

*Grzegorz Wachowiak**, *Grzegorz Galiniak***,
*Waldemar Jończyk****, *Renata Martyniak****

OCENA ZMIAN ODPŁYWU W ZLEWNI RZEKI WIDAWKI W ROKU HYDROLOGICZNYM 2010 POD WPŁYWEM ODDZIAŁYWANIA INWESTYCJI GÓRNICZO-ENERGETYCZNEJ W REJONIE BĘŁCHATOWA

1. Wstęp

Największa w Polsce inwestycja górnictwo-energetyczna bazująca na eksploatowanym, w rejonie Bełchatowa złożu węgla brunatnego to wchodzące w skład PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA Oddziały: Kopalnia Węgla Brunatnego „Bełchatów” i Elektrownia Bełchatów (zwane dalej Kopalnią i Elektrownią). Początki wpływu tej inwestycji na środowisko naturalne, w tym na środowisko wodne (wody podziemne i powierzchniowe) sięgają połowy lat 70. ubiegłego wieku.

Skutki odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego przejawiają się między innymi w postaci przekształceń w ukształtowaniu terenu a także zmian zachodzących w stosunkach wodnych (powstanie leja depresji) co jest konsekwencją prowadzonego odwadniania złoża. Z jednej strony wody kopalniane pochodzące z odwodnienia powodują znaczący przyrost przepływu w rzekach, z drugiej strony rozwój leja depresji obejmujący zlewnie rzek wpływa na zmniejszenie wielkości odpływu rzeczno-egzogenicznego (niekiedy do całkowitego wyschnięcia koryta). Następuje to poprzez obniżenie lub zanik zasilania powierzchniowego i podziemnego oraz przez uteczek wody z nieuszczelnionych koryt cieków i zbiorników wodnych. Dodatkowym elementem powodującym zmniejszenie wielkości odpływu rzeczno-egzogenicznego jest wpływ energetyki przemysłowej poprzez zapotrzebowanie na wodę na cele technologiczne.

Zmiany w wielkości odpływu rzeczno-egzogenicznego rejestrowane w poszczególnych profilach rzek są uzależnione od ich położenia na obszarze leja depresji, obiektów Kopalni i Elektrowni

* Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Poznaniu

** Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

*** Oddział KWB Bełchatów, PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA, Rogowice

(głównie miejsc zrzutów i poborów). Zlewnie, w których jedynym wpływem Kopalni jest lej depresji, będą charakteryzować się obniżeniem lub nawet zanikiem odpływu. Z kolei dla profilu rzecznych, gdzie występuje oddziaływanie wszystkich czynników antropogenicznych (w tym Kopalni i Elektrowni równocześnie), wielkość zmian będzie wypadkową ich oddziaływania. Jak wynika z dotychczasowych ocen wpływu inwestycji górnictwo-energetycznej w rejonie Bełchatowa na odpływ rzeczny zaznacza się wyraźnie zmienna siła antropresji i to zarówno w czasie jak i na obszarze, co wiąże się z rozwojem inwestycji górnictwo-energetycznej [2–4, 8].

Przy ocenie wpływu Kopalni na środowisko wodne należy również uwzględnić zjawiska naturalne, typu susza hydrologiczna. Istotne znaczenie dla kształtowania się zasięgu leja depresji ma ilość opadów atmosferycznych i wielkość zasilania obszaru objętego lejem depresji. Przy niższych opadach wpływ odwodnienia złoża jest potęgowany brakiem dopływu wód atmosferycznych.

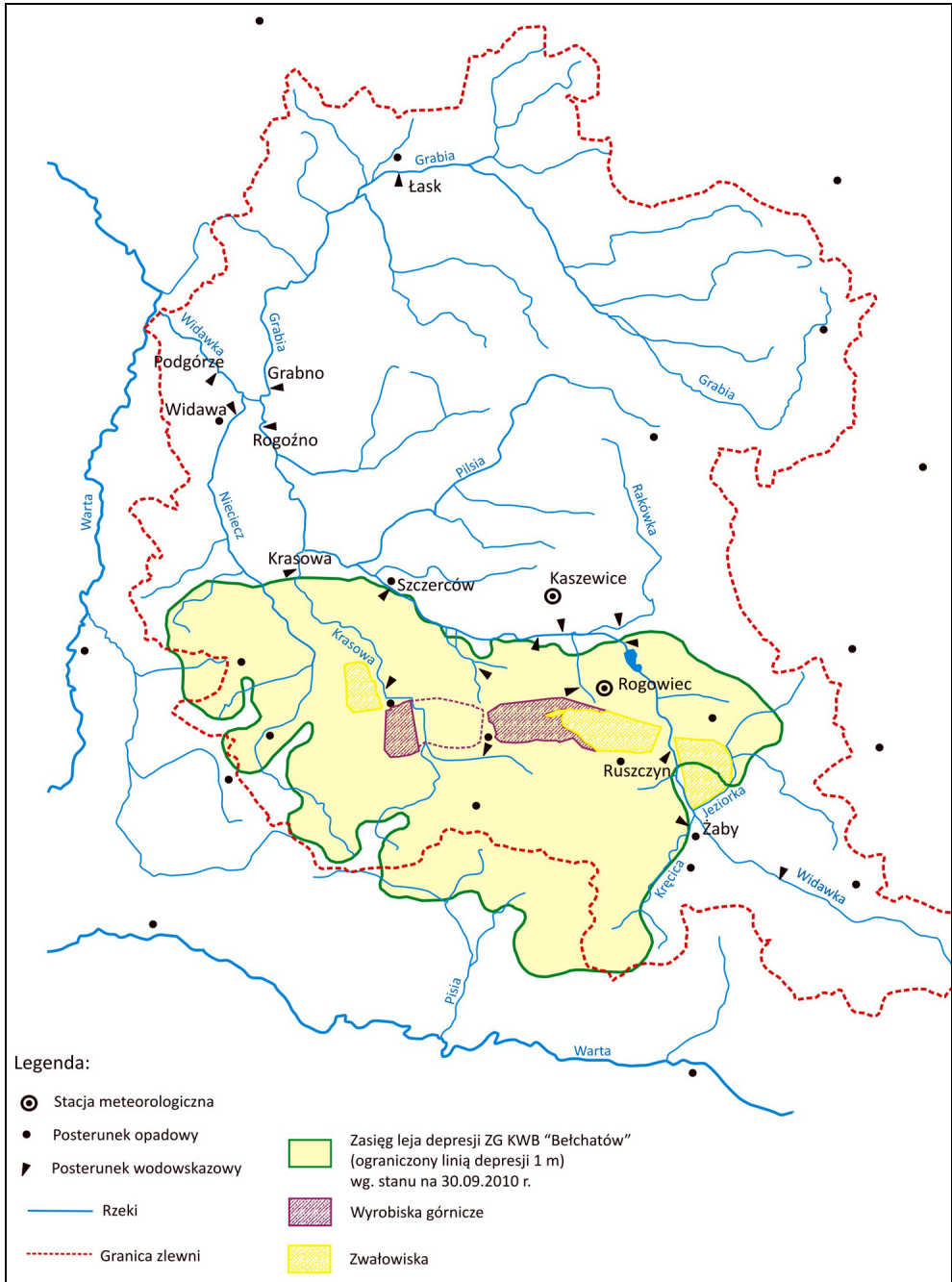
Celem artykułu jest przedstawienie najnowszych wyników badań dotyczących wielkości czynników antropogenicznych i ich wpływu na odpływ rzeczny w roku hydrologicznym 2010 (XI.2009–X.2010). W prezentacji wyników ograniczono się do oceny zmian odpływu w zlewni rzeki Widawki, gdzie przekształcenia stosunków wodnych są największe. Do oceny tej wykorzystano wyniki stałego monitoringu środowiska wodnego i stanu atmosfery.

2. Monitoring środowiska wodnego i stanu atmosfery na obszarze objętym oddziaływaniem odwodnienia Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów”

Wśród licznych badań prowadzonych dla potrzeb eksploatacji węgla brunatnego rejonu Bełchatowa oraz dla oceny stanu środowiska przyrodniczego i jego zmian wywołanych działalnością górnictwem jest wykonywany przez Oddział Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) w Poznaniu monitoring ilościowy wód powierzchniowych i stanu atmosfery. Monitoring ten, prowadzony od połowy 1975 roku w ścisłej współpracy ze Służbami Kopalni oraz z Poltegor — projekt z Wrocławia zawiera: pomiary i obserwacje stanów wody rzek, kanałów i rowów kopalnianych (33 posterunki — w 2010 roku), pomiary temperatury wody (3 profile) oraz natężenia przepływu wody (74 profile).

Warunki meteorologiczne rejestrowane są na dwóch stacjach (Kaszewice i Rogowiec), a opady atmosferyczne mierzone są w prawie 30 punktach zlokalizowanych w zlewni Widawki lub poblizu jej granic (rys. 1).

Wyniki i analizy monitoringu wraz z charakterystyką meteorologiczną i hydrologiczną danego roku, określeniem wielkości czynników antropogenicznych (zrzuty i pobory wody, udział leja depresji w zlewniach) oraz oceną zmian wielkości odpływu rzecznoego dla wybranych profilu rzecznych i dopływów spowodowanych wpływem inwestycji górnictwo-energetycznej przedstawione są w formie rocznych opracowań [7].



Rys. 1. Zasięg oddziaływania odwodnienia Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów” na tle sieci hydrograficznej zlewni Widawki

Wartym podkreślenia jest fakt, że Kopalnia „Bełchatów” jest chyba jedynym przedsiębiorstwem w Polsce posiadającą tak bogaty materiał pomiarowo-obszerny z zakresu hydrologii i meteorologii obejmujący okres praktycznie od początku jego działalności.

3. Zlewnia Widawki w warunkach naturalnych

Rzeka Widawka jest prawostronnym dopływem Warty. W warunkach naturalnych długość rzeki wynosiła prawie 96 km², przeciętny spadek podłużny 1,07‰ a całkowita powierzchnia zlewni 2385 km². Głównymi jej prawymi dopływami są: Jeziorka, Rakówka, Pilsia, Chrzastawka i największa Grabia, natomiast lewe dopływy to Kręcica, Krasowa i Nieciecz.

Średni roczny przepływ Widawki w profilu wodowskazowym IMGW w Podgórzu ($A = 2\,354\text{ km}^2$) z wielolecia 1956–1974 wynosił w warunkach *quasi* — naturalnych 13,6 m³/s co odpowiada odpływowi jednostkowemu 5,8 l/s km². Jest to wielkość zbliżona do wartości regionalnej tej charakterystyki. Odpływy jednostkowe dla różnych przekrojów na Widawce oraz większości jej dopływów (w tym Grabi) zawierał się w granicach 5,5–6,5 l/s km². Mniejszymi wartościami odpływów jednostkowych ze zlewni charakteryzowały się Nieciecz i Kręcica.

W roku przeciętnym średni roczny opad na powierzchnię całej zlewni Widawki wynosił 622 mm a odpływ 183 mm. Straty bilansowe (parowanie terenowe) wynoszą 439 mm, a współczynnik odpływu (stosunek odpływu do opadu) 0,29 [4]. Zwrócić należy uwagę na zróżnicowanie sum rocznych opadów. W okresie 1956–1974 wskaźniki opadu dla zlewni Widawki zmieniały się od 391 (1959 rok) do 808 mm (1979 r.). W okresie tym odpływ ze zlewni wahał się od 100 (1959 r.) do 278 mm w 1967 roku [2].

4. Charakterystyka meteorologiczno-hydrologiczna roku 2010

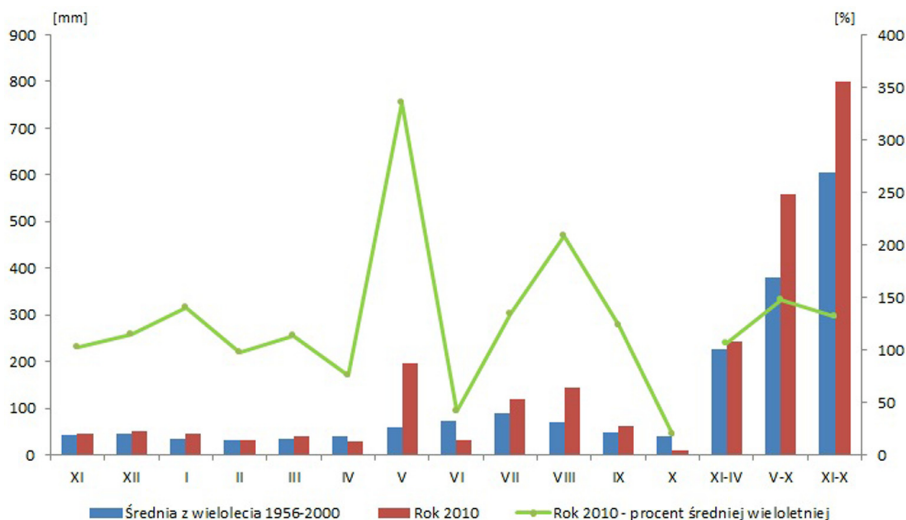
Na wielkość odpływu rzek znajdujących się w zasięgu oddziaływania odwodnienia Kopalni oprócz czynników antropogenicznych mają wpływ również warunki meteorologiczne.

Rok hydrologiczny 2010 pod względem temperatury powietrza był rokiem przeciętnym. Średnia roczna temperatura wynosiła 7,8°C (stacja Kaszewice). Najcieplejszym miesiącem był lipiec ze średnią temperaturą 20,9°C, a najchłodniejszym styczeń (–7,8°C).

Sumy roczne opadów atmosferycznych były wyższe od normy i wahały się od 727 mm w górnej części zlewni Widawki (Wąglin) do 906 mm w Sulmierzycach położonych w górnej części zlewni Krasowej.

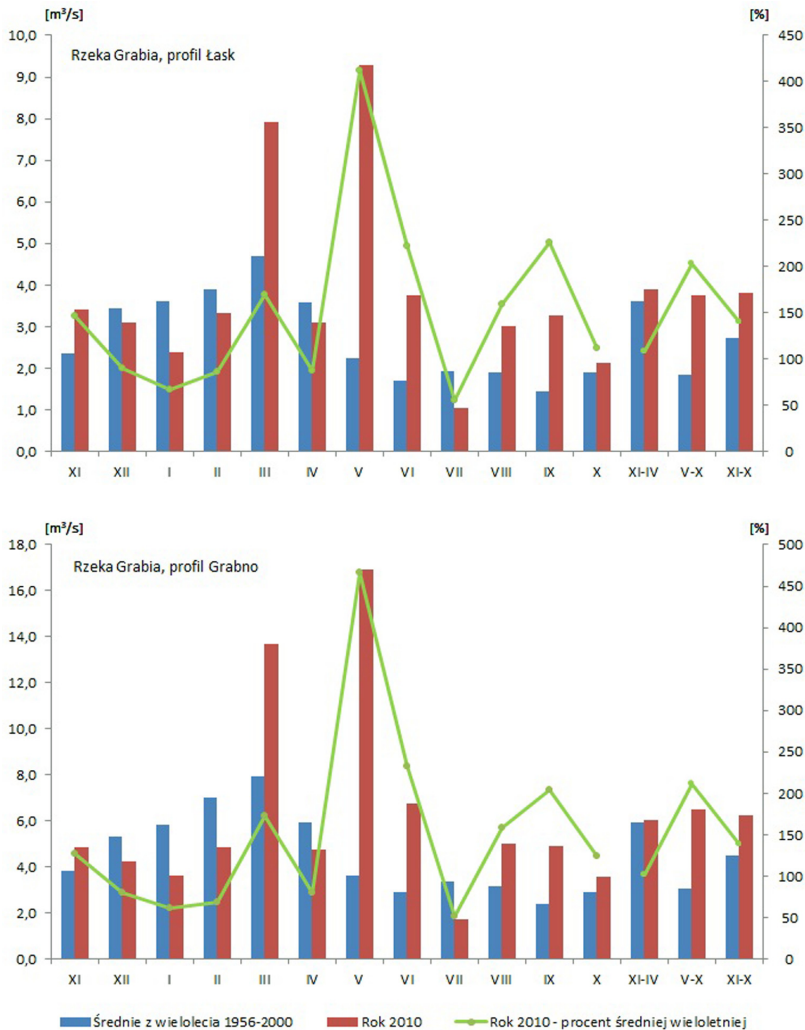
W układzie hydrograficznym wskaźnik rocznych opadów atmosferycznych był wyższy od wieloletnich dla całej zlewni Widawki o 32% i wyniósł 800 mm. Opady półroczna

zimowego były wyższe od normy o 6% (242 mm) a półrocza letniego o 47% (558 mm). W sposób znaczący na plus odbiegały od normy opady w maju, kiedy to wskaźnik opadu dla całej zlewni wyniósł 195 mm, co stanowiło 335% średniej wieloletniej oraz w sierpniu 145 mm, tj. 209% średniej. Z kolei najsuchszym miesiącem w roku był kończący go miesiąc październik, a wskaźnik opadów atmosferycznych wynoszący 8 mm stanowił zaledwie 20% średniej z wielolecia (rys. 2).



Rys. 2. Porównanie wskaźników opadu w 2010 roku dla zlewni rzeki Widawki (profil Podgórze) ze średnimi z wielolecia 1956–2000

W związku z oddziaływaniem inwestycji górniczo-energetycznej na odpływ większości rzek zlewni Widawki, do ilościowego porównania kształtowania się przepływów w roku 2010 w stosunku do wielolecia można wykorzystać dane hydrologiczne z rzeki Grabi (metoda analogii hydrologicznej). Odpływ średni roczny był w profilu Łask o 40%, a w profilu Grabno o 39% wyższy od wieloletniego. O ile w półroczu zimowym odpływ był tylko nieznacznie wyższy od wieloletniego (o 8% i 1%) to odpływ w półroczu letnim przekraczał wieloletni o 103% w profilu Łask i 111% w profilu Grabno. Duże zróżnicowanie wystąpiło w odniesieniu do poszczególnych miesięcy. W siedmiu miesiącach roku przepływy były wyższe od wieloletnich. Najbardziej na plus odbiegał maj, kiedy to średni odpływ stanowił 412% w profilu Łask i 466% w profilu Grabno średniego odpływu z wielolecia. W czerwcu i wrześniu przepływy stanowiły ponad 200% średnich. Największym odchyleniem ujemnym charakteryzował się lipiec, kiedy to przepływy wody w rzece Grabi wynosiły tylko nieco ponad 50% przepływów średnich z wielolecia dla tego miesiąca (rys. 3).



Rys. 3. Porównanie średnich przepływów w rzece Grabii w roku 2010 ze średnimi z wielolecia 1956–2000

5. Czynniki antropogeniczne związane z Kopalnią i Elektrownią

5.1. Zrzuty wód kopalnianych pochodzących z odwodnienia Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów”

Źródłem pochodzenia wód kopalnianych będących jednym z głównych elementów bilansów wodnych zlewni rzek znajdujących się w strefie oddziaływania Kopalni „Bełchatów” na środowisko naturalne są systemy odwodnienia (rys. 4):

- system odwodnienia wglębnego Pola Belchatów (działający od 01.10.1975 r.);
- system odwodnienia wysadu solnego „Dębina” (od końca 1992 r.);
- system odwodnienia wglębnego Pola Szczerców (od 05.09.2000 r.).

Ocena wielkości zrzutów wód kopalnianych w roku 2010, podobnie jak w latach poprzednich [5], wykonana została przy wykorzystaniu pomiarów i obserwacji stanów wody, wyników pomiarów hydrometrycznych na kanałach, rowach oraz rzekach, które są odbiornikami wód kopalnianych [6]. Całkowitą nowością w podejściu do określenia stanów wody stała się inicjatywa Kopalni polegająca na przejściu z mechanicznej na automatyczną rejestrację stanów wody w korytach [5]. Na uwagę zasługuje również fakt bardzo dużej zgodności w określeniu zrzutów z odwodnienia wysadu solnego pomiarami IMGW a danymi określanymi przez Służby Kopalni, co jak należy sądzić ma bezpośredni związek z przeprowadzaną przez Kopalnię automatyzację monitoringu wysadu [1].

Całkowite (średnioroczne) zrzuty wód kopalnianych wyniosły w 2010 roku 7,86 m³/s. Zróżnicowanie średnich miesięcznych zrzutów osiągnęło 1,16 m³/s. Najmniejsze zrzuty miały miejsce w październiku (7,43 m³/s), największe natomiast w maju (8,59 m³/s).

W skali całego roku zrzuty wód z odwodnienia Pola Belchatów stanowiły 51% (3,98 m³/s) wód kopalnianych, z Pola Szczerców 42% (3,33 m³/s), a z bariery zabezpieczającej wysad solny 7% (0,55 m³/s) [6].

W ujęciu hydrograficznym średnio w roku zrzuty wód kopalnianych odprowadzane były (rys. 4):

- bezpośrednio do rzeki Widawki powyżej zbiornika „Słok” — 1,03 m³/s (13%);
- do Strugi Żłobnickiej — 0,80 m³/s (10%);
- do Strugi Aleksandrowskiej — 1,62 m³/s (21%);
- do Krasowej — 4,41 m³/s (56%).

5.2. Zrzuty ścieków

Ścieki z zapleczy technologicznych Kopalni odprowadzane są do trzech oczyszczalni:

- sanitarno-bytowej w Piaskach (poprzez separatory odprowadzane są tu też wody opadowe);
- centralnej w Rogowcu z oczyszczalnią deszczowo-przemysłową i sanitarno-bytową (wykorzystywana jest również przez Elektrownię);
- sanitarno-bytowej w Chabielicach.

Znaczenie w ilościowym bilansie odpływu rzecznej mają tylko zrzuty z Centralnej Oczyszczalni w Rogowcu, które w 2010 roku wyniosły 0,13 m³/s przy zmienności miesięcznej od 0,10 do 0,18 m³/s. W zrzutach z oczyszczalni dominowały ścieki przemysłowo-deszczowe (62%).

Zrzuty z oczyszczalni w Piaskach wyniosły średnio 0,004 m³/s a z oczyszczalni Chabielice 0,001 m³/s.

5.3. Lej depresji

W warunkach prowadzonego odwodnienia naturalny układ krążenia wód uległ dużym zmianom. Główną bazą drenażu kompleksów: czwartorzędowego, trzeciorzędowego i mezozoicznego stały się wyrobiska górnicze, dokąd skierowały się strumienie wód podziemnych. Pompowanie wód spowodowało powstanie leja depresji, którego zasięg i powierzchnia zmienia się w czasie w nawiązaniu do prowadzonych robót górniczych. Jako zasięg przyjmuje się taką odległość, w której zwierciadło wód podziemnych uległo pod wpływem drenażu górniczego obniżeniu o 1 m w stosunku do średniego stanu wieloletniego. Obniżenie odnosi się do warunków hydrogeologicznych, jakie istniały przed rozpoczęciem odwodnienia złoża, tj. przed 1975 r.

W analizie liczbowej dla całego roku hydrologicznego przyjmuje się w IMGW wielkość leja depresji jako średnią z jego powierzchni, określoną według stanu na koniec grudnia, marca, czerwca oraz września. W roku 2010 średnia roczna powierzchnia leja depresji wyniosła 722 km², z czego 604 km² (84%) przypadło na obszar zlewni Widawki. Stanowiło to jednocześnie 26% zlewni do profilu wodowskazowego w Podgórzu (rys. 1).

5.4. Pobory wody przez Elektrownię

W roku hydrologicznym 2010 w zlewni Widawki czynne były trzy pompownie pobierające wodę dla potrzeb technologicznych Elektrowni:

- pompownia „Słok”, zlokalizowana przy zbiorniku na rzece Widawce;
- pompownia „Rogowiec” pobierająca wodę ze Strugi Żłobnickiej;
- pompownia „Chabielice” pobierająca wody kopalniane zrzucone do Krasowej.

Całkowity (średnioroczny) pobór wody przez te trzy pompownie wyniósł 2,72 m³/s i zmieniał się od 2,41 w maju do 3,09 m³/s w sierpniu. Najwięcej wody pobierała pompownia „Chabielice” w ilości 1,47 m³/s średnio w roku. Pompownia „Słok” pobierała 0,85 m³/s, a pompownia „Rogowiec” 0,40 m³/s wody.

Pobory wody przez Elektrownię stanowiły jednocześnie (rys. 4):

- 83% zrzutów wód kopalnianych do zbiornika „Słok”,
- 50% zrzutów do Strugi Żłobnickiej,
- 38% zrzutów do Krasowej,
- 35% całości zrzutów z odwodnienia Zakładu Górniczego Kopalni w roku 2010.

Dodać trzeba, że na potrzeby Elektrowni pracuje jeszcze czwarta pompownia „Warta” zlokalizowana na rzece Warcie w rejonie miejscowości Zakrzówek. Średni roczny pobór wody w 2010 roku był niewielki i wyniósł 0,13 m³/s czyli ponad 4% całkowitego zapotrzebowania Elektrowni na wodę.

6. Zmiany w odpływie rzecznym

Ocenę zmian w odpływie rzecznym w zlewni Widawki wykonano wykorzystując metodę analogii hydrologicznej oraz dane uzyskane z monitoringu o przepływach rzeczywistych rzek, uwzględniając również wpływ ilościowy poszczególnych czynników antropogenicznych. Obliczeniami objęto 4 profile na rzece Widawce (Ruszczyń, Szczerców, Rogoźno, Podgórze) oraz po jednym na jej lewych dopływach tj. na Kręcicy, Krasowej i Niecieczy. Wykonana analiza zmian dotyczy wpływu całej inwestycji górnictwo-energetycznej w rejonie Belchatowa i dodatkowo wpływu wyłącznie Kopalni.

Obliczenia zmian w przepływach Widawki i jej dopływów dokonano według wzorów:

$$Z_Q = Q_{Rz} - Q_O = P_Q - S_Q \quad (1)$$

$$P_Q = Q_Z + Q_S \quad (2)$$

$$S_Q = Q_E + Q_L \quad (3)$$

$$Z_{Qk} = Q_Z - Q_L \quad (4)$$

gdzie:

Z_Q — całkowite zmiany w przepływie wywołane przez inwestycję górnictwo-energetyczną, m^3/s ,

Z_{Qk} — zmiana w przepływach wywołana przez Kopalnię, m^3/s ,

P_Q — przyrost przepływów, m^3/s ,

S_Q — obniżenie przepływów (straty), m^3/s ,

Q_{Rz} — przepływ rzeczywisty określony na podstawie danych hydrometrycznych, m^3/s ,

Q_O — przepływ obliczony na podstawie związków z danymi rzeki analogu (przepływ odtworzony jak dla warunków naturalnych dla danego roku), m^3/s ,

Q_Z — zrzuty wód kopalnianych, m^3/s ,

Q_S — zrzuty ścieków z Kopalni i Elektrowni, m^3/s ,

Q_E — pobory wody przez Elektrownię, m^3/s ,

Q_L — straty w przepływie spowodowane przez lej depresji, m^3/s .

Podstawiając zależności (2) i (3) do równości (1) otrzymuje się:

$$Q_L = Q_O - Q_{Rz} + Q_Z + Q_S - Q_E \quad (5)$$

Wyznaczone zmiany oraz wielkości składowych antropogenicznych (zrzuty, pobory, straty w leju depresji) porównano z przepływem odtworzonym jak dla warunków naturalnych (Q_O) uzyskując w ten sposób wielkość zmian w ujęciu względnym.

Dla odtworzenia wielkości przepływów w roku 2010, jak dla warunków naturalnych zastosowano metodę analogii hydrologicznej wybierając jako zlewnię porównawczą, leżącą poza zasięgiem wpływu odwodnienia Kopalni, zlewnię Grabi do profilu Łask oraz Grabno. Na podstawie ustalonych związków przepływów Widawki i jej dopływów z przepływami rzeki Grabi w dwóch wcześniej wymienionych profilach z okresu sprzed oddziaływania inwestycji (warunki *quasi* — naturalne) i danych z analogu z roku 2010 obliczono wielkość przepływu, jaki powinien wystąpić w poszczególnych profilach, gdyby nie miały miejsca zmiany antropogeniczne. Jako wartość odtworzonego przepływu przyjęto średnią z obliczeń dla Łasku i Grabna.

Podkreślić należy przy tym bardzo dużą zgodność w odtworzonych przepływach a różnice w zależności od profilu analogowego nie przekroczyły 1% (oprócz rzeki Niecieczy).

Komentując zastosowaną metodę obliczeń istotne będzie stwierdzenie, że najbardziej obciążona błędem jest ilościowa ocena wpływu samego leja depresji na odpływ. Jest ona końcowym elementem obliczeń, w których uwzględniano do 5 elementów. Jednocześnie wpływowi leja depresji przypisane zostają wszystkie straty w odpływie, które niekiedy (z pewnością w mniejszej skali) spowodowane mogą być innymi czynnikami antropogenicznymi (na przykład wykorzystanie wody do nawodnień, zasilania stawów).

Wyniki obliczeń zmian średnich rocznych przepływów Widawki i jej dopływów w roku 2010 wywołanych wpływem całej inwestycji górniczo-energetycznej w rejonie Bełchatowa zawiera tabela 1.

Istotną rolę w kształtowaniu wielkości przepływów Widawki odgrywają zrzuty wód kopalnianych. Wyniosły one w 2010 roku 3,45 m³/s do profilu w Szczercowie, a do profilu Podgórze 7,86 m³/s. Gdyby nie wpływ innych czynników antropogenicznych, to zrzuty wód kopalnianych spowodowałyby przyrost przepływów rzeki o 61% w Szczercowie, 82% w Rogoźnie i 44% w Podgórzu. Uwzględniając, że część wód kopalnianych pobierana jest przez Elektrownię, określono faktyczny udział wód zrzutowych w przepływie. Wyniósł on 45% w Szczercowie, 48% w Rogoźnie oraz 29% w Podgórzu. Zrzut oczyszczonych ścieków z oczyszczalni w Rogowcu na poziomie 0,13 m³/s tylko w niewielkim stopniu wpłynął na wzrost przepływu na odcinku ujściowym Widawki (około 1%).

Jak pokazano we wstępie z powstaniem leja depresji wiąże się obniżenie przepływu wody w rzekach. Obliczenia wykazały, że w 2010 roku przepływ w Widawce powyżej Kopalni w profilu Ruszczyń był mniejszy o 1,20 m³/s (50 %). Wraz z przyrostem powierzchni leja depresji zwiększa się jego wpływ w wartościach bezwzględnych. Określono, że w wyniku oddziaływania leja depresji przepływy Widawki były mniejsze o 3,05 m³/s (54%) w Szczercowie, o 4,03 m³/s (42%) w Rogoźnie i o 5,15 m³/s (29%) w profilu Podgórze.

Pobory wody przez Elektrownię wynoszące w zlewni Widawki w 2010 roku 2,72 m³/s, spowodowały zmniejszenie przepływów rzeki na odcinku ujściowym o 15%.

Całkowite zmiany przepływów Widawki (wypadkowa wszystkich czynników antropogenicznych) przedstawiały się w 2010 roku następująco. Powyżej Kopalni (Ruszczyń) przepływ był mniejszy o 1,20 m³/s (50%).

TABELA 1
Zmiana średnich rocznych przepływów Widawki i jej dopływów w roku hydrologicznym 2010

Rzeka	Profil	Przepływ rzeczywisty m ³ /s	Przepływ obliczony na podstawie analogii – rzeka Grabia			Przyrost przepływów						Zmniejszenie przepływów						Zmiana przepływów		
			w Łasku m ³ /s	w Grabnie m ³ /s	wartość średnia m ³ /s	wskutek zrzutów wód kopalnianych %	wskutek zrzutów ścieków z kopalni i elektrowni %	razem m ³ /s	%	wskutek rozwoju leja depresji m ³ /s	%	wskutek poboru wody przez elektrownię m ³ /s	%	razem m ³ /s	%	razem m ³ /s	%	m ³ /s	%	
Widawka	Ruszczyń	1,21	2,41	2,41	–	–	–	–	–	–	–	–	1,20	49,8	–	–	1,80	49,8	–1,20	–49,8
	Szczarców	4,93	5,63	5,65	3,45	61,1	0,13	2,3	3,58	63,4	3,05	54,0	1,25	22,1	4,30	76,1	4,30	76,1	–0,72	–12,7
	Rogoźno	10,8	9,52	9,56	7,86	82,2	0,13	1,4	7,99	83,6	4,03	42,2	2,72	28,4	6,75	70,6	6,75	70,6	+1,24	+13,0
	Podgórze	17,9	17,70	17,78	7,86	44,2	0,13	0,7	7,99	44,9	5,15	28,9	2,72	15,3	7,87	44,2	7,87	44,2	+0,12	+0,7
Krećca	Żaby	0,15	0,33	0,33	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,18	54,5	–0,18	–54,5
Krasowa	Krasowa	2,81	1,29	1,28	4,41	344,5	–	–	4,41	344,5	1,41	110,2	1,47	114,8	2,88	225,0	2,88	225,0	+1,53	+19,5
Nieciecz	Widawa	0,73	1,65	1,70	–	–	–	–	–	–	–	–	0,97	57,1	–	–	0,97	57,1	–0,97	–57,1

(Opracowanie własne)

TABELA 2

Zmiana średnich rocznych przepływów Widawki i jej dopływów oraz udział leja depresyjnego w zlewniach w wyniku wpływu odwodnienia Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów” w roku hydrologicznym 2010

Rzeka	Profil	Przyrost przepływu wskutek zrzutów wód kopalnianych		Udział leja depresji w powierzchni zlewni		Zmniejszenie przepływu wskutek rozwoju leja depresji		Wpływ całkowity kopalni *	
		m ³ /s	m ³ /s	%	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	%	
Widawka	Ruszczyn	–	–	32,1	1,20	–1,20	–49,8		
	Szczerców	3,45	3,45	39,1	3,05	+0,40	+7,1		
	Rogoźno	7,86	7,86	35,8	4,03	+3,83	+40,0		
	Podgórze	7,86	7,86	25,7	5,15	+2,71	+15,3		
Kręcieca	–	–	82,7	0,18	–0,18	–54,5			
Krasowa	4,41	4,41	94,5	1,41	+3,00	+234,3			
Nieciecz	Widawa	–	–	62,0	0,97	–0,97	–57,1		

(Opracowanie własne)

* bez zrzutów ścieków z oczyszczalni.

Również mniejszy od przepływu, który miałby miejsce w warunkach naturalnych był przepływ średni roczny w profilu Szczerców i to o $0,72 \text{ m}^3/\text{s}$ (13%). Kolejne dwa analizowane profile charakteryzują się wzrostem przepływów. Przy czym, o ile dla profilu Rogoźno wzrost ten wyniósł $1,24 \text{ m}^3/\text{s}$ (13%) to w profilu zamykającym jest on nieznaczny i spadł do zaledwie $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$ (poniżej 1%).

W ostatnich 10 latach najbardziej zmienionym odpływem z analizowanych rzek, w odniesieniu do wielkości przepływów jak dla warunków naturalnych, charakteryzuje się rzeka Krasowa. W roku 2010 wielkość zrzucających do niej wód kopalnianych w ilości $4,41 \text{ m}^3/\text{s}$ odpowiada 344% przepływu jak w warunkach naturalnych. Wpływ leja depresji określony na $1,41 \text{ m}^3/\text{s}$ przekracza wielkość odtworzonego przepływu o 10%, co świadczy o infiltracji części wód kopalnianych (na przykład ze stawu Dygudaj). Całkowita zmiana w przepływie Krasowej w roku 2010 to wzrost przepływu o $1,53 \text{ m}^3/\text{s}$ czyli prawie 120%.

Pozostałe dwa dopływy Widawki: Kręcica (w Żabach) i Nieciecz (w Widawie) charakteryzuje zmniejszenie odpływu rzecznoego, które wyniosło odpowiednio $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$ (54%) i $0,97 \text{ m}^3/\text{s}$ (57%).

W tabeli 2 zestawiono wyniki obliczeń zmian, które zaszły w odpływie wyłącznie w wyniku oddziaływania samej Kopalni. Przyjęto przy tym upraszczające założenie, że Kopalnia dostarcza do rzeki tylko wody z odwodnienia, które w całości dopływają do poszczególnych profili (pominięto zrzuć ścieków), a obniżenie przepływów całkowicie przypisano wpływowi leja depresji.

Prowadzone odwodnienie wglębne powoduje zmniejszenie przepływów górnej Widawki oraz jej dopływów znajdujących w zasięgu leja depresji (bez zrzutów) jak Kręcica czy Nieciecz. Dla pozostałych profili na Widawce poniżej zrzutów, wpływ Kopalni zaznacza się przez dostarczenie większej ilości wód kopalnianych niż wynoszą straty w odpływie spowodowane rozwojem leja depresji. Wynika to z faktu czerpania poprzez system odwodnienia wglębnego zasobów statycznych wód podziemnych, które w warunkach naturalnych nie biorą udziału w zasilaniu rzek. Do systemu odwodnienia dopływać może również woda spoza obszaru zlewni Widawki. Tak rozumiany wpływ Kopalni dał w roku 2010 przyrost przepływów Widawki od $0,40 \text{ m}^3/\text{s}$ (7%) w Szczercowie, $3,83 \text{ m}^3/\text{s}$ (40%) w Rogoźnie i $2,71 \text{ m}^3/\text{s}$ (15%) w profilu zamykającym — w Podgórzu.

Również dla odcinka ujściowego rzeki Krasowej (profil Krasowa) obliczono, że wpływ Kopalni to przyrost przepływów w 2010 roku w stosunku do warunków naturalnych o $3,00 \text{ m}^3/\text{s}$ (234%).

7. Wnioski

- 1) Prawidłowa ocena zmian w stosunkach wodnych obszaru objętego wpływem inwestycji górniczo-energetycznej jest możliwa tylko w przypadku, gdy dysponuje się szerokim wachlarzem danych pomiarowo-obszernych, hydrologicznych i meteorologicznych. Materiał taki dostępny jest w odniesieniu do obszaru oddziaływania odwod-

nienia Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów” i obejmuje okres ponad 35 lat hydrologicznych.

- 2) Górnictwo odkrywkowe nie obniża ogólnej wielkości odpływu rzeczny z całego obszaru objętego jego wpływem. Mamy bowiem do czynienia z nadwyżką ilości zrzucanych wód kopalnianych nad stratami w odpływie wywołanymi przez oddziaływanie leja depresji. W obrębie leja depresji zachodzą jednak zjawiska powodujące przemieszczanie wody poprzez system odwodnienia Kopalni z jednej części obszaru w drugi.
- 3) Zmniejszenie zasobów wód powierzchniowych wynika z poborów wody przez Elektrownię, które spowodowały, że już w kilku latach odpływ średni z obszaru zlewni Widawki był mniejszy niż miałyby to miejsce w warunkach naturalnych.
- 4) Dla roku hydrologicznego 2010 całkowity wpływ inwestycji górniczo-energetycznej w rejonie Bełchatowa przejawiał się dla całej zlewni rzeki Widawki zaledwie 1% wzrostem odpływu. Oddziaływanie samej Kopalni spowodowałoby natomiast wzrost przepływu w rzece Widawce na odcinku ujściowym o 15%.
- 5) W analizowanym roku 2010 (o wysokich sumach opadów atmosferycznych) potwierdziło się, że straty w odpływie wywołane wpływem leja depresji w wartościach bezwzględnych są większe w roku bardziej zasobnym w wodę niż w roku suchym.

LITERATURA

- [1] *Stobiecki Z., Jasiczak A.*: Automatyzacja i monitoring wysadu solnego „Dębina”. Węgiel Brunatny nr 1 (58), 2007
- [2] *Wachowiak G.*: Oddziaływanie Zespołu Górniczo-Energetycznego „Bełchatów” na wielkość odpływu z dorzecza Widawki. Bad. Fizjogr. nad. Polską Zach., T. 53, Ser. A, 2002
- [3] *Wachowiak G.*: Wpływ regresji leja depresyjnego KWB „Bełchatów” na wielkość odpływu w zlewni górnej Widawki. Gór. Odkryw., nr 1, 2004
- [4] *Wachowiak G.*: Wpływ Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów” na odpływ ze zlewni Widawki (stan do 2004 roku). Gór. Odkryw., nr 6, 2005, s. 14–22
- [5] *Wachowiak G.*: Ocena ilości zrzutów wód kopalnianych z odwodnienia Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów”. [w:] Materiały Konferencji Technicznej pt. „XXXV-lecie eksploatacji systemu odwodnienia w Kopalni Bełchatów. Bełchatów — 3 września 2010
- [6] *Wachowiak G.*: Określenie ilości zrzutów wód kopalnianych z odwodnienia Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów” w roku hydrologicznym 2010”. IMGW Oddział w Poznaniu, 2010 (niepublikowane).
- [7] *Wachowiak G. i in.*: Rocznik meteorologiczny i hydrologiczny obszaru oddziaływania odwodnienia Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów” — 2010 rok. IMGW Oddział w Poznaniu, 2011 (niepublikowane).
- [8] *Wachowiak G., Kępińska-Kasprzak M.*: Przyczyny zmian w odpływie rzeczny na obszarach objętych wpływem eksploatacji węgla brunatnego. Uniwersytet Zielonogórski, Zeszyty Naukowe nr 138, Seria: Inżynieria Środowiska nr 18, 2010