

Marta Borowska-Stefańska

ZAGOSPODAROWANIE TERENÓW ZAGROŻONYCH POWODZIAMI W WOJEWÓDZTWIE ŁÓDZKIM



WYDAWNICTWO
UNIwersytetu
ŁÓDZKIEGO

**ZAGOSPODAROWANIE
TERENÓW ZAGROŻONYCH
POWODZIAMI
W WOJEWÓDZTWIE
ŁÓDZKIM**



WYDAWNICTWO
UNIwersytetu
ŁÓDZKIEGO

Marta Borowska-Stefańska

ZAGOSPODAROWANIE TERENÓW ZAGROŻONYCH POWODZIAMI W WOJEWÓDZTWIE ŁÓDZKIM

 WYDAWNICTWO
UNIwersYTETU
ŁÓDZKIEGO

ŁÓDŹ 2015

Marta Borowska-Stefańska – Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych
Katedra Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej, 90-142 Łódź, ul Kopcińskiego 31

RECENZENT

Tadeusz Siwek

REDAKTOR WYDAWNICTWA UŁ

Iwona Gos

SKŁAD KOMPUTEROWY

AGENT PR

PROJEKT OKŁADKI

czartart.com: Izabela Surdykowska-Jurek

Zdjęcia wykorzystane na okładce: © Depositphotos.com/Peaceful-park-in-spring
Green-field-near-the-river; Summer-landscape-with-river

© Copyright by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2015

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

Wydanie I. W.06913.15.0.M

Ark. wyd. 9,1; ark. druk. 9,0

ISBN 978-83-7969-666-6

e-ISBN 978-83-7969-667-3

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

90-131 Łódź, Lindleya 8

www.wydawnictwo.uni.lodz.pl

e-mail: ksiegarnia @uni.lodz.pl

tel. (42) 665 58 63

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie	7
1. Zagospodarowanie terenów zalewowych – wybrane zagadnienia	17
1.1. Problematyka zagospodarowania i oceny ryzyka powodziowego	17
1.2. Metody ochrony przed powodzią	32
2. Zjawiska powodziowe w województwie łódzkim	37
2.1. Charakterystyka dolin rzecznych	37
2.2. Typy powodzi	41
2.3. Powodzie historyczne	46
3. Użytkowanie ziemi na terenach zagrożonych powodzią w gminach województwa łódzkiego	55
3.1. Ogólna charakterystyka zagospodarowania	55
3.2. Zróżnicowanie badanych gmin pod względem struktury użytkowania ziemi	59
3.3. Próba typologii	72
3.4. Użytkowanie ziemi w wybranych gminach	74
4. Stan zainwestowania przeciwpowodziowego w województwie łódzkim	87
4.1. Wały przeciwpowodziowe	87
4.2. Zbiorniki retencyjne	95
5. Rozkład ryzyka powodziowego w województwie łódzkim – kontekst zagospodarowania	99
5.1. Kategorie ryzyka powodziowego	99
5.2. Poziom ryzyka powodziowego	108
5.3. Porównanie wyników oceny ryzyka powodziowego	126
Wnioski	129
Bibliografia	131
Spis tabel	139
Spis rycin	141
Spis fotografii	143

WPROWADZENIE

Praca poświęcona jest zagadnieniu zagospodarowania terenów zagrożonych powodziami w wybranych gminach województwa łódzkiego. W ostatnich latach powódzie w Polsce są przyczyną zagrożeń dla ludzi oraz ogromnych strat materialnych. Najbardziej narażonymi pod tym względem województwami w naszym kraju są: małopolskie, podkarpackie, śląskie, opolskie i dolnośląskie. Według danych Wydziałów Bezpieczeństwa i Zarządzania Kryzysowego urzędów wojewódzkich z 2010 r., na terenie kraju zagrożonych powodziami było ponad 1000 gmin, w tym: ok. 875 tys. ha użytków rolnych, 86 500 budynków mieszkalnych, 2600 budynków użyteczności publicznej, ok. 2000 mostów i ponad 280 oczyszczalni ścieków. Powódzie generują największe straty w Polsce południowej, jednak podczas intensywnych opadów deszczu w półroczu letnim lub wskutek gwałtownego topnienia śniegu czy też wystąpienia zatorów na rzekach w okresie od grudnia do marca zagrożone są również tereny położone w Polsce centralnej, w tym w województwie łódzkim (*Zagrożenia okresowe występujące w Polsce 2010*).

Wezbrania w obrębie równiny zalewowej należą do zjawisk naturalnych (Kobojek 2010). Niezwykle istotnym zadaniem jest prowadzenie odpowiedniej polityki w zakresie ochrony przeciwpowodziowej. Obecnie odbywają się liczne dyskusje na temat ochrony obszarów zagrożonych powodziami: czy korzystać ze środków technicznych czy też nietechnicznych. Stosowanie dotychczas w Polsce metod ochrony przeciwpowodziowej ograniczało się przede wszystkim do działań technicznych (Bobiński, Żelaziński 1996; Bajorek 2001; Walczykiewicz, Biedroń 2013). Metody te nie są skuteczne oraz doprowadzają do zmian bioróżnorodności na danym obszarze, poprzez zmniejszenie liczby gatunków roślin i zwierząt tam żyjących (Bobiński, Żelaziński 1996; Grocki, Eliasiewicz 2001). Obecnie zmieniło się podejście do ochrony terenów zalewowych. W wyniku wprowadzenia założeń Dyrektywy Powodziowej (2007) na koniec 2013 r. stworzono mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego. Dzięki nim każdy może sprawdzić, czy dany teren znajduje się w zasięgu oddziaływania powodzi. Istotne okazuje się pozostawienie „miejsca” dla powodzi, wszędzie tam, gdzie zagrożenie ludności i gospodarki jest niskie. W przypadku znacznego stopnia zurbanizowania terenów nadrzecznych, uprzemysłowienia i prowadzenia gospodarki rolnej istnieją ograniczenia, co do

możliwości poszerzenia koryta i doliny (Walczykiewicz, Biedroń 2013). Uzależnione jest to od specyfiki obszaru objętego ochroną. Występują wyraźne różnice pomiędzy przebiegiem powodzi w dolinach rzek dużych (tj. Wisła czy Odra) i małych. Za przyczynę olbrzymich strat powstałych w wyniku powodzi w dużej mierze odpowiada stan zagospodarowania dolin rzecznych (*Program bezpieczeństwa powodziowego...* 2012). W strefie zagrożonej powodziami lokalizowane są obiekty użyteczności publicznej, tj. szkoły, muzea, teatry, obiekty usługowe, w tym stacje paliw, a także obiekty mogące generować wtórne zagrożenia: składowiska odpadów, oczyszczalnie ścieków itp. Na tych obszarach powstają również budowle, które mogą powodować podpiętrzenie wody i w efekcie szersze rozlewiska (źle zaprojektowane mosty, sztuczne zwiężenia dolin). Wszystko to, w połączeniu z przekonaniem o niezawodności urządzeń technicznych, doprowadza do ogromnych strat (Bogdańska-Warmuz i in. 2000).

Celem pracy jest ocena zagospodarowania terenów zagrożonych powodziami w gminach województwa łódzkiego, w kontekście potencjalnych negatywnych konsekwencji dla ludzi, środowiska przyrodniczego, dziedzictwa kulturowego i działalności gospodarczej (na podstawie analizy aktualnego stanu zagospodarowania w badanych gminach).

Opracowanie ma charakter statyczny. Wykorzystane w pracy materiały źródłowe pochodzą głównie z lat 2011–2013. Ma to istotne znaczenie dla oceny aktualnego zagospodarowania terenów szczególnego zagrożenia powodziami.

W pracy badaniu podlegały tereny zagrożone powodziami w 21 gminach, położonych w granicach województwa łódzkiego, w zlewniach trzech głównych rzek:

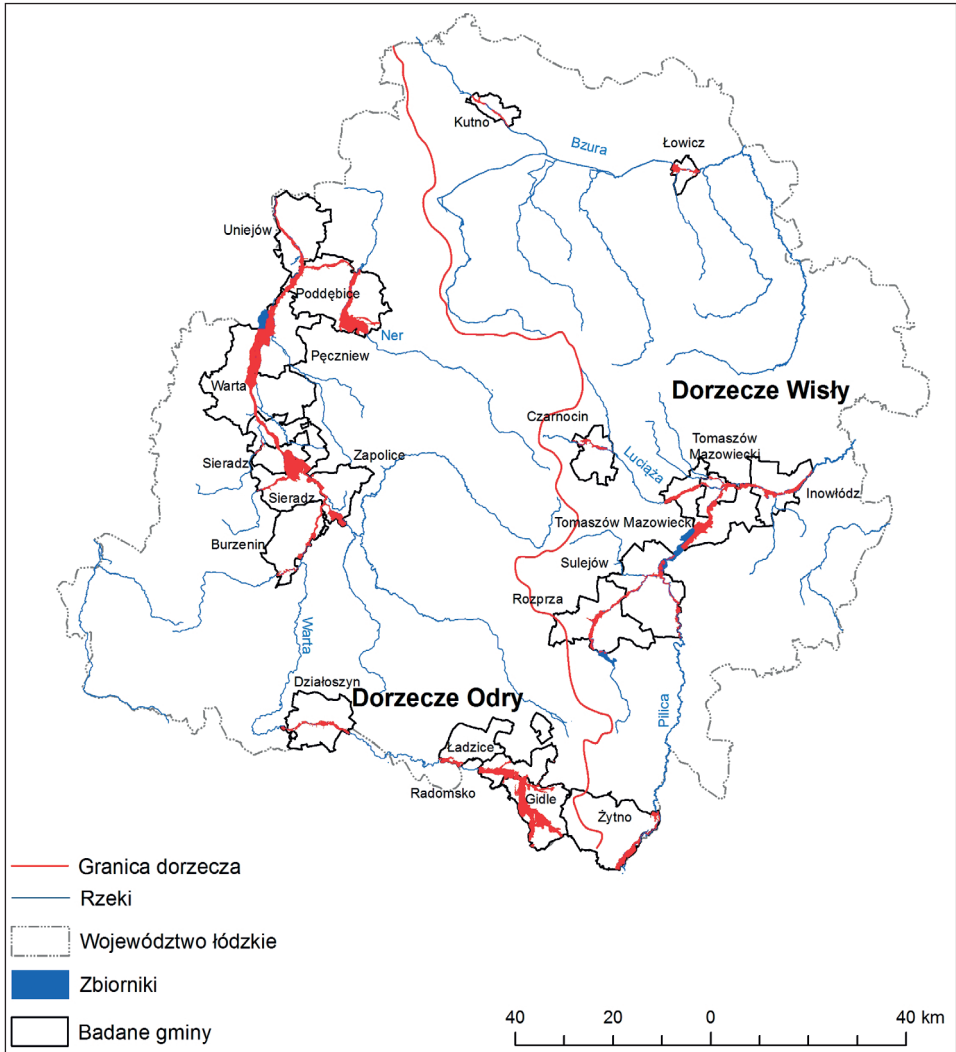
1) Warty – Gidle (gmina wiejska nad Wartą, Mękwą), Radomsko (gmina wiejska, nad Wartą i Radomką), Ładzice (gmina wiejska, nad Wartą), Działoszyn (gmina miejsko-wiejska nad Wartą), Burzenin (gmina wiejska nad Wartą), Zapolice (gmina wiejska nad Wartą i Widawką), Sieradz (gmina wiejska nad Wartą, Myją, Żegliną), Sieradz (miasto nad Wartą i Myją), Warta (gmina miejsko-wiejska nad Wartą), Pęczniew (gmina wiejska nad Wartą), Poddębice (gmina miejsko-wiejska nad Wartą, Nerem), Uniejów (gmina miejsko-wiejska nad Wartą);

2) Pilicy – Żytno (gmina wiejska nad Pilicą), Rozprza (gmina wiejska nad Luciążą), Sulejów (gmina miejsko-wiejska nad Luciążą i Pilicą), Czarnocin (gmina wiejska nad Wolbórką), Tomaszów Mazowiecki (gmina wiejska nad Pilicą, Wolbórką, Czarną, Piasecznicą), Tomaszów Mazowiecki (miasto nad Pilicą, Wolbórką, Czarną, Piasecznicą), Inowódz (gmina wiejska nad Pilicą);

3) Bzury – Kutno (miasto nad Ochnią), Łowicz (miasto nad Bzurą) (rycina 1).

Ograniczając proces zasiedlania równin zalewowych, można zminimalizować ryzyko powodziowe, co miałyby wymierne efekty dla ludności oraz samych gmin.

Przedmiotem badań w pracy jest zagospodarowanie terenów zagrożonych powodziami. W opracowaniu zastosowano badania nad użytkowaniem ziemi.



Rycina 1. Tereny zagrożone powodzią w badanych gminach województwa łódzkiego
 Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych z Urzędu Wojewódzkiego
 w Łodzi, 2012

Podmiotem niniejszej pracy są tereny zagrożone powodzią w gminach województwa łódzkiego o dużym i bardzo dużym wskaźniku ryzyka powodziowego (łącznie 21 gmin), które zostały wskazane w *Planie operacyjnym ochrony przed powodzią dla województwa łódzkiego z 2013 r.* (zastosowana w nim metodologia została opisana w rozdziale 1.1). Obszary zagrożone powodzią to tereny, których zalanie może występować z różnym prawdopodobieństwem (załącznik 21 do *Programu bezpieczeństwa powodziowego... 2012*, s. 22). W pracy za obszar

badania przyjęto teren szczególnego zagrożenia powodzią, na którym prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi 1% (*Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne... 2001*).

W ustawie Prawo wodne za tereny narażone na niebezpieczeństwo powodzi rozumie się „określone we wstępnej ocenie ryzyka powodziowego obszary, na których istnieje znaczące ryzyko powodzi lub jest prawdopodobne wystąpienie znaczącego ryzyka powodzi”. Dla tych obszarów wykonano mapy zagrożenia powodziowego. Zaznaczono na nich:

1. Obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest niskie i wynosi raz na 500 lat lub na których istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia ekstremalnego.

2. Obszary szczególnego zagrożenia powodzią, tzn.:

- tereny, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi raz na 100 lat;

- tereny, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest wysokie i wynosi raz na 10 lat (stanowi to część terenu wody 100-letniej);

- tereny między linią brzegu a wałem przeciwpowodziowym lub naturalnym wysokim brzegiem, w który wbudowano trasę wału przeciwpowodziowego, a także wyspy i przymuliska, o których mowa w art. 18 ustawy Prawo wodne, stanowiące działki ewidencyjne;

- pas techniczny w rozumieniu art. 36 ustawy z 21 marca 1991 r. o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej i administracji morskiej.

3. Obszary obejmujące tereny narażone na zalanie w przypadku (tereny potencjalnego zagrożenia):

- przelania się wód przez koronę wału przeciwpowodziowego;

- zniszczenia lub uszkodzenia wału przeciwpowodziowego;

- zniszczenia lub uszkodzenia budowli piętrzących;

- zniszczenia lub uszkodzenia budowli ochronnych pasa technicznego (*Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne... 2001*).

Mapy zagrożenia powodziowego z wyznaczonymi granicami terenów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi powstały na koniec 2013 r., jednak nie objęły one wszystkich rzek. Przed ich ogłoszeniem za określenie terenów zagrożonych powodzią odpowiadał dyrektor Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej. Stanowiły one integralną część studium ochrony przeciwpowodziowej. Województwo łódzkie ze względu na swoje położenie, na wododziale I-rzędu pomiędzy dorzeczem Wisły i Odry, podlega Regionalnemu Zarządowi Gospodarki Wodnej w Poznaniu (dorzecze Odry) oraz Warszawie (dorzecze Wisły). Badania rozpoczęto w 2011 r., kiedy nie obowiązywały mapy zagrożenia powodziowego, natomiast w studium ochrony przeciwpowodziowej dla dorzecza Odry, w granicach województwa łódzkiego, nie wyznaczono terenów potencjalnego zagrożenia. Dlatego też autorka zdecydowała się na analizę zagospodarowania, w granicach wody 1%. W pracy nie analizowano zagospodarowania w obrębie całej

formy nazywanej równiną zalewową, ale w zasięgu wody 1%, gdyż we wszystkich opracowaniach z zakresu ochrony przeciwpowodziowej wykorzystuje się taki podział. Należy jednak podkreślić, że analizie poddano rzeki nizinne, gdzie przebieg powodzi ma odmienny charakter w stosunku do zlewni wyżynnych i górskich. Równiny zalewowe w dolinach tych rzek są szerokie, w większości podzielone wałami przeciwpowodziowymi, które oddzielają strefę międzywała od doliny w strefie zawala. W strefie zawala często dochodzi do intensywnego zagospodarowania obszarów potencjalnie zagrożonych powodzią (Majda i in. 2012). W wyniku przyjęcia terenu wody 1% za obszar badań, wykluczono z analizy równiny zalewowe, położone za wałami.

Autorka w pracy zamiennie stosuje pojęcia terenów: zalewowych, szczególnego zagrożenia powodzią (bezpośredniego zagrożenia), zagrożonych, rozumianych tylko i wyłącznie jako obszary do granicy wody 1%.

W zaproponowanym podejściu zagospodarowanie badane jest w granicach gmin (nie w granicy zlewni), gdyż to właśnie na poziomie lokalnym istnieją instrumenty planistyczne, dzięki którym możliwe staje się realne kształtowanie przestrzeni. Jest to bardzo istotne z punktu widzenia ochrony przed powodzią.

Empiryczną podstawą analiz był materiał zebrany podczas badań terenowych, przeprowadzonych w latach 2011–2013. Obejmowały one:

- kwerendę w urzędach i instytucjach odpowiedzialnych za ochronę przeciwpowodziową. Pozyskano dane dotyczące: zróżnicowania poziomu ryzyka powodziowego w województwie łódzkim z podziałem na gminy, zasięgu wody 100-letniej, stanu zainwestowania przeciwpowodziowego;
- kwerendę materiałów kartograficznych, umożliwiających studia nad występowaniem powodzi w województwie łódzkim, w ujęciu historycznym oraz charakterystykę dolin rzecznych;
- kwerendę planów i programów dotyczących ochrony przeciwpowodziowej;
- inwentaryzację urbanistyczną, w trakcie której zaktualizowano dane dotyczące zagospodarowania i stworzono dokumentację fotograficzną.

Inwentaryzację terenową przeprowadzono w latach 2012–2013 na obszarze 6 gmin – miasta oraz gminy Tomaszów Mazowiecki, Kutna, Łowicza, Poddębic, Uniejowa, która miała na celu aktualizację podkładów. Podstawę do tych analiz stanowiła Baza Danych Obiektów Topograficznych (BDOT), która, jak stwierdzono, odzwierciedla aktualny stan zagospodarowania. Dlatego też zrezygnowano z badań szczegółowych w pozostałych gminach. W celu analizy aktualnego zagospodarowania na obszarach szczególnego zagrożenia powodzią scalono warstwy pokrycia i użytkowania terenu, pochodzące z Bazy Danych Obiektów Topograficznych. Do kompleksów pokrycia terenu w BDOT zaliczone zostały najważniejsze, powierzchniowe elementy sytuacyjne terenu, rozróżnialne na podstawie ich cech fizjonomicznych. Obiekty należące do tej klasy w sposób kompletny opisują dany obszar. Kompleksy użytkowania terenu to powierzchnie jednorodne

ze względu na pełnioną funkcję. Do grupy tej zaliczono przede wszystkim obiekty infrastruktury społecznej i gospodarczej. Przekazują one uzupełniające, ale bardzo istotne informacje o użytkowaniu terenu (*Wytyczne techniczne TBD...* 2008).

W BDOT wydzielono 9 głównych kompleksów pokrycia terenu:

1) obszary wód: wody morskie, wody powierzchniowe płynące, wody powierzchniowe stojące;

2) tereny zabudowy zwartej gęstej lub luźnej: zabudowa blokowa, zabudowa typu śródmiejskiego, zabudowa jednorodzinna, zabudowa przemysłowo-magazynowa, zabudowa inna;

3) tereny leśne lub zadrzewione: las, zagajnik, inne zadrzewienie;

4) tereny roślinności krzewiastej: zarośla krzewów, zarośla kosodrzewiny;

5) tereny upraw trwałych: sad, plantacja, ogródki działkowe;

6) tereny roślinności trawiastej i upraw rolnych: uprawy na gruntach ornych, roślinność trawiasta;

7) tereny pod drogami kołowymi, szynowymi i lotniskowymi: teren pod drogą kołową, teren pod torowiskiem, teren pod drogą kołową i torowiskiem, teren pod drogą lotniskową;

8) tereny gruntów odsłoniętych: teren piaszczysty lub żwirowy, piarg, usypisko, rumowisko skalne, inne grunty odsłonięte;

9) inne tereny niezabudowane: teren pod urządzeniami technicznymi lub budowlanymi, plac z nawierzchnią twardą, teren składowania odpadów, zwałowisko, wyrobisko, dół poeksploatacyjny, inne tereny przemysłowo-składowe, plac bez nawierzchni;

Kompleksy użytkowania terenu zostały podzielone na 11 głównych klas:

1) kompleksy mieszkaniowe: osiedle mieszkaniowe, posesja lub zespół posesji;

2) kompleksy przemysłowo-gospodarcze: zakład produkcyjny, usługowy, remontowy, zakład wydobywczy, elektrownia, elektrociepłownia, gazownia, zakład wodociągowy, ujęcie wody, zakład utylizacji, oczyszczalnia ścieków, wysypisko odpadów, podstacja elektroenergetyczna, przepompownia, gospodarstwo hodowlane;

3) kompleksy handlowo-usługowe: centrum handlowo-usługowe, targowisko, bazar;

4) kompleksy komunikacyjne: lotnisko, port wodny, stacja kolejowa, dworzec autobusowy, stacja metra, stacja paliw, parking, zajezdnia;

5) kompleksy sportowo-rekreacyjne: teren ośrodka sportowo-rekreacyjnego, kompleks domków letniskowych, park, ogród botaniczny, ogród zoologiczny;

6) kompleksy usług hotelarskich i turystycznych: teren hotelu, motelu, teren ośrodka wypoczynkowego, kemping, teren schroniska turystycznego;

7) kompleksy oświatowe: szkoła, zespół szkół, wyższa uczelnia, ośrodek naukowo-doświadczalny, przedszkole;

8) kompleksy ochrony zdrowia i opieki społecznej: zespół szpitalny, sanatoryjny, zakład opieki specjalnej, dom dziecka;

9) kompleks zabytkowo-historyczny: zespół zamkowy, zespół pałacowy, twierdza, skansen, zespół muzealny, miejsce pamięci narodowej;

10) kompleksy sakralne i cmentarze: zespół sakralny, klasztorny, cmentarz;

11) inny kompleks użytkowania terenu: zakład specjalny, inny kompleks użytkowania terenu.

W wyniku nałożenia na siebie obu warstw otrzymano szczegółowy obraz użytkowania ziemi na obszarach szczególnego zagrożenia powodzią. Dzięki temu możliwe było odpowiednie przyporządkowanie poszczególnych funkcji do określonej grupy w nowo utworzonej klasyfikacji. W celu dokonywania dalszych analiz posłużono się klasyfikacją terenów, wykorzystywaną przy sporządzaniu miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 26 sierpnia 2003 r. w sprawie wymaganego zakresu projektu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego* (2003). Dodatkową grupę, która została wydzielona, stanowią nieużytki. W konsekwencji wyodrębniono 12 form zagospodarowania, do których przyporządkowano obiekty zbliżone do siebie pod względem sposobu użytkowania. Są to:

1) tereny zabudowy mieszkaniowej – działki ziemi zajęte pod budynki mieszkalne jednorodzinne, wielorodzinne oraz zagrodowe;

2) tereny zabudowy usługowej – wszystkie obszary zajęte przez instytucje, organizacje czy przedsiębiorstwa, służące zaspokajaniu potrzeb ludzi: administracji publicznej, nauki, kultury, służby zdrowia, handlu, gastronomii itp. (Liszewski 1973);

3) tereny użytkowane rolniczo – obszary zajęte pod uprawy oraz ugory, czyli ziemie okresowo niebędące w uprawie oraz łąki i pastwiska;

4) tereny zabudowy techniczno-produkcyjnej – obszary zajęte przez obiekty produkcyjne, składy, magazyny;

5) lasy;

6) tereny zieleni urządzonej – parki, ogrody, zielenią towarzyszącą obiektom budowlanym;

7) tereny ogródków działkowych;

8) tereny wód – rzeki, jeziora, stawy, strumienie, kanały;

9) tereny komunikacji – drogi publiczne, torowiska, parkingi, zajezdnie;

10) tereny infrastruktury technicznej – elektroenergetyka, gazownictwo, wodociągi, kanalizacja, telekomunikacja, gospodarowanie odpadami, ciepłownictwo;

11) tereny sportu i rekreacji – ośrodki sportowe, domki letniskowe (*Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury... 2003*);

12) nieużytki – tereny, które z racji niedogodnych warunków przyrodniczych, bądź też zdewastowane przez człowieka nie nadają się w obecnej postaci do czynnego zagospodarowania, np. wyrobiska (Liszewski 1973).

W celu oceny zróżnicowania zagospodarowania terenów zagrożonych powodziami w badanych gminach obliczono wskaźnik poziomej intensywności użytkowania, wykorzystania powierzchni oraz terenów wolnych od zabudowy. Intensywność pozioma to miernik odzwierciedlający pokrycie terenu budowlami technicznymi, mierzonymi w płaszczyźnie powierzchni ziemi. Stopień pokrycia terenu świadczy o intensywności przekształceń przestrzeni geograficznej dokonujących się na skutek inwestycyjnej działalności człowieka. Miarą intensywności poziomej użytkowania jest udział procentowy terenów zabudowanych w całości badanego obszaru (Liszewski 1977, s. 87). Ze względu na specyfikę terenu badań, przy obliczaniu wskaźnika poziomej intensywności zagospodarowania nie wzięto pod uwagę terenów komunikacyjnych. Tereny zabudowane generują nie tylko straty materialne, ale również bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia, a nawet życia ludzi. Dlatego też osobno obliczono wskaźnik wykorzystania powierzchni, rozumiany jako stopień wykorzystania powierzchni terenu zarówno pod zabudowę, jak i tereny komunikacyjne (Rudnik 2012). Ze względu na wielkość obszarów poddanych analizie i szczegółowość prowadzonych badań, za teren wolny od zabudowy przyjęto powierzchnię niezabudowaną oraz wodę powierzchniową na danym obszarze. Na koniec wydzielono dwie grupy terenów: zabudowanych oraz wolnych od zabudowy, i każdą z nich podzielono na trzy klasy. Za pomocą trójkąta Ossana¹ określono, jaki typ terenów wolnych od zabudowy oraz zabudowanych dominuje w granicach obszarów zagrożonych powodziami. Następnie w celu klasyfikacji gmin ze względu na strukturę zagospodarowania wykorzystano metodę skupień, która jest narzędziem analizy służącym do grupowania „n” obiektów w „k” niepustych, rozłącznych oraz możliwie „jednorodnych” grup skupień. Obiekty należące do danego skupienia powinny być do siebie „podobne”. Jest to jedna z metod aglomeracyjnych, której idea polega na wyznaczeniu skupień poprzez łączenie powstałych w poprzednich krokach algorytmu, mniejszych skupień (najbardziej do siebie podobnych). W analizie tej wykorzystano odległość euklidesową oraz metodę wiązania skupień Warda. Wyniki przedstawiono w formie dendrogramu, który stanowi graficzną ilustrację przebiegu aglomeracji (Wołyński, Górecki 2013).

Do analizy zarówno struktury użytkowania ziemi na obszarach zagrożonych powodziami, jak i jej oceny wykorzystano narzędzia GiS. Systemy Informacji Przestrzennej służą m.in. do rozwiązywania problemów o charakterze geograficznym, dostarczając narzędzi do wprowadzania, integracji, zarządzania, analizy oraz wizualizacji danych przestrzennych (Ziółkowski i in. 2011).

Kolejny etap polegał na dokonaniu analizy i oceny stanu zainwestowania przeciwpowodziowego w gminach województwa łódzkiego. Na wstępie opisano zasady ich klasyfikacji oraz oceny stanu technicznego. W formie kartograficznej

¹ Jest to narzędzie do analizy wielozmiennej, mające zastosowanie jedynie w przypadku tych cech, których wielkości liczbowe można zgrupować w trzy klasy, tworząc tzw. struktury trójdzienne; zarówno tereny zabudowane, jak i wolne od zabudowy podzielono na trzy grupy (Runge 2007).

przedstawiono wyniki analiz. Porównano je w stosunku do obszaru kraju, co pozwoliło wyciągnąć wnioski.

Na podstawie analizy aktualnego zagospodarowania terenów zagrożonych powodzią w wybranych gminach dokonano autorskiej oceny poziomu ryzyka powodziowego (opis metody został uwzględniony w rozdziale 1.1). Ocena ta wraz z wynikami uzyskanymi z pozostałych rozdziałów doprowadziła do sformułowania wniosków.

Zastosowany w pracy materiał źródłowy można podzielić na literaturę, dokumenty o charakterze strategicznym, ustawy i rozporządzenia, dane zebrane w trakcie inwentaryzacji terenowej oraz dokumenty udostępnione z instytucji odpowiedzialnych za ochronę przeciwpowodziową. Literaturę wykorzystano przy analizie zagospodarowania, ryzyka powodziowego oraz metod zarządzania nim.

W pracy sięgnięto również do dokumentów o charakterze strategicznym, odnoszących się do polityki wodnej. Opracowania te stanowiły zasobne źródło danych o charakterze diagnostycznym dla określenia aktualnego stanu zagospodarowania oraz przyszłego sposobu zarządzania terenami zalewowymi.

Uzupełnieniem treści dokumentów o charakterze strategicznym były wykorzystane w niniejszej pracy akty prawne o zasięgu krajowym i europejskim, dzięki którym stało się możliwe uporządkowanie i ocena metod ochrony przed powodzią, stosowanych w Polsce. Cennym materiałem okazały się również zapisy ustaw i rozporządzeń, odnoszących się zarówno do problematyki zagospodarowania, planowania przestrzennego, jak i metod ochrony przeciwpowodziowej. Na ich podstawie możliwe było odniesienie prowadzonych badań do aktualnie obowiązujących przepisów.

Podstawą do realizacji i wizualizacji wykorzystywanych metod badawczych stały się materiały kartograficzne oraz dane zebrane podczas kwerendy w urzędach. W wyniku współpracy z Regionalnymi Zarządami Gospodarki Wodnej w Poznaniu i Warszawie, Wojewódzkim Ośrodkiem Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Łodzi, Biurem Planowania Przestrzennego Województwa Łódzkiego pozyskano materiały niezbędne do wykonania inwentaryzacji. Udostępnione mapy, prezentujące zasięg wody 100-letniej oraz aktualne pokrycie i użytkowanie terenu, umożliwiły za pomocą narzędzi GIS analizę zagospodarowania, identyfikację kategorii ryzyka powodziowego oraz jego ocenę. Występowały one zarówno w formie wektorowej, jak i rastrowej (wówczas poddano je digitalizacji, a następnie wykorzystano w pracy). Zebrany materiał terenowy, w szczególności w drodze inwentaryzacji urbanistycznej, należy ocenić jako wysoce wiarygodny. Dane dotyczące powodzi historycznych, które uzyskano w Wydziale Bezpieczeństwa i Zarządzania Kryzysowego, jak i w urzędach gmin oraz Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej, stanowiły materiał niepełny, który został uzupełniony na podstawie literatury, czasopism naukowych oraz *Wstępnej oceny ryzyka powodziowego* (2011).

Zasoby internetowe stanowiły materiał o charakterze uzupełniającym. Korzystano ze stron instytucji odpowiedzialnych za ochronę przeciwpowodziową.

Bardzo cennym materiałem źródłowym, wykorzystanym w pracy, było oprogramowanie udostępniane użytkownikom na zasadach *open source*. W programie Geospatial Modelling Environment dokonano podziału terenu zagrożonego powodzią w badanych gminach na heksagony, co pozwoliło uniknąć błędów oraz przyspieszyło prowadzenie analiz.

W opinii autorki wykorzystany w pracy materiał źródłowy jest właściwy oraz wystarczający do realizacji założonych celów.