid Górnych, Dolistówki i Bażantarki, większość cieków powierzchniowych ma charakter okresowy.

Sieć kanalizacji deszczowej uzupełnia, a w znacznej mierze zastępuje, powierzchniową sieć hydrograficzną. W granicach miasta zlokalizowane są 22 duże wyloty kanalizacji deszczowej, o średnicy co najmniej 0.8 m. W 2000 r. powierzchnia miasta objęta kanalizacją deszczową stanowiła 47.35% (Kwiatkowski i in., 2004). Realizacja sieci projektowanej (Politechnika Białostocka, 2008) będzie prowadziła do sukcesywnego wzrostu powierzchni do wartości 56.4%. Sieć ta obejmie m.in. górne części zlewni Dopływu spod Dojlid Górnych i Dolistówki (rys. 2.6).



Rysunek 2.6 Porównanie istniejącego (Kwiatkowski i inni, 2004) z planowanym zasięgiem (na podstawie opracowania Politechniki Białostockiej, 2008) kanalizacji deszczowej



Jednocześnie należy oczekiwać dalszego rozwoju samego Białegostoku: przyrost powierzchni miasta w ostatnich 10 latach był niewielki, ale liczba ludności zwiększyła się od 288.8 tys. do 294.2 tys. (na podstawie danych GUS, [www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl)). Konsekwencją rozwoju miasta będzie wzrost powierzchni pokrytych materiałami nieprzepuszczalnymi, co łącznie z rozwojem kanalizacji deszczowej będzie prowadziło do dalszego zaburzenia funkcjonowania zlewni: wzrostu odpływu powierzchniowego, zmniejszenia infiltracji wód opadowych, a co za tym idzie zmniejszenia retencji gruntowej i zasilania podziemnego cieków i zbiorników wód oraz zmniejszenia parowania (oddziaływanie na mikroklimat). Należy oczekiwać dalszego przekształcenia reżimu hydrologicznego w kierunku obniżenia przepływów w okresach bezopadowych i istotnego wzrostu przepływów wysokich.

Inwentaryzacja przeprowadzona w korycie Białej pozwoliła zidentyfikować łącznie 123 obiektów (26 mostów, 17 kładek, 2 przepusty, 17 budowli piętrzących, 61 rurociągów), które mogą stanowić utrudnienie przepływu w Białej i przyczynić się do występowania podtopień w czasie gwałtownych opadów. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, że tak duża ilość przecięć koryta i/lub doliny rzeki przez infrastrukturę miejską (61 rurociągów, 26 mostów) negatywnie wpływa na estetyczne i ekologiczne walory Białej i ogranicza możliwości jej rekreacyjnego wykorzystania. Przykłady organizacji przejść infrastruktury miejskiej przez koryto Białej przedstawiono na fotografiach 2.1 i 2.2.

Ze względu na szybkie odprowadzanie wód deszczowych przez sieć kanalizacyjną i szybką koncentrację tych wód w Białej, odpływ ze znacznej części wylotów kanałów jest utrudniony. Zinwentaryzowano łącznie 148 wyloty, z czego 31 zlokalizowanych jest mniej niż 0.25 m nad dnem Białej.

Odpływ wód deszczowych jest dodatkowo utrudniany przez rumowisko niesione przez wody, szczególnie w czasie opadów nawałnych: gałęzie i inne szczątki roślinne oraz śmieci splukiwane z brzegów rzek (por. Fot. 4.1 i 4.2).



Fot. 2.1 Biała poniżej ul. Sienkiewicza



Fot. 2.2 Biała poniżej ul. Sienkiewicza

Wobec przewidywanego dalszego przekształcenia funkcjonowania zlewni Białej proponuje się rozważyć dwie grupy działań: działania zmierzające do ograniczenia uciążliwości powodowanych przekształceniem zlewni, tzn. możliwości występowania podtopień w okresach gwałtownych opadów oraz działania kompensujące – przynajmniej częściowo – wpływ antropogenicznego przekształcenia terenu zlewni. Pierwsza grupa działań obejmuje:

- przebudowę koryta Białej i jej dopływów w kierunku kanału deszczowego, polegającą na zwiększeniu jego przepustowości (poszerzenie, eliminacja elementów infrastruktury mogących powodować podpiętrzanie w czasie odprowadzania wód opadowych, dalsza, ściśle techniczna regulacja koryta niskiej i wysokiej wody); rozwiązanie takie spowoduje dalsze przekształcenia hydrologicznego funkcjonowania, pogorszy stan ekologiczny (co stoi w sprzeczności z celami Ramowej Dyrektywy Wodnej) i wyeliminuje funkcje korytarza ekologicznego wzdłuż cieków oraz uniemożliwi wykorzystanie Białej do celów rekreacyjnych;
- budowę równoległego do Białej podziemnego zbiorczego kolektora wód deszczowych i doprowadzenie do niego – poprzez studzienki rozdzielające – wylotów kanałów deszczowych; w studzienkach następowałby rozdział deszczówki na wprowadzaną do kolektora zbiorczego i nadmiarową, odprowadzaną do Białej; kolektor zbiorczy powinien umożliwiać odprowadzenie wód deszczowych z centrum miasta do dolnego odcinka rzeki (poniżej ujścia Bażantarki); rozwiązanie takie wpłynie na zmniejszenie przepływów w Białej, nie tylko w okresach dużych opadów, pozbawi rzekę zasilania również opadami niewielkimi, odpływem podpowierzchniowym i częścią odpływu podziemnego oraz doprowadzi do pogorszenia jej ekologicznych walorów;
- realizację obiektów umożliwiających rozłożenie w czasie ilości wód deszczowych odprowadzanych do cieków (zbiorniki wyrównawcze); takie rozwiązanie ograniczy skutki koncentracji odpływu deszczówki w odbiornikach oraz ilości zanieczyszczeń docierających z wodami deszczowymi;
- realizację obiektów do gromadzenia wód opadowych w celu przyszłego wykorzystania tych wód do różnych celów, np. utrzymania czystości, podlewania zieleni, zasilania fontann; rozwiązanie takie, oprócz ograniczenia skutków występowania krótkotrwałych wysokich przepływów w odbiornikach będzie prowadziło do zmniejszenia zużycia wody wysokiej jakości (wodociągowej) oraz ilości zanieczyszczeń wprowadzanych z wodami deszczowymi.

Kompensacja przekształcenia terenu zlewni jest możliwa przez realizację obiektów wspomagających infiltrację, lokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie obszarów gromadzenia wód deszczowych. Rozwiązanie takie będzie sprzyjało zmniejszeniu zakresu zmienności przepływów, utrzymaniu istniejących na terenie miasta zbiorników, poprawie walorów estetycznych i ekologicznych cieków. Przykłady metod zagospodarowania wód deszczowych w terenach miejskich omówiono w załączniku DESZCZÓWKA.

### **3 WARUNKI METEOROLOGICZNE**

#### **3.1 CHARAKTERYSTYKA KLIMATU BIAŁEGOSTOKU**

Zgodnie z przedstawioną przez Górniaka (2000) regionalizacją województwa Podlaskiego, Białystok jest zlokalizowany w Podlaskim regionie klimatycznym, w subregionie Białostockim. Klimat miasta jest klimatem umiarkowanym przejściowym o zwiększonych wpływach kontynentalizmu. Przedstawioną poniżej charakterystykę klimatu Białegostoku opracowano na podstawie publikacji Górniaka (2000): Klimat Województwa Podlaskiego, która została opracowana na podstawie danych meteorologicznych z lat 1961-1995.

Średnia roczna temperatura powietrza wynosi 6.8° C, najcieplejszym miesiącem jest lipiec (średnia miesięczna temperatura 17.3° C), a najchłodniejszym styczeń (- 4.3° C).

Średnia roczna suma opadów wynosi 593 mm. Największymi sumami opadów charakteryzują się miesiące od maja do sierpnia, z maksimum w lipcu, najmniejsze opady występują w okresie od stycznia do marca; opady śniegu stanowią ok. 21% rocznej sumy opadów. Średnia liczb dni z opadem przekraczającym 0.1 mm wynosi 169, w tym ok. 63 dni z opadami śniegu. Najwyższe dobowe sumy opadów występują w czerwcu i sierpniu (w badanym wieloleciu odpowiednio 90.6 i 80.2 mm).

Zachmurzenie jest mało zróżnicowane w skali roku, a jego średnia roczna wartość wynosi 5.4 (w 8-stopniowej skali). Największym zachmurzeniem charakteryzują się miesiące zimowe (listopad – luty, z maksimum w listopadzie i grudniu), a największa średnia liczba dni pogodnych (4 – 5) występuje w maju, marcu i sierpniu.

Średnia prędkość wiatru wynosi 2.8 m/s, a najczęściej występujące wiatry to wiatry słabe (1-3 m/s) – 54% czasu i umiarkowane (4-9 m/s) – 31.4%; dominują wiatry z kierunków zachodniego i południowo-zachodniego.

#### **3.2 CHARAKTERYSTYKA DANYCH METEOROLOGICZNYCH WYKORZYSTANYCH W OPRACOWANIU**

Podstawę dla analizy uwarunkowań meteorologicznych stanowiły dane dla stacji klimatycznej Białystok zakupione od NOAA National Data Center U.S. Department of Commerce (National Environmental Satellite, Data, and Information Service).

Zakupione dla potrzeb niniejszego opracowania dane meteorologiczne obejmują:

- dane dobowe dla okresu od 1 stycznia 1973 do 1 lipca 2009 roku;
- dane 6-godzinne dla okresu objętego badaniami terenowymi (od 6 sierpnia 2008 do 1 lipca 2009 roku);
- dane 6-godzinne dla okresu od 1 stycznia 1973 do 5 sierpnia 2008 roku (w niektórych okresach 1-, 3- lub 12-godzinne).

Dane obejmują następujące parametry meteorologiczne:

- opad atmosferyczny,
- prędkość i kierunek wiatru,
- temperatura powietrza (minimalna, średnia, maksymalna),

- temperatura punktu rosy,
- grubość pokrywy śnieżnej.

Dane meteorologiczne zostały zamieszczone na płycie CD stanowiącej załącznik do niniejszego opracowania (katalog METEO).

Dane meteorologiczne wykorzystane zostały do:

- określenia charakterystyk statystycznych poszczególnych parametrów meteorologicznych w wieloleciu 1973-2008 dla potrzeb scharakteryzowania warunków klimatycznych Białegostoku;
- analizy statystycznej opadu atmosferycznego (por. rozdz. 3.3);
- kalibracji modelu hydrologicznego (rozdz. 5.2) zlewni Białej na odcinku od Stawów Dojlidzkich do wodowskazu Zawady (powyżej zrzutu z oczyszczalni ścieków);
- symulacji przepływów w wybranych przekrojach Białej w wieloleciu 1987-2009 (rozdz. 5.3).

Zakupione dane zostały zweryfikowane pod kątem ich spójności i kompletności. Na podstawie analizy odrzucono dane z lat 1982-1986, ponieważ tym okresie wystąpiła znacząca liczba braków danych o opadach atmosferycznych. Ostatecznie do dalszych analiz przyjęto wielolecie 1987-2009.

### 3.3 OPADY HISTORYCZNE – ANALIZY STATYSTYCZNE

W tabelach od 3.1 do 3.5 przedstawiono wyniki analiz statystycznych (wartości średnie, minimalne i maksymalne) przeprowadzonych na ciągach opadów dobowych z wielolecia 1973 – 2008, z wyłączeniem lat 1982 – 1986. Tabele te charakteryzują sumy opadów i wartości maksymalne w półroczu letnim i zimowym oraz dla poszczególnych miesięcy: sumy opadów, sumy opadów ciągłych, maksymalne opady dobowe i liczby dni z opadem. Charakterystyki opadów dla poszczególnych lat wielolecia 1973 – 2008 zamieszczono w Załączniku METEOROLOGIA.

Tabela 3.1. Sumy opadów i opady maksymalne dobowe dla roku oraz półrocza letniego i zimowego

Rok	Suma półrocza zimowego [mm]	Max dobowy w półroczu zimowym [mm]	Suma półrocza letniego [mm]	Max dobowy w półroczu letnim [mm]	Suma roczna [mm]	Max dobowy w roku [mm]
min	119.5	9.9	219.2	12.2	456.4	14.0
średnia	224.9	17.6	364.0	33.3	588.9	33.6
max	357.5	34.0	467.4	53.1	748.9	53.1 <sup>*)</sup>

<sup>\*)</sup> Największy dobowy opad w wieloleciu 1973-2008 wynoszący 89.9 mm wystąpił w czerwcu 1985 r., ale lata 1982-1986 zostały wyłączone z analizy

Tabela 3.2. Sumy opadów miesięcznych

Rok	Suma opadu w miesiącu [mm]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
min	3.8	0.5	7.6	3.6	9.4	29.7	6.1	1.8	13.0	4.3	11.4	14.7
średnia	30.2	30.2	33.5	37.7	56.8	64.1	89.0	65.6	53.4	50.4	41.8	39.5
max	80.3	65.4	64.8	103.9	117.3	145.3	181.1	216.7	123.2	197.9	109.0	76.5

Tabela 3.3. Sumy ciągłych opadów w poszczególnych miesiącach

Rok	Suma ciągłego opadu w miesiącu [mm]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
min	3.0	0.5	5.1	2.0	5.3	11.7	4.1	0.8	5.6	2.0	9.4	5.3
średnia	15.6	16.8	17.4	18.3	26.7	32.8	41.2	29.2	29.4	23.0	21.7	19.8
max	48.3	53.4	40.9	46.7	56.1	57.9	96.5	104.9	111.0	75.2	54.1	45.0

Tabela 3.4. Opady maksymalne dobowe w poszczególnych miesiącach

Rok	Maksymalny dobowy opad w miesiącu [mm]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
min	1.3	0.5	3.3	1.0	3.8	8.1	2.0	0.5	5.3	2.0	4.6	3.3
średnia	7.1	7.4	9.0	10.1	18.9	17.8	24.7	19.7	16.3	13.6	11.0	8.9
max	21.1	18.0	18.0	25.9	48.8	30.5 <sup>*)</sup>	51.1	53.1	48.0	34.0	25.1	17.0

<sup>\*)</sup> 89.9 mm w czerwcu 1985 r.

Tabela 3.5. Liczba dni opadem w poszczególnych miesiącach

Rok	Liczba dni z opadem w miesiącu											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
min	0	1	4	2	4	5	3	3	3	3	5	7
średnia	10	13	13	11	11	13	14	11	12	12	14	15
max	24	24	23	20	18	22	23	19	24	24	21	24

### 3.4 CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH OKRESU BADAŃ NA TLE WIELOLECIA

Okres badawczy rozpoczął się dnia 6 sierpnia 2008 roku, kiedy w wybranych przekrojach Białej zainstalowano urządzenia do pomiaru i rejestracji stanów wody (divery), a zakończył się dnia 1 lipca 2009 roku, kiedy dokonano ostatniego odczytu stanów wody z zainstalowanych diverów. Dla potrzeb analizy warunków meteorologicznych okresu badań w stosunku do warunków średnich i zakresu zmienności w wieloleciu 1973 – 2008 (z wyłączeniem lat 1982 – 1986) przyjęto, że do porównań zostanie wykorzystany okres 12 miesięcy – od początku sierpnia 2008 r. do końca lipca 2009 r. Wyłączenie z analizy lat z dużą liczbą luk w danych wpłynęło na wartości niektórych statystyk opadów, a w szczególności dla maksymalnych opadów dobowych – największy zaobserwowany w Białymstoku opad dobowy (89.9 mm) wystąpił w 26 czerwca 1985 r.

W tabeli 3.6 zestawiono minimalne, średnie i maksymalne wartości parametrów meteorologicznych dla wielolecia oraz dla okresu badań. Statystyki dla okresu badań obliczono na podstawie wartości 6-godzinnych oraz wartości dobowych. Z tabeli tej wynika, że maksymalny zaobserwowany w okresie badań opad dobowy należał do opadów gwałtownych, krótkotrwałych (wartości maksymalnej sumy dobowej i 6-godzinnej są bardzo zbliżone).

W tabeli 3.7 przedstawiono zakres zmienności oraz percentyle rocznych sum opadów oraz maksymalnych opadów dobowych w poszczególnych latach. Z tabeli tej wynika, że okres badań był okresem mokrym – roczna suma opadów nieznacznie przewyższa percentyl 90 (tylko w 10% lat roczna suma opadów jest niższa niż w okresie badań), natomiast pod względem sumy opadów w ciągu doby rok ten jest przeciętny.

W tabelach 3.8 – 3.11 zamieszczono charakterystyki opadów w poszczególnych miesiącach okresu badań i wielolecia: sumy opadów, sumy opadów ciągłych, maksymalne opady dobowe i liczby dni z opadem (wyróżniono percentyle najbardziej zbliżone do wartości charakterystyk dla okresu badań). W okresie badań miesiące czerwiec, marzec i maj charakteryzowały się zdecydowanie większą sumą opadów niż dla warunków przeciętnych (percentyle powyżej 80), natomiast kwiecień był jednym z najbardziej suchych w wieloleciu. Pod względem sumy opadów ciągłych i maksymalnych opadów dobowych w zasadzie tylko czerwiec charakteryzował się wartościami zbliżonymi do największych w analizowanym wieloleciu. W pozostałych miesiącach wartości oscylowały wokół przeciętnych lub odpowiadały wartościom niskim (kwiecień, luty).

Tabela 3.6. Wartości parametrów meteorologicznych w okresie badań oraz w wieloleciu 1973-2008

Wartość	Suma opadu [mm]	Prędkość wiatru [m/s]	Temperatura				Ciśnienie powietrza [hPa]	Pokrywa śnieżna [cm]
			średnia [°C]	punktu rosy [°C]	max [°C]	min [°C]		
Wielolecie – wartości dobowe								
min	0.0	0.0	-25.3	-27.4	-22.7	-34.6	976.1	0.0
średnia	1.6	2.3	7.2	3.7	11.5	2.5	1015.7	
max	53.1	11.7	26.4	20.2	35.5	21.5	1052.5	59.9
Okres badań – wartości dobowe								
min	0.0	0.0	-19.3	-21.1	-12.8	-24.4	984.4	0.0
średnia	1.9	2.2	7.6	4.4	10.6	2.6	1015.0	
max	29.7	5.2	24.1	18.8	30.0	17.8	1041.5	17.8
Okres badań – wartości 6-godzinne								
min	0.0	0.0	-23.9	-26.1	-20.0	-24.4	980.3	0.0
średnia	0.4	2.6	6.7	3.6	9.0	4.0	1015.2	
max	29.0	8.0	29.4	22.2	30.0	22.2	1041.9	19.1

Tabela 3.7. Okres badań na tle wielolecia 1973-2008 – sumy roczne opadów oraz maksymalne opady dobowe w roku

Wartość	Suma roczna [mm]	Max dobowy w roku [mm]
<b>Okres badań</b>	<b>678.7</b>	<b>29.7</b>
Wielolecie		
Min	456.4	14.0
Średnia	588.9	33.6
Max	748.9	53.1 <sup>*)</sup>
Percentyl [-]		
100	748.9	53.1 <sup>*)</sup>
90	<b>673.1</b>	48.8
80	644.7	43.9
70	621.3	38.1
60	605.5	35.1
50	591.6	<b>31.0</b>
40	559.3	<b>29.0</b>
30	548.6	27.9
20	525.6	25.9
10	517.9	22.1
0	456.4	14.0

\*<sup>1)</sup> Ze względu na występujące braki danych z analizy wyłączono lata 1982-1986, w tym rok 1985, w którym dnia 26.06 zaobserwowano opad dobowy o wysokości 89.9 mm

Tabela 3.8. Okres badań na tle wielolecia 1973-2008 – miesięczne sumy opadów

Wartość	Suma opadu w miesiącu [mm]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Okres badań</b>	<b>31.0</b>	<b>30.5</b>	<b>57.7</b>	<b>4.8</b>	<b>82.0</b>	<b>145.3</b>	<b>97.5</b>	<b>82.0</b>	<b>43.2</b>	<b>35.8</b>	<b>27.7</b>	<b>41.1</b>
Wielolecie												
Min	3.8	0.5	7.6	3.6	9.4	29.7	6.1	1.8	13.0	4.3	11.4	14.7
Średnia	30.2	30.2	33.5	37.7	56.8	64.1	89.0	65.6	53.4	50.4	41.8	39.5
Max	80.3	65.4	64.8	103.9	117.3	145.3	181.1	216.7	123.2	197.9	109.0	76.5
Percentyl [-]												
100	80.3	65.4	<b>64.8</b>	103.9	117.3	<b>145.3</b>	181.1	216.7	123.2	197.9	109.0	76.5
90	57.3	43.1	<b>52.9</b>	60.3	90.4	100.8	152.4	92.7	82.3	86.1	62.5	61.7
80	45.9	40.8	46.9	56.0	<b>81.0</b>	82.2	120.6	<b>87.6</b>	70.9	72.4	55.4	49.3
70	38.0	36.8	41.1	49.6	69.3	77.3	104.5	<b>75.9</b>	61.7	52.9	42.7	44.7
60	<b>30.6</b>	<b>32.5</b>	36.0	42.4	59.0	63.6	<b>97.8</b>	71.9	53.1	47.5	41.7	42.2
50	26.8	<b>28.2</b>	33.3	33.8	54.6	55.0	83.5	59.4	<b>44.7</b>	<b>38.6</b>	39.4	<b>41.1</b>
40	23.6	25.0	28.8	25.3	49.2	48.8	77.7	50.0	<b>41.7</b>	<b>34.8</b>	34.8	36.1
30	17.9	22.5	22.9	22.6	39.9	43.0	67.8	47.2	38.9	28.2	32.5	32.0
20	13.2	21.4	19.7	19.1	29.5	40.6	55.4	36.8	32.8	15.5	<b>28.5</b>	26.7
10	9.5	15.3	17.0	18.4	26.6	37.5	42.9	26.4	26.7	10.2	<b>25.9</b>	17.0
0	3.8	0.5	7.6	<b>3.6</b>	9.4	29.7	6.1	1.8	13.0	4.3	11.4	14.7



Tabela 3.9. Okres badań na tle wielolecia 1973-2008 – sumy ciągłego opadu w poszczególnych miesiącach

Wartość	Suma ciągłego opadu w miesiącu [mm]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Okres badań</b>	<b>11.7</b>	<b>6.6</b>	<b>20.3</b>	<b>4.8</b>	<b>24.9</b>	<b>46.0</b>	<b>50.8</b>	<b>28.2</b>	<b>22.9</b>	<b>11.7</b>	<b>18.3</b>	<b>23.1</b>
Wielolecie												
Min	3.0	0.5	5.1	2.0	5.3	11.7	4.1	0.8	5.6	2.0	9.4	5.3
Średnia	15.6	16.8	17.4	18.3	26.7	32.8	41.2	29.2	29.4	23.0	21.7	19.8
Max	48.3	53.4	40.9	46.7	56.1	57.9	96.5	104.9	111.0	75.2	54.1	45.0
Percentyl [-]												
100	48.3	53.4	40.9	46.7	56.1	57.9	96.5	104.9	111.0	75.2	54.1	45.0
90	30.1	30.1	33.2	30.1	42.3	<b>51.4</b>	58.6	43.7	48.0	42.9	31.6	31.2
80	26.4	23.9	25.5	28.3	38.4	<b>44.6</b>	52.7	37.1	37.8	32.3	26.9	27.4
70	15.7	18.3	<b>22.1</b>	23.5	34.7	36.8	<b>51.0</b>	32.3	31.5	26.4	24.9	23.6
60	<b>13.1</b>	15.6	<b>19.4</b>	19.3	29.1	35.4	39.2	31.5	25.9	25.4	23.1	<b>23.1</b>
50	<b>11.3</b>	14.5	14.7	16.0	<b>25.9</b>	31.3	35.8	<b>28.2</b>	<b>22.6</b>	23.4	20.1	19.6
40	10.3	11.9	11.3	13.6	<b>20.6</b>	27.1	33.1	23.4	20.1	14.0	<b>18.3</b>	16.5
30	9.7	10.0	10.0	12.5	17.8	25.3	29.9	19.6	17.0	<b>11.9</b>	14.0	14.0
20	7.8	9.1	7.4	10.1	14.8	20.9	26.7	18.0	14.0	9.1	12.3	12.7
10	6.6	<b>6.6</b>	6.4	<b>6.3</b>	13.0	17.2	23.4	13.0	13.0	7.1	11.2	8.6
0	3.0	0.5	5.1	<b>2.0</b>	5.3	11.7	4.1	0.8	5.6	2.0	9.4	5.3

Tabela 3.10. Okres badań na tle wielolecia 1973-2008 – maksymalne dobowe sumy opadu w poszczególnych miesiącach

Wartość	Maksymalna dobowe suma opadu w miesiącu [mm]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Okres badań</b>	<b>6.9</b>	<b>5.1</b>	<b>9.7</b>	<b>3.8</b>	<b>18.3</b>	<b>29.7</b>	<b>27.2</b>	<b>15.0</b>	<b>13.5</b>	<b>9.9</b>	<b>8.9</b>	<b>9.4</b>
Wielolecie												
Min	1.3	0.5	3.3	1.0	3.8	8.1	2.0	0.5	5.3	2.0	4.6	3.3
Średnia	7.1	7.4	9.0	10.1	18.9	17.8	24.7	19.7	16.3	13.6	11.0	8.9
Max	21.1	18.0	18.0	25.9	48.8	30.5	51.1	53.1	48.0	34.0	25.1	17.0
Percentyl [-]												
100	21.1	18.0	18.0	25.9	48.8	<b>30.5</b>	51.1	53.1	48.0	34.0	25.1	17.0
90	13.0	11.1	16.0	15.9	35.9	<b>26.8</b>	43.4	35.1	25.9	23.9	17.0	11.9
80	8.9	9.8	11.7	13.0	25.5	25.9	31.8	25.9	23.9	18.0	14.0	11.4
70	7.9	8.9	<b>10.3</b>	11.9	<b>20.8</b>	21.1	29.7	21.1	18.0	16.0	12.4	10.9
60	<b>7.1</b>	7.3	<b>9.6</b>	10.1	<b>17.8</b>	17.6	<b>27.6</b>	19.1	16.0	14.0	10.9	10.4
50	<b>6.1</b>	6.6	8.9	8.9	16.6	16.0	23.0	18.8	<b>14.0</b>	12.4	<b>10.2</b>	<b>9.4</b>
40	6.1	5.9	7.6	8.0	14.2	14.1	21.5	17.0	<b>13.0</b>	<b>10.9</b>	<b>7.9</b>	8.1
30	4.3	5.2	6.2	7.3	12.4	13.4	17.6	<b>15.0</b>	13.0	<b>8.4</b>	7.9	7.1
20	4.1	<b>5.1</b>	5.1	5.1	10.1	12.8	15.7	9.9	9.9	7.1	7.1	5.8
10	3.1	4.9	4.1	<b>3.8</b>	8.9	10.5	10.1	8.9	7.1	4.1	6.1	4.1
0	1.3	0.5	3.3	1.0	3.8	8.1	2.0	0.5	5.3	2.0	4.6	3.3

Tabela 3.11. Okres badań na tle wielolecia 1973-2008 – liczba dni z opadem w poszczególnych miesiącach

Rok	Liczba dni z opadem w miesiącu											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Okres badań</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>11</b>
Wielolecie												
Min	0	1	4	2	4	5	3	3	3	3	5	7
Średnia	10	13	13	11	11	13	14	11	12	12	14	15
Max	24	24	23	20	18	22	23	19	24	24	21	24
Percentyl [-]												
100	24	24	23	20	18	<b>22</b>	23	19	24	24	21	24
90	19	19	<b>19</b>	16	15	16	18	16	14	18	19	20
80	16	17	17	14	<b>14</b>	15	17	<b>15</b>	<b>14</b>	15	17	19
70	14	16	15	13	13	14	<b>17</b>	14	13	15	16	17
60	<b>13</b>	15	14	12	12	14	16	12	13	14	15	16
50	12	<b>14</b>	11	11	11	13	15	12	12	<b>12</b>	14	16
40	9	12	11	10	11	12	12	11	11	8	13	15
30	5	11	9	9	10	10	12	10	9	8	12	12
20	1	10	8	8	9	10	10	7	7	6	<b>11</b>	<b>11</b>
10	0	8	7	5	7	9	9	6	6	4	10	9
0	0	1	4	<b>2</b>	4	5	3	3	3	3	5	7

### 3.5 PODSUMOWANIE

Pod względem sumy opadów okres badań (12 miesięcy poczynając od sierpnia 2008 r.) był okresem mokrym – suma opadów wyniosła 678.6 mm, co odpowiada percentylowi 90 w wieloleciu 1973-2008 (w ok. 10% lat zaobserwowano wyższą sumę opadów). Rozkład opadów w poszczególnych miesiącach roku był nierównomierny i zdecydowanie odbiegający od warunków średnich, np. suma opadów czerwca przewyższa wcześniej obserwowane wartości, sumy w marcu i maju również należą do największych w wieloleciu, natomiast suma opadów w kwietniu nieznacznie przewyższa wartości najmniejsze. W zakresie dobowych sum opadów okres badań należy do przeciętnych – maksimum dobowego opadu w roku w okresie badań odpowiada w przybliżeniu percentylowi 45, ale jednocześnie maksimum dobowe zaobserwowane w czerwcu jest nieznacznie niższe od największej wartości dla czerwca w wieloleciu. Można więc stwierdzić, że okres badań jest reprezentatywny dla warunków mało korzystnych z punktu widzenia gospodarki wodami opadowymi.

Jednocześnie wobec epizodów opadowych zaobserwowanych w przeszłości (np. maksymalny opad dobowy wyniósł w 1985 r. 89 mm) oraz zmian klimatycznych sprzyjających występowaniu zjawisk ekstremalnych, należy oczekiwać występowania opadów większych niż w okresie badań.

## 4 HYDROLOGIA I HYDROMETRIA

### 4.1 POMIARY HYDROMETRYCZNE

Dla potrzeb realizacji niniejszego studium hydrograficznego na rzece Biała i jej głównych dopływach wyznaczono 10 przekrojów pomiarowych. W czterech spośród tych przekrojów zainstalowano urządzenia (divery) do rejestracji stanu wody w rzece z krokiem czasowym 20 minut. Trzy divery zostały zainstalowane 5 sierpnia 2008 roku w następujących przekrojach Białej:

- poniżej ujścia Dolistówki (POHD66);
- poniżej mostu przy ulicy Sokólskiej (POHD46);
- poniżej ujścia Bażantarki (POHD18).

Czwarty diver (POHD9) zainstalowano w dniu 23 października 2008 roku ok. 500 m powyżej przekroju wodowskazowego IMGW w Zawadach. Lokalizację przekrojów pomiarowych oraz diverów zestawiono w tabeli 4.1 i pokazano na rysunku 4.1.

Dla każdego przekroju pomiarowego zainstalowano okresowy wodowskaz umożliwiający określenie stanu wody i rzędnej zwierciadła wody w trakcie pomiarów przepływu. W tym celu wybrano stałe punkty terenowe (np. bariera mostu, wylot kolektora) oraz określono ich rzędne poprzez nawiązanie do reperów państwowej sieci geodezyjnej. W przekrojach z diverami określono również rzędne krawędzi osłon, w których zostały zainstalowane divery.

Pomiar przepływu obejmował następujące elementy: pomiar przekroju poprzecznego rzeki i fragmentu doliny, pomiar lokalnego spadku zwierciadła wody, pomiary prędkości wody zgodnie z zasadami metody dwupunktowej stosowanej w IMGW.

W zależności od znaczenia wyników dla dalszych prac w poszczególnych przekrojach wykonano od 2 do 7 pomiarów przepływu. Syntetyczne wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 4.2.

Tabela 4.1. Lokalizacja i charakterystyka przekrojów hydrometrycznych

Lp.	Identyfikator przekroju	Identyfikator divera	Rzeka	Lokalizacja przekroju	kilometr biegu rzeki [km]	Rzędna zera wodowskazu [m npm]
1	POH81		Biała	Ogródki działkowe pon. progu	22.133	133.61
2	H <sub>Dojlidy</sub>		Dopływ spod Dojlid Górnych	Ujście	0.290	136.40
3	POH72		Biała	Ul. Ciołkowskiego	20.454	132.61
4	H <sub>Dolistówka</sub>		Dolistówka	Ujście	0.250	131.19
5	POHD66	B1	Biała	Poniżej ujścia Dolistówki	19.200	131.19
6	POHD46	B2	Biała	Ul.Sokólska poniżej mostu	15.730	125.30
7	H <sub>Biała</sub>		Biała	Powyżej ujścia Bażantarki	11.470	120.60
8	H <sub>Bażantarka</sub>		Bażantarka	Ujście	0.210	120.60
9	POHD18	B3	Biała	Poniżej ujścia Bażantarki	11.380	119.30
10	POHD9	B4	Biała	Powyżej wodowskazu Zawady	8.311	115.13



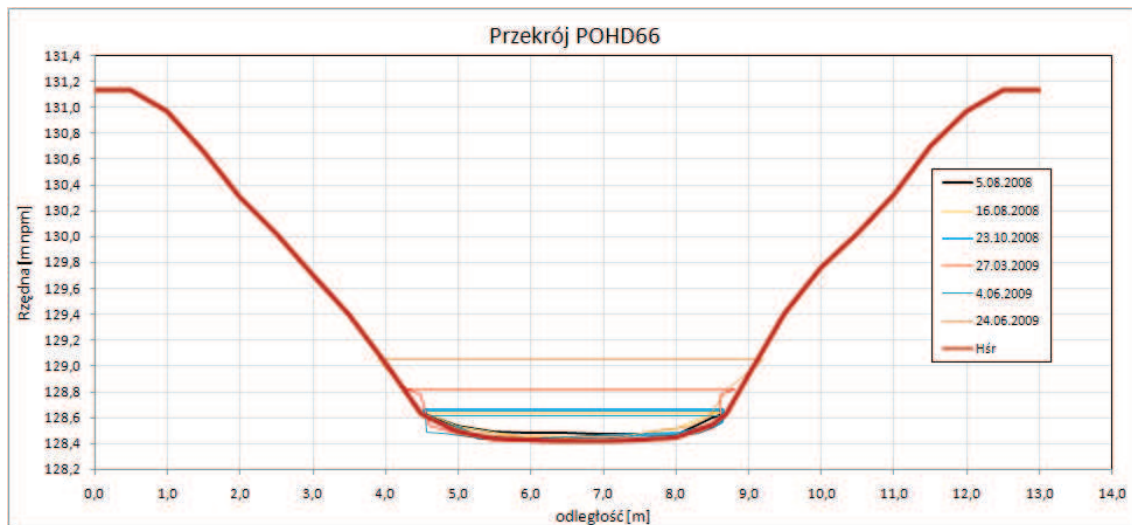
Rysunek 4.1. Lokalizacja przekrojów pomiarowych

Tabela 4.2. Syntetyczne wyniki pomiarów hydrometrycznych

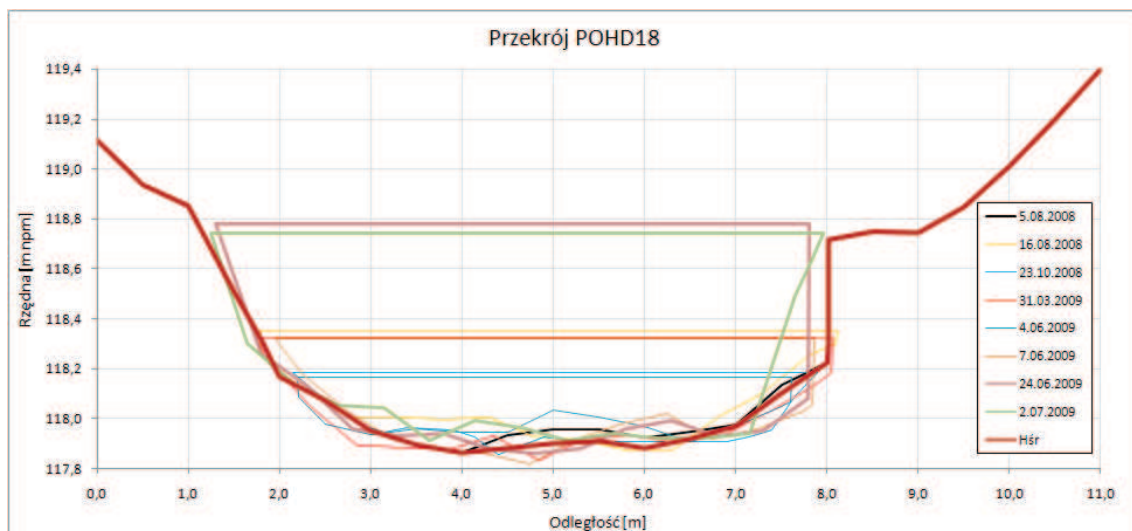
Data	Godzina	Rzędna zwierciadła wody H [m npm]	Przepływ Q [m <sup>3</sup> /s]	Powierzchnia przekroju A [m <sup>2</sup> ]	Szerokość B [m]	Głębokość średnia h <sub>sr</sub> [m]	Głębokość maksymalna h <sub>max</sub> [m]	Prędkość średnia V <sub>sr</sub> [m/s]	Prędkość maksymalna V <sub>max</sub> [m/s]	Spadek I [-]	Szorstkość n [-]	Obwód zwilżony O <sub>z</sub> [m]	Promień hydrauliczny R <sub>h</sub> [m]
Przekrój hydrometryczny POH81 – Biała ogródki - działkowe													
4.08.2008	14:00	133,23	0,048	0,25	2,30	0,11	0,15	0,193	0,336		0,035	2,812	0,088
16.08.2008	11:30	133,25	0,028	0,25	2,40	0,10	0,14	0,115	0,229		0,035	2,609	0,094
24.10.2008	10:45	133,27	0,162	0,37	2,41	0,15	0,18	0,439	0,608	0,00109	0,035	2,695	0,137
Przekrój hydrometryczny H <sub>Dojłidy</sub> – Dopływ spod Dojłid Górnych - ujście													
4.08.2008	16:00	134,45	0,011	0,07	1,30	0,06	0,07	0,143	0,182	0,00172	0,035	1,356	0,055
16.08.2008	12:00	134,45	0,008	0,08	1,25	0,07	0,08	0,091	0,159		0,035	1,319	0,064
24.10.2008	10:15	134,49	0,004	0,08	1,20	0,07	0,09	0,046	0,068	0,00158	0,035	1,263	0,067
Przekrój hydrometryczny H <sub>Dolistówka</sub> – Biała – ul. Ciolkowskiego													
5.08.2008	15:30	128,76	0,060	0,33	2,25	0,15	0,18	0,181	0,341	0,00157	0,035	2,463	0,136
23.10.2008	16:45	128,78	0,073	0,28	2,40	0,12	0,17	0,261	0,393		0,035	2,448	0,115
Przekrój hydrometryczny POHD66 – Biała – poniżej ujścia Dolistówki													
5.08.2008	13:30	128,63	0,128	0,53	4,20	0,13	0,17	0,241	0,336	0,00220	0,042	5,251	0,101
16.08.2008	14:00	128,64	0,183	0,56	4,00	0,14	0,19	0,325	0,408		0,035	5,061	0,111
23.10.2008	16:45	128,66	0,282	0,76	4,11	0,18	0,23	0,373	0,480	0,00113	0,025	5,254	0,144
27.03.2009	13:50	128,82	0,841	1,55	4,50	0,34	0,42	0,542	0,654	0,00082	0,022	5,876	0,264
4.06.2009	16:40	128,61	0,190	0,64	4,06	0,16	0,19	0,295	0,480	0,00083	0,028	4,242	0,152
24.06.2009	13:00	129,05	1,575	2,52	5,30	0,48	0,62	0,626	0,768	0,00139	0,035	5,608	0,448
Przekrój hydrometryczny H <sub>Bażantarka</sub> – Bażantarka - ujście													
4.08.2008	19:00	116,97	0,051	0,18	1,90	0,10	0,11	0,280	0,336	0,00321	0,035	1,970	0,093
23.10.2008	14:00	116,94	0,017	0,11	1,80	0,06	0,08	0,158	0,198		0,035	1,823	0,060
Przekrój hydrometryczny H <sub>Biała</sub> – Biała - powyżej ujścia Bażantarki													
5.08.2008	08:30	97,56	0,207	1,54	6,25	0,25	0,37	0,135	0,226	0,00022	0,035	7,533	0,204
23.10.2008	14:30	97,61	0,322	1,61	6,30	0,26	0,43	0,201	0,321		0,035	7,408	0,217

Data	Godzina	Rzędna zwierciadła wody H	Przepływ Q	Powierzchnia przekroju A	Szerokość B	Głębokość średnia h <sub>sr</sub>	Głębokość maksymalna h <sub>max</sub>	Prędkość średnia V <sub>sr</sub>	Prędkość maksymalna V <sub>max</sub>	Spadek I	Szorstkość n	Obwód zwilżony O <sub>z</sub>	Promień hydrauliczny R <sub>h</sub>
		[m npm]											
Przekrój hydrometryczny POHD18 – Biała - poniżej ujścia Bażantarki													
5.08.2008	10:30	118,31	0,258	2,00	6,21	0,32	0,45	0,129	0,244	0,00041	0,040	6,950	0,287
16.08.2008	17:30	118,36	0,387	2,12	6,32	0,34	0,48	0,183	0,311	0,00100	0,040	7,521	0,282
23.10.2008	12:45	118,18	0,400	1,33	5,75	0,23	0,33	0,301	0,454	0,00128	0,042	6,351	0,209
31.03.2009		118,32	1,017	2,30	6,31	0,36	0,49	0,443	0,600	0,00141	0,042	6,579	0,349
4.06.2009	15:15	118,17	0,323	1,045	5,42	0,19	0,26	0,309	0,521	0,00126	0,037	5,629	0,186
7.06.2009	17:30	118,32	0,819	2,10	5,91	0,36	0,50	0,390	0,510	0,00100	0,040	6,265	0,336
16.06.2009	17:30	118,37	0,938	2,23	6,11	0,37	0,48	0,420	0,508	0,00100	0,040	6,403	0,349
24.06.2009	12:00	118,78	1,992	5,02	6,51	0,77	0,92	0,397	0,508	0,00100	0,050	7,499	0,670
2.07.2009	17:00	118,74	1,793	4,51	6,71	0,67	0,83	0,398	0,558	0,00100	0,050	7,298	0,618
Przekrój hydrometryczny POHD46 – Biała – ul. Sokółska													
5.08.2008	17:30	122,75	0,173	0,74	2,80	0,26	0,29	0,235	0,313	0,00078	0,0450	3,311	0,223
16.08.2008	18:30	122,77	0,276	0,69	2,97	0,23	0,29	0,401	0,536		0,0350	3,459	0,199
23.10.2008	15:30	122,76	0,268	0,86	2,90	0,30	0,35	0,312	0,452	0,00242	0,0620	3,415	0,251
27.03.2009	15:00	123,06	0,862	2,00	4,11	0,49	0,64	0,431	0,618	0,00081	0,0365	4,838	0,413
4.06.2009	17:45	122,78	0,256	0,72	3,35	0,21	0,26	0,357	0,510	0,00133	0,0340	3,736	0,192
24.06.2009	16:30	123,28	1,328	2,61	4,51	0,589	0,84	0,508	0,716	0,00081	0,0350	5,281	0,495
Przekrój hydrometryczny POH72 – Biała – ul. Ciołkowskiego													
16.08.2008	13:15	130,40	0,109	0,94	3,80	0,25	0,34	0,116	0,221		0,035	4,463	0,211
24.10.2008	09:15	130,45	0,230	1,16	3,85	0,30	0,37	0,198	0,352	0,00052	0,035	4,563	0,255
24.06.2009	14:10	130,98	1,144	3,44	4,82	0,72	0,87	0,332	0,588		0,035	5,600	0,615
Przekrój hydrometryczny POHD9 – powyżej wodowskazu IMGW													
4.04.2009		115,18	0,521	1,82	3,92	0,46	0,70	0,286	0,406	0,00098	0,035	4,463	0,408

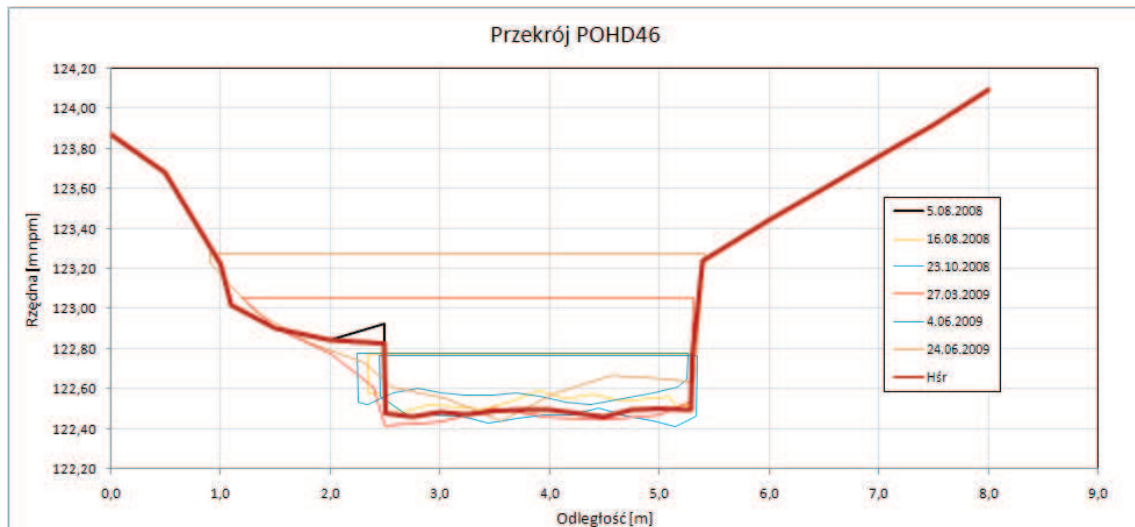
Na rysunkach 4.2 – 4.5 zamieszczono przekroje poprzeczne dla przekrojów pomiarowych z diverkami z zaznaczonymi poziomami zwierciadła wody w czasie pomiaru. Wyniki pomiarów geodezyjnych oraz wykresy wszystkich przekrojów poprzecznych zamieszczono w załączniku CD w katalogu HYDROLOGIA.



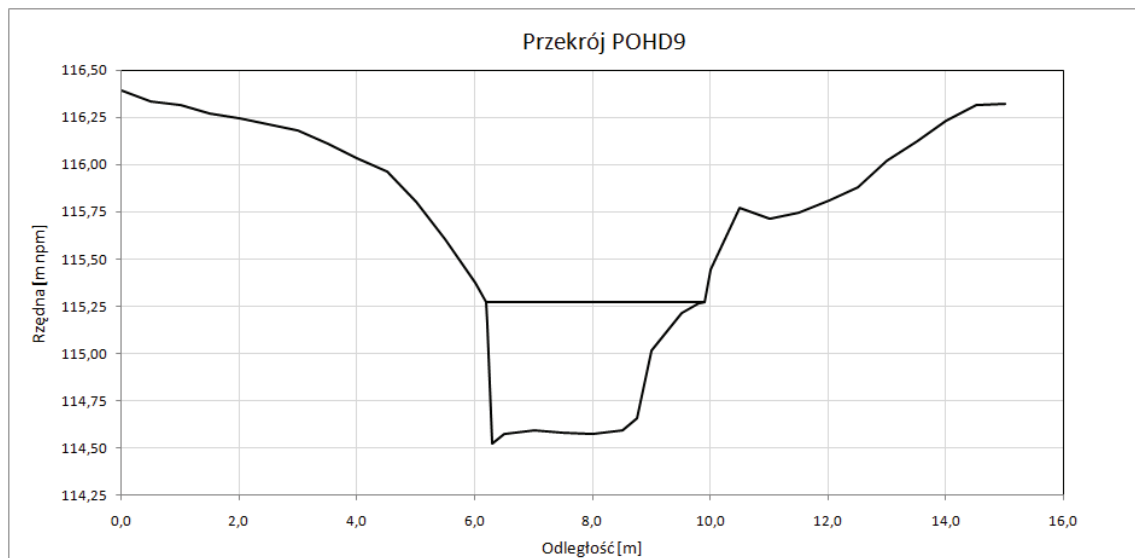
Rysunek 4.2. Przekroje poprzeczne koryta – POHD66



Rysunek 4.3. Przekroje poprzeczne koryta – POHD18



Rysunek 4.4. Przekroje poprzeczne koryta – POHD46



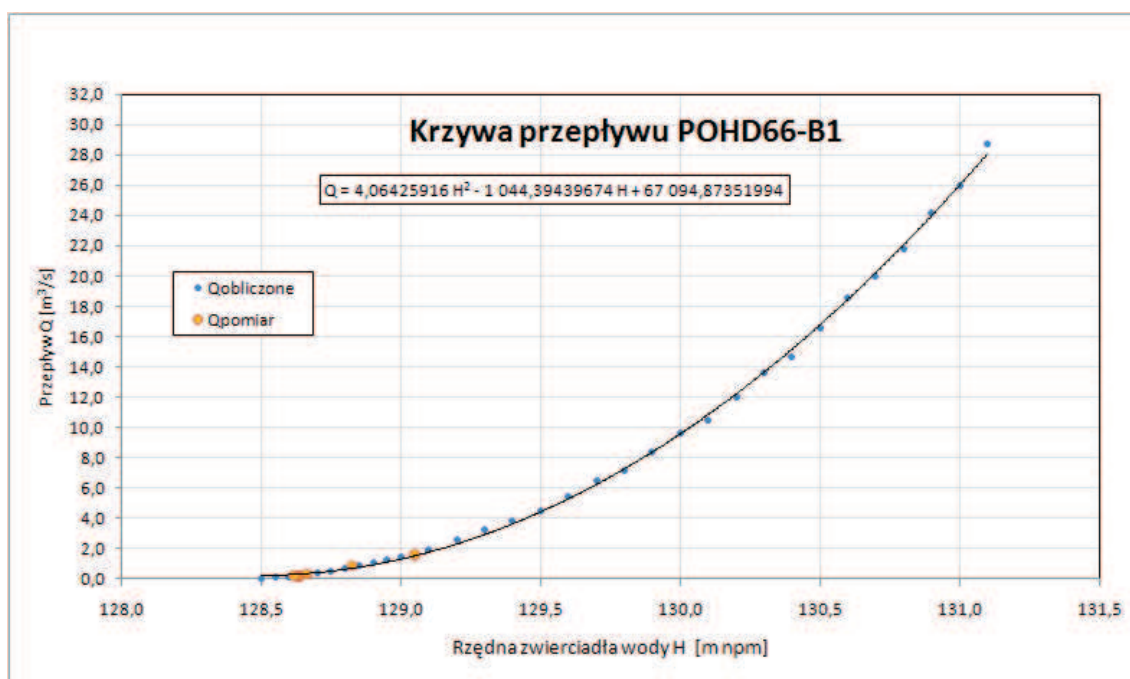
Rysunek 4.5. Przekrój poprzeczny koryta – POHD9



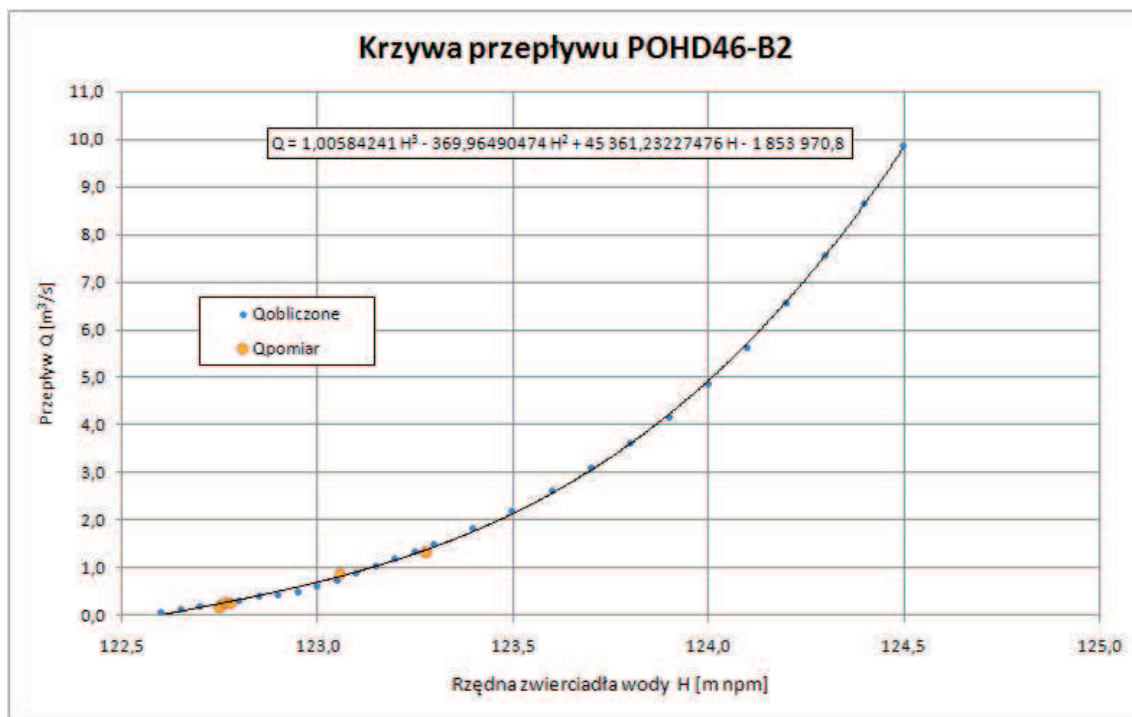
## 4.2 KRZYWE PRZEPIYWÓW

W oparciu o wyniki pomiarów hydrometrycznych (por. tabela 4.2) oraz pomiary geodezyjne przekrojów poprzecznych koryta rzeki Biała dla przekrojów, w których zainstalowano divery, określono teoretyczne krzywe przepływu (zależności pomiędzy rzędną zwierciadła wody w korycie rzeki i wielkością przepływu wody). Poziom dokładności ustalenia przebiegu krzywych zweryfikowanych pomiarami hydrometrycznymi jest znacznie wyższy niż teoretycznych krzywych przepływu opracowanych dla pozostałych 30 charakterystycznych przekrojów koryta Białej (por. rozdz. 4.3). Przekroje z diverami stanowią bazę dla oceny wielkości zasobów wodnych Białej oraz ich zmienności. Dane z tych przekrojów stanowią również podstawę dla kalibracji uproszczonego modelu hydrologicznego zlewni Białej (por. rozdz. 5).

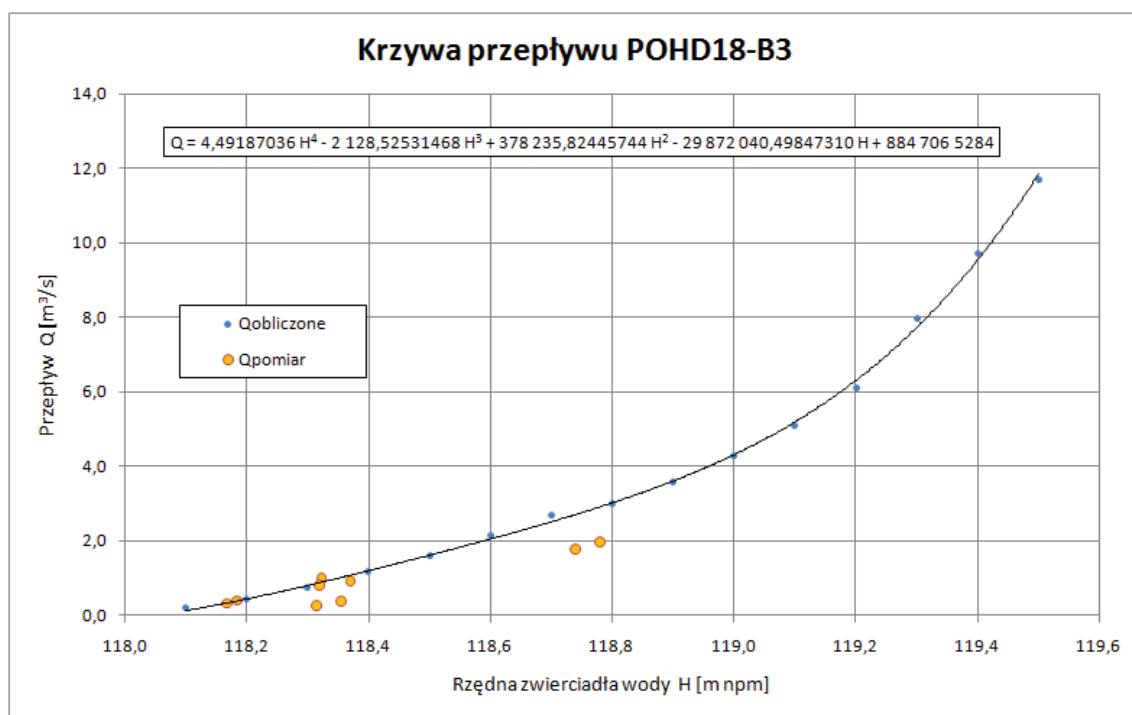
Na rysunkach 4.6 – 4.9 pokazano przebieg teoretycznych krzywych przepływu na tle wyników pomiarów hydrometrycznych dla 4 przekrojów z zainstalowanymi diverami.



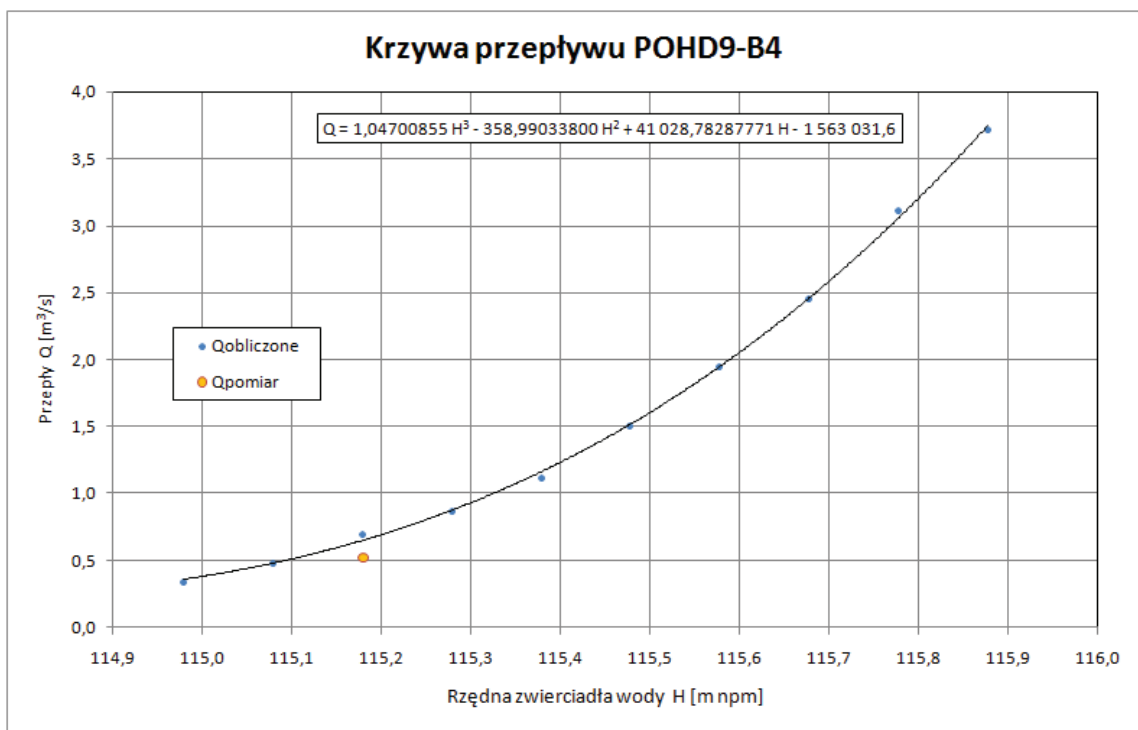
Rysunek 4.6. Krzywa przepływu – przekrój POHD66-B1



Rysunek 4.7. Krzywa przepływu – przekrój POHD46-B2



Rysunek 4.8. Krzywa przepływu – przekrój POHD18-B3



Rysunek 4.9. Krzywa przepływu – przekrój POHD9-B4

Analizę przepustowości koryta rzeki Białej na odcinku 16.5 km wykonano w 34 przekrojach obliczeniowych, których nazwa i lokalizacja przedstawiona jest w tabeli 4.3 oraz pokazana na rysunku 4.1. Lokalizację przekrojów ustalono na podstawie pomiarów terenowych układu podłużnego dna koryta rzeki, zmienności geometrii oraz występującej zabudowy hydrotechnicznej (przepusty, mosty i kolektory zrzutowe). Wybrana lokalizacja miała na celu odzwierciedlenie zmienności hydromorfologicznej koryta w obliczeniach jego przepustowości.

Geometrię przekrojów określono na podstawie sondowań w korycie rzeki i pomiarów geodezyjnych rzędnych skarp i terenów przyległych do koryta. Dla przekrojów POHD66, POHD46, POHD18 oraz POHD9 wykorzystano wyniki sondowań wykonywanych w trakcie pomiarów hydrometrycznych.

Dla każdego z 34 przekrojów obliczeniowych opracowano teoretyczne krzywe przepływu. Wyniki pomiarów hydrometrycznych zostały wykorzystane do obliczenia wartości współczynnika szorstkości Manninga oraz weryfikacji krzywych przepływu. W czasie pomiarów stan wody w rzece w żadnym przypadku nie przekraczał tzw. wody brzegowej, tzn. woda mieściła się w korycie głównym. Z tych względów krzywe przepływu zostały opracowane w zakresie stanów wody dla koryta głównego.

Tabela 4.3. Zestawienie przekrojów obliczeniowych

Lp.	Identyfikator przekroju obliczeniowego wg profilu podłużnego	Kilometraż [km]	Numer odcinka Białej
1	PO1	5.370	14
2	PO2	5.803	14
3	PO3	6.372	14
4	PO4	6.564	14
5	PO5	6.946	14
6	PO7	7.748	14
7	POHD9	8.311	13
8	PO11	8.920	13
9	PO14	10.105	13
10	PO16	10.901	11
11	POHD18	11.380	11
12	PO19	11.727	11
13	PO23	12.405	10
14	PO28	13.240	10
15	PO30	13.476	9
16	PO34	13.964	9
17	PO38	14.449	8
18	PO42	15.035	8
19	PO43	15.270	7
20	POHD46	15.730	7
21	PO50	16.241	7
22	PO52	16.487	6
23	PO55	16.880	5
24	PO57	17.042	5
25	PO59	17.425	5
26	POH61	17.698	4
27	PO63	18.155	4
28	PO64	18.628	4
29	POHD66	19.200	4
30	PO67	19.361	4
31	PO68	19.573	3
32	POH72	20.454	3
33	PO77	21.440	1
34	POH81	22.133	1

Do analiz zastosowano równanie przepływu w postaci empirycznej zależności sformułowanej przez Manninga:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2}$$

gdzie:

- $n$  – współczynnik szorstkości powierzchni dna i ścian koryta wprowadzony przez Manninga dla scharakteryzowania oporów przepływu w korycie,
- $R$  – promień hydrauliczny,
- $J$  – spadek linii energii,
- $v$  – średnia prędkość przepływu w przekroju.

Wartość natężenia przepływu obliczano jako iloczyn pola powierzchni przepływu  $A$  i średniej prędkości  $v$ . W obliczeniach uwzględniono także zróżnicowanie współczynnika szorstkości dna i skarp koryta. Kalibracja współczynnika Manninga  $n$  oraz wartości spadku  $J$

została wykonana w oparciu o pomiary hydrometryczne wykonane w różnych warunkach napełnienia koryta i przepływu, tak aby uzyskać najlepszą zgodność pomiędzy pomierzonymi natężeniami przepływu, a wyznaczonymi za pomocą formuły Manninga. Proces kalibracji wykonano dla czterech przekrojów hydrometrycznych. Dla pozostałych przekrojów obliczeniowych należących do odcinków rzeki pomiędzy przekrojami hydrometrycznymi parametry  $n$  i  $J$  przyjęto zgodne z wartościami wyznaczonymi dla tych przekrojów. Przykładowe wyniki obliczeń dla przekroju P1 (km 5.370) przedstawiono na rysunkach 4.10 i 4.11 oraz w tabeli 4.4.

Krzywe przepływu dla 34 analizowanych przekrojów pomiarowych zostały wykorzystane do kalibracji i weryfikacji modelu hydrologicznego WetSpa. Należy zaznaczyć, że nie istnieją dane pochodzące z obserwacji hydrologicznych, które mogłyby być wykorzystane w tym celu.

Ze względu na konieczność szacowania rzędnych zwierciadła wody odpowiadających charakterystykom statystycznym przepływów wysokich:

- przepływy maksymalne o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% ( $Q_{\max,1\%}$ ), tzw. woda stuletnia;
- przepływy o określonej częstości występowania wraz z wyższymi ( $Q_{p\%}$ ) dla  $p = 2, 5, 10\%$

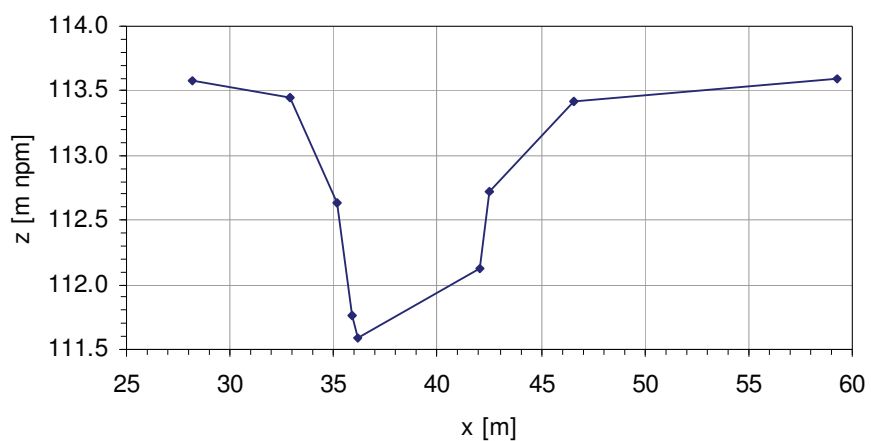
wykorzystywanym w analizach wpływu obiektów infrastruktury na przepustowość koryta oraz oceny zasięgu zalewów doliny dla wybranych przekrojów opracowane zostały krzywe przepływu uwzględniające wyjście wody poza koryto główne (stany powyżej wody brzegowej). Obliczenia takie wykonano dla następujących przekrojów:

- P01, P05, P0HD9 – dla potrzeb oszacowania zasięgu zalewu doliny Białej w odcinku ujściowym;
- PO11 dla potrzeb określenia wpływu zabudowy doliny w tym rejonie na podniesienie stanów wody w rzece;
- POHD18, POHD46, POH61, PO63, POHD66 dla potrzeb oszacowania wpływu obiektów infrastruktury na przepustowość koryta.

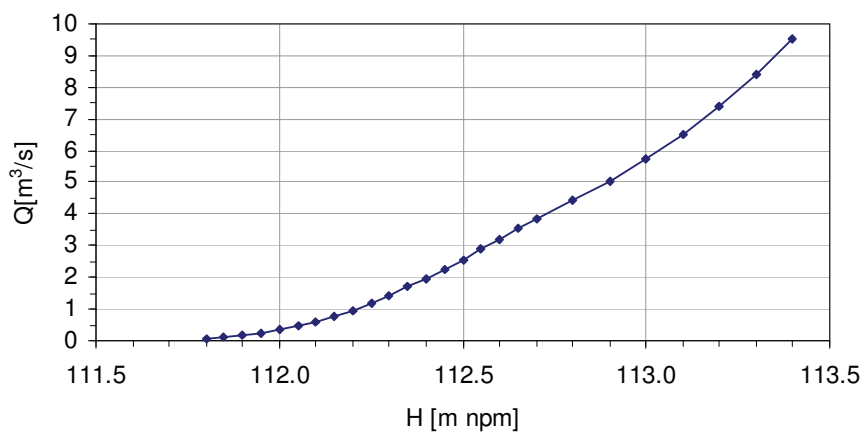
Przykładowy wykres krzywej przepływu dla rozszerzonego zakresu stanów wody dla przekroju PO1 pokazano na rysunku 4.12. Wykresy i tabele dla kompletu krzywych zamieszczono w załączniku CD, katalog HYDROLOGIA.

Wyznaczone krzywe przepływu mogą być wykorzystywane dla potrzeb ochrony przeciwpowodziowej, w zakresie wyznaczania wartości przepływu  $Q$ , przy którym może wystąpić zagrożenia związane z podtapianiem terenów przyległych do rzeki (przekroczenie tzw. wody brzegowej). Ze względu na sposób wyznaczenia (ograniczona liczba pomiarów terenowych i hydrometrycznych) wielkości te należy traktować jako przybliżone.

### Przekrój PO1: km 5+370



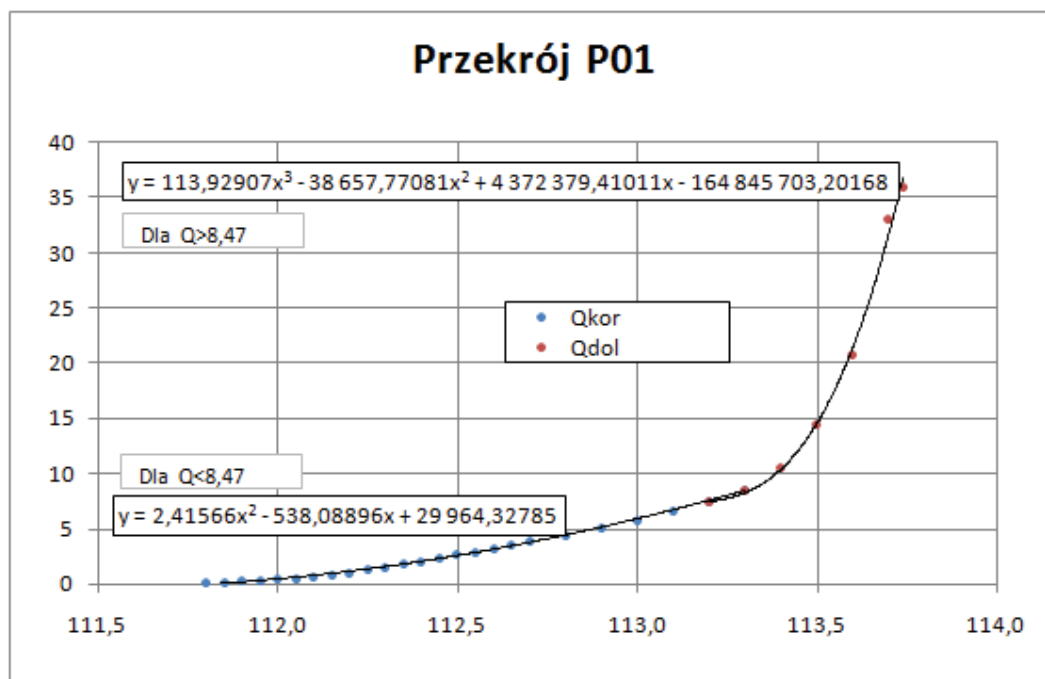
Rysunek 4.10. Geometria przekroju



Rysunek 4.11. Krzywa przepływu

Tabela 4.4. Charakterystyki hydrauliczne wody brzegowej

I [-]	H <sub>B</sub> [m npm]	Q <sub>B</sub> [m <sup>3</sup> /s]	A [m <sup>2</sup> ]	R [m]	B [m]
0.00098	113.40	9.53	13.07	0.91	13.41



Rysunek 4.12. Krzywa przepływu dla rozszerzonego zakresu stanów wody – przekrój P01

### 4.3 ANALIZA PRZEPUSTOWOŚCI KORYTA BIAŁEJ

W ramach prac dokonano wstępnej klasyfikacji infrastruktury miejskiej pod kątem wpływu na ograniczenie przepustowości koryta w okresach wezbraniowych i możliwości powodowania podtopień. Podstawę klasyfikacji stanowiło położenie obiektu infrastruktury względem dna rzeki, obiekt uznawano za stanowiący potencjalne zagrożenie, jeżeli jego wzniesienie ponad dnem było mniejsze od przyjętej ekspercko wartości progowej (2.5 m). Analizie poddano następujące typy obiektów: mosty drogowe i kolejowe, przepusty, kładki oraz rurociągi. Wyniki takiej klasyfikacji dla mostów, przepustów i kładek przechodzących przez Białą zamieszczono w tabelach 4.5 i 4.6, a dla rurociągów w tabeli 4.7.

W miejscach lokalizacji obiektów mogących powodować zagrożenie dokonano wizji lokalnych i wywiadów z mieszkańcami. Na tej podstawie wytypowano obiekty do dalszych analiz obejmujących wykonanie dodatkowych pomiarów geometrii przekrojów poprzecznych oraz obliczenia hydrauliczne przepustowości koryta rzeki. Wyznaczono natężenie przepływu, który swobodnie (bez dławienia) mieści się w korycie ograniczonym obiektem infrastruktury miejskiej.

Tabela 4.5. Wstępna klasyfikacja mostów pod kątem wpływu na ograniczenie przepustowości koryta w okresach wezbraniowych

Lp.	km biegu rzeki	Rzędna	Strefa opracowania	Typ mostu	Długość	Grubość	Szerokość	Oszacowana rzędna dna	Rzędna spodu mostu	Wzniesienie nad dnem	Ulica	Ocena zagrożenia podtopieniami
1	7.887	118.12	14	drogowy betonowy	20.0	1.1	25.5	113.97	117.02	3.05	Gen. S. Maczka	
2	8.049	120.30	13	drogowy betonowy	25.0	1.2	10.0	114.13	119.10	4.97	Gen. S. Maczka	
3	8.854	119.09	13	drogowy betonowy	21.5	1.0	23.5	114.96	118.09	3.13	Produkcyjna	
4	10.005	120.06	13	drogowy betonowy	20.5	1.0	23.5	116.33	119.06	2.73	H Kołataja	
5	10.468	121.19	13	drogowy betonowy	22.0	1.7	11.5	116.83	119.49	2.66	Al. Jana Pawła II	
6	10.477	121.17	11	drogowy betonowy	19.3	1.0	11.6	116.84	120.17	3.33	Al. Jana Pawła II	
7	11.491	122.02	11	drogowy betonowy	22.0	1.1	44.2	117.89	120.92	3.03	Gen. W. Sikorskiego	
8	11.794	121.89	11	drogowy betonowy	16.6	1.1	11.5	118.29	120.79	2.50	Al. Jana Pawła II	
9	11.817	121.74	11	<b>drogowy betonowy</b>	<b>16.5</b>	<b>1.1</b>	<b>13.3</b>	<b>118.33</b>	<b>120.64</b>	<b>2.31</b>	<b>Al. Jana Pawła II</b>	<b>zagrożenie</b>
10	13.336	124.38	10	drogowy betonowy	19.3	1.2	19.8	119.89	123.18	3.28	Antoniuk Fabryczny	
11	15.182	131.28	8	kolejowy metalowy	11.0	2.1	4.5	121.65	129.18	7.54		
12	15.771	126.11	7	drogowy betonowy	16.0	1.0	12.4	122.59	125.11	2.53	Sokołska	
13	16.337	126.83	7	drogowy betonowy	16.0	0.7	20.8	123.52	126.13	2.61	1 Armii Wojska Polskiego	
14	16.703	127.28	6	drogowy betonowy	20.3	0.8	19.0	123.97	126.48	2.51	Białostoczek	
15	17.544	129.15	5	drogowy betonowy	16.0	1.0	12.0	125.58	128.15	2.57	Fabryczna	
16	17.737	129.13	5	<b>drogowy betonowy</b>	<b>16.0</b>	<b>1.0</b>	<b>38.0</b>	<b>125.87</b>	<b>128.13</b>	<b>2.26</b>	<b>H. Sienkiewicza</b>	<b>zagrożenie</b>
17	18.096	130.06	4	drogowy betonowy	18.0	1.0	33.0	126.37	129.06	2.69	J. Piłsudskiego	
18	18.221	131.44	4	drogowy betonowy	13.0	1.0	25.0	126.67	130.44	3.77	Pałacowa	
19	18.497	129.96	4	<b>drogowy betonowy</b>	<b>10.0</b>	<b>1.0</b>	<b>11.0</b>	<b>127.26</b>	<b>128.96</b>	<b>1.70</b>	<b>Elektryczna</b>	<b>zagrożenie</b>
20	18.774	131.44	4	drogowy betonowy	15.0	0.7	14.0	127.93	130.74	2.82	Świętojańska	
21	19.435	131.75	4	drogowy betonowy	16.0	0.8	18.5	128.38	130.95	2.57	Miłosa (Piastowska)	
22	19.490	131.83	4	drogowy betonowy	16.0	0.8	16.0	128.44	131.03	2.59	Miłosa (Piastowska)	
23	20.276	133.72	3	drogowy betonowy	7.0		14.8	129.41	133.72	4.31	Pod Krzywą	
24	20.452	133.77	3	drogowy betonowy	6.0		9.7	129.73	133.77	4.04	Ciołkowskiego	
25	21.036	134.15	2	<b>kolejowy betonowy</b>	<b>8.4</b>	<b>1.2</b>	<b>4.2</b>	<b>131.02</b>	<b>133.00</b>	<b>1.98</b>		<b>zagrożenie</b>
26	21.253	134.55	2	drogowy betonowy	8.0		15.2	131.42	134.55	3.13	Dojłidy Fabryczne	



Tabela 4.6. Wstępna klasyfikacja przepustów i kładek pod kątem wpływu na ograniczenie przepustowości koryta w okresach wezbraniowych

Lp.	km biegu rzeki	Rzędna	Strefa opracowania	Typ kładki	Długość	Grubość	Szerokość	Oszacowana rzędna dna	Rzędna spodu kładki	Wzniesienie nad dnem	Ulica	Ocena zagrożenia podtopieniami
1	11.781	121.93	11	betonowa	16.5	0.35	2.6	118.27	121.58	3.31		
2	12.505	120.69	10	metalowa	10.5	0.30	1.5	118.92	120.39	1.47		zagrożenie
3	14.110	122.80	9	drewniana	11.0	0.35	1.1	120.50	122.45	1.95	konstr. prowizoryczna	zagrożenie
4	14.643	123.05	8	metalowa	10.6	0.20	1.0	121.18	122.85	1.67		zagrożenie
5	16.409	126.71	6	metalowa	13.3	0.20	2.5	123.60	126.51	2.91		
6	17.949	128.94	4	betonowa	14.0		3.3	126.03	128.94	2.91	ul. Kościelna	
7	17.968	129.91	4	betonowa	13.0		3.3	126.04	129.91	3.87		
8	18.365	129.26	4	metalowa	14.0		2.1	126.98	129.26	2.28		zagrożenie
9	18.565	130.06	4	metalowa	9.0		1.5	127.41	130.06	2.65		
10	19.005	131.79	4	betonowa	18.0		3.4	128.09	131.79	3.71	ul. Orzeszkowej	
11	19.247	130.98	4	metalowa	10.0		1.8	128.20	130.98	2.78	kształt trapezowy	
12	19.250	131.24	4	betonowa	11.5		2.8	128.20	131.24	3.04		
13	19.504	131.82	3	betonowa	13.5		3.0	128.46	131.82	3.36		
14	19.806	131.22	3	metalowa	10.2	0.30		128.63	130.92	2.29		
15	20.469	135.09	2	betonowa	6.0	0.60	4.3	129.77	134.49	4.72	ul. Ciołkowskiego	
16	21.146	133.30	2	drewniana	13.0		2.7	131.23	133.30	2.07		zagrożenie
17	21.272	134.54	1	betonowa	5.7		0.6	131.45	134.54	3.09		

Tabela 4.7. Wstępna klasyfikacja rurociągów pod kątem wpływu na ograniczenie przepustowości koryta w okresach wezbraniowych

Lp.	Strefa opracowania	km biegu rzeki [m]	Id. obiektu na przekroju podłużnym	Średnica [m]	Rzędna [m npm]	Rzędna dołu rurociągu [m npm]	Oszacowana rzędna dna [m npm]	Wzniesienie nad dnem [m]	Ocena zagrożenia podtopieniami
1	14	5 203	2303	0,50	112,32	111,818	112,10	-0,28	zagrożenie
2	14	5 206	2295	0,50	116,35	115,847	112,10	3,75	
3	13	8 661	1961	0,17	118,36	118,185	115,56	2,63	
4	13	8 686	1960	0,10	118,31	118,207	115,58	2,62	
5	13	9 827	1851	0,90	120,10	119,196	116,72	2,48	
6	13	9 830	1848	0,60	119,47	118,868	116,73	2,14	
7	13	9 837	1839	0,50	119,44	118,935	116,75	2,18	
8	11	11 282	1626	0,30	121,44	121,144	118,26	2,88	
9	11	11 311	1617	1,10	122,72	121,624	118,31	3,32	
10	11	11 332	1616	0,15	119,40	119,247	118,34	0,91	zagrożenie
11	11	11 521	1612	0,80	122,73	121,932	118,62	3,31	
12	10	13 146	1388	0,50	122,47	121,969	120,27	1,70	
13	10	13 167	1371	0,30	123,10	122,8	120,29	2,51	
14	9	13 167	1370	0,80	123,70	122,895	120,29	2,60	
15	9	13 169	1372	1,00	121,09	120,085	120,29	-0,21	zagrożenie
16	9	13 371	1344	0,10	122,09	121,994	120,39	1,60	
17	9	13 480	1335	0,60	124,30	123,701	120,47	3,23	
18	9	13 487	1333	0,15	120,18	120,034	120,48	-0,45	zagrożenie
19	9	14 036	1238	0,80	121,85	121,048	121,09	-0,04	zagrożenie
20	7	15 275	879	0,15	126,03	125,879	122,64	3,24	
21	7	15 750	586	0,20	123,98	123,779	123,43	0,35	zagrożenie
22	7	16 151	635	0,60	127,22	126,622	123,82	2,80	
23	7	16 153	636	0,80	128,40	127,602	123,83	3,78	
24	7	16 166	640	0,15	126,19	126,038	123,86	2,18	
25	6	16 209	658	0,10	124,99	124,891	123,95	0,94	zagrożenie
26	6	16 328	676	0,15	126,55	126,396	124,06	2,33	
27	6	16 517	701	0,15	125,84	125,689	124,26	1,43	zagrożenie
28	6	16 531	702	0,15	126,67	126,522	124,28	2,24	
29	5	16 999	769	0,30	131,06	130,762	125,19	5,58	
30	5	17 310	784	0,40	126,72	126,318	125,75	0,57	zagrożenie
31	5	17 323	790	1,00	129,74	128,744	125,77	2,97	
32	5	17 325	788	0,80	129,06	128,261	125,78	2,48	
33	5	17 325	789	0,80	129,03	128,232	125,78	2,46	
34	5	17 331	791	0,30	127,88	127,575	125,79	1,79	
35	5	17 367	800	0,20	131,32	131,122	125,85	5,27	
36	5	17 368	801	0,20	131,40	131,202	125,86	5,35	
37	5	17 368	804	0,20	128,33	128,126	125,86	2,27	
38	5	17 371	803	0,80	127,76	126,962	125,86	1,10	zagrożenie
39	5	17 394	810	0,80	129,13	128,33	125,90	2,43	
40	5	17 567	509	0,30	128,03	127,728	126,10	1,62	
41	5	17 567	854	0,30	128,04	127,735	126,10	1,63	
42	4	17 889	469	1,20	129,00	127,797	126,57	1,23	zagrożenie
43	4	17 926	461	0,30	128,85	128,552	126,65	1,90	
44	4	17 941	458	1,20	129,90	128,698	126,68	2,02	
45	4	18189	2633	1,00	131,38	130,38	126,93	3,45	
46	4	18208	2635	0,50	130,03	129,53	127,02	2,51	
47	4	18209	2634	0,50	130,03	129,53	127,02	2,51	
48	4	18 306	415	0,30	131,91	131,608	127,85	3,76	
49	4	18 306	415	0,30	131,91	131,608	127,85	3,76	
50	4	18 398	403	0,50	130,49	129,992	127,90	2,09	

Tabela 4.7cd. Wstępna klasyfikacja rurociągów pod kątem wpływu na ograniczenie przepustowości koryta w okresach wezbraniowych

Lp.	Strefa opracowania	km biegu rzeki [m]	Id. obiektu na przekroju podłużnym	Średnica [m]	Rzędna [m npm]	Rzędna dołu rurociągu [m npm]	Oszacowana rzędna dna [m npm]	Wzniesienie nad dnem [m]	Ocena zagrożenia podtopieniami
51	4	18 405	402	0,60	130,23	129,634	127,90	1,73	
52	4	18501	2644	0,10	129,17	129,17	127,86	1,31	zagrożenie
53	4	18501	2643	0,10	129,17	129,17	127,86	1,31	zagrożenie
54	4	18501	2642	0,10	129,17	129,17	127,86	1,31	zagrożenie
55	4	18501	2641	0,10	129,17	129,17	127,86	1,31	zagrożenie
56	4	18501	2640	0,10	129,17	129,17	127,86	1,31	zagrożenie
57	4	18501	2639	0,10	129,17	129,17	127,86	1,31	zagrożenie
58	4	18 577	387	0,10	128,29	128,186	128,04	0,15	zagrożenie
69	4	18 689	368	0,80	130,65	129,853	128,36	1,49	zagrożenie
60	4	18769	2647	0,40	130,20	130,2	128,14	2,06	
61	4	18769	2646	0,40	130,20	130,2	128,14	2,06	

Analizy dla mostów i przepustów polegały na nałożeniu przekroju obiektu hydrotechnicznego na odpowiedni przekrój koryta rzeki, określeniu tzw. przekroju czynnego oraz wykonaniu obliczeń hydraulicznych określających, jaki największy przepływ może swobodnie (bez dławienia) zmieścić się w świetle mostu (lub przepustu) o określonym kształcie.

Do obliczeń wykorzystano ogólne zależności hydrauliczne dla małego mostu przy założeniu, że działa on jak przelew o szerokiej koronie, zatopiony lub niezatopiony. Schemat przelewu niezatopionego występuje gdy spełniony jest warunek:

$$h_d < N \cdot H$$

gdzie:

$N$  – graniczny współczynnik zatopienia,

$h_d$  – głębokość w ruchu ustalonym w korycie za mostem odpowiadająca przepływowi  $Q$ ,

$H$  – głębokość wody spiętrzonej przed mostem.

Przepływ w przekroju mostowym wyraża się dla schematu niezatopionego następującym wzorem:

$$Q = mB\sqrt{2g}H_0^{3/2}$$

gdzie:

$m$  – współczynnik wydatku przyjmowany w zależności od geometrii wlotu,

$H_0 = H + \frac{v_s^2}{2g}$  - wysokość energii wody spiętrzonej przed mostem,

$v_s$  – średnia prędkość wody spiętrzonej przed mostem.

Jeśli warunek na  $h_d$  nie jest spełniony stosowany jest schemat przelewu zatopionego, a przepływ w przekroju mostowym opisany jest następującą formułą:

$$Q = B \cdot \mu \cdot h_d \sqrt{2g \cdot (H_0 - h_d)}$$

gdzie:

$\mu$  – współczynnik wydatku przelewu

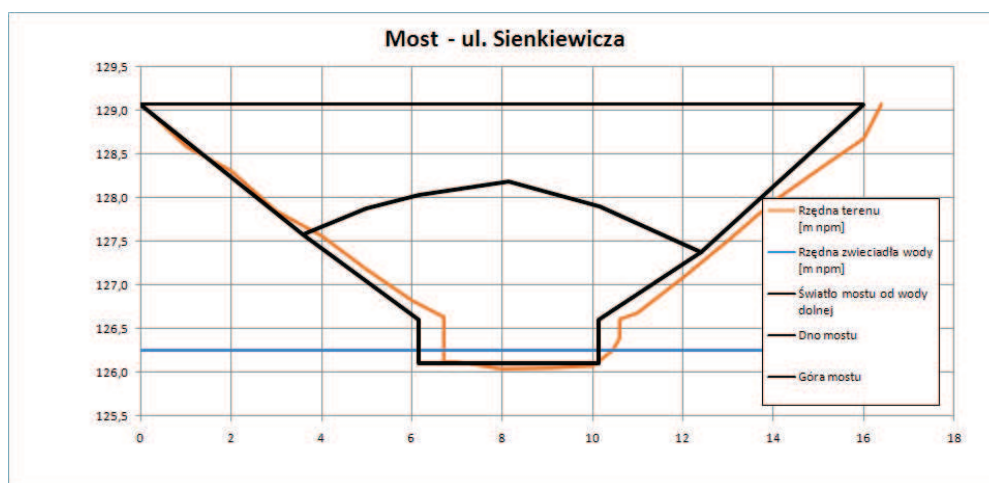
Zgodnie z wstępną klasyfikacją obiektów pod kątem zagrożenia podtopieniami oraz po uwzględnieniu sugestii Zleceniodawcy analizą objęto mosty na następujących ulicach: Piłsudskiego, Sienkiewicza, Fabryczna oraz przepust drogowy pod ulicą Poleską.

Przekrój koryta z nałożonym przekrojem obiektu hydrotechnicznego na przykładzie mostu przy ulicy Sienkiewicza pokazano schematycznie na rysunku 4.13 oraz na zdjęciach (Fot. 4. i 4.2) wykonanych w czasie pomiarów i wizji lokalnych.



Fot. 4.1 (po lewej) Widok mostu w ul. Sienkiewicza od strony wody górnej

Fot. 4.2 (po prawej) Widok mostu w ul. Sienkiewicza od strony wody dolnej



Rysunek 4.13. Przekrój poprzeczny koryta rzeki i mostu przy ul. Sienkiewicza

Zestawienie obiektów infrastruktury miejskiej (mosty i przepusty), które zostały objęte analizami hydraulicznymi wraz z wynikami obliczeń zawiera tabela 4.8.

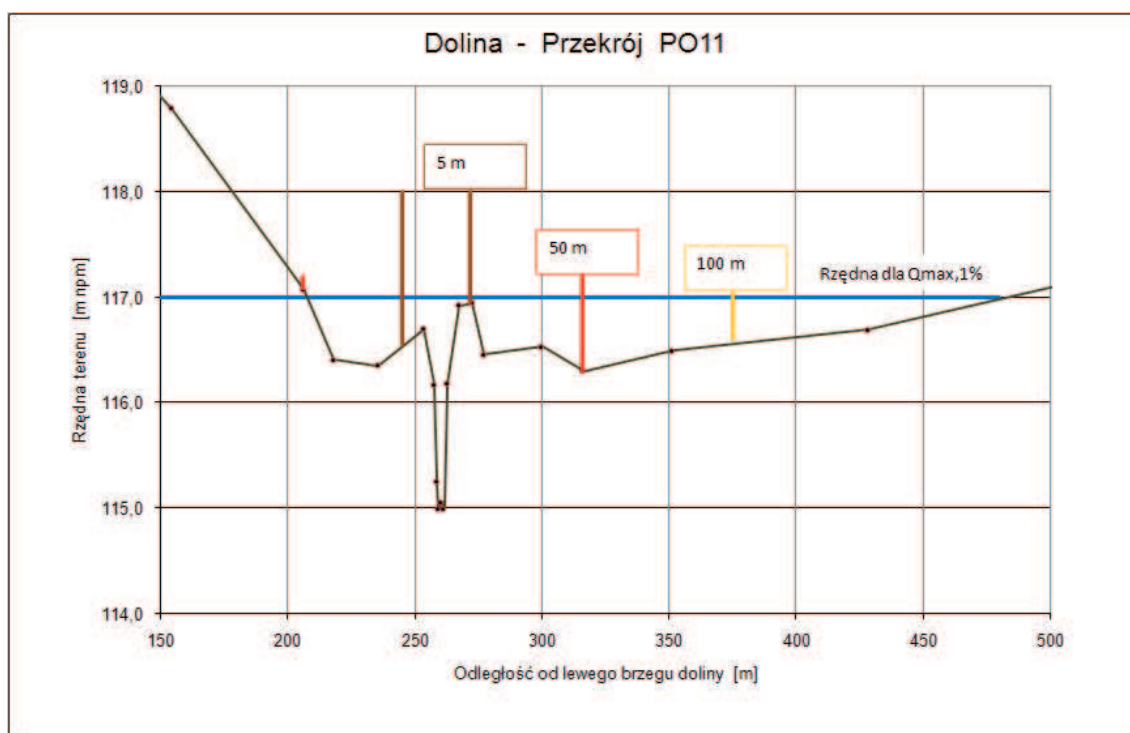
Tabela 4.8. Wyniki analizy przepustowości mostów i przepustów zaklasyfikowanych do grupy mogących stanowić zagrożenie podtopieniami

Lp.	Typ mostu	Ulica	km biegu rzeki	Strefa opracowania	Rzędna dna rzeki [m npm]	Rzędna spodu mostu / przepustu [m npm]	Wzniesienie nad dnem [m npm]	Światło mostu / przepustu [m <sup>2</sup> ]	Max swobodny przepływ pod mostem [m <sup>3</sup> /s]
1	drogowy betonowy	Fabryczna	17.544	5	125.58	128.15	2.57	7.56	<b>22.4</b>
2	drogowy betonowy	H. Sienkiewicza	17.737	5	125.87	128.13	2.26	7.56	<b>22.4</b>
3	drogowy betonowy	J. Piłsudskiego	18.096	4	126.37	129.06	2.69	11.35	<b>37.8</b>
4	przepust drogowy	Poleska	20.552	6	123.30	124.80	1.50	7.50	<b>9.8</b>

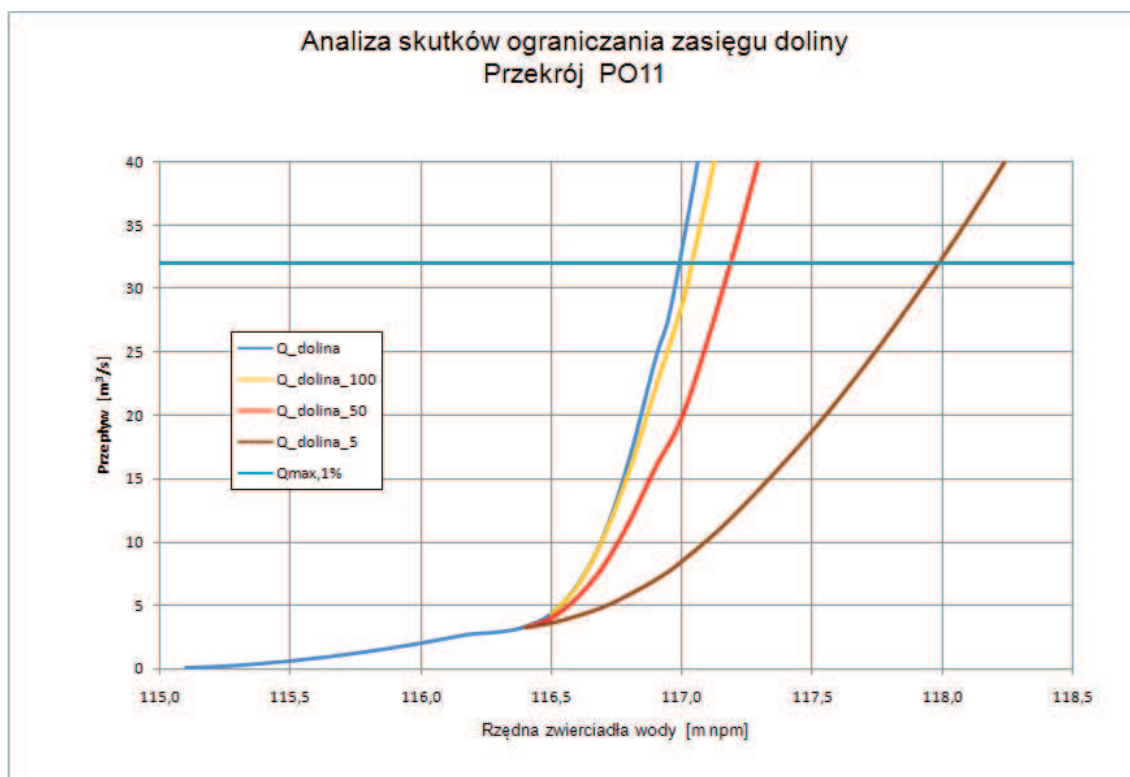
Ze względu na dużą presję zabudowy mieszkaniowej i usługowej na dolinę Białej w ramach studium wykonano również analizę wpływu ograniczenia szerokości doliny Białej w poniżej ulicy Antoniuk Fabryczny (przekrój PO11).

Obecnie szerokość zalewanej doliny po prawej stronie rzeki w tym przekroju wynosi około 200 m, obliczenia symulacyjne wykonano dla doliny ograniczonej do szerokości 100, 50 i 10 m (por. rysunek 4.14). Dla każdego z trzech przypadków określono rzędną zwierciadła wody odpowiadającą przyjętemu przepływowi maksymalnemu o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% wynoszącemu  $Q_{\max,1\%} = 32 \text{ m}^3/\text{s}$ . Obliczenia polegały na opracowaniu teoretycznych krzywych przepływu (por. rysunek 4.15) dla różnych szerokości koryta, a następnie określeniu rzędnej zwierciadła wody, przy której zmieści przepływ  $Q_{\max,1\%} = 32 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Różnica rzędnych dla doliny o ograniczonej szerokości i rzędnej dla obecnego stopnia zagospodarowania Białej wskazuje o ile podniesie się stan wody w rzece dla przyjętego przepływu obliczeniowego. W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, że ograniczenie prawej strony doliny z 200 m do 100 m spowoduje niewielki 5-centymetrowy wzrost stanów wody, ograniczenie do 50 m przyniesie wzrost o 25 cm, natomiast praktyczne zlikwidowanie doliny (szerokość 5 m od brzegu rzeki) spowoduje wzrost o 100 cm.



Rysunek 4.14. Dolina Białej w przekroju PO11 – skutki ograniczania szerokości doliny



Rysunek 4.15. Krzywe przepływu dla przekroju PO11 z uwzględnieniem ograniczania szerokości doliny

Zasięgi potencjalnych zalewów opracowano dla przepływów maksymalnych o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% (tzw. woda stuletnia) oszacowane w wybranych przekrojach obliczeniowych w oparciu o wyniki symulacji dla wielolecia 1988-2009, przy wykorzystaniu modelu hydrologicznego opisanego w rozdziale 5.

Oszacowanie zasięgów zalewów przeprowadzono dla Białej powyżej ujścia Dolistówki (odcinki 1, 2 i 3) oraz poniżej mostu na ulicy Antoniuk Fabryczny (odcinki 10, 11, 13 i 14) metodą rastrowych analiz przestrzennych. Analizy przebiegały w następujących etapach:

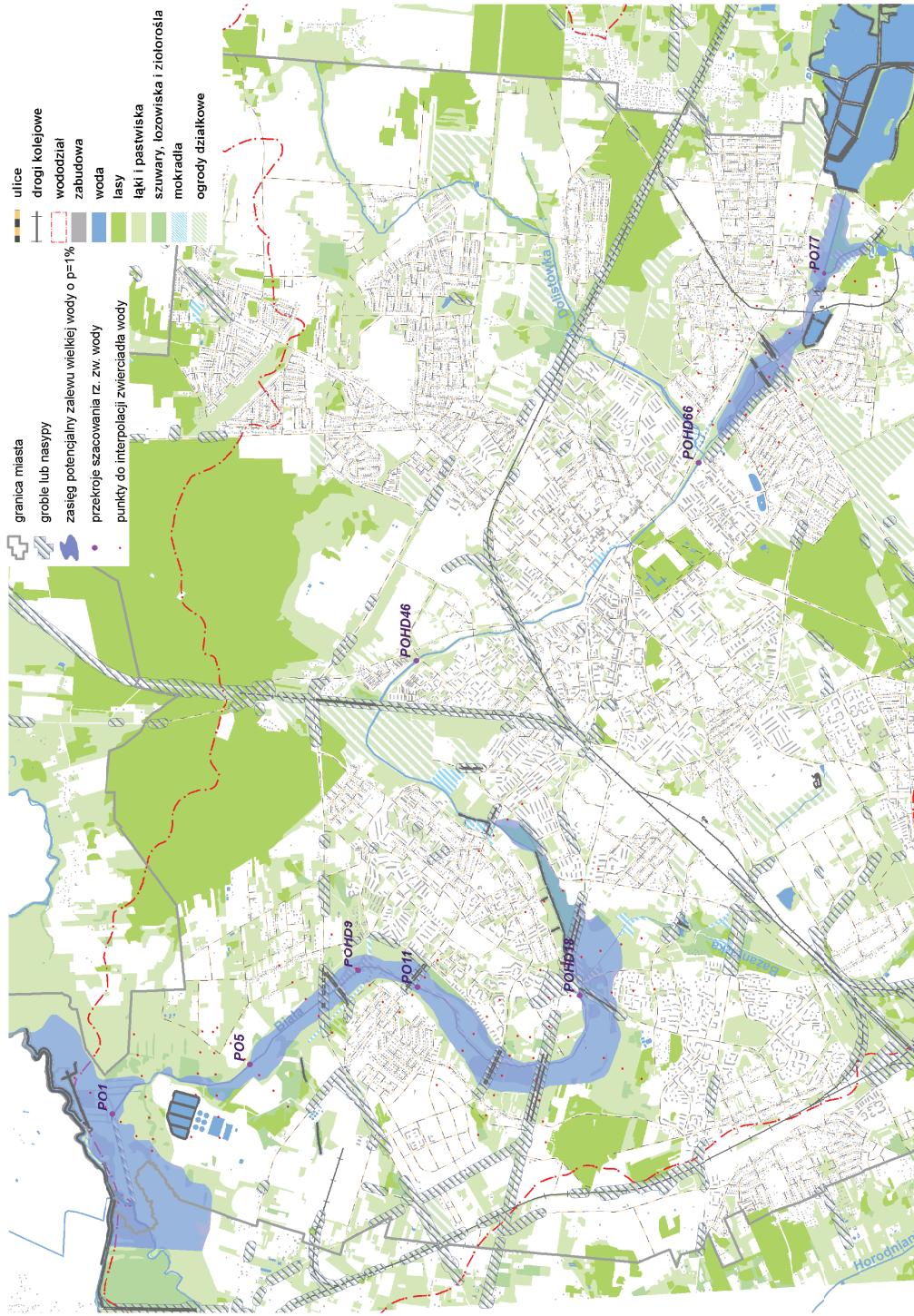
1. Wyznaczenie płaszczyzny zwierciadła wody:
  - a. oszacowanie rzędnych zwierciadła wody odpowiadających wodzie stuletniej dla przekrojów nr 1, 5, 9, 11, 18, 66 oraz 77 (por. tabela 4.9),
  - b. przeniesienie rzędnych do pośrednich przekrojów poprzecznych przy zachowaniu spadku zwierciadła wody obliczonego w w/w przekrojach;
  - c. przeniesienie wartości rzędnych do warstwy punktów znajdujących się w miejscach przekrojów oraz na prawym i lewym brzegu doliny rzeki poprowadzonych w linii prostopadłej do niej;
  - d. wyznaczenie płaszczyzny zwierciadła wody metodą odwrotnych odległości (IDW – inverse distance weighted).
2. Wygenerowanie zasięgów zalewów poprzez nałożenie warstwy zwierciadła wody na numeryczny model terenu (NMT) i zwektoryzowanie wyznaczonego rastra;
3. Korekta zasięgu zalewów przy wykorzystaniu warstwy nasypów i grobli z opracowania ekofozjograficznego (Kwiatkowski i in. 2004) przy założeniu, że ich stan techniczny jest dobry.

Tabela 4.9. Przepływy maksymalne o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% i odpowiadające im rzędne zwierciadła wody

Id przekroju	$Q_{\max, 1\%}$ [m <sup>3</sup> /s]	Rzędna dla $Q_{\max, 1\%}$ [m n.p.m.]
PO1	37.6	113.76
PO5	36.2	115.02
POHD9	35.4	115.99
PO11	34.3	117.02
POHD18	32.9	122.33
POHD46	26.9	125.24
POHD66	22.8	131.70
PO77	12.8	134.11

Ustalone w ten sposób zasięgi zalewów należy traktować jako orientacyjne ponieważ opracowany w ramach studium NMT (na podstawie warstw z map topograficznych w skali 1 : 10 000 udostępnionych przez Zleceniodawcę) posiada zbyt małą dokładność (rzędu 30-40 cm) dla ścisłego określenia kształtu i zasięgu rozlewisk.

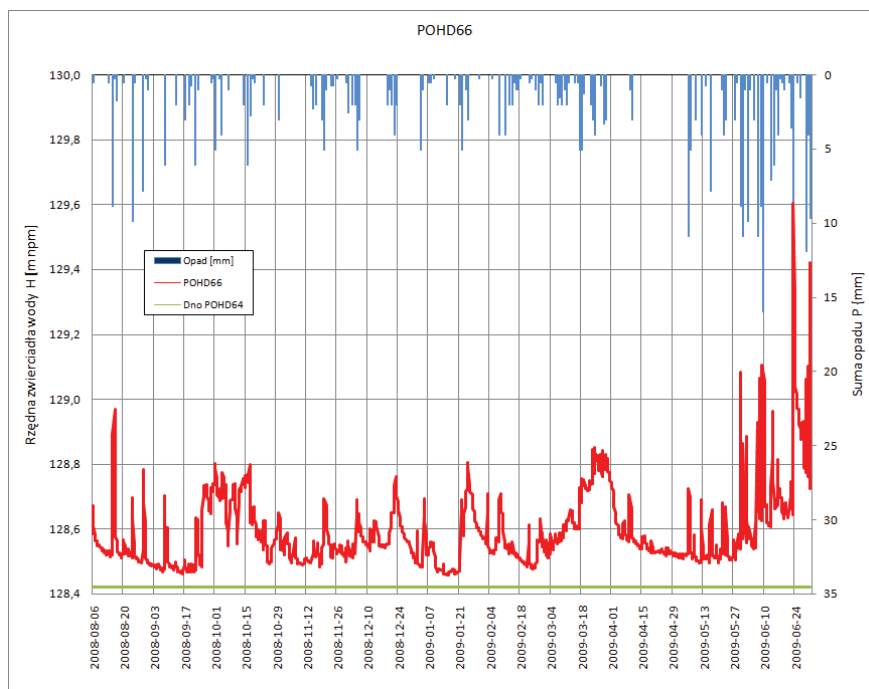
Wyniki analiz w postaci granicy zasięgu zalewów dla wody stuletniej przedstawiono na rysunku 4.16. Opracowaną warstwę zasięgu zalewów zamieszczono na płycie CD stanowiącej załącznik do niniejszego studium (katalog HYDROLOGIA).



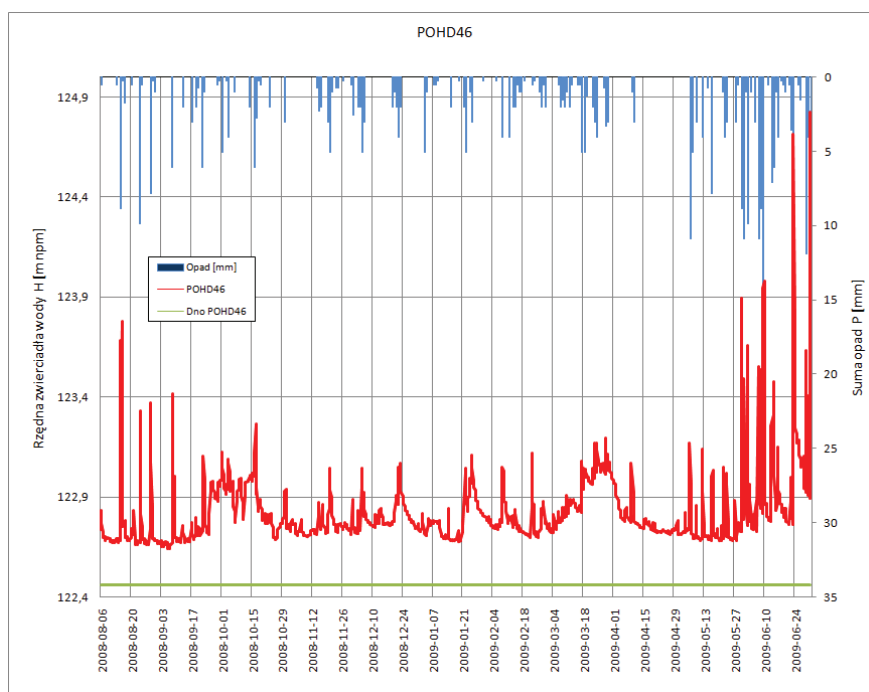
Rysunek 4.16. Zasięgi potencjalnych zalewów dla wody stuletniej



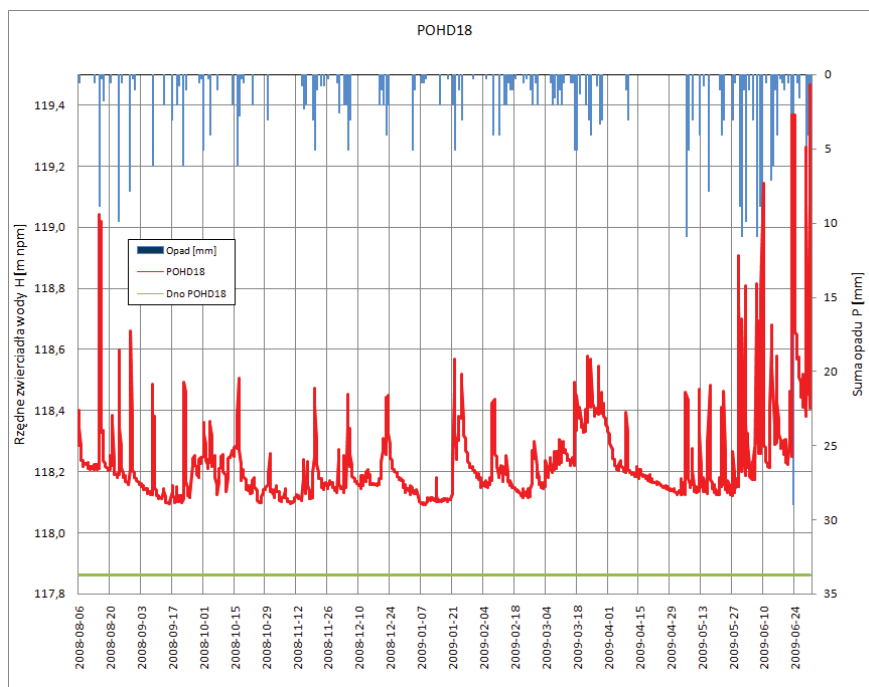
#### 4.4 PRZEBIEG ZMIENNOŚCI STANÓW WODY W PRZEKROJACH Z DIVERAMI NA TLE OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W OKRESIE BADAŃ



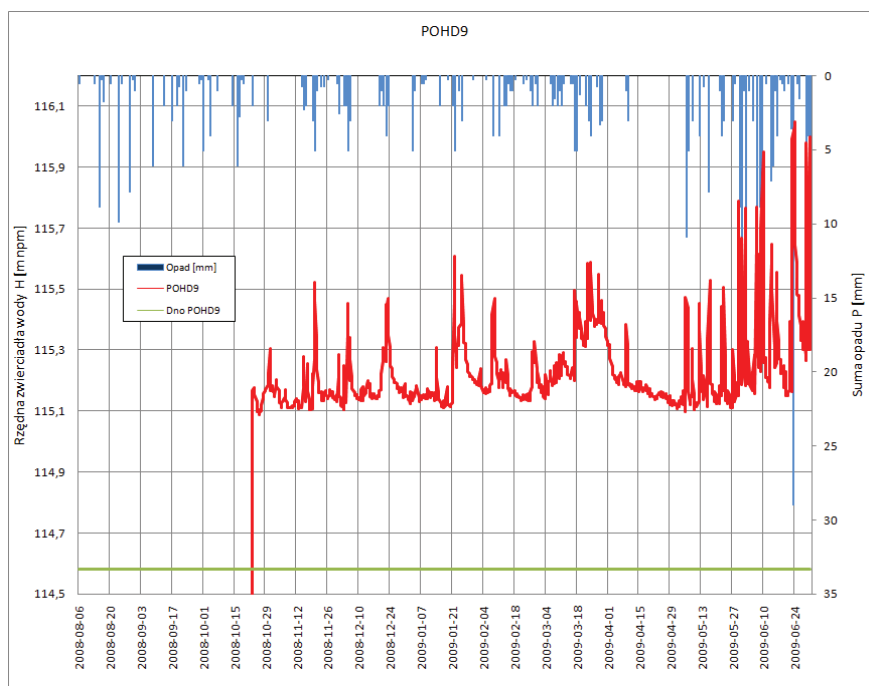
Rysunek 4.17. Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w okresie badań – przekrój POHD66



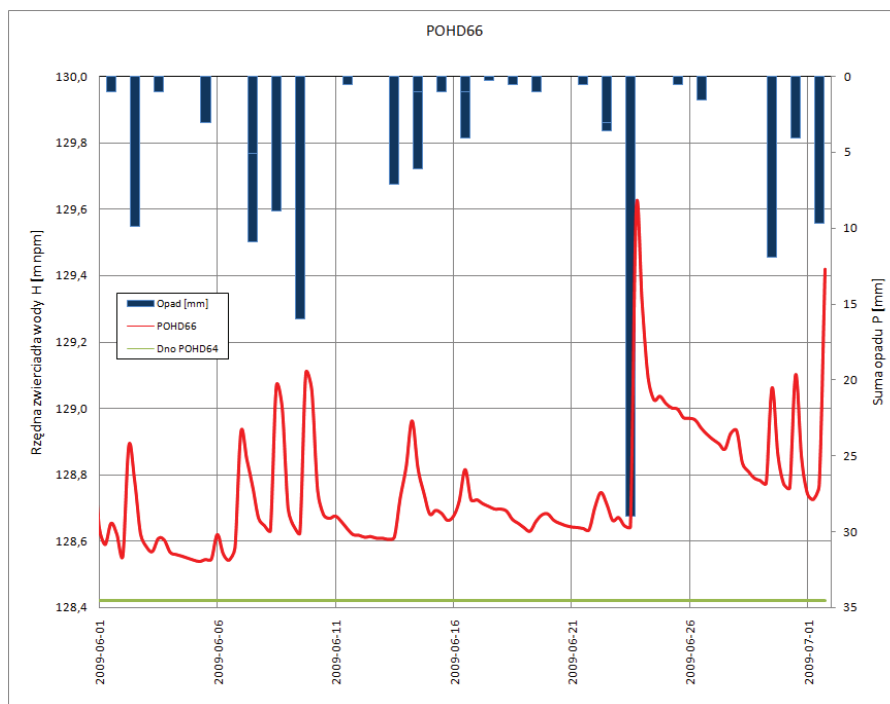
Rysunek 4.18. Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w okresie badań – przekrój POHD46



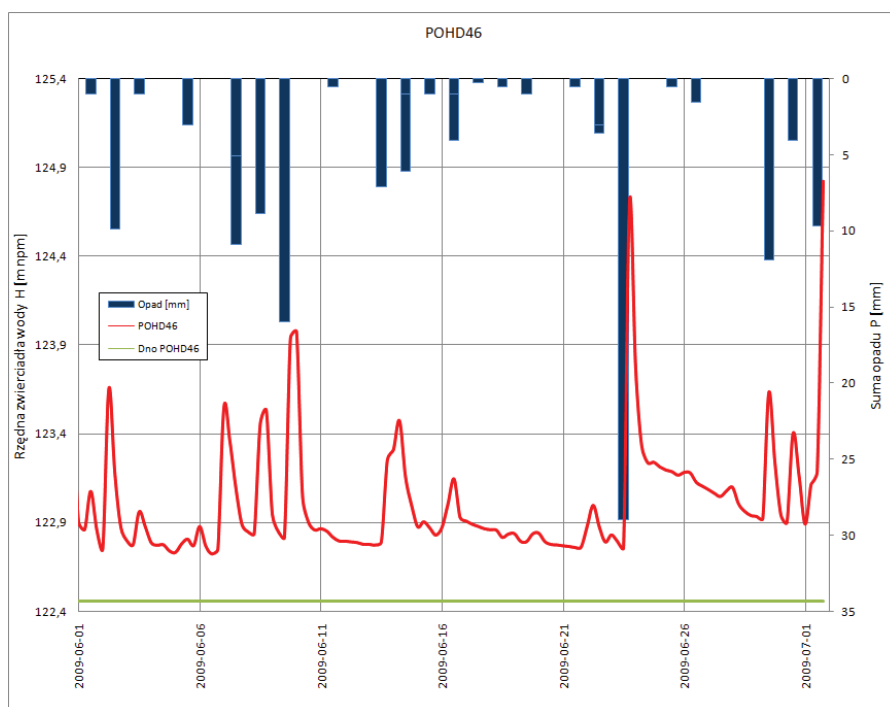
Rysunek 4.19. Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w okresie badań – przekrój POHD18



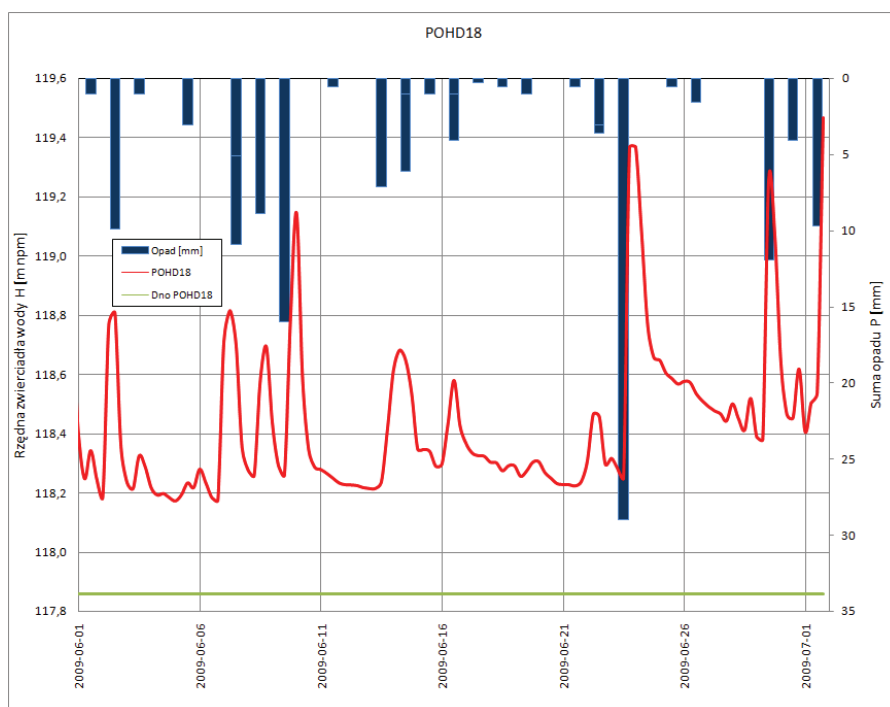
Rysunek 4.20. Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w okresie badań – przekrój POHD9



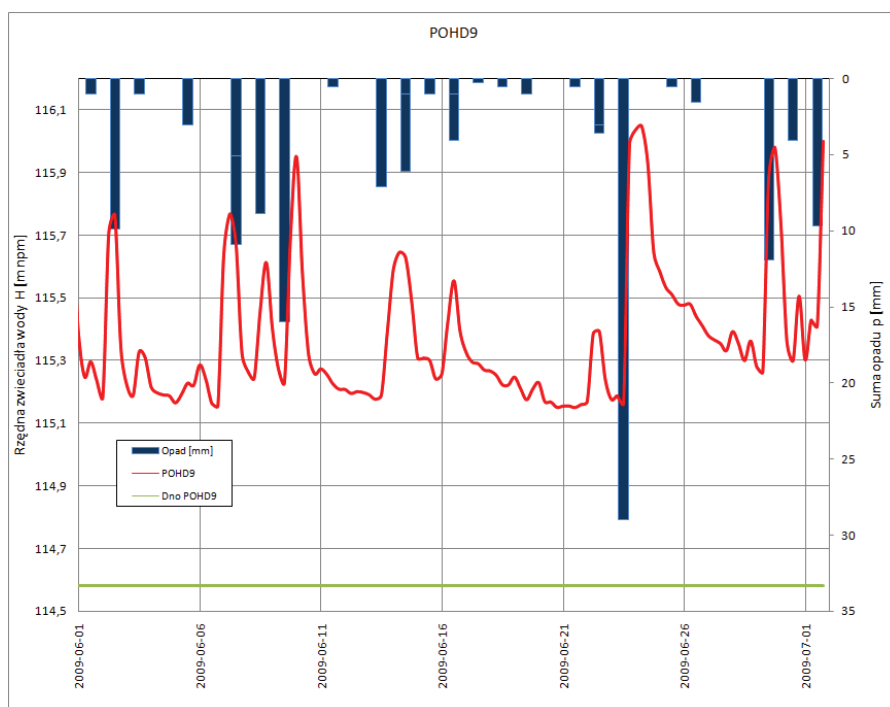
Rysunek 4.21. Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w czerwcu 2009 roku – przekrój POHD66



Rysunek 4.22. Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w czerwcu 2009 roku – przekrój POHD46



Rysunek 4.23. Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w czerwcu 2009 roku – przekrój POHD18



Rysunek 4.24. Przebieg zmienności stanów wody i opadu atmosferycznego w czerwcu 2009 roku – przekrój POHD9