

Walidacja opracowanego w CLOR kodu komputerowego CLRP w ramach programów Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA)

Grażyna KRAJEWSKA
krajewska@clor.waw.pl

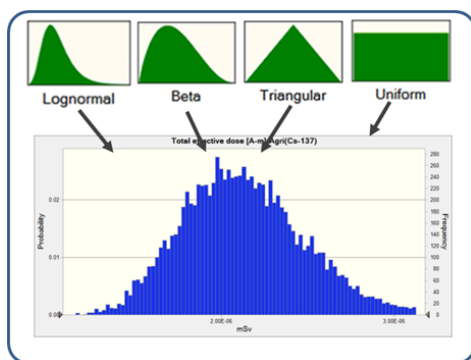
Paweł KRAJEWSKI
krajewski@clor.waw.pl



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

Ewolucja kodu komputerowego CLRP w ramach programów MAEA

STANDARD GRS 3



Schemat prognozy
probabilistycznej MC

Omawiany model CLRP (Concentrations Levels Rapid Predictions), jest równowagowym modelem deterministyczno-probabilistycznym, służącym do prognozy dawek dla tzw. referencyjnych członków populacji oraz referencyjnych organizmów fauny i flory przy rutynowych uwolnieniach substancji promieniotwórczych z obiektów jądrowych i może służyć do weryfikacji prognoz dawek z tzw. uwolnień projektowych na potrzeby Raportu o oddziaływaniu na środowisko (Raport OOS) planowanej EJ.

Ewolucja modelu CLRP następowała sukcesywnie odpowiadając na potrzeby kolejnych międzynarodowych programów MAEA poświęconych zagadnieniom prognozy dawek:

- EMRAS II: Environmental Modeling for Radiation Safety (2009-2011)
- MODARIA MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments (2012-2015)
- MODARIA II MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments (2016-2019..2020)
- MEREIA MEthods for Radiological and Environmental Impact Assessements (2021-2025)

Ewolucja kodu komputerowego CLRP w ramach programów MAEA

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

WG 1: Referencyjna metodyka przy rutynowych uwolnieniach z EJ

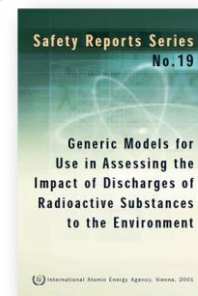
Scenariusze: SIZEWELL B, Chalk River

CLRP (równowagowy) – przeznaczony do obliczeń dawek dla referencyjnych grup ludności przy rutynowych uwolnieniach do atmosfery i do rzeki) – na platformie EXCEL Microsoft Office z probabilistycznym modułem wspomagającym Crystal Ball. Modele dyspersji oraz baza danych empirycznych parametrów opisujących transfer pierwiastków w poszczególnych komponentach środowiska łącznie z ich rozkładem PDF oraz baza współczynników konwersji dawek tzw. DCF: ekspozycji zewnętrznej i wewnętrznej w oparciu o

SAFETY REPORTS SERIES No. 19, GENERIC MODELS FOR USE IN ASSESSING THE IMPACT OF DISCHARGES OF RADIOACTIVE SUBSTANCES TO THE ENVIRONMENT, IAEA 2001.

Dwie grupy wiekowe: dorosły, dziecko 1-2 lata

102 izotopy, 55 pierwiastków - bez węgla C i H (trytu)



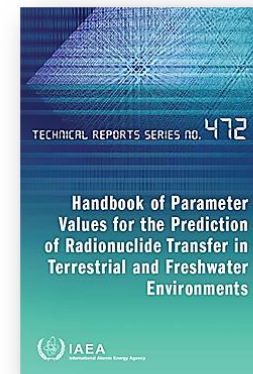
- MODARIA MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments (2012-2015)
WG5: Określenie czynników posiadających istotne znaczenie dla niepewności i zmienności wielkości narażenia radiologicznego przy rutynowych uwolnieniach substancji promieniotwórczych

WG5. Uncertainty and variability analysis for assessments of radiological impacts arising from routine discharges of radionuclides

Scenariusze: CHINON NPP (Loara)

CLRP (równowagowy) – przeznaczony do obliczeń dawek dla referencyjnych grup ludności przy rutynowych uwolnieniach do atmosfery i do rzeki) - Te same modele dyspersji w oparciu o [SAFETY REPORTS SERIES No. 19, IAEA 2001](#)

- Rozbudowano bazę danych empirycznych parametrów opisujących transfer pierwiastków w poszczególnych komponentach środowiska łącznie z ich rozkładem PDF w oparciu o [HANDBOOK OF PARAMETER VALUES FOR THE PREDICTION OF RADIONUCLIDE TRANSFER IN TERRESTRIAL AND FRESHWATER ENVIRONMENTS, TECHNICAL REPORTS SERIES No. 472, IAEA 2010](#)



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

WG5: Określenie czynników posiadających istotne znaczenie dla niepewności i zmienności wielkości narażenia radiologicznego przy rutynowych uwolnieniach substancji promieniotwórczych

Uncertainty and variability analysis for assessments of radiological impacts arising from routine discharges of radionuclides

Scenariusze: CHINON NPP (Loara)

CLRP (równowagowy) – przeznaczony do obliczeń dawek dla referencyjnych grup ludności przy rutynowych uwolnieniach do atmosfery i do rzeki) - Te same modele dyspersji w oparciu o SAFETY REPORTS SERIES No. 19, IAEA 2001

- **Włączenie do kodu CLRP modelu matematycznego zachowania się węgla C oraz wodoru H w środowisku, dla uwolnień C-14, HTO i OBT w oparciu o REPORTS SERIES No. 472 – model aktywności właściwej C-14/C; HTO/H₂O.**

10. SPECIFIC ACTIVITY MODELS AND PARAMETER VALUES FOR TRITIUM, ¹⁴C AND ³⁶Cl

The data for parameter values described in the previous sections are based on element partitioning and accumulation concepts, which are expressed quantitatively in terms of transfer factors that describe the transport of radionuclides between different environmental compartments. Under equilibrium conditions, the specific activity model provides an alternative approach for long lived isotopes of biologically regulated, essential elements that are highly mobile

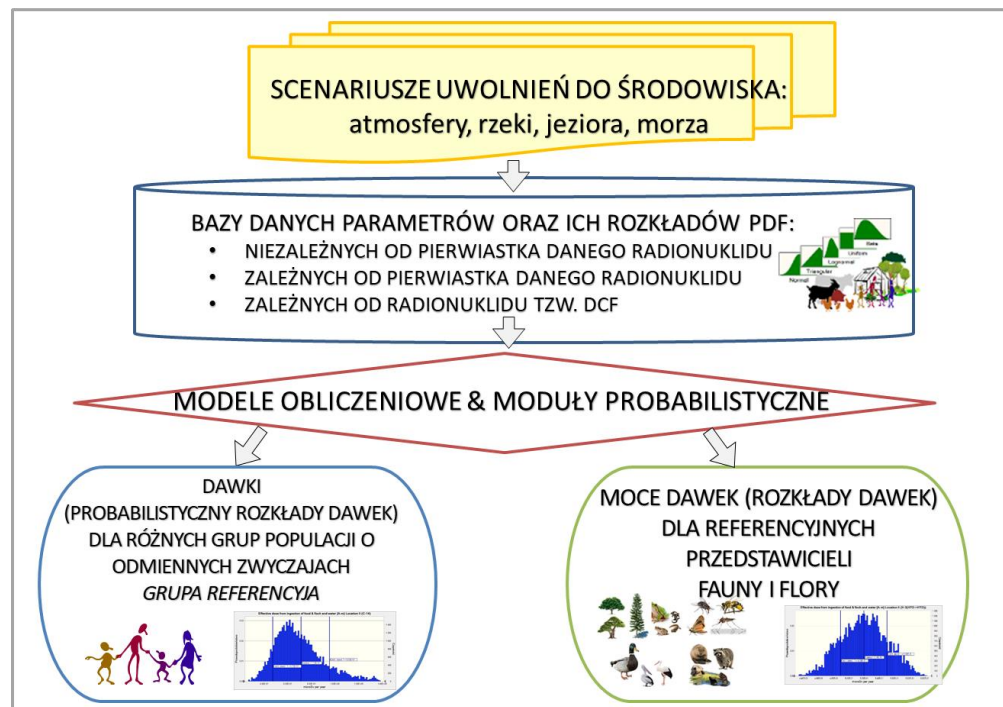
Ewolucja kodu komputerowego CLRP w ramach programów MAEA

MODARIA II MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments (2016-2020)

WG3: Ocena i kontrola narażenia ludności i bioty (fauny i flory) przy planowanych sytuacjach narażenia.

WG3. Assessments and Control of Exposures to the Public and Biota for Planned Releases to the Environment

SCHEMAT ZINTEGROWANEJ OCENY DAWEK DLA GRUPY REFERENCYJNEJ POPULACJI
ORAZ MOCY DAWEK DLA REFERENCYJNYCH PRZEDSTAWICIELI FAUNY I FLORY



Baza współczynników przejść
powietrze, woda, gleba organizm
oraz DCF dla referencyjnych
organizmów fauny i flory według
ERICA TOOL 1.3 (2016)

Baza DCF dla referencyjnych grup
ludności (7 grup wiekowych) według
RADIATION PROTECTION AND SAFETY
OF RADIATION SOURCES:
INTERNATIONAL BASIC
SAFETY STANDARDS; General Safety
Requirements Part 3, IAEA 2014

1277 izotopów, 99 pierwiastków

Porównanie poziomów odniesienia mocy dawki [$\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$] referencyjnych organizmów flory i fauny w podejściu ERICA TOOL (EU) i ICRP.

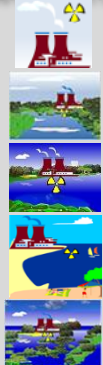
EKOSYSTEM LĄDOWY			EKOSYSTEM ŚRÓDLĄDOWY			EKOSYSTEM MORSKI		
	ERICA	ICRP		ERICA	ICRP		ERICA	ICRP
duży ssak (jeleń)	40	4-40	ssak wodny	40		ssak morski	40	
mały ssak (szczur)	40	4-40	ptak (kaczka)	40	4-40	ptak	40	
ptak	40		gad	40		gad	40	
gad	40		płaz (żaba)	40	40-400	ryba oceaniczna	400	
płaz	40		ryba ocean. (pstrąg)	400	40-400	ryba przydenna (flądra)	400	40-400
owad (pszczoła)	40	400-4000	ryba przydenna	400		małż	400	
stawonóg	40		ślimak wodny	400		skorupiak (krab)	400	40-400
ślimak	40		małż	400		wieloszczet	400	
pierścienica (dżdżownica)	40	400-4000	skorupiak	400		ukwiały morskie i korale	400	
drzewo (sosna)	400		larwa owada	400		zooplankton	400	
mech i porost	400		zooplankton	400		fitoplankton	400	
trawy i zioła	400	40-400	fitoplankton	400		wielka alga (brunatnica)	400	40-400
krzak	400		roślina wodna	400		roślina morska	400	

CLRP – deterministyczno-probabilistyczny program Skoroszyt EXCEL & moduł Oracle Crystal Ball

Struktura modelu CLRP

Okna dialogowe
wybór scenariusza
wybór typu uwolnienia:

do atmosfery
do rzeki
do jeziora
do morza
do ujścia

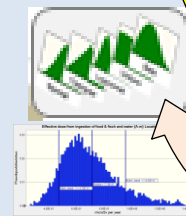


Programy liczące stężenia radionuklidów:

1. w powietrzu
2. w strumieniu rzeki
3. w jeziorze,
4. w nadbrzeżnej wodzie morskiej

Główny arkusz kalkulacyjny oddzielny dla każdego scenariusza:

1. formuły i parametry
2. Crystal Ball zdefiniowane założenia
3. Crystal Ball zdefiniowane prognozy



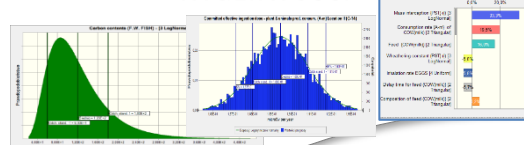
Baza danych parametrów opisujących zachowanie grup wiekowych np. *dieta, czas przebywania na otwartej przestrzeni itp*

Baza danych empirycznych parametrów opisujących transfer pierwiastków w poszczególnych komponentach środowiska łącznie z ich rozkładem PDF np. *przejście z gleby do trawy z trawy do mleka, mięsa*

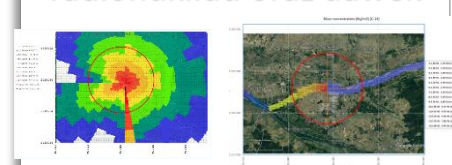
Baza współczynników konwersji dawek tzw. DCF: ekspozycji zewnętrznej i wewnętrznej (IAEA GRS 3) 1277 izotopów

Raporty zbiorcze:
stężenia radionuklidów w poszczególnych komponentach środowiska, dawki od ekspozycji zewnętrznej i wewnętrznej dla poszczególnych radionuklidów oraz sumy dawek

Raporty probabilistyczne:
założenia, przewidywania, analiza wrażliwości



Mapy rozkładu stężeń radionuklidu oraz dawek



MODARIA II MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments (2016-2020)

WG3: Ocena i kontrola narażenia ludności i bioty (fauny i flory) przy planowanych sytuacjach narażenia.

WG3. Assessments and Control of Exposures to the Public and Biota for Planned Releases to the Environment

Scenariusze obejmowały możliwe szeroką gamę obiektów jądrowych

CHINON reaktor wodny ciśnieniowy PWR 4x900MW

Do powietrza:

^3H 2 TBq/rok

^{14}C 0.12 TBq/rok

^{41}Ar 0.14 TBq/rok

^{133}Xe 0.6 TBq/rok

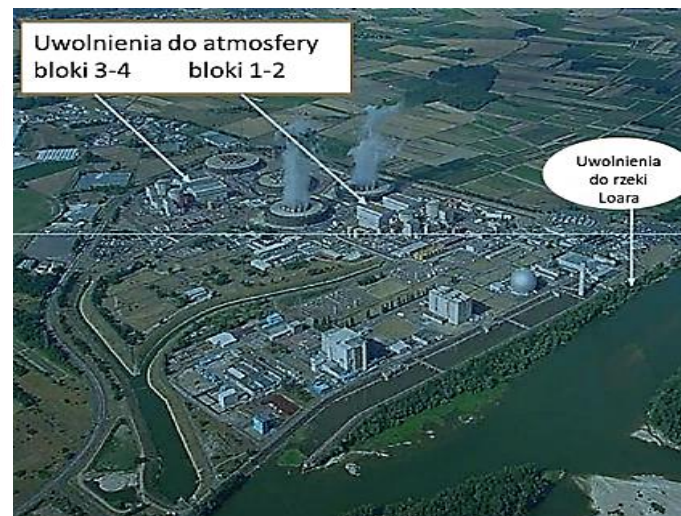
^{85}Kr 0.015 TBq/rok

Do rzeki: Loara

^3H 54 TBq/rok

^{14}C 0.05 TBq/rok

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLEAIRE



MODARIA II MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments (2016-2020)

WG3: Ocena i kontrola narażenia ludności i bioty (fauny i flory) przy planowanych sytuacjach narażenia.

WG3. Assessments and Control of Exposures to the Public and Biota for Planned Releases to the Environment

Scenariusze obejmowały możliwe szeroką gamę obiektów jądrowych

ATUCHA SITE

Reaktor ciężkowodny HWR - 1,179 MW

Fuel: slightly enriched uranium (0.85%)



Do powietrza:

^3H 850 TBq/rok

^{14}C 0.3 TBq/rok

^{41}Ar 15 TBq/rok

^{87}Kr 6 TBq/rok

^{88}Kr 6 TBq/rok

Do rzeki: Parana de las Palmas

^3H 940 TBq/rok

^{60}Co 0.09 TBq/rok

^{137}Cs 0.05 TBq/rok

MODARIA II MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments (2016-2020)

WG3: Ocena i kontrola narażenia ludności i bioty (fauny i flory) przy planowanych sytuacjach narażenia.

WG3. Assessments and Control of Exposures to the Public and Biota for Planned Releases to the Environment

Scenariusze obejmowały możliwe szeroką gamę obiektów jądrowych

SURFACE RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL (CSA-Andra-France)

dla stałych nisko i średnio aktywnych odpadów krótko życiowych radionuklidów

Północno-wschodnia Francja, koło Soulaines-Dhuys, 50 km od Troyes



Do powietrza:

^3H 50 GBq/rok;

^{14}C 5 GBq/rok

$^{125}\text{I} + ^{129}\text{I} + ^{131}\text{I}$ $2 \cdot 10^{-2}$ GBq/rok

Do rzeki: Les Noues d'Amance

^3H 5 GBq/rok;

^{14}C 0.12 GBq/rok

$^{125}\text{I} + ^{129}\text{I} + ^{131}\text{I}$ 0.1 GBq/rok

MODARIA II MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments (2016-2020)

WG3: Ocena i kontrola narażenia ludności i bioty (fauny i flory) przy planowanych sytuacjach narażenia.

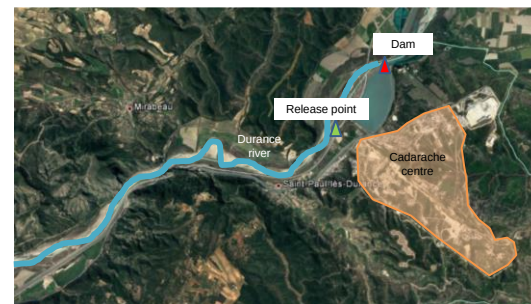
WG3. Assessments and Control of Exposures to the Public and Biota for Planned Releases to the Environment

Scenariusze obejmowały możliwe szeroką gamę obiektów jądrowych

CADARACHE CENTRE SCENARIO



Południowo-wschodnia Francja, koło Marsylii
Paul-Lez-Durance



Do powietrza:

^{85}Kr 130 TBq/rok;

^3H 15 TBq/rok

^{222}Rn 1TBq/rok

Do rzeki: Durance

^3H 1.8 TBq/rok;

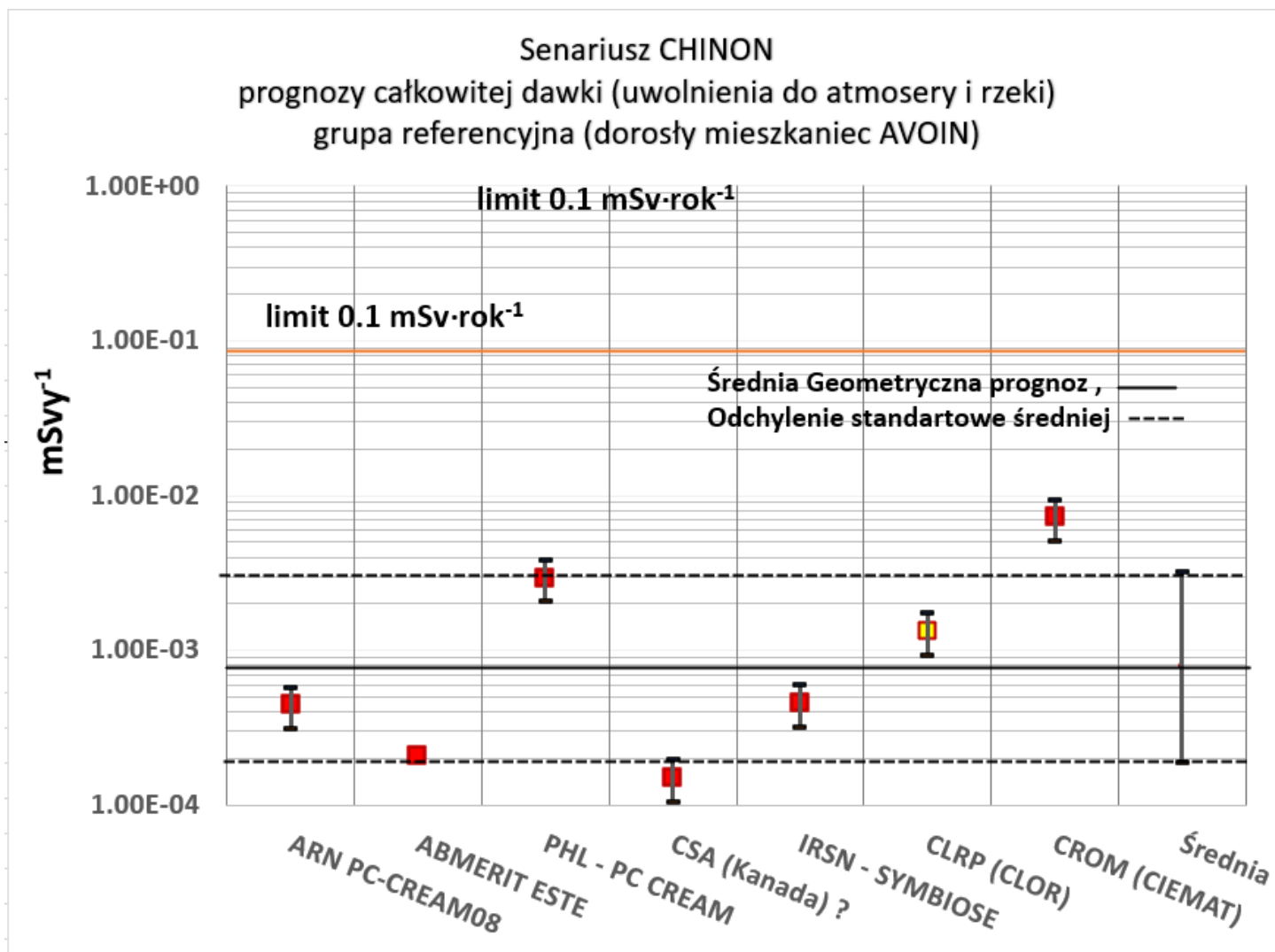
^{14}C 0.9 GBq/rok;

Pozostałe 0.8 GBq/rok

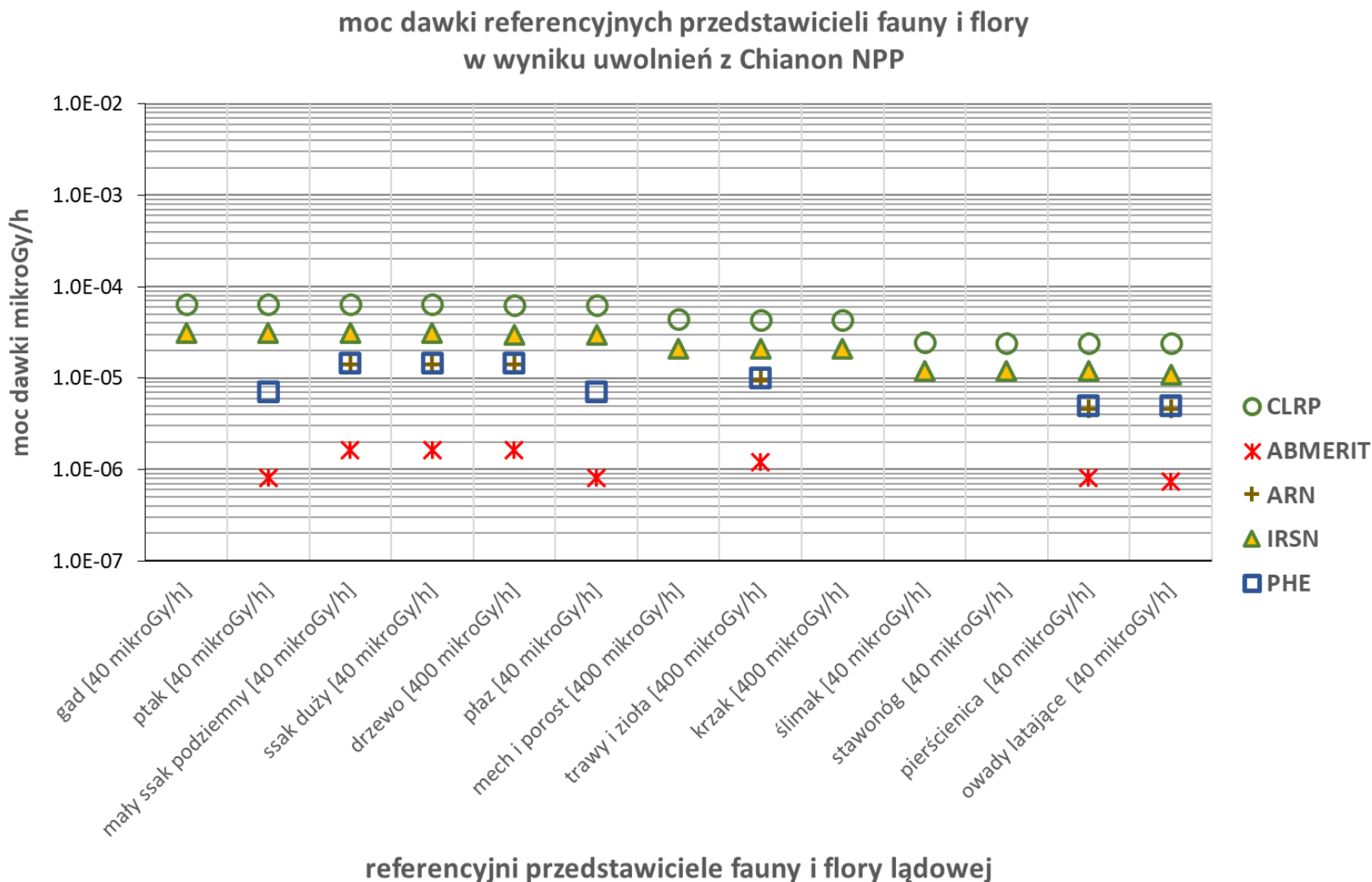
MODELE KOMPUTEROWE

- 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 08 oraz EXCEL**

Porównanie prognoz całkowitej dawki dla Scenariusza CHINON



Porównanie prognoz całkowitej dawki dla Scenariusza CHINON



OGÓLNE WNIOSKI Z PROGNOZY DAWEK DLA GRUPY REFERENCYJNEJ POPULACJI

średnia dawka całkowita roczna mieściła się w granicach
 $1 \mu\text{Sv} (\times 10; \times 10^{-1})$ **limit 100 μSv**

OGÓLNE WNIOSKI Z PROGNOZY DAWEK DLA REFERENCYJNYCH GRUPY REFERENCYJNEJ POPULACJI

średnia moc dawki mieściła się w granicach
 $1 \cdot 10^{-5} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\times 10; \times 10^{-1})$ **limit 40-400 $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$**

ewolucja kodu komputerowego CLRP

etap przejściowy 2020 - 20221

ERICA Tool 2.0 uaktualniona wersja programu ERICA Tool 1.3 (listopad 2020)

ERICA Tool -program do oceny narażenia bioty (dawek) od skażeń promieniotwórczych środowiska, referencyjny program Komisji UE, zaimplementowany do programu CLRP, w celu osiągnięcia komplementarności z innymi programami europejskimi.

Import do CLRP baz danych agregowanych współczynników przejść CR:

- gleba-> organizm (ekosystem lądowy)
- osad denny ->organizm (ekosystem śródlądowy, morski)
- woda – organizm (ekosystem śródlądowy< morski)

Import do CLRP współczynników konwersji dawki DCF ekspozycji zewnętrznej i wewnętrznej.

Uaktualniono:

DCF zgodnie z ICRP Publication 136 z uwzględnieniem udziału w dawce krótko-
życiowych produktów rozpadu

włączenie dozymetrii gazów szlachetnych oraz radonu (Rn-222) i toronu (Rn-220)

Uaktualniono bazę CR zgodnie z publikacją [HANDBOOK OF PARAMETER VALUES FOR THE PREDICTION OF RADIONUCLIDE TRANSFER TO WILDLIFE, TECHNICAL REPORTS SERIES No. 479, IAEA 2014](#)

CR dla fosforu i siarki w odniesieniu do stężeń tych radionuklidów w glebie zamiast w powietrzu. Uaktualnione wartości Kd dla środowiska śródlądowego

■ MEREIA MEthods for Radiological and Environmental Impact Assessments (2021-2025)

Według opisu wstępnych założeń nowego programu, MEREIA będzie kontynuacją poprzednich międzynarodowych programów MAEA walidacji i rozwoju metod i modeli do oceny ryzyka radioekologicznego o blisko 40-letniej tradycji.

CELE PROGRAMÓW 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
 - dla ludzi (*różnych grup populacji*)
 - dla flory i fauny
- Wsparcie dla spełnienia wymagań nowych przepisów (IAEA Safety Standards)
- Forum dla wymiany doświadczeń

MEREIA MEthods for Radiological and Environmental Impact Assessments

(2021-2025) - 1 spotkanie techniczne: 4–8 październik 2021

ZDEFINIOWANE ZAKRESY TEMATYCZNE:

planowane sytuacje narażenia (rutynowe uwolnienia z obiektów jądrowych

istniejące (zastane) sytuacje narażenia

~~nadzwyczajne sytuacje narażenia~~

1. Metody oceny dla (różnych) Sytuacji Narażenia

Temat 1.1 Ustalenie wymagań oceny dla planowanych i istniejących sytuacji narażenia,

Temat 1.2 Integracja modeli dla oceny narażenia ludzi i bioty,

Temat 1.3 Zastosowanie modeli oceny narażenia (prognozy dawek) ludzi i bioty w różnych strefach klimatycznych (tropik, tereny pustynne)

Temat 1.4 Rozważenie potencjalnego narażenia ?

2. Ocena dla przykładowych scenariuszy (case study)

Temat 2.1 Ocena wpływu radiologicznego od obiektów NORM)

Temat 2.2 Ocena wpływu radiologicznego i rekultywacja zastanych lokalizacji skażeń

Temat 2.3 Składowiska odpadów radioaktywnych i pozostałości po odpadach

Temat 2.4 Ocena wpływu radiologicznego od uwolnień NORM

MEREIA MEthods for Radiological and Environmental Impact Assessments

(2021-2025) - 1 spotkanie techniczne: 4–8 październik 2021

ZDEFINIOWANE ZAKRESY TEMATYCZNE:

planowane sytuacje narażenia (rutynowe uwolnienia z obiektów jądrowych

istniejące (zastane) sytuacje narażenia

~~nadzwyczajne sytuacje narażenia~~

3. Optymalizacja ochrony radiologicznej

Temat 3.1 Ustalenie społecznych, ekonomicznych i nie-radiologicznych aspektów procesie podejmowania decyzji oraz wprowadzania regulacji prawnych,

Temat 3.2 Ocena wpływu na środowisko (EIA), definicja i kluczowe elementy REIA versus EIA (wpływ na środowisko a radiologiczny wpływ na środowisko)

4. Mentoring – wskazówki, trening, praktyka

przekazanie mniej doświadczonym uczestnikom wiedzy i praktyki w zakresie oceny narażenia radiologicznego na środowisko – sieci edukacyjne, poradniki, wsparcie eksperckie

■ MEREIA MEthods for Radiological and Environmental Impact Assessments
(2021-2025) - 1 spotkanie techniczne: 4–8 październik 2021

ZDEFINIOWANE ZAKRESY TEMATYCZNE:

planowane sytuacje narażenia (rutynowe uwolnienia z obiektów jądrowych)
istniejące (zastane) sytuacje narażenia
~~nadzwyczajne sytuacje narażenia~~

Prace nad wypracowaniem zakresu programu MEREIA nie zostały zakończone:

Np. brakuje metod oceny (modeli) dla nadzwyczajnych sytuacji narażenia –
użycia materiałów promieniotwórczych w złych zamiarach,
wypracowania metodyki oceny narażenia z użyciem broni masowego rażenia

Walidacja opracowanego w CLOR kodu komputerowego CLRP w ramach programów Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA)

Grażyna KRAJEWSKA
krajewska@clor.waw.pl

Paweł KRAJEWSKI
krajewski@clor.waw.pl



Dziękuję za uwagę

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