

Marek Sowiński

SZKODY POWODZIOWE JAKO ELEMENT WYZNACZANIA RYZYKA

FLOOD DAMAGE AS AN ELEMENT OF RISK EVALUATION

Streszczenie

W pracy przedstawiono nowe podejście do obliczania szkód powodziowych wykorzystywanych do wyznaczania ryzyka powodzi. Aktualne uwzględniane w analizie ryzyka potencjalne szkody materialne zastąpione zostały przez szkody oczekiwane uwzględniające, oprócz rozszerzonego wachlarza szkód materialnych, również straty niematerialne. Obliczenia szkód oczekiwanych bazuje na wprowadzeniu pojęcia wrażliwości systemu narażonego na uszkodzenie przez powódź. Jest ona określana za pomocą charakterystyk narażenia i podatności. Przedstawiono podstawy analizy wrażliwości, która zajmuje się ich wyznaczaniem. Uwzględnia ona, oprócz relacji ekonomicznych, relacje społeczne i ekologiczne, które w analizie wrażliwości rozpatrywane są w ramach odpowiednich trzech systemów. Scharakteryzowano zależność pomiędzy percepcją ryzyka przez społeczność (i ich poszczególnych przedstawicieli) zagrożone powodzią a wrażliwością systemu. Na zakończenie zamieszczono uwagi dotyczące aktualnego podejścia do wyznaczania szkód powodziowych.

Słowa kluczowe: szkody powodziowe, percepcja ryzyka, analiza wrażliwości, wskaźniki narażenia i podatności

Summary

In the paper a new approach of flood damage calculations used for flood risk evaluation is presented. Currently, potential tangible damages considered in risk analysis are replaced by expected damages, which take into consideration not only tangible damages but also intangibles ones. Calculation of expected damages is based on a concept of system vulnerability exposed to flood hazard. It is described in terms of exposure and susceptibility. Also, basis of vulnerability analysis were presented which determine the aspects exposure and susceptibility. The

analysis takes into account not only economic relations but also social and ecological relations which are considered within the vulnerability analysis in three respective systems. Relation between risk perception by societies (and their respective representatives) endangered by flood and system vulnerability was characterized. At the end, remarks regarding current approaches of flood damage evaluation were formulated.

Key words: flood damage, risk perception, vulnerability analysis, exposure and susceptibility indicators

WPROWADZENIE

Tradycyjnie ochrona przed powodzią bazuje na standardach bezpieczeństwa, takich jak poziom korony wałów czy objętość zbiorników retencyjnych wymaganych dla zapewnienia założonego poziomu bezpieczeństwa, np. założonej częstości wezbrań lub ich okresu powtarzalności. To podejście nie uwzględnia jednak wartości chronionych podmiotów, zatem nie uwzględnia efektywności zastosowanych zabezpieczeń. Przy podejmowaniu decyzji dotyczących wyboru rozwiązań brane są pod uwagę ich koszty, natomiast nieuwzględniane są korzyści wynikające z uniknięcia strat. Nowe podejście oparte na analizie ryzyka pozwala na uwzględnienie ww. korzyści poprzez uwzględnienie oczekiwanych szkód w przypadku wystąpienia awarii utożsamianej z powodzią. Dzięki temu można uniknąć sytuacji, gdy koszty zabezpieczeń przeciwpowodziowych przewyższają korzyści wynikające z ich zastosowania. Aktualnie istnieją dwa zasadnicze etapy szacowania szkód powodziowych *ex ante*, czyli przed wystąpieniem powodzi.

W pierwszym etapie wyznaczane jest zagrożenie powodziowe przy wykorzystaniu wskaźników narażenia i parametrów powodzi, takich jak głębokość i okres podtopień czy prędkość wody.

W drugim etapie szacowane są oczekiwane szkody. W tym celu identyfikowane są, na zagrożonym powodzią obszarze, wszystkie podmioty posiadające znaczącą wartość. Oczekiwane szkody są obliczane, korzystając zwykle z zależności opisującej relację pomiędzy szkodami a głębokością podtopienia. Szkodą mogą być wyrażane w wartościach bezwzględnych lub względnych (odniesione do szkód całkowitych).

W zależności od skali i celu, metody obliczeń mogą być podzielone na 3 kategorie [Gewalt i in. 1996].

Analiza w makroskali stosowana jest dla dużych obszarów obejmujących cały kraj lub kilka krajów. Dostarcza podstaw do podejmowania decyzji w ramach polityki ograniczania wielkości powodzi w skali kraju. Potencjalne szkody są szacowane na podstawie danych zagregowanych na poziomie kraju w formie oficjalnych zestawień, np. roczników statystycznych, które są następnie transponowane na niższy poziom, np. municypalny na podstawie liczby mieszkańców lub zatrudnionych pracowników.

Analiza w mezoskali odnosi się do regionów, zlewni rzek, jednostek administracyjnych kraju. W jej ramach porównywane są różne strategie ograniczania wielkości powodzi. Korzysta się z danych przygotowanych w podobny sposób jak dla analizy w makroskali. Poszczególne kategorie majątku trwałego są przypisane do rodzaju zagospodarowania terenu. Znajduje tu szerokie zastosowanie GIS do sporządzenia i korelowania map zagospodarowania terenu z mapami głębokości podtopień w celu określenia potencjalnych szkód.

Analiza w mikroskali polega na ocenie pojedynczych przedsięwzięć przeciwpowodziowych, podejmowanych w skali lokalnej. Bazuje ona na funkcjach opisujących relacje pomiędzy głębokością podtopienia a szkodami generowanymi dla poszczególnych rodzajów obiektów i zapewnia najwyższą dokładność oszacowania tych szkód. Zazwyczaj ten typ analizy jest wybierany dla aglomeracji miejskich.

SZKODY POWODZIOWE A RYZYKO

Ryzyko definiowane było i niekiedy jest jako prawdopodobieństwo awarii systemu lub jego elementu p_f , która utożsamiana może być w szczególnym przypadku z powodzią [Yen 1988]

$$RY = p_f \quad (1)$$

Coraz częściej ryzyko definiowane jest jednak jako iloczyn prawdopodobieństwa i skutków awarii (powodzi), które oznaczono symbolem S . Wówczas ryzyko można obliczyć z zależności

$$RY = p_f \cdot S \quad (2)$$

Skutki powodzi wyznaczane w ramach powszechnie stosowanej praktyki (określanej mianem ochrony przed powodzią) utożsamiane są ze szkodami rzeczowymi. W nowym ujęciu, które tłumaczone jest z angielskiego jako zarządzanie ryzykiem powodzi, uwzględnia się dodatkowy czynnik, którym jest wrażliwość systemu narażonego na uszkodzenia w wyniku powodzi. Wrażliwość określana jest za pomocą tzw. charakterystyk narażenia i podatności dla wszystkich istotnych elementów składowych systemu i pozwala na wyznaczenia oczekiwanych szkód dla założonych scenariuszy powodzi. Miarą narażenia i podatności są odpowiadające im wskaźniki. Ich wyznaczeniem, jak również wyznaczeniem zależności funkcyjnej pomiędzy nimi a oczekiwanymi szkodami powodziowymi zajmuje się analiza wrażliwości. Charakterystyczną cechą nowego podejścia jest to, że uwzględnia ono trzy kategorie relacji, tzn. społeczne, ekonomiczne i ekologiczne mających wpływ na wielkość szkód powodziowych. W celu uporządkowania analizy można je rozpatrywać w ramach trzech odpowiadających im systemów.

CHARAKTERYSTYKA I KLASYFIKACJA SZKÓD POWODZIOWYCH

Szkody powodziowe odnoszą się do szerokiego spektrum oddziaływania powodzi [Messner, Meyer 2005] na:

- ludzi, ich zdrowie i mienie,
- infrastrukturę komunalną (systemy zaopatrzenia w wodę, usuwania ścieków, systemy komunikacyjne, systemy energetycznego itp.),
- dziedzictwo kulturowe,
- systemy ekologiczne,
- produkcję przemysłową,
- konkurencyjność dotkniętych powodzią podmiotów gospodarczych.

W zależności od sposobu uwzględniania dzielą się na:

- materialne – wyrażane w jednostkach monetarnych,
- niematerialne – wyrażane w jednostkach naturalnych, np. liczba ofiar śmiertelnych lub liczba m² ekosystemu podtopionego ściekami.

W zależności od sposobu oddziaływania szkody powodziowe można podzielić [Messner, Meyer 2005] na dwa rodzaje.

Do pierwszego z nich należą **szkody bezpośrednie**, które są skutkiem bezpośredniego oddziaływania powodzi na ludzi, ich mienie i środowisko. Mogą one obejmować:

- utratę życia i zdrowia ludzi,
- zniszczenia substancji mieszkaniowej,
- zniszczenia infrastruktury technicznej,
- utratę plonów na pniu w rolnictwie, zwierząt hodowlanych
- skażenie ekosystemów.

Do drugiego rodzaju należą **szkody pośrednie**, które są wynikiem długoterminowych konsekwencji powodzi. Obejmować one mogą obszar znacznie większy od dotkniętego bezpośrednio podtopieniem, a okres ich oddziaływania jest znacznie dłuższy niż czas trwania samego podtopienia. Przykładem mogą tu być:

- straty wynikające z ograniczeń produkcji ze względu na zniszczenia infrastruktury energetycznej, komunikacyjnej, telekomunikacyjnej,
- utrata zysków przedsiębiorstw ze względu na kłopoty komunikacyjne, zakłócenia na rynku po wystąpieniu powodzi (np. wyższa cen żywności, spadek cen nieruchomości na terenach zalewowych), konieczność ograniczenia produkcji pociągająca za sobą spadek konkurencyjności wybranych branż lub regionów, ograniczenie popytu na rynku dotkniętym powodzią [Smith, Ward 1998].

**WRAŻLIWOŚĆ WYBRANYCH SYSTEMÓW
(SPOŁECZNYCH, EKONOMICZNYCH I EKOLOGICZNYCH)
NA SZKODY WYWOŁANE PRZEZ POWÓDŹ**

Wielkość szkód powodziowych spowodowanych powodzią zależy od wrażliwości dotkniętych nią systemów. Poniżej rozpatrywane będą, jak już podano na wstępie, trzy rodzaje systemów: społeczne, ekonomiczne i ekologiczne.

Podstawowe wielkości analizy wrażliwości. Analiza wrażliwości opiera się na informacjach dotyczących 3 kategorii wielkości [Messner, Meyer 2005].

I kategoria – obejmuje tzw. *elementy wskaźnikowe* określające istotne części składowe ww. systemów narażone na uszkodzenie w wyniku zdarzeń powodziowych. Obejmują one: ludzi, inwentarz, nieruchomości, infrastrukturę techniczną, dobra kulturowe, podmioty gospodarcze, produkcję przemysłową, chronione gatunki flory i fauny i inne.

Charakterystyka ww. elementów obejmuje ich klasyfikację wg przyjętych kryteriów wraz z określeniem liczby np.:

- ludzie ze względu na grupy wiekowe, zawodowe, płeć,
- przedsiębiorstwa ze względu na rodzaj i wielkość produkcji,
- ekosystemy ze względu na rodzaj gatunków roślin i zwierząt.

II kategoria – zawiera *wskaźniki narażenia* elementów na uszkodzenia przez powódź.

Wyróżniane są dwa rodzaje wskaźników.

Pierwszy charakteryzuje stopień narażenia elementów systemu przez podanie ich lokalizacji, np. rzędnej wysokościowej, odległości od rzeki, częstość (lub okres powtarzalności) powodzi.

Drugi rodzaj wskaźników odnosi się do charakterystyk podtopień powodziowych, takich jak: czas trwania, głębokość i zasięg, prędkość przepływającej wody, ilość materiału pozostawionego w wyniku sedymentacji.

Generalnie wskaźniki te pozwalają określić skutki podtopień oraz ich rozkład w czasie i przestrzeni.

III kategoria – obejmuje *wskaźniki podatności* elementów na zagrożenie powodzią.

Dobór wskaźników tego zbioru zależy od rodzaju systemu i omówiony jest w następnym punkcie.

Wskaźniki podatności dla systemów społecznych i ekonomicznych – ogólna charakterystyka. Dla systemów *społecznych i ekonomicznych* wyróżnia się dwa rodzaje wskaźników [Messner, Meyer 2005].

Pierwszy stanowią wskaźniki podatności systemów na bezpośrednie zagrożenie w *wąskim sensie*, które określają bezpośredni lub pośredni wpływ powodzi na dany element np.: wskaźnik wrażliwości budynków na podtopienie ze względu na ich konstrukcję (drewniane lub murowane, jedno- lub wielopiętrowe).

Drugi rodzaj tworzą wskaźniki podatności systemów na zagrożenie w *szerszym sensie*. Można je zakwalifikować do jednej z trzech poniższych grup:

- I. świadomości zagrożenia powodzią i przygotowania na jej nadejście,
- II. zdolności koegzystencji w warunkach wystąpienia powodzi,
- III. zdolności naprawy szkód powodziowych i odtworzenia systemu.

Szczegółowe wskaźniki podatności należy rozpatrywać oddzielnie dla każdego rodzaju systemu.

Szczegółowe wskaźniki podatności dla systemu społecznego. Dla systemu społecznego istnieje szeroki wachlarz wskaźników, które można pogrupować następująco:

Wskaźniki charakteryzujące *świadomość zagrożenia powodzią i przygotowanie mieszkańców* na jej nadejście mogą być reprezentowane przez:

- liczbę gospodarstw posiadających zabezpieczenie techniczne przed powodzią,
- liczbę mieszkańców posiadających ubezpieczenia na wypadek powodzi,
- liczbę mieszkańców przygotowanych do działania w przypadku awarii spowodowanych powodzią,
- sprawność organizacyjna usuwania ww. awarii,
- jakość środków zabezpieczenia przed powodzią,

Wskaźniki charakteryzujące *zdolność koegzystencji* w warunkach zagrożenia powodziowego obejmują ogólne informacje dotyczące [Hewitt 1997]:

- struktury wiekowej mieszkańców,
- struktury zawodowej mieszkańców,
- stopnia ich zamożności,
- wykształcenia,
- rodzaju więzi socjalnych,
- udziału w danej społeczności grup o specjalnych potrzebach, np. dzieci, osób starszych.

Do tej grupy są zaliczane również wskaźniki charakteryzujące podatność na szkody powodziowe systemów technicznych o kluczowym znaczeniu dla społeczności. Odnoszą się one do systemów:

- zaopatrzenia w wodę,
- oczyszczania ścieków,
- dostawy energii,
- komunikacyjnego.

Wskaźniki charakteryzujące zdolność **naprawy szkód i przywrócenia pierwotnego stanu systemu** sprzed powodzi dotyczą:

- rezerw finansowych gospodarstw i społeczności dotkniętych klęską powodzi,
- zdolności zastąpienia utraconych dóbr przez ich substytuty,
- efektywności pomocy zapewnianej przez system społeczny,
- wsparcia z zewnątrz przez przyjaciół, agendy rządowe lub sponsorów.

Szczegółowe wskaźniki podatności dla systemu ekonomicznego. Dla systemu ekonomicznego wskaźniki podatności systemu na zagrożenie tworzą podobne trzy grupy jak dla systemu społecznego, które charakteryzują:

- I. przygotowanie do powodzi,,
- II. zdolność współdziałania podczas powodzi,
- III. zdolność odtwarzania systemu.

Do pierwszej grupy można zaliczyć wskaźniki odnoszące się do: ubezpieczeń powodziowych podmiotów gospodarczych lub zdolności translokacji produkcji w warunkach zagrożenia powodziowego.

Do trzeciej grupy odnoszą się wskaźniki dotyczące długoterminowych trendów, charakteryzujące produktywność, konkurencyjność firm, stopień zagrożenia bankructwem, czy wymagany czas na odzyskanie utraconej pozycji na rynku.

Szczegółowe wskaźniki podatności dla systemu ekologicznego. Podatności systemu ekologicznego na zagrożenia powodziowe nie należy oceniać na podstawie zagrożeń indywidualnych gatunków zwierząt czy roślin, lecz na podstawie wskaźników odnoszących się do całego ekosystemu. Takie wskaźniki zostały wyznaczone przez ekologów, wychodząc z pojęcia tzw. elastyczności ekologicznej systemów. Określa ona wielkość zmian i zaburzeń, których system jest zdolny zaadaptować samoistnie oraz stan, do którego powróci po usunięciu zaburzeń [Pimm 1984].

Należy zaznaczyć, że wpływ powodzi na system ekologiczny nie musi być, jak powszechnie się sądzi, zawsze pozytywny.

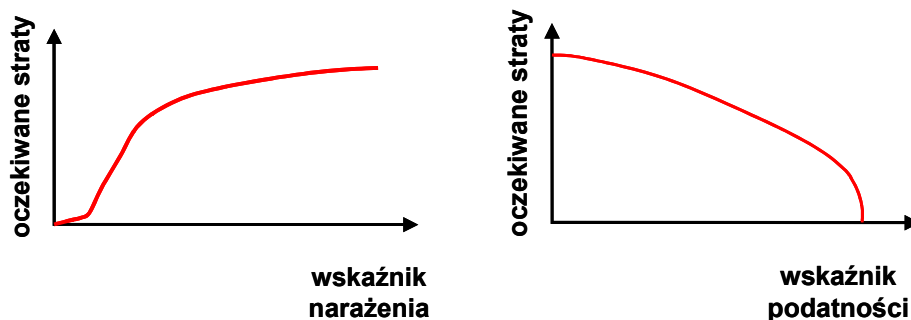
Jako przykłady negatywnych skutków można podać:

- erozję koryta rzecznego,
- akumulację zanieczyszczeń przyniesionych przez wodę,
- sedymentację i akumulację rumowiska na terenach zalewowych.

ANALIZA WRAŻLIWOŚCI

Podstawowe relacje analizy wrażliwości. Po określeniu **wskaźnikowych elementów** składowych systemów zagrożonych uszkodzeniem, **wskaźników narażenia** ww. elementów na zagrożenie powodziowe i wreszcie **wskaźników podatności** ww. elementów na ww. zagrożenie następnym etapem analizy wrażliwości polega na określeniu zależności pomiędzy tymi wskaźnikami a oczekiwany-

mi stratami powodziowymi, tzw. **charakterystyk narażenia** oraz **charakterystyk podatności** elementów danego systemu. Wyżej wymienione charakterystyki wykorzystywane są do opisu podatności systemu na uszkodzenia i stanowią końcowy wynik analizy wrażliwości. Typowy przebieg przykładowych charakterystyk pokazano na rysunku 1.



Rysunek 1. Typowy przebieg przykładowych charakterystyk narażenia i podatności
Figure 1. Typical trends of exposure and susceptibility characteristics.

Percepcja ryzyka. Percepcja ryzyka odnosi się do intuicyjnej oceny ryzyka przez osoby indywidualne i grupy społeczne w kontekście ograniczonych i niepewnych sytuacji [Slovic 1987]. Ocena ta może się różnić w zależności od podmiotu oceniającego ze względu na różny poziom informacji i jej niepewności, różne sposoby zachowania intuicyjnego, różne pozycje zawodowe i społeczne, różne doświadczenia dotyczące powodzi. Politycy mogą być przeciwni podejmowaniu nieatrakcyjnych decyzji ze względu na obawę przed utratą popularności wyborców lub popierając rozwój swojego regionu mogą być zainteresowani w zagospodarowaniu tanich terenów zalewowych. Niektórzy indywidualni mieszkańcy mogą być gotowi podjąć na własny koszt pewne działania ograniczające wielkość ryzyka powodzi na własny koszt, inni nie są skłonni podjąć żadnych działań, motywując swoją postawę racjami ekonomicznymi lub ideologicznymi. W sytuacji tak znacznego zróżnicowania postaw względem ryzyka powodzi kluczową rolę w znalezieniu rozwiązania kompromisowego odgrywa proces komunikacji wewnątrz danej społeczności. W wyniku jawnej debaty publicznej zmiana może ulec akceptowany przez społeczność poziom ryzyka i akceptacja wzrostu wydatków związanych z ochroną przeciwpowodziową.

Zależność pomiędzy szkodami powodziowymi, a wrażliwością systemu. W ramach analizy szkód powodziowych określana jest wielkość szkód powodziowych dla wybranych scenariuszy przyszłych i scenariuszy działań przeciwpowodziowych w celu określenia *ex ante* korzyści wynikających z podjęcia tych działań. To zaś może stanowić argument na rzecz ich poparcia, czyli określonej polityki decyzyjnej. W związku z tym uzasadnione okazało się wprowadza-

dzenie pojęcia *strat potencjalnych*. Są one definiowane jako maksymalne możliwe straty, które mogą powstać w wyniku podtopienia danego obszaru. Analiza wrażliwości ma za zadanie oszacowanie części strat potencjalnych, które powstaną w rzeczywistości, czyli oszacowania strat oczekiwanych. W praktyce celowi temu służy wprowadzenie *współczynników wrażliwości* dla wskaźników wrażliwości określających czynniki mające istotny wpływ na wielkość strat powodziowych. Współczynnik wrażliwości definiowany jest jako iloraz strat rzeczywistych i strat potencjalnych. Współczynniki wrażliwości wyrażają stopień redukcji strat powodziowych, w związku z tym zależą od wielkości dopuszczalnego poziomu ryzyka. Podejmowane są próby wprowadzenia kilku kategorii ryzyka, od których uzależnia się następnie wartości ww. współczynników [Glade 2003].

Zależność pomiędzy percepcją ryzyka a wrażliwością systemu. Jest regułą, że regiony których mieszkańcy charakteryzują się niskim poziomem percepcji ryzyka powodzi i stopniem przygotowania na jej nadejście doświadczają szkód powodziowych w większym stopniu niż przeciętny. Oznacza to, że ich wrażliwość jest wysoka. Odwrotnie, jeśli mieszkańcy są świadomi ryzyka powodzi – na przykład w wyniku własnych doświadczeń powodzi – to są oni zazwyczaj lepiej przygotowani na ich nadejście i szkody poniesione są mniejsze od przeciętnych.

WNIOSKI DOTYCZĄCE OCENY AKTUALNYCH METOD SZACOWANIA STRAT POWODZIOWYCH

1. Powszechną praktyką jest uwzględnianie szkód materialnych z pominięciem szkód niematerialnych jak utrata zdrowia, życia, wpływ na środowisko, choć znane są metody ich uwzględniania. Do najważniejszych przyczyn tego stanu rzeczy należy zaliczyć: opory psychiczne przed wycenianiem takich wartości niematerialnych, jak życie ludzkie, nieudokumentowane badaniami przekonanie, że udział niematerialnych szkód powodziowych jest niewielki w porównaniu do udziału szkód materialnych [Messner, Meyer 2005].

2. Pomijane są pośrednie skutki powodzi, które występują w sąsiednich regionach niedotkniętych bezpośrednio powodzią, np. straty w sektorze energetycznym, telekomunikacji, spadku produkcji przemysłowej. Jako uzasadnienie podawany jest brak danych pozwalających oszacować ww. straty [Penning-Rowsell, Chatterton 1977], ale trudno zgodzić się z tą argumentacją.

3. Jako wskaźnik wrażliwości jest przyjmowany najczęściej tylko jeden wskaźnik narażenia – głębokość podtopienia terenu natomiast, pomijane są takie wskaźniki, jak: prędkość przepływu wody, turbulencja przepływu, czy czas trwania podtopienia [Smith, Ward, 1998]. Argumentem przemawiającym za tym podejściem ma być silna korelacja pomiędzy głębokością podtopienia, a pozostałymi wskaźnikami, ale nie zawsze ona występuje.

4. Pomijanie społecznych lub ekonomicznych wskaźników podatności systemu jak świadomość zagrożenia powodzią czy stopień przygotowania na jej

nadejście może być źródłem znacznych strat. Przykładowo wg danych niemieckich przygotowanie dolnej kondygnacji domu jednorodzinnego na podtopienie obniża szkody o 5–30%, natomiast wg Flood Hazard Research Centre, USA zmniejszenie czasu ostrzegania mieszkańców o zbliżającej się powodzi powoduje obniżenia szkód w granicach 10%, przy czym przedział redukcji zależy od głębokości podtopienia [Penning-Rowsell E.C. et al. 2003].

5. Wyznaczenie szkód powodziowych nie może opierać się wyłącznie na kryterium kosztów i korzyści wyrażonym w formie monetarnej, nawet w sytuacji gdy stosowane jest nowe podejście pozwalające na uwzględnienie strat niematerialnych. Niektóre straty nie są bowiem wymierne lub społeczeństwo nie akceptuje ich wyrażania w pieniądzu, np. utrata życia ludzkiego, zniszczeń unikalnych obiektów dziedzictwa narodowego. Szansą na ich uwzględnienie jest zastosowanie metod analizy multi-kryterialnej.

BIBLIOGRAFIA

- Gewalt M., Klaus J., Peerbolte E. B., Pflügner W., Schmidtke R. F., and Verhage L. *EUROflood – Technical Annex. Economic Assessment of Flood Hazards. Regional Scale Analysis-Decision Support System (RSA-DSS)*. München 1996.
- Glade T. *Vulnerability Assessment in Landslide Risk Analysis. Die Erde – Beitrag zur Erdsystemforschung* 134 (2), 2003.
- Hewitt K. *Regions of risk. A geographical introduction to disasters*. 1997
- Harlow Heyman B. N., Davis C., and Krumpal P. F. *An assessment of world wide disaster vulnerability*. Disaster Management 4, 1991.
- Messner F., Meyer V. *Flood damage, vulnerability and risk perception – challenges for flood damage research in Flood Risk Management – Hazards. Vulnerability and Mitigation Measurements* by Schanze J., Zeman E. and Marsalek J. *NATO Science Series*, Springer Publisher, 2005.
- Penning-Rowsell E. C. and Chatterton J. B. *The benefits of flood alleviation: a manual of assessment techniques*. Aldersholt, UK: Gower Technical Press, 1977.
- Penning-Rowsell E. C., Jonson C., Tunstall S. et al. *The benefits of flood and coastal defense: techniques and data for 2003*. Flood Hazard Research Centre, Middlesex University, 2003.
- Pimm S. L. *The complexity and stability of ecosystems*. Nature 307. 1984.
- Slovic P. Perception of risk. Science 236, 1987.
- Smith K. *Assessing risk and reducing disaster*. London 2001.
- Smith K., Ward R. *Floods – Physical processes and human impacts*. Chichester 1998.
- Yen B. C. *Stochastic methods and reliability analysis in water resources*. Advances Water Resources, Vol. 11.

Marek Sowiński
Institute Environmental Engineering
Poznań University of Technology
marek.sowinski@put.poznan.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Włodzimierz Czamara