

SCENARIUSZE POWODZIOWE DO WSPOMAGANIA DECYZJI W CZASIE POWODZI

FLOOD SCENARIOS TO SUPPORT DECISIONS DURING FLOOD PERIOD

Radosław Radoń

Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie

Słowa kluczowe: powódź, zagrożenie powodziowe, scenariusz powodziowy, mapa zagrożenia powodziowego, zarządzanie ryzykiem powodziowym

Keyword: flood, flood hazard, flood scenario, flood hazard map, flood risk management

Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie jest jednym z siedmiu RZGW, w których kompetencjach znajduje się gospodarowanie wodami w regionie wodnym w imieniu Skarbu Państwa. RZGW w Krakowie administruje wodami powierzchniowymi dorzecza górnej Wisły (na odcinku od ujścia rzeki Przemszy do ujścia rzeki Sanny) wraz z głównymi jej dopływami: Sołą, Skawą, Rabą, Nidą, Dunajcem, Wisłoką, Wisłokiem i Sanem, na obszarze ok. 44 tys. km², czyli ok. 15 % powierzchni naszego kraju.

Zgodnie z zapisami ustawy *Prawo wodne* za realizację zadań statutowych RZGW odpowiada bezpośrednio Dyrektor. W działaniach dotyczących tematyki powodziowej wspomaga Dyrektora RZGW Ośrodek Koordynacyjno-Informacyjny Ochrony Przeciwpowodziowej (OKI).

Działalność OKI w Krakowie, podobnie jak całego RZGW dotyczy regionu wodnego górnej Wisły, a więc w całości obszaru województw małopolskiego i podkarpackiego oraz części województw śląskiego, świętokrzyskiego i lubelskiego.

Celem działania OKI jest gromadzenie, przetwarzanie i udostępnianie informacji związanych z ochroną przeciwpowodziową, tj. działalność zmierzająca do zmniejszenia zagrożenia powodzią oraz ograniczenia strat w czasie powodzi.

Specyfika pracy Ośrodka wymusza pracę w dwóch trybach:

- pomiędzy powodziami,
- w czasie trwania powodzi.

Tryb pracy pomiędzy powodziami (tzw. normalny) trwa przez większą część roku, i jest to okres, w którym Ośrodek przygotowuje się do pracy w trybie powodziowym (alarmowym) a więc całodobowych dyżurów, w czasie których na bieżąco jest analizowana sytuacja powodziowa w dorzeczu i przekazywane są informacje dotyczące zasięgu stref zagrożenia powodziowego.

Specyfika regionu wodnego górnej Wisły, tj. niezwykła dynamika formowania się fali wezbraniowej charakterystyczna dla zlewni górskich i wyżynnych, uniemożliwia wykonywanie modelowania hydraulicznego i opracowywania w oparciu o jego wyniki zasięgów

stref zagrożenia powodziowego w czasie trwania wezbrania. Wymusza to przyjęcie innego podejścia do tematu przygotowywania informacji na temat zasięgu zagrożenia powodziowego.

Przykładem takiego podejścia zastosowanym w OKI są tzw. scenariusze powodziowe, pod którą to nazwą kryje się zbiór informacji opisujących sytuację powodziową na określonym obszarze (np. odcinek rzeki lub część dorzecza), przy założonym stopniu zagrożenia powodziowego. Scenariusze powodziowe są tworzone w okresie między wezbraniem a wykorzystuje się je w czasie powodzi.

W przypadku OKI w Krakowie zasięg poszczególnych scenariuszy powodziowych związany jest z zakresem poszczególnych modeli transformacji fali wezbraniowej oraz przyjętych w nich odcinków poszczególnych rzek. Można więc wyróżnić scenariusze powodziowe dla następujących odcinków rzek (rys. 1):

- Wisła od zbiornika w Goczałkowicach do wodowskazu Gromiec,
- Wisła od wodowskazu Gromiec do wodowskazu Smolice,
- Wisła od wodowskazu Smolice do wodowskazu Popędzyna,
- Wisła od wodowskazu Popędzyna do wodowskazu Karsy,
- Wisła od wodowskazu Karsy do wodowskazu Szczucin,
- Wisła od wodowskazu Szczucin do wodowskazu Sandomierz,
- Wisła od wodowskazu Sandomierz do wodowskazu Zawichost,
- Soła poniżej ZW Czaniec do ujścia,
- Skawa od przekroju zaporowego budowanego ZW Świnna Poręba do ujścia,
- Raba poniżej ZW Dobczyce do ujścia,
- Uszwica od miejscowości Okocim do ujścia,
- Dunajec na odcinku od przekroju zaporowego ZW Sromowce Wyżne (zbiornika wyrównawczego wchodzącego w skład ZEW Czorsztyn–Niedzica) do cofki zbiornika rożnowskiego
- Dunajec od ZW Czchów do ujścia,
- Nida na odcinku od połączenia Czarnej i Białej Nidy do ujścia,
- Wisłoka od Jasła do ujścia
- San od wodowskazu Dynów do ujścia
- Wisłok od miejscowości Łęki Strzyżowskie do ujścia.

Stopnie zagrożenia powodziowego stosowane w scenariuszach powodziowych są uzależnione od wartości przepływów o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia, a w przypadku dolnej wartości od stanu umownego, jakim jest stan alarmowy.

Istnieją dwa kryteria podziału scenariuszy powodziowych. Pierwszy z nich to podział związany z dynamiką procesu prezentowanego w scenariuszu

(uwzględnienie czasu jako podstawowego parametru), natomiast drugi to podział związany charakterem danych źródłowych (dane historyczne lub hipotetyczne).

Według pierwszego kryterium scenariusze powodziowe można podzielić na:

- scenariusze statyczne, przedstawiające maksymalny zasięg fali powodziowej o określonej wartości przepływu. Scenariusze tego typu nie pokazują rozkładu zjawiska powodzi w czasie.

Stopień zagrożenia	Przepływy prawdopodobne
I stopień	Q (dla stanu alarmowego) $< Q \geq Q$ 20%
II stopień	Q 20% $< Q \geq Q$ 10%
III stopień	Q 10% $< Q \geq Q$ 2%
IV stopień	Q 2% $< Q \geq Q$ 1%
V stopień	Q 1% $< Q \geq Q$ 0,1%



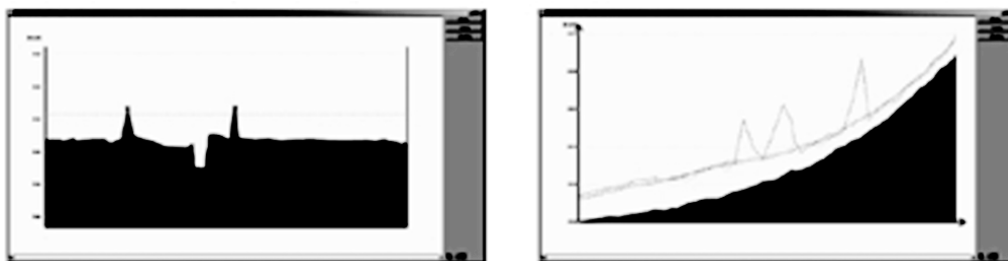
Rys. 1. Zasięg scenariuszy powodziowych OKI w Krakowie

- scenariusze dynamiczne, przedstawiające rozwój zjawiska powodzi w czasie, uwzględniające np. przerwanie lub rozmycie wałów powodziowych, otwarcie polderu lub wpływ pracy zbiornika retencyjnego.

Wg drugiego kryterium scenariusze powodziowe można podzielić na:

- scenariusze historyczne, w nich zapisany jest przebieg wezbrania, które miało miejsce w przeszłości.
- scenariusze hipotetyczne, w nich zapisane jest hipotetyczne wezbranie o wartościach ustawionych w oparciu o prawdopodobne zjawisko, które mogłoby zaistnieć w przyszłości uwzględniając specyfikę zlewni.

Scenariusze powodziowe zawierają m. in. informacje, które przedstawiono na poniższych sześciu rysunkach (rys. 2–7).



a

b

Rys. 2. a – rzędne zwierciadła wody i korony obwałowań w określonych przekrojach poprzecznych, b – na profilach podłużnych rzek

Rzeka	Kilometr		Obiekt	Poziom wody [m.n.p.m.]	Przepływ wody [m ³ /s]	Rzędna obwałowania lewego [m.n.p.m.]
	IT-GIS OKI [km+m]	modelu [km+m]				
Raba	2+042.46	2+018.00		185.69	1766.12	
Raba	2+691.25	2+685.67		186.10	1763.75	
Raba	3+369.46	3+353.33		186.51	1761.56	
Raba	3+943.76	4+021.00		186.92	1759.33	
Raba	4+633.44	4+735.50		187.32	1757.04	
Raba	5+323.52	5+450.00		187.59	1754.68	
Raba	6+072.84	6+181.50		187.88	1752.31	
Raba	6+822.44	6+913.00		188.40	1750.01	
Raba	7+498.60	7+547.50		188.97	1747.84	
Raba	8+176.49	8+182.00		189.41	1745.65	
Raba	8+871.27	8+928.00		189.83	1743.32	
Raba	9+567.81	9+674.00		190.24	1740.88	
Raba	10+314.01	10+423.50		190.66	1738.43	

Rys. 3. Wartości przepływów w przekrojach poprzecznych

Rzeka	Kilometr		Obiekt	Poziom wody [m.n.p.m.]	Przepływ wody [m ³ /s]	Rzędna obwałowania lewego [m.n.p.m.]	Rzędna obwałowania prawego [m.n.p.m.]
	IT-GIS OKI [km+m]	modelu [km+m]					
Raba	2+042.46	2+018.00		185.69	1766.12	186.69	186.83
Raba	2+691.25	2+685.67		186.10	1763.75		
Raba	3+369.46	3+353.33		186.51	1761.56		
Raba	3+943.76	4+021.00		186.92	1759.33	188.41	188.36
Raba	4+633.44	4+735.50		187.32	1757.04		
Raba	5+323.52	5+450.00		187.59	1754.68	189.26	189.23
Raba	6+072.84	6+181.50		187.88	1752.31		
Raba	6+822.44	6+913.00		188.40	1750.01	190.04	189.84
Raba	7+498.60	7+547.50		188.97	1747.84		

Rys. 4. Rzędne korony obwałowań w przekrojach poprzecznych i profilach podłużnych rzek

Poziom wody [m.n.p.m.]	Przepływ wody [m ³ /s]	Rzędna obwałowania lewego [m.n.p.m.]	Rzędna obwałowania prawego [m.n.p.m.]	Przerwanie obwałowania lewego - przepływ [m ³ /s]	Przerwanie obwałowania prawego - przepływ [m ³ /s]	Przerwanie obwałowania prawego - przepływ [m ³ /s]
218.84	1173.60	218.64	219.75	0.15		
220.43	1168.02					
222.14	1013.24	220.77	222.24	-107.29	-39.40	
223.27	1009.51					
224.53	1079.37	222.18	222.76	56.19	20.45	
226.14	1075.13					
227.71	1074.39	226.86	227.80	6.16		
229.17	1070.45					
230.47	1072.33	229.75	229.49			8.70
231.82	1084.21	230.69	231.07	11.67		4.62

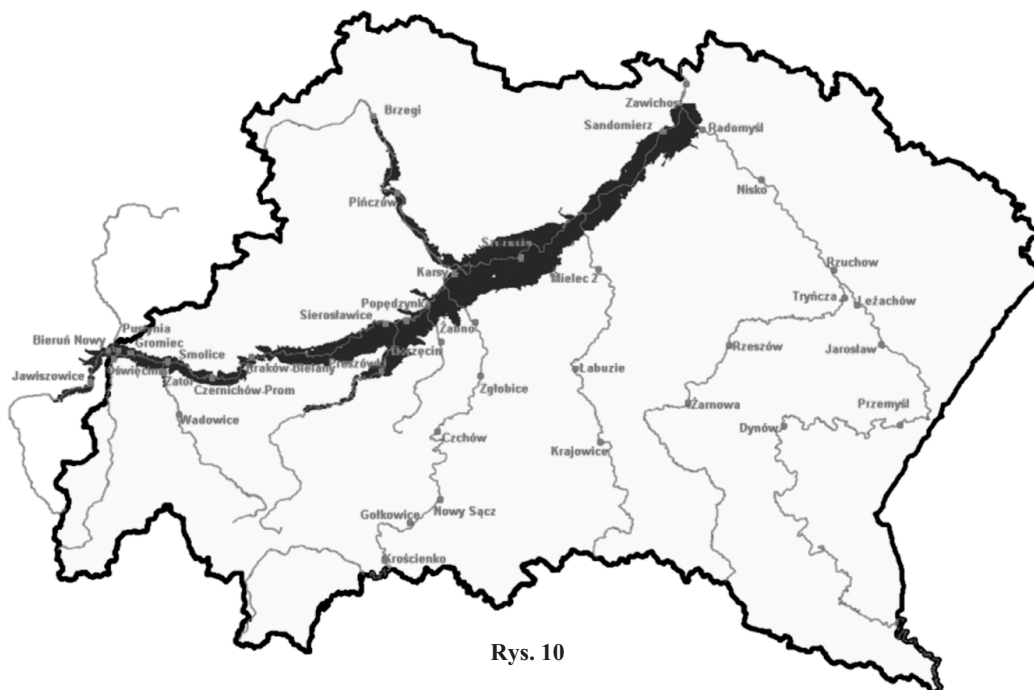
Rys. 5. Wartości przepływów w przypadku przelania się wody przez koronę obwałowania

Ośrodek dysponuje scenariuszami statycznymi hipotetycznymi dla prawdopodobieństwa Q1%, Q2%, Q10% oraz Q20% dla wszystkich ww. odcinków rzek.

Obecnie brak numerycznego modelu terenu (NMT) w postaci umożliwiającej generowanie stref dla całego obszaru objętego scenariuszami powodziowymi. Zostały wykonane i załączone jako jeden z istotnych elementów scenariusza, strefy zagrożenia powodziowego tylko dla rzek Wisły i Nidy (o prawdopodobieństwie Q1%) oraz Raby (o prawdopodobieństwie Q1%, Q2%, Q10%, Q20%) (rys. 10).

Scenariusze powodziowe są gromadzone i przechowywane w bazie danych aplikacji IT-GIS OKI, która jest narzędziem informatycznym wspomagającym pracę Ośrodka, bazującym na platformie GeoMedia firmy Intergraph.

W sytuacji wystąpienia zagrożenia powodziowego, po otrzymaniu z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej bieżących danych hydrologiczno-meteorologicznych oraz prognozy rozwoju sytuacji powodziowej w dorzeczu na najbliższe godziny aplikacja IT-GIS OKI dobiera scenariusz powodziowy najbliższy aktualnym wydarzeniom. W miarę rozwoju sytuacji



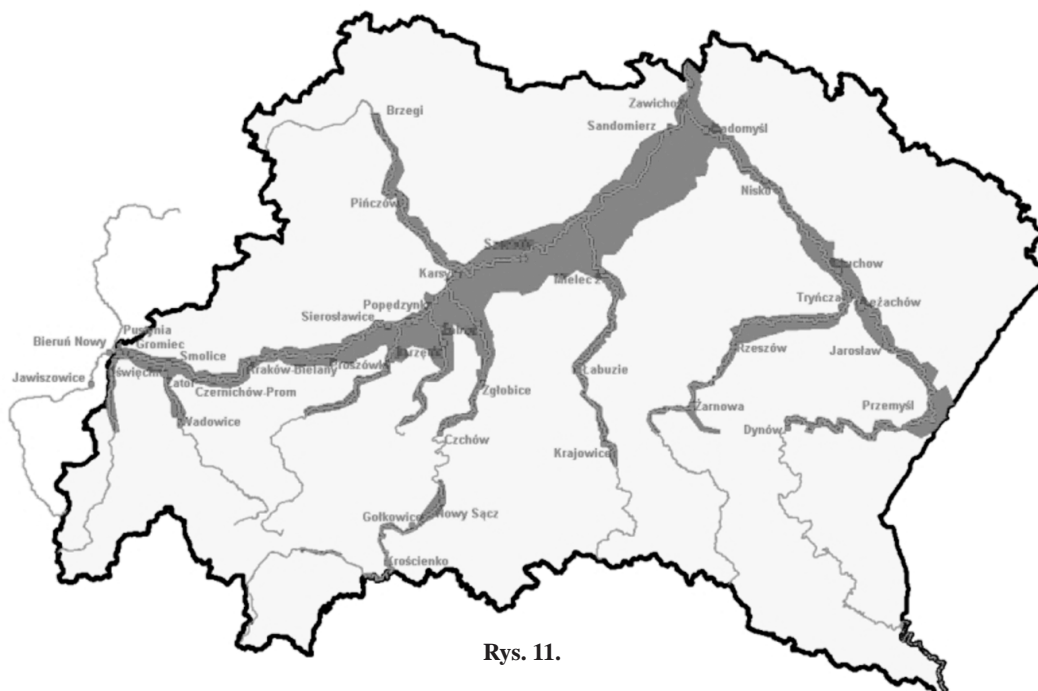
Rys. 10

powodziowej i napływu dalszych danych za optymalny może zostać uznany inny scenariusz (rys. 8).

Scenariusze, które zostają przyjęte jako obowiązujące podlegają szczegółowym analizom mającym na celu wskazanie obszarów, w których może nastąpić przelanie się wody przez obwałowania lub, w przypadku terenów nieobwałowanych, wystąpienie wód wezbraniowych poza linię brzegową. W przypadku, kiedy analizy wskazują, iż zaistniała sytuacja nie powoduje zagrożenia powodziowego nie są podejmowane dalsze kroki zmierzające do udostępnienia informacji zawartych w scenariuszu powodziowym. Z kolei w przypadku, kiedy wynik analiz wskazuje, iż mogły ulec zagrożeniu tereny przyległe do ujętego w scenariuszu powodziowym ciek, dokonywane są dalsze prace mające na celu określenie zasięgu zalanego obszaru oraz rodzaju zalanych terenów (rys. 9). Jest to możliwe przez wykonanie analiz na danych przestrzennych zawartych w bazach danych Ośrodka.

OKI dysponuje danymi dotyczącymi zagospodarowania na obszarach bezpośrednio przyległych do odcinków rzek ujętych w scenariuszach powodziowych (rys. 11). Dane są zestawione w 52 klasach obiektów, które zostały wykonane przez wektoryzację mapy topograficznej w skali 1:10 000 i są podzielone na następujące grupy: granice (państwa, województw, powiatów, gmin, parków), osadnictwo (jednostki osadnictwa, zakłady przemysłowe, budynki użyteczności publicznej), obiekty infrastruktury technicznej (linie kolejowe, drogi, linie energetyczne, wiadukty, przepusty, śluzy wałowe, pompownie, stacje i zbiorniki paliw), roślinność, uprawy i grunty (lasy, użytki zielone, grunty orne i nieużytki) oraz wody powierzchniowe (cieki, jeziora, zbiorniki wodne).

Wyniki analiz przestrzennych są zestawiane tabelarycznie i mogą być przekazywane do Wojewódzkich Centrów Zarządzania Kryzysowego z obszaru działania RZGW w Krakowie.



Rys. 11.

Zasięg scenariuszy powodziowych jest ograniczony zasięgiem modeli transformacji fali powodziowej oraz NMT, dlatego Ośrodek opracował system pozyskiwania informacji dotyczących zasięgu stref zagrożenia powodziowego dla obszarów, które nie są ujęte w scenariuszach powodziowych. Polega on na wykorzystaniu stref zalewowych z obszarów ujętych w studiach ochrony przeciwpowodziowych (rys. 12).

Studia, które zostały opracowane na zlecenie RZGW w Krakowie zawierają zasięgi wód o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla następujących wód: Q50%, Q20%, Q10%, Q5%, Q3,33%, Q1% oraz Q0,2% dla obszarów nieobwałowanych oraz Q1% i Q0,2% dla obszarów obwałowanych.

Według stanu na rok 2006 OKI dysponuje *Studiami określającymi granice obszarów bezpośredniego zagrożenia powodzią dla terenów nieobwałowanych dla 6 zlewni (Soły, Skawy, górnego i dolnego Dunajca, Wisłoki oraz Wisłoka)* (rys. 13). Obowiązek ich opracowania nałożony został na Dyrektora RZGW zapisami art.79 ust.2 ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. *Prawo wodne* (Dz.U. Nr 115, poz. 1229). Zgodnie z nowelą *Prawa wodnego* z 17 sierpnia 2005 r. zmianie uległa nazwa na *Studium ochrony przeciwpowodziowej* oraz jego zawartość. Ze względu na zakres wód o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia pojawiła się jedna zmiana. Została dodatkowo wprowadzona strefa zagrożenia powodziowego o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,5\%$.

Niezależnie od opisanej powyżej zmiany w *Prawie wodnym* Ośrodek w najbliższym czasie będzie dysponował możliwością wyszukiwania zasięgów stref zagrożenia powodziowego dla cieków, dla których w ramach studiów zostały one wyznaczone. Wyszukiwanie będzie możliwe zarówno dla bieżących danych pomiarowych jak i prognoz z zadaniem horyzontem czasowym. Zasięgi stref naniesione na podkłady mapy topograficznej w skali 1:10 000 będą mogły być przekazywane do centrów zarządzania kryzysowego.

Summary

This paper presents application of flood scenarios, which are in possession of Coordination and Information Center for Flood Protection (OKI), a department of Regional Water Management Authority in Kraków.

Flood scenarios describe situation during the flood on a specified area with definite flood hazard degrees. Flood scenarios contain information about water and levee elevation in specific cross-sections and along longitudinal profiles of river beds, about discharge values in case of an overflow over levee and extent of the flood wave with determined exceedence probability or extent of historical floods.

Flood scenarios are divided into static and dynamic ones. Static scenarios do not present flood distribution in time, but only the maximum extent of a flood wave with determined exceedence probability. On the other hand, dynamic scenarios present flood expansion in time taking into consideration, for instance, levee breakage or washing out, polder opening, or influence of a retention reservoir.

Additionally, both static and dynamic scenarios are divided into historical scenarios (with records of flood progression in the past) and hypothetical scenarios (models of floods with values calculated on the basis of the phenomenon that is probable to happen in the future, taking into consideration specific features of a basin).

In view of data availability, at present it is only possible to formulate static scenarios.

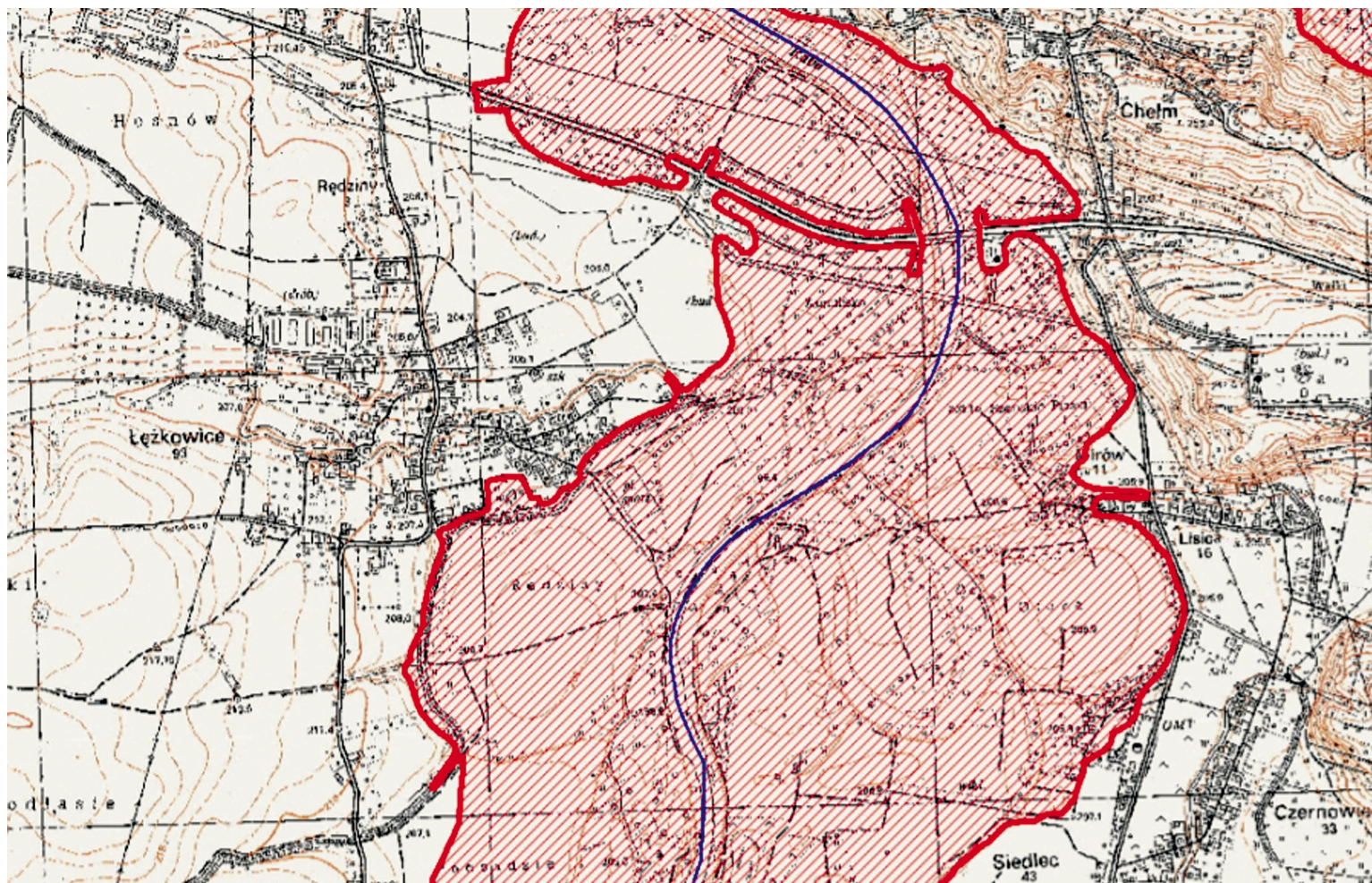
The range of individual scenarios is connected with the range of flood wave transformation model, which is in possession of OKI. Nowadays OKI has flood scenarios for the following river sections:

- *Wisła from Goczałkowice reservoir to Gromiec water-gauge,*
- *Wisła from Gromiec water-gauge to Smolice water-gauge,*
- *Wisła from Smolice water-gauge to Popędzyna water-gauge,*
- *Wisła from Popędzyna water-gauge to Karsy water-gauge,*
- *Wisła from Karsy water-gauge to Szczucin water-gauge,*
- *Wisła from Szczucin water-gauge to Sandomierz water-gauge,*
- *Wisła from Sandomierz water-gauge to Zawichost water-gauge,*
- *Soła below Czaniec reservoir to estuary,*
- *Skawa below Świnna Poręba reservoir to estuary,*
- *Raba below Dobczyce reservoir to estuary,*
- *Uszwica from Okocim resort to estuary,*
- *Dunajec below Sromowce Wyżne reservoir to the Rożnów reservoir backwater,*
- *Dunajec below Czchów reservoir to estuary,*
- *Nida below Czarna and Biała Nida joint to estuary,*
- *Wisłoka from Jasło town to estuary,*
- *San from Dynów water-gauge to estuary,*
- *Wisłok from Łęki Strzyżowskie resort to estuary.*

Currently, OKI administers flood scenarios for the 1%, 2%, 10% and 20% exceedence probabilities for all river-sections specified above. Because of lack of Digital Model Terrain (DTM) for the whole area, flood hazard zones were formulated only for Wisła, Raba and Nida sections and enclosed to the flood scenarios. Flood hazard zones for others sections will be formulated and systematically enclosed in the future as databases in OKI within DTM are fulfilled.

Works connected with new scenarios for other values of probability are proceeding all the time. The aim of this presentation is to show the results of these works and to get familiar with the role of the scenarios in the decision supporting process in case of flood.

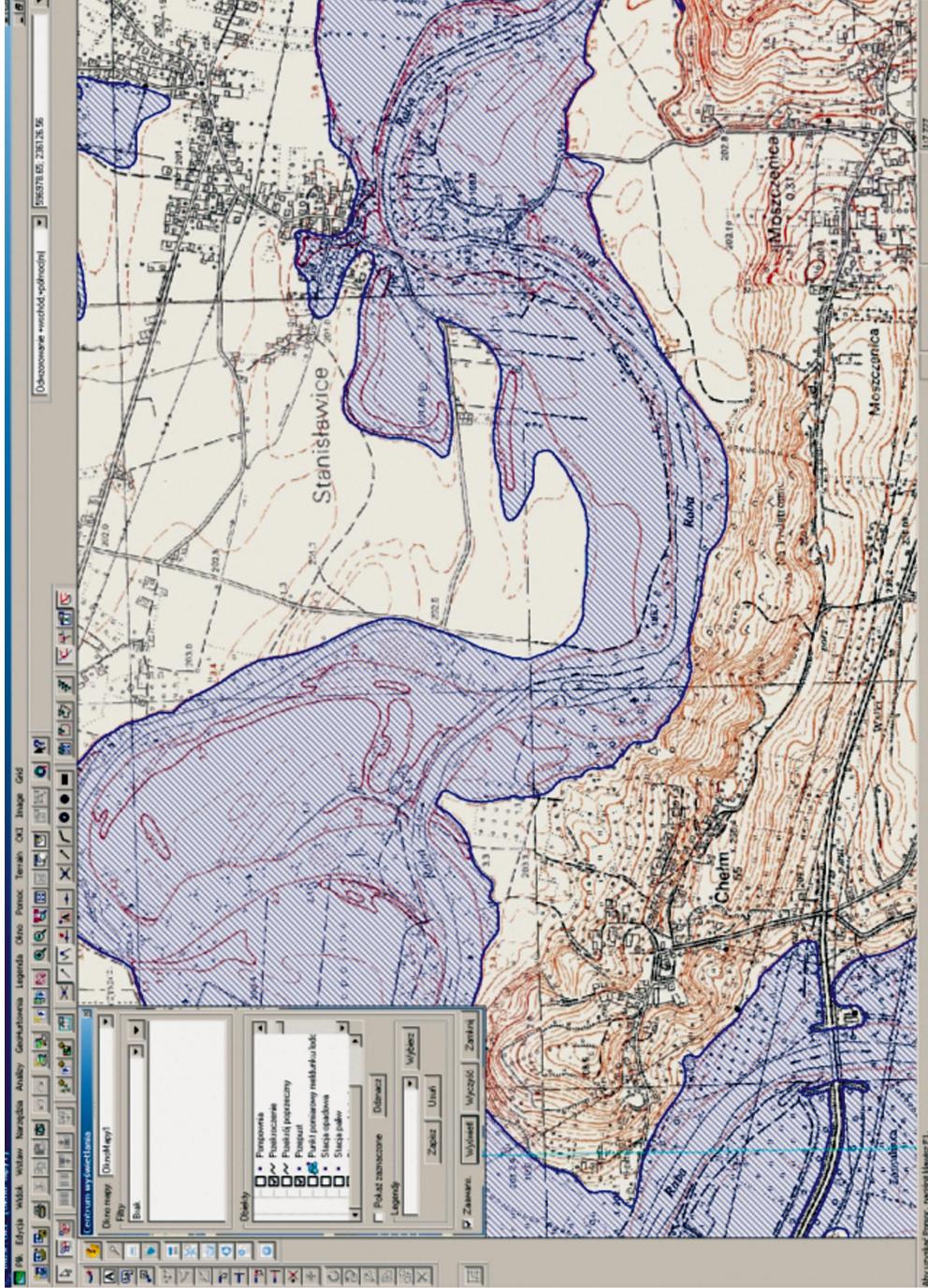
Radosław Radoń
rradon@krakow.rzgw.gov.pl
<http://oki.krakow.rzgw.gov.pl>
tel. (012) 628-43-31



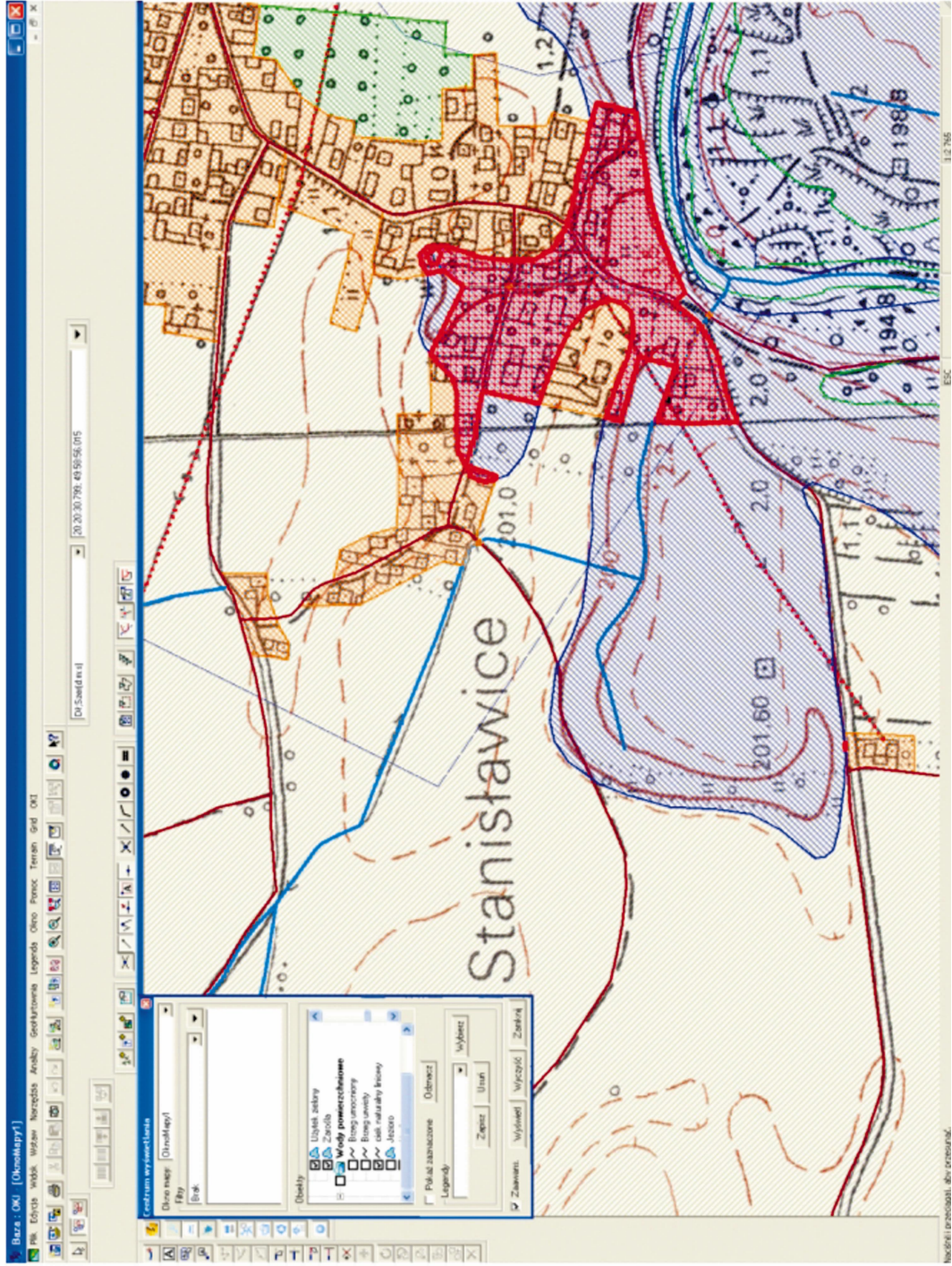
Rys. 6. Zasięgi zalewów wód o określonym prawdopodobieństwie (strefy zagrożenia powodziowego)



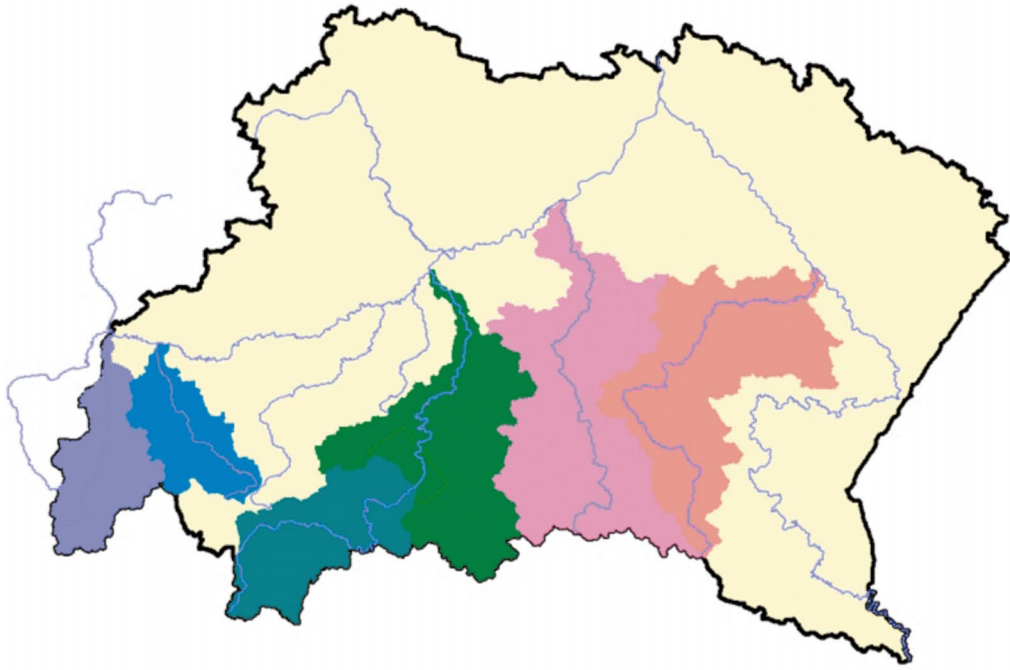
Rys. 7. Zasięgi
zalewów
historycznych



Rys. 9



Rys. 8



Rys. 13