

WSPÓŁCZESNE PROBLEMY GOSPODARKI WODNEJ
W KONTEKŚCIE ZAGOSPODAROWANIA
PRZESTRZENNEGO



Pod redakcją
TOMASZA WALCZYKIEWICZA



WSPÓŁCZESNE PROBLEMY GOSPODARKI WODNEJ W KONTEKŚCIE ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO

Pod redakcją Tomasza Walczykiewicza

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2020



SERIA PUBLIKACJI NAUKOWO-BADAWCZYCH IMGW-PIB

WSPÓŁCZESNE PROBLEMY GOSPODARKI WODNEJ W KONTEKŚCIE ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO

Autorzy

Anna Chodubska, Izabela Godyń, Ewa Jakusik, Beata Kowalska, Anna Kubicka, Paweł Przygrodzki, Monika Sajdak, Agnieszka Thier, Tomasz Walczykiewicz, Mateusz Żelazny

Recenzent

prof. dr hab. Jan Żelazo

Opracowanie redakcyjne

Rafał Stepnowski

Opracowanie graficzne i techniczne

Michał Seredin

Komitet Redakcyjny Wydawnictw IMGW-PIB:

prof. dr hab. inż. Janusz Zaleski – przewodniczący Komitetu Redakcyjnego
prof. dr hab. inż. Tomasz Heese; dr Przemysław Ligenza; dr hab. inż. Bogdan Ozga-Zieliński,
prof. IMGW-PIB; mgr Rafał Stepnowski; dr hab. inż. Tamara Tokarczyk, prof. IMGW-PIB;
prof. dr hab. Zbigniew Ustrnul; dr hab. inż. Tamara Zalewska, prof. IMGW-PIB;
dr Michał Ziemiański

ISBN: 978-83-64979-37-8

Wydawca

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy
01-673 Warszawa, ul. Podleśna 61, E. content@imgw.pl
Redaktor Wydawniczy/Publishing Editor
Rafał Stepnowski, E. rafal.stepnowski@imgw.pl

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	5
I. DYLEMATY ROZWOJU GOSPODARKI WODNEJ W POLSCE	7
I.1. Ocena stanu zasobów wodnych i analiza nakładów gospodarczych na zaopatrzenie w wodę w Polsce na tle krajów europejskich	9
I.2. Energetyka i woda	27
II. ZAGROŻENIA NATURALNE W OBSZARACH ZURBANIZOWANYCH	39
II.1. Charakterystyka warunków opadowych w Gdańsku w latach 1951-2018	41
II.2. Wysokie poziomy wody – zagrożenia polskiej strefy brzegowej w latach 1955-2017	57
II.3. Ocena podatności i ryzyka wynikającego ze zmiany klimatu w mieście Sopot	67
III. INSTRUMENTY WSPIERAJĄCE KOORDYNACJĘ ZADAŃ GOSPODARKI WODNEJ Z PLANOWANIEM PRZESTRZENNYM	87
III.1. Zakres opracowania map zagrożenia powodziowego (MZP) i map ryzyka powodziowego (MRP) w ramach II cyklu planistycznego	89
III.2. Opłaty za wody opadowe a finansowanie kanalizacji deszczowej i zielonej infrastruktury	101
III.3. Zarządzanie z udziałem interesariuszy dla zrównoważonej gospodarki wodnej i planowania przestrzennego na przykładzie zlewni Redy	111
III.4. Monitoring partycypacyjny środowiska wodnego w kontekście zrównoważonego rozwoju	119

WPROWADZENIE

Tomasz Walczykiewicz / IMGW-PIB

Woda jest ograniczonym i wrażliwym zasobem – niezbędnym do życia i rozwoju. Przez wiele dziesięcioleci kluczowe zadania gospodarki wodnej dotyczyły wyłącznie użytkowania i technologicznego wykorzystania wody. Wiele rzek w Europie przekształcono w jednolite kanały, pozbawione naturalnych wartości, osiągając przy tym krótkoterminowe i bieżące cele. Jednocześnie niekontrolowane i dynamicznie zagospodarowywanie terenów zalewowych pod budownictwo oraz ich wykorzystanie do celów rolniczych wymusiło dalsze i bardziej intensywne działania regulacyjne. Wiele negatywnych konsekwencji dla środowiska wodnego, wywołanych przez hydroenergetykę, żeglugę czy ochronę przed powodzią, wynikało z sektorowego podejścia, które nie uwzględniało możliwości wykorzystywania rzek dla różnych celów przy uwzględnieniu ochrony środowiska.

Efektywne zarządzanie zasobami wodnymi wymaga holistycznego podejścia, łączącego społeczny i ekonomiczny rozwój z ochroną naturalnych ekosystemów. Przekłada się to bezpośrednio na gospodarowanie przestrzenią. A więc na sposób użytkowania wód w całej zlewni przy jednoczesnym utrzymaniu powierzchni leśnych, rolniczych i zurbanizowanych. Największym wyzwaniem jest zapewnienie różnym sektorom gospodarki i środowisku odpowiedniej ilości wody, aby zmniejszyć stopień kolizyjności potrzeb i zaoferować sprawdzone mechanizmy kompensacyjne. Na terenach zurbanizowanych będzie to np. regulowanie zdolności zatrzymywania bądź odprowadzania wody, a w przemyśle obowiązek doczyszczania, recyklingu i odzysku wody.

Zmiany klimatu wpłyną zarówno na zasoby środowiska, jak i na potrzeby. Niezbędne są działania adaptacyjne, uwzględniające również rozwiązania w zakresie planowania przestrzennego. Jednym z kluczowych zasobów w tym procesie będzie woda. Dlatego prawidłowe gospodarowanie jej zasobami jest szczególnie istotne.

Dla osiągnięcia określonych celów niezbędne będzie współdziałanie przedstawicieli różnych dyscyplin naukowych. Gospodarka zasobami wodnymi korzysta z dorobku oraz wsparcia przedstawicieli nauk ekonomicznych i prawnych, biologicznych i chemicznych, nauk związanych z wybranymi działami matematyki i mechaniki, teorii systemów oraz technologiami przemysłowymi; jest ściśle powiązana z geografą, planowaniem przestrzennym i geologią. Wykorzystuje najnowsze modele matematyczne, narzędzia systemów informacji geograficznej i techniki komputerowe oraz teledetekcyjne. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB bierze czynny udział w tej interdyscyplinarnej dyskusji, poprzez swoją działalność naukowo-badawczą i wydawniczą.

Prezentujemy Państwu książkę *Współczesne problemy gospodarki wodnej w kontekście zagospodarowania przestrzennego*, której tytuł nawiązuje do tematyki XXVII Ogólnopolskiej Szkoły Gospodarki Wodnej. Część zagadnień prezentowanych w tym opracowaniu Autorzy przedstawili podczas obrad w 2018 roku. Szkoła organizowana jest cyklicznie przez Komitet Gospodarki Wodnej PAN i Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy.

Monografia składa się z trzech części. W pierwszej, pod tytułem *Dylematy rozwoju gospodarki wodnej*, omówiono stan zasobów wodnych w Polsce na tle krajów europejskich i powiązanie różnych źródeł energii w sektorze jej produkcji z gospodarką wodną. W drugiej, *Zagrożenia naturalne w obszarach zurbanizowanych*, scharakteryzowano podatność obszarów zurbanizowanych na ekstremalne zjawiska pogodowe i zmiany klimatyczne, odnosząc się do strefy brzegowej Bałtyku i miasta Sopot. Przedstawiono również analizy zmian

warunków opadowych w Gdańsku, który ze względu na swoje charakterystyczne położenie jest narażony na intensywne i katastrofalne w skutkach zjawiska atmosferyczne. W trzeciej części, *Instrumenty wspierające koordynację zadań gospodarki wodnej z planowaniem przestrzennym*, omówiono wybrane narzędzia, takie jak mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego oraz monitoring partycypacyjny, które stanowią lub mogą stanowić istotne wsparcie dla procesu planowania przestrzennego. Wykazano ponadto znaczenie instrumentów ekonomicznych w zagospodarowaniu wód opadowych oraz współpracy z interesariuszami dla poszukiwania rozwiązań ograniczających zagrożenie powodziowe i poprawiających jakość wód.

I. DYLEMATY ROZWOJU GOSPODARKI WODNEJ W POLSCE

I.1. OCENA STANU ZASOBÓW WODNYCH I ANALIZA NAKŁADÓW GOSPODARCZYCH NA ZAOPATRZENIE W WODĘ W POLSCE NA TLE KRAJÓW EUROPEJSKICH

Agnieszka Thier / Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Streszczenie: Celem artykułu było przedstawienie stanu zasobów wodnych i gospodarowania wodą oraz analiza nakładów gospodarczych na zaopatrzenie w wodę w Polsce. Omówiono kwestię narastania niedoboru wody w Europie oraz wskazano na niepokojący i drastyczny spadek nakładów inwestycyjnych w Polsce w latach 2015-2016. Ponadto wyeksponowano przejawy narastania deficytu wody i jego skutki oraz sposoby przeciwdziałania tym niekorzystnym zjawiskom. We wnioskach przedstawiono m.in. ogólny stopień realizacji Ramowej Dyrektywy Wodnej w krajach Unii oraz postulat wyodrębnienia w Polsce ekonomiki stepowania i pustynnienia.

Słowa kluczowe: Odnawialne zasoby wodne, deficyt wody, wodochłonność produkcji rolnej i przemysłowej, gospodarka ściekowa i ochrona wód, susze oraz powódzie.

WPROWADZENIE

Na całym świecie coraz częściej pojawiają się zagrożenia związane z niedoborem wody. O problemie tym uświadomiono sobie na przełomie XX i XXI w., gdy w wielu regionach zaostrzyły się konflikty o dostęp do zasobów wodnych. Zgromadzenie ONZ uroczyście proklamowało 2003 r. jako “Rok Słodkiej Wody” i w ramach jego obchodów opublikowało *Raport o stanie gospodarki wodnej na świecie*¹. W dokumencie tym ujawniono, że w ciągu ostatnich pięćdziesięciu lat spożycie wody niemal podwoiło się w wyniku rozwoju gospodarczego i wzrostu liczby ludności. Przez najbliższe dwie dekady przeciętna ilość dostępnych zasobów wodnych w przeliczeniu na jednego mieszkańca Ziemi zmniejszy się o jedną trzecią. Prognozy te mają szczególne znaczenie dla Polski – jednego z najmniej zasobnych w wodę krajów Europy. Średni roczny odpływ wód powierzchniowych w przeliczeniu na jednego mieszkańca to 1,6 tys. m³ (w niektórych latach tylko 1,1-1,3 tys. m³), podczas gdy w innych krajach europejskich wskaźnik ten osiąga 4-4,6 tys. m³/rok. Autorka artykułu przedstawiła argumenty wskazujące na to, że w wielu regionach Polski występuje nie tyle deficyt zasobów wodnych, co kryzys zaopatrzenia w wodę związany z niedoborem infrastruktury hydrotechnicznej i wodno-kanalizacyjnej, niewłaściwej polityki gospodarczej i ekologicznej oraz niskich dochodów ludności [Thier 2016b]. W analizie nakładów gospodarczych autorka zwróciła uwagę na drastyczny spadek wielkości inwestycji i kosztów bieżących gospodarki wodnej w latach 2015-2016.

¹ http://www.unic.un.org.pl/tyfw/raport_gwns.php

CHARAKTERYSTYKA ZASOBÓW WODNYCH I ICH STRUKTURY

Polska pod względem zasobów wodnych zajmuje dopiero 22. miejsce w Europie. Ilość dostępnej wody zależy głównie od wielkości opadów atmosferycznych oraz odpływu. Jak dotąd, mimo postępującej zmianie klimatu i wbrew pojawiającym się opiniom na temat zmniejszania się wielkości opadów na terenie Polski, dane statystyczne nie potwierdzają takich tendencji. Zmniejsza się natomiast odpływ wód powierzchniowych z powodu rosnącego do lat 90. ich zużycia (obecnie notujemy już spadek) oraz szybszego parowania w wyniku ocieplenia klimatu. Wielkość opadów w poszczególnych latach jest zmienna nawet o 50-60%.

Tabela 1. Zasoby wód powierzchniowych w Polsce w latach 1951-2016

[opracowanie własne na podstawie GUS 2014, s. 142; GUS 2016, s. 146; GUS 2017, s. 142]

Średnie roczne opady	Średnie roczne opady ogółem		Odpływy wód		
	w mm ^{a)}	w km ³ (mld m ³)	ogółem w km ³	z 1 km ² powierzchni	na 1 mieszkańca
				w dam ³ (tys. m ³)	
1951-1985	617,6	193,1	63,1	200	x
1951-2000	617,4	195,8	62,4	200	x
1991-2000	621,6	196,5	61,9	198	x
2000	630,9	197,3	71,0	227	1,8
2010	802,9	251,1	86,9	278	2,3
2014	644,3	201,5	52,2	167	1,4
2015	501,2	156,7	40,8	131	1,1
2016	701,2	219,3	41,4	132	1,1
2016, gdy 1951-1985 = 100	113,5	113,6	65,6	66,0	x

^{a)} w przedziale 450-650 mm na nizinach do 1100 mm w rejonach podgórskich i górskich

Wody podziemne stanowią uzupełnienie zasobów wód powierzchniowych i traktowane są na ogół jako zasoby strategiczne. W latach 1990-2016 zasoby eksploatacyjne wód podziemnych (trudniej odnawialne) wzrosły z 14 do 17,9 mld m³, zwiększając zasoby ogółem o 9%. Użytkowe poziomy wodonośne wód głębinowych zapewniają pobór 1 m³/dobę/mieszkańca. Perspektywiczne zasoby słodkich wód podziemnych ocenia się aż na 6000 mld m³. Wśród tych zasobów wyróżniamy wody mineralne (lecniczne), a także źródlane, które razem z tzw. wodami stołowymi odgrywają coraz większą rolę na rynku wody butelkowanej. Natomiast niektóre wody "źródlane", a zwłaszcza stołowe, są pochodną wód powierzchniowych – pomimo innego zdania ich producentów – i dlatego nie zwiększają zasobów wodnych [MŚ 2010; Gutry-Korycka 2014].

Dopływy wód z sąsiednich krajów są w Polsce niewielkie – około 4,3% opadów (tab. 2) – ale stanowią 13,2% zasobów odnawialnych. Stosunkowo wysoki jest stopień parowania wód opadowych (71,6% wg GUS, 72,9% wg Eurostatu – tab. 2 i 3). W tabeli 3 przedstawiono wielkość zasobów wodnych w Polsce na tle innych krajów europejskich. Wynika z niej, że większość z nich ma znacznie bogatsze zasoby głównie z powodu większych opadów.

Tabela 2. Źródła i struktura zasobów wodnych w Polsce [opracowanie własne na podstawie GUS 2013 i 2014, s. 489]

Wyszczególnienie	w mld m ³	w %
Średnie opady z okresu 20 lat w wysokości 621 mm/rok	193,1	100
Parowanie	138,3	71,6
Zasoby własne (wewnętrzne)	54,8	28,4
Dopływy wód z krajów sąsiednich	8,3	4,3
Całkowite zasoby odnawialne	63,1	32,7
Odpływ wód do morza i innych krajów ^{a)}	63,1	32,7

^{a)} w tym odpływ do innych krajów średnio 2,6 mld m³/rok

Dane o gospodarce wodnej w statystykach GUS nie zawsze są zgodne z liczbami przytaczanymi w publikacjach fachowych (według autorskich szacunków) oraz przez Eurostat, ale różnice są niewielkie. Na przykład Ministerstwo Środowiska ocenia, że całkowite zasoby wód płynących Polski wynoszą średnio 63,1 mld m³/rok, z czego zasoby własne wynoszą 54,8 mld m³ (wg Eurostatu 52,5 mld m³), co odpowiada odpływowi jednostkowemu 5,0 l/s/km², przy średniej europejskiej 9,5 l, a więc zasoby te są skromne [MŚ 2010].

W tabeli 3 przedstawiono wielkości globalne odnawialnych zasobów wodnych w wybranych krajach europejskich, wynikające z ilości opadów atmosferycznych i parowania wody, a także – nie ujętych szczegółowo w tym zestawieniu – ilości dopływu wód z zagranicy oraz odpływu wód do sąsiednich krajów i do morza. Wskaźniki dopływu wód powodują, że udział zasobów wewnętrznych (własnych) w zasobach całkowitych jest zróżnicowany w przedziale 6-100%. W tabeli 4 zestawiono wskaźniki zasobów wodnych w przeliczeniu na jednego mieszkańca. Potwierdzają one opinię o niewielkiej zasobności Polski w wodę słodką na tle innych krajów europejskich (ale zasoby te są kilka razy wyższe niż w krajach Północnej Afryki, Bliskiego Wschodu i Azji Środkowej). Warto podkreślić, że wskaźnik zasobów wodnych z opadów jest w Polsce korzystniejszy niż wskaźnik zasobów odnawialnych (na podstawie odpływu).

Tabela 3. Zasoby wodne jako średnie roczne z wielolecia w wybranych krajach europejskich

[opracowanie własne na bazie danych Eurostatu oraz GUS 2017, s. 463]

Kraje	Opady w mld m ³	Parowanie w mld m ³	Stopień parowania w %	Zasoby odnawialne w mld m ³		Udział zasobów wewnętrznych w %
				ogółem	w tym wewn.	
Austria	98,0	43,0	43,8	84,0	55,0	65,5
Belgia	28,9	16,6	57,3	19,9	12,3	61,8
Bułgaria	72,6	56,4	77,7	101,3	16,2	16,0
Chorwacja	62,3	39,8	63,9	114,6	22,6	19,7
Czechy	54,7	39,4	72,0	16,0	15,2	95,0
Dania	38,5	22,1	57,4	16,3	16,3	100,0
Finlandia	222,0	115,0	51,8	110,0	107,0	97,2
Francja	500,8	320,8	64,1	191,0	180,0	94,2
Grecja	115,0	55,0	47,8	72,0	60,0	83,3
Hiszpania	346,5	235,4	67,9	111,1	111,1	100,0
Holandia	31,6	21,3	67,4	91,8	10,3	11,2
Litwa	44,9	31,6	70,4	22,3	13,9	62,3
Niemcy	278,0	161,0	57,9	188,0	117,0	62,2
Polska	194,0	141,4	72,9	60,2	52,5	87,2
Rumunia	150,9	115,0	76,2	36,3	35,9	98,9
Słowacja	37,4	24,3	65,0	80,3	13,1	16,3
Szwecja	342,2	169,9	49,6	185,8	172,2	92,7
Węgry	55,7	48,2	86,5	116,4	7,5	6,4
Włochy	241,1	155,8	64,6	115,8	85,3	73,7

Tabela 4. Zasoby wodne oraz pobór wody w 2015 r. w przeliczeniu na jednego mieszkańca
w wybranych krajach europejskich [opracowanie własne na bazie danych Eurostatu oraz GUS 2017, s. 463]

Kraje	Zasoby wodne z opadów w tys. m ³ /rok/mieszkańca	Zasoby odnawialne w tys. m ³ /rok/mieszkańca	Zasoby, gdy Polska = 100	Pobór wody w m ³ /rok/mieszkańca
Austria	11,16	9,94	606,1	100 ^{c,d)}
Belgia	2,61	1,80	109,8	462,0 ^{c)}
Bulgaria	9,41	14,71	897,0	781,6
Chorwacja	14,79	25,00 ^{a)}	15 razy	154,4 ^{c)}
Czechy	5,15	1,51	92,1	152,1 ^{c)}
Dania	6,88	2,92	178,1	132,6
Finlandia	41,00	20,32	12 razy	90 ^{c,d)}
Francja	7,63	2,93	178,7	459,7
Grecja	11,75	7,35	448,2	912,5
Hiszpania	7,32	2,35	143,3	707,7
Holandia	1,78	5,35	326,2	641,0
Litwa	13,88	7,73	471,3	140,5
Niemcy	3,76	2,30	140,2	403,9
Polska	5,02	1,64 ^{b)}	100,0	291,9
Rumunia	8,16	2,24	136,6	325,0
Słowacja	6,92	14,88	907,3	105,8
Szwecja	35,50	19,60	12 razy	287,9
Węgry	5,59	11,68	712,2	508,6
Włochy	4,96	2,93	178,7	160 ^{c,d)}

^{a)} zasoby własne (wewnętrzne) 5,39 tys. m³/mieszkańca

^{b)} według *Polityki wodnej państwa* 1,81 m³, w tym zasoby własne 1,59 tys. m³/mieszkańca

^{c)} dane szacunkowe

^{d)} tylko publiczne wodociągi

Na obszarze Polski znajduje się 2856 jezior (każde co najmniej 10 ha) o sumarycznej pojemności ok. 18,2 mld m³) oraz 99 zbiorników retencyjnych (każdy o pojemności ponad 2 mln m³) o sumarycznej pojemności 3,5-4,0 mld m³. Połowa (49,4%) średniego odpływu rzecznego z obszaru kraju pochodzi z drenażu wód podziemnych, drugą połowę stanowi odpływ powierzchniowy powodujący zagrożenia powodziowe. Zmienność przepływów w ciągu roku jest zjawiskiem pozytywnym z punktu widzenia różnorodności biologicznej. Występujące w rzekach wezbrania oraz niżówki wpływają na bogactwo ekosystemów wodnych oraz decydują o ich prawidłowym funkcjonowaniu, ale w skrajnych przypadkach przynoszą powodzie bądź susze powodujące straty w gospodarce. Po uwzględnieniu wymagań przepływu nienaruszalnego według kryterium hydrobiologicznego (ok. 15 mld m³/rok), zasoby dyspozycyjne wód płynących (o gwarancji 95%) szacuje się na ok. 10 mld m³/rok, czyli tylko ok. 260 m³ na mieszkańca na rok. Przyjęty w tym szacunku przepływ nienaruszalny nie odzwierciedla jednak w pełni obecnych potrzeb środowiska naturalnego oraz gospodarki. W przestrzennym rozmieszczeniu zasobów wodnych zwraca uwagę to, że środkowa część Polski jest najbardziej uboga w zasoby wodne zarówno pod względem opadów atmosferycznych, jak również wielkości odpływu wód. W tym drugim przypadku dużą rolę odgrywa także relatywnie wyższe parowanie wody.

W 1980 roku odpływ wód rzekami w Polsce stanowił 33,2% objętości opadów atmosferycznych. W 2006 roku wskaźnik ten zmalał do 25,6%, w 2011 r. wzrósł do 35,4%, a następnie w latach 2012-2015 spadł do 26%; w 2016 r. wyniósł 18,9%. Z kolei zużycie wód w 1980 r. wyniosło 5,3% opadów i w następnych latach kształtowało się w przedziale 5-6%; w 2016 r. wyniosło 4,8%. Analiza ta przemawia za koniecznością oszczędzania wody oraz jej retencjonowania w sztucznych zbiornikach wodnych. Stosunkowo niewielka pojemność zbiorników retencyjnych w Polsce (4 mld m³, tj. 6% objętości średniego rocznego odpływu z wielolecia) nie gwarantuje pełnej ochrony przed powodzią czy suszą, a także odpowiedniego zaopatrzenia w wodę.

Dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych określa się mianem zasobów dyspozycyjnych lub – przy braku dostatecznego rozpoznania – zasobów perspektywicznych. Dyspozycyjne zasoby wód podziemnych dla 44,1% powierzchni Polski oszacowano na 15,2 mln m³/dobę (5,6 mld m³/rok), a zasoby perspektywiczne dla pozostałej części kraju – na 22,5 mln m³/dobę (8,2 mld m³/rok). Sumaryczna wielkość zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania wynosi zatem 13,8 mld m³/rok. W 2017 roku zasoby te wg danych GUS [2018] wyniosły już 18,02 mld m³, co w przeliczeniu na jednego mieszkańca daje 1,31 m³ wody na dobę (470 m³ na mieszkańca na rok).

W Polsce występują dość obfite zasoby wód geotermalnych – 6343 km³ o równowartości 32,62 mld ton paliwa umownego. Średnia temperatura wód geotermalnych waha się od 45°C w okręgu grudziądzko-warszawskim do 76°C w okręgu szczecińsko-łódzkim. Są one na ogół bogate w związki soli, dlatego nie mogą być wykorzystywane w instalacjach wewnętrznych. Z kolei w innym ujęciu na zasoby solanek, wód leczniczych i termalnych składają się 123 złoża, w tym 41 w województwie małopolskim i 10 w województwie zachodniopomorskim, o zdolności eksploatacyjnej w skali kraju w wysokości 5242 m³/godzinę. W 2016 roku pobór tych wód wyniósł 12,49 mln m³, w tym w województwie małopolskim 6,55 mln m³ (52%), a w województwie zachodniopomorskim 2,74 mln m³ (22%). Pozyskiwanie wód mineralnych ma w Polsce długie tradycje, natomiast pobór wód termalnych rozpoczął się w latach 70. i obecnie się zwiększa (ich wykorzystanie jest stosunkowo niewielkie z powodu niewysokiej temperatury).

Podsumowując, na zasoby wody w Polsce niekorzystnie wpływają trzy czynniki: niewystarczające opady atmosferyczne i ich rozkład przestrzenny, nieregularność opadów w kolejnych latach i w ciągu roku oraz przyspieszenie parowania wody w wyniku zmiany klimatu. Zjawiska te powodują m.in. częste susze i stepowienie w niektórych regionach kraju (na obszarze Kujaw, Wielkopolski oraz w województwie łódzkim i w części Mazowsza) czy obniżanie się wód gruntowych oraz poziomu jezior (w Wielkopolsce). Nieregularność opadów przyczynia się również do występowania powodzi (zagrożone 6% terytorium Polski). Zmienia się rozkład czasowy występowania opadów w ciągu roku – jest ich mniej latem, a więcej zimą – co jest szczególnie niekorzystne dla rolnictwa oraz energetyki ciepłej.

GOSPODAROWANIE WODĄ

W odróżnieniu do okresu przed 1990 r., gdy zużycie wody w Polsce i w większości innych krajów wyraźnie rosło, obecnie w gospodarkach rozwiniętych obserwuje się spadek poboru wody dzięki restrukturyzacji przemysłu, wdrażaniu sprawniejszych technologii produkcyjnych i przesyłowych oraz przedsięwzięciom oszczędnościowym. Jak wynika z tabeli 5 w latach 1990-2016 zużycie wody w Polsce zmalało o 26% (w gospodarstwach domowych o ok. 30%). W zestawieniu w niepełny sposób ujęto zużycie wody butelkowej, które odznacza się wysoką dynamiką wzrostu m.in. w wyniku zmian stylu życia i większej profilaktyki zdrowia.

W tabeli 6 przedstawiono pobór wody w wybranych krajach europejskich. Dane potwierdzają tezę malejącego zużycia wody w rezultacie postępu technicznego – obniżania wskaźników wodochłonności procesów produkcyjnych i usługowych oraz wdrażania innych przedsięwzięć oszczędnościowych. Jednakże w krajach, gdzie dopiero rozbudowuje się infrastrukturę hydrotechniczną i wodno-kanalizacyjną oraz instaluje nowe urządzenia

Tabela 5. Pobór wody na potrzeby gospodarki i ludności w Polsce w mld m³

[opracowanie na podstawie GUS 2013, 2017 i obliczenia własne]

Wyszczególnienie	1990	2000	2010	2016	2016 1990
Ogółem	14,25	11,05	10,87	10,58	74,2
Wody powierzchniowe	11,93	9,15	9,17	8,84	74,1
Wody podziemne	2,02	1,75	1,62	1,69	83,7
Wody z odwodnienia kopalń itp. ^{a)}	0,29	0,15	0,07	0,05	17,2
Cele produkcyjne z ujęć własnych	9,55	7,64	7,65	7,49	78,4
Nawodnienia w rolnictwie i leśnictwie ^{b)}	1,69	1,06	1,15	1,04	61,5
Eksploatacja sieci wodociągowej	3,01	2,35	2,06	2,05	68,1
- wody powierzchniowe w %	50,9	37,0	30,9	28,0	55,0
- wody podziemne w %	49,1	63,0	70,1	72,0	146,6

^{a)} tylko cele produkcyjne^{b)} tylko wody powierzchniowe

Tabela 6. Pobór wody w wybranych krajach europejskich

[opracowanie własne na bazie danych Eurostatu oraz GUS Warszawa 2017, s. 463]

Kraje	Pobór wody ogółem w mld m ³		Dynamika <u>2015</u> 2005	Udział wód podziemnych w %		Zmiana udziału wód podziemnych w pkt proc.	Udział poboru wody w 2015 r. w przeciętnych opadach w %
	2005	2015		2005	2015		
Belgia	6,39	5,97 ^{b)}	93,4	10,0	11,8 ^{b)}	+1,8	20,6
Bułgaria	6,04	5,63	93,2	9,9	9,9	..	7,8
Chorwacja	0,68	0,65	95,6	67,8	65,5	-2,3	1,0
Czechy	1,95	1,57	80,5	19,8	23,7	+3,9	2,9
Dania	0,64	0,75 ^{c)}	117,2	97,5	98,8	+1,3	1,9
Finlandia	6,58	4,3	3,0
Francja	33,87	30,01 ^{d)}	86,6	18,7	21,1	+2,4	6,0
Grecja	9,60	9,91	103,2	39,3	56,6	+17,3	8,6
Hiszpania	38,03	32,92	86,6	16,8	19,1	+2,3	9,5
Holandia	11,55	10,72 ^{c)}	92,8	8,7	9,1 ^{c)}	+0,4	33,9
Litwa	2,36	0,41	17,4	6,6	38,2	+31,6	1,0
Niemcy	35,56	33,04 ^{c)}	92,9	17,0	17,7 ^{d)}	+0,7	11,9
Polska	11,52	11,09	96,3	22,9	23,5 ^{a)}	+0,6	5,7
Rumunia	5,30	6,46	121,9	13,7	9,1	-4,6	4,3
Słowacja	0,91	0,57	62,6	41,2	56,8	+15,6	1,5
Szwecja	2,63	2,69 ^{c)}	102,3	13,2	12,9 ^{d)}	-0,3	0,8
Węgry	4,93	5,05 ^{b)}	102,4	11,5	9,2 ^{b)}	-2,3	9,1

^{a)} wg GUS 16% (tabela 7)^{b)} dane szacunkowe^{c)} 2010 r.^{d)} 2012 r.^{e)} 2014 r.

Tabela 7. Struktura poboru wody w Polsce w % [źródło jak w tab. 5]

Wyszczególnienie	1990	2000	2010	2016	Zmiana 1990-2016
Wody powierzchniowe	83,7	82,8	84,4	83,6	-0,1
Wody podziemne	14,2	15,8	15,0	16,0	+1,8
Wody z odwodnienia	2,1	1,4	0,6	0,4	-1,7
Razem	100,0	100,0	100,0	100,0	
Cele produkcyjne	67,0	69,1	70,4	70,8	+3,8
Nawodnienia	11,9	9,6	10,6	9,8	-2,1
Wodociągi (gospodarka komunalna)	21,1	21,3	19,0	19,4	-1,7
Razem	100,0	100,0	100,0	100,0	

podłączone do wodociągu zapotrzebowania na wodę w gospodarce rośnię. Ponadto zwiększa się udział wód podziemnych w dostawach wody ogółem, zwłaszcza dla gospodarki komunalnej. Wynika to z narastania niedoboru wód powierzchniowych oraz zanieczyszczenia ich ściekami. W tabeli 6 pominięto pobór wód niesłodkich, jak wody morskie, słonawe, bagienne itp., gdyż ich rola jest niewielka lub żadna. Jednak w niektórych krajach są to znaczące liczby: Szwecja ok. 11,8 mld m³/rok, Wielka Brytania 7,5-9 mld, Holandia 4-6 mld, Francja 4,8 mld, Chorwacja 0,5 mld, Malta 0,5 mld, Polska ok. 0,3 mld, Hiszpania ok. 0,2 mld m³/rok.

Przy analizie zaopatrzenia w wodę warto podkreślić, że według danych za 2015 r. w większości krajów europejskich udział ludności korzystającej z sieci wodociągowej wynosił 95-100% (w Polsce 92%, a tylko w Rumunii 64%). Wskaźniki te w zakresie dostępu do sieci kanalizacyjnej są nieco niższe: w Polsce 73%, w Rumunii 48%. Natomiast większe różnicowanie występuje w zakresie stopnia oczyszczania ścieków (z podziałem na mechaniczne (I st.), biologiczne (II st.) i z podwyższonym usuwaniem biogenów (III st.)). Najlepsza sytuacja występuje w krajach bogatych, gdzie III stopniem oczyszczania objętych jest ponad 90% ścieków (Holandia 98%, Austria 94%, Niemcy 93%, Dania 89%), w Polsce jest to 59%, w Rumunii 25%, w Turcji 18%.

W tabeli 7 zaprezentowano strukturę poboru wody w Polsce, która od lat 90. nie uległa większym zmianom. Warto podkreślić, że zanika pobór wody z odwadniania kopalń. Udział wód podziemnych utrzymuje się na dość wysokim poziomie (15-16%), wzrasta natomiast udział zużycia wody na cele produkcyjne (ponad 70%). Nawadnianie w rolnictwie i leśnictwie oraz hodowla ryb stanowią ok. 10% poboru wody.

Na świecie i w Europie największe różnicowanie regionalne występuje w strukturze zużycia wody w rolnictwie i leśnictwie. W takich krajach jak Indie, Pakistan, Sudan, Turkmenia wskaźnik ten przekracza 90%, a w Arabii Saudyjskiej, Chile, Egipcie, Indonezji, Turcji – 70%, co można tłumaczyć względami klimatycznymi oraz w niektórych przypadkach niedorozwojem gospodarki komunalnej i przetwórstwa przemysłowego. Natomiast w krajach rozwiniętych, zwłaszcza w większości krajów europejskich, wskaźnik ten sięga 3-12%, z wyjątkiem państw południowej Europy: Bułgaria 16%, Francja 12%, Grecja 85%, Hiszpania 58%, Rumunia 23%, Turcja 77%, Węgry 13%. W Polsce wskaźnik ten sięga 16% (tabela 7) lub w innym ujęciu 28%²; w Czechach – 2% (6%) a w Danii – 30%. Autorka na podstawie danych Eurostatu wyliczyła, że udział rolnictwa i leśnictwa w poborze wody na zaopatrzenie ludności i gospodarki w Europie (bez Rosji i Ukrainy) wyniosła w 2010 r. około 35% [Thier 2016b].

Wraz z tendencją do zmniejszania zużycia wody obserwujemy w Polsce również spadek wielkości odprowadzanych ścieków, w tym zwłaszcza ścieków nieoczyszczonych (tab. 8). Udział ścieków komunalnych w ściekach ogółem to tylko ok. 14%. Ilość ścieków niewymagających oczyszczenia jest w Polsce relatywnie wysoka (ok. 75%) ze względu na odprowadzane wody pochłonicze z elektrowni i elektrociepłowni węglowych. Natomiast radykalnie zmniejszył się udział ścieków nieoczyszczanych w ściekach wymagających oczyszczenia: w latach 1990-2015 wskaźnik ten zmalał z 32,5% do 5%.

63% zużycia wody w gospodarce narodowej oraz 70% zużycia wody wodociągowej przypada na tereny miejskie. W gospodarstwach domowych zużycie wody w przeliczeniu na jednego mieszkańca kształtuje się w przedziale 25-46 m³. W okresie powojennym zanotowano tendencję wzrostu zużycia wody dzięki rozbudowie wodociągów i poprawie warunków bytowych, ale po 1990 r. zużycie spada w wyniku doskonalenia urządzeń wodnych oraz polityki cenowej motywującej do oszczędzania. Potwierdzają to następujące dane o zużyciu wody w gospodarstwach

² Struktura zużycia wody według sektorów gospodarki różni się w publikacjach GUS, Eurostatu oraz ONZ (UN Statistical Yearbook) ze względu na różne kryteria podziału gospodarki, kwalifikacji pobór – zużycie oraz kompletność danych. Wskaźnik ten (i inne ujęte w nawias) został wyliczony z danych Eurostatu za: GUS 2017, s. 465.

Tabela 8. Ścieki przemysłowe i komunalne odprowadzane do wód lub ziemi w Polsce w mld m³

[źródło jak w tab. 5, s. 167]

Wyszczególnienie	1990	2000	2010	2016	2016/1990
Ścieki ogółem w mld m ³	11,37	9,16	9,22	8,90	78,3
w tym:					
- ścieki wymagające oczyszczania	4,12	2,50	2,31	2,17	52,7
- ścieki nieoczyszczone	1,34	0,30	0,18	0,11	8,2
ścieki nieoczyszczane w %	32,5	12,0	7,8	5,0	15,4
Ścieki przemysłowe	..	7,67	7,92	7,61	99,2
- w tym wody chłodnicze	..	6,66	6,91	6,73	101,1
Ścieki komunalne	..	1,49	1,30	1,29	86,6
Udział ścieków komunalnych w %	..	16,3	14,1	14,5	87,6

Tabela 9. Miesięczne zużycie wody w Polsce i w krajach zachodnich w mln m³/miesiąc

[opracowanie własne na podstawie materiałów źródłowych Banku Światowego i ONZ]

Miasto	Liczba mieszkańców w tys.	Miesięczne zużycie wody przez mieszkańców ^{a)} w mln m ³	Miesięczne zużycie wody w krajach zachodnich przy takiej samej liczbie mieszkańców ^{b)}	Dodatkowe i nieracjonalne zużycie wody miesięcznie w polskich miastach w mln m ³
Warszawa	1720,4	9,8	7,2	2,6
Kraków	756,2	4,3	3,1	1,2
Łódź	737,1	4,2	3,0	1,2
Wrocław	633,0	3,6	2,6	1,0
Poznań	551,6	3,1	2,3	0,8
Gdańsk	457,0	2,6	1,9	0,7

^{a)} wyliczenie przy założeniu, że średnie dobowe zużycie wody w Polsce na jednego mieszkańca wynosi 190 l^{b)} wyliczenie przy założeniu, że średnie dobowe zużycie wody w krajach zachodnich na jednego mieszkańca wynosi 140 l

domowych w przeliczeniu na jednego mieszkańca: 1960 r. – 27,7 m³, 1990 r. – 68,9 m³, 2000 r. – 43,9 m³, 2010 r. – 35,0 m³, 2016 r. – 32,2 m³. Mimo obniżenia zużycia wody komunalnej w miastach, porównanie z miastami zachodnioeuropejskimi wypada dla Polski niekorzystnie z powodu relatywnie wyższych wskaźników zużycia w przeliczeniu na mieszkańca (na skutek nieszczelności urządzeń i mniejszego zastosowania wodomierzy).

W związku z większą dbałością przeciętnego Polaka o zdrowe żywienie oraz jakość życia, rośnie zapotrzebowanie na wodę butelkowaną, co powoduje ożywienie konkurencji między rozlewniami wód mineralnych, źródłanych i stołowych. Ostatnio ujawnia się także konkurencja między producentami wody butelkowanej a przedsiębiorstwami wodociagowymi, gdyż jakość wody z kranu uległa znaczącej poprawie. Wodociągi starają się więc promować swoją wodę, co z kolei budzi sprzeciw i oskarżenia o marketing bez pokrycia. Dotąd woda z kranu była bowiem oceniana negatywnie i społeczeństwo jest nadal nieufne. Jednak postawy te mogą się zmienić, zwłaszcza w świetle zabiegów producentów wód źródłanych i stołowych, którzy w sztuczny sposób upodabniają je do wody mineralnej. Podobne problemy miały miejsce w Europie Zachodniej 20-30 lat temu. Warto dodać, że niektóre wody mineralne zdobyły międzynarodową markę, jak na przykład francuska *Evian* czy gruzińska *Borjomi* (Gruzja eksportuje ją do czterdziestu krajów, generując 10% wpływów z eksportu). Również polska *Krynica* czy *Muszynianka* i *Nalęczowianka* zdobywają nowe rynki zbytu.

W porównaniach międzynarodowych (tab. 4) Polska, z zużyciem wody poniżej 300 m³/mieszkańca/rok, zajmuje 15. miejsce w Europie. Wskaźnik ten nie jest wysoki w porównaniu z takimi krajami jak: Estonia (1310 m³/m/rok), Grecja (913 m³/m/rok), Holandia (641 m³/m/rok), Hiszpania (708 m³/m/rok), Bułgaria (782 m³/m/

rok), Węgry (509 m³/m/rok), Francja (460 m³/m/rok) i Niemcy (404 m³/m/rok), ale wyższy niż na Słowacji (106 m³/m/rok), w Czechach (152 m³/m/rok) i Danii (132 m³/m/rok). Na Węgrzech czy w Holandii i Belgii duży odsetek poboru wody pochodzi z dopływu z krajów sąsiednich. Jednakże istotnym czynnikiem zużycia wody okazuje się poziom wodochłonności gospodarki, w tym zwłaszcza przemysłu, czyli zużycie wody na jednostkę wyrobu lub usługi. To z kolei jest uzależnione nie tylko od technologii oszczędzających wodę, ale także od struktury gospodarki – na przykład w Polsce wyjątkowym konsumentem wody jest energetyka ciepła (ok. 89% zużycia w przemyśle), następnie przemysł chemiczny (5%) i spożywczy (1,5%); udział hutnictwa spadł poniżej 1%. Eurostat przedstawia następujące dane na temat najwyższej wodochłonności dochodu narodowego: Węgry 200 m³ wody/1000 Euro PKB, Bułgaria 180, Estonia 90, Łotwa 75, Rumunia 45, Hiszpania 40, Polska 35 m³. Pozostałe kraje na ogół mieszczą się w przedziale 10-15 m³ wody/1000 Euro PKB. Zatem najwyższe wskaźniki wodochłonności dotyczą krajów Europy Środkowo-Wschodniej, a Polska wśród nich prezentuje się znacznie lepiej niż pod względem energochłonności dochodu narodowego. Co nie oznacza, że nasz kraj nie ma na tym polu zapóźnień. Pomocne mogą okazać się zmiany strukturalne w gospodarce oraz ograniczenie wycieków i kradzieży wody z sieci wodociągowej (szacowane w Polsce na 24%, a w innych krajach w Europie od 10% do 30%; w Gruzji jeszcze więcej). Z danych GUS wynika, że w latach 2004-2013 wodochłonność gospodarki w Polsce zmalała z 11 do 6 m³/1000 PLN [GUS 2015], czyli z ok. 46 do 25 m³/1000 Euro, to jest o ponad 40%. Autorka dokonała oceny wodochłonności produkcji przemysłowej w Polsce z zastosowaniem trzech następujących miar: udziału ważniejszych sekcji i działów w zużyciu wody przez przemysł, zużyciu wody w przeliczeniu na 1000 PLN wartości produkcji sprzedanej oraz współczynnika wodochłonności definiowanego jako iloraz udziału danej gałęzi w zużyciu wody oraz wartości produkcji sprzedanej w przemyśle. Z tabeli 10 wynika, że najbardziej wodochłonne jest wytwarzanie energii elektrycznej, a następnie (osiemnaście razy mniej!) przemysł papirniczy, chemiczny, górnictwo, hutnictwo. Wprawdzie rachunek nie uwzględnia w pełni cen stałych, ale można wnioskować, że obserwujemy korzystne zmiany w postaci spadku wodochłonności produkcji przemysłowej w latach 2006-2015 o 20-40%.

NAKLADY GOSPODARCZE NA ZAOPATRZENIE W WODĘ

Wartość nakładów na gospodarkę wodną GUS podaje według podziału na nakłady inwestycyjne, czyli nakłady finansowe i rzeczowe na tworzenie nowych środków trwałych lub ich przebudowę i modernizację, oraz koszty bieżące, czyli koszty obsługi i utrzymania urządzeń, w tym koszty działań świadczonych przez podmioty zewnętrzne, opłaty za oczyszczanie ścieków i opłaty ekologiczne. W układzie organizacyjnym nakłady te ujmuje się według następujących sektorów własności:

- sektor publiczny, czyli instytucje rządowe i samorządowe;
- sektor gospodarczy, czyli sektor przedsiębiorstw i instytucji finansowych, w tym zakłady oczyszczania ścieków przemysłowych i komunalnych oraz wód opadowych;
- sektor gospodarstw domowych, ale bez wyraźnego podziału nakładów na inwestycyjne i bieżące.

Dane o nakładach inwestycyjnych dotyczą osób prawnych oraz osób fizycznych prowadzących działalność gospodarczą, gdy liczba pracujących przekracza dziewięć osób, oraz spółek wodno-ściekowych bez względu na liczbę pracujących.

Tabela 10. Wodochłonność produkcji przemysłowej w Polsce w latach 2006 i 2015

[opracowanie i obliczenia własne na podstawie danych statystycznych GUS]

Wybrane sekcje i działy przemysłu	PKD	Woda na cele produkcyjne i usługowe w %		Produkcja przemysłu sprzedana w %		Współczynnik wodochłonności		Zużycie wody w m ³ /1000 PLN produkcji	
		2006	2015	2006	2015	2006	2015	2006	2015
Wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej ^{a)}	35	83,35	89,40	10,1	10,6	8,25	8,43	104,55	51,2
Przemysł papierniczy	17	1,15	1,32	2,1	2,9	0,54	0,46	6,18	2,78
Produkcja wyrobów chemicznych	20 21 22	4,54	4,86	10,8	11,8	0,42	0,41	4,52	2,48
Hutnictwo ^{b)} (produkcja metali)	24	0,67	0,60	4,7	3,5	0,14	0,17	0,93	1,02
Górnictwo	B	1,20	0,86	4,9	3,9	0,25	0,22	1,80	1,32
Przemysł spożywczy	10 11	2,95	1,46	16,1	16,2	0,18	0,09	1,35	0,55
Produkcja koksu i rafinacja ropy naftowej	19	0,47	0,58	5,1	4,9	0,09	0,12	0,94	0,71
Przemysł materiałów budowlanych	23	0,25	0,19	4,1	3,7	0,06	0,05	0,48	0,30
Produkcja sprzętu Transportowego	29 30	0,15	0,03	10,7	11,6	0,02	0,003	0,13	0,02
Pozostałe działy przemysłu	x	5,27	0,68	31,4	30,9	0,17	0,02	1,84	1,27
Przemysł ogółem	x	100	100	100	100	x	x	10,60	6,00

^{a)} 46,78 m³/tys. kWh w 2006 r. oraz 40,85 m³/tys. kWh w 2013 r.,^{b)} 4,71 m³/tonę stali w 2006 r. oraz 4,90 m³/tonę stali w 2015 r. z zamkniętym obiegiem wody (w przeciwnym razie sięga 200 m³)

Polska, mimo stosunkowo ubogich zasobów wodnych i przejawów stepowania w niektórych regionach, należy do krajów o stosunkowo dobrej infrastrukturze i organizacji zaopatrzenia gospodarki i ludności w wodę. Istnieją już odpowiednie regulacje w tej dziedzinie. Otóż Prawo wodne zabrania utrudnień w dostępie do rzek i jezior, natomiast Ustawa o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków oraz Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi określają wymogi jakościowe dostarczanej wody pitnej. Przepisy te wdrażają postanowienia unijnej dyrektywy w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia. Omawiane kwestie znajdują rozwinięcie w różnych dokumentach oficjalnych. Na przykład *Diagnoza stanu gospodarki wodnej* stanowi załącznik do dokumentu *Polityka wodna państwa do 2030 roku* przygotowanego w 2010 r. w Ministerstwie Środowiska. Diagnoza ocenia m.in. stan zasobów, potrzeby wodne, wodochłonność produkcji i usług, zagrożenia i zabezpieczenia przed powodzią oraz suszą.

W skali kraju nakłady na środki trwałe w gospodarce wodnej – czyli nakłady inwestycyjne – kształtowały się w latach 2000-2005 na poziomie 1,65-1,72 mld PLN, w latach 2010-2013 – 2,8-3,6 mld PLN rocznie w cenach stałych (0,4-0,9 mld Euro), co stanowiło 1,2-1,5% nakładów inwestycyjnych ogółem w gospodarce narodowej oraz 0,17-0,25% PKB. Nakłady te są przeznaczane głównie na budowę ujęć i doprowadzenia wody (40-50%), zbiorniki i stopnie wodne (12,3-23,5%) oraz obwałowania przeciwpowodziowe i stacje pomp (11-23%), a następnie stacje uzdatniania wody oraz regulacje rzek i potoków. Jeszcze większe nakłady inwestycyjne przeznaczają się na gospodarkę ściekową i ochronę wód, co GUS zalicza do nakładów na ochronę środowiska naturalnego i ujmuje w odrębnych statystykach. W ostatnich latach kwoty te sięgały 5,6-7,2 mld PLN rocznie, co stanowiło aż 56-69% nakładów inwestycyjnych na ochronę środowiska w Polsce oraz 0,35-0,5% PKB [GUS 2013]. Tak więc łączne nakłady inwestycyjne na gospodarkę wodną i ochronę wód w latach 2000-2013

opiewały na 8,5-10,8 mld PLN rocznie (2,1-2,6 mld Euro), to jest 3,6-5,05% nakładów inwestycyjnych ogółem oraz 0,55-0,75% PKB, niestety z tendencją malejącą, gdyż niższe kwoty dotyczą lat 2015 i 2016.

Podjęto również badania kosztów bieżących utrzymania urzędzeń i służb ochrony środowiska. Koszty bieżące (eksploatacyjne) w tym zakresie zaczęły z upływem czasu przewyższać pod względem wielkości i tempa nakłady inwestycyjne, ze względu na coraz lepiej rozbudowaną infrastrukturę wodną oraz ochronną (ekologiczną). Jednak w ostatnich latach badania GUS wskazują na osłabienie tej tendencji. Dane w skali kraju są bardzo szacunkowe w odniesieniu do ochrony środowiska (żadne w przypadku gospodarki wodnej), ale można wnioskować, że w zakresie gospodarki wodnej i ochrony wód koszty bieżące sięgają 5-7 mld PLN rocznie, czyli równowartości 0,5% PKB [NIK 2017] (w tym w samej gospodarce ściekowej i ochronie wód ok. 2,3 mld PLN w 2015 r.). Zatem łączne nakłady na gospodarkę wodną w latach 2012-2013 wynosiły po ok. 21 mld PLN/rok (5 mld Euro). Nakłady inwestycyjne związane z wodą sięgały wtedy 3,7% nakładów inwestycyjnych ogółem w gospodarce narodowej oraz 1,1% PKB.

W latach 2014-2015 zarysowała się tendencja zniżkowa w podejmowaniu inwestycji w gospodarce wodnej, poniekąd zgodna ze zjawiskiem osłabienia tempa nakładów inwestycyjnych w całej gospodarce. Jednakże niepokojące wnioski wynikają z oceny okresu 2015-2016. Otóż nakłady inwestycyjne na gospodarkę wodną w 2016 r. w porównaniu z rokiem poprzednim zmalały niemal o połowę, a nakłady na gospodarkę ściekową i ochronę wód prawie trzykrotnie. Czegoś takiego, czyli tak wysokiego spadku w ciągu roku, w historii gospodarczej Polski w czasach spokoju jeszcze nie było! Na skutek tego załamania notujemy w latach 2014-2016 spadek udziału gospodarki wodnej w nakładach inwestycyjnych w gospodarce narodowej z 1,5% do 0,7% oraz spadek relacji gospodarki wodnej do PKB z 0,22% do 0,09%. Warto zatem zastanowić się głębiej nad przyczynami tego załamania, bo GUS, o ile wprowadzi korektę tej statystyki, to zapewne niewielką. Nakłady na gospodarkę wodną i ochronę wód bardziej szczegółowo przedstawiono w tabeli 11.

Nakłady na gospodarkę wodną oraz oczyszczanie ścieków i ochronę wód w 2015 r. w kwocie 20 mld PLN charakteryzują się następującą strukturą: nakłady inwestycyjne na gospodarkę wodną samorządów terytorialnych, jednostek budżetowych i przedsiębiorstw, czyli w sektorach publicznym i gospodarczym (niestety bez kosztów bieżących) – 16,6%, nakłady na gospodarkę ściekową i ochronę wód w tych sektorach – 44,8% oraz wydatki gospodarstw domowych na gospodarkę wodną i ochronę wód – 38,6%.

Gospodarstwa domowe ponoszą większe wydatki na ochronę środowiska niż przedsiębiorstwa i inne podmioty w zakresie nakładów inwestycyjnych czy kosztów utrzymania urzędzeń ochronnych. Otóż gospodarstwa domowe płać 7-8 mld PLN za wywóz osadów i oczyszczanie ścieków oraz zakup i montaż urzędzeń ochrony wód, co stanowi równowartość 0,4% PKB (dodając inne wydatki o charakterze ekologicznym wskaźnik ten sięga 1,8-1,9% PKB). Dane te nie uwzględniają opłat za dostawę wody (nie licząc opłaty ekologicznej), które obciążają budżety domowe w wysokości 4%.

Ciekawą kwestią są źródła finansowania nakładów inwestycyjnych, gdyż inwestycje w ochronie środowiska i gospodarce komunalnej mogą być subwencjonowane w większym stopniu niż typowe inwestycje infrastrukturalne, nie wspominając o projektach komercyjnych. Tak więc w finansowaniu inwestycji w ochronie środowiska udział środków własnych przedsiębiorstw oraz ich kredytów i pożyczek wynosił 54-57%, a w 2016 r. – 70% (w samym przemyśle 80-95%), funduszy ekologicznych 14-18% (kiedyś nawet 40%), środków budżetowych 4-8%, środków z zagranicy 20-27% (w 2000 r. – 3,9%, w 2016 r. –7,3%). Natomiast w przypadku gospodarki wodnej struktura ta jest inna: środki własne i kredyty 32-53%, fundusze

Tabela 11. Nakłady na gospodarkę wodną i ochronę wód w Polsce w latach 2000-2016 w mld zł

[Opracowanie i obliczenia własne na podstawie roczników GUS 2013, s. 399-400, GUS 2014, s. 409-410;

GUS 2016, s. 382-383, GUS 2017, s. 375-376)

Wyszczególnienie 1 Euro = 4,1 PLN	2000	2010	2012	2015	2016	Struktura 2016 r. %	2016/2010
Nakłady inwestycyjne na gospodarkę wodną ^{a)}	1,65	3,57	2,79	3,29 ^{d)}	1,69	100	47,3
- ujęcia i doprowadzenia wody	0,85	1,80	1,12	1,23	0,81	47,9	45,0
- zbiorniki i stopnie wodne	0,21	0,44	0,39	0,63	0,42	24,8	95,5
- obwałowania przeciwpowodziowe	0,24	0,39	0,63	0,44	0,22	13,0	56,4
- stacje uzdatniania wody	0,20	0,71	0,37	0,52	0,20	11,8	28,2
- regulacje rzek i potoków	0,15	0,22	0,27	0,47	0,05	2,6	22,7
Nakłady na gospodarkę ściekową i ochronę wód ^{c)}	7,23	10,72	10,45	8,96	3,28	100	30,6
- nakłady inwestycyjne ^{a)}	3,34	7,21	5,66	6,64	2,28	69,5	31,6
- koszty bieżące ^{b)} netto	3,89	3,51	4,79	2,32 ^{e)}	1,0	30,5	28,5
Wydatki gospodarstw domowych na gospodarkę wodną i ochronę wód ^{b)}	4,14	5,68	7,09	7,72	7,30	100	128,5
- wywóz i odprowadzanie oraz oczyszczanie ścieków	3,50	4,89	6,69	6,98	6,61	90,5	135,2
- zakup i montaż urządzeń i produktów służących ochronie wód	0,64	0,79	0,40	0,74	0,69	9,5	87,3
Ogółem ^{c)}	13,02	19,97	20,33	19,97	12,27	X	105,2
Udział nakładów inwestycyjnych związanych z wodą i ściekami w nakładach inwestycyjnych w gospodarce narodowej w %	3,7	4,9	3,6 ^{d)}	3,7 ^{d)}	1,6	X	32,6
Relacja nakładów inwestycyjnych związanych z wodą i ściekami do PKB w %	1,0	1,1	1,0 ^{e)}	0,6 ^{e)}	0,4	X	36,4

^{a)} ceny stałe^{b)} ceny bieżące^{c)} dane szacunkowe^{d)} 2014 r. 3,8 mld PLN^{e)} razem w gospodarce wodnej ok. 5 mld PLN^{f)} w samej gospodarce wodnej w 2015 r. 1,2%, w 2016 r. 0,7%^{g)} w samej gospodarce wodnej w 2015 r. 0,18%, w 2016 r. 0,09%

ekologiczne 13-17%, środki budżetowe 15-25%, środki z zagranicy 19-32% (w 2016 r. – 4,5%) i dlatego aż dla 45-54% tych nakładów inwestorami są jednostki budżetowe (w przypadku przedsięwzięć ochronnych tylko 6-8%). W szczególności Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz fundusze wojewódzkie OŚiGW wydają rocznie 4-7 mld PLN, z tego w 2015 r. na gospodarkę wodną przypadło 0,42 mld PLN (6,2%) oraz gospodarkę ściekową i ochronę wód 1,2 mld PLN (17,6%), a w 2016 r. mniej o ok. 20%.

Środki przeznaczane na zadania rządowe związane z gospodarowaniem wodami (kształtowanie zasobów wodnych, utrzymanie majątku Skarbu Państwa oraz ochrona przeciwpowodziowa), czyli zadania, które stwarzają warunki do racjonalnego korzystania z wód przez użytkowników i służą zapewnieniu bezpieczeństwa powodziowego, stanowią niewielką część wydatków przeznaczanych na szeroko rozumianą gospodarkę wodną. Kwoty te są o wiele mniejsze niż wielkości środków przeznaczanych na zadania związane ze zbiorowym zaopatrzeniem w wodę i odprowadzaniem ścieków, głównie dzięki większej odpłatności usług wodnych w tej dziedzinie. Budżet państwa pokrywał dotąd tylko ok. 20% zgłaszanych przez regionalne zarządy gospodarki wodnej potrzeb w zakresie finansowania bieżących zadań w gospodarce wodnej. Szczególnie widoczny jest brak środków na utrzymanie wód i urządzeń wodnych skarbu państwa. Dekapitali-

zacja majątku prowadzi do wzrostu zagrożenia powodziowego oraz do pogorszenia stanu infrastruktury technicznej. Powoduje to roszczenia ze strony społeczności lokalnych i władz samorządowych. Pewnym rozwiązaniem tej kwestii jest rozszerzenie zakresu opłat za usługi wodne i podniesienie ich stawek, jednak nowe Prawo Wodne od 2018 r. jest ostro krytykowane za drastyczne zwiększenie odpłatności oraz zbytnią centralizację systemu zarządzania gospodarką wodną [Thier 2016c, 2017].

PREJAWY NARASTANIA DEFICYTU WODY I JEGO SKUTKI

W okresie powojennym nastąpiło w wielu rejonach Polski obniżenie poziomu wód gruntowych, w tym w połowie nadleśnictw, co doprowadziło do zaniku źródleńnych bagien i stawów. Większość bagien i torfowisk uległa degradacji z powodu odwodnienia (obszary podmokłe zajmują jeszcze 14% powierzchni kraju, ale tracą swój naturalny charakter). Na 3/4 obszaru Polski pojawia się okresowo deficyt wody, przy czym najczęściej i w największym stopniu dotyka on terenów Wielkopolski i Mazowsza, a ostatnio także Dolnego Śląska. To właśnie na terenach Niżu Polskiego zagrożenia związane z brakiem dostępu do wody o odpowiedniej ilości i jakości są dziś największe, a biorąc pod uwagę obserwowany kierunek zmiany klimatu, stan ten może się pogorszyć. Globalny wzrost temperatury powoduje zwiększenie parowania terenowego zimą i wiosną oraz spadek infiltracji i alimentacji wód podziemnych w półroczu chłodnym. W efekcie zasoby wodne dostępne w półroczu ciepłym są mniejsze, co wywołuje problemy w zaopatrzeniu w wodę różnych użytkowników.

Najbardziej alarmująca sytuacja występuje na Wiśle, której stan na warszawskim odcinku był w pewnym momencie najniższy od 600 lat. Wprawdzie okresy większych opadów powodujących powódzie zdarzają się w klimacie umiarkowanym od dawna, lecz narastające ocieplenie oraz intensywniejsza zmienność warunków atmosferycznych skutkują coraz większym deficytem wody. Kolejnym czynnikiem jest nieracjonalna melioracja i wycinki drzew, które ograniczyły o ponad 35% powierzchnię mokradeł. Z kolei na Górnym Śląsku działalność górnicza mocno wpływa na ograniczenie zasobów wodnych i bilans wód podziemnych. Kopalnia Węgla Brunatnego „Bełchatów” w centralnej Polsce powoduje obniżenie poziomu wód gruntowych w promieniu 300 km. Podobnie jest z kopalniami w rejonie Adamów-Konin-Pątnów, zwłaszcza w perspektywie poszerzenia wydobycia węgla brunatnego w kierunku jeziora Gopło. Aktywiści środowiskowi również z tych powodów oprostowują planowaną budowę kopalni odkrywkowej w rejonie Szprotawy w województwie lubuskim. Susze w powiązaniu ze zmianami geologicznymi prowadzą również do wysychania studni, które w wielu miejscach stanowią podstawowe źródło wody dla ludności.

Kwestia narastania deficytu wody w Polsce nie budziła dotąd kontrowersji czy nawet większego zainteresowania – z wyjątkiem hydrologów i kierownictwa gospodarki wodnej – ze względu m.in. na takie czynniki, jak zahamowanie przyrostu naturalnego, postępy w zmniejszaniu wodochłonności procesów produkcyjnych i usługowych, a także w miarę dobrze rozwiniętą infrastrukturę wodno-kanalizacyjną. Natomiast w wielu krajach słabiej rozwiniętych te właśnie czynniki powodują, że kwestia deficytu wody jest na pierwszym planie. Jednak coraz bardziej widoczne przejawy globalnego ocieplenia – a zwłaszcza ostatnie anomalie temperatur na całym świecie – ożywiają dyskusję, a nawet budzą niepokój, w sprawach gospodarki wodnej w Polsce. Kolejne lata rekordowych temperatur przypominają o zagrożeniach deficytem wody i skutkach suszy oraz podnoszą temat środków zabezpieczających gospodarkę przed niedoborem zasobów wodnych.

Okazuje się, że w Polsce począwszy od XVIII w. susze występowały 22-24 razy w ciągu każdego stulecia, czyli średnio co 4-5 lat. Jednak w XXI wieku tylko w ciągu pierwszej dekady susze wystąpiły już pięć razy! Ocenia się, że w Wielkopolsce przez ostatnie 20 lat parowanie wzrosło dwukrotnie i stąd w tym okresie niemal corocznie występuje ujemny bilans wodny, czyli więcej wody wyparowuje niż napada. Otóż przy opadach rzędu 500-600 mm rocznie parowanie w okresie wegetacyjnym (ewapotranspiracja) sięga aż 480-560 mm, a więc rodzi deficyt wody. Dlatego susze występują tam co kilka lat, a od lat 90. Niemal co roku. Susza w okresie 2015-2016 objęła prawie całą Polskę.

Średnia temperatura na Ziemi może wzrosnąć do końca XXI w. o 1,5-4,5°C (prognoza jest mało precyzyjna, ale zdecydowanie wskazuje na wzrost temperatury). Szacunki dla Polski wskazują na wzrost o 1,5°C. Podniesienie się średniej temperatury o 2°C może być dla ludzkości katastrofalny. W Polsce skutki stepowania ziemi i suszy odczuwalne są głównie w rolnictwie i to już w całym okresie powojennym. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB ocenia, że w 2015 r. upały wysuszyły ponad 1 mln ha gruntów rolnych, co wpłynęło niekorzystnie na plony także w następnym roku. Rolnictwo musi przestawić się na uprawę roślin lepiej znoszących suszę i wysoką temperaturę, jak proso, słonecznik, soja, sorgo, winorośl [Kundzewicz 2014]. Z kolei niedobór wody do chłodzenia wymusza zmniejszenie mocy elektrowni ciepłych. Pojawiły się obawy, że ze względu na niski stan niektórych rzek i jezior mogą pojawiać się trudności w czepianiu wody dla celów przemysłowych i komunalnych. W cieplejszych okresach wzrosło zapotrzebowanie na wodę butelkowaną, której sprzedaje się ok. 3,5 mld litrów rocznie. W browarach podjęto zarządzanie tzw. ryzykiem pogodowym, gdyż wzrost temperatury o 1°C latem przekłada się na wzrost sprzedaży piwa o ok. 2%. Można więc mówić o pojawieniu się nowej specjalności – konsultanta ds. klimatycznych. W energetyce o popycie na energię elektryczną decyduje nie tylko temperatura, ale także występowanie opadów. Wykazano związek między pogodą a popytem na usługi bankowe [Grzeszak 2015]. Gospodarka narodowa musi więc lepiej przygotować się do zmiany klimatu, nie tylko poprzez oszczędzanie wody, ale także jej gromadzenie w zbiornikach retencyjnych, polderach powodziowych oraz deszczowniach, jak również poprzez dostosowanie struktury upraw do nowych warunków klimatycznych. *Program polityki wodnej do 2030 roku* przewiduje pewne działania zapobiegające narastaniu zjawisk deficytu wody oraz suszy. Niektóre z wymienionych zadań były zgłaszane w formie postulatów już od dawna przez ekologów i działaczy ochrony środowiska, ale dopiero w ostatnich latach głosy te zostały uwzględnione w programach resortowych i regionalnych. Są już też pierwsze efekty odtworzenia terenów zalewowych (np. nad górną Odrą).

SPOSOBY PRZECIWDZIAŁANIA DEFICYTOWI WODY

Wyróżniamy kilka sposobów przeciwdziałania deficytowi wody:

- zwiększanie dostępnych zasobów wody i jej retencja, a więc zapobieganie fizycznemu niedostatkowi wody;
- racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi dzięki właściwej polityce państwa i stosowaniu instrumentów ekonomiczno-finansowych (usuwanie przeszkód instytucjonalnych);
- oszczędzanie wody w procesach produkcyjnych i usługowych dzięki postępowi technicznemu oraz rozwijaniu świadomości ekonomicznej i ekologicznej społeczeństwa;
- przeciwdziałanie zmianie klimatu i dostosowywanie się do ich skutków.

Przeciwdziałanie deficytowi wody poprzez zwiększanie jej zasobów jest w Polsce ograniczone ze względu na charakterystykę głównych rzek i ich dorzeczy oraz dość dobrze rozwiniętą infrastrukturę wodną, jak również nieefektywność ekonomiczną odsalania wody morskiej. Natomiast znaczące rezerwy występują jeszcze w odkrywaniu i udostępnianiu wód podziemnych. Pewien potencjał tkwi ponadto w zmniejszaniu intensywności parowania wody, a przede wszystkim w retencji, co wiąże się już z racjonalnym gospodarowaniem zasobami wodnymi. Spowolnienie parowania osiąga się przez zalesianie ugorów i nieużytków (wskaźnik lesistości w Polsce rzędu 30% nie jest wysoki) oraz zadrzewienia śródpólne, a także korzystanie z technologii upraw zwiększających wilgotność gleby oraz nawadniania. Z kolei w zbiornikach w Polsce zatrzymuje się jedynie 6,5% rocznego odpływu rzek; wg ocen IMGW-PIB warunki pozwalają na retencjonowanie 15%³, tak jak w wielu krajach Europy Zachodniej. Jest jednak tylko sześćset miejsc do znaczącego spiętrzenia wody. Zachowało się niewiele dawnych stawów i torfowisk – osuszanych pod uprawę – lecz niektóre z nich można przywrócić do poprzedniego stanu, czego podejmują się już niektóre nadleśnictwa (po 2000 r. wybudowano już 1,5 tys. małych zbiorników wodnych i 2,5 tys. drobnych budowli piętrzących). Agencje państwowe i komunalne mogą nie tylko rozwijać infrastrukturę wodną przez przebudowę obiektów hydrotechnicznych i sieci wodno-kanalizacyjnej – czyli zwiększać podaż wody – ale także wpływać na zmniejszenie popytu na wodę poprzez wprowadzanie zachęt cenowych i podatkowych dla ludności oraz przedsiębiorców, jak również przez stosowanie ograniczeń ilościowych w zużyciu wody przez przemysł i rolnictwo. Istotną rolę mogą odegrać alternatywne źródła wody, jak gromadzenie deszczówki oraz korzystanie z oczyszczonych ścieków, co niestety w Polsce jest słabo rozwijane. Wody deszczowe należy gromadzić w celu wykorzystania ich w rolnictwie oraz w gospodarstwach domowych.

Analizując inwestycyjne sposoby ochrony wód i przeciwdziałanie deficytowi zasobów wodnych, warto zwrócić uwagę na błędy w tej dziedzinie. Niektóre z nich są znane już od lat, ale stają się powszechnie rozumiane dopiero po wystąpieniu negatywnych skutków, m.in.: osuszenie naturalnych bagien, niewłaściwe melioracje pól prowadzące do wysuszenia gleby, regulacje rzek z prostowaniem ich biegów co sprzyja powodziom. Z kolei w latach 80. i 90. ponoszono zbyt wysokie nakłady inwestycyjne na budowę oczyszczalni ścieków i innych obiektów z powodu ich zbyt dużej przepustowości – “na zapas” – nie bacząc na tendencje zmniejszania zużycia wody i odprowadzanych ścieków oraz wysokie przyszłe koszty eksploatacji tych urządzeń. Ponadto można dowodzić, że nadal dość rozrzućnie inwestuje się w sieć wodociągowo-kanalizacyjną i oczyszczalnie ścieków (zamiast np. w budowę małych oczyszczalni przydomowych) na terenach słabo zaludnionych i o rozproszonej zabudowie oraz wyludniających się. Ostatnio pojawiają się jednak nowe projekty. I tak w zakresie ochrony przeciwpowodziowej podjęto już pierwsze decyzje o powrocie do idei terenów zalewowych w formie tzw. polderów, na przykład w górnym dorzeczu Odry. Z kolei w Małopolsce planuje się rezygnację z niektórych wałów i zbiorników ponieważ koszty przedsięwzięć przewyższają ich efekt, czyli wartość chronionego w ten sposób majątku. Proponuje się więc indywidualne zabezpieczenia: dla pojedynczych domów zagrożonych zalaniem do 0,5 m użycie specjalistycznych ścianek osłonowych, przesiedlenie w przypadku wyższych poziomów wody [Thier 2016a].

Oszczędzanie wody polega na wdrażaniu różnorodnych rozwiązań: począwszy od ograniczenia strat w jej przesyłaniu, poprzez stosowanie zamkniętych obiegów wody, wdrażanie technologii zmniejszających wodochłonność

³ <https://www.rp.pl/Biznes-odpowiedzialny-w-Polsce/303199867-Kryzys-wodny-w-Polsce---nieostrzegane-zagrozenie.html>

procesów produkcyjnych i usługowych – w tym mniej wodochłonny sprzęt AGD oraz urządzenia sanitarne – aż do upowszechnienie pomiaru zużycia wody w gospodarstwach domowych (wprowadzenie wodomierzy zmniejsza zużycie wody o 15-25%) oraz odpowiednie systemy opłat i cenników. Wielkim problemem okazują się straty wody w przesyłach i sieciach wodociągowych – jako różnica między wodą wyprodukowaną przez ujęcia a wodą sprzedaną – gdyż w Polsce dwukrotnie przekraczają wskaźniki osiągnięte w krajach Europy Zachodniej (7-11%). Mimo wszystko w oszczędzaniu wody zanotowano duży postęp i w rezultacie pobór wody powierzchniowej z dostępnych zasobów krajowych zmniejszył się w okresie powojennym z 30% do około 20% rocznego odpływu wód (2013 r. – 16%, 2014 r. – 20,5%, 2016 r. – 21,4%). Wśród licznych nowych rozwiązań technicznych oraz inicjatyw organizacyjnych i edukacyjnych warto wymienić programy aktywizujące i promujące małe i średnie przedsiębiorstwa jako producentów urządzeń ochronnych oraz usługodawców.

PODSUMOWANIE

Wyhamowanie zmiany klimatu jest trudnym procesem, wymagającym współpracy międzynarodowej i wysokich nakładów inwestycyjnych, które obecnie przeznaczają się głównie na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Wraz z narastaniem turbulencji muszą one obejmować także działania dostosowawcze do nowych warunków pogodowych. Na szczeblu krajowym – obok ograniczania emisji dwutlenku węgla – w grę wchodzi również działania mające na celu łagodzenie przebiegu i skutków suszy oraz powodzi. Programy walki z powodziami są realizowane już od dawna – zarówno na szczeblu krajowym, jak i lokalnym – przez centra zarządzania kryzysowego, chociaż nie zawsze z oczekiwanym skutkiem. Natomiast programy walki z suszą nie są jeszcze tak dopracowane, mimo zaangażowania kilku instytucji, m.in.: Ministerstwa Rolnictwa, IMGW-PIB czy Instytutu Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach PIB. Uogólniając, działania podejmowane w walce z powodziami oraz suszą polegają najczęściej na usuwaniu skutków ekstremalnych zjawisk; za mało jest prewencji. Obok przedsięwzięć inwestycyjnych, z ich zapleczem technicznym i finansowym, niezbędna jest również edukacja i świadomość ekologiczna działaczy gospodarczych i społecznych oraz mieszkańców w zakresie gospodarki wodnej i bezpieczeństwa hydrologicznego. Kwestie te powinny stać się priorytetowe na równi z ochroną środowiska naturalnego.

Ważnym zadaniem jest dostosowanie się do zaleceń i dyrektyw wodnych Unii Europejskiej. Ramowa Dyrektywa Wodna przewidywała osiągnięcie dobrego stanu wód do 2015 roku. Cel ten został zrealizowany dla ok. 55% powierzchni wód UE. Większe kłopoty w tej materii odnotowano w 19 krajach członkowskich, a stan chemiczny połowy wód jest jeszcze nieznanym. Około 35% wód w 17 krajach jest zagrożonych eutrofizacją powodowaną zbyt dużymi ładunkami substancji biogennej z zanieczyszczeń. Jak dotąd nie ma kompleksowej i szczegółowej oraz upublicznionej oceny realizacji tych zadań w Polsce, ale wiadomo, że pozostało wiele do zrobienia. Ponadto należy zintensyfikować też inne działania:

- Opracowanie metodyki określania wielkości przepływu hydrobiologicznego rzek oraz podjęcie prób szacowania tych wskaźników, co ułatwiłoby ocenę niezbędną dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemów wodnych.
- Ustanowienie pasów buforowych rzek i odnowienie ich obszarów nadbrzeżnych (tzw. zielona infrastruktura).

- Intensyfikacja oszczędzania wody za pomocą dokładniejszych pomiarów jej zużycia, ograniczania nadmiernego poboru, w tym poboru nielegalnego i z naruszeniem pozwolenia wodno-prawnego oraz racjonalizacji systemu odpłatności za wodę.

Troska o przepływy hydrobiologiczne jest niezbędna nie tylko ze względów ekologicznych, ale także z powodu rosnącego zagrożenia niedoborem i deficytem wody już prawie połowy dorzeczy w krajach UE. Problemy te w pewnym stopniu wiążą się ze zwiększeniem lesistości (w Polsce 30%, w wielu krajach 35-45%) oraz z odnawianiem obszarów nadrzecznych, o co łatwiej zadbać dzięki odpowiednim planom zagospodarowania przestrzennego oraz systemowi ocen oddziaływania na środowisko w projektowaniu inwestycji z zakresu gospodarki wodnej. Równie istotne jest ograniczanie nadmiernego poboru wody, gdyż zjawisko to występuje w 16 państwach członkowskich zarówno z powodów politycznych, jak i gospodarczych. Z kolei system odpłatności za wodę, zgodnie z zasadą zwrotu kosztów usług wodnych, funkcjonował w sposób zadawalający tylko w połowie państw UE (wg ocen Komisji Europejskiej z 2012 r.). W niektórych krajach wszystkie usługi wodne są odpłatne, w innych postuluje się skrajne rozwiązania w zakresie prywatyzacji zasobów wodnych bądź handlu wodą na giełdzie. Zalecenia unijne stanowią, że opłaty za wodę nie powinny obciążać budżetów gospodarstw domowych na poziomie ponad 4%. W słabiej rozwiniętych krajach pozaeuropejskich wskaźnik ten sięga 8-10% i więcej, natomiast w wielkiej Brytanii tylko 3%, a w niektórych krajach unijnych wyraźnie poniżej 4%. W Polsce w 2017 r., a więc przed kolejną podwyżką zapowiedzianą na 2018 r., w niektórych gminach przekraczał już 4%. Jest to problem mało jeszcze eksponowany, ale istotny ze względów społecznych.

Reasumując, w związku z częstym występowaniem deficytu wody w środkowej Polsce oraz narastania tam od kilkunastu lat zjawisk suszy i stepowienia (oraz pustynnienia w południowej Europie), należy pogłębić badania podjęte przez hydrologów i przedstawicieli nauk rolniczych oraz wyodrębnić w tych studiach ekonomikę stepowienia i pustynnienia. Na pierwszy plan wysuwa się konieczność budowy strategii gospodarowania w warunkach występowania deficytu wody w rolnictwie, energetyce i innych sektorach gospodarki oraz poszukiwanie odpowiednich źródeł finansowania gospodarki wodnej, z uwzględnieniem polskiej specyfiki wynikającej z funkcjonowania funduszy ekologicznych. Próby budowy strategii gospodarowania wodą w rolnictwie są podejmowane m.in. w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Kwestie ekonomiki stepowienia i pustynnienia są mocniej eksponowane w Hiszpanii i Włoszech.

LITERATURA

Grzeszak A., 2015, Gorączka w złotych, *Polityka*, 33, 41

GUS, 2013, *Ochrona środowiska*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa

GUS, 2014, *Ochrona środowiska*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa

GUS, 2015, *Wskaźniki zrównoważonego rozwoju Polski*, GUS – Urząd Statystyczny w Katowicach, Katowice, s. 150-151

GUS, 2016, *Ochrona środowiska*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa

GUS, 2017, *Ochrona środowiska*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa

GUS, 2018, *Ochrona środowiska*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa

- Gutry-Korycka M., Sadurski A., Kundzewicz Z.W., Pociask-Karteczka J., Skrzypczyk L., 2014, Zasoby wodne a ich wykorzystanie, Nauka, 1, 77-98
- Kundzewicz Z. (red.), 2014, Raport o zagrożeniach związanych z wodą, PAN, Warszawa
- MŚ, 2010, Diagnoza aktualnego stanu gospodarki wodnej w Polsce, Ministerstwo Środowiska, Warszawa
- NIK, 2017, Analiza wykonania budżetu państwa i założeń polityki pieniężnej w 2016 roku, Nr ewid. 78/2017/P/17/001KBF, Nr ewid. 79/2017/P/17/002/KBF, Kolegium Najwyższej Izby Kontroli z dnia 9 czerwca 2017 r.
- Thier A., 2016a, Gospodarcze i społeczne przyczyny gospodarki wodnej w Polsce i na świecie, UEK, Kraków
- Thier A., 2016b, Gospodarcze i społeczne przyczyny oraz skutki deficytu zasobów wodnych, Biblioteka "Ekonomia i Środowisko", 36, Kraków
- Thier A., 2016c, Społeczno-gospodarcze konsekwencje zmian w prawie wodnym w Polsce, Barometr Regionalny. Analizy i Prognozy, 4
- Thier A., 2017, Kontrowersje wokół proponowanych zmian w Prawie Wodnym, Aura, 4

DEVELOPMENT TRENDS IN POLISH WATER MANAGEMENT AGAINST THE BACKGROUND OF EUROPEAN COUNTRIES

Abstract: This paper aims to present the condition of water resources and their management as well as the analysis of investment outlays on water supply in Poland. Statistical data have been presented in 11 tables, including 4 providing data for a dozen of European countries. The paper explains the aggravating issue of water deficit in Europe and a dramatic drop in investment in Poland within 2015-2016. In addition, it highlights the symptoms of increasing water deficit, their consequences and the ways to counter these adverse conditions. In conclusions, the paper presents the general implementation of Water Framework Directive within the EU member countries and the postulate to focus in Poland on the economics of steppe formation and desertification.

Key words: Renewable water resources, water deficit, water consumption in farming and industry, sewage management and water protection, draughts and floods.

I.2. ENERGETYKA I WODA

Tomasz Walczykiewicz, Mateusz Żelazny / IMGW-PIB

Streszczenie: W artykule przedstawiono potrzeby energetyki ciepłej opartej na węglu i jej zależności od zasobów wodnych, a także oddziaływanie tej gałęzi gospodarki na środowisko przyrodnicze, szczególnie w zakresie stosunków wodnych. Wskazano na zalety oraz wady otwartych i zamkniętych obiegów chłodzących. Z uwagi na długofalowe działania w zakresie rozwoju systemu energetycznego kraju, wymagane jest określenie potencjału hydrologicznego wód powierzchniowych Polski, uwzględniającego scenariusze zmiany klimatu. W tym kontekście należy opracować bilanse wodno-gospodarcze, których dynamiczny charakter powinien uwzględniać zmienność zasobów, potrzeb wodnych użytkowników, w tym hierarchie potrzeb i hierarchie użytkowników oraz zmienność pracy obiektów hydrotechnicznych. Należy także określić gwarancje czasowe i objęściowe zasobów wodnych, deficyty, dostępność i niezawodność systemów. Intensywne użytkowanie wody powinno uwzględniać także coraz większe ograniczenia wynikające z ochrony środowiska.

W dalszym ciągu artykułu omówiono znaczenie hydroenergetyki w krajowym systemie elektroenergetycznym, zwracając uwagę na jej jakościowe walory, takie jak: łatwość w manewrowaniu technologicznym, elastyczność i wysoką niezawodność działania. Przykład kaskadyzacji Wisły posłużył do opisu potencjału energetyczno-żeglugowego rzeki. Wskazano także na konieczność zwiększenia potrzeb wodnych w sytuacji zagospodarowania gruntów na pozyskanie biomasy jako surowca prognozowanego do wykorzystania w sektorze energetycznym. Przedstawiono scenariusze rozwojowe dla świata, związane ze scenariuszami wzrostu emisji gazów cieplarnianych oraz wskazano cele polityki energetycznej Polski do 2040 roku.

Słowa kluczowe: Energetyka, zawodowa energetyka ciepła, węgiel kamienny i brunatny, hydroenergetyka, polityka energetyczna, odnawialne źródła energii, ochrona środowiska, woda, zasoby wodne.

WPROWADZENIE

Głównym wskaźnikiem wzrostu zużycia nośników energii elektrycznej jest powiększająca się liczba ludności globu. Istotnym czynnikiem jest również rosnąca w wielu krajach zamożność społeczeństw. Aby zabezpieczyć coraz większe zapotrzebowanie na energię, trzeba brać pod uwagę wszystkie źródła jej wytwarzania. Znamiennym jest w tym bilansie udział węgla, który jeszcze przez wiele lat będzie dominującym paliwem w energetyce.

Przedmiotem rozważań jest woda (oraz jej zasoby) jako dominujący czynnik kształtowania środowiska i klimatu, oddziałujący na funkcjonowanie gospodarki, w tym także energetyki. Należy jednak pamiętać, że przetwarzanie odnawialnych nośników energii, takich jak woda, wiatr, biomasa czy słońce, znajduje się ciągle w trakcie różnych stadiów i form rozwoju.

Zawodowa energetyka ciepła pracuje stabilnie i bezawaryjnie przy zapewnionym dostępie do zasobów wody (odpowiedniej ilości i jakości). Dla utrzymania gwarancji dostaw energii w Polsce, w dłuższej perspektywie czasu, powinien być określony potencjał hydrologiczny wód powierzchniowych kraju, wyrażony w postaci bilansów wodno-gospodarczych dorzecza Wisły i Odry, regionów wodnych i zlewni rzek. W hydroenergetyce ilościowe znaczenie zasobów dominuje nad jakościowym.

ZASOBY WODNE, A ENERGETYKA KONWENCJONALNA

Głównymi czynnikami decydującymi o lokalizacji elektrowni ciepłych są zasoby wodne i względy środowiskowe. Elektrownie ciepłe spalające węgiel kamienny nie mogą być lokalizowane bezpośrednio przy kopalniach, np. na Śląsku, ze względu na brak dostatecznych zasobów wody, stan środowiska i brak miejsca na składowanie odpadów paleniskowych. Wyjątkiem są m.in. zbudowane w latach 60. i 70. elektrownia Łągisza w Będzinie (o mocy 800 MW) oraz elektrownia Siersza w Trzebinie (o mocy 546 MW). Kilkanaście dużych elektrowni opalanych węglem kamiennym znajduje się w głębi kraju, np.: Siekierki (622 MW)¹ i Kozienice (4016 MW)² w woj. mazowieckim, Połaniec (1811 MW)³ w woj. świętokrzyskim, czy też elektrownia Opole (1492MW)⁴ w woj. opolskim [TAURON 2017], gdzie wyżej wymienione elementy środowiskowe i przestrzenne są łatwo dostępne. Taka lokalizacja wymaga jednak systematycznego, sprawnego i niezawodnego transportu, zapewniającego ciągłe dostawy węgla.

Z kolei w pobliżu złóż zlokalizowane są elektrownie spalające węgiel brunatny, np. Konin w woj. wielkopolskim (178 MW)⁵, Turów w woj. dolnośląskim (1499 MW)⁶ czy też największa w Polsce elektrownia Bełchatów (5298 MW)⁷ w woj. łódzkim. Są to regiony, gdzie produkcja energii pokrywa z nadmiarem lokalne zapotrzebowanie. Znaczenie tych elektrowni (np. Bełchatów) ma wymiar także krajowy, a przesyłanie energii liniami wysokiego napięcia jest obciążone ryzykiem związanym z ekstremalnymi warunkami meteorologicznymi, a także dodatkowo obarczone znacznymi stratami mocy.

W Polsce zawodowa energetyka ciepła potrzebuje do chłodzenia instalacji elektrowni około 7 km³ wody rocznie (odpowiada to przepływowi rzeki $Q = 220 \text{ m}^3/\text{s}$) [Majewski 2017]. Jest to czternastokrotna równowartość objętości wody zretencjonowanej w największym sztucznym zbiorniku – przy zaporze w Solinie na rzece San – magazynującym 472,4 mln m³ wody. Energetyka jest najbardziej wodochłonna gałęzią polskiej gospodarki (60% całego zużycia, wg GUS [2018]). Stanowi to poważny problem środowiskowy:

- jakościowy – podgrzewanie wody w otwartych obiegach wodnych skutkuje zanieczyszczeniem termicznym (ang. *thermal pollution*), które oddziałuje na życie biologiczne w wodach rzek, jezior oraz zbiorników. Z Wisły do celów energetycznych pobierana jest woda w Skawinie, Krakowie, Połańcu, Kozienicach (Świerże Górne), Warszawie i Gdańsku;
- ilościowy – występujące coraz częściej (związane również ze zmianą klimatu) niskie stany i przepływy naruszają normalny tryb pracy elektrowni bądź elektrociepłowni, a czasami są wręcz niebezpieczne dla urządzeń technologicznych (np. blackout).

Warto odnotować, że 10 sierpnia 2015 r., z powodu rekordowego zapotrzebowania na energię (ok. 22 GW), fali upałów, niskiego poziomu wód w rzekach, remontów bloków energetycznych oraz awarii elektrowni w Bełchatowie, po raz pierwszy od 1989 r., wprowadzono tzw. 20. stopień zasilania. Oznaczał on, że odbiorca (wyłączając infrastrukturę krytyczną) może pobierać moc do wysokości ustalonego mini-

¹ <http://termika.pgnig.pl/elektrociepownia-siekierki>

² <https://www.enea.pl/pl/grupaenea/o-grupie/spolki-grupy-enea/wytwarzanie/o-spolce>

³ <https://www.enea.pl/pl/grupaenea/o-grupie/spolki-grupy-enea/polaniec/informacje-o-spolce/wstep>

⁴ <https://pgegiek.pl/Nasze-oddzialy/Elektrownia-Opole>

⁵ <http://www.zepak.com.pl/pl/elektrownie/elektrownia-patnow-konin/elektrownia-konin.html>

⁶ <https://pgegiek.pl/Nasze-oddzialy/Elektrownia-Turów>

⁷ <https://elbelchatow.pgegiek.pl/O-oddziale>

mum, przy zachowaniu bezpieczeństwa ludzi oraz zapobiegnięciu uszkodzeniu lub zniszczeniu obiektów technologicznych. W wyniku tych ograniczeń najbardziej ucierpiały sektory przemysłu (zwłaszcza ciężkiego) oraz usług, a straty gospodarcze oszacowano na 1,5-2 mld PLN [Węglewski 2018].

Z technologicznego punktu widzenia wskazane jest dublowanie systemów chłodzenia poprzez budowę obiegów zamkniętych w postaci chłodni kominowych. Systemy te wymagają uzupełniania wody (3-5%) na skutek intensywnego parowania⁸, ale dzięki współpracy obu systemów zapewniona jest większa gwarancja normalnej pracy.

Energetyka ciepła oddziałuje na wody w rzekach, zmieniając częściowo ich reżim hydrologiczny, a w jeziorach i zbiornikach – jakość i ilość oraz sposób gospodarowania zasobami. Część tych oddziaływań będzie miała charakter przejściowy i jest przenoszona poprzez elementy hydrologiczne do konkretnej zlewni.

Dla zagwarantowania stabilnej oraz bezawaryjnej pracy zawodowej energetyki ciepłej i zapewnienia odpowiednich zasobów wody do celów produkcji energii elektrycznej, konieczne jest określenie potencjału wód powierzchniowych Polski w perspektywie lat 2030 i 2050 z uwzględnieniem zmiany klimatu. Zasoby te powinny być wyrażone w postaci bilansów wodno-gospodarczych dorzeczy Wisły i Odry, regionów wodnych i zlewni rzek. Taki dynamiczny charakter bilansu uwzględnia:

- zmienność zasobów w czasie;
- zmienność potrzeb wodnych użytkowników;
- hierarchię potrzeb i hierarchię użytkowników;
- zmienność pracy obiektów hydrotechnicznych.

Należy w nim także określić:

- gwarancje czasowe i objęściowe pokrycia potrzeb;
- wielkość deficytów wodnych;
- ograniczenia dostępności do zasobów wodnych przy uwzględnieniu ekstremów hydrologicznych (susze, powodzie) wraz z analizą niezawodności system zaopatrzenia w wodę.

Winny zostać także określone aspekty środowiskowe związane z intensywnym użytkowaniem wód.



Rys. 1. Elektrownia Kozienice
[<https://echodnia.eu>]



Rys. 2. Elektrownia Bełchatów
[<https://elbelchatow.pgegiek.pl>]

⁸ <https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/cooling-power-plants.aspx>

ZNACZENIE HYDROENERGETYKI W KRAJOWYM SYSTEMIE ENERGETYCZNYM

Zasoby hydroenergetyczne Polski oraz moce elektrowni wodnych są niewielkie w stosunku do zapotrzebowania gospodarki i społeczeństwa na energię elektryczną i ciepłą. Teoretyczny potencjał energetyczny naszych rzek wynosi około 23 TWh/rok, lecz ze względów technicznych wykorzystane może być nieco ponad 50% możliwości (około 12 TWh/rok) [Tyimiński 1997]. Obecnie w elektrowniach wodnych wytwarzanych jest 2,4 TWh/rok energii, co stanowi niespełna 20% potencjału technicznego. Dla porównania wskaźnik ten na Ukrainie wynosi 51%, na Słowacji 63%, a w Czechach 70% [TRMEW 2017]. Skutkiem tak niewielkiego wykorzystywania potencjału energetycznego rzek jest znikomy udział hydroenergetyki w krajowej produkcji energii elektrycznej, nieprzekraczający w ostatnich latach 2% (w Szwecji jest to 38%, a w Norwegii 97%) [Majewski 2017]. Warto również zauważyć, iż każda TWh energii wyprodukowana w ciągu roku w elektrowniach wodnych oznacza oszczędność około 650 tys. ton węgla kamiennego [Hoffmann 1992].

Znaczenie energii wytworzonej w elektrowniach wodnych, mimo że w ogólnym bilansie jest małe, to jednak odgrywa znaczącą rolę pod względem jakościowym, ponieważ [Przekwas 1979]:

- wytwarzaną energię cechuje łatwość w manewrowaniu technologicznym, dogodność w dysponowaniu mocą i duża pewność ruchowa;
- rozmieszczenie elektrowni wodnych w różnych częściach kraju umożliwi jej lokalne, efektywne wykorzystanie, wskutek czego niwelowane są straty wynikające z przesyłu;
- produkcja jest elastyczna, elektrownie mogą być uruchamiane i zatrzymywane w ciągu 1-2 minut, a zmiana mocy może następować w ciągu kilku sekund, co przy pracy interwencyjnej ma podstawowe znaczenie w systemie;
- zużycie energii elektrycznej na potrzeby własne wynosi 0,3-0,5% mocy wytworzonej;
- energia elektryczna uzyskiwana w elektrowniach wodnych jest wolna od zmiennych cen paliw surowców energetycznych, a zespoły i elementy ruchowe siłowni cechuje długi okres użytkowania.

W Polsce funkcjonuje obecnie około 750 obiektów hydrotechnicznych (jeszcze w 1954 r. było ich ponad 6,3 tys.). Ponadto na terenie całego kraju zlokalizowanych jest około 7,5 tys. obiektów niewykorzystywanych w celach energetycznych. W ostatnich kilku latach można zaobserwować zwiększone zainteresowanie budową lub odbudową MEW, co wynika z unormowań prawnych dotyczących zakupu energii ze źródeł odnawialnych [TRMEW 2017]. Do zalet MEW z pewnością można zaliczyć zaopatrywanie w energię małych zakładów przemysłowych oraz możliwość przekazywania nadwyżek wyprodukowanej energii do sieci energetycznej. Przy większości tych obiektów powstają również małe zbiorniki wodne [Majewski 2017]. Według prognoz wykonanych przez TRMEW [2017] w 2035 r. liczba MEW może wynosić ok. 6,2 tys. (o łącznej mocy 643 MW), a w 2050 r. – prawie 10 tys. (850 MW). Pięć największych polskich elektrowni wodnych uruchomiono w latach 1968-1983 (tab. 1) [Majewski 2017].

Większość aktualnie funkcjonujących zbiorników została wybudowana i oddana do użytku w drugiej połowie ubiegłego wieku. W latach powojennych krajowe plany gospodarki wodnej zakładały, że retencjonowanie około 15% odpływu umożliwi prowadzenie racjonalnej gospodarki wodnej oraz będzie stanowić odpowiednie zabezpieczenie przeciwpowodziowe. Osiągnięcie tego wyniku wspólnie, pomijając nawet kwestie środowiskowe, wydaje się mało realne, chociażby z uwagi na potencjalne uwarunkowania i możliwo-

Tabela 1. Największe elektrownie wodne w Polsce [Majewski 2017]

Nazwa elektrowni	Typ elektrowni	Moc (MW)	Rok uruchomienia
Żarnowiec	szczytowo-pompowa	716	1983
Porąbka-Żar	szczytowo-pompowa	500	1979
Solina	zbiornikowa	200	1968
Żydowo	szczytowo-pompowa	185	1971
Włocławek	przepływowa	162	1970

Tabela 2. Zbiorniki wodne w Polsce o pojemności powyżej 50 mln m³ [Walczkiewicz 2008]

Zbiorniki i stopnie wodne	Usytuowanie	Rok uruchomienia	Całkowita pojemność przy maksymalnym piętrzeniu (mln m ³)
Solina	San	1968	472,0
Włocławek	Wisła	1970	408,0
Czorsztyn	Dunajec	1997	234,5
Jeziorsko	Warta	1968	202,8
Goczałkowice	Wisła	1956	166,8
Rożnów	Dunajec	1941	166,6
Świnna Poręba	Skawa	2017	161,0
Dobczyce	Raba	1986	125,0
Otmuchów	Nysa Kłodzka	1933	124,5
Nysa	Nysa Kłodzka	1972	113,6
Turawa	Mała Panew	1948	106,2
Tresna	Soła	1967	100,0
Dębe	Narew	1963	94,3
Dzierżno Duże	Kłodnica	1964	94,0
Sulejów	Pilica	1973	88,1
Koronowo	Brdą	1960	80,6
Siemianówka	Narew	1995	79,5
Mietków	Bystrzyca	1986	70,5
Pilchowice	Bóbr	1912	54,0
Dzieńkowice	Soła	1976	52,5

ści lokalizacyjne dużych zbiorników, które decydują o wielkości retencji. Dla przykładu, obecnie 3,1 mld m³ wody (czyli ponad 85% retencji) zmagazynowane jest w dwudziestu jeden największych zbiornikach.

Do tej pory nie powstały planowane od wielu lat zbiorniki: Niewistka na Sanie, Chęciny na Nidzie, Dukla na Jasiołce, Kąty-Myscowa na Wisłoce oraz wiele innych. Planowana pojemność całkowita tylko tych czterech wspomnianych akwenów przekracza 600 mln m³ [Dynowska, Maciejewski 1991].

Należy pamiętać, że w miarę upływu czasu oraz eksploatacji pojemność retencyjna zbiorników maleje. Wynika to ze zjawiska zamulania, powodowanego denudacją powierzchniową zlewni oraz w mniejszym stopniu erozją i abrazją brzegów. W projekcie KLIMAT przeanalizowano czterdzieści dziewięć zbiorników pod kątem procesów akumulacji w nich rumowiska. Podczas średniego czasu eksploatacji, wynoszącego 45 lat, odnotowano łączną utratę 168,18 mln m³ (6%) pojemności, a więc średnio 3,737 mln m³/rok. Na podstawie intensywności zamulania zbiorniki zostały podzielone na trzy grupy [KLIMAT 2010]:

- Grupa I – zbiorniki intensywnie zamulane – średnioroczne zamulanie powyżej 200 tys. m³/rok. Kryterium to jest spełnione przez zbiorniki Rożnów (śr. 1298 tys. m³/rok, wahania od 470 tys. m³/rok do 2150 tys. m³/rok) oraz Dobczyce (śr. 345 tys. m³/rok).

- Grupa II – zbiorniki zamulane ze średnią intensywnością – średnioroczne zamulanie w przedziale od 200 do 100 tys. m³/rok. Warunek ten spełniają zbiorniki: Goczałkowice, Koronowo, Otmuchów, Solina, Tresna i Turawa.
- Grupa III – zbiorniki zamulane z małą intensywnością – średnioroczne zamulanie poniżej 100 tys. m³/rok. Do tej grupy należą m.in.: Besko, Bukówka, Chańcza, Czychów, Dobromierz, Jeziorsko, Klimkówka, Kozłowa Góra, Leśna, Lubachów, Łąka, Myczkowce, Pilchowice, Poraj, Porąbka, Przeczyce, Rybnik, Sulejów, Wisła Czarne i Złotniki.

KRAJOWE PLANY I PROGRAMY KASKADYZACJI WISŁY

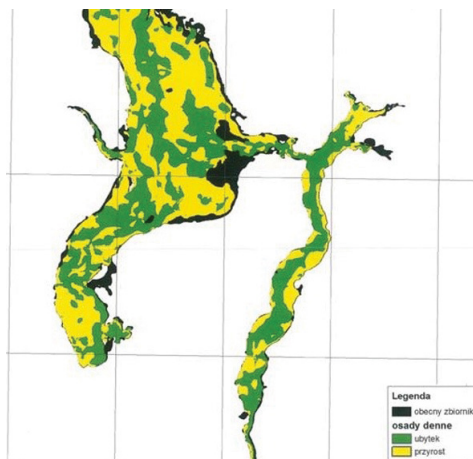
Wisła to rzeka o największym potencjale energetycznym w Polsce. Wynosi on około 6,0 TWh i jest bezpośrednio związany z „kaskadyzacją” rzeki. Bliższe i dalsze plany oraz programy inwestycyjne przewidywały budowę kaskady na górnym odcinku rzeki (od ujścia Przemszy do ujścia Dunajca),



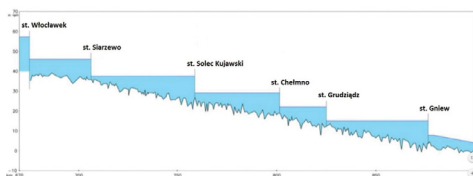
Rys. 3. Elektrownia wodna Żarnowiec
[<https://pgeeo.pl>]



Rys. 5. Lokalizacja stopni wodnych – wariant rekomendowany [RZGW 2017]



Rys. 4. Zbiornik Koronowo – strefy akumulacji i alokacji [KLIMAT 2010]



Rys. 6. Profil pogładowy rzeki Wisły – wariant rekomendowany [RZGW 2017]

Tabela 3. Parametry planowanych elektrowni wodnych [RZGW 2017]

Parametr	Siarzewo	Solec Kujawski	Chełmno	Grudziądz	Gniew	Razem
Moc zainstalowana (MW)	80,0	79,0	68,0	56,5	76,0	359,5
Średnia produkcja energii elektrycznej (GWh/rok)	384,0	379,0	326,0	271,0	364,0	1724,0
Rok uruchomienia	2024	2030	2036	2042	2048	x

środkowym (od ujścia Sanu do ujścia Narwi) i dolnym (obejmującym odcinek Wisły od ujścia Narwi do ujścia do morza). Różne szacunki określały, że działające na stopniach i zaporach (w sumie na całym biegu rzeki planowano ok. 25 budowli) elektrownie przepływowe dostarczyłyby ok. 6000 GWh energii elektrycznej i ok. 2000 MW mocy szczytowo-interwencyjnej, przy czym energetyczne znaczenie kaskady dolnej Wisły byłoby dominujące [Przekwas 1979].

W projekcie *Analiza przystosowania rzeki Wisły na odcinku od Włocławka do ujścia do Zatoki Gdańskiej do kaskady dużej i małej – modelowanie* opracowano cztery warianty Kaskady Dolnej Wisły. Po analizie wpływu inwestycji na środowisko pod względem technicznym, żeglugowym i ekonomicznym, jako rekomendowany wskazano wariant II, składający się z pięciu stopni wodnych o wysokim spadzie (piętrzenie 6-10 m), zlokalizowanych w Siarzewie, Solcu Kujawskim, Chełmnie, Grudziądzu i Gniewie. W ramach projektu wykonano szereg modeli hydrodynamicznych oraz matematycznych, a założenia koncepcyjne obejmowały m.in. zapewnienie minimum IV klasy żeglowności, zabezpieczenie przeciwpowodziowe, zapewnienie zimowej osłony przeciwpowodziowej oraz zapewnienie bezpieczeństwa stopnia Włocławek. Do 2048 roku powstałoby pięć elektrowni wodnych o łącznej zainstalowanej mocy 359,5 MW. Pozwoliłoby to na produkcję 1724 GWh energii elektrycznej rocznie (tab. 3).

Nie ma wątpliwości, że realizacja energetycznego celu kaskadyzacji Wisły byłaby istotnym wsparciem dla gospodarki kraju również w aspekcie bezpieczeństwa energetycznego. Pamiętajmy jednak, że każda budowla piętrząca wodę Wisły to w istocie duża inwestycja, obejmująca [Dynowska, Maciejewski 1991]:

- jaz stały piętrzący wodę w celu utrzymania określonego spadku dla zamontowanej obok elektrowni przepływowej oraz dla utrzymania odpowiedniej głębokości żeglownej między stopniami (dla IV klasy europejskiej drogi wodnej głębokość szlaku powinna wynosić 3,5 m, szerokość – 60 m, minimalny promień krzywizny łuku rzeki – 800 m);
- jaz ruchomy do regulowania określonego natężenia przepływu w rzece;
- służę żeglowną o wymiarach 190 m × 12 m × 3,5 m (IV klasa), dostosowaną do zestawu pływającego złożonego z pchacza i dwóch barek o łącznej ładowności 3500 ton;
- przepławkę dla ryb.

Zapewnienie dużego spadku wody, powiązanego z odpowiednimi rzędnymi piętrzenia na jazie, rodzi poważne utrudnienia przy lokalizacji budowli. Wynika to z następujących uwarunkowań:

- ujścia kolektorów kanalizacyjnych oraz brzegowe ujęcia wody ograniczają maksymalne rzędne piętrzeń – dotyczy to głównie miast, np. Krakowa, Warszawy, Włocławka i Torunia;
- zwierciadła wód kaskady muszą uwzględniać ujściowe odcinki rzek dopływających do Wisły;
- podwyższone zwierciadła wody kaskady powodują podniesienie się zwierciadeł wód podziemnych terenów sąsiadujących z rzeką; należy wtedy przewidzieć odpowiedni (niestety kosztowny) system obniżają-

cy poziom zwierciadła tych wód, tak aby nie następowało podtopienie budynków itp. (w Krakowie po spiętrzeniu wód stopniem Dąbie zastosowano w tym celu „barierę studni”).

Należy również pamiętać o skutkach środowiskowych wywołanych tego typu inwestycjami. Przekształceniu ulegają m.in.:

- stosunki hydrologiczne;
- ukształtowanie terenu;
- lokalne warunki klimatyczne;
- siedliska;
- zagospodarowanie przestrzeni społeczno-gospodarczej.

Z drugiej jednak strony uzyskujemy:

- w przypadku hydroenergetyki:
 - ograniczenie zużycia paliw przez zawodową energetykę ciepłą,
 - „zero” odpadów i „zero” zanieczyszczeń powietrza przy wytwarzaniu energii elektrycznej;
- w przypadku żeglugi śródlądowej:
 - przenoszenie materiałów masowych w jednorazowym ładunku 3500 ton, odpowiadającej dziewięćdziesięciu 40-tonowym wagonom pociągowym lub stu osiemdziesięciu 20-tonowym samochodom ciężarowym,
 - cichą pracę zestawu pływającego,
 - niskie zużycie paliwa w stosunku do transportu lądowego,
 - małą kolizyjność.

Realizacja użegłowienia rzeki wymaga stworzenia stosownej infrastruktury – budowy portu i przeładowni, dróg dojazdowych oraz sprawnych jednostek pływających ze stoczną. Podstawową kwestią z ekonomicznego punktu widzenia jest zapewnienie odpowiedniej objętości ładunków materiałów masowych do transportu.

Należy podkreślić, że w Polsce, w wyniku uwarunkowań historycznych, nie powstała nigdy zintegrowana wodna infrastruktura techniczna służąca żegludze. W Europie planowany jest aktualnie projekt połączenia transgranicznego Sekwana – Skalda w ramach korytarza sieci bazowej Morze Północne – Morze Śródziemne oraz korytarza sieci bazowej Atlantyk [UE 2019].

ZAPOTRZEBOWANIE ROŚLIN ENERGETYCZNYCH NA WODĘ

Racjonalizacja użytkowania ziemi rolniczej w Polsce powinna następować przy równoczesnej poprawie agrotechniki. Natomiast dla gruntów rolnych zwalnianych z produkcji rolnej odpowiednim rozwiązaniem może być wykorzystanie ich w celu pozyskiwania biomasy lub zalesianie. Jednak zagospodarowanie gruntów pod produkcję biomasy, jako surowca prognozowanego do wykorzystania w sektorze energetycznym, wymaga zwiększania zasobów wodnych (z powodu wysokiej wodochłonności procesu wytwarzania tego produktu).

Według ekspertów, w związku z globalną zmianą klimatu oraz rozwijającą się produkcją roślin energetycznych (biomasa), należy spodziewać się pogłębiającego deficytu zaopatrzenia w wodę zarówno w Europie

Centralnej, jak i Wschodniej. W regionie tym rolnictwo opiera się na wodzie z opadów atmosferycznych, w znikomym zakresie wykorzystuje się urządzenia nawadniające. Rośliny energetyczne wymagają lepszego zaopatrzenia w wodę niż tradycyjne rośliny uprawne, a więc oddziaływanie tego rodzaju plantacji na istniejące zasoby wodne i środowisko przyrodnicze może być negatywne [Kowalik, Scalenghe 2009]. Same tylko liście roślin energetycznych są w stanie zatrzymać od 20 do 30% opadów atmosferycznych, gdyż woda zgromadzona na ich powierzchni wyparowuje, nigdy nie docierając do powierzchni gleby. Badania wykazują, że na plonowanie roślin, w przypadku średniorocznego opadu przekraczającego 800 mm/rok, niewielki wpływ mają typ i rodzaj gleby. Natomiast plantacje roślin energetycznych, zlokalizowane na obszarach, gdzie opady wynoszą średnio 400-500 mm/rok, mogą spowodować znaczne zubożenie zasobów wody w glebie w strefie korzeniowej. Szacuje się, że pokrycie 40-65% obszarów zlewni plantacjami roślin energetycznych powoduje taki sam efekt, jak zmniejszenie opadów atmosferycznych w granicach 30-50% [Podlaski i in. 2010].

Polska ma znaczne zasoby gleb, często ugorowanych lub będących nieużytkami, które z uwagi na możliwości dopłat z UE mogą być wykorzystane przez rolników do produkcji roślin energetycznych. Stymuluje to z jednej strony rozwój ekonomiczny terenów wiejskich, ale też wywołuje presję na coraz bardziej intensywne użytkowanie ziemi, zwłaszcza w przypadku uprawy surowców rolnych do produkcji biopaliw.

PLANY ROZWOJOWE SEKTORA ENERGETYCZNEGO DO 2030 R. Z UWZGLĘDNIENIEM SCENARIUSZY KLIMATYCZNYCH

Mając na uwadze rozwój gospodarki, w tym sektora wytwarzania energii elektrycznej, zasadne jest odniesienie się do scenariuszy rozwojowych, związanych ze scenariuszami wzrostu emisji gazów cieplarnianych. Międzynarodowy Panel do Zmian Klimatu (IPCC) opracował zestaw scenariuszy RCP – Representative Concentration Pathways (Reprezentatywne Ścieżki Koncentracji), na który składają się [Vuuren i in. 2011]:

- RCP 2.6 – scenariusz łagodny, prowadzący do niewielkich emisji;
- RCP 4.5 – scenariusz stabilizacji, prowadzący do średnich emisji;
- RCP 6 – scenariusz stabilizacji, prowadzący do średnich emisji (z wykorzystaniem specjalnych technologii);
- RCP 8.5 – scenariusz pesymistyczny, prowadzący do wysokich emisji.

We wszystkich opisanych powyżej RCP wykorzystanie paliw kopalnych odpowiada poziomowi wymuszenia radiacyjnego (najmniejsze łączne zużycie węgla, gazu ziemnego oraz ropy naftowej występuje w scenariuszu RCP 2.6, a największe w RCP 8.5). Ze względu na przewidywany ciągły wzrost zapotrzebowania na energię, prognozuje się, że w 2100 r. zużycie węgla będzie w każdym scenariuszu wyższe niż w 2000 roku. Warto odnotować, że we wszystkich czterech RCP wzrasta również wykorzystanie paliw niekopalnych, w szczególności zasobów odnawialnych (wiatr, słońce), energii jądrowej oraz bioenergii. Nastąpi również ściślejsza kontrola zanieczyszczenia powietrza, w wyniku której emisja takich gazów jak m.in. SO₂ oraz NO_x będzie z biegiem czasu coraz mniejsza (największy spadek emisji zanieczyszczeń zakłada scenariusz RCP 2.6, a najmniejszy RCP 8.5).

Polska polityka energetyczna ukierunkowana jest przede wszystkim na bezpieczeństwo, przy jednoczesnym zapewnieniu konkurencyjności gospodarki, efektywności energetycznej oraz zmniejszeniu oddziały-

wania sektora energii na środowisko. W dokumencie *Polityka Energetyczna Państwa do 2040 roku* przyjęto następujące cele [PEP 2018]:

- udział węgla w wytwarzaniu energii elektrycznej w 2030 r. w na poziomie 60%;
- udział OZE w finalnym zużyciu energii brutto w 2030 r. na poziomie 21%;
- wdrożenie energetyki jądrowej w 2033 r. (6-9 GW zainstalowanej mocy w 2043 r.);
- ograniczenie emisji CO₂ do 2030 r. o 30% (w stosunku do 1990 r.);
- wzrost efektywności energetycznej do 2030 r. o 23% (w stosunku do prognoz energii pierwotnej z 2007 r.).

Krajowe strategie i plany rozwojowe sektora energetycznego nie są w pełni spójne i różnią się między sobą m.in. w kwestiach związanych z rozwojem hydroenergetyki. Na przykład *Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju* zakłada zwiększenie wykorzystania i rozwój hydroenergetyki, podczas gdy *Polityka Energetyczna Polski* nie przewiduje znaczącego wzrostu wykorzystania potencjału wód płynących.

PODSUMOWANIE

Zapewnienie warunków rozwoju gospodarczego, w tym infrastruktury produkcyjnej, wskazuje na potrzebę rozbudowy mocy wytwórczej energii elektrycznej. Dotyczy to przede wszystkim energii zawodowej, związanej z eksploatacją złóż węgla kamiennego i brunatnego oraz budową nowych bloków z wykorzystaniem wysokoefektywnych technologii energetycznych. Wiele działań w tym segmencie będzie oddziaływać na zasoby wodne, ich jakość oraz gospodarowanie nimi w sposób zróżnicowany i o różnym zasięgu. Ważne, aby działania te w jak najmniejszym stopniu wpływały na środowisko przyrodnicze, w tym także na stosunki wodne.

Mimo że największe elektrownie wodne w Polsce to elektrownie szczytowo-pompowe, budowa nowych tego typu konstrukcji wydaje się mało prawdopodobna (brak potencjalnych lokalizacji dla zbiorników wodnych). Ze względu na niewielkie zasoby hydroenergetyczne naszego kraju oraz niespójności w programach i strategiach Państwa, rozwój hydroenergetyki stoi pod dużym znakiem zapytania. Wskazano również na możliwość zwiększania się potrzeb wodnych w wyniku zagospodarowania gruntów pod uprawę biomasy jako surowca prognozowanego do wykorzystania w sektorze energetycznym.

Zakładając długofalowe działania w zakresie rozwoju systemu energetycznego kraju, należy oszacować potencjał hydrologiczny wód powierzchniowych Polski, uwzględniając m.in. scenariusze zmiany klimatu.

LITERATURA

- GUS, 2018, Ochrona Środowiska, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, dostępne online: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/srodowisko/ochrona-srodowiska-2018,1,19.html> (26.03.2020)
- Hennig J., Hennig I., Roszkowski A., 1991, Zbiorniki retencyjne, [w:] Dorzecze Górnej Wisły. Część II, I. Dynowska, M. Maciejewski (red.), PWN, Warszawa-Kraków, 121-143

- KLIMAT, 2010, Zadanie 3: Zrównoważone gospodarowanie wodą, zasobami geologicznymi i leśnymi kraju, IMGW, Kraków, dostępne online: http://klimat.imgw.pl/wp-content/uploads/2011/02/zad.3_R2010.pdf (26.03.2020)
- Kowalik P., Scalenghe R., 2009, Potrzeby wodne roślin energetycznych jako problem oddziaływania na środowisko w Polsce, [w:] Polska inżynieria środowiska pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej, Tom 3, M.R. Dudzińska, L. Pawłowski (red.), Komitet Inżynierii Środowiska PAN, Lublin, 61-69
- Majewski W., 2017, Woda w inżynierii środowiska, IMGW-PIB, Warszawa, 172 s.
- PEP, 2018, Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku (PEP2040) – Projekt, 2018, Ministerstwo Energii, Warszawa, dostępne online: <https://www.gov.pl/attachment/ba2f1afa-3456-424d-b3bf-0de5a639849e> (26.03.2020_
- Podlaski S., Chołuj D., Wiśniewski G., 2010, Produkcja biomasy z roślin energetycznych, Postępy Nauk Rolniczych, 2, 163-174
- Przekwas M., 1979, Problemy wykorzystania Wisły i jej dopływów dla celów energetycznych, SIGMA, Warszawa, 15 s.
- RZGW, 2017, Analiza przystosowania rzeki Wisły na odcinku od Włocławka do ujścia do Zatoki Gdańskiej do kaskady dużej i małej – modelowanie, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Gdańsku, dostępne online: <http://www.gdansk.rzgw.gov.pl/cms/fck/uploaded/ANALIZA-KASKADA/IDW.pdf> (26.03.2020)
- Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju – do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.), 2017, Ministerstwo Rozwoju-Departament Strategii Rozwoju, Warszawa, 416 s.
- TAURON, 2017, Deklaracja środowiskowa TAURON Wytwarzanie S.A. za rok 2017, dostępne online: <https://www.tauron-wytwarzanie.pl/o-spolce/system-zarzadzania-iso/certyfikaty-wydawnictwa-linki> (26.03.2020)
- TRMEW, 2017, Wykorzystanie istniejących budowli piętrzących na cele hydroenergetyczne, dostępne online: http://trmew.pl/fileadmin/user_upload/current_version/trmew.pl/strona_glowna/aktualnosci/2017/07/Kongres_morski.pdf (26.03.2020)
- Tymiński J., 1997, Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce do 2030 – aspekt energetyczny i ekologiczny, IBMiER, Warszawa, 178 s.
- UE, 2019, Decyzja Wykonawcza Komisji (UE) 2019/1118 z dnia 27 czerwca 2019 r. w sprawie projektu transgranicznego Sekwana–Skalda w ramach korytarza sieci bazowej Morze Północne – Morze Śródziemne oraz korytarza sieci bazowej Atlantyk, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 176/61, Bruksela
- Vuuren Van D.P., Edmonds J., Kainuma M., Riahi K., Thomson A., Hibbard K., Hurtt G.C., Kram T., Krey V., Lamarque J-E, Masui T., Meinshausen M., Nakicenovic N., Smith S.J., Rose S.K., 2011, The representative concentration pathways: an overview, Climatic Change, 109, 5-31, DOI: 10.1007/s10584-011-0148-z
- Walczkiewicz T., 2008, Zasoby wodne i ich użytkowanie, [w:] Materiały do studiowania ekonomiki zaopatrzenia w wodę i ochrony wód, M. Cyglar, R. Miłaszewski (red.), Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok, 15-16

Węglewski M., 2018, Moc nie będzie z nami, Newsweek, dostępne online: <https://www.newsweek.pl/biznes/rynek-energii-ogarnelo-szalenstwo-beda-wyzsze-rachunki/dwpb4vq> (26.03.2020)

ENERGY AND WATER

Abstract: The article presents the needs and dependencies of professional power industry on water resources, in relation to thermal energy based on coal, as well as its impact on the natural environment, especially in the field of water relations. Advantages and disadvantages of open and closed cooling circuits were pointed out. Bearing in mind the long-term activities in the field of development of the country's energy system, it is required to determine the hydrological potential of Poland's surface waters taking into account climate change scenarios. In this context, water-economic balances should be developed whose dynamic nature should take into account the variability in time of resources, the variability of water needs of users, including the hierarchy of needs and hierarchies of users as well as the variability of work of hydrotechnical facilities. Time and volume guarantees for water resources, deficits, availability and reliability of systems should also be specified. The intensive use of water should also take into account the increasing restrictions resulting from environmental protection. The article continues to show the importance of hydropower in the national power system, paying attention to its qualitative qualities, such as ease of technological maneuvering, flexibility and high operational reliability. An example of the Vistula cascading was used to indicate the energy and shipping potential of the river. The need to increase water needs in the context of land use for obtaining biomass as a future material for use in the energy sector was also indicated. Development scenarios for the world were also presented, related to the scenarios of the increase in greenhouse gas emissions affecting climate change, and the objectives of Poland's energy policy until 2040 were indicated.

Key words: Power industry, professional thermal energy, coal and lignite, hydro energy, energy policy, renewable energy sources, environmental protection, water, water resources

II. ZAGROŻENIA NATURALNE W OBSZARACH ZURBANIZOWANYCH

II.1. CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW OPADOWYCH W GDAŃSKU W LATACH 1951-2018

Ewa Jakusik, Anna Chodubska / IMGW-PIB

Streszczenie: Analiza opadu w skali globalnej, kontynentalnej, regionalnej i lokalnej jest niezbędna przy badaniach zmiany klimatu, a także przy modelowaniu i ocenie prawdopodobieństwa wystąpienia, niezwykle groźnych, ekstremalnych zjawisk pogodowych. Gdańsk, ze względu na swoje charakterystyczne położenie i zróżnicowane ukształtowanie terenu, jest miastem wyjątkowo narażonym na intensywne i katastrofalne w skutkach opady atmosferyczne. Położenie nad Zatoką Gdańską wpływa m.in. na częstotliwość i intensywność opadów w mieście. Celem poniższego opracowania była charakterystyka warunków opadowych w Gdańsku w latach 1951-2018, ze szczególnym uwzględnieniem wystąpienia opadów ekstremalnych i powodzi miejskich. Charakterystykę opadów atmosferycznych opisano poprzez roczne sumy opadów oraz wartości średnie w poszczególnych miesiącach w wieloleciu. Średnią sumę opadów wyznaczono również dla pór roku, przy czym przyjęto za okres: wiosenny – miesiące III-V, letni – VI-VIII, jesienny – IX-XI, a zimowy – I, II oraz XII. Przy rozpatrywaniu rozkładu opadu pod kątem zagrożeń powodziowych istotnym elementem analizy było wyznaczenie wartości i daty maksymalnego opadu dobowego. Przeprowadzono analizę średniego miesięcznego natężenia opadu przy jednoczesnej klasyfikacji natężenia w formie macierzy opadowej. W pracy przedstawiono również analizę rozkładu przestrzennego oraz natężenia opadu w dniach 14 lipca 2016 r. i 26 lipca 2017 r., kiedy to wystąpił w Gdańsku opad ekstremalny skutkujący lokalnymi podtopieniami oraz powodzią miejską.

Słowa kluczowe: Charakterystyka opadowa, Gdańsk, ekstremalne zjawiska pluwialne, powódź miejska, suma opadów rocznych i sezonowych.

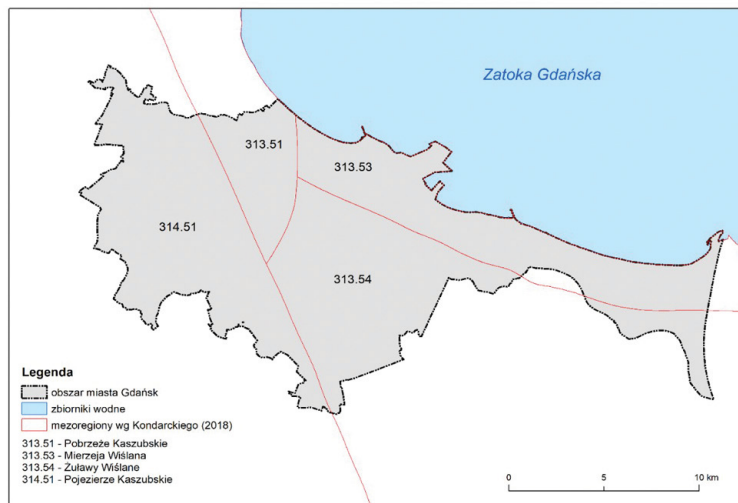
WPROWADZENIE

Opad atmosferyczny, obok temperatury powietrza, jest jednym z najczęściej opisywanych składowych klimatu. Opisywany jest kilkoma wartościami: wysokością, natężeniem oraz rozkładem czasowym i przestrzennym. Analiza opadu w skali globalnej, kontynentalnej, regionalnej czy lokalnej jest niezbędna przy badaniach zmiany klimatu oraz przy modelowaniu i ocenie prawdopodobieństwa wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych (m.in. burz, gradobicia, silnego wiatru, długotrwałych i obfitych opadów).

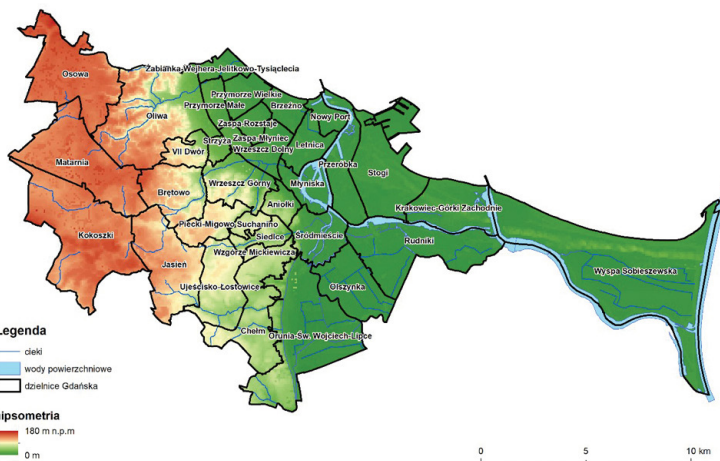
W analizach stosunków pluwialnych mezo- i mikro-skalowych najczęściej wykorzystywaną wartością jest miesięczna i roczna suma opadów oraz średnia wartość opadu w poszczególnych miesiącach i latach. Poza szeregiem wartości statystycznych, obrazujących przebieg opadów atmosferycznych, stosowane są klasyfikacje, które pomagają określić intensywność oraz wielkość opadów w skali miesięcznej, rocznej lub w odniesieniu do wielolecia.

W literaturze nie brakuje publikacji na temat pluwialnych warunków opadowych na przestrzeni wielolecia w skali całego kraju. Opady atmosferyczne w Polsce zostały scharakteryzowane m.in. przez: Kaczorowską [1962], Olechnowicz-Bobrowską [1970], Kozuchowskiego [2011], Wosia [2010] czy Skowerę [2014]. Rozkład i charakter opadu w kontekście lokalnym Pobrzeża Gdańskiego oraz Pojezierza Kaszubskiego został poruszony w opracowaniach m.in.: Miętusa i in. [1996, 2005], Kalbarczyk i Kalbarczyk [2010] czy Jakusik i Malinowskiej [2015]. Opady w Gdańsku w kontekście zmiany klimatu i zagrożeń ekstremalnymi zjawiskami pluwiальnymi omówili m.in. Szpakowski i Szydłowski [2018].

Gdańsk, ze względu na swoje charakterystyczne położenie i zróżnicowane ukształtowanie terenu, jest miastem wyjątkowo narażonym na intensywne i katastrofalne w skutkach opady atmosferyczne. Według podziału fizycznogeograficznego Polski na obszarze Gdańska przebiegają granice aż czterech mezoregionów: Pobrzeża Kaszubskiego, Mierzei Wiślanej, Żuław Wiślanych i Pojezierza Kaszubskiego (rys. 1). Granice miasta pokrywają się z klimatycznym Regionem Dolnej Wisły (R-IV), który charakteryzuje się częstym występowaniem pogody chłodnej, przy dużym zachmurzeniu bez opadu [Woś 1999]. Położenie Gdańska nad Zatoką Gdańską, u ujścia Wisły, wpływa także na częstotliwość i intensywność opadów. Zróżnicowana struktura przestrzenna miasta, która jest konsekwencją przebiegu silnie rozczłonkowanej strefy krawędziowej dzielącej Gdańsk na dolny i górny taras (rys. 2), również przekłada się na warunki pluwalne.



Rys. 1. Położenie Gdańska na tle jednostek podziału fizycznogeograficznego Polski wg Kondrackiego [2000]



Rys. 2. Ukształtowanie terenu Gdańska na tle podziału dzielnicowego

CEL PRACY

Współczesna zmiana klimatu w szczególnym stopniu wpływa na występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak: silne opady deszczu, susze, wiatry, gradobicie oraz burze, którym towarzyszą wyładowania elektryczne. Zjawiska te charakteryzują się dużą sporadycznością, wysoką intensywnością oraz szczególną dotkliwością skutków. Często na danym terenie występują w różnych okresach bardzo skrajne stany pogodowe – np. susze i ulewne deszcze.

Ocena ekstremalnych zjawisk pogodowych, której celem jest minimalizacja skutków oraz rozpoznanie prawdopodobieństwa ich występowania, wymaga w przypadku polskich aglomeracji miejskich indywidualnego podejścia. Celem poniższego opracowania była charakterystyka warunków opadowych w Gdańsku w latach 1951-2018 ze szczególnym uwzględnieniem wystąpienia opadów ekstremalnych i powodzi miejskich.

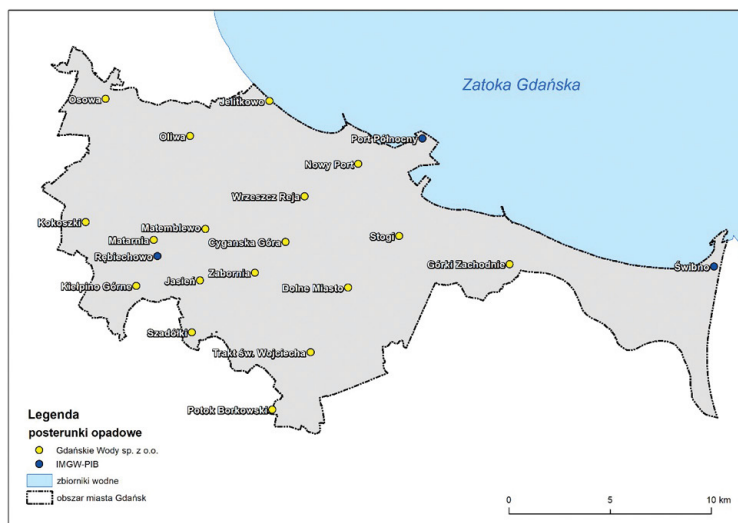
MATERIAŁY I METODY

Podstawę opracowania stanowiły dane dobowe, pochodzące ze zweryfikowanej bazy IMGW-PIB, zarejestrowane na stacjach meteorologicznych znajdujących się w granicach administracyjnych Gdańsk: Świbno, Rębiechowo i Port Północny. Najdłuższą i nieprzerwaną serią pomiarową charakteryzują się dane pochodzące ze stacji Gdańsk Świbno (tab. 1). Materiał uzupełniono o dane pochodzące z Gdańskiego Systemu Monitoringu Hydrologicznego Gdańskich Wód sp. z o.o. (dane za okres 2007-2018), co w sposób znaczący zagęściło sieć pomiarową na terenie Gdańska (rys. 3).

Tabela 1. Charakterystyka posterunków opadowych IMGW-PIB

Nazwa stacji	Okres obserwacji	Typ stacji	Przerwy w obserwacji
Gdańsk Port Północny	1987-2012	SYNOP 1987-2012	brak
Gdańsk Świbno	1951-2018	SYNOP 1982-1992, 2013-2018	brak
		KLIMAT 1951-1983, 1992-2012	
Gdańsk Rębiechowo	1951-2018	SYNOP 1960-1982	I-XII 1985
		KLIMAT 1951-1965, 1982-2018	I-XII 1986
I-XII 1987			
VI 1988			
III 1989			
		VI 1989	

Charakterystykę warunków opadowych opisano za pomocą rocznych sum opadów oraz wartości średnich poszczególnych miesięcy w wieloletiu. Średnią sumę opadów wyznaczono również dla pór roku, przy czym przyjęto, że okresem wiosennym są miesiące III-V, letnim VI-VIII, jesiennym IX-XI, a zimowym I, II oraz XII. W analizie rozkładu opadu, pod kątem zagrożeń powodziowych, istotnym elementem było wyznaczenie wartości i daty maksymalnego opadu dobowego. Przeprowadzono także analizę średniego miesięcznego natężenia opadu z podziałem na poszczególne miesiące. Ponadto opracowano klasyfikację warunków opadowych w Gdańsku w poszczególnych latach, wykorzystując do tego celu metodę zaproponowaną przez Miętusa i in. [2005]. Materiałem wyjściowym dla wspomnianej klasyfikacji był szereg średnich miesięcznych sum opadów atmosferycznych w latach 1951-2018. Pełen zakres zmienności sum miesięcznych opadu



Rys. 3. Lokalizacja posterunków opadowych

został podzielony na pięć przedziałów kwantylowych, według schematu przedstawionego na rysunku 4. Miesięczna suma opadów w miesiącu normalnym zawierała się pomiędzy kwantylem 30% a 70%, a w miesiącu ekstremalnie wilgotnym suma ta przekraczała kwantyl 90%. Z kolei w miesiącu ekstremalnie suchym wskaźnik ten nie przekroczył kwantyla 10% [Miętus i in. 2005].

Rys. 4. Kryteria klasyfikacji opadowej lat [Miętus i in. 2005]

Rząd kwantyli (%) dla lat 1951-2018	Charakter opadowy miesiąca	Kolor klasy
>90,01	ekstremalnie wilgotny	
70,01-90,00	wilgotny	
30,01-70,00	normalny	
10,01-30,00	suchy	
≤10,00	ekstremalnie suchy	

Ponadto w pracy scharakteryzowano współczynnik nieregularności opadu R opisany wzorem:

$$R = \frac{P_{max}}{P_{min}}$$

przy czym P_{max} jest najwyższą sumą miesięczną w danym roku w wieloleciu, a P_{min} najniższą sumą miesięczną w danym roku w wieloleciu [Pruchnicki 1987].

Dokonano również klasyfikacji dobowych wysokości opadów mogących stanowić zagrożenie powodziowe dla miasta. Zgodnie z kryterium opracowanym w ramach projektu KLIMAT [2011] wydzielono: opad zagrażający (≥ 30 mm), opad groźny powodziowo (≥ 50 mm) i opad powodziowy (≥ 70 mm). Wyszczególniono też dwie dodatkowe klasy opadowe, tj. opad umiarkowany (≥ 10 mm) i opad umiarkowanie silny (≥ 20 mm), które zostały uwzględnione przy opracowaniu II etapu „Ocena Podatności” Miejskich Planów Adaptacji do zmian klimatu miasta Gdańsk [Sprawozdanie z etapu II MPA– ocena podatności miasta Gdańsk 2017].

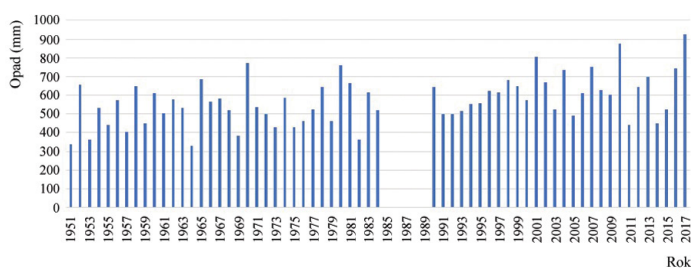
W pracy przedstawiono analizę rozkładu przestrzennego oraz natężenia opadu w dniach 14 lipca 2016 r. i 26 lipca 2017 r., kiedy w Gdańsku wystąpił opad ekstremalny skutkujący lokalnymi podtopieniami oraz powodzią miejską. Na podstawie danych pochodzących ze stacji pomiarowych Gdańskich Wód oraz IMGW-PIB zwizualizowano rozkład przestrzenny opadu dobowego w programie ArcGIS interpolacyjną metodą spline.

WYNIKI

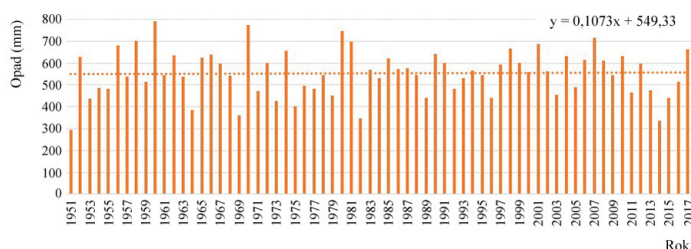
Średnia roczna suma opadów atmosferyczny na stacji IMGW-PIB Gdańsk Rębiechowo w wieloleciu 1951-2018 wyniosła 572,2 mm. Najwyższa suma opadów wystąpiła w 2017 r. i osiągnęła wartość 924,8 mm (rys. 5). Najniższą roczną sumę odnotowano w 1964 r. – 327,7 mm.

Na stacji Gdańsk Świbno średnia roczna suma opadu, maksimum i minimum wieloletnie są niższe niż na stacji Gdańsk Rębiechowo. Średnia roczna suma opadu atmosferycznego dla stacji Gdańsk Świbno w wieloleciu 1951-2018 wyniosła 550,4 mm. Maksymalna roczna suma opadów wystąpiła w Świbnie również w 2017 r. i osiągnęła wartość 791,7 mm (rys. 6). Suma opadów atmosferycznych na stacji Gdańsk Świbno w latach 1951-2018 wykazuje trend rosnący o wartości 0,1 mm/rok. Najniższa roczna suma opadów odnotowano w 1951 r. – 296,3 mm.

W wieloleciu 1987-2012 średnia roczna suma opadów na stacji Gdańsk Port Północny wyniosła 495,0 mm, z czego maksymalną roczną sumę opadów zanotowano w 2007 r. (651,6 mm), a najniższą w 1992 r. (375,7 mm) – rysunek 7. Istotność statystyczna linii trendu rocznej sumy opadów, zweryfiko-



Rys. 5. Przebieg rocznej sumy opadu na stacji IMGW-PIB Gdańsk Rębiechowo w wieloleciu 1951-2018

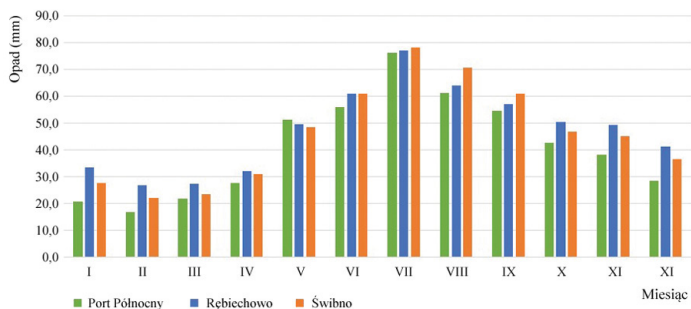


Rys. 6. Przebieg rocznej sumy opadu na stacji IMGW-PIB Gdańsk Świbno w wieloleciu 1951-2018

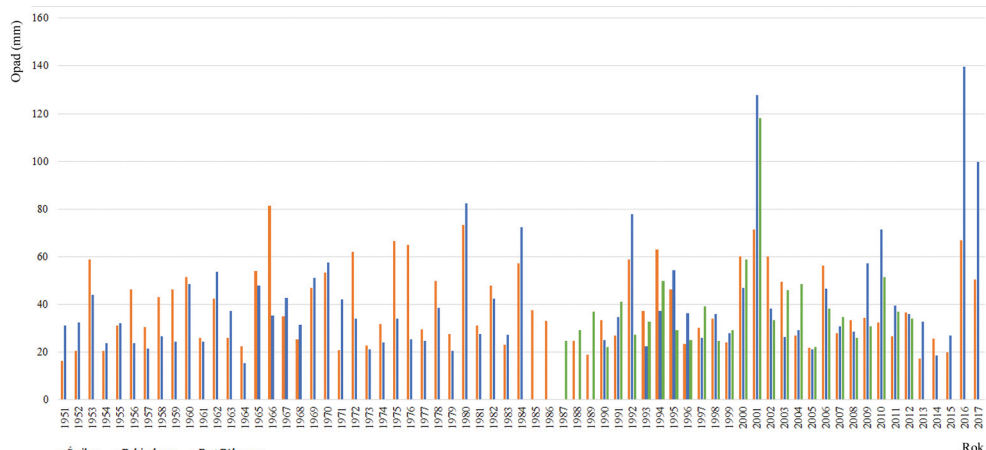
wanej za pomocą parametru p , wykazała że roczna suma opadów na stacji Gdańsk Świbno rośnie. Wzrostową tendencję sumy rocznych opadów atmosferycznych, nie tylko w Gdańsku, ale na obszarze polskiej części wybrzeża, potwierdzają Kalbarczyk i Kalbarczyk [2010]. Linia trendu dla stacji Gdańsk Rębiechowo i Gdańsk Port Północny była nieistotna statystycznie. Najwyższe średnie sumy opadów – powyżej 70 mm – występowały w lipcu, najniższe zaś – poniżej 30 mm – w lutym (rys. 8).



Rys. 7. Przebieg rocznej sumy opadu na stacji IMGW-PIB Gdańsk Port Północny w wieloletiu 1987-2012



Rys. 8. Przebieg średnich miesięcznych sum dobowych opadu na stacjach IMGW-PIB w Gdańsku



Rys. 9. Maksymalne sumy dobowe opadu w okresie 1951-2017 na gdańskich stacjach IMGW-PIB

Wykazano, że suma opadów była najwyższa w miesiącach letnich (czerwiec, lipiec, sierpień) – około 200 mm (tab. 2). Największą różnicę w rozkładzie przestrzennym opadu odnotowano w miesiącach zimowych. Różnica pomiędzy średnimi sumami wysokości opadu atmosferycznego na analizowanych stacjach wyniosła około 40 mm. Wiosną, jesienią i zimą najwyższe sumy zostały odnotowane na stacji Gdańsk Rębiechowo, latem zaś najwyższą średnią sumę opadów atmosferycznych zanotowano na stacji Gdańsk Świbno. Wbrew powszechnej opinii, to lato było porą roku o największym udziale w rocznej sumie opadów atmosferycznych, zwłaszcza tych ekstremalnych, które zagrażają miastu.

Tabela 2. Charakterystyka średnich sum opadów pór roku w wieloleciu na gdańskich stacjach IMGW-PIB

Średnia suma opadów w wieloleciu ^a	Gdańsk Rębiechowo	Gdańsk Świbno	Gdańsk Port Północny
roczna	572,2	550,4	495,0
wiosna (III-V)	109,2	101,2	100,8
lato (VI-VIII)	202,0	209,2	192,2
jesień (IX-XI)	158,1	152,2	136,8
zima (XII-II)	102,0	86,8	65,0

^aDla stacji Gdańsk Rębiechowo i Gdańsk Świbno średnie sumy wieloletnie zostały obliczone dla lat 1951-2018, dla stacji Gdańsk Port Północny dla lat 1987-2012.

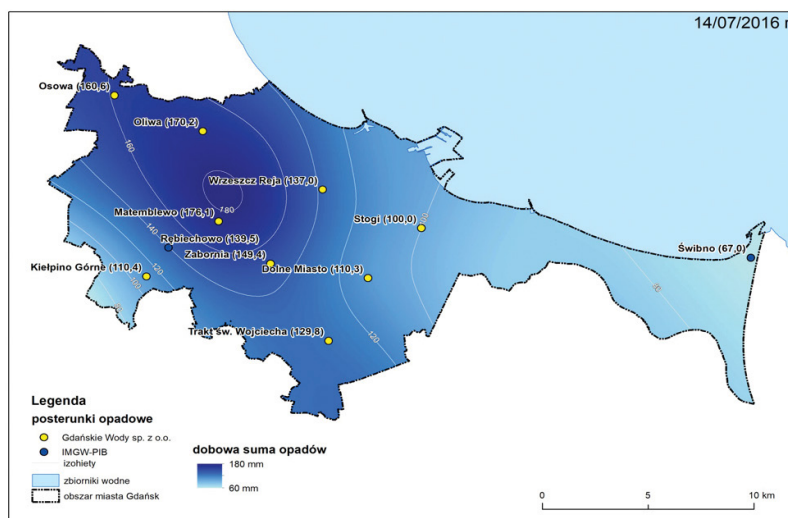
W badanym okresie najwyższą dobową sumę opadu odnotowano 14 lipca 2016 r. na stacji Gdańsk Rębiechowo, było to aż 139,5 mm (rys. 9). W tym samym dniu na stacji Gdańsk Świbno spadło zaledwie 67 mm deszczu (rys. 9). Maksimum opadowe na stacji Gdańsk Świbno odnotowano w 1966 r., wówczas w Gdańsku Rębiechowie dobową sumę opadu wyniosła zaledwie 35,2 mm. Tak duże różnice na obszarze jednej aglomeracji świadczą o zmienności przestrzennej opadu oraz odmiennych warunkach opadowych pomiędzy strefą krawędziową moreny (Gdańsk Rębiechowo) a strefą przybrzeżną (Gdańsk Świbno). Maksymalne sumy dobowe opadów na stacjach IMGW-PIB w Gdańsku występowały w większości przypadków w miesiącach letnich (tab. 3).

Tabela 3. Rekordy maksymalnych sum dobowych opadu atmosferycznego w Gdańsku w wieloleciu 1951-2018

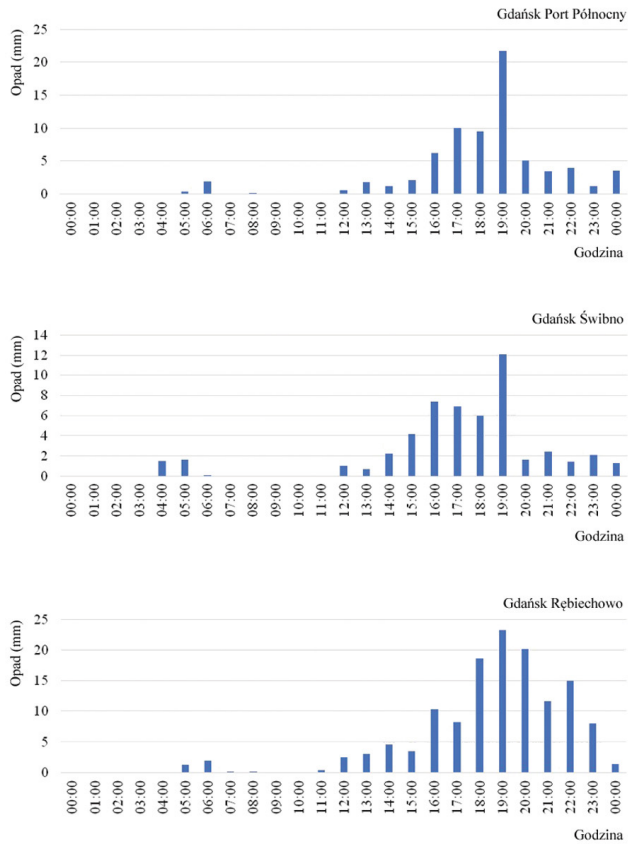
Stacja	Maksymalna suma dobową (mm)	Data
Gdańsk Rębiechowo	139,5	14.07.2016
	127,7	9.07.2001
	99,8	26.07.2017
	82,4	10.07.1980
	78	11.07.1992
Gdańsk Świbno	81,3	22.08.1966
	73,4	10.07.1980
	71,5	9.07.2001
	67	14.07.2016
	66,7	26.07.1975
Gdańsk Port Północny	118,0	9.07.2001
	58,9	11.07.2000
	51,4	27.09.2010
	50,0	9.10.1994
	48,6	13.08.2004

W wieloleciu 1951-2018 na terenie Gdańska kilkakrotnie wystąpiły bardzo wysokie opady, które spowodowały straty w infrastrukturze miasta. Powódź miejska dotknęła Gdańsk w latach 2001 oraz 2016 i 2017. Wydarzeniom z 2001 r. poświęcono wiele analiz i publikacji, m.in. Cyberski [2003] i Majewski [2016], dlatego w niniejszej pracy podjęto próbę omówienia przebiegu nagłych powodzi miejskich z 2016 i 2017 roku. Dzięki największemu w Polsce miejskiemu systemowi monitoringu hydrologicznego Gdańskich Wód sp. z o.o. możliwa była dokładna analiza przestrzenna rozkładu opadu w dniu 14 lipca 2016 roku. Na stacjach pomiarowych IMGW-PIB oraz Gdańskich Wód odnotowano dobowe sumy opadów o wartościach od 67,0 mm (Gdańsk Świbno) do 176,1 mm (Matemblewo) – rysunek 10. Największe opady wystąpiły w północnej i północno-zachodniej części miasta (dzielnice: Oliwa, Wrzeszcz, Strzyża) – w strefie krawędziowej moreny. Dzięki danym telemetrycznym, pochodzącym ze zweryfikowanej i homogenicznej bazy danych IMGW-PIB, możliwa była szczegółowa analiza przebiegu opadu (rys. 11). Kilkugodzinny (12:00-23:00) nawalny deszcz doprowadził m.in. do podtopienia Gdańskiego Ogrodu Zoologicznego i Galerii Bałtyckiej, osunięć skarp i nasypów kolejowych Pomorskiej Kolei Metropolitalnej i Obwodnicy Trójmiejskiej, a także zalania szeregu ulic, skrzyżowań i tuneli. Wydarzenia w Gdańsku z lipca 2016 r. pokazały, że w wielkich aglomeracjach miejskich kilka godzin nawalnych opadów może całkowicie zaburzyć ich funkcjonowanie i spowodować wielomilionowe straty.

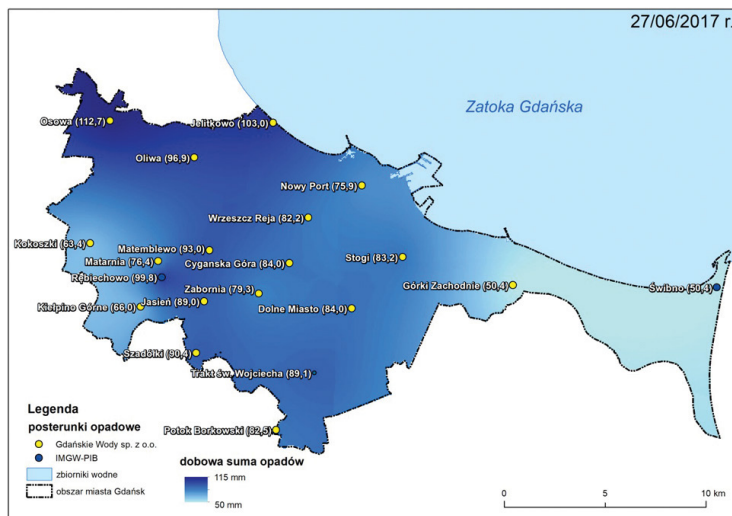
Ekstremalny opad wystąpił w Gdańsku również rok później – 26 lipca 2017 roku. Najwyższe opady odnotowano w północnych stacjach pomiarowych Gdańska, w dzielnicy Osowa (112,7 mm), Oliwa (96,9 mm) i Jelitkowo (103,0 mm) – rysunek 12. W godzinach porannych wystąpił opad, który spowodował lokalne podtopienia i zalanie elementów infrastruktury, m.in. przejazdów pod wiaduktem na ulicach: Pomorskiej i Piastowskiej, tunelu dla pieszych na Alei Żołnierzy Wyklętych czy skrzyżowania ulic: Chrzastowskiego i Słowackiego (rys. 13). W ciągu godziny (5:00-6:00) spadło około 10 mm deszczu.



Rys. 10. Rozkład przestrzenny dobowego opadu w Gdańsku w dniu 14 lipca 2016 roku

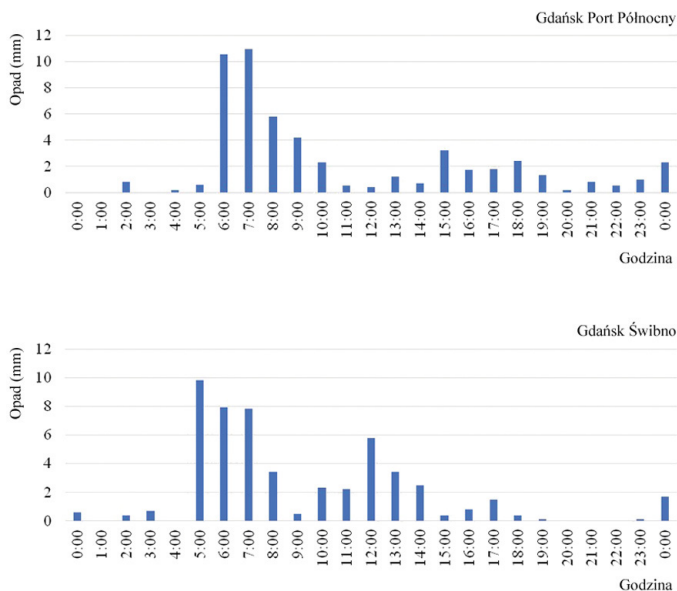


Rys. 11. Dobowy przebieg opadu w Gdańsku na stacjach IMGW-PIB w dniu 14 lipca 2016 roku

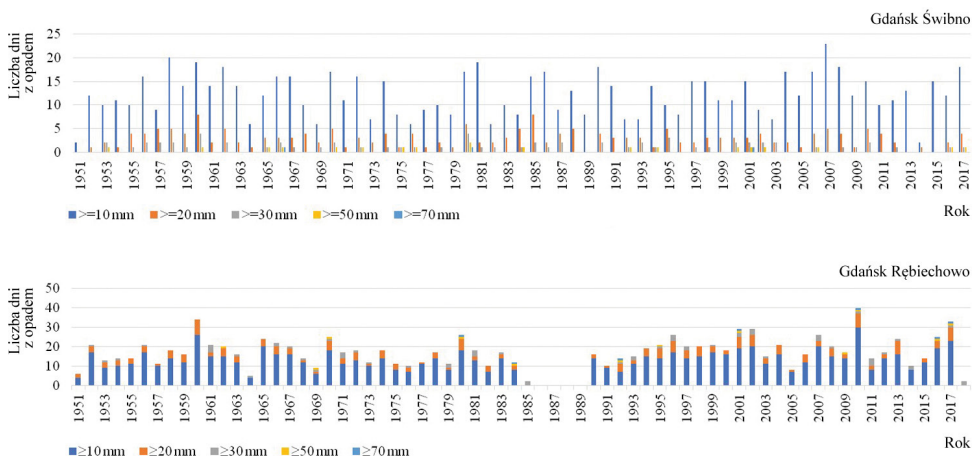


Rys. 12. Rozkład przestrzenny dobowego opadu w Gdańsku w dniu 26 lipca 2017 roku

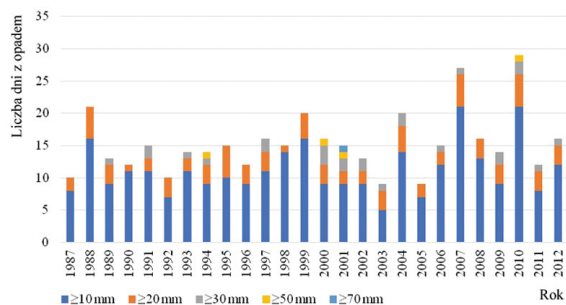
Warto podkreślić, że o charakterze stosunków pluwialnych świadczy także ilość dni z różnym rodzajem wysokości opadu. Największy udział w roku miały dni z opadem powyżej 10 mm, jednakże w analizowanym wieloleciu nie brakowało dni z opadem groźnym (powyżej 50 mm) oraz powodziowym (powyżej 70 mm). Na stacji IMGW-PIB Gdańsk Świbno w wieloleciu 1951-2018 odnotowano 19 dni z opadem groźnym oraz 3 dni z opadem powodziowym (rys. 14). Na stacji Gdańsk Rębiechowo zanotowano 12 dni, w których wystąpił groźny opad oraz aż 7 dni gdy opad miał charakter powodziowy (rys. 14). W ciągu 25 lat pomiarów na stacji Gdańsk Port Północny opad groźny wystąpił trzykrotnie, a opad powodziowy raz (w 2001 r.) – rysunek 15.



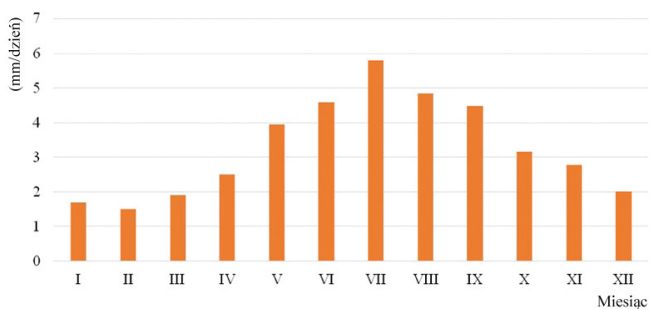
Rys. 13. Dobowy przebieg opadu w Gdańsku na stacjach IMGW-PIB w dniu 26 lipca 2017 roku



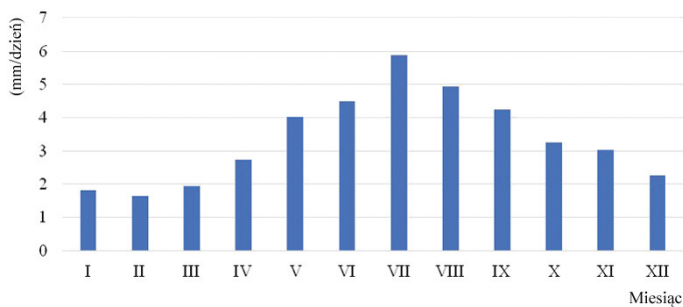
Rys. 14. Liczba dni z opadem o różnych intensywnościach na stacjach IMGW-PIB w Gdańsku w wieloleciu 1951-2017



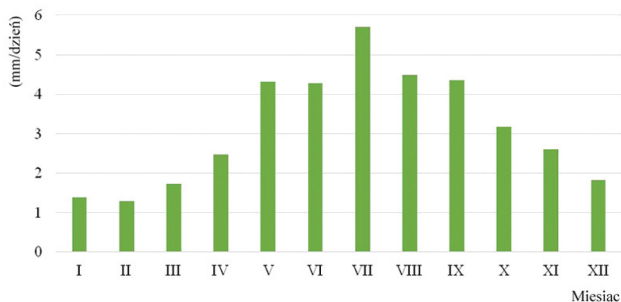
Rys. 15. Liczba dni z opadem o różnych intensywnościach na stacji IMGW-PIB Gdańsk Port Północny w okresie 1987-2012



Rys. 16. Średnie miesięczne natężenie opadu na stacji IMGW-PIB Gdańsk Świbno w wieloleciu 1951-2017



Rys. 17. Średnie miesięczne natężenie opadu na stacji IMGW-PIB Gdańsk Rębiechowo w wieloleciu 1951-2017

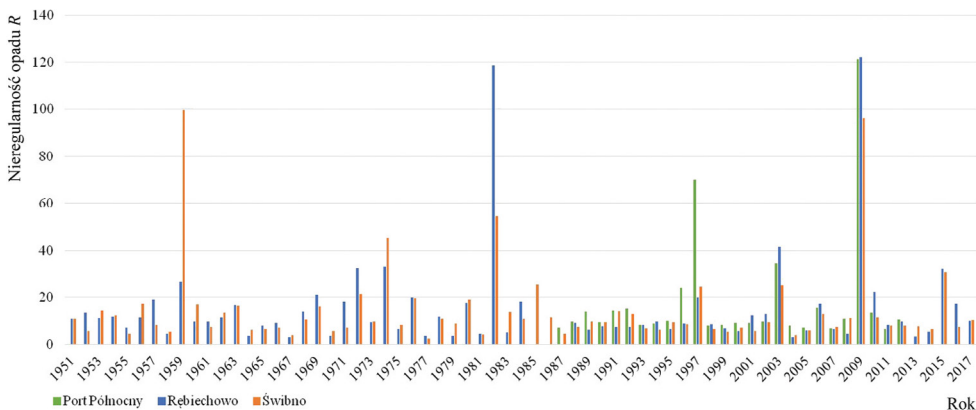


Rys. 18. Średnie miesięczne natężenie opadu na stacji IMGW-PIB Gdańsk Port Północny w wieloleciu 1987-2012

O charakterze opadu w skali roku świadczy również jego natężenie wyrażone w mm na dzień. Przeprowadzona analiza danych opadowych na stacjach IMGW-PIB w Gdańsku wykazała, że w miesiącach letnich (czerwiec-sierpień) wystąpiły opady o najwyższej wysokości i największym natężeniu (ok. 6 mm/dzień) – rysunki 16-18. Najmniejsze natężenie, o wartości poniżej 2 mm opadu na dzień odnotowano w miesiącach zimowych (styczeń, luty, grudzień).

ROK	Gdańsk Świbno	Gdańsk Rębiechowo	Gdańsk Port Północny	ROK	Gdańsk Świbno	Gdańsk Rębiechowo	Gdańsk Port Północny
1951	Orange	Orange	X	1984	Blue	X	X
1952	Blue	Blue	X	1985	Blue	X	X
1953	Orange	Orange	X	1986	X	X	X
1954	Orange	Orange	X	1987	X	X	X
1955	Orange	Orange	X	1988	X	X	Blue
1956	Blue	Orange	X	1989	Orange	X	Orange
1957	Blue	Orange	X	1990	Blue	X	X
1958	Dark Blue	Blue	X	1991	Blue	Orange	X
1959	Blue	Orange	X	1992	Orange	X	Orange
1960	Dark Blue	Orange	X	1993	X	X	Orange
1961	X	Orange	X	1994	X	X	X
1962	Blue	X	X	1995	X	X	Orange
1963	X	X	X	1996	Orange	X	Orange
1964	Orange	Orange	X	1997	X	X	X
1965	Blue	X	X	1998	Blue	Blue	X
1966	Blue	X	X	1999	X	Blue	Blue
1967	X	X	X	2000	X	X	X
1968	X	X	X	2001	Dark Blue	Dark Blue	Blue
1969	Orange	Orange	X	2002	X	X	X
1970	Dark Blue	Dark Blue	X	2003	Orange	X	Orange
1971	Orange	X	X	2004	Blue	X	Dark Blue
1972	X	Orange	X	2005	Orange	Orange	Orange
1973	Orange	Orange	X	2006	Blue	Blue	X
1974	Blue	X	X	2007	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue
1975	Orange	Orange	X	2008	Blue	X	Blue
1976	X	Orange	X	2009	X	X	X
1977	Orange	X	X	2010	Blue	Dark Blue	Dark Blue
1978	X	Blue	X	2011	Orange	Orange	Orange
1979	X	Orange	X	2012	X	Blue	X
1980	Dark Blue	Dark Blue	X	2013	Orange	X	X
1981	Dark Blue	Blue	X	2014	Orange	Orange	X
1982	Orange	Orange	X	2015	Orange	X	X
1983	X	X	X	2016	X	Dark Blue	X
			X	2017	Blue	Dark Blue	X

Rys. 19. Kwantylowa klasyfikacja opadowa Miętusa i in. [2005] na stacjach IMGW-PIB w wieloleciu 1951-2017



Rys. 20. Przebieg współczynnika nieregularności opadu na stacjach IMGW-PIB w Gdańsku w wieloleciu 1951-2017

Dane pochodzące ze stacji opadowych IMGW-PIB w Gdańsku poddano analizie metodą kwantylowej klasyfikacji opadowej Miętusa i in. [2005], co pozwoliło określić charakter opadów w każdym roku analizowanego wielolecia. W większości przypadków lata na wszystkich stacjach pomiarowych miały podobny charakter – wilgotny bądź suchy. W badanym wieloleciu występowały zarówno lata ekstremalnie wilgotne (np. 1980, 2007), wilgotne (np. 1952, 1965) i normalne (np. 1994, 2009), jak i ekstremalnie suche (np. 1951, 1969) oraz suche (np. 1955, 1979) – rysunek 19. Różnice pomiędzy charakterem opadowym poszczególnych stacji wynikały m.in. z położenia – stacje Gdańsk Świbno i Gdańsk Port Północny zlokalizowane są bezpośrednio w strefie brzegowej, a stacja Gdańsk Rębiechowo znajduje się w wysoczyznowej części miasta.

Na stacji IMGW-PIB Gdańsk Świbno największe nieregularności opadu atmosferycznego wystąpiły w latach 1959 ($R = 99,7$) oraz 2009 ($R = 96,2$). W 2009 roku największa różnica pomiędzy maksymalną a minimalną sumą miesięcznych opadów została odnotowana na stacjach Gdańsk Rębiechowo i Gdańsk Port Północny ($R > 120,0$). Tak wysoką wartość R odnotowano w Gdańsku Rębiechowie ponownie w 1982 r. (rys. 20). Wielkość współczynnika nieregularności opadu świadczy o występowaniu skrajnych wartości sumy opadów atmosferycznych w skali roku. Wysoki współczynnik R charakteryzuje rok, w którym wysoka suma opadów skumulowała się w ciągu jednego miesiąca.

PODSUMOWANIE

Występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych w postaci nagłych i obfitych opadów atmosferycznych może prowadzić do gwałtownych wezbrań w rzekach i być przyczyną katastrofalnych powodzi. Jak wykazano, Gdańsk, ze względu na ukształtowanie powierzchni, wielkomiejską zabudowę i bliskość morza jako miejsca ścierania się różnych mas powietrza, jest szczególnie narażony na występowanie ekstremalnych opadów mogących powodować powódź miejską. Analiza historycznych danych opadowych potwierdziła, że w miesiącach letnich (czerwiec, lipiec, sierpień) odnotowuje się wysokie sumy miesięczne opadów, natężenie opadu oraz ekstremalne opady dobowe. Wykazano również trend rosnący rocznej sumy opadów na stacji IMGW-PIB w Świbnie.

Miejski Plan Adaptacji do zmian klimatu (MPA)⁹ to dokument opracowany przez zespół ekspertów, w którym przedstawiono główne zagrożenia dla Gdańska wynikające ze zmiany klimatu. Jednym z najważniejszych są m.in. intensywne opady deszczu powodujące powódzie i podtopienia. Dlatego też autorzy raportu wraz z zespołem miejskim opracowali szereg zaleceń i działań, których zadaniem jest zwiększenie odporności Gdańska na występowanie deszczy nawalnych i powodzi nagłych/miejskich. Wśród nich znalazły się m.in.: rozwój systemu monitoringu i ostrzegania przed zagrożeniami związanymi z ekstremalnymi zjawiskami, budowa i rozwój systemu zielonej infrastruktury miasta (budowa zbiorników retencyjnych, ochrona i zachowanie zdolności retencyjnych Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego na terenie Gdańska i naturalnych zagłębień terenu), wzmocnienie służb ratowniczych i utrzymanie miejskiego magazynu przeciwpowodziowego czy rozwój systemu kanalizacji burzowej i odwodnieniowej miasta.

⁹ <https://www.gdansk.pl/download/2018-11/117491.pdf>

LITERATURA

- Cyberski J. (red.), 2003, Powódź w Gdańsku 2001, Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdańsk, 165 s.
- Jakusik E., Malinowska M., 2015, Charakterystyka opadów atmosferycznych w centralnej części Pojezierza Kaszubskiego w latach 1971-2010, Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 69, 273-285
- Kaczorowska Z., 1962, Opady w Polsce w przekroju wieloletnim, Prace Geograficzne, 33, 112 s.
- Kalbarczyk E., Kalbarczyk R., 2010, Ocena warunków opadowych w polskiej strefie Pobrzeży Południowo-bałtyckich, Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 2 (48), 23-34
- KLIMAT, 2011, Identyfikacja i ocena ekstremalnych zdarzeń meteorologicznych i hydrologicznych w Polsce w II połowie XX wieku, IMGW-PIB, Warszawa, dostępne online: http://klimat.imgw.pl/wp-content/uploads/2011/12/13_14_plakat_zad4.pdf (27.03.2020)
- Kondracki J., 2000, Geografia regionalna Polski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 468 s.
- Koźuchowski K., 2011, Klimat Polski. Nowe spojrzenie, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 294 s.
- Majewski W., 2016, Urban flash flood in Gdańsk – 2001. Case study, Meteorology Hydrology and Water Management, 2(4), 41-49, DOI: 10.26491/mhwm/64636
- Miętus M., 1996, Zmienność temperatury i opadów w rejonie polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego i jej spodziewany przebieg do roku 2030, Materiały Badawcze IMGW. Seria Meteorologia, 26, 72 s.
- Miętus M., Filipiak J., Owczarek M., Jakusik E., 2005, Zmienność warunków opadowych w rejonie polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego w świetle kwantylowej klasyfikacji opadowej, Materiały Badawcze IMGW. Seria Meteorologia, 37, 59 s.
- Olechnowicz-Bobrowska B., 1970, Częstość dni z opadem w Polsce, Prace Geograficzne, 86, 75 s.
- Pruchnicki J., 1987, Metody opracowań klimatologicznych, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 203 s.
- Skowera B., 2014, Zmiany warunków hydrotermicznych na obszarze Polski (1971-2000), Fragmenta Agromica, 31 (2), 74-87
- Sprawozdanie z etapu II MPA– ocena podatności miasta Gdańska, 2017, IMGW-PIB, Gdynia, niepublikowane
- Szapkowski W., Szydłowski M., 2018, Probable rainfall in Gdańsk in view of climate change, Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumietus, 18 (3), 175-183
- Woś A., 1999, Klimat Polski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 301 s.
- Woś A., 2010, Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, 489 s.

CHARACTERISTICS OF RAINFALL CONDITIONS IN GDAŃSK, 1951-2018

Abstract: The analysis of precipitation on a global and local scale is essential in the study of climate change as well as in the modeling and assessment of the probability of extremely dangerous, extreme pluvial phenomena. Due to its characteristic location and varied terrain, Gdańsk is a city extremely exposed to intense and catastrophic atmospheric precipitation. The location of Gdańsk on the Gulf of Gdansk affects the frequency and intensity of precipitation in the city. The purpose of the following study was the precipitation characteristics of the city of Gdańsk in the years 1951-2018 with special regard to the occurrence of extreme rainfall and flash floods. The following pluvial characteristics describe in detail the annual rainfall sums and average values of individual months over many years. The average sum of precipitation was also designated for the seasons, it was assumed that the spring period is the III-V, the summer VI-VIII, autumn IX-XI, and winter I, II and XII. Considering the distribution of precipitation in terms of flood hazards, an important element of the analysis was to determine the value and date of the maximum daily rainfall. In addition, an analysis of the average monthly intensity of rainfall was carried out with simultaneous classification of the intensity in the form of a precipitation matrix. The paper also presents an analysis of spatial distribution and precipitation intensity on 14.07.2016 and 26.07.2017, when extreme rainfall occurred in Gdańsk resulting in local flooding and flash flood.

Key words: rainfall characteristics, Gdańsk, extreme pluvial phenomena, urban flash flood, sum of annual and seasonal precipitation.

II.2. WYSOKIE POZIOMY WODY – ZAGROŻENIA POLSKIEJ STREFY BRZEGOWEJ W LATACH 1955-2017

Beata Kowalska, Anna Kubicka / IMGW-PIB

Streszczenie: Wezbrania sztormowe są stałym zagrożeniem strefy przybrzeżnej. Katastrofalne powodzie sztormowe, stanowiące zagrożenie dla życia ludzkiego, występują sporadycznie co kilka lat. Powodują olbrzymie straty materialne na terenach przybrzeżnych, w infrastrukturze portowej i stoczniowej oraz w aglomeracjach usytuowanych w ujściowych odcinkach rzek. Niezwykle silne powodzie sztormowe były notowane u brzegów południowego Bałtyku już kilkaset lat temu. IMGW-PIB w ramach zadań statutowych prowadzi ostronę hydrologiczną polskiego wybrzeża, monitorując na bieżąco poziom morza oraz wydając prognozy i ostrzeżenia hydrologiczne. W artykule omówiono przyczyny i skutki niebezpiecznych wezbrań sztormowych wzdłuż polskiego wybrzeża w okresie 1951-2017 oraz zaprezentowano wyniki analiz średniego i maksymalnego poziomu morza na wybranych stacjach mareograficznych. Przedstawiono również wyniki prognoz poziomów morza wg modelu Mike 21 HD wykonywanych codziennie przez Biuro Prognoz Hydrologicznych IMGW-PIB w Gdyni.

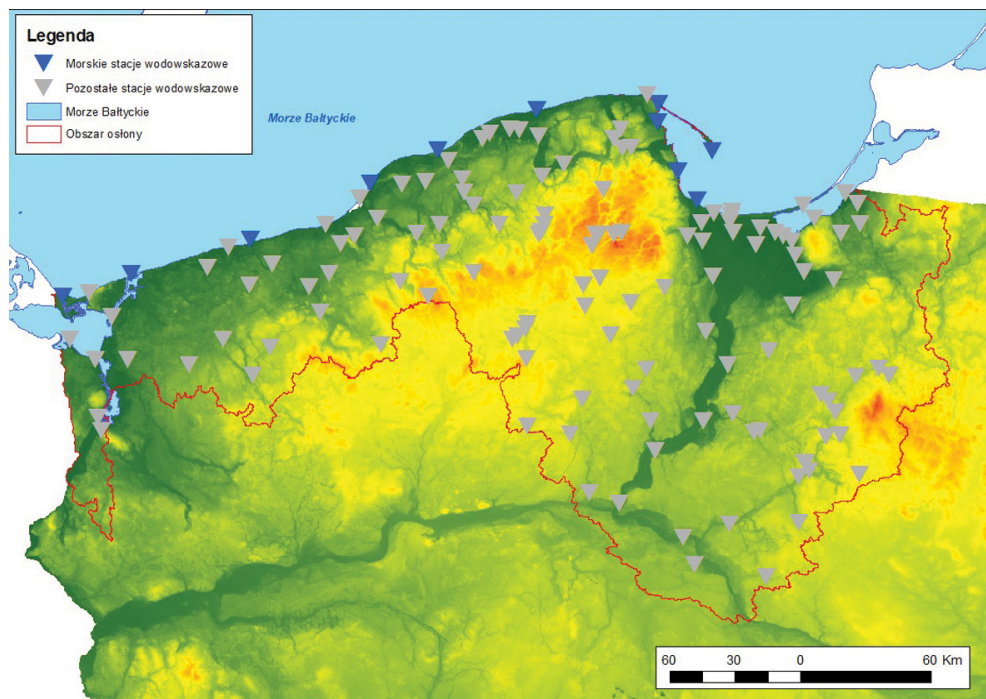
Słowa kluczowe: Poziom morza, wezbrania sztormowe, prognoza.

WPROWADZENIE

Niebezpieczne powodzie sztormowe były notowane u brzegów południowego Bałtyku już kilkaset lat temu. Ale dopiero w XX wieku zaczęto monitorować te zjawiska. Sztormy, które wystąpiły na przełomie lat 1913/1914 r., były jednymi z najgroźniejszych w historii. Spowodowały wysokie stany wody w rejonie Kołobrzegu, Świnoujścia i Gdańska, przyczyniając się do poważnych szkód. Całkowitemu zniszczeniu uległy m.in. domy zdrojowe w Dziwnowie i Gdańsku wraz z infrastrukturą. W styczniu 1983 r. sztorm wymusił ewakuację mieszkańców Wyspy Nowakowskiej, a Półwysep Helski został poważnie uszkodzony. Bardzo niebezpieczne są sztormy powodujące gwałtowny wzrost poziomu morza¹⁰. W styczniu 1993 roku w basenie Zatoki Puckiej woda podniosła się o blisko 200 cm w ciągu 1-2 godzin, a w listopadzie 1995 r. w Świnoujściu – do 674 cm w ciągu kilku godzin.

Katastrofalne powodzie sztormowe występują sporadycznie, co kilka lat, powodują jednak duże straty materialne oraz zagrażają życiu i zdrowiu ludzi. W związku z tym monitorowanie i prognozowanie tych zjawisk jest jednym z priorytetowych zadań biur prognoz hydrologicznych i meteorologicznych, administracji morskiej, terytorialnej oraz gospodarki morskiej. Regularne obserwacje, prowadzone na stacjach pomiarowych IMGW od początku lat 50., pozwoliły na stworzenie bazy parametrów hydrologiczno-meteorologicznych, którą wykorzystuje się w badaniach nad przyczynami powstawania i przebiegiem wezbrań sztormowych. Zakres morskiej osłony hydrologicznej wybrzeża, sprawowanej przez Biuro Prognoz Hydrologicznych w Gdyni przedstawiono na rysunku 1. Kolorem niebieskim zaznaczono morskie stacje wodowskazowe.

¹⁰ Wezbranie sztormowe to gwałtowny wzrost stanu wód morza powyżej poziomu, który byłby zaobserwowany w tym samym miejscu i czasie, gdyby nie wystąpiły silne wiatry doładowe (tzw. sytuacja bezgradientowa) [WMO 1988; Szobryn, Stigge 2005]. W Polsce, ze względu na nieco inną barymetrię wód przybrzeżnych, przyjęto że wezbranie sztormowe oznacza każdą sytuację hydrologiczną, podczas której poziom morza osiągnie lub przekroczy 570 cm (dla porównania stan alarmowy dla Świnoujścia został ustalony jako równy 580 cm) [Majewski i in. 1983].



Rys. 1. Zakres osłony hydrologicznej sprawowanej przez Biuro Prognoz Hydrologicznych IMGW-PIB w Gdyni

PRZYCZYNY I SKUTKI WEZBRAŃ SZTORMOWYCH

Wezbrania sztormowe na południowym wybrzeżu Bałtyku są reakcją morza na działanie silnych wiatrów dolądowych z sektora północnego. Pojawiają się też w wyniku przejścia frontów oraz wlewów z Morza Północnego. Duży wpływ ma również, zaobserwowany w wieloleciu, rosnący trend średniego poziomu morza. Poza przyczynami meteorologicznymi, istnieje jeszcze szereg czynników wpływających na poszczególne parametry wezbrania. Zaliczyć do nich można: ekspozycję strefy brzegowej, bieżące napelnienie Bałtyku, batymetrię morza czy lokalizację stacji mareograficznych.

Sztormy przyczyniają się do wzrostu ryzyka powodziowego na obszarach przybrzeżnych, podobnie jak prognozowana zmiana klimatu zakładająca wzrost poziomu morza. Ponadto wpływają negatywnie na stan wydmy i strefy rewowej, zmniejszając tym samym odporność strefy brzegowej na wezbrania. Duże znaczenie w zakresie wzrostu ryzyka powodziowego ma również działalność człowieka, związana ze zmianami zagospodarowania terenu i wpływem na kształtowanie przebiegu procesów brzegotwórczych.

Poziom zagrożenia jest zależny przede wszystkim od charakteru brzegu:

- na brzegu klifowym niebezpieczna jest erozja klifu, mogąca spowodować straty w infrastrukturze na jego zapleczu;
- na brzegu wydymowo-mierzejowym może nastąpić przerwanie wału wydymowego i powódź na zapleczu wydmy;
- na brzegu płaskim, czyli niskim, może wystąpić zalanie infrastruktury na zapleczu spowodowane krótkotrwałymi, ekstremalnymi spiętrzeniami sztormowymi.

Długotrwałe i gwałtowne wezbrania sztormowe przyczyniają się do utraty życia ludzkiego oraz powodują wielkie straty materialne. Najgroźniejszymi konsekwencjami tych zjawisk są:

- występowanie powodzi na terenach nisko położonych;
- katastrofalne zniszczenie terenów nadbrzeżnych, rozmycie brzegu, niszczenie wydm, zboczy klifowych, umocnień brzegowych, intensyfikacja procesów erozji;
- uszkodzenia budowli hydrotechnicznych;
- utrudnienia w odpływie rzek w ujściowych odcinkach;
- napływ wód słonych w obszary estuariów;
- pogorszenie parametrów odpowiedzialnych za odporność strefy brzegowej;
- zamulenie wejść portowych i torów wodnych, utrudnienia pracy portów.

Do zwalczania skutków wezbrań sztormowych angażowane są duże siły służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo mieszkańców i infrastruktury. Przykładowo, podczas wezbrania sztormowego w styczniu 2019 r., w ciągu dwóch dni silny wiatr, którego porywy przekraczały 100 km/h, połamał około trzysta drzew. Uszkodzeniu uległo kilkadziesiąt tysięcy metrów sześciennych plaż – w Ustce morze zabrało ok. 57000 m³ piasku, a na wielu odcinkach zniszczone zostały wały wydmore. Straż interweniował blisko 300 razy, by zabezpieczyć posesje zagrożone powodzią. Po zakończeniu wezbrania urzędy morskie odpowiedzialne za bezpieczeństwo pasa technicznego brzegu dokonują oceny zniszczeń i szacują koszty napraw. Według danych Urzędu Morskiego, w Słupsku łączny koszt naprawy szkód wyrządzonych przez sztorm w dniach 1-2 stycznia 2019 r. wyniósł około 9 mln zł. Zniszczeniu uległy między innymi plaże w rejonie Ustki, Ustronia Morskiego i Darłowa. Samo przywrócenie tych rejonów do stanu sprzed sztormu może kosztować nawet 5 mln zł. Nieco ponad 0,5 mln zł trzeba będzie zapłacić za naprawy w rejonie Łeby¹¹.

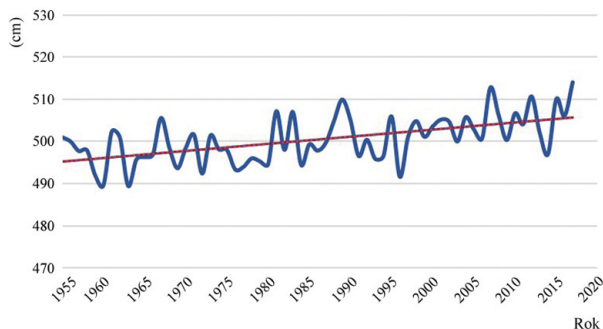
ZMIANY ŚREDNIEGO ROCZNEGO POZIOMU MORZA

Podnoszenie się średniego poziomu morza uważane jest za jeden z głównych wskaźników globalnego ocieplenia [Jakusik i in. 2012]. Wzrostu poziomu morza i większa częstość występowania wezbrań sztormowych zagraża terenom nadmorskim, zwłaszcza nizinnym i depresyjnym. Zjawiska te mogą generować olbrzymie straty, szczególnie na terenach gęsto zaludnionych o wysoko rozwiniętej gospodarce.

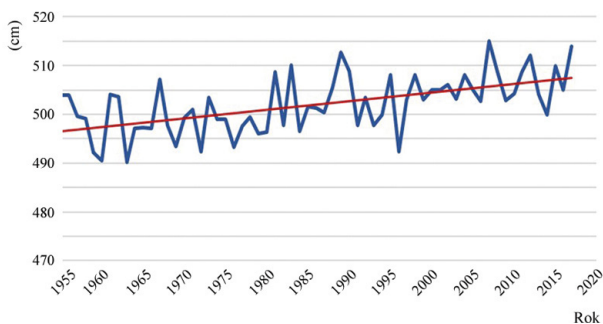
W Polsce najdłuższe ciągi obserwacyjne średniego rocznego poziomu Morza Bałtyckiego zgromadzone są na stacjach IMGW-PIB w Świnoujściu (od 1811 r.) oraz w Gdańsku (od 1886 r.). Analiza zmian średniego poziomu morza wzdłuż całego wybrzeża prowadzona jest regularnie od początku lat 50. XX wieku. Na rysunkach 2, 3 i 4 przedstawiono zmiany wartości tego parametru na wybrzeżu zachodnim (Świnoujście), w części środkowej (Kołobrzeg) oraz na wybrzeżu wschodnim (Gdańsk Port Północny) w okresie 1955-2017. Na wszystkich stacjach mareograficznych zaobserwowano trend rosnący. Warto zauważyć, że na stacji w Gdańsku Porcie Północnym wartość średniego rocznego poziomu morza z wielolecia jest wyższa niż na stacji w Świnoujściu o około 10 cm.

¹¹ <http://www.umsl.gov.pl/index.php/737-po-novorocnym-sztormie>

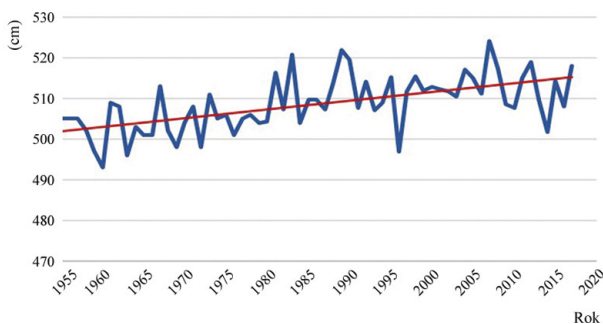
Na rysunku 5 przedstawiono na przykładzie Gdańska Portu Północnego analizę częstości występowania średnich rocznych poziomów morza w przedziałach 5 cm, w dwóch porównywalnych okresach: w latach 1955-1980 oraz 1981-2017. W okresie 1955-1980 poziomy morza układały się najczęściej w przedziale 500-505 cm (około 54% danych), a w latach 1981-2017 w przedziale 510-515 cm (31% danych) oraz 505-510 cm (29% danych). W Świnoujściu (rys. 6) średnie roczne poziomy morza w okresie 1955-1980 osiągały najczęściej wartości 490-495 cm; w okresie późniejszym 1981-2017 były wyższe i zwykle występowały w przedziale 495-500 cm. Podobne tendencje zauważono na innych stacjach. Wyniki te wskazują, że roczny średni poziom morza wzduż



Rys. 2. Świnoujście – średni poziom morza 1955-2017

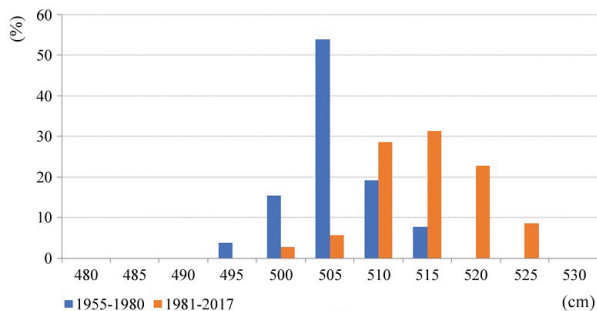


Rys. 3. Kołobrzeg – średni poziom morza 1955-2017

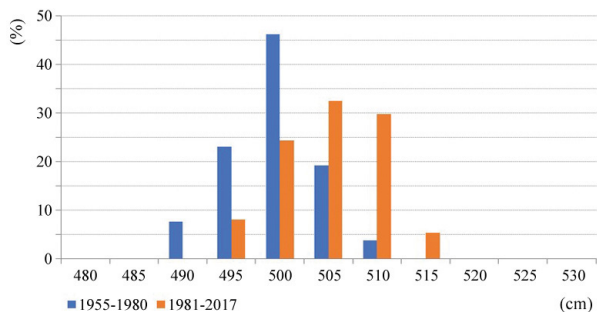


Rys. 4. Gdańsk Port Północny – średni poziom morza 1955-2017

polskiego wybrzeża cechuje się od wielu lat statystycznie istotnym trendem rosnącym. W projekcie KLIMAT [Jakusik i in. 2012] analizy przeprowadzone dla okresu 1951-2008 potwierdziły, że średni roczny poziom morza na polskim wybrzeżu wzrastał w tempie ok. 2 cm na dekadę, przy czym najwolniejszy wzrost odnotowano w Łebie (1,6 cm/10 lat) oraz w Świnoujściu i Helu (1,7 cm/10 lat), a najszybszy w Gdańsku Porcie Północnym (2,8 cm/10 lat). Należy dodać, że zmiany trendu mają charakter nierównomierny – wartości rosną w południowej części Bałtyku, natomiast nieznacznie maleją w części północnej wybrzeża Morza Bałtyckiego.



Rys. 5. Gdańsk Port Północny – rozkład częstości występowania rocznego średniego poziomu morza w przedziałach

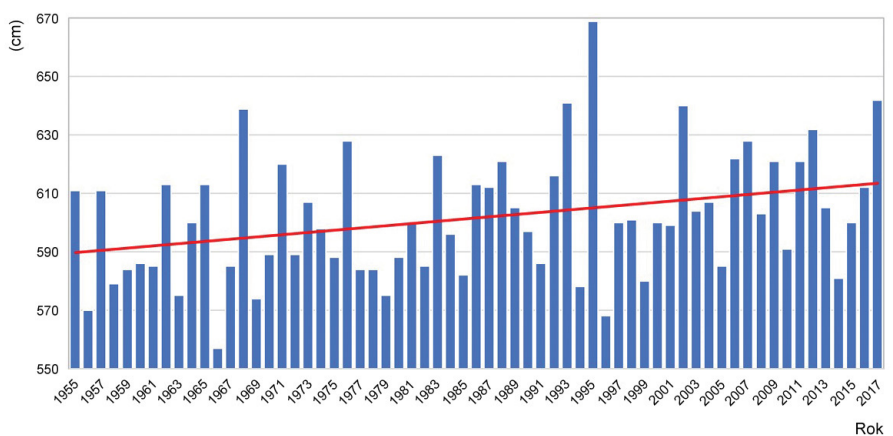


Rys. 6. Świnoujście – rozkład częstości występowania rocznego średniego poziomu morza w przedziałach

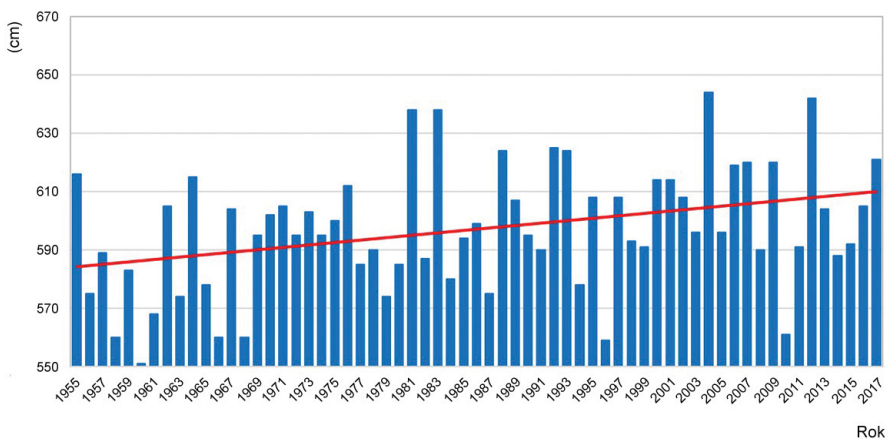
ZMIANY MAKSYMALNEGO ROCZNEGO POZIOMU MORZA W WIELOLECIU 1955-2017

Analiza zmian maksymalnych rocznych poziomów morza, na stacjach mareograficznych usytuowanych wzdłuż polskiego wybrzeża, dostarcza informacji o tendencjach występujących w zakresie bardzo wysokich poziomów wody na wybrzeżu. Poniżej przedstawiono wyniki dla wybrzeża zachodniego oraz wschodniego, na przykładzie stacji Świnoujście oraz Gdańsk Port Północny, dla okresu 1955-2017.

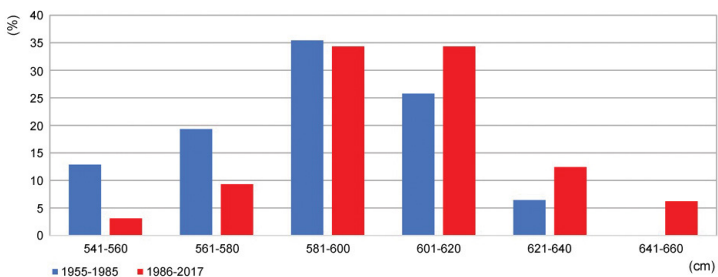
W Świnoujściu najwyższy poziom morza (669 cm) zaobserwowano w 1995 r., natomiast w Gdańsku Porcie Północnym (644 cm) w 2004 roku. Na obu stacjach występuje wyraźny trend rosnący, co świadczy o zwiększającym się zagrożeniu niebezpiecznymi wezbrzeniami sztormowymi wzdłuż wybrzeża.



Rys. 7. Maksymalne roczne poziomy wody w Świnoujściu 1955-2017



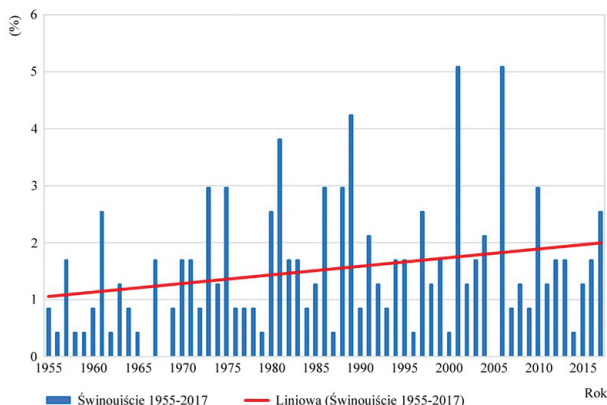
Rys. 8. Maksymalne roczne poziomy wody w Gdańsku Port Północny 1955-2017



Rys. 9. Częstość występowania maksymalnych rocznych poziomów wody w Gdańsku Port Północnym

Na przestrzeni kilkudziesięciu lat zmieniła się również częstość występowania maksymalnych rocznych poziomów morza w poszczególnych przedziałach. Na przykładzie stacji w Gdańsku Porcie Północnym można stwierdzić, że w okresie 1955-1985 maksymalne roczne poziomy morza najczęściej układały się w przedziale 581-600 cm (35,5%), najniższe (541-560 cm) stanowiły niecałe 13%, a w zakresie powyżej 640 cm nie wystąpiły wcale. Natomiast w latach 1986-2017 zaobserwowano wzrost występowania maksymalnych poziomów morza w przedziale 621-640 cm – z 6,5% do 12,5%. Ponadto ponad 6% maksymalnych rocznych poziomów znajdowało się w najwyższym przedziale 641-660 cm. W przedziale najniższym 541-560 cm znalazło się jedynie 3% poziomów.

Trwające kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt godzin przekroczenia wysokich stanów wody (powyżej stanów alarmowych) są, zgodnie z definicją podaną we wstępie artykułu, klasyfikowane jako wezbrania sztormowe. Jednym ze wskaźników zmiany klimatu oraz stanu ryzyka zagrożenia powodziowego na obszarze wybrzeża jest zmiana częstości występowania wezbrań sztormowych. Na rysunku 10 przedstawiono ten parametr dla stacji w Świnoujściu. Widoczny trend rosnący notowany jest już od kilku dziesięcioleci, co wpływa na stale rosnące zagrożenie powodziowe obszarów usytuowanych wzdłuż wybrzeża. Występowanie wezbrań sztormowych jest nieregularne, najwięcej sztormów zaobserwowano w Świnoujściu w latach 2001 oraz 2006. Należy dodać, że wezbrania sztormowe występują głównie od listopada do stycznia. Wiąże się to z faktem, że w okresie zimowym nasila się dynamika pola ciśnienia, związana z przechodzeniem aktywnych niżów przez obszar Morza Bałtyckiego.

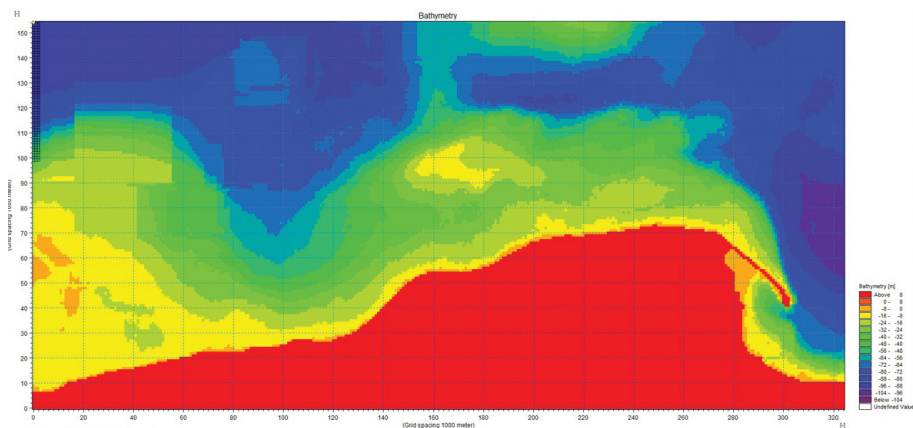


Rys. 10. Częstość występowania wezbrań sztormowych w Świnoujściu w latach 1955-2017

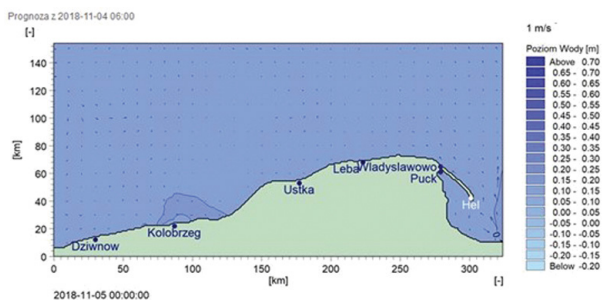
DOSKONALENIE PROGNOZOWANIA I OSTRZEGANIA O ZAGROŻENIACH METEOROLOGICZNYCH I HYDROLOGICZNYCH

Biuro Prognoz Hydrologicznych IMGW-PIB w Gdyni, które jest odpowiedzialne za osłonę obszarów przymorskich zagrożonych od strony morza, w tym obszarów depresyjnych, dzięki wdrożeniu dwuwymiarowego hydrodynamicznego modelu Mike 21, może prognozować wysokość poziomów morza dla dowolnego

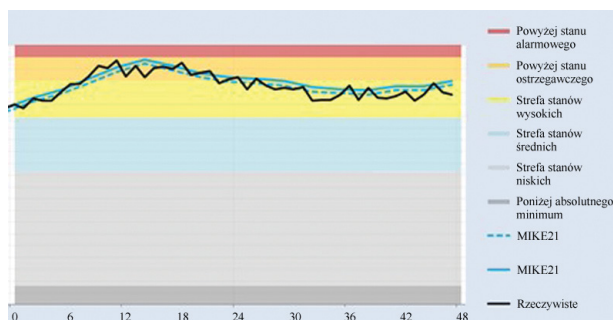
punktu wzdłuż całego wybrzeża. Z punktu widzenia modelowania matematycznego wprowadzenie wyników modelowania dwuwymiarowego dla całej strefy przybrzeżnej jest dużym postępem, a udoskonalenie prognoz hydrologicznych wpływa na wzrost bezpieczeństwa żeglugi na rozpatrywanych akwenach. Okres prognozy z modelu wynosi obecnie 48 godzin. Model uruchamiany jest codziennie, a w czasie zagrożenia istnieje możliwość zwiększenia tej częstotliwości, z uwzględnieniem dostępnych, aktualnych danych. Wy-



Rys. 11. Batymetria wykorzystywana do modeli Mike 21 dla strefy brzegowej



Rys. 12. Obszar prognozy z modelu



Rys. 13. Przykładowy wynik prognozy z modelu dla stacji Dziwnów

niki modelu prezentowane są na Hydromonitorze IMGW-PIB, który dostępny jest dla jednostek administracyjnych i odpowiedzialnych za działania zapobiegawcze. Ekstrakcja wyników prognozy na wszystkie wodowskazy przeprowadzana jest z krokiem czasowym równym 3 godziny. Na rysunku 11 przedstawiono batymetrię wykorzystywaną do modeli Mike 21 dla strefy brzegowej, natomiast na rysunku 12 przykładowy wynik prognozy z modelu dla stacji Dziwnów.

Doskonalenie prognoz hydrologicznych na obszar wybrzeża, zwłaszcza w zakresie niebezpiecznych wezbrań sztormowych, jest niezwykle ważne ze względu na rosnące wymagania użytkowników i odbiorców, takich jak centra zarządzania kryzysowego, administracja morska, porty, nawigatorzy itd. Ponadto, zgodnie z wynikami prognoz klimatycznych, przewiduje się dalszy, stopniowy wzrost średniego poziomu morza oraz intensyfikację ekstremalnych zjawisk wzdłuż wybrzeża, co stawia przed służbami hydrologiczno-meteorologicznymi nowe wyzwania.

LITERATURA

- Barszczyńska M., Bogdanowicz E., Chudy Ł., Karzyński M., Konieczny R., Krawczyk M., Mierkiewicz M., Ordak A., Rataj C., Sasim M., Siudak M., Sztobryn M., 2002, Zagrożenia naturalne, IMGW, Warszawa
- Jakusik E., Wójcik R., Pilarski M., Biernacik D., Miętus M., 2012, Poziom morza w polskiej strefie brzegowej – stan obecny i spodziewane zmiany w przyszłości, [w:] Warunki klimatyczne i oceanograficzne w Polsce i na Bałtyku Południowym, J. Wibig, E. Jakusik (red.), Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo, tom I, IMGW-PIB, Warszawa, 146-169
- Kowalska B., Sztobryn M., 2009, Mean sea level along Polish coast, *Quaestiones Geographicae. Series A: Physical Geography*, 28A/2, 69-74
- Majewski A., Dziadziuszko Z., Wiśniewska A., 1983, Monografia powodzi sztormowych 1951-1975. Ogólna charakterystyka powodzi sztormowych u polskiego wybrzeża Bałtyku. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa
- Sztobryn M., Stigge H. J., 2005, Wezbrania sztormowe wzdłuż południowego Bałtyku (zachodnia i środkowa część), IMGW, Warszawa, 76 s.
- WMO, 1988, Hydrological aspects of combined effects of storm surges and heavy rainfall on river flow, WMO-No. 704, Genewa

HIGH WATER LEVELS – THREATS TO THE POLISH COASTAL ZONE

Abstract: Storm surges are a permanent threat to the coastal zone. Disastrous storm surges posing a threat to human life occur sporadically every few years. They cause enormous material losses in coastal areas, in port and shipbuilding infrastructure as well as in agglomerations in estuary sections of rivers. Extremely strong storm surges were noted on the shores of the southern Baltic as far as few hundred years ago. The article analyzes the causes and effects of dangerous storm surges along the Polish coast in recent years, in the period 1951-2017, also the results of mean and maximum sea level analyzes at selected mareographic stations are presented. IMGW-PIB maintains a statutory hydrological protection of the Polish coast by monitoring the sea level and issuing hydrological forecasts and warnings. The paper also presents the results of sea level forecasts according to the hydrological model (MIKE21 HD) performed daily by the Hydrological Forecast Office for the Polish coast area.

Key words: Sea level, storm surges, forecasting.

II.3. OCENA PODATNOŚCI I RYZYKA WYNIKAJĄCEGO ZE ZMIANY KLIMATU W MIEŚCIE Sopot

Ewa Jakusik / IMGW-PIB

Abstrakt: Celem artykułu była ocena podatności i ryzyka wynikającego ze zmiany klimatu w mieście Sopot. Ocena podatności miasta na zmiany klimatu była wynikiem oceny wrażliwości miasta na te zmiany oraz oceny jego potencjału adaptacyjnego. W celu identyfikacji wykorzystano pięć najbardziej wrażliwych sektorów/obszarów miasta wybranych w ramach etapu: ocena podatności. Wykorzystując zależność, że ryzyko stanowi iloczyn wielkości konsekwencji (wpływu) zjawiska i prawdopodobieństwa jego wystąpienia, określone zostały poziomy ryzyk związanych ze zmianą klimatu. Ocena prawdopodobieństwa wystąpienia zjawiska i skali jego skutków pozwoliła ocenić rangę ryzyka, a co za tym idzie pilność podjęcia działań adaptacyjnych w danych sektorach/obszarach najbardziej narażonych na wystąpienie danego zagrożenia/zjawiska klimatycznego. Na podstawie analiz ustalono, że Sopot najbardziej wrażliwy jest na systematyczny wzrost maksymalnej, minimalnej i średniej temperatury powietrza w tempie ok. 0,03°C/rok, zwiększenie ilości dni z umiarkowanymi i silnymi opadami, występowanie długotrwałych okresów bezopadowych, silny wiatr, w szczególności systematycznie rosnącą średnią prędkość wiatru oraz niebezpieczne porywy mogące przekraczać prędkość nawet 120 km/h a także pojawianie się intensywnych burz i wzrost średniego poziomu morza. Wymienione zjawiska klimatyczne stwarzają dodatkowe uciążliwości, takie jak: wzrost liczby dni gorących oraz fal chłodu, systematyczny spadek liczby dni grzewczych i nieznaczny wzrost liczby dni chłodzących, występowanie późnych wiosennych przymrozków, pokrywy śnieżnej o znacznej grubości oraz lokalnych, nagłych powodzi miejskich powodujących zalanie lub podtopienie ulic, tuneli, budynków, piwnic, garaży w wyniku wystąpienia silnego, krótkotrwałego opadu deszczu o dużej wydajności, a także nagłych powodzi sztormowych. W mieście Sopot dla pięciu najbardziej wrażliwych sektorów tj. zdrowia publicznego/grup wrażliwych, energetyki, gospodarki wodnej, transportu i różnorodności biologicznej ryzyko wynikające ze zmiany klimatu oszacowano na bardzo wysokim poziomie. Poziom ten wskazuje zjawiska/zagrożenia, które wymagają od władz miasta bezwzględnego wdrożenia działań adaptacyjnych, najszybciej jak to możliwe.

Słowa kluczowe: Zmiana klimatu, podatność, wrażliwość miasta, potencjał adaptacyjny miasta, ocena ryzyka.

WPROWADZENIE

Sopot należy do grupy miast, które są w szczególnym stopniu narażone na skutki zmiany klimatu, a uwarunkowania wynikające z cech własnych, procesów historycznych oraz dynamiki i kierunków rozwoju tych ośrodków mogą potęgować zagrożenia naturalne. Pomimo że liczba mieszkańców Sopotu nie przekracza 100 tys., miasto znalazło się w projekcie Ministerstwa Środowiska pt.: *Opracowanie planów adaptacji do zmian klimatu w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców ze względu na jego położenie*. Sopot razem z Gdańskiem i Gdynią tworzą aglomerację trójmiejską borykającą się z podobnymi problemami, a rozwiązanie tych problemów powinno być spójne i kompleksowe dla całego obszaru metropolitalnego.

Celem niniejszej pracy była ocena podatności oraz identyfikacja ryzyk związanych ze zmianą klimatu w mieście. Wynikiem analiz i ocen przeprowadzonych było wyselekcjonowanie pięciu sektorów/obszarów oraz ich komponentów, które ze względu na wrażliwość lub niewystarczający potencjał adaptacyjny miasta powinny być przedmiotem działań adaptacyjnych. Za podatność miasta należy rozumieć stopień, w jakim

miasto nie jest zdolne do poradzenia sobie z negatywnymi skutkami zmiany klimatu. Warto podkreślić, iż podatność zależy od wrażliwości miasta oraz potencjału adaptacyjnego¹².

Z kolei przez wrażliwość miasta należy rozumieć stopień, w jakim miasto podlega wpływowi zjawisk klimatycznych (zjawiska atmosferyczne, które stanowią zagrożenie dla ludności miasta, środowiska przyrodniczego, zabudowy i infrastruktury oraz gospodarki). Wrażliwość zależy od charakteru struktury przestrzennej miasta i jej poszczególnych elementów, uwzględnia populację zamieszkującą miasto, jej cechy oraz rozkład przestrzenny. Wrażliwość jest rozpatrywana w kontekście wpływu zjawisk klimatycznych, przy czym wpływ ten może być bezpośredni i pośredni.

Natomiast potencjał adaptacyjny miasta definiowany jest jako materialne i niematerialne zasoby miasta, które mogą służyć do dostosowania i przygotowania się na zmiany klimatu oraz ich skutki. Potencjał adaptacyjny miasta tworzą m.in.: zasoby finansowe, zasoby ludzkie, zasoby instytucjonalne, zasoby infrastrukturalne oraz zasoby wiedzy [*Plan adaptacji...* 2018].

METODYKA

Charakterystyka wskaźników klimatycznych Sopotu została opracowana w oparciu o dane pochodzące z najbliższej, reprezentatywnej dla miasta stacji IMGW-PIB w Gdyni, znajdującej się ok. 8 km na północ od centrum Sopotu oraz ze stacji synoptycznej IMPW-PIB z Gdańska Portu Północnego, znajdującej się ok. 10 km na południowy wschód od Sopotu. Analizę zjawisk klimatycznych i ich pochodnych dokonano w oparciu o zweryfikowane dane dobowe za okres 1981-2015 (Gdynia) oraz 1987-2012 (Gdańsk Port Północny). Dodatkowo, wykorzystano dostępne dane z lat 1999-2015 ze stacji pomiarowej Agencji Regionalnego Monitoringu Atmosfery Aglomeracji Gdańskiej (ARMAAG) zlokalizowanej w centrum Sopotu przy ul. Bitwy pod Płowcami.

W analizie uwzględnione zostały wybrane zjawiska atmosferyczne, które mogą stanowić zagrożenie dla miasta, np. upały, występowanie miejskiej wyspy ciepła, mrozy, intensywne opady atmosferyczne, powodzie, podtopienia, susze, opady śniegu, porywy wiatru, burze oraz koncentrację zanieczyszczeń powietrza. Badania obejmowały również trendy przyszłych warunków klimatycznych w horyzoncie do 2030 i 2050 – scenariusze klimatyczne uwzględniające dwie reprezentatywne ścieżki koncentracji emisji gazów cieplarnianych (RCP4.5 i RCP8.5). Wyniki tych analiz dały podstawę do opracowania listy zjawisk klimatycznych i ich pochodnych, stanowiących zagrożenie dla miasta.

Ponadto, przeanalizowano dokumenty strategiczne i planistyczne miasta (m.in. program ochrony środowiska i program zrównoważonego rozwoju; strategię rozwoju miasta; miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego; studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy; plan zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe; program gospodarki wodno-ściekowej, w tym również zagospodarowania wód opadowych; program małej retencji; program gospodarki niskoemisyjnej; waloryzacje przyrodnicze oraz opracowania ekofizjograficzne).

Wrażliwość miasta była analizowana poprzez analizę wpływu zjawisk klimatycznych na poszczególne sektory/obszary miejskie. Za sektor/obszar należy rozumieć wydzieloną część funkcjonowania miasta wyróż-

¹² <http://44mpa.pl/sloownik-adaptacji/>

nioną zarówno w przestrzeni, jak i ze względu na określony typ aktywności społeczno-gospodarczej lub specyficzne problemy. Dla oceny wrażliwości sektorów/obszarów dokonano ich zdefiniowania poprzez komponenty, pozwalające uchwycić funkcjonowanie szczególnego systemu, jakim jest miasto. Struktura sektora/obszaru wyrażona przez komponenty może być różna w poszczególnych miastach (np.: sektor transportu w jednym mieście może się składać tylko z podsystemu transportu drogowego, w innym mieście z podsystemu transportu drogowego, szynowego i śródlądowego). Na każdy sektor/obszar składać może się kilka komponentów. Po określeniu poziomu wrażliwości sektorów/obszarów wraz z wrażliwymi komponentami miasta składającymi się na ten sektor/obszar, dokonany został wybór pięciu z nich najbardziej wrażliwych na zmianę klimatu [*Metodyka opracowania...* 2016].

Potencjał adaptacyjny został zdefiniowany w ośmiu kategoriach zasobów: (1) możliwości finansowe, (2) przygotowanie służb, (3) kapitał społeczny, (4) mechanizmy informowania i ostrzegania o zagrożeniach, (5) sieć i wyposażenie instytucji i placówek miejskich, (6) organizacja współpracy z gminami sąsiednimi w zakresie zarządzania kryzysowego, (7) systemowość ochrony i kształtowania ekosystemów miejskich, (8) zaplecze innowacyjne: instytuty naukowo-badawcze, uczelnie, firmy eko-innowacyjne. Zasoby te są niezbędne zarówno w przypadku konieczności radzenia sobie z negatywnymi skutkami zmiany klimatu, jak i do wykorzystania szans, jakie powstają w zmieniających się warunkach klimatycznych. Ocena potencjału adaptacyjnego była niezbędna do oceny podatności miasta na zmianę klimatu, a także została wykorzystana w planowaniu działań adaptacyjnych [*Metodyka opracowania...* 2016].

Ocena podatności miasta, jego sektorów oraz ich komponentów została przeprowadzona w oparciu o analizę skutków zmiany klimatu w mieście (zjawisk klimatycznych i ich pochodnych), ocenę wrażliwości i ocenę potencjału adaptacyjnego. Im większa wrażliwość i mniejszy potencjał adaptacyjny, tym wyższa podatność [*Metodyka opracowania...* 2016].

Analizę ryzyka dokonano w oparciu o ustalenie prawdopodobieństwa wystąpienia zjawisk klimatycznych stanowiących największe zagrożenie dla miasta oraz przewidywanych skutków wystąpienia tych zjawisk. Poziom ryzyka oceniono w czterostopniowej skali (bardzo wysoki, wysoki, średni, niski). Ocena uwzględniała sektory wybrane jako najbardziej wrażliwe na zmianę klimatu. Wyniki oceny analizy ryzyka dla tych sektorów wrażliwych (zdrowie publiczne/grupy wrażliwe, gospodarka wodna, transport, energetyka, różnorodność biologiczna) wskazują te komponenty w sektorach dla których ryzyko oszacowano na poziomie: bardzo wysokim (bezwzględne wdrożenie działań adaptacyjnych, najszybciej jak to możliwe) oraz wysokim (wdrożenie działań adaptacyjnych w horyzoncie 2030) i dla nich planowane działania adaptacyjne będą miały największy priorytet.

UWARUNKOWANIA GEOGRAFICZNE SOPOTU

Sopot jest gminą miejską na prawach powiatu położoną w województwie pomorskim. Miasto Sopot położone jest w odległości 15 km od historycznego centrum Gdańska, 8 km od centrum Gdyni, w bezpośrednim sąsiedztwie Zatoki Gdańskiej i rozciąga się między morzem a zalesionymi wzgórzami Wysoczyzny Gdańskiej, na wąskiej przestrzeni, o długości około 4,5 km. Sopot sąsiaduje od północy i zachodu z miastem Gdynią, od południa z miastem Gdańsk a od wschodu z wodami Zatoki Gdańskiej. Miasto Sopot zajmuje

obszar o powierzchni 17,4 km². Ponad połowę tego obszaru, tj. około 61,2% zajmują lasy, parki i zieleńce. Pod względem morfologicznym Sopot dzieli się na dwie części: pas terenu pomiędzy morzem a skarpą (tzw. Dolny Sopot) oraz teren pomiędzy skarpą a lasami Wysoczyzny Gdańskiej (tzw. Górny Sopot) [*Studium uwarunkowań...* 2018].

Rzeźbę terenu Sopotu urozmaica szereg dolin ukształtowanych przez potoki, o kierunku prostopadłym do brzegu morskiego, których ujściem jest Zatoka Gdańska. Wzdłuż brzegu Zatoki Gdańskiej rozciąga się plaża oddzielona od zainwestowania miejskiego terenami parkowymi i pasem wydm. Sopotskie lasy wchodzą w zasięg Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego. Sopot posiada duże zasoby wysokiej jakości wody pitnej, źródła wód mineralnych, korzystny klimat i walory uzdrowiskowe. Z uwagi na atrakcyjne, nadmorskie położenie oraz znaczny udział terenów leśnych jest jedną z najbardziej popularnych miejscowości wypoczynkowych na polskim wybrzeżu [*Studium uwarunkowań...* 2018].

Liczba mieszkańców Sopotu wynosi ok. 35200 osób, w tym ok. 1160 zamieszkałych czasowo. Zabudowa Sopotu, której przeważająca część powstała na przełomie XIX i XX wieku, charakteryzuje się w większości wysokimi walorami architektury i starannością wykonawstwa. Sopot posiada ponadto szereg obiektów o wyjątkowej atrakcyjności, do których zaliczyć należy przede wszystkim: 1) Operę Leśną, 2) zespół kuracyjny z Grand Hotelem, mołem spacerowym, obiektami leczniczymi i Domem Zdrojowym; 3) plaże nadmorskie z przyległymi terenami parkowymi oraz 4) obiekty sportowe, w tym między innymi: ośrodek sportów jeździeckich, zespół kortów tenisowych, stadion lekkoatletyczny, halę sportową 100-lecia Sopotu, Aqua Park, wielofunkcyjną halę widowiskowo-sportową Ergo Arena na granicy z Gdańskiem, kluby żeglarskie, marinę – przystań jachtową przy Molo [*Studium uwarunkowań...* 2018].

Procesy klimatyczne Sopotu uwarunkowane są położeniem miasta w bezpośrednim sąsiedztwie morza z jednej strony i obramowaniem zalesioną strefą krawędziową z drugiej strony. W bardzo istotny sposób, w skali całego roku, zaznacza się wpływ morza. Wyraźnie odzwierciedla się to w średnich temperaturach dobowych, miesięcznych i rocznych. Występuje złagodzenie termicznych ekstremów (zmniejszenie amplitudy temperatur powietrza), co oddziałuje na długość i charakter pór roku. Lato jest dość krótkie i stosunkowo chłodne, również krótka i łagodna jest zima (np. w porównaniu z sąsiadującym regionem Pojezierza Kaszubskiego), natomiast długie są okresy przejściowe między wymienionymi wyżej porami roku. Charakterystyczna jest znaczna wilgotność względna, jej wyrównane wartości (70-80%) oraz niska liczba dni z pokrywą śnieżną. Cechą charakterystyczną nadmorskiego położenia jest też rozprzestrzenianie się nad ląd aerozolu morskiego (zasięg zależy od ukształtowania i pokrycia terenu powierzchni lądu) i występowanie bryzy.

Z funkcjonalnego punktu widzenia istotny wpływ wywierają ruchy mas powietrza. Przeważają wiatry z sektora zachodniego i południowego. Prędkość wiatru jest zróżnicowana. Najmniejsze prędkości obserwuje się w okresie letnim (maj-wrzesień) – poniżej 4 m/s. Wpływa to na wyraźnie zmniejszoną zdolność atmosfery do samooczyszczania. W okresie zimowym prędkości wiatru, a tym samym i przewietrzanie terenu wzrastają, co wobec sezonu grzewczego jest zjawiskiem korzystnym. Zainwestowanie przestrzeni miejskiej, szczególnie gęsta zabudowa terasy dolnej i centrum miasta, wpływa hamująco na ruch powietrza. Istotne znaczenie mają też strefy splotu chłodnego i wilgotnego powietrza występujące w strefie krawędziowej wysoczyzny, głównie w rozcięciach erozyjnych. Uzupełnienie procesów w zakresie zjawisk klimatycznych stanowią zmienne warunki usłonecznienia, szczególnie wyraźne w rozcięciach ero-

zyjnych strefy krawędziowej. Kształtują się one w zależności od ekspozycji zboczy dolin i ich przesłoneń (np. lasem) oraz w zależności od pory dnia. Ma to szczególne znaczenie w strefach zabudowy mieszkaniowej (np. Brodwin), gdzie oprócz samego nasłonecznienia pośrednio zmieniają się warunki termiczne [Studium uwarunkowań... 2018].

Procesy hydrologiczne Sopotu związane są z wodami powierzchniowymi i podziemnymi obszaru lądowego oraz z wodami morskimi. Wody powierzchniowe stanowią naturalne połączenie między obszarami różnorodnymi genetycznie i strukturalnie. Stanowią one nośniki energii i materii, przyjmujące oddziaływanie z zewnątrz (z obszaru przez które przepływają) i oddziałujące na zewnątrz (kształtujące stosunki hydrologiczne i geomorfologiczne – np. przez akumulację niesionego materiału). Ma to istotne znaczenie w przypadku ich zanieczyszczenia, wody stają się bowiem nośnikami zanieczyszczeń, zaś naturalne samooczyszczanie zachodzi wyłącznie w ciekach otwartych. Na obszarze Sopotu występuje pod tym względem niekorzystna sytuacja, gdyż cieki w większości (ponad 60% ogólnej długości) płyną w zamkniętych przewodach. Ujściowe odcinki potoków ujęte zostały w rurociagi, którymi wyprowadzone są w głąb morza. Cieki sopockie zasilane są zarówno ze spływu powierzchniowego, jak i przez wody podziemne. Największymi przepływami charakteryzują się: Swelinia, Potok Kamienny i Potok Karlikowski. Znaczenie lokalnych podmokłości, oprócz funkcji ekologicznej, wiąże się z zasilaniem potoków oraz z czasowym retencjonowaniem wody [Studium uwarunkowań... 2018].

ANALIZA DOKUMENTÓW STRATEGICZNYCH I PLANISTYCZNYCH MIASTA

Analiza dokumentów miasta Sopotu wykazała, że zawierają one cele i działania, które bezpośrednio lub pośrednio mają związek ze zmianą klimatu i odnoszą się do jakości życia oraz poszczególnych sektorów/obszarów funkcjonowania miasta. Do najistotniejszych zagadnień ujętych w tych dokumentach i bezpośrednio powiązanych z tematyką miejskich planów adaptacji należą:

- problem gospodarki wodno-ściekowej na terenie miasta,
- optymalizacja wykorzystania energii.

Inne zagadnienia, które odnoszą się do potencjału miasta i które mogą mieć znaczenie w przypadku wystąpienia negatywnych skutków zmiany klimatu to:

- racjonalizacja gospodarki odpadami,
- zachowanie walorów przyrodniczych i krajobrazowych kształtujących wizerunek miasta,
- ochrona wód powierzchniowych, przybrzeżnych oraz wód podziemnych,
- podnoszenie świadomości ekologicznej mieszkańców Sopotu,
- monitoring środowiska.

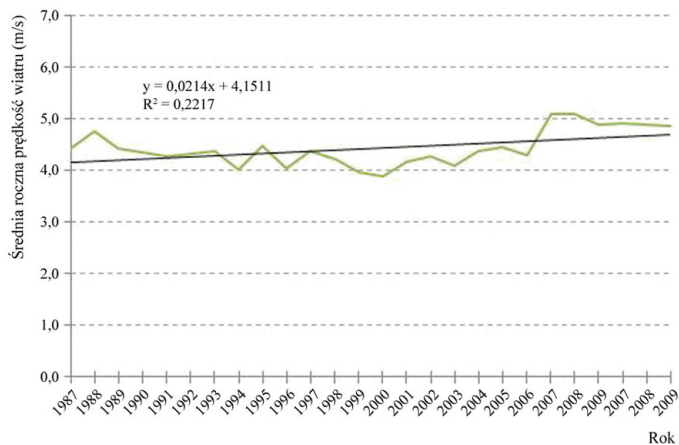
Dokumenty strategiczne i planistyczne miasta Sopotu były także pomocne w wyborze głównych sektorów działalności miasta, które są szczególnie wrażliwe na zmianę klimatu, a także w ocenie ryzyka związanego ze zmianą klimatu oraz w zaplanowaniu działań, które odnoszą się do głównych zagrożeń występujących w Sopocie.

GŁÓWNE ZAGROŻENIA WYNIKAJĄCE ZE ZMIANY KLIMATU

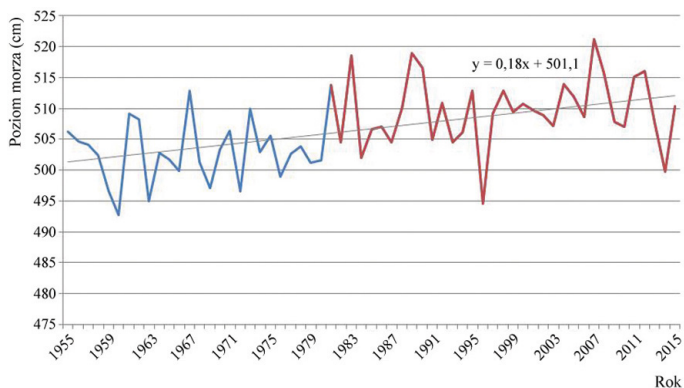
Szczegółowa analiza danych klimatycznych i hydrologicznych z wielolecia (1981-2015) umożliwiła ocenę ekspozycji miasta na zmianę klimatu. Wyniki oceny stanowią podstawę wskazania ekstremalnych zjawisk klimatycznych i ich pochodnych będących największym zagrożeniem dla mieszkańców i sektorów miasta.

Z wszystkich przeprowadzonych analiz oraz zarejestrowanych skutków zagrożeń naturalnych wynika, że najpoważniejszym zagrożeniem w Sopocie, ze względu na położenie i ukształtowanie terenu miasta, jest występowanie nagłych powodzi miejskich (typu flash flood), powodzi od strony morza (sztormowych), których główną przyczyną jest wiatr (rys. 1) oraz stale obserwowany wzrost poziomu morza (rys. 2).

Kolejnym zagrożeniem, które ma wpływ na jakość funkcjonowania Sopotu, jest występowanie silnych porywów wiatru oraz intensywnych burz (rys. 3) i deszczy nawałnych, które niosą możliwość poważnych strat w wielu dziedzinach gospodarki, utrudniają transport oraz stanowią zagrożenie dla życia ludzkiego.



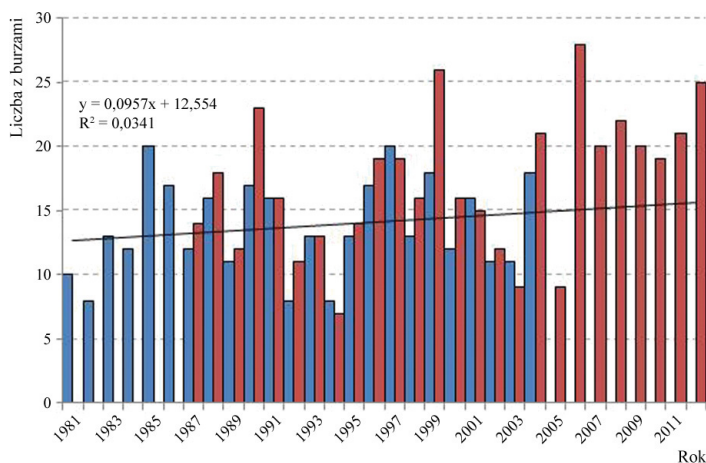
Rys. 1. Średnia roczna prędkość wiatru (m/s) w Gdańsku Porcie Północnym (1987-2012), wraz z trendem liniowym



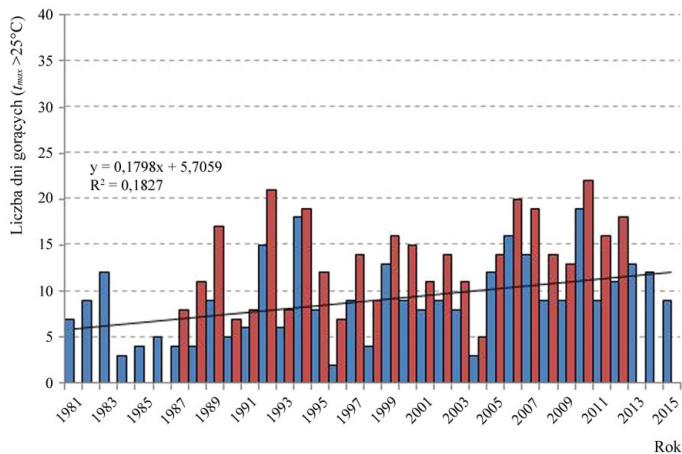
Rys. 2. Średni poziom morza w Gdyni w latach 1955-2015 wraz z trendem liniowym

Mimo obecnie niewielkiego problemu na terenie Sopotu w przyszłości należy zwrócić uwagę na zwiększającą się częstotliwość występowania fal upałów i dni gorących (rys. 4), które mają negatywny wpływ na świat przyrody i człowieka oraz infrastrukturę gospodarczą i komunikacyjną. Zjawiska te stanowią poważne zagrożenie dla prawidłowego funkcjonowania miasta oraz zdrowia i życia jego mieszkańców. Znajduje to odzwierciedlenie w obserwowanych w analizowanym wieloleciu zmianach warunków klimatycznych [Plan adaptacji... 2018].

Scenariusze zmiany klimatu dla Sopotu na podstawie modeli klimatycznych, zweryfikowanych na podstawie danych meteorologicznych z wielolecia 1981-2015 wskazują, że w perspektywie roku 2050 należy się spodziewać pogłębienia tendencji zmian omawianych zjawisk klimatycznych zaobserwowanych w przeszłości. Modele wskazują, że do 2050 roku:



Rys. 3. Liczba dni z burzą w Gdyni (słupki niebieskie) w okresie 1981-2004 oraz w Gdańsku Porcie Północnym (słupki czerwone) w okresie 1987-2012, wraz z trendem liniowym



Rys. 4. Liczba dni gorących (z temperaturą maksymalną powietrza powyżej 25°C) w Gdyni (słupki niebieskie) w okresie 1981-2015 oraz w Gdańsku Porcie Północnym (słupki czerwone) w okresie 1987-2012

- Przewiduje się zwiększenie liczby dni upalnych (dni z temperaturą maksymalną $>30^{\circ}\text{C}$) w ciągu roku (tab. 1) oraz zwiększenie się liczby fal upałów (minimum 3 dni z temperaturą maksymalną $>30^{\circ}\text{C}$) w ciągu roku (tab. 2). W przyszłości prognozowany jest ponadto wzrost wartości temperatury maksymalnej w okresie letnim.
- Przewiduje się zmniejszenie liczby dni mroźnych (dni z temperaturą maksymalną powietrza $<0^{\circ}\text{C}$) w ciągu roku (tab. 3), prognozowany jest również nieznaczny spadek liczby fal chłodu wyrażonych jako okresy o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą minimalną $<-10^{\circ}\text{C}$ (tab. 4) a także wzrost wartości temperatury minimalnej okresu zimowego.
- Prognozuje się zmniejszenie liczby dni z przejściem temperatury powietrza przez 0°C oraz niewielki spadek liczby dni z opadem przy temperaturze powietrza $-5,0^{\circ}\text{C}$ do $2,5^{\circ}\text{C}$ w ciągu roku (zagrożenie gołoledzią) (tab. 5).
- Prognozowane jest znaczące zmniejszenie się wartości indeksu stopniodni dla temperatury średniodobowej $<17^{\circ}\text{C}$ (tab. 6).
- Prognozowany jest wzrost temperatury średniorocznej (tab. 7).
- Prognozuje się nieznaczne zwiększenie długości najdłuższego okresu bezopadowego w ciągu roku (tab. 8).
- Prognozuje się wzrost sumy rocznej opadu (tab. 9), a także wzrost liczby dni z opadem >10 mm/d w roku i nieznaczny wzrost liczby dni z opadem >20 mm/d w roku (tab. 10).

Tabela 1. Liczba dni z temperaturą maksymalną $>30^{\circ}\text{C}$ w roku dla scenariusza umiarkowanej (RCP 4.5) i wysokiej emisji gazów cieplarnianych (RCP 8.5)

Definicja indeksu	SCENARIUSZ	Klimat bieżący obliczony jako średnia z 10 lat 2006-2015	Projekcje klimatyczne dla trzech horyzontów czasowych		
			2010 (2006-2015)	2030 (2026-2035)	2050 (2046-2055)
Liczba dni z temperaturą maksymalną $>30^{\circ}\text{C}$ w roku	RCP 4.5	4,7	5,5	7,4	6,8
	RCP 8.5	4,7	5,3	5,7	7,4

Tabela 2. Liczba okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą maksymalną $>30^{\circ}\text{C}$ w roku dla scenariusza umiarkowanej (RCP 4.5) i wysokiej emisji gazów cieplarnianych (RCP 8.5)

Definicja indeksu	SCENARIUSZ	Klimat bieżący obliczony jako średnia z 10 lat 2006-2015	Projekcje klimatyczne dla trzech horyzontów czasowych		
			2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)
Liczba okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą maksymalną $>30^{\circ}\text{C}$ w roku	RCP 4.5	1,1	0,9	1,4	1,4
	RCP 8.5	1,1	0,9	1,0	1,4

Tabela 3. Liczba dni z temperaturą maksymalną <math><0^{\circ}\text{C}</math> w roku dla scenariusza umiarkowanej (RCP 4.5) i wysokiej emisji gazów cieplarnianych (RCP 8.5)

Definicja indeksu	SCENARIUSZ	Klimat bieżący obliczony jako średnia z 10 lat 2006-2015	Projekcje klimatyczne dla trzech horyzontów czasowych		
			2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)
Liczba dni z temperaturą maksymalną <math><0^{\circ}\text{C}</math> w roku	RCP 4.5	27,7	27,7	23,8	20,6
	RCP 8.5	27,7	27,5	24,3	19,1

Tabela 4. Czas trwania okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą minimalną <math><-10^{\circ}\text{C}</math> w roku dla scenariusza umiarkowanej (RCP 4.5) i wysokiej emisji gazów cieplarnianych (RCP 8.5)

Definicja indeksu	SCENARIUSZ	Klimat bieżący obliczony jako średnia z 10 lat 2006-2015	Projekcje klimatyczne dla trzech horyzontów czasowych		
			2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)
Czas trwania okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą minimalną <math><-10^{\circ}\text{C}</math> w roku	RCP 4.5	4,9	5,1	4,9	4,8
	RCP 8.5	4,9	5,1	5,1	5,0

Tabela 5. Liczba dni z opadem przy temperaturze od -5°C do $2,5^{\circ}\text{C}$ (RCP 4.5) i wysokiej emisji gazów cieplarnianych (RCP 8.5)

Definicja indeksu	SCENARIUSZ	Klimat bieżący obliczony jako średnia z 10 lat 2006-2015	Projekcje klimatyczne dla trzech horyzontów czasowych		
			2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)
Liczba dni z opadem przy temperaturze od $-5,0^{\circ}\text{C}$ do $2,5^{\circ}\text{C}$	RCP 4.5	47,8	47,9	46,2	45,9
	RCP 8.5	47,8	48,4	45,9	40,3

Tabela 6. Stopniodni dla temperatury średniodobowej <math><17^{\circ}\text{C}</math> w roku dla scenariusza umiarkowanej (RCP 4.5) i wysokiej emisji gazów cieplarnianych (RCP 8.5)

Definicja indeksu	SCENARIUSZ	Klimat bieżący obliczony jako średnia z 10 lat 2006-2015	Projekcje klimatyczne dla trzech horyzontów czasowych		
			2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)
Stopniodni dla temperatury średniodobowej <math><17^{\circ}\text{C}</math> w roku	RCP 4.5	3238,5	3237,5	3101,3	2976,9
	RCP 8.5	3238,5	3236,8	3085,1	2840,7

Tabela 7. Wartość temperatury średniorocznej dla scenariusza umiarkowanej (RCP 4.5) i wysokiej emisji gazów cieplarnianych (RCP 8.5)

Definicja indeksu	SCENARIUSZ	Klimat bieżący obliczony jako średnia z 10 lat 2006-2015	Projekcje klimatyczne dla trzech horyzontów czasowych		
			2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)
Wartość temperatury średniorocznej	RCP 4.5	8,5	8,5	9,0	9,4
	RCP 8.5	8,5	8,5	9,0	9,8

Tabela 8. Najdłuższy okres bez opadu (opad <1 mm/d) w roku (RCP 4.5) i wysokiej emisji gazów cieplarnianych (RCP 8.5)

Definicja indeksu	SCENARIUSZ	Klimat bieżący obliczony jako średnia z 10 lat 2006-2015	Projekcje klimatyczne dla trzech horyzontów czasowych		
			2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)
Najdłuższy okres bez opadu (opad <1 mm/d) w roku	RCP 4.5	20,0	21,5	21,0	20,5
	RCP 8.5	20,0	21,6	20,7	20,8

Tabela 9. Suma roczna opadu (RCP 4.5) i wysokiej emisji gazów cieplarnianych (RCP 8.5)

Definicja indeksu	SCENARIUSZ	Klimat bieżący obliczony jako średnia z 10 lat 2006-2015	Projekcje klimatyczne dla trzech horyzontów czasowych		
			2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)
Suma roczna opadu	RCP 4.5	543,3	545,1	563,2	571,4
	RCP 8.5	543,3	545,1	568,6	597,5

Tabela 10. Liczba dni z opadem ≥ 20 mm/d w roku (RCP 4.5) i wysokiej emisji gazów cieplarnianych (RCP 8.5)

Definicja indeksu	SCENARIUSZ	Klimat bieżący obliczony jako średnia z 10 lat 2006-2015	Projekcje klimatyczne dla trzech horyzontów czasowych		
			2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)	2010 (2006-2015)
Liczba dni z opadem ≥ 20 mm/d w roku	RCP 4.5	3,3	3,0	3,2	3,2
	RCP 8.5	3,3	3,1	3,4	3,6

WRAŻLIWOŚĆ MIASTA NA ZMIANY KLIMATU

W Sopocie najbardziej wrażliwymi sektorami/obszarami są:

a) Zdrowie publiczne/grupy wrażliwe

W sektorze tym jako szczególnie wrażliwe na bodźce klimatyczne wyróżniono: osoby starsze (>65 roku życia), dzieci (<5 roku życia), osoby przewlekle chore (choroby układu oddechowego i krążenia), osoby niepełnosprawne (z ograniczoną mobilnością) i osoby bezdomne.

U osób starszych powyżej 65 roku życia fale gorąca mogą powodować wzrost ryzyka zgonu lub chorób związanych z niebezpiecznymi warunkami termicznymi oraz wysoką wilgotnością i dużym nasłonecznieniem. Dyskomfort zdrowotny powodują również spore wahania temperatury powietrza i ciśnienia atmosferycznego występujące szczególnie w przejściowych porach roku (wiosna i jesień). Aby ograniczyć ryzyko warto zadbać o zacienione miejsca w przestrzeni publicznej.

Małe dzieci, których organizm dopiero uczy się gospodarki cieplnej, są szczególnie podatne m.in. na udary cieplne spowodowane wysoką temperaturą powietrza i intensywnym nasłonecznieniem terenów, na których przebywają. Zielone tereny rekreacyjne z zacienioną przestrzenią do zabaw umożliwiają ochronę przed niebezpiecznymi konsekwencjami upałów u dzieci.

Kolejną grupą wrażliwą są osoby przewlekle chore (choroby układu oddechowego i krążenia). W upalnym okresie praca układu krążenia jest utrudniona, powodując m.in. niewydolność organów i wzrost ciśnienia skurczowego. Wyższe temperatury wydłużają również okres pylenia roślin, co z kolei skutkuje wzrostem zachorowań na alergię i wzmożoną intensywnością objawów m.in. u astmatyków.

Osoby bezdomne jako pozbawione schronienia szczególnie dotkliwie odczuwają każdą zmianę warunków klimatycznych [*Plan adaptacji...* 2018].

b) Gospodarka wodna

Sektor ten został podzielony na następujące komponenty: podsystem zaopatrzenia w wodę, podsystem gospodarki ściekowej oraz infrastruktura przeciwpowodziowa. Podsystemy te są szczególnie wrażliwe na zjawiska związane z intensywnymi opadami deszczu, a co za tym idzie z powodziami nagłymi/miejskimi. Ponadto należy mieć na uwadze, że obserwowane trendy zmiany klimatu w Sopocie tj. wzrost temperatury powietrza, fale upałów, mogą mieć wpływ na wzrost zapotrzebowania mieszkańców na wodę pitną.

c) Transport

W skład tego sektora w Sopocie wchodzi następujące komponenty: podsystem szynowy, podsystem drogowy, podsystem wodny: śródlądowy i morski oraz podsystem transport publiczny miejski. Sektor ten jest szczególnie wrażliwy na kilka elementów klimatu, zwłaszcza na silne wiatry i burze, podtopienia, ulewy, opady śniegu, niską i wysoką temperaturę powietrza oraz brak widoczności (mgła, smog). Jednym z najbardziej dokuczliwych zjawisk są wahania temperatury powietrza, w szczególności tzw. przejście przez temperaturę 0°C w połączeniu z opadami atmosferycznymi lub topniejącym śniegiem: sprzyjają zjawisku gołodzi a także intensyfikują korozyjne oddziaływanie wody i soli na infrastrukturę transportową. W związku z częstszym występowaniem temperatur bliskich zeru w porze zimowej, nasilać się będzie także występowanie mgły, która poprzez ograniczanie widoczności wpłynie negatywnie na transport drogowy. Szczególnie, niskie temperatury powietrza, mrozy są czynnikiem ograniczającym możliwości transportu drogowego. Sprzyjają zwiększeniu awaryjności sprzętu, zmniejszają sprawność działania środków transportu, zmniejszają komfort podróżowania, powodują uszkodzenia nawierzchni drogowej (przełomy zimowe) oraz utrudniają prace przeładunkowe, wydłużając czas załadunku i wyładunku. Równie niekorzystne jest oddziaływanie wysokich temperatur i upałów, szczególnie długotrwałych, które oddziałują negatywnie zarówno na pojazdy jak i na elementy infrastruktury drogowej. Szczególnie wrażliwy na wysokie temperatury jest podsystem drogowy, na który składają się istotne dla regionu szlaki drogowe, cechujące się znacznym obciążeniem, zwłaszcza w godzinach porannych i popołudniowych szczytów komunikacyjnych [*Plan adaptacji...* 2018].

Transport kolejowy jest równie wrażliwy, szczególnie na incydentalne zjawiska klimatyczne. Silne wiatry oraz ulewne deszcze, które powodują podtopienia i osuwiska, których częstotliwość występowania będzie się nasilać, mogą uszkadzać elementy infrastruktury kolejowej. Wysoka temperatura oddziałuje nie tylko na infrastrukturę poprzez deformację toru, w wyniku wydłużania się szyn i pożary linii kolejowych oraz innych budowli, budynków czy urządzeń, ale przede wszystkim oddziałuje na warunki pracy (stres termiczny) a także przyczynia się do obniżenia komfortu podróży. Ujemna temperatura sprzyja pękaniu szyn, zamarzaniu rozjazdów, powoduje oblodzenie a z udziałem silnego wiatru powoduje zrywanie sieci trakcyjnych.

Funkcjonująca w Sopocie przystań jachtowa również narażona jest na gwałtowne zjawiska pogodowe związane ze zmianą klimatu. Silne wiatry w połączeniu z ulewnymi, gwałtownymi deszczami i burzami

uniemożliwiają korzystanie z mariny. Zjawiska sztormowe sprzyjają uszkodzeniu jachtów cumujących w sopockiej marinie [*Plan adaptacji...* 2018].

d) Energetyka

Sektor energetyczny w największej mierze narażony jest na starty poprzez wzrastającą liczbę dni upalnych i fal upałów. Szczególnie podsystem elektroenergetyczny odnotowuje wysoką eksploatację w czasie upałów spowodowaną nadmiernym korzystaniem z elektrycznych urządzeń chłodniczych (klimatyzatory, wentylatory), zwłaszcza w obiektach bazy noclegowej Sopotu jak i odbiorców indywidualnych. Zwiększone zapotrzebowanie na wodę towarzyszące suszy i falom upału wpływa na obniżenie poziomu wód podziemnych Sopotu. Nawalne opady deszczu prowadzące do powodzi i lokalnych podtopień mogą prowadzić do uszkodzenia elementów sieci elektroenergetycznej, ciepłowniczej i gazowniczej. Szczególnie narażone są miejskie stacje transformatorowe oraz sieci przesyłowe, które mogą zostać przerwane poprzez powalone w trakcie wichury drzewa. W czasie silnych wiatrów oraz gwałtownych opadów deszczu możliwe jest wystąpienie przerw w dostawie energii [*Plan adaptacji...* 2018].

e) Różnorodność biologiczna

Zmieniające się warunki klimatyczne doprowadzą do zmiany rozkładu przestrzennego roślinności, zwłaszcza w lasach znajdujących się na terenie Sopotu. Wzrost średniej temperatury powietrza przekształci formę ekosystemów leśnych również pod kątem rozkładu sezonowego oraz przestrzennego szkodników i nosicieli pyłków. Sopockie lasy narażone są również na podwyższone ryzyko upałów i długotrwałych susz. Zmiana leśnych ekosystemów będzie miała wpływ również na funkcję rekreacyjną lasów.

Odnotowywane zmiany poziomu morza w połączeniu z podwyższoną średnią temperaturą powietrza wpływa na ekosystem morski w wodach okalających wybrzeże Sopotu. Zmiana klimatu wpływa na przyrost biomasy fitoplanktonu i wydłużenie okresu jego wegetacji co odbija się w sposób negatywny na sektorze turystycznym w Sopocie.

Skutki nawalnych deszczy, powodzi od strony morza i powodzi miejskich mogą być niszczące, szczególnie dla obszarów chronionych, obiektów przyrodniczych i korytarzy ekologicznych. Degradacja środowiska przyrodniczego i zaburzona równowaga biologiczna może być konsekwencją uwolnienia szkodliwych substancji pochodzących z uszkodzonych instalacji i urządzeń technicznych.

Silne i bardzo silne wiatry mogą przyczynić się do zniszczenia drzewostanu kompleksów leśnych w granicach administracyjnych miasta i co za tym idzie, wpłynąć na różnorodność biologiczną w tymże obszarze. Zmiana klimatu może również mieć wpływ populację dzikich zwierząt – zwiększyć ją lub spowodować pojawienie się nowych gatunków, dotychczas niewystępujących [*Plan adaptacji...* 2018].

POTENCJAŁ ADAPTACYJNY SOPOTU

Potencjał adaptacyjny miasta to m.in. zasoby: finansowe, infrastrukturalne, ludzkie i organizacyjne, które miasto może wykorzystać, aby lepiej przystosować się do zmiany klimatu.

Miasto Sopot ma wysoki potencjał adaptacyjny w kategoriach:

- Możliwości finansowe – Sopot jest beneficjentem szeregu projektów dofinansowywanych z Unii Europejskiej, zwłaszcza w zakresie gospodarki wodnej i retencji na terenie miasta.

- Kapitał społeczny – na szeroką skalę prowadzone są w Sopocie akcje promocyjne oraz projekty ekologiczne. Władze miasta kładą nacisk na edukację proekologiczną w placówkach oświatowych. Szczególnie silnym elementem partycypacji mieszkańców w adaptacji miasta do zmiany klimatu jest silnie działający budżet obywatelski, który charakteryzuje się ekologicznymi rozwiązaniami i wysoką świadomością ekologiczną mieszkańców miasta.
- Błękitno-zielona infrastruktura – sopocka plaża Koliba od lat jest laureatem programu „Błękitnej Flagi”, świadczącym o czystym kąpielisku. Sopockie plaże spełniają kryteria Fundacji na rzecz Edukacji Ekologicznej w kategorii oczyszczania ścieków i jakości wody w kąpieliskach. Ponadto, w mieście nieustannie podnoszona jest jakość zieleni miejskiej, rośnie liczba ścieżek rowerowych [*Plan adaptacji...* 2018].
- Innowacyjność – Sopot jest objęty Trójmiejskim Inteligentnym Systemem Transportu Aglomeracyjnego (TRI-STAR), który w nowoczesny sposób steruje ruchem drogowym w Trójmieście, wpływając tym samym na ilość emitowanych zanieczyszczeń do atmosfery. Sopocki Inkubator Przedsiębiorczości Społecznej wspiera osoby starsze, niepełnosprawne i bezdomne, czyli pomaga tym grupom społecznym, które w sposób szczególny narażone są na zmianę klimatu. Wprowadzenie na terenie całej aglomeracji trójmiejskiej, w tym Sopotu wspólnego, korzystnego biletu metropolitalnego w istotny sposób przyczynia się do obniżenia emisji szkodliwych dla atmosfery substancji. Realizacja projektu *Modernizacji oświetlenia ulicznego w Sopocie z zastosowaniem najnowszych technologii* dzięki zmniejszeniu zużycia energii elektrycznej przyczyni się do redukcji emisji gazów cieplarnianych. Obecnie miasto wspólnie z partnerem prywatnym przeprowadza termomodernizację 25 obiektów użyteczności publicznej wraz z instalacją inteligentnego systemu zarządzania energią [*Plan adaptacji...* 2018].

Miasto Sopot ma średni potencjał adaptacyjny w kategoriach:

- Przygotowanie służb miejskich – służby miejskie Sopotu dysponują bardzo dobrym wyposażeniem a ich dobre przygotowanie sprzętowe widoczne jest w szybkim i skutecznym reagowaniu na sytuacje kryzysowe oraz zagrożenia. Sopot pochwalić się może również dobrym monitoringiem Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego (WOPR) na miejskich plażach. Pomimo organizowania wspólnych szkoleń dla wszystkich jednostek i rodzajów służb doskonalenia, system przepływu informacji między poszczególnymi służbami w celu poprawy skuteczności wspólnych interwencji wymaga jeszcze dopracowania.
- Sieć infrastruktury społecznej – w mieście funkcjonuje wiele placówek i miejsc, które przygotowane są na pomoc mieszkańcom Sopotu, zwłaszcza tym grupom społecznym, które w największym stopniu narażone są na negatywne skutki zmiany klimatu. Jednakże projektem, który wymaga jeszcze ukończenia jest budowa Centrum Opieki Geriatrycznej w Sopocie, którego zadaniem będzie opieka nad starszymi mieszkańcami miasta. Równoległe z budową Centrum przygotowywane będą nowe programy opieki nad osobami starszymi.
- Współpraca w zakresie zarządzania kryzysowego – istnieje współpraca między służbami w przypadkach sytuacji kryzysowych. Poziom współpracy poszczególnych służb jest oceniany jako dobry, aczkolwiek przepływ informacji pomiędzy służbami a mieszkańcami wymaga udoskonalenia. System informacji powinien być zwrotny w obie strony – służb i mieszkańców. W mieście zrealizowany został partnerski projekt pn. „Budowa Sopockiego Centrum Ratownictwa Wodnego i wdrożenie elementów zintegrowanego systemu ratownictwa na terenie miasta Sopotu”. Partnerami w projekcie byli: Straż Miejska, Policja, WOPR, Polski Czerwony Krzyż (PCK), Pogotowie Ratunkowe, Państwowa

Straż Pożarna. Gmina zrealizowała także projekt partnerski z Gminą Miasta Gdańska pt.: „Rozbudowa systemów informowania i ostrzegania o zagrożeniach, w szczególności powodziowych dla Gdańska i Sopotu”. W ramach projektu dokonano zakupu wyposażenia w postaci systemów informowania i alarmowania oraz stacji pomiarowych.

Na uwagę zasługuje fakt, iż w żadnej z kategorii Sopot nie posiada niskiego potencjału adaptacyjnego [Plan adaptacji... 2018].

PODATNOŚĆ MIASTA NA ZMIANĘ KLIMATU

Podatność miasta na zmianę klimatu jest zależna od wrażliwości, a więc charakteru oraz stanu sektorów/obszarów, które determinują reagowanie miasta na zjawiska klimatyczne a także od potencjału adaptacyjnego, który może być wykorzystany przez miasto w radzeniu sobie z zagrożeniami. Przy ustalonym poziomie wrażliwości miasta jego podatność na zmianę klimatu jest tym większa im słabszy jest jego potencjał adaptacyjny; wysoki potencjał adaptacyjny może obniżyć podatność miasta na zmianę klimatu [Metodyka opracowania... 2016].

Ocena podatności miasta, tak jak ocena wrażliwości, odnosiła się do komponentów miasta. Ocenie podlegały komponenty, składające się na każdy z pięciu sektorów/obszarów najbardziej wrażliwych na zmiany klimatu – wybranych we wcześniejszym etapie. Przy dokonaniu tej oceny uwzględniono wyniki wielowymiarowej oceny potencjału adaptacyjnego miasta. To właśnie potencjał adaptacyjny miasta determinuje poziom podatności komponentów analizowanych sektorów/obszarów miasta. Podatność komponentów miasta na poszczególne zjawiska klimatyczne i ich pochodne została oceniona w czterostopniowej skali (0-3) [Metodyka opracowania... 2016].

Skala jest wyrażona następująco:

- Brak podatności komponentu na dane zjawisko (0) – brak zagrożenia życia i zdrowia ludzi; brak uszkodowanych; brak strat finansowych; brak zakłócenia w funkcjonowaniu danego komponentu.
 - Niska podatność komponentu na dane zjawisko (1) – zagrożenie komfortu życia; pojedyncze przypadki uszkodowanych; minimalne straty finansowe, minimalne zakłócenia w funkcjonowaniu danego komponentu.
 - Średnia podatność komponentu na dane zjawisko (2) – zagrożenie zdrowia; znacząca liczba uszkodowanych w wyniku np. zakłócenia funkcjonowania działalności gospodarczej, infrastruktury i usług, problemów zdrowotnych, wysiedlenia z domów; znaczące straty finansowe, znaczące zakłócenia w funkcjonowaniu danego komponentu.
 - Wysoka podatność komponentu na dane zjawisko (3) – zagrożenie życia ludzi, wysoka liczba uszkodowanych w wyniku np. zakłócenia funkcjonowania działalności gospodarczej, infrastruktury i usług, problemów zdrowotnych, wysiedlenia z domów; wysokie straty finansowe; uniemożliwienie funkcjonowania danego komponentu.
- Warto nadmienić, iż zidentyfikowany potencjał adaptacyjny miasta może spowodować, że:

1. Ocena podatności komponentu będzie na tym samym poziomie co ocena wrażliwości i tym samym oznacza, że zidentyfikowany potencjał adaptacyjny miasta jest niewystarczający aby uznać, że może on zredukować niekorzystne oddziaływanie stresora na badany receptor lub dotyczy to przypadku, gdy komponent uzyskał ocenę wrażliwości na poziomie 3 ze względu na zagrożenie życia ludzi.

2. Ocena podatności komponentu będzie na niższym poziomie niż ocena wrażliwości, co oznacza, że zidentyfikowany potencjał adaptacyjny miasta jest wystarczający by uznać, że może on redukować niekorzystne oddziaływanie stresora na badany receptor [Metodyka opracowania... 2016].

Problemy miasta Sopot wynikające z zagrożeń związanych ze zmianą klimatu dotyczą sektorów: zdrowie publiczne/grupy wrażliwe, transport, gospodarka wodna, energetyka i różnorodność biologiczna. Szczegóły oceny podatności przedstawiono w poniższej tabeli 11, agregując podatność wokół zdiagnozowanego narażenia na skutki zmian klimatu: termikę, opady, powietrze i wiatr.

Tabela 11. Ocena podatność miasta Sopotu na skutki zmian klimatu: termikę, opady, powietrze i wiatr

Sektor	Komponent	Termika	Opady	Powietrze	Wiatr
Zdrowie publiczne/ grupy wrażliwe	Populacja miasta	NISKA	NISKA	ŚREDNIA	WYSOKA
	Osoby >65 roku życia	ŚREDNIA	NISKA	ŚREDNIA	WYSOKA
	Dzieci <5 roku życia	ŚREDNIA	NISKA	NISKA	WYSOKA
	Osoby przewlekle chore (chOROBY układu krążenia i układu oddechowego)	NISKA	NISKA	ŚREDNIA	WYSOKA
	Osoby niepełnosprawne z ograniczoną mobilnością	ŚREDNIA	NISKA	NISKA	WYSOKA
	Osoby bezdomne	NISKA	NISKA	NISKA	WYSOKA
	Infrastruktura ochrony zdrowia	NISKA	NISKA	NISKA	WYSOKA
Transport (sieci – długość/rozplanowanie, obiekty – rodzaje/ lokalizacja, tabor, intensywność ruchu)	Infrastruktura opieki społecznej	NISKA	NISKA	NISKA	WYSOKA
	Podsystem szynowy	NISKA	NISKA	Nie dotyczy	WYSOKA
	Podsystem drogowy	NISKA	NISKA	Nie dotyczy	WYSOKA
	Podsystem lotniczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy	
	Podsystem wodny: śródlądowy, morski	NISKA	NISKA	Nie dotyczy	WYSOKA
Energetyka (sieci – długość/rozplanowanie, obiekty/urządzenia, rodzaje/lokalizacja, wielkość dostaw/wielkość konsumpcji)	Podsystem – transport publiczny miejski	BRAK	BRAK	Nie dotyczy	ŚREDNIA
	Podsystem elektroenergetyczny	ŚREDNIA	NISKA	Nie dotyczy	WYSOKA
	Podsystem ciepłowniczy	NISKA	NISKA	Nie dotyczy	NISKA
Gospodarka wodna (sieci – długość/rozplanowanie, obiekty/urządzenia – rodzaje/lokalizacja, wielkość dostaw/wielkość konsumpcji)	Podsystem zaopatrzenia w gaz	NISKA	NISKA	Nie dotyczy	NISKA
	Podsystem zaopatrzenia w wodę	BRAK	NISKA	Nie dotyczy	NISKA
	Podsystem gospodarki ściekowej	NISKA	NISKA	Nie dotyczy	ŚREDNIA
Różnorodność biologiczna (osnowa przyrodnicza miasta)	Infrastruktura przeciwpowodziowa	NISKA	NISKA	Nie dotyczy	ŚREDNIA
	Chronione obszary i obiekty przyrodnicze	NISKA	ŚREDNIA	NISKA	ŚREDNIA
	Inne obszary o wysokich walorach przyrodniczych	NISKA	ŚREDNIA	NISKA	ŚREDNIA
	Korytarze ekologiczne	NISKA	NISKA	NISKA	ŚREDNIA

Zgodnie z przeprowadzoną kompleksową analizą, aby adaptować się do postępujących zmian klimatu, należy zmniejszać podatność miasta w tych sektorach, dla których podatność na dane zagrożenie zdiagnozowano jako wysoką i średnią. Taką wysoką diagnozę podatności postawiono dla następujących sektorów/komponentów, w powiązaniu z następującymi zagrożeniami:

1. Dla całego sektora zdrowie publiczne/grupy wrażliwe; z sektora transport komponenty: podsystem szynowy, podsystem drogowy i podsystem wodny, z sektora energetyka komponent: podsystem elektroenergetyczny w zakresie silnych i bardzo silnych wiatrów oraz burz (w tym burz z gradem).

Z kolei średnią podatność zdiagnozowano dla następujących sektorów/komponentów z następującymi zagrożeniami klimatycznymi:

1. Z sektora zdrowie publiczne/grupy wrażliwe komponenty: osoby >65 roku życia, dzieci <5 roku życia, osoby niepełnosprawne z ograniczoną mobilnością oraz z sektora energetyka komponent elektroenergetyczny w zakresie wysokiej temperatury powietrza, fal upałów.
2. Dla sektora różnorodność biologiczna komponenty: chronione obszary i obiekty przyrodnicze oraz inne obszary o wysokich walorach przyrodniczych w zakresie opadów atmosferycznych.
3. Dla sektora zdrowie publiczne/grupy wrażliwe komponenty: populacja miasta, osoby >65 roku życia oraz osoby przewlekle chore (choroby układu krążenia i układu oddechowego) w zakresie powietrza tj. koncentracji zanieczyszczeń powietrza.

Dla tych sektorów należy budować odporność na zidentyfikowane zagrożenia klimatyczne. Aby jednak odporność mogła być kształtowana w sposób odpowiedzialny potrzebna jest analiza ryzyka. Analiza ta pozwoli określić skalę negatywnych skutków, które zidentyfikowane zagrożenia mogą przynieść i prawdopodobieństwo ich wystąpienia. Działania adaptacyjne należy zaplanować i wdrażać tak, aby w pierwszej kolejności unikać tych skutków, które wystąpią z największym prawdopodobieństwem.

RYZIKO WYNIKAJĄCE ZA ZMIANY KLIMATU

Dla miasta Sopot ryzyko wynikające ze zmiany klimatu na bardzo wysokim poziomie oszacowano dla wszystkich pięciu najbardziej wrażliwych sektorów tj. zdrowia publicznego/ grup wrażliwych, energetyki, gospodarki wodnej, transportu i różnorodności biologicznej.

Ryzyko na poziomie wysokim dla sektora zdrowie publiczne/grupy wrażliwe zidentyfikowano dla takich zjawisk, jak: temperatura minimalna powietrza, wzrost poziomu morza w odniesieniu do komponentów:

- populacja miasta,
- osoby >65 roku życia,
- dzieci <5 roku życia,
- osoby przewlekle chore (choroby układu krążenia i układu oddechowego),
- osoby niepełnosprawne z ograniczoną mobilnością,
- osoby bezdomne,
- infrastruktura ochrony zdrowia.

oraz deszcze nawalne, powódź od strony morza i powódzie nagłe/miejskie w odniesieniu do komponentów:

- populacja miasta,
- osoby >65 roku życia,
- dzieci <5 roku życia,
- osoby przewlekle chore (choroby układu krążenia i układu oddechowego),
- osoby niepełnosprawne z ograniczoną mobilnością,
- osoby bezdomne,
- infrastruktura ochrony zdrowia,
- infrastruktura opieki społecznej.

Ryzyko na poziomie wysokim dla sektora energetyka zidentyfikowano dla takich zjawisk, jak: temperatura minimalna i maksymalna powietrza, liczba stopniodni >27, powódzie nagłe/powódzie miejskie, burze (burze z gradem) w odniesieniu do komponentów:

- ciepłownictwo,
- zaopatrzenie w gaz,
- elektroenergetyka.

Ryzyko na poziomie wysokim dla sektora gospodarka wodna zidentyfikowano dla takich zjawisk, jak: temperatura minimalna i maksymalna powietrza, liczba stopniodni >27, powódzie nagłe/powódzie miejskie, burze (burze z gradem) w odniesieniu do komponentów:

- zaopatrzenie w wodę,
- gospodarka ściekowa,
- infrastruktura przeciwpowodziowa,

oraz deszcze nawalne, powódź od strony morza i powódzie nagłe/miejskie w odniesieniu do komponentów:

- zaopatrzenie w wodę,
- gospodarka ściekowa,
- infrastruktura powodziowa.

Ryzyko na poziomie wysokim dla sektora transport zidentyfikowano dla takich zjawisk, jak: temperatura minimalna i maksymalna powietrza, liczba stopniodni >27, wzrost poziomu morza w odniesieniu do komponentów:

- podsystem szynowy,
- podsystem drogowy,
- podsystem wodny: śródlądowy, morski,
- podsystem transport publiczny miejski

oraz deszcze nawalne, powódź od strony morza i powódzie nagłe/miejskie w odniesieniu do komponentów:

- podsystem szynowy,
- podsystem drogowy,
- podsystem wodny: śródlądowy, morski,
- podsystem transport publiczny miejski,

jak i silny i bardzo silny wiatr oraz burze (w tym burze z gradem) w odniesieniu do komponentów:

- podsystem drogowy,
- podsystem transport publiczny miejski,
- podsystem kolejowy,
- podsystem wodny: śródlądowy, morski.

Ryzyko na poziomie wysokim dla sektora różnorodność biologiczna zidentyfikowano dla takich zjawisk, jak: temperatura minimalna i maksymalna powietrza, liczba stopniodni >27, wzrost poziomu morza w odniesieniu do komponentów:

- chronione obszary i obiekty przyrodnicze,
- inne obszary o wysokich walorach przyrodniczych,
- korytarze ekologiczne.

W tej grupie stresorów wysokie ryzyko, przy dużym prawdopodobieństwie wystąpienia zjawiska oraz wysokich i średnich konsekwencjach, generują deszcze nawalne, powódź od strony morza i powódzie nagłe/ powódzie miejskie. Narazone są na nie chronione obszary i obiekty przyrodnicze, oraz inne obszary o wysokich walorach przyrodniczych i korytarze ekologiczne. Obserwuje się już teraz wzrost populacji dzikich zwierząt, zwłaszcza dzików, których okres rozrodczy się zwiększył. W zwiększonej ilości pojawiają się lisy i borsuki. Pojawianie się tych zwierząt w obszarze miejskim może stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa mieszkańców. Silny i bardzo silny wiatr oraz burze (w tym burze z gradem) generuje ryzyko na poziomie wysokim dla wszystkich komponentów w sektorze różnorodność biologiczna [*Plan adaptacji...* 2018].

PODSUMOWANIE

Uwzględnienie prognozowanych zmian klimatu w planowaniu rozwoju miasta jest niezbędne dla zapewnienia bezpiecznego i sprawnego jego funkcjonowania oraz wysokiej jakości życia mieszkańców. Przyjmując Plan adaptacji Miasta Sopot do zmian klimatu do roku 2030, władze miasta, urzędnicy jak i mieszkańcy Sopotu dostrzegają najważniejsze zagrożenia związane ze zmianą klimatu, do których należą: nagłe powódzie miejskie (typu flash flood), powódzie od strony morza, wzrost poziomu morza, silne porywy wiatru, intensywne burze, deszcze nawalne oraz zwiększającą się częstotliwość występowania fal upałów i dni gorących. Ponieważ, jak wskazują scenariusze zmiany klimatu oraz naukowe opracowania klimatyczne, w perspektywie roku 2030 należy się spodziewać pogłębienia tendencji zmian zjawisk klimatycznych zaobserwowanych w przeszłości, i tym samym miasto powinno tworzyć struktury przestrzenne, społeczne i gospodarcze przygotowane na wymienione wyżej zjawiska.

Koniecznością i wyzwaniem staje się więc kształtowanie polityki rozwoju i wizji miasta uwzględniającej nowe warunki klimatyczne i adaptację do zmiany klimatu. Cele zapisane w Planie Adaptacji dotyczą głównie tych sektorów, które zostały uznane za najbardziej wrażliwe na zmianę klimatu w Sopocie, tj.: zdrowie publiczne/grupy wrażliwe, gospodarka wodna, transport, energetyka i różnorodność biologiczna. W Planie Adaptacji uwzględniono działania, będące odpowiedzią władz i mieszkańców Sopotu na zagrożenia w wymienionych obszarach funkcjonowania miasta. Realizowanie ich będzie zmierzało do wypełnienia wizji miasta, w której dostrzeżę się

konieczność uwzględnienia nowych warunków klimatycznych w polityce rozwoju miasta. Praca powstała w ramach opracowania planów adaptacji do zmian klimatu w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców.

LITERATURA

Metodyka opracowania projektu miejskiego planu adaptacji na podstawie oferty do Zamówienia pn.

„Opracowanie planów adaptacji do zmian klimatu w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców”, 2016
Plan adaptacji Miasta Sopot do zmian klimatu do roku 2030, 2018

Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Sopotu, 2015

ASSESSMENT OF VULNERABILITY AND RISK RESULTING FROM CLIMATE CHANGE IN THE CITY OF SOPOT

Abstract: The purpose of the article was to assess the vulnerability and risk associated with climate change in Sopot. Assessment of vulnerability of cities to climate change was the result of a vulnerability assessment for these changes, as well as the assessment of its potential adaptive. To identify the risks associated with climate change was used the five most sensitive sectors/areas of the city, chosen in the framework of stages: an assessment of vulnerability. Using the dependence of that risk is the product of the magnitude of the consequences (impacts) phenomena and probability of occurrence, to determine the levels of risks associated with climate change. The assessment of the likelihood of occurrence and scale of its impact was impossible to assess grade risk, and, consequently, the urgency of taking adaptation measures in the sector/region, are most susceptible instance of this threat/climate events. Based on analysis it was found that Sopot is the most sensitive to systematic increase in maximum, minimum and average air temperature at the rate of approx. 0,03°C/year, the increase in the number of days with moderate and heavy precipitation, the occurrence of prolonged dry seasons, strong wind, in particular, steadily increasing winds and dangerous gusts that can exceed even the speed of 120 km/h, and also the occurrence of intense storms and increasing mean sea level. These phenomena and climatic conditions create additional inconvenience such as increase in the number of hot days and cold waves, the systematic decrease in the number of days of heating and a slight increase in the number of days of cooling, the presence of late spring frosts, the snow cover of considerable thickness and the occurrence of local, sudden floods the city, causing flooding on streets, tunnels, buildings, in basements and garages, as a result of strong short-term precipitation is not expected high performance as well as emergency storm floods. For city of Sopot for the five most sensitive sectors, i.e. public health/vulnerable groups, energy, water, transport and biodiversity risks associated with climate change, estimated at a very high level. This level indicates a phenomenon/threats that require from the city authorities the absolute implementation of adaptation measures as soon as possible.

Key words: climate change, vulnerability, city sensitivity, city adaptation potential, risk assessment.

III. INSTRUMENTY WSPIERAJĄCE KOORDYNACJĘ ZADAŃ GOSPODARKI WODNEJ Z PLANOWANIEM PRZESTRZENNYM

III.1. ZAKRES OPRACOWANIA MAP ZAGROŻENIA POWODZIOWEGO (MZP) I MAP RYZYKA POWODZIOWEGO (MRP) W RAMACH II CYKLU PLANISTYCZNEGO

Paweł Przygodzki / IMGW-PIB

Streszczenie: Mapy zagrożenia powodziowego (MZP) i mapy ryzyka powodziowego (MRP) opracowywane są na podstawie zapisów Dyrektywy Powodziowej. Postanowienia Dyrektywy Powodziowej zostały implementowane do polskiego systemu prawnego ustawą o zmianie ustawy Prawo wodne. Szczegółowe wymagania dotyczące opracowywania map są zawarte w rozporządzeniu w sprawie opracowywania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego. Podstawową treścią MZP i MRP są obszary zagrożenia powodziowego. Według rozporządzenia obszar zagrożenia powodziowego wyznacza się na podstawie rzędnych zwierciadła wody, uzyskanych w wyniku matematycznego modelowania hydraulicznego, z wykorzystaniem systemów informacji geograficznej (GIS), bazując na numerycznym modelu terenu (NMT). W I cyklu planistycznym MZP i MRP opracowano dla rzek lub odcinków rzek o łącznej długości ok. 14,4 tys. km. W ramach II cyklu planistycznego MZP i MRP opracowywane są w ramach zamówienia *Przegląd i aktualizacja map zagrożenia i map ryzyka powodziowego*. W ramach II cyklu planistycznego do opracowania MZP i MRP wyznaczono:

- aktualizację MZP i MRP dla ok. 200 km rzek, dla których potrzeba wykonania aktualizacji została zidentyfikowana na etapie konsultacji planów zarządzania ryzykiem powodziowym (PZRP);
- najbardziej istotne przypadki aktualizacji MZP i MRP dla ok. 6,7 tys. km rzek z I cyklu planistycznego (4,5 tys. km rzek realizowane w ramach zamówienia podstawowego oraz 2,2 tys. km w ramach zamówienia dodatkowego);
- opracowanie nowych MZP i MRP dla ok. 13,5 tys. km rzek, dla których zakres został zdefiniowany we wstępnej ocenie ryzyka powodziowego w I cyklu planistycznym;
- opracowanie nowych MZP i MRP dla ok. 1,4 tys. km rzek, dla których zakres został zdefiniowany w aktualizacji wstępnej ocenie ryzyka powodziowego w II cyklu planistycznym (realizowane w ramach zamówienia dodatkowego)

W II cyklu planistycznym, zgodnie z ustawą Prawo wodne, wykonuje się następujące scenariusze powodziowe: dla prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi o przepływie 0,2% (raz na 500 lat), 1% (raz na 100 lat), 10% (raz na 10 lat); dla scenariusza całkowitego zniszczenia wału przeciwpowodziowego (wyznaczone dla przepływu o prawdopodobieństwie wystąpienia 1%), dla scenariusza zniszczenia lub uszkodzenia budowli piętrzącej¹³.

Słowa kluczowe: Mapy zagrożenia powodziowego, mapy ryzyka powodziowego, scenariusze powodziowe, modelowanie hydrauliczne.

PODSTAWA PRAWNA OPRACOWANIA MAP ZAGROŻENIA POWODZIOWEGO (MZP) I MAP RYZYKA POWODZIOWEGO (MRP)

Dyrektywa Powodziowa [2007/60/WE] nałożyła na kraje członkowskie Unii Europejskiej obowiązek opracowania dokumentów planistycznych, stanowiących podstawę dla podejmowania działań mających na celu ograniczenie negatywnych konsekwencji dla zdrowia i życia ludzi, działalności gospodarczej, środowi-

¹³ Scenariusz poza zakresem opracowania zamówienia *Przegląd i aktualizacja map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego*.

ska i dziedzictwa kulturowego. Postanowienia dyrektywy zostały implementowane do polskiego systemu prawnego ustawą o zmianie ustawy Prawo wodne oraz niektórych innych ustaw z dnia 5 stycznia 2011 r. [Dz.U. 2011 Nr 32, poz. 159], która weszła w życie 18 marca 2011 roku. Nowy akt prawny, zwany dalej „ustawą Prawo wodne”, która weszła w życie 1 stycznia 2018 r. [Dz.U. 2020, poz. 310, z późn. zm.], zachowuje ważność ww. dokumentów planistycznych (art. 555 ust. 2 pkt 4, 5, 7 i 9) i nakazuje ich przegląd co 6 lat oraz w razie potrzeby aktualizację. Szczegółowe wymagania dotyczące opracowywania map zostały zawarte w rozporządzeniu Ministra Środowiska, Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministra Administracji i Cyfryzacji oraz Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie opracowywania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego [Dz.U. 2013, poz. 104]. Dla celów realizacji II cyklu planistycznego zostało wydane nowe Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 4 października 2018 r. w sprawie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego [Dz.U. 2018, poz. 2031] zwana dalej „Rozporządzeniem”.

Mapy zagrożenia powodziowego (MZP) przedstawiają poziom zagrożenia dla powodzi o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia na danym terenie. Podstawową ich treścią są obszary zagrożenia powodziowego, w tym obszary szczególnego zagrożenia powodzią, które uwzględnia się w dokumentach planistycznych zagospodarowania przestrzennego. W obszarach szczególnego zagrożenia powodziowego obowiązują przepisy prawne regulujące sposób ich zagospodarowania.

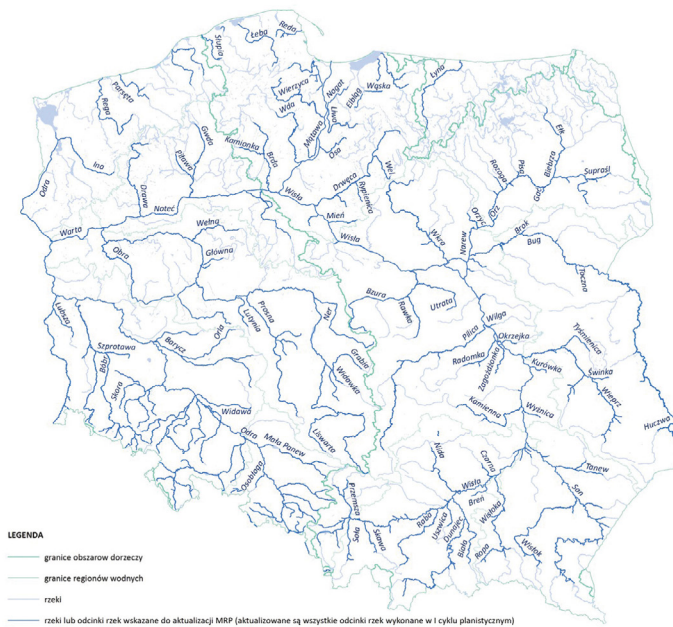
ZAKRES OPRACOWANIA MZP I MRP W I I II CYKLU PLANISTYCZNYM

W niniejszym artykule przedstawiono zakres opracowania MZP i MRP dla powodzi rzecznych. W ramach przeglądu i aktualizacji wstępnej oceny ryzyka powodziowego (aWORP) z 2018 r. wskazano obszary narażone na niebezpieczeństwo powodzi. Zakwalifikowano do nich rzeki o łącznej długości ponad 29 tys. km, w tym:

- rzeki o łącznej długości ok. 14,4 tys. km, dla których opracowano mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego w I cyklu planistycznym (rys. 1);
- rzeki o łącznej długości ok. 14,9 tys. km do opracowania map w II cyklu planistycznym (na podstawie aWORP).

W II cyklu planistycznym MZP i MRP są aktualizowane i opracowywane w ramach projektu *Przegląd i aktualizacja map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego* (nr projektu: POIS.02.01.00-00-0013/16), finansowanego ze środków Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020 (Oś priorytetowa II: Ochrona środowiska w tym adaptacja do zmian klimatu, Działanie 2.1 Adaptacja do zmian klimatu wraz z zabezpieczeniem i zwiększeniem odporności na klęski żywiołowe, w szczególności katastrofy naturalne oraz monitoring środowiska). Projekt jest realizowany przez Konsorcjum IMGW-PIB – ARCA-DIS sp. z o.o. – MGGP S.A na zlecenie Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie – Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej. Do opracowania MZP i MRP w II cyklu planistycznym wyznaczono:

- aktualizację MZP i MRP dla ok. 200 km rzek, dla których potrzeba wykonania aktualizacji została zidentyfikowana na etapie konsultacji planów zarządzenia ryzykiem powodziowym (PZRP) (rys. 2a);

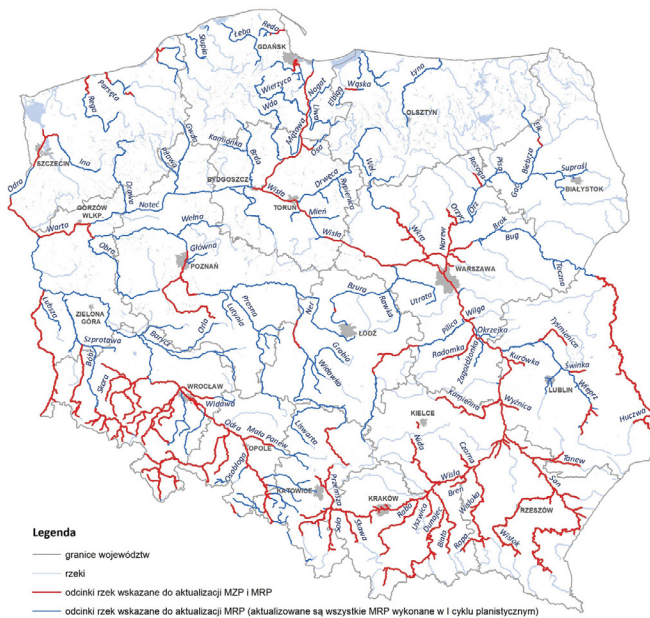


Rys. 1. Zakres opracowania MZP i MRP w I cyklu planistycznym [Raport z przeglądu... 2019]

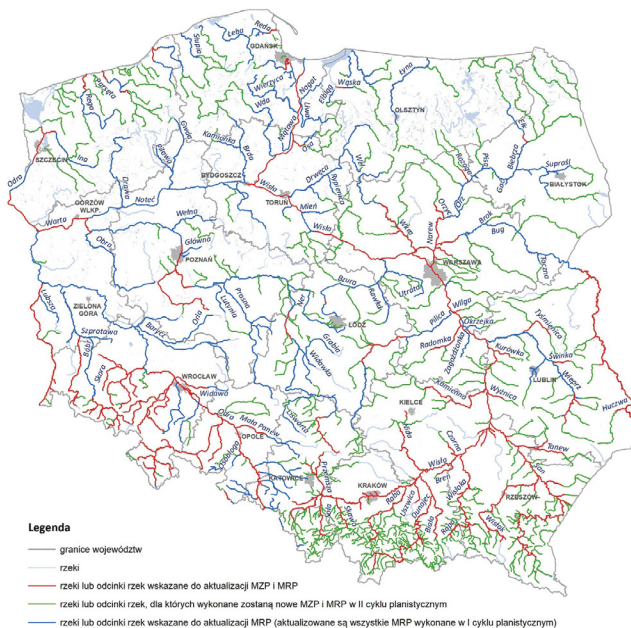


Rys. 2a. Zakres aktualizacji MZP i MRP w II cyklu planistycznym w terminie do II kwartału 2018 r.

[Raport z przeglądu... 2019]



Rys. 2b. Zakres aktualizacji MZP i MRP opracowanych w ramach I cyklu planistycznego w II cyklu planistycznym
 [Raport z przeglądu... 2019]

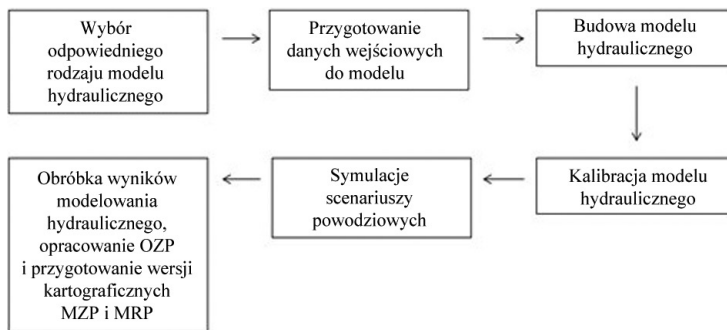


Rys. 2c. Zakres aktualizacji MZP i MRP opracowanych w ramach I cyklu planistycznego w II cyklu planistycznym
 [Raport z przeglądu... 2019]

- najbardziej istotne przypadki aktualizacji MZP i MRP dla ok. 6,7 tys. km rzek z I cyklu planistycznego (4,5 tys. km rzek realizowane w ramach zamówienia podstawowego oraz 2,2 tys. km w ramach zamówienia podobnego) (rys. 2b);
- opracowanie nowych MZP i MRP dla ok. 13, 5 tys. km rzek, dla których zakres został zdefiniowany we wstępnej ocenie ryzyka powodziowego w I cyklu planistycznym (rys. 2c);
- opracowanie nowych MZP i MRP dla rzek, dla których zakres został zdefiniowany w aktualizacji wstępnej ocenie ryzyka powodziowego w II cyklu planistycznym (realizowane w ramach zamówienia podobnego).

MODELOWANIE HYDRAULICZNE

Podstawową treścią prezentowaną na mapach MZP i MRP są obszary zagrożenia powodziowego (OZP). Według *Rozporządzenia* (§ 9.1) obszar zagrożenia powodziowego wyznacza się na podstawie rzędnych zwierciadła wody, uzyskanych w wyniku matematycznego modelowania hydraulicznego, z wykorzystaniem systemów informacji geograficznej (GIS), bazując na numerycznym modelu terenu (NMT). Proces wyznaczania obszarów zagrożenia powodziowego został schematycznie przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat procesu opracowania OZP [Przygodzki 2014]

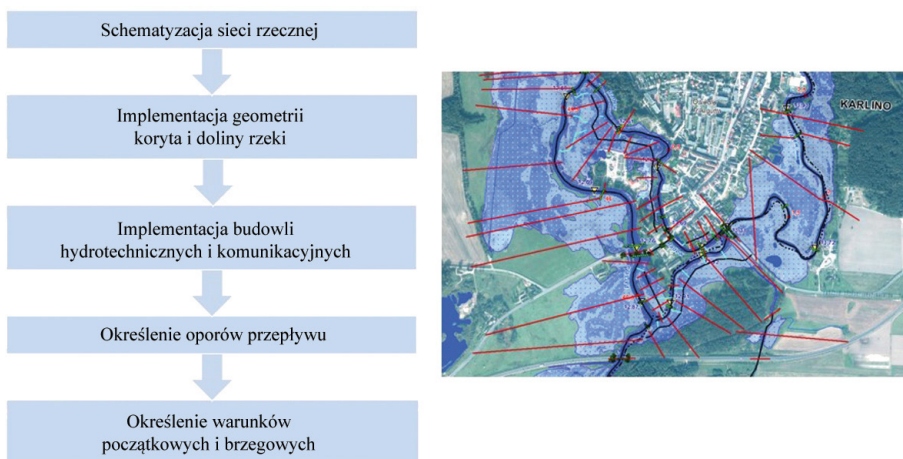
Zgodnie z § 9.2. *Rozporządzenia* matematyczne modelowanie hydrauliczne wykonuje się za pomocą modeli:

- jednowymiarowego modelu przepływu (1D), w którym wektor prędkości ma jedną niezerową składową;
- dwuwymiarowego modelu przepływu (2D), w którym wektor prędkości ma dwie niezerowe składowe.

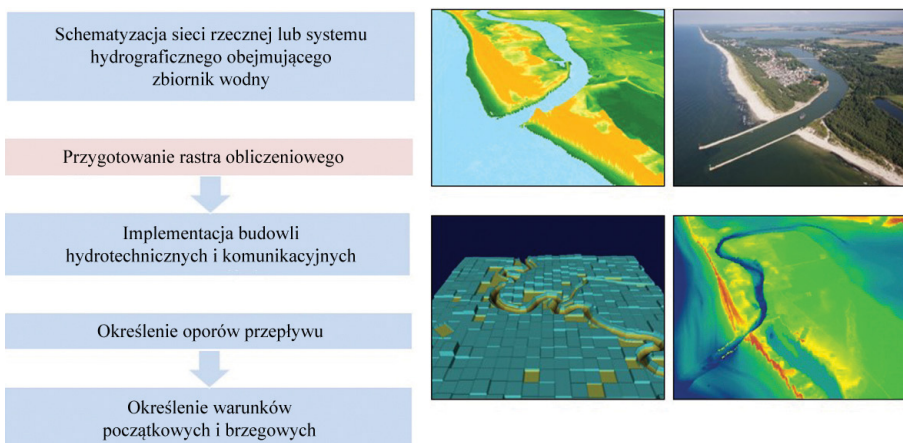
W obszarach wskazanych do modelowania dwuwymiarowego zostało dopuszczone wykonanie modeli hybrydowych (1D/2D), składające się z modelu jednowymiarowego dla koryt cieków oraz modelu dwuwymiarowego dla terenów zalewowych. Modele dwuwymiarowe są wykonywane przede wszystkim dla miast wojewódzkich i miast na prawach powiatu oraz innych miast o liczbie mieszkańców przekraczających 100 tys. osób.

BUDOWA MODELU HYDRAULICZNEGO

Proces budowy modelu hydraulicznego jest poprzedzany wyborem odpowiedniego jego typu dla danej rzeki w zależności od specyficznych cech hydrograficznych danego obszaru oraz zgodnie z *Rozporządzeniem*. Podstawą zbudowania odpowiednio funkcjonującego jednowymiarowego modelu hydraulicznego 1D jest: wykonanie prawidłowej schematyzacji sieci cieków i implementacji geometrii koryta oraz doliny cieku, zdefiniowanie połączeń między równoległymi liniowymi strukturami przepływu w celu zapewnienia kontaktu hydraulicznego i wymiany wody, prawidłowe przyjęcie oporów przepływu (współczynników szorstkości), prawidłowe zdefiniowanie i lokalizacja warunków początkowych i brzegowych (rys. 4).



Rys. 4. Schemat procesu budowy modelu jednowymiarowego [Przygodzki 2014]



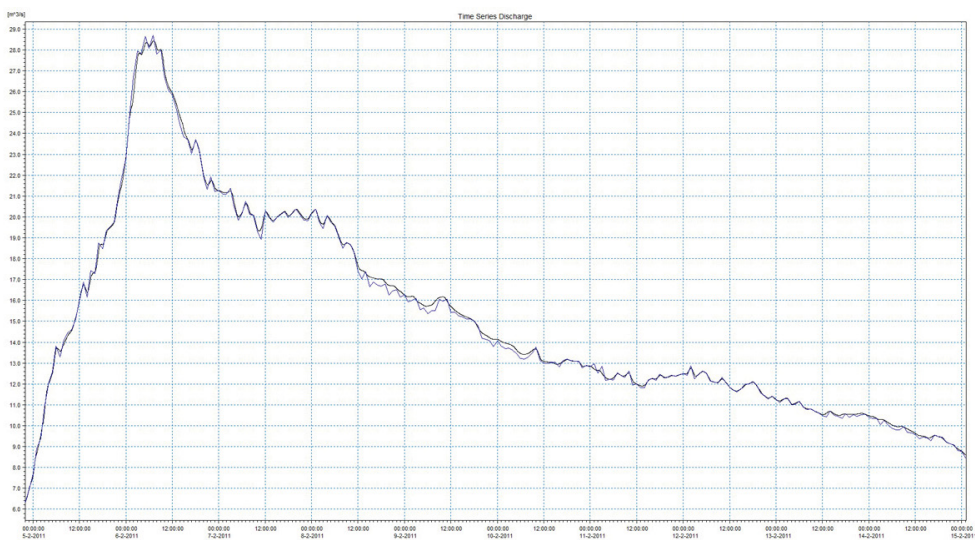
Rys. 5. Schemat procesu budowy modelu dwuwymiarowego [Przygodzki 2014]

W dwuwymiarowym modelu hydraulicznym 2D podstawą obliczeń modelowych jest raster obliczeniowy przygotowany na bazie Numerycznego Modelu Terenu (NMT), o odpowiednio dobranej do warunków terenowych rozdzielczości (zazwyczaj zawartej w przedziale od 2 do 10 m) – rysunek 5. Ze względu na brak w NMT informacji dotyczącej batymetrii koryt cieków (skaning LiDAR obejmował jedynie zwierciadło wody powierzchniowej), raster obliczeniowy wymaga uszczegółowienia w strefach kortowych, a także w obszarach występowania wałów przeciwpowodziowych i różnego rodzaju nasypów, determinujących kierunek przepływu wody w dolinie.

Aplikacja hybrydowa umożliwia łączenie funkcjonalności modelowania jedno- i dwuwymiarowego. Budowa modelu hybrydowego opiera się na prawidłowym zbudowaniu modeli jedno- i dwuwymiarowych, będących jego składowymi oraz prawidłowym zdefiniowaniu połączeń między nimi.

KALIBRACJA I WERYFIKACJA MODELU

Modele hydrauliczne, o odpowiednio przyjętych parametrach, poddawane są procesowi kalibracji w oparciu na rzeczywistych danych hydrologicznych, pochodzących z posterunków wodowskazowych lub stacji mareograficznych. Na podstawie jej wyników dokonuje się optymalizacji parametrów modelu, tak by uzyskać możliwe jak najlepsze dopasowanie hydrogramów fal obliczeniowych do fal rzeczywistych. Na rysunku 6 przedstawiono dopasowanie hydrogramów fali rzeczywistej z hydrogramem fali modelowej dla wezbrania na rzece Redzie w profilu stacji wodowskazowej w Wejherowie dla wezbrania z 2011 roku.



Rys. 6. Wyniki kalibracji przepływów fali powodziowej z 2011 r. modelu dla rzeki Redy (stacja wodowskazowa Wejherowo)

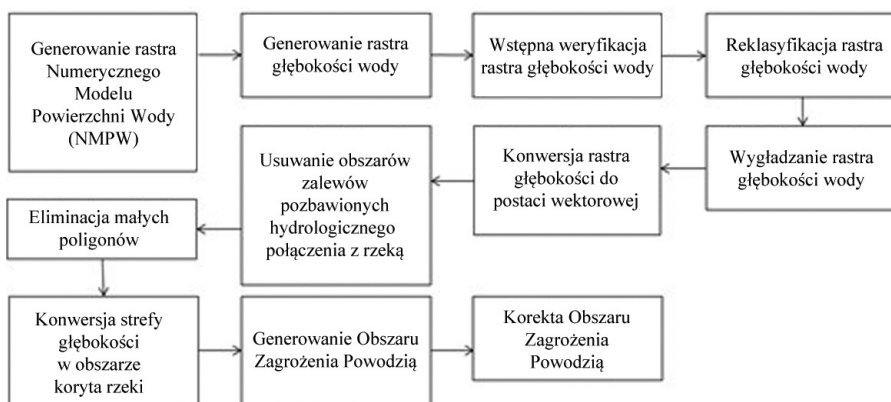
OBLICZENIA SCENARIUSZY POWODZIOWYCH

W II cyklu planistycznym, zgodnie z ustawą Prawo wodne, wykonuje się następujące scenariusze powodziowe:

- Scenariusz I – obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest niskie i wynosi 0,2% (raz na 500 lat);
- Scenariusz II – obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi 1% (raz na 100 lat);
- Scenariusz III – obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest wysokie i wynosi 10% (raz na 10 lat);
- Scenariusz IV – obszary narażone na zalanie w przypadku całkowitego zniszczenia wału przeciwpowodziowego (wyznaczone dla przepływu o prawdopodobieństwie wystąpienia 1%);
- Scenariusz V¹⁴ – obszary narażone na zalanie w przypadku zniszczenia lub uszkodzenia budowli piętrzącej.

WYZNACZENIE OBSZARÓW ZAGROŻENIA POWODZIOWEGO NA PODSTAWIE WYNIKÓW MODELOWANIA HYDRAULICZNEGO

Wyniki modelowania jedno- i dwuwymiarowego stanowią podstawę wyznaczenia obszarów zagrożenia powodziowego na mapach zagrożenia powodziowego (rys. 7). Obszary zagrożenia powodziowego są opracowane przy użyciu oprogramowania GIS, w postaci bazy numerycznej z określoną strukturą atrybutową. Prezentowane są na MZP w wersji kartograficznej (.pdf, .geotiff). W tym celu poszczególne arkusze map podlegają redakcji kartograficznej. Dla obszarów zagrożenia powodziowego na mapach MZP określone są wartości głębokości wody, a dla dużych miast również prędkości i kierunku przepływu wody. Informacje o głębokościach i prędkościach wody są pogrupowane w sposób odzwierciedlający stopień zagrożenia powodziowego – im większa głębokość i im większa prędkość wody, tym większe zagrożenie powodziowe.



Rys. 7. Schemat procesu konwersji wyników modelowania hydraulicznego do OZP

¹⁴ Scenariusz poza zakresem opracowania zamówienia *Przeгляд i aktualizacja map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego*.

Ponadto na MZP przedstawione są maksymalne rzędne zwierciadła wody i rzędne korony wałów przeciwpowodziowych.

OPRACOWANIE MAP RYZYKA POWODZIOWEGO

Na MRP prezentowane są potencjalne skutki, jakie na obszarach zagrożenia powodziowego może spowodować powódź. Uwzględnione są również obiekty istotne z punktu widzenia ochrony przed powodzią.

Zgodnie z § 12.1. *Rozporządzenia* mapy ryzyka powodziowego w wersji kartograficznej opracowuje się w dwóch zestawach tematycznych:

- 1) Mapę ryzyka powodziowego, przedstawiającą potencjalnie negatywne skutki dla życia i zdrowia ludzi oraz wartości potencjalnych strat powodziowych z elementami:
 - budynki mieszkalne,
 - obiekty o szczególnym znaczeniu społecznym, w tym: szpitale, szkoły, przedszkola, żłobki, hotele, centra handlowo-usługowe, jednostki policji, jednostki ochrony przeciwpożarowej, jednostki straży granicznej, domy pomocy społecznej, placówki zapewniające całodobową opiekę osobom niepełnosprawnym, przewlekle chorym lub osobom w podeszłym wieku i hospicjów, zakłady karne, zakłady poprawcze, areszty śledcze;
 - szacunkowa liczba mieszkańców zagrożonych powodzią;
 - wartości potencjalnych strat powodziowych (w układzie klas użytkowania terenu).
- 2) Mapę ryzyka powodziowego, przedstawiającą potencjalnie negatywne skutki dla środowiska, dziedzictwa kulturowego i działalności gospodarczej, z elementami:
 - klasy użytkowania terenu z uwzględnieniem terenów zabudowy mieszkaniowej, terenów przemysłowych, terenów komunikacyjnych, lasów, terenów rekreacyjno-wypoczynkowych, gruntów ornych i upraw trwałych, użytków zielonych, wód powierzchniowych, pozostałych terenów;
 - ujęcia wód powierzchniowych i podziemnych;
 - strefy ochronne ujęć wody;
 - kąpieliska;
 - formy ochrony przyrody, z uwzględnieniem obszarów Natura 2000, parków narodowych i rezerwatów przyrody;
 - ogrody zoologiczne;
 - obiekty i obszary cenne kulturowo, z uwzględnieniem zabytków nieruchomych, muzeów, skansenów, bibliotek, archiwów, pomników zagłady, obiektów światowego dziedzictwa UNESCO;
 - zakłady przemysłowe;
 - potencjalne ogniska zanieczyszczeń wód, z uwzględnieniem oczyszczalni i przepompowni ścieków, składowisk odpadów i cmentarzy.

MRP w II cyklu planistycznym powstają/są aktualizowane dla całego zakresu MZP opracowywanych w I i II cyklu planistycznym. MRP podlegają aktualizacji w przypadku zmiany obszarów zagrożenia powodziowego przedstawionych na MZP oraz zmiany danych wejściowych do opracowania MRP. Aktualizacji

map ryzyka powodziowego (MRP) w II cyklu planistycznym podlegają wszystkie rzeki lub odcinki rzek, dla których zostały wykonane mapy w I cyklu planistycznym (ok. 14,4 tys. km) ze względu na aktualizację danych wejściowych do opracowania MRP.

Wszystkie produkty powstające w ramach projektu, w tym aktualizacji i opracowania MZP i MRP podlegają kontroli przez firmę świadczącą usługi wsparcia merytorycznego dla Zamawiającego.

LITERATURA

2007/60/WE, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim, EUR-Lex, Bruksela

Dz.U. 2013, poz. 104, Rozporządzenie Ministra Środowiska, Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministra Administracji i Cyfryzacji oraz Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie opracowywania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego, Internetowy System Aktów Prawnych, Sejm RP

Dz.U. 2017, poz. 1566, Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne, Internetowy System Aktów Prawnych, Sejm RP

Dz.U. 2018, poz. 2031, Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 4 października 2018 r. w sprawie opracowania map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego, Internetowy System Aktów Prawnych, Sejm RP

Przygodzki P., 2014, Wyznaczanie obszarów zagrożenia powodziowego z wykorzystaniem modelowania hydraulicznego ze szczególnym uwzględnieniem wezbrań morza, materiały niepublikowane,

Raport z wykonania przeglądu map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego, 2019, Konsorcjum IMGW-PIB – ARCADIS Sp. z o.o., Przegląd i aktualizacja map zagrożenia i map ryzyka powodziowego, Warszawa, KZGW

THE SCOPE OF DEVELOPMENT OF FLOOD HAZARD MAPS AND FLOOD RISK MAPS IN 2ND PLANNING CYCLE IN POLAND

Abstract: Flood hazard maps (FHMs) and flood risk maps (FRMs) are compiled on the basis of the provisions of the Floods Directive. The provisions of the Floods Directive have been implemented into the Polish legal system by the 'Water Law'. Detailed requirements for mapping are included in the government regulation on the development of flood risk maps and flood risk maps. The basic content of FHMs and FRMs are flood hazard areas. According to the regulation, the flood hazard areas are determined on the basis of mathematical hydraulic modeling, using geographical information systems (GIS), based on the numerical terrain model (DTM). In the first planning cycle, FHMs and FRMs were developed for rivers or sections of rivers with a total length of approx. 14,4 thousand km. In the second planning cycle, FHMs and FRMs are being developed under the order Review and analysis of flood hazard maps and flood risk maps (project number: POIS.02.01.00-00-0013/16). During the second planning cycle to develop the FHMs and FRMs, the following rivers were designated:

- updating the FHMs and FRMs for approx. 200 km of rivers, for which the need to carry out the update has been identified at the stage of consultations of flood risk management plans (FRMP);

- the most urgent cases of FHMs and FRMs update for approx. 6,7 thousand km of rivers from the first planning cycle, for which the scope was defined in Review of MZP and MRP as part of the implementation of the second planning cycle);
- development of new FHMs and FRMs for approx. 13,5 thousand km of rivers for which the scope was defined in the preliminary flood risk assessment (WORP) in the first planning cycle;
- development of new FHMs and FRMs for approximately 1,4 thousand km of rivers for which the scope was defined in the preliminary flood risk assessment in the second planning cycle (aPFRA).

In the second planning cycle, according to the 'Water Law', the following flood scenarios are implemented: for the probability of a flood of 0.2% (once every 500 years), 1% (once every 100 years), 10% (once every 10 years); for a case scenario of total destruction of a flood embankment (determined for a flow with a probability of occurrence of 1%), determining of areas exposed to flooding in the event of the dam failure.

Key words: Flood hazard maps, flood risk maps, flood scenarios, hydraulic modeling.

III.2. OPŁATY ZA WODY OPADOWE A FINANSOWANIE KANALIZACJI DESZCZOWEJ I ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

Izabela Godyń / Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Streszczenie: Ustawa Prawo wodne z 20 lipca 2017 r. wprowadziła znaczące zmiany w sektorze gospodarki wodnej, m.in. nowy system finansowania wraz z ekonomicznymi instrumentami zarządzania, takimi jak opłaty za usługi wodne. Zmieniły się również zapisy ustawy o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków, co wpłynęło na funkcjonowanie przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych. W obecnej sytuacji – wyłączenia wód opadowych z definicji ścieków – nie jest możliwe oparcie finansowania kosztów eksploatacji kanalizacji deszczowej na taryfach. Zgodnie z zapisami Ustawy o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków, taryfy obejmują jedynie zbiorowe zaopatrzenie w wodę i zbiorowe odprowadzanie ścieków. Wody opadowe odprowadzane systemem kanalizacji nie są w nowej sytuacji prawnej ściekami, stąd kosztowna usługa ich odprowadzania, świadczona głównie przez przedsiębiorstwa wodociągowe, nie może być finansowana przez system taryf. Z kolei wprowadzone ustawą Prawo wodne opłaty za odprowadzanie wód opadowych i roztopowych do wód oraz opłaty za zmniejszenie retencji naturalnej będą stanowiły źródło przychodów administratora rzek – Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie. W artykule przedstawiono konstrukcję obecnego systemu finansowania w aspekcie gospodarowania wodami opadowymi – jego zasady, strukturę, stawki, a także błędy i luki.

Słowa kluczowe: Wody opadowe, opłaty za usługi wodne, opłaty za odprowadzanie wód opadowych.

SYSTEM FINANSOWANIA GOSPODARKI WODNEJ (W ZAKRESIE GOSPODAROWANIA WODAMI OPADOWYMI) WEDŁUG USTAWY PRAWO WODNE

Systemy kanalizacji ogólnospławnej i deszczowej są istotnym elementem infrastruktury, zapewniającej bezpieczeństwo mieszkańców oraz mienia prywatnego i publicznego na terenach zabudowanych. Jest to infrastruktura wysoce kapitałochłonna zarówno na etapie budowy, jak i eksploatacji. Ustawa z 20 lipca 2017 r. Prawo wodne przyniosła daleko idące zmiany w dopuszczalnych rozwiązaniach finansowania kosztów funkcjonowania kanalizacji deszczowej. Dotychczasowe taryfy za odprowadzanie ścieków opadowych, które w wielu polskich gminach stały się podstawowym źródłem finansowania eksploatacji kanalizacji opadowej, nie mogą funkcjonować w obecnym systemie prawnym z uwagi na zmianę definicji wód opadowych (nie są one zaliczane do ścieków, a więc nie można ustanowić taryfy za ich odprowadzanie). Nowe opłaty za odprowadzanie wód opadowych (oraz opłaty za zmniejszenie naturalnej retencji) są instrumentem dochodotwórczym, ale zasilającym budżet administratora rzek (PGW Wody Polskie), a nie administratora systemów kanalizacyjnych. Opłaty te są typowymi instrumentami ekonomicznymi wykorzystywanymi w zarządzaniu środowiskowym, które zazwyczaj pełnią dwie funkcje [Małecki 2007; Fiedor, Graczyk 2015; Rogulski 2015; Godyń 2016]:

- wspomnianą funkcję dochodotwórczą (nazywaną także fundusową lub fiskalną), która polega na tym, że środki finansowe pochodzące z opłat tworzą źródło finansowania kosztów bieżących i inwestycji,
- oraz funkcję bodźcową/motywacyjną – wprowadzenie instrumentu (podatku, opłaty, dotacji) skłania użytkowników do podjęcia pożądaných działań (ograniczenia oddziaływania na środowisko), np.:

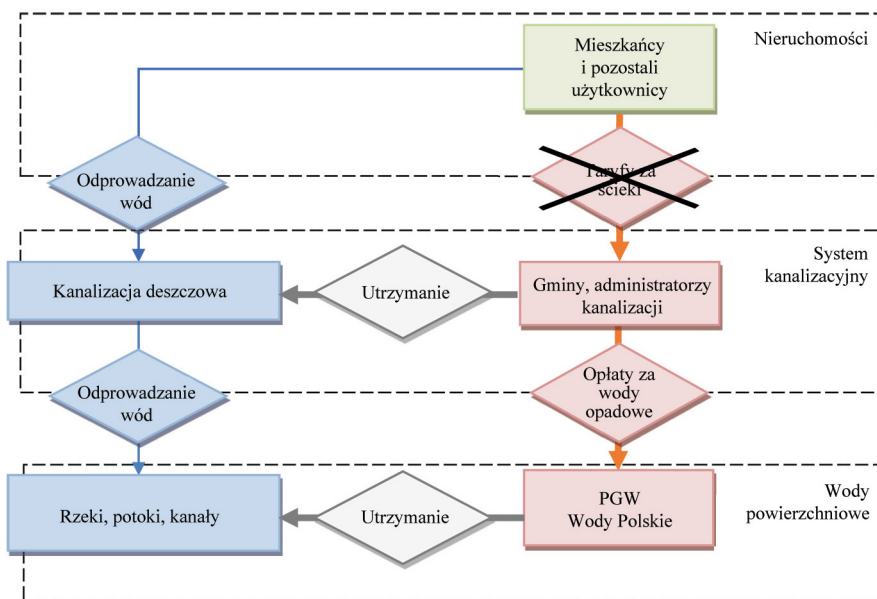
w przypadku zarządzania wodami opadowymi podstawowym pożądanym działaniem jest realizacja inwestycji zmniejszających (opóźniających, retencjonujących) odpływ.

Zgodnie z intencją ustawodawcy opłaty te obok pozostałych opłat za usługi wodne mają stanowić jedno z głównych źródeł przychodów PGW Wody Polskie, taka więc funkcja funduszowa była ważnym czynnikiem kształtowania stawek opłat. Projekt ustawy zakładał, że podwyższenie stawek istniejących opłat (za pobór wód i odprowadzanie zanieczyszczeń w ściekach), likwidacja zwolnień z opłat oraz skierowanie niemal całości strumienia środków z opłat do Wód Polskich pozwolą na stopniowe samofinansowanie się gospodarki wodnej w Polsce i zapewnią zwrot kosztów usług wodnych. Druga funkcja opłat – bodźcowa – jest również mocno akcentowana w uzasadnieniu wprowadzenia ustawy. Opłaty za odprowadzanie wód opadowych i roztopowych będą wnoszone przez wszystkie podmioty posiadające pozwolenia wodnoprawne na odprowadzanie wód opadowych lub roztopowych, ujętych w otwarte lub zamknięte systemy kanalizacji deszczowej służące do odprowadzania opadów atmosferycznych albo w systemy kanalizacji zbiorczej w granicach administracyjnych miast. Komplementarną do opłaty za odprowadzanie wód opadowych ujętych w systemy kanalizacji w granicach administracyjnych miast będzie opłata za zmniejszenie naturalnej retencji terenowej, która będzie dotyczyła obszarów nieujętych w systemy kanalizacji otwartej lub zamkniętej. W ten sposób ustawodawca ujął tereny miejskie i podmiejskie, podlegające intensywnej zabudowie i towarzyszącym jej uszczelnieniu terenu, na których w ostatnich latach dochodzi do powodzi miejskich. Zjawiska te w dużej mierze są powodowane intensywnym spływem powierzchniowym wód opadowych i roztopowych, który z jednej strony jest efektem wzrostu natężenia i częstotliwości występowania deszczy nawalnych, ale z drugiej następstwem zabudowy i uszczelniania terenów, co powoduje znaczące ograniczenie retencji i infiltracji opadu. Wprowadzenie opłat związanych z wodami opadowymi ma być bodźcem do zmiany sposobu gospodarowania wodami opadowymi i rozbudowy tzw. zielonej i błękitnej infrastruktury. Głównym celem jest zmniejszenie spływu powierzchniowy poprzez zatrzymanie, opóźnienie, retencję i infiltrację wód opadowych oraz roztopowych. Jednym z narzędzi jest zróżnicowanie (znaczące obniżenie) stawek opłat dla tego typu infrastruktury [MŚ 2016b].

FUNDUSZOWA ROLA OPŁAT ZA ODPROWADZANIE WÓD OPADOWYCH

Jak wspomniano powyżej, opłaty za usługi wodne mają stanowić jedno z głównych źródeł przychodów PGW Wody Polskie. W początkowych założeniach projektu Prawa wodnego (które zakładały wyższe niż ostatecznie uchwalone stawki opłat) miały one zapewnić od 600 mln PLN (w 2017 r.) do 1200 mln PLN (w 2020 r.) i stanowić odpowiednio 29% i 45% ogółu przychodów Wód Polskich, a w końcowym roku analizy (2026 r.) nawet 67% przychodów. Opłaty za odprowadzanie wód opadowych miały pełnić znaczącą rolę w planowanych wpływach – ich poziom prognozowano na: 190 mln PLN (w 2017 r.), 380 mln PLN (w 2020 r.) i 440 mln PLN (w 2026 r.), co oznacza 32% całkowitych corocznych wpływów z opłat za usługi wodne [MŚ 2016a]. Środki zgromadzone z opłat oraz dotacji z budżetu państwa, wraz ze środkami europejskimi, będą przeznaczone na funkcjonowanie jednostek Wód Polskich oraz wydatki bieżące i majątkowe, w tym utrzymanie oraz inwestycje w infrastrukturę hydrotechniczną. Celem jest stworzenie systemu, który będzie dążył do samofinansowania (planuje się ograniczanie dotacji z BP i funduszy UE) oraz przejście z finansowania opartego na środkach budżetowych i UE (w 2017 71% przychodów) i wspieranego opłatami za usługi wodne (29%) do modelu, gdzie wpływy z opłat

będą stanowiły 67% (2026 r.), a środki budżetowe zaledwie 33%. Schemat przepływu środków finansowych oraz usług w zakresie gospodarowania wodami opadowymi przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat przepływu usług i płatności w systemie gospodarowania wodami opadowymi

Wody Polskie, wykonując funkcje właścicielskie, utrzymują rzeki oraz obiekty hydrotechniczne i pobierają opłaty za usługę wodną, jaką jest przyjmowanie do rzek wód opadowych i roztopowych. Głównymi użytkownikami, podmiotami mającymi pozwolenia wodnoprawne na odprowadzanie wód opadowych do wód i urządzeń wodnych, są administratorzy/właściciele kanalizacji deszczowej i to oni ponoszą opłaty. Z kolei głównymi użytkownikami kanalizacji deszczowej są mieszkańcy i inne podmioty odprowadzające wody opadowe z nieruchomości do systemu kanalizacyjnego. Niestety na drodze reformy Prawa wodnego administratorzy kanalizacji stracili możliwość ustanawiania taryf za odprowadzenie ścieków (obecnie wód) opadowych do kanalizacji deszczowej. W ten sposób w wielu gminach, dotychczas wykorzystujących taryfy jako źródło finansowania kanalizacji, powstała luka w dochodach na pokrycie kosztów funkcjonowania systemów kanalizacji deszczowej.

BODŹCOWA ROLA OPŁAT ZA ODPROWADZANIE WÓD OPADOWYCH

Wszelkie opłaty, podatki czy taryfy związane z korzystaniem z zasobów środowiskowych są wprowadzane nie tylko w celu pokrycia powstających kosztów i strat ekonomicznych i środowiskowych, ale także ograniczania oddziaływania na środowisko. Odprowadzanie i oczyszczanie wód opadowych zostało zdefiniowane w wielu krajach jako usługa wodna podlegająca opłatom i zasadzie zwrotu kosztów usług wodnych. Według przekrojowego raportu European Environment Agency [EEA 2013] takie zasady przyjęły

m.in.: Anglia i Walia, Holandia, Niemcy, Słowenia, Chorwacja. W literaturze wymieniane są także inne instrumenty ekonomiczne zachęcające do racjonalnego gospodarowania wodami opadowymi, np. opłata odwodnieniowa, opłaty usługowe i inne opłaty od nieruchomości, wraz z systemem zniżek w płatnościach uzależnionych od sposobu gospodarowania wodami opadowymi, dotacje na inwestycje, obniżenie podatków lokalnych, podatek/opłata za wpływ zabudowy (ang. *impact fee*) (Dania, Szwecja, USA, Australia, Nowa Zelandia [Parikh i in. 2005; US EPA 2009; Lu i in. 2013; Burszta-Adamiak 2014; Matej-Łukowicz, Wojciechowska 2015; Chang i in. 2018]).

W Polsce do 2017 r. funkcjonowały opłaty związane z odprowadzaniem wód opadowych na dwóch poziomach. W skali kraju była to opłata za odprowadzanie ścieków opadowych z powierzchni uszczelnionych (opłata za powierzchnie zanieczyszczone o trwałej nawierzchni, z których są wprowadzane do wód lub do ziemi wody opadowe lub roztopowe, ujęte w otwarte lub zamknięte systemy kanalizacyjne – tereny dróg, parkingów, portów, lotnisk, tereny przemysłowe, składowe i transportowe). W gminach natomiast funkcjonowały opłaty (taryfy) za odprowadzanie ścieków opadowych i roztopowych, ustanowione wg przepisów: odpowiednio ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. prawo ochrony środowiska oraz ustawy z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków. Opłaty krajowe oraz taryfy gminne miały charakter bodźcowy jedynie z racji samego ich istnienia, tzn. użytkownik chcąc zredukować płatności z ich tytułu mógł ograniczać powierzchnię szczelną, a w niektórych gminach, gdzie opłaty naliczane były na podstawie ilości odprowadzanych wód opadowych – inwestować w urządzenia retencyjne, infiltracyjne, zmniejszając wielkość odpływu wód opadowych z nieruchomości.

W zakresie oceny bodźcowego charakteru opłat za odprowadzanie wód opadowych należy zaznaczyć, że wprowadzono dodatkowy mechanizm motywujący do ograniczania odpływu tych wód z nieruchomości. Mianowicie konstrukcja opłaty przewiduje obniżenie stawek w przypadku zastosowania urządzeń retencjonujących wody opadowe. Poziom stawki opłaty jest uzależniony od pojemności urządzeń, która jest odnoszona do odpływu rocznego. Znaczące obniżenie stawek występuje dopiero przy zatrzymaniu powyżej 20% lub 30% odpływu rocznego, co niestety może być poważną przeszkodą w funkcjonowaniu tego bodźca [Godyń 2016]. Wymagania na tym poziomie są wysokie, co spowoduje wzrost kosztów inwestycji, których nie zrekompensuje obniżenie opłaty. Poniżej przedstawiono przykładowe obliczenia opłaty za odprowadzanie wód opadowych oraz ocenę opłacalności inwestycji w retencję.

Przykład. Kalkulacja opłaty dla osiedla mieszkaniowego o powierzchni 1 ha

Opłata składa się z dwóch składowych: opłaty stałej oraz opłaty zmiennej. Jednostkowa stawka opłaty stałej wynosi 2,50 PLN na dobę za 1 m³/s wody opadowej lub roztopowej (określonej w pozwoleniu wodnoprawnym jako maksymalna) odprowadzanej do wód. Jednostkowe stawki opłaty zmiennej za odprowadzanie do wód opadowych bez urządzeń do retencjonowania wody z terenów uszczelnionych wynoszą 0,75 PLN za 1 m³ na rok; w przypadku zastosowania urządzeń do retencjonowania wody o pojemności do 10% odpływu rocznego z terenów uszczelnionych – 0,625 PLN za 1 m³ na rok; przy większej pojemności powyżej 10% lub 20% lub 30% odpływu rocznego z terenów uszczelnionych – 0,50 PLN; 0,375 PLN oraz 0,075 PLN za 1 m³ na rok [Dz.U. 2017, poz. 2502].

W przykładzie założono, że z osiedla o powierzchni 1 ha wody opadowe są odprowadzane kanalizacją deszczową, a pozwolenie wodnoprawne przewiduje maksymalny rzrząd wód opadowych w wysokości 50 l/s. Oplata stała, oszacowana wg stawki 2,50 PLN na dobę za 1 m³/s, wynosi zatem ok. 45 PLN.

Oplata zmienna jest naliczana na podstawie ilości odprowadzonych wód w danym okresie. Takie podejście rodzi szereg problemów w szacowaniu opłaty – czy opłaty będą naliczane wg rzeczywistych opadów, czy też średnich z jakiegoś wybranego okresu; czy brane będą pod uwagę wszystkie stacje pomiarowe; co będzie podstawą naliczenia opłaty jeśli pomiary dwóch sąsiednich stacji będą się różnić, która będzie miarodajna dla osiedla położonego pomiędzy nimi. Takich pytań jest wiele, a różnice w opłatach mogą być istotne. W Krakowie średnia roczna suma opadów atmosferycznych wynosi ok. 700 mm, ale średnia suma z lat 2001-2005 to 686 mm, a z okresu 2001-2010 – 720 mm. Suma opadów w 2010 r. wyniosła aż 1020 mm. Dla potrzeb niniejszej analizy założono, że osiedle ma gęstą zabudowę – tereny zielone to 20% ogółu powierzchni, a budynki, jezdnie, chodniki i parkingi stanowią pozostałe 80% i są to powierzchnie szczelne (asfalt, bruk betonowy, blacho dachówka). Przyjęto, że współczynnik spływu z powierzchni szczelnej wynosi 0,9 (tzn. 90% opadu zmienia się spływ docierający do kanalizacji deszczowej). Stąd ilość odprowadzanych wód opadowych w skali roku wyniesie dla opadu 700 mm 5040 m³, a opłata zmienna 3780 PLN (przy stawce 0,75 PLN za 1 m³). Oplata w latach mokrych będzie wyższa, a niższa w latach suchych o mniejszych opadach. Oplata może ulec zmniejszeniu przy zastosowaniu urządzeń retencyjnych. Poniżej w tabeli dokonano przykładowych obliczeń.

Tabela 1. Przykładowe obliczenia opłaty zmiennej

Opad (mm/rok)		600	700	1000
Ilość wód odprowadzanych kanalizacją (m ³ /rok)		4320	5040	7200
Oplata zmienna (PLN/rok)	brak urządzeń retencyjnych, stawka opłaty 0,75 PLN/m ³	3240	3780	5400
	poj. urządzeń retencyjnych do 10% odpływu rocznego, stawka 0,625 PLN/m ³	2700	3150	4500
	poj. urządzeń >10% odpływu, stawka 0,5 PLN/m ³	2160	2520	3600
	poj. urządzeń >30% odpływu, stawka 0,075 PLN/m ³	324	378	540

Posiadanie urządzeń retencjonujących wody opadowe może znacząco, nawet 10-krotnie, zmniejszyć należności. Jednakże, jak wspomniano wyżej, problemem mogą być wymagane pojemności retencyjne. Przykładowo, dla opadu 700 mm odpływ roczny z powierzchni 1 ha wynosi 5 tys. m³. Jeżeli zapisy ustawy będą interpretowane literalnie, to wymagana pojemność urządzeń retencyjnych na poziomie 10% czy 30% odpływu rocznego będzie wynosiła odpowiednio 500 i 1500 m³. Aby uzyskać maksymalne obniżenie opłaty o ok. 3 tys. PLN rocznie, należy wybudować obiekty lub urządzenia o pojemności powyżej 1500 m³. Rozwiązania techniczne stosowane w zabudowanym obszarze to np.: podziemne zbiorniki betonowe i z tworzywa sztucznego, systemy retencyjno-rozsączające. Ich jednostkowy koszt inwestycyjny waha się w przedziale 1-2 tys. PLN/ m³, co daje wydatki rzędu 1,5-3 mln PLN. Z punktu widzenia wysokości rocznej oszczędności na opłacie (3 tys. PLN) inwestycja jest nieopłacalna. Minimalna inwestycja, np. rzędu 1% odpływu rocznego (pojemność 50 m³, o koszt ok. 50 tys. PLN), przyniesie oszczędności w opłacie na poziomie ok. 500 PLN rocznie, więc również wydaje się nieopłacalna, bo wydatki poniesione na inwestycję zwróciłyby się po ok. stu latach. Z pewnością administrator kanalizacji nie będzie zainteresowany rozwojem

retencji, jeśli wiązałby się ona z tak niskimi zniżkami z tytułu opłat. Innym czynnikiem, który spowoduje, że retencja nie będzie rozwijana przez administratora kanalizacji jest problem lokalizacji tego typu urządzeń i własności gruntów. W uzasadnieniu prawa wodnego opłaty mają przynieść rozwój małej i mikro retencji, która pozwoli na zatrzymanie wody deszczowej w miejscu, gdzie nastąpił opad. Dlatego to nie administrator kanalizacji powinien retencionować wody opadowe tylko właściciele nieruchomości.

W związku z tym bodziec, jakim są opłaty oraz ich różnicowanie w celu promowania retencji, powinien być przeniesiony na właścicieli nieruchomości. Gdyby administrator chciał przenieść opłatę (3,8 tys. PLN) na mieszkańców osiedla, to przy założeniu, że jest to zabudowa wielorodzinna (np. trzy bloki dziesięciopiętrowe, dziesięć mieszkań na piętrze), opłata w przeliczeniu na gospodarstwo domowe wyniesie ok. 13 PLN/rok, czyli ok. 1 PLN/miesiąc. Jest to zbyt niska kwota, aby działała motywująco na mieszkańców czy wspólnoty mieszkaniowe. Oczywiście wielkość opłaty będzie zależała od rodzaju zabudowy. Poniżej przedstawiono kalkulację dla trzech rodzajów osiedli: o gęstej zabudowie (założenia jak wyżej), o zabudowie mniej intensywnej zachowującej 40% powierzchni zielonej (sześć bloków pięciopiętrowych, sześć mieszkań na piętrze), o segmentowej zabudowie jednorodzinnej (tereny zielone 65%, dwadzieścia pięć posesji).

Tabela 2. Opłata zmienna przypadająca na gospodarstwo domowe w zależności od sposobu zagospodarowania

Wyszczególnienie		Intensywna wielorodzinna zabudowa	Wielorodzinna zabudowa	Jednorodzinna zabudowa segmentowa
Udział terenów zabudowanych	(%)	80	60	40
Udział terenów zielonych	(%)	20	40	60
Ilość odprowadzanych wód opadowych	(m ³ /rok)	040	3780	2520
Opłata za odprowadzanie wód opadowych	(PLN/rok)	3780	2835	1890
Liczba gospodarstw domowych	(-)	300	180	25
Opłata na 1 gospodarstwo domowe	(PLN/rok)	13	16	76

Przy przyjętych założeniach opłata waha się od 13 PLN (przy zabudowie intensywnej) do 76 PLN (przy zabudowie jednorodzinnej) rocznie na gospodarstwo domowe, co można przeliczyć na skalę miesiąca – odpowiednio od 1,1 do 6,3 PLN. Poziom ewentualnego obciążenia mieszkańców z tytułu opłaty nie jest wysoki, zatem zastosowanie systemu obniżek tej opłaty, poprzez przeniesienie redukcji stawek za zastosowanie retencionowania wody opadowej, może być niewystarczająco motywujące dla gospodarstw domowych.

FINANSOWANIE SYSTEMÓW ODPROWADZANIA I ZAGOSPODAROWANIA WÓD OPADOWYCH

Odprowadzanie wód opadowych i roztopowych jest zadaniem własnym gminy. Podstawą prawną takiej kwalifikacji są przepisy ustawy o samorządzie gminnym¹⁵ w szczególności art. 7, który definiuje, że zadaniem własnym są sprawy: kanalizacji, utrzymania czystości i porządku (ust. 1 pkt 3), porządku publicznego

¹⁵ Ustawa z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym [Dz.U. 2018, poz. 994 z późn. zm.]

i bezpieczeństwa obywateli oraz przeciwpowodziowej (ust. pkt 14). Ponadto wg Flaga-Martynek i Urbana [2017]: *katalog zadań własnych jest otwarty i przyjmuje się że określona działalność może zostać uznana za zadania gminy o charakterze użyteczności publicznej, jeżeli usługi takie zaspokajają potrzeby o charakterze zbiorowym, wymagające odrębnej organizacji ich zaspokajania, realizacja potrzeb opiera się na majątku publicznym, ..., działalność ta jest kapitałochłonna, odbiorca usług ma bardzo ograniczone możliwości wyboru ich dostawcy, a popyt jest nieelastyczny (monopol naturalny). Zbiorowe odprowadzanie wód opadowych charakteryzuje się wymaganymi cechami.*

Kanalizacja deszczowa, jako zadanie własne, może być finansowana w całości z budżetu gminy. Jednakże powszechnie stosuje się wspomaganie/zastąpienie finansowania z budżetu gminnego poprzez dodatkowe instrumenty, takie jak podatek od nieruchomości lub inne opłaty uzależnione od gospodarowania wodami opadowymi [Gearheart 2007; Edel 2009; EEA 2013; Burszta-Adamiak 2014; Chang i in. 2018]. Tego typu podatki i opłaty kształtują świadomość, odpowiedzialność i kreują zachowania właścicieli nieruchomości, w tym decyzje inwestycyjne w zakresie ograniczania odpływu wód opadowych, np. poprzez ich retencję na terenie nieruchomości. W USA, gdzie od lat 90. wdrażane są idee zielonej infrastruktury oraz *Low Impact Development*, obok opłat i podatków rozwijane są również programy grantowe, dzięki którym mieszkańcy mogą pozyskać dofinansowanie inwestycji. Ważnym wsparciem ograniczania odpływu wód opadowych jest także rozwój innych nieekonomicznych instrumentów, w szczególności administracyjnych i prawnych, dotyczących zasad i ograniczeń w zagospodarowaniu terenu.

W obecnej sytuacji braku możliwości ustanawiania taryf za odprowadzenie wód opadowych, gminy mogą wykorzystać przepisy ustawy o gospodarce komunalnej [patrz: Bujny, Ziemiński 2017; Flaga-Martynek, Urban 2017; MŚ 2017], wg których za usługi komunalne o charakterze użyteczności publicznej oraz za korzystanie z urządzeń użyteczności publicznej można pobierać opłaty¹⁶. Ustanowienie ceny za usługi komunalne powinno być wprowadzone uchwałą rady gminy. Tego typu rozwiązanie jest już wdrażane m.in. w: Bydgoszczy, Jastrowiu, Końskich, Koszalinie, Morągu, Siedlcach, Tucholi, Wągrowcu, Zielonce, Żorach. Inną drogę wybrał samorząd w Poznaniu, gdzie jednostki administrujące kanalizacją deszczową i ogólnospławną zawierają umowy cywilno-prawne na odprowadzanie wód opadowych, oparte na przepisach kodeksu cywilnego¹⁷ (art. 750 i in.), a ceny zostały ustalone w regulaminie świadczenia tego typu usługi. Ceny za odprowadzanie wód opadowych w ww. gminach wahają się od ok. 1,6 do 5,7 PLN/m³ i są znacząco wyższe niż stawka opłaty za usługę wodną (0,75 PLN/m³). Żory i Poznań wyróżniły w swoim cenniku dwie składowe ceny za odprowadzanie wód opadowych: opłatę/cenę, która jest przeznaczana na finansowanie świadczonej usługi i drugą część, która jest pobierana na poczet opłaty za usługę wodną, które są następnie przekazywane do Wód Polskich. Żadna z gmin nie różnicowała cen w zależności od retencjonowania wód, nie przeniesiono więc systemu bodźcowego do opłat komunalnych. W trzech miastach w cennikach i innych dokumentach wyraźnie zapisano, że powierzchnie, z których wody opadowe są retencjonowane w obrębie nieruchomości, wyłącza się z opłat.

Z punktu widzenia zadań, jakim mają służyć elementy systemu odprowadzania i retencjonowania wód opadowych, a także możliwości finansowania, spraw własności gruntów i możliwości lokalizacji i skali inwestycji oraz dodatkowych funkcji, jakie pełni np. zielona infrastruktura – inwestycje powinny być re-

¹⁶ Art. 4 ustawy z dnia 20 grudnia 1996 r. o gospodarce komunalnej [Dz.U. 2017, poz. 827 z późn. zm.]

¹⁷ Kodeks cywilny [Dz.U. 2018, poz. 1025 z późn. zm.]

alizowane zarówno przez właścicieli nieruchomości, jak i administratora kanalizacji oraz gminę. Zadania w zakresie budowy i utrzymania kanalizacji należą do gminy, która może je powierzyć, wraz z zapewnieniem odpowiedniego finansowania, jednostce samorządu lub innemu podmiotowi. Z kolei zadania w zakresie zielonej i błękitnej infrastruktury, technicznych rozwiązań retencyjnych, infiltracyjnych i innych obiektów zagospodarowania wód opadowych powinny być stosowane niemal na każdej nieruchomości. Istnieją bowiem rozwiązania dla różnych skal, począwszy od pojedynczych budynków i nieruchomości (przepuszczalne nawierzchnie, ogrody deszczowe, zielone dachy i ściany, beczki i zbiorniki na deszczówkę, systemy gospodarczego wykorzystania wody deszczowej), poprzez rozwiązania dla osiedli, dróg i parkingów (techniczne i naturalne rozwiązania infiltrujące oraz retencjonujące wody opadowe), aż po tereny zielone i obiekty niebieskiej infrastruktury, które z racji skali, kosztów, własności oraz innych ich funkcji, np. rekreacyjnych, powinny być systemowo planowane i realizowane przez gminę. Podział odpowiedzialności oraz finansowania należy rozłożyć na trzech poziomach:

- mieszkańcy, deweloperzy i pozostali właściciele nieruchomości – mikro retencja poprzez zatrzymanie wód opadowych i ew. jej wykorzystanie w granicach nieruchomości, finansowanie ze środków własnych właścicieli nieruchomości, wspomagane systemami dotacji oraz wspierane systemem bodźcowym opłat za usługi komunalne odprowadzania wód opadowych promujących retencję (zwolnienia z opłat, obniżone stawki opłat);
- administratorzy kanalizacji – systemy kanalizacyjne, obiekty małej retencji i inne urządzenia retencjonujące w systemie kanalizacyjnym, finansowanie ze środków gminy oraz z opłat za usługi komunalne odprowadzania wód opadowych;
- gmina – zielona i niebieska infrastruktura (mała retencja, tereny zielone), finansowanie ze środków gminy, wspomagane systemami dotacji do inwestycji z funduszy ekologicznych, środków unijnych i innych oraz wspierane systemem bodźcowym opłat za usługi wodne (obniżone stawki opłat).

PODSUMOWANIE

Wprowadzony Prawem wodnym system opłat za odprowadzanie wód opadowych i roztopowych do wód ma pełnić dwie funkcje: bodźca do rozwoju retencji oraz funkcję fiskalną (dochodową). Warto rozróżnić adresatów tych funkcji. Opłaty będą wnoszone przez posiadających pozwolenia wodnoprawne, a więc głównie właścicieli/zarządzających kanalizacją deszczową, stanowiąc przychód Wód Polskich, głównie dla pokrycia kosztów utrzymania cieków oraz funkcjonowania PGW. Rozwój mikro i małej retencji nie będzie finansowany ze środków zebranych z opłat, bo potrzeby w zakresie zadań bieżących i inwestycyjnych Wód Polskich są wyższe niż uzyskane w ten sposób fundusze. Funkcja motywacyjna – opłaty z wysokimi stawkami i możliwością ich obniżenia przez retencjonowanie – ma przyczynić się do rozwoju zielonej i niebieskiej infrastruktury w miastach. Jednakże w artykule pokazano, że zróżnicowanie stawek oparto na zbyt wysokich wymaganiach odnośnie pojemności retencyjnej. Drugim powodem słabego oddziaływania tego bodźca będzie zapewne brak bezpośredniego przełożenia opłaty wraz z systemem motywującym na docelowych adresatów jakim są właściciele nieruchomości. O ile małą retencję, tereny zielone i inwestycje na gminnych terenach, w tym ciągach komunikacyj-

nych, może i powinna realizować gmina i jej jednostki (adresaci opłat), o tyle mikro retencję powinni rozwijać właściciele nieruchomości – mieszkańcy, deweloperzy, spółdzielnie/wspólnoty mieszkaniowe. Gminy powinny stworzyć system finansowania w formie cen/opłat komunalnych, który z jednej strony pozwoli na pozyskanie środków na eksploatację infrastruktury, w tym na pokrycie kosztów opłat za usługi wodne, a z drugiej zmotywuje właścicieli nieruchomości do inwestowania w retencję i inne systemy gospodarowania wodami opadowymi.

LITERATURA

- Bujny J., Ziemiński K., 2017, Ustalanie i pobieranie opłat za tzw. deszczówkę: (uwagi de lege lata i de lege ferenda), *Państwo i Prawo*, 72 (3), 50-63
- Burszta-Adamiak E., 2014, Mechanizmy finansowe gospodarowania wodami opadowymi w miastach, *Zrównoważony Rozwój – Zastosowania*, 5, 59-73
- Chang N.B., Lu J.W., Chui T.F., Hartshorn N., 2018, Global policy analysis of low impact development for stormwater management in urban regions, *Land Use Policy*, 70, 368-383, DOI: 10.1016/j.landuse-pol.2017.11.024
- Dz.U. 2017, poz. 2502, Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 22 grudnia 2017 r. w sprawie jednostkowych stawek opłat za usługi wodne, *Internetowy Spis Aktów Prawnych*, Sejm RP
- Dz.U. 2017, poz. 827 z późn. zm., Ustawa z dnia 20 grudnia 1996 r. o gospodarce komunalnej, *Internetowy Spis Aktów Prawnych*, Sejm RP
- Dz.U. 2018, poz. 994 z późn. zm., Ustawa z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym, *Internetowy Spis Aktów Prawnych*, Sejm RP
- Edel R., 2009, Oplaty za wody opadowe w Niemczech, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 3, 18-21
- EEA, 2013, Assessment of cost recovery through water pricing, EEA Technical Report No 16, dostępne online: <https://www.ecologic.eu/10048> (30.03.2020)
- Fiedor B., Graczyk A., 2015, Instrumenty ekonomiczne II Polityki ekologicznej państwa, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 409, 127-139
- Flaga-Martynek A., Urban S., 2017, Konsekwencje zmiany prawnej kwalifikacji wód opadowych, *Wodociągi – Kanalizacja*, dostępne online: <http://e-czytelnia.abrys.pl/wodociagi-kanalizacja/2017-11-980/prawo-12132/konsekwencje-zmiany-prawnej-kwalifikacji-wod-opadowych-23121> (30.03.2020)
- Gearheart G., 2007, A review of low impact development policies: removing institutional barriers to adoption, *Low Impact Development Center*, Beltsville, Maryland
- Godyń I., 2016, Instrumenty ekonomiczne gospodarki wodnej w świetle projektu ustawy prawo wodne z czerwca 2016, *Gospodarka w Praktyce i Teorii*, 44 (3), 33-46
- Lu Z., Noonan D., Crittenden J., Jeong H., Wang D., 2013, Use of impact fees to incentivize low-impact development and promote compact growth, *Environmental Science & Technology*, 47 (19), 10744-10752, DOI: 10.1021/es304924w
- Małecki P., 2007, Oplaty ekologiczne w Polsce, *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie*, 732, 21-33

- Matej-Lukowicz K., Wojciechowska E., 2015, Oplaty za odprowadzanie wód deszczowych, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, 411, 104-114
- MŚ, 2016a, Ocena skutków regulacji projektu ustawy Prawo wodne, Ministerstwo Środowisko, dostępne online: http://www.igwp.org.pl/images/pliki/prawo/prawowodne/Prawo_wodne_projekt_RCL-OSR.pdf (30.03.2020)
- MŚ, 2016b, Uzasadnienie projektu ustawy Prawo wodne, Ministerstwo Środowiska, dostępne online: [https://kidp.pl/files/aktyprawne/846\(3\).pdf](https://kidp.pl/files/aktyprawne/846(3).pdf) (30.03.2020)
- MŚ, 2017, Odpowiedź na interpelację poselską w sprawie wód opadowych i roztopowych, Ministerstwo Środowiska, dostępne online: <http://www.sejm.gov.pl/Sejm8.nsf/interpelacja.xsp?typ=INT&nr=16325> (30.03.2020)
- Parikh P., Taylor M.A., Hoagland T., Thurston H., Shuster W., 2005, Application of market mechanisms and incentives to reduce stormwater runoff. An integrated hydrologic, economic and legal approach, *Environmental Science & Policy*, 8 (2), 133-144
- Rogulski M., 2015, Environmental fees. Polish case study, *Environmental Protection Engineering*, 41 (2), 81-97, DOI: 10.5277/epe150207
- US EPA, 2009, Managing wet weather with green Infrastructure. Municipal Handbook, dostępne online: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/gi_munichandbook_incentives.pdf (30.03.2020)

RAINWATER FEES AND FINANCING OF RAINWATER SEWAGE SYSTEMS AND GREEN INFRASTRUCTURE

Abstract: The Water Law Act of July 20, 2017 introduced significant changes in the water management sector, including a new financing system with economic management instruments such as fees for water services. Water law has also changed the provisions of the Act on collective water supply and collective sewage disposal, causing significant changes in the functioning of water and sewage companies. In the current situation – excluding rainwater from the definition of wastewater – it is not possible to base the financing of operating costs of storm water drainage on tariffs. According to the provisions of the Act on collective supply..., tariffs only cover collective water supply and collective sewage disposal. Rainwater discharged by the sewage system is not a wastewater in the new legal situation, hence the expensive service of rainwater discharge provided mainly by water supply companies, cannot be financed by the tariff system. On the other hand, the fees for discharging rainwater and snowmelt waters as well as fees for reducing natural retention introduced by the water law will constitute a source of revenue for the administrator of rivers – PGW Wody Polskie. The article presents the construction of the current financing system in the aspect of rainwater management – its principles, structure, rates as well as errors and gaps in the created system.

Key words: Rainwater, fees for water services, fees for rainwater drainage.

III.3. ZARZĄDZANIE Z UDZIAŁEM INTERESARIUSZY DLA ZRÓWNOWAŻONEJ GOSPODARKI WODNEJ I PLANOWANIA PRZESTRZENNEGO NA PRZYKŁADZIE ZLEWNI REDY

Tomasz Walczykiewicz / IMGW-PIB

Streszczenie: Pojęcie interesariuszy zostało wprowadzone przez Stanford Research Institute w 1963 roku. Do grupy tej zalicza się organizacje lub osoby indywidualne, które uczestniczą w tworzeniu projektu lub biorą czynny udział w jego realizacji bądź są bezpośrednio zainteresowane wynikami jego wdrożenia. Włączenie interesariuszy w proces zarządzania pozwala na wypracowania rozwiązań optymalnych dla celów gospodarki wodnej i planowania przestrzennego analizowanych w konkretnej zlewni. W artykule przedstawiono przykład współpracy z interesariuszami w projekcie MIRACLE, którego pilotaż w Polsce zrealizowano dla zlewni Redy.

Słowa kluczowe: Interesariusz, zarządzanie, gospodarka wodna.

WPROWADZENIE

Rolnictwo i oczyszczalnie ścieków to główne źródła substancji biogennej wprowadzanych do Morza Bałtyckiego. Jednak obecne zachęty dla interesariuszy obu sektorów do zmniejszenia ich udziału w emisji tych zanieczyszczeń oraz poprawy ekosystemów wodnych, zdefiniowane tutaj jako „zarządzanie substancjami biogenymi”, są bardzo ograniczone.

W odpowiedzi na ten problem powstał projekt MIRACLE. Jego celem było zainicjowanie procesu społecznej edukacji, która doprowadzi do konfiguracji nowych rozwiązań w zakresie zarządzania (konceptyjnych, instytucjonalnych i praktycznych), a w efekcie do ograniczenia emisji substancji biogennej i ryzyka powodziowego w regionie Morza Bałtyckiego. Zgodnie z założeniami projektu rozwiązania miały być oparte na innowacyjnych działaniach i planach, oferujących korzyści z usług ekosystemowych uwzględniających interesariuszy. Podstawą koncepcji MIRACLE było założenie, że realne zmiany w skutecznym zarządzaniu substancjami biogenymi nie pojawiają się jedynie jako efekty strategii opierającej się na optymalizacji istniejących wcześniej instrumentów i procesów politycznych, które koncentrują się wyłącznie na kwestii samych zanieczyszczeń. Zarządzanie musi być zdefiniowane szerzej, tak aby zmiany nie były tylko efektem działań sektora polityki publicznej, ale również szeregu dziedzin społecznych. Konieczne jest wprowadzenie nowych grup interesariuszy, których udział może w praktyce ograniczyć poziom emisji substancji biogennej. Zarządzanie to winno uwzględniać wpływ na synergię działań między nowymi sektorami i interesariuszami oraz rolnictwem i sektorem oczyszczania ścieków. Nowi interesariusze to m.in.: sektor ryzyka katastrof i sektor ochrony przeciwpowodziowej, społeczności zamieszkujące obszary zurbanizowane narażone na powódzie w dolnych partiach cieków, bioróżnorodność, ochrona zdrowia i bezpieczeństwo ekologiczne. W projekcie uwzględniono również problemy zmiany klimatu i wynikające z nich działania na rzecz adaptacji i mitygacji.

CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI REDY

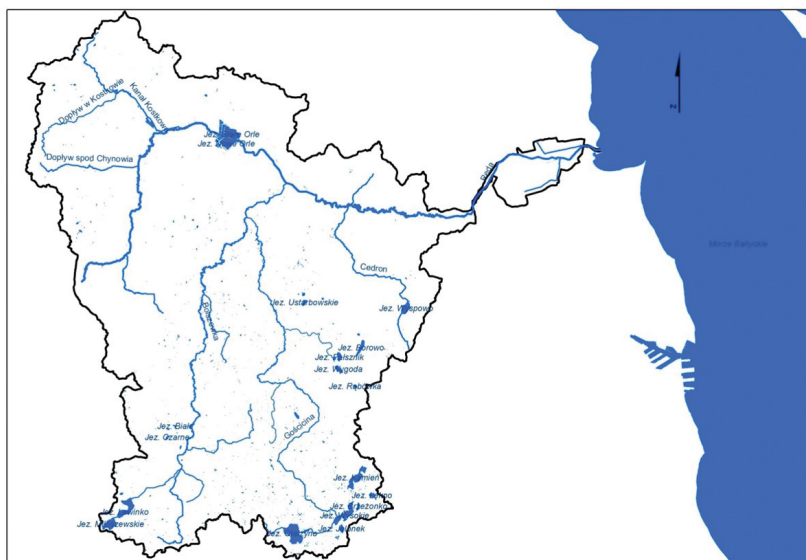
Morfologia terenu i hydrografia

Zlewnia rzeki Redy odznacza się urozmaiconą rzeźbą. Średnie wysokości względne między dnem doliny lodowcowej a górną krawędzią zbocza wynoszą około 40,0 m, a ich maksimum osiąga 90,0 m [Kondracki 2000]. Najdłuższe i najbardziej urozmaicone są doliny dopływów Bolszewki i Gościcinki. Charakterystyczną cechą Redy jest wyjątkowa asymetria zlewni (rys. 1) – część prawobrzeżna zajmuje powierzchnię 380 km², część lewobrzeżna – 105 km². Szczególną cechą głównych dopływów jest ich duży spadek, typowy dla rzek górskich: Bolszewka – 3,79‰, Gościcinka – 5,33‰, Cedron – 7,8‰, podczas gdy średni spadek rzeki Redy wynosi około 0,98‰ [Czarnecka 2005].

Główne przeływy charakterystyczne rzeki Redy w przekroju w Wejherowie kształtują się następująco:

- WWQ – 20,9 m³/s (największy przepływ z wielolecia);
- WSQ – 13,8 m³/s (najwyższy średni roczny przepływ z wielolecia);
- SSQ – 4,35 m³/s (średni z przepływów średnich rocznych (SQ) z wielolecia);
- SNQ – 1,67 m³/s (średni z najmniejszych przepływów (NQ) z wielolecia)
- NNQ – 0,67 m³/s (najmniejszy przepływ z wielolecia).

Reda wypływa ze stożka aluwialnego rzeki Łęby w pobliżu Strzebielina. Na tym obszarze dochodzi do przenikania części wód z Łęby do Redy. Dalej rzeka płynie szeroką doliną lodowcową powstałą w piaskach zbiornika wód podziemnych. Wody tego zbiornika zasilają rzekę, która na ogromnej długości swojego biegu ma charakter drenujący. Następnie Reda uchodzi do jeziora Orle. Poniżej akwenu rzeka płynie równinnym kanałem o szerokości około 20 metrów. Ten odcinek kanału łączy się ze starym korytem Redy poniżej cementowni w Wejherowie. Do Kanału Redy uchodzi Bolszewka, której średnie przepływy są znacznie wyższe niż w rzece Reda powyżej.



Rys. 1. Zlewnia Redy-główne dopływy i największe jeziora

Zagospodarowanie przestrzenne i charakterystyka gospodarcza

Charakter zagospodarowania przestrzennego zlewni Raby przedstawiono w tabeli 1. Obszary zurbanizowane zlokalizowane są we wschodniej części zlewni. Tereny rolnicze to głównie małe gospodarstwa rodzinne o powierzchni nieprzekraczające 50 ha. Ważnym elementem krajobrazu są sztuczne stawy zasilane wodą pobieraną z rzek w trybie ciągłym. Dziesięć dużych ośrodków produkcyjnych prowadzi na tych obiektach hodowlę pstrąga. W zlewni występują też licznie obszary ochrony przyrody:

- trzy parki krajobrazowe;
- cztery chronione obszary krajobrazowe;
- sześć rezerwatów przyrody;
- jedenaście obszarów Natura 2000.

Tabela 1. Zagospodarowanie terenu w zlewni Redy

Zagospodarowanie terenu	Procentowy udział w powierzchni zlewni
Tereny rolnicze	51,0
Lasy i tereny zielone	44,0
Wody	0,9
Powierzchnie przekształcone	4,0
Mokradła	0,1

Na obszarze zlewni Redy oraz jej dopływów Bolszewki i Gościcinki prowadzona jest dość intensywna wymiana gruntów podmokłych (torfów) oraz podnoszenie rzędnych terenów poprzez nasypywanie ziemi. Prace takie wykonują właściciele gruntów przybrzeżnych, ale także deweloperzy budujący osiedla i domy (m.in. w mieście Reda). Obszar zlewni zamieszkuje ponad 200 tys. ludzi, a średnia gęstość zaludnienia wynosi 160 osób/km². Największe nakłady inwestycyjne występują w przemyśle i budownictwie, następne w kolejności są: transport, komunikacja, informacja, zakwaterowanie i usługi gastronomiczne, ubezpieczenia, usługi finansowe oraz nieruchomości. Najmniejsze środki uruchamiane są w rolnictwie i leśnictwie. Przeszło połowa mieszkańców zlewni Redy jest aktywna zawodowo.

PROBLEM SYSTEMOWY Z ZAKRESU GOSPODARKI WODNEJ W ZLEWNI REDY

W projekcie MIRACLE problem systemowy z zakresu gospodarki wodnej to taki, który dotyczy szerokiego grona interesariuszy i wpływa na ich aktywność. Dzięki dyskusji dotyczącej potencjalnych rozwiązań można określać nowe wyzwania. Rozmowy z interesariuszami ze zlewni Redy przeprowadzono w ramach cyklu warsztatów. Grupę tą reprezentowali m.in.: właściciel i współwłaściciel farmy pstrągów, inżynier zajmujący się projektowaniem w zlewni Redy, pracownik nadzoru wodnego, przedstawiciel Pomorskiej Agencji Doradztwa Rolniczego, rolnicy desygnowani przez Pomorską Agencję Doradztwa Rolniczego, właściciel małej elektrowni wodnej, przedstawiciel Działu Jakości Wody z Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Gdańsku, Przedstawiciel Polskiego Związku Wędkarskiego, przedstawiciel firm turystycznych, przedstawiciel firmy deweloperskiej, Kierownik Wydziału Ochrony Środowiska z Starostwa Powiatowego w Wejhe-

rowie, dwóch przedstawicieli Urzędu Miasta Reda oraz przedstawiciel stowarzyszenia gmin. Warsztaty były częścią nowatorskiej koncepcji społecznego uczenia się jako interaktywnego procesu współpracy. W projekcie założono, że spotkania te są czymś więcej niż rozpowszechnianiem wyników projektu. Warsztaty miały umożliwiać wspólną naukę i wywołanie refleksji na temat implikacji po dyskusji, wniosków i perspektyw na przyszłość.

W trakcie spotkań interesariusze zwracali szczególną uwagę na dwa zagadnienia: zagrożenie powodziowe i problemy z jakością wody. Zarządzanie ryzykiem powodziowym i jakością wody, w tym związkami biogennymi, obejmuje zrozumienie złożonych systemów – zarówno naturalnych, jak i antropogenicznych. W tym celu konieczna jest współpraca interesariuszy o często rozbieżnych interesach oraz udział osób o specjalistycznej wiedzy. Charakterystycznymi zjawiskami w zlewniach regionu Morza Bałtyckiego są rosnąca urbanizacja i intensyfikacja rolnictwa, które generują konflikty między gospodarką wodną i zagospodarowaniem przestrzennym. W pilotażu projektu MIRACLE poszukiwano rozwiązań zapobiegania powodziom, które uwzględniają również ograniczanie emisji substancji biogennych. Holistyczne podejście pozwoliło na zbadanie narzędzi, w których środki zapobiegania powodziom zostają ocenione pod kątem zdolności do ograniczenia emisji substancji biogennych i zapewnienia usług ekosystemowych interesariuszy. Założono, że proces społecznego uczenia się zostanie uzupełniony ciągłymi analizami ról i wartości poszczególnych interesariuszy oraz dynamiki władzy wśród interesariuszy [Checkland 1999]. Nawet Ci interesariusze, którzy nie byli obecni na warsztatach otwierających projekt, uznali powódź jako istotny problem do rozważenia. Stąd powódź została ostatecznie określona jak problem systemowy z zakresu gospodarki wodnej w zlewni [Toderi 2007].

ROZWIĄZANIA WYPRACOWANE Z INTERESARIUSZAMI W CELU OGRANICZENIA RYZYKA POWODZIOWEGO

Źródłem zagrożenia powodziowego w zlewni Redy są: ulewne deszcze, topnienie śniegu oraz lokalne zatory. W strefie przybrzeżnej Zatoki Puckiej występuje również zagrożenie powodziąmi sztormowymi. Dodatkowym problemem jest akumulacja wód opadowych w obszarach zurbanizowanych, zwłaszcza w miastach Reda i Wejherowo. Wały przeciwpowodziowe chronią obszary nadmorskie oraz tereny wzdłuż dolnego odcinka rzeki Redy. Jednak urbanizacja i chaotyczny rozwój obszarów miejskich oraz intensywny rozwój budownictwa mieszkaniowego zwiększają ryzyko powodziowe – zwłaszcza na odcinku od Wejherowa do miasta Reda, gdzie środki ochrony przeciwpowodziowej nie są wystarczające. Uwzględniając klasyfikację stosowaną w planach zarządzania ryzykiem powodziowym, zlewnia Reda została sklasyfikowana jako obszar podatny na powódź¹⁸.

W obrębie zlewni Redy zidentyfikowano dwie zagrożone lokalizacje – miejscowości Wejherowo i Reda. Wejherowo położone jest w obszarze ujściowym rzeki Cedron do Redy. Wzrost ryzyka powodziowego w mieście powodują: rzeka Cedron, stanowiąca „wąskie gardło” dla przepływu wody oraz progresywne budownictwo mieszkaniowe nad Redą. W miejscowości Reda zagrożenie powodziowe zwiększa się w wyniku postępującego rozwoju nowej zabudowy na obszarach zalewowych Redy (fot. 1).

¹⁸ http://powodz.gov.pl/pl/plan_wiew?id=2



Fot. 1. Inwestycje mieszkaniowe w zlewni Redy (fot. T. Walczykiewicz)

Zabudowa obszarów nadrzecznych w większości przypadków generuje wzrost ryzyka powodziowego. Brak odwodnienia lub jego niewystarczające funkcjonowanie powoduje bowiem podniesienie się poziomu wód gruntowych. Po ulewnych deszczach dochodzi do podtopień dróg, nieruchomości i piwnic, nawet jeśli nie dojdzie do wystąpienia wody z brzegów rzeki. W przypadku Redy dodatkowym problemem jest ograniczona przepustowość urządzeń wodnych w obrębie miasta (jaz, przepusty, bramy wodne).

Jednym ze sposobów ochrony Redy przed powodzią jest okresowe zatrzymywanie wód powodziowych na użytkach zielonych wokół jeziora Orle przez podpiętrzenie. Dodatkowym efektem takiego rozwiązania może być zmniejszenie ładunku zanieczyszczeń przepływających przez Redę. Wymaga to jednak analizy korzyści w porównaniu z alternatywnym zatrzymaniem wody w głębokich dolinach Bolszewki i Gościcinki.

Przyczyną zagrożeń ze strony Bolszewki jest brak retencji wody w zlewni i analogiczny do rzek górskich charakter jej wzebrań. Mroźna zima i nagłe topnienie większej pokrywy śnieżnej może skutkować zalaniem całej miejscowości Gościcinie, powodując ogromne straty w infrastrukturze mieszkalnej i usługowej. Rozwiązanie stanowi system suchych zbiorników powodziowych, który mógłby powstać w środkowym i częściowo dolnym odcinku Bolszewki, gdzie rzeka płynie w dolinie. Podobny potencjał retencyjny ma dolina rzeki Gościcinki. Oznacza to, że retencja wody w zlewniach Bolszewki i Gościcinki ma znaczący wpływ na zmniejszenie ryzyka powodzi w miastach Wejherowo i Reda oraz redukcję ilości zanieczyszczeń odprowadzanych w dół rzeki Redy.

Podsumowując, w ramach współpracy w projekcie MIRACLE opracowano ścieżki działań, z których druga i trzecia skupiają się na ograniczaniu ryzyka powodziowego:

- Ścieżka 1 – „Business as Usual”;
- Ścieżka 2 – Działania na obszarach miejskich;
- Ścieżka 3 – Działania na obszarach wiejskich;
- Ścieżka 4 – Działania rolno-środowiskowe.

Ścieżka druga obejmuje:

- zamknięte zbiorniki retencyjne;
- otwarte zbiorniki retencyjne;
- wały przeciwpowodziowe;

- infrastruktura rekreacyjna;
- planowanie/zarządzanie infrastrukturą wodną.

W przypadku ścieżki trzeciej uwzględniono:

- odtworzenie obszarów zalewowych;
- małą i mikro retencję;
- dużą retencję;
- wykorzystanie mokradel i bagien dla zwiększenia retencji.

PODSUMOWANIE

Zainicjowany w ramach projektu MIRACLE dialog społeczny doprowadził do zaproponowania nowych rozwiązań w zakresie gospodarki wodnej, opartych na koncepcji usług ekosystemowych. Z powodzeniem podjęto próbę aktywnego zaangażowania wszystkich interesariuszy, co pozwoliło na zidentyfikowanie koncepcji rozwiązań ograniczających wpływ problemu systemowego. Wypracowane koncepcje uwzględniające interesy różnych grup. Przeprowadzono analizę, w jakim stopniu i zakresie aktualne struktury gospodarki wodnej w zlewni opierają się na współpracy instytucjonalnej. Wynika z niej, że konieczna jest bliższa kooperacja i wymiana informacji na poziomie roboczym. Pozwoli to na usprawnienie koordynacji pomiędzy działaniami służb wdrażających zlewniową politykę środowiskową, rolną i przeciwpowodziową, co jest istotne w perspektywie nasilania się gwałtownych zjawisk meteorologicznych mających swoje źródło w zmianie klimatu. W ramach projektu:

- włączono interesariuszy w proces identyfikacji problemu systemowego;
- przeprowadzono serię pięciu spotkań warsztatowych, mających na celu wspólne odnalezienie optymalnych rozwiązań w ramach procesu dialogu społecznego (ang. *social learning*);
- utworzono dla powyższego modelu współpracy koncepcję systemowego modelowania ścieżek działań, włączając czynniki środowiskowe (przepływy, jakość wody), ekonomiczne (bilans strat i korzyści) oraz prawne;
- wspólnie z interesariuszami wypracowano koncepcję rozwiązań ograniczających ryzyko powodziowe.

LITERATURA

- 2000/60/EC, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki Wodnej, EUR-Lex, Bruksela
- Checkland P.B., Scholes J., 1999, *Soft systems methodology in action*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 418 s.
- Czarnecka H. (red.), 2005, *Atlas podziału hydrograficznego Polski. Część 2: Zestawienia zlewni*, IMGW, Warszawa
- Kondracki J., 2000, *Geografia regionalna Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 468 s.

- Stoner J.A.F., Freeman R.E., Gilbert Jr. D.R., 2011, Kierowanie, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 656 s
- Toderi M., Powell N., Seddaiu G., Roggero P.P., Gibbon D., 2007, Combining social learning with agro-ecological research practice for more effective management of nitrate pollution, *Environmental Science & Policy*, 10 (6), 551-563, DOI: 10.1016/j.envsci.2007.02.006

MANAGEMENT WITH STAKEHOLDERS FOR SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT AND SPATIAL PLANNING ON THE EXAMPLE OF REDA CATCHMENT

Abstract: Aspects of cooperation with stakeholders were undertaken in the MIRACLE project in which the Reda catchment was the pilot site in Poland. The notion of stakeholders was introduced by the Stanford Research Institute in 1963. Stakeholders include organizations or individuals who participate in the creation of the project or take an active part in its implementation or are directly interested in the results of its implementation. Inclusion of stakeholders in the management process allows for the development of optimal solutions for water management and spatial planning purposes analyzed in a specific catchment.

Keywords: stakeholder, management, water management.

III.4. MONITORING PARTYCYPACYJNY ŚRODOWISKA WODNEGO W KONTEKŚCIE ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

Tomasz Walczykiewicz / IMGW-PIB, Monika Sajdak / Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej

Abstrakt: Różnorodność potrzeb podmiotów zainteresowanych jakością środowiska wodnego generuje wymagania w zakresie dokładności pomiarów. To z kolei tworzy przestrzeń do powstawania lokalnych monitoringów, obsługiwanych przez różne podmioty, dla których niezbędne są nowe modele zarządzania informacją o środowisku oraz czujniki pomiarowe. Monitoring partycypacyjny zasobów wodnych proces zbierania i analizy danych oraz przekazywania wyników, pozwalający zidentyfikować i rozwiązywać problemy. Obejmuje on wielu uczestników na wszystkich etapach procesu i zawiera metody oraz wskaźniki ważne dla zainteresowanych stron.

Słowa kluczowe: Monitoring, partycypacja, zasoby wodne, informacja.

WPROWADZENIE

Woda zabezpiecza najważniejsze ludzkie potrzeby. Rozwój i dobrobyt, zwłaszcza w ostatnim stuleciu, opierał się głównie na wykorzystaniu i niestety dewastowaniu, ograniczonych przecież, zasobów wodnych. Od rewolucji przemysłowej rzeki, morza i inne zbiorniki wodne traktowano często jako składowisko odpadów. Takie nierozsądne i niewłaściwe użytkowanie wpłynęło negatywnie na bioróżnorodność i ekosystem zasobów wodnych. Ponadto odpady przemysłowe i ściekowe odprowadzane do rzek wywierają poważny wpływ na zdrowie ludzkie i samopoczucie. Nieracjonalne gospodarowanie przestrzenią przekłada się na obniżanie jakości zasobów wodnych oraz zagrożenie takimi zjawiskami, jak powódź i susza.

Jednocześnie rozwój demograficzny i gospodarczy zwiększył popyt na wodę dobrej jakości. W rezultacie wiele regionów Europy boryka się z problemami niedoboru tego zasobu. Ramowa Dyrektywa Wodna [2000/60/WE] określa ramy ochrony wód powierzchniowych, przejściowych, przybrzeżnych i podziemnych. Głównym celem jest zapobieganie dalszemu pogorszeniu, ochrona i poprawa stanu jakości ekosystemów wodnych. Dyrektywa promuje zrównoważone wykorzystanie wody oparte na długoterminowym planowaniu i ochronę dostępnych zasobów wodnych. Ponadto Dyrektywa przyczynia się do łagodzenia skutków powodzi i susz. Plany gospodarowania wodami dla obszarów dorzeczy, jako podstawowy dokument wynikający z Dyrektywy, to literalnie plany zarządzania obszarami dorzeczy (ang. *river basin management plans*), które mają istotny, pośredni wpływ na zagospodarowanie przestrzenne. Wytyczne i rekomendacje zawarte w dokumencie Komisji pn. *Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*, które przyjęto po konsultacjach w 2012 r.¹⁹, wskazują m.in. na potrzebę wypełnienia obowiązków w zakresie monitorowania wód na mocy RDW. W *Blueprint* jednoznacznie podkreślono tezę, że koszt monitorowania wód jest o kilka rzędów wielkości niższy od kosztów podjęcia niewłaściwych decyzji.

Ramowa Dyrektywa Wodna, będąca najważniejszą unijną normą prawą odnośnie jakości wody, promuje ochronę i rewitalizację wszystkich jednolitych części wód i ich ekosystemów w całej Europie. Krajowe programy monitorowania w państwach członkowskich UE uznano za kluczowy krok w ocenie stanu

¹⁹ <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/a-blueprint-to-safeguard-europes>

wód powierzchniowych i podziemnych. Zgodnie z zaleceniami i strategiami, monitorowanie jakości wody definiuje się jako narzędzie do klasyfikacji statusu każdej części wód. W dyrektywie ustalono pięciostopniową skalę jakości: wysoką, dobrą, umiarkowaną, słabą i złą. Po określeniu stanu jednolitych części wód i kolejnych jego aktualizacjach, programy monitorowania pomagają zarówno określić odpowiednie środki zarządzania, jak i śledzić skuteczność proponowanych środków, mających na celu poprawę jakości wody. Niezależnie od monitoringu, który służy ocenie stanu wód i podejmowaniu działań naprawczych, istotne jest prowadzenie ciągłego monitorowania zagrożeń wód, jako elementu systemu wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami. Zasadność inwestowania w tego rodzaju systemy znalazło swoje odzwierciedlenie zarówno w Agendzie 2030²⁰, jak i w Porozumieniu Paryskim²¹. W Agendzie odniesienie znajdujemy w dwóch celach strategicznych (ang. *Sustainable Development Goals* – SDG): SDG 3 „Zapewnienie zdrowego życia i promowanie dobrobytu dla wszystkich w każdym wieku” oraz SDG 13 „Podjęcie pilnych działań w celu zwalczania zmian klimatu i ich skutków”. Wspomniane wyżej porozumienia wyznaczyły rządowi cele obejmujące wzmocnienie systemów wczesnego ostrzegania.

W zarządzaniu gospodarką wodną istotne znaczenie ma budowa świadomości problemów gospodarki wodnej w społeczeństwie oraz badania dotyczące zasobów wodnych. Odrębnym zadaniem strategicznym jest szkolenie specjalistów gospodarki wodnej wszystkich szczebli. Podstawą planowanych działań jest słuszne twierdzenie, że nie można osiągnąć sukcesu w strategii gospodarki wodnej, jeżeli w jej implementację jest zaangażowana mała liczba kompetentnych osób.

Budując partnerstwo w zarządzaniu gospodarką wodną, zwłaszcza między organizacjami zarządzającymi dorzecziami czy zlewniami a partnerami lokalnymi, należy pamiętać, że Zintegrowane Zarządzanie Zasobami Wodnymi²² powinno bazować bardziej na wartościach społecznych niż technologicznych. Wówczas w proces poprawy stanu jakościowego wód można aktywnie włączyć sprawców zanieczyszczenia. Oznacza to konieczność współpracy opartej na zaufaniu i jawności pomiędzy poszczególnymi partnerami. Budowa w społeczeństwie świadomości zagrożeń związanych z wodą może zostać osiągnięta poprzez rzeczywiste włączenie w proces podejmowania decyzji i ugruntowywanie wiedzy o stanie środowiska wodnego.

WYBRANE INICJATYWY KSZTAŁTUJĄCE DOSTĘP DO INFORMACJI O ŚRODOWISKU WODNYM

Zrównoważony rozwój winien uwzględniać potrzeby lokalnych społeczności dotyczące ich rozwoju społecznego i ekonomicznego, przy zapewnieniu działań na rzecz kontroli i ochrony środowiska. Rozwój lokalny, szczególnie oparty na usługach sektora turystyki i rekreacji, zależy od wielu czynników, w tym odpowiednio wczesnego zdiagnozowania zagrożeń wpływających na prawidłowe działanie oferowanych usług i na bezpieczeństwo turystów oraz mieszkańców.

W 2005 roku UE podjęła decyzję [Decyzja Rady 2005], na mocy której Wspólnota Europejska przyjęła konwencję z Aarhus²³ o dostępie do informacji, udziale społeczeństwa w podejmowaniu decyzji oraz dostę-

²⁰ <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>

²¹ https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

²² <https://www.gwp.org/en/gwp-SAS/ABOUT-GWP-SAS/WHY/About-IWRM>

²³ <https://www.uncece.org/fileadmin/DAM/env/pp/documents/cep43e.pdf>

pie do sprawiedliwości w sprawach dotyczących środowiska. Podstawą konwencji jest założenie, że większe zaangażowanie ze strony obywateli i większa świadomość społeczna w sprawach dotyczących środowiska prowadzi do jego lepszej ochrony. Jej celem jest przyczynienie się do ochrony prawa każdej osoby, obecnie i w przyszłości, do życia w środowisku odpowiednim dla zdrowia i dobrostanu. Na mocy konwencji przyjęto działania w trzech obszarach dotyczących:

- zapewnienia przez władze publiczne dostępu społeczeństwa do informacji na temat środowiska;
- ułatwienia udziału społeczeństwa w podejmowaniu decyzji mających wpływ na środowisko;
- rozszerzenia warunków dostępu do wymiaru sprawiedliwości w sprawach dotyczących środowiska.

Formułowanie polityk środowiskowych i podejmowanie decyzji, również tych dotyczących lokalnego rozwoju, w coraz większym stopniu wymaga danych i informacji pochodzących z wielu źródeł i sektorów. W obecnej praktyce informacje o konkretnych parametrach środowiskowych są często wykorzystywane tylko dla jednego celu (np. określonego typu raportowania w odniesieniu do konkretnej regulacji środowiskowej), chociaż potencjalnie mogłyby być służyć wielu analizom i ocenom środowiskowym oraz sektorowym.

W 2008 roku w Komunikacie Komisji do Rady, Parlamentu Europejskiego, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów pt. *Wprowadzenie wspólnego systemu informacji o środowisku (SEIS)* zaproponowano wdrożenie zdecentralizowanego, skoordynowanego systemu informacji o środowisku w Europie). Koncepcja SEIS powstała na potrzeby usprawnienia gromadzenia, wymiany i wykorzystania danych i informacji środowiskowych. W realizację systemu zaangażowana jest Europejska Agencja Środowiska, poprzez serię projektów i inicjatyw w krajach członkowskich (Eionet)²⁴.

Głównym celem SEIS jest maksymalizacja wykorzystania wytwarzanej informacji o środowisku. Według podstawowych zasad SEIS informacja o środowisku powinna być:

- zarządzana na poziomie najbliższym źródła pochodzenia;
- pozyskiwana tylko raz, a następnie udostępniana wielu użytkownikom;
- gotowa do wykorzystania dla potrzeb (konkretnej) sprawozdawczości;
- łatwo dostępna dla różnych użytkowników i potrzeb;
- w pełni dostępna dla opinii publicznej – na poziomie krajowym, w czytelnym języku;

a ponadto:

- umożliwiać dokonywanie wiarygodnych porównań w odpowiedniej skali;
- wykorzystywać popularne standardy IT, preferencyjnie rozwiązania typu 'open software'.

Group on Earth Observations GEO²⁵ jest globalną inicjatywą, w której uczestniczy Komisja Europejska i kraje członkowskie UE. Jednym z głównych zadań GEO jest koordynacja prac dla utrzymywania globalnego, skoordynowanego systemu obserwacji o nazwie Global Earth Observation System of Systems (GEOSS)²⁶. Działalność dotyczy głównie wypracowywania standardów umożliwiających wykorzystanie danych z różnych systemów dla potrzeb podejmowania decyzji, planowania i reagowania na sytuacje nadzwyczajne. Obecne systemy globalnej obserwacji środowiska wodnego nie są wystarczające, aby monitorować długookresowe zmiany, z uwzględnieniem potencjalnych skutków dla ludzi i ekosystemów.

²⁴ <https://www.eea.europa.eu/about-us/what/seis-initiatives>

²⁵ <http://www.earthobservations.org/index.php>

²⁶ <http://www.earthobservations.org/geoss.php>

W GEOSS postawiono ambitne cele: integrowanie danych z wielu źródeł i systemów monitoringu, wypracowanie lepszych modeli i prognoz oraz upowszechnianie informacji. Planowane jest integrowanie danych z pomiarów *in-situ* z danymi pochodzącymi z obserwacji satelitarnych (ang. *satellite-based radar altimeters*), co ma pomóc w mapowaniu cykli wody w dużych rzekach. Ponadto GEOSS zajmuje się standaryzacją meta-danych oraz udoskonalaniem metod prognozowania oraz zamierza wypracować lepsze modele prognostyczne – w skali globalnej, krajowej, a następnie w skali zlewni. Stworzenie takich interoperacyjnych modeli w ma budować 'system systemów' (ang. *system of systems*), służący wymianie danych z obserwacji w różnych skalach.

INFORMACJA A WSPÓŁUDZIAŁ SPOŁECZEŃSTWA W ZARZĄDZANIU ZASOBAMI WODNYMI

Głównych zainteresowanych informacją o jakości środowiska wodnego można podzielić na cztery główne grupy:

- pierwsza: bezpośredni użytkownicy;
- druga: użytkownicy obsługujący w różnych zakresie pierwszą grupę;
- trzecia: producenci korzystający z zasobów wodnych;
- czwarta: administracja rządowa i samorządowa, organizacje pozarządowe.

Ochrona dobrej jakości środowiska przestała być postrzegana w świadomości większości jedynie jako cel ideologiczny. Coraz więcej ludzi rozumie znaczenie jakości środowiska dla zdrowia swojego i następnych pokoleń. Zwiększa się również świadomość wpływu środowiska na poziom życia (ponad trzy czwarte badanych Europejczyków uważa, że stan środowiska ma wpływ na ich życie codzienne i jego jakość).

Coraz większą uwagę do tego zagadnienia przykładają władze samorządowe motywowane przez swoich mieszkańców i przepisy dotyczące ochrony środowiska naturalnego. Szczęólnego znaczenia nabierają tutaj relacje i współpraca pomiędzy drugą i czwartą grupą, zwłaszcza w miejscowościach turystycznych, gdzie wzrasta przedsiębiorczość i związane z nią przychody. Wymaga to jednak spełnienia odpowiednich standardów związanych z odprowadzeniem ścieków, gospodarką odpadami i jakością wody oraz środowiska.

Rosnąca liczba bezpośrednich użytkowników (pierwsza grupa) zainteresowana jest aktywnym udziałem w poprawie stanu środowiska i jego ochroną. Przejawia się to m.in. w uczestnictwie w ocenie stanu środowiska, pomiarze jego parametrów i kontroli realizacji przepisów dotyczących środowiska. Ze względu na stosunkowo wysoki koszt urządzeń pomiarowych i analiz, aktywność taka, bez wsparcia Państwa czy regionów, jest ograniczona. W niektórych krajach działania mieszkańców w ramach programów typu „citizen science” czy „lokalny monitoring środowiska” są coraz bardziej popularne. Wiele państw Unii Europejskiej wdrożyło system zarządzania gospodarką wodną oparty na ZZZW oraz włączyło społeczeństwo w proces ich konsultacji i oceny jeszcze przed przyjęciem RDW i Dyrektywy Powodziowej [2007/60/WE]. Przykładami mogą być Hiszpania i Francja (Hisz-

pania ma najdłuższe doświadczenia, jeżeli chodzi o funkcjonowanie administracji zlewniowej zarządzającej gospodarką wodną).

Na szczególną uwagę zasługuje przypadek Francji. Opracowanie planów gospodarowania wodami odbywa się w tym kraju na dwóch poziomach. Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza (SDAGE) to opracowanie wyższego rzędu, wykonywane obowiązkowo dla całego dorzecza lub dużej zlewni. Plan zarządzania zlewnią (SAGE) jest opracowaniem niższego rzędu, wykonywanym fakultatywnie dla małej zlewni, najczęściej z inicjatywy lokalnych władz lub związku gmin. Inicjatorem opracowania SDAGE dla dorzecza lub dużej zlewni jest Agencja ds. Wody. Udział władz i lokalnych społeczności oraz organizacji pozarządowych jest we Francji szczególnie istotny w trakcie opracowywania programów pomocy finansowej (tzw. sześcioletnich programów interwencji), w ramach których powstają plany inwestycyjne z zakresu gospodarki wodnej. Są one następnie uchwalane i przyjmowane do realizacji przez Komitet Dorzecza wspólnie z Agencją ds. Wody, która jest egzekutorem przyjętych ustaleń. Taka organizacja pracy wymaga funkcjonowania zespołów ekspertów na poziomie lokalnym, doskonale przygotowanych i działających w ramach małych zespołów zlewniowych, wspieranych przez ekspertów Agencji ds. Wody²⁷. W skład tych zespołów, określanych jako lokalne komisje zlewniowe, wchodzi przedstawiciele samorządów (50%), użytkowników wody i stowarzyszeń (25%) oraz państwa (25%). Niewątpliwym sukcesem jest wynik konsultacji społecznych dotyczących celów środowiskowych zawartych w RDW, przeprowadzonych w 2008 r. przez Komitety Dorzeczy pod hasłem „Woda to życie – przedstaw nam swoją opinię”. W ich wyniku do Agencji ds. Wody wpłynęło przeszło 400 tys. wypełnionych ankiet. Tak szeroki udział społeczeństwa w procesie konsultacji to niewątpliwie efekt wielu lat dobrej współpracy administracji zlewniowej i władz lokalnych²⁸. Agencje ds. Wody prowadzą również edukację dzieci i młodzieży poprzez system „klas wodnych” oraz laboratoriów eksperymentalnych [Bernardis 1990].

Dobrym przykładem realizacji celów integracyjnych była realizacja projektu „regioWASSER 2005” [The German Water Sector 2001]. Objęto nim miasto Freiburg (Niemcy) położone w dorzeczu górnego Renu, zamieszkiwane przez około 200 tys. Mieszkańców. Celem projektu jest integracja wszystkich ekspertów zajmujących się gospodarką wodną. Interdyscyplinarną grupę roboczą „regioWASSER 2005” powołano w 1999 r. na życzenie organizacji ekologicznych pod nadzorem organizacji FEW (ang. *Freiburg Energy and Water Utility*) zajmującej się energetyką i gospodarką wodną. Poza FEW i organizacjami ekologicznymi, w pracach grupy uczestniczą wszystkie agencje zajmujących się wprost lub pośrednio zarządzaniem gospodarką wodną (od organizacji zdrowia publicznego do jednostek administrujących wodą, władz miejskich i powiatowych), włączając przedstawicieli Uniwersytetu we Freiburgu (hydrologia i ochrona krajobrazu). FEW finansuje prace grupy, której podstawowymi zadaniami są: prowadzenie analiz, ekspertyz oraz wypracowanie modelu zarządzania gospodarką ściekową i osadami ściekowymi dla regionu Freiburga.

²⁷ www.gesteau.eaufrance.fr

²⁸ <https://www.inbo-news.org/sites/default/files/documents/riob17.pdf>

MONITORING PARTYCYPACYJNY JAKO DZIAŁANIE UZUPEŁNIAJĄCE WIEDZĘ O STANIE ŚRODOWISKA WODNEGO I KSZTAŁTUJĄCE ŚWIADOMOŚĆ WSPÓŁODPOWIEDZIALNOŚCI ZA JEGO STAN

Potrzeby informacyjne różnych podmiotów zainteresowanych jakością środowiska wodnego różne potrzeby tych grup, a co za tym idzie różna dokładność, jakiej się wymaga od pomiarów stwarza spore pole do powstawania lokalnych monitoringów, obsługiwanych przez różne podmioty, a w konsekwencji stwarza przestrzeń do prac nad nowymi, adekwatnymi do tych potrzeb czujnikami i nowymi modelami zarządzania informacją o środowisku. Stąd pojawiła się koncepcja monitoringu partycypacyjnego [CAO 2008].

Monitoring partycypacyjny zasobów wodnych [CAO 2008] to proces zbierania i analizy danych oraz przekazywania wyników pochodzących od wielu uczestników, pozwalający zidentyfikować i rozwiązywać problemy. Ma on charakter dynamiczny; angażuje czynnie szersze grono zainteresowanych, biorących na siebie odpowiedzialność za zadania i pozwala uczyć się jak korzystać z wyników analiz. Monitoring partycypacyjny obejmować może m.in. następujące aspekty:

- Zagrożenie lokalnych cieków i terenów przybrzeżnych ściekami bytowymi, spływającymi z nieszczelnych szamb w warunkach normalnych.
- Zagrożenie lokalnych cieków i terenów przybrzeżnych ściekami bytowymi, spływającymi powierzchniowo w czasie gwałtownych opadów.
- Zagrożenie lokalnych cieków i terenów przybrzeżnych ściekami bytowymi ze zrzutu nieoczyszczonych ścieków z lokalnych oczyszczalni w czasie gwałtownych opadów.
- Zagrożenie zbiorników związkami azotu, mogącymi wpływać na eutrofizację jeziora.
- Zagrożenie populacji ryb w lokalnych ciekach, spowodowane zbyt wysoką temperaturą wody i niedotlenieniem.
- Zagrożenie podtopieniem budynków i infrastruktury w następstwie opadów.
- Akumulację odpadów w czasie zbiornika w wyniku gwałtownych opadów w zlewni zbiornika.
- Sukcesywną akumulację osadów w zbiornikach, szczególnie nasilającą się w trakcie powodzi.
- Akumulację osadów w wyniku pracy zbiornika, ograniczającą możliwość korzystania z usług rekreacyjnych.

PRZYKŁADY MONITORINGU PARTYCYPACYJNEGO ORAZ WYKORZYSTYWANE NARZĘDZIA

Monitoring partycypacyjny może być realizowany za pomocą różnych schematów postępowania. Podstawowa typologia wyróżnia pięć kategorii, które obejmują szerokie spektrum działań, mających na celu monitorowanie zasobów naturalnych [Danielsen i in. 2009]:

- Profesjonalne, kierowane przez organizacje zewnętrzne – bez udziału lokalnych interesariuszy (np. samorządów) – należą do nich najczęściej programy organizowane przez agencje rządowe i międzynarodowe.
- Kierowane zewnętrznie z udziałem lokalnych podmiotów zbierających dane (np. nadleśnictwa) – dane są gromadzone przez lokalnych interesariuszy, ale analiza i interpretacja jest wykonywana przez specjalistów. W krajach rozwiniętych za zbieranie danych często odpowiedzialni są wolontariusze, którzy

- poświęcają swój czas bez korzyści majątkowych. W tego typu programach organizacje nadzorujące zapewniają odpowiednie wsparcie merytoryczne i sprzętowe dla osób i podmiotów zbierających dane.
- Wspólne monitorowanie z zewnętrzną interpretacją danych – lokalne społeczności zajmują się gromadzeniem danych i częściowo także ich zarządzaniem, jednak analiza jest wykonywana przez zewnętrznych specjalistów i najczęściej nie uwzględnia potrzeb lokalnych podmiotów (np. samorządów).
 - Wspólne monitorowanie z lokalną interpretacją danych – systemy monitoringu angażują podmioty lokalne w gromadzenie i analizę danych oraz ich zarządzanie. Proces ten jest kontrolowany przez nadrzędne instytucje i specjalistów. Dane są gromadzone lokalnie, ale mogą także być przesyłane dalej do analiz w większej skali.
 - Autonomiczny monitoring lokalny – cały proces monitorowania środowiska jest przeprowadzany na poziomie podmiotów lokalnych (interesariuszy) – łącznie z analizą i przechowywaniem danych. Dotyczy to inicjatyw, które nie są kontrolowane bezpośrednio przez administrację państwową, więc nie mają dokładnej dokumentacji dotyczącej wyników naukowych.

Programy monitoringu partycypacyjnego mogą mieć zróżnicowaną skalę oraz poziom zaawansowania. Poniższe przykłady prezentują różne podejścia w zależności od kraju, regionu oraz rodzaju organizowanej sieci obserwacji środowiska.

Programy o charakterze regionalnym lub globalnym

*The EarthEcho Water Challenge (World Water Monitoring Challenge)*²⁹

Program ma na celu angażowanie i budowanie świadomości społecznej obywateli różnych państw w prowadzeniu prostego monitoringu jakości wód lokalnych zbiorników wodnych. Jest to kompleksowy system zbierania podstawowych danych o jakości wód, uwzględniający programy edukacyjne dotyczące pomiarów i ich analizy, wyposażenie uczestników programu w narzędzia pomiarowe (bezpłatnie przy spełnieniu odpowiednich kryteriów, lub odpłatnie) oraz dzielenie się danymi pomiarowymi (poprzez dodanie ich do bazy danych oraz publikowanie ich w mediach społecznościowych). W programie mogą brać udział organizacje rządowe, non-profit, szkoły, samorządy. Warunkiem jest wysłanie zgłoszenia, w którym należy uzasadnić chęć do przystąpienia do programu oraz określić typ organizacji, która chce wziąć udział w programie. *The EarthEcho Water Challenge* kładzie silny nacisk na edukację dzieci i młodzieży w aspekcie jakości wód. Podstawowe pomiary obejmują temperaturę wody i powietrza, mętność, zawartość tlenu w wodzie oraz odczyn. W programie bierze udział 146 państw z całego świata (w tym także Polska). Zbieranie danych nie ma charakteru ciągłego – najczęściej pomiar jest wykonywany jednorazowo.

²⁹ <http://www.monitorwater.org/>

*Participatory Monitoring and Management Partnership*³⁰

Międzynarodowa sieć współpracy stworzona z myślą o społecznościach lokalnych, które obecnie partycypują w działaniach monitoringowych na swoim obszarze. Program uwzględnia zarówno organizacje rządowe, jak i pozarządowe. Działania PMMP obejmują:

- wymianę doświadczeń i nawiązywanie kontaktów między społecznościami;
- zapewnienie środków komunikacji oraz pomoc w kontaktach z politykami;
- edukacja dla partnerów systemu;
- promowanie podejścia opartego na najlepszych praktykach poprzez współdzielenie wiedzy – wspólne pozyskiwanie funduszy na działanie w terenie, wymiana informacji z pomocą mediów społecznościowych i innych narzędzi.

*Citizens Observatory for Coast and Ocean Optical Monitoring*³¹

Projekt ma na celu opracowanie systemów do wyszukiwania i wykorzystywania danych dotyczących koloru wody morskiej, przezroczystości i fluorescencji, z wykorzystaniem tanich czujników oraz przy udziale osób, które będą wykonywać pomiary i zbierać dane o lokalizacji. Do analiz wykorzystywane są proste metody pomiarowe, takie jak wzorec Forel-Ule oraz krążek Secchiego. W ramach projektu powstała również prosta nakładka na telefon (zawiera ona zewnętrzną diodę LED, która emituje spektrum fal odpowiednie dla detekcji fluorescencji przez kamerę w telefonie), która w połączeniu z odpowiednią aplikacją pozwala mierzyć poziom fluorescencji – co jest bezpośrednio związane ze stężeniem glonów w wodzie. Dane mają być pozyskiwane przez wolontariuszy i przesyłane z użyciem telefonu, a następnie przetwarzane – gotowe produkty są dostępne publicznie, aby umożliwić ich szerokie wykorzystanie. Wyniki mają podnosić świadomość społeczną w aspekcie ochrony wody morskiej, a także ułatwić dialog między lokalnymi społecznościami a inwestorami. Wszyscy użytkownicy oraz osoby zainteresowane mają także dostęp do strony internetowej, gdzie mogą korzystać z materiałów edukacyjnych wspierających wykonywanie pomiarów i pomagających zrozumieć ich istotę.

*Lake Stewards of Maine (LSM)*³²

Inicjatywa której celem jest wspieranie ochrony jakości wód jezior przy udziale obywateli. Jest to jeden z najstarszych programów tego typu, działa od lat 70. XX wieku. Program obejmuje szkolenia, certyfikaty oraz pomoc techniczną dla wolontariuszy, którzy monitorują szeroki zakres wskaźników jakości wody. Jest to program wspierany przez Departament Ochrony Środowiska stanu Maine. LSM współpracuje w ramach udostępniania oraz oceny jakości danych. Lokalne społeczności są angażowane nie tylko do zbierania danych, ale także do czynnej ochrony środowisk jeziornych (np. usuwanie gatunków inwazyjnych).

³⁰ <https://www.pmpartnership.com/about2>

³¹ <http://www.citclops.eu/participate/how-to-get-the-app>

³² <https://www.lakestewardsofmaine.org>

Programy o charakterze lokalnym

*Projekt Secure*³³

W Polsce projekt jest na etapie wczesnego rozwoju. Bardzo często udział interesariuszy opiera się jedynie na otrzymaniu informacji na temat stanu środowiska bez udziału społeczeństwa w badaniach. Przykładem mogą być poszukiwania gazu łupkowego – PIG-PIB prowadził rozpoznanie terenowe, jednak udział interesariuszy ograniczał się głównie do właścicieli gruntów, na których były prowadzone badania – ich rolą był udział w spotkaniach informacyjnych związanych z poszukiwaniami oraz dostęp do danych.

Monitoring jakości i ilości wody w Kenii

Na terenie Keni, w dorzeczu rzeki Sondu-Miriu, rozpoczęto eksperymentalny monitoring partycypacyjny, który opierał się na zaangażowaniu lokalnej społeczności w proces monitorowania wody [Rufino 2018]. Projekt był wspierany przez Urząd ds. Zasobów Wodnych w Kenii oraz zewnętrzne finansowanie organizowane przez niemiecki rząd, Niemiecką Wspólnotę Badawczą oraz Niemieckie Towarzystwo Współpracy Międzynarodowej. W terenie zostały rozmieszczone punkty pomiarowe (które dodatkowo zostały opisane), a zaangażowane osoby przeprowadzały proste obserwacje, które następnie przesyłane były z użyciem wiadomości SMS. Do prac zaangażowano wolontariuszy, którzy zostali przeszkoleni w zakresie podstawowych analiz jakości wody (monitoring osadów i azotanów). Zebrane dane były weryfikowane przez automatyczne stacje pomiarowe – wykazano, że uzyskane informacje mają wystarczającą jakość, pomimo teoretycznie niskiej jakości urządzeń pomiarowych oraz niskich nakładów finansowych. Pomiary stężenia azotanów wykonuje się z użycie pasków, które zanurza się w wodzie, a następnie porównuje z tabelą referencyjną. Dodatkowo zespół projektowy (w tym specjaliści z zakresu badań wody) organizuje spotkania z wolontariuszami w celu weryfikacji wyników oraz odpowiedzi na pytania.

*URI Watershed Watch (URIWW)*³⁴

Ochotniczy program monitorowania jakości wody, który koncentruje się na współpracy naukowców z The University of Rhode Island z lokalnymi społecznościami, w celu identyfikacji źródeł zanieczyszczeń oraz pozyskania danych wspomagających zarządzanie zasobami wodnymi. Organizacją programu zajmuje się zespół specjalistów, który koordynuje działania, kontroluje jakość danych, zapewnia sprzęt, materiały eksploatacyjne oraz szkolenia i edukację dla tzw. „obywateli-naukowców” (ang. *citizen scientist*). Program ma charakter długoterminowy i gromadzi dane na temat mętności wody, gęstości glonów, rozpuszczonego tlenu, temperatury wody, zasadowości i odczynu, stężenia związków biogennych oraz podstawowe oznaczenia bakterii. Do pomiarów używane są proste narzędzia pomiarowe, takie jak: Krążek Secchiego, termometr oraz zestaw urządzeń i odczytników firmy LaMotte, która specjalizuje się w produkcji łatwo dostępnych i relatywnie tanich czujników i indykatorów jakości wody.

³³ http://www.securegoenergy.eu/sites/default/files/SECURe%20D6_2.pdf

³⁴ <https://web.uri.edu/watershedwatch/>

*South Yuba River Citizens League (SYRCL)*³⁵

Program, oficjalnie rozpoczęty w 2000 r., służy monitorowaniu środowiska w zlewni rzeki Yuba. Obejmuje on szeroki zakres działań strategicznych, społecznych i politycznych, które mają na celu wspieranie zrównoważonego rozwoju na obszarze zlewni. Ich elementem jest monitoring jakości wody w zakresie pomiarów: temperatury wody, rozpuszczonego tlenu, odczynu, mętności, przewodności elektrolitycznej właściwej. Dodatkowo niekiedy prowadzone są dodatkowe analizy bakteriologiczne, związków biogennych i substancji toksycznych. Wszystkie dane pozyskane przez wolontariuszy są poddawane weryfikacji i ocenie jakości oraz unifikacji w celu pozyskania jak najlepszej bazy danych. A następnie udostępniane w sieci. Wolontariuszom zapewnia się pomoc edukacyjną oraz wsparcie merytoryczne.

*Nisqually River Education Project (NREP)*³⁶

Program edukacyjny działający w zlewni rzeki Nisqually, mający na celu promocję ochrony wód przed zanieczyszczeniami, czego elementem jest stały monitoring. Do wykonywania pomiarów wykorzystywane są czujniki i zestawy analityczne firmy LaMotte. Program angażuje studentów w aktywne działania na rzecz środowiska. Przez monitoring uświadamia się młodych ludzi o tym, jak ważna jest dobra jakość wód. Następnie studenci i uczniowie angażują się w działania na rzecz poprawy ich stanu. Program ma na celu wychowanie nowego pokolenia ludzi, którzy będą świadomi wartości środowiska. Badane parametry to: biologiczne i biochemiczne zapotrzebowanie na tlen, temperatura wody, tlen rozpuszczony, odczyn, azotany, zawiesina/mętność, bakterie.

*Program South Sound Green*³⁷

Podobnie jak NREP, program ten kierowany jest do uczniów i studentów. Działa od połowy lat 90. XX wieku. Ma na celu kształcenie nowego pokolenia ludzi, którzy aktywnie angażują się w działania na rzecz poprawy jakości wód oraz proces jej monitorowania. Program finansowany jest przez organizacje rządowe i pozarządowe. W ramach projektu są prowadzone szeroko zakrojone działania edukacyjne – związane z metodami pomiarów oraz interpretacją otrzymanych wyników. Uczniowie i nauczyciele wykonują pomiary mętności, rozpuszczonego tlenu, odczynu, stężenia azotanów oraz pobierają próbki do analiz bakteriologicznych. Program utrzymuje te same standardy pomiarowe co NREP i ściśle z nim współpracuje. Wszystkie dane podlegają weryfikacji jakościowej. W ramach SSG monitoring prowadzony jest na pięciu obszarach badawczych.

*The Stream Team*³⁸

Projekt zajmujący się zbieraniem danych i informowanie lokalnych i regionalnych samorządów o stanie środowiska wodnego zlewni Big Chico Creek. Celem jest odpowiednie gospodarowanie zasobami wodnymi. Badania koncentrują się na analizie jakości wody. Program pozwala społeczeństwu brać udział w monitorowaniu zlewni i zachęca do zrozumienia ekologicznej funkcji zlewni.

³⁵ <https://yubariver.org/>

³⁶ <http://nrep.nisquallyriver.org/>

³⁷ <https://southsoundgreen.org>

³⁸ <http://www.thestreamteam.org/nodes/projects/monitoring.htm>

Przykłady narzędzi

*Walizka Ekobadacza*³⁹

Monitoring partycypacyjny odnosi się nie tylko do wykonywania pomiarów i gromadzenia danych – ważnym elementem jest także edukacja dzieci i młodzieży. Programy monitoringu inicjowane w szkołach przez pedagogów mogą służyć właśnie takiemu celowi. Należy pamiętać, że dydaktycy potrzebują tanich rozwiązań, które będą proste w obsłudze i łatwo dostępne. Przykładem może być tzw. *Walizka Ekobadacza*, która umożliwia wykonanie podstawowych analiz środowiskowych, m.in. oznaczenia: azotanów, azotynów, fosforanów, amonu, pH, twardości wody, jonów żelaza, a także podstawowych cech makroskopowych gleby. Zestaw ten ma charakter dydaktyczny i jest przeznaczony dla młodzieży, jednak umożliwia wykonanie szeregu podstawowych analiz cech chemicznych wody w określonym standardzie.

*RWD Prospect*⁴⁰

Polska firma RWD Prospect dystrybuuje czujniki i rejestratory pomiaru stanu wody wraz z pełną obsługą wizualizacji danych oraz systemem powiadamiania użytkowników o gwałtownych zmianach stanu wody. Głównym odbiorcą usługi są samorządy lub prywatni użytkownicy. Dzięki uzyskanym danym zwiększa się bezpieczeństwo powodziowe mieszkańców danego obszaru. Inicjatorem procesu i odbiorcą danych są lokalne społeczności będące użytkownikami danych pozyskanych w ramach monitoringu. Co ciekawe główną ofertą RWD Prospect są usługi teleinformacyjne (Internet, telewizja, telefon).

WNIOSKI

Dynamiczny rozwój cywilizacji przyczynia się do znacznego pogorszenia stanu środowiska, a w szczególności ekosystemów wodnych. Negatywny wpływ na jakość wody mają różne gałęzie przemysłu, odpady komunalne, ścieki rolnicze oraz zmiany zagospodarowania przestrzennego. Wiele obszarów silnie obciążanych przez presję antropogeniczną wymaga kontroli jakości wody oraz stanu ekologicznego. Koszty profesjonalnych sieci monitoringowych są bardzo wysokie – lokalne samorządy najczęściej nie dysponują finansami na szczegółowe badania środowiska. Dokumenty, takie jak konwencja Aarhus, wskazują na ważną rolę społeczeństwa w procesie kontroli i ochrony jakości wody. Dzięki idei monitoringu partycypacyjnego pojawia się szansa na rozwój lokalnych sieci pomiarowych, które w założeniu mają spełniać pewne standardy pomiarowe, ale nie są wykonywane przez specjalistów. Ich rolą może być koordynacja procesu, kontrola danych i ich interpretacja lub jedynie wspomaganie społeczeństwa oraz lokalnych samorządów w budowaniu infrastruktury, edukacji oraz analizie danych. Monitoring partycypacyjny daje możliwość uzyskania danych na temat środowiska o dużej rozdzielczości przestrzennej. Wyniki badań mogą wspomóc obserwację oddziaływania na środowisko przykładowo przez zakłady produkcji przemysłowej. Pozyskane dane mogą wspomagać także proces redukcji zanieczyszczeń poprzez stałą kontrolę jakości wody. Monitoring partycypacyjny może także służyć rozwojowi systemów wczesnego ostrzegania. Idea budowania sieci obserwacyjnych tego typu zwraca

³⁹ <https://deltaoptical.pl/walizka-ekobadacza>

⁴⁰ <https://monitoring.prospect.pl/index.php>

także szczególną uwagę na szeroki dostęp społeczeństwa do informacji na temat stanu środowiska oraz edukację, która w założeniu ma kształtować odpowiednie podejście do środowiska przez przyszłe pokolenia.

LITERATURA

- 2005/370/WE, Decyzja Rady z dnia 17 lutego 2005 r. w sprawie zawarcia w imieniu Wspólnoty Europejskiej Konwencji o dostępie do informacji, udziale społeczeństwa w podejmowaniu decyzji oraz dostępie do sprawiedliwości w sprawach dotyczących środowiska, EUR-Lex, Bruksela
- 2007/60/WE, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim, EUR-Lex, Bruksela
- Bernardis M.-A. Nesteroff A., 1990, *Le grand livre de l'eau, La Manufacture et la cité des Sciences et de l'Industrie*
- CAO, 2008, *Participatory water monitoring. A guide for preventing and managing conflict*, The Office of the Compliance Advisor/Ombudsman, dostępne online: <http://www.cao-ombudsman.org/howwework/advisor/documents/watermoneng.pdf> (14.11.2019)
- COM/2015/0614 final, EEA, 2008, Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Zamknięcie obiegu – plan działania UE dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym, EUR-Lex, Bruksela
- Danielsen F., Burgess N.D., Balmford A., Donald P.F., Funder M., Jones J.P.G., Alviola P., Balet D.S., Blomley, T., Brashare, J., Child B., Enghoff M., Fjeldså J., Holt S., Hübertz H., Jensen A.E., Jensen P.M., Massao J., Mendoza M.M., Ngaga Y., Poulsen M.K., Rueda R., Sam M., Skielboe T., Stuart-Hill G., Topp-Jørgensen E., Yonten D., 2009, *Local participation in natural resource monitoring: a characterization of approaches*, *Conservation Biology*, 23 (1), 31-42, DOI: 10.1111/j.1523-1739.2008.01063.x. PMID 18798859
- Rufino M.C., Weeser B., Stenfert Kroese J., Njue N., Gräf J., Jacobs S., Kemboi Z., Ran A.M., Cerutti P.O., Martius C., Breuer L., 2018, *Citizen scientists monitor water quantity and quality in Kenya*, *CIFOR Infobrief*, 230, DOI: 10.17528/cifor/007013
- The German Water Sector, 2001, *The German Water Sector Policies and Experiences*, Federal Ministry for the Environment Nature Conservation and Nuclear Safety, Berlin – Bonn – Witten, dostępne online <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2752.pdf> (14.11.2019)

PARTICIPATORY MONITORING OF THE AQUATIC ENVIRONMENT IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Summary: The information needs of various entities interested in the quality of the aquatic environment, the different needs of these groups, and thus the different accuracy that is required from measurements creates a large field for the emergence of local monitoring, supported by various entities, and as a consequence creates space for work on new, adequate to these needs with sensors and new models for managing environmental information. Participatory monitoring of water resources is a joint process of collecting and analyzing data and transferring results, allowing to identify and solve problems. It covers many participants at all stages of the monitoring process, and also includes methods and indicators that are significant for stakeholders.

Keywords: Monitoring, participation, water resources, information.