

SPOŁECZNO-TECHNICZNE ZARZĄDZANIE DUŻYMI WYPADKAMI JĄDROWYMI

Socio-technical management of big nuclear accidents

Stanisław Latek

Streszczenie: W artykule opisano metodę pod nazwą „wartość J” (J-value), która może być stosowana do porównywania wydatków na zdrowie i bezpieczeństwo we wszystkich sektorach gospodarki. Narzędzie to wykorzystuje koncepcję jakości życia i jest miarą równowagi między wydatkami poniesionymi na zapewnienie bezpieczeństwa a zwiększeniem przewidywanej długości życia i jego jakością.

Obliczeń J-value dokonuje się poprzez podzielenie aktualnych kosztów przewidywanych na zapewnienie bezpieczeństwa przez maksymalną, ale racjonalną wartość tych kosztów, którą powinno się wydać. Wartość J mniejsza od liczby 1 wskazuje, że wydatki są usprawiedliwione, natomiast w przypadku, kiedy J jest większe niż jeden wydane na bezpieczeństwo środki mogą być nieuzasadnione. W artykule omówiono również koncepcję JT, czyli Total Judgement Value, który uwzględnia nie tylko koszty ochrony zdrowia, lecz także szkody dla środowiska.

Czynnik J został użyty do oceny zmniejszenia przewidywanej długości życia osób zaangażowanych w akcję ratunkową oraz osób przesiedlonych po awarii w Czarnobylu i Fukushima. Wyliczenia pokazują, że dla większości mieszkańców z okolic elektrowni jądrowej w Czarnobylu przesiedlonych bezpośrednio po awarii skrócenie przewidywanej długości czasu życia w przypadku pozostania w dotychczasowych miejscach zamieszkania byłoby mniejsze niż 9 miesięcy. Nie oznacza to, że podane liczby są mało znaczące, ale warto dodać, że są one porównywalne do różnic w przewidywanej długości życia mieszkańców różnych miast Wielkiej Brytanii.

Informacje podane w artykule zaczerpnięte są z publikacji prof. Philipa Thomasa z Uniwersytetu w Bristolu. Więcej szczegółów na temat metody J-value i jej zastosowań można znaleźć na stronie <http://www.jvalue.co.uk/> i w publikacjach tam podanych.

Abstract: The paper describes the J-value assessment tool, which can be applied across all industries. The J-value balances safety spend against the extension of life expectancy it brings about. At the core of J-value is the concept of the life-quality index, placing a monetary value on all future years of life based on discounted income, the share of wages in the economy and the work-life balance (ratio of time spent working to time not working). The J-value is found by dividing the actual cost of the safety measure by the maximum that it is reasonable to spend. A value of less than one indicates that the spend is justified. A value greater than one suggests that spending resources may not be justified. Recently, the J-value approach has been extended so that it can take account of not only health and safety risks but environmental consequences also.

The J-value was used to assess how best to respond after a big nuclear accident such as Chernobyl or Fukushima Daiichi. The results show that the life expectancy lost through radiation exposure after a big nuclear accident nuclear accident can be kept small by the adoption of sensible countermeasures, while the downside risk has limits even in their absence. Nearly three quarters of the 116,000 members of the public relocated after the Chernobyl accident would have lost less than 9 months' life expectancy if they had remained in place, and only 6% would have lost more than 3 years of life expectancy. Neither figure is insignificant, but even the latter is comparable with life expectancy differences between different parts of the UK. Loss of life expectancy and J-value appear to be good ways of communicating the level of risk to lay people and professionals alike.

The article was prepared on the basis of publications of prof. Philip Thomas from University of Bristol.

Słowa kluczowe: wartość J, wydatki na zdrowie i bezpieczeństwo, przewidywana długość życia, jakość życia, poważne awarie jądrowe, awaria czarnobylska, ewakuacja ludności

Key words: The Judgement- or J value, spending on health and safety, life expectancy, quality of life, big nuclear accidents, Chernobyl accident, people relocation

W poprzednim numerze „Postępów Techniki Jądrowej” (PTJ) zamieszczona została nota o konferencji RICOMET 2016, która odbyła się na początku czerwca br. w Bukareszcie. Konferencja poświęcona była tematyce percepcji ryzyka, komunikacji społecznej i etyki oraz zagadnieniom dotyczącym narażenia na oddziaływanie promieniowania jonizującego.

Spośród wielu referatów i wystąpień podczas paneli dyskusyjnych moją uwagę zwróciła prezentacja prof. Philipa Thomasa z Queen's School of Engineering, University of Bristol. Temat prezentacji, jak tytuł niniejszego artykułu nie oddaje w pełni treści wystąpienia prof. Thomasa. Można stwierdzić, że autor podejmuje próbę określenia najważniejszego sposobu postępowania po wystąpieniu poważnej awarii jądrowej.

W rozmowie autora niniejszego tekstu z profesorem na temat opisu jego prezentacji na łamach „Postępów Techniki Jądrowej” pojawiła się sugestia, aby informacja o treści właściwej prezentacji poprzedzona została przedstawieniem metody/miernika „Judgement- or J-value” (ocena sytuacji lub wartości sytuacji) wykorzystywanej już od wielu lat przez prof. Thomasa i jego współpracowników do porównywania wydatków na zdrowie i bezpieczeństwo w różnych sektorach gospodarki. Po zapoznaniu się z literaturą przedmiotu zdecydowano się na wykorzystanie jedynie dwóch publikacji, dostępnych na stronie <http://www.jvalue.co.uk/>:

1. **Thomas, P. and Stupples, D., 2006, “J-value: a universal scale for health and safety spending”, *Special Feature on Systems and Risk, Measurement + Control, Vol. 39/9, 273 – 276, November 2006* oraz**
2. **Thomas, P., 2014, “The J-value framework for determining best use of resources to protect humans and the environment”, invited lecture at the *First International Conference on Structural Integrity (ICONS-2014), February 4-7, 2014, Kalpakkam, India.***

Jak podają autorzy pierwszej z wymienionych publikacji, opisane w mediach angielskich historie dotyczące ryzyka, takie jak zakaz przynoszenia kasztanów do szkoły (ze względu na możliwe wystąpienie alergii na nie), a także wycinanie kasztanowców sugerują, że podejmowane działania związane ze zdrowiem i bezpieczeństwem często mogą być przypadkowe i niewspółmierne. Interesujące jest to, że administracja szkolna nie wprowadza zakazów gry i zabawy na boiskach szkolnych.

Przy braku generalnie akceptowalnych liczb wiążących umiarkowane ryzyko z kosztem jego złagodzenia, istnieje duża szansa, że wydatki na wyższe niż oczekiwane bezpie-

czeństwo zostaną podjęte w gałęziach przemysłu o „wysokim ryzyku”. Może mieć to miejsce w wyniku pojedynczego działania rządu lub poprzez działanie jednostronne ze strony zaangażowanej spółki, prawdopodobnie z powodu nacisków ze strony opinii publicznej. Z drugiej strony te gałęzie przemysłu, które są postrzegane jako „małego ryzyka”, mogą dokonać znacznie mniejszych wydatków. Tak więc, różnorodne zakłady przemysłowe i sektory gospodarki mogą stosować różne normy i ponosić różne koszty związane z bezpieczeństwem.

Można podać pewne wręcz rażące przykłady użycia bardzo dużych środków finansowych, aby zmniejszyć ryzyko, które i tak już były niewielkie. Na przykład, ograniczenia dotyczące prędkości, wprowadzone w całym systemie kolei w Zjednoczonym Królestwie Wielkiej Brytanii i Irlandii Północnej po wypadku kolejowym w Hatfield, który kosztował spółki kolejowe setki milionów funtów szterlingów i - jak podał the Guardian - podniósł ryzyko związane z podróżowaniem dla ogółu ludności. Innym przykładem może być wydanie miliardów funtów na środki zapobiegawcze gąbczastej encefalopatii bydła (BSE) po roku 1996, kiedy zagrożenie chorobą minęło, a wydatki zostały obliczone na uratowanie ok. 10 ludzi. W sektorze energetyki jądrowej, zakłady BNFL Enhanced Actinide Removal and Site Ion-Exchange Encapsulation (Usuwanie aktywności i enkapsulacji/uszczelniania filtrów jonitowych) kosztowały łącznie ok. 800 mln GBP i mogły uratować jedno lub dwa istnienia ludzkie. W listopadzie 2003 r. policja zamknęła most Tower Bridge na kilka dni, po tym jak jeden z protestujących popierających prawa ojców (“Spiderman”) wspiął się na okoliczny dźwig i odmówił zejścia. Policja obawiała się, że Spiderman może spaść i rozbić się o most, tymczasem koszt zakłóceń ruchu ulicznego wynikłych z opisywanego zajścia został oszacowany na kwotę 5 mln GBP dziennie.

Można mieć poczucie, że opisywane wydatki nie były współmierne do skali zdarzenia. Mimo to realizacja zadania polegającego na spójnym i proporcjonalnym reagowaniu na dane ryzyko została wstrzymana z powodu braku uniwersalnej skali, którą można by zmierzyć tę reakcję. Podejmowane wcześniej próby były albo charakterystyczne dla danej branży, takie jak Międzynarodowa Skala Awarii Jądrowych Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej, lub miały charakter czysto ekonomiczny (na podstawie analizy rynku), co mogło prowadzić do znacznego zróżnicowania wartości ludzkiego życia. Były też podejmowane próby szacowania wartości ludzkiego życia bazujące na opiniach ankietowanych osób, co powodowało narażenie

się na zarzut subiektywności - nawet jeśli ankietę przeprowadzono wśród dużej liczby ludzi.

Autorzy omawianej publikacji prezentują nową technikę pt. „Ocena sytuacji lub wartości Oceny sytuacji” (Judgment - or J-value technique), która ich zdaniem dostarcza obiektywnej, absolutnej i uniwersalnej skali, za pomocą której można zmierzyć wydatki na zdrowie i bezpieczeństwo w każdym sektorze gospodarki, dając wyraźny pogląd na temat tego, czy rozważany plan bądź projekt jest uzasadniony i racjonalny.

Pierwszym krokiem do określenia J-value (wskaźnika J) jest znalezienie odpowiedniego miernika dla jakości życia. Postuluje się, że fundamentalne czynniki mające wpływ na jakość życia danej osoby to po pierwsze, przewidywany czas życia tej osoby od chwili obecnej, a po drugie, jakie będzie posiadać dostępne środki finansowe na życie, zarówno na niezbędne rzeczy i zaspakajanie potrzeb, jak i na produkty luksusowe. Biorąc pod uwagę powyższe można wykazać, że właściwy miernik jakości życia Q_0 może być wyrażony następującym wzorem:

$$Q_0 = G^q X \quad (1)$$

w którym X to oczekiwana długość życia człowieka w latach, G (GBP/y) jest średnią wartością rocznych zarobków (może to być PKB na osobę), a wykładnik potęgi – q – stanowi wskaźnik równowagi pomiędzy pracą a życiem prywatnym, to znaczy stosunek pomiędzy czasem pracy w , a pozostałym czasem $1-w$. G , q i X to obiektywne zmienne; wydedukowano, że racjonalna wartość dla q wynosi $1/7$, natomiast G i X są dostępne odpowiednio w statystykach krajowych i zestawieniach aktuarialnych.

Dane G^q dla niskich, ułamkowych wartości q odnoszących się do równowagi pomiędzy pracą a życiem prywatnym, przyjmuje postać funkcji użyteczności (form of utility function) kiedy początkowe zarobki niezbędne do zakupu żywności i ubrania, mają większą wartość niż późniejsze podwyżki zarobków, które zwyczajowo wydawane są na artykuły luksusowe. Zatem dana G^q pokazuje wykorzystanie zarobków danej osoby w roku. Autorzy przedstawiają wykresy, które umożliwiają intuicyjne przyjęcie atrakcyjnej interpretacji, że wskaźnik jakości życia jest po prostu sumą wszystkich rocznych zarobków za lata życia pozostające statystycznej osobie do śmierci.

Ponieważ towary i usługi, z których dana osoba może skorzystać dzisiaj są bardziej cenne niż te, na które osoba ta musi poczekać zanim z nich skorzysta, a jest to możliwe poprzez zamianę oczekiwanej długości życia X , przez obniżoną długość życia X_d , gdzie, oczywiście, $X_d \rightarrow X$, jako że

stopa obniżki ma tendencję zbliżania się do zera. Dlatego też ostateczna wersja wskaźnika jakości życia kształtuje się następująco:

$$Q = G^q X_d \quad (2)$$

Tak na marginesie można zauważyć, że zmniejszanie (discounting) oczekiwanej długości życia ma interesujący skutek w postaci zredukowania obniżania się oczekiwanej długości życia wraz z wiekiem. Zatem, w przypadku niemowlęcia oczekiwana długość jego życia wynosi prawie 80 lat, jego obniżona (w skali 4%) oczekiwana długość życia wynosić będzie jedynie 24 lata; związane z tym liczby dla czterdziestolatka wynoszą odpowiednio 40 lat i 20 lat. Powyższe wskazuje na to, że przy zastosowaniu 4% obniżki horyzont czasowy, w trakcie którego, dana osoba może dokonać oceny korzyści lub kosztów swoich działań, nieznacznie zmienia się w okresie pierwszych 40 lat życia. Stanowi to dobry model i racjonalne podstawy przy podejmowaniu decyzji przez człowieka na różnych etapach jego życia, na przykład, młodzi ludzie mają zwyczaj nie sięgać swoimi planami daleko w przyszłość, z pewnością nie tak jak czterdziestolatkowie, którzy sięgają planami w okres dwukrotnie dłuższy w przyszłość, do czego zobowiązuje ich długość życia bez jej zdyskontowania.

Załóżmy teraz, że przeciętna osoba w danej grupie rozważa wydawanie pieniędzy zgodnie ze schematem, który będzie zwiększał bezpieczeństwo członków grupy. Zdyskontowana długość życia wzrośnie, ale roczne przychody dostępne dla owej przeciętnej osoby obniżą się. Zmiany tych dwóch czynników wpłyną na wskaźnik jakości życia. Jeden czynnik go poprawi, drugi pogorszy. Dla rozważanej osoby istotny jest sumaryczny efekt, czyli, aby nowy wskaźnik był wyższy niż poprzedni. Można te rozważania odnieść także do grupy osób.

Cytowani autorzy wprowadzają wspomniane już pojęcie Judgment- or J-value, definiując go jako:

$$J = \frac{\hat{a}_{pop}}{a_{pop}} \quad (3)$$

gdzie \hat{a}_{pop} oznacza roczne wydatki grupy przewidywane na zapewnienie bezpieczeństwa, natomiast a_{pop} maksymalne (ale racjonalne) wydatki na które dana grupa powinna być przygotowana. J-value można wyrazić poprzez wielkości zdefiniowane wcześniej: G i X_d . Wartość J powinna być mniejsza, lub równa liczbie jeden: jeśli tę liczbę przekracza będziemy mieć do czynienia z sytuacją niekorzystną. Dla J równego 3 koszty są trzy razy za wy-

sokie od pożądanych i należy szukać innych sposobów zapewnienia bezpieczeństwa. $J=0,2$ oznacza, że przyjęty schemat zapewnienia bezpieczeństwa można osiągnąć bez niepotrzebnego wydatkowania środków.

Philip Thomas i David Stupples podają przykładowe wartości J dla różnych gałęzi gospodarki. Dla instalacji jądrowych nadzorowanych przez National Radiological Protection Board wskaźnik J jest bardzo wysoki co wiąże się z przyjętymi kosztami uniknięcia dawki jednego sieverta (ok. 50 tys. funtów) i wartością ludzkiego życia (2,5 mln funtów). Wyrażona jest opinia, że przyjęto bardzo wysokie koszty redukcji i tak niskiego ryzyka wywołania choroby nowotworowej.

W konkluzji publikacji stwierdza się: „wykorzystanie J -value mogłoby spowodować bardziej konsekwentne, a przez to lepsze wykorzystanie wydatków na zdrowie i bezpieczeństwo we wszystkich działach gospodarki.”

Druga z przytoczonych publikacji dotyczy zastosowania J -value do określania środków finansowych przeznaczonych na ochronę ludzkiego zdrowia i środowiska. W tym przypadku Philip Thomas wprowadza zmodyfikowany czynnik The Total Judgement Value lub JT -value.

Wykorzystując swoją metodę autor publikacji obliczył czas o jaki skróci się przewidywana długość życia osób narażonych na promieniowanie w wyniku awarii czarnobylskiej. I tak 530 000 osób zaangażowanych w akcję ratunkową straci ok. 3. miesiące przewidywanego czasu swojego życia. Dla 115 000 osób najwcześniej ewakuowanych skrócenie przewidywanego czasu życia wyniesie 9,3 dnia. Odpowiednia liczba dla 6,4 mln ludzi mieszkających na skażonych terenach Rosji, Ukrainy i Białorusi wynosi 4 dni. Dodatkowo oprócz podanych szkód dla zdrowia ludzi, skutkujących skróceniem życia, trzeba pamiętać o konsekwencjach i kosztach ekologicznych wynikających z utworzenia zamkniętej strefy buforowej oraz wyłączenia z eksploatacji bloków czarnobylskiej elektrowni jądrowej.

W przypadku elektrowni jądrowej w Fukushima, gdzie nie było przypadków śmierci bezpośrednio po awarii, należy spodziewać się późniejszych konsekwencji zdrowotnych. Oczywiście mamy też do czynienia ze szkodami ekologicznymi i poważnymi konsekwencjami ekonomicznymi.

Układy bezpieczeństwa reaktorów jądrowych (ale też instalacji chemicznych) powinny zapobiegać nie tylko ewentualnym konsekwencjom zdrowotnym ludzi, lecz także szkodom środowiskowym.

Stąd właśnie wynika potrzeba wprowadzenia wspomnianego czynnika JT -value. Podobnie jak to było w przy-

padku J -value wartość $JT=1$ oznacza maksimum racjonalnych wydatków; $JT=2$ wskazuje, że są one dwukrotnie zawyżone.

Autor podkreśla, że koszty ekologiczne obejmują usuwanie zanieczyszczeń, ewakuację, lub relokację ludności, usuwanie skażonej żywności, straty lokalnych przedsiębiorstw i koszty wynikające z utraty dobrej reputacji obecnie skażonego terenu.

Zakładając, że system ochrony zdrowia i środowiska kosztuje $\delta \hat{W}$ (£), the Total Judgement Value, JT wyrażone może być jako :

$$JT = \frac{\delta \hat{W}}{\delta Z_R + \delta V_N} \quad (4)$$

Gdzie δZ_R jest wartością kosztów ochrony środowiska, natomiast δV_N kosztem ochrony zdrowia populacji składającej się z N członków.

W konkluzji swojego referatu prof. Thomas stwierdza, że wypadki zawsze są trudne do oceny, ale na szczęście zdarzają się rzadko. Czynniki J i JT odnoszące się odpowiednio do ochrony ludzi oraz ludzi i środowiska naturalnego stanowią obiektywną miarę, która może być użyta jako wiarygodna pomoc dla decydentów. Użycie tych wielkości nie oznacza, że decydenci nie mogą wydać więcej pieniędzy niż to wynika z szacunków wykorzystujących wskaźniki J i JT . Mogą oni być skłonni zwiększyć te wydatki w sytuacjach, kiedy pojawią się dodatkowe czynniki szczególnie w sferze społeczno-politycznej. Jednak dostępność metody J i JT dostarcza użytecznego narzędzia, przy pomocy którego można podejmować odpowiednie decyzje i je uzasadniać.

Przechodząc do omówienia zapowiedzianej prezentacji można odnotować to, że zawiera ona wyniki uzyskane przy realizacji projektu: Management of Nuclear Risk Issues: Environmental, Financial and Safety (www.nrefs.org.uk).

Określenie wielkości środków, które mają być przeznaczone na bezpieczeństwo wymaga określenia wartości ludzkiego życia. Jak tę wartość określić? Jaka korzyść zostanie osiągnięta, kiedy uratujemy życie człowieka? Tą korzyścią jest przywrócenie człowiekowi życia. Inny problem polega na tym, że nie wiemy jak długo dany człowiek będzie żył. Tak zwane aktuarialne tabele (służące celom ubezpieczeniowym) podają przewidywane czasy dalszego trwania życia dla osób w danym wieku i płci. A zatem możemy znać wartość przewidywanego czasu trwania życia (life expectancy) dla człowieka w określonym wieku i danej płci.

Mając te dane obliczono wartość wskaźnika jakości życia zdefiniowanego wzorem (2). Wskaźnik ten jest po-

trzebny do obliczenia - J. Jak pamiętamy J jest stosunkiem aktualnych wydatków na ochronę do maksymalnych, które są jeszcze racjonalne.

$J=1$ odpowiada warunkom granicznym, kiedy wydatki na ochronę są uzasadnione wzrostem zdyskontowanego oczekiwanego dalszego czasu trwania życia.

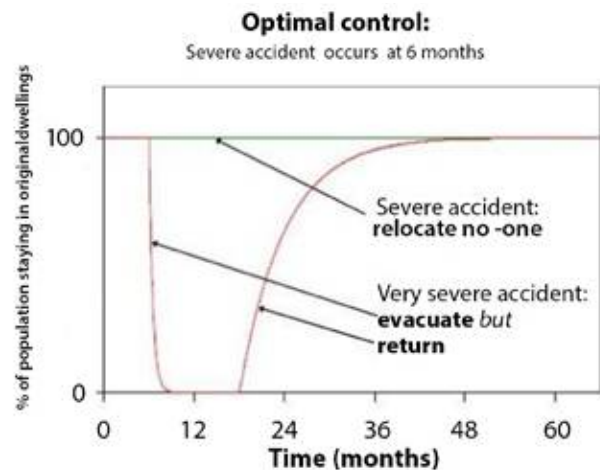
Autor ponownie analizuje katastrofę czarnobylską. Przyjmuje szacunki, że oczekiwana długość życia mieszkańców Ukrainy i Białorusi w roku 1986 wynosiła w momencie narodzin 67 lat oraz 37 lat dla całej populacji. Spośród 116 tys. osób przesiedlonych w 1986 r., gdyby zostały one w miejscu zamieszkania 85,5 tys. straciłoby 8,7 miesiąca życia lub mniej (średnio 3 miesiące), 6.800 najbardziej narażonych na promieniowanie osób straciłoby 3 lata życia, lub więcej (średnio 5,6 roku). Dla porównania: zmiana miejsca pobytu mieszkańca UK z Północnego Londynu do Manchesteru powoduje narażenie na utratę 3,25 roku życia, a od urodzenia 6,5 roku, przy czym 4,5 miesiąca życia tracą londyńczycy z powodu zanieczyszczenia powietrza.

Wyliczone dla ludności mieszkającej w sąsiedztwie EJ, a potem (w 1986 r.) przesiedlonej ze strefy wokół elektrowni wartości J wskazują, że 31 tys. spośród tych ludzi, gdyby zostali na miejscu, utraciliby więcej niż 8,7 miesiąca życia.

Inne wnioski z obliczeń J-value: wysiedlenie w 1990 r. 220 tys. osób było nieuzasadnione, a spośród całkowitej liczby wysiedlonych (335.000) w latach 1986 i 1990 tylko 9-22% przesiedleń było uzasadnionych.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń J dla awarii w Fukushima też zostały sformułowane odpowiednie wnioski. W tej metodzie obliczeń nikt spośród 160 tys. ludzi mieszkających wokół Fukushimy Daiichi nie powinien być przesiedlony.

Rys.1 przedstawia wyniki obliczeń, które nie dotyczą konkretnej awarii, a które mogą być pomocne dla decydentów w przypadku poważnej awarii jądrowej. Ewakuacja ludności przewidziana tylko w przypadku bardzo poważnej awarii i tylko tymczasowa.



Rys. 1 Optymalne postępowanie: poważny wypadek zdarzył się w szóstym miesiącu analizowanego okresu czasu

Fig. 1. Optimal control: Severe accident occurs at 6 months

Przytoczone dane, będące wynikiem obliczeń prof. P.Thomasa pokazują, że zbyt wiele osób było przesiedlonych po awariach w Czarnobylu i w Fukushima. Przesiedlanie ludzi po poważnych awariach jądrowych powoduje bowiem inne - poza tymi powodowanymi napromienieniem - ryzyka dla zdrowia i samopoczucia ludzi. Należy uświadamiać decydentom szkodliwość drakońskich metod stosowanych po awariach jądrowych, ponieważ powodują one więcej złych niż dobrych skutków

Wnioski autora prezentacji sprowadzają się do następujących stwierdzeń:

- relokacja ludności powinna być zastosowana tylko wyjątkowo po wystąpieniu poważnej awarii jądrowej;
- szkody radiacyjne mogą być wyrażone poprzez zmiany w przewidywanym czasie życia;
- metoda J-value wykorzystuje wiedzę ekonomiczną i statystyczną w celu otrzymania obiektywnych wskaźników odnoszących się do ochrony ludzi i środowiska;
- upowszechnienie J-value i innych związanych z tą wielkością metod statystycznych niezbędnych do określenia przewidywanej dalszej długości trwania życia umożliwi ludziom korzystanie z prostego, ale naukowego narzędzia ułatwiającego rozumienie ryzyka radiacyjnego;
- stosowanie metody J wymaga jeszcze formalnych/urzędowych testów.

dr Stanisław Latek,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa

Uprowadzając niejako zarzuty niektórych Czytelników twierdzących, że pewne fragmenty tekstu są niezrozumiałe, nieprzekonujące, lub kontrowersyjne, chciałbym poinformować ponownie, że na stronie <http://www.jvalue.co.uk> znajdują się informacje o ok. 30 publikacjach (i ich streszczenia) na temat metody Jvalue. Zachęcam zainteresowane osoby do sięgnięcia do tych publikacji. Intencją autora niniejszego tekstu było przekazanie choćby niepełnej, skróconej informacji o tym jak postępować po wystąpieniu poważnej awarii jądrowej. Sama metoda wzbudza jeszcze pewne kontrowersje, ale chciałem, aby o niej wiedziano także w Polsce.