

Ocena potencjalnych strat materialnych na terenach zalewowych, wyznaczonych dwoma metodami, w wybranych miastach województwa łódzkiego

Dr Marta Borowska-Stefańska

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej,
borosia@op.pl

Streszczenie. W artykule przedstawiono ocenę zagospodarowania terenów zalewowych (wyznaczonych 2 metodami) i potencjalnych strat materialnych na przykładzie 3 miast: Tomaszowa Mazowieckiego, Łowicza i Kutna. Zagospodarowanie określono, analizując użytkowanie ziemi z wykorzystaniem Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT) oraz inwentaryzacji terenowej, w granicach zasięgu równin zalewowych wyznaczonych na podstawie map geologicznych oraz terenów zagrożonych powodzią wskazanymi przez dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej (RZGW) w Warszawie (WWQ 1% – wysoki wysoki przepływ). Do badań wybrano 3 miasta województwa łódzkiego z najwyższym wskaźnikiem poziomej intensywności zagospodarowania w granicach terenów tzw. wody 100-letniej. Są one położone w dorzeczu Wisły, w zlewni rzek Bzury i Pilicy. Stwierdzono, że zasięg terenów wody WWQ 1% nie pokrywa się z obszarem równiny zalewowej. Potencjalne straty materialne w granicach badanych terenów są najwyższe w Tomaszowie Mazowieckim, co jest związane z umieszczeniem tam bazy usługowo-produkcyjnej i mieszkaniowej. Materiały kartograficzne i terenowe opracowano na potrzeby oceny stanu zagospodarowania i możliwych strat powodziowych na omawianych obszarach, wykorzystując narzędzia GIS.

Słowa kluczowe: zagospodarowanie, tereny zagrożone powodzią, równiny zalewowe, GIS

Wprowadzenie

Doliny rzeczne to odrębne układy przyrodnicze charakteryzujące się zarówno specyficzną budową geologiczną i rzeźbą, swoistymi stosunkami wodnymi oraz klimatem, jak i szczególnie fauną oraz florą. To właśnie te cechy środowiska warunkują i kształtują formy gospodarki człowieka.

Dolina rzeczna składa się z dna (w którego obrębie występuje koryto), teras nadzalewowych, stoków i wysoczyzny. Część dna doliny zalewana w trakcie wezbrań nazywana jest równiną zalewową. Dno doliny zbudowane jest z namulów rzecznych, piasków akumulowanych w korycie, a także torfów wypełniających starorzecza. Równoległe do dna doliny (czasem po obu stronach) rozciąga się terasa nadzalewowa, która może występować również na kilku poziomach. Natomiast terasy od wysoczyzn oddziela stoki (Kobojek, Kobojek 2005).

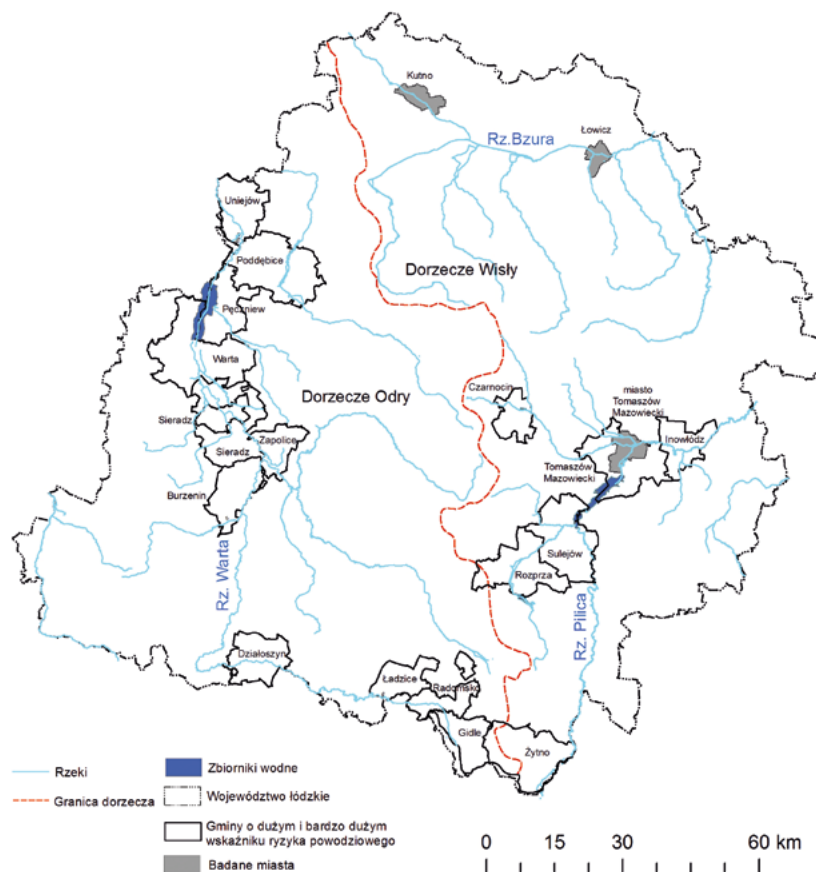
Charakter zagospodarowania dolin ma istotny wpływ na ich walory przyrodnicze, a także ochronę przed powodzią. Na obszarach niezurbanizowanych stopień przekształcenia przyrody powiązany jest bezpośrednio z układem typów wykorzystania ziemi. Najwyższy stopień przekształceń w tym zakresie związany jest z obszarami upraw, niższy – z terenami użytków zielonych, natomiast najniższy wykazują obszary leśne. Wszystkie te czynniki prowadzą do postępującej fragmentacji den dolin. Dla ochrony przed powodzią najistotniejsze znaczenie mają jednak analiza stopnia zainwestowania

tych obszarów i wskazanie miejsc szczególnie zagrożonych, co jest kluczowe dla ich właściwej ochrony (Słonecka, Jaglak, Goryszewska, Kołakowska, Ulanicka 2008). Zagospodarowanie ma wpływ na kształtowanie się odpływu, transport fluwialny i transformację fal wezbraniowych. W zlewniach zurbanizowanych, w porównaniu ze zlewniami leśnymi, rolniczymi i podmiejskimi, wyraźnie wzrasta rola letnich wezbrań opadowych w kształtowaniu odpływu, a roztopowych – transportu fluwialnego. Transformacja fal wezbraniowych na terenach zurbanizowanych polega m.in. na skróceniu czasu ich koncentracji i opadania, szybkim wzroście wysokości oraz objętości (Ciupa 2009).

Celem pracy jest ocena stanu zagospodarowania obszarów wyznaczonych na podstawie map geologicznych i analiz zasięgu wód WWQ 1% (RZGW) na terenie 3 miast województwa łódzkiego (Tomaszów Mazowiecki, Kutno, Łowicz) w kontekście potencjalnych strat materialnych.

Charakterystyka obszarów badań w wybranych miastach województwa łódzkiego

Szczegółową analizę zagospodarowania terenów zagrożonych powodzią przeprowadzono na przykładzie 3 miast: Tomaszowa Mazowieckiego, Kutna oraz Łowicza (ryc. 1). W nich obszary szczególnego zagrożenia powodzią mają



Ryc. 1. Gminy województwa łódzkiego o dużym i bardzo dużym wskaźniku ryzyka powodziowego

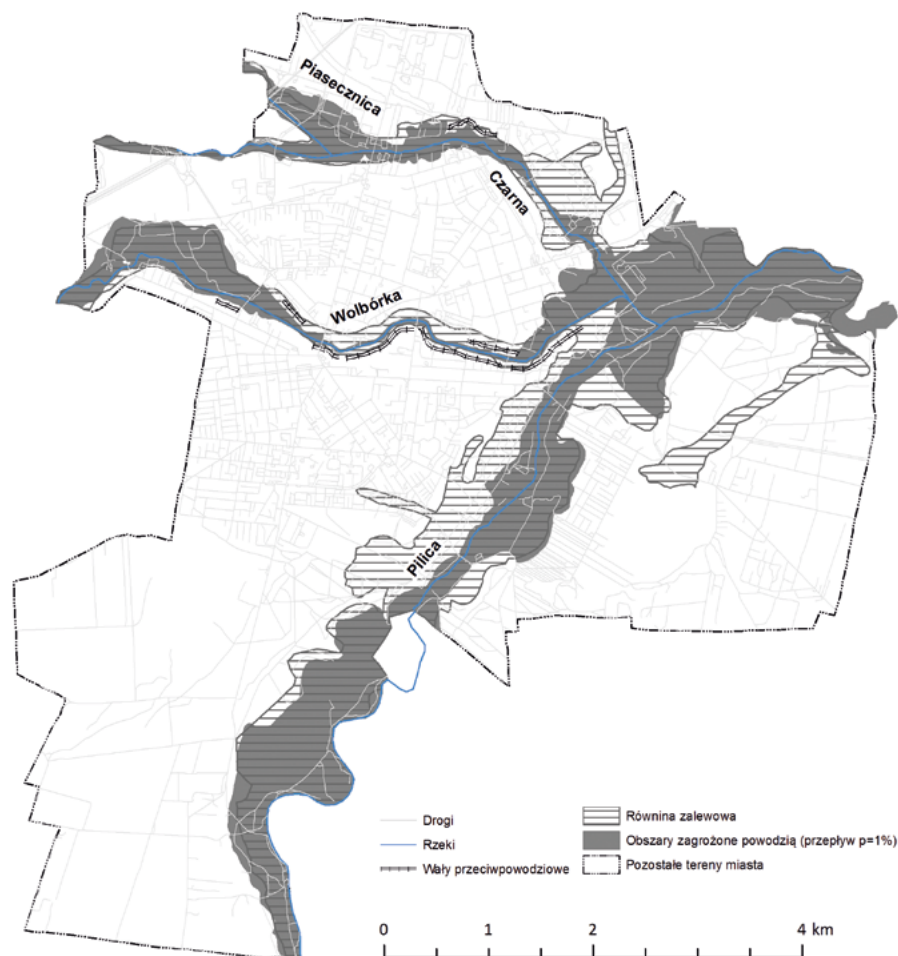
Źródło: opracowanie własne na podstawie Planu operacyjnego... 2013 i Borowska-Stefańska 2015c

wysoki wskaźnik poziomej intensywności użytkowania w porównaniu z pozostałymi gminami z obszaru województwa łódzkiego o dużym lub bardzo dużym poziomie ryzyka powodziowego, zgodnie z metodologią przyjętą w *Planie operacyjnym ochrony przed powodzią dla województwa łódzkiego* (2013). W wyniku zwiększenia powierzchni uszczelnionych następuje ograniczenie możliwości infiltracji wody do gruntu, zwiększa się tym samym objętość odpływu (Riopl 1995). W Tomaszowie Mazowieckim ok. 14,0% terenów zagrożonych powodzią zajętych jest pod zabudowę, głównie techniczno-produkcyjną, w Kutnie 7,5%, w Łowiczu 4,5%. W wybranych gminach województwa łódzkiego wskaźnik ten nie przekracza 3%: Działoszyn 2,8%, Sieradz (miasto) 2,4%, Radoszko 2,1%, Inowłódz 2,0%, Uniejów 1,9%, Gidle 1,8%, Poddębice 1,5%, Tomaszów Mazowiecki (gmina wiejska) 1,3%, Rozprza 1,2%, Ładzice 1,0%, Burzenin 0,8%, Sulejów 0,7%, Żytno 0,5%, Pęczniew 0,5%, Sieradz (gmina wiejska) 0,3%, Czarnocin 0,2%, Zapolice 0,03%, Warta 0,02% (Borowska-Stefańska 2015a).

Tomaszów Mazowiecki położony jest we wschodniej części województwa łódzkiego, nad rzeką Pilicą, w sąsiedztwie węzła hydrologicznego, jaki tworzą uchodzące do niego Wolbórka, Czarna Bielina i Piasecznica. W granicach miasta znajdują się odcinek dolny Pilicy, a także dolne odcinki dolin jej dopływów (*Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Tomaszowa Mazowieckiego* 2009). Szerokość dna doliny Pilicy w Tomaszowie Mazowiec-

kim jest zróżnicowana, w południowej i środkowej części wynosi od 300 m do 1000 m, w północnej natomiast, w miejscu ujścia Wolbórki, dochodzi do 1700 m (Trzmiel 1986). Wały przeciwpowodziowe zostały wybudowane fragmentarycznie jedynie wzdłuż rzeki Wolbórki oraz Czarnej. Ich łączna długość w granicach miasta wynosi 4030 m, z czego 2660 m to wał prawobrzeżny Wolbórki, 770 m – wał lewobrzeżny Wolbórki, a 600 m – wał lewobrzeżny Czarnej (Borowska-Stefańska 2015b). Powierzchnia równiny zalewowej wyznaczona na podstawie zasięgu utworów holocenicznych (głównie piasków, torfów i namulów den dolinnych) wynosi 1064,65 ha, natomiast obszarów zagrożonych powodzią – 761,59 ha. Równina zalewowa pokrywa się w 65% z zasięgiem terenów zalewanych wodami o prawdopodobieństwie przekroczenia równym 1% (ryc. 2).

Obszary zalewowe charakteryzują się zróżnicowaną rzeźbą terenu, która generalnie obniża się w kierunku północno-wschodnim. Wysokości wynoszą od ok. 163 m n.p.m. w części zachodniej i południowej do 153 m n.p.m. w miejscu, gdzie Wolbórka uchodzi do Pilicy. Powyżej miasta, na Pilicy znajduje się Zbiornik Sulejowski. W związku z jego budową stany wody na rzece są bardziej wyrównane, a przy właściwej eksploatacji zbiornika powódzie na terenie Tomaszowa Mazowieckiego nie powinny występować (*Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Tomaszowa Mazowieckiego* 2009). Jednakże w przypadku uszkodzenia zapory wodnej zbiornika w miejscowości Smardzewi-



Ryc. 2. Obszar równiny zalewowej oraz tereny szczególnego zagrożenia powodzią (WWQ 1%) w granicach administracyjnych Tomaszowa Mazowieckiego

Źródło: opracowanie własne na podstawie Trzmiel 1986, Nowacki 1988, Szałamacha 1989, Brzeziński 1990b, BDOT oraz danych z RZGW w Warszawie

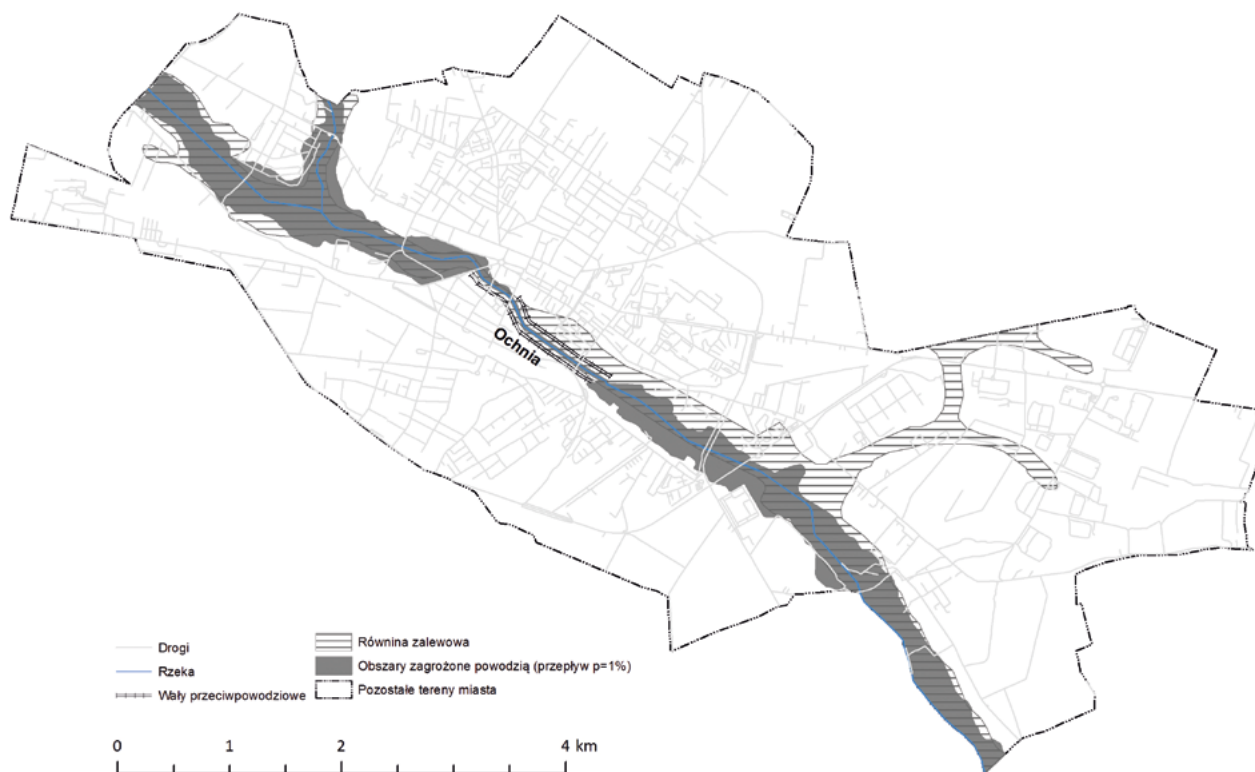
ce (8 km od miasta), przy założeniu maksymalnej wysokości piętrzenia w nim, istnieje możliwość wystąpienia katastrofalnej powodzi (*Plan operacyjny ochrony przed powodzią dla województwa łódzkiego* 2013).

Kutno położone jest w północnej części województwa łódzkiego, nad rzeką Ochnią, która płynie z północnego zachodu na południowy wschód. Tereny położone wzdłuż tej rzeki są narażone na niebezpieczeństwo powodzi. Zabytkowe centrum chronione jest przez wały przeciwpowodziowe, które znajdują się po obu stronach rzeki (*Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Kutna* 2012). Ich długość wynosi 2000 m, z czego 1210 m to wały lewobrzeżne, a 790 m – wały prawobrzeżne. W miejscach niechronionych wałami szerokość równiny zalewowej wynosi od 300 m do 500 m. Teren zalewowy obniża się w kierunku południowo-wschodnim, gdzie wysokości osiągają ok. 100 m n.p.m. (Borowska-Stefańska 2015b). Powierzchnia równiny zalewowej wynosi 420,71 ha, natomiast terenów zalewanych wodami o prawdopodobieństwie przekroczenia równym 1% – 292,60 ha. Obszar równiny zalewowej pokrywa się w 55% z terenem tzw. wody 100-letniej (ryc. 3).

Łowicz położony jest w zwężeniu Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej, nad rzeką Bzurą, w północnej części wojewódz-

stwa łódzkiego. W granicach miasta sieć hydrograficzną tworzą: Bzura, Zwierzyniec, Uchanka, Bobrówka oraz sieć kanałów i rowów melioracyjnych (*Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Łowicz* 2003). Współczesny układ sieci rzecznej miasta jest całkowicie sztuczny (Kobojek 2009). Bzura została uregulowana na odcinku od Łowicza do Łęczycy w XIX w., a obecny przebieg koryta w mieście został ukształtowany w latach 1925–1942. W 1943 roku wybudowano wał przeciwpowodziowy na południe od rzeki o długości ok. 2000 m. Prace regulacyjne oraz melioracyjne doprowadziły do obniżenia poziomu wód gruntowych o co najmniej 0,5 m. W latach 80. XX w. powódzie w Łowiczu nie występowały, w związku z czym utrwalił się pogląd o bezpieczeństwie pewnych obszarów położonych w obrębie równiny zalewowej, czego efektem było zajęcie jej pod zabudowę (Kobojek 2013). Powierzchnia równiny zalewowej wyznaczona na podstawie zasięgu utworów holocenów (głównie piasków, torfów i namułów den dolinnych) wynosi 522,37 ha, natomiast terenu szczególnego zagrożenia powodzią – 396,24 ha. Powierzchnia równiny zalewowej w 50% pokrywa się z zasięgiem tzw. wody 100-letniej (ryc. 4).

Na zachód od Łowicza szerokość równiny zalewowej wynosi ok. 700 m. Dno doliny w centralnej części zwęża się do



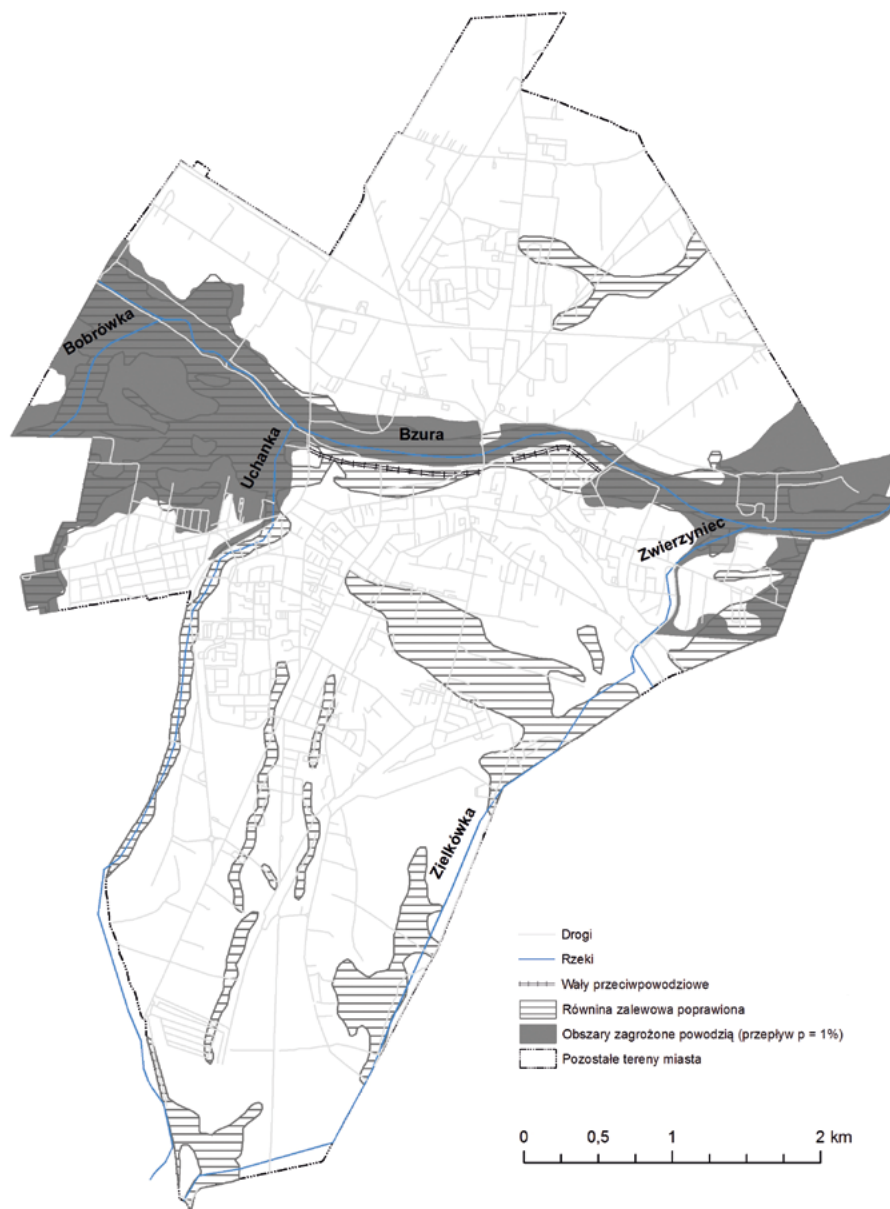
Ryc. 3. Obszar równiny zalewowej oraz tereny szczególnego zagrożenia powodzią (WWQ 1%) w granicach administracyjnych Kutna
Źródło: opracowanie własne na podstawie Szalamacha 1991, BDOT oraz danych z RZGW w Warszawie

ok. 300–400 m. Zostało ono dodatkowo obwałowane i w strefie międzywala jego szerokość wynosi zaledwie 150 m (Brzeziński 1990a). Powierzchnia terenu zalewowego obniża się w kierunku wschodnim, gdzie wysokości sięgają ok. 82,5 m n.p.m. Różnica wysokości względnych wynosi zaledwie 2,5 m (Borowska-Stefańska 2015b).

Materiały i metodyka

Do wyznaczenia zasięgu równiny zalewowej posłużyła *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000* (arkusze Łowicz, Tomaszów Mazowiecki, Ujazd, Sławno, Sulejów, Kutno) (Brzeziński 1990a, 1990b; Nowacki 1988; Szalamacha 1989, 1991; Trzmiel 1986). Do oceny aktualnego zagospodarowania na obszarach równiny zalewowej wykorzystano Bazę Danych Obiektów Topograficznych (BDOT) oraz dokonano inwentaryzacji terenowej (2012), która miała na celu aktualizację podkładów. Następnie przy wykorzystaniu narzędzi GIS scalono warstwy pokrycia i użytkowania terenu pochodzące z BDOT. Do kompleksów pokrycia terenu w BDOT zaliczone zostały najważniejsze powierzchniowe elementy sytuacyjne, rozróżnialne na podstawie ich cech fizjonomicznych. Obiekty należące do tej klasy wyczerpująco 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 istotne informacje o użytkowaniu terenu (*Wytyczne techniczne Baza Danych Topograficznych* 2008). W wyniku nałożenia na siebie obu warstw otrzymano szczegółowy obraz użytkowania ziemi na obszarach

szczególnego zagrożenia powodzią i w granicach równiny zalewowej. Dzięki temu możliwe było odpowiednie przyporządkowanie poszczególnych funkcji do określonej grupy w nowo utworzonej klasyfikacji. Na potrzeby oceny zróżnicowania zagospodarowania terenów zagrożonych powodzią w badanych gminach obliczono wskaźnik poziomej intensywności użytkowania i 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 procentowy udział terenów zabudowanych w całości badanego obszaru (Liszewski 1977). Ze względu na specyfikę terenu badań przy obliczaniu wskaźnika poziomej intensywności zagospodarowania nie wzięto pod uwagę terenów komunikacyjnych. Tereny zabudowane nie tylko generują straty materialne, ale również stwarzają bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia, a nawet życia ludzi. Do terenów zabudowanych według przyjętej klasyfikacji zaliczono tereny zabudowy mieszkaniowej i działalności gospodarczych oraz infrastruktury technicznej. 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 (Borowska-Stefańska 2015a).



Ryc. 4. Obszar równiny zalewowej oraz tereny szczególnego zagrożenia powodzią (WWQ 1%) w granicach administracyjnych Łowicza
Źródło: opracowanie własne na podstawie Brzeziński 1990a, BDOT oraz danych z RZGW w Warszawie

Zgodnie z *Rozporządzeniem w sprawie opracowywania map zagrożenia i map ryzyka powodziowego z dnia 21 grudnia 2012 r.* w celu określenia potencjalnych strat majątkowych na terenach zagrożonych powodzią należy wydzielić następujące obszary użytkowania: osiedla mieszkaniowe, tereny działalności gospodarczych, tereny komunikacyjne, lasy, tereny rekreacyjno-wypoczynkowe, użytki rolne, wody oraz pozostałe obszary, dla których nie są określane straty powodziowe (nieużytki). W artykule częściowo wykorzystano tę klasyfikację. Podzielono jednak użytki rolne na grunty orne oraz użytki zielone, gdyż na polach uprawnych potencjalne straty materialne są większe. Dokonano również bardziej szczegółowego podziału terenów działalności gospodarczych, z których wyodrębniono tereny usługowo-produkcyjne i infrastruktury technicznej. Obiekty infrastruktury technicznej, w szczególności oczyszczalnie ścieków i składowiska odpadów, stanowią

potencjalne ogniska zanieczyszczeń i mogą wywoływać negatywne skutki dla środowiska przyrodniczego oraz ludzi w przypadku zalania terenu przez wody powodziowe. Następnie wyniki uzyskane dla równin zalewowych zestawiono z danymi dla terenów szczególnego zagrożenia powodzią (wyznaczonych przez dyrektora RZGW w Warszawie), czyli takich, na których prawdopodobieństwo jej wystąpienia jest średnie i wynosi 1% (*Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne*). Miało to bardzo istotne znaczenie, gdyż przedmiotem analizy były obszary nizinne, na których powódzie mają odmienny przebieg niż na obszarach wyżynnych i górskich. Równiny zalewowe w dolinach rzek nizinnych są szerokie, w większości podzielone wałami przeciwpowodziowymi, które oddzielają obszar międzywał od dna doliny w obrębie zawała. Na zawału zwykle dochodzi do intensywnego zagospodarowania obszarów potencjalnie zagrożonych powodzią-

mi (Majda, Wałykowski, Adamczyk, Grygoruk 2012). Ograniczenie opracowania tylko do terenów szczególnego zagrożenia powodzią (prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi równe 1%) sprawiło, że obszar równiny zalewowej położony za wałami nie był przedmiotem oceny. Tereny takie nie zostały wyznaczone również wokół mniejszych rzek województwa łódzkiego.

Wyceny strat ekonomicznych dokonano zgodnie z *Rozporządzeniem 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*. Wartość potencjalnych strat jednostkowych dla terenów mieszkaniowych, działalności gospodarczych (usługowo-produkcyjnych) oraz komunikacyjnych oblicza się jako iloczyn wartości majątku w danej klasie użytkowania i funkcji strat określającej stopień utraty majątku w zależności od głębokości wody. Dla pozostałych klas użytkowania terenu przyjmuje się stałe wartości strat niezależne od głębokości wody, ponieważ ma ona niewielki wpływ na stopień utraty wartości majątku. Potencjalną wartość strat ekonomicznych określono dla głębokości wody od 0,5 m do 2 m. Dopiero znajomość łącznie 3 elementów: użytkowania terenu, głębokości wody oraz wartości majątku (która dla terenów mieszkaniowych oraz działalności gospodarczej jest zróżnicowana według województw) pozwala na oszacowanie potencjalnych strat wyrażonych w pieniądzu (tab. 1).

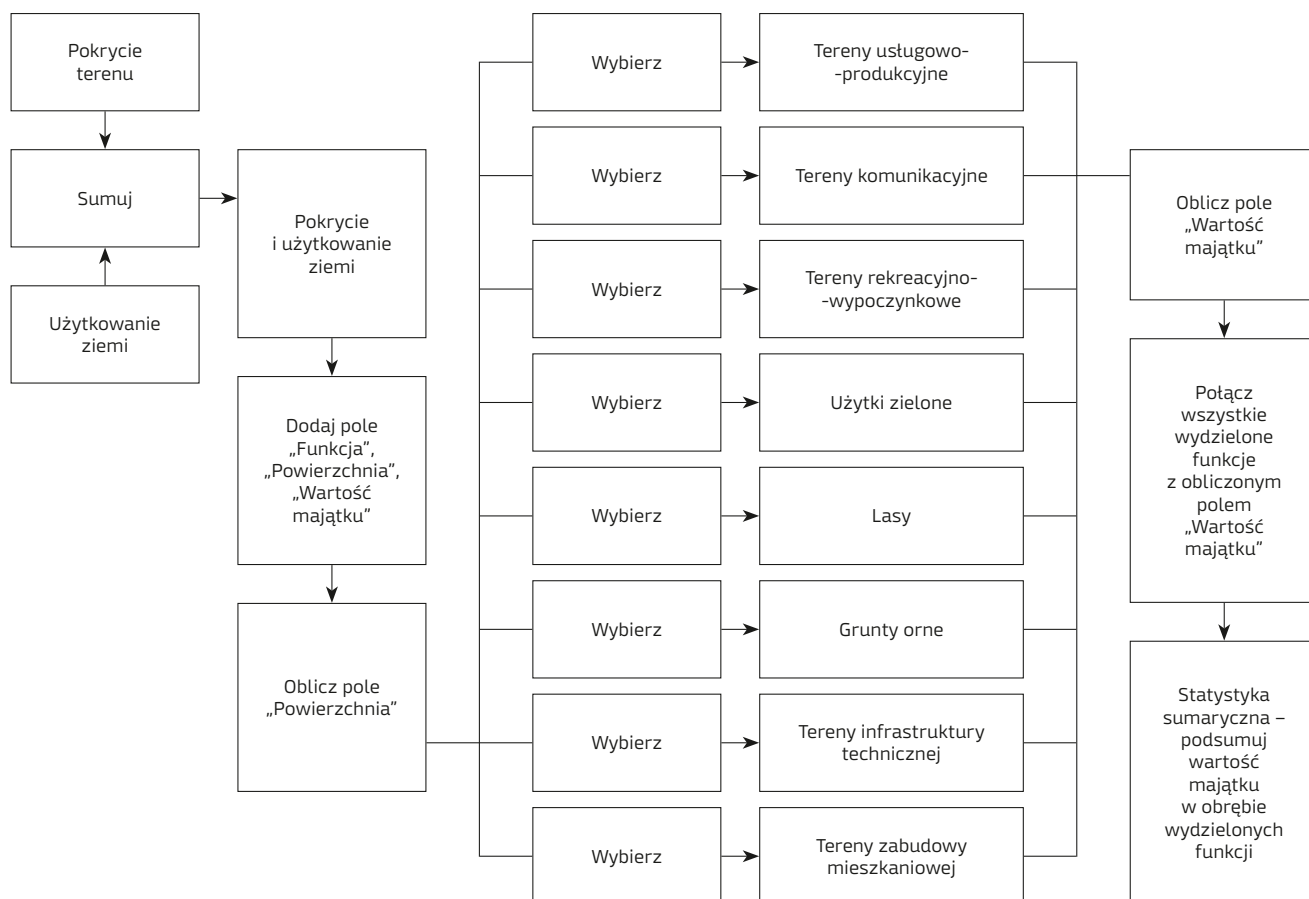
Informacje o potencjalnej wielkości strat wprowadzono do bazy danych opracowanej w technice GIS i przy wykorzystaniu narzędzia Model Builder dokonano obliczeń (ryc. 5).

Dzięki zastosowaniu narzędzi GIS możliwe były analiza aktualnego stanu zagospodarowania w granicach równin zalewowych w wybranych do badania miastach oraz oszacowanie potencjalnych strat majątku w związku z wystąpieniem powodzi. Zdaniem E. Głosińskiej (2013) są to odpowiednie

Tab. 1. Wielkość strat ze względu na klasy użytkowania ziemi w przedziale głębokości wody od 0,5 m do 2 m

Klasa użytkowania terenu	Wartość majątku w przedziale głębokości 0,5 m < h ≤ 2 m
Tereny zabudowy mieszkaniowej	101,83 zł/m ²
Tereny działalności gospodarczych	331,68 zł/m ²
Tereny komunikacyjne	43,60 zł/m ²
Lasy	80,00 zł/ha
Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe	5,10 zł/m ²
Grunty orne	1428,00 zł/ha
Użytki zielone	674,00 zł/ha

Źródło: *Rozporządzenie z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie opracowywania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego*



Ryc. 5. Wykorzystanie narzędzi GIS do szacowania potencjalnych strat materialnych na terenach zagrożonych powodzią

narzędzia do szacowania strat materialnych powstałych na skutek pojawienia się „wodnego żywiołu”, gdyż zarówno dane dotyczące cech powodzi, jak i te odnoszące się do zagospodarowania mają wymiar przestrzenny, dlatego muszą być ze sobą zestawione.

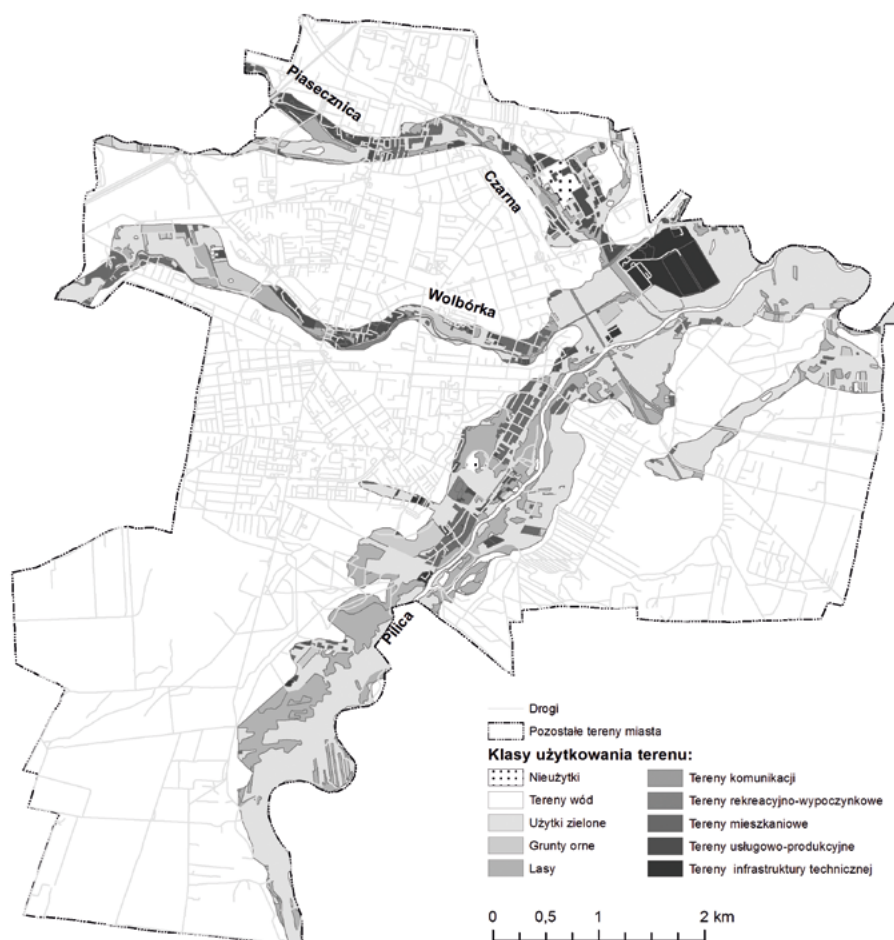
Wyniki

Tomaszów Mazowiecki

W Tomaszowie Mazowieckim na obszarze równiny zalewowej wskaźnik poziomej intensywności zagospodarowania wynosi 16,5%, wykorzystania powierzchni – 18,0%, natomiast terenów wolnych od zabudowy – 82,0%. Na analizowanym terenie największa powierzchnia zajęta jest pod użytki zielone (51%) oraz lasy (20%) (tab. 2). Łącznie zinwentaryzowano tu ponad 1400 budynków, w tym ponad 700 nad Pilicą, 400 nad Luciążą oraz ok. 300 nad Czarną i Piasecznicą (ryc. 6). Na terenach zabudowanych dominują obiekty usługowo-produkcyjne oraz mieszkaniowe. Budynki mieszkaniowe zlokalizowane są głównie wzdłuż Pilicy (360 budynków). Omawiana zabudowa zlokalizowana jest również wzdłuż Luciąży (143 budynki; przede wszystkim na jej lewym brzegu) oraz Czarnej i Piasecznicy (100 budynków; głównie w miejscu, gdzie Piasecznica uchodzi do Czarnej – szerokość równiny zalewowej wynosi ok. 300 m). Firmy produkcyjne oraz należące do nich składy i magazyny znajdują się głównie w pół-

Tab. 2. Udział poszczególnych klas użytkowania terenu w obrębie równiny zalewowej i terenów w zasięgu wystąpienia wody WWQ 1% na obszarze Tomaszowa Mazowieckiego

Klasy użytkowania terenu	Zagospodarowanie (%)		
	Równina zalewowa	Tereny w zasięgu wód WWQ 1%	Różnica
Grunty orne	4,72	3,21	1,51
Lasy	20,23	20,33	-0,09
Nieużytki	1,13	0,09	1,04
Tereny infrastruktury technicznej	4,36	5,59	-1,23
Tereny komunikacyjne	1,47	0,71	0,76
Tereny mieszkaniowe	5,89	3,55	2,35
Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe	0,58	0,02	0,56
Tereny usługowo-produkcyjne	6,30	5,23	1,07
Tereny wód	4,13	4,94	-0,81
Użytki zielone	51,18	56,34	-5,15
Suma	100,00	100,00	



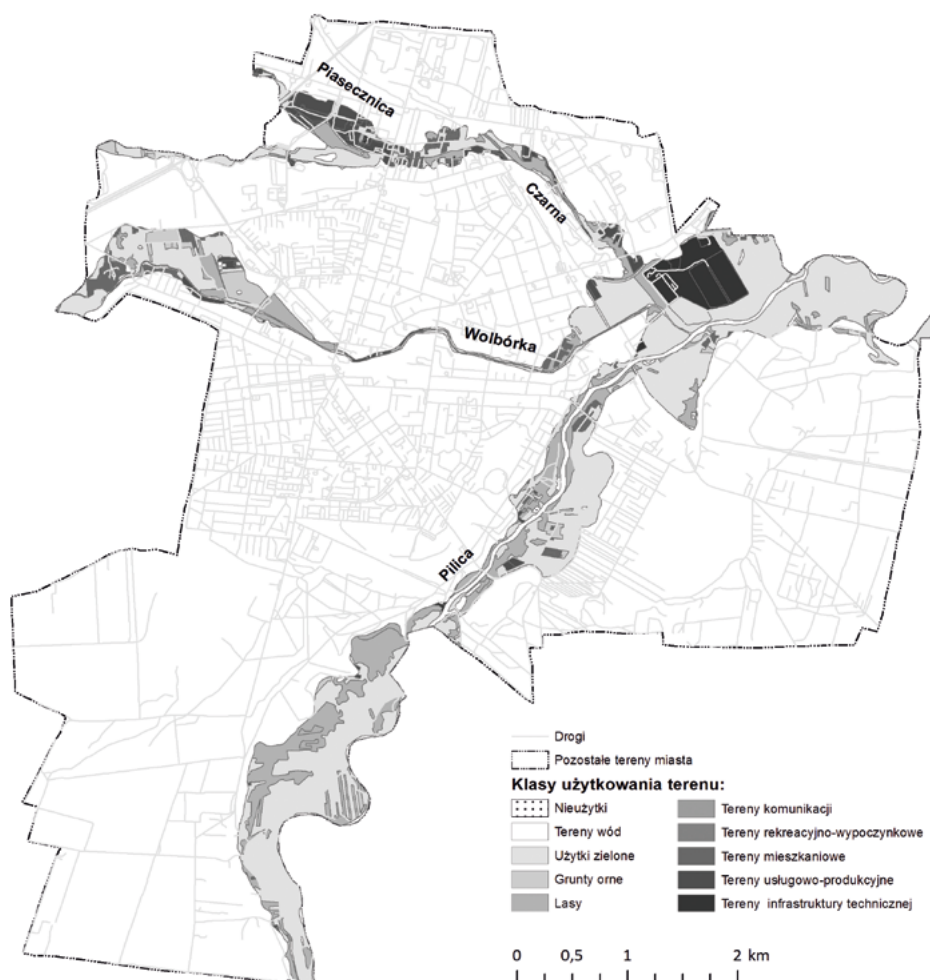
Ryc. 6. Klasy użytkowania równiny zalewowej w Tomaszowie Mazowieckim

nocnej części miasta (nad Czarną i Piasecznicą – 80 budynków). Zajmują się one produkcją: artykułów spożywczych (Frito Lay), płytek ceramicznych (Paradyż Sp. z o.o.), akcesoriów samochodowych, lawet i przyczep, materiałów budowlanych, odzieży, tkanin wełnianych i artykułów chemii gospodarczej. W granicach równiny zalewowej zlokalizowano również liczne punkty usługowe, w tym sklep meblowy (JYSK), sklepy spożywcze, zakład stolarski i warsztat samochodowy. Ponadto w północno-zachodniej części miasta, nad rzeką Piasecznicą (częściowo w granicach miasta oraz gminy wiejskiej Tomaszów Mazowiecki) mieści się Zespół Szkół Publicznych w Komorowie. Wzdłuż Pilicy znajduje się natomiast 19 obiektów o funkcji produkcyjno-usługowej, do których należą: stacja paliw, warsztat samochodowy oraz firmy zajmujące się produkcją maszyn przemysłowych i wyrobów betonowych. Mieszczą się tam także powiązane z nimi składy i magazyny. Na prawym brzegu Pilicy zinventaryzowano Skansen Rzeki Pilicy, na lewym z kolei Ośrodek Sportu i Rekreacji, Zakład Gospodarki Wodno-Kanalizacyjnej, kręgielnia i dom działkowca. Nad Luciążą znajduje się ponad 70 budynków o funkcji usługowo-produkcyjnej, należących do firm zajmujących się sprzedażą artykułów spożywczych (m.in. dyskont Biedronka, Kaufland) i produkcją chemikaliów czy filcu, a także za-

kładów: stolarskich, mechaniczno-ślusarskich, tkackich itp. Ponadto na obszarze równiny zalewowej zinventaryzowano przedszkole.

Do obiektów infrastruktury technicznej na badanym obszarze należą: podstacja elektroenergetyczna, oczyszczalnia ścieków i przepompownia ścieków. Oczyszczalnię zlokalizowano w miejscu, gdzie mniejsze rzeki uchodzą do Pilicy, a równina zalewowa jest bardzo szeroka – ok. 1700 m.

Potencjalna wielkość strat materialnych w granicach równiny zalewowej w Tomaszowie Mazowieckim wynosi 447 428 450 zł. Największe straty mogą wygenerować zabudowa usługowo-produkcyjna (222 416 750 zł) oraz obiekty infrastruktury technicznej (153 959 330 zł). Różnica w wielkości strat dla obszaru równiny zalewowej i terenów wody 1% wynosi 146 061 000 zł (ryc. 7). Wynika to głównie z faktu, że zabudowa mieszkaniowa zlokalizowana jest na lewym brzegu Pilicy, pomiędzy ulicami Niska, Nowy Port, Świerkowa i Parkowa oraz wzdłuż ulicy Wodnej. Ponadto zabudowa jednorodzinna i usługowo-produkcyjna została zlokalizowana na lewym brzegu Wolbórki oraz w miejscu, gdzie Czarna uchodzi do Pilicy (szerokość równiny zalewowej dochodzi do 600 m).



Ryc. 7. Klasy użytkowania terenu szczególnego zagrożenia powodzią w Tomaszowie Mazowieckim

Źródło: Borowska-Stefańska 2015b

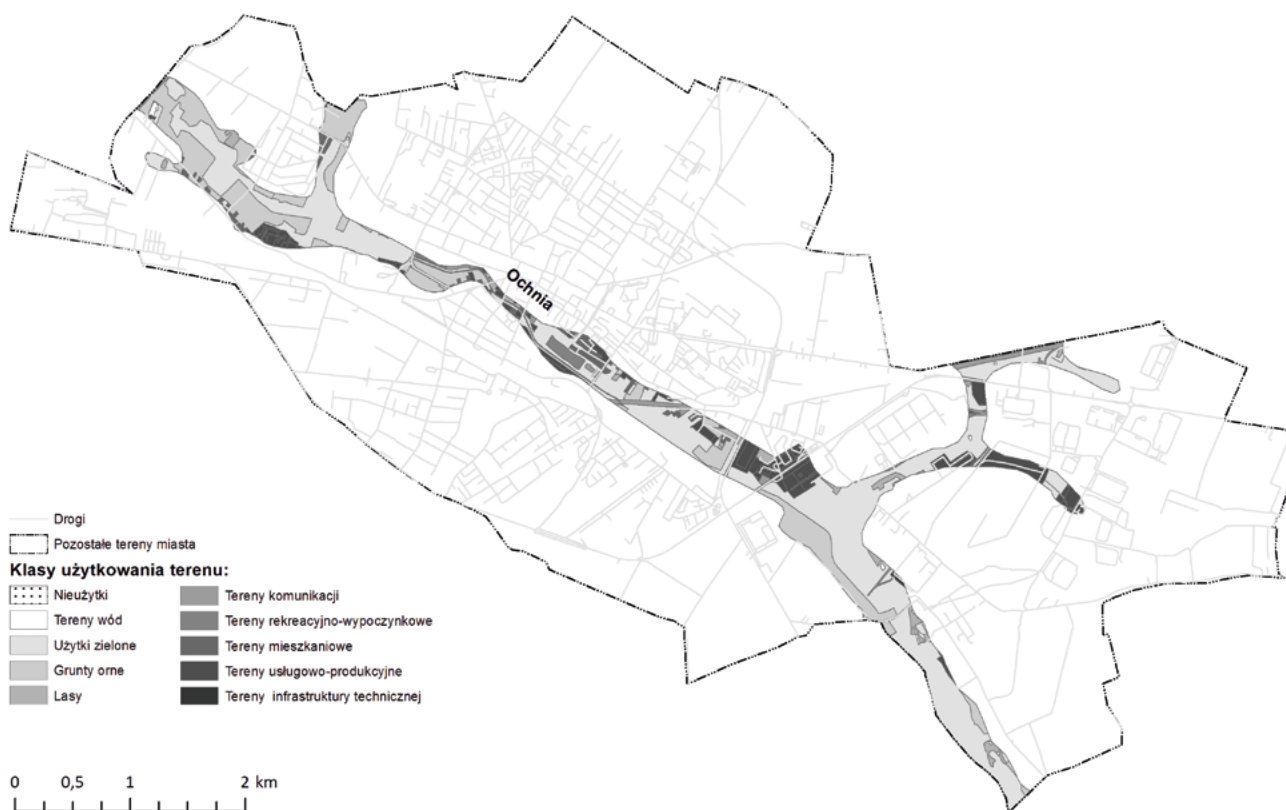
Kutno

W Kutnie w granicach równiny zalewowej największy udział mają użytki zielone (53,45%) oraz grunty orne (23,35%). Wskaźnik poziomej intensywności zagospodarowania wynosi 14,80%, wykorzystania powierzchni – 18,66%, natomiast terenów wolnych od zabudowy – 81,34% (tab. 3). Na terenach zabudowanych dominują budynki o funkcji usługowo-produkcyjnej.

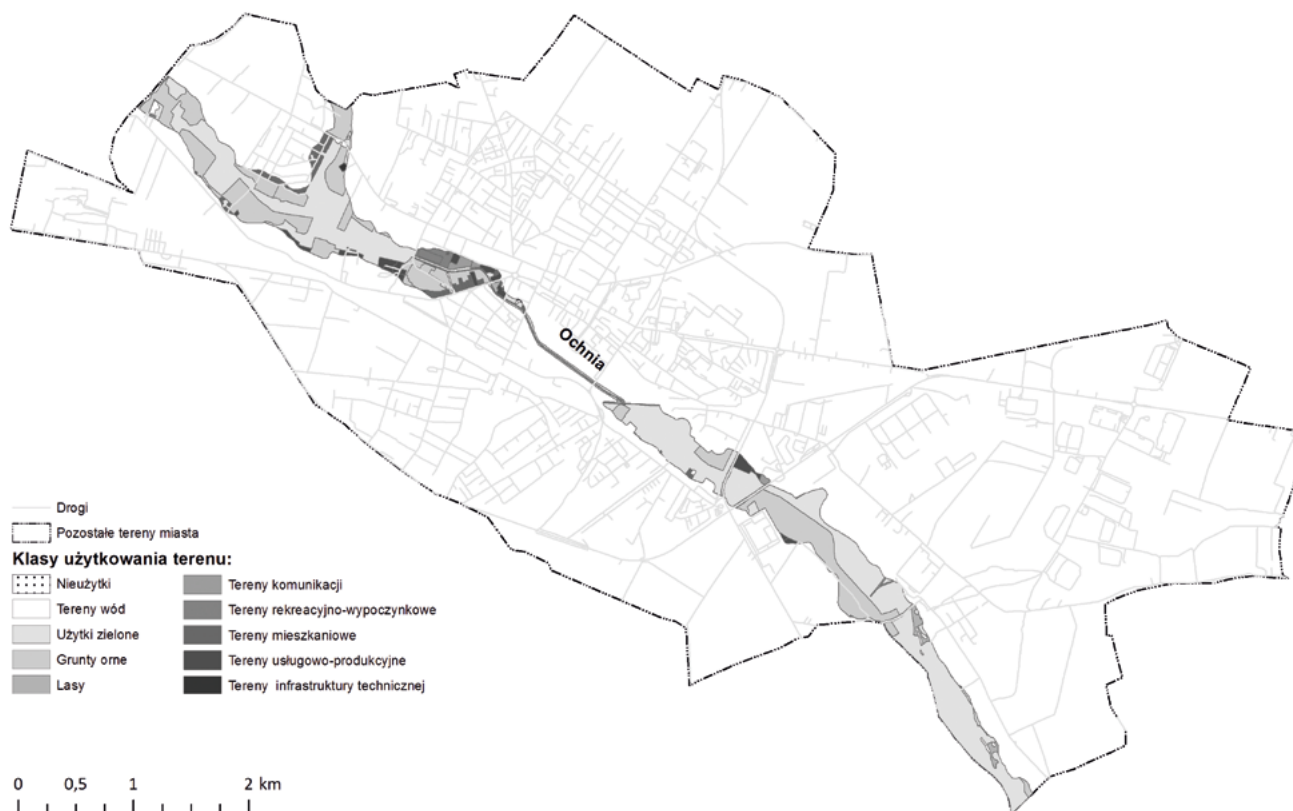
Łącznie w granicach równiny zalewowej znajduje się 285 budynków, z czego ok. 30% stanowi zabudowa mieszkaniowa, zlokalizowana w północno-zachodniej i centralnej części miasta. Do zabudowy usługowo-produkcyjnej zaliczono: dom opieki społecznej, warsztat samochodowy, stację paliw, sklep z częściami samochodowymi, fabrykę tworzyw sztucznych, fabrykę rowerów, urząd celny i sklepy spożywcze. Obiekty te znajdują się głównie w centralnej części badanego obszaru (ryc. 8). Do obiektów infrastruktury technicznej na badanym obszarze należy elektrociepłownia. Potencjalna wielkość strat materialnych w granicach równiny zalewowej w Kutnie wynosi 184 750 620 zł. Jest to wartość czterokrotnie wyższa niż w przypadku obszarów tzw. wody 100-letniej (ryc. 9). Tak duże różnice w wycenie możliwych strat wywołanych powodzią na równinie zalewowej i obszarach zalewanych wodą o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% wynikają z innych zasięgów tych terenów w obrębie zabudowy mieszkaniowej i usługowo-produkcyjnej zlokalizowanej w centralnej i południowo-wschodniej części równiny zalewowej (tab. 5).

Tab. 3. Udział poszczególnych klas użytkowania terenu w obrębie równiny zalewowej i terenów w zasięgu wystąpienia wody WWQ 1% na obszarze Kutna

Klasy użytkowania terenu	Zagospodarowanie (%)		
	Równina zalewowa	Tereny w zasięgu wystąpienia wody WWQ 1%	Różnica
Grunty orne	23,35	32,99	-9,65
Lasy	2,81	1,04	1,77
Nieuzytki	0,01	0,04	-0,03
Tereny infrastruktury technicznej	0,14	0,11	0,04
Tereny komunikacyjne	3,86	1,52	2,34
Tereny mieszkaniowe	3,01	3,24	-0,23
Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe	0,97	1,22	-0,25
Tereny usługowo-produkcyjne	11,65	3,11	8,55
Tereny wód	0,75	1,05	-0,30
Użytki zielone	53,45	55,68	-2,23
Suma	100,00	100,00	



Ryc. 8. Klasy użytkowania równiny zalewowej w Kutnie



Ryc. 9. Klasy użytkowania terenu szczególnego zagrożenia powodzią w Kutnie

Źródło: Borowska-Stefańska 2015b

Łowicz

W Łowiczu na obszarze równiny zalewowej dominują użytki zielone (ok. 53%) oraz grunty orne (23%). Wskaźnik poziomej intensywności zagospodarowania wynosi 12,83%, wykorzystania powierzchni – 14,92%, natomiast terenów wolnych od zabudowy – 85,08% (tab. 4).

Łącznie na badanym obszarze zinventaryzowano prawie 800 budynków, z czego 51% stanowi zabudowa mieszkaniowa (jednorodzinna; zabudowa wielorodzinna znajduje się w granicach tzw. wody 100-letniej). W granicach równiny zalewowej znajduje się ok. 100 budynków o funkcji usługowo-produkcyjnej. Należą do nich m.in.: ośrodek zdrowia, zakład energetyczny, salon samochodowy, stacja paliw, Mazowiecka Wyższa Szkoła Humanistyczno-Pedagogiczna, Szkoła Podstawowa nr 4 im. Marii Konopnickiej, Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 1, zakłady produkcyjne itp. Do obiektów infrastruktury technicznej zaliczono oczyszczalnię ścieków, która znajduje się we wschodniej części obszaru badań (ryc. 10).

Potencjalna wielkość strat materialnych dla obszaru zalewowego wyznaczonego na podstawie map geologicznych wynosi 152 507 770 zł i jest to suma pięciokrotnie większa niż wartość strat wyliczonych dla obszaru szczególnego zagrożenia powodzią (ryc. 11). Jest to efekt różnic w zasięgu obszarów zagrożonych powodzią (wyznaczonych 2 odmiennymi metodami), na których zlokalizowano zabudowę mieszkaniową i usługowo-produkcyjną oraz powiązane z nimi tereny komunikacji (tab. 5).

Tab. 4. Udział poszczególnych klas użytkowania terenu w obrębie równiny zalewowej i terenów w zasięgu wystąpienia wody WWQ 1% na obszarze Łowicza

Klasy użytkowania terenu	Zagospodarowanie (%)		
	Równina zalewowa	Tereny w zasięgu wystąpienia wody WWQ 1%	Różnica
Grunty orne	22,60	34,73	-12,13
Lasy	3,84	3,12	0,72
Nieuzytki	–	–	0,00
Tereny infrastruktury technicznej	0,43	0,76	-0,33
Tereny komunikacyjne	2,09	0,50	1,59
Tereny mieszkaniowe	6,30	3,02	3,28
Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe	2,96	0,11	2,85
Tereny usługowo-produkcyjne	6,10	0,72	5,38
Tereny wód	3,08	3,45	-0,37
Użytki zielone	52,60	53,60	-1,00
Suma	100,00	100,00	

Tab. 5. Potencjalna wielkość strat materialnych na terenach zalewowych w wybranych miastach województwa łódzkiego

Klasa użytkowania terenu	Wielkość strat materialnych na terenach zalewowych (zł)					
	Tomaszów Mazowiecki		Kutno		Łowicz	
	Równina zalewowa	Teren tzw. wody 100-letniej	Równina zalewowa	Teren tzw. wody 100-letniej	Równina zalewowa	Teren tzw. wody 100-letniej
Grunty orne	71 760	34 910	140 250	137 850	168 690	196 520
Lasy	17 230	12 390	950	240	1 590	990
Tereny infrastruktury technicznej	153 959 330	141 163 540	1 962 670	1 020 990	7 732 710	9 972 450
Tereny komunikacyjne	6 822 220	2 352 760	7 077 680	1 941 410	4 750 880	865 150
Tereny mieszkaniowe	63 885 100	27 517 510	12 916 480	9 658 180	32 951 160	12 187 260
Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe	315 420	8 110	208 240	181 870	793 250	21 570
Tereny usługowo-produkcyjne	222 416 750	132 252 210	162 583 400	30 135 340	105 924 110	9 404 630
Użytki zielone	29 630	25 350	2 120	2 080	185 370	9 210
Suma	447 428 450	303 366 800	184 750 600	42 939 860	152 507 770	32 460 250



Ryc. 10. Klasy użytkowania równiny zalewowej w Łowiczu



Ryc. 11. Klasy użytkowania terenu szczególnego zagrożenia powodzią w Łowiczu

Źródło: Borowska-Stefańska 2015b

Wnioski

Na podstawie analizy aktualnego stanu zagospodarowania równin zalewowych w wybranych miastach województwa łódzkiego stwierdzono, że największe potencjalne straty majątkowe w przypadku nadejścia powodzi wystąpią w Tomaszowie Mazowieckim, następnie w Kutnie i w Łowiczu. Wynika to głównie z poziomej intensywności użytkowania terenów zalewowych. We wszystkich analizowanych miastach najwyższe straty będą generować budynki usługowo-produkcyjne oraz mieszkalne jednorodzinne. Na badanych terenach zabudowa znajduje się przede wszystkim w miejscach, gdzie równina zalewowa jest szeroka, oraz w dnach dolin dopływów. Zasięg równin zalewowych wyznaczonych na podstawie map geologicznych nie pokrywa się z obszarami szczególnego zagrożenia powodzią ($p = 1\%$). Największe rozbieżności do-

tyczą Łowicza (tylko ok. 50% obszaru równiny pokrywa się z terenami tzw. wody 100-letniej) i Kutna (z terenami tzw. wody 100-letniej pokrywa się jedynie 55% obszaru równiny). Również wskaźnik poziomej intensywności zagospodarowania w przypadku Łowicza jest prawie trzykrotnie wyższy dla badanych obszarów niż dla terenu wody 1% i wynosi 12,83%, zaś w Kutnie jest dwukrotnie wyższy i wynosi 14,80%. Najmniejsze różnice dotyczą Tomaszowa Mazowieckiego, gdzie wskaźnik poziomej intensywności zagospodarowania dla obszarów szczególnego zagrożenia powodzią wynosi 14,0%, a w przypadku równiny zalewowej – 16,5% (obszar równiny zalewowej w 65% pokrywa się z terenem szczególnego zagrożenia powodzią). We wszystkich analizowanych miastach zabudowa powstaje na terenach niekorzystnych pod budowę ze względu na możliwość wystąpienia powodzi, a także z uwagi na budowę geologiczną. Tereny te są jednak częściowo

zainwestowane, gdyż ich udział w ogólnej powierzchni miasta jest znaczący: w przypadku Tomaszowa Mazowieckiego tereny te stanowią 25%, Łowicza – 22%, a Kutna – 12%.

Ze względu na szkody, jakie wywołują powodzie w ostatnich latach, niezbędne staje się wiarygodne szacowanie potencjalnych strat materialnych. W tym celu powinno się wykorzystywać narzędzia GIS, które znacznie przyspieszają i ułatwiają proces analizy danych.

Wyznaczanie terenów zalewowych na podstawie utworów holocenijskich pozwala na analizę obszarów położonych poza wałami, a także nad mniejszymi rzekami, których dna dolin są najczęściej intensywnie zabudowane. Nie zostały one jednak wskazane na mapach zagrożenia powodziowego oraz w studiach ochrony przeciwpowodziowej.

Literatura

- Borowska-Stefańska M., 2015a, *Zagospodarowanie terenów zagrożonych powodziami w województwie łódzkim*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Borowska-Stefańska M., 2015b, *Zagospodarowanie terenów zagrożonych powodziami w wybranych miastach województwa łódzkiego*, Prace Geograficzne, 140, 57–77.
- Borowska-Stefańska M., 2015c, *Zagospodarowanie terenów zagrożonych powodziami w gminach województwa łódzkiego*, Przegląd Geograficzny, 87 (3), 535–555.
- Brzeziński M., 1990a, *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000*, arkusz 555 (Łowicz), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Brzeziński M., 1990b, *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000*, arkusz 702 (Sulejów), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Ciupa T., 2009, *Wpływ zagospodarowania terenu na odpływ i transport fluwalny w małych zlewniach na przykładzie Sufragańca i Silnicy*, Wydawnictwo Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego im. Jana Kochanowskiego, Kielce.
- Głosińska E., 2013, *Zastosowanie GIS w szacowaniu potencjalnych strat powodziowych w kontekście zagospodarowania obszarów zalewowych na przykładzie miast województwa zachodniopomorskiego*, Roczniki Geomatyki, XI, 4 (61), 25–41.
- Kobojeck E., Kobojeck S., 2005, *Doliny rzeczne regionu łódzkiego. Geneza, cechy przyrodnicze i antropogeniczne przekształcenia*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Kobojeck E., 2009, *Naturalne uwarunkowania różnych reakcji rzek nizinnych na antropopresję na przykładzie Bzury i jej dopływów*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Kobojeck E., 2013, *Problem przestrzennego rozwoju miast w dolinach rzecznych na przykładzie Łowicza i Uniejowa*, [w:] B. Więzik (red.), *Prawne, administracyjne i środowiskowe uwarunkowania zagospodarowania dolin rzecznych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Administracji, Bielsko-Biała, 15–26.
- Liszewski S., 1977, *Tereny miejskie a struktura przestrzenna Łodzi*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Majda T., Wałdykowski P., Adamczyk J., Grygoruk M., 2012, *Typologia terenów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi*, Program bezpieczeństwa powodziowego w dorzeczu Wisły Środkowej, Warszawa.
- Nowacki K., 1988, *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000*, arkusz 666 (Ujazd; obecnie Popielawy), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Plan operacyjny ochrony przed powodzią dla województwa łódzkiego*, 2013, Oddział Zarządzania Kryzysowego, Wydział Bezpieczeństwa i Zarządzania Kryzysowego, Łódzki Urząd Wojewódzki, Łódź.
- Ripl W., 1995, *Management of water cycle and energy flow for ecosystem control: The energy–transport–reaction (ETR) model*, Ecological Modelling, 78, 61–76.
- 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*, DzU 2013, poz. 104.
- Rudnik K., 2012, *Charakterystyka zagospodarowania działek zagrodowych w gospodarstwach specjalistycznych*, Problemy Inżynierii Rolniczej, 1 (75), 25–31.
- Słonecka A., Jaglak E., Goryszewska E., Kołakowska J., Ulanicka E., 2008, *Zagospodarowanie przestrzenne dolin rzecznych a zagrożenie powodziowe województwa mazowieckiego*, Mazowieckie Biuro Planowania Regionalnego, Warszawa.
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Łowicz*, 2003.
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Tomaszowa Mazowieckiego*, 2009.
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Kutna*, 2012.
- Szałamacha G., 1991, *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000*, arkusz 517 (Kutno), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Szałamacha G., 1989, *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000*, arkusz 703 (Ślawnio), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Trzmiel B., 1986, *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000*, arkusz 667 (Tomaszów Mazowiecki), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne*, DzU 2001, nr 115 poz. 1229.
- Wytyczne techniczne Baza Danych Topograficznych (TBD)*, 2008, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.

The two methods of the assessment of potential damage to property within areas exposed to floods in selected towns of Łódź region

Dr Marta Borowska-Stefańska

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej,
borosia@op.pl

Abstract

The article presents an assessment of the floodplains development plan (two different methods were used during the research) and potential material damage shown on the example of three cities – Tomaszów Mazowiecki, Łowicz and Kutno. Spatial development was determined by the analysis of land use using data available at Topographic Data Base and field research in areas within floodplains, which were delineated on the basis of geological maps as well as areas exposed to floods, which were designated by the Director of Regional Water Management in Warsaw (WWQ 1%). Three towns of Łódź region with the highest index of horizontal intensity of land use within 100-year

flood areas were selected for the research. They are located within the Vistula river basin in the catchment of Bzura river and the Pilica river.

It was found that the range of 1% water areas does not coincide with the area of the floodplains, which was delineated on the basis of geological maps. The potential loss of property rate is the highest in Tomaszów Mazowiecki which is associated with the existence of service-production areas and residential areas within floodplains. Cartographic materials and field inventory used in order to assess the land use and potential flood losses within these areas were obtained by GIS methods.

Key words

land use, areas exposed to floods, floodplains, GIS