

Periodický proces srovnávání výsledků při vývoji kódu HAVAR → HAVAR-RP

(prosinec 2010)

(Kapitola nově aktualizované studie „*Aplikace systému HAVAR-RP v oblasti radiační ochrany -Srovnávací úlohy a analýzy některých scénářů úniku*)

Průběžná validace a srovnávací výpočty jsou nedílnou součástí vývoje každého kódu. V případě produktu HAVAR-RP lze jmenovat jako první studii [1], která příslušela dokladování způsobilosti první verze kódu nazvaného HAVAR (zde jsou popsány též validační úlohy 1 a 2 požadované VDS-030), z něhož vycházel vývoj nové verze HAVAR-RP. Pokračováním studie [1] pro nový kód je práce [3], která provádí ověřování kompatibility nové verze HAVAR-RP s původní verzí produktu HAVAR, srovnávání vlivu neurčitosti při parametrizaci dílčích submodelů (nedokonalost fyzikálního popisu skutečných dějů), srovnávání výsledků referenčních variant s příbuznými kódy používanými v oboru (COSYMA, RODOS PV 5, v jednom případě RTARC a HERALD při workshopu STEP II b) a výpočty speciálních scénářů (scénáře definované pro společné česko-rakouské cvičení v rámci procesu z Melku, šíření exhalací při extrémně nízkých rychlostech větru, analýza dlouhodobých úniků).

Během období 1999 až 2010 byla na základě nových požadavků prováděna další rozšíření produktu, přičemž po každém podstatném rozšíření bylo prováděno ověření kompatibility s předchozí verzí. Vstupní data vždy ale musela být zjednodušena podle omezených možností COSYMA. Ověřování konkrétně probíhalo v etapách:

- Po aktualizaci dávkových konverzních faktorů podle Vyhlášky 307/2002 (realizováno v Q2/2003)
- Zavedení segmentovaného modelu umožňujícího respektovat časové (hodinové) změny meteorologických podmínek a dynamiky úniku aktivity, rozšíření ingesce (Q2/2005)
- Zjemnění polární výpočtové sítě v radiálním směru (z 20 pásem na 35 pásem do 100 km od zdroje), zabudování 3-D meteorologických předpovědních dat a dceřiných produktů v algoritmu stáčení a další (Q3/2008)
- Současná etapa: Q4/2010: Aktuální verze HAVAR-RP byla v roce 2010 použita při procesu výběru nového jaderného zdroje (NJZ). S touto verzí je nyní proveden přepočít scénáře LB-LOCA publikovaného na konferenci [2] a výsledky jsou zde včleněny do výsledků původního srovnávání HAVAR × COSYMA (a případně RODOS) provedeného v [2].

Vstupní parametry aktuálního algoritmu HAVAR-RP 2010 jsou zde naladěny na scénář LB-LOCA z [2] s dalšími zjednodušeními, které si vyžádal kód COSYMA (rovinný terén, uniformní typ povrchu, alespoň základní naladění parametrů ingesčních modelů FARMLAMD a dynamického modelu ENCONAN, ...). S těmito vstupy byl proveden výpočet a výsledky jsou graficky včleněny do původních grafů v [2], odkud je zde převzato i jejich číslování.

1) Srovnání základních radiologických hodnot. K těmto veličinám patří objemové aktivity ve vzduchu, jejich časové integrály, plošné aktivity deponované na zemském povrchu a jejich časové integrály.

a) Kategorie stability F, $u_{10} = 1$ m/s, bez deště

Fig.1: Time integrated near ground activity concentration in air
near-standing building 50 x 44 m, direction 1, flat terrain,
uniform landuse (grass) + roughness (0.20m), model KFK - urban

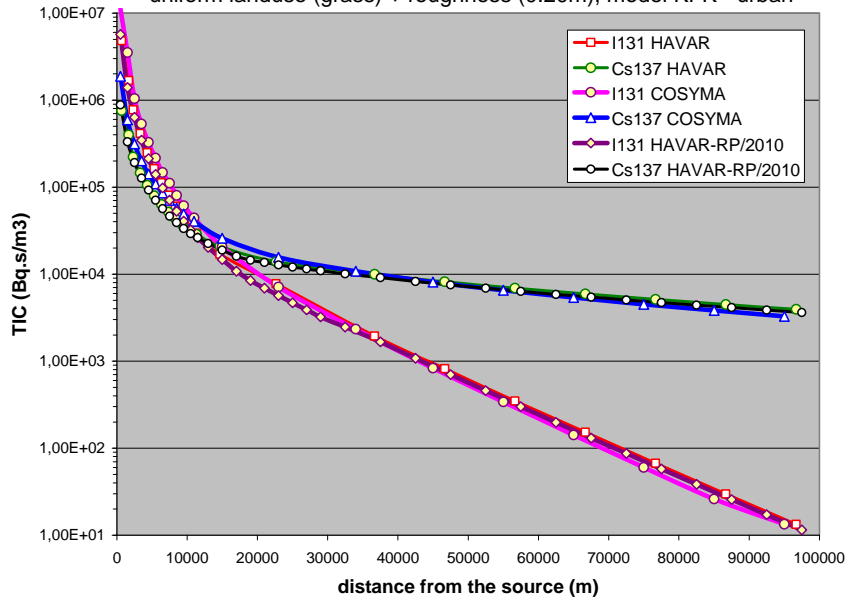
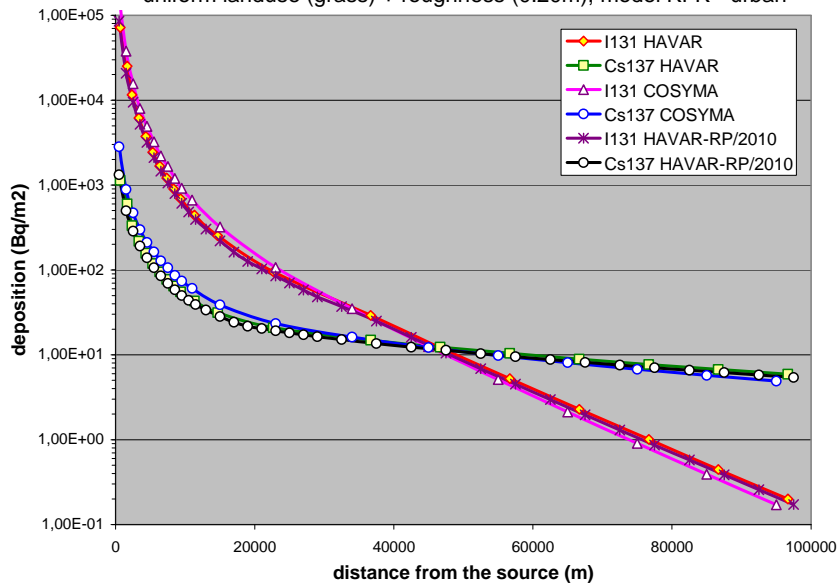


Fig.2: Activity concentration deposited on the ground
near-standing building 50 x 44 m, direction 1, flat terrain,
uniform landuse (grass) + roughness (0.20m); model KFK - urban

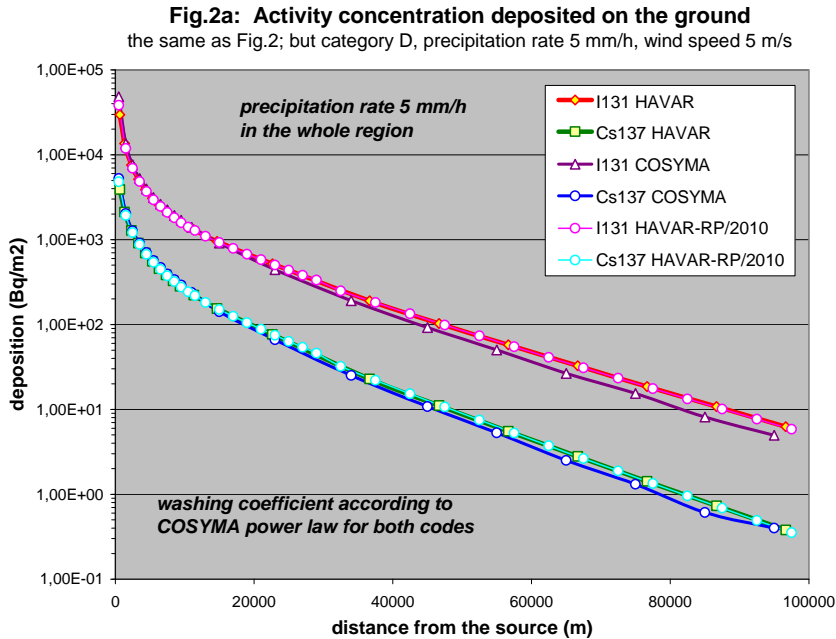


b) Kategorie stability D, $u_{10} = 5$ m/s, déšť 5 mm/h

Mocninný poloempirický vztah pro konstantu vymývání:

$$\Lambda(f, I) = a(f) * I^{b(f)} ; \quad a, b \dots \text{koef. závislé na stabilitě } f$$

I srážková intenzita (mm/hod)



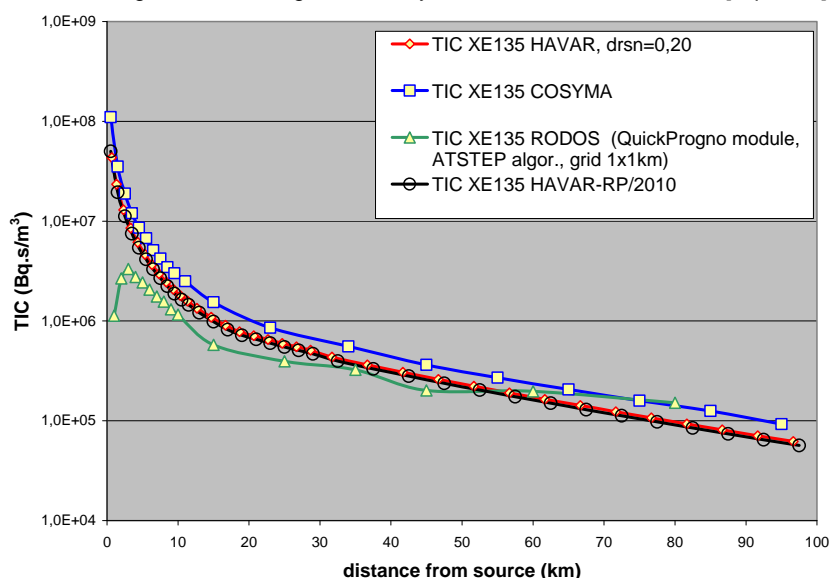
c) Dílčí srovnání čtyř kódů RODOS × HAVAR × HAVAR-RP/2010 × COSYMA

Kategorie stability F, $u_{10} = 1$ m/s, bez deště, jen TIC XE135 z úniku

Autor této studie se aktivně zúčastnil lokalizace evropského systému RODOS na podmínky ČR. V rámci tohoto přístupu byla mimo jiného provedena dílčí studie šíření radionuklidu XE135 ze scénáře LB-LOCA i podle verze RODOS PV 5.0F (QuickProgno modul). Vše je znázorněno na následujícím obrázku 3.

Fig.3: Comparison of COSYMA - HAVAR - RODOS results

Large break-LOCA scenario for 1 puff; release of 1.07E+12 Bq of Xe135
Near-ground time integrated activity concentration of Xe135 in air [Bq.s.m-3]



2) Srovnání některých dávek (resp. jejich úvazků)

Tyto hodnoty se počítají ze základních veličin přenásobováním dávkovými konverzními faktory a případnou výpočetně nenáročnou integrací v čase.

Původní přístup používaný v kódu HAVAR byl založen na konzervativní volbě konverzních faktorů. Jak je vidět z tabulky 1 (zde výběr pro 3 nuklidy) nerozlišoval se typ absorpce v plicích a bral se vždy největší koeficient (tučná modrá čísla). To je také důvodem, proč hodnoty 7-denní efektivní dávky pro dospělé v obr. 4 u původního produktu HAVAR jsou vyšší (podrobněji diskutováno v [2]).

Table 1:

nuclide	Dose conversion coefficient for inhalation (Sv/Bq)		
	fast	medium	slow
I131a	7.4E-9	2.4E-9	1.6E-9
Cs134	6.6E-9	9.1E-9	2.0E-8
Cs137	4.6E-9	9.7E-9	3.8E-8

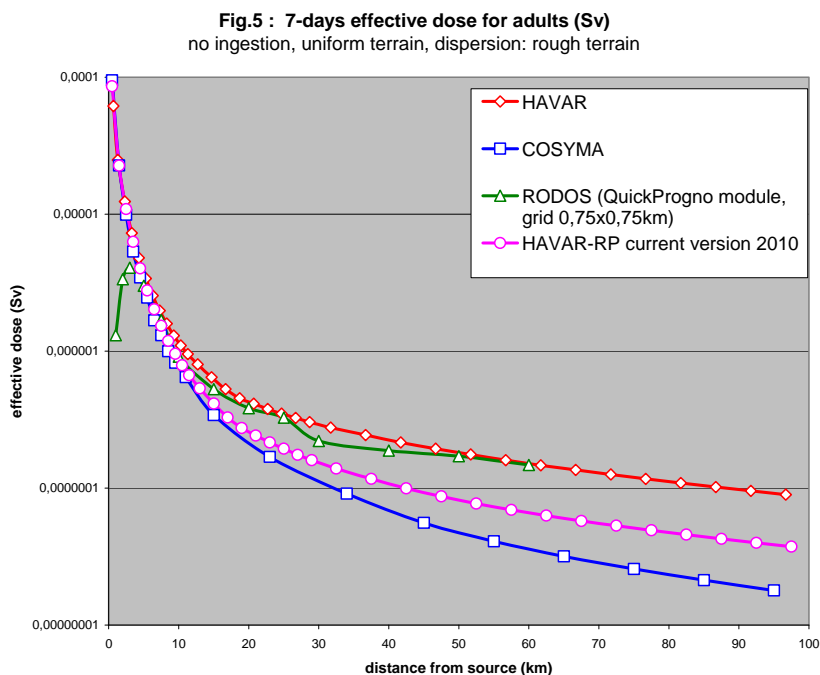
Od poloviny roku 2003 byly do databáze HAVAR-RP zavedeny nové konverzní faktory podle vyhlášky 307 Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 13.6.2002 o radiční ochraně. Například u inhalace došlo k podrobnějšímu rozlišení podle typu absorpce v plicích (Fast, Medium, Slow) – viz tabulka 2. Z tohoto důvodu také došlo u nové verze HAVAR-RP/2010 z roku 2010 ke snížení konzervatismu. Vše je pro případ úvazku

efektivní dávky za 7 dní pro dospělé znázorněno na obrázku 5, a to pro více kódů včetně RODOS.

Table 2:

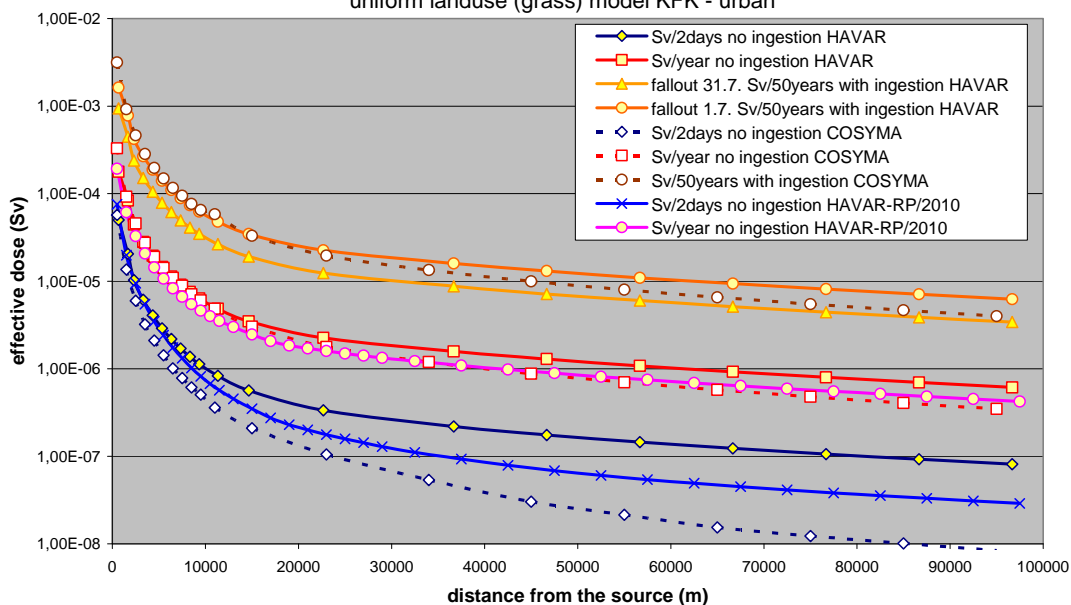
<i>nuclide</i>	<i>Dose conversion coefficient for inhalation (Sv/Bq)</i>		
	<i>fast</i>	<i>medium</i>	<i>slow</i>
I131a	7.4E-9	2.4E-9	1.6E-9
Cs134	6.6E-9	9.1E-9	2.0E-8
Cs137	4.6E-9	9.7E-9	3.8E-8

Scénář k obrázku 5: kategorie stability F, $u_{10} = 1$ m/s, bez deště



Konečně na dalším obrázku č. 4 jsou některé výsledky rozsáhlého srovnávání úvazků efektivních dávek včetně ingesce. V [2] je vedena diskuse k problematice naladění parametrů ingesčního modelu FARMLAND (užit v COSYMA) s dynamickým modelem ENCONAN (užit v HAVAR-RP s českým lokálním košem spotřeby). Je složité odhalit všechny hodnoty použité v COSYMA (verze 2) a k dalším omezením přistupuje i fakt, že kód COSYMA neposkytuje roční dávku.

Fig.4: Effective dose for adults (Sv) - comparison HAVAR and COSYMA
 near-standing building 50 x 44 m, direction 1, flat terrain,
 uniform landuse (grass) model KFK - urban



Závěrem poznamenáváme, že podrobnější srovnávání by si vynutilo přesnější naladění vstupních parametrů a případných poloempirických formulí pro další transport aktivity (scénáře výkrmu hospodářských zvířat, migrace, fixace v půdě, alternativní vztahy pro dlouhodobé ozáření z depozice, vegetační periody vzhledem ke dni spadu v roce, faktory setrvání a odstínění atd.). S tím souvisí i strategie určování potenciálních či očekávaných dávek.

- [1] HAVAR: Interaktivní programový systém pro hodnocení radiační zátěže obyvatelstva při havarijních únicích z jaderného zařízení do atmosféry. ČÁST III : Srovnávací analýza a studie senzitivity, 2000. http://havarrp.utia.cas.cz/public/Validace_2000upr.pdf
- [2] P. Pecha, E. Pechova: Application of the COSYMA code for comparative analysis of a certain accidental releases of radioactivity. In: Proceedings of 4th International conference IMUG2002, held in Monaco. BNL, Upton 2002, pages 5-15. http://havarrp.utia.cas.cz/public/repfin_Monaco.doc
- [3] Aplikace systému HAVAR-RP v oblasti radiační ochrany: Srovnávací úlohy a analýzy některých scénářů úniku. http://havarrp.utia.cas.cz/public/Aplikace_final.doc

Doplňěk z [2]:

LB-LOCA source term generated at Skoda-Plzen (total release in Bq):

Table 1:	KR85M	3.5300E+11	KR88	8.0000E+11
	RB88	1.4400E+11	I131	1.2800E+11
	TE132	2.8900E+08	I132	1.7100E+11
	I133	2.5100E+11	XE133	4.0900E+12
	I134	2.3700E+11	CS134	3.7000E+10
	I135	2.5100E+11	XE135	1.0700E+12
	CS136	1.6000E+10	CS137	1.8500E+10
	CS138	1.8100E+11		

Because of a certain limitation of the codes, more input data has been simplified and adjusted as close as possible in order to use the code capability optimally. The negligible differences remained, but those are not expected to cause remarkable influence on comparison. Uniform terrain approach has been adopted and the basic input definitions adopted as:

source geometry :	single point
atm. stability category :	F (alternatively D with rain)
wind speed at 10m :	1.0 m/s (alt. 5m/s for D cat.)
no. of windrose dir.:	16
no. of radial dist. :	35 (from 0.666 to 100 km from the source)
terrain orography:	flat
terrain roughness:	urban type
dispersion σ_z , σ_y :	exponential KFK-Jülich
no. of time segments:	1 segment , total activity is released during 4800 s with constant intensity
release height:	45 m
thermal power of release :	0 MW
vertical velocity of release :	0 m/s
near-standing build.:	50 m (width), 44 m (height)
precipitation:	no (alternatively 5mm/h in the whole region for D cat.)
mixing height for F cat.:	200 m (560 m for D cat.)
release duration :	4 800 s
critical age group:	adults