

Artykuł pochodzi z archiwalnych zasobów firmy EKO-KONSULT sp. z o.o. 80-557 Gdańsk,  
ul. Narwicka 6.

Wszystkie prawa zastrzeżone.

Korzystanie za zgodą firmy EKO-KONSULT [biuro@ekokonsult.pl](mailto:biuro@ekokonsult.pl)



*Kwartalnik „Problemy Ocen Środowiskowych” wydawany cyklicznie w latach 1998 – 2012, przez EKO-KONSULT był jedynym wydawnictwem w Polsce, poświęconym wyłącznie ocenom środowiskowym planowanych inwestycji oraz strategicznym ocenom oddziaływania na środowisko. Dla praktyków OOŚ, ale również dla osób początkujących może nadal stanowić wartościowe źródło wiedzy np. w zakresie prezentowanych case study i przeglądu stosowanych metodyk - w tym kontekście znaczna część artykułów zachowuje sporo aktualności.*

---

Janusz Żelaziński

## **Niepewność ocen oddziaływania na środowisko**

*Jestem przekonany, że prawdziwa jest teoria indeterminizmu i że teoria determinizmu jest pozbawiona wszelkich podstaw  
(Karl R. Popper „Wszechświat otwarty”)*

**Wprowadzenie: „jedyną rzeczą pewną jest niepewność”**

Powyższe paradoksalne stwierdzenie wypowiedział Profesor Jerzy Kołodziejski podczas dyskusji o scenariuszy rozwoju społeczno-ekonomicznego kraju i można je odnieść również do ocen oddziaływania na środowisko (OOS). Charakteryzuje ono dobrze główną tezę niniejszego artykułu. Jego celem jest uświadomienie niezbywalnego charakteru niepewności oraz dokonanie przeglądu najważniejszych problemów jakie pojawiają się w OOS w związku z niepewnością. Trudno dyskutować problem niepewności nie odwołując się do pojęć matematyki wyższej. Po dyskusji redakcyjnej podjąłem taką próbę - chodziło o dotarcie z ważnymi wnioskami do szerokiego grona czytelników, często wybitnych specjalistów z dziedzin nie posługujących się metodami matematycznymi. Tak więc traktujemy niepewność intuicyjnie, jako niedostatek informacji potrzebnej do podjęcia najlepszej, możliwej decyzji. Informacja może być niekompletna, nieprecyzyjna, fragmentaryczna, nie całkowicie pewna, niejasna, sprzeczna lub w jakikolwiek inny sposób niedostateczna. Przywoływana literatura pozwala zainteresowanym uściślić i pogłębić sygnalizowane w artykule problemy. Decyzje podejmowane w warunkach niepewności mogą być błędne, co powoduje szkody ekonomiczno-społeczne i ekologiczne. Postaram się pokazać pewne sposoby ograniczenia niepewności OOS, jak również sposoby ograniczenia negatywnych skutków niepewności, której całkowita eliminacja jest nierealna.

Ocena oddziaływania na środowisko (OOS) projektowanej inwestycji, polityki, strategii lub planu zagospodarowania przestrzennego jest prognozą oddziaływania. Każda prognoza jest niepewna. Projektowane dziś inwestycje najczęściej funkcjonować będą przez kilkadziesiąt następnych lat w odmiennych od dzisiejszych warunkach społeczno-ekonomicznych i środowiskowych. Historia tak zwanej futurologii jest faktycznie kompromitacją tej dziedziny. By się o tym przekonać wystarczy porównać publikowane przez futurologów przed 20 - 30 laty wizje 2000 roku z aktualnym stanem świata. Poglądy na temat możliwości eliminacji niepewności w wyniku postępu nauki uległy w mijającym stuleciu istotnej ewolucji. Wywodzące się z osiemnastowiecznych koncepcji mechanistycznych przekonania deterministyczne zostały podważone. Mechanika kwantowa wskazała na chaotyczne i nieprzewidywalne zachowanie się cząstek elementarnych. Pojawienie się teorii deterministycznego chaosu zachwiało przekonaniem o prognozowalności w skali makro. Istotą zjawiska, o którym mówimy można określić następująco: złożone, nieliniowe systemy dynamiczne są wprawdzie deterministyczne (tj. mogą być opisane układem deterministycznych równań różniczkowych), lecz nie przewidywalne, co oznacza, iż niemożliwe jest dokładne prognozowanie zachowania się takiego systemu w przyszłości (Grasseberger, 1991). Zarówno modele ekologiczne, jak i modele rozwoju społeczno-ekonomicznego są złożone i nieliniowe.

W naukach humanistycznych najdobitniej wyraził to filozof Karl Popper szeroko uzasadniając swoje indeterministyczne przekonania (1996). Interesujący jest fakt, iż do podobnych poglądów doszli badacze różnych specjalności, wychodząc z odmiennych przesłanek i posługując się odmienną metodologią.

Czy w świetle przytoczonych wyżej poglądów traktujących niepewność jako jedną z podstawowych właściwości świata, oczekiwanie „dobrej prognozy” jest zasadne?

Tezy o nieprognozowalności nie mogą być traktowane fundamentalistycznie, jako przekonanie o całkowitym chaosie panującym we wszechświecie. Jest to raczej pragmatyczna konstatacja, iż niepewności, pomimo osiągnięć nauki, nigdy nie da się całkowicie wyeliminować, zaś podejmowanie decyzji przy wykorzystaniu najdoskonalszych dostępnych aktualnie i w przyszłości prognoz zawsze związane będzie z ryzykiem błędu. Właściwe jest zatem mówienie o ograniczonej prognozowalności, nie zaś o jej całkowitym braku.

Teza o ograniczonej prognozowalności, może stanowić atrakcyjne alibi dla osób i zespołów zajmujących się różnego rodzaju prognozami, w przypadku gdy prognozy okazują się nietrafne, lecz jest wysoce deprymująca dla menedżerów i polityków usiłujących podejmować racjonalne decyzje przy wykorzystaniu różnych ekspertyz i prognoz w tym OOS. Powinni oni zawsze pamiętać, że niepewność istnieje, prognozy tylko ją ograniczają, a nie likwidują, że ograniczenie niepewności może poprawić decyzje, lecz na ogół nie da się tej poprawy osiągnąć traktując prognozy deterministycznie.

## **Konieczność decydowania jako skutek niepewności**

Można wykazać, iż konieczność podejmowania decyzji **wynika wyłącznie z niepewności**, gdyby niepewność nie istniała, nie byłoby potrzeby podejmowania decyzji.

Gospodarowanie człowieka w środowisku jest realnym problemem, którego wagę uświadamiają kolejne klęski ekologiczne, powodzie, susze oraz wszelkiego rodzaju sytuacje, gdy powstają trudności z zaspokojeniem bieżących i przyszłych potrzeb ludzi wskutek dewastacji, bądź zbyt intensywnej eksploatacji zasobów środowiska. Klir (1991) tak charakteryzuje problemy realnego świata: „Problemy realnego świata rzadko są pozbawione niepewności, czego konsekwencją jest konieczność podejmowania decyzji”. Klir w uzasadnieniu powyższego przekonania cytuje brytyjskiego ekonomistę Shackle (1961): „W świecie predystynacji decyzje byłyby *złudne*, w świecie doskonale przewidywalnym, *puste*, w świecie pozbawionym naturalnego porządku, *bezsilne*. Nasz intuicyjny stosunek do życia implikuje decyzje *nie złudne*, *nie puste* i *nie bezsilne*. W tym sensie decyzja wykluczająca zarówno doskonałe przewidywanie, jak i anarchię w naturze musi być zdefiniowana jako *poszukiwanie w obliczu ograniczonej niepewności*”.

Sens powyższych wypowiedzi można zilustrować przykładem gry w szachy. Gdyby istniała predystynacja i gracze realizowaliby z góry zaprogramowaną partię (nie wiedząc o tym) ich decyzje byłyby niewątpliwie „*złudne*”. Gdyby można było prognozować dokładnie i do końca przebieg całej partii byłaby ona pozbawiona sensu, „*pusta*”. Gdyby zaś nie istniały żadne reguły gry można by podejmować decyzje i realizować kolejne posunięcia, lecz ze względu na całkowitą nieprzewidywalność zachowania się przeciwnika decyzje te byłyby „*bezsilne*”. Jak się wydaje przykład powyższy dobitnie ilustruje słuszność przytoczonej tezy Shackle'a.

Gospodarowanie zasobami środowiska w tym zasobami wodnymi, a zwłaszcza ochrona przed klęskami żywiołowymi często dostarcza przykładów fatalnych skutków nadmiernej wiary w poprawność przyjmowanych założeń, scenariuszy rozwoju społeczno-ekonomicznego oraz wszelkich prognoz. Istnieją realne możliwości ograniczenia szkód związanych z niepewnością. Trzeba tylko wyzbyć się złudzeń o możliwości osiągnięcia idealnych rozwiązań w realnym świecie oraz nauczyć się racjonalnych zachowań w obliczu niepewności. Pewne możliwości takiej racjonalizacji zostaną zasygnalizowane w niniejszym artykule. Będą to zaledwie sygnały, bowiem problem jest ogromny, wymaga poważnych studiów i znacznie przekracza ramy tej publikacji.

## Miary i zasady niepewności

Okolo połowy siedemnastego wieku sformułowano koncepcję prawdopodobieństwa wyrażonego liczbą z przedziału  $[0,1]$  lub w procentach. Do 1960 roku niepewność rozważano wyłącznie w kategoriach teorii prawdopodobieństwa. Po 1960 roku powstało kilka teorii matematycznych różnych od teorii prawdopodobieństwa, które okazały się przydatne do charakteryzowania niepewności. Najbardziej znane z tych teorii to: teoria zbiorów rozmytych (Zadeh, 1965), teoria Dempster'a - Shafer'a (1976), teoria możliwości (Zadeh, 1978), (Dubois i Prade, 1988), teoria miar rozmytych (Sugeno, 1977). Gdy badano niepewność w ramach nowych teorii stało się jasnym, że istnieje wiele różnych rodzajów niepewności oraz, że każdy z nich może występować w sytuacjach decyzyjnych i powinien być opisany przez właściwą teorię. Klir (1991) podaje przegląd miar niepewności na gruncie teorii zbiorów, teorii prawdopodobieństwa, teorii możliwości, teorii zbiorów rozmytych i teorii Dempster'a - Shafer'a.

Oto przykład ilustrujący potrzebę posługiwania się w modelowaniu niepewności teorią adekwatną sytuacji decyzyjnej. W ramach OOS rozważa się często kilka możliwych wariantów programów inwestycyjnych związanych z różnymi sposobami osiągnięcia stawianych celów, bądź też z różnymi możliwymi wariantami rozwoju społeczno-ekonomicznego i (ostatnio) scenariuszami zmian klimatu. Jeżeli sytuacja decyzyjna polega na wyborze spośród „A” możliwych wariantów i brak podstaw do zróżnicowania prawdopodobieństwa wystąpienia (realizacji w przyszłości) poszczególnych wariantów, to niepewność przyjmuje postać *nieokreśloności (nonspecificity)*. Im więcej wariantów tym większa nieokreśloność, kiedy możliwy jest tylko jeden wariant sytuacja jest w pełni określona. Miara tego rodzaju niepewności została wyprowadzona przez Hartley'a (1928).

Gdy istnieją podstawy dla zróżnicowania prawdopodobieństwa poszczególnych wariantów nie możemy posłużyć się miarą Hartley'a. Miara niepewności uwzględniająca prawdopodobieństwo (*entropia Shannon'a*) została zaproponowana przez Shannon'a (1948). Warto zauważyć, że posługując się entropią Shannona może opisać nieokreśloność, bowiem teoria prawdopodobieństwa jest bardziej ogólna od podstaw teoretycznych funkcji Hartley'a. Obecnie są dostępne dobrze uzasadnione miary niepewności we wszystkich wymienionych wyżej teoriach niepewności (Klir, 1991).

Sformułowano ponadto trzy oparte na tych miarach zasady niepewności:

- zasadę minimum niepewności;
- zasadę maksimum niepewności i
- zasadę niezmienności niepewności.

Poświęćmy tym zasadom nieco uwagi ilustrując możliwość (i konieczność!) ich wykorzystania przykładami z dziedziny OOS.

**Zasada minimum niepewności.** Mówi ona, iż spośród wszystkich możliwych rozwiązań problemu decyzyjnego należy preferować rozwiązanie minimalizujące niepewność. Oto nietrywialne jej zastosowanie: Załóżmy, że oceniamy wielowariantowy projekt budowy zbiornika retencyjnego dla zaopatrzenia w wodę. Poszczególne warianty różnią się wielkością zbiornika i należy wybrać wariant zapewniający kompromis pomiędzy gwarancją dostarczenia potrzebnej ilości wody użytkownikom i gwarancją zachowania unikalnych walorów środowiska zagrożonych inwestycją. Wymienione dwa cele są sprzeczne: powiększanie zbiornika powiększa gwarancję zaopatrzenia w wodę, lecz zmniejsza gwarancję zachowania walorów środowiska. Zasada minimum niepewności sugeruje, aby przy rozstrzyganiu podobnych konfliktów wybrać rozwiązanie (tj. wielkość zbiornika) minimalizujące sumaryczną niepewność osiągnięcia stawianych celów (może ich być więcej niż dwa). Określenie gwarancji zaopatrzenia w wodę dla zadanej pojemności zbiornika jest stosunkowo proste, natomiast określenie gwarancji zachowania walorów środowiska jest związane ze znacznymi trudnościami. Nie mniej należy dążyć do oszacowania niepewności efektów ekologicznych, jest to warunek możliwości podjęcia racjonalnej decyzji. Jak pokażemy dalej należy wówczas korzystać z zasady maksimum niepewności.

**Zasada maksimum niepewności.** Ma ona szczególne znaczenie w OOS i upraszczając można ją wyrazić następująco. Każda prognoza jest hipotezą wynikającą zarówno z posiadanej wiedzy, jak i z przyjętych założeń, których poprawności zazwyczaj nie można udowodnić. Zasada maksimum niepewności mówi, iż należy użytkownikowi takiej prognozy uświadomić maksymalną możliwą niepewność (czy prościej maksymalny możliwy błąd) wynikającą z przyjętych założeń. Zasada ta gwarantuje, że nasza ignorancja będzie w pełni uwzględniona, gdy próbujemy rozszerzyć naszą wiedzę opierając się na posiadanych przesłankach oraz na przyjętych założeniach.

Oto zaczerpnięty z historii hydrotechniki przykład negatywnych skutków nieprzestrzegania zasady maksimum niepewności. Na początku bieżącego stulecia oceniano, iż przepływ większy od 4 000 m<sup>3</sup>/s może pojawić się w górnym biegu Renu (Karlsruhe) średnio jeden raz w stuleciu. Do 1995 roku przepływy takie pojawiły się pięciokrotnie powodując zawsze wielkie szkody, bowiem urządzenia ochrony przeciwpowodziowej projektowano na „wodę stuletnią”. Stosunkowo krótka seria obserwacyjna, na podstawie której szacowano wodę stuletnią, nie wyjaśnia tak wielkiej pomyłki. Przyczyna jest głębsza i jest nią znaczna liczba arbitralnych założeń przyjmowanych przy podobnych obliczeniach. Oto ich lista:

- (1) założenie stacjonarności odpływu;
- (2) założenie ergodyczności odpływu;
- (3) założenie określonego typu rozkładu prawdopodobieństwa;
- (4) założenie genetycznej jednorodności maksymalnych rocznych przepływów.

Niesposób dowieść poprawności powyższych założeń lecz odwrotnie można przytoczyć szereg przesłanek świadczących, że są one wątpliwe. Założenia przyjęto, bowiem bez nich obliczenia nie są możliwe. Natomiast nie uwzględniono (i do dnia dzisiejszego w podobnych obliczeniach nie uwzględnia się) niepewności oszacowania wynikającej z wymienionych czterech założeń. Reperkusje praktyczne ignorowania niepewności oszacowań powtarzalności przepływów maksymalnych są wybitnie niekorzystne - powodują szkody społeczno-ekonomiczne i zagrożenie życia.

**Zasada niezmienności niepewności.** Ma ona zastosowanie w przypadku wykorzystywania ilościowych miar niepewności i mówi, iż jeśli rozważamy ten sam problem decyzyjny w ramach różnych teorii i posługujemy się wynikającymi z tych teorii miarami niepewności, to w ramach każdej z tych teorii ilość niepewności (i informacji) musi pozostać identyczna.

Praktyczne wnioski dla OOS wynikające z rozważań przeprowadzonych w niniejszym punkcie są dosyć oczywiste, aczkolwiek mogą być trudne w realizacji ze względu na brak wypróbowanych schematów postępowania. Jest to przede wszystkim pole dla badań, których wyniki pozwoliłyby w przyszłości realizować wysuwane postulaty. Nie mniej jeden z nich powinien być realizowany w każdym przypadku: należy zaniechać działań (wynikających z prognozy), które jeśli wystąpi maksymalny możliwy błąd prognozy spowodują zagrożenie życia ludzi, bądź zagładę gatunku.

## Inne zalecenia wynikające z niepewności OOS

### UWAGI OGÓLNE

Powszechnie uważa się że podstawami teoretycznymi podejmowania decyzji zajmuje się teoria badań operacyjnych i teoria sterowania. Nie jest to pogląd w pełni poprawny. Obydwie wymienione dziedziny wiedzy zajmują się głównie algorytmami poszukiwania ekstremów funkcji, traktowanymi jako narzędzia wspomagania decyzji. Używają odmiennego języka, np. w badaniach operacyjnych mówi się o funkcji celu, natomiast w teorii sterowania o kryterium jakości sterowania, lecz są to pojęcia tożsame. Jak wykazano wcześniej w zagadnieniach deterministycznych nie występuje problem podejmowania decyzji. Faktyczne decyzje (zwane niekiedy predecyzjami) podejmowane są podczas formułowania funkcji celu i ograniczeń, czyli przedmiotem decyzji są kryteria. Niezwykle istotne jest ponadto ujawnianie naszej niewiedzy (zgodnie z zasadą maksimum niepewności). Efekty decyzji podejmowanych w oparciu o OOS zależą więc od przyjętych kryteriów oraz od rzetelnego uwzględnienia niepewności przy formułowaniu prognoz. Problemami tymi zajmiemy się w dalszej części artykułu.

Najskuteczniej można ograniczyć negatywne skutki niepewności w podejmowaniu decyzji, ograniczając niepewność. Ograniczanie niepewności poprzez postęp badań jest procesem kosztownym i długotrwałym. W praktyce OOS bardziej realna jest redukcja niepewności poprzez wielostopniową procedurę opiniowania raportu OOS. Opiniowanie ujawnia ponadto niepewność prognoz, co jest korzystne, nawet jeśli nie prowadzi do ograniczenia niepewności.

Ostatnim wreszcie zaleceniem, jest wykorzystywanie monitoringu oraz repetycyjnej struktury procesu decyzyjnego.

### PROBLEM KRYTERIÓW

Złożone problemy najłatwiej zrozumieć posługując się prostym przykładem. Rozważmy zatem przykład sterowania, zwanego standardowym, pojedynczym zbiornikiem retencyjnym w okresie powodzi. Polega ono na dążeniu do minimalizacji maksymalnego odpływu ze zbiornika.

W sytuacji dokładnej prognozy rozwiązanie jest trywialne - trzeba „ściąć” szczyt fali powodziowej. Polega to na odprowadzaniu ze zbiornika takiego stałego odpływu, by sumaryczna objętość dopływu przekraczającego odpływ, była równa pojemności zbiornika. Zastosowanie opisanego sterowania wymaga całkowitego opróżnienia zbiornika przed nadejściem szczytu fali. W sytuacji operacyjnej, gdy dysponujemy tylko niepewną prognozą hydrogramu dopływającej fali realizacja opisanego wyżej sterowania jest niemożliwa, a ponadto dążenie do takiego sterowania powoduje na ogół następujące nieakceptowalne skutki:

- opróżnienie zbiornika, bez możliwości jego napełnienia, często przez wiele miesięcy (gdy prognozowano większą falę, niż faktycznie wystąpiła);

- całkowite napełnienie zbiornika przed wystąpieniem kulminacji, co powoduje brak możliwości redukcji przepływu maksymalnego wezbrania i jest nagminnym zjawiskiem w przypadku dużych fal (gdy prognozując niedoszacowano rozmiarów fali);
- zwiększenie przez zbiornik rozmiarów powodzi - przypadek spotykany w praktyce krajowej i zagranicznej stanowiący zazwyczaj przedmiot zainteresowania prokuratora (gdy prognozowano falę znacznie większą niż wystąpiła, a dyspozytor, działając w dobrej wierze potraktował tę prognozę deterministycznie).

W opisanej sytuacji większość specjalistów z zakresu teorii sterowania i badań operacyjnych zaleca stosowanie kryterium w postaci minimalizacji wartości oczekiwanej (średniej) maksymalnego odpływu ze zbiornika. Wymaga to oczywiście sformułowania prognozy w postaci rozkładu prawdopodobieństwa oraz powoduje poważne trudności obliczeniowe. W pracy (Żelaziński, 1987) wykazałem niedopuszczalność przyjmowania jako **jedynego** kryterium wartości oczekiwanej - kryterium stosowanego w sytuacji deterministycznej, z dwóch ważnych powodów:

- prowadzi ono do takich samych nieakceptowalnych wyników, jak opisane wyżej kryterium deterministyczne (przy deterministycznym potraktowaniu prognozy) - wykazują to wyniki obliczeń symulacyjnych;
- jest ono niejednoznaczne w tym sensie, że istnieje wiele różnych sterowań, które prowadzą do identycznego minimum wartości oczekiwanej, lecz które jednocześnie prowadzą do całkowicie odmiennych i często wysoce szkodliwych wyników w przypadku konkretnych realizacji fal powodziowych.

Omawiany problem rozwiązano wprowadzając obok kryterium podstawowego (minimum oczekiwanej wartości maksymalnego odpływu) kilka kryteriów dodatkowych, zalecanych w pracy Kaczmarka (1984).

Spośród kryteriów dyskutowanych w pracy Kaczmarka (1984) warto najwięcej uwagi poświęcić *kryterium odporności*. Sprowadza się ono do żądania, aby proponowane rozwiązanie (strategia, polityka, inwestycja, algorytm sterowania) pozostało przydatnym nawet wówczas, gdy nastąpi istotna zmiana warunków działania tj. gdy zmienią się warunki środowiska, potrzeby, preferencje społeczne, itp. Realizacja wielu inwestycji, planów programów i strategii jest procesem długotrwałym, a zatem należy się liczyć z dużymi i nieprognozowanymi zmianami środowiska przyrodniczego i społeczno-ekonomicznego (np. wywołanymi wpływem globalnych zmian klimatu, zmianami technologii, zmianami politycznymi demograficznymi i in.). Praktyka gospodarcza dostarcza przykładów przedsięwzięć spełniających i nie spełniających kryterium odporności. Przykładowo zaporą w Dębem na Narwi projektowana była jako fragment kaskady energetyczno-żeglugowej. Jej znaczenie energetyczne jest marginalne, zaś żegluga na Narwi nikt nie uprawia. Jezioro Zegrzyńskie pełni natomiast wielką rolę jako zaplecze rekreacyjne aglomeracji warszawskiej, co spowodowało, że inwestycja jest pożyteczna pomimo dezaktualizacji celów, dla których powstała. Natomiast liczne zbiorniki rolnicze zbudowane w dużej odległości od aglomeracji miejsko-przemysłowych lub w pobliżu bardziej od nich atrakcyjnych turystycznie akwenów są



przy aktualnej i przewidywanej sytuacji polskiego rolnictwa bezużyteczne - tylko szkodzą środowisku.

Świadomość niepewności scenariuszy zmian klimatu oraz scenariuszy rozwoju społeczno-ekonomicznego spowodowała sformułowanie innych zaleceń podobnych do kryterium odporności. Zasada zwana w anglojęzycznej literaturze *non regrets* w istocie rzeczy ma sens podobny do zasady Hipokratesa powszechnie uznawanej w medycynie. Polega ona na tym, by powstrzymać się od działań, które mogą w przyszłości okazać się szkodliwe, i których będziemy żałować. Niestety można sporządzić długą listę przedsięwzięć niepotrzebnych, które wykonano opierając się na błędnych przewidywaniach, i których jedynym efektem jest degradacja środowiska. W krajach rozwiniętych i bogatszych od Polski, coraz częściej podejmuje się niezwykle kosztowne działania renaturyzacyjne mające na celu przywrócenie walorów przyrodniczych zniszczonych przez hydrotechnikę i inne działania.

Ponieważ rozwiązaniem problemów wielokryterialnych jest kompromis, znalezienie właściwego wielowymiarowego kryterium podejmowania decyzji jest w praktyce OOS raczej problemem z zakresu technik negocjacyjnych, a nie modelowania matematycznego. Pewne propozycje w tej sprawie, dotyczące problematyki gospodarki wodnej zostały sformułowane w pracy (Żelaziński, 1995).

Praktyczne, proste zalecenia w sprawie kryteriów stosowanych w OOS są następujące:

1. **Kryteria doboru wykonawców OOS.** W praktyce sprowadza się to do wyboru takich wykonawców OOS, którzy posiadając wysoką wiedzę specjalistyczną uświadamiają sobie ograniczenia tej wiedzy i są skłonni w sposób otwarty ujawnić margines niepewności opracowywanych przez siebie ekspertyz. Należy pamiętać, że najbardziej pewni swoich twierdzeń są ludzie niedouczeni, zaś najusilniej bronią swoich twierdzeń szarlatani.
2. **Kryterium odporności.** Warunkiem stosowalności tego kryterium w praktyce OOS jest analiza wariantowa z koniecznością rozważenia wariantu „zerowego” (bezinwestycyjnego). Niestety aktualne polskie przepisy nie stawiają wymogu prowadzenie analizy wariantowej w każdym przypadku. Jest to istotny mankament obowiązujących procedur.

## **OPINIOWANIE EKSPERTYZY OOS**

Polskie przepisy nie stawiają wymogu opiniowania raportu OOS przez **niezależnych** specjalistów. Arbitralnie zakłada się, że raport firmowany przez rzeczoznawców z listy Ministra OŚZNiL jest dobry (tj. pozwala podjąć wyważoną decyzję).

Najbogatsze praktyczne doświadczenia w OOS posiada Agencja Ochrony Środowiska USA. Procedura amerykańska traktuje opiniowanie jako jeden z kluczowych kroków procesu OOS. Opiniowanie realizowane jest z udziałem społeczeństwa i wszystkich zainteresowanych stron oraz wielokrotnie powtarzane. Końcowa wersja raportu prezentuje

zarówno opinię zespołu wykonującego OOS, jak i stanowiska opiniodawców rozbieżne z opinią zespołu, z przytoczeniem argumentacji obu stron. Decydent otrzymując zaopiniowany w ten sposób raport OOS ma pełną świadomość skutków podjętej decyzji łącznie z niepewnością oceny tych skutków, której wyrazem są ewentualne rozbieżności.

## MONITORING I OCENY POWYKONAWCZE

Jest to instrument powszechnie stosowany w OOS. Jeżeli podejmujemy decyzje mając świadomość niepewności i związanej z nią możliwości wystąpienia sytuacji i efektów szkodliwych, a często niebezpiecznych rozsądne jest przewidywanie możliwości, a właściwie konieczności korygowania decyzji oraz podejmowania innych niezbędnych działań. Należy jedynie mieć świadomość, że nie każdy błąd można naprawić. Przykładowo skażenie wód podziemnych o okresie odnawialności rzędu setek i tysięcy lat oznacza praktycznie ich nieodwracalne zniszczenie. W takich przypadkach monitoring nie pomoże i profilaktyka może polegać na konsekwentnym przestrzeganiu zasady maksimum niepewności.

## Wnioski

- Ocena oddziaływania na środowisko wspomaga podejmowanie decyzji będących „poszukiwaniem w obliczu ograniczonej niepewności” (Shackle, 1961). Niepewność możemy ograniczać poprzez rozwój badań, systemów obserwacyjno-pomiarowych i modeli prognostycznych, lecz nadzieja na jej całkowitą eliminację jest iluzją.
- Ignorowanie niepewności tj. deterministyczne traktowanie najlepszych, aktualnie dostępnych scenariuszy zmian klimatu, scenariuszy rozwoju, prognoz, ekspertyz i innych oszacowań, jak również wiara w niezawodność najlepiej zaprojektowanych, wykonanych i konserwowanych urządzeń technicznych prowadzi do szkód społecznych, ekonomicznych i ekologicznych, jak również powoduje zagrożenie życia.
- Właściwe potraktowanie niepewności wymaga posługiwania się adekwatnymi sytuacjami decyzyjnej teorii niepewności i opartymi na tych teoriach miarami niepewności.
- Konieczne jest przestrzeganie trzech zasad niepewności: zasady minimum niepewności, zasady maksimum niepewności i zasady niezmienności niepewności. W praktyce OOS szczególnie często nie jest przestrzegana zasada maksimum niepewności, co wywołuje szczególnie szkodliwe skutki.
- Minimalizację negatywnych skutków niepewności uwikłanej w procesy OOS można osiągnąć ponadto poprzez:
  - Wykorzystanie dostępnej wiedzy oraz posiadanych wyników obserwacji do opracowania prognozy minimalizującej niepewność uwikłaną w proces decyzyjny.
  - Określenie adekwatnej reprezentacji niepewności. Najczęściej w wyniku ograniczonego zasobu informacji niepewność może być określona tylko subiektywnie, poprzez wykorzystanie wiedzy ekspertów.
  - Przyjęcie kryteriów dostosowanych do konkretnego, rozwiązywanego problemu z wprowadzeniem ograniczeń minimalizujących możliwość pojawiania się nieakceptowalnych skutków podejmowanych działań.

- Opiniowanie prognoz i wniosków formułowanych w ramach OOS poprzez szerokie gremia z udziałem: organizacji ekologicznych, społeczności lokalnych, hobbystów (np. wędkarzy, turystów, obserwatorów ptaków, kolekcjonerów i in.) oraz oczywiście niezależnych (od zespołu wykonującego OOS i od inwestora) ekspertów.
- Zaprojektowanie i eksploatację systemu monitoringowego pozwalającego wykryć nieprzewidziane w ramach OOS zagrożenia oraz wykonywanie ocen powykonawczych i realizację przedsięwzięć ograniczających nowe zagrożenia.

**Dr inż. Janusz Żelaziński,**  
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej,  
Warszawa

## LITERATURA

- Dubois D., Prade H., 1988, *Possibility Theory*, Plenum Press, New York
- Grasseberger P., 1991, *Information and complexity measures in dynamical systems*, Information Dynamics, Proceedings of NATO Advanced Study Institute on Information Dynamics, Plenum Press, New York
- Hartley R. V. L., 1928, *Transmission of information*, The Bell System Technical J., 7, p.p. 535-563
- Kaczmarek Z., 1984, *Kryteria sterowania systemami wodnogospodarczymi*, Prz. Geof., nr 4
- Klir G. J., 1991, *Measures and Principles of Uncertainty and Information*, Information Dynamics. Proceedings of NATO Advanced Study Institute on Information Dynamics, Plenum Press, New York
- Popper K. R., 1996, *Wszechświat otwarty, argumenty na rzecz indeterminizmu*, Wydawnictwo Znak, Kraków, Wydanie polskie
- Renyi A., 1970, *Probability Theory*, North Holland Amsterdam, p.p. 545 - 616
- Shackle G. L. S., 1961, *Decision, Order, and Time in Human Affairs*, Cambridge University Press, Cambridge
- Shannon C. B., 1948, *The mathematical theory of communication*, The Bell System Technical J., 27, p.p. 379 - 423; 623 - 656
- Shafer G., 1976, *A mathematical Theory of Evidence*, Princeton University Press, Princeton
- Sugeno M., 1977, *Fuzzy measures and fuzzy integrals: a survey*, In Fuzzy Automata and Decision Processes Eds. M. M. Gupta, G. N. Saridis, and B. R. Gaines. North Holland, Amsterdam/New York, pp. 89-102
- Zadeh L. A., 1965, *Fuzzy sets*, Information and Control 8, No 3, 338-353
- Zadeh L. A., 1978, *Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility*, Fuzzy Sets and Systems 1, No. 1, 3-28
- Żelaziński J., 1987, *Prognoza hydrogramu odpływu jako podstawa sterowania zbiornikiem retencyjnym w okresie powodzi*, Niepublikowana rozprawa doktorska, maszynopis dostępny w bibliotece IMGW
- Żelaziński J., 1995, *Amerykańska procedura oceny oddziaływania na środowisko (OOŚ) jako metoda wielokryterialnej oceny systemu gospodarki wodnej*, IV Ogólnopolska Szkoła Naukowa Gospodarki Wodnej, Osieczany, listopad 1995, Publikowane materiały szkoleniowe