

ABSTRAKT VÝPOČTOVÉHO PROGRAMU HAVAR-RP

1a) Název programu

HAVAR-RP - ocenění vlivu plyných výpustí z JE na radiační situaci v okolí JE za havarijních podmínek

1b) Autoři programu

Současná PC verze z r.2006 - Petr Pecha a kolektiv ÚJV Řež.

Předkládaná verze HAVAR-RP byla vyvinuta díky podpoře na úkolu „Program výzkumu a vývoje č.6/2003 SÚJB - Výzkum jaderné bezpečnosti a radiační ochrany pro potřeby dozorného orgánu: Vývoj programového vybavení pro hodnocení radiologických důsledků vážných havárií“

1c) Poskytovatel programu

ÚJV Řež, a.s. - divize Energoprojekt Praha, odd. 501.

1d) Uživatel programu

ÚJV Řež, a.s. - divize Energoprojekt Praha, odd. 501.

2. Počítač, pro který je program sestaven

Program je sestaven pro počítač minimálně PC Pentium, nyní je provozován na PC Intel Pentium IV 2,8 GHz s grafickou kartou NVIDIA GeForce FX5200, 128 MB, pod WINDOWS 2000.

3. Popis řešeného problému

Program HAVAR-RP je pokračováním, rozšířením a zmodernizováním programu HAVAR - verze 02 a slouží k analýze a ocenění radiační situace v okolí JE při výskytu mimořádných úniků radionuklidů do životního prostředí. Flexibilita produktu umožňuje zahrnout jak dílčí úniky menšího rozsahu se specifickým scénářem tak větší postulované havárie typu MPN včetně LOCA i radiologické důsledky těžkých havárií. Přitom uživatel může využívat archivace jak na úrovni kompletních scénářů nebo dílčích ingesčních definicí, meteorologických předpovědních souborů či zdrojových členů úniku. Popisovaná nová verze programu je kompatibilní s předchozím programem.

Program HAVAR-RP umožňuje deterministické i pravděpodobnostní výpočty. V deterministickém běhu lze počítat buď přímočaré šíření úniků při neměnné meteorologické situaci nebo stáčení segmentu úniku podle hodinových meteorologických sekvencí. Pro účely bezpečnostních zpráv bude v ÚJV - EGP využívána deterministická verze programu. Struktura deterministického jádra systému HAVAR-RP je popsána v ref.[20], bod 16 (rozšíření metodiky).

Programem jsou počítány efektivní dávky (resp. úvazky) a ekvivalentní dávky (a jejich úvazky) na 6 orgánů resp. tkání (gonády, červená kostní dřeň, plíce, štítná žláza, zažívací trakt a kůže), to vše pro 6 věkových kategorií. Je uvažováno pět možných cest vedoucích k ozáření osob:

- vnější ozáření z radioaktivního oblaku (β a γ záření),
- vnější ozáření od radionuklidů deponovaných na zemském povrchu (β a γ záření),
- vnitřní ozáření v důsledku inhalace radionuklidů z oblaku,
- vnitřní ozáření v důsledku inhalace vzduchu kontaminovaného resuspensí radionuklidů původně usazených na zemském povrchu (resuspenze v důsledku přírodních vlivů),
- vnitřní ozáření v důsledku požití kontaminovaných potravin.

Zobrazovací subsystém poskytuje textové výsledky i možnost interaktivního zobrazování s online spojeným výpočtovým modulem pro:

- izoplety přízemní objemové aktivity (okamžité i integrální) jednotlivých radionuklidů na mapovém pozadí,
- izoplety plošné aktivity usazených radionuklidů na mapovém pozadí,
- izodózy jak pro efektivní dávku, tak pro jednotlivé ekvivalentní dávky, pro 6 věkových skupin na mapovém pozadí,
- jednorozměrné grafy průběhu objemové aktivity, plošné aktivity a dávky v závislosti na vzdálenosti od zdroje, 1-D srovnávací grafy pro více proměnných, 1-D grafy odvrácených dávek při protiopatřeních,
- výsečové (koláčové) grafy příspěvku jednotlivých cest ozáření v časně a pozdějších fázích,
- výsečové (koláčové) grafy příspěvku jednotlivých radionuklidů.

K hodnocení se předkládá modul protiopatření bezprostředně spojený se zobrazovacím subsystémem, tak jak je popisován v uživatelském manuálu systému HAVAR-RP v kapitole 8 (ref.[20], bod 15). Těžištěm modulu protiopatření jsou odhady efektů případných následných opatření v oblasti potravních řetězců. Nicméně vlastní zobrazovací subsystém umožňuje nastavovat 2-D úroveň výsledků přímo na mapových pozadích, a proto je schopen nabídnout užitečný a přímočarý nástroj též pro podporu rozhodování o aplikaci neodkladných opatření v časně fázi nehody. Jedná se o možnosti zobrazování zasažených oblastí, v nichž je predikováno překročení kritických úrovní sledovaných veličin, jako jsou rozpětí efektivních dávek a rozpětí ekvivalentních dávek v jednotlivých orgánech a tkáních pro jódovou profylaxi, ukrytí nebo případnou evakuaci obyvatel ze zobrazených kritických oblastí.

Současná PC verze programu HAVAR-RP v sobě obsahuje další rozšíření ve srovnání s předchozí verzí HAVAR – verze 02 z r.2002, z nichž k hlavním patří především:

- Rozdělení doposud uvažované jediné věkové skupiny 1 - 7 let na dvě skupiny 1 - 2 roky a 2 - 7 let tak, aby bylo dosaženo kompletní shody s vyhláškou SÚJB č.307/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů.
- Modifikace současných konzervativních konverzních faktorů pro určování dávek od externího ozáření (z mraku, z depozice) na základě postupů aplikovaných v evropských kódech (PC CREAM, COSYMA, RODOS) a ref. [21].
- Zavedení konverzních faktorů pro výpočet ekvivalentních dávek z inhalace a ingesce podle reference [22].

- Zpřesnění mapových podkladů pro bezprostřední znázorňování výsledků na obrazovce pro lokalitu Dukovany a Temelín. Získání a zpracování přesnějších rastrových map MAP11 firmy PJSOFT ve třech podrobnostech pro obě lokality.
- Další zmenšení stupně konzervatismu prováděných odhadů ve smyslu možnosti náhrady potenciálních dávek dávkami očekávanými.
- Implementace modelu ingesce pro případ lokální produkce – globální spotřeby.
- Analýza nestandardní meteorologické situace (kalmy – disperze při malých unášivých rychlostech větru).
- Možnosti analyzovat dlouhodobé úniky a jejich vztah k modelování radiologických důsledků rutinních ročních úniků při normálním provozu jaderných elektráren.

4. Metoda řešení

V přímočaré verzi šíření je užit model neměnného pole větru a povětrnostních charakteristik v rámci celého pohybu segmentu (segment vlečky se ve všech svých dalších fázích pohybuje ve stejném původním směru). Tento mód výpočtu je určen pro tak zvané analýzy nejhorších podmínek, pokud to je vyžadováno v bezpečnostních zprávách. Segmentovaný Gaussův model je v systému HAVAR-RP zabudován jako hlavní model šíření znečištění a umožňuje respektovat reálnější situace časově proměnných meteorologických změn aplikované v každém hodinovém kroku vždy na celý prostor kolem zdroje jako celek (stáčení vlečky v segmentovaném přiblížení). Bylo ověřeno a je podrobně zdokumentováno v [20], bod 14, že výsledky scénáře přímočarého šíření jsou adekvátní výsledkům segmentovaného modelu se speciálně zadanou meteorologií (předpovědi v jednotlivých hodinách se nemění a tak je simulováno přiblížení přímočarého šíření).

Stabilita atmosféry je popsána v přiblížení Pasquilla s využitím poloempirických formulí pro příslušné disperzní koeficienty a vertikální profil rychlosti větru. Na základě dalších poloempirických formulí je brán v úvahu efekt vznosu vlečky v počátku pohybu nad terénem, vliv blízkostojících objektů na rozptyl, vliv orografie terénu a jeho drsnosti. Disperzní parametry jsou počítány pomocí poloempirických Hoskerových formulí vhodných pro plochý terén nebo podle poloempirických formulí pro členitý terén odvozených z experimentálních měření prováděných v jaderných výzkumných zařízeních v Jülichu a Karlsruhe. Alternativně je zabudován model rozptylových parametrů podle SCK/CEN, které jsou používány pro hladší terén střeoevropského typu. Volba alternativních modelů umožňuje provádět limitní odhady a posoudit míru konzervatismu. Obdobně i v dalších částech volby vstupních parametrů jsou uživateli nabízeny alternativní volby důležitých parametrů, což poslouží mimo jiné ke školícím a výukovým účelům a ke zvýšení vnímání a chápání problémů uživatelem.

Cíle vývoje programu HAVAR-RP v projektu VaV č.6/2003 byly deklarovány hlavně pro analýzu pozdější fáze radiačních nehod s důrazem na ingesci. Ukázalo se však, že dlouhodobé odhady následků musí vycházet z detailní a co nejpřesnější analýzy časné fáze. V první fázi výpočtu programem HAVAR-RP je tedy podrobně počítána časná fáze úniku, která je vztažena k době T_{ref} (uživatel může interaktivně volit – např. 24 nebo 48 hodin po začátku úniku). Skutečná dynamika úniku je nahrazena obvyklými ekvivalentními po částech konstantními balíky s obecně různou dobou trvání. V tomto stadiu program HAVAR-RP provádí automatickou synchronizaci úniku s hodinovými předpověďmi meteorologie, kdy ČHMÚ každých 12 hodin poskytuje krátkodobé lokální předpovědi na 48 hodin (hodinové hodnoty pro směr větru, rychlost větru, kategorii stability atmosféry, srážky a výšku

směšovací vrstvy). Synchronizace spočívá ve schématu, kdy ekvivalentní úniky jsou přepočítány na fiktivní hodinové segmenty. Každý takový hodinový segment je modelován pro každý nuklid ve všech jeho následujících hodinových fázích jako gaussovská hodinová kapka. Jsou zohledňovány nejdůležitější dceřinné produkty. Výsledek je pak dán superpozicí hodnot ze všech hodinových fiktivních segmentů ve všech jejich následných hodinových fázích (dokud neopustí modelovou oblast (> 100 km od zdroje)). Významným rysem produktu je podrobné řešení časné fáze úniku, kdy jsou detailně generovány 2-D predikce časových integrálů objemové aktivity v přízemní vrstvě vzduchu, měrné aktivity nuklidů deponované na zemském povrchu a časové integrály deponované aktivity (vztažené k T_{ref}). Pomocí těchto tří základních řídicích veličin lze vypočít prakticky všechny radiologické veličiny v časné fázi a následně i v pozdějších fázích. K těmto třem řídicím veličinám v časné fázi se pomocí dynamického ingesčního modelu dopočítají i normalizované měrné aktivity v produktech a normalizované ingesční roční příjmy aktivity nuklidů pro jednotlivé věkové kategorie (vztažené ke dni spadu a dále alternativně pouze ke kořenovému transportu). Podstatné potom je, že jednoduchými časovými integracemi a přenásobováním různými faktory lze rychle a jednoduše vypočítat i všechny ostatní radiologické veličiny v pozdějších fázích nehody a lze také online testovat vlivy aplikací různých protiopatření jak v časné fázi tak v pozdějších fázích. Výsledkem je potom možnost interaktivní konverzace výkonného modulu se zobrazovacím subsystémem, kdy nejrůznější výsledky jsou na základě žádosti generované v zobrazovacím prostředí přeneseny do čekajícího výpočetního modulu, kde jsou rychle (maximálně za několik sekund) spočítány a ve formě 2-D matice (uzly výpočetní polární síť – 80 úhlových paprsků, 35 radiálních pásem do 100 km) přeneseny do zobrazovacího subsystému a zde zobrazeny na odpovídajícím mapovém pozadí.

V programu HAVAR-RP je zabudován rozšířený dynamický model transportu radionuklidů potravinovými řetězci, pro který byla shromážděna nezbytná data, specifická pro ČR. Kontaminace rostlinných a živočišných produktů je počítána dynamicky na základě konkrétního dne radioaktivního spadu vzhledem k vegetačním periodám rostlinných produktů. Speciální pozornost byla věnována transportu radionuklidů do mléka a mléčných produktů, což vedlo k rozšíření původní metodiky ve směru respektování kontinuálního zkrmování pícnin v rámci uvažovaných tří sečí a dále pak zahrnutí alternativní volby mezi stájovým výkrmem a volnou pastvou. Růstové křivky plodin odpovídající LAI (Leaf Area Index), které hrají rozhodující úlohu při dominantním transportu radionuklidů do rostlin listovou cestou, jsou vyjádřeny poloempirickými formulami platnými pro typické vegetační periody českého teritoria.

Shora uvedený metodický nástin je podrobně popsán v manuálu ref.[20], bod 16.

Databáze programů zahrnuje 119 radionuklidů (s možností rozšíření na 132 radionuklidů), koeficienty vymývání a suchého spadu, rozpadové konstanty, konverzní dávkové faktory pro zevní a vnitřní ozáření.

5. Omezení komplexnosti řešeného problému

- Okolí zdroje může být rozděleno na maximálně 2800 zón (80 směrů a 35 vzdáleností).
- Počet nuklidů počítaných v 1 běhu programu je max. 90 (včetně dceřinných nuklidů, přičemž počet členů rozpadových řad je omezen na 2).
- Uvažuje se pouze 1 zdroj výpustí (soustředění do 1 zdroje).
- Počet počítaných orgánů resp. tkání je max. 6 (+ výpočet efektivní dávky).

- Dávky z ozáření z mraku jsou počítány na základě polonekonečného modelu mraku s určitou zjednodušenou korekcí na konečný rozměr mraku.
- Byla provedena analýza neurčitostí atmosférického a depozičního modelu, modelu potravních řetězců a dosimetrického modelu s omezeným počtem náhodných vstupů (13 pro atmosférický a depoziční submodel, 16 pro potravní model (FCM – food chain model), 9 pro dozimetrický submodel).

6. Typická doba výpočtu

Výpočet programem HAVAR-RP v přímočarém šíření pro 1 směr, 35 radiálních vzdáleností od zdroje, (při zvolené kategorii stability atmosféry podle Pasquilla, srážkové intenzitě a vektoru rychlosti větru) a 30 nuklidů trvá na PC Pentium 500 MHz cca 2 minuty. Odpovídající úloha řešená pomocí segmentovaného modelu s uvažováním hodinových změn meteorologických charakteristik v dalších až 43 fázích (hodinách) je zhruba pětkrát delší.

7. Méně obvyklé znaky programu

Program HAVAR-RP je laděn a testován v prostředí Microsoft FORTRAN Power Station a může být používán ve dvou módech, a to dávkovém a interaktivním. V dávkovém módu zůstává program po odladění jako projekt v prostředí MS FORTRAN a po ruční modifikaci vstupních dat je odtud i spouštěn. Interaktivní mód práce je zaměřen na vytvoření efektivního a příjemného prostředí pro práci uživatele. Po odladění základního projektu v MS FORTRAN je přenesen výkonný EXE modul spolu se všemi vstupními datovými soubory do WINDOWS prostředí do podadresáře, v němž je rovněž obsažen software pro komplexní interaktivní podporu.

8. Návazné a pomocné programy

Při definici vstupů je uživatel veden pomocí obrazovkových panelů dvěma oblastmi tzv. „horkých“ vstupů (jsou to údaje, které se mohou frekventně měnit, aby uživatel mohl posoudit vliv variability určitých důležitých vstupů a získat přehled o jejich významu), podrobně v [20], bod 15. Jedná se o subsystemy:

1. HAVIN – základní horká vstupní data rozdělená do sekcí : *Základní parametry (včetně volby poloempirické disperzní formule), Parametry ochuzování vlečky, Blízkostojící objekty, Segmenty úniku a grupy nuklidů, Meteorologické sekvence*. Podrobný popis všech sekcí je ve 4. kapitole uživatelského manuálu, ref. [20], bod 15.
2. INGMODEL – zadávání základních horkých vstupních dat dynamického ingesčního modelu rozdělené do sekcí: *Časové charakteristiky (včetně dne spadu), Půdní transport, Dlouhodobá depozice/resuspenze, Listový/kořenový transport, Fenologie, Spotřební koše, Krmné dávky skotu (včetně alternativ pro stájový výkrm a volnou pastvu), Krmné dávky (ostatní hospodářská zvířata)*. Podrobný popis všech sekcí je ve 6. kapitole uživatelského manuálu, ref. [20], bod 15.

Předností interaktivního přístupu je rovněž automatická archivace vstupních variant s možností vyvolat též bezprostředně předchozí běh, což podstatně usnadňuje provádění analýzy neurčitostí a studií senzitivity na variace hodnot vstupních parametrů.

Na vlastní výpočtovou část bezprostředně navazuje interaktivní grafická prezentace výsledků na obrazovce. V kapitole 8 uživatelského manuálu systému HAVAR-RP jsou podrobně popsány zobrazovací možnosti grafického subsystému, který může bezprostředně zobrazovat určitou podmnožinu výstupů, které říkáme implicitní výsledky (viz obrázek na straně 36 manuálu). Ostatní výsledky nejsou v tomto okamžiku k dispozici, nicméně uživatel může využít interaktivní žádosti o další typy výstupu. Tuto žádost předá zobrazovací subsystém do čekajícího výkonného modulu, který žádost zpracuje a již zmíněným rychlým výpočtem (viz popis metodiky zde) generuje požadovaný výstup, který automaticky předá do zobrazovacího subsystému.

9. Stav programu

Program HAVAR-RP je lokalizován pro jaderné elektrárny Temelín a Dukovany pro oblasti:

1. Všeobecné základní charakteristiky jaderného zařízení týkající se některých jeho konstrukčních a dispozičních rysů představujících důležité vstupy do modelování šíření úniků aktivity.
2. Geografické charakteristiky okolí jaderného zařízení představované mřížovými daty pro výškopis a typ zemského povrchu na výpočtové polární síti do vzdálenosti 100 kilometrů od možného zdroje úniku.
3. Demografické údaje ve formě mřížových dat na polární síti s rozlišením podle jednotlivých věkových kategorií.
4. Nalezení vhodných mapových pozadí pro zobrazování výsledků matematického modelování, což bylo realizováno rekonstrukcí rastrových map z produktu MAP11 firmy PJSOFT.
5. Online napojení segmentovaného modelu produktu HAVAR-RP prostřednictvím databáze ORACLE na hodinové předpovědi meteorologické situace pro místa kolem JE Temelín a JE Dukovany, dále s možností výběru historických meteosekvencí pro potřeby modelování speciálních scénářů. Toto online napojení je zatím z licenčních důvodů realizováno na pracovištích SÚJB a SÚRO, kde je produkt HAVAR-RP instalován na vlastních PC (používán na SÚRO).
6. Vytvoření vnitřní databáze významných zdrojových členů s rozlišením pro VVER-440 a VVER-1000 ukládaných do archivu zdrojových členů uvnitř produktu HAVAR-RP bezprostředně přístupných pomocí interaktivního subsystému pro zadávání vstupních hodnot. Jsou zde uloženy i vlastní zdrojové členy pro úniky radionuklidů ze sekundárního okruhu JE.
7. Shromažďování lokálně specifických vstupních údajů pro ingesční model za účelem zavedení prvního zjednodušeného přístupu k zahrnutí některých rysů koncepce odlišných radioekologických zón (např. fenologie pro nížiny a vysočinu).

Program HAVAR-RP je popsán v podrobné dokumentaci k programovému systému uvedeném v [20]. Reference pod bodem 15 slouží jako kompletní uživatelský manuál provázející uživatele interaktivním zadáváním vstupních údajů, vlastním zpracováním úlohy a procesem bezprostřední interaktivní prezentace výsledků na obrazovce. V referenci [20], bod 16 je popis použité metodiky a její rozšíření vzniklé na základě nových znalostí.

V předkládaném metodickém manuálu jsou zahrnuty změny a rozšíření programového kódu HAVAR-RP oproti metodice použité v původním programu HAVAR, vypracovaném pro EGP.

Tato rozšíření se týkají zejména:

- analýzy časné fáze nehody
- charakteristik šíření radionuklidů v pozdějších fázích nehody
- doplnění vztahů pro výpočet radiační zátěže od různých cest ozáření
- subsystému pro zobrazování výsledků (implicitní výstupy a výstupy na základě interaktivní volby)
- zobrazovacího grafického modulu
- výpočtu normalizovaných měrných aktivit rostlinných a živočišných produktů
- rozšíření ingesčního modelu o další plodiny a živočišné produkty.

10. Reference

- [1] Pecha P., Pechová E.: Program HAVAR – interaktivní programový systém pro hodnocení radiační zátěže obyvatelstva při havarijních únicích z jaderných zařízení do atmosféry, arch.č. EGP 4104-9-990059, Praha, prosinec 1999, revize září 2000
Část I: Metodika
Část II: Uživatelský manuál
Část III: Srovnávací analýza a studie senzitivity
- [2] Metody výpočtu šíření radioaktivních látek z JEZ a ozáření okolního obyvatelstva. Bezpečnost jaderných zařízení, Požadavky a návody, č.5/1984, ČSKAE. Slovenské znění normy MHS Interatomenergo
- [3] Modelle, Annahmen und Daten mit Erläuterungen zur Berechnung der Strahlenexposition bei der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser zum Nachweis der Dosisgrenzwerte nach § 45 StrlSchV.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1992
- [4] Methods for Estimating Atmospheric Transport and Dispersion of Gaseous Effluents in Routine Releases from Light-Water-Cooled Reactors.
U.S. Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 1.111, July 1977
- [5] Müller H., Prohl G. : ECOSYS 87: A Dynamic Model for Assessing Radiological Consequences of Nuclear Accidents.
Health Physics, March 1993, Vol. 64, No. 37
- [6] Brown J., Simmonds J. R. : FARMLAND: A Dynamic Model for the Transfer of Radionuclides through Terrestrial Foodchains. NRPB-R273 (1995)
- [7] V. Kliment: Modelling of Radiocesium Foodchain Transport after the Chernobyl Accident. Jaderná energie 38, 1992, č.5 (str. 177 - 183)
- [8] PC COSYMA
National Radiological Protection Board, Kernforschungszentrum Karlsruhe, EUR 14 917 EN (NRPB - SR259)
- [9] MELCOR Accident Consequence Code System (MACCS).
NUREG/CR-4691, SAND86-1562
- [10] UFOMOD: Atmospheric Dispersion and Deposition.
KFK 4332, Oct. 1989
- [11] Kalibera J. (ČHMÚ Praha): Modelování přenosu a rozptylu znečištění v případě jaderné havárie. Tradice a pokrok v meteorologii, sbor. konf. ČMeS při AV ČR, Radostovice, 10.-12. 9. 1996

- [12] Validation of models using Chernobyl fallout data from the Central Bohemia region of the Czech Republic (Scenario CB).
VAMP Multiple Pathways Assessment WG, IAEA-TECDOC-759, April 1995
- [13] Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/ 2002 Sb.zák. o radiační ochraně ve znění pozdějších předpisů
- [14] Pechová E., Pecha P., Nedoma P.: Application of PC-COSYMA code such a verification tool used in stage of NPP design.
Proceedings of the 4-th COSYMA Users Group Meeting, Prague, Sept. 22-24, 1997
- [15] Special Topics Related to Level-3 PSA / Dose Calculations.
Proceedings of a Tech. Comm. Meeting IAEA, August 1997 [13] UFOMOD: Atmospheric Dispersion and Deposition.
KFK 4332, Oct. 1989
- [16] Pechova E., Pecha P., Nedoma P. : Modelling of radionuclides transport due to atmospheric releases used in the various stages of NPP design.
Report no. 74, „ 6-th Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes“, Rouen, France, 11 – 14 Oct. 1999
- [17] Pecha P., Kuča P., Pechová E.: Sensitivity Study of Influence of Input Parameters Variations for Removal Processes Calculations on Activity Depletion in the Radioactive Plume and Deposition on the Ground, 7-th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Belgirate, Italy, 2001
- [18] Pecha P., Pechová E.: Risk Assessment of Radionuclide Releases during Extreme Low-Wind Atmospheric Conditions, 9-th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 11-14 June 2004
- [19] Pecha P., Pechová E.: Modelling of random activity concentration fields in air for purposes of probabilistic estimation of radiological burden of population, 10-th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Sissi, Crete, 17-20 Oct. 2005
- [20] Program výzkumu a vývoje č.6/2003 SÚJB, Výzkum jaderné bezpečnosti a radiační ochrany pro potřeby dozorného orgánu: Vývoj programového vybavení pro hodnocení radiologických důsledků vážných havárií, Souhrnná zpráva, arch.č.EGP 5014-F-050514, Praha, říjen 2005:
1. Pecha P.: Návrh metodiky pro popis šíření radioaktivních úniků při extrémně nízkých rychlostech větru až bezvětří, Praha, leden 2004
 2. Pecha P.: Analýza neurčitostí charakteristik vstupních parametrů do modelů šíření radionuklidů při únicích do životního prostředí, Praha, květen 2004
 3. Pecha P.: Návrh metodiky generování pravděpodobnostních charakteristik cílových veličin v modelech šíření radionuklidů životním prostředím, Praha, červen 2004
 4. Pecha P., Pechová E.: Lokalizace programu HAVAR-RP pro JE Dukovany a JE Temelín, úkol E01 h, Praha, revize březen 2008
 5. Kelemen R., Klumpar J.: Atlas důsledků radiačních havárií a nehod, Praha, říjen 2005
 6. Husťáková H.: Rozšíření vstupní grupy ingesčního modelu programu HAVAR, Řež, prosinec 2004
 7. Husťáková H.: Výpočet spotřebního koše pro HAVAR, Řež, listopad 2004
 8. Pecha P.: Preprocesor geografických dat systému HAVAR, Praha, prosinec 2003
 9. Pecha P.: Preprocesor demografických dat systému HAVAR, Praha, duben 2004
 10. Pecha P., Pechová E.: Pravděpodobnostní přístup k predikci důsledků úniku radioaktivity do životního prostředí, Praha, prosinec 2004
 11. Pecha P.: Ideový návrh subsystému pro asimilaci výsledků modelování s měřeními v terénu, Praha, prosinec 2004

12. Pecha P.: Odhady radiologických důsledků při dlouhodobých atmosférických únicích radioaktivity do životního prostředí, Praha, prosinec 2004
 13. Pecha P., Hofman R.: Implementace expertního systému určeného pro asimilaci výsledků matematického modelování s průběžně měřenými hodnotami z radiačních monitorovacích sítí v ČR, Praha, červen 2005
 14. Pechová E., Pecha P., Kelemen R.: Aplikace systému HAVAR-RP v oblasti radiační ochrany. Srovnávací analýza, úkol E03 e, Praha, revize březen 2008
 15. Pecha P., Pechová E.: Uživatelský manuál systému HAVAR-RP, úkol E03 f1-I projektu VaV č.6/2003, Praha, revize březen 2008
 16. Pecha P., Pechová E.: Rozšíření metodiky systému HAVAR-RP, úkol E03 f1-II projektu VaV č.6/2003, Praha, revize březen 2008
- [21] Eckerman K. F., Ryman J.C.: External Exposure to Radionuclides in Air, Water, and Soil, Federal Guidance Report No.12, EPA-402-R-93-081, Sept.1993
- [22] The ICRP Database of Dose Coefficients: Workers and Members of the Public. An Extension of ICRP Publications 68 and 72, Version 2.01

11. Požadavky na počítač

Program nemá žádné nadstandardní požadavky na HW a je provozovatelný na běžné konfiguraci PC. Běžný uživatel v interaktivním módu nepotřebuje ani produkt FORTRAN Station.

12. Použitý programovací jazyk

Program je napsán v jazyce Visual FORTRAN, Visual BORLAND, grafický interface v jazyce C. Pro uživatele tato informace není podstatná.

13. Operační systém použitý pro výpočet

Interaktivní verze programu je provozována pod systémem MS-WINDOWS, vývojové prostředí ve FORTRAN Power Station.

14. Další informace o programu a jeho využití

Program je v EGP Praha využíván pro výpočty do bezpečnostních zpráv a dále pro analýzu speciálních deklarovaných situací (hoření bitumenu, intenzivní lokální srážky, speciální scénář umělého zavlažování, atd.). Programem HAVAR-RP byly analyzovány i scénáře definované při procesech z Melku mezi českou a rakouskou stranou.

15. Popis zajištění jakosti vývoje a údržby programu

Program je podroben testování v rámci systému zajištění jakosti (SZJ), který je zaveden v EGP.

Program je živý, je zajištěna kontinuální údržba, rozvoj a aktualizace a bezprostřední odezva zpracovatele programu na požadavky provozovatele.

16. Popis testovacího procesu

Již v rámci ověřování výsledků předchozího programu HAVAR verze 02 byla provedena celá řada srovnávacích analýz s výsledky programů používaných ve světě (produkty COSYMA, RODOS, MACCS). Dále byl program testován v rámci přípravy na hodnotící řízení zkušebními porovnávacími výpočty definovanými Odbornou hodnotící komisí č.6 pro výpočty šíření radioaktivních produktů. Tyto výsledky obou validačních úloh byly přiloženy k základní dokumentaci [1], podrobné srovnání modifikované validační úlohy č. 1 s výsledky podle PC COSYMA je provedeno též v části 3 reference [1]. Posléze tamtéž je v kapitole 5 uvedeno srovnání dílčích výsledků validační úlohy č. 1 s výstupem podle produktu RODOS.

Další výsledky testů a ověřovacích úloh prováděných speciálně pro předkládaný produkt HAVAR- RP jsou podrobně a obsáhle dokumentovány v manuálu o aplikaci systému HAVAR-RP v oblasti radiační ochrany (ref.[20], bod 14).

17. Popis zajištění jakosti vstupních údajů a popis výstupních údajů

- a) Data pořízená (zakoupená) od externích dodavatelů: při převzetí jsou aplikovány postupy Systému zajištění jakosti platné v EGP.
- b) Mapové podklady: zvoleny a zakoupeny rastrové podklady MAP11 od firmy PJSOFT.
- c) Parametry modelu (fyzikální, fyz.-chemické, konverzní, atd.) jsou sladěny s vyhláškou SÚJB č.307/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

18. Předpokládané další úpravy

K hodnocení je program předkládán ve stavu, v jakém byl vyvinut pro potřeby KKC SÚJB v rámci 3-letého úkolu „Vývoj programového vybavení pro hodnocení radiologických důsledků vážných havárií“ (číselný kód projektu 6/2003). Programový systém HAVAR - RP je živý produkt. Je zajištěna kontinuální údržba produktu, jeho případná aktualizace a dále bezprostřední odezva zpracovatele programu na požadavky provozovatele. ÚJV divize EGP nepředpokládá pro potřeby zpracovávání bezpečnostních zpráv další vývoj programu, pouze případnou aktualizaci některých dat.

Paralelně se pracuje na vývoji nové verze pravděpodobnostní části programu s pracovním názvem HARP v rámci grantu č. 102/07/1596 za podpory Grantové agentury ČR. Je vyvíjena kompletní verze pro hodnocení následků na pravděpodobnostním základě. Validací proces pro tuto pravděpodobnostní verzi je prováděn spolu s rozšířením HAVAR-RP o asimilační subsystém, který se v současné době vyvíjí v ÚTIA v rámci podpory GAČR a za spolupráce se SÚRO. Plánovaná nová verze HARP bude k dispozici všem případným zájemcům až po skončení grantového projektu v roce 2009 a nezbytné standardizaci nového produktu v roce

2010. Další specifické požadavky (např. lokalizace) budou realizovány pro ty instituce, které vyjádřily svůj zájem na rozvoji produktu a explicitně podpořily svým kladným vyjádřením grantovou žádost (SÚRO, ÚJV Řež-divize EGP, ČEZ-odbor RO EDU a ETE).