

## WYKŁAD IX.

mgr inż. Andrzej SIUDY,

Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów S.A. W Katowicach

*Rada Gospodarki Wodnej Regionu Wodnego Małej Wisły*

### **Rola zbiorników zaporowych Goczałkowice i Kozłowa Góra podczas powodzi w maju i czerwcu 2010 roku w świetle obowiązujących instrukcji eksploatacji i utrzymania zbiornika**

**Streszczenie.** W artykule zaprezentowano sposób prowadzenia gospodarki wodnej w trakcie wezbrań w oparciu o „sztywne” instrukcje gospodarowania wodą, na przykładzie zbiornika Goczałkowice i Kozłowa Góra. Zbiornik goczałkowicki położony jest w km 43+092 Małej Wisły i z uwagi na krótki czas koncentracji fal wezbraniowych nie są opracowywane dla niego prognozy hydrologiczne krótko i średnioterminowe. Sytuacja ta zmusiła administratora zbiornika, którym jest Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów S.A. do opracowania „sztywnej” instrukcji postępowania na wypadek powodzi, w oparciu o prowadzone przez siebie analizy historycznych powodzi z okresu 50-letniej eksploatacji zbiornika. Podobna sytuacja występuje na zbiorniku wodnym Kozłowa Góra, gdzie również wprowadzono identyczne zasady gospodarowania wodą. Skuteczność opracowanych procedur wykazana została na przykładzie ostatniej dużej powodzi w dorzeczu Małej Wisły w maju 2010 roku.

#### **Wstęp**

Zbiornik goczałkowicki położony jest w południowej Polsce, u podnóża Beskidu Śląskiego i stanowi podstawowy rezerwuuar wody pitnej dla aglomeracji śląskiej. Powstał w 1955 roku w wyniku wybudowania zapory w km 43+092 Małej Wisły (Mała Wisła to odcinek Wisły od jej źródeł do ujścia Przemszy, posiadający odrębny kilometr w kierunku przeciwnym do ruchu wody).

Zbiornik goczałkowicki tworzy zaporę wykonaną z materiałów miejscowych o długości 2980 m i wysokości 16 m ponad dnem rzeki. Zapora jest zaliczona do I klasy budowli hydrotechnicznych. Całkowita pojemność zbiornika wynosi 161,25 hm<sup>3</sup>, z czego na stałą rezerwę powodziową przypada 43,18 hm<sup>3</sup>. Zbiornik goczałkowicki posiada cechy płytkiego zbiornika nizinnego, jednak cała zlewnia do przekroju piętrzenia to zlewnia górską z gwałtownym przyborem wód podczas dużych opadów. Średni czas osiągnięcia kulminacji wynosi 23 godziny. Dlatego

niezwykle istotną sprawą jest dokonywanie zrzutów już na początku wezbrania oraz utrzymywanie dużej rezerwy powodziowej w zbiorniku w ciągu całego roku.

Nie bez znaczenia pozostaje fakt, że w niewielkiej odległości poniżej zbiornika do Małej Wisły dopływają dwie stosunkowo duże rzeki: Iłownica i Biała, podwajając wielkość zlewni.

W warunkach powodziowych dopływ z tych rzek wyprzedza o kilka godzin dopływ do zbiornika Goczałkowice. Sprzyja temu brak jakichkolwiek zbiorników retencyjnych posiadających znaczenie przeciwpowodziowych w ich zlewniach, oraz wysoki stopień uregulowania ich koryt. Obszar usytuowany wzdłuż Małej Wisły od zapory goczałkowickiej do Oświęcimia to teren intensywnej eksploatacji górniczej i związanych z tym znacznych osiadań, przekraczających wielkość kilku metrów. Osiedzenia dotyczą zarówno korony wałów przeciwpowodziowych Małej Wisły, jak i dna rzeki oraz terenów na zawału. Stwarza to problemy hydrauliczne w korycie rzeki, które nie występują w innych regionach Polski. Anomalie przepływu widoczne są szczególnie podczas przechodzenia wielkich wód.

Zlewnia zbiornika o powierzchni 523,1 km<sup>2</sup> obejmuje obszary górskie i podgórskie charakteryzujące się powstawaniem nagłych, intensywnych wezbrań na skutek nawałnych opadów na stokach Beskidu Śląskiego. Z uwagi na stosunkowo krótki czas koncentracji fali wezbraniowej do przekroju zbiornika goczałkowickiego nie są wykonywane dla niego prognozy hydrologiczne krótko i średnioterminowe. Fakt ten został opisany w „*Ocenie stanu zabezpieczenia przeciwpowodziowego województwa śląskiego w 2009 roku*” opracowanej przez Śląski Urząd Wojewódzki, Wydział Bezpieczeństwa i Zarządzania Kryzysowego. W związku z tym, jedyną formą prowadzenia racjonalnej gospodarki wodnej na zbiorniku goczałkowickim w okresie wezbraniowym, jest praca według tzw. „sztywnej” instrukcji gospodarowania wodą.

### **Charakterystyczne parametry i funkcje zbiornika Goczałkowice**

Zapora Zbiornika goczałkowickiego została usypana z materiałów miejscowych - piasków fluwiogłajalnych. Uszczelnienie korpusu zapory od strony wody górnej stanowi ekran iłowy o grubości od 1,00 m u góry, do 2,50 m u podstawy, który od przemarzania i wypłukiwania chroniony jest dwuwarstwowym filtrem odwrotnym (każda warstwa o grubości 0,25 m). Filtr pokryty jest metrową warstwą żwiru grubego i tłuczni, który chroni okładzina z płyt betonowych o grubości od 0,25 m do 0,35 m. Podstawowe parametry zapory i zbiornika zostały zestawione w tabeli 1.

Z uwagi na wielkość zbiornika goczałkowickiego, już na etapie jego projektowania przewidziano, że będzie to zbiornik wielozadaniowy. Obecnie podstawowymi funkcjami zbiornika są: zaopatrzenie w wodę aglomeracji śląskiej, ochrona przeciwpowodziowa doliny rzeki Wisły, alimentacja przepływów niżówkowych w okresie suszy, gospodarka rybacka i ochrona przyrody.



**Fot. 1. Zbiornik Goczałkowice. Zapora czołowa (Siudy, 2010)**

Tabela 1. Charakterystyczne parametry zapory i zbiornika Goczałkowice

<b>Parametry</b>	<b>Jednostka</b>	<b>Wielkość</b>
Wydatek spustu dennego	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	216
Wydatek przelewu burzowego	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	694
Minimalny poziom piętrzenia (Min PP)	m n.p.m.	250,50
Minimalny poziom piętrzenia dla Zakładu Uzdatnia Wody Goczałkowice	m n.p.m.	251,50
Normalny poziom piętrzenia (NPP)	m n.p.m.	255,50
Roboczy poziom piętrzenia (RPP)	m n.p.m.	254,50
Maksymalny poziom piętrzenia (Max PP)	m n.p.m.	257,00
Pojemność martwa zbiornika	$\text{hm}^3$	17,378
Pojemność minimalna dla Zakładu Uzdatnia Wody Goczałkowice	$\text{hm}^3$	29,659
Pojemność przy normalnym poziomie piętrzenia	$\text{hm}^3$	120,216
Pojemność przy roboczym poziomie piętrzenia	$\text{hm}^3$	93,184
Pojemność przy maksymalnym poziomie piętrzenia	$\text{hm}^3$	165,60
Pojemność wyrównawcza pomiędzy rzędnym 250,50 - 255,50 m	$\text{hm}^3$	102,84
Pojemność powodziowa pomiędzy rzędnymi 255.50 – 257.00 m	$\text{hm}^3$	45,386
Pojemność powodziowa pomiędzy rzędnymi 254.50 – 257.00 m	$\text{hm}^3$	72,418
Powierzchnia zalewu przy minimalnym poziomie piętrzenia	$\text{km}^2$	10,3
Powierzchnia zalewu przy roboczym poziomie piętrzenia	$\text{km}^2$	25,70
Powierzchnia zalewu przy normalnym poziomie piętrzenia	$\text{km}^2$	29,9
Powierzchnia zalewu przy maksymalnym poziomie piętrzenia	$\text{km}^2$	32,0

## Charakterystyczne parametry i funkcje zbiornika Kozłowa Góra

Zbiornik Kozłowa Góra powstał poprzez spiętrzenie wód rzeki Brynicy w km 28+000 zaporą ziemną wzniesioną w ramach robót publicznych w latach 1935 –1938 z przeznaczeniem magazynowania wody dla celów obronnych kraju. Wzdłuż doliny rzeki Brynicy przebiegała linia fortyfikacji, których zbiornik był integralną częścią. Zgromadzona w zbiorniku woda, w przypadku zagrożenia wojennego, mogła po otwarciu spustu dennego spowodować zatopienie doliny rzeki poniżej zbiornika. Po drugiej wojnie światowej zbiornik całkowicie stracił swoje znaczenie wojskowe i został przeznaczony na cele zaopatrzenia w wodę oraz ochrony terenów poniżej zapory przed powodzią.



**Fot. 2. Zbiornik Kozłowa Góra. Zapora czołowa (Siudy, 2008)**

Powierzchnia zlewni do przekroju zaporowego wynosi 184,1 km<sup>2</sup>. Zbiornik ma długość 3,6 km a szerokość średnio 1,5 km. Powierzchnia zalewu zbiornika przy maksymalnym piętrzeniu wynosi 6,32 km<sup>2</sup>. Brzegi zbiornika graniczą z lasami sosnowym, natomiast od zachodniej strony w rejonie Świerklańca, zbiornik ogranicza zapora boczna o dł. 2,74 km. Od północnej strony w miejscowości Niezdara zbiornik ogranicza wał ochronny o dł. 500 m. Zbiornik wykorzystywany jest dla retencjonowania wody dla stacji uzdatniania wody w Kozłowej Górze oraz pełni ważną funkcję przeciwpowodziową w zlewni Brynicy.

Maksymalny wydatek spustu dennego przy nadpiętrzeniu, tj. przy rzędnej zwierciadła wody górnej 278,99 m n.p.m. wynosi :

- jedna nitka:  $Q = 24,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- dwie nitki:  $Q = 49,34 \text{ m}^3/\text{s}$ , może być przepuszczona woda miarodajna  $Q_{m(p=0,3 \%)} = 42,00 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- trzy nitki:  $Q = 74,01 \text{ m}^3/\text{s}$ , może być przepuszczona woda kontrolna  $Q_{k(p=0,1 \%)} = 59,60 \text{ m}^3/\text{s}$
- cztery nitki:  $Q = 98,68 \text{ m}^3/\text{s}$

Średnie głębokości zalewu w zależności od przyjętej rzędnej piętrzenia wynoszą:

- 278,99 m n.p.m. - 2,44 m
- 278,28 m n.p.m. - 2,11 m
- 277,20 m n.p.m. - 1,44 m.

Podstawowe parametry zbiornika Kozłowa Góra przedstawiono w tab. 2.

**Tabela. 2. Podstawowe parametry zbiornika Kozłowa Góra**

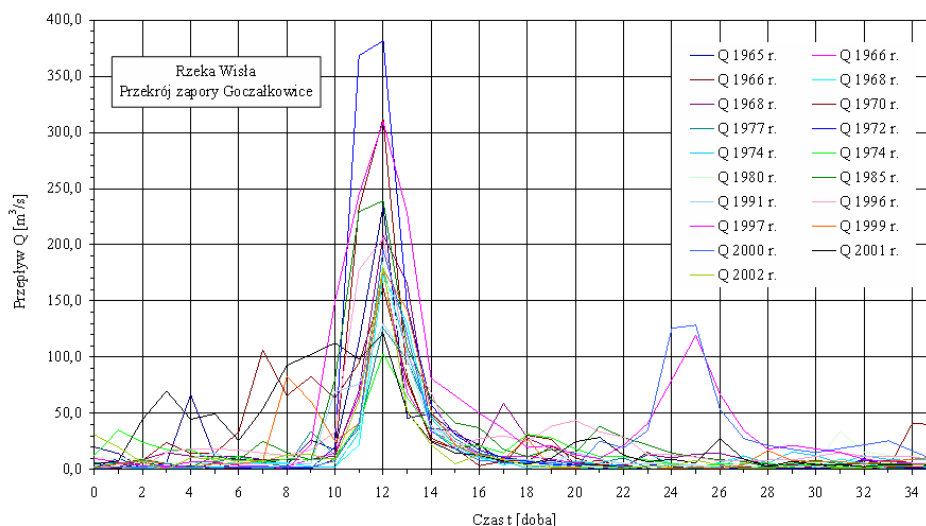
L.p.	Wyszczególnienie	Jednostka	Wielkość
1.	Kilometr rzeki Brynicy w przekroju zapory	km	28+000
2.	Powierzchnia zlewni do przekroju zaporowego	km <sup>2</sup>	184,1
3.	<b>Charakterystyczne poziomy piętrzenia</b>		
3.1.	Minimalny poziom piętrzenia (Min PP )	m n.p.m.	275,03
3.2.	Minimalny poziom dla pracy ZPW Kozłowa -Góra	m n.p.m.	275,29
3.3.	Normalny poziom piętrzenia (NPP)	m n.p.m.	278,08
3.4.	Maksymalny poziom piętrzenia (Max PP)	m n.p.m.	278,58
3.5.	Nadzwyczajny poziom piętrzenia (Nad PP) (przy wypełnieniu rezerwy forsowanej)	m n.p.m.	278,99
4.	<b>Pojemność zbiornika</b>		
4.1.	Całkowita przy piętrzeniu do rzędnej Nad PP 278,99 m n.p.m.	hm <sup>3</sup>	17,582
4.2.	Martwa przy minimalnym poziomie piętrzenia 275,03 m n.p.m.	hm <sup>3</sup>	1,263
4.3.	Przy normalnym poziomie piętrzenia 278,08 m n.p.m.	hm <sup>3</sup>	12,389
4.4.	Przy maksymalnym poziomie piętrzenia 278,58 m n.p.m.	hm <sup>3</sup>	15,175
4.5.	Wyrównawcza pomiędzy rzędnym 278,08 - 275,03 m n.p.m.	hm <sup>3</sup>	11,126
4.5.	Powodziowa pomiędzy rzędnymi 278,08 - 278,58 m n.p.m.	hm <sup>3</sup>	2,786
4.6.	Powodziowa pomiędzy rzędnymi 278,08 - 278,99 m n.p.m. (razem z rezerwą forsowaną powyżej MPP)	hm <sup>3</sup>	5,193
5.	<b>Powierzchnia zalewu</b>		
5.1.	Przy piętrzeniu do rzędnej 275,03 m n.p.m.	km <sup>2</sup>	1,765
5.2.	Przy piętrzeniu do rzędnej 278,08 m n.p.m.	km <sup>2</sup>	5,268
5.3.	Przy piętrzeniu do rzędnej 278,58 m n.p.m.	km <sup>2</sup>	5,746
5.4.	Przy piętrzeniu do rzędnej 278,99 m n.p.m.	km <sup>2</sup>	6,039

### **Metodyka opracowania „sztywnej” instrukcji gospodarowania wodą na zbiornikach zaporowych Goczalkowice Kozłowa Góra**

Prace nad opracowaniem „sztywnej” instrukcji gospodarowania wodą w okresie powodzi rozpoczęto od analizy przebiegu historycznych wezbrań w dolinie Małej Wisły i Brynicy. W tym celu zestawiono hydrogramy wszystkich odnotowanych przez obsługę zbiornika wezbrań z okresu 50 lat istnienia zbiorników. Hydrogramy złożono w ten sposób, aby ich kulminacje pokrywały się ze

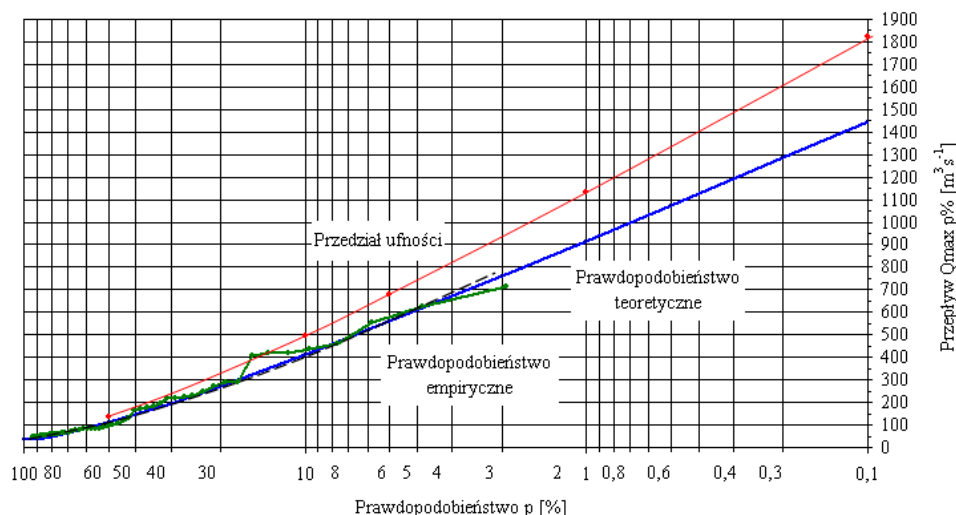


sobą (rys. 1.). Następnie, w oparciu o współczesne metody hydrologii inżynierskiej wyznaczono kształt hydrogramu typowego opisujący z dostatecznym przybliżeniem kształt obserwowanych hydrogramów. Spośród opisanych w literaturze analitycznych metod określenia hydrogramów hipotetycznych, najlepszym przybliżeniem cechowała się zmodyfikowana przez Ciepiewskiego metoda Strupczewskiego [2].

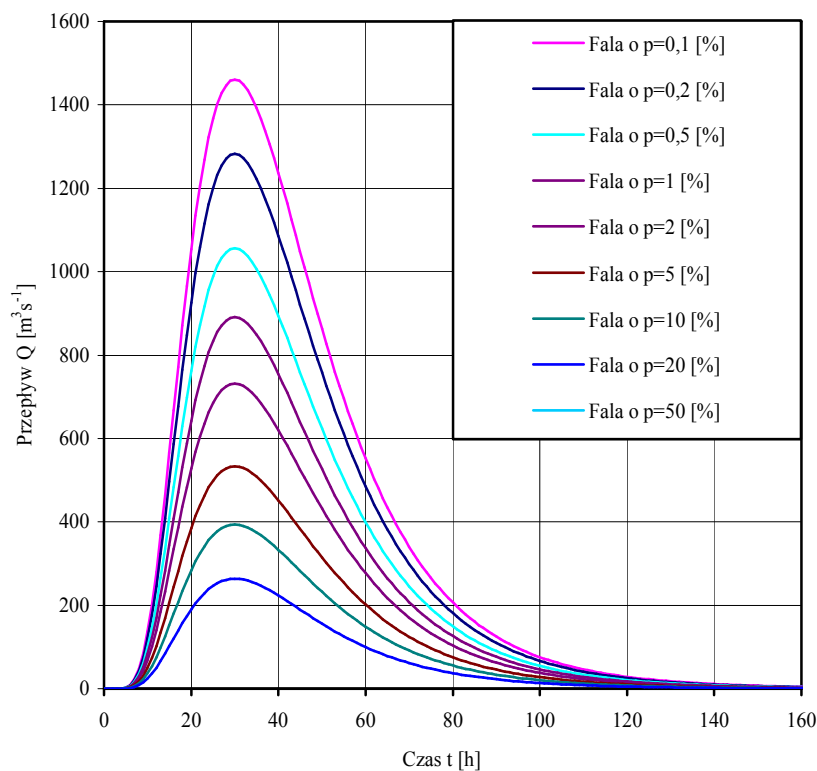


**Rys. 1.** Hydrogramy historycznych wezbrań w dolinie Małej Wisły w przekroju zapory zbiornika goczałkowickiego

Dysponując równaniem opisującym kształt typowego hydrogramu hipotetycznego wezbrania dla doliny Małej Wisły oraz opracowanym rozkładem przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w przekroju zapory zbiornika goczałkowickiego (rys. 2), wyznaczono hydrogramy teoretyczne fal wezbraniowych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia (rys. 3).



**Rys. 2.** Wykres prawdopodobieństwa przepływów maksymalnych rocznych w przekroju zapory zbiornika goczalkowickiego



**Rys. 3.** Wykres hydrogramów teoretycznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w przekroju zapory zbiornika goczalkowickiego

Następnie dla przygotowanych fal teoretycznych zostały przeprowadzone symulacje pracy zbiornika, których efektem była opracowana instrukcja pracy zbiornika w okresie wezbrań. Należy tu zauważyć, że z uwagi na położenie zbiornika goczalkowickiego do momentu zakończenia wezbrania, nie można jednoznacznie określić z jak wielkim wezbraniem ma się do czynienia.

W związku z tym algorytm sposobu gospodarowania wodą na zbiorniku jest identyczny przy każdym wezbraniu, stąd nazwa „sztywna instrukcja gospodarowania wodą w czasie powodzi”.

Postępowanie przeciwpowodziowe na zbiorniku obejmuje gospodarkę wodną w obrębie stałej rezerwy powodziowej, zawartej między rzędnymi piętrzenia NPP = 255,50 m n.p.m. i MaxPP = 257,00 m n.p.m. Okres postępowania przeciwpowodziowego rozpoczyna się w momencie, kiedy wypełniona jest pojemność użytkowa zbiornika (rzędna 255,50 m n.p.m.) lub gdy dopływ do zbiornika przekracza  $55 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  i trwa do całkowitego odtworzenia rezerwy powodziowej. Schemat gospodarki wodnej w warunkach powodziowych uzależnia dyspozycję odpływu ze zbiornika od dopływu i wypełnienia rezerwy powodziowej. W toku postępowania przeciwpowodziowego obowiązują następujące reguły:

- Po przekroczeniu stanu alarmowego na wodowskazie Skoczów należy zadysponować zrzut o wielkości  $60 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .
- Jeżeli dopływ do zbiornika osiąga wartość  $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  należy zrzut powiększyć do  $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .
- Kolejne dyspozycje odpływu wydawane są co 3 godziny.
- Jeżeli dopływ do zbiornika osiąga wartość  $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  należy zrzut powiększyć do  $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .
- Jeżeli dopływ do zbiornika osiąga wartość  $600 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  należy zrzut powiększyć do  $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .
- Jeżeli dopływ do zbiornika osiąga wartość  $800 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  należy zrzut powiększyć do  $350 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .
- Jeżeli dopływ do zbiornika przekracza  $900 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , a prognozy świadczą o tendencji wzrostowej dyspozycję zrzutów ustalać na poziomie 50 % dopływu.
- Po osiągnięciu piętrzenia do rzędnej 256,70 m n.p.m. należy tak regulować odpływ przez spust denny i przelew, aby nie przekroczyć rzędnej maksymalnego piętrzenia 257,00 m n.p.m.
- Napełnianie rezerwy powodziowej trwa do momentu, gdy dopływ będzie mniejszy od dysponowanego poprzednio odpływu lub do osiągnięcia Max PP w zbiorniku
- Po przejściu fali powodziowej należy niezwłocznie odtworzyć rezerwę powodziową odpływem nie przekraczającym odpływu dopuszczalnego ( $Q_d = 350,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ). Odpływ należy tak regulować, aby poziom wody w zbiorniku obniżyć nie więcej niż 30 cm na dobę.

Dopływ do zbiornika obliczany jest metodą objętościową według wzoru :

$$Q_{dopl.} = \frac{\Delta V}{10800} + Q_{odpl}$$

gdzie :

$Q_{dopl.}$  - średni dopływ do zbiornika w czasie 3 godzin [ $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ ],

$\Delta V$  - różnica pojemności zbiornika dla 3 godzinnego przedziału czasu [ $\text{m}^3$ ],

$Q_{odpl.}$  - średni odpływ ze zbiornika w czasie 3 godzin [ $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ ].



## Skuteczność „sztywnej” instrukcji gospodarowania wodą w trakcie powodzi w maju 2010 roku

Powódź z maja 2010 roku miała kulminację na poziomie wody o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p=5\%$  i była czwartą co do wielkości kulminacji falą powodziową jaka dopłynęła do zbiornika. Jednak majowe wezbranie trwało o dwie doby dłużej niż zaobserwowane dotychczas wezbrania, co w konsekwencji spowodowało, że objętość fali powodziowej z maja i czerwca 2010 roku była największym obserwowanym wezbraniem w 54-letnim okresie istnienia zbiornika.

14 maja po południu (piątek i początek weekendu) do powiatowych Centrów Zarządzania Kryzysowego oraz administratorów zbiorników retencyjnych dostarczono ostrzeżenie meteorologiczne, że 16 maja wystąpi opad 30-50 mm (w rejonach górskich i podgórskich 100 mm) oraz 17 maja 15-30 mm (w rejonach górskich i podgórskich 50 mm).

Natomiast opad faktyczny na posterunkach opadowym kształtował się następująco:

Posterunek	14 maja	15 maja	16 maja	17 maja	18 maja	19 maja	suma
Stecówka	14,0	2,8	14,4	73,7	54,2	33,1	192,2
Brenna	8,6	6,3	27,1	162,7	148,8	50,1	403,6
Wisła	13,4	4,7	19,9	81,5	97,6	51,4	268,5
Skoczów	8,5	4,7	20,3	128,4	97,9	51,9	311,7

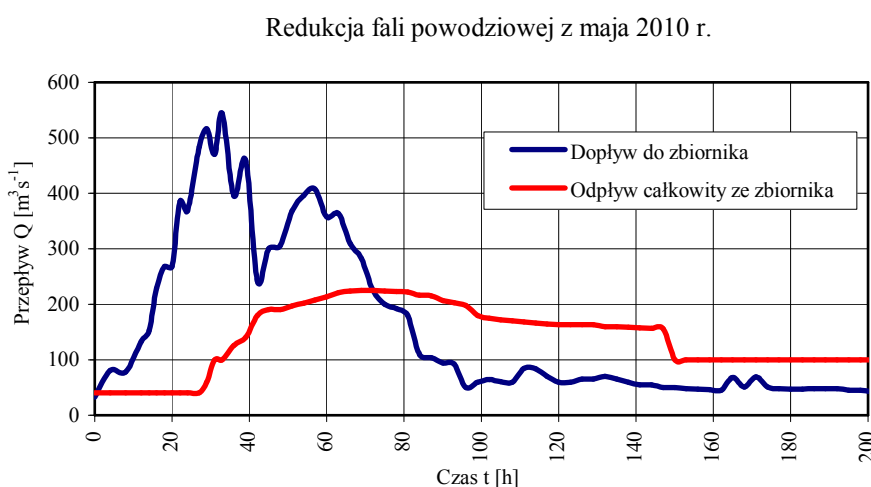
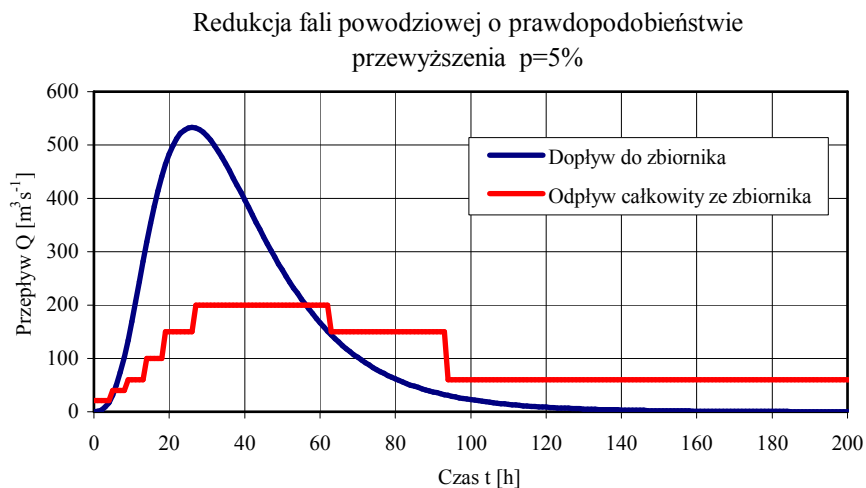
Zródło: IMGW Kraków

**Tabela. 3. Opady atmosferyczne w maju 2010 r.**

Taki opad wygenerował falę powodziową na Wiśle w Strumieniu wysokości 122 milionów  $m^3$  (w 1997 wynosiła 57 mln  $m^3$ ). Wielkości te są porażające i stanowią średni opad z półrocza dla tej części Polski.

Istotnym problemem podczas powodzi w maju 2010 r. były nieprawdziwie informacje podawane przez IMGW Kraków o wpływie zrzutów ze Zbiornika Goczałkowickiego na zwiększenie zagrożenia powodziowego w Krakowie. Obsługa zbiornika podczas powodzi wiele czasu i determinacji poświęciła na dementowanie tych informacji zamiast zajmować się tylko i wyłącznie wykonywaniem swoich obowiązków służbowych związanych z gospodarowaniem wodą podczas powodzi.

W celu udowodnienia skuteczności sztywnej instrukcji gospodarowania wodą w trakcie wezbrania, zestawiono obok siebie wykres symulowanej pracy zbiornika w trakcie wezbrania o prawdopodobieństwie przewyższenia 5% z instrukcji opracowanej w 2004 roku [3] oraz wykres rzeczywistej pracy zbiornika w trakcie powodzi w maju 2010 (rys. 4).



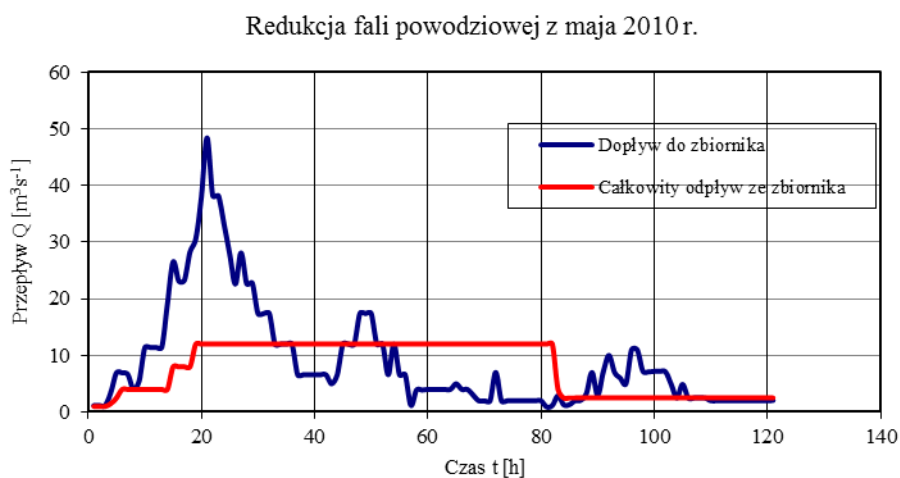
**Rys. 4.** Porównanie przebiegu fali hipotecznej o  $p=5\%$  i rzeczywistej z maja 2010 na zbiorniku Goczałkowice

W przypadku zbiornika wodnego Kozłowa Góra, zgodnie z procedurami zawartymi w pozwoleniu wodno-prawnym oraz w instrukcji gospodarowania wodą zwykle (około 280 dni w roku) zrzut ze zbiornika nie przekracza  $0,15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Według instrukcji zrzut bezpieczny ze zbiornika ustalono na poziomie  $8.0 \text{ m}^3/\text{s}$ , natomiast zrzut dopuszczalny ze zbiornika ustalono na poziomie  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ . Zrzuty większe mogą być zadysponowane tylko w przypadku wyczerpania się rezerwy powodziowej w zbiorniku podczas wielkich wezbrań powodziowych.

Zbiornik posiada stosunkowo dużą rezerwę powodziową, która pozwala na znaczącą redukcję kulminacji fali powodziowej jak np. podczas majowej powodzi w 2010 r.. Prowadzenie gospodarki wodnej w okresie powodzi bardzo utrudniał fakt, że na początku wezbrania otrzymywano sprzeczne komunikaty IMGW odnośnie opadów faktycznych w zlewni. W dniu 15 maja najpierw otrzymano informacje o opadzie  $78,9 \text{ mm}$  by następnie na prośbę obsługi zbiornika o zweryfikowanie tych danych uzyskano korektę na  $7,8 \text{ mm}$ , po czym dnia 16 maja o godzinie  $10^{00}$

dopływ zaczął szybko wzrastać, osiągając w dniu 18 maja niespotykaną dotąd wartość  $48,39 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Było to natężenie dopływu przekraczające obliczeniowy dla przekroju rzeki w Kozłowej Górze przepływ miarodajny  $Q_{0.3\%}=42 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Tak więc był to przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p=0.22\%$  (8), który może się pojawić raz na 450 lat. Fala powodziowa z maja br. została w całości zredukowana przez zbiornik do wielkości zrzutu dopuszczalnego tzn.  $12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Można na podstawie zestawienia dopływ-odpływ wysunąć wniosek, że podczas wielkich wezbrań powodziowych zbiornik wodny Kozłowa Góra pięciokrotnie zmniejsza przepływy w rzece Brynica poniżej zbiornika.

Histogram powodzi przedstawiono na wykresie nr 5.



Rys. 5. Przebieg fali powodziowej z maja 2010 na zbiorniku Kozłowa Góra

### Podsumowanie:

Instrukcja gospodarowania wodą w okresie powodzi dla zbiornika wodnego Goczałkowice ma charakter „sztywny”, tj. dyspozycje odpływu głównie zależą od aktualnego dopływu do zbiornika i wielkości rezerwy powodziowej, którą zbiornik w tym momencie dysponuje. Procedury postępowania w czasie powodzi są stosunkowo proste. Powstały one na podstawie analiz wszystkich historycznych powodzi, które wystąpiły od początku istnienia zbiornika. Ciąg statystyczny obserwacji (szereg rozdzielczy maksymalnych dopływów rocznych) określono na podstawie ksiąg gospodarowania wodą prowadzonych przez obsługę zbiornika systematycznie od początku istnienia obiektu.

Dla oceny skuteczności gospodarki wodnej zbiorników Goczałkowice na podstawie sztywnej instrukcji wykonano symulacje wykorzystując hydrogram Strupczewskiego dla hipotetycznych fal o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia. Jako dane wejściowe wykorzystano wygenerowane hipotetyczne fale powodziowe o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p=10\%$ ;  $5\%$ ;  $2\%$ ,  $1\%$ ,  $0.5\%$ ,  $0.1\%$  i  $0.05\%$ . Na podstawie tych symulacji opracowano procedury

gospodarowania wodą na zbiorniku W każdym przypadku redukcja kulminacji wezbrania wynosiła min. 45 %. Identyczne zasady sporządzania symulacji pracy zbiornika podczas powodzi obowiązywały w przypadku zbiornika Kozłowa Góra z tą różnicą, że wykorzystano do tego celu hydrogram Krebsa.

Powódź na zbiorniku goczalkowickim w maju i czerwcu 2010 r. miała kulminacje na poziomie wody o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p=5\%$  i była czwartą co do wielkości kulminacji falą powodziową jaka nawiedziła zbiornik. Natomiast objętość fali wynosiła  $122 \text{ hm}^3$  i stanowiła wielkość dwukrotnie większą niż hipotetycznej fali o prawdopodobieństwie wystąpienia  $p=5\%$ . Dla porównania objętość fali wezbraniowej z lipca 1997 r wynosiła  $57 \text{ hm}^3$ . Kształt fali wezbraniowej z maja 2010 różnił się znacznie od wezbrań poprzednich, ponieważ podstawa fali była o 2 dni dłuższa niż zwykle.

Obliczona (wg aktualnie obowiązującej praktyki) wielkość wody miarodajnej  $Q_{m(p=0,1\%)} = 1\,448,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  przekracza znacząco wydatek urządzeń upustowych, liczony bez przekroczenia Max PP. W przypadku jej wystąpienia poważnie zagrożone jest bezpieczeństwo budowli, gdy nie jest utrzymywana zwiększona stała rezerwa powodziowa.

Zgodnie z art. 104. ust. 4 pkt 1 ustawy Prawo wodne (Dz. U. z 2001 r. Nr 115, poz. 1229) biura prognoz meteorologicznych oraz biura prognoz hydrologicznych opracowują i udostępniają krótkoterminowe i średnioterminowe ogólne i specjalistyczne prognozy hydrologiczne i meteorologiczne. Wyżej wymienione prognozy nie są sporządzane dla zlewni Warty, Przemszy oraz Małej Wisły.

Zlewnia Małej Wisły powyżej zbiornika Goczalkowickiego graniczy ze zlewnią Odry i Dunaju, a granice przebiegają w odległości zaledwie kilkudziesięciu kilometrów od przekroju piętrzenia. Sumaryczna wielkość prognoz opadów na tym obszarze dzieli się zatem na wyżej wymienione zlewnie i trudno określić w praktyce jakie będą faktyczne spływy do zlewni Małej Wisły do czasu, aż opad będzie zarejestrowany przez urządzenia telemetryczne IMGW i GPW SA usytuowane w zlewni zbiornika Goczalkowice.

Podczas wezbrania powodziowego 12-godzinną prognozę dopływu do zbiornika sporządza obsługa zbiornika na podstawie nomogramów empirycznych opracowanych na potrzeby instrukcji eksploatacji zbiornika, a sporządzonych na podstawie wieloletnich doświadczeń i obserwacji zachowania zlewni podczas wezbrań powodziowych. Prognoza ta jest niezbędna do szacowania czasu jakim dysponuje kierownictwo zbiornika do momentu wyczerpania rezerwy powodziowej.

W przypadku dużego dopływu do zbiornika i 8-godzinnej prognozy utraty rezerwy powodziowej sztaby kryzysowe: wojewody śląskiego i powiatowe oraz samorządy miejscowości położonych poniżej zbiornika są informowane o takim zagrożeniu, aby zawczasu przeprowadzić

ewakuację ludności. Taka sytuacja miała miejsce 18 maja 2010 r. dla terenów poniżej zbiorników wodnych Goczałkowice i Kozłowa Góra.

Po analizie powodzi 2010 r na zbiorniku Kozłowa można stwierdzić , że sztywne zasady gospodarowania wodą na zbiorniku sprawdziły się nawet przy dopływie do zbiornika większym niż obliczeniowy przepływ miarodajny. Wezbranie z maja 2010 roku było największym wezbraniem jakie nawiedziło zbiornik od początku jego istnienia tj. 1938 roku.

W przypadku obu zbiorników, po ustaniu wezbrań powodziowych zbiorniki w dalszym ciągu dysponowały znaczną rezerwą powodziową.

#### **Literatura:**

1. Śląski Urząd Wojewódzki Wydział Bezpieczeństwa i Zarządzania Kryzysowego. *Ocena stanu zabezpieczenia przeciwpowodziowego województwa śląskiego w 2009 roku*. Katowice, 2009.
2. Byczkowski A. *Hydrologia tom II*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 1999
3. Szczęsny J., Więzik B., Bojarski A., Wojtas S. Olbrych M. *Instrukcja utrzymania i eksploatacji zbiornika Goczałkowice*. Kraków, 2005.
4. Ciepiewski A. *Podstawy gospodarowania wodą*. SGGW Warszawa 1999
5. Ciepiewski A. Dąbkowski S. *Metody obliczeń przepływów maksymalnych w małych zlewniach rzecznych*. Bydgoszcz 2006.
6. Bojarski A., Szczęsny J., Wojtas S., *Instrukcja utrzymania i eksploatacji. Zbiornik wodny Kozłowa Góra w Wymysłowie*. Część I – Ogólna. Cermet-Bud Sp. z o.o., Kraków, 2004,
7. Bojarski A., Wojtas S., *Instrukcja utrzymania i eksploatacji. Zbiornika wodnego Goczałkowice*. Część I – Ogólna. Cermet-Bud Sp. z o.o., Kraków, 2005,
8. IMGW Warszawa Ośrodek technicznej Kontroli Zapór – Ocena Stanu Technicznego i Bezpieczeństwa Zapory Kozłowa Góra za okres 5 letni 2005-2010 r.