

## **OCENA WARUNKÓW EKSPLOATACJI POMPOWNI KOMPLEKSU ODWODNIENIOWEGO MOGIŁA-KOPANIEC**

Bogusław Michalec

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Bogumiła Zielińska-Szczęsny, Tadeusz Ślizowski

RZGW, Zarząd Zlewni Wisły krakowskiej, Kryspinów

**Streszczenie.** Kompleks Odwodnieniowy Mogiła-Kopaniec został wykonany w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Nie był on dotychczas modernizowany, nie wykonano również aktualnych analiz warunków hydraulicznych odprowadzania wód z obszaru objętego ujemnymi skutkami piętrzenia Wisły stopniem wodnym Przewóz. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie zastosowanej metodyki oceny warunków eksploatacji pompowni Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec. Warunki eksploatacji pompowni tego kompleksu, zostały ocenione na podstawie analizy pięciostopniowej, obejmującej różne kryteria pracy pompowni. Wykazano, że w każdym z analizowanych wariantów odpompowanie maksymalnych dobowych dopływów wody do pompowni za pomocą pompy o mniejszej wydajności, wynoszącej  $360 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , jest niemożliwe w ciągu jednej doby. Wtedy konieczne okazuje się zastosowanie pompy o wydajności  $2260 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Stwierdzono, że wydajność pomp została przyjęta według projektu ze znaczącym zapasem, przy założeniu, że jej funkcją jest likwidacja ujemnych skutków piętrzenia. Wylimitowanie zrzutu ścieków z systemu kanalizacji ogólnospławnej do kanału prowadzącego wodę do pompowni umożliwiłoby sprawne funkcjonowanie pompowni z wykorzystaniem jednego agregatu pompowego o większej wydajności.

**Słowa kluczowe:** wydatek pomp, opad dobowy, dobowy czas pracy zestawów pompowych, stany wód

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: prof. dr hab. Bogusław Michalec, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: [rmmichbo@cyf-kr.edu.pl](mailto:rmmichbo@cyf-kr.edu.pl).

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2017

## WSTĘP

Stopień wodny Przewóz został wybudowany w latach 1950–1954, jako jeden z trzech pierwszych stopni wodnych wraz ze stopniami Dąbie i Łączany, wykonanych w latach 1954–1961. Budowę kolejnych trzech: Kościuszko, Smolice i Dwory, rozpoczęto dopiero w latach 1976–1977 [Lebienicki i Zielińska-Szczęsny 2006]. Celem stopnia wodnego Przewóz jest spiętrzenie wody rzeki Wisły w km 92+150 do rzędnej normalnego poziomu piętrzenia (rz. N.P.P.), wynoszącej 195.30 m n.p.m., tj. ok. 3,7 m w odniesieniu do stanów normalnych – rzędna zwierciadła wody średniej rocznej w przekroju jazu wynosi 191,60 m n.p.m. [Dokumentacja techniczna stopnia... 1956]. Wykonanie stopnia spowodowało podniesienie się poziomu wód gruntowych oraz pogorszenie warunków odpływu wód powierzchniowych. Stan taki znacznie utrudniał pełne wykorzystanie przyległych terenów do celów rolniczych, a także ograniczał możliwość przeznaczania gruntów na cele budownictwa mieszkaniowego. Istniejące przed wybudowaniem stopnia odwodnienie za pomocą rowów otwartych było niedostosowane do zmienionych warunków odpływu, co powodowało nadmierne zawilgocenie gruntów oraz skutkowało również zawilgoceniem ścian istniejących budynków. W związku z powyższym zostały podjęte działania mające na celu likwidacji ujemnych skutków piętrzenia [Odwodnienie terenów... 1974].

Zasięg i wpływ piętrzenia Wisły stopniem wodnym w Przewozie na tereny przyległe został określony w ekspertyzie opracowanej przez CBS i PBP Hydroprojekt Oddział w Poznaniu, której wnioski zostały zatwierdzone do realizacji przez Centralny Zarząd Wód Śródlądowych decyzją Dyrektora z dnia 21 maja 1968 roku [Instrukcja utrzymania... 2011]. Sprawa projektowania i realizacji inwestycji dla uregulowania stosunków wodnych w rejonie oddziaływania stopnia wodnego Przewóz została uregulowana decyzją Miejskiej Komisji Planowania Gospodarczego Wojewódzkiej Rady Narodowej w Krakowie z dnia 18 lipca 1968 roku, z wyznaczeniem Okręgowego Zarządu Wodnego w Krakowie na inwestora zastępczego inwestycji, Miejskiego Zarządu Wodnych Melioracji – Prezydium Wojewódzkiej Rady Narodowej m. Kraków na przyszłego administratora oraz ustaleniem podmiotów współuczestniczących w kosztach realizacji inwestycji (OZW w Krakowie, Hutę im. Lenina, ZE Okręgu Południowego w Katowicach). Plan realizacji systemu odwodnienia obszarów przyległych do stopnia wodnego Przewóz w Krakowie zatwierdzony został Decyzją Prezydium Rady Narodowej Miasta Krakowa, Wydziału Budownictwa, Urbanistyki i Architektury z dnia 22 czerwca 1971 roku. Plan ten obejmował między innymi realizację Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec. Inwestycja wspólna związana z likwidacją ujemnych skutków piętrzenia miała obejmować melioracje podstawowe wraz z odwodnieniem budynków. Melioracje szczegółowe, których celem jest intensyfikacja rolnictwa, miały być wykonane przez resort rolnictwa. Zaprojektowano drenowanie systematyczne z wylotami z działów drenarskich bezpośrednio do rowów lub do rurociągów betonowych, które odprowadzają wodę do rowów.

Rozwiązanie projektowe przewidywały, że głównymi odbiornikami wód w poszczególnych zlewniach będą kanały otwarte doprowadzające wodę z całej zlewni do przepompowni zlokalizowanej przy ujściu głównego kanału w bliskim sąsiedztwie wału przeciwpowodziowego. Dla odwodnienia budynków podpiwniczonych zaprojektowano odwodnienie za pomocą ciągów drenarskich. Do melioracji podstawowych zaliczono

wszystkie kanały mające bezpośredni wpływ na wydatek pompowni. Praca pompowni była przewidziana zarówno w czasie przepływów niskich, jak i wysokich stanów wody.

Wykonany w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku Kompleks Odwodnieniowy Mogiła-Kopaniec nie był dotychczas modernizowany, a także nie wykonywano analiz warunków hydraulicznych odprowadzania wód z obszaru objętego ujemnymi skutkami piętrzenia wód Wisły stopniem wodnym Przewóz. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie zastosowanej metodyki oceny warunków eksploatacji pompowni Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec. W pracy przedstawiono również wyniki tej oceny, które wraz z analizą warunków eksploatacji pompowni Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec mogą stanowić podstawę do opracowania koncepcji modernizacji pompowni Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec.

## MATERIAŁ I METODY

Analizę warunków pracy pompowni Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec opracowano na podstawie ciągu danych z dziesięciu lat, tj. od 2003 do 2013 roku, obejmujących stany wody górnego i dolnego stanowiska stopnia wodnego Przewóz na Wiśle, dobowe wydatki zespołu czterech pomp pompowni Mogiła-Kopaniec i dane opadowe ze Stacji Naukowej „Ogród Botaniczny” Zakładu Klimatologii Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

Stany wody górnej (rzędne wody górnej, czyli rz. W.G.) i dolnej (rzędne wody dolnej, czyli rz. W.D.) są zgodnie z instrukcją gospodarowania wodą rejestrowane o godz. 6.00 przez obsługę stopnia wodnego Przewóz na Wiśle [Instrukcja gospodarowania... 2016]. Wydatki dobowe zespołów pomp pompowni Mogiła-Kopaniec zostały określone na podstawie rocznych raportów czasu pracy pomp, odnotowywanych przez obsługę pompowni. Wydatek dobowy danego agregatu pompowego obliczono dla jego nominalnego wydatku i jego dobowego czasu pracy. W pompowni zainstalowane są po dwa zestawy pompowe z pompami 60 P23-SL6/40 o wydajności nominalnej wynoszącej  $2260 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  i dwa zestawy pompowe z pompami 25 F42-4/S324 o wydajności nominalnej wynoszącej  $360 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  [Dokumentacja techniczna kompleksu... 1971]. Ocena warunków eksploatacji pompowni Mogiła-Kopaniec opracowano na podstawie wyników analiz uwzględniających różne warunki pracy, wykonanych według poniższego schematu [Michniewski i Michalec 2016].

- 1) zgrupowanie i opracowanie wykresów obejmujących dobowe stany zwierciadła wody górnego i dolnego stanowiska stopnia wodnego Przewóz na Wiśle wraz z dobowymi czasami pracy pomp i dobowym opadem atmosferycznym;
- 2) analiza stanów zwierciadła wody górnego i dolnego stanowiska;
- 3) analiza warunków pracy pompowni Mogiła-Kopaniec przy różnych stanach zwierciadła wody dolnego i górnego stanowiska:
  - a) dla rzędnej wody dolnej wynoszącej 188,40 m n.p.m.,
  - b) dla rzędnej wody dolnej wyższej od 190,00 m n.p.m.,
  - c) dla rzędnej wody dolnej wyższej od 193,23 m n.p.m.,
  - d) w okresach powodziowych bez piętrzenia wody stopniem wodnym Przewóz;
- 4) analiza warunków pracy pompowni Mogiła-Kopaniec w warunkach opadów deszczu na terenie Krakowa;

5) określenie wydatku pomp w warunkach utrzymania zwierciadła wody dolnej stopnia wodnego Przewóz na poziomie odpowiadającym rzędnej 188,40 m n.p.m.

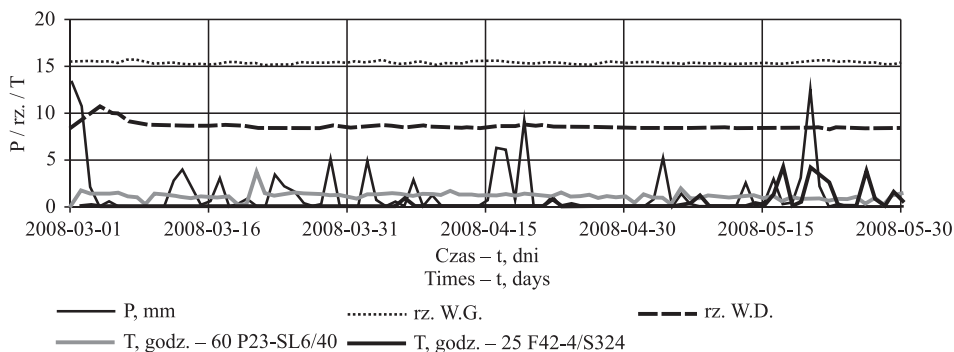
Wyjaśnienia wymaga przyjęcie określonych poziomów wody dolnej stopnia wodnego Przewóz w powyższym schemacie analizy. Rzędna wody dolnej, wynosząca 188,40 m n.p.m., odpowiada normalnym warunkom eksploatacji stopnia wodnego Przewóz. Gdy rzędna wody dolnej jest wyższa od 190,00 m n.p.m., co odpowiada to okresom wezbrań na Wiśle, przepływ w świetle jazu wynosi  $260 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . W tych warunkach podwyższonych przepływów klapy zamknięć jazu są położone i rozpoczyna się podnoszenia zamknięć. W warunkach wezbraniowych, w trakcie których poziom zwierciadła wody dolnej osiąga co najmniej rzędną wynoszącą 193,23 m n.p.m. Przy tej rzędnej wody w Wiśle następuje samoczynne zamknięcie śluz w obwałowaniach miasta Krakowa. Okresy powodziowe bez piętrzenia wody stopniem wodnym Przewóz odpowiadają szczególnym warunkom wezbraniowym, w trakcie których poziom zwierciadła wody dolnej osiąga co najmniej rzędną wynoszącą 195,30 m n.p.m., odpowiadającą rzędnej N.P.P., co oznacza brak piętrzenia wód Wisły na tym stopniu wodnym.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Przygotowane do analizy ciągi danych, obejmujące dobowe wartości opadu atmosferycznego – P (mm), dobowy czas pracy zestawów pompowych – T (godz.), oraz dobowe stany wody górnej (rz. W.G.) i dolnej (rz. W.D.), zestawiono na wykresach odpowiednio dla każdego roku kalendarzowego wielolecia 2003–2013. Przykładowy fragment wykresu obejmującego okres od 1 marca do 30 maja 2008 roku przedstawiono na rycinie 1. W celu umożliwienia przedstawienia na jednym wykresie dobowych wielkości opadu (P), dobowego czasu pracy zestawów pompowych (T) ze stanami wody górnej (rz. W.G.) i dolnej (rz. W.D.), stany te przeskalowano, przyjmując wartość zero na osi pionowej wykresów odpowiadającą rzędnej 180,00 m n.p.m. Umożliwiło to porównanie wszystkich wartości na jednym wykresie bez konieczności stosowania skali osi rzędnych w zakresie wartości niemianowanych od 0,0 do 200,0.

W drugim etapie analizy stwierdzono, że rzędna normalnego poziomu piętrzenia (rz. N.P.P) wynosząca 195,30 m n.p.m., czyli rzędna wody górnej (rz. W.G.), była utrzymywana przez 61% analizowanego okresu. Natomiast stany wody stanowiska dolnego (rz. W. D.) były wyższe od rzędnej 188,40 m n.p.m. przez ponad 55% analizowanego okresu.

W kolejnym etapie określenia warunków eksploatacji pompowni dokonano analizy warunków jej pracy przy różnych stanach zwierciadła wody dolnego i górnego stanowiska. Stwierdzono, że w okresach gdy rzędna wody dolnej wynosiła 188,40 m n.p.m., wartości średniego dobowego wydatku pomp wynosiły od 0,89 do 1,93 tys.  $\text{m}^3$  wody na dobę. Według rocznych raportów czasu pracy pomp przy niskich stanach wody uruchamiane były zarówno pompy o mniejszym, jak i o większym nominalnej wydajności, tj. odpowiednio pompy typu 25 F42-4/S324 i typu 60 P23-SL6/40. Jednakże, jak stwierdzono w wyniku analiz, taka objętość wody może zostać wypompowana przez jedną pompę 25 F42-4/S324 w czasie od 2,5 do 5,4 godziny w ciągu doby. Natomiast w okresach wezbraniowych, gdy rzędna wody dolnej jest wyższa od 190,00 m n.p.m., średni dobowy wydatek pomp wynosi od 1,34 do 11,77 tys.  $\text{m}^3$  wody na dobę. Są to objętości wody,



Ryc. 1. Dobowy opad atmosferyczny (P), dobowy czas pracy zestawów pompowych (T) i dobowe stany wody górnej (rz. W.G.) i dolnej (rz. W.D.) stopnia wodnego Przewóz

Fig. 1. Mean 24 hours' precipitation (P), mean 24 hours' pumping time (T) and mean 24 hours' water ordinates of the upstream (W.G.) and downstream (W. D.) of the Przewóz barrage

które w przypadku maksymalnych objętości nie mogą zostać wypompowane przez jedną pompę 25 F42-4/S324. Wynika to z ograniczenia wydajności tej pompy wynoszącego  $360 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Pompa ta może przy maksymalnym 24 godzinnym obciążeniu wypompować 8,64 tys.  $\text{m}^3$  wody. Natomiast przy zastosowaniu pompy typu 60 P23-SL6/40 średni dobowy wydatek wynoszący od 1,34 do 11,77 tys.  $\text{m}^3$  wody na dobę wymagałby czasu pracy tej pompy od 0,59 do 5,20 godzin. W warunkach wezbraniowych, w trakcie których poziom zwierciadła wody dolnej osiąga co najmniej rzędną wynoszącą 193,23 m n.p.m. średni dobowy wydatek pomp wynosił od 5,04 do 56,78 tys.  $\text{m}^3$  wody na dobę. Przy takim stanie zwierciadła wody i przy stanach wyższych nie ma możliwości odprowadzenia grawitacyjnego wód z całego terenu miasta Krakowa, chronionego wałami. Oznacza to, że bez pompowni Mogiła-Kopaniec nie byłoby możliwości odprowadzenia wód z terenu Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec. W szczególnych warunkach wezbraniowych, w trakcie których poziom zwierciadła wody dolnej osiąga co najmniej rzędną wynoszącą 195,30 m n.p.m., odpowiadającą rzędnej N.P.P. (brak piętrzenia wód Wisły), wydatki dobowe pomp Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec wynoszą nawet ponad 45 tys.  $\text{m}^3$  wody. Czas odpompowania 45 tys.  $\text{m}^3$  wody za pomocą jednej pompy typu 60 P23-SL6/40 wynosi 19,91 godzin.

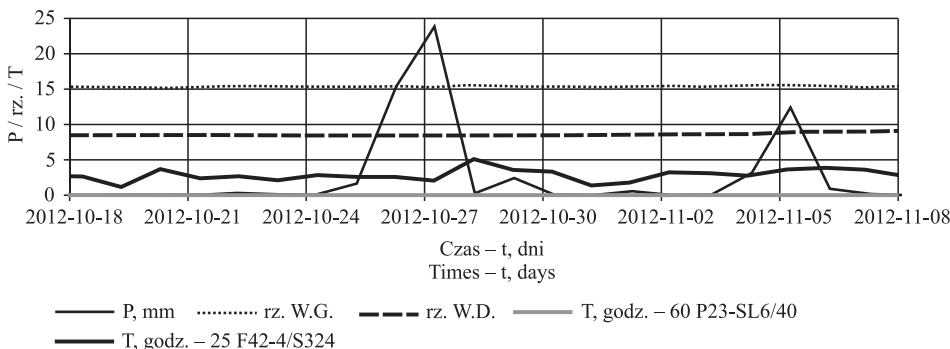
Powyższa analiza warunków pracy Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec, wskazuje na znaczące obciążenie pompowni i równocześnie możliwość odpompowania wody dopływającej do pompowni Mogiła-Kopaniec za pomocą jednej pompy typu 60 P23-SL6/40.

Czwarty etap obejmował analizę warunków pracy pompowni Mogiła-Kopaniec w warunkach opadów deszczu na terenie Krakowa. Na podstawie opracowanych wykresów dla badanego okresu dziesięciu lat, obejmujących parametry: opad dobowy (P), dobowy czas pracy zestawów pompowych (T) oraz dobowe stany wody górnej (rz. W.G.) i dolnej (rz. W.D.), opracowanych jak przykładowo na rycinie 1, stwierdzono, że:

- warunki powodziowe mogą wystąpić nie tylko w wyniku przepływów wezbraniowych w Wiśle, lecz mogą również na terenie odwadnianym na skutek intensywnych opadów deszczu na terenie Krakowa,

- w analizowanym okresie można wyróżnić kilka okresów, w trakcie których poziom zwierciadła wody dolnego stanowiska stopnia wodnego Przewóz utrzymuje się na rzędnej 188,40 m n.p.m., a intensywny opad deszczu w zlewni odwadnianej przez pompownię Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec, zwiększa dopływ wód do tej pompowni, powodując wzrost wydatku pomp.

Na rycinie 2 przedstawiono przykładowy okres od 25.10.2012 do 08.11.2012, w trakcie którego średni dobowy wydatek pomp wynosił 1,06 tys. m<sup>3</sup> wody. 27 października maksymalny opad wynosił 23,8 mm na dobę (wartość oznaczona czerwonym okręgiem na rycinie 2), a wydatek pomp w dniu 28 października, spowodowany tym opadem wyniósł 1,8 tys. m<sup>3</sup> wody na dobę.



Ryc. 2. Okres opadów deszczu na terenie Krakowa, w trakcie którego poziom zwierciadła wody dolnego stanowiska stopnia wodnego Przewóz wynosi 188,40 m n.p.m.

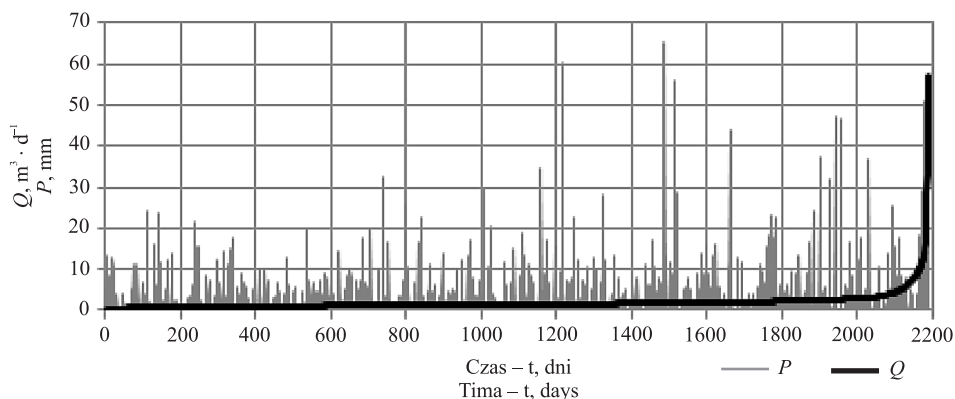
Fig. 2. The rainfall period in Krakow, during which the downstream water ordinate of the Przewóz barrage is 188.40 m a.s.l.

Stwierdzono ponadto, że nie każdy opad atmosferyczny w odwadnianej zlewni powoduje zwiększenie dopływu wody do pompowni, powodujących zwiększenie wydatku pomp. Na rycinie 3 przedstawiono w szeregu rosnącym wydatki zestawów pompowych z odpowiadającymi im wartościami opadu dobowego. Na tej rycinie widać brak związku pomiędzy zwiększającym się wydatkiem pomp a wartością opadu dobowego.

W tej analizie warunków pracy pompowni, ze względu na brak informacji, nie uwzględniono wpływu natężeniu dopływu wód obcych przez przelew burzowy do systemu odwodnieniowego na wielkość wydatku pomp. Do systemu odwadniającego Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec kierowane są zrzuty wód niemieszczących się w kolektorze kanalizacji ogólnospławnej, odprowadzającej wody opadowe z terenów dzielnicy Nowa Huta, tzw. wody obce. Tereny te nie należą do obszaru odwadnianego przez system Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec. Na podstawie danych otrzymanych z MPWiK w Krakowie w dniach 29.04.2015, 15.06.2015 i 16.08.2015 do kanału prowadzącego wodę do pompowni Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec doprowadzono przelewem burzowym z wylotem przy ul. Żaglowej następujące zrzuty wód z systemu kanalizacji ogólnospławnej, wynoszące odpowiednio: 1,50, 2,15 i 4,65 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. Dla każdego z tych zrzutów wód wykonano analizy pracy pompowni z uwzględnieniem stanów wody Wisły na stopniu wodnym Przewóz, uwzględniając



opad dobowy (P). W tabeli 1 przedstawiono zestawienie tych danych, opracowanych dla analizy warunków pracy pompowni przy zrzucie wód obcych do głównego kanału pompowni Mogiła-Kopaniec w dniu 29.04.2015.



Ryc. 3. Dobowe wydatki zestawów pompowych w szeregu rosnącym, z odpowiadającymi im wartościami opadu dobowego

Fig. 3. Mean 24 hours' volume flow-rate of pumps in a number of growing with the corresponding values of mean 24 hours' precipitation

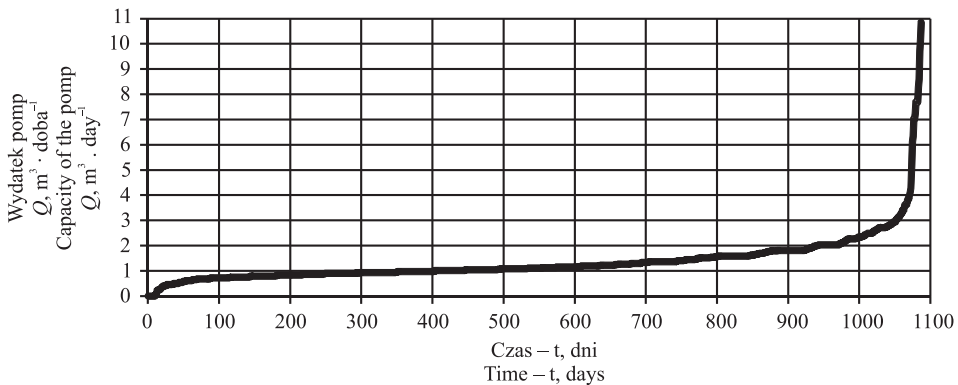
Tabela 1. Zestawienie danych do analizy warunków pracy pompowni Mogiła-Kopaniec spowodowanych dopływem przez przelew burzowy w dniu 29.04.2015

Table 1. Data for the analysis of operating conditions of the Mogiła-Kopaniec pumping station caused by a tributary of the storm overflow on 04.29.2015

Data Date	Rzędne zwierciadła wody m n.p.m. Water ordinates, m a.s.l.		Opad Precipitation P, mm	Wydatek pomp Q, tys. m <sup>3</sup> · doba <sup>-1</sup> Volume flow-rate of pumps, thous. m <sup>3</sup> · day <sup>-1</sup>		
	rz. W.G.	rz. W.D.		pompa typu pump type 25 F42-4/S324	pompy typu pump type 60 P23-SL6/40	Suma wydatku pomp Sum of volume flow-rate of pumps
19.04.2015	195,27	188,60	0,0	1,512	0	1,512
20.04.2015	195,32	188,60	0,0	1,512	0	1,512
21.04.2015	195,25	188,60	0,0	1,368	0	1,368
22.04.2015	195,25	188,60	0,0	1,116	0	1,116
23.04.2015	195,15	188,60	0,0	1,008	0	1,008
24.04.2015	195,15	188,60	0,0	1,044	0	1,044
25.04.2015	195,20	188,60	0,0	1,044	0	1,044
26.04.2015	195,25	188,60	0,6	1,044	0	1,044
27.04.2015	195,24	188,60	0,0	1,044	0	1,044
28.04.2015	195,24	188,60	19,0	1,044	0	1,044
29.04.2015	195,32	188,70	2,6	2,052	5,424	7,476
30.04.2015	195,37	189,05	0,0	1,476	0	1,476

Z danych w tabeli 1 wynika, że przez dziewięć dni przed dopływem wód obcych przez przelew burzowy do pompowni Mogiła-Kopaniec wydatek jednej z pomp (25 F42-4/S324) wynosił od 1,044 do 1,512 tys. m<sup>3</sup> na dobę. W tym okresie nie wystąpiły opady. Natomiast w dniu 28.04.2015 opad o wysokości 19 mm spowodował znaczny odpływ wody z terenów dzielnicy Nowa Huta, który nie mieszcząc się w kolektorze kanalizacji ogólnospławnej, został skierowany przelewem burzowym do pompowni. Spowodowało to zwiększenie wydatku dobowego w dniu 29.04.2015 do 7,476 tys. m<sup>3</sup>, czyli ponad siedmiokrotnie w stosunku do wartości z dnia wcześniejszego. Oznacza to, że w wyniku opadów z przeciążonej hydraulicznie sieci ogólnospławnej MPWiK w Krakowie, odprowadzającej wody opadowe z terenów Krakowa, ilość wody odpompowywanej może stanowić kilkakrotnie większą objętość, niż objętość wody odprowadzanej z obszaru odwadnianego przez pompownię Mogiła.

W ostatnim, piątym etapie, określono wydatek pomp w warunkach, gdy zwierciadło wody dolnej stopnia wodnego Przewóz znajduje na poziomie odpowiadającym rzędnej 188,40 m n.p.m. Określono liczbę dni, gdy rzędna zwierciadła wody dolnej stopnia wodnego Przewóz nie przekraczała 188,40 m n.p.m. W tym celu sporządzono krzywą czasu trwania stanów wody dolnego stanowiska na stopniu wodnym Przewóz. Określana dla okresu 2008–2013 liczba dni wynosi 1087. Wyznaczając wydatek dobowy pomp w czasie utrzymywania rzędnej wody dolnej na poziomie 188,40 m n.p.m. dokonano zestawienia wydatków pompowni z tego okresu sporządzając krzywą sumową czasu trwania wydatków wraz z niższymi (ryc. 4).



Ryc. 4. Krzywa sumowa czasu trwania wydatków wraz z niższymi dla dobowego wydatku pomp w okresie 1087 dni, w trakcie którego rzędna wodny dolnego stanowiska stopnia wodnego Przewóz (rz. W.D.) nie przekraczała 188,40 m n.p.m.

Fig. 4. Sum curve of volume flow-rate duration with the lower for mean 24 hours' volume flow-rate of pumps in period of the 1,087 days, during which the downstream water ordinate of the Przewóz barrage (rz. W. D.) does not exceed 188.40 m a.s.l.

Jak wynika z ryciny 4, dobowy wydatek pomp mieści się w zakresie od 0,0 do 10,8 tys. m<sup>3</sup> · doba<sup>-1</sup>, a średni dobowy wydatek pomp jest równy 1,36 tys. m<sup>3</sup> · doba<sup>-1</sup>. Objętość wody wynosząca 1,36 tys. m<sup>3</sup>, zgromadzona w ciągu doby, może zostać wypompowana w ciągu 3,8 godziny przez jedną pompę typu 25 F42-4/S324. Objętość



wody wynosząca 10,8 tys. m<sup>3</sup>, zgromadzona w ciągu doby, może zostać wypompowana w ciągu 30,1 godziny przez jedną pompę typu 25 F42-4/S324.

## WNIOSKI

Przyjęta metodyka analizy i oceny warunków eksploatacji pompowni Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec może stanowić podstawę do opracowania koncepcji modernizacji pompowni Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec [Michniewski i Michalec 2016]. Metodyka ta może zostać również zastosowana do oceny pozostałych systemów odwadniających tereny przyległe kaskady górnej Wisły. Na podstawie wykonanej analizy warunków eksploatacji pompowni Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec, której zadaniem jest stały mechaniczny przerzut wody do Wisły w każdych warunkach przepływu wody w Wiśle z terenu Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec, którego powierzchnia wynosi 170 ha, opracowano następujące wnioski:

1. Wydatek dobowy pomp okresu, w którym przepływy w Wiśle kształtowały się poniżej SQ, dla których rzędna wody dolnego stanowiska stopnia wodnego Przewóz (rz. W.D. = 188,40 m n.p.m.), wynosił od 0,0 do 10,8 tys. m<sup>3</sup> · doba<sup>-1</sup>. Średni dobowy wydatek pomp w tym okresie to 1,36 tys. m<sup>3</sup> · doba<sup>-1</sup> i odpowiada czasowi pracy jednego agregatu pompowego 25 F42-4/S324 wynoszącego 3,8 godziny. Natomiast odpompowanie 10,8 tys. m<sup>3</sup> wody dopływającej do pompowni wymagałoby do 30 godzin pracy tego agregatu pompowego. Wtedy konieczne byłoby wykorzystanie większej pompy typu 60 P23-SL6/40, której czas pracy potrzebny na wypompowanie 10,8 tys. m<sup>3</sup> wody wynosi niespełna 5 godzin.
2. Średni dobowy wydatek pomp, określony dla wybranych dziewięciu okresów bez wezbrań, tj. gdy zwierciadło wody dolnej w korycie Wisły znajduje się poniżej rzędnej 188,40 m n.p.m., mieści się od 0,89 do 1,93 tys. m<sup>3</sup> wody na dobę. Czas pracy jednej pompy typu 25 F42-4/S324 dla tego zakresu wydatku wynosi od 2,5 do 5,4 godziny na dobę.
3. Wydatek średni dobowy pomp, gdy na stanowisku dolnym stopnia wodnego Przewóz poziom wody znajduje się powyżej rzędnej 193,23 m n.p.m., wynosił od 5,04 do 56,78 tys. m<sup>3</sup> wody na dobę. W sytuacji braku pompowni tym okresie zamknięta byłaby śluza wałowa, a czas trwania tych stanów odpowiada 0,8% dni analizowanego okresu. Wydatek średni dobowy pomp wynosił od 5,04 do 56,78 tys. m<sup>3</sup> wody na dobę. Odpompowanie maksymalnej objętości wymagałoby ponad 25 godzin pracy większego agregatu pompowego 60 P23-SL6/40. W takich warunkach konieczne byłoby włączenie do pracy drugiej mniejszej pompy typu 25 F42-4/S324.
4. W szczególnych warunkach wezbraniowych, w trakcie których poziom zwierciadła wody dolnej osiąga co najmniej rzędna wynoszącą 195,30 m n.p.m., odpowiadającą rzędnej N.P.P. (brak piętrzenia wody stopniem), wydatki dobowe pomp wynoszą nawet ponad 45 tys. m<sup>3</sup> wody. Ta objętość wody może być przepompowana za pomocą większego agregatu pompowego 60 P23-SL6/40 w czasie niespełna 20 godzin.
5. Zrzut ścieków z systemu kanalizacji ogólnospławnej do kanału prowadzącego wodę do pompowni Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec doprowadzony w dniach 29.04.2015, 15.06.2015 i 16.08.2015 przelewem burzowym z wylotem przy

ul. Żaglowej spowodował, że ilość wody odpompowywanej stanowiła nawet kilkakrotnie większą objętość, niż objętość wody odprowadzanej z obszaru odwadnianego przez pompownię Mogiła.

Oceniając warunki eksploatacji Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec można na podstawie analizy dziesięcioletniego okresu jego funkcjonowania stwierdzić, że wydajność pomp została przyjęta według projektu ze znaczącym zapasem. Podstawowy zestaw pompowy, składający się z dwóch różnych agregatów pompowych, nie został w 100% wykorzystany w analizowanym okresie. W każdym z analizowanych wariantów odpompowanie wody dopływającej do pompowni może być realizowane przy użyciu pompy o mniejszej wydajności, tj. pompy typu 25 F42-4/S324, o wydajności  $360 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . W przypadku wystąpienia maksymalnych dopływów dobowych wydajność tej pompy okazała się zbyt mała. W takich warunkach sprawne odpompowanie maksymalnych dopływów wody możliwe jest za pomocą większego agregatu pompowego 60 P23-SL6/40 o maksymalnym wydatku wynoszącym  $2260 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Jednakże przy uwzględnieniu możliwości retencyjnej kanału doprowadzającego wodę do pompowni istnieje możliwość zapewnienia sprawnego przepompowania wody w warunkach maksymalnych dobowych dopływów za pomocą pompy o mniejszej wydajności. Można stwierdzić, że poza warunkami zrzutu ścieków z systemu kanalizacji ogólnospławnej do kanału prowadzącego wodę do pompowni Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec pompownia ta może w pełni spełniać swoją funkcję likwidacji ujemnych skutków piętrzenia Wisły stopniem wodnym Przewóz, wykorzystując tylko większy agregat pompowy 60 P23-SL6/40. Osobnym zagadnieniem jest wykorzystanie pompowni Kompleksu Odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec do realizacji funkcji przeciwpowodziowej. Należałoby po pozyskaniu danych z MPWiK w Krakowie przeanalizować również możliwość retencjonowania wody w kanale pompowni.

## PIŚMIENNICTWO

- Dokumentacja techniczna kompleksu Kopaniec (1971). BPWM, Kraków, maszynopis.
- Instrukcja gospodarowania wodą stopnia wodnego Przewóz na Wiśle w km 92+150 (2016). Forex s.c., Kraków, maszynopis.
- Instrukcja utrzymania i eksploatacji stopnia wodnego Przewóz (2011). Forex s.c., Kraków, maszynopis.
- Lebienicki, P., Zielińska-Szczęsny, B. (2006). Stopień wodny Dąbie po 40 latach eksploatacji. *Gospod. Wodna*, 12, 470–478.
- Michniewski, J., Michalec, B. (2016). Operat wodnoprawny na szczególne korzystanie z wód dla uzyskania pozwolenia wodnoprawnego na piętrzenie wód powierzchniowych. Stopień Wodny Przewóz. Określenie funkcji pompowni Mogiła-Kopaniec. Forex s.c., Zleceniodawca RZGW w Krakowie, maszynopis.
- Dokumentacja techniczna stopnia wodnego Przewóz (1956). CBSiPBW Hydroprojekt, Warszawa, maszynopis.
- Odwodnienie terenów przyległych do stopnia wodnego Przewóz (1974). BPWM, Kraków, maszynopis.

## ASSESSMENT OF PUMPING OPERATING CONDITIONS OF MOGIŁA-KOPANIEC DRAINAGE COMPLEX

**Abstract.** The Mogiła-Kopaniec drainage complex was made in the seventies of the last century. This complex was not hitherto modernized, and not been performed analysis of hydraulic conditions of water drainage from the area covered by the negative effects of damming the waters of the Vistula on the Przewóz barrage. The paper presents the methodology used to analyze the operating conditions of Mogiła-Kopaniec drainage complex. The operating conditions of the pumping station complex have been assessed on the basis of the five-step analysis, containing various criteria for evaluation of the pumping station. It has been shown that in each of analyzed variants pumping out maximum daily water supplies to the pump is impossible for one day by a pump with a lower volume flow-rate of  $360 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Then, proves necessary to use a pump with a volume flow-rate of  $2260 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . It was also found that the volume flow-rate of pumps has been accepted by the project with a significant reserve. Eliminate the discharge of sewage from the sewer system in the channel of the pumping station allowed the smooth functioning of the pumping stations using one pumping unit for greater volume flow-rate.

**Key words:** volume flow-rate of pumps, mean 24 hours' precipitation, mean 24 hours' pumping time, water ordinates

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 1.09.2017*

Do cytowań – For citation: Michalec, B., Zielińska-Szczęsny, B., Ślizowski, T. (2017). Ocena warunków eksploatacji pompowni kompleksu odwodnieniowego Mogiła-Kopaniec. Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 16(3), 31–41.