

4.5 PRZEBIEG ZMIENNOŚCI PRZEPIYWÓW W PRZEKROJACH Z DIVERAMI NA TLE OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W OKRESIE BADAŃ

Na podstawie wyników pomiarów stanów wody oraz krzywych przepływu dla przekrojów z diverami obliczono ciągi odpowiadających im przepływów z krokiem 20-minutowym dla całego okresu badań. W oparciu o otrzymane dane obliczono ciągi przepływów średnich 6-godzinnych stanowiące podstawę kalibracji uproszczonego modelu hydrologicznego zlewni Białej (rozd. 5).

Obliczone przepływy w okresach wezbraniowych mogą być w niektórych przypadkach zawyżone na skutek występowania spiętrzeń wody w korycie powstałych w wyniku zatorów z gałęzi, szczątków roślin oraz śmieci splukiwanych z brzegów i niesionych przez rzekę w czasie gwałtownych opadów. Tworzeniu się zatorów sprzyja występowanie na niektórych odcinkach rzeki przeszkód w postaci różnego rodzaju rurociągów przechodzących nisko nad rzeką, czasami zaledwie kilkadziesiąt centymetrów nad dnem. Przykłady zatorów powstałych w korycie Białej po opadach nawaalnych przedstawiono na fotografiach 4.3 i 4.4.



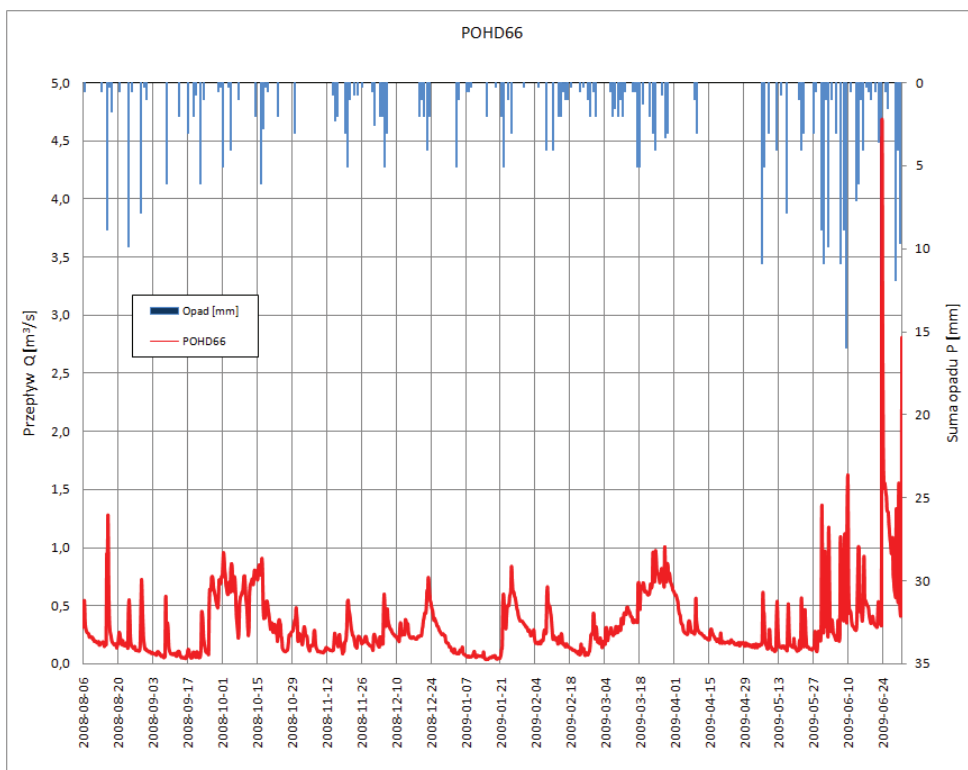
Fot. 4.3 (po lewej) Biała poniżej Sienkiewicza



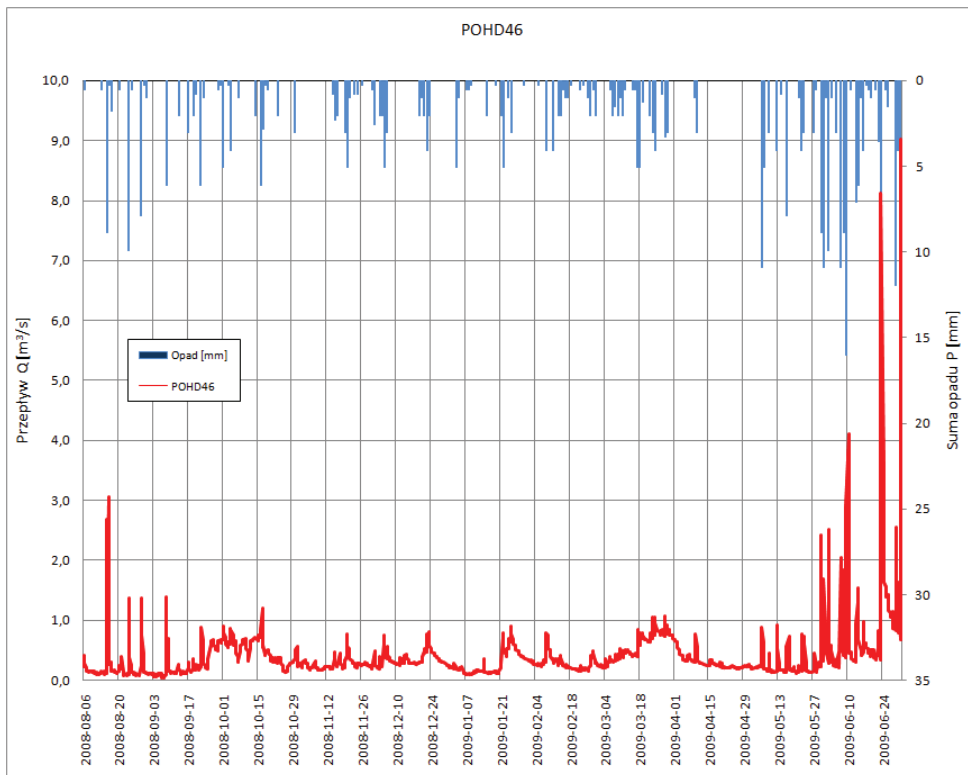
Fot. 4.4 (po prawej) Biała powyżej ujścia Bażantarki

Na rysunkach 4.25 – 4.28 pokazano przebieg zmienności przepływów w przekrojach z diverami na tle opadów atmosferycznych w okresie badań z krokiem 6-godzinnym. Zestawienie ciągów stanów wody, przepływów oraz opadów z krokiem 6-godzinnym dla okresu badawczego zamieszczono na płycie CD w katalogu HYDROLOGIA.

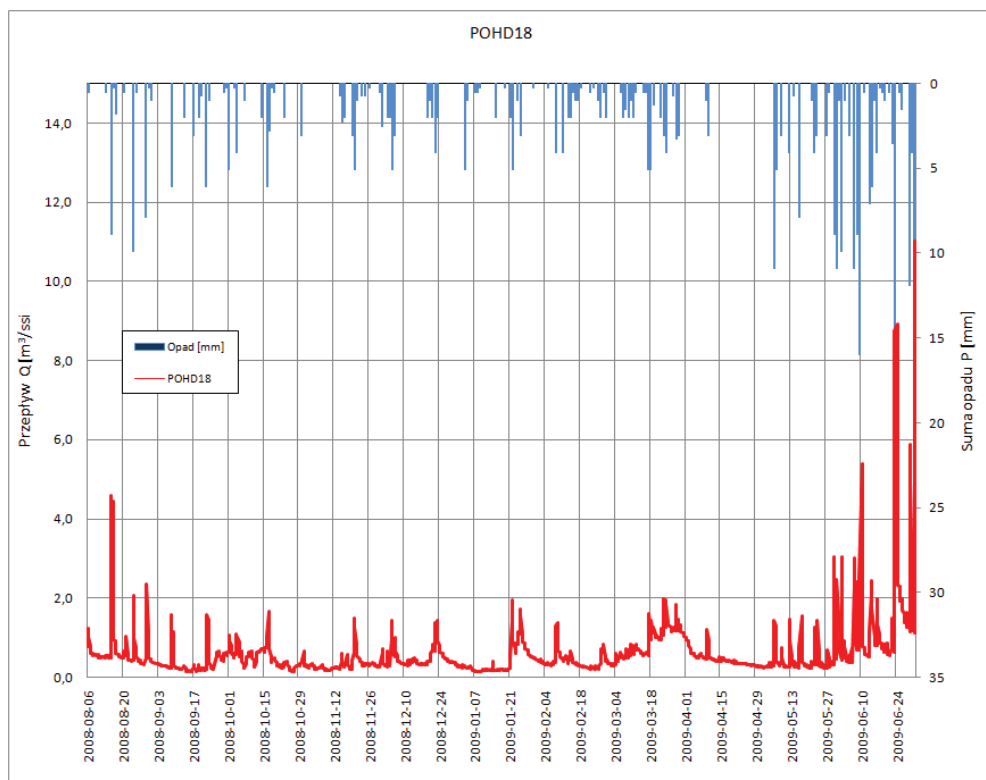
Na rysunkach 4.29 – 4.32 pokazano przebieg zmienności przepływów w przekrojach z diverami na tle opadów atmosferycznych w okresie występowania wysokich opadów (czerwiec 2009 roku) z krokiem 6-godzinnym. Przebieg zmian przepływów w tym samym okresie dla wszystkich czterech przekrojów łącznie przedstawiono na rysunku 4.33.



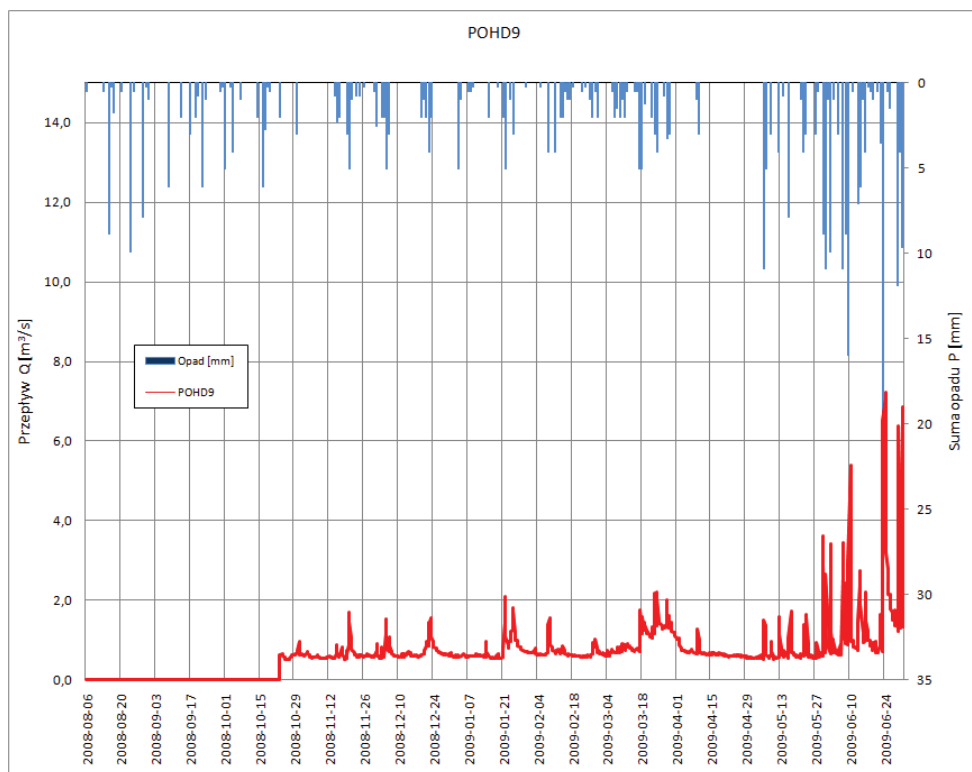
Rysunek 4.25. Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD66 na tle opadów atmosferycznych w okresie badawczym z krokiem 6-godzinnym



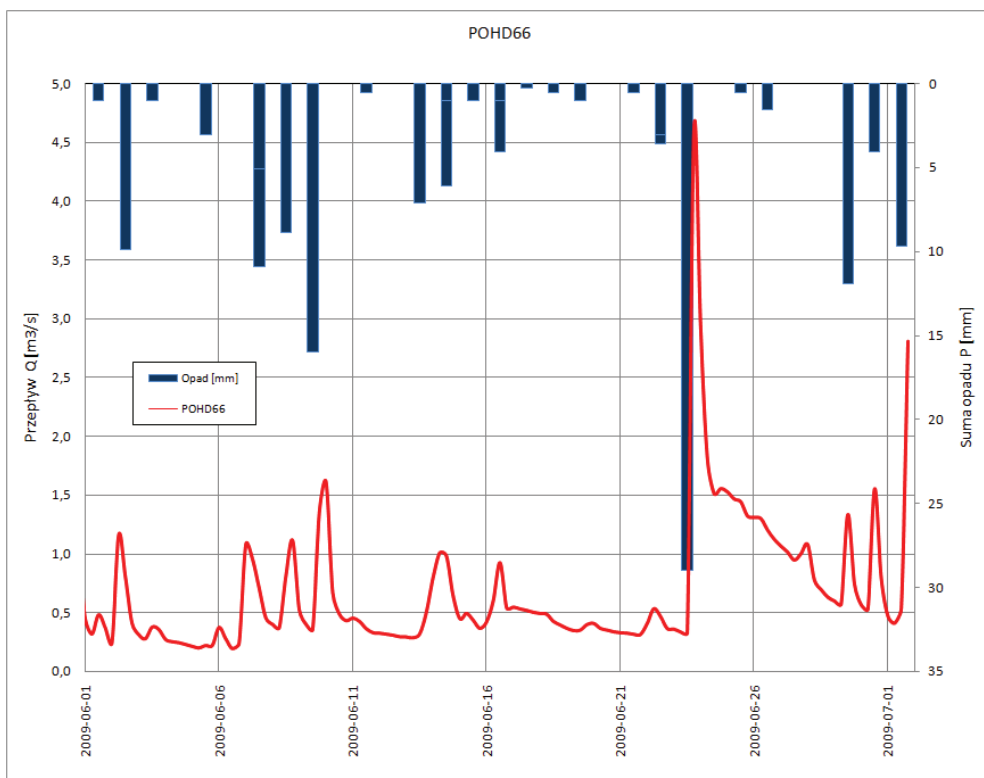
Rysunek 4.26. Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD46 na tle opadów atmosferycznych w okresie badawczym z krokiem 6-godzinnym



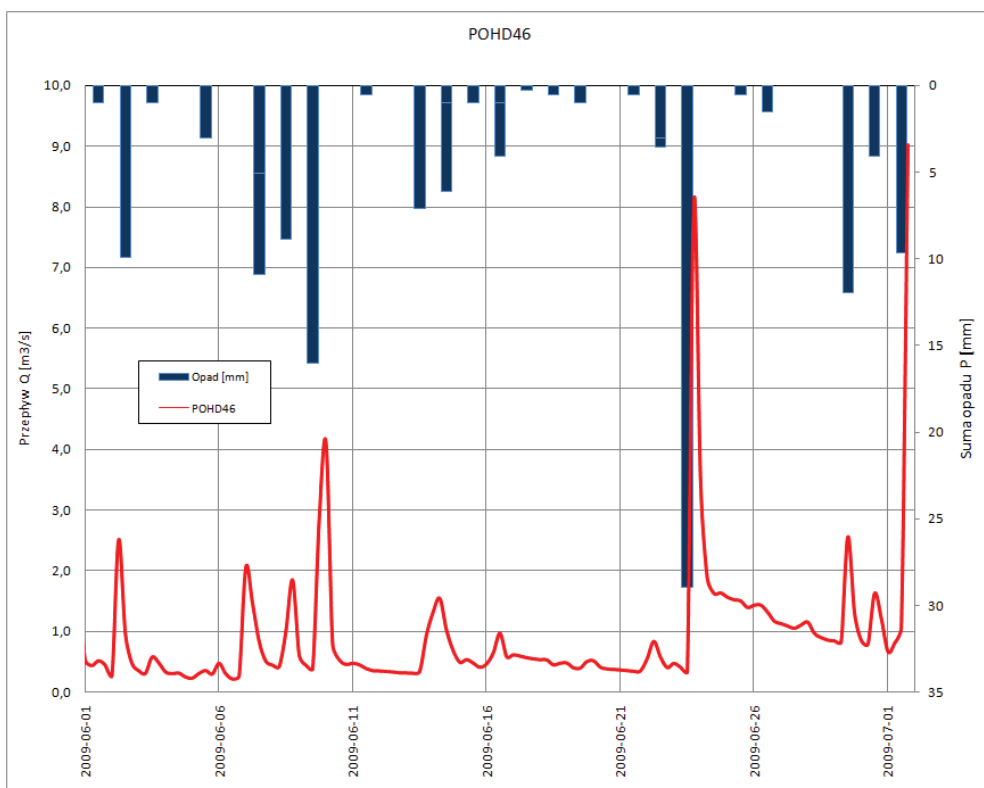
Rysunek 4.27. Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD18 na tle opadów atmosferycznych w okresie badawczym z krokiem 6-godzinnym



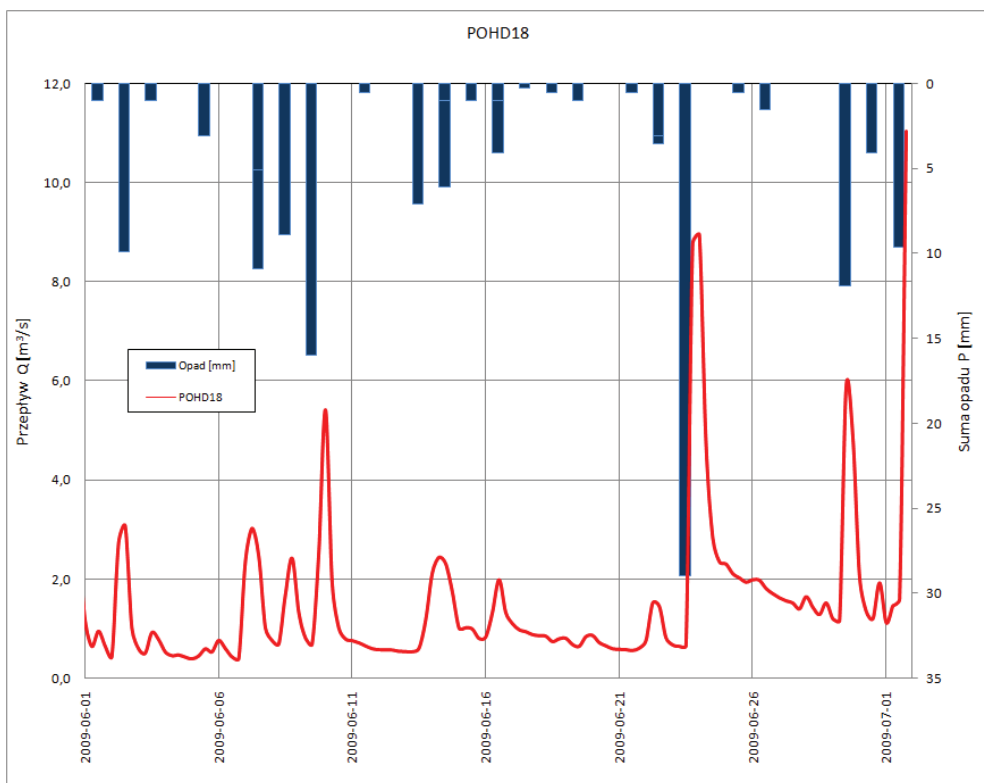
Rysunek 4.28. Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD9 na tle opadów atmosferycznych w okresie badawczym z krokiem 6-godzinnym



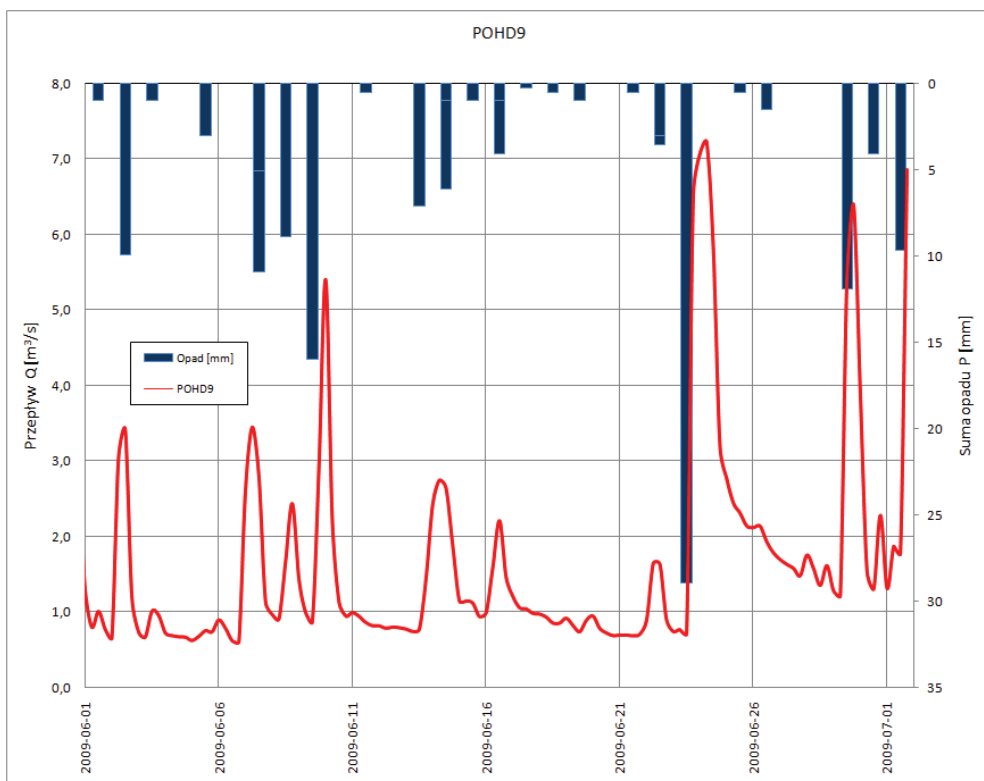
Rysunek 4.29. Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD66 na tle opadów atmosferycznych w czerwcu 2009 roku z krokiem 6-godzinnym



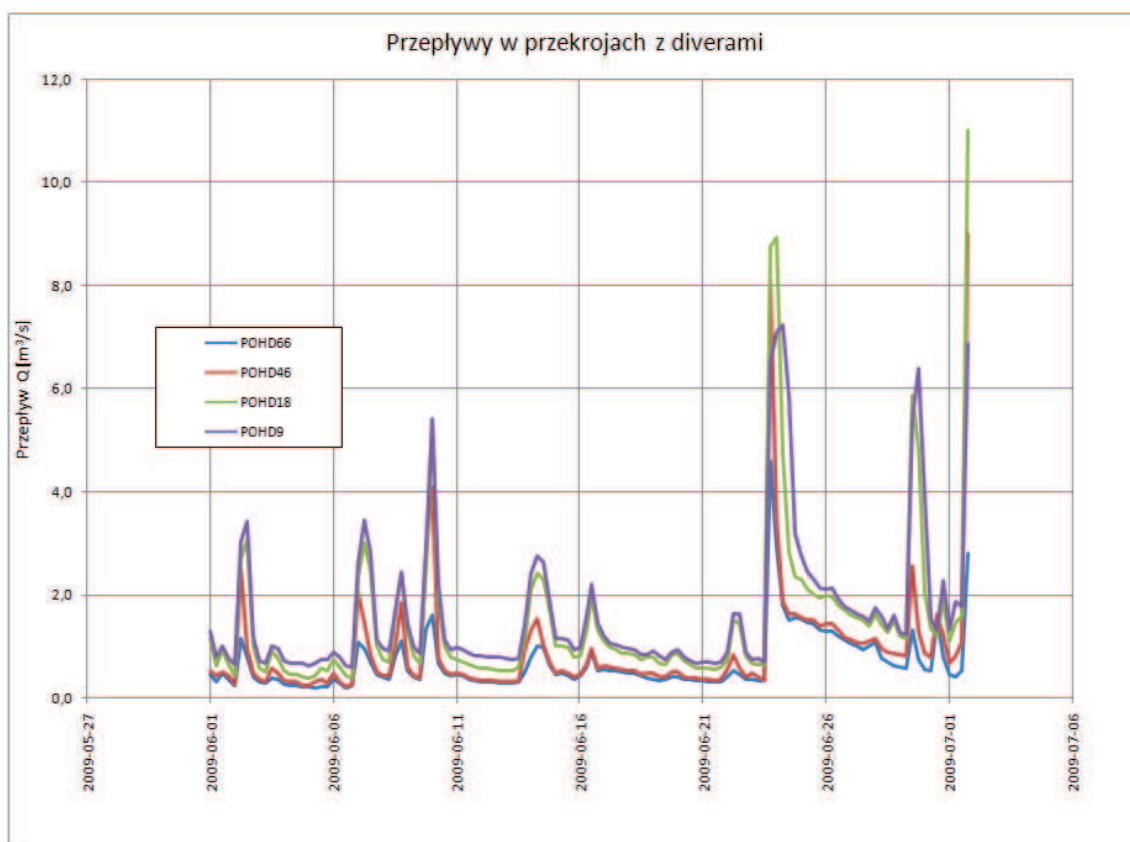
Rysunek 4.30. Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD46 na tle opadów atmosferycznych w czerwcu 2009 roku z krokiem 6-godzinnym



Rysunek 4.31. Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD18 na tle opadów atmosferycznych w czerwcu 2009 roku z krokiem 6-godzinnym



Rysunek 4.32. Przebieg zmienności przepływów w przekroju POHD9 na tle opadów atmosferycznych w czerwcu 2009 roku z krokiem 6-godzinnym



Rysunek 4.33. Przebieg zmienności przepływów w przekrojach z diverami w czerwcu 2009 roku z krokiem 6-godzinnym

4.6 ANALIZA ZAKRESU ZMIENNOŚCI ORAZ CZĘSTOŚCI WYSTĘPOWANIA STANÓW I PRZEPLÝWÓW OKRESIE BADAŃ

Tabela 4.10. Zakresy zmienności przepływów w przekrojach z diverami w okresie badań

Wartość	POHD66-B1	POHD46-B2	POHD18-B3	POHD9-B4
min	0.035	0.045	0.156	0.495
średnia	0.319	0.399	0.610	0.857
max	4.612	9.013	11.029	7.223
stosunek Qmin : Qmax	1:130	1:200	1:70	1:15

Tabela 4.11. Zakresy zmienności stanów wody w przekrojach z diverami w okresie badawczym w m npm

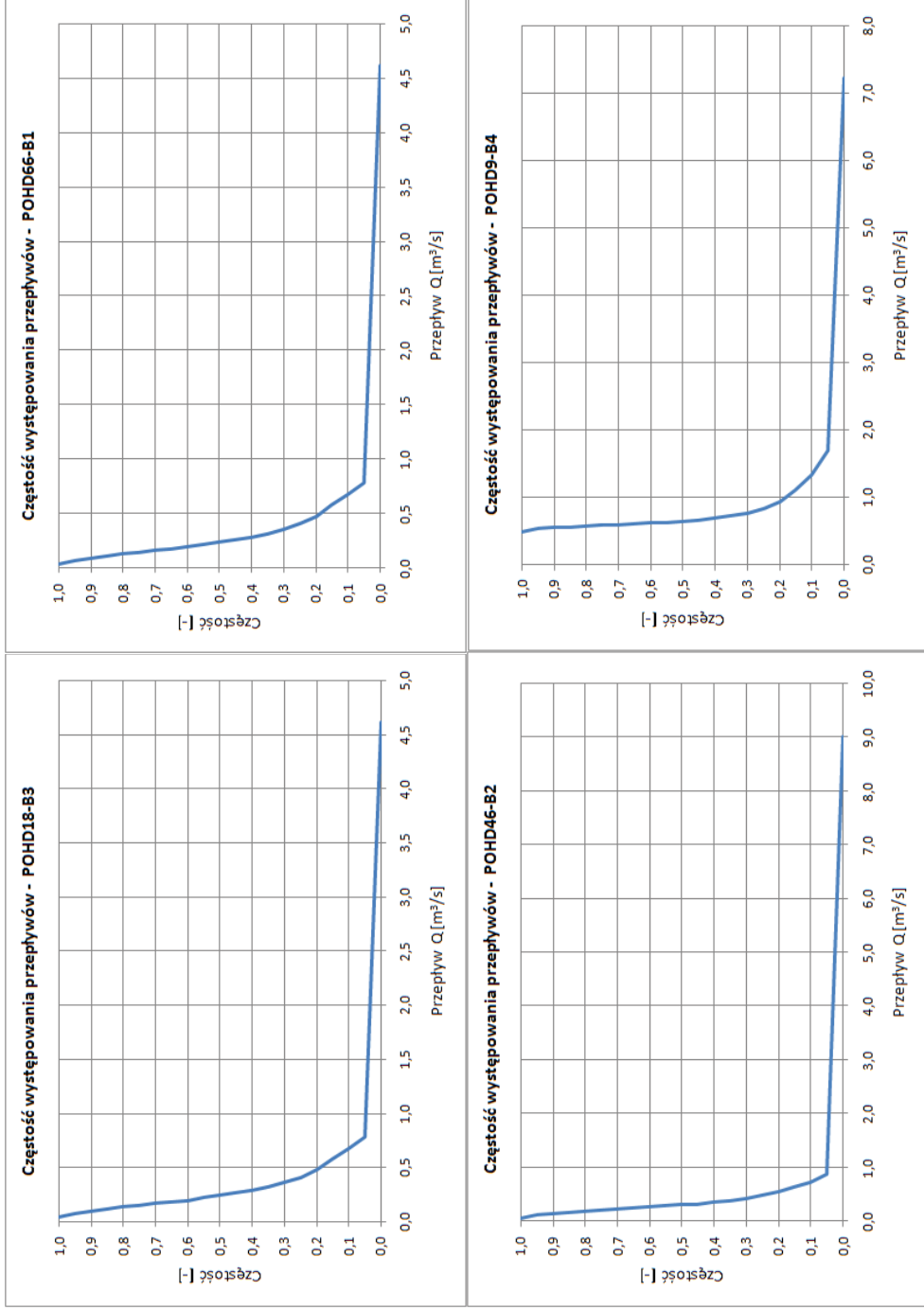
Wartość	POHD66-B1	POHD46-B2	POHD18-B3	POHD9-B4
min	128.46	122.64	118.09	115.09
średnia	128.59	122.82	118.23	115.23
max	129.60	124.82	119.47	116.05
rzędna dna rzeki	128.42	122.48	117.90	114.60
zakres głębokości	0.04 – 1.18	0.16 – 2.34	0.14 – 2.34	0.49 – 1.45

Tabela 4.12. Częstość występowania przepływów o różnej wielkości

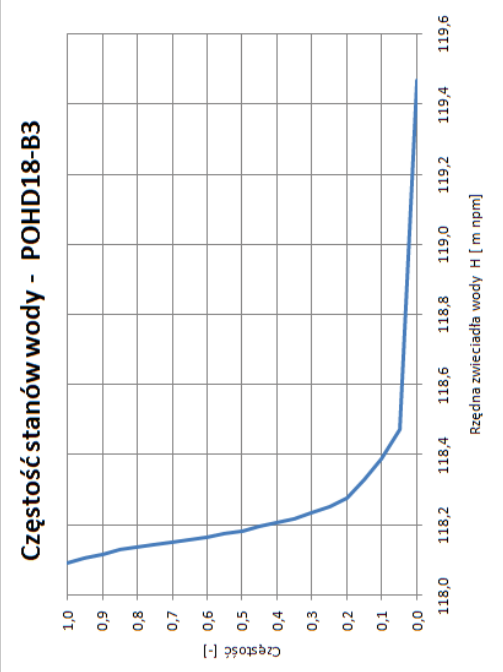
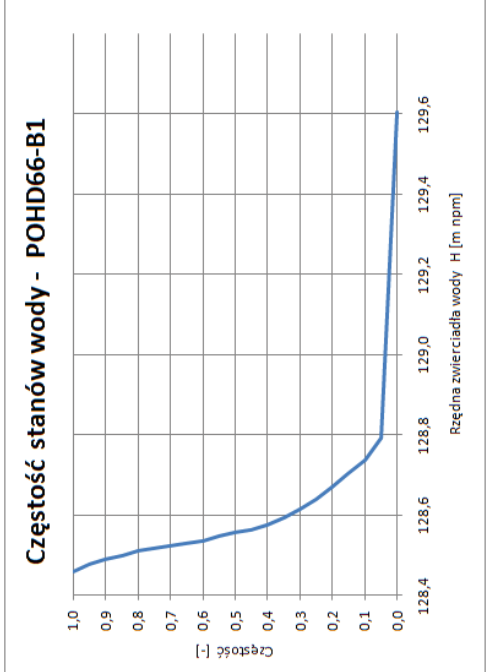
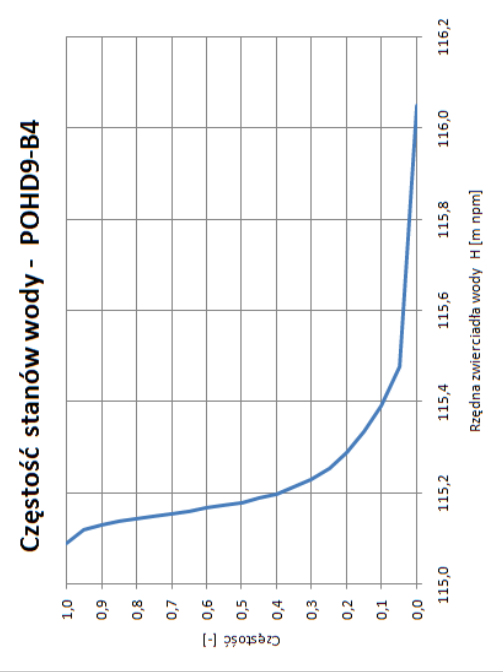
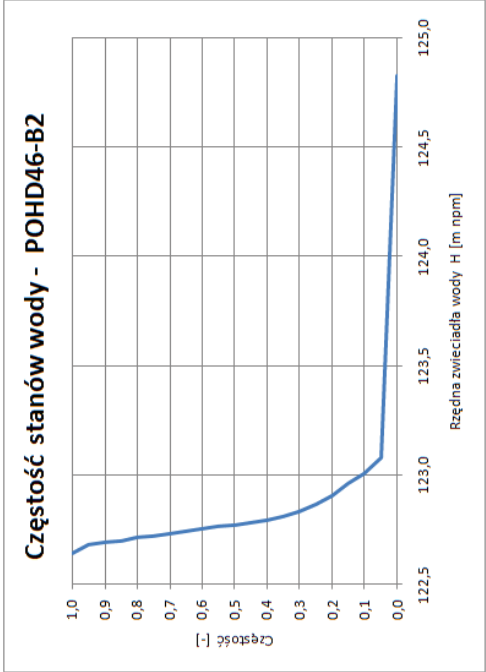
Percentyl	Częstość	POHD66-B1	POHD46-B2	POHD18-B3	POHD9-B4
1.00	0.00	4.612	9.013	11.029	7.223
0.95	0.05	0.778	0.857	1.484	1.694
0.90	0.10	0.672	0.720	1.171	1.339
0.85	0.15	0.574	0.633	0.939	1.111
0.80	0.20	0.475	0.538	0.757	0.950
0.75	0.25	0.402	0.473	0.655	0.833
0.70	0.30	0.354	0.415	0.596	0.772
0.65	0.35	0.315	0.371	0.545	0.728
0.60	0.40	0.277	0.337	0.510	0.694
0.55	0.45	0.255	0.313	0.471	0.672
0.50	0.50	0.234	0.293	0.427	0.653
0.45	0.55	0.212	0.275	0.397	0.638
0.40	0.60	0.190	0.252	0.363	0.625
0.35	0.65	0.176	0.235	0.344	0.613
0.30	0.70	0.161	0.220	0.323	0.602
0.25	0.75	0.146	0.203	0.303	0.593
0.20	0.80	0.126	0.179	0.283	0.584
0.15	0.85	0.109	0.156	0.259	0.571
0.10	0.90	0.091	0.141	0.227	0.558
0.05	0.95	0.065	0.119	0.192	0.540
0.00	1.00	0.035	0.045	0.156	0.495

Tabela 4.13. Częstość występowania stanów [m npm] oraz głębokości wody [m]

Percentyl	Częstość	POHD66-B1		POHD46-B2		POHD18		POHD9	
		stan	głębokość	stan	głębokość	stan	głębokość	stan	głębokość
1.00	0.00	129.60	1.18	124.82	2.34	119.47	1.57	116.05	1.45
0.95	0.05	128.79	0.37	123.08	0.60	118.47	0.57	115.48	0.88
0.90	0.10	128.73	0.31	123.00	0.52	118.39	0.49	115.39	0.79
0.85	0.15	128.70	0.28	122.96	0.48	118.33	0.43	115.33	0.73
0.80	0.20	128.67	0.25	122.90	0.42	118.28	0.38	115.29	0.69
0.75	0.25	128.64	0.22	122.86	0.38	118.25	0.35	115.25	0.65
0.70	0.30	128.61	0.19	122.83	0.35	118.23	0.33	115.23	0.63
0.65	0.35	128.59	0.17	122.81	0.33	118.22	0.32	115.21	0.61
0.60	0.40	128.57	0.15	122.79	0.31	118.21	0.31	115.20	0.60
0.55	0.45	128.56	0.14	122.78	0.30	118.20	0.30	115.19	0.59
0.50	0.50	128.55	0.13	122.77	0.29	118.18	0.28	115.18	0.58
0.45	0.55	128.55	0.13	122.76	0.28	118.17	0.27	115.17	0.57
0.40	0.60	128.54	0.12	122.75	0.27	118.16	0.26	115.16	0.56
0.35	0.65	128.53	0.11	122.74	0.26	118.16	0.26	115.16	0.56
0.30	0.70	128.52	0.10	122.73	0.25	118.15	0.25	115.15	0.55
0.25	0.75	128.52	0.10	122.72	0.24	118.14	0.24	115.15	0.55
0.20	0.80	128.51	0.09	122.71	0.23	118.14	0.24	115.14	0.54
0.15	0.85	128.50	0.08	122.70	0.22	118.13	0.23	115.14	0.54
0.10	0.90	128.49	0.07	122.69	0.21	118.12	0.22	115.13	0.53
0.05	0.95	128.48	0.06	122.68	0.20	118.11	0.21	115.12	0.52
0.00	1.00	128.46	0.04	122.64	0.16	118.09	0.19	115.09	0.49

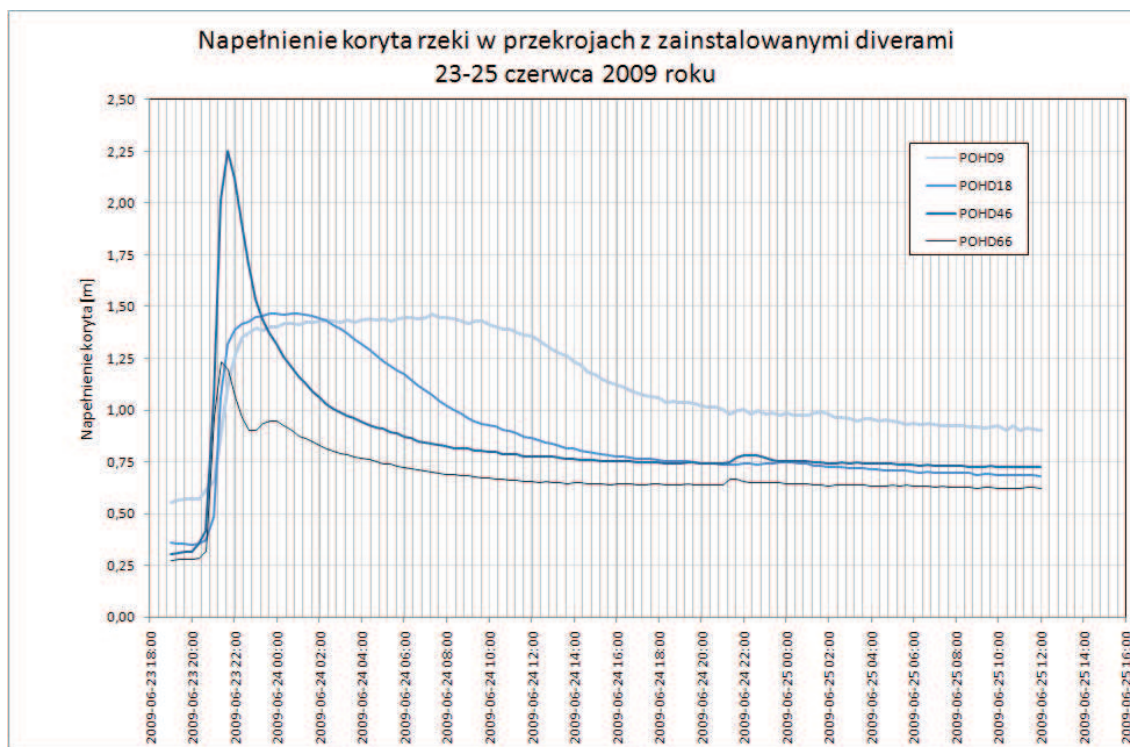


Rysunek 4.34. Krzywe gwarantowanych przepływów

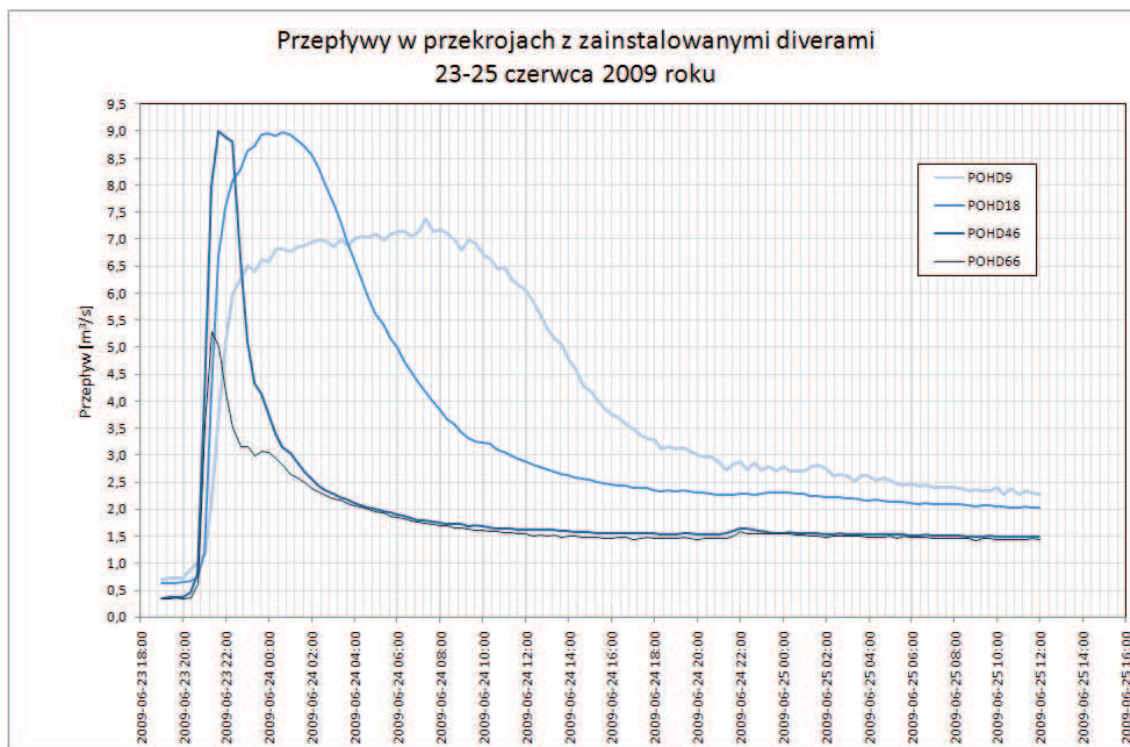


Rysunek 4.35. Krzywe gwarantowanych stanów wody

Analizę czasu reakcji zlewni Białej na opad nawałny oraz zmian stanów i przepływów wody przeprowadzono na podstawie największego opadu zaobserwowanego w okresie badań, z dn. 23. 06 2009 r., kiedy w godzinach 18:00 – 24:00 spadło 29 mm deszczu. W przekroju poniżej Dolistówki (POHD66) kulminacja przepływów wystąpiła w ciągu 1 godziny (20:20 – 21:20). Zaobserwowano wzrost stanów wody o 0.95 m w stosunku do ustabilizowanych wartości rejestrowanych przed wystąpieniem opadu. Odpowiada to wzrostowi przepływów niemal o 5 m³/s (od 0.36 do 5.29 m³/s). W następnym przekroju wzdłuż Białej (POHD46, przy ul. Sokólskiej) w ciągu omawianej godziny stany wody wzrosły o 1.67 m (wzrost przepływów o 7.5 m³/s). Kulminacja wystąpiła 20 min. później (21:40): stan wody wzrósł dodatkowo o 0.2 m, a przepływ o 1 m³/s i wynosił 9.0 m³/s. W kolejnych przekrojach (POHD18 i POHD9) kulminacja była opóźniona w stosunku do przekroju POHD66 o 3 i 5 godzin. Stany w czasie kulminacji wzrosły w stosunku do wartości przed opadem o odpowiednio 1.12 i 0.86 m, a przepływy o 8.3 i 6.1 m³/s. W obu tych przekrojach fala wezbraniowa uległa rozciągnięciu w czasie i spłaszczeniu, co było spowodowane: przesunięciem czasowym dopływu z górnego odcinka Białej w stosunku do dopływów z kanalizacji deszczowej (wcześniej), popiętrzeniami wody na zatorach z gałęzi i śmieci i jej czasowym retencjonowaniem w korycie na tych zatorach oraz wylaniem się części wody na tereny zalewowe w dolnym odcinku doliny Białej. Przebieg zmian napełnienia koryta Białej (różnica pomiędzy stanem wody a położeniem dna) w omawianym okresie przedstawiono na rys. 4.36, a przebieg przepływów zmian na rys. 4.37.



Rysunek 4.36 Wykres zmian napełnienia koryta [m] w przekrojach z diverami – krok czasowy 20 min.



Rysunek 4.37 Wykres zmian przepływów [m^3/s] w przekrojach z diverami – krok czasowy 20 min.

4.7 PODSUMOWANIE

Reżim hydrologiczny Białej kształtowany jest przez szybkie odpływy wód opadowych przez system sieci kanalizacyjnej, co przejawia się w postaci:

- dużej częstości występowania przepływów, stanów i głębokości wody o bardzo niskich wartościach (por. rysunki 4.34 i 4.35 oraz tabele 4.10 i 4.11); przykładowo w przekroju POHD66 poniżej ujścia Dolistówki głębokości poniżej 25 cm utrzymują się przez ok. 80% czasu w ciągu roku, a głębokości mniejsze niż 10 cm przez ok. 30%;
- gwałtownego wzrostu przepływów w rzece bezpośrednio po wystąpieniu opadu (por. rysunki 4.21-4.24, 4.29-4.32, 4.36 i 4.37); czas reakcji rzędu kilkudziesięciu minut.

Największą zmiennością charakteryzuje się przekrój hydrometryczny POHD46 (przy ulicy Sokólskiej). W okresie badań stosunek przepływu minimalnego do maksymalnego wynosi 1:200. Taka zmienność jest typowa dla zlewni górskich charakteryzujących się wysokim udziałem w zlewni powierzchni słabo przepuszczalnych lub nieprzepuszczalnych albo zlewni silnie zurbanizowanych. Również w przekroju POHD66 (poniżej ujścia Dolistówki) stosunek ten jest dosyć wysoki i wynosi 1:130.

W świetle planowanych nowych inwestycji należy wyraźnie podkreślić, że można oczekiwać coraz większej gwałtowności i zakresu zmienności przepływów w miarę wzrostu udziału powierzchni uszczelnionych objętych systemem kanalizacji.

Na odcinku pomiędzy przekrojami POHD66 i POHD46 dolina Białej została praktycznie zlikwidowana. W czasie wezbrania opadowego z czerwca 2009 roku, na omawianym odcinku przepływy zwiększyły się prawie 2-krotnie (od $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$ w POHD66 do

9.0 m³/s w POHD46), podczas gdy w okresie stanów średnich przyrost przepływu wynosi zaledwie ok. 20% (0.1 m³/s).

Na odcinku tym, obejmującym wody ze ścisłego centrum miasta, nie istnieją w zasadzie możliwości skutecznego zredukowania przepływów poprzez retencjonowanie wody. Wyjątek stanowią tereny doliny Białej poniżej ujścia Dolistówki. W ramach niniejszego studium zaproponowano utworzenie tu tarasu zalewowego, którego jedną z funkcji jest obniżenie wysokich przepływów poprzez tworzenie się rozlewiska o charakterze polderu (por. rozdz. 8).

Zakres zmienności przepływów w dwóch pozostałych przekrojach jest wyraźnie niższy i wynosi w POHD18 ok. 1:70 i w POHD9 1:15. Wiąże się to z występowaniem w tym obszarze większego udziału terenów, na których możliwa jest infiltracja wód opadowych (ogródki działkowe, tereny zieleni miejskiej), a także z istnieniem niewielkich terenów zalewowych, takich jak zachowany w dobrym stanie fragment doliny Białej poniżej Bażantarki. Świadczy to celowości ochrony tego typu terenów.

5 HYDROLOGICZNY MODEL BIAŁEJ

5.1 PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA MODELU

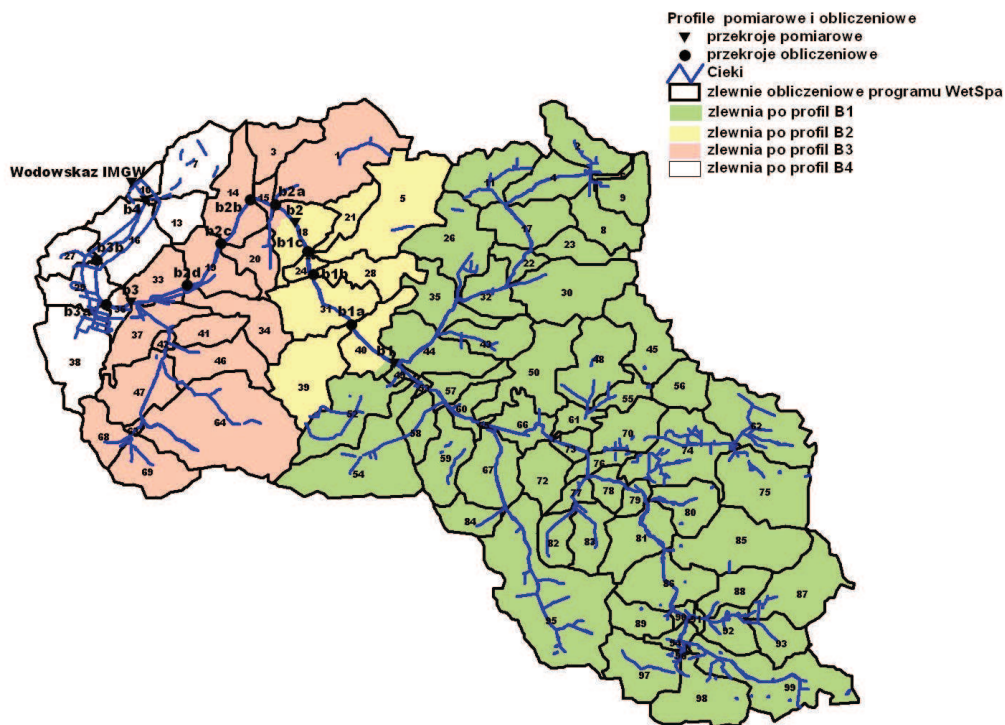
WetSpa (Water and Energy Transfer between Soil, Plants and Atmosphere) to model hydrologiczny o parametrach rozłożonych - uwzględniający przestrzenną zmienność parametrów. Został on opracowany na uniwersytecie Vrije Universiteit Brussel w Belgii jako model bilansowy, a następnie dostosowany do wyznaczania hydrogramów wezbrań przy dowolnym (dobowym, godzinowym, minutowym) kroku czasowym jako model opad-odpływ. Model WetSpa opracowany jest jako rozszerzenie programu ArcView 3.3. W procesie obliczeniowym zlewnia dzielona jest na siatkę rastrowych pól podstawowych (GRID). Parametry przestrzenne modelu obliczane są na podstawie cyfrowych map rastrowych: numerycznego modelu terenu, mapy użytkowania i mapy glebowej. Do każdego węzła siatki rastrowej przypisywane są parametry uzależnione od rodzaju gleby, użytkowania i ukształtowania terenu, które następnie mogą być agregowane w zlewniach elementarnych. Program wymaga również danych hydro-meteorologicznych, takich jak temperatura średnia dobową, opad atmosferyczny, ewapotranspiracja potencjalna określonych w jednym lub większej ilości posterunków meteorologicznych. Każda komórka rastrowa traktowana jest jako cztery poziome warstwy: strefy roślinności, strefy korzeniowej, strefy aeracji i strefy saturacji. Procesy hydrologiczne brane pod uwagę w obliczeniach dotyczą każdej z tych stref. Są to: opad atmosferyczny, intercepcja, retencja powierzchniowa (depresyjna), odpływ powierzchniowy, infiltracja, ewapotranspiracja, perkolacja, odpływ podpowierzchniowy, dopływ wód gruntowych, bilans wodny w strefie korzeniowej i w strefie saturacji. Bilans wodny jest obliczany dla każdej komórki rastrowej, z uwzględnieniem udziału w powierzchni komórek różnych rodzajów użytkowania terenu. Kolejność procesów symulowanych w każdej komórce jest analogiczna jak procesów zachodzących w środowisku po wystąpieniu opadu. Procesy hydrologiczne modelowane są przez połączenie fizycznych i empirycznych zależności, a efektem końcowym procesu modelowania jest hydrogram odpływu i hydrologiczne charakterystyki dla analizowanej zlewni.

Przyjęto następujące założenia adaptacyjne modelu hydrologicznego WetSpa dla zlewni Białej:

1. Opad jest równomiernie rozłożony na obszarze całej zlewni. Założenie to wynika z ograniczenia posiadanych danych meteorologicznych do jednego posterunku i może powodować zawyżone wyniki symulacji przepływu w okresach opadów nawalnych, które często mają charakter lokalny.
2. Krzywe natężenia przepływu użyte podczas kalibracji mają charakter teoretyczny, co skutkować może błędną ekstrapolacją wartości przepływu szczególnie w strefach stanów wysokich
3. Model ma charakter bilansowy, a nie hydrodynamiczny, nie uwzględnia wpływu budowli hydrotechnicznych na przebieg hydrogramu odpływu, oraz retencyjności polderów zalewowych.
4. Model hydrologiczny odtwarza reakcję zlewni na opad deszczowy, a proces formowania się wezbrań roztopowych jest w nim ujęty w sposób uproszczony.

5.2 IDENTYFIKACJA I WERYFIKACJA MODELU

W opracowaniu zlewni Białej wykorzystano model WetSpa, opis szczegółowy przedstawiono w załączniku MODEL HYDROLOGICZNY. Zastosowano tu model o parametrach częściowo rozłożonych, w którym komórki rastrowe łączone są w grupy reprezentujące zlewnie elementarne o średniej wielkości 1 km², a parametry przestrzenne modelu obliczane są jako średnie w tych zlewniach. Podział zlewni Białej na zlewnie cząstkowe opracowany dla potrzeb modelu przedstawiono na rys. 5.1



Rysunek 5.1 Podział zlewni Białej na zlewnie cząstkowe opracowany dla potrzeb modelowania hydrologicznego

Parametry przestrzenne (lokalne) modelu oszacowano na podstawie warstw informacyjnych: mapy glebowo-rolniczej w skali 1 : 25 000, mapy użytkowania terenu oraz numerycznego modelu terenu (opracowanych przez wykonawcę na podstawie materiałów udostępnionych przez UM Białystok). Wielkość komórki obliczeniowej w rastrowym modelu danych przyjęto równą 25 m. Numeryczny model terenu wykorzystany do określania potencjalnych dróg odpływu wody ze zlewni i kierunków spływu powierzchniowego został zmodyfikowany przez wcięcie w nim sieci rzecznej i sieci kanalizacji burzowej na głębokość 2 metrów. Pozwoliło to na narzucenie rzeczywistych kierunków odpływu, które w środowisku miejskim nie zawsze układają się zgodnie ze spadkiem terenu. Dla obszaru miejskiego przyjęto zmienny stopień szczelności powierzchni terenu wyrażanej w postaci procentowej w zależności od rodzaju użytkowania: dla obszarów zdefiniowanych jako przemysłowe i centra handlowe – 70% powierzchni nieprzepuszczalnej, ciągi komunikacyjne (drogowe

i kolejowe) 50%, obszary mieszkalne 30%, obszary zieleni miejskiej i obiekty rekreacyjno-sportowe 5%. Szczelność powierzchni na poziomie 70% oznacza, że z 70% powierzchni odbywa się bezpośredni odpływ, a na pozostałych 30% woda wypełnia retencję glebową i filtruje do gruntu. Z uwagi na fakt, że na mapie glebowej obszary zabudowane pozbawione są informacji o typie gleby, przyjęto dla nich uśrednione parametry filtracji.

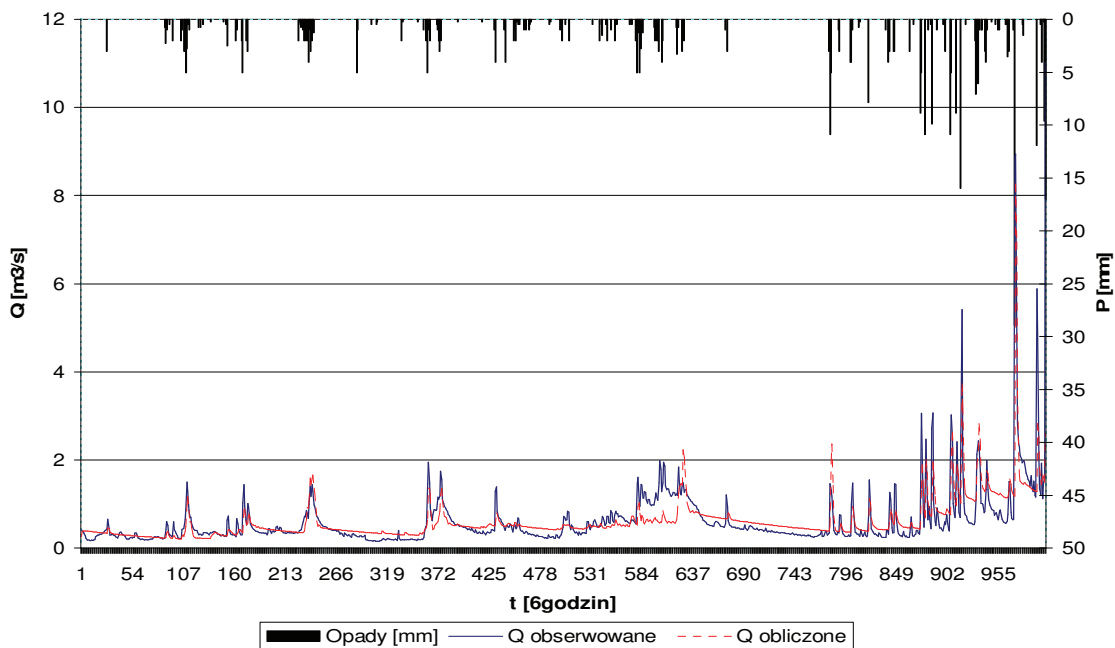
Parametry globalne kalibrowano metodą półautomatyczną z wykorzystaniem algorytmów programu PEST. Parametry te umożliwiają odzwierciedlenie ogólnych warunków hydrologicznych w zlewni: wilgotność początkowa gleby, głębokość do zwierciadła wód gruntowych, krzywa opadania odpływu wód gruntowych, rozdział odpływu na powierzchniowy, podpowierzchniowy i podziemny, parametry prędkości topnienia śniegu. Kalibrację przeprowadzono na okresie 24.10.2008-01.07.2009, podstawą kalibracji były przepływy obserwowane w przekroju pomiarowym B3 (POHD18) w interwale 6-godzinny, a weryfikację przeprowadzono na przepływach obserwowanych w przekrojach pomiarowych B4 (POHD9), B2 (POHD46) i B1 (POHD66). Wyniki kalibracji przedstawiono na rys. 5.2 oraz zamieszczono w załączniku CD (katalog Model hydrologiczny). W Załączniku MODEL HYDROLOGICZNY przedstawiono również porównanie obserwowanych i obliczonych przepływów dla pozostałych przekrojów z diverami. Statystyczne miary poprawności modelu pozwalają na niezależną ocenę jakości modelu. Szczegółowy opis tych miar przedstawiono w Załączniku MODEL HYDROLOGICZNY. Miary podstawowe to CR1, CR2 i CR3 – pozwalają na ogólną ocenę możliwości symulacji przez model bilansu wodnego i hydrogramu odpływu, a dodatkowe miary CR4 i CR5 umożliwiają ocenę poprawności odtwarzania odpowiednio niskich i wysokich odpływów. Generalnie, na ich podstawie oraz na podstawie analizy hydrogramów odpływu cenić można stwierdzić, że:

- dostosowanie modelu jest bardzo dobre w przypadku określania bilansu wodnego w wieloletniu,
- dostosowanie modelu jest średnie w przypadku odtwarzania hydrogramów odpływu,
- model dobrze reaguje na opady nawalne odtwarzając hydrogramy fal wezbraniowych bez opóźnień, jednakże wysokość odpływu jest często niedoszacowana lub zawyżona; powodem jest prawdopodobnie przyjęcie założenia równomiernego rozkładu opadu w całej zlewni,
- niskie przepływy odtwarzane są poprawnie lecz występują błędy (zbyt wolna reakcja modelu) w wyznaczeniu przebiegu krzywej wysychania,
- występują wyraźne różnice między obserwowanym i obliczonym odpływem w okresie roztopowym.

Uzyskanie lepszego dopasowania modelu dla zlewni Białej wymagałoby uszczegółowienia wykorzystywanych danych wejściowych, a w szczególności:

- określenia przestrzennego rozkładu pola opadu na podstawie minimum 6 (optimum 12) posterunków opadowych rozmieszczonych nierównomiernie na obszarze zlewni – więcej posterunków w obszarach zurbanizowanych;
- wydłużenia ciągu kalibracyjnego przepływów do minimum pełnego 1 roku (optymalnie 5 lat);

- udoskonalenia krzywych konsumcyjnych – zwiększenia liczby pomiarów przepływu do co najmniej kilkunastu wykonanych przy różnych stanach wody – w tym również w strefie stanów wysokich – w każdym z przekrojów pomiarowych;
- uszczegółowienia informacji o szczelności podłoża i użytkowaniu terenu w obszarze zurbanizowanym i ich przestrzennym zróżnicowaniu np. na podstawie analizy wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych (rozdzielczość przestrzenna 1 m) z satelity Ikonos lub QuickBird.



Rysunek 5.2 Obserwowane i obliczone przepływy w przekroju bilansowym B3 (POHD18) w okresie kalibracyjnym 24.10.2008-01.07.2009

5.3 SYMULACJA PRZEPLÝWÓW DLA CIĄGÓW OPADOWYCH Z WIELOLECIA

Przeprowadzono symulację na ciągach opadowych z lat 1987-2009 (por. rozdz. 3). Pierwszy rok ciągu został wykorzystany do ustabilizowania parametrów wilgoci glebowej w modelu, wyniki dla tego roku zostały odrzucone. W wyniku symulacji uzyskano przepływy w 14 przekrojach Białej. Zestawienie przekrojów, dla których symulowano przepływy zamieszczono w tab. 5.1. Na rys. 5.3 przedstawiono wyniki symulacji dla przekroju bilansowego B4 (POHD9). Zestawienie obliczonych przepływów dla wszystkich uwzględnianych przekrojów zostało zamieszczone na płycie CD (katalog MODEL HYDROLOGICZNY) stanowiącej załącznik do niniejszego studium.

Tabela 5.1 Zestawienie przekrojów uwzględnianych w modelu

Lp.	Przekrój bilansowy wg modelu	Kilometraż przekroju bilansowego	Id odcinka	Przekrój obliczeniowy wg profilu podłużnego	Kilometraż przekroju obliczeniowego	Współrzędne		Rzędna dna
						X	Y	
1	B1	19.083	4	POHD66	19.200	779506	592636	128.21
2	B2	15.561	7	POHD46	15.730	777609	595320	122.38
3	B3	11.220	11	POHD18	11380	774476	593802	117.77
4	B4	8.255	13	POH9	8.311	774760	595747	114.58
5	Wod. IMGW	7.848	13	PO7	7.748	774496	596086	114.10
6	b1a	17.947	4	POH63	18.155	778682	593382	126.43
7	b1b	16.664	6	POH55	16.880	777954	594328	124.08
8	b1c	16.172	7	POH50	16.241	777845	594777	123.53
9	b2a	15.044	7	POH42	15.035	777233	595666	121.70
10	b2b	14.546	8	POH38	14.449	776757	595755	121.11
11	b2c	13.505	9	POH30	13.476	776192	594922	119.94
12	b2d	12.413	10	POH23	12.405	775548	594129	118.94
13	b3a	10.720	11	POH16	10.901	774000	593762	117.28
14	b3b	9.800	13	POH11	8.920	773824	594609	116.21

5.4 ANALIZA STATYSTYCZNA WYNIKÓW SYMULACJI

W oparciu o uzyskane w wyniku symulacji ciągi przepływów średnich 6-godzinnych dla wielolecia 1988-2009 dla każdego z 14-tu przekrojów bilansowych (por. tabela 5.1) obliczono następujące charakterystyki statystyczne: wartości minimalne (Q_{\min}), wartości średnie (Q_{sr}), wartości maksymalne (Q_{\max}), przepływy o różnej częstości występowania ($Q_{98\%}$, $Q_{95\%}$, $Q_{90\%}$), przepływy maksymalne o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% ($Q_{\max,1\%}$). Obliczone wartości charakterystyk statystycznych zamieszczono w tabeli 5.2.

Zestawione w tabeli 5.2 statystyki zostały wykorzystane do:

- oceny stopnia zagrożenia podtopieniami na skutek podpiętrzania wody przez obiekty infrastruktury (mosty, przepusty);
- oszacowania zasięgów zalewów doliny dla przepływu maksymalnego o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% (por. rozdz.4.3).

Obliczone w rozdz. 4.3 maksymalne wielkości przepływów, które mogą swobodnie przepłynąć pod mostem lub przepustem zostały porównane z charakterystykami przepływów wysokich $Q_{\max,1\%}$ oraz $Q_{2\%}$ (por. tabela 5.3). Z analizy tej wynika, że tylko dla jednego z 4 analizowanych obiektów (most – ul. Piłsudskiego) możliwe jest przepuszczenie wody 100-letniej. W przypadku mostów na Sienkiewicza i Fabrycznej przepustowość przekroczona jest niewiele o mniej niż 10%. Najgorsza sytuacja jest w przypadku przepustu drogowego pod ulicą Poleską, gdzie woda 100-letnia jest 2.5-krotnie większa od przepustowości obiektu, tym bardziej że ze względu na ograniczone światło przepustu ($7,5 \text{ m}^2$) i jego wysokość (1,5 m) jest to miejsce, w którym często gromadzą różnego rodzaju zanieczyszczenia w postaci gałęzi, szczątków roślinnych i śmieci. Nawet po uwzględnieniu faktu, że przepływ $Q_{\max,1\%}$ może być zawyżony (założenie równomierności opadu nad całym miastem) należy rozważyć konieczność przebudowy tego przepustu, a przynajmniej zabezpieczyć przed dopływem zanieczyszczeń powodujących zatory.

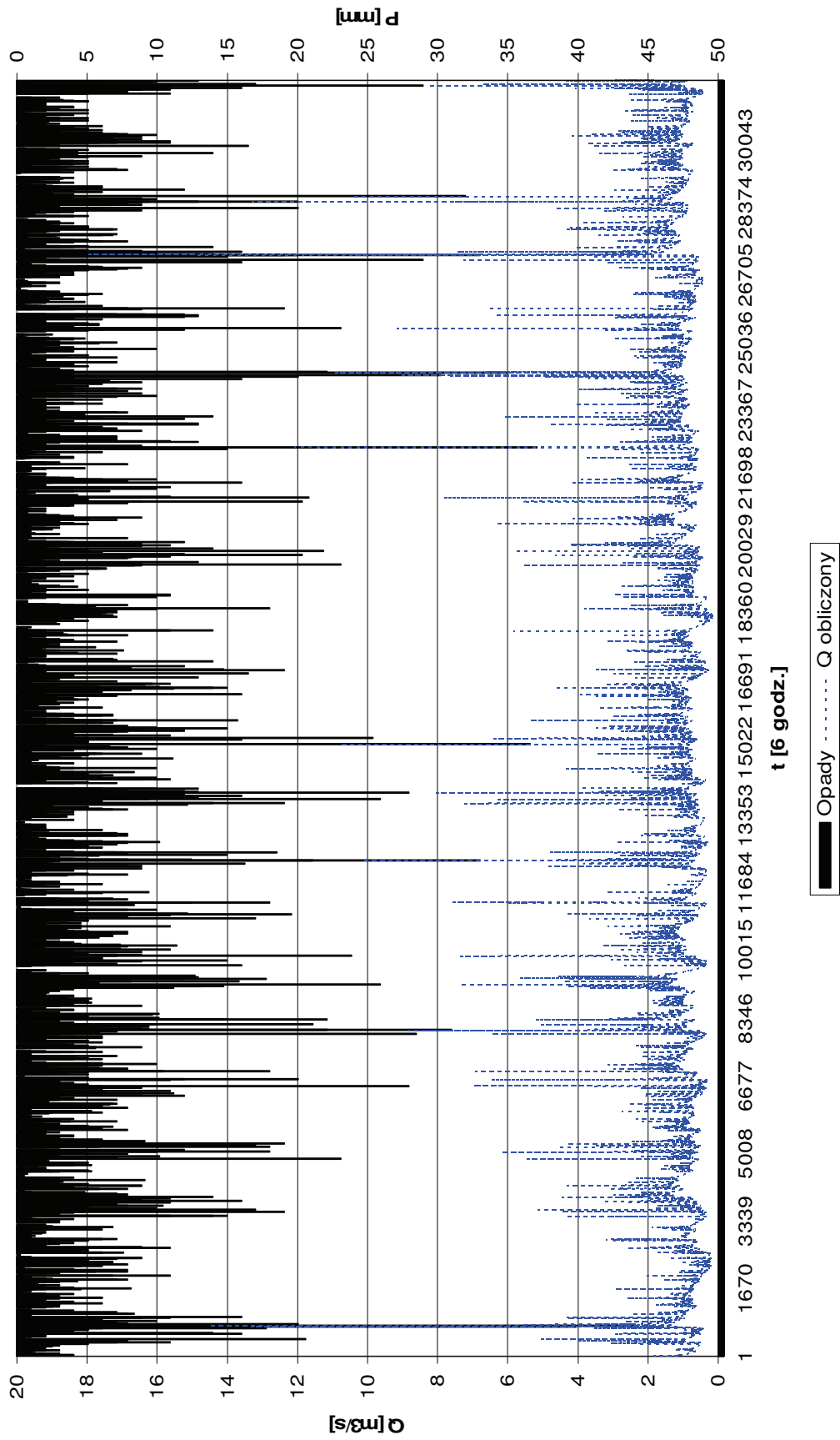
Porównanie z przepływem $Q_{2\%}$, który wraz z wyższymi trwał nie więcej niż 2% czasu objętego badaniami symulacyjnymi (1988-2009), wskazuje że jest on zdecydowanie mniejszy niż przepustowość obiektów, co oznacza problemy z przepustowością pojawiają się rzadko.

Tabela 5.2 Wartości przepływów charakterystycznych w przekrojach bilansowych obliczone na podstawie wyników symulacji dla wielolecia 1988-2009

Przepływ	Przekrój bilansowy													
	POHD66	POHD46	POHD18	POHD9	PO7	PO63	PO55	PO50	PO42	PO38	PO30	PO23	PO16	PO11
	B1	B2	B3	B4	IMGW	b1a	b1b	b1c	b2a	b2b	b2c	b2d	b3a	b3b
NNQ	0.03	0.04	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06
SNQ	0.16	0.19	0.26	0.28	0.29	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21	0.22	0.27	0.27
SSQ	0.39	0.50	0.70	0.77	0.77	0.43	0.46	0.50	0.53	0.54	0.56	0.58	0.72	0.74
WWQ	19.96	24.50	30.37	32.25	32.32	21.14	22.42	24.14	24.75	24.78	25.19	26.23	30.92	31.33
$Q_{2\%}$	1.54	1.94	2.55	2.74	2.74	1.65	1.75	1.90	1.98	2.00	2.05	2.15	2.60	2.65
$Q_{5\%}$	0.87	1.13	1.56	1.71	1.72	0.94	1.01	1.11	1.17	1.18	1.23	1.29	1.61	1.64
$Q_{10\%}$	0.65	0.84	1.19	1.30	1.31	0.70	0.75	0.82	0.88	0.89	0.93	0.97	1.22	1.24
$Q_{max,1\%}$	22.83	27.44	33.31	35.35	35.42	24.16	25.48	27.09	27.71	27.75	28.17	29.21	33.88	34.33

Tabela 5.3 Zestawienie statystycznych charakterystyk przepływu w przekrojach lokalizacji analizowanej infrastruktury

Lp.	Typ mostu	Ulica	Km biegu rzeki	Strefa opracowania	Przekrój najbliższy	$Q_{max,1\%}$ [m ³ /s]	$Q_{2\%}$	Max swobodny przepływ pod mostem [m ³ /s]
1	drogowy betonowy	Fabryczna	17.714	5	P63	24.2	1.65	22.4
2	drogowy betonowy	H. Sienkiewicza	17.907	5	P63	24.2	1.65	22.4
3	drogowy betonowy	J. Piłsudskiego	18.266	4	P63	24.2	1.65	37.8
4	przepust drogowy	Poleska	20.622	6	P55	25.5	1.75	9.8



Rysunek 5.3 Symulacja odpływu w przekroju bilansowym B4 (POHD9) obliczona dla ciągu opadów 1.01.1988-27.07.2009.

6 JAKOŚĆ WÓD BIAŁEJ

6.1 ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZEŃ

W chwili obecnej na terenie Białegostoku poza zrzutem z miejskiej oczyszczalni nie występują kontrolowane punktowe zrzuty ścieków (WIOŚ, 2009). Ścieki z terenu miasta są zbierane systemem kanalizacji sanitarnej i odprowadzane do miejskiej oczyszczalni ścieków (Wodociągi Białostockie Sp. z o.o. Oczyszczalnia Miejska), przy czym w ścisłym centrum funkcjonuje system kanalizacji ogólnospławnej z przelewami burzowymi, z których wody odprowadzane są do Białej (Politechnika Białostocka, 2008). Udział ludności obsługiwanej przez komunalną oczyszczalnię ścieków wynosi ok. 94.3% (na podstawie danych WWW.stat.gov.pl). Ścieki są po oczyszczeniu (oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna z podwyższonym usuwaniem biogenów) odprowadzane do Białej w rejonie Zawad, przy granicy miasta (ul. Produkcyjna 102). Ścieki odprowadzane z miejskiej oczyszczalni generalnie spełniają wymagania określone w Rozporządzeniu MŚ z dn. 28. 01. 2009 dotyczącym wymagań, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód (Dz. U. z 2009 r. Nr 27 poz. 169), chociaż w okresie letnim 2007 r. zdarzały się przekroczenia stężeń azotu ogólnego (WIOŚ, 2009). Charakterystyki zrzutu ścieków z miejskiej oczyszczalni przedstawiono w tab. 6.1. Z zakładów przemysłowych funkcjonujących na terenie miasta część posiada własne oczyszczalnie i odprowadza wody pościekowe do kanalizacji miejskiej, a pozostałe zakłady, wytwarzające niewielkie ilości ścieków, dostarczają je do stacji zlewnej (przy zbiegu ulic Tysiąclecia Państwa Polskiego i Andersa), która jest podłączona do oczyszczalni.

Tabela 6.1 Zestawienie ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do rzeki Białej z oczyszczalni miejskiej (mechaniczno-biologiczna, osad czynny, z podwyższonym usuwaniem biogenów) w 2008 r.

Charakterystyka	Ilość ścieków ^{*)} [m ³ /d]	BZT5	Zawiesiny ogólne	ChZT-Cr	Azot ogólny	Fosfor ogólny
Ładunki [kg/d]	72 361.5	189.6	268.5	2690.4	334.3	52.8
Stężenia [mg/l]		2.62	3.71	37.18	4.62	0.73
Stężenia graniczne ^{**)} [mg/l]	(-)	25	35	125	30	3.0

^{*)} wartość średnia z I półrocza

^{**)} zgodnie z Rozp. MŚ, Dz. Ust. z 2009 r. Nr 27 poz. 169

Potencjalne zagrożenia dla jakości wód Białej mogą stanowić zakłady wykorzystujące substancje niebezpieczne, składowiska odpadów i osadów pościekowych. W zlewni Białej występuje 10 większych zakładów składujących i wykorzystujących niebezpieczne substancje, takie jak kwas solny, woda utleniona, hydrosulfit, amoniak, olej transformatorowy (Kwiatkowski i in., 2004). Najwięcej odpadów niebezpiecznych wytwarza Szpital im. K. Dłuskiego, zlokalizowany w zlewni Dopływu spod Dojlid Górnych. Odzyskiem odpadów niebezpiecznych zajmują się na terenie miasta specjalistyczne przedsiębiorstwa (Plan gospodarki odpadami dla miasta Białegostoku na lata 2004-2015 – aktualizacja 2009). Z komunalnych składowisk odpadów jedno jest zlokalizowane poza zlewnią Białej, w miejscowości Hryniewicze, a drugie w Sowlanach w zlewni Dolistówki (Plan gospodarki odpadami..., 2009), nielegalne wysypiska są likwidowane na bieżąco. Według danych Urzędu Marszałkowskiego w 2007 roku oczyszczalnia miejska wytworzyła około 6 161 Mg s.m. komunalnych osadów ściekowych. Osady były stabilizowane w wyniku

fermentacji metanowej i odwadniane na prasach mechanicznych. Część osadów jest poddawana odzyskowi przez koncesjonowane przedsiębiorstwa, a pozostałe są magazynowane przy oczyszczalni. W zlewni Dolistówki zorganizowane są dwa wysypiska śniegu, położone na zbiegu ul. Ciołkowskiego i Pieczurki oraz na terenie bazy MPO przy ul. 27 lipca.

W 2000 r. w obszarze miasta Białystok były zlokalizowane 153 wyloty sieci kanalizacji deszczowej, z tego w zlewni Białej było 137 wylotów – 69 wylotów bezpośrednio do Białej, a pozostałe do jej głównych dopływów lub rowów (Kwiatkowski i in., 2004). Do chwili obecnej ogólna liczba wylotów kanalizacji deszczowej w obszarze Białegostoku się nie zmieniła (Politechnika Białostocka, 2008), ale następne 54 są projektowane (dane te dotyczą całego obszaru miasta, ale liczba wylotów do cieków poza zlewnią Białej jest nieduża). W chwili obecnej liczba wylotów wyposażonych w urządzenia do ochrony jakości wody jest stosunkowo niewielka: 42 wyloty posiadają separatory, a 18 – osadniki (Politechnika Białostocka, 2008).

W trakcie badań terenowych na odcinku Białej od Stawów Dojlidy granic miasta poniżej zrzutu z oczyszczalni zinwentaryzowano łącznie 144 wyloty kanałów, przy czym identyfikacja ich funkcji nie była możliwa (rozdz. 2.2). W tej liczbie znajdują się więc niezaślepienie, nieusunięte wyloty nieużytkowanych lub nieczynnych kanałów. Na rys. 6.1 pokazano lokalizację głównych zagrożeń jakości wód w miejskiej części zlewni Białej oraz przebieg istniejącej i planowanej wg stanu na 2000 r. sieci kanalizacji deszczowej (warstwa informacyjna przebiegu kanalizacji deszczowej wg stanu na 2000 r. została udostępniona przez Urząd Miasta Białystok).

Z badań jakości wód odprowadzanych kanalizacją deszczową przeprowadzonych przez zespół Politechniki Białostockiej (Andraka i in., 1998) wynika, że wody te są znacznie zanieczyszczone i powinny być podczyszczane. W tab. 6.2 przedstawiono uśrednione wartości stężeń wybranych wskaźników zanieczyszczenia wód w ściekach deszczowych z obszaru Białegostoku. Wartości średnie obliczono na podstawie zrealizowanych serii pomiarowych w 8 punktach poboru prób. W tabeli zamieszczono również graniczne wartości stężeń zanieczyszczeń, jakie mogą być wprowadzane do wód powierzchniowych (Rozp. MŚ z dn. 28.01.2009, Dz. U. z 2009 r. Nr 27 poz. 169). Przedstawione dane wskazują na bardzo duże ilości zawiesin niesione w ściekach deszczowych, istotne zanieczyszczenie substancjami organicznymi (BZT5 i ChZT-Cr), biogennymi (azot azotynowy i fosforany) i siarczkami.

O jakości ścieków deszczowych decydują:

- jakość opadów atmosferycznych,
- faza spływu powierzchniowego, w której następuje splukiwanie zanieczyszczeń z powierzchni terenu oraz
- faza przepływu w sieci kanalizacyjnej.

Wpływ na jakość opadów ma zanieczyszczenie powietrza, w tym stężenia gazów, pyłów i aerozoli, które w czasie opadu podlegają wymywaniu. Jakość opadów atmosferycznych scharakteryzowano w rozdziale 6.2.1. Ilość zanieczyszczeń splukiwanych z powierzchni terenu zależy od szeregu czynników, takich jak (Ociepa i in., 2009): rodzaj użytkowania zlewni (w obszarach miejskich – zabudowa mieszkaniowa, strefy przemysłowe, handlowe, tereny zieleni) oraz rodzaj nawierzchni i sposób jej oczyszczania (większe zanieczyszczenia z powierzchni kostki betonowej), fazy opadu (największe zanieczyszczenie

występuje najczęściej w pierwszej fazie opadu), długości przedziałów czasowych pomiędzy kolejnymi opadami (największe zanieczyszczenie po długim okresie bezopadowym), natężenia opadów (wody są bardziej zanieczyszczone przy gwałtownych opadach) i pory roku (np. okres roztopów). W fazie przepływu w sieci kanalizacyjnej może występować – w przypadku niewłaściwej eksploatacji urządzeń – wtórne zanieczyszczenie ścieków deszczowych poprzez uruchomienie osadów zgromadzonych w kanałach, osadnikach lub separatorach w czasie poprzedniego opadu.

Tabela 6.2 Uśrednione wartości wybranych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach deszczowych z terenu Białegostoku (Andraka i in., 1998)

Wskaźnik zanieczyszczenia	Liczba pomiarów	Średnie stężenie	Stężenie graniczne ^{*)}
Odczyn pH [-]	74	7.8	6.5 - 9
Zawiesiny ogólne [mg/l]	70	704.3	35 / 100 ^{**)}
BZT5 [mg O ₂ /l]	59	28.2	25
ChZT-Cr [mg O ₂ /l]	74	429.1	125
Azot amonowy [mg/l]	74	2.2	10
Azot azotanowy [mg/l]	60	13.3	30
Azot azotynowy [mg/l]	61	1.03	1
Azot ogólny [mg/l]	20	11.8	30
Fosfor ogólny [mg/l]	21	2.9	3
Chlorki [mg/l]	74	673.4	1000
Siarczany [mg/l]	65	118.9	500
Siarczki [mg/l]	74	0.8	0.2
Zn [mg/l]	18	0.727	2
Cr [mg/l]	18	0.070	0.5
Cd [mg/l]	18	0.003	0.2
Co [mg/l]	18	0.035	1
Cu [mg/l]	18	0.115	0.5
Ni [mg/l]	18	0.034	0.5
Pb [mg/l]	18	0.337	0.5

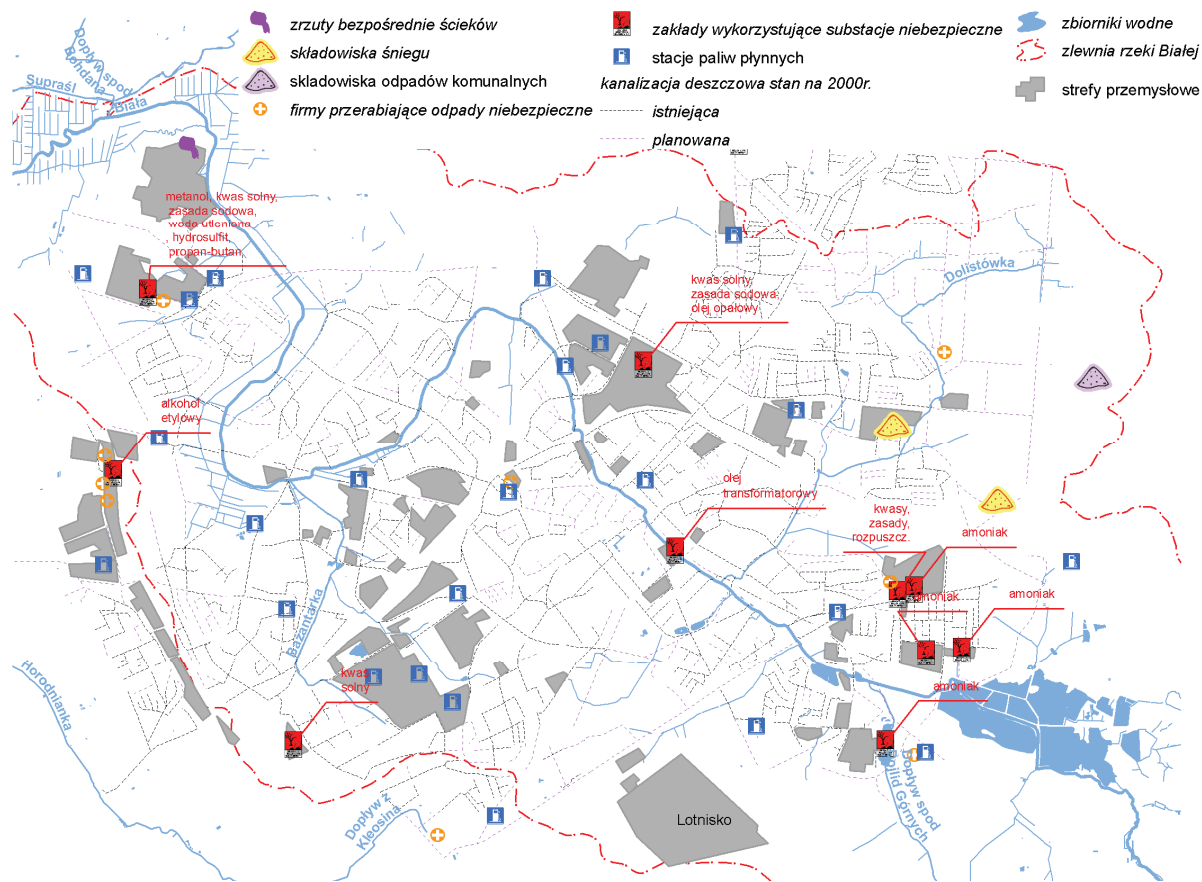
^{*)} zgodnie z Rozp. MŚ z dn. 28.01.2009 r., Dz. U. Nr 27 poz. 169 dla ścieków z oczyszczalni przemysłowych

^{**)} zgodnie z Rozp. MŚ z dn. 24.07.2006 r. Dz. U. Nr 137, poz. 984 ścieki deszczowe z wybranych powierzchni – przy natężeniu deszczu co najmniej 15 l/s/ha (77 l/s/ha dla magazynów paliw) nie mogą przekraczać 100 mg/l zawiesiny ogólnej i 15 mg/l węglowodorów ropopochodnych

Na podstawie przedstawionych wyżej materiałów można stwierdzić, że największe zagrożenie dla jakości wód Białej stanowi odprowadzanie wód deszczowych z terenu miasta. W ramach pomiarów terenowych zaobserwowano dodatkowe zagrożenia:

- obecność niezaślepionych wylotów nieużytkowanych kolektorów ściekowych (Fot. 6.1), co może sprzyjać powstawaniu incydentalnych zrzutów ścieków,
- występowanie ogrodzeń posesji i zakładów przemysłowych (np. BIAFORM, Zakładu Energetycznego przy ul. Świętojańskiej, BIAWAR), budynków a także bezpośrednich odpływów wód deszczowych (Fot. 6.2), w bliskim sąsiedztwie koryta lub w skarpie brzegowej, co sprzyja spłukiwaniu zanieczyszczeń z tych terenów do cieków,
- zaśmiecanie odpadami bytowymi (butelki, opakowania po produktach spożywczych, szmaty, papiery, jak również elementy mebli, np. siedzisko kanapy) koryta i brzegów

wzdłuż całej rzeki, szczególnie intensywne wysypywanie odpadów organicznych w obszarze ogródków działkowych w rejonie Antoniuka.



Rysunek 6.1 Przebieg kanalizacji deszczowej i lokalizacja potencjalnych zagrożeń jakości wód w miejskiej części zlewni rzeki Białej

6.2 IDENTYFIKACJA STANU JAKOŚCI WÓD

6.2.1 Jakość opadów atmosferycznych

Dane dotyczące jakości opadów atmosferycznych obejmujące średnie miesięczne stężenia wybranych parametrów fizyko-chemicznych w wieloleciu 2000-2007 zostały dla potrzeb niniejszego opracowania udostępnione za zgodą GIOŚ przez IMGW Wrocław. W tab. 6.3 zestawiono średnie wartości stężeń z badanego wielolecia, zaobserwowany zakres zmienności oraz miesiące, w których najczęściej występowały wartości ekstremalne.



Fot. 6.1 Wyloty kolektorów



Fot. 6.2 Bezpośredni odpływ wód deszczowych z terenu zakładu usługowego

Tabela 6.3 Charakterystyka stężeń zanieczyszczeń w opadach atmosferycznych dla stacji IMGW Białystok z okresu 2000-2007 – na podstawie danych IMGW

Oznaczenie	Średnie stężenie dla Białegostoku	Średnie stężenie dla Polski*)	Wartości ekstremalne		Miesiące wystąpienia ekstremów wraz z liczbą wystąpień		Średni roczny ładunek [kg/ha]
			minimum	maksimum	minimum	maksimum	
Azot amonowy [mg N/dm ³]	0.899	0.856	0.1	2.73	VIII (3)	IV (5)	4.39
Azot ogólny [mg N/dm ³]	1.791	2.05	0.67	4.89	VIII (3)	III (5)	8.63
Azot azotanowy + azotanowy [mg N/dm ³]	0.561	0.621	0.17	1.55	VIII (4)	III, IV (3)	2.56
Chlorki [mg Cl ⁻ /dm ³]	0.904	1.45	0.18	2.89	VIII (5)	III (3)	4.1
Fosfor ogólny [mg P/dm ³]	0.056	0.055	0.003	0.45	XII (3)	IV (3)	0.27
Jon wodorowy [mg H ⁺ /dm ³]	0.008	0.011	0.00010	0.0398	IV (3)	III (3)	0.04
Kadm [mg Cd/dm ³]	0.000	0.0004	0.00001	0.001	X (3)	I, XII (2)	0
Magnez [mg Mg/dm ³]	0.141	0.171	0.04	0.49	III, V, VIII, IX, X (2)	IV (5)	0.66
Mangan [mg Mn/dm ³]	0.007	0.0074	0.0004	0.036	X (5)	IV (3)	0.03
Miedź [mg Cu/dm ³]	0.003	0.0081	0.0002	0.011	VIII (4)	I (3)	0.01
Nikiel [mg Ni/ dm ³]	0.001	0.0013	0.0001	0.0045	VIII, IX, X (3)	III (3)	0
Odczyn pH [-]	5.393	5.39	4.4	7.01	III (3)	IV (3)	-
Ołów [mg Pb/dm ³]	0.002	0.0034	0.0003	0.0072	VIII (4)	III (3)	0.01
Przewodność [μS/cm]	24.3	27.7	6	52.5	VIII (3)	III, IV (3)	
Siarczan [mg SO ₄ ²⁻ / dm ³]	2.840	3.22	0.49	8.12	VIII, X (2)	III, IV (3)	13.6
Wapń [mg Ca/dm ³]	1.078	1.13	0.085	4.36	X (3)	IV (6)	4.99
Żelazo [mg Fe/dm ³]	0.024	0.033	0.003	0.16	V (3)	IV (5)	0.1

*) na podstawie materiałów publikowanych na: <http://www.gios.gov.pl/chemizm/>.

Na podstawie tego zestawienia można zauważyć, że maksymalne wartości stężeń, oprócz niklu i magnezu, występują w okresie poza wegetacyjnym, a w sezonie wegetacyjnym pojawiają się minima. Maksymalne stężenia w marcu lub kwietniu występowały najczęściej dla azotu amonowego i ogólnego, wapnia, żelaza i magnezu (5-6 wystąpień w ciągu 8 lat), natomiast występowanie minimalnych stężeń w tych samych miesiącach charakteryzuje chlorki, miedź, ołów, sumę azotanów i azotynów (sierpień) oraz mangan (październik). W porównaniu do średnich stężeń dla obszaru Polski (2000-2007) stężenia w Białymstoku są dla większości wskaźników niższe, przy czym istotnie niższe są dla kadmu, miedzi, ołowiu, żelaza, chlorków i jonu wodorowego. Nieznacznie wyższe od średnich dla kraju są stężenia azotu amonowego i fosforu ogólnego. Analizując zarówno średnie jak i maksymalne stężenia wskaźników zanieczyszczeń w opadach można stwierdzić, że – poza dostawą azotu amonowego i fosforu ogólnego – wody opadowe nie stanowią zagrożenia dla jakości wód powierzchniowych.

6.2.2 Jakość wód powierzchniowych

Analizy jakości wód Białej dokonano na podstawie wyników monitoringu prowadzonego przez WIOŚ w Białymstoku w latach 1998-2008 i badania własne. Lokalizację punktów monitoringu przedstawiono na rys. 6.2.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ HISTORYCZNYCH

WIOŚ w Białymstoku prowadził monitoring jakości wód Białej w dwóch punktach pomiarowych: przy MOS w Dojlidach (Id=1) oraz w Nowym Aleksandrowie (Id=12), pozostałe odcinki Białej i jej dopływy nie były monitorowane. Punkt 1 zlokalizowany jest w górnym biegu Białej, poniżej Stawów Dojlidzkich i wyniki pomiarów z tego punktu umożliwiają ocenę jakości wód wpływających na teren miasta. Punkt 12 położony jest w odcinku ujściowym, poniżej zrzutu z oczyszczalni miejskiej. Ponieważ wielkość zrzutu z oczyszczalni ($0.838 \text{ m}^3/\text{s}$) przewyższa zasoby wód Białej przy niskich przepływach ($\text{SNQ} = 0.53 \text{ m}^3/\text{s}$) wyniki tego punktu nie są reprezentatywne dla oceny jakości wód w obszarze miasta.

Dane udostępnione przez WIOŚ dla potrzeb niniejszego opracowania obejmowały wyniki oznaczeń wybranych wskaźników jakości wody w latach 1998-2008. Pomiary były prowadzone najczęściej raz w miesiącu, przy czym punkt 12 badany był w każdym roku, a punkt 1 – raz na 3 lata (2000, 2003, 2006). W tabeli 6.4 przedstawiono klasyfikację jakości wód pod względem wybranych wskaźników (zgodnie z Rozp. z 2008 r.) oraz zakresy zmienności tych wskaźników w latach 2006 (punkty 1 i 12) i 2008 (tylko punkt 12). Wyniki badań z 2006 r. umożliwiają scharakteryzowanie zmian jakości Białej pod wpływem miasta Białystok (łącznie ze zrzutem ścieków). Na podstawie analizy wyników można stwierdzić brak istotnych zmian indeksów saprobowości, ChZT-Cr i zawiesiny ogólnej oraz znaczący wzrost stężenia azotanów i azotu ogólnego, barwy a także liczebności bakterii grupy *Coli*. Jednocześnie należy podkreślić, że zaobserwowana zależność dotyczy przede wszystkim okresów bezopadowych. Na rys. 6.3 przedstawiono zmiany stężeń charakterystycznych wybranych wskaźników jakości wody w 2006 r.

Tabela 6.4 Zestawienie statystyk wyników monitoringu wód rzeki Białej prowadzonego przez WIOŚ Białystok w latach 2006 i 2008 (opracowano na podstawie danych Inspekcji Ochrony Środowiska uzyskanych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska)

Charakterystyka Id punktu	Średnia arytmetyczna		Minima wartości		Maksima wartości / percentyl 90 ^{*)}		Wystąpienie minimum		Wystąpienie maksimum		Liczba pomiarów	
	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008
Rok analiz	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008	2006	2008
Temperatura powietrza [°C]	5.5	9.5	-12.6	-21.5	-0.5	25	29.1/26.7	25	II	XI	VIII	VI
Temperatura wody [°C]	5.9	13.3	0	1.9	2.9	21.1	22.5/19.8	21.1	I,II,III	II	VIII	VI
Zapach rzeczywisty	2	3	1	2	2	4	4	X	5 wyst.	II	II	II
Barwa [mg Pt/l]	48.4	52.3	10	30	100	74/70	100	I	IV,V	III	VI	VI
Zawiesiny ogólne [mg/l]	16.1	26.0	0	9.6	2.5	69/52	91	6 wyst.	II,X	II	VI	IX
Odczyn	7.6	7.7	7.3	7.5	7.6	7.9/7.8	7.8	VIII	VI	IV,XI,XII	XI	III
Tlen rozpuszczony [mg O ₂ /l]	7.9	7.3	3.4	2.9/4.8	7.4	11.5	11.7	15.4	VIII	VII	I	I
Tlen rozpuszczony [%]	61.3	67.8	33	34/50	0.08	79	87	VIII	VII	I	I	I
BZT5 [mg O ₂ /l]	4.2	10.8	1	5.9	1.9	14	27/19	8.7	IX	II	IX	V
ChZT-Mn [mg O ₂ /l]	14.9	15.6	4.5	11.3	33	25.6/19.6	33	I	VIII	III	III	III
ChZT-Cr [mg O ₂ /l]	67.8	87.3	18	54.7	114	118/112	114	I	IV	II	VI	VI
Ogólny węgiel organiczny [mg C/l]	11.7	10.4	7.4	6.62	13.8/13.2	14.5	13.8/13.2	14.5	V	IX	XI	IV
Azot amonowy [mg NH ₄ /l]	0.9	3.7	0	0.35	0.08	5.51	15.69/8.87	0.59	V, XII	II	4 wyst.	II
Azot Kjeldahla [mg N/l]	2.5	6.6	0.42	2.1	1.7	9.8	18.8/11	2.6	I	IV	VI, XI	VII
Azot azotanowy [mg N/l]	2.4	5.4	1.11	0.66	0	4	15.62/8.26	14.3	V	XI	I,III,X	II
Azot azotynowy [mg N/l]	0.02	0.37	0.016	0.097	0.007	0.04	1.011/0.67	0.171	XII	XI	III	I
Azot ogólny [mg N/l]	5.0	12.3	2.2	5.5	10.5	12.5	23.6/19.6	16.8	IX	V	VIII	I
Fosforany [mg PO ₄ /l]	0.8	0.5	0.26	0.088	0.12	4.34	1.54/0.84	0.73	I,II	XII	III	I
Fosfor ogólny [mg P/l]	0.6	0.6	0.15	0.24	0.098	2	1.35/0.88	0.362	XII	II	III	VI
Przewodność w 20 °C [µS/cm]	598	1007	454	811	849	757	1080/1070	1070	I	V	I	II
Substancje rozpuszczone [mg/l]	455	670	346	537	583	542	734/726	726	I	V	I	II
Wodorowęglany [mg HCO ₃ /l]	230	300	187	232	194	254	346/331	346	I	V	V	XI
Twardość ogólna [mg CaCO ₃ /l]	306.1	266.5	225	224	194	371	296/295	291	III	V	III	II
Siarczany [mg SO ₄ /l]	63.3	92.3	50	80	78	127	127	IX	X	IV	IV	IX
Wolny chlor [mg Cl/l]	0.1	0.1	0.006	0.006	0.25	52	143/141	143	III	III	IX	IX
Chlorki [mg Cl/l]	36.6	112.9	19	88.6	63	120	95/92	94	I	V	II	II
Wapń [mg Ca/l]	99.3	85.2	73	73	63	17.3	15.4/14.9	13.7	III	V	III	II
Magnez [mg Mg/l]	14.1	13.1	10.3	10.2	8.9	17.3	15.4/14.9	13.7	III	V	III	II

*): wg Dz. U. nr 162 poz. 1008 z 2008 r. podstawę klasyfikacji dla danego wskaźnika stanowi porównanie najgorszej odnotowanej wartości lub wartości odpowiadającej percentylowi 90, jeżeli liczba oznaczeń w ciągu roku przekracza 11, z wartością graniczną

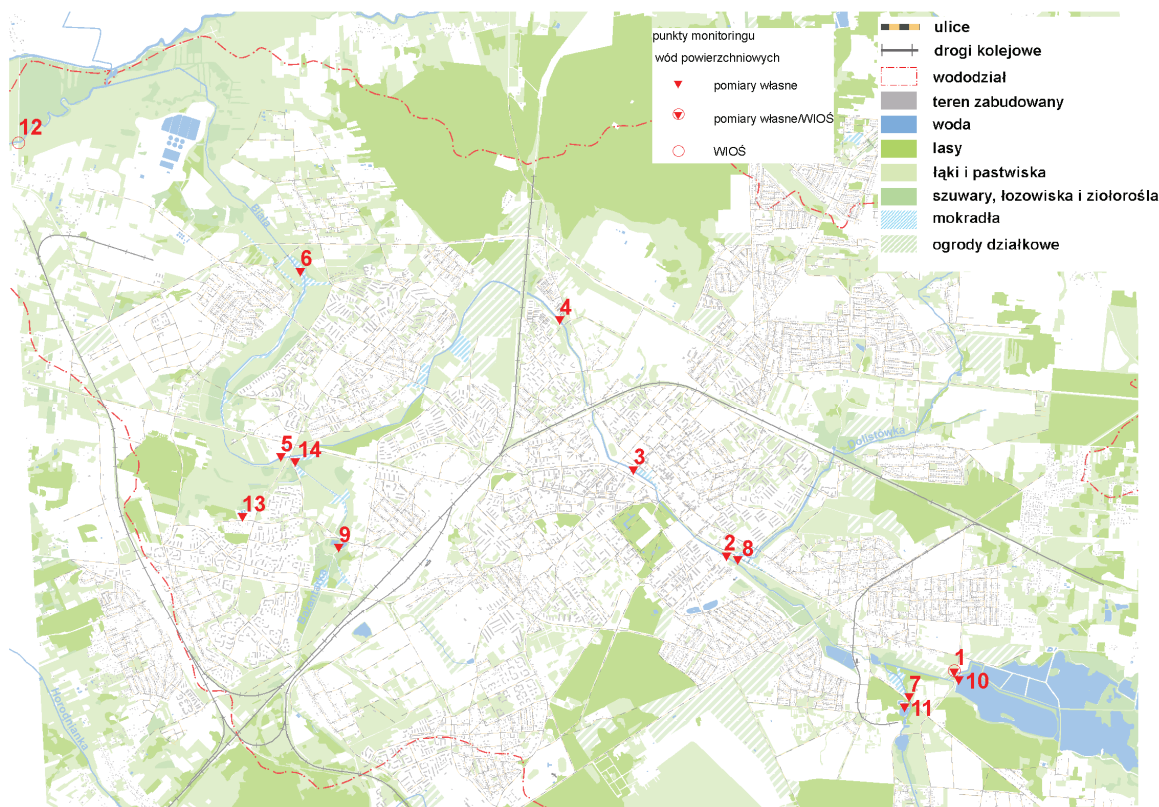
gdzie: ■ I klasa; ■ II klasa; ■ przekroczenie wartości granicznych wg Dz. Ust. nr 162, poz. 1008 z 2008 r.

Tabela 6.4. c.d. (opracowano na podstawie danych Inspekcji Ochrony Środowiska uzyskanych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska)

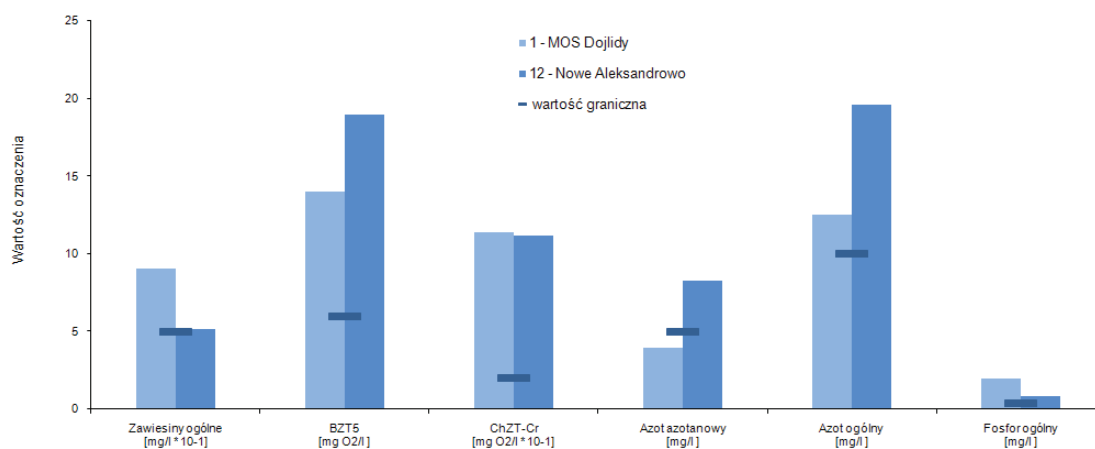
Charakterystyka	Średnia arytmetyczna			Mnima wartości			Maksyma wartości / procentyl 90 ^o			Wystąpienie minimum			Wystąpienie maksimum			Liczba pomiarów		
	1	12	2006	1	12	2006	1	12	2006	1	12	2006	1	12	2006	1	12	2006
Rok analiz	2006	2006	2008	2006	2006	2008	2006	2006	2008	2006	2006	2008	2006	2006	2008	2006	2006	2008
Fluorki [mg F/l]	0.00	0.05		0	0		0	0.44/0.17		IX	10 wyst.		IX	II		1	12	0
Arsen [mg As/l]	0.00	0.00		0	0		0	0		I,IV, X	12 wyst.		I,IV, X	12 wyst.		3	12	0
Bar [mg Ba/l]	0.03	0.01		0.021	0.006		0.036	0.014/0.013		I	II		X	VIII		3	12	0
Bor [mg B/l]	0.02	0.17		0	0.13		0.05	0.19/0.188		I,IV	V		X	VII, XII		3	12	0
Chrom ogisz [mg Cr/l]	0.00	0.00		0	0		0	0.07		I,IV, X	I,IV, X		I,IV, X	VII		3	4	0
Cynk [mg Zn/l]	0.03	0.03	0.04	0	0.03	0.01	0.068	0.077/0.061	0.068	I,II,IV,V	VI,X	XI	VIII	V		10	12	9
Glin [mg Al/l]	0.01	0.05		0	0.03		0.02	0.07		IV, X	I,IV		I	X		3	4	0
Kadm [mg Cd/l]	0.00	0.00		0	0		0	0		I,IV, X	4 wyst.		I,IV, X	4 wyst.		3	4	0
Mangan [mg Mn/l]	0.11	0.07		0.085	0.043		0.149	0.105		I	IV		IV	X		3	4	0
Miedź [mg Cu/l]	0.00	0.00	0.00	0	0.002		0.008	0.015/0	0.005	9 wyst.	11 wyst.	10 wyst.	III	III	III	10	12	11
Nikiel [µg Ni/l]	0.00	2.50		0	0		0	6/0.006		I,IV, X	X		I,IV, X	VII		3	4	0
Ołów [µg Pb/l]	0.00	0.00		0	0		0	0		I,IV, X	4 wyst.		I,IV, X	4 wyst.		3	4	0
Rtęć [µg Hg/l]	0.00	0.00		0	0		0	0		I,IV, X	4 wyst.		I,IV, X	4 wyst.		3	4	0
Selen [mg Se/l]	0.00	0.00		0	0		0	0		I,IV, X	12 wyst.		I,IV, X	12 wyst.		3	12	0
Żelazo ogisz [mg Fe/l]	0.09	0.08		0.039	0.061		0.162	0.102		I,IV, X	IV		IV	VII		3	4	0
Cyanide [mg Cn/l]	0.00	0.00		0	0		0	0.009/0.008		IX	6 wyst.		IX	VI		1	12	0
Fenole lotne [mg/l]			0.01		0	0.002		0	0.045		IX	I		IX	VII	0	1	4
Pestycydy [µg/l]					0			0			XI			XI		0	1	0
Detergenty anionowe [mg/l]					0.14		0.08	0.14		IX	IX		IX	IX		1	1	0
Substancje ropopochodne	0.00	0.00		0	0		0	0		10. wyst.	12 wyst.		10. wyst.	12 wyst.		10	12	0
Sapr. fitoplanktonu [indeks sapr]	1.9	2.0		1.77	1.92		1.96	2.16			X		I	I		3	4	0
Seston Saprobowości [indeks]																0	0	0
Sapr. peryfitonu [indeks sapr]	1.8	2.5		1.73	2.05		1.92	2.85		I	I		X	X		3	4	0
Chlorofil a [µg/l]	6.3	3.1	8.8	1.26	1.05	1.33	12.8	5.45	25.5	X	I	X	I	IV	IX	3	4	6
Liczba bakt.grupy coli typu kat. w 100ml	6001	15183	60269	30	390	150	24000	46000/24000	24*10 ⁴	I	VII	XI	III,IV	I	VIII	10	12	8
Miano Coli [ml]																0	0	0
Liczba bakt. grupy coli w 100ml	35019	3920633	97644	90	4600	150	24*10 ⁴	46*10 ⁶ /24*10 ⁴	24*10 ⁴	I	VII	XI	IX	II	VIII,IX	10	12	8

* wg Dz. U. nr 162 poz. 1008 z 2008 r. podstawę klasyfikacji dla danego wskaźnika stanowi porównanie najgorszej wartości lub wartości odpowiadającej percentylowi 90, jeżeli liczba oznaczeń w ciągu roku przekracza 11, z wartością graniczną

gdzie: ■ I klasa; ■ II klasa; ■ przekroczenie wartości granicznych wg Dz. Ust. nr 162, poz. 1008 z 2008 r.



Rysunek 6.2 Lokalizacja punktów monitoringu jakości wód powierzchniowych



Rysunek 6.3 Zmiany stężeń charakterystycznych wybranych wskaźników jakości wody w 2006 r. (opracowano na podstawie danych Inspekcji Ochrony Środowiska uzyskanych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska)

Szczegółowe badania mikrobiologiczne Białej były prowadzone w okresie od października 2002 do kwietnia 2004 r. przez Błachno i Kaszkowiak (2005). Badania te obejmowały liczebność bakterii mezo- i psychrofilnych oraz bakterii grupy *coli* typu ogólnego i termotolerancyjnego. Wyniki tych badań wskazywały na znaczący wpływ zanieczyszczeń antropogenicznych na wody Białej (wody silnie i bardzo silnie

zanieczyszczone wg klasyfikacji Cabejszek; wody zanieczyszczone i silnie zanieczyszczone wg klasyfikacji Sleddecka; Błachno i Kaszkowiak, 2005). Na podstawie rosnącego z biegiem rzeki stosunku liczby bakterii mezofilnych do psychrofilnych stwierdzono wzrost zanieczyszczenia rzeki ściekami lub spływami powierzchniowymi w obszarze miasta, przy czym zaobserwowano również, że woda pobierana poniżej zrzutu z miejskiej oczyszczalni ścieków charakteryzowała się lepszymi parametrami mikrobiologicznymi, co świadczy o właściwym, pod względem sanitarnym, oczyszczaniu ścieków.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ WŁASNYCH

Monitoring badawczy prowadzono w okresie od sierpnia 2008 do lipca 2009 roku. Celem jego było uchwycenie fizyko-chemicznych zmian właściwości wód rzeki Białej na odcinku miasta Białystok. Badania prowadzono w 14 punktach (rys. 6.2), z których 7 było położonych na rzece Białej (1-6, 12), 3 na jej dopływach (7, 8, 14), a 4 na zbiornikach wodnych (9, 10, 11, 13). Badania punktów 1 – 5 na rzece Białej prowadzono w pięciu seriach pomiarowych, pozostałe punkty były badane rozpoznawczo, jedno- lub dwukrotnie.

W warunkach terenowych prowadzono badanie temperatury, odczynu, przewodności właściwej, tlenu rozpuszczonego i zasadowości. Pozostałe badania były wykonywane w Laboratorium Monitoring Wód SGGW. Na Chromatografie ICS 1000 i Spektrofotometrze UV/VIS Helios Alpha prowadzono badania substancji rozpuszczonych, azot całkowity badano metodą wysokich temperatur na analizatorze Formacs HT/TN. Wyniki tych badań zestawiono w tab. 6.5, w której dodatkowo kolorami pokazano klasy jakości wód (wg Rozp. MŚ z 2008 r.) dla poszczególnych oznaczeń badanych wskaźników.

Przekroczenia wartości granicznych obserwowano najczęściej dla zawartości wapnia oraz wskaźników charakteryzujących substancje biogenne – azotu azotanowego, amonowego i ogólnego. Stężenia fosforanów (wskaźnik nieklasyfikowany zgodnie z obecnie obowiązującym rozporządzeniem) są również stosunkowo wysokie. Pod względem wskaźników charakteryzujących zasolenie – za wyjątkiem wapnia – jakość wód Białej odpowiada najczęściej I klasie czystości, przy czym należy zauważyć, że żaden z pomiarów nie obejmuje warunków roztopów. Główne dopływy Białej – Dopływ spod Dojlid Górnych, Dolistówka i Bażantarka w okresie monitoringu charakteryzowały się jakością zbliżoną do jakości Białej w jej dolnym odcinku, wykazując generalnie nieco większe ilości substancji rozpuszczonych niż Biała. Zmiany stężeń wybranych wskaźników wzdłuż biegu Białej przedstawiono na rysunku 6.4.

Na szczególną uwagę zasługują badania z dni 6 i 7 maja 2009, które przebiegały w czasie trwania (06. 05. 2009) i po opadach nawałnych (18.3 mm deszczu). Opad ten wystąpił po okresie 26 dni bezdeszczowych. Badania wykonane w czasie trwania ulewy wykazały spadek wskaźników zasolenia – przewodności właściwej, chlorków, siarczanów, magnezu, wapnia (niewielkie stężenia jonów w wodzie deszczowej) oraz azotu azotanowego i jednocześnie bardzo wyraźny wzrost ilości zawiesin (spłukiwanie zanieczyszczeń po okresie bezopadowym oraz wymywanie na skutek wysokiego natężenia opadu). Z substancji rozpuszczonych wyraźnie wzrosły stężenia azotu azotynowego oraz żelaza.

Drugi pomiar wykonano 18 godzin po opadzie nawałnym. Największe zmiany stężeń substancji rozpuszczonych zaobserwowano w górnym odcinku Białej, powyżej obszaru miasta, natomiast najmniejsze na wylocie z miasta. Największe zmiany ilości zawiesin – w czasie trwania i po opadzie – wystąpiły w środkowym odcinku miejskim, gdzie jest