

na Coli w wielu rozlewiskach w województwie wrocławskim wystąpiły pod koniec lipca, a później następowała stopniowa poprawa stanu sanitarnego rozlewisk. Generalnie w rozlewiskach podwyższone były przede wszystkim stężenia związków organicznych i biogennych wynikające z długiego zalegania wód i gnicia materii roślinnej, traw, roślin na polach uprawnych lub poszycia leśnego powodując warunki beztlenowe. Niektóre gatunki drzew, jak np. olsza czarna lub pojedyncze osobniki innych gatunków nie wytrzymały tych warunków i obumierały. W ten sposób rozlewiska powodowały większe straty wśród szaty roślinnej niż samo przejście fali powodziowej.

W czasie powodzi do Morza Bałtyckiego z rzeką Odrą wpłynęło ok. 1/3 rocznej dostawy związków azotowych, materii organicznej, Zn i Cu i ok. 1/10 rocznego ładunku fosforu, związków fenolowych, Ni, As, Cr, Pb i Cd w porównaniu z rokiem 1996. Ładunek azotanów wahał się w granicach 275-389 t/dobę i był wyższy 6,1 – 8,6 razy od ładunku niesionego przed powodzią (ok. 45 t/dobę). Transportowany ładunek fosforanów wynosił ok. 46-130 t/dobę i był wyższy 6,2 – 17,6 razy niż przed powodzią (7,4 t/dobę) (Müller, Wessels 1998).

Tabela 2.1.

Koncentracje metali ciężkich w wodach Odry w Opolu w czasie powodzi w 1997 roku (wg *Zmiany...* 1998)
Concentrations of heavy metals in the Odra waters in Opole during the flood in 1997 (after *Zmiany...* 1998)

Metal	Koncentracje mg/l		
	Min.	Śr.	Max.
Cu	0,004	0,016	0,033
Cr	0,004	0,011	0,023
Zn	0,072	0,132	0,296
Pb	0,014	0,024	0,044

2.5. Akumulacja metali ciężkich w osadach powodzi z 1997 roku

Accumulation of heavy metals in the flood sediments of 1997

Dariusz Ciszewski

Fala powodziowa, która przeszła przez całą dolinę Odry w 1997 roku, akumulowała osady o bardzo zróżnicowanej miąższości wahającej się najczęściej od kilku do kilkadziesiąt centymetrów w odległości nie przekraczającej kilkadziesiąt metrów od brzegu. W basenach międzyostrogowych miąższość osadów była wyższa, dochodząc miejscami w środkowym biegu do 2 metrów. W Kotlinie Raciborskiej, gdzie energia fali powodziowej była największa, na równinie zalewowej obserwowano lokalnie wały piaszczyste o miąższości dochodzącej do 1 m i długości kilkadziesiąt metrów. W tym odcinku, na obszarze 300 ha akumulowana została warstwa osadów o miąższości wahającej się przeważnie od 0,5 do ok. 10 cm (Walewski 1997). Znacznie mniej osadów, głównie drobnoziarnistych zostało akumulowanych w dolnym biegu Odry. Ich warstwa na równinie zalewowej przeważnie wahała się w granicach 1–2 mm, nie obserwowano również akumulacji wałów brzegowych.

Akumulowane osady powodziowe były analizowane przez wiele różnych instytucji przede wszystkim pod kątem zawartości najbardziej długotrwałych zanieczyszczeń, jakimi są metale ciężkie. Zawartość tych pierwiastków w badanych osadach jest zmienna zarówno w obrębie poszczególnych równin zalewowych jak i zmienia się z biegiem rzeki pod wpływem lokalnych źródeł zanieczyszczeń, a także z powodu różnic w przyjętej metodyce poszczególnych badań.

Podwyższone koncentracje niektórych pierwiastków obserwowano już przy granicy polsko-czeskiej w Chałupkach. Wskutek transportu zanieczyszczeń z Zagłębia Ostrawskiego koncentracje Pb, Cr i Ni są kilkakrotnie podwyższone w stosunku do wartości naturalnych i wynoszą odpowiednio 27, 49 i 34 ppm (Walewski 1997). Natomiast, w województwie opolskim zawartość metali ciężkich we frakcji < 1 mm jest bardziej zbliżona do wartości naturalnych, niewątpliwie w dużym stopniu dzięki rozcieńczeniu tych osadów przez mało zanieczyszczone osady erodowane z pól oraz wnoszone korytami dopływów. Niemniej jednak, droбноziarnista frakcja tych osadów (< 20 µm) wskazuje na zanieczyszczenie tego odcinka rzeki kadmem 3–6 ppm, cynkiem 500–1500 ppm oraz mniejsze miedzią 50–100 ppm i ołowiem 50–200 ppm (Helios-Rybicka, Strzebońska 1999).

Najlepiej zawartość metali ciężkich w osadach powodzi została rozpoznana w osadach środkowego biegu Odry na terenie województwa wrocławskiego. W osadach akumulowanych na obszarze Wrocławia badania Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska stwierdziły wyższe zawartości metali ciężkich niż w glebie znajdującej się pod nimi (Ocena...1998). W kilkudziesięciu pobranych próbkach występowały duże różnice zawartości Pb, Zn i Cd, a maksymalne koncentracje tych pierwiastków dochodziły odpowiednio do 953, 16235 i 93 ppm wielokrotnie przekraczając dopuszczalne normy. W glebach analogiczne koncentracje dochodziły do 214, 589 i 112 ppm, natomiast Cu do 96, a Ni do 24 ppm. Bardzo wysokie były także koncentracje metali w osadach droбноziarnistych (< 20 µm) na terenie Wrocławia. Koncentracje Zn wahały się w granicach 1500–3500 ppm, Pb 100–450 ppm, Cu 100–200 ppm i Cd 4–7 ppm, świadcząc o wyższym zanieczyszczeniu tego odcinka rzeki niż jej górnego biegu (Helios-Rybicka, Strzebońska 1999). Jakkolwiek naturalna zawartość Zn była przekroczona we wszystkich próbkach, jednak w większości z nich stwierdzono koncentracje nie przekraczające poziomu średniego zanieczyszczenia w skali VI-stopniowej. Podobnie, badania osadów wykonane przez Sanepid i AR we Wrocławiu wykazały przekroczenia wartości naturalnych dla Pb, Zn i Cr. Przeciętne zawartości Zn wahały się w granicach 200–250 ppm, Pb 40–70 ppm, Cd 0,5–0,8 ppm, Ni 20–40 ppm i Cu 20–40 ppm. Poza obszarem Wrocławia zawartości metali ciężkich były badane w glebach terenów zalanych na obszarze wszystkich gmin województwa. Generalnie, nie odbiegały one istotnie od obserwowanych na obszarze Wrocławia. Koncentracje te (tab. 2.2) można uznać za reprezentatywne dla terenów zalanych w dolinie środkowej Odry do ujścia Kaczawy, którą odprowadza się silnie zanieczyszczone ścieki z Legnicy i okolic.

Od ujścia Kaczawy zaczyna się i ciągnie aż do ujścia Warty najsilniej zanieczyszczony metalami ciężkimi odcinek rzeki Odry. W odcinku tym zrzucają się ścieki z Legnickiego Okręgu Miedziowego (LOM) powodując duże koncentracje baru, miedzi, ołowiu i cynku w osadach dennych (Bojakowska, Sokołowska 1998). Również w droбноziarnistych osadach powodziowych w rejonie Huty Głogów w tym odcinku obserwowano

najwyższe koncentracje Cu – 2244 ppm, Pb – 1773 ppm, Zn – 3600 ppm i Cd około 8–10 ppm (Helios-Rybicka, Strzebońska 1999). W całkowitej próbce osadów, tzn. frakcji < 1 mm koncentracje metali były zazwyczaj 2-krotnie niższe. Z biegiem rzeki, szczególnie poniżej ujścia Bobru i Nysy Łużyckiej, spadają one znacząco.

Najniższe zawartości metali w całym biegu Odry stwierdzono w jej osadach powodziowych w dolnym biegu, poniżej ujścia Warty. Na terenie województwa gorzowskiego maksymalne koncentracje Cr wynosiły 1,6 ppm, Pb 12,4 ppm i Ni 0,2 ppm (Walewski 1997). Wyższe były wartości Zn w osadach drobnodziarnistych i wahały się w granicach 400–500 ppm, Pb 50–100 ppm, Cu 40–50 ppm i Cd < 2 ppm (Helios-Rybicka, Strzebońska 1999).

Generalnie, w całym biegu Odry stężenia metali w osadach powodziowych są niższe niż w osadach korytowych badanych wcześniej. Na przeważającym odcinku doliny Odry osady powodziowe są stosunkowo mało lub średnio zanieczyszczone, nie stwarzając zagrożenia dla organizmów żywych. Lokalnie jednak w miejscach długiej stagnacji wód, gdzie mogła ulegać dekantacji najdrobniejsza i najbardziej zanieczyszczona zawiesina, a także w rejonie Wrocławia i LOM koncentracje metali przekraczają normy przewidziane dla użytków rolnych. Osady powodzi 1997 wykazują poziom nieszkodliwy dla siedlisk roślinnych w obszarach chronionych w dolinie Odry, w których występują gleby mineralne o dobrych właściwościach sorpcyjnych i pH niewiele niższym od neutralnego.

Porównanie koncentracji metali w osadach powodzi 1997 z zanieczyszczeniem obserwowanym w latach poprzednich nie wskazuje na wyraźną prawidłowość. Zmiany są uzależnione od pierwiastka i od odcinka biegu rzeki. Przykład dna doliny w rejonie Wrocławia wskazuje, że wpływ ten był niewielki lub wręcz niezauważalny. Obserwuje się zwiększenie udziału gleb o podwyższonej zawartości Cd o 3%, Ni o 1% Pb o 1,5% i Zn o 1,3%. Procent gleb o podwyższonej zawartości Cu nie uległ zmianie. Natomiast, udział gleb zanieczyszczonych (stopnie III–IV w skali VI-stopniowej) Cd uległ zwiększeniu o 3,7%, Cu o 1,9%, Ni o 0,3%, Pb o 0,6% i Zn o 2,2% (Ocena... 1998).

Bardzo podobny jak przed powodzią jest również przestrzenny obraz zróżnicowania koncentracji metali ciężkich. Zarysy stref występowania anomalnie wysokich koncentracji metali na obszarach zalanych nie zmieniły się. Podwyższona ich zawartość w badanych do tej pory miejscach wynika ze stosunkowo dobrych właściwości sorpcyjnych gleb aluwialnych oraz z faktu, że anomalie takie są skutkiem wieloletniej akumulacji zanieczyszczeń wskutek działalności przemysłu, transportu itp. Jednorazowa powódź, nawet dużych rozmiarów nie spowodowała akumulacji na tyle grubej i zanieczyszczonej warstwy osadów aby ten obraz mógł ulec zmianie (Tomassi-Morawiec 1998).

Koncentracje Zn, Pb i Cu w osadach 1997 r. są przeważnie niższe niż w latach 1989–1993. Natomiast koncentracje Cd w osadach tej powodzi, a także występujących w latach 1998–2000 są wyższe niż przed powodzią (ryc. 2.8) (Helios-Rybicka i in. 2001). Zmiany te nakładają się na generalne zmniejszanie się zanieczyszczenia osadów rzeki obserwowane w ciągu ostatnich 10 lat.

W osadach dennych dolnej Odry, w porównaniu z rokiem 1995, po powodzi nastąpiło zmniejszenie jedynie koncentracji Pb. Natomiast koncentracje Cd, Zn i Ni nie zmieniły się. Wzrost zawartości Cr, Mn i PCB w tych osadach można tłumaczyć transportem z wyżej położonej części doliny Odry (Protasowicki i in. 1999).

Tabela 2.2.

Koncentracje metali ciężkich w glebach zalanych przez powódź w 1997 roku na terenie województwa wrocławskiego (wg Ocena... 1998)
 Concentrations of heavy metals in soils inundated in the Wrocław province during flood in 1997 (according Ocena... 1998)

Gmina	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn
Brzeg Dolny	0,5–3,2	9,5–95,9	16,8–75,7	6,7–35,3	19–124	31,5–1150
Malczyce	0,15–0,28	12,1–17,2	16,2–21,3	1,5–9	14,5–22,5	30,8–62,2
Miękkinia	0,1–3,9	10,5–31,1	10,6–50,6	8–50	11,5–34	22,2–99,1
Milicz	0,09–0,12	5,9–9,2	5,8–17,1	0,5–2,5	3–14,5	10,3–33,5
Oborniki Śl.	0,2–1,25	11,7–30,1	11,8–40,4	8,7–20,9	18,4–32,3	40–212,3
Oława	0,17–3,8	9,1–34,1	16,8–40,3	6,4–40,3	10,6–37,6	26,2–112,3
Św. Katarzyna	0,16–0,41	11–109,3	17,7–1430	6,2–16	13,6–82,1	30–168,3
Żmigród	0,18–0,47	7,1–34,9	17,9–30,4	4,3–23,3	9,4–62,1	21,6–70,5
Wołów	0,12–2,0	7,7–47,5	6,7–56,8	2–35,4	11,9–65,6	15,7–278,6
Środa Śl.	0,14–3,5	4,4–55,3	5,7–45,5	4,6–57	8,3–40	17,1–137,5
Czernica	0,28–1,6	8,5–84,6	18,3–90,8	4,6–39,4	12,4–127	23,8–976
Wińsko	0,1–1,13	7,4–30,2	10–56,2	2,8–29,6	5,8–45	21,3–93,9
Wrocław	0,08–0,86	13,6–72,7	14,2–42,5	6,5–34,2	8,8–152,5	45,8–305,4

Summary

The available historical sources provide copious information about catastrophic floods in the area of Poland. The oldest records are mostly short textual notes, while contemporary information is more detailed, particularly that referring to big floods. The measurements of water stages and registration of meteorological phenomena have been carried out since the mid of the 19th century. In the present time floods of different origin (fig. 3.1), sometimes catastrophic ones, occur more frequently than in the past (Chapt. 2.1).

In the years 1997–2001, three catastrophic floods occurred in southern Poland. They cause big damage to human settlements and nature. The most dramatic was flood in 1997. It affected large areas in Lower Silesia and initiated mass movements (caused landslides) in mountains. This flood was particularly harmful to national parks. The floods in 1988 and 2001 were less extensive but in certain regions also dangerous. The region of Sandomierz, Maków Podhalański, Kraków and some areas in the Vistula and Odra River valleys were most threatened. Some nature reserves, landscape parks and the Ujście Warty (Warta Mouth) National Park were within the range of flood waters (Chapt. 2.2).

During the long, c. six-week period of flood many analyses of the quality of the Odra waters were made. They showed that concentrations of biogenic compounds and heavy metals increased downstream in the period preceding the coming flood-wave. Following the passage of flood-wave a decrease in the concentration of these compounds was observed, while the high bacteriological contamination of stagnating

waters was noted for another several months. With time, water purity in flooded areas deteriorated, as shown by (among others) a drastic decrease in the oxygen content and an increase in the concentration of nitrogen and phosphorus compounds (Chapt. 2.3).

The Ukrainian Eastern Carpathians situated in the area of four districts occupy 24 thousand km², i.e. 7.4% of the country. It is the region with the largest forest cover, comprising nearly 20% of the wood resources of Ukraine. The region characterizes also by the high biological and landscape diversity and the highest percentage of protected area (10–12% of the total area). The Carpathian Biosphere Reserve, Synewyr, Użański National Park and Carpathian National Park belong to the most valuable. In the trans-Carpathian area there are about 2000 species of vascular plants; among them 44 species are endangered with extinction. The vertebrate fauna consists of 80 species of mammals, 280 species of birds, 60 species of fish, 10 species of amphibians, 16 species of reptiles. The invertebrates are represented by, among others, about 100 species of molluscs.

The trans-Carpathian area is affected by frequent floods caused by torrential rains and snow melting in mountains. The most catastrophic floods occurred in November 1998 and in March 2001. They caused heavy economic losses, estimated at hundred millions hrywnas, and damage to the nature of protected sites. Flood prevention demands rational forest management in the mountains and hydrotechnical investments in the river valleys (Chapt. 2.4).

Sediments of the highest thickness, exceeding 1 m, were deposited on the flood plain in the upper course of the Odra River. In the middle course the thickness of most of these sediments did not exceeded ten-twenty cm, and in the lower course – 1–2 cm. Sediments deposited in the area of the Legnica Copper Basin were most contaminated by heavy metals. In the dust fraction of these sediments, the concentrations of Pb, Cu and Zn were ten to ten-twenty times higher than the natural ones. However, in the inundated soils in the middle course of the Odra River, the concentrations of these metals were small, or average. In relation to the concentration of heavy metals in sediments deposited in preceding years no significant and regular changes were observed. However, in the most contaminated sections of the river valley, the concentrations of Zn, Pb and Cu were mostly lower than in the years 1989–1993 (Chapt. 2.5).