

Analiza zagrożeń powodziowych w zlewni rzeki Piotrówki

Włodzimierz Czamara
Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław

Czesława Rosik-Dulewska
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Zabrze

Roman Lipka
IMGWO/Wrocław, RSHM, Opole

Mirosław Wiatkowski
Uniwersytet Opolski

1. Wstęp

Zagrożenie powodziowe w Polsce występuje na powierzchni ponad 2 mln hektarów, obejmujących obszary dolinowe i przymorskie, stanowi to ok. 7% powierzchni kraju [1]. Na obszarze tym występują różne typy powodzi o różnym zakresie przestrzennym i czasie występowania. Najczęstszą przyczyną ich pojawiania się stanowią opady atmosferyczne, które w okresie (półroczach letnich) 1941÷2001 były przyczyną powstawania powodzi w 59% przypadkach. Ponadto w analizowanym okresie, w półroczach zimowych (od listopada do kwietnia), najczęściej pojawiały się powodzie sztormowe (13%), zatopowe (10%), roztopowe (8%), i roztopowo-opadowe (5%). Wystąpiły również awarie urządzeń wodnych, stanowiły one przyczynę 5% powodzi [15].

Powódź jest zjawiskiem przyrodniczym, występującym nieregularnie i na ogół ma gwałtowny przebieg [17]. Wyeliminowanie powodzi jest niemożliwe, gdyż nie można kontrolować takich zjawisk jak opad atmosferyczny, można natomiast ograniczyć wielkość strat spowodowanych powodzią [21]. Na zmniejszenie strat powodziowych można wpływać poprzez rozwiązania techniczne i nietechniczne. Ze względu na stosowane środki techniczne, ochronę przeciwpowodziową dzieli się na czynną i bierną [18, 22].

W ostatnich latach w zlewni rzeki Piotrówki obserwuje się wzrost częstotliwości występowania wezbrań powodziowych. Zwiększa się także ich zasięg, zalaniu ulegają nowe obszary, zwiększając tym samym negatywne skutki występujących powodzi. Przykładem jest powódź z lipca 1997 roku, w czasie której przepływ w profilu wodowskazowym Zebrzydowice, wyniósł $Q = 53,2 \text{ m}^3/\text{s}$ [6] oraz powódź z 24 sierpnia 2005 r., podczas której według danych IMGW w Katowicach, osiągnięty został przepływ maksymalny $Q_{\max} = 64,9 \text{ m}^3/\text{s}$ [5].

Aby zapobiegać powodziom i ograniczać skutki jakie one niosą, Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej w dniu 23 października 2007 r. przyjęły Dyrektywę 2007/60/WE, nazwaną również Dyrektywą Powodziową [7]. Ma ona na celu ograniczanie negatywnych konsekwencji zjawisk powodziowych dla zdrowia ludzkiego, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej, poprzez ocenę ryzyka powodziowego i zarządzanie nim. Zgodnie z tą dyrektywą, do 2013 roku państwa członkowskie Unii Europejskiej muszą zapewnić objęcie planami zarządzania ryzykiem powodziowym wszystkie rzeki transgraniczne. Jedną z takich rzek jest Piotrówka. Jej źródła znajdują się na terenie Polski, a ujście w Republice Czeskiej. Stwarza ona zagrożenie powodziowe w obu krajach. Dlatego prowadzenie odpowiedniej profilaktyki powodziowej i ochrona przed ryzykiem wystąpienia powodzi, a także plany ograniczenia skutków powodzi są tak bardzo istotne w tej zlewni.

Celem pracy jest określenie zagrożenia powodziowego występującego na terenie zlewni poprzez wyznaczenie stref zalewowych, a także określenie możliwych do wykonania działań mających za zadanie ograniczenie ryzyka wystąpienia powodzi i zmniejszenia zakresu ich niekorzystnych skutków.

2. Metodyka pracy

Analizą objęto zlewnię rzeki Piotrówki od przekroju znajdującego się na granicy pomiędzy Polską a Republiką Czeską (km 14,300) do przekroju w km 37,700. Badany obszar stanowi 85% powierzchni zlewni rzeki Piotrówki, położonej na terytorium obydwu krajów.

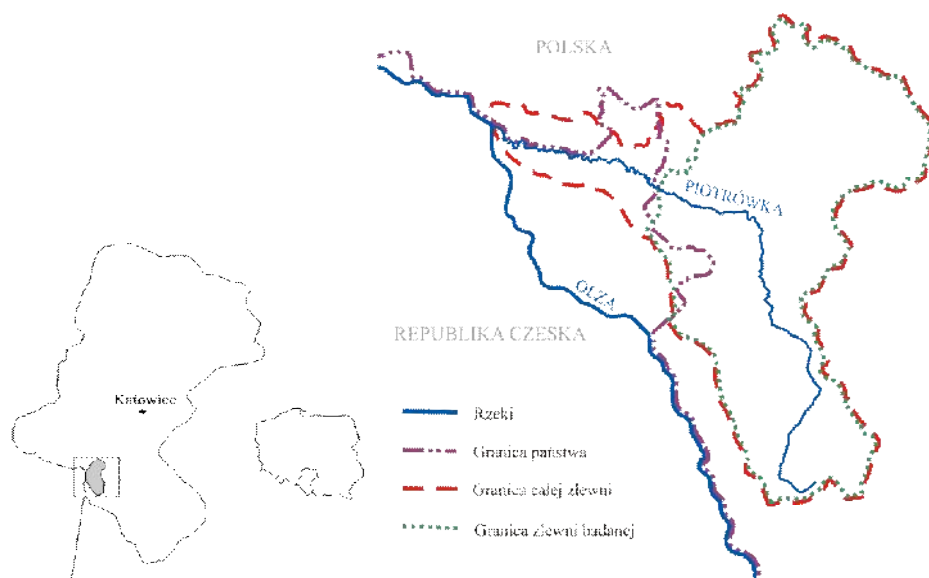
Zasięg stref zagrożenia powodziowego rzeki Piotrówki wyznaczono na podstawie przepływu miarodajnego [14]. Podstawową granicę zalewu powodziowego Piotrówki, jako rzeki nieobwałowanej określono na podstawie przepływu maksymalnego rocznego o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 1\%$ ($Q_{\max 1\%}$). Drugą wyznaczoną strefę stanowi obszar zalewu odpowiadający przepływowi $Q_{\max 0,04\%}$ o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 0,04\%$. Jest to maksymalny przepływ historyczny, który został osiągnięty w rzece Piotrówce 24 sierpnia 2005 r.

Strefy zagrożenia powodziowego wykreślono na mapach topograficznych przy zastosowaniu programu graficznego Corel Draw 12.0. Zasięg stref

wyznaczono określając położenie punktów o maksymalnej wysokości zwierciadła wody na przekrojach poprzecznych koryta rzeki Piotrówki, według metodyki podanej przez Radczuk i in. [18].

3. Charakterystyka zlewni rzeki Piotrówki

Obszar zlewni rzeki Piotrówki leży w północno-wschodniej części Kotliny Ostrawskiej, wchodzącej w skład Północnego Podkarpacia [10]. Od północnego-zachodu graniczy z Niziną Śląską, od północy z Wyżyną Śląską, od wschodu z Kotliną Oświęcimską, a od południowego-wschodu z Pogórzem Zachodniobeskidzkim. Administracyjnie zlewnia położona jest w województwie śląskim na obszarze gmin Hażlach, Zebrzydowice i Pawłowice Śląskie, a także na terenie miast Jastrzębie Zdrój oraz Cieszyn. Lokalizację zlewni rzeki Piotrówki przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Lokalizacja zlewni rzeki Piotrówki

Fig. 1. Location of Piotrówka river catchment

Zlewnia charakteryzuje się dużą gęstością sieci rzecznej, która powodowana jest ukształtowaniem terenu. Lewostronnymi dopływami Piotrówki są: Wschodnica i Kończycki Potok wraz ze swoim dopływem Kaczokiem – zaś prawostronnymi – Cisówka, Lutnia oraz największy dopływ – rzeka Pielgrzymówka. Dopływami Pielgrzymówki są lewostronne Jelonka i Pruchnianka oraz prawostronne Bzianka, Ruptawa i Golasowicki Potok. W zlewni znajduje się

dużo stawów hodowlanych: Muroń i Bagno wzdłuż dolnej Lutni, Młyńszczok, Kisielów, Płoso, Staw Młyński przy Pielgrzymówce, Staw Karpowiec, Staw Kleszczowiec przy Bziance oraz kaskadowy system Stawów Olszynieoków wzdłuż Ruptawy [11].

Zgodnie z podziałem Polski na regiony klimatyczne [23] obszar ten leży w obrębie regionu Śląsko-Krakowskiego. Do czynników wpływających na kształtowanie się powodzi w zlewni rzeki Piotrówki należy opad atmosferyczny. W porównaniu z pozostałą częścią obszaru Polski, zlewnia Piotrówki w skali roku przyjmuje więcej opadów. Według obserwacji prowadzonych w Bielsku-Białej i Raciborzu, w latach 1971÷2000, średnia roczna wysokość opadów wynosiła 800 mm, a średnie miesięczne wartości dla czerwca, lipca i sierpnia osiągały wysokości od 90 do 110 mm [2].

Dodatkowo pojawianiu się powodzi sprzyja ukształtowanie powierzchni zlewni, która charakteryzuje się dużymi deniwelacjami terenu. Maksymalna deniwelacja wynosi $\Delta H = 176$ m przy topograficznej powierzchni zlewni $A = 124,1$ km². Szczególnie południową i północną zlewnię tworzą liczne i duże wzniesienia terenu przecinane dolinami, co przyspiesza spływ powierzchniowy.

Do czynników powodziogennych zaliczyć należy również obniżoną rencyjność, która powodowana jest niską lesistością zlewni. Procent lesistości wynosi jedynie ok. $\lambda = 16,1\%$, co stanowi wartość dużo niższą od średniej krajowej, wynoszącej ok. 28%.

Przebieg zjawisk hydrologicznych w zlewni Piętrówki jest zbliżony do tendencji obserwowanych w skali światowej, objawiającej się wzrostem częstotliwości pojawiania się powodzi [3, 9, 12, 20].

4. Opis zjawisk powodziowych w zlewni rzeki Piotrówki

Wysokie stany wód w zlewni rzeki Piotrówki występują najczęściej w dwóch okresach roku. Pierwszy występuje na przełomie zimy i wiosny (miesiące II÷III), kiedy to mają miejsce wezbrania roztopowe, połączone przeważnie z opadami deszczu. Drugi, występuje latem lub jesienią (miesiące VII÷IX) i to wówczas zjawiska powodziowe generowane są najczęściej występowaniem intensywnych opadów deszczu.

Przy opisie powodzi bardzo istotna jest także charakterystyka reżimu wodnego. W tabeli 1 przedstawiono przepływy maksymalne rzeki Piotrówki oraz odpowiadające im prawdopodobieństwo pojawienia się obliczone na podstawie danych hydrometrycznych z okresu 1951÷1997.

Tabela 1. Zestawienie przepływów maksymalnych rocznych o zadanym prawdopodobieństwie wystąpienia oraz stanów i przepływów maksymalnych w rzece Piotrówce, wodowskaz Zebrzydowice, okres 1951÷1997 [6]

Table 1. Comparison of annual flows of given flood probability, stages and maximum flows, Piotrówka river, Zebrzydowice water gauge, period 1951÷1997 [6]

Przepływ maksymalny o zadanym prawdopodobieństwie Q _{max,p} [%] [m ³ /s] Maximum flow of a given flood probability Q _{max,p} [%] [m ³ /s]							Lipiec 1997 July 1997		
50%	1%	0,5%	0,2%	0,1%	0,05%	0,01%	H[cm]	Q _{max}	p%
17,7	45,3	49,6	55,0	59,1	63,1	72,3	374	53,2	0,3

Powódź z lipca 1997 roku, która wystąpiła na obszarze dorzecza Odry, była największym historycznym wezbraniem w dorzeczu Odry [13]. Rozmiary tej powodzi na Odrze i jej dopływach, głównie na Nysie Kłodzkiej były tak wielkie, że przy aktualnym technicznym stanie zabezpieczenia przed powodzią musiała nastąpić katastrofa [16]. Powódź ta oceniona została jako powódź tysiąclecia ($p = 0,1\%$). Wówczas w zlewni rzeki Piotrówki wystąpiła powódź o kulminacji, której prawdopodobieństwo wystąpienia oszacowano na $p = 0,3\%$. Wysokość poziomu wody w profilu wodowskazowym Zebrzydowice wyniosła wówczas $H = 374$ cm, przy przepływie $Q = 53,2$ m³/s [6].

Bezpośrednią przyczyną wystąpienia tej powodzi były wysokie opady. Na posterunku opadowym w Mszanie, zlokalizowanym 11 km na północ od zlewni, średnie opady atmosferyczne w miesiącu lipcu, z wielolecia 1974÷1998, wyniosły 90 mm. Natomiast w okresie 4÷9 lipca 1997 r. zanotowano 231,9 mm opadu [8].

Największy przepływ maksymalny na wodowskazy Zebrzydowice zarejestrowany został podczas powodzi w 2005 roku (24.08.). Według danych IMGW w Katowicach przepływ osiągnął wówczas $Q_{\max} = 64,9$ m³/s [5]. Na tej podstawie obliczono wysokość stanu wody, która wyniosła $H = 408$ cm. Według rozpatrywanych danych hydrologicznych z 47-letniego okresu obserwacji (1951÷1997), zjawisko to osiągnęło prawdopodobieństwo pojawienia się $p = 0,04\%$.

Ostatnie duże wezbranie w zlewni rzeki Piotrówki miało miejsce w dniu 07.09.2007 r. (rys. 2). Wówczas w km 15,300 stan wody na łacie wodowskazowej w Zebrzydowicach osiągnął poziom $H = 313$ cm. Natomiast przepływ wynosił $Q = 35,3$ m³/s. Porównując z danymi przedstawionymi w pracy Dubickiego, prawdopodobieństwo wystąpienia takiego przepływu oceniono na $p = 18,7\%$ [6].



Rys. 2. Wezbranie na rzece Piotrówce dnia 07.09.2007 r.
Fig. 2. Flood tide on Piotrówka river on September 7th 2007

5. Aktualny stan ochrony przeciwpowodziowej



W zlewni rzeki Piotrówki brak jest skutecznego systemu ochrony przeciwpowodziowej. Przeciwpowodziową infrastrukturę techniczną, wybudowaną przez człowieka, stanowi jedynie częściowo zniszczony, 100 m odcinek wału na prawym brzegu rzeki (km 18,130÷18,230) w okolicy pałacu i kościoła w Zebrzydowicach (rys. 3). W pewnym stopniu funkcję przeciwpowodziową spełniają również niektóre wielkopowierzchniowe stawy hodowlane, które zlokalizowane są wzdłuż koryt Piotrówki i jej dopływów. Zasilane są one wodami tych rzek i zatrzymują znaczne jej ilości. Taka lokalizacja stawów umożliwia reten-

cjonowanie wody w czasie wezbrań. Ponadto koryto rzeki Piotrówki zostało uregulowane na odcinku od ujścia Pielgrzymówki w Zebrzydowicach do granicy państwa [8]. Ten przeciwpowodziowy zabieg hydrotechniczny powoduje obecnie szybsze odprowadzanie wody z dolnej części zlewni. Niekorzystne znaczenie tego przedsięwzięcia objawia się nasiloną erozją wglębną.



Rys. 3. Wał przeciwpowodziowy, km 18,130÷18,230 biegu rzeki Piotrówki
Fig. 3. A dike in 18,130÷18,230 km of Piotrówka river

6. Strefy zalewowe

Strefy zalewowe rzeki Piotrówki wyznaczono na podstawie przepływu miarodajnego [4, 14]. Podstawową granicę zalewu powodziowego dla Piotrówki jako rzeki nieobwałowanej, wyznaczył przepływ maksymalny roczny o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 1\%$ ($Q_{\max 1\%}$), rys. 4 (zaznaczony jako ). Drugą wyznaczoną strefę – zaznaczoną  – stanowi obszar zalewu odpowiadający przepływowi $Q_{\max 0,04\%}$. Jest to największy przepływ historyczny, który wystąpił w rzece Piotrówce, 24 sierpnia 2005 r.

Na podstawie map topograficznych, ortofotomap i wizji terenowej obszaru objętego zalewem wodami powodziowymi, określono zabudowę zlokalizowaną w zasięgu poszczególnych stref zagrożenia powodziowego. W strefie zalewu przepływem $Q_{\max 1\%}$ znajdują się 143 budynki mieszkalne i gospodarskie, 8 budynków usługowych oraz szkoła, hotel, budynek urzędu gminy, policji, a także kościół wraz z cmentarzem oraz pałac z XVII wieku, które stanowią zabytki kultury. Strefa określona na podstawie przepływu $Q_{\max 0,04\%}$ obejmuje 49 dodatkowych zabudowań mieszkaniowych i gospodarczych [11].







Rys. 4. Strefy zagrożenia powodziowego;  – obszar zalany przy przepływie o prawdopodobieństwie wystąpienia $p=1\%$,  – obszar zalany przy przepływie o prawdopodobieństwie wystąpienia $p=0,04\%$

Fig. 4. Flood endangered zones;  – flooded area in the event of $p=1\%$ flood probability,  – flooded area in the event of $p=0,04\%$ flood probability

7. Propozycja działań mających na celu ochronę przed powodzią terenów zagrożonych falą wezbraniową

Na podstawie przeprowadzonych wizji lokalnych oraz analizy zagospodarowania strefy zalewowej stwierdzono, że największe ryzyko powodziowe występuje w dolnej części zlewni, na obszarze gminy Zebrzydowice. Dolina jest tu najgęściej zabudowana, zamieszkuje ją znaczna liczba osób, a budynki posadowione są również na terasach zalewowych rzeki (rys. 5). Wody ekstremalnych powodzi zajmują tu znaczne obszary co spowodowane jest morfologią terenu, gdyż dolina Piotrówki jest w tym miejscu najszersza i płaska.

W górnej części zlewni dolina Piotrówki jest znacznie węższa i wody powodziowe rozlewają się na zdecydowanie mniejszym obszarze. Ponadto zabudowania oraz infrastruktura występująca na tym terenie w większości zloka-

lizowane zostały poza zasięgiem wód powodziowych. Nie ma tu również budynków stanowiących zabytki kultury. Także objętość przepływu w tej części zlewni jest mniejsza niż w dolnej części zlewni, gdzie Piotrówka przejmuje wody swoich największych dopływów. Obszar górnej części zlewni, ma mniejsze znaczenie ekonomiczne oraz mniejszą wartość kulturową.



Rys. 5. Zagospodarowanie dolnej części zlewni rzeki Piotrówki, km 20,100
Fig. 5. Management in lower part of watershed in 20,100 km of Piotrówka river

Wszystkie te czynniki powodują, iż na obszarze górnej części zlewni Piotrówki ryzyko powodziowe można uznać za nieznaczne, natomiast należy zwrócić większą uwagę na ochronę przed powodzią obszaru dolnej części zlewni, leżące w administracyjnych granicach gminy Zebrzydowice.

W zlewni Piotrówki ochronę ludzi i mienia przed powodzią można realizować zgodnie z zaleceniami art. 80 prawa wodnego, w szczególności poprzez:

1. zachowanie i tworzenie wszelkich systemów retencji wód, np. przez budowę suchych zbiorników oraz polderów przeciwpowodziowych,
2. racjonalne użytkowanie budowli przeciwpowodziowych, a także sterowanie przepływami wód,
3. wprowadzenie systemu ostrzegania przed niebezpiecznymi zjawiskami zachodzącymi w atmosferze i hydrosferze,
4. sposoby zagospodarowania przestrzennego dolin rzecznych lub terenów zalewowych, powinny uwzględniać wymagania i zalecenia ochrony przed powodzią,
5. w miejscach zagrożonych zalaniem należy wybudować oraz utrzymywać wały przeciwpowodziowe [19].

Wszystkie te zalecenia, dotyczące ochrony przeciwpowodziowej, są możliwe do zrealizowania w zlewni rzeki Piotrówki.

Z uwagi na występujące w zlewni problemy związane z brakiem wody, wynikające z nierównomiernego rozkładu zasobów w czasie, należy również podjąć działania mające na celu kształtowanie zasobów wodnych zlewni z względem ich ilości. Objętość wody w zlewni, w roku przeciętnym, oszacowano na 11,63 mln m³ rocznie [11]. Należy gospodarować nią poprzez realizowanie strategii opartej na retencjonowaniu wody. Zatrzymywanie wody w okresie jej nadmiaru oraz odprowadzanie w okresie trwania niżówek, pozwoli na wyrównanie odpływu ze zlewni. Takie działania mają pozytywny wpływ również na ochronę przeciwpowodziową oraz na zachowanie życia biologicznego w korycie rzeki.

Do działań mających na celu zmianę zagospodarowania zlewni i ochronę przeciwpowodziową terenów zagrożonych zalaniem należy zaliczyć:

- budowę wałów przeciwpowodziowych na odcinku ok. 5,9 km (km 14,300 do km 20,200 biegu rzeki) jako jeden ze sposobów technicznej ochrony doliny rzeki Piotrówki przed powodzią,
- odpowiednie zagospodarowanie przestrzenne terenów zagrożonych falą wezbraniową. W wyznaczonych strefach zagrożenia powodziowego należy zaniechać wprowadzania nowych inwestycji na obszary znajdujące się w zasięgu potencjalnych zalewów oraz odpowiednio użytkować te tereny,
- realizację programu małej retencji poprzez budowę małych zbiorników wodnych oraz zwiększanie zalesień i zadrzewień na nowych terenach, a ponadto poprzez zabiegi fitomelioracyjne i agromelioracyjne zwiększające retencję gleby,
- wprowadzenie lokalnego Systemu Ostrzegania Powodziowego w celu zwiększenia skuteczności ostrzegania przed powodzią,
- wprowadzenie zarządzania ryzykiem powodziowym, zgodnie z Dyrektywą Powodziową 2007/60/WE, mając na uwadze: zapobieganie, przygotowanie, ochronę, reagowanie kryzysowe, usuwanie skutków.

7. Podsumowanie

Powodzie są zjawiskami naturalnymi występującymi okresowo we wszystkich dolinach rzecznych. Skutkują stratami, szczególnie na zagospodarowanych obszarach zalewowych rzek. Wyeliminowanie powodzi jest niemożliwe, gdyż nie można kontrolować takich zjawisk jak opad atmosferyczny, można natomiast ograniczyć wielkość strat spowodowanych powodzią. Na zmniejszenie strat powodziowych można wpływać poprzez rozwiązania techniczne i nietechniczne.

W zlewni rzeki Piotrówki wezbrania są częstym zjawiskiem, które w ostatnim czasie przybierają na rozmiarze i sile. Swym zasięgiem obejmują one coraz większe tereny. Przykładem jest powódź, która nawiedziła dolinę rzeki Piotrówki 24 sierpnia 2005 r. Była to największa w ostatnim stuleciu powódź na tej rzece. Wówczas zanotowano przepływ $Q_{\max} = 64,9 \text{ m}^3/\text{s}$, przy stanie lustra wody $H = 408 \text{ cm}$. W związku z tym, że Piotrówka uchodzi do Republiki Czeskiej, stwarza tym samym zagrożenie powodziowe w obu krajach.

W pracy przeanalizowano różne warianty ochrony przeciwpowodziowej, które stanowią propozycję rozwiązań możliwych do zastosowania na obszarze doliny rzeki Piotrówki oraz zaproponowano kierunki działań mające na celu ochronę przed powodzią terenów najbardziej zagrożonych falą wezbraniową. Zaliczono do nich m.in.:

- a) budowę wałów przeciwpowodziowych,
- b) odpowiednie zagospodarowanie przestrzenne terenów zalewowych,
- c) realizację programu małej retencji, poprzez budowę małych zbiorników, zabiegi agromelioracyjne i zalesianie,
- d) wprowadzenie działającego lokalnie Systemu Ostrzegania Powodziowego w celu zwiększenia skuteczności ostrzegania przed powodzią,
- e) zastosowanie zarządzania ryzykiem powodziowym poprzez wprowadzenie mechanizmów zarządzania nim zgodnie z Dyrektywą Powodziową 2007/60/WE.

Żaden z proponowanych kierunków działań przeciwpowodziowych nie jest w stanie w 100% zabezpieczyć człowieka i jego majątku przed pojawieniem się powodzi lub przed ich negatywnymi konsekwencjami. Nie należy również sądzić, iż wysoki stopień ochrony przed powodzią zostanie osiągnięty poprzez wdrożenie wymienionych inicjatyw pojedynczo. Znaczną poprawę stanu ochrony przeciwpowodziowej na zagrożonych obszarach można uzyskać jedynie wtedy, gdy zastosowana zostanie możliwie najlepsza kombinacja proponowanych środków, obejmujących zarówno techniczne oraz nietechniczne środki ochrony przeciwpowodziowej.

Proces planowania i podejmowania decyzji w zakresie ochrony przeciwpowodziowej należy koordynować w jak najszerszym zakresie na terenie całej zlewni, gdyż w myśl dyrektywy powodziowej 2007/60/WE [7] „państwa członkowskie powinny [...] powstrzymać się od wprowadzania środków i podejmowania działań, które znacznie zwiększają ryzyko powodziowe w innych państwach członkowskich [...]”. Uzgodnione działanie na szczeblu międzynarodowym pomoże w wypracowaniu stosownego rozwiązania i przyczyni się do poprawy ogólnego poziomu ochrony przeciwpowodziowej w zlewni rzeki Piotrówki położonej na terenie Polski i Republiki Czeskiej.

Literatura

1. **Arkuszewski A.:** *Dylemat – jak postępować, aby ograniczyć straty powodziowe.* Gosp. Wodna nr 5/1999.
2. *Atlas klimatu Polski.* Lorenc H. (red.), Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2005.
3. **Bultot F., Coopens A., Dupriez G.L., Gellens D., Meulenberghs F.:** *Repercussions of a CO₂ doubling on the water cycle and on the water balance – A case study for Belgium.* Journal Hydrol. 99 (3-4), 319-347, 1988.
4. **Czamara W.:** *Analiza zagrożeń powodziowych dla potrzeb planów reagowania kryzysowego.* [W:] Zarządzanie kryzysowe – ochrona przed powodzią (zagadnienia naukowe), Czamara W., Dubicki A., Wiatkowski M. (red.), Wyd. Uniwersytet Opolski, Opole, 29-40, 2008.
5. Dane Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział w Katowicach, Katowice.
6. **Dubicki A., Słota H., Zieliński J.** (red.): *Dorzecze Odry. Monografia powodzi lipiec 1997.* Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 1999.
7. Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim. Dz. U. L 228 z 6.11.2007, ss.27, 2007.
8. Ekspertyza hydrotechniczna obszaru gminy Zebrzydowice. Zakład Badawczo-Usługowy Intergeo Sp. z o.o., Sosnowiec 1999.
9. **Gellens D., Roulin E.:** *Streamflow response of Belgian catchments to IPCC climate change scenarios.* Journal Hydrol. 210 (1-4), 242-258, 1998
10. **Kondracki J.:** *Geografia regionalna Polski.* Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2002.
11. **Lipka R.:** *Ochrona przeciwpowodziowa i gospodarka wodna w zlewni rzeki Piotrówki.* Praca magisterska wykonana w Uniwersytecie Opolskim, Katedra Ochrony Powierzchni Ziemi, Pracownia Hydrologii, Opole 2008.
12. **Middelkoop H., Parmet B.:** *Assessment of the impact of climate change on peak flows in the Netherlands – a matter of scale.* in: Proceedings of the second international conference on climate and water, edited by: Lemell'a R. and Helenius N., Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, 20-33, 1998.
13. **Mikulski Z.:** *Gospodarka Wodna.* Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1998.
14. **Nachlik E., Kostecki S., Gądek W., Stochmal R.:** *Strefy zagrożenia powodziowego.* Wydawnictwo Profil, Biuro Koordynacji Projektu Banku Światowego, Wrocław 2000.
15. **Pierzgalski E., Żelazo J.:** *Uwarunkowania i kierunki ochrony przed powodzią.* Wiadomości Melioracyjne i Łącarskie 1/2008, Zagadnienia Inżynierii środowiska wiejskiego, nr 1 (416), 15-20, 2008.
16. **Radczyk L., Eliasiewicz R., Grünewald U., Dąbrowski R.:** *Przyczyny, przebieg i skutki powodzi z lipca 1997 w dorzeczu Odry.* Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, Konferencje XXI, Nr 339, 7-25, 1999.
17. **Radczyk L., Żyszkowska W.:** *Sposoby wykorzystania stref zagrożenia powodziowego. Ograniczanie skutków powodzi w skali lokalnej.* Biuro Koordynacji Projektu Banku Światowego, Wydawnictwo Safege Ingenieurs Conseils, Wrocław 2001.

18. **Radczyk L., Szymkiewicz R., Jelowicki J., Żyszkowska W., Burn J. F.:** *Wyznaczanie stref zagrożenia powodziowego. Ograniczanie skutków powodzi w skali lokalnej.* Biuro Koordynacji Projektu Banku Światowego, Wydawnictwo Safege Ingenieurs Conseils, Wrocław 2001.
19. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz. U. z dnia 11 października 2001r.) z późniejszymi zmianami.
20. **Van Deursen W.:** MEUSEFLOW 2.1, Laagwaterstudies Maasstroombied. Report number RI-2988A, RIZA, Arnhem, The Netherlands, www.carthago.nl/Publications/MeuseLaagwater.PDF, 2000.
21. **Wiatkowski M., Głowacki M.:** *Problematyka ochrony przed powodzią w procesie planowania przestrzennego – na przykładzie województwa opolskiego.* [W:] *Gospodarka przestrzenna w regionie opolskim – Wybrane zagadnienia*, Dubel K., Drobek W. (red.). Śląsk Opolski Nr 3-4, Państwowy Instytut Naukowy Instytut Śląski w Opolu, Opole, 55-67, 2006.
22. **Wołoszyn J., Czamara W., Eliasiewicz R., Krężel J.:** *Regulacja rzek i potoków*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław 1994.
23. **Woś A.:** *Klimat Polski.* Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1999.

Analysis of Flood Risk in Piotrówka River Catchment

Abstract

The flood risk in Poland is found on more than 2 millions hectare area (valley and coastal territory) that constitute about 7% of country area [1]. There are a various types of flooding that are characterized by diverse duration and spatial scope. The reason of flooding occurrence in 59% of cases are precipitation and this was a main reason of inundation in 1941 – 2001 season.

The dissertation concerns issues of flood protection in Piotrówka river catchment localized in south Poland. In the last few years the increase of flood incidence can be observed in the considered catchment area. The range of floods also increases and, as a result, larger areas get flooded, which makes consequences of each flood more severe. The instances are flood from July 1997 when the streamflow reached $Q = 53.2 \text{ m}^3/\text{s}$ and from 24th August 2005 when the maximum historical flow of $Q = 64.9 \text{ m}^3/\text{s}$ was reached. Due to the fact that Piotrówka flows to the Czech Republic, it causes flood risk for both countries.

In this paper the flood risk for Piotrówka river catchment has been identified by determining flooded areas and proposing a course of action to protect areas most vulnerable to a flood wave. Flood areas determined by the flow of the probability of occurrence of $p = 1\%$ ($Q_{\max 1\%}$) and maximal historical flow of the probability of occurrence of $p = 0.04\%$ ($Q_{\max 0.04\%}$) (that took place on 24th August 2005) have also been set.

According to methodic given by Radczyk and al. [2001] the range of the areas has been established by determining the location of points of the highest water level on

the cross-section of Piotrówka river channel. Flood area presented on topographic maps with the aid of Corel Draw 12.0 graphic program.

Different options of flood protection, constituting proposals of solutions for the valley of Piotrówka river have been analyzed. What has been proposed:

- building of dikes,
- appropriate land use planning in flooded area,
- realisation of pondage program by the building of small reservoirs, but also agromelioration and reforestation in basin,
- introducing the Local Flood Warning System in order to increase of efficacy to warn off from flooding,
- implementation of mechanism of flood risk management according to Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks.

These actions will enhance flood prevention and reduce negative consequences of inundation at the same time.