

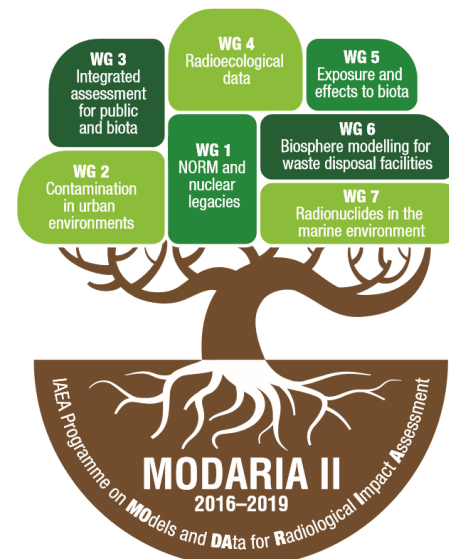
Rozwój metod i modeli do oceny ryzyka radioekologicznego w ramach międzynarodowego programu MAEA MODARIA II (2016 – 2020)

MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments



Paweł KRAJEWSKI
krajewski@clor.waw.pl

Grażyna KRAJEWSKA
krajewska@clor.waw.pl



<http://www-ns.iaea.org/projects/modaria/modaria2.asp?s=8&l=129>

- Historia międzynarodowych programów MAEA walidacji i rozwoju metod i modeli do oceny ryzyka radioekologicznego

- Program MODARIA II (2016-2019) – cele i zakres działania

- Prace grupy 3: Ocena i Kontrola narażenia ludności i bioty (fauny i flory) przy planowanych sytuacjach narażenia (m.in. rutynowych uwolnień z EJ)

Assessments and Control of Exposures to the Public and Biota for Planned Releases to the Environment. (routine releases from NPP)

Projekt MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments o kryptonimie MODARIA II (2016-2019), jest siódmym kolejnym programem Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA), w których od 30 lat uczestniczy CLOR, poświęconym problematyce dokładności i wiarygodności wielkości dawek prognozowanych za pomocą komputerowych modeli środowiska

Jest kontynuacją programu MODARIA I (2012-2015) i zachowując cele i zakres prac programu MODARIA I w większym stopniu odnosi się do nowych rekomendacji ochrony radiologicznej MAEA.



Doskonalenie metod i modeli dla oceny ryzyka radiologicznego

- testowanie, porównywanie i tworzenie modeli,
- zbieranie, analizowanie i opracowywanie danych pomiarowych

Prowadzenie ocen narażenia dla planowanych, wyjątkowych i istniejących warunków ekspozycji

Wsparcie dla praktyki wdrażania wymagań nowych przepisów

Forum dla wymiany doświadczeń

VAMP: Validation of Model Predictions (1988-1996)

- walidacja modeli na bazie Scenariuszy z Czarnobyła (^{137}Cs i ^{131}I)
- opracowywanie nowych danych wsp. transferu radionuklidów w środowisku

BIOMOVs: BIOSpheric Model Validation Study

Swedish Radiation Authority, 1991-1996

- krótkotrwałe i wieloletnie uwolnienia atmosferyczne
- Scenariusz Bremen (Charnobyl ^{131}I); Scenariusz Fort Collins (^{137}Cs)
- reaktory jądrowe, składowiska odpadów stałych, hałdy odpadów uranowych (uranium mill tailings)

BIOMASS: BIOSphere Modelling and ASsessment (1996-2001)

- scenariusze Czarnobylskie
- usuwanie skażeń promieniotwórczych ze środowiska
- wieloletnie narażenie środowiska od składowisk odpadów promieniotwórczych: (Reference biospheres)

EMRAS I: Environmental Modeling for Radiation Safety (2003-2007)

- scenariusze rutynowych i nadzwyczajnych sytuacji radiacyjnych
- poradniki dla tworzenia modeli radioekologicznych, podręczniki z uaktualnionymi danymi wsp. transferu radionuklidów między poszczególnymi komponentami środowiska
- testowanie i porównanie modeli dla oceny narażenia fauny i flory

■ EMRAS II: Environmental Modeling for Radiation Safety (2009-2011)

- Referencyjna metodyka dla oceny dawek dla ludności
- Referencyjna metodyka do oceny dawek dla fauny i flory
- Metodyka dla oceny narażenia w nadzwyczajnych zdarzeniach radiacyjnych

■ MODARIA: MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments (2012-2015)

- **Rekultywacja skażonych obszarów**
(Remediation of Contaminated Areas)
- **Niepewność i zmienność prognozy dawek**
(Uncertainties and Variability)
- **Ekspozycje na promieniowanie i skutki ekspozycji dla fauny i flory**
(Exposures and Effects on Biota)
- **Tworzenie modeli środowiska morskiego**
(Marine Modelling)

*Morze Bałtyckie HELCOM-MORS,
Fukushima - uwolnienie Cs-137 do Pn. Pacyfiku*

REKULTYWACJA TERENÓW SKAŻONYCH (*Remediation of Contaminated Areas*)

WG1: Ocena narażenia radiologicznego i podejmowanie decyzji (ustalanie strategii) dla istniejących sytuacji narażenia w wyniku występowania podwyższonych stężeń radionuklidów naturalnych (NORM) oraz dawnych miejsc skażeń jądrowych.

Assessment and Decision Making of Existing Situations for NORM and Nuclear Legacy Sites Exposure

WG2: Ocena ekspozycji radiacyjnych działania zaradcze w środowisku zabudowy miejskiej

Assessment of Exposures and Countermeasures in Urban Environments.

NIEPEWNOŚĆ I ZMIENNOŚĆ PROGNOZY DAWEK

(Uncertainties and Variability)

WG3: Ocena i Kontrola narażenia ludności i bioty (fauny i flory) przy planowanych sytuacjach narażenia (m.in. rutynowe uwolnienia z EJ)

*Assessments and Control of Exposures to the Public and Biota for Planned Releases to the Environment.
(routine releases from NPP)*



WG4: Procesy migracji radionuklidów i dane dla oceny oddziaływania radiologicznego na środowisko (*Transfer Processes and Data for Radiological Impact Assessment*)

WG5: Narazenie i skutki promieniowania dla bioty (fauny i flory) (*Exposure and Effects to Biota*)

WG6: Modele biosfery na potrzeby długoterminowej prognozy bezpieczeństwa dla składowisk wysokoaktywnych odpadów promieniotwórczych (*Biosphere Modelling for Long Term Safety Assessments of High Level Waste Disposal Facilities*)

TWORZENIE MODELI ŚRODOWISKA MORSKIEGO

(Marine Modelling)

WG7: Ocena wpływu zjawisk charakterystycznych dla środowiska oceanicznego (Pacyfik, Atlantyk) oraz morskiego na dyspersję oraz sedimentację radionuklidów uwolnionych w wyniku planowych i nadzwyczajnych sytuacji radiacyjnych (*Assessment of Fate and Transport of Radionuclides Released in the Marine Environment*)

W kolejnych programach, zakres zagadnień będących przedmiotem intensywnych prac specjalistów z wielu krajów znacznie się poszerzał, Szczególny nacisk położono na wytyczne zawarte w zaleceniach BSS [1] oraz Dyrektywie Euratom [2], które to rekomendacje zasadniczo zmieniły sposób klasyfikacji działalności ze źródłami promieniotwórczymi i w konsekwencji stosowanych procedur ochrony radiologicznej: m.in. :

- o tematykę modeli skażeń środowiska w wyniku wieloletnich uwolnień radionuklidów przy normalnej pracy elektrowni jądrowych, w szczególności, prowadzenie ocen narażenia dla planowanych, wyjątkowych i istniejących warunków ekspozycji dla flory i fauny
- oddziaływania na środowisko składowisk odpadów radioaktywnych, hałd zawierających tzw. pierwiastki promieniotwórcze pochodzenia naturalnego tzw. NORM i TENORM,
- modelowanie zachowania się trytu ^3H i węgla ^{14}C .
- Określenie czynników posiadających istotne znaczenie dla niepewności i zmienności wielkości narażenia radiologicznego przy rutynowych uwolnieniach substancji promieniotwórczych

Zakres pojęcia środowiska w odniesieniu do badań fizyki i chemii pierwiastków promieniotwórczych, obejmuje zarówno środowisko naturalne, jak też środowisko częściowo będące wytworem działalności człowieka.

Elementami, tego pojęcia są: człowiek, fauna, flora, gleba, woda, powietrze, zasoby naturalne, a także zasoby wodne (w szczególności zwierzęta i rośliny hodowlane oraz odpady).

W odniesieniu do oceny zmian w środowisku w wyniku wprowadzenia przez człowieka „dodatkowych” substancji promieniotwórczych, termin „środowisko” dotyczył uprzednio przede wszystkim **siedzib ludzkich**, a dopiero od niedawna pojęcie to zostało rozszerzone na dziko żyjące gatunki fauny i flory [1], [2].

Dawne stanowisko (zwane paradygmatem) Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej ICRP (1997) mówiące, że „**ochrona radiologiczna człowieka, zapewnia z dużym prawdopodobieństwem ochronę innych żywych gatunków**”, uległo znacznej rewizji na rzecz stanowiska, że ochrona radiologiczna środowiska wymaga „oceny różnych sytuacji (scenariuszy) narażenia fauny i flory niezależnie od obecności człowieka” oraz „**przeprowadzenia bezpośredniego dowodu, że środowisko w rozumieniu fauny i flory jest chronione**” ICRP(2003).

[1] The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103, Elsevier (2007).

[2] Protection of the Environment under Different Exposure Situations, ICRP Publication 124. Ann. ICRP 43(1), Elsevier (2014).

PROPONOWANE DAWKI GRANICZNE

DOE – US. Department of Energy

DOE Standard (DOE Order 5400.5 1990)

DOE Proposed Standards (10 CFR 834)

- fauna wodna - 3 600 mGy rok⁻¹ (*10 mGy d⁻¹*)
- flora lądowa - 3 600 mGy rok⁻¹ (*10 mGy d⁻¹*)
- fauna lądowa - 360 mGy rok⁻¹ (*1 mGy d⁻¹*)
- fauna przybrzeżna (*riparian*) 360 mGy rok⁻¹ (*1 mGy d⁻¹*)



Requirement 30: Responsibilities of relevant parties specific to public exposure

.....

3.126. Registrants and licensees, in cooperation with suppliers, in applying the principle of optimization of protection and safety in the design, planning, operation and decommissioning of a source (or for closure and the post-closure period for waste disposal facilities), **shall** take into account:

.....

(d) Uncertainties in the assessment of doses, especially uncertainties in contributions to doses if the source and the representative person are separated in space or in time.

[1] Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements, No. GSR Part 3, Vienna, 2014, <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2014.59077>.





Requirement 13: Safety assessment

The regulatory body shall establish and enforce requirements for safety assessment

.....

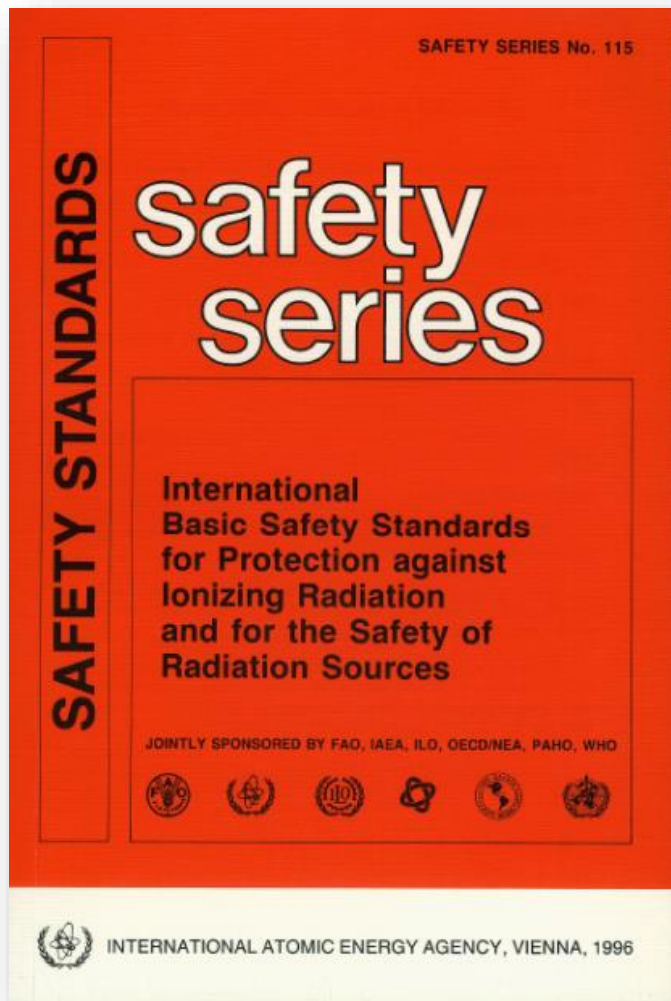
3.31. Safety assessments shall be conducted at different stages, including the stages of siting, design, manufacture, construction, assembly, commissioning, operation, maintenance and decommissioning (or closure) of facilities or parts thereof, as appropriate

b) To determine the **expected likelihood and magnitudes of exposures** in normal operation and, to the extent reasonable and practicable, to make an **assessment of potential exposures**

3.32. The safety assessment shall include **a review of any uncertainties or assumptions** and their implications for protection and safety.

[1] Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements, No. GSR Part 3, Vienna, 2014, <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2014.59077>.





IAEA Safety Standards

for protecting people and the environment

Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards

Jointly sponsored by

EC, FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, PAHO, UNEP, WHO



General Safety Requirements Part 3 No. GSR Part 3



IAEA

International Atomic Energy Agency

DETERMINISTYCZNE

**Deterministyczne metody
obliczeniowe obowiązywały do
2014 r**

Dawka określona jedną liczbą

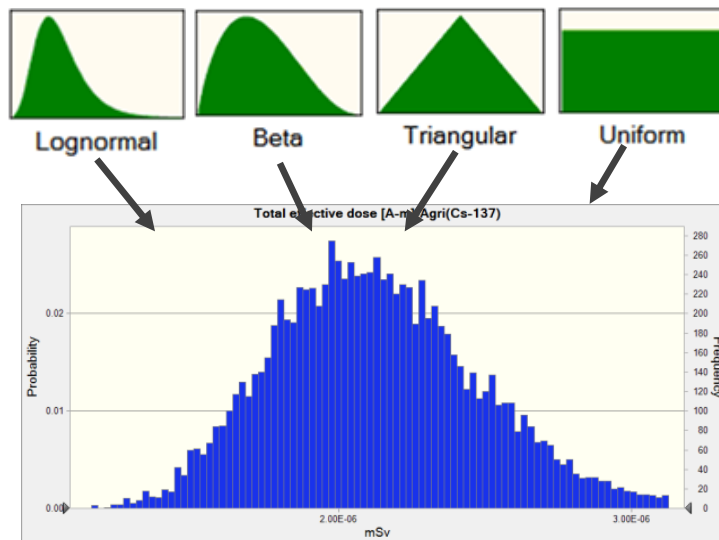
W celu zapewnienia niezbędnego
progu bezpieczeństwa prognoz
modelu tzn. gwarancji że
uwzględniono najbardziej
niekorzystne scenariusze zjawisk i
procesów, obliczenia prowadzi się
biorąc pod uwagę górny zakres
97.5% prognozy ufałości zakresu zmian
parametrów

PROBABILISTYCZNE

Nowe zalecenia międzynarodowe

International Basic Safety Standards -
General Safety Requirements Part 3, IAEA
Safety Standards Series No. GSR Part 3

Dawka określona rozkładem



Ocena i Kontrola narażenia ludności i bioty (fauny i flory) przy planowanych sytuacjach narażenia (m.in. rutynowe uwolnienia z EJ)

Zintegrowana ocena dawek przy rutynowych uwolnieniach dla populacji oraz fauny i flory

The integrated assessments of humans and biota, including uncertainties

- Analiza dostępnych przewodników podręczników i rekomendacji
Study different Guidance
- Identyfikacja dostępnych modeli komputerowych
Compile information on available Codes
- Wybranie takiego scenariusza gdzie ocena dawek otrzymywanych przez przedstawicieli fauny i flory jest konieczna (ma sens ?)
Reference Installations & Scenarios
- Przeprowadzenie obliczeń modelowych
Practical Examples
- Ewaluacja wyników, porównanie modeli
Benchmark
- Rekomendacje dla MAEA odnośnie przyszłych wymagań oraz problemów
Gaps

Zintegrowana oceny dawek dla tzw. grupy referencyjnej populacji oraz mocy dawek dla referencyjnych przedstawicieli fauny i flory przy rutynowych uwolnieniach radioizotopów z różnego typu obiektów jądrowych



UCZESTNICZĄCE W PROGRAMIE MODELE KOMPUTEROWE

- model francuski **IRSN SYMBIOSE**- modułowy z wbudowanym pakietem probabilistycznym MC, umożliwiający również analizę przestrzenną wyników, był traktowany jako model referencyjny ponieważ używany był do obliczeń Scenariusza Chinon, również opracowanego przez IRSN
- model słowacki **ESTE AI f-my ABMerit**, bazujący na platformie GIS, z możliwością prowadzenia obliczeń probabilistycznych
- model hiszpański **CROM rozwijany w CIEMAT**, w ramach projektu STAR z wbudowanym pakietem probabilistycznym MC, natomiast nie posiadający sub-modelu HTO, OBT oraz 14C, <http://cromerica.ciemat.es>
- model polski **CLRP (routine releases)** oparty na platformie EXCEL Microsoft Office 365 z probabilistycznym modułem wspomagającym Crystal Ball Oracle. Podstawowe parametry wejściowe modelu oparto na publikacjach SRS 19 (2001), TECDOC 1616 (2010), TRS 472 (2010).
- model angielski rozwijany w PHE (Public Health England): **PC-CREAM oraz MS EXCEL (BIOTA)**
- argentyński ARN (Autoridad Regulation Nuclear) **PC CREAM & EXCEL (fauna i flora)**

OPRACOWANE SCENARIUSZE TESTOWE

1. CHINON SCENARIO (uwolnienia do atmosfery i rzeki Loary z EJ w CHINON (4 bloki PWR 900MW) - opracował IRSN



OPRACOWANE SCENARIUSZE TESTOWE

2. CADARACHE CENTRE SCENARIO (uwolnienia do atmosfery i rzeki Durance) - opracowała CEA



francuskie centrum badań nad energetyką jądrową należące do CEA.

21 stałych instalacji jądrowych, w tym reaktory jądrowe (np. Pegase, Rapsodie), przechowalniki odpadów jądrowych, placówki przetwarzania materiałów jądrowych.

W 2005 ośrodek został wybrany na miejsce budowy ITER – największego badawczego reaktora termojądrowego.

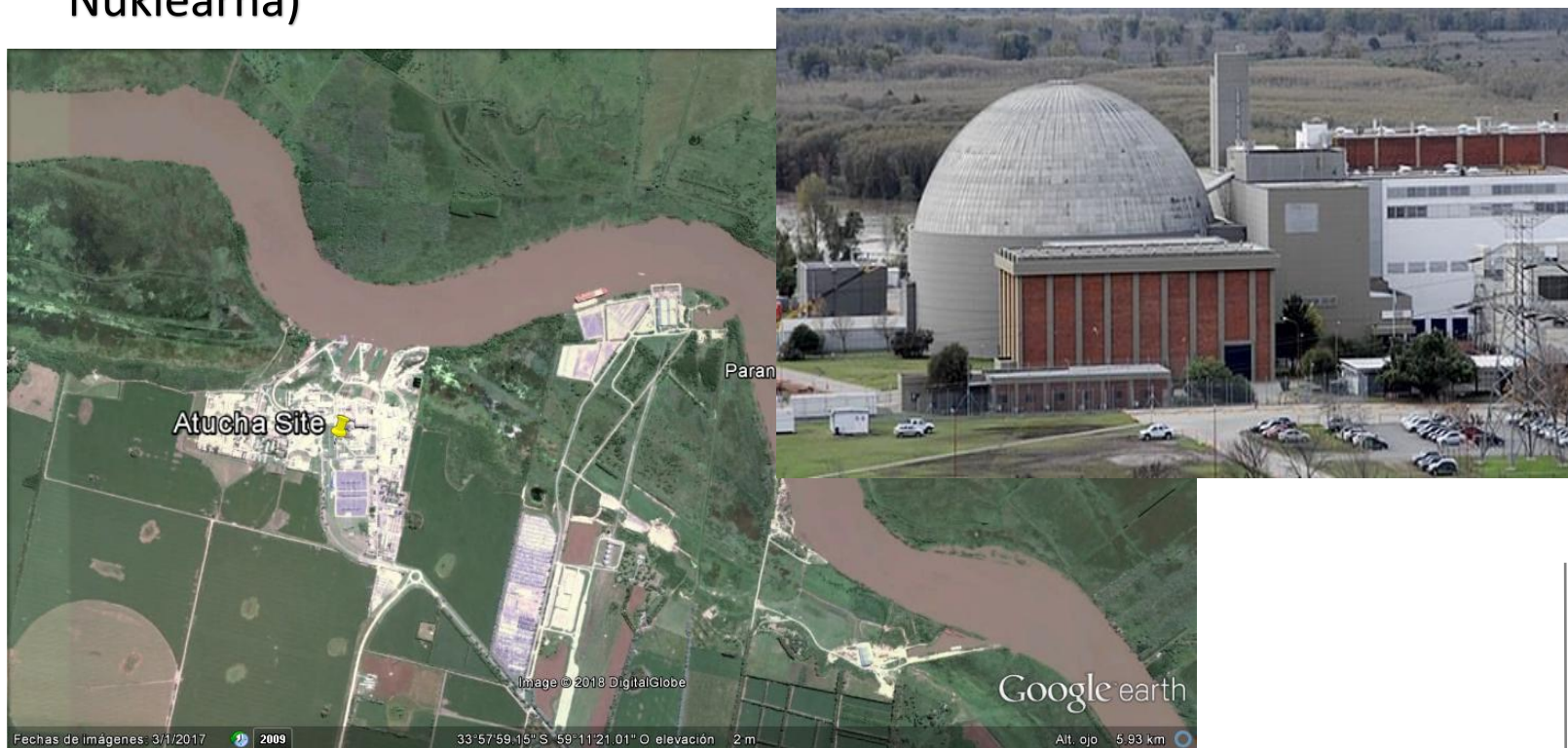
OPRACOWANE SCENARIUSZE TESTOWE

3. Scenariusz AUBE uwolnienia do atmosfery i do rzeki Noues d'Amance ze składowiska odpadów promieniotwórczych (nisko i średnio aktywnych) opracowała (CSA-ANDRA)

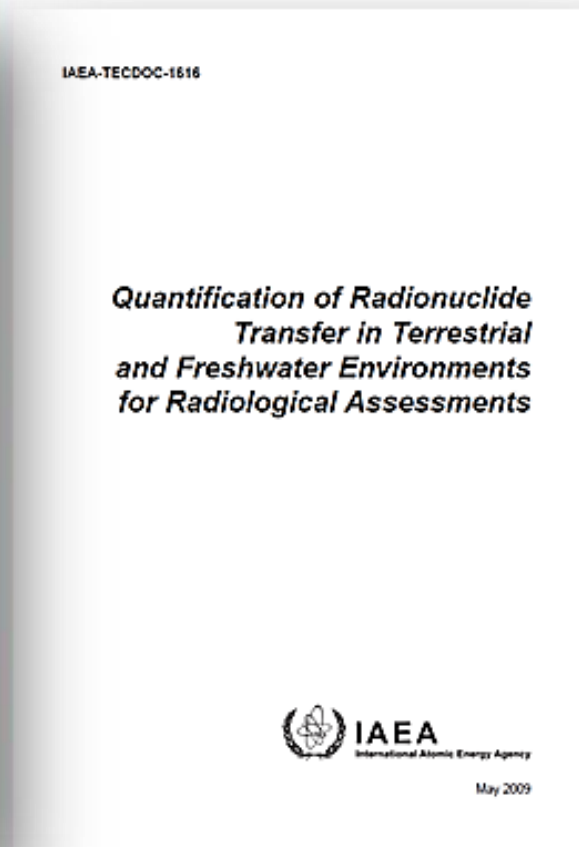
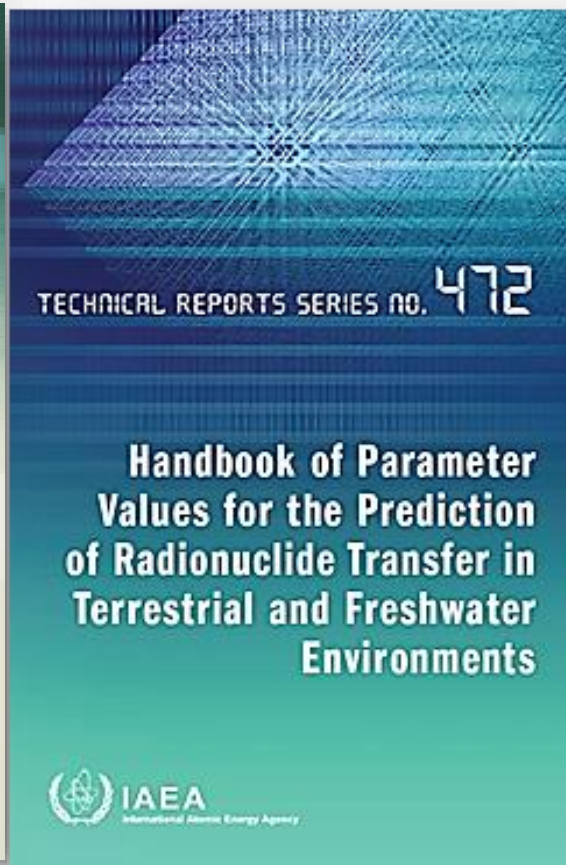
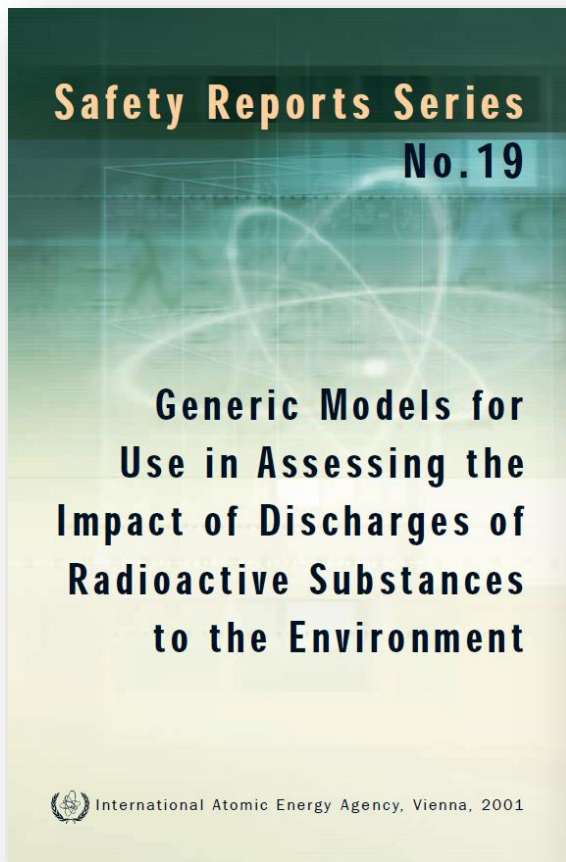


OPRACOWANE SCENARIUSZE TESTOWE

3. Scenariusz ATUCHA - uwolnienia do atmosfery i do rzeki Paraná de las Palmas z argentyńskiej elektrowni jądrowej HWR (*SIEMENS*); 362 Mwe, moderator ciężka woda - opracowała ARN (Argentyńska Agencja Nuklearna)



Referencyjne pozycje literaturowe dot. modeli środowiska



Rozwój metod i modeli do oceny ryzyka radioekologicznego w ramach międzynarodowego programu MAEA MODARIA II (2016 – 2020)

MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments

Dziękuję za uwagę



Paweł KRAJEWSKI
krajewski@clor.waw.pl

Grażyna KRAJEWSKA
krajewska@clor.waw.pl

