

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 07.02.01.01 Popis použitého prístupu

Stavba: Dostavba 3. a 4. blok JE Mochovce, stavenisko: Jadrová časť

Construction: 3&4 Unit NPP Mochovce Completion, site: Nuclear Island

Stavebník: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3. a 4. blok JE Mochovce

Constructor: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3&4 Unit NPP Mochovce

SE Rev	Date / Dátum	LC	IS	Supervision Outcome / Stav schválenia	Supervised by / Overil		Checked by / Kontroloval	Approved by / Schválil		
 SLOVENSKÉ ELEKTRÁRNE				Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	NO	SEC. INDEX / INDEX utajenia	Company use/P	
				Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na:	Approval / Schválenie		X	Information Only / Len na informáciu		
				The SE a.s. approval refers to the contract clauses only. All design responsibilities are charged to the Contractor / Schválenie SE a.s. sa vzťahuje iba na zmluvné náležitosti. Za vypracovanie projektu nesie dodávateľ plnú zodpovednosť.						
EPS No / Číslo EPS: PNM34365000		Revision index / Index revízie: 09		Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype Typ / Podtyp	Discipline / Profesia	Plant Unit / Blok elektrárne		
File name / Názov súboru:		SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361104		A4	6.01	RS	Z	8		
 * P N M 3 4 3 6 1 1 0 4 0 9 *				Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne	Component / Komponent		
				1	205					

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436110409_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 01.10.2019			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:			• VUJE, a.s.	• 0220	• 01.10.2019	•	
Co-author / Spolupracoval:	•		•	•	•	•	
Checked by / Kontroloval:			• VUJE, a.s.	• 0200	• 01.10.2019	•	
	•		•	•	•	•	
	•		•	•	•	•	
	•		•	•	•	•	
Verified by / Overil:	•		• VUJE, a.s.	• 0720	• 01.10.2019	•	
Approved by / Schválil:	•		• VUJE, a.s.	• 1703	• 01.10.2019	•	

Tento dokument je vlastníctvom Slovenských elektrární, a.s.. Tento dokument, ako aj informácie z neho, môžu byť použité, kopírované, rozmnožované alebo zverejňované iba so súhlasom Slovenských elektrární, a.s.. Uvedené riešenie je obchodným tajomstvom VUJE, a.s..

This document is property of Slovenské elektrárne, a.s. This document as well as information it contains can only be used, copied, reproduced or published with consent of Slovenské elektrárne, a.s. The solution presented is trade secret of VUJE, a.s.

Revision record / Záznam o revízii

Identification / Identifikácia (part/page/chapter/ member/section) (časť/strana/kapitola/ článok/odstavec)	Brief description of modification / Stručná charakteristika úpravy (description of modification and manner of implementation) (popis úpravy a spôsobu zapracovanie)	Reason of modification / Dôvod úpravy (author company, number of comments or other stimulation, name of author, comment document No.) (firma autora a číslo pripomienky, resp. iný podnet, meno autora, č. dokumentu pripomienok)
• Celý dokument	• Zapracovanie pripomienok ÚJD podľa Aarhuského výboru	• V súlade s dokumentom PNM34482979
• Celý dokument	• Zapracovanie pripomienok SE	• Comment sheet No. MO34-CS-N012-20190927-021
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•

List of document part

Zoznam častí dokumentu

Por. č. No.	Názov dokumentu Document name	Ev. č. súboru časti dokumentu / File ref. No. of document part	Číslo revízie / Revision No.
1.	• Kapitola 07.02.01.01 Popis použitého prístupu	• PNM3436110409_S_C00_V	• 09
2.	• Kapitola 07.02.01.01 Popis použitého prístupu	• PNM3436110409_S_C01_V	• 09
3.	• Príloha 01	• PNM3436110409_S_P01_V	• 09
4.	• Príloha 02	• PNM3436110409_S_P02_V	• 09
5.	• Príloha 03	• PNM3436110409_S_P03_V	• 09
6.	• Príloha 04	• PNM3436110409_S_P04_V	• 09
7.	• Príloha 05	• PNM3436110409_S_P05_V	• 09
8.	• Príloha 06	• PNM3436110409_S_P06_V	• 09
9.	• Príloha 07	• PNM3436110409_S_P07_V	• 09
10.	• Príloha 08	• PNM3436110409_S_P08_V	• 09
11.	• Príloha 09	• PNM3436110409_S_P09_V	• 09
12.	• Príloha 10	• PNM3436110409_S_P10_V	• 09

OBSAH

OBSAH.....	1
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ.....	3
ÚVOD.....	5
7.2.1.1 Popis použitého prístupu	5
7.2.1.1.1 Kritériá prijateľnosti pre deterministické analýzy bezpečnosti.....	5
7.2.1.1.1.1 Kritériá prijateľnosti pre zachovanie integrity bariér.....	6
7.2.1.1.1.1.1 Kritériá prijateľnosti pre očakávané udalosti	6
7.2.1.1.1.1.2 Kritériá prijateľnosti pre projektové havárie.....	7
7.2.1.1.1.1.3 Kritériá prijateľnosti pre nevýkonové prevádzkové režimy.....	12
7.2.1.1.1.1.4 Kritériá prijateľnosti pre vybrané nadprojektové havárie.....	14
7.2.1.1.1.2 Kritériá prijateľnosti pre analýzy rádiologických následkov	14
7.2.1.1.2 Identifikácia a kategorizácia postulovaných iniciačných udalostí	16
7.2.1.1.3 Zásah prevádzkového personálu	20
7.2.1.1.4 Počiatkové a okrajové podmienky a konzervativizmus bezpečnostných analýz	20
7.2.1.1.4.1 Zdroje vstupných dát.....	21
7.2.1.1.4.2 Základné parametre bloku	21
7.2.1.1.4.3 Bezpečnostné a riadiace systémy	23
7.2.1.1.4.3.1 Rýchle odstavenie reaktora.....	25
7.2.1.1.4.3.2 Systém ESFAS.....	25
7.2.1.1.4.3.3 Poistné a regulačné zariadenia	26
7.2.1.1.4.3.4 HSCHZ.....	26
7.2.1.1.4.3.5 Čerpadlá.....	26
7.2.1.1.4.4 Kritérium jednoduchkej poruchy.....	26
7.2.1.1.4.5 Strata napájania vlastnej spotreby	28
7.2.1.1.4.6 Neutronovo-fyzikálne charakteristiky	29
7.2.1.1.4.6.1 Zostatkový výkon reaktora	29
7.2.1.1.4.6.2 Priestorová distribúcia výkonu v AZ.....	29
7.2.1.1.4.6.3 Neutronovo-fyzikálne charakteristiky AZ.....	30
7.2.1.1.5 Aplikácia metodiky vykonávania analýz bezpečnosti	32
7.2.1.1.5.1 Aplikácia metodiky pre analýzy udalostí s poruchami reaktivity a zmenami rozloženia výkonu (pri využití kódu DYN3D pre trojrozmerné modelovanie AZ)	32
7.2.1.1.5.2 Aplikácia metodiky pre vybrané nadprojektové havárie.....	33
7.2.1.1.5.3 Aplikácia metodiky pre analýzy termicko-hydraulickéj odozvy kontajneru na projektové havárie.....	34
7.2.1.1.5.4 Aplikácia metodiky pre analýzy procesov typu PTS.....	38
7.2.1.1.5.4.1 Termohydraulické výpočty.....	38
7.2.1.1.5.4.2 Metodika napäťovodeformačných analýz	39
7.2.1.1.5.5 Aplikácia metodiky pre analýzy havárií a očakávaných prechodových procesov pre nevýkonové prevádzkové režimy	39
7.2.1.1.5.5.1 Špecifikácia nevýkonových prevádzkových režimov	40
7.2.1.1.5.5.2 Cieľ analýz bezpečnosti pre nevýkonové prevádzkové režimy.....	40
7.2.1.1.5.5.3 Bezpečnostné a riadiace systémy, kritérium jednoduchkej poruchy.....	41
7.2.1.1.5.5.4 Zásahy operátora pri nevýkonových prevádzkových režimoch.....	42
7.2.1.1.5.5.5 Výber analyzovaných iniciačných udalostí pre nevýkonové prevádzkové režimy.....	42
7.2.1.1.5.5.6 Počiatkové a okrajové podmienky pre nevýkonové prevádzkové režimy.....	43
7.2.1.1.5.6 Aplikácia metodiky pre analýzy radiačných následkov	44
7.2.1.1.6 Popis výpočtových programov a modelov použitých v analýzach.....	46
7.2.1.1.6.1 Výpočtový program RELAP5.....	46
7.2.1.1.6.1.1 Popis výpočtového programu RELAP5 a jeho validácie.....	46
7.2.1.1.6.1.2 Použitý model bloku MO34 pre výpočtový program RELAP5.....	46
7.2.1.1.6.2 Výpočtový program MELCOR.....	47
7.2.1.1.6.2.1 Popis výpočtového programu MELCOR a jeho validácie	47
7.2.1.1.6.2.2 Použitý model bloku MO34 pre výpočtový program MELCOR	47
7.2.1.1.6.3 Výpočtový program DYN3D	48

7.2.1.1.6.3.1	Popis výpočtového programu DYN3D a jeho validácie	48
7.2.1.1.6.3.2	Použitý model bloku MO34 pre výpočtový program DYN3D	48
7.2.1.1.6.4	Výpočtový program TRANSURANUS	49
7.2.1.1.6.4.1	Popis výpočtového programu TRANSURANUS a jeho validácie.....	49
7.2.1.1.6.4.2	Použitý model bloku MO34 pre výpočtový program TRANSURANUS.....	49
7.2.1.1.6.5	Výpočtový program RTARC	51
7.2.1.1.6.5.1	Popis výpočtového programu RTARC a jeho validácie	51
7.2.1.1.6.5.2	Verifikácia a validácia výpočtového programu RTARC	53
7.2.1.1.6.5.3	Konzervativizmus pri výpočte dávok programom RTARC	54
7.2.1.1.6.6	Výpočtový program RDEMO	56
7.2.1.1.6.6.1	Popis výpočtového programu RDEMO	56
7.2.1.1.6.6.2	Popis použitého modelu.....	57
7.2.1.1.6.6.3	Vstupné údaje	58
7.2.1.1.6.6.4	Verifikácia a validácia výpočtového programu RDEMO	58
LITERATÚRA		59
ZOZNAM PRÍLOH		64
ZOZNAM TABULIEK		65

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ

I.O.	primárny okruh
II.O.	sekundárny okruh
AO1	signály RTS/DRTS/EXCORE, ktoré vedú k rýchlemu odstaveniu reaktora
AZ	aktívna zóna
BSVP	bazén skladovania vyhoretého paliva
DG	dieselgenerátor
DRTS	diverzitný systém automatického odstavenia reaktora
ENČ	hlavné napájacie čerpadlo
EOKO	elektrické ohrievače kompenzátora objemu
ESFAS	systém zaistenia bezpečnosti
HA	hydroakumulátor
HČČ	hlavné cirkulačné čerpadlo
HK	horúca kazeta
HNČ	havarijné napájacie čerpadlo
HNK	hlavný napájací kolektor
HPK	hlavný parný kolektor
HRK	havarijná, regulačná a kompenzačná kazeta
HSCHZ	havarijný systém chladenia (aktívnej) zóny
HUA	hlavná uzatváracia armatúra
HV	horúca vetva
HZ	hermetická zóna, kontajment
HZK	horná zmiešavacia komora (UP Upper Plenum)
ID	individuálna dávka
IU	iniciačná udalosť
KD	kolektívna dávka
KO	kompenzátor objemu
KON	koniec kampane (dolný index: _{1C} - prvá kampaň; _{rc} - reprezentatívna kampaň)
LOCA	havária so stratou chladiva
MTP	maximálna teplota pokrytia
NDČ	čerpadlo normálneho doplňovania do I.O. (Make-up Pump)
NN	napájacia nádrž

NS	núdzové stavy
NT	nízkotlakový
NTČ	nízkotlakové čerpadlo
NV	napájacia voda
OV KO	odľahčovací ventil kompenzátora objemu
PG	parogenerátor
PK	palivová kazeta
PP	palivový prúťik
PRISE	únik primárneho chladiva do sekundárneho okruhu
PSA	pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti
PS-A	prepúšťacia stanica do atmosféry
PSB	prevádzkový stav bloku
PSK	prepúšťacia stanica do kondenzátora
PV KO	poistný ventil kompenzátora objemu
PV PG	poistný ventil parogenerátora
RCS	automatický regulátor výkonu reaktora
RČA	rýchločinná armatúra
RLS	systém obmedzenia výkonu reaktora
RPS	systém ochrany reaktora
RTS	systém automatického odstavenia reaktora
RZV	rýchlozatvárací ventil
SD	odstavený - v súvislosti so stavom reaktora (SD shutdown)
SHNČ	superhavarijné napájacie čerpadlo
SNVS	strata napájania vlastnej spotreby (tiež aj strata vonkajších a vnútorných zdrojov el. napájania)
SV	studená vetva
TG	turbogenerátor
TH	termo-hydraulické (analýzy)
TNR	tlaková nádoba reaktora
VT	vysokotlakový
VTČ	vysokotlakové čerpadlo
ZAC	začiatok kampane (dolný index: _{1C} - prvá kampaň; _{rc} - reprezentatívna kampaň)

ÚVOD

Kapitola PpBS 7.2.1.1 je vypracovaná v súlade so súvisiacou legislatívou [II.17], [II.18], [II.4] a [II.7]. Ďalej bola vypracovaná podľa požiadaviek [II.3].

Pri vypracovaní kapitoly 7.2.1.1 PpBS boli rešpektované pripomienky uvedené v rozhodnutí ÚJD SR č. 267/2008.

7.2.1.1 Popis použitého prístupu

Správa je vypracovaná na základe Bezpečnostného návodu ÚJD SR „Požiadavky na deterministické analýzy bezpečnosti“ BNS I.11.1/2012 [II.3] a je v nej uvedený „Popis použitého prístupu“ pri vypracovávaní analýz bezpečnosti uvedených v kapitole 7.2.1 PpBS.

Cieľom kapitoly 7.2.1 PpBS je preukázať, že fyzikálne a technologické vlastnosti blokov MO34 spĺňajú požadované podmienky jadrovej bezpečnosti. V prípade vzniku iniciačnej udalosti a pri uplatnení primeranej miery konzervatívnosti analýzy nenastane porušenie kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu procesov, jadrové zariadenie zostane v bezpečnom stave prostredníctvom pasívnych bezpečnostných charakteristík alebo pôsobením bezpečnostných systémov alebo je jadrové zariadenie uvedené do bezpečného stavu pomocou špecifikovaných procesných činností.

V rámci riešenia kapitoly 7.2.1 PpBS bolo uvažované:

- Počiatočný výkon reaktora 1375 MW zvýšený o nepresnosť 4%. To znamená, že v analýzach bezpečnosti je uvažovaná maximálna hodnota počiatočného výkonu reaktora rovná 1430 MW.
- Je uvažované Gd-II palivo s priemerným obohatením 4,87 %.
- Stav zariadení blokov MO34 je uvažovaný podľa projektovej základne.

7.2.1.1.1 Kritériá prijateľnosti pre deterministické analýzy bezpečnosti

Základné požiadavky na jadrovú bezpečnosť sú pri hodnotení jadrovej bezpečnosti prostredníctvom deterministických havarijných analýz pretransformované do kritérií prijateľnosti. Kritériá prijateľnosti sa používajú na posúdenie prijateľnosti výsledkov bezpečnostných analýz. Stanovujú číselné limity hodnôt modelovaných parametrov, podmienky pre stavy JE počas a po odznení udalosti, požiadavky na odozvu systémov i na zásahy prevádzkového personálu.

Kritériá prijateľnosti pre všetky skupiny udalostí riešených v kapitole 7.2.1 PpBS sú definované v súlade s odporučeniami ÚJD SR [II.3], MAAE [II.6] a [II.8], ako aj podľa platnej PRESAR MO34 a PpBS pre EMO12 [I.2].

7.2.1.1.1.1 Kritériá prijateľnosti pre zachovanie integrity bariér

V tejto kapitole sú uvedené kritériá prijateľnosti, na základe ktorých je možné posúdiť zachovanie integrity bariér JE po vzniku iniciačnej udalosti, zaradenej do kategórie projektové podmienky a projektové havárie a vybrané nadprojektové havárie. Pod pojmom integrita bariér sa z hľadiska kritérií prijateľnosti rozumie integrita paliva, integrita primárneho okruhu, integrita sekundárneho okruhu a integrita hermetickej zóny. Kritériá prijateľnosti pre analýzy rádiologických následkov sú uvedené v kapitole 7.2.1.1.2.

Kritériá prijateľnosti pre zachovanie integrity bariér, hodnotené v rámci kapitoly 7.2.1, je možné rozdeliť na kritériá prijateľnosti pre:

- očakávané udalosti,
- projektové havárie,
- nevýkonové prevádzkové režimy,
- vybrané nadprojektové havárie.

7.2.1.1.1.1.1 Kritériá prijateľnosti pre očakávané udalosti

Kritériá prijateľnosti pre očakávané udalosti sú označené DB-T a podľa [I.3] sú aplikované pre kategóriu Podmienky pre očakávané udalosti (DBC 2).

DB-T1 Pravdepodobnosť vzniku krízy prestupu tepla na ktoromkoľvek mieste aktívnej zóny musí byť nízka. Požaduje sa s 95% pravdepodobnosťou pri 95% úrovni vierohodnosti, aby na najviac zaťaženom palivovom elemente nedošlo ku kríze prestupu tepla. Používaná korelácia musí byť založená na experimentálnych údajoch, ktoré sú platné pre konkrétne palivo, ako aj konkrétne podmienky chladenia.

Metodické poznámky:

Kritérium DB-T1 je v analýzach programom RELAP5 hodnotené podľa korelácie PG [III.3], ktorá je vo programe RELAP5 priamo integrovaná. Limitná hodnota výsledného parametra z výpočtu programom RELAP5, pri ktorej je zabezpečené, že nenastane kríza prestupu tepla, je $DNBR_{limit}$ [III.2]. Táto hodnota bola stanovená na základe štatistického vyhodnotenia výpočtov a experimentov. Minimálna hodnota DNBR bola vo výpočtoch programom RELAP5 určovaná pre horúci adiabatický kanál, ktorého parametre sú definované konzervatívne.

Minimálna hodnota DNBR použitá pre výpočty pomocou programu DYN3D je, rovnako ako pre RELAP5, definovaná limitná hodnota $DNBR_{limit}$. Táto hodnota bola stanovená podľa korelácie PG, ktorá je v DYN3D verzia 3.2 priamo integrovaná.

DB-T2 Nesmie dôjsť ani k lokálnemu taveniu paliva. Maximálna hodnota teploty paliva je nižšia ako limitná hodnota.

Metodické poznámky:

Maximálna hodnota teploty paliva je určovaná pre všetky modelované výkonové štruktúry popisujúce rôzne palivové prútiky. V aktívnej zóne sa nachádzajú palivové prútiky obsahujúce peletky s UO_2 a palivové prútiky obsahujúce peletky s obsahom $UO_2+Gd_2O_3$.

Teplota tavenia paliva na začiatku kampane je ovplyvnená obsahom Gd_2O_3 v palivových peletkách. Palivová kazeta a aj palivová časť kazety HRK obsahuje 6 prútikov s 4,0 % U^{235} + 3,35% Gd_2O_3 . Pridanie Gd_2O_3 znižuje teplotu solidusu.

Podľa kapitoly 6.1.1 PpBS je maximálne vyhorenie paliva so zohľadnením koeficientov rezerv pre vyhorenie:

82,2 MWd/kgU v palivovej tabletke palivového prútika bez Gd_2O_3 (TVEL)

77,2 MWd/kgU v palivovej tabletke palivového prútika s Gd_2O_3 (TVEG)

Maximálna teplota paliva nesmie byť vyššia ako teplota tavenia, ktorá je určená vzťahom (kapitola 6.1.1 PpBS)

Kritériálna hodnota maximálnej teploty paliva je konzervatívne definovaná pre celý rozsah vyhorenia paliva (od začiatku až po koniec kampane) pre palivo bez obohatenia Gd_2O_3 aj s obohatením Gd_2O_3 a je rovná limitnej hodnote.

DB-T3 Tlak v primárnom a v sekundárnom okruhu musí byť nižší ako 110% projektovej hodnoty.

Metodické poznámky:

Kritériálnym parametrom bol v analýzach tlak chladiva na výstupe z HCČ, alebo v DZK.

Kritériálnym parametrom bol v analýzach tlak pary v PG.

7.2.1.1.1.2 Kritériá prijateľnosti pre projektové havárie

Kritériá prijateľnosti pre projektové havárie sú označené DB-A a podľa [1.3] sú aplikované pre kategóriu Podmienky pre projektové havárie (DBC 3). V dokumente [1.3] je kategória DBC 3 rozdelená (podľa dokumentov EUR) na DBC 3a - Podmienky pre projektové havárie (s nízkou frekvenciou výskytu) a DBC 3B - Podmienky pre projektové havárie (s veľmi nízkou frekvenciou výskytu). V súlade s praxou a legislatívou Slovenskej republiky sú pre bloky MO34 použité jednotné, termo-hydraulické kritériá pre celú kategóriu DBC 3, bez vnútorného delenia. Kritériá prijateľnosti pre analýzy radiačných následkov sú definované zvlášť pre DBC 3a a zvlášť pre DBC 3b.

Kritériá prijateľnosti pre projektové havárie sú aplikované aj pre havarijné podmienky, ktoré nie sú výslovne uvažované v projektových haváriách ale sú v nich zahrnuté.

DB-A1 Nesmie dôjsť k deštrukcii palivových elementov. Radiálne stredovaná entalpia paliva nesmie prekročiť limitné hodnoty v žiadnej axiálnej pozícii palivového elementu.

Metodické poznámky:

Výpočet stredovanej entalpie nie je súčasťou štandardných algoritmov kódu RELAP5. Maximálna hodnota radiálne stredovanej entalpie paliva v AZ bola v kóde RELAP5 určovaná podľa algoritmu výpočtu z lokálnej teploty paliva v jednotlivých nódoch a referenčnej funkčnej závislosti špecifickej entalpie paliva.

Program DYN3D obsahuje algoritmus pre výpočet stredovanej hodnoty entalpie paliva. Pre potreby riešenia bezpečnostných analýz sa používa voľba, ktorá aktivuje výpočet stredovanej hodnoty entalpie paliva v výpočtovom nóde ako súčin strednej hodnoty teploty paliva [K] a strednej hodnoty špecifického tepla [kJ/kgK].

DB-A2 Nesmie dôjsť ani k lokálnemu taveniu paliva. Maximálna hodnota teploty paliva je nižšia ako limitná hodnota.

Metodické poznámky:

Rovnaké ako pre kritérium prijateľnosti DB-T2.

DB-A3 Musí byť zabezpečená krátkodobá i dlhodobá schopnosť chladenia paliva tým, že:

a) Teplota pokrytia neprekročí limitnú hodnotu.

Metodické poznámky:

Maximálna hodnota teploty pokrytia bola v kóde RELAP5 určovaná pre všetky modelované výkonové štruktúry. Kritériálnou hodnotou je teplota na vnútornom povrchu pokrytia.

b) Lokálna oxidácia pokrytia neprekročí limitnú hodnotu z počiatočnej hrúbky pokrytia.

Metodické poznámky:

Hrúbka lokálnej oxidácie pokrytia bola vyhodnocovaná priamo programom RELAP5 pre všetky modelované výkonové štruktúry. Integrálna hodnota lokálnej oxidácie je prečítaná z výstupného textového súboru, v ktorom sa nachádza záznam z posledného časového kroku výpočtu. Predpokladala sa najmenšia hrúbka pokrytia v rámci výrobných tolerancií.

c) Celkové množstvo vodíka z chemickej reakcie pokrytia s vodou alebo parou neprekročí limitnú hodnotu z hypotetického množstva, ktoré by vzniklo pri zreagovaní celkového množstva pokrytia všetkých palivových článkov v AZ.

Metodické poznámky:

Celkové množstvo vygenerovaného vodíka bolo vyhodnocované priamo programom RELAP5 pre všetky modelované výkonové štruktúry. Integrálne množstvo vodíka je odčítané z výstupného textového súboru, v ktorom sa nachádza záznam z posledného časového kroku výpočtu.

d) Vypočítané zmeny v geometrii aktívnej zóny zaručia uchladiťnosť aktívnej zóny.

Metodické poznámky:

Kritérium bolo vyhodnocované konzervatívne zhodnotením priebehu procesu a potenciálnych efektov v rámci vyhodnotenia obáľkového prípadu, ktorým je LOCA 500. V prípade splnenia kritérií prijateľnosti DB-A1, DB-A2 a DB-A3a až A3c sa nepredpokladajú také zmeny v geometrii AZ, ktoré by viedli k výraznému poklesu uchladiťnosti AZ. Pre obáľkový prípad je programom RELAP5 vykonaný výpočet, v ktorom je použitá voľba modelu pre hodnotenie porušenia pokrytia PP a blokovanie prietochného prierezu.

e) Je zabezpečená pohyblivosť regulačných orgánov a nesmie dôjsť k ich taveniu.

Metodické poznámky:

Kritérium bolo vyhodnocované konzervatívne zhodnotením priebehu procesu a potenciálnych efektov v rámci vyhodnotenia obáľkového prípadu, ktorým je LOCA 500. Pohyblivosť regulačných orgánov je vyhodnocovaná v kapitole 7.2.2. Navyiac, pri splnení kritéria DB-A1, DB-A2 a DB-A3a až A3c je tavenie regulačných orgánov nereálne.

f) Je zabezpečené dlhodobé chladenie aktívnej zóny.

Metodické poznámky:

Kritérium bolo vyhodnocované zhodnotením priebehu procesu z hľadiska zásoby chladiva pre HSCHZ. Vyhodnotenie tohto kritéria je dôležité z hľadiska tých iniciačných udalostí, kedy dochádza k nevratnému úniku chladiva I.O. (napr. únik z primárnej na sekundárnu stranu PG, roztrhnutie potrubia pripojeného k I.O. a prechádzajúcej stenou ochrannej obáľky).

DB-A4 Tlak v primárnom a v sekundárnom okruhu musí byť nižší ako 110% projektovej hodnoty.

Metodické poznámky:

Rovnaké ako pre kritérium prijateľnosti DB-T3.

DB-A5 Najvyššia teplota, tlaky, tlakové rozdiely v ochrannej obáľke a úniky cez netesnosti ochrannej obáľky neprekračujú projektom povolené hodnoty.

Metodické poznámky:

Hodnotenie prijateľnosti havárie je realizované hodnotením čiastkových kritérií. Kritériá obmedzujú vnútorné parametre atmosféry v hermetickej zóne tak, aby bola vo všetkých fázach udalosti zabezpečená jej integrita a hermetickosť. Hodnotenie kritérií sa vykonáva iba pre tie sekvencie, pri ktorých dochádza k takým zmenám parametrov v HZ, pri ktorých by mohlo dôjsť k narušeniu limitných hodnôt.

Čiastkové kritérium DB-A5a (pretlak)

Maximálny tlak v priestoroch kontajmentu menší ako limitná hodnota

Uvedená hodnota je projektovou hodnotou maximálneho vnútorného tlaku pre rovnaký typ kontajmentu blokov VVER 440/213 [I.12].

Čiastkové kritérium DB-A5b (podtlak)**Minimálny tlak v priestoroch kontajneru menší ako limitná hodnota**

Uvedená hodnota je projektovou hodnotou minimálneho vnútorného tlaku ($0,80 \text{ kg/cm}^2$) pre rovnaký typ kontajneru blokov VVER 440/213 [I.12].

Čiastkové kritérium DB-A5c (teplota)**Teplota atmosféry pod teplotou sýtosti pre maximálny tlak (kvazi-rovnovážny stav po dobu rádovo niekoľkých minút), dosiahnutý v kontajneri počas havárie, je menšia ako limitná hodnota**

Na základe inžinierskeho zhodnotenia boli ako limitujúce prvky tlakového rozhrania z hľadiska teplotnej odolnosti počas prechodového procesu v úvode havárie vyhodnotené priechodky systému elektrického napájania a priechodky systémov meraní a regulácie. Bola analyzovaná možnosť vzniku ich tepelnej degradácie pre podmienky limitujúcej havárie v dôsledku priameho ovplyvnenia unikajúcim médiom alebo dlhodobo pretrvávajúcich lokálne vyšších parametrov v obmedzenom priestore ich rozmiestnenia. Projektová dokumentácia preukazuje, že priechodky sú kvalifikované na tieto limitné teploty. Priame ovplyvnenie prúdom tekutiny z poškodeného úseku potrubia bolo explicitne vylúčené.

Čiastkové kritérium DB-A5d (tlakové rozdiely)**Tlakový rozdiel na barbotážnych žľaboch je nižší ako limitná hodnota**

V rámci súboru prác pri riešení Bezpečnostných opatrení (CONT01 až CONT06 [I.13]) realizovaných pre bloky VVER 40/V213 boli získané závery a zdôvodnenie, že konštrukcia a projektové riešenie kontajneru, vrátane barbotážnych žľabov (a tzv. klobúčikov) je schopné odolať tlakovému rozdielu rovnému limitnej hodnote.

Čiastkové kritérium DB-A5e (tlakové rozdiely)**Zaťaženie vnútorných deliacich stien kontajneru neprekročí hodnoty, pre ktoré bola preukázaná ich spôsobilosť**

Pre kontajner blokov VVER440/V213 bolo vykonané zhodnotenie únosnosti vnútorných konštrukcií za havarijných podmienok [I.14], [I.15]. V rámci týchto prác boli na základe referenčného výpočtu havárie veľkej LOCA vytipované kritické vnútorné steny a bolo vykonané hodnotenie ich odolnosti pre konzervatívne postulované pretlaky.

DB-A6 Postulovaný defekt nespôsobí krehký alebo húževnatý lom tlakovej nádoby reaktora pre celý súbor očakávaných udalostí a projektových havárií.

Metodické poznámky:

Napäťovo-deformačné výpočty analyzujú rozdelenie napätí v postulovaných defektoch vo všetkých kritických miestach TNR. Výsledkom je hodnota súčiniteľa intenzity napätia K_I . V ďalšom kroku sa zisťuje miestna lomová húževnatosť K_{IC} , ktorá závisí predovšetkým na vlastnostiach materiálu TNR v hodnotenom kritickom mieste, pričom sa zohľadňujú degradačné mechanizmy, zmena mechanických vlastností materiálov s teplotou, tepelne ovplyvnené zóny a pod.

Integrita TNR je zabezpečená, ak hodnota súčiniteľa intenzity napätia K_I postulovaných povrchových poloeliptických defektov v osovom i obvodovom smere je vo všetkých kritických miestach TNR počas celého havarijného procesu menšia ako miestna lomová húževnatosť K_{IC} .

Integrita TNR je taktiež zaistená, ak je odolnosť proti náhlemu lomu úspešne preukázaná aplikovaním postupu zahrňujúceho vplyv WPS (warm prestressing - teplotné spevnenie) podľa metodiky popísanej v kapitole 7.2.1.10.

DB-A7 Vnútročné časti reaktora musia odolať dynamickým účinkom pri abnormálnej prevádzke a pri projektových haváriách tak, aby bolo zaistené bezpečné odstavenie reaktora, udržaná podkritickosť a dostatočné chladenie aktívnej zóny.

Metodické poznámky:

Kritérium je vyhodnocované v kapitole 7.2.2.

DB-A8 Bezpečnostné systémy nevyhnutné na zmiernenie následkov projektových havárií nie sú následkom havárie poškodené do takej miery, aby nemohli vykonať svoje bezpečnostné funkcie z dôvodu:

- a) dynamických efektov švihov potrubí;
- b) reaktívnych síl vyvolaných výtokom chladiva;
- c) vysokých teplôt vyvolaných výtokom chladiva.

Metodické poznámky:

Kritérium je vyhodnocované v kapitole 7.2.3.1.

DB-A9 Poškodenie jadrového paliva je menšie ako najviac prípustné.

Metodické poznámky:

Kritérium bolo vyhodnocované na základe analýzy rádiologických následkov po iniciačnej udalosti [I.20]. Kritérium je splnené, pokiaľ únik štiepných produktov z poškodených palivových prútikov neprekročí uvažovaný RA limit (pre projektové havárie je limitná efektívna dávka < 5 mSv/rok za hranicami ochranného pásma – kritérium DB-RA2b).

Pre maximálnu projektovú haváriu LOCA 500 je kritérium (5 mSv/rok) splnené, ak poškodenie pokrytia paliva je menšie ako ako limitné [I.20]. Tento limit bol konzervatívne stanovený pri uvažovaní štatisticky najpravdepodobnejších meteorologických podmienok pre lokalitu MO34 (kategória stability atmosféry D) a so zahrnutím príspevku od príjmu kontaminovaných potravín [II.3].

7.2.1.1.1.1.3 Kritériá prijateľnosti pre nevýkonové prevádzkové režimy

DB-SD1 Podkritickosť jadrového paliva v jadrovom reaktore a v bazéne skladovania vyhoreného paliva je zachovaná.

Metodické poznámky:

Uvedené kritérium sa vyhodnocuje iba pre sekvencie so znižovaním hustoty a koncentrácie chladiva v AZ alebo BSVP. Kritérium je splnené, keď nedošlo k vzniku ani lokálnej kritičnosti v AZ alebo BSVP.

Podmienky pre kritickosť skladovaného paliva sú stanovené vo vyhláske ÚJD SR 30/2011 [II.2], kde sa vyžaduje podkritickosť minimálne 5 % vo všetkých prevádzkových stavoch a 2 % počas prevádzkových udalostí.

V havarijných situáciách v BSVP, kedy dochádza k nárastu teploty a k varu chladiva v palivovej časti kaziet a tým aj k poklesu hustoty chladiva môže byť potenciálne porušená podkritičnosť v BSVP v dôsledku poklesu absorpcie neutrónov v chladive. Do vzniku varu v BSVP je zabezpečenie podkritickosti overené v kapitole 6.1.7. V prípade varu chladiva v palivovej časti kaziet však dochádza k porušeniu kritéria prijateľnosti DB-SD4 (viď metodické poznámky ku kritériu prijateľnosti DB-SD4).

Kritérium DB-SD1 pre BSVP je implicitne splnené pre analyzované iniciačné udalosti ak je preukázané splnenie kritéria prijateľnosti BD-SD4.

V havarijných situáciách pri odstavenom reaktore (zasunuté všetky tyče HRK), kedy dochádza k poklesu hustoty chladiva v dôsledku nárastu teploty chladiva, nemôže byť porušená podkritickosť paliva v AZ v dôsledku straty moderátora.

DB-SD2 Ak je jadrový reaktor zatvorený, potom pre jadrové palivo a pokrytie palivových prútikov platia tie isté kritériá prijateľnosti ako pre havárie s únikom primárneho chladiva pri výkonových prevádzkových režimoch.

Metodické poznámky:

Uvedené kritérium prijateľnosti je vyhodnocované prostredníctvom kritérií pre projektové havárie.

DB-SD3 Ak je jadrový reaktor otvorený, potom nedôjde k odhaleniu palivových článkov a ani k varu chladiva v palivovej časti aktívnej zóny.

Metodické poznámky:

Hodnotenie kritéria DB-SD3 prostredníctvom výpočtov termohydraulickým programom a s príslušným výpočtovým modelom sa vykonáva na základe určenia objemového podielu pary v ľubovoľnom objeme, v ktorom sa nachádza modelovaná palivová časť kaziet. Identifikovanie nenulového objemového podielu pary jednoznačne obsiahne všetky druhy varu v rôznych podmienkach.

Kritérium prijateľnosti DB-SD3 (časť kritéria pojednávajúca o varení chladiva) je splnené ak objemový podiel pary v objemoch s modelovanou palivovou časťou kaziet je nulový.

Kritérium prijateľnosti DB-SD3 (časť pojednávajúca o odhalení paliva) je splnené, ak hladina chladiva neklesne tak, aby odhalila palivovú časť kaziet.

DB-SD4 Nedôjde k odhaleniu palivových článkov a ani k varu chladiva v palivovej časti v bazéne skladovania vyhoreného paliva.

Metodické poznámky:

Hodnotenie kritéria DB-SD4 prostredníctvom výpočtov termohydraulickým programom a s príslušným výpočtovým modelom sa vykonáva na základe určenia objemového podielu pary v ľubovoľnom objeme, v ktorom sa nachádza modelovaná palivová časť kaziet. Identifikovanie nenulového objemového podielu pary jednoznačne obsiahne všetky druhy varu v rôznych podmienkach.

Kritérium prijateľnosti DB-SD4 (časť kritéria pojednávajúca o vare chladiva) je splnené ak objemový podiel pary v objemoch s modelovanou palivovou časťou kaziet je nulový.

Kritérium prijateľnosti DB-SD4 (časť pojednávajúca o odhalení paliva) je splnené, ak hladina chladiva neklesne tak, aby odhalila palivovú časť kaziet.

DB-SD5 Pevnostné limity týkajúce sa hraníc primárneho okruhu a k nemu pripojených systémov sú dodržané.

Metodické poznámky:

Pevnostný limit primárneho okruhu je určený teplotou krehkého lomu tlakovej nádoby reaktora, resp. jej v závislosti od tlaku v I.O., a teda je definovaná závislosť dovoleného tlaku v I.O. od teploty chladiva na vstupe do tlakovej nádoby reaktora [I.23]. Druhým ohraničením tlaku v I.O. je hodnota kritéria prijateľnosti DB-T3/DB-A4. Kritérium prijateľnosti DB-SD5 je splnené, ak vypočítaná hodnota tlaku v I.O. je pod limitnou p-T krivkou a súčasne je nižšia ako hodnota kritéria prijateľnosti DB-T3/DB-A4.

DB-SD6 Poškodenie jadrového paliva je menšie ako najviac prípustné.

Metodické poznámky:

Ak je jadrový reaktor zatvorený, kritérium prijateľnosti je vyhodnocované prostredníctvom kritérií pre projektové havárie.

Pre otvorený jadrový reaktor a pre bazén skladovania vyhoreného paliva nie je poškodenie jadrového paliva prípustné.

DB-SD7 Výpočtové hodnoty radiačných dávok sú nižšie ako ustanovené limity ožiarenia obyvateľstva.

Metodické poznámky:

Kritérium je relevantné pre všetky analyzované iniciačné udalosti

Ak neexistuje žiadny únik alebo var chladiva pri otvorenom I.O. alebo BVP, predpokladá sa, že hodnoty úniku rádioaktívnych materiálov zostávajú v rámci bezpečných limitov. Opodstatnenie tohto odôvodnenia vychádza z predpokladu, že ak sú uspokojené všetky ostatné akceptačné kritériá, podmienky pre šírenie a únik produktov štiepenia zostávajú v rámci limitov pre normálnu prevádzku otvoreného I.O. alebo BPV.

V prípade úniku chladiva z I.O. alebo BPV je akceptačné kritérium DB-SD7 taktiež splnené, pretože chladivo neuniká mimo HZ a chladivo v BVP a otvorenom reaktore nevrie. Predpokladá sa, že hodnoty unikajúcich RA materiálov zostávajú v rámci bezpečnostných limitov.

7.2.1.1.1.1.4 Kritériá prijateľnosti pre vybrané nadprojektové havárie

Kritériá prijateľnosti pre vybrané nadprojektové havárie sú rovnaké ako kritériá prijateľnosti pre projektové havárie (DB-A), s výnimkou kritéria DB-A4, ktoré je nadprojektové havárie definované nasledovne:

DB-A4b Tlak v primárnom a v sekundárnom okruhu musí byť nižší ako 135% projektovej hodnoty.

Metodické poznámky:

Kritériálnym parametrom bol v analýzach tlak chladiva na výstupe z HCČ, alebo v DZK.

Kritériálnym parametrom bol v analýzach tlak pary v PG.

7.2.1.1.1.2 Kritériá prijateľnosti pre analýzy rádiologických následkov

V tejto kapitole sú uvedené kritériá prijateľnosti, na základe ktorých je možné posúdiť rádiologické následky na obyvateľstvo v okolí jadrového zdroja po vzniku iniciačnej udalosti, zaradenej do kategórie projektové podmienky, projektové havárie a vybrané nadprojektové havárie.

V zmysle platnej legislatívy [II.9] a dokumentu „Radičné ciele pre projekt dostavby MO34“ [I.24] je kritériom prijateľnosti pre projektové podmienky a vybrané nadprojektové havárie neprekročenie cieľovej hodnoty individuálnej dávky na hranici ochranného pásma, uvedené v nasledovnej tabuľke.

Efektívna dávka musí byť počítaná v súlade s [II.9] podľa nasledujúcich vzťahov.

Efektívna dávka E je súčtom ekvivalentných dávok H_T vo všetkých orgánoch alebo tkanivách vynásobených príslušným tkanivovým váhovým faktorom w_T .

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$

kde:

$D_{T,R}$ je priemerná absorbovaná dávka v tkanive alebo orgáne T zo žiarenia R ,

w_R je radiačný váhový faktor,

w_T je tkanivový váhový faktor pre tkanivo alebo orgán T .

Príslušné hodnoty váhových faktorov w_R a w_T sú uvedené [II.9]. Jednotkou efektívnej dávky je Sievert [Sv].

Ekvivalentná dávka H_T je vyjadrená ako súčin radiačného váhového faktora w_R a absorbovanej dávky D_T v orgáne alebo tkanive T .

Hranica ochranného pásma – bola pre JE EMO stanovená Rozhodnutím Krajského hygienika č. H-IV-2370/79 z 15.10.1979 a zakreslená je na obrázku v Prílohe 08. Najmenšia vzdialenosť hranice ochranného pásma od JE EMO je 2 km.

Tab. 7.2.1.1-1 Kritériá prijateľnosti pre analýzy rádiologických následkov

	Označenie	Kritérium prijateľnosti	
		Radiačné ciele projektu MO34	Autorizované limity
Normálna prevádzka	DB-RA1	Efektívna dávka (pre 2 bloky) < 0,125 mSv/rok za hranicami ochranného pásma	Efektívna dávka (pre lokalitu EMO) < 0,25 mSv/rok za hranicami ochranného pásma [II.9]
Očakávaná udalosť	DB-RA1	Efektívna dávka (pre 2 bloky) < 0,125 mSv/rok za hranicami ochranného pásma	Efektívna dávka (pre lokalitu EMO) < 0,25 mSv/rok za hranicami ochranného pásma [II.9]
Projektová havária ¹⁾	DB-RA2a (pre DBC 3a podmienky)	Efektívna dávka < 1 mSv/rok za hranicami ochranného pásma	Efektívna dávka < 10 mSv/rok za hranicami ochranného pásma [II.3]
	DB-RA2b (pre DBC 3b podmienky)	Efektívna dávka < 5 mSv/rok za hranicami ochranného pásma	Efektívna dávka < 10 mSv/rok za hranicami ochranného pásma [II.3]
Vybraná nadprojektová havária	DB-RA3 (rovnaké ako DB-RA2b)	Efektívna dávka < 5 mSv/rok za hranicami ochranného pásma	[II.9]

Poznámky:

- ¹⁾ Podľa [I.24] je kritérium prijateľnosti pre projektové havárie (havarijné podmienky) rozdelené na dve podskupiny: DBC 3a - Podmienky pre projektové havárie s nízkou frekvenciou výskytu (do tejto skupiny sú zaradené napríklad iniciačné udalosti zo skupiny „Úniky rádioaktivity zo systémov alebo komponentov“) a DBC 3B - Podmienky pre projektové havárie s veľmi nízkou frekvenciou výskytu (do tejto skupiny sú zaradené napríklad iniciačné udalosti zo skupiny „Strata primárneho chladiva“).

Kritérium prijateľnosti pre projektové havárie (havarijné podmienky) týkajúce sa obyvateľov je, aby nebolo potrebné vykonať zásah a realizovať neodkladné a následné opatrenia typu ukrytie, jódová profylaxia, evakuácia, regulácia konzumácie potravín, vody a krmív kontaminovaných rádionuklidmi, ustajnenie zvierat, dočasné premiestnenie, resp. trvalé premiestnenie (presídlenie) za hranicou ochranného pásma.

Kritérium prijateľnosti je založené na hodnotách prognózovanej dávky (táto reprezentuje konzervatívnejší prístup ako hodnoty odvrátiteľnej dávky), spôsobenej externým ožiarением a súčasným príjmom rádioaktívnych látok inhaláciou vrátane resuspenzie. Príspevok k celkovej ročnej efektívnej ID z ročného požitia kontaminovaných potravín je zohľadnená podľa BNS 1.11.1/1013 (pre najpravdepodobnejšiu kategóriu atmosféry D s intenzitou zrážok 0,3 mm/hodinu - najpravdepodobnejšia intenzita zrážok pre lokalitu MO34).

Autorizované limity sú v súlade s platnou legislatívou SR [II.9], [II.3].

7.2.1.1.2 Identifikácia a kategorizácia postulovaných iniciačných udalostí

Identifikácia a kategorizácia postulovaných iniciačných udalostí vychádza z návodu ÚJD SR [II.3], vyhlášky č. 430/2011 [II.1], ako aj z relevantných dokumentov MAAE [II.5], [II.6], [II.8]. Rozsah analyzovaných iniciačných udalostí, ako aj ich kategorizácia boli upravené podľa špecifických vlastností blokov VVER440/V213. Kategorizácia IU pre bloky MO34 je rovnako v súlade so štúdiou PSA 1. úrovne MO34 (Príloha 10).

Pre účely analýz bezpečnosti a ich vyhodnotenie sa všetky postulované iniciačné udalosti zoskupujú do tried podľa spoločných znakov. V rámci tejto PpBS boli všetky iniciačné udalosti zoskupené podľa [II.3] a všetky skupiny postulovaných iniciačných udalostí sú uvedené v nasledovnej tabuľke. Každá IU je charakterizovaná aj frekvenciou výskytu ([II.3]), podľa ktorej je možné IU rozdeliť na nasledovné skupiny:

Očakávaná udalosť (DB-T) je proces spôsobujúci odchýlku parametrov JE od normálnej prevádzky. Očakáva sa, že počas životnosti JE nastane raz alebo niekoľkokrát, pričom nevyvolá žiadne vážne poškodenie systémov ani zariadení dôležitých z pohľadu bezpečnosti a ani nepovedie k ešte vážnejšej havárii. Po jeho ukončení, resp. odstránení príčin a následkov je jadrová elektrárňa schopná normálnej prevádzky. Stredná frekvencia výskytu očakávaných udalostí väčšia ako $1 \cdot 10^{-2} \text{ rok}^{-1}$.

Projektová havária (DB-A) je taká udalosť, ktorá vyvoláva havarijné podmienky, pre ktoré je JE projektovaná podľa stanovených projektových kritérií a konzervatívnej metodiky, a pre ktoré úniky rádioaktívnych látok neprekročia ustanovené limity. Stredná frekvencia výskytu projektových havárií je od $1 \cdot 10^{-4} \text{ rok}^{-1}$ do $1 \cdot 10^{-2} \text{ rok}^{-1}$.

Podľa [I.3] táto skupina IU odpovedá kategórii Podmienky pre projektové havárie (DBC 3). V tomto dokumente je kategória DBC 3 rozdelená (analogicky s požiadavkami EUR [II.16]) na DBC 3a - Podmienky pre projektové havárie s nízkou frekvenciou výskytu (Projektové podmienky 3 podľa EUR) a DBC 3b - Podmienky pre projektové havárie s veľmi nízkou frekvenciou výskytu (Projektové podmienky 4 podľa EUR). V súlade s praxou a legislatívou Slovenskej republiky sú pre bloky MO34 použité jednotné, termo-hydraulické kritériá pre celú kategóriu DBC 3, bez vnútorného delenia. Kritériá prijateľnosti pre analýzy radiačných následkov sú definované zvlášť pre DBC 3a a zvlášť pre DBC 3b (v tabuľkách tejto kapitoly je to uvedené len pre tie obálkové iniciačné udalosti, ktoré sú analyzované z hľadiska radiačných následkov).

Do skupiny projektových havárií sú zaradené aj havárie a očakávané prechodové procesy pre nevýkonové prevádzkové režimy, ktoré sú označené **DB-SD**.

Nadprojektová havária je havária závažnejšia ako projektová havária alebo je to havária s viacnásobným zlyhaním (bezpečnostných systémov, obsluhy, ...), ktoré nebolo v projekte uvažované. Nadprojektová havária vedie k takým havarijným podmienkam, ktoré neboli v projekte uvažované (sú označované aj ako podmienky rozšíreného projektu) a môžu zahrňovať aj podmienky ťažkých havárií. Stredná frekvencia výskytu nadprojektových havárií je od $1 \cdot 10^{-6} \text{ rok}^{-1}$ do $1 \cdot 10^{-4} \text{ rok}^{-1}$.

Vybraná nadprojektová havária (BDB) je taká havária, s ktorej výskytom počas prevádzky projekt JE neuvažuje, ale je zvládnuteľná s použitím všetkých dostupných prostriedkov a opatrení uvažovaných v projekte a počas ktorej je zabránené závažnému poškodeniu jadrového paliva.

Procesy typu ATWS sú samostatnou podkategóriou vybraných nadprojektových havárií. Iniciačné udalosti a scenáre typu ATWS, zaradené do BS, boli vybrané podľa nasledujúceho pravidla - a) *kandidátom na zaradenie do skupiny ATWS je každá iniciačná udalosť, zaradená do kategórie Očakávané udalosti*, b) *pre každú skupinu iniciačných udalostí bola ako ATWS vybraná tá udalosť, pri ktorej sa očakáva najnepriaznivejší priebeh*. Obmedzenie výberu len na očakávané udalosti riešené v rámci PBS je

odôvodnené pravdepodobnosťou komplexnej sekvencie ATWS. Výsledná frekvencia výskytu sekvencie typu ATWS je odvodená z frekvencie výskytu očakávanej udalosti ($1 - 10^{-2} \text{ rok}^{-1}$) a súčasnej poruchy AO1 (frekvencia nezpracovania $5 \cdot 10^{-6}$ na požiadanie), čo vedie k frekvencii výskytu sekvencie typu ATWS z intervalu ($5 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-8}$) rok^{-1} . V súlade s návodmi ÚJD sú udalosti ATWS analyzované a popísané v samostatnej kapitole (7.2.1.9), mimo kapitolu venovanú vybraným nadprojektovým haváriám (7.2.1.15).

V nasledovnej tabuľke sú uvedené všetky skupiny iniciačných udalostí a iniciačné udalosti riešené v rámci kapitoly 7.2.1. Definovanie scenárov pre konkrétnu iniciačnú udalosť je detailne popísané v príslušnej kapitole bezpečnostnej správy (kapitoly 7.2.1.2 až 7.2.1.15). Pre určenie najnepriaznivejších scenárov boli vykonané citlivostné výpočty s cieľom oceniť vplyv počiatkových a okrajových podmienok na sledované kritériá prijateľnosti.

Tab. 7.2.1.1-2 Kategorizácia iniciačných udalostí

Kapitola	Skupina iniciačných udalostí / Iniciačná udalosť	Kategória
7.2.1.2	Poruchy reaktivity a zmeny rozloženia výkonu	
7.2.1.2.1	Nekontrolované vyťahovanie skupiny kaziet HRK pri spúšťaní	DB-T
7.2.1.2.2	Nekontrolované vyťahovanie skupiny kaziet HRK na výkone	DB-T
7.2.1.2.3	Neriadený pohyb kaziet HRK	DB-T
7.2.1.2.4	Chybné pripojenie odstavenej cirkulačnej slučky	DB-A
7.2.1.2.5	Vystrelenie kazety HRK z aktívnej zóny	DB-A
7.2.1.2.6	Znižovanie / zníženie koncentrácie bóru v primárnom chladiči	DB-T/A
7.2.1.2.7	Chybné zavedenie a prevádzka palivového článku v nesprávnej pozícii	DB-A
7.2.1.3	Zníženie prietoku primárneho chladiča	
7.2.1.3.1	Chybné uzatvorenie jednej hlavnej uzatváracieho armatúry v cirkulačnej slučke	DB-T
7.2.1.3.2	Zadretie rotora jedného hlavného cirkulačného čerpadla	DB-A
7.2.1.3.3	Zlomenie hriadeľa na jednom hlavnom cirkulačnom čerpadle	DB-A
7.2.1.3.4	Rôzne kombinácie výpadkov hlavných cirkulačných čerpadiel	DB-T
7.2.1.4	Zvýšenie množstva chladiča v primárnom okruhu	
7.2.1.4.1	Chybné uvedenie do činnosti havarijného chladenia aktívnej zóny reaktora	DB-T
7.2.1.4.2	Chybná činnosť normálneho systému dopĺňovania, ktorá zvyšuje množstvo chladiča v primárnom okruhu	DB-T
7.2.1.5	Zvýšenie odvodu tepla z I.O. sekundárnym okruhom	
7.2.1.5.1	Porucha v systéme napájacej vody, ktorá znižuje teplotu napájacej vody	DB-T
7.2.1.5.2	Porucha v systéme napájacej vody, ktorá zvyšuje prietok napájacej vody	DB-T
7.2.1.5.3	Porucha regulácie tlaku v II.O., ktorá vedie k zvýšeniu prietoku pary z PG	DB-T
7.2.1.5.4	Neočakávané otvorenie PV PG alebo armatúr na parovode	DB-T
7.2.1.5.5	Roztrhnutie parného potrubia	DB-A
7.2.1.6	Zníženie odvodu tepla z I.O. sekundárnym okruhom	
7.2.1.6.1	Porucha systému kontroly a riadenia, ktorá vedie k zníženiu prietoku pary z PG	DB-T
7.2.1.6.2	Strata vonkajšieho elektrického zaťaženia	DB-T
7.2.1.6.3	Zatvorenie rýchlozatváracích ventilov turbíny	DB-T
7.2.1.6.4	Zatvorenie armatúr na parovodoch	DB-T
7.2.1.6.5	Strata vakuu v kondenzátore	DB-T
7.2.1.6.6	Výpadok hlavných napájacích čerpadiel	DB-T
7.2.1.6.7	Strata vnútorných a vonkajších zdrojov elektrického napájania	DB-T
7.2.1.6.8	Roztrhnutie potrubí napájacej vody	DB-A
7.2.1.7	Strata primárneho chladiča	
7.2.1.7.1	Spektrum postulovaných roztrhnutí potrubí tvoriacich tlakový celok s I.O.	DB-A

Kapitola	Skupina iniciačných udalostí / Iniciačná udalosť	Kategória
7.2.1.7.2	Roztrhnutie parného potrubia medzi kompenzátorom objemu a poistnými ventilmi	DB-A
7.2.1.7.3	Chybné otvorenie poistného ventilu kompenzátora objemu	DB-A
7.2.1.7.4	Roztrhnutie impulznej rúrky systému kontroly a riadenia alebo inej rúry pripojenej k primárnemu okruhu a prechádzajúcej stenou ochrannej obálky	DB-A
7.2.1.7.5	Chybné otvorenie jednej spätnej alebo uzatváracej armatúry oddeľujúceho primárny okruh od nízkotlakovej časti systému	DB-A
7.2.1.8	Úniky z primárnej na sekundárnu stranu parogenerátora	
7.2.1.8.1	Roztrhnutie rúrky PG a odklopenie veka kolektora PG	DB-A
7.2.1.8.2	Chybné otvorenie PS-A PG4	DB-T
7.2.1.9	Očakávané prechodové procesy bez odstavenia reaktora (ATWS)	
7.2.1.9.1	Prechodové procesy pre udalosti s vnosom reaktivity (ATWS)	BDB
7.2.1.9.2	Prechodové procesy s poklesom prietoku chladiva I.O. (ATWS)	BDB
7.2.1.9.3	Prechodové procesy s nárastom množstva chladiva I.O. (ATWS)	BDB
7.2.1.9.4	Prechodové procesy so zvýšeným odvodom tepla z I.O. sekundárnym okruhom (ATWS)	BDB
7.2.1.9.5	Prechodové procesy so zníženým odvodom tepla z I.O. sekundárnym okruhom (ATWS)	BDB
7.2.1.10	Tlakovo-teplotné šoky	
7.2.1.10.1	Spektrum havárií s únikom chladiva z primárneho okruhu	PTS
7.2.1.10.2	Chybné otvorenie poistného ventilu kompenzátora objemu	PTS
7.2.1.10.3	Úniky chladiva z primárnej na sekundárnu stranu parogenerátora	PTS
7.2.1.10.4	Nesprávne uvedenie do činnosti systému havarijného doplňovania chladiva do I.O.	PTS
7.2.1.10.5	Chybná činnosť systému normálneho doplňovania	PTS
7.2.1.10.6	Nesprávne uvedenie do činnosti elektroohrievačov kompenzátora objemu	PTS
7.2.1.10.7	Chybné otvorenie poistného ventilu PG, PS-A alebo PSK	PTS
7.2.1.10.8	Spektrum roztrhnutí parných potrubí	PTS
7.2.1.10.9	Roztrhnutie potrubí napájacej vody	PTS
7.2.1.10.10	Chladienie tlakovej nádoby reaktora zvonka	PTS
7.2.1.11	Termickohydraulická odozva kontajnementu na projektové havárie	
7.2.1.11.1	Roztrhnutie potrubia I.O.	DB-A
7.2.1.11.2	Roztrhnutie potrubia II.O.	DB-A
7.2.1.12	Analýza radiačných následkov obálkových projektových havárií	(DBC 3b)
7.2.1.12.1	Roztrhnutie hlavného cirkulačného potrubia I.O. (LOCA 2x500 mm)	DB-A
7.2.1.12.2	Chybné otvorenie PS-A PG4	DB-T
7.2.1.12.3	Roztrhnutie impulznej rúrky systému kontroly a riadenia alebo inej rúry pripojenej k primárnemu okruhu a prechádzajúcej stenou ochrannej obálky (IFLOCA 32 mm)	DB-A
7.2.1.12.4	Odklopenie primárneho veka kolektora PG	DB-A
7.2.1.12.5	Chybné otvorenie poistného ventilu kompenzátora objemu	DB-T
7.2.1.13	Úniky rádioaktivity zo systémov alebo komponentov	(DBC 3a)
7.2.1.13.1	Únik alebo porucha v systéme rádioaktívnych plynových odpadov	DB-A
7.2.1.13.2	Únik alebo porucha v systéme rádioaktívnych kvapalných odpadov	DB-A
7.2.1.13.3	Pád palivového článku počas výmeny paliva	DB-A
7.2.1.13.4	Pád kontajnera s čerstvým alebo vyhoreným palivom	DB-A
7.2.1.14	Havárie a očakávané prechodové procesy pre nevýkonové prevádzkové režimy	
7.2.1.14.1	Udalosti s reaktivitou	DB-SD
7.2.1.14.2	Strata chladiva z primárneho okruhu	DB-SD

Kapitola	Skupina iniciačných udalostí / Iniciačná udalosť	Kategória
7.2.1.14.3	Strata odvodu zostatkového tepla následkom degradácie cirkulácie primárneho chladiva	DB-SD
7.2.1.14.4	Strata odvodu zostatkového tepla následkom porúch zariadení	DB-SD
7.2.1.14.5	Zvýšenie množstva chladiva v primárnom okruhu	DB-SD
7.2.1.14.6	Udalosti s chladením bazénu skladovania vyhoreného jadrového paliva	DB-SD
7.2.1.14.7	Poškodenie bazénu skladovania vyhoreného paliva počas výmeny jadrového paliva	DB-SD
7.2.1.15	Vybrané nadprojektové havárie	
7.2.1.15.1	Dlhodobá a úplná strata vnútorných aj vonkajších zdrojov elektrického napájania počas špecifikovanej doby	BDB
7.2.1.15.2	Dlhodobá strata konečného odvodu tepla	BDB
7.2.1.15.3	Úplná strata napájacej vody	BDB
7.2.1.15.4	Únik primárneho chladiva kombinovaný so zlyhaním havarijného chladenia aktívnej zóny	BDB
7.2.1.15.5	Strata chladiva v reaktore v režime chladenia prirodzenou cirkuláciou	BDB
7.2.1.15.6	Úplná strata technickej vody	BDB
7.2.1.15.7	Strata odvodu tepla z aktívnej zóny pri odstavenom reaktore	BDB
7.2.1.15.8	Strata chladenia bazénu skladovania vyhoreného jadrového paliva	BDB
7.2.1.15.9	Nekontrolované zriedenie kyseliny boritej v reaktore	BDB
7.2.1.15.10	Roztrhnutie viacerých teplo-výmenných rúrok parogenerátora	BDB
7.2.1.15.11	Roztrhnutie parovodu spojené so súčasným prasknutím teplo-výmennej rúrky parogenerátora	BDB
7.2.1.15.12	Strata požadovaných bezpečnostných systémov potrebných v dlhodobej fáze po postulovanej iniciačnej udalosti	BDB
7.2.1.15.13	Roztrhnutie hlavných tlakových komponentov	BDB

7.2.1.1.3 Zásah prevádzkového personálu

Zásahy operátora použité v analýzach bezpečnosti riešených v PpBS MO34 sú aplikované podľa [II.3], [II.5], [II.6] a pre účely kapitoly 7.2.1 sú rozdelené do nasledujúcich skupín.

- a) Zásahy operátora, ktoré sú príčinou analyzovanej udalosti (napr. nesprávne zavezenie palivového článku, chybné uzatvorenie HUA, chybné uvedenie VT čerpadla HSCHZ do činnosti a podobne).

Takýto zásah operátora vzniká chybnou manipuláciou so systémom alebo komponentom a spôsobí vznik samotnej iniciačnej udalosti. Vždy je uvažovaný na začiatku IU.

- b) Zásahy operátora uvažované v konzervatívnych analýzach, teda v analýzach IU, ktoré sú zaradené do kategórie projektových havárií alebo očakávaných udalostí.

Takéto zásahy sa uvažujú v súlade s platnými havarijnými prevádzkovými predpismi (EOP). Realizácia takýchto zásahov je však oneskorená po vzniku iniciačnej udalosti. Cieľom zásahov je preukázať, že po určitom čase po IU je správnym zásahom operátora možné uviesť JE do bezpečného a stabilizovaného stavu (napr. pri IU s únikom chladiva I.O. do II.O. cez poškodený PG je potrebné preukázať, že správny zásah operátora vedie k zastaveniu úniku a zabráneniu vyčerpania nádrží HSCHZ).

- c) Zásahy operátora v analýzach bezpečnosti riešených s realistickým prístupom, teda vo vybraných nadprojektových haváriách.

V tejto skupine sa so zásahmi operátora uvažuje v súlade s príslušnými havarijnými predpismi (EOP). Cieľom zásahov operátora v prípade riešenia vybraných nadprojektových havárií je preukázať, že daná udalosť je zvládnuteľná s použitím všetkých dostupných prostriedkov a opatrení uvažovaných v projekte, a že pri aplikácii realistického prístupu v súlade s metodikou pre hodnotenie vybraných nadprojektových havárií nedôjde k narušeniu kritérií prijateľnosti stanovených pre danú kategóriu iniciačných udalostí.

S výnimkou prípadov, kedy je nesprávny zásah operátora príčinou iniciačnej udalosti sa predpokladá, že operátor v priebehu prvých minút nevykoná žiadne zásahy. V prípade jasnej a spoľahlivej indikácie však v analýze bezpečnosti možno výnimočne uvažovať, že doba na reakciu obsluhy je kratšia, a to iba v prípade, ak je možné daný zásah vykonať z blokovej dozorne. Pri uvažovaní zásahu obsluhy JZ je možné predpokladať, že zásah bude vykonaný správne. Nepožaduje sa uvažovať, že sa obsluha pomýli pri vykonávaní zásahu, ani že nastane nejaké ďalšie zlyhanie [II.3].

7.2.1.1.4 Počiatočné a okrajové podmienky a konzervativizmus bezpečnostných analýz

Cieľom analýzy a jej vyhodnotenia je preukázať, že v priebehu daného procesu, ktorý vznikol následkom iniciačnej udalosti, nedôjde k narušeniu kritérií prijateľnosti ani pri uplatnení primeranej miery konzervatívnosti pri zostavovaní podmienok výpočtu, vrátane následných zlyhaní po IU, zlyhaní od jednoduchej poruchy a poruchy so spoločnou príčinou.

V prípade zlyhania zariadenia v dôsledku iniciačnej udalosti, ktoré vedie k negatívnejším výsledkom, je takéto zlyhanie uvažované v analýzach bezpečnosti a popísané v príslušnej kapitole PpBS.

Konzervativizmus výpočtových analýz je zabezpečený voľbou vstupných údajov, okrajových a počiatočných podmienok, rešpektovaním možných nepresností v nastavení parametrov a prijímaním dodatočných obmedzujúcich predpokladov (napr. aplikácia kritéria jednoduchej poruchy). Ďalej uvedený prístup je jednotne aplikovaný na všetky analyzované procesy. Konkrétna aplikácia prístupu, vrátane prípadných

špecifik pre vybrané scenáre, ako aj príslušné odôvodnenie analyzovaných scenárov, je detailne popísané v texte jednotlivých podkapitol kapitoly 7.

Vstupné údaje sú volené takým spôsobom, aby priebeh procesu bol čo najnepriaznivejší vzhľadom na dosahované hodnoty limitujúcich parametrov. Pre každú analyzovanú iniciačnú udalosť bolo stanovené, ktoré kritériá prijateľnosti sú relevantné a ktoré fyzikálne parametre sú limitujúce (limitujúce parametre sú tie, ktoré ovplyvňujú splnenie overovaného kritéria prijateľnosti). Pre každé relevantné kritérium prijateľnosti bol vždy urobený výber počiatočných a okrajových podmienok, nastavenie bezpečnostných a poistných zariadení a bol aplikovaný princíp jednoduchej poruchy. Takto sa zabezpečí, že žiadna reálna udalosť s analogickým účinkom a rozsahom zlyhania zariadení a systémov nemôže mať horší priebeh vzhľadom na preverované kritérium prijateľnosti.

Pokiaľ je pre uvažovaný typ udalosti pri overovaní rôznych kritérií prijateľnosti možná rôzna voľba počiatočných a okrajových podmienok (pričom nie je zrejmý ich dopad), boli vykonané citlivostné výpočty s cieľom oceniť vplyv danej voľby.

Výpočtovú analýzu je možné ukončiť po dosiahnutí stabilizovaného stavu, keď sledované kritérium prijateľnosti nemôže byť porušené a pre dosiahnutie a udržiavanie bezpečného stavu sú v činnosti požadované systémy.

7.2.1.1.4.1 Zdroje vstupných dát

Primárne vstupné údaje pre vytváranie výpočtového modelu ako aj pre jednotlivé scenáre v rozsahu kapitoly 7.2.1 sú uvedené v kapitole 7.2.0, ktorá bola zostavená z projektovej základne blokov JE MO34 ako aj z ostatných relevantných kapitol PpBS MO34 a tvorí súhrn vstupných dát pre deterministické analýzy bezpečnosti.

Hodnoty tlakov určované meracími prístrojmi na JE MO34 budú v prevažnej miere udávané ako „pretlak“ voči atmosferickému tlaku. Tlaky, ktoré sú počítané termohydraulickými výpočtovými kódmi (napr. RELAP5, MELCOR), sú „absolútne“. Preto sú v kapitole 7.2.1 PBS zásadne používané „absolútne“ tlaky. Pre jednoznačnosť sú tiež kritériálne hodnoty tlakov, tlaky pre otváranie a zatváranie ventilov a ďalšie uvádzané v absolútnych jednotkách - MPa^{abs}.

7.2.1.1.4.2 Základné parametre bloku

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené základné parametre bloku, definujúce stavy bloku s nominálnym výkonom reaktora 1375 MW. V stĺpci „Interval“ je uvedený celkový uvažovaný interval hodnôt daného parametra z hľadiska počiatočných podmienok bezpečnostných analýz, t.j. hodnoty charakterizujú prípadný povolený interval nominálnej hodnoty, vrátane odchýlky stanovenia konkrétnej hodnoty v normálnej prevádzke.

Tab. 7.2.1.1-3 Základné parametre bloku pre výkon reaktora 1375 MW

Por. číslo	Parameter	Rozmer	Nominálna hodnota
1	Tepelný výkon reaktora	MW	1375
		%	100
2	Tlak v I.O. (na výstupe z TNR)	MPa ^{abs}	12,36
3	Hladina v KO (od dna)	m	6,495
4	Hmotnostný prietok cez reaktor	kg/s	9243
	Objemový prietok cez reaktor	m ³ /hod	42600
5	Hmotnostný prietok cez AZ	kg/s	8734
6	Hmotnostný prietok cez HK	kg/s	24,84
	Objemový prietok cez HK	m ³ /hod	114,5
7	Tlak v HPK	MPa ^{abs}	4,54
8	Hladina v PG (regulátor)	m	2,105
	Hladina v PG (AO1/ESFAS)	m	2,010
9	Teplota chladiva na vstupe do reaktora	°C	268,0
10	Teplota chladiva na výstupe z reaktora	°C	296,7
11	Prestup tepla v PG	-	-
12	Teplota NV (do PG)	°C	215,8

Poznámky:

- 1) Nominálna hodnota pre minimálny kontrolovaný výkon je menšia ako 30,0 MW. V TH analýzach predstavuje táto hodnota súčet výkonu zo štiepenia a zostatkového výkonu.
- 3) Nominálna hodnota hladiny v KO 6,495 m odpovedá nominálnemu výkonu reaktora 1375 MW a strednej teplote primárneho chladiva 281 °C. Široký interval (používaný v konzervatívnych analýzach) pokrýva odchýlky meracieho reťazca ako aj povolený rozsah pre udržiavanie hladiny KO počas prevádzky.
Nominálna hodnota hladiny v KO 4,76 m odpovedá minimálnemu kontrolovanému výkonu reaktora a strednej teplote primárneho chladiva 260 °C. Nepresnosť stanovenia tejto hodnoty je $\pm 0,17$ m.
- 5, 6) Prietok chladiva cez AZ je stanovený ako prietok chladiva cez reaktor bez prietoku cez obtok AZ. Prietok obtokom AZ bol uvažovaný 5,5 % z celkového prietoku cez reaktor, čo predstavuje konzervatívnu hodnotu, lebo v [I.21] je uvedená hodnota 5,21 - 5,22 %. Prietok chladiva cez horúcu kazetu je nižší ako 1/349 prietoku cez AZ a je stanovený na základe [I.21].
- 8) Hladina v PG s nominálnou hodnotou 2,105 m (PG_{reg}) je hladina, ktorá je meraná v intervale $\pm 0,35$ m. Táto hladina slúži na reguláciu hladiny v PG. Nominálna hodnota 2,105 m je rovnaká pre meranie na JE ako v TH modeli pre výpočtový program RELAP5. Hladina PG_{reg} je použitá na stanovenie počiatočnej hodnoty v TH výpočtoch (nominálna alebo konzervatívna voľba).
Hladina v PG s nominálnou hodnotou 2,01 m (PG_{AO1/ESFAS}) je hladina, ktorá vstupuje do signálov bezpečnostných systémov. Jej počiatočná hodnota závisí od počiatočnej hodnoty PG_{reg} ale aj počiatočného výkonu reaktora.
- 9, 10) S cieľom dosiahnuť interval od 265 °C do 270 °C pre počiatočnú hodnotu teploty chladiva na vstupe do reaktora, musí byť v TH modeli použitý nominálny a minimálny prestup tepla v PG. Nižšie hodnoty, uvedené v stĺpci „Interval“, sú dosiahnuté, keď je použitý nominálny prestup tepla v PG a vyššie hodnoty sú dosiahnuté, keď je použitý minimálny prestup tepla v PG.
Pre minimálny kontrolovaný výkon je nominálna hodnota teploty chladiva na vstupe do reaktora rovná 260 °C a uvažovaný interval je od 258 do 262 °C.

7.2.1.1.4.3 Bezpečnostné a riadiace systémy

Bezpečnostné systémy

Okrajové podmienky analýz bezpečnosti sú definované tak, aby korešpondovali s projekčným prístupom, podľa ktorého má byť pre **bezpečnostné** systémy (t.j. u systémov zabezpečujúcich bezpečnostné funkcie) zaručená odolnosť proti jednoduchej poruche. Aplikovanie kritéria jednoduchej poruchy v čo najširšom rozsahu v analýzach predstavuje akceptovateľnú mieru konzervativizmu pre hodnotenie bezpečnosti. V analýzach vykonaných s použitím konzervatívneho prístupu je aplikovaná taká jednoduchá porucha, ktorá má v analyzovanej IU najnepriaznivejšie následky na sledované kritériá prijateľnosti. Dôležitou požiadavkou na bezpečnostné systémy teda je, že dôsledky iniciačnej udalosti a jednoduchej poruchy (a nimi vyvolaných závislých porúch) nesmú spôsobiť nevykonanie stanovenej bezpečnostnej funkcie v takom rozsahu, že nebudú splnené kritériá prijateľnosti pre danú kategóriu iniciačných udalostí. To znamená, že systémy musia byť odolné proti účinkom udalostí, pre ktoré sú projektované, čiže musí byť splnená požiadavka kvalifikácie bezpečnostných systémov v celom funkčnom reťazci.

Nový systém automatického odstavenia reaktora, ktorý plní funkciu rýchleho odstavenia reaktora od technologických príčin, je systémy s voľne programovaným softvérom, musí byť odolný aj voči poruche so spoločnou príčinou.

Ako bezpečnostné systémy sú klasifikované nasledujúce systémy MO34 (podľa kapitoly 5.3 PpBS):

- Automatické odstavenie reaktora,
- ESFAS - systém zaistenia bezpečnosti,
- Vysokotlakový systém HSCHZ,
- Nízkotlakový systém HSCHZ - aktívny i pasívny,
- Sprchový systém hermetických boxov,
- Systém na seizmické dochladzovanie,
- Vákuo-barbotážny systém,
- Systém superhavarijného napájania PG,
- Systém technickej vody dôležitej,
- Zaistené elektrické napájanie I. kategórie,
- Zaistené elektrické napájanie II. kategórie (DG),
- Poistné ventily KO (PV KO),
- Poistné ventily PG (PV PG),
- Prepúšťacie stanice do atmosféry na parovodoch (PS-A PG),
- RČA na parovodoch,
- RČA na napájacej vode,
- RČA na oddelení hermetickej zóny,
- RČA na oddelení seizmických a neseizmických zariadení,
- Rušič vákua.

Riadiace systémy

Riadiace systémy sú systémy, ktoré nespĺňajú kritériá stanovené pre bezpečnostné systémy. Do skupiny riadiacich systémov sú zaradené systémy a komponenty normálnej prevádzky. Kritérium jednoduchej poruchy sa týchto systémov nedotýka, takže ho nie je možné aplikovať pri odvodzovaní okrajových podmienok vo vzťahu k ich prevádzkyschopnosti. V súlade s aplikovaným konzervativizmom na vykonávanie bezpečnostných analýz je spôsob uvažovania prevádzkyschopnosti riadiacich systémov nasledovný:

- riadiaci systém sa uvažuje, ak jeho správna činnosť zhoršuje priebeh parametrov, pre ktoré sa overuje splnenie kritérií prijateľnosti,
- riadiaci systém sa neuvažuje, ak jeho správna činnosť zlepšuje priebeh parametrov, pre ktoré sa overuje splnenie kritérií prijateľnosti.

V súlade s doporučeným spôsobom sa v bezpečnostných analýzach nepredpokladá, že riadiaci systém pracuje nesprávne (v rozpore s projektom) a zhoršuje priebeh parametrov, pre ktoré sa overuje splnenie kritérií prijateľnosti. Výnimkou sú prípady, že nesprávna funkcia riadiaceho systému je analyzovanou iniciačnou udalosťou alebo je s ňou príčinne spojená.

Medzi riadiace systémy sú zaradené nasledujúce systémy MO34:

- Systém obmedzenia výkonu reaktora,
- Systém riadenia výkonu reaktora,
- Systém ovládania kaziet HRK,
- Regulátor turbíny,
- Systém regulácie tlaku v I.O.,
- Systém normálneho doplňovania do I.O.,
- Systém normálneho napájania PG vrátane regulácie hladiny,
- Systém havarijného napájania PG,
- OV KO,
- RZV TG,
- RV TG,
- HPU k TG,
- Sekčné armatúry na HPK,
- PSK.

Výnimku z aplikácie uvažovania riadiacich systémov v analýzach bezpečnosti predstavujú hlavné cirkulačné čerpadlá a elektronapájacie čerpadlá, pretože ich činnosť je potrebná na dosiahnutie počiatočného nominálneho stavu JE. To znamená, že ich činnosť je uvažovaná, pokiaľ nie sú odstavené príslušným technologickým signálom počas analyzovania iniciačnej udalosti alebo pokiaľ nie sú súčasťou iniciačnej udalosti.

7.2.1.1.4.3.1 Rýchle odstavenie reaktora

V rámci kapitoly 7.2.1 budú tieto signály označované ako AO1 signály.

Rýchle odstavenia reaktora je realizované pri pôsobení signálov z nasledovných systémov:

- systém automatického (rýchleho) odstavenia reaktora,
- diverzitný systém automatického (rýchleho) odstavenia reaktora,
- systém merania vonkajšieho neutrónového toku,
- seizmický monitorovací systém (signály z tohto systému sa v TH analýzach neuvažujú alebo sú modelované časom vzniku signálu)

Rýchle odstavenia reaktora od technologických signálov je realizované systémami, ktorých pravdepodobnosť zlyhania na výzvu je menšia ako $5 \cdot 10^{-6}$ [I.4].

Rýchle odstavenia reaktora od neutrónovo-fyzikálnych signálov je realizované systémom, ktorého pravdepodobnosť zlyhania na výzvu je menšia ako $5 \cdot 10^{-6}$ [I.5].

Pri modelovaní zásahu automatizovaného odstavenia reaktora sa vychádzalo z podobných zásad, aké boli uvažované pri tvorbe konzervatívnych počiatkových a okrajových podmienok, v rámci doteraz známych poznatkov:

- Hodnota parametra, od ktorého sa inicioval signál, sa volí v rámci predpokladanej odchýlky tak, aby to malo najnevhodnejší efekt na priebeh procesu z hľadiska sledovaného kritéria prijateľnosti.
- Je zohľadnené predpokladané reálne oneskorenie celého meracieho reťazca, to znamená, že oneskorenie medzi iniciáciou signálu AO1 a začiatkom pohybu HRK je uvažované 2 s.
- Je zohľadnená konzervatívna rýchlosť vnosu zápornej reaktivity do reaktora pri zapôsobení AO1. To znamená, že účinnosť AO1 na polohe HRK bola transformovaná do časovej závislosti.
- Signály od periódy sa uvažujú len v prípade, že analýza je vykonaná dynamickým N-F programom (napr. DYN3D), v ktorom je aplikovaná mnohobodová kinetika reaktora. V prípade analýz vykonaných systémovým programom (napr. RELAP5), v ktorom je použitá jednobodová kinetika, sa signály od periódy neuvažujú.

Nominálne hodnoty pre činnosť signálov AO1 sú uvedené v príslušnej literature, nepresnosti pre nastavenie signálov AO1 sú uvedené v [I.6].

7.2.1.1.4.3.2 Systém ESFAS

Nominálne hodnoty pre činnosť signálov ESFAS sú uvedené v príslušnej literature, nepresnosti pre nastavenie signálov ESFAS sú uvedené v [I.6].

Pri modelovaní jednotlivých signálov ESFAS bolo zohľadnené predpokladané reálne oneskorenie celého meracieho reťazca, to znamená, že oneskorenie medzi signálom na ESFAS a začiatkom činnosti akčného člena bolo uvažované 2 s.

7.2.1.1.4.3.3 Poistné a regulačné zariadenia

Nominálne hodnoty pre činnosť signálov poistných a regulačných zariadení sú uvedené v príslušnej literatúre.

7.2.1.1.4.3.4 HSCHZ

Tab. 7.2.1.1-4 Okrajové podmienky pre HSCHZ

Por. číslo	Parameter	Rozmer	Nominálna hodnota
1	Teplota vody pre VTČ	°C	48 - 55
2	Koncentrácia H_3BO_3 pre VTČ	g/kg	40
3	Teplota vody pre NTČ	°C	48 - 55
4	Koncentrácia H_3BO_3 pre NTČ	g/kg	12
5	Teplota vody v HA	°C	55 - 60
6	Koncentrácia H_3BO_3 v HA	g/kg	12
7	Objem chladiva v HA	m ³	40,5
	Celkový objem HA	m ³	60
8	Pracovný tlak v HA	MPa ^{abs}	3,50

7.2.1.1.4.3.5 Čerpadlá

Normálne doplňovacie čerpadlo (NDČ)

Pri modelovaní činnosti NDČ sa vychádzalo nasledovných poznatkov:

- Systém normálneho doplňovania do I.O. je riadiaci systém a v analýzach bezpečnosti sa uvažuje len vtedy, keď jeho činnosť zhoršuje sledované parametrv.
- Z hľadiska kompenzácie objemu chladiva v I.O. pracuje systém doplňovania a odpúšťania v týchto režimoch:

Superhavarijné napájacie čerpadlo (SHNČ)

V analýzach bezpečnosti je uvedená len nominálna charakteristika SHNČ, pretože na zriadenie prietoku zo systému SHN do PG je potrebná činnosť operátora, ktorý reguluje prietok chladiva do PG podľa platných predpisov.

7.2.1.1.4.4 Kritérium jednoduchkej poruchy

Bezpečnostný systém musí byť schopný vykonať bezpečnostné úlohy potrebné pre zabezpečenie bezpečnostnej funkcie v prípade vzniku iniciačnej udalosti, vrátane uvažovania jednoduchkej poruchy v systéme. Pohotovosť a funkčnosť bezpečnostných systémov a komponentov je teda vo väčšine prípadov určená podľa kritéria jednoduchkej poruchy [II.3]. V súlade s kritériom jednoduchkej poruchy sa požaduje, aby bezpečnostný systém bol schopný vykonať požadované funkcie a to i v prípade jednoduchkej poruchy systému alebo komponentu potrebného na obmedzenie následkov udalosti so zahrnutím všetkých následných zlyhaní zapríčinených jednoduchou poruchou (závislé poruchy).

Pre aplikáciu kritéria jednoduchkej poruchy v deterministických analýzach platia nasledujúce zásady:

- Kritérium jednoduchkej poruchy sa aplikuje na každý bezpečnostný systém. V prípade, keď projekt zabezpečuje extrémnu spoľahlivosť (napr. AO1), aplikácia jednoduchkej poruchy nemá vplyv na plnenie funkcie tohto systému. Nad rámec uvažovania jednoduchkej poruchy sa však vo všetkých TH analýzach vypracovaných pri uplatnení primeranej miery konzervatívnosti uvažuje zaseknutie najúčinnejšej kazety HRK v hornej koncovej polohe.
- Kritérium jednoduchkej poruchy sa aplikuje na bezpečnostnú skupinu, teda nielen na systémy iniciujúce činnosť bezpečnostných systémov ale i na pomocné systémy, nutné pre činnosť bezpečnostných systémov.
- Pri uvažovaní zlyhaní sa nemusí predpokladať zlyhanie pasívnej komponenty projektovanej, vyrobenej, kontrolovanej a udržiavanej na extrémne vysokej úrovni zabezpečenia kvality. Takýto prístup však musí byť zdôvodnený a do úvahy sa musí vziať i celkový časový interval, počas ktorého sa po vzniku iniciačnej udalosti požaduje funkčnosť komponenty. Čím je tento interval dlhší, tým je potrebné zvážiť možnosť zlyhania i pasívnych komponentov.

Pretože kapitola 7.2.1 obsahuje výsledky analýz IU, v ktorých sú dosahované minimálne rezervy od sledovaných kritérií prijateľnosti, pri aplikácii jednoduchkej poruchy bolo postupované nasledovne:

- Boli vykonané citlivostné analýzy pre každú skupinu iniciačných udalostí, v ktorých boli uvažované všetky relevantné jednoduché poruchy,
- Bolo vyhodnotené, pre ktorú jednoduchú poruchu je dopad na zabezpečenie bezpečnostnej funkcie z hľadiska overovaných kritérií prijateľnosti najväčší,
- Táto jednoduchá porucha bola použitá v analýze IU.

V prípade, kedy najnepriaznivejšia hodnota sledovaného kritéria prijateľnosti je dosiahnutá pred činnosťou bezpečnostného systému, jednoduchá porucha nemusí byť uvažovaná, pretože jej aplikácia nevedie k zhoršeniu parametrov pre vyhodnocovanie kritéria prijateľnosti.

7.2.1.1.4.5 Strata napájania vlastnej spotreby

Okrem uvažovania jednoduchej poruchy je pre projektové havárie uvažovaná aj strata napájania vlastnej spotreby (SNVS). Aplikácia SNVS znamená, že k dispozícii ostanú len vnútorné havarijné zdroje (zaistené napájanie I. a II. kategórie).

SNVS sa môže predpokladať, že nastane buď súčasne s iniciačnou udalosťou alebo v čase odstavenia reaktora, či turbíny. Pri aplikácii SNVS sa bral do úvahy aj charakter procesu a sledované kritériá prijateľnosti, pretože SNVS by nemala byť aplikovaná v prípade, kedy by jej uvažovanie zmenilo charakter procesu a sledované kritérium prijateľnosti, stanovené na začiatku procesu, by bolo prekryté iným kritériom, ktoré nie je typické pre iniciačnú udalosť.

Pre očakávané udalosti sa SNVS neuvažuje, pretože samotná SNVS je v rámci analýz bezpečnosti uvažovaná ako iniciačná udalosť zaradená do skupiny očakávaných udalostí.

V analýzach uvedených v kapitole 7.2.1 dochádza k spusteniu APS v prípade, že je uvažovaná SNVS.

7.2.1.1.4.6 Neutrónovo-fyzikálne charakteristiky

7.2.1.1.4.6.1 Zostatkový výkon reaktora

Časový priebeh zvyškového výkonu reaktora, t.j. výkonu po jeho odstavení, pri výpočtovej simulácii prechodového procesu kódom RELAP5, je stanovovaný priamo výpočtovým programom podľa štandardu ANSI/ANS-5.1, označovaného ako ANS-79 [II.10].

Priebehu zostatkového výkonu reaktora po odstavení bola stanovený na základe výpočtu systémom SCALE 6 [III.5], modulom ORIGEN-S [III.6]. Knižnica konštánt pre modul ORIGEN-S bola pripravená modulom TRITON. Ako východzia knižnica sa použila 44GROUPNDF5. Výpočty zvyškového výkonu boli realizované pre stacionárnu kampaň s palivom Gd-II a pre nominálny výkon reaktora 1375 MW. Presnosť výpočtu zostatkového výkonu je 2,3 % [III.5]. Priebeh zostatkového výkonu po odstavení reaktora bol stanovený pre nominálne hodnoty ako aj pre hodnoty konzervatívne zvýšené o 2σ . Hodnoty zostatkového výkonu, ktoré boli použité v analýzach v rámci kapitoly 7.2.1, sú porovnané v nasledovnej tabuľke s hodnotami vypočítanými programom SCALE 6. Validácia výpočtového programu SCALE 6 je uvedená v [III.7].

Pre všetky analýzy kódom RELAP5, v ktorých je zostatkový výkon konzervatívne zvýšený, bola použitá závislosť „RELAP5 max“. Je zrejmé, že táto voľba zabezpečuje vyšší (konzervatívny) zostatkový výkon v porovnaní hodnotami vypočítanými systémom SCALE 6, zvýšenými o dvojnásobok strednej kvadratickej odchýlky. V prípade času analýzy 86400 s (24 hodín) po odstavení reaktora je vo výpočtoch programom RELAP5 použitá priamo hodnota z výpočtu výpočtovým systémom SCALE 6 (sú to analýzy pre odstavený reaktor, kedy sa model kinetiky v programe RELAP5 neuvažuje a zostatkový výkon je zadávaný tabuľkovou formou).

7.2.1.1.4.6.2 Priestorová distribúcia výkonu v AZ

Rozdelenie výkonu v AZ a výkon horúceho kanála je definované podľa [III.4], ktorá bola vypracovaná pre Gd-II palivo s priemerným obohatením 4,87 % a výkonom reaktora 1375 MW.

Axiálne rozloženie výkonu pre stredný aj pre horúci kanál bolo pretransformované do 10 úsekov (voľba vyplývajúca z nodalizácie modelu pre kód RELAP5, optimalizovaný počet nódov). Pritom je zabezpečené, že maximálna hodnota lineárneho výkonu (v jednom axiálnom nóde, v súvislosti s definíciou výkonov danej kazety a prútika) dosahuje maximálnu dovolenú hodnotu pre axiálne rozloženie výkonu na začiatku ako aj na konci kampane.

Jednotlivé axiálne úseky AZ sú číslované vzostupne v smere prúdenia (úsek č. 1 je priradený oblasti na vstupe do AZ – dolná časť AZ; úsek č. 10 označuje časť AZ na jej výstupe, t.j. oblasť hornej časti AZ).

Aktívna zóna je modelovaná piatimi hydraulickými paralelnými kanálmi:

- priemerný kanál modelujúci 1/3 aktívnej zóny s možnosťou zaplavenia zhora,
- priemerný kanál modelujúci 2/3 aktívnej zóny bez možnosti zaplavenia zhora,
- horúca kazeta,
- horúci adiabatický kanál (prestup tepla z kanála do okolitého prostredia sa neuvažuje, je reprezentovaný jedným horúcim PP a tomu odpovedajúcim prietochným prierezom),
- bypass.

Výkon jednotlivých častí AZ je modelovaný pomocou tepelných štruktúr a je uvedený v [III.2]. Vo vstupných súboroch pre výpočtové programy sú modelované palivové prútky typu TVEL (bez Gd) ako aj TVEG (s Gd). Vo všetkých hydraulických kanáloch (okrem bypassu), je modelovaný horúci PP typu TVEL ako aj TVEG. Rozdelenie výkonu v modeli AZ zohľadňuje požadované limity.

7.2.1.1.4.6.3 Neutronovo-fyzikálne charakteristiky AZ

Neutronovo-fyzikálne charakteristiky AZ pre modelovanie termohydraulických procesov boli stanovené na základe analýzy ich vplyvu z hľadiska konzervatívnosti, pričom sa vychádzalo z hodnôt, uvedených v [III.4]. Z množiny hodnôt, charakterizujúcich celkový potenciálny rozptyl parametrov v závislosti na teplote paliva, hustote moderátora, vyhorení palivovej záťažky (začiatok/koniec kampane pre reprezentatívnu kampaň ako aj pre prvú kampaň) a koncentrácie bóru v moderátore, boli pre termohydraulické analýzy vybrané hraničné hodnoty parametrov, ktoré sú uvedené v nasledujúcom texte. Pritom je treba upozorniť na to, že výber hodnôt pokrýva tiež možné zmeny v priebehu kampane. Pre definíciu scenárov preto nie je potrebné posudzovať stav vyhorenia AZ v tých prípadoch, kedy je vplyv axiálneho rozloženia výkonu v palivovej kazete nevýznamný. Všetky parametre boli stanovené z reprezentatívneho (konzervatívneho) palivového cyklu, ktorý pokrýva 13 palivových cyklov (2. až 14. palivová kampaň) ako aj pre prvú kampaň.

Vektory reaktivity sú uvedené v \$ alebo v %. Pre prepočet z % na \$ je použitý prístup pre zachovanie dostatočnej konzervatívnosti:

- ak v kritickej etape procesu výkon rastie, potom je maximálna rýchlosť zmeny výkonu vtedy, ak je β malé, Δ malé (prepočítaná závislosť ďalej označovaná ako „ β -min“),
- ak v kritickej etape procesu výkon klesá, potom je minimálna rýchlosť zmeny výkonu vtedy, ak je β veľké, Δ veľké (prepočítaná závislosť ďalej označovaná ako „ β -max“).

Pod pojmom „kritická etapa procesu“ sa rozumie ten časový interval havárie alebo očakávanej udalosti, kedy zmena výkonu ovplyvňuje sledované kritériálne parametre. V niektorých prípadoch je kritická etapa procesu zhodná s dosiahnutím najnepriaznivejších kritériálnych hodnôt. Napríklad pre iniciačnú udalosť zo skupiny „Zvýšenie odvodu tepla z I.O. sekundárnym okruhom“ výkon reaktora rastie a spolu s ním rastie teplota paliva, pričom rast výkonu reaktora ako aj rast teploty paliva je zastavený činnosťou AO1. Niekedy sú však najnepriaznivejšie kritériálne hodnoty dosahované až po odstavení reaktora. Typickým príkladom je LOCA havária, kedy výkon reaktora klesá od začiatku havárie vplyvom spätných väzieb a čas odstavenia reaktora AO1 je závislý od veľkosti únikového otvoru. Najnepriaznivejšie kritériálne hodnoty (maximálna teplota pokrytia) sú však dosahované v čase zaplavovania AZ, kedy je reaktor hlboko podkritický. V takomto prípade je kritická etapa procesu z hľadiska zmeny výkonu hneď od začiatku havárie až do času, kedy je reaktor odstavený (výkon reaktora je tvorený len zvyškovým výkonom).

V súlade s týmto prístupom sú v tabuľkách difúzných parametrov, resp. závislostí uvedené pre každý typ závislosti príslušné dve prepočítané hodnoty, resp. závislosti.

Konzervatívne hodnoty difúzných parametrov boli odvodené z reprezentatívnych charakteristík, uvedených v [III.4]. Výber hodnôt pre jednotlivé procesy bol v súlade s požiadavkami konzervatívnosti tak, aby výsledný efekt bol v znížení rezervy kritériálnych parametrov.

Ak je konzervatívnym efektom dosiahnutie vyššieho výkonu reaktora pred, resp. v čase dosiahnutia minimálnych rezerv kritériálnych parametrov (najvyšší rast alebo najmenší pokles), potom pre procesy, v ktorých dochádza k zmene parametra podľa prvého stĺpca nasledovnej tabuľky, bola volená zodpovedajúca závislosť koeficientov reaktivity. Ak je konzervatívnym efektom dosiahnutie nižšieho výkonu reaktora, boli volené opačné závislosti

Tab. 7.2.1.1-5 Konzervatívna voľba závislostí koeficientov reaktivity

Zmena parametra (dôsledok iniciačnej udalosti)	Typ závislosti koeficientov reaktivity od:		
	hustoty moderátora	teploty paliva	koncentrácie bóru
Hustota moderátora klesá	Slabý	-	-
Hustota moderátora rastie	Silný	-	-
Teplota paliva klesá	-	Silný	-
Teplota paliva rastie	-	Slabý	-
Koncentrácia bóru klesá	-	-	Silný
Koncentrácia bóru rastie	-	-	Slabý

Koeficient iba od teploty moderátora (bez uvažovania zmeny hustoty) má z fyzikálneho hľadiska malý vplyv. Pre voľbu „separable“ (pre RELAP5) predstavuje opravu koeficienta od zmeny hustoty chladiva. Spätná väzba od zmeny hustoty moderátora je opačná ako je spätná väzba od zmeny teploty moderátora, z tohto dôvodu je potrebné voliť opačné koeficienty reaktivity od týchto dvoch parametrov (napr. ak je koeficient od zmeny hustoty moderátora volený ako „slabý“, tak od zmeny teploty moderátora bude volený ako „silný“).

Diskusia vplyvu jednotlivých parametrov a odôvodnenie výberu konkrétnej závislosti je súčasťou definície scenárov analyzovaných procesov, spolu s diskusiou príspevku vplyvu kinetických parametrov podľa β_{ef} .

Pri výbere konzervatívnych hodnôt v jednotlivých scenároch sa berú do úvahy nasledovné body:

- Stav kampane - pre začiatok kampane sa volia koeficienty reaktivity označené ZAC, pre koniec kampane koeficienty reaktivity označené KON,
- Spätná väzba - silná alebo slabá. Pre túto voľbu je potrebné vziať do úvahy, či zmena parametra (hustota moderátora, teplota paliva, ..) vedie k zvýšeniu alebo zníženiu výkonu reaktora a či v procese je konzervatívne zvýšenie výkonu reaktora alebo zníženie. Napríklad: V priebehu procesu hustota moderátora rastie, to vedie k rastu výkonu reaktora. Takže v prípade, že vyšší výkon reaktora je konzervatívny, bude aplikovaná silná spätná väzba od hustoty moderátora, pretože tá vedie k prudšiemu rastu výkonu reaktora.
- Hodnota β_{ef} a Δ - ak je konzervatívnejšia rýchla zmena výkonu reaktora, je aplikovaná „minimálna“ hodnota β_{ef} a Δ , ak je konzervatívnejšia pomalá zmena výkonu reaktora, je aplikovaná „maximálna“ hodnota β_{ef} a Δ .
- Prvá kampaň - na začiatku prvej kampani je moderátorový koeficient reaktivity kladný. V analýzach vypracovaných programom RELAP5 je moderátorový koeficient reprezentovaný tromi separátnymi koeficientmi - od zmeny hustoty chladiva, od zmeny teploty chladiva, od zmeny koncentrácie bóru.

Aplikácia najnepriaznivejších hodnôt týchto troch koeficientov reaktivity vedie k tomu, že celkový moderátorový koeficient reaktivity je konzervatívnejší (viac kladný) v porovnaní s koeficientom uvedeným v kapitole 6.1.1 a 6.1.3 (pozri Prílohu 05). Neutrónovo fyzikálne charakteristiky pre prvú kampaň sú v analýzach bezpečnosti aplikované vtedy, keď vedú k dosiahnutiu nepriaznivejších výsledkom z hľadiska sledovaných kritérií prijateľnosti. Predpokladá sa, že začiatok prvej kampane je konzervatívny pre tie iniciačné udalosti, v ktorých výkon reaktora na začiatku havárie rastie a v ktorých sú najnepriaznivejšie hodnoty dosahované pred odstavením reaktora signálom AO1. Špecifické analýzy s neutrónovo fyzikálnymi charakteristikami pre začiatok prvej kampane boli vypracované v rámci [I.16] a sú uvedené v [III.49].

7.2.1.1.5 Aplikácia metodiky vykonávania analýz bezpečnosti

V tejto kapitole je uvedená aplikácia metodiky vykonávania analýz bezpečnosti pre iniciačné udalosti, pre ktoré je potrebné bližšie špecifikovať údaje uvedené v kapitole 7.2.1.1.4. Úprava a doplnenie metodiky vykonávania analýz bezpečnosti je potrebná pre nasledovné analýzy:

- Analýzy udalostí s vnosom reaktivity a anomálií v rozdelení výkonu,
- Analýzy vybraných nadprojektových havárií (vrátane analýz typu ATWS),
- Analýzy termicko-hydraulickej odozvy kontajneru na projektové havárie,
- Analýzy procesov typu PTS,
- Analýzy havárií a očakávaných prechodových procesov pre nevýkonové prevádzkové režimy.

7.2.1.1.5.1 Aplikácia metodiky pre analýzy udalostí s poruchami reaktivity a zmenami rozloženia výkonu (pri využití kódu DYN3D pre trojrozmerné modelovanie AZ)

Udalosti v tejto skupine IU sú charakteristické tým, že v dôsledku ich vzniku dochádza k zmene výkonu a/alebo jeho rozloženia, ktorá môže viesť k zmenšeniu bezpečnostných rezerv bloku. Pritom priestorové efekty tejto zmeny majú v niektorých procesoch významný vplyv na zníženie bezpečnosti bloku v priebehu nasledujúceho procesu alebo prevádzky. Analýzy odozvy bloku na tieto iniciačné udalosti si vyžadujú použitie vhodných kódov, riešiacich kinetiku AZ vo viacerých dimenziách. Výpočtové programy DYN3D (analýzy očakávaných udalostí a havárií) a BIPR7 (analýzy stacionárnych stavov), ktoré sú použité na trojrozmerné modelovanie procesov v AZ, riešia danú problematiku bez priameho modelovania odozvy primárneho okruhu na procesy v aktívnej zóne.

Analýzy odozvy bloku na tie iniciačné udalosti, pri ktorých sú radiálne zmeny výkonu v AZ šestinovo symetrické a nedochádza k zvyšovaniu radiálnej nerovnomernosti výkonov kaziet, sú vykonané komplexne výpočtovým programom kódom RELAP5.

Výpočty programom DYN3D boli vykonané pre úplnú geometriu aktívnej zóny. V axiálnom smere je AZ delená na 42 vrstiev. Prístup k ich riešeniu vychádza z 7.2.1.1.6.3 ako aj z [III.38], pričom boli rešpektované nasledovné zásady:

- Počiatočné podmienky AZ sú charakterizované hodnotami, ktoré rešpektujú konzervatívnosť riešenia pre definované varianty.
- Axiálne a radiálne rozloženie výkonu aplikované vo vstupnom súbore je uvedené v Prílohe 06 pre 60° segment AZ.

- Každá kazeta v AZ je charakterizovaná polohou v AZ, geometrickými, materiálovými, neutrónovo-kinetickými a termo-hydraulickými údajmi, ktoré sú nastavené tak, aby boli zabezpečené konzervatívne charakteristiky AZ (efektívnosť kaziet 6. skupiny HRK, efektívnosť systému AO1 HRK, profil zavádzania reaktivity kazetami 6. skupiny HRK) podľa [III.4].
- Celkový prietok chladiva cez AZ je charakterizovaný hodnotou, ktorá vychádza z Tab. 7.2.1.1-3 a rešpektuje konzervatívnosť riešenia.
- Definícia horúceho kanála (HK) vychádza z limitnej hodnoty maximálneho prevádzkového výkonu palivového prútika v kazete druhej generácie.
- Použité termo-fyzikálne parametre paliva a pokrytia sú vybrané ako maximálna a minimálna hodnota z definovaného rozsahu, spracované podľa [I.9] a aplikované na palivovú vsádzku AZ [III.4]. Taktiež boli vybrané maximálne a minimálne hodnoty pre závislosť súčiniteľa prestupu tepla v medzere medzi palivom a pokrytím v závislosti od vyhorenia paliva [I.11].

7.2.1.1.5.2 Aplikácia metodiky pre vybrané nadprojektové havárie

Vybrané nadprojektové havárie (označované tiež ako havárie v podmienkach rozšíreného projektu), a teda aj očakávané udalosti typu ATWS, sú vykonávané realistickým spôsobom. Prístup k ich riešeniu vychádza z [II.3] ako aj z [II.1], pričom boli rešpektované nasledovné zásady:

- Počiatočné podmienky boli vybrané ako najpravdepodobnejšie hodnoty, ktoré sa vyskytujú počas prevádzky, bez nepresností a chýb.
- Všetky systémy, vrátane riadiacich, pracujú podľa projektu, nebolo uvažované ich zlyhanie ani nadhodnotené oneskorenia zahájenia ich činnosti, ani odchýlka nastavenia pre inicializáciu signálov a pod.
- Nebol uplatňovaný predpoklad vzniku jednoduchšej poruchy v bezpečnostných systémoch.
- Nebola uvažovaná strata napájania vlastnej spotreby, ak táto nevyplývala priamo z iniciačnej udalosti.
- Ak boli pre zvrátenie nepriaznivého vývoja procesu nevyhnutné zásahy operátora, predpokladaný minimálny čas na prípravu a realizáciu činnosti operátora bol v súlade s predpismi na riešenie núdzových stavov (predpisy NS).
- Z hľadiska stavu AZ bolo rozlišované, či sa jedná o začiatok alebo koniec kampane. Pri aplikácii neutrónovo-fyzikálnych vlastností AZ (najmä koeficientov reaktivity a výkonových nerovnomerností) neboli uvažované neurčitosti a nepresnosti. Vo výpočtoch programom RELAP5 bol použitý algoritmus kinetiky, využívajúci zadanie charakteristík AZ prostredníctvom matíc (voľba „TABLE 4“) zmien reaktivity podľa určujúcich parametrov. V modeli kódu RELAP5 bola priamo aplikovaná 4-dimenzionálna matica koeficientov reaktivity, ktorá reprezentuje realistickú závislosť na základných parametroch reaktora:

$$\rho = \rho(\gamma, T_M, T_F, c_B^V)$$

kde: γ - hustota moderátora

T_M - teplota moderátora

T_F - teplota paliva

c_B^V - objemová koncentrácia bóru v chladive

Tabuľky, v ktorých je definovaná 4-dimenzionálna matica koeficientov reaktivity, sú uvedené v Prílohe 05.

Primeraná konzervatívnosť riešenia očakávaných udalostí typu ATWS a vybraných NPH bola zabezpečená aplikáciou nasledovných predpokladov:

- V prípade ATWS sa predpokladalo zlyhanie znižovania výkonu zasúvaním HRK v tom zmysle, že HRK nie sú schopné pohybu od signálov AO1. Výnimkou je proces vysúvania skupiny HRK, kedy bolo uvažované pokračovanie vysúvania až po úplné vysunutie skupiny.
- Rovnako ako pre projektové havárie, bola zohľadnená konzervatívna rýchlosť vnosu zápornej reaktivity do reaktora pri zapôsobení AO1.
- Boli vykonané citlivostné analýzy pre koniec aj pre začiatok kampane a na základe posúdenia výsledkov boli do PpBS uvedené tie varianty, v ktorých boli dosiahnuté nepriaznivejšie výsledky z hľadiska sledovaných kritérií prijateľnosti.

Konkrétna voľba počiatočných a okrajových podmienok je uvedená spolu s odôvodnením v kapitolách 7.2.1.9 a 7.2.1.15 ako súčasť definície jednotlivých scenárov.

7.2.1.1.5.3 Aplikácia metodiky pre analýzy termicko-hydraulickej odozvy kontajnementu na projektové havárie

Tie iniciačné udalosti, v dôsledku ktorých dôjde k porušeniu integrity I.O., II.O. alebo zariadení, obsahujúcich vysoko energetické médium, majú za následok zmeny parametrov v kontajnemente a zníženie relevantných bezpečnostných rezerv. Termohydraulická odozva kontajnementu na projektové havárie je riešená v kapitole 7.2.1.11.

Cieľom bezpečnostných rozborov IU z hľadiska procesov v kontajnemente je posúdenie spoľahlivosti a tesnosti kontajnementu ako poslednej bariéry pre šírenie Ra produktov do okolia. Relevantným kritériom prijateľnosti je kritérium DB-A5, reprezentované limitnými hodnotami pretlaku a podtlaku v kontajnemente. Okrem toho dávajú analýzy kontajnementu podklady pre hodnotenie radiačných následkov havárií. Kritériá pre hodnotenie radiačných následkov (DB-RA2) sa explicitne vyhodnocujú v tých prípadoch, keď dôjde v dôsledku havárie k uvoľneniu produktov štiepenia do kontajnementu a v dôsledku existencie nenulových trvalých netesností kontajnementu (v jeho neporušenom stave) k úniku časti inventára produktov do okolia.

Výpočtové analýzy procesov v kontajnemente boli vykonané výpočtovým modelom HZEMO34BS [III.43] pre program MELCOR 1.8.5 [III.44]. Model je univerzálnym modelom kontajnementu blokov VVER440/V213 na Slovensku. Potenciálne rozdiely v modelovaných objektoch sú rešpektované uvažovaním (konzervatívnym smerom) neurčitosti voľného objemu jednotlivých miestností s hodnotou neurčitosti 4%. Hodnota bola odvodená z pôvodnej neurčitosti pri vytváraní modelu (odhad pre transformáciu projektových dát, 2%), pri jej zvýšení na dvojnásobok (rozdiely medzi jednotlivými blokmi). Ostatné okrajové a počiatočné podmienky, ktoré zahŕňali špecifiká blokov EMO34, boli nastavené ako súčasť definície výpočtového scenára (viď ďalej a kapitola 7.2.1.11). Výpočty nadviazali na výpočtové modelovanie priebehu danej havárie kódom RELAP5. Konzervativizmus analýzy kódom RELAP5 bol zabezpečený podľa metodiky, uvedenej v predchádzajúcich kapitolách. Korektné nadviazanie výpočtu kódom MELCOR na výsledky analýzy procesov v I.O. a II.O. kódom RELAP5 bolo zabezpečené nasledovne:

- Okrajová podmienka, reprezentujúca pre kód MELCOR zdroj hmoty a s ňou zviazanú energiu z únikového otvoru do kontajnementu, bola daná časovým priebehom príslušných parametrov (hmoty a energie, oddelene pre vodu a paru) podľa výpočtu kódom RELAP5. Konzervatívnosť výtokových kriviek

vzhľadom k sledovanému kritériu prijateľnosti bola zabezpečená pri definícii príslušného scenára pre kód RELAP5.

- Tepelné straty z I.O., predstavujúce dodatočné zdroje energie pre atmosféru kontajnementu boli pri hodnotení maximálneho podtlaku v HZ konzervatívne zanedbané. Pre hodnotenie maximálneho tlaku a veľkosti únikov z kontajnementu sa predpokladal celkový zdroj energie (tepelných strát) zo zariadení I.O. a II.O. do boxov PG konzervatívne na nominálnej úrovni po celú dobu analyzovaného procesu.
- Ak bol zásah AO1 dôsledkom procesov v kontajnmente, bola analýza danej IU vykonaná podľa nasledovnej schémy:
 - 1. Výpočet kódom RELAP5 s neuvažovaním daného signálu AO1 (určenie výtokových kriviek do zásahu AO1),
 - 2. Výpočet kódom MELCOR pre dané okrajové podmienky (stanovenie priebehu tlaku v kontajnmente a odvodenie času zásahu AO1 s výtokovými krivkami z bodu 1 hore),
 - 3. Referenčný výpočet kódom RELAP5 so zahrnutím stanoveného času vzniku signálu AO1 (určenie referenčných výtokových kriviek),
 - 4. Referenčný výpočet procesu v kontajnmente kódom MELCOR (hodnotenie príslušného kritéria prijateľnosti s výtokovými krivkami z bodu 3 hore).

Nastavenie počiatočných a okrajových podmienok bolo realizované úpravou príslušných parametrov v modeli pre výpočtový program MELCOR, v rozsahu modifikovaných parametrov a hodnôt podľa nasledujúceho textu a tabuliek. Konkrétne voľby a odôvodnenie výberu počiatočných a okrajových podmienok, vrátane odkazov na ostatné časti bezpečnostného rozboru danej iniciačnej udalosti, sú uvedené v kapitole 7.2.1.11, ako súčasť definície a odôvodnenia jednotlivých scenárov. Pri výbere charakteristických hodnôt vstupných parametrov boli použité nasledujúce prístupy.

Celkové oneskorenie dodávky vody sprchovým systémom do boxov PG je dané:

- Časom potrebným na zaplnenie trás. Numerickou analýzou bol čas nábehu prietoku vody cez rozstrekovacie trysky na plný výkon stanovený na 30 s [III.2].
- V prípade uvažovania SNVS, časom potrebným na spustenie čerpadiel sprchového systému HZ v rámci APS.

Vzhľadom k tomu, že zásobné nádrže nízkotlakového doplňovania chladiva do I.O. sú spoločné i pre sprchový systém, objem chladiva v nádržiach NT sa prejaví zmenou času prepnutia sprchového systému na recirkuláciu chladiva z podlahy boxov. Nakoľko prepnutie sprchového systému na recirkuláciu v analýzach procesov v kontajnmente nastáva až po dosiahnutí maximálneho tlaku v HZ, má prípadná neurčitosť v čase modelovania prepnutia na recirkuláciu iba zanedbateľný vplyv na hodnotenie kritériálnych parametrov. Z dôvodu vyhodnotenia rizika pre porušenie akceptačného kritéria pre podtlak však bol čas prechodu na recirkulačný režim stanovený čo možno najpresnejšie. Čas prechodu na recirkuláciu je teda daný paralelnou prevádzkou sprchového a nízkotlakového systému. V prípade, že dôjde k vyčerpaniu VT nádrže skôr než NT nádrže, treba do celkovej bilancie zahrnúť i VT systém. Stanovenie času prechodu je potom nasledovné:

- 1. Výpočet kódom RELAP5 pre stanovenie integrálnej dodávky NTČ (prípadne VTČ) systému do I.O.

- 2. Výpočet kódom MELCOR pre stanovenie hmotnostného prietoku sprchovým systémom pri neuvažovaní režimu recirkulácie.
- 3. Pomocný výpočet pre stanovenie prechodu na recirkuláciu.
- 4. Referenčný výpočet kódom MELCOR s uvážením prechodu na režim recirkulácie.

Dodávacia charakteristika trás sprchového čerpadla je uvedená v príslušnej dokumentácii [I.1]. Pre potreby analýz odozvy kontajnementu na projektovú haváriu bola charakteristika upravená tak, aby rešpektovala konzervatívnosť nastavení okrajových podmienok pre príslušné scenáre. Pre analýzy scenárov kde sa predpokladá porušenie akceptačného kritéria pre pretlak bola dodávacia krivka znížená o 10 % pre prietok a 2 % pre tlak. Pre analýzy scenárov s možnosťou porušenia akceptačného kritéria pre podtlak bola dodávacia charakteristika naopak konzervatívne zvýšená o 10 % pre prietok a 2 % pre tlak.

Interval teplôt okolia (teplôt na vonkajšom povrchu stien, tvoriacich vonkajšiu hranicu HZ) bol zvolený pre lokalitu EMO od -30 do +40 °C, atmosférický tlak bol 100 kPa^{abs}. Voľba teploty okolia je však použitá iba pre úplnosť definície podmienok, pretože voľba teploty okolia má na dosahované tlaky zanedbateľný vplyv. Dôvodom je to, že všetky scenáre, analyzované v tejto BS sú scenáre krátkodobé z pohľadu vedenia tepla cez hrubostenné štruktúry obvodových stien. V analyzovanom intervale je vedenie tepla v stenách obmedzené výlučne na vnútorné vrstvy stien a akumuláciu tepla v nich.

V súlade s LaP [I.16] bola modelovaná limitná konfigurácia barbotážnej veže, t.j. ako to je v danom prípade konzervatívnejšie, boli dve poschodia žľabov (potenciálne pripojené k rôznym plynojemom) boli uvažované prázdne, bez vodnej náplne. V tomto prípade je voľba najnižších poschodí bez vodnej náplne konzervatívna ako pre dosahovanie maximálneho tlaku v prvej etape stredných a veľkých LOCA havárií (oneskoruje začiatok efektu kondenzácie pary v žľaboch a tým zvyšuje nárast tlaku v tejto kritickej etape procesu), tak aj pre dosahovanie podtlaku (umožňuje zvýšený únik vzduchu do plynojemov). Voľba prázdnych žľabov však vedie k zníženiu rozsahu pasívneho sprchovania. Pri hodnotení dosahovania maximálneho podtlaku je preto uvážené (ohodnotené citlivostným výpočtom) či sa jedná skutočne o konzervatívny predpoklad.

Trvalé netesnosti kontajnementu boli stanovené na projektovú hodnotu. Vo výpočtoch zameraných na úniky štiepných produktov je uvažovaná konzervatívne zvýšená hodnota. Pre hodnotenie maximálneho pretlaku, resp. podtlaku boli predpokladané konzervatívne nulové úniky, resp. nulové prisávanie vzduchu cez netesnosti.

Analýzy pre hodnotenie dosiahnutia nebezpečného podtlaku v kontajnemente boli vykonané pre scenáre, v ktorých sa na priebehu havárie rozhodujúcim spôsobom uplatnila jednoduchá porucha v sprchovom systéme HZ, v dôsledku ktorej nedošlo k ukončení činnosti spŕch pri dosiahnutí medze podtlaku pre ich vypnutie.

Neurčitosti v stanovení voľných objemov kontajnementu boli uvažované 4 % (nepresnosť určená pre použitie daného výpočtového modelu).

Súhrn počiatočných a okrajových podmienok pre definíciu jednotlivých konzervatívnych scenárov procesov v kontajnemente je uvedený v nasledujúcej tabuľke.

Tab. 7.2.1.1-6 Počiatočné a okrajové podmienky analýzy termicko-hydraulickej odozvy kontajnementu

P. č.	Parameter	Rozmer	Maximálny prevádzkový interval
1	Oneskorenie dodávky vody sprchovým systémom od spustenia čerpadiel	s	30 s od signálu na spustenie čerpadiel (pri SNVS nábeh podľa APS)
2	Teplota vody v NT nádržiach (teplota sprchovej vody)	°C	48 až 60 °C
3	Charakteristika sprchového čerpadla	-	Min / Max [I.1]
4	Počet redundancií sprchového systému	-	1 až 3
5	Teplota okolia	°C	-30 až 40 °C
6	Počiatočný tlak v kontajmente	MPa ^{abs}	0,10 MPa až 0,09985 MPa
7	Počiatočné teploty v kontajmente	°C	20 - 60 °C 30 - 70 °C box PG 10-30 °C plynojemy
8	Počiatočná vlhkosť v kontajmente	%	5 až 90
9	Počiatočná hladina vody v žľaboch	m	max. 2 poschodia bez vody, hladina v ostatných žľaboch 0,45 (minimálna) až 0,48 m (maximálna prevádzková)
10	Počiatočná teplota vody v žľaboch	°C	20 až 50 (limitná)
11	Trvalé netesnosti kontajnementu	obj%/24 hod	0 až 3 (konzervatívne zvýšená)
12	Teplota vody pri recirkulácii z podlahy boxov PG - chladič HSCHZ	°C	Nízka / Vysoká [I.1]
13	Rušič vákua - iniciačná hodnota pre činnosť	kPa	dP _{HZ} < -18 kPa ± 3,00 kPa

7.2.1.1.5.4 Aplikácia metodiky pre analýzy procesov typu PTS

Jedným z najnepriaznivejších procesov, ktoré sa môžu vyskytnúť počas prevádzky JE z hľadiska integrity TNR, sú teplotné šoky, zvlášť teplotné šoky pod tlakom (Pressurized Thermal Shock - PTS). Počas ich trvania je materiál TNR namáhaný jednak teplotnými napätiami od rýchleho poklesu teploty, ale tiež mechanickými napätiami od vysokého tlaku. Mechanické napätia v materiáli závisia od hodnoty tlaku v TNR, ktorý je formovaný prácou doplňovacích čerpadel (VTČ a NDČ) a prechodovým procesom. Teplotné napätia vznikajú od rýchleho, hlbokého a časovo i priestorovo nerovnomerného ochladenia materiálu steny TNR.

Pri tvorbe metodiky komplexných analýz PTS procesov sa vychádzalo zo základného dokumentu MAAE [II.12]. V návodoch sú obsiahnuté požiadavky na vykonávanie výpočtových analýz hodnotiacich integritu tlakových reaktorových nádob typu VVER v priebehu PTS procesov. Tiež poskytujú rady pre jednotlivé časti PTS analýz, ako sú akceptačné kritériá, výber a kategorizácia iniciačných udalostí, TH analýzy, štrukturálne analýzy vrátane výpočtov lomovej mechaniky, hodnotenia vlastností materiálov a výpočtov neutrónových polí.

7.2.1.1.5.4.1 Termohydraulické výpočty

Termohydraulické analýzy majú dva hlavné ciele: podpora pri výbere iniciačných udalostí a získanie potrebných vstupných dát pre štrukturálne analýzy.

Pre výber iniciačných udalostí sa aplikuje metodika deterministického výberu a musia sa uvažovať nepriaznivé faktory určujúce tepelné a tlakové zaťažovacie mechanizmy v šachte reaktora v priebehu vychladzovania.

Počiatkové podmienky

Počiatkové podmienky musia byť stanovené tak, aby sa maximalizovali faktory, zvyšujúce zaťaženie TNR.

Okrajové podmienky

Činnosť systémov a ich prípadné poruchy výrazne ovplyvňujú priebeh procesu a formujú tak okrajové podmienky. Preto sa pre jednotlivé skupiny systémov aplikujú jednotné predpoklady:

- činnosť radiacích systémov sa neuvažuje, ak zlepšujú podmienky z hľadiska zaťaženia TNR,
- na činnosť bezpečnostných zariadení sa môže aplikovať predpoklad o jednoduchej poruche, aby sa zosilnil vplyv iniciačnej udalosti z hľadiska zaťaženia TNR,
- v niektorých iniciačných udalostiach sa ako dodatočná porucha predpokladá strata napájania vlastnej spotreby (SNVS), ktorá (okrem iného) spôsobí výpadok všetkých HCČ, čo podporuje stagnáciu prúdenia v I.O a vznik studených jazykov.

Výpočtový program

Termohydraulické analýzy boli vykonané výpočtovým programom RELAP5, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.1.6.1.

Termálne miešanie v šachte reaktora

Významným znakom niektorých PTS procesov je stagnácia prúdenia vody v I.O. Dochádza k nemu, ak je prúdenie významne ovplyvnené vztlakovými silami (miešanie a termálna stratifikácia studenej vody od VTČ v studenej vetve a v šachte reaktora tvorí dominantný efekt). Tieto javy môžu ovplyvňovať správanie sa časti potrubia medzi HCČ a PG. Existujúce a využívané systémové výpočtové termohydraulické kódy nedokážu tieto javy korektne simulovať. Preto sa na výpočet pomerov v podmienkach stagnácie používajú výpočtové programy REMIX/NEWMIX, ktoré sú založené najmä na experimentálnych údajoch. V prípadoch so stagnáciou prúdenia je úloha programu RELAP v stanovení okamžiku začiatku stagnácie a poskytuje počiatočnú distribúciu teplôt a prietoky od HSCHZ ako okrajové podmienky pre výpočty programami REMIX/NEWMIX, ktorých popis je uvedený v kapitole 7.2.1.10.

Detailný popis použitej metodiky pre vyhodnotenie termohydraulických analýz je uvedený v kapitole 7.2.1.10.

7.2.1.1.5.4.2 Metodika napät'ovodeformačných analýz

Pri tvorbe metodiky hodnotenia štrukturálnej integrity TNR počas PTS sa vychádzalo najmä z dokumentov [II.12], [II.13], ale i z priamych skúsenosti získaných v rámci porovnávacích výpočtových štúdií RPV PTS ICAS (Reactor Pressure Vessel Pressurized Thermal Shock International Comparative Assessment Study) [II.14], IAEA WWER 440/213 RPV PTS Benchmark Exercise [II.15] a pri riešení rozsiahlych domácich projektov zaoberajúcich sa integritou TNR JE VVER 440 [I.17], [I.18].

Detailný popis použitej metodiky pre vyhodnotenie napät'ovodeformačných analýz je uvedený v kapitole 7.2.1.10. Na tomto mieste je v stručnosti uvedený iba obsah metodiky, ktorý je rozdelený do niekoľkých kapitol odpovedajúcich jednotlivým fázam hodnotenia:

- výber miest pre hodnotenie,
- postulácia trhlín,
- stanovenie materiálových vlastností vstupujúcich do výpočtov,
- tvorba MKP modelov,
- riešenie teplotných a mechanických úloh,
- stanovenie lomovo-mechanických parametrov a ich dovoľených hodnôt,
- hodnotenie integrity TNR,
- stanovenie maximálnej prípustnej kritickej teploty krehkosti T_{Ka} .

Napät'ovo deformačné analýzy pre hodnotenie integrity TNR boli vykonané výpočtovým programom ADINA, ktorého popis je uvedený v kapitole 7.2.1.10.

7.2.1.1.5.5 Aplikácia metodiky pre analýzy havárií a očakávaných prechodových procesov pre nevýkonové prevádzkové režimy

Účelom analýzy bezpečnosti je preukázať, že žiadna iniciačná udalosť, ktorá sa vyskytne v priebehu prevádzky bloku v nevýkonovom režime a v priebehu prevádzky BSVP, vrátane potenciálnych zlyhaní technologických zariadení, nevedie k neprimeranému zhoršeniu bezpečnostných rezerv. Hodnotenie bezpečnosti je realizované prevereními kritérií prijateľnosti uvedených v [II.3]. Kritériá prijateľnosti pre nevýkonové prevádzkové režimy sú metodicky vysvetlené a diskutované v kapitole 7.2.1.1.1.3.

7.2.1.1.5.5.1 Špecifikácia nevýkonových prevádzkových režimov

Režimy 1 až 3 sú charakterizované okrem iného tým, že určujúce parametre primárneho okruhu sú blízke nominálnym a všetky relevantné bezpečnostné systémy sú v automatickom režime. Všetky iniciačné udalosti, relevantné pre tieto režimy, sú analyzované a hodnotené v kapitolách 7.2.1.2 - 7.2.1.14 PpBS podľa jednotlivých skupín iniciačných udalostí.

Analýzy bezpečnosti pre ostatné režimy (t.j. režimy 4 až 7, vrátane iniciačných udalostí so vzťahom k BSVP) sú riešené samostatne v kapitole 7.2.1.14. Okrem iných špecifik je pre tieto režimy typické, že bezpečnostné systémy nemusia byť k dispozícii v automatickom režime.

V analýzach sa predpokladá, že požadované zariadenie alebo systém je prevádzkyschopný podľa príslušných prevádzkových predpisov a podľa platných Limit a Podmienok a je pripravené pre použitie prevádzkovým personálom. V súlade so štandardnou metodikou bezpečnostných rozborov, činnosť riadiacich systémov zlepšujúca priebeh udalosti nie je v analýzach bezpečnosti pre nevýkonové prevádzkové režimy uvažovaná.

7.2.1.1.5.5.2 Cieľ analýz bezpečnosti pre nevýkonové prevádzkové režimy

Cieľom bezpečnostných analýz je preukázať, že v priebehu daného procesu, iniciovaného príslušnou iniciačnou udalosťou, prebiehajúceho podľa konzervatívne reprezentatívneho scenára, vyhodnoteného podľa primerane konzervatívnej metodiky, nedôjde k narušeniu kritérií prijateľnosti. Pritom zvládnutie procesu je dôsledkom činnosti systémov bloku alebo dôsledkom primeraného včasného zásahu personálu, ak existuje dostatočná časová rezerva na rozpoznanie havarijného stavu a na identifikáciu a vykonanie vhodných protipatrení. Špecifickým cieľom analýz bezpečnosti pre nevýkonové režimy je vykonanie bezpečnostných rozborov podľa požiadaviek [II.1], Príloha 3, časť B, II., I, odsek (2), t.j. *“Projekt musí zahŕňať aj výskyt možných postulovaných iniciačných udalostí v stavoch nízkeho výkonu alebo odstavenia reaktora, keď môže byť znížená pohotovosť bezpečnostných systémov alebo riadiacich systémov”*.

Cieľom analýz je tiež preukázanie bezpečnosti prevádzky blokov podľa požiadavky [II.1], Príloha 3, časť B, I., B, odsek (3), že projekt je vyhotovený a prevádzkovaný tak, že *„predpokladaná odozva jadrového zariadenia na každú postulovanú iniciačnú udalosť musí byť jedna z nasledujúcich, ktorú možno podľa poradia dôležitosti rozumne dosiahnuť,*

- a) *postulovaná iniciačná udalosť nespôsobí žiadny závažný efekt týkajúci sa bezpečnosti alebo spôsobí iba zmenu v jadrovom zariadení oproti bezpečnému stavu prostredníctvom vnútorných charakteristík*
- b) *po postulovanej iniciačnej udalosti jadrové zariadenie zostane v bezpečnom stave prostredníctvom pasívnych bezpečnostných charakteristík alebo pôsobením bezpečnostných systémov, ktoré sú stále prevádzkyschopné a do činnosti sú uvedené ako reakcia na postulovanú iniciačnú udalosť*
- c) *po postulovanej iniciačnej udalosti je jadrové zariadenie uvedené do bezpečného stavu pomocou špecifikovaných procedurálnych činností.”*

V súvislosti s citovanými požiadavkami sú v rámci analýz a ich hodnotenia uvažované tiež procedurálne činnosti obsluhy bloku v zdôvodniteľnom rozsahu (*„rozumného dosiahnutia“*), pri dodržaní pravidiel metodiky bezpečnostných rozborov.

Pri analýzach na odstavnom reaktore vzhľadom na špecifický stav bloku je relevantný iba bod c uvedenej požiadavky vyhlášky.

Osobitným cieľom analýz pri odstavenom reaktore je preukázanie dostatočnej funkcie havarijného systému chladenia aktívnej zóny reaktora podľa požiadavky [II.1], Príloha 3, časť B, II., C, t.j. zabezpečenie trvalého odvodu zostatkového tepla a jeho funkčnosti aj v prípade jednoduchej poruchy a straty vonkajšieho elektrického napájania.

Vzhľadom na široké možné spektrum variantov scenárov jednotlivých iniciačných udalostí boli pre účely PpBS vyhodnocované iba odôvodnené obáľkové scenáre, charakterizujúce priebeh uvažovanej havárie s najhoršími dôsledkami na bezpečnostné rezervy z hľadiska relevantných kritérií prijateľnosti.

7.2.1.1.5.5.3 Bezpečnostné a riadiace systémy, kritérium jednoduchej poruchy

Konzervativizmus výpočtových analýz je zabezpečovaný najmä výberom vhodného scenára. V rámci jednotlivých výpočtových analýz bolo pre hodnotenie každého kritéria prijateľnosti zabezpečené splnenie nasledujúcich metodických postupov:

- výber najnepriaznivejšej konfigurácie technologických systémov, priamo dotknutých danou iniciačnou udalosťou,
- voľba primerane konzervatívnych počiatočných podmienok - hodnôt technologických parametrov z celého rozsahu, možného resp. očakávaného počas prevádzky zariadenia,
- voľba primerane konzervatívnych okrajových podmienok,
- posúdenie dôsledkov použitých zjednodušení, resp. špecifik použitého výpočtového modelu na priebeh procesu a očakávaných odchýlok od reálnej situácie na bloku.

Pri aplikácii hore uvedených princípov boli do úvahy brané špecifiká jednotlivých stavov, najmä disponibilita jednotlivých systémov a zariadení. Predpokladom riešených IU pre nevýkonové prevádzkové režimy je, že bezpečnostné a riadiace systémy sú k dispozícii v obmedzenom rozsahu, prípadne nie sú k dispozícii v automatickom režime počas riešenia príslušných iniciačných udalostí.

Súčasťou metodiky vytvárania scenárov pre hodnotenie jednotlivých iniciačných udalostí je definovanie jednoduchej poruchy. Stanovenie jednoduchej poruchy v analýzach sa riadi požiadavkami [II.1], Príloha 3, časť B, I., H, odsek (3), t.j. *Kritérium jednoduchej poruchy sa musí uplatniť v projekte jadrového zariadenia v každej bezpečnostnej skupine. Bezpečnostná skupina vyhoví kritériu jednoduchej poruchy, ak sa preukáže, že splní svoju bezpečnostnú funkciu v týchto prípadoch:*

- a) očakáva sa výskyt všetkých potenciálne nepriaznivých následkov postulovanej iniciačnej udalosti na danú bezpečnostnú skupinu,*
- b) uvažuje sa najhoršia možná dovolená konfigurácia bezpečnostných systémov pri zohľadnení údržby, funkčných skúšok, prevádzkových kontrol a opráv.*

a požiadavkami [II.1], Príloha 3, časť B, I., H, odsek (4), t.j. *Nesplnenie kritéria jednoduchej poruchy je akceptovateľné vo výnimočných prípadoch a musí byť zdôvodnené v analýze bezpečnosti.*

Ako bolo uvedené, jednoduchá porucha sa definuje pre bezpečnostnú skupinu zariadení. „Bezpečnostná skupina“ v zmysle vyhlášky [II.1] je „súborom zariadení, ktorý vykonáva všetky činnosti požadované pri postulovanej iniciačnej udalosti tak, aby hraničné hodnoty uvedené v zadaní na projekt neboli prekročené“. Z uvedeného vyplýva, že bezpečnostná skupina môže zahŕňať aj systémy klasifikované ako riadiace systémy, pokiaľ sa využívajú pri postulovanej iniciačnej udalosti pre uvedenie jadrového zariadenia

do bezpečného stavu na základe špecifikovaných procedurálnych činností v súlade prevádzkovými predpismi a predpismi NS pre MO34.

Jednoduchá porucha sa aplikuje na prvý systém, ktorého činnosť bude požadovaná (pokús o jeho použitie, buď v automatickej činnosti alebo podľa predpisu operátorom). Ak sa jedná o systém odolný voči jednoduchej poruche (bezpečnostný systém) bude sa predpokladať jeho činnosť ako s jednoduchou poruchou v systéme. Ak nie je daný systém odolný voči jednoduchej poruche (napr. riadiaci systém), vplyvom jednoduchej poruchy dôjde k úplnému znefunkčneniu zariadenia, resp. systému, t.j. príslušná akcia nebude v scenári uvažovaná. V scenári bude uvažovaná činnosť ostatných systémov a operátora podľa postupov v príslušných predpisoch, t.j. najmä použitie záložného systému a/alebo ďalších krokov činnosti operátora. V súlade s princípom jednoduchej poruchy už tieto činnosti, resp. systémy budú uvažované ako úspešné vo vykonaní ich určenej funkcie.

7.2.1.1.5.5.4 Zásahy operátora pri nevýkonových prevádzkových režimoch

V analýzach pre nevýkonové prevádzkové režimy je vzhľadom na špecifický stav bloku (bezpečnostné systémy nie sú v automatickom režime) nevyhnutné vždy uvažovať so zásahom prevádzkového personálu pre uvedenie bloku do bezpečného stavu po iniciačnej udalosti. Na rozdiel od udalostí počas výkonnej prevádzky vyžaduje uvedenie bloku do dlhodobého stabilizovaného stavu aj elimináciu iniciačnej udalosti. Takáto požiadavka je v súlade s prístupom v predpisoch NS. Súčasťou popisu činnosti operátora je odkaz na dokumenty, preukazujúce, že:

- prevádzkový personál je školený na činnosti vyplývajúce z požiadaviek na zabránenie rozvoja havárií,
- existujú prevádzkové predpisy ktoré popisujú potrebné opatrenia na zabránenie rozvoja havárie,
- vyžadované zariadenie alebo systém je dostupný a pripravený pre použitie na základe činnosti prevádzkového personálu podľa príslušných prevádzkových predpisov.

Základný rozsah uvažovaných činností prevádzkového personálu počas havarijných situácií vychádza z predpisov NS. Do príslušného predpisu NS sa vstupuje na základe abnormálneho priebehu vybraných trvalo monitorovaných parametrov reaktorového bloku, ktoré sú uvedené ako vstupné podmienky v predpise.

V režime 4,5,6 neexistuje komplexná vstupná podmienka pre vstup do predpisov NS, ktorá by pokrývala všetky symptómy a typy udalostí. Vstupné podmienky (vybrané parametre bloku) do predpisov NS sa preto monitorujú kontinuálne s primeranou periodicitou prevádzkovým personálom v závislosti na stave bloku.

Na vykonanie zásahu operátora je uvažovaná dostatočná časová rezerva. V súlade s obecnými princípmi bezpečnostných rozborov sa vyžaduje (uvažuje) minimálna časová rezerva na identifikáciu havarijného stavu a na vykonanie vhodnej činnosti.

7.2.1.1.5.5.5 Výber analyzovaných iniciačných udalostí pre nevýkonové prevádzkové režimy

V požiadavkách ÚJD SR na vypracovávanie analýz bezpečnosti [II.3] je uvedený zoznam iniciačných udalostí pre nevýkonové prevádzkové režimy. Niektoré uvádzané iniciačné udalosti môžu byť významné len pre určité prevádzkové režimy, iné je možné vylúčiť pre niektorú JE vzhľadom na prijaté administratívne a technické opatrenia. V rámci každej skupiny boli posudzované obálkové prípady, pričom vhodne definované scenáre môžu byť obálkovými prípadmi pre viac ako jednu skupinu udalostí. Uvedený prístup je dôsledkom skutočnosti, že skupiny udalostí podľa dokumentu [II.3] sú definované fenomenologicky a súčasne aj vo vzťahu k poruchám vybraných zariadení bloku.

7.2.1.1.5.5.6 Počiatočné a okrajové podmienky pre nevýkonové prevádzkové režimy

Vzhľadom na definovanie počiatočného stavu a priebeh analyzovaných procesov sa konzervativizmus v dôsledku uvažovania neurčitostí počiatočných parametrov neaplikuje, pretože je nevýznamný.

V prípade analýzy pre nevýkonové prevádzkové režimy sa model kinetiky v programe RELAP5 neuvažuje, zostatkový výkon je zadávaný tabuľkovou formou a je použitá maximálna hodnota z výpočtu výpočtovým systémom SCALE 6.

7.2.1.1.5.6 Aplikácia metodiky pre analýzy radiačných následkov

Analýzy radiačných následkov obáľkových projektových havárií je popísaná v kapitole 7.2.1.12 a pre úniky rádioaktivity zo systémov alebo komponentov v kapitole 7.2.1.13.

V kapitolách 7.2.1.12 a 7.2.1.13 je uvedený detailný popis použitej metodiky. Súhrn hlavných predpokladov zaručujúcich konzervatívny prístup pri ocenení zdrojového člena do okolia JE a radiačných následkov je uvedený nižšie:

Ocenenie zdrojového člena do okolia JE

- Bol použitý inventár primárneho chladiva prepočítaný na maximálnu sumárnu aktivitu rádioizotopov jódu zodpovedajúci platnému limitu pre MO34 $7,4 \cdot 10^7$ Bq/kg. Spiking efekt pre jódy bol uvažovaný faktorom 55 (zodpovedá dosiahnutiu limitnej hodnoty koncentrácie jódu v primárnom chladive 740 MBq/kg podľa odporúčania EUR) a faktorom 10 pre vzácne plyny. Inventár rádionuklidov vo voľných objemoch palivových prútikov bol uvažovaný v súlade s výsledkami analýz vykonaných programom RELWWER-2 pre koniec rovnovážnej kampane (týka sa len analýz maximálnej projektovej havárie LOCA 500 a havárií iniciovaných pádom palivového článku pri výmene paliva a pádom kontajnera s vyhoreným palivom).
- Pri analýzach havárií s únikom rádionuklidov do priestrov kontajnementu bolo uvažované, že počiatočná merná aktivita aerosólov v pare je rovná počiatočnej mernej aktivite chladiva v primárnom okruhu (t.j. distribučný koeficient medzi parnú a kvapalnú fázu je rovný hodnote 1,0) a zároveň nedochádza k riedeniu aktivity primárneho chladiva neaktívnou vodou dodávanou čerpadlami HSCHZ a hydroakumulátormi (prípadne vodou vyliatou z barbotážnej veže). Všetky vzácne plyny a prchavá organická forma jódu sa po úniku primárneho chladiva uvoľnia do atmosféry priestorov kontajnementu po plynojemy barbotážnej veže. V momente poškodenia pokrytia palivových prútikov (len v prípade projektovej havárie LOCA 500) je uvoľnená aktivita z poškodeného paliva úplne, okamžite a rovnomerne rozptýlená iba v parovzdušnej zmesi v priestoroch kontajnementu len po plynojemy v barbotážnej veži. Nebolo uvažované znižovanie koncentrácie aerosólov v atmosfére kontajnementu prirodzenými procesmi (sedimentácia, difúzia, kondenzácia) a bol použitý konzervatívny model účinnosti sprchovania na odstraňovanie aerosólov z atmosféry kontajnementu (netýka sa vzácnych plynov a organickej formy jódu).
- V prípade havárií s obtokom kontajnementu (PRISE, IFLOCA) bol únik rádionuklidov do okolia JE uvažovaný z priameho úniku celkovej hmotnosti primárneho chladiva vo forme vody (v prípade PRISE vody a pary), pričom zdrojový člen je tvorený len od príspevku z unikajúcej, resp. vznikajúcej pary (flashing) pri uvažovaní distribučného koeficientu medzi paru a vodu rovného konzervatívnej hodnote 0,1 pre aerosólovú formu rádionuklidov (pre vzácne plyny a organickú formu jódu bola uvažovaná hodnota 1,0).

Ocenenie radiačných následkov

Pre ocenenie radiačných následkov vybraných havárií boli použité výpočtové programy RTARC a RDEMO. Program RTARC bol použitý pre výpočet efektívnych ID a ekvivalentných dávok na vybrané orgány z vonkajšieho ožiarenia z prechádzajúceho rádioaktívneho oblaku, z vonkajšieho ožiarenia od rádionuklidov usadených na zemskom povrchu (t.j. z depozitu), z vnútorného ožiarenia z inhalácie rádionuklidov od prechádzajúceho oblaku a z interného ožiarenia z inhalácie rádionuklidov resuspendovaných zo zemského povrchu. Program RDEMO bol použitý pre výpočet efektívnej ID z vnútorného ožiarenia len z príjmu (ingescie) potravín kontaminovaných atmosférickým spadom (t.j. z príjmu rádionuklidov cestou potravinových reťazcov).

- Vzhľadom na lokalitu elektrárne boli analýzy vykonané pre rovinatý aj členitý terén, v prípade členitého terénu pre smer Východ-Juh-Východ (maximálne vypočítané dávky).
- Analýzy boli vykonané konzervatívne, bez uvažovania pobytu v budovách, t.j. pohyb osôb je 24 hodín vonku - priamo pod osou rádioaktívneho oblaku. Ukrytie v budovách nebolo uvažované.
- Analýzy boli vykonané pre vzdialenosti do 40 km, pre všetky kategórie stability atmosféry A - F a pre 6 vekových skupín - dojčatá (0-1 rok), deti 1-2 roky, deti 2-7, 7-12 rokov, mládež 12-17 rokov a dospelí, z ktorých bola identifikovaná kritická skupina.
- Pre najpravdepodobnejšiu kategóriu stability počasia D boli analýzy vykonané tiež s uvažovaním zrážok s intenzitou 1 mm/hod., resp. 5 mm/hod. Intenzite zrážok na úrovni do 5,0 mm/hod. zodpovedá viac ako 95 % kvantil, t.j. pravdepodobnosť výskytu zrážok s intenzitou väčšou ako 5,0 mm/hod. v priebehu roka v lokalite MO34 má hodnotu menšiu ako 5 %. Pre kritickú vekovú skupinu bola tiež vykonaná analýza s uvažovaním najpravdepodobnejšou intenzitou zrážok pre lokalitu Mochovce, t.j. 0,3 mm/hod.
- Analýzy boli vykonané s uvažovaním vplyvu reálnych geometrických rozmerov hlavného výrobného bloku na disperziu rádioaktívneho oblaku a depozíciu rádionuklidov. Pre kritickú skupinu obyvateľov bola vykonaná tiež analýza bez uvažovania vplyvu hlavného výrobného bloku.
- Príspevok k ročnej efektívnej ID z príjmu kontaminovaných potravín bol analyzovaný programom RDEMO pre všetkých 6 vekových skupín a výseče - medzikružia od 2 km do 3 km a od 3 km do 5 km (výpočtové body sú vo vzdialenostiach 2,5 km a 4 km od MO34) a pre štatisticky najpravdepodobnejšie meteorologické podmienky pre lokalitu MO34, t.j. pre kategóriu stability atmosféry D. Variantne boli analyzované nasledujúce prípady: (1) bez uvažovania zrážok a (2) s intenzitou zrážok 0,3 mm/hod. (t.j. pre najpravdepodobnejšiu intenzitu zrážok).

7.2.1.1.6 Popis výpočtových programov a modelov použitých v analýzach

7.2.1.1.6.1 Výpočtový program RELAP5

7.2.1.1.6.1.1 Popis výpočtového programu RELAP5 a jeho validácie

Výpočtový program RELAP5/Mod3.2.2 je určený pre analýzy prechodových procesov a havárií v chladiacom systéme ľahkovodných reaktorov. Program RELAP5/Mod3.2.2 je založený na modeli 2-fázového nehomogénneho a nerovnovážneho termomechanického systému. Zodpovedajúca sústava parciálnych diferenciálnych rovníc je riešená semi-implicitnou numerickou schémou umožňujúcou časovo úsporné modelovanie prechodových procesov. Program zahŕňa modely celého radu komponentov, umožňujúcich modelovať rôznorodé systémy, ako sú čerpadlá, ventily, potrubia, teplovýmenné štruktúry (absorbovanie aj uvoľňovanie tepla), bodovú reaktorovú kinetiku, elektrické ohrievače, zásobníky a komponenty kontrolného a ovládacieho systému. V programe sú zabudované modely na určovanie hydraulických strát pre rôzne typové profily, prúdenia v miestach skokovej zmeny prietoku prierezu, vetvenia prúdov, prúdenia v podmienkach škrtenia, sledovanie bôru a transport neskondenzovateľných plynov. Podrobný popis výpočtového programu je uvedený v [III.1].

Validácia výpočtového programu je vykonávaná v rámci programu CAMP (Code Application and Maintenance Program), ktorého je VÚJE, a.s. členom. Garantom a koordinátorom tohto programu je US NRC, pričom samotný vývoj a validácia programu je vykonávaná v inštitúciách ISL (Information Systems Laboratories, Inc.) a Pennstate University. Ďalšími členmi programu CAMP sú užívatelia programu (~ 25 krajín z celého sveta), ktorí sa aktívne podieľajú na vývoji programu a jeho aplikácii pre analýzy. Podstatná časť validácie programu RELAP5/Mod3.2.2 je v dokumentoch uvedených v [III.2].

7.2.1.1.6.1.2 Použitý model bloku MO34 pre výpočtový program RELAP5

Pre výpočtový program RELAP5/Mod3.2.2 bol vytvorený výpočtový model bloku MO34, v ktorom sú zohľadnené charakteristiky systémov a zariadení blokov JE MO34. Výpočtový model bol vyvinutý vo VÚJE a. s. v priebehu rokov 2011 - 2013 a jeho označenie je „6sMO34r102.inp“. Nodalizačná schéma uvedeného výpočtového modelu je uvedená v Prílohe 01.

Výpočtový model MO34 pre výpočtový program RELAP5/Mod3.2.2 obsahuje:

- 1257 hydraulických objemov,
- 1425 spojení,
- 1214 tepelných štruktúr (z toho 16 výkonových)
- 6-slučkový model I.O. a II.O.,
- AZ je modelovaná piatimi hydraulickými paralelnými kanálmi
- priemerný kanál modelujúci 1/3 aktívnej zóny s možnosťou zaplavenia zhora
- priemerný kanál modelujúci 2/3 aktívnej zóny bez možnosti zaplavenia zhora
- horúca kazeta
- horúci adiabatický kanál
- bypass
- model jednobodovej kinetiky,
- model bezpečnostných systémov,
- model riadiacich systémov

Podrobný popis modelu bloku JE MO34 pre výpočtový program RELAP5/Mod3.2.2 a dokumenty, v ktorých je uvedená validácia a verifikácia výpočtového modelu MO34 pre výpočtový program RELAP5/MOD3.2.2, sú uvedené v [III.2].

7.2.1.1.6.2 Výpočtový program MELCOR

7.2.1.1.6.2.1 Popis výpočtového programu MELCOR a jeho validácie

Program MELCOR 1.8.5 je integrovaný program pre riešenie inžinierskych problémov v oblasti T H procesov v kontajneroch ľahkovodných reaktorov, vrátane ťažkých havárií. Jeho súčasné použitie zahŕňa komplexne problematiku procesov v kontajneroch až do predpovede zdrojového člena pri ťažkých haváriách, v širokom spektre problematiky modelovania procesov a havárií na blokoch jadrových elektrární. Popis výpočtového programu MELCOR 1.8.5 je uvedený v [III.44]. Algoritmy programu sú rozdelené do niekoľkých skupín, podľa oblasti riešenej problematiky. To výrazne zlepšuje orientáciu vo výpočtových modeloch a zefektívňuje prípravu vstupných dát.

Sú riešené nasledujúce oblasti:

- TH procesy v primárnom systéme,
- TH procesy v šachte reaktora,
- odozva hermetických priestorov na zmeny vnútorných parametrov,
- tepelné zmeny, nahrievanie, degradácia a relokácia aktívnej zóny,
- interakcia roztavených materiálov AZ a betónom šachty reaktora,
- produkcia vodíka, jeho transport a horenie,
- uvoľňovanie a transport štiepných produktov,
- zásah bezpečnostných systémov a ich dopad na priebeh udalosti.

Pre vykonanie výpočtových analýz, zaradených do tejto správy, bol použitý model, pri aplikácii ktorého boli využívané iba základné algoritmy z oblasti termohydraulickej odozvy kontajneru na zmeny určujúcich parametrov.

Validácia algoritmov programu MELCOR je realizovaná autorským pracoviskom (Sandia National Laboratories), ako aj výsledkami širokej medzinárodnej spolupráce, napr. v rámci programu MCAP (MELCOR Cooperative Assessment Program), koordinovanom Los Alamos National Laboratories (Vid'. pravidelné výročné správy programu), ktorý od roku 1993 zabezpečuje priebežný kontakt užívateľov programu a jeho autorov. VÚJE sa podieľa na akciách MCAP. Kontakt na medzinárodnú komunitu užívateľov programu MELCOR je preto priebežne zabezpečovaný, vrátane zoznamovania príslušných špecialistov VÚJE s výsledkami validácie programu a verifikácie jednotlivých algoritmov v najširšom spektre aplikácií.

7.2.1.1.6.2.2 Použitý model bloku MO34 pre výpočtový program MELCOR

Pre analýzy TH odozvy HZ na únik chladiva z I.O. / II.O. bol pre výpočtový program MELCOR 1.8.5 vytvorený podrobný výpočtový model bloku MO34, označený HZMO34BS.

Model HZMO34BS obsahuje 64 TH objemov, príslušné prepojenia, stavebné a konštrukčné štruktúry a zariadenia a modely sprchového systému HZ a funkčných častí barbotážnej veže. Nodalizačná schéma

uvedeného výpočtového modelu je uvedená v Prílohe 04. Podrobný popis modelu bloku pre výpočtový program MELCOR 1.8.5 je uvedený v [III.43]. V tejto dokumentácii je tiež uvedený prehľad validačných aktivít (celkovo 21 samostatných aktivít) v spojení s použitým modelom. Tieto aktivity obsahovali ako integrálne overovanie (porovnaním s inými modelmi a programami) tak aj overovanie vplyvu rôznych modelových predpokladov, zjednodušení, voľby nodalizácie a pod.

7.2.1.1.6.3 Výpočtový program DYN3D

7.2.1.1.6.3.1 Popis výpočtového programu DYN3D a jeho validácie

Program DYN3D je určený pre analýzy očakávaných udalostí vyvolaných zmenami reaktivity v aktívnej zóne energetických reaktorov s hexagonálnymi palivovými kazetami. 3-D algoritmus HEXDYN3D je založený na nodálnej expanznej metóde pre riešenie dvojgrupovej difúznej rovnice. Termohydraulická časť FLOCAL obsahuje dvojfázový model prúdenia pre popis chovania chladiva a model vedenia tepla v palive. Palivové kazety sú simulované izolovanými kanálmi. Navyše je možné niektorým palivovým kazetám priradiť špecifické koeficienty nerovnomernosti rozloženia výkonu a vybrané TH parametre (teplota na vstupe do kanálu, hydraulický odpor) a tým modelovať horúce kanály.

Programom DYN3D sú vyhodnocované bezpečnostné parametre ako teplota paliva, kríza prestupu tepla (DNBR) a entalpia paliva. Základné vstupné údaje sú makroskopické účinné prierezy v závislosti na TH parametroch a koncentrácii bóru v chladive. Program DYN3D umožňuje modelovať stacionárne aj nestacionárne stavy. Popis výpočtového programu DYN3D je uvedený v [III.38].

Program DYN3D je vyvíjaný v Forschungszentrum Dresden-Rossendorf, SRN. Overovanie programu prebiehalo na množstve príkladov a výsledky boli publikované. Validácia bola založená na analýze experimentálnych údajov, najmä však v rámci medzinárodnej spolupráce, kde bolo riešených niekoľko benchmarkov.

7.2.1.1.6.3.2 Použitý model bloku MO34 pre výpočtový program DYN3D

Pre výpočtový program DYN3D bol vytvorený výpočtový model bloku JE MO34, označený MO34_42. Model aktívnej zóny reaktora VVER440/213 je zložený so 312 palivových kaziet, 37 kaziet HRK. Axiálne delenie AZ tvorí 42 vrstiev. Prúdenie chladiva v AZ je modelované izolovanými hydraulickými kanálmi, reprezentované jednotlivými kazetami. Model AZ je riešený v plnej (360°) geometrii. Podrobný popis modelu bloku JE MO34 je uvedený v [III.39].

Vstupné dáta charakterizujúce materiálové zloženie (kinetické parametre AZ) aktívnej zóny sú pripravované pomocou programu NFDATDYN [III.40] na základe štandardných knižníc účinných prierezov pre jednotlivé palivové kazety, vypočítaných programom HELIOS [III.41]. Distribúcia vyhorenia (pre reprezentatívnu vsádzku a jej doplnky) je pripravená programom BIPR7 [III.42].

Dokumenty, v ktorých je uvedená validácia a verifikácia výpočtového modelu pre výpočtový program DYN3D, sú uvedené v [III.39].

7.2.1.1.6.4 Výpočtový program TRANSURANUS

7.2.1.1.6.4.1 Popis výpočtového programu TRANSURANUS a jeho validácie

Program TRANSURANUS je vyvinutý v „European Institute for Transuranium Elements (ITU) Karlsruhe“ a je určený pre tepelnú a mechanickú analýzu palivových elementov v jadrových reaktoroch. Uvedeným programom je možné modelovať rôzne typy palivových elementov a tiež rôzne prevádzkové stavy alebo experimenty. Výpočtové analýzy môžu modelovať prevádzku paliva niekoľko rokov ale aj niekoľko milisekúnd pre rýchle procesy. Program obsahuje rozsiahlu databázu modelov pre rôzne typy paliva a pre rôzne materiály pokrytia palivového prútika. Výpočtový program obsahuje dve verzie pre deterministické analýzy a pre štatistické analýzy.

Program obsahuje fyzikálne modely tepelnej a radiačnej denzifikácie paliva, model objemového rastu (swelling) v dôsledku plynných štiepných produktov, model plasticity, model praskania paliva a relokácie, model redistribúcie kyslíka a plutónia, model objemových zmien počas procesov abnormálnej prevádzky.

Pre validáciu programu TRANSURANUS boli použité dáta z nasledovných meraní prístrojovo vybavených palivových prútikov:

- Halden experiment IFA-429 pre analýzu paliva s krátkodobým výkonovým zaťažením až do 45 kW/m
- Halden experiment IFA-432 pre analýzu paliva varných reaktorov s meraním teploty paliva, vnútorného tlaku a geometrických zmien pokrytia pre vyhorenia až do 52 MWd/kgU,
- Sofit 1.1 experiment pre palivo reaktorov typu VVER (Teplota paliva, uvoľnenie plynných štiepných produktov pre vyhorenie 16 MWd/kgU)
- Sofit 1.3 experiment pre palivo reaktorov typu VVER (predĺženie pokrytia palivového prútika, uvoľnenie plynných štiepných produktov počas krátkodobého výkonového zaťaženia až do 37 kW/m.

Popis výpočtového programu TRANSURANUS a jeho validácie je uvedený v [III.45].

7.2.1.1.6.4.2 Použitý model bloku MO34 pre výpočtový program TRANSURANUS

Pre výpočtový program TRANSURANUS bol vytvorený výpočtový model bloku JE MO34, ktorý popisuje jeden palivový prútik s adekvátnym prietokom. Pre modelovanie bol vybraný najviac zaťažený palivový prútik, ktorý akceptuje limity pre rozdelenie výkonu. Výpočtový model pre program TRANSURANUS popisuje počiatkové a okrajové podmienky pre horúci kanál a je zosúladený s parametrami definovanými v modeli pre systémový program RELAP5. Je modelovaný horúci kanál palivovej kazety s palivom pre VVER 440 s maximálnym obohatením 4,4 % U235. V axiálnom smere je palivový prútik rozdelený na desať úsekov, v radiálnom je delený na deväť úsekov z toho päť úsekov reprezentuje palivo, jeden medzeru medzi palivom a pokrytím a zvyšné tri úseky pokrytie paliva. Výpočtový model je rozdelený na dve časti. Prvá časť obsahuje stacionárne dáta popisujúce počiatkové a okrajové podmienky. Druhá časť obsahuje časovo závislé parametre, ktorými je možné popísať priebeh analyzovaného procesu alebo experimentu v závislosti od času. (napr.: lineárny výkon, neutrónový tok, prietok chladiva, koeficient prestupu tepla v medzere, teplota chladiva, tlak chladiva, koeficient prestupu tepla z pokrytia prútika do chladiva, ...). Je teda možné analyzovať nábeh bloku, jeho ustálenú prevádzku niekoľko dní na výkone a následne analyzovať prechodový proces.

Podrobný popis modelu bloku JE MO34 pre výpočtový program TRANSURANUS je uvedený v [III.47]. Validácia a verifikácia výpočtového modelu bola vykonaná v rámci projektu PECO [III.46] vo výskumnom ústave ITU Karlsruhe.

Kritérium porušenia pokrytia palivového prútika

Porušenie pokrytia palivového prútika je vo všeobecnosti hodnotené na základe určenia napätia v pokrytí palivového prútika. Porovnáva sa vypočítaná hodnota tangenciálneho napätia s limitnou hodnotou napätia. Na druhej strane, vzhľadom na významné neistoty vypočítaných hodnôt napätia v materiáli pokrytia v dôsledku veľkých deformácií, deformačné kritérium porušenia je dostatočné pre analýzy integrity pokrytia v podmienkach LOCA havárie.

Kritérium je typicky založené na základe hodnôt napätia v materiáli pokrytia. Porušenie pokrytia je určené, ak tangenciálne napätie dosiahne prahovú hodnotu napätia. Prahová hodnota napätia (σ_B) pre nezoxidovaný materiál pokrytia palivového prútika je určený na základe experimentálnych dát [III.48] ako funkcia teploty:

$$\sigma_{tB} [MPa] = \begin{cases} 3.05E-4 \cdot T^2 - 1.130 \cdot T + 922 & T \leq 1179.46K \\ 4.97E-5 \cdot T^2 - 0.154 \cdot T + 126 & 1549.29K > T > 1179.46K \\ 6.70454 & T \geq 1549.29K \end{cases}$$

Efekt oxidácie pokrytia pre napätie porušenia je uvažovaný prostredníctvom funkcie definovanej na základe experimentálnych dát [III.48].

$$\sigma_{tBox} = \begin{cases} \sigma_{tB} (4.34935E4 x^3 - 6.65985E2 x^2 - 2.61248E1 x + 1) & x < 0.02 & [-] \\ \sigma_{tB} 0.559 & x \geq 0.02 & [-] \end{cases}$$

Metodika pre určenie počtu porušených prútikov pre analýzy LOCA havárie je uvedená v Prílohe 07.

7.2.1.1.6.5 Výpočtový program RTARC

7.2.1.1.6.5.1 Popis výpočtového programu RTARC a jeho validácie

Pre výpočet radiačných následkov pri havarijnom úniku RAL do atmosféry je použitý program RTARC (Real Time Accident Release Consequence) [III.8], ktorý je určený na ocenenie radiačnej situácie v prvej fáze havárie, t.j. v dobe medzi okamihom poznania potenciálneho ožiarenia obyvateľstva a únikom podstatnej časti rádioaktivity do okolia.

V programe sa uvažujú tie cesty expozície, ktoré sú najvýznamnejšie v skorej fáze havárie, t.j. počas prechodu rádioaktívneho oblaku:

- vonkajšie ožiarenie z rádioaktívneho oblaku a z rádionuklidov deponovaných na povrchu zeme,
- vnútorné ožiarenie z inhalácie, ktoré zahŕňa inhaláciu rádionuklidov z prechádzajúceho oblaku a inhaláciu rádionuklidov resuspendovaných z povrchu zeme.

Po prechode rádioaktívneho oblaku sa uvažujú expozície z depozitu a z inhalácie rádionuklidov resuspendovaných z povrchu zeme.

Z hľadiska rozptylu rádioaktívnych látok sú programy systému RTARC určené na prenos do 30 - 40 km. Využívajú gaussovský model rozptylu prímies v atmosfére so zahrnutím suchého spad a vymývania atmosférickými zrážkami pre aerosóly a jednotlivé formy jódu, ako i so zahrnutím vplyvu komplexného terénu (so zohľadnením prevýšení a drsnosti terénu) na šírenie RAL v atmosfére. V závislosti od charakteristík zdroja sa uvažuje tepelný vzhľad (resp. konzervatívne je uvažovaná nulová hodnota) a tieniaci efekt budovy hlavného výrobného bloku. Zodpovedajúce ožiarenia obyvateľstva je počítané na základe lokálnej, časovo závislej koncentrácie rádionuklidov vo vzduchu a na povrchu zeme.

Program umožňuje výpočty efektívnych a ekvivalentných (na štítnu žľazu, kostnú dreň a kožu) dávok pre 6 vekových kategórií (deti 0-1, 1-2, 2-7, 7-12 rokov, mládež 12-17 rokov a dospelí).

Efektívna dávka E v súlade s metodikou [III.37] je súčtom ekvivalentných dávok H_T vo všetkých orgánoch alebo tkanivách vynásobených príslušným tkanivovým váhovým faktorom w_T .

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$

kde:

$D_{T,R}$ je priemerná absorbovaná dávka v tkanive alebo orgáne T zo žiarenia R ,

w_R je radiačný váhový faktor,

w_T je tkanivový váhový faktor pre tkanivo alebo orgán T .

Ekvivalentná dávka H_T je vyjadrená ako súčin radiačného váhového faktora w_R a absorbovanej dávky D_T v orgáne alebo tkanive T .

Príslušné hodnoty váhových faktorov w_R a w_T sú uvedené v [III.37], tabuľky č. 1 a 2. Jednotkou efektívnej aj ekvivalentnej dávky je Sievert [Sv].

Základom výpočtov prenosu RAL v atmosfére v programe RTARC je Gaussovský model šírenia [III.8], [III.9] a [III.10].

$$X(x,y,z)=Q_R(2\pi\sigma_y\sigma_zu_i)^{-1}\exp(-y^2/2\sigma_y^2)S(h_i,x,z)$$

$$kde S(h_i,x,z)=\exp[-(z+h_i)^2/2\sigma_z^2]+\exp[-(z-h_i)^2/2\sigma_z^2]$$

Disperzné parametre $\sigma_y(x)$ a $\sigma_z(x)$ sú brané v súlade s Hoskerovou parametrizáciou [III.11]. V programe RTARC je možné uvažovať suchý spad a vymývanie atmosférickými zrážkami [III.12].

Prevýšenie vlečky v prípade LOCA havárií má potenciálne veľký význam zvlášť pri nadprojektových haváriách. Pre stanovenie trajektórie stúpajúceho oblaku je použitý model podľa Briggsa [III.13]. V programe RTARC je uvažovaný tepelný vzhľad a vplyv aerodynamického tienenia, tzv. „building wake“, ktorý je zohľadnený korigovaním disperzných parametrov [III.14].

Výpočet dávok v programe RTARC je riešený diskretizáciou časovo premenlivého úniku $q(t)$.

Popis gaussovského výpočtového modelu používaného v programe RTARC aj so vstupnými údajmi obsiahnutými v programe aj v databáze programu je uvedený v Prílohe 09.

Vstupné údaje potrebné pre program RTARC sú:

1. Údaje obsiahnuté v programe

V programe sú zabudované všetky potrebné koeficienty pre atmosférickú difúziu, pre všetky kategórie stability atmosféry A – F (podľa Pasquill-Uhliga):

- koeficienty pre výpočet disperzných parametrov $\sigma_y(x)$ a $\sigma_z(x)$ [II.11],
- výšky premiešavania [III.15],
- hodnoty koeficientov turbulentnej difúzie a koeficientov pre korekciu na konečné rozmery oblaku,
- hodnoty koeficientov pre korekciu na energiu fotónov [III.24],
- hodnoty koeficientov pre zhodnotenie efektívnosti jódovej profylaxie [III.25].

V programe sú zabudované aj niektoré parametre potrebné pre výpočet dávok, napr. rýchlosti dýchania pre jednotlivé vekové kategórie [II.9]

2. Údaje obsiahnuté v databáze programu

V databáze programu sú obsiahnuté charakteristiky rádionuklidov: rozpadové konštanty [s^{-1}], rýchlosti suchého spadu [$m.s^{-1}$] a koeficienty vymývania zrážkami [$h.mm^{-1}.s^{-1}$], rýchlosti odstraňovania nuklidov z pôdy [s^{-1}], konverzné dávkové faktory pre vonkajšie ožiarenie z depozitu [$Sv.m^2.Bq^{-1}.s^{-1}$] a vonkajšie ožiarenie z oblaku [$Sv.m^3.Bq^{-1}.s^{-1}$], dávkové faktory pre vnútorné ožiarenie z inhalácie [$Sv.Bq^{-1}$] pre ekvivalentné dávky na orgány dospelých, pre efektívne dávky a 6 vekových kategórií. Číselné hodnoty týchto údajov aj s referenciami na zdrojové dokumenty sú uvedené v Prílohe 09. Dávkové príkony pre vnútorné ožiarenie z inhalácie boli vybrané pre jednotlivé rádionuklidy z [II.9].

3. Údaje zadávané pri výpočte

- zdrojové členy, t.j. dopredu napočítané alebo užívateľom zadefinované charakteristiky úniku RAL pre daný typ havárie;

Zdrojový člen, používaný na analýzy rádiologických následkov programom RTARC, je únik rádioaktívnych látok do okolia JZ pri havárii, charakterizovaný nasledovnými parametrami:

- čas do začiatku úniku do okolia (od začiatku havárie, t.j. od začiatku úniku RAL z chladiaceho systému reaktora do kontajneru, až do začiatku úniku RAL do okolia JE) [hod],
 - trvanie úniku pre jednotlivé časové intervaly (s podobnými vlastnosťami úniku) [min],
 - uniknuté frakcie inventára RAL (aktívnej zóny - pre nadprojektové a ťažké havárie s tavením paliva, resp. chladiča pre projektové a vybrané nadprojektové havárie) pre jednotlivé nuklidy a všetky časové intervaly [Bq],
 - výška úniku pre jednotlivé časové intervaly [m],
 - tepelná výdatnosť pre jednotlivé časové intervaly [cal/s].
- meteorologické údaje (rýchlosť vetra m/s, smer vetra, kategória stability atmosféry, intenzita zrážok mm/hod).

7.2.1.1.6.5.2 Verifikácia a validácia výpočtového programu RTARC

Verifikácia bola uskutočnená:

- testovacím procesom na medzinárodnej úrovni, testovaním anglickou firmou WS Atkins Science & Technology [III.16] v rámci projektu DTI na podporu budovania CHO ÚJD SR,
- v rámci komparatívnej analýzy pre porovnávacie úlohy č. 1 a 2 zadané Odbornou komisiou č. 6 SÚJB ČR v Prahe (výpočty šírenia rádioaktívnych látok, ktorá je povinná pre programy používané v ČR pre túto oblasť) [III.17] - porovnávacie analýzy SÚJB boli robené s nasledovnými programami, ktoré sú používané v Európe pre výpočet rozptylu rádionuklidov a rádiologických následkov:
 - InterRAS - používaný na SÚJB (popísaný v dokumente IAEA TECDOC-955),
 - HERALD - vyvinutý a používaný v ŠKODA Plzeň,
 - HAVAR - vyvinutý a používaný v EGP Praha, a.s.,
 - CRAC2M - adaptovaný vo VUJE, a.s. a používaný v ÚJV Řež (vyvinutý v USA).
- v rámci porovnávania modelov - porovnávaním RTARC (Gaussovský a PTM model) s rakúskym disperzným modelom TAMOS na základe bilaterálnej spolupráce SÚJB ČR a Rakúska (Brussels Agreement of November 29th, 2001) [III.18],
- pri adaptácii programového systému RODOS na podmienky SR (porovnávanie bolo urobené s modelom ATSTEP systému RODOS v rámci projektu pre CHO a Národné centrum RODOS v CHO ÚJD SR) [III.17].

Validácia výpočtového programu RTARC bola uskutočnená na základe:

- modelových experimentov pre ETE [III.19] a [III.20] vo veternom tuneli - merania vo veternom tuneli v ústave - Institute for Fluid Mechanics and Aerodynamics, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg,

- INEL experimentu (Idaho National Engineering Laboratory) - multi-tracer atmospheric experiment [III.21] - porovnanie medzi výsledkami experimentu a vypočítanými koncentráciami vo vzdialenostiach 3, 50 a 90 km,
- Model Validation Kit (Major Industrial Hazards Programme - European Commission DG XII) - validácia na súbore experimentálnych údajov z klasických elektrární v lokalitách Kincaid, Copenhagen [III.23] Lillestrom,
- medzinárodného porovnávania realizovaného v rámci projektu ENSEMBLE [III.22] - výsledky boli prezentované aj na medzinárodnej úrovni.

7.2.1.1.6.5.3 Konzervativizmus pri výpočte dávok programom RTARC

Výpočtové analýzy programom RTARC sú robené pre 6 kategórií stability atmosféry (kategorizácia metódou Pasquill-Uhlig, ktorá ju rozdeľuje do 6 tried A-F [III.11] s typickými rýchlosťami vetra zo štatistického spracovania ročných hodinových meteorologických údajov.

Tab. 7.2.1.1-7 Kategória stability atmosféry s typickou rýchlosťou vetra

Kategória stability atmosféry	A	B	C	D	E	F
Typická rýchlosť vetra [m.s ⁻¹]	1	2	5	5	3	2

Z analýz neurčitosti a významnosti parametrov používaných v programe RTARC, ktoré boli urobené ako podklad pre rozmiestnenie meracích staníc TDS [III.26] vyplynulo, že na výpočty koncentrácií RAL v oblaku, depozitu a dávok majú najväčší vplyv parametre šírenia RAL v atmosfére. Jedná sa predovšetkým o kategórie stability atmosféry a k nej patriace vertikálny a horizontálny rozptylový parameter. Vplyv výšky úniku a tepelnej výdatnosti zdroja bol preverovaný tiež, ale oproti kategórii stability atmosféry a rozptylovým parametrom je podstatne nižší. Preto boli vykonané aj parametrické výpočty na preverenie vplyvu výšky úniku a tepelnej výdatnosti na veľkosť dávok na hranici ochranného pásma, ktoré preukázali, že:

- na hodnoty dávok na tejto vzdialenosti má výška úniku až do úrovne výšky budovy HVB nevýznamný vplyv a hodnoty dávok na hranici ochranného pásma výraznejšie klesnú pri úniku cez ventilačný komín,
- nevýznamný vplyv na vypočítané dávky na hranici ochranného pásma má tepelná výdatnosť zdroja do hodnôt rádovo 1E+7 cal/s - výraznejšie klesnú až pri vyšších hodnotách tohto parametra.

Program neumožňuje voliť zrážky na zvolenú dobu (obmedzený čas) a pri väčších časových úsekoch (1 rok) je predpoklad trvalých zrážok príliš (neodôvodnene) konzervatívny. Program tiež neumožňuje výpočet dávok z ingescie kontaminovaných potravín a vody (tieto cesty je však možné najmä v skorej fáze havárie opatreniami vylúčiť a v prípade potreby je možné na výpočty dávok z ingescie použiť napr. výpočtový program RDEMO).

Konzervativizmus pri výpočte dávok na hranici ochranného pásma je daný najmä nasledujúcimi predpokladmi:

- deterministický prístup k výpočtom a použitie Gaussovského difúzneho modelu,
- človek sa pohybuje vonku 24 hodín, na mieste s maximálnou koncentráciou RAL, t.j. pod osou rádioaktívneho oblaku, ochrana v budovách sa neuvažuje,

- celý rok je uvažovaná jedna meteorologická situácia = jedna kategória stability atmosféry s rovnakou rýchlosťou vetra,
- kritériálne hodnoty sa porovnávajú s najvyššími vypočítanými hodnotami dávok pri zodpovedajúcej kategórii stability atmosféry, s určením kritickej skupiny obyvateľstva, pre vzdialenosť 2 km, najmenšia vzdialenosť hranice ochranného pásma JE, pre rovinný a komplexný terén (horší prípad),
- výpočty programom RTARC sú robené so zrážkami.

Konzervatívnosť výsledkov programu RTARC potvrdzuje aj porovnanie výsledkov výpočtov programom COSYMA a RTARC, ktoré bolo urobené v [III.27]. Vypočítané hodnoty dávok programom RTARC sú vyššie a líšia sa o jeden až dva rády, čo je spôsobené viacerými príčinami:

- V programe RTARC je použitý konzervatívny prístup, pri ktorom sa dávky počítajú z hodnôt koncentrácií vo výške osi vlečky a preto sú hodnoty takto vypočítaných dávok oveľa väčšie ako hodnoty vypočítané z koncentrácií pri povrchu terénu.
- V každej krajine sa na výpočet dávok používajú iné konverzné faktory. Program RTARC používa schválené hodnoty pre Slovenskú republiku [II.9] a program COSYMA používa upravené hodnoty z ICRP 26, 60 a z databázy NRPB [III.28] a [III.29]. Najväčšie rozdiely medzi použitými konverznými faktormi sú v prípade vnútorného ožiarenia z inhalácie – faktory používané v programe RTARC sú o 2 až 4 rády vyššie.
- V programoch sú použité rozdielne hodnoty disperzných parametrov, dané rozdielnymi vzťahmi na ich výpočet, rozdielne hodnoty mocnín veterného profilu, rozdielne hodnoty výšok premiešavania, rozdielne hodnoty rýchlostí suchého usadzovania.

Verzie výpočtového programu RTARC 6.0 a 6.1 sú použité v rámci kapitoly 7. Hlavný rozdiel modelu verzie 6.1 voči modelu verzie 6.0, ktorý má za následok zníženie prebytočnej konzervatívnosti ocenenia dávok, je nasledujúci (detailný popis rozdielov je uvedený v dokumentoch [III.50] a [III.51]):

- Verzia 6.0 - pri výpočte rýchlosti šírenia rádioaktívneho oblaku a znižovania koncentrácie RAL procesom suchého spadu je použitá hodnota rýchlosti vetra na efektívnej výške úniku. Drsnosť povrchu terénu je v danom smere vetra pre danú lokalitu JZ konštantná, t.j. nemení sa so vzdialenosťou od zdroja JZ (drsnosť terénu má vplyv na rýchlosť vetra a následne na rozptyl rádioaktívneho mraku).
- Verzia 6.1 - pri výpočte rýchlosti rádioaktívneho oblaku a znižovania koncentrácie RAL procesom suchého spadu je použitá priemerná hodnota rýchlosti vetra vo vrstve premiešavania. Drsnosť povrchu terénu nie je v danom smere vetra konštantná, ale zodpovedá reálnym podmienkam lokality JZ, t.j. zodpovedá charakteru povrchu terénu (lúka, les, mesto).

7.2.1.1.6.6 Výpočtový program RDEMO

7.2.1.1.6.6.1 Popis výpočtového programu RDEMO

Výpočtový programový systém RDEMO (Ročné Dávky v okolí EMO) je určený na ocenenie rádiologických následkov prevádzky JE EMO, t.j. výpustí RAL do atmosféry cez ventilačný komín EMO34 a do hydrosféry - povrchových vôd, t.j. do rieky Hron, vychádza z metodiky INTERATOMENERGO, ČSKAE [II.11] a doporučení ICRP. V modeli ingescie trícia sú uvažované dve formy prenosu - HTO (tríciovaná voda) a OBT (organicky viazané trícium), príspevky ktorých sa sčítavajú).

- je uvažovaný vplyv mokrého depozitu na koreňovú cestu prenosu HTO z pôdy do rastlín,
- je modelovaný aj vplyv organicky viazaného trícia (OBT) na ingesciu s použitím vzťahov pre výpočet merných aktivít OBT v rastlinách.

Programový systém RDEMO zahŕňa programy na vytvorenie vstupných súborov, výpočtové programy s tabuľkovými výstupmi a programy na grafické spracovanie výstupov, t.j.:

Programy na vytvorenie vstupných dátových súborov obsahujúcich:

- merané hodnoty výpustí (trícia, uhlíka, vzácnych plynov, jódu a aerosólov do atmosféry aj hydrosféry) za počítané obdobie,
- štatisticky spracované meteorologické údaje z hodinových záznamov (smer vetra, rýchlosť vetra, kategória stability počasia, výška inverznej hladiny, intenzita zrážok) pre zadané obdobie,

Výpočtové programy na:

- výpočet dlhodobého faktora pre gama dávku z mraku metódou sčítovania príspevkov dlhodobých bodových zdrojov, časového integrálu prízemnej koncentrácie vo vzduchu a koncentrácií na povrchu - suchý a mokrá spadá,
- výpočet príjmov všetkých rádionuklidov s potravinami z jednotkového mesačného depozitu aktualizovaným modelom prenosu rádionuklidov k človeku potravinovými reťazcami so zahrnutím sezónnosti s využitím údajov získaných v Českej a Slovenskej republike v období po havárii na JE Černobyl',
- na ocenenie radiačnej záťaže obyvateľstva v okolí JEZ pri normálnej prevádzke za počítané obdobie, umožňujúci výpočet individuálnych a kolektívnych dávok, resp. dávkových úväzkov pre 6 vekových kategórií obyvateľstva (0-1 rok, 1-2, 2-7, 7-12, 12-17 rokov a nad 17 rokov, t.j. pre dospelých) z výpustí do atmosféry i hydrosféry, t.j. efektívnych dávok a ekvivalentných dávok na 6 orgánov ľudského tela, na gonády, kostnú dreň, pľúca, štítnu žľazu, zažívaci trakt a kožu a pre nasledovné cesty ožiarenia:
 - vonkajšie ožiarenie od atmosféry od oblaku a depozitu RAL na zemský povrch,
 - vonkajšie ožiarenie od hydrosféry z kúpania a člnkovania, zo slnenia a z pobytu na zavlažovanej pôde,
 - vnútorné ožiarenie od atmosféry z inhalácie a ingescie, t.j. príjmu RAL cestou potravinových reťazcov,
 - vnútorné ožiarenie od hydrosféry z ingescie pitnej vody, rýb a potravín kontaminovaných závlahami (so zahrnutím sezónnosti pri výpočte dávok z potravinových reťazcov),

- určenie kritickej skupiny obyvateľstva, kritickej cesty ožiarenia a kritických rádionuklidov pre jednotlivé cesty ožiarenia a celkove pre atmosféru a hydrosféru vrátane príspevkov jednotlivých rádionuklidov; určenie rizika a zdravotnej ujmy vyplývajúcej z výpustí RAL za dané obdobie v regionálnom a globálnom meradle,

Pomocné programy na:

- zistenie rozloženia maximálnych koncentrácií vo vzduchu a na zemskom povrchu v okolí JE, t.j. zoradenie zón podľa hodnôt koncentrácií od zóny s najvyššou hodnotou,
- tlač tabuliek obsahujúcich pre vybrané zóny: dlhodobý faktor pre gama dávku z mraku, prízemnú koncentráciu vo vzduchu, rovnovážnu koncentráciu na povrchu suchý spad, rovnovážnu koncentráciu na povrchu mokrý spad,
- tlač tabuliek dávok, t.j. efektívne dávky a dávky na 6 orgánov ľudského tela - gonády, kostnú dreň, pľúca, štítnu žľazu, zažívaci trakt a kožu,
- grafické znázorňovanie radiačnej situácie v okolí JEZ pri normálnej prevádzke, t.j. na zobrazenie hodnôt ID a KD v jednotlivých zónach okolia pre všetky počítané vekové kategórie i celkové KD pre všetkých obyvateľov, sumárne a priemerné hodnoty KD v jednotlivých zónach alebo vybraných medzikružiach; podiel jednotlivých ciest ožiarenia na individuálnej i kolektívnej dávke v ľubovoľnom zvolenom bode.

7.2.1.1.6.6.2 Popis použitého modelu

Metodika výpočtu šírenia RAL z JEZ a dávok na obyvateľstvo - šírenie v atmosfére a hydrosfére (povrchové vody), výpočet ID z externého i interného ožiarenia, t.j. ročných dávok (z externého ožiarenia) a dávkových úväzkov (z interného ožiarenia) a 50(70) ročných úväzkov ID a KD, aj úplných úväzkov KD (z doby pobytu v lokalite) pre všetky cesty ožiarenia, výpočet globálneho úväzku KD, určenie rizika a zdravotnej ujmy vyplývajúcej z výpustí RAL za dané obdobie v regionálnom a globálnom meradle je podrobne popísaná v [III.31] a výpočtový programový systém v manuáli programového systému RDEMO [III.30].

Efektívne a ekvivalentné dávky sú počítané v súlade s definíciami podľa [II.9].

Pri výpočte šírenia rádioaktívnych látok v atmosfére sú použité vzťahy z gaussovského modelu atmosférickej difúzie s horizontálnym parametrom difúzie priemerovaným na šírku sektora smeru vetra [III.31].

Parametre difúzie boli použité z kategorizácie stability atmosféry podľa Pasquill-Uhliga na základe meraní teplotných gradientov alebo fluktuácií smeru vetra [III.32].

Pre kontinuálny bodový zdroj je stredná objemová aktivita (koncentrácia) rádionuklidu r v bode (x,y,z) pravouhlého súradnicového systému orientovaného tak, že os x súhlasí so smerom vetra, podľa priamočiareho gaussovského modelu šírenia v prízemnej vrstve atmosféry.

Pri dlhodobom úniku je horizontálny rozptyl ovplyvňovaný fluktuáciami smeru vetra. Na hodnoty koncentrácie má vplyv prítomnosť inverznej hladiny, ktorá vzniká v prípade nehomogénnej vertikálnej teplotnej stratifikácie. Na výpočet zriedňovacích faktorov ako funkcie vzdialenosti od zdroja sú potrebné štatisticky spracované ročné meteorologické údaje pre každý sektor [III.33].

V modeli sú zahrnuté aj korekčné faktory zohľadňujúce ochudobnenie vľechy v dôsledku rádioaktívneho rozpadu, suchého spadu a vymývania atmosférickými zrážkami pre materské i dcérske rádionuklidy.

7.2.1.1.6.6.3 Vstupné údaje

Pre výpočty je potrebné veľké množstvo vstupných údajov. Základné dáta potrebné na výpočet zriedňovacích faktorov, resp. koncentrácií RAL v atmosfére je možné rozdeliť do nasledovných skupín:

- dáta popisujúce difúzny model (sú zabudované v modeli),
- dáta charakterizujúce zdroj úniku (parametre komína),
- topografické údaje,
- meteorologické údaje.

Všetky potrebné vstupné údaje sú uvedené v databáze, resp. vo vstupných súboroch. Databáza výpočtového programu obsahuje údaje charakterizujúce ovplyvnené územie do okruhu 100 km (bez údajov zo zahraničia). V databáze programu sú vstupné údaje týkajúce sa:

- Okolia JEZ - údaje o obyvateľstve, t.j. demografické údaje (distribúcia obyvateľstva podľa výsledkov sčítania ľudu), poľnohospodárske údaje t.j. údaje o výrobe a spotrebe poľnohospodárskych a potravinárskych produktov a ich distribúcii (výnosy poľnohospodárskych produktov a relatívne zastúpenie osevných plôch pre všetky počítané zóny, frakcie potravín spotrebovaných miestnym obyvateľstvom) a hydrologické údaje ovplyvnených vodných tokov,
- Človeka - spotreby potravín pre jednotlivé vekové kategórie, rýchlosti dýchania, doby pobytu na kontaminovanej pôde,
- Rádionuklidov - t.j. súbor údajov charakterizujúci jednotlivé rádionuklidy (rozpadové konštanty, efektívne rýchlosti usadzovania, koeficienty vymývania zrážkami, koeficienty odstraňovania z povrchu zeme, konverzné dávkové faktory pre 6 vekových kategórií, korekcie na vek, koncentračné faktory, prechodové koeficienty). Vstupné údaje týkajúce sa rádionuklidov sú použité podľa [III.31].

Popis gaussovského výpočtového modelu používaného v programe RDEMO aj so vstupnými údajmi obsiahnutými v programe aj v databáze programu je uvedený v [III.37].

7.2.1.1.6.6.4 Verifikácia a validácia výpočtového programu RDEMO

Testovanie programu prebehlo pri jeho vývoji a výsledky modelových výpočtov boli porovnávané s výsledkami štandardizovaného programu RDOJE II. Výpočtové programové systémy RDxxx boli vyvíjané v podmienkach plného uplatňovania zásad systému zaistenia kvality VUJE, a.s. certifikovaného firmou Lloyd Register Quality Assurance [III.34]. Porovnanie metodík výpočtových programov RDOJE II a RDEDU bolo urobené vo VUJE, a.s. v roku 1997 [III.35].

Validácia bola urobená v rámci komparatívnej analýzy pre porovnávacie úlohy zadané Odbornou komisiou č.6 SÚJB ČR v Prahe na výpočty šírenia rádioaktívnych látok, ktorá je povinná pre programy používané v ČR pre túto oblasť [III.36]. Závety platia pre všetky výpočtové programy RDxxx, nakoľko všetky systémy (RDEBO, RDEMO, RDEDU a EDETE) vychádzajú z jednotnej metodiky a výpočtové moduly používajú rovnaké algoritmy a programové prostriedky.

LITERATÚRA**I Zdrojové dokumenty, ktoré sú vlastníctvom SE, a.s.**

- [I.1] Kapitola 07.02.00 Súhrn vstupných dát pre deterministické analýzy bezpečnosti.
- [I.2] PpBS pre 1. a 2 blok EMO, kapitola 15.0 Popis použitého prístupu, rev. 2, máj 2011.
- [I.3] WP01.2, Požiadavky na kvalitu jadroveho zariadenia 3. a 4. bloku J E Mochovce, Ev.č.: DMO/012/0501/T, VUJE, 2008.
- [I.4] Spoľahlivosťná analýza RPS.
- [I.5] Pravdepodobnostné a hodnotenie spoľahlivosti a bezpečnosti dodaného systému.
- [I.6] Evaluation of the uncertainty for RTS, DRTS and ESFAS signals for safety analyses.
- [I.7] RTS & DRTS. I&C Function Specification.
- [I.8] ESFAS. I&C Function Specification.
- [I.9] Kapitola 06.01.03 Jadrový projekt.
- [I.10] Kapitola 06.01.01 Projekt jadrového paliva.
- [I.11] Initial data for the buyer related to the fuel and structural materials (len v ruštine).
- [I.12] Technické zdůvodnění bezpečnosti stavby a provozování JE, Technické projekt, Teploenergoprojekt, Leningrad, 1974.
- [I.13] Súbor hodnotiacich listov Bezpečnostných opatrení, CONT01 až CONT06, 2. blok JE Mochovce, 23.12.1999.
- [I.14] Freiman M.: Concrete Containment Bearing Capacity for Accident Load Conditions, NGEM2/2002/en/0302, Framatome, Offenbach, 12.2002 (vypracované pre EBO V2 v rámci M07).
- [I.15] Evaluation of containment compartment members for load capacity and final assessment, NDA2/97/e0336, EUCOM, 1997 (vypracované pre EMO12 v rámci CO04).
- [I.16] 3LP/1001 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky.
- [I.17] M. Hrázský, P. Hermanský: Hodnotenie odolnosti TNR JE V2 proti náhlemu lomu, súhrnná záverečná správa, správa VÚJE 298/1999.
- [I.18] M. Hrázský, P. Hermanský: Hodnotenie odolnosti TNR JE V1 proti náhlemu lomu, súhrnná záverečná správa, správa VÚJE 164/2000.
- [I.19] WP 0.41 Revize a dopracování Úvodního projektu pro MO34, Dodate č. 0003, Charakteristiky prostředí.
- [I.20] A. Bujan a kol.: Špecifikácia kritérií prijateľnosti pre poškodenie paliva počas MPH.
- [I.21] TECHNICAL SAFETY ANALYSIS REPORT FOR UNITS 3,4 OF NPP «MOCHOVCE», PNM34082960, Rev. 1.
- [I.22] Definition of PT curve for MO34 design, PNM34480446, Rev. 1.
- [I.23] Analysis of p-T curves according to the methodology VERLIFEAnalýza p-T křivek dle metodiky VERLIFE.

[I.24] WP01.2, Radiačné ciele pre projekt dostavby MO34, Ev.č.: DMO/012/0502/T, VUJE, 2008.

II Legislatívne dokumenty (zákony, vyhlášky, normy, dokumenty MAAE, a pod.)

- [II.1] Zbierka zákonov č. 430/2011, Vyhláška ÚJD SR o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť.
- [II.2] Zbierka zákonov č. 30/2012, Vyhláška ÚJD SR o požiadavkách pri nakladaní s jadrovými materiálmi, rádioaktívnymi odpadmi a vyhoretým jadrovým palivom.
- [II.3] J. Husárček: Požiadavky na deterministické analýzy bezpečnosti, BNS I.11.1/ 2012, ÚJD SR, Bratislava, máj 2012 (revízia vydaná v roku 2013 bola tiež vzatá do úvahy).
- [II.4] J. Husárček a kol.: Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, BNS I.1.2/2008, Bratislava, november, 2008 (revízia vydaná v roku 2014 bola tiež vzatá do úvahy).
- [II.5] International Atomic Energy Agency, Accident Analysis for Nuclear Power Plants, Safety Reports Series No. 23, IAEA, Vienna, 2002.
- [II.6] International Atomic Energy Agency, Accident Analysis for Nuclear Power Plants with Pressurized Water Reactors, Safety Reports Series No. 30, IAEA, Vienna, 2003.
- [II.7] Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1, Vienna, 2004.
- [II.8] Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants, Specific Safety Guide No. SSG-2, IAEA, Vienna, 2009.
- [II.9] Zákon č. 87/2018 z 13. marca 2018, o radiačnej ochrane a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [II.10] American National Standard for Decay Heat Power in Light Water Reactors, ANSI/ANS-5,1-1979, 29. august 1979.
- [II.11] ČSKAE - Metódy výpočtu šírenia rádioaktívnych látok z JEZ a ožiarenia okolitého obyvateľstva. Bezpečnosť jaderných zařízení č. 5/1984, ÚISJP Praha.
- [II.12] Guidelines on PTS Analysis for WWER Nuclear Power Plant, IAEA-EBP-WWER-08, Revision 1, IAEA, 2006.
- [II.13] Unified Procedure for Lifetime Assessment of Components and Piping in VVER NPPs, VERLIFE project of the 5th Framework Programme of the EU, Version 5 -final.
- [II.14] Comparison Report of RPV Pressurised Thermal Shock International Comparative Assessment Study (PTS ICAS), OECD, NEA/CSNI/R(99)3, 1999.
- [II.15] WWER-440/213 RPV Pressurized Thermal Shock Analysis Benchmark Exercise (WPB), Results of Phase II. - Structural Analysis and Fracture Mechanics Analysis, MAAE, Vídeň, 1999.
- [II.16] European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants, Volume 2, Revision C, 2001.
- [II.17] Zákon NR SR č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (Atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [II.18] Vyhláška č. 31/2012 Z. z. ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam.

III Zdrojové dokumenty, ktoré sú spravidla vytvorené VUJE, a.s.

- [III.1] RELAP5/MOD3.2.2 Manuál, NUREG/CR-5535-Vol. I.-VII.
- [III.2] Kvizda B. a kol.: Verifikácia a validácia modelu MO34 pre výpočtový program RELAP5, OKR-FVP-66-02, VUJE, a.s., 2013.
- [III.3] Pernica R., Čížek J.: PG General Correlation of CHFR and Statistical Evaluation Results, ÚJV 10156T, Február 1994.
- [III.4] Majerčík J.: Vstupné hodnoty neutrónovo-fyzikálnych parametrov reaktorov MO34 s palivom obohatenia 4,87 % pre výpočtový program RELAP5, VUJE, Ev. č. V01-TS-MO34/0250/2012.5, marec 2012.
- [III.5] SCALE 6, Oak Ridge National Laboratory, Marec 2009.
- [III.6] Guald I.C., Murphy B.D.: Updates to the ORIGEN-S data libraries using ENDF/B-VI, FENDL-2.0 and EAF-99 data, ORNL/TM-2003/118, May 2004.
- [III.7] Chrapčiak V.: Verification of SCALE 6 for nuclide composition calculation, WG E, Řež 2012.
- [III.8] Kusovská Z., Štubňa M., Ďúran J. : RTARC – Popis modelu šírenia RAL v atmosfére a metodika výpočtu dávok pri havarijnom úniku RAL z JEZ. Správa VUJE, a.s. ev.č. V01-33853/2006.
- [III.9] Štubňa M., Ocenenie radiačnej záťaže obyvateľstva v okolí jadrových elektrární v reálnom čase pri radiačných nehodách, Rádioaktivita a životné prostredie 9, 3, 1986.
- [III.10] Štubňa M., Calculation of the Cloud Gamma Dose Equivalent from NPP Accidental Release, In Proc. 20th International Symposium Radiation Protection Physics, Gaussig, April, 1988.
- [III.11] Hosker R.P., Estimates of dry deposition and plume depletion over forests and grasslands. In Proc. Symposium on Physical Behaviour of Radioactive Contaminants in the Atmosphere, Vienna, Nov. 1976.
- [III.12] Van der Hoven I., Deposition of particles and gases. In Slade D.H. ed., Meteorology and Atomic Energy, USAEC, TID-24190, 1968.
- [III.13] Briggs G.A., Plume Rise Prediction. In Lecture on Air Pollution and Environmental Impact Analysis, Boston, American Meteorological Society, 1975.
- [III.14] Panitz H.J. a kol., UFOMOD Atmospheric Dispersion and Deposition, KfK 4332, 1989.
- [III.15] Clarc R.H., A Model for Short and Medium Range Dispersion of Radionuclides Released to the Atmosphere., NRPB - R91, UK, 1979.
- [III.16] Grifits M.P.: Testing the RTARC radiological assessment software, WS Atkins Science & Technology, Report No. AM2935-R1, January 1996.
- [III.17] Kusovská Z., Ďúranová T., Ďúran J.: Výsledky porovnania atmosférického disperzného modelu ATSTEP s modelom RTARC, správa VUJE, a.s., ev.č. RODOS/TS/18/01/00.
- [III.18] Ďúran J., Pospíšil M.: Porovnanie modelov pre odhad rádiologických následkov na veľkých vzdialenostiach. Step II b) „Realistic Case Studies“, VÚJE Trnava, a.s., č. Step II b), marec 2003.
- [III.19] Romer L. et al. Wind-Tunnel Simulation of the Dispersion of Radio Nuclides Released from the Reactor Building of NPP-Temelin into a Neutrally Stratified Atmospheric Boundary Layer Flow. Report 1-5, UniBw Neubiberg, July 1994.

- [III.20] Romer L. et al. Wind-Tunnel Simulation of the Dispersion of Radio Nuclides Released from the Reactor Building of NPP Mochovce into a Neutrally Stratified Atmospheric Boundary Layer Flow. Report 1-3, UniBw Neubiberg, December 1994-July 1995.
- [III.21] Ďúran J.: Verifikácia modelov difúzie na údajoch z INEL experimentu, VUJE a.s., č. 3/98.
- [III.22] Ďúran J., Pospíšil M., Kusovská Z.: Porovnanie modelov MATCH a PTM s modelmi používanými v EÚ, VÚJE Trnava, a.s., č. RODOS/TS/30/03/00, november 2003.
- [III.23] Ďúran J.: Validácia difúzneho modelu výpočtového systému RTARC na údajoch poľných experimentov „Kit“, VUJE, a.s., č. 94/2000.
- [III.24] Štubňa M., Calculation of the Cloud Gamma Dose Equivalent from NPP Accidental Release, In Proc. 20th International Symposium Radiation Protection Physics, Gaussig, April, 1988.
- [III.25] Kriteria dlja priniatia rešenij o merach zaščity naselenia v slučae avarii reaktorov. 2 o j projekt NTD, tema 02.04.50, december 1988.
- [III.26] Štubňa M., Ďúranová T.: Ocenenie dávok, koncentrácií a depozítu: analýza neurčitosti a významnosti parametrov, VUJE, a.s., č. 59/90.
- [III.27] Pospíšil M.: Mapovanie rádioaktívnych únikov z jadrových elektrární do okolia, SVŠT MTF Trnava, 2001.
- [III.28] Jones J.A. a kol.: PC COSYMA: an accident consequence assessment package for use on a PC. National Radiological Protection Board, United Kingdom and Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, EUR 14916 EN, 1994.
- [III.29] PC COSYMA, version 2.0 user guide. National Radiological Protection Board, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, EUR 16240 EN, 1995.
- [III.30] Kusovská Z., a kol.: Manuál výpočtového programu RDEBO, ver. 2.0 na ocenenie rádiologických následkov normálnej prevádzky JEZ EMO, VUJE, a.s., č. 309/98.
- [III.31] Kusovská Z., Ďúranová T., Ďúran J.: Metodika na výpočet šírenia rádioaktívnych látok v okolí JEZ pri normálnej prevádzke, VUJE Trnava a.s., č. 129/99, rev. 1.
- [III.32] Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants. Safety Guide. IAEA Safety Standards Series, No. NS-G-3.2, Vienna, Austria, 2002.
- [III.33] Smernica pre hydrometeorologické zabezpečenie výstavby a prevádzky jadrove- energetických zariadení, Časť I. Meteorologické zabezpečenie, ČHMÚ, SHMÚ, ČEZ, SEP, Praha, 1986.
- [III.34] Certifikát firmy Lloyd Register Quality Assurance.
- [III.35] Kusovská Z. a kol.: Porovnanie metodík výpočtových programov RDOJE II a RDEDU, Správa VÚJE Trnava a.s. č. 362/97.
- [III.36] Závery z posúdenia RDEDU na SÚJB ČR.
- [III.37] Bujan A., Kusovská Z.: Metodika a kritériá bezpečnostných analýz pre radiačné havárie a radiačné ohrozenie obyvateľstva VUJE, a.s., V01-f8162/2010.
- [III.38] Grundmann U., Lucas D., Mittag S., Rohde U.: DYN3D Version 3.2 - Code for Calculation of Transients in Light Water Reactors (LWR) with Hexagonal or Quadratic Fuel Elements - Code

manual and Input Data Description for Release, December 2009, Forschungszentrum Dresden-Rossendorf, Inc.

- [III.39] Strmenský C. a kol.: Popis výpočtového modelu JE MO34 pre kód DYN3D, Technická správa VUJE, Január 2013.
- [III.40] Dařílek P.: Příprava dat pre bezpečnostné výpočty programom DYN3D/M2, interná správa VÚJE 85/98, Máj 1998.
- [III.41] Dařílek P.: HELIOS-ovská knižnica difúzných dat pre palivové kazety reaktora VVER-440, revízia 2. Technická správa VÚJE č.V01/0250/2008.23, Marec 2008.
- [III.42] Verifikácia výpočtového komplexu HELIOS + BIPR7, Výskumná správa V01-TS/QA/0220/2013.5, Trnava, Marec 2013.
- [III.43] Cvan M. a kol.: Popis výpočtového modelu pre VVER 440/V213 pre kód MELCOR 1.8.5, „Model hermetickej zóny HZMO34BS“, Technická správa VUJE V01-TS/PAM-22-MELCOR-HZMO34BS/2013-41, revízia 0, Trnava, júl 2013.
- [III.44] MELCOR Computer Code Manuals Version 1.8.5, NUREG/CR-6119, Rev. 2, SAND2000-2417/1, May 2000.
- [III.45] Lassmann K., Schubert A., Van de Laar J.: TRANSURANUS Handbook, Document Number Version 1 Modification 2 Year 2000 („V1M2J2000), EC JRC Institute for Transuranium Elements, December 2000.
- [III.46] Hatala B.: Final report for study contract PECO 2000-2001 programme, JRC-ITU-PECO-2002/04, správa VUJE č.8/2002.
- [III.47] Hatala B.: Plant Application of Extended TRANSURANUS – for study contract EXTRA Project FIKS-CT2001-00173. Správa VÚJE č.80/2003, 2003.
- [III.48] Györi Cs., Hózer Z., Lassmann K., Schubert A., van de Laar J., Cvan M., Hatala B.: EXTENSION OF TRANSURANUS CODE APPLICABILITY WITH NIOBIUM CONTAINING CLADDING MODELS (EXTRA), FIKS-CT2001-00173, May 2004.
- [III.49] Juriš P., Kliment T.: Analýza chladenia reaktora v režime prirodzenej cirkulácie počas prvého fyzikálneho energetického spúšťania blokov JE MO34, Ev. č. V01-4003613/2.2/PRO/002.v00, apríl 2013.
- [III.50] Ďúran J.: RTARC - popis modelu šírenia RAL v atmosfére a metodika výpočtu dávok pri havarijnom úniku RAL z JEZ do atmosféry, VUJE Trnava, a.s., Výskumná správa V01-19503/2012, 2012 (v Češtine).
- [III.51] Ďúran J.: Výsledky modelových srovnávacích výpočtů vykonaných kódy RTARC 6.0 a RTARC 6.1, Technická správa VUJE, a.s., Ev. č. V01-7465/2013, 08.04.2013 (v Češtine).

ZOZNAM PRÍLOH

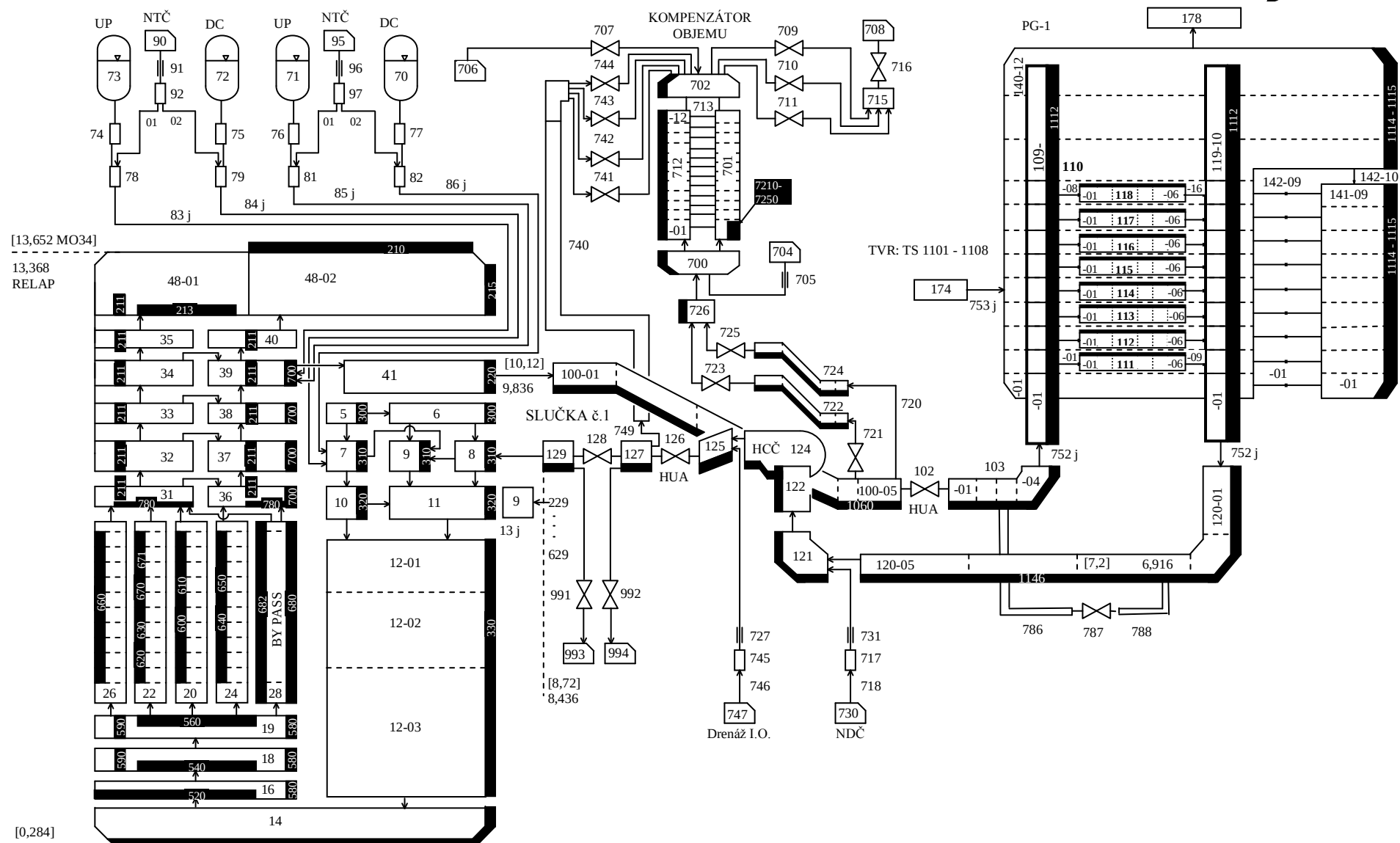
- Príloha 01 Nodalizačné schémy modelu MO34 pre výpočtový program RELAP5
- Príloha 02 Nodalizačná schéma modelu otvoreného reaktora MO34 pre výpočtový program RELAP5
- Príloha 03 Nodalizačná schéma modelu BSVP MO34 pre výpočtový program RELAP5
- Príloha 04 Nodalizačné schémy modelu MO34 pre výpočtový program MELCOR
- Príloha 05 Matice reaktivity pre výpočtový program RELAP5 pri použití voľby TABLE 4 a porovnanie rozsahu vstupných parametrov pre RELAP5 s intervalmi limitných hodnôt v kapitole 6.1.3 PpBS
- Príloha 06 Radiálne a axiálne rozloženie výkonu pre 60° symetriu aplikované vo vstupnom súbore pre výpočtový program DYN3D
- Príloha 07 Metodika pre určenie počtu porušených prútikov pre analýzy LOCA havárie
- Príloha 08 Hranica ochranného pásma JE EMO
- Príloha 09 Metodika výpočtu dávok pri prevádzke JZ z vypúšťanej aktivity / únikov RAL do životného prostredia
- Príloha 10 Porovnanie kategorizácie iniciačných udalostí v kapitole 7.2.1 a ich uvažovanie v PSA

ZOZNAM TABULIEK

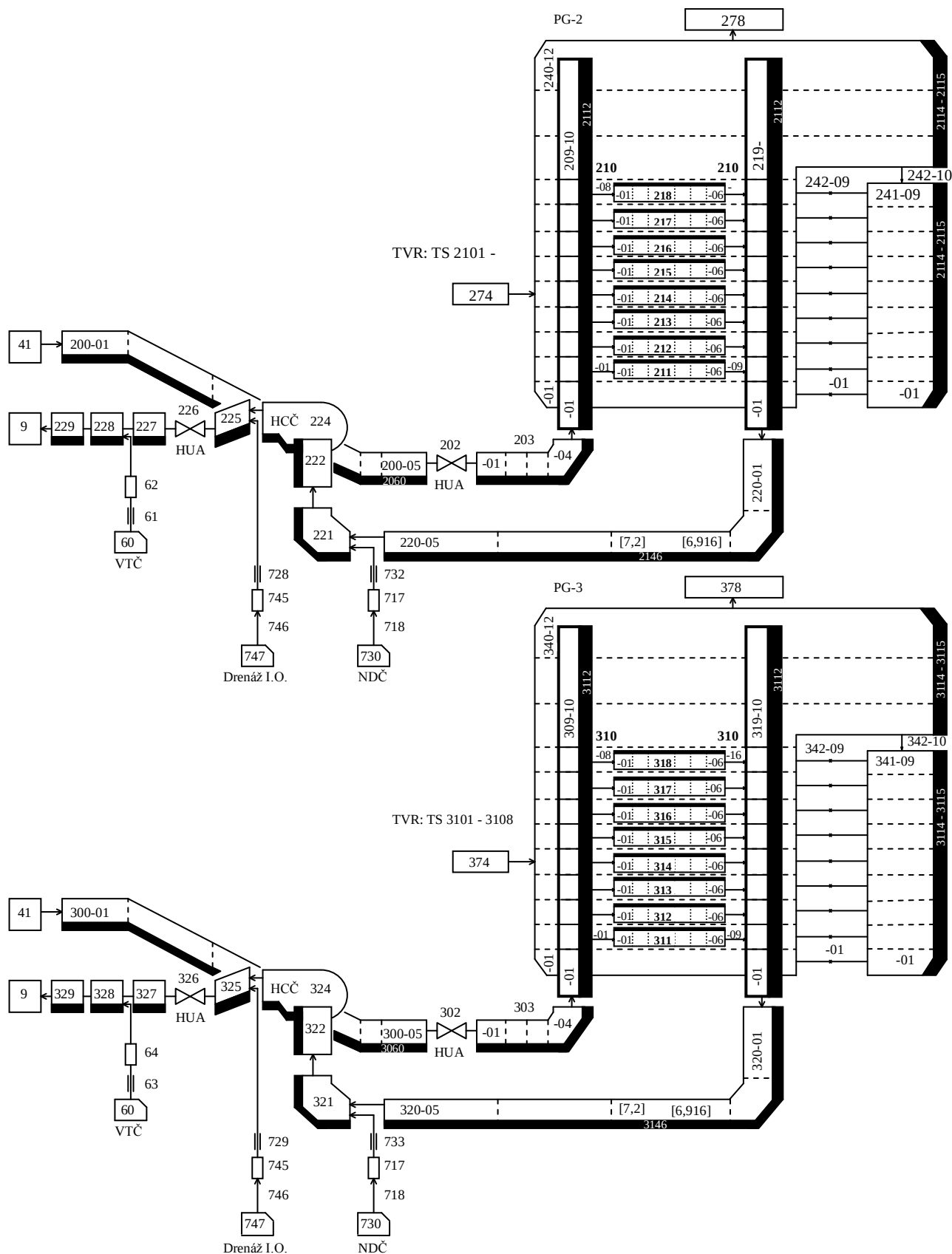
Tab. 7.2.1.1-1	Kritériá prijateľnosti pre analýzy rádiologických následkov	15
Tab. 7.2.1.1-2	Kategorizácia iniciačných udalostí	17
Tab. 7.2.1.1-3	Základné parametre bloku pre výkon reaktora 1375 MW	22
Tab. 7.2.1.1-4	Okrajové podmienky pre HSCHZ.....	26
Tab. 7.2.1.1-5	Konzervatívna voľba závislostí koeficientov reaktivity	31
Tab. 7.2.1.1-6	Počiatkové a okrajové podmienky analýzy termicko-hydraulickej odozvy kontajneru	37
Tab. 7.2.1.1-7	Kategória stability atmosféry s typickou rýchlosťou vetra	54

**Príloha 01 Nodalizačná schéma výpočtového modelu MO34 pre výpočtový
program RELAP5****ZOZNAM OBRÁZKOV**

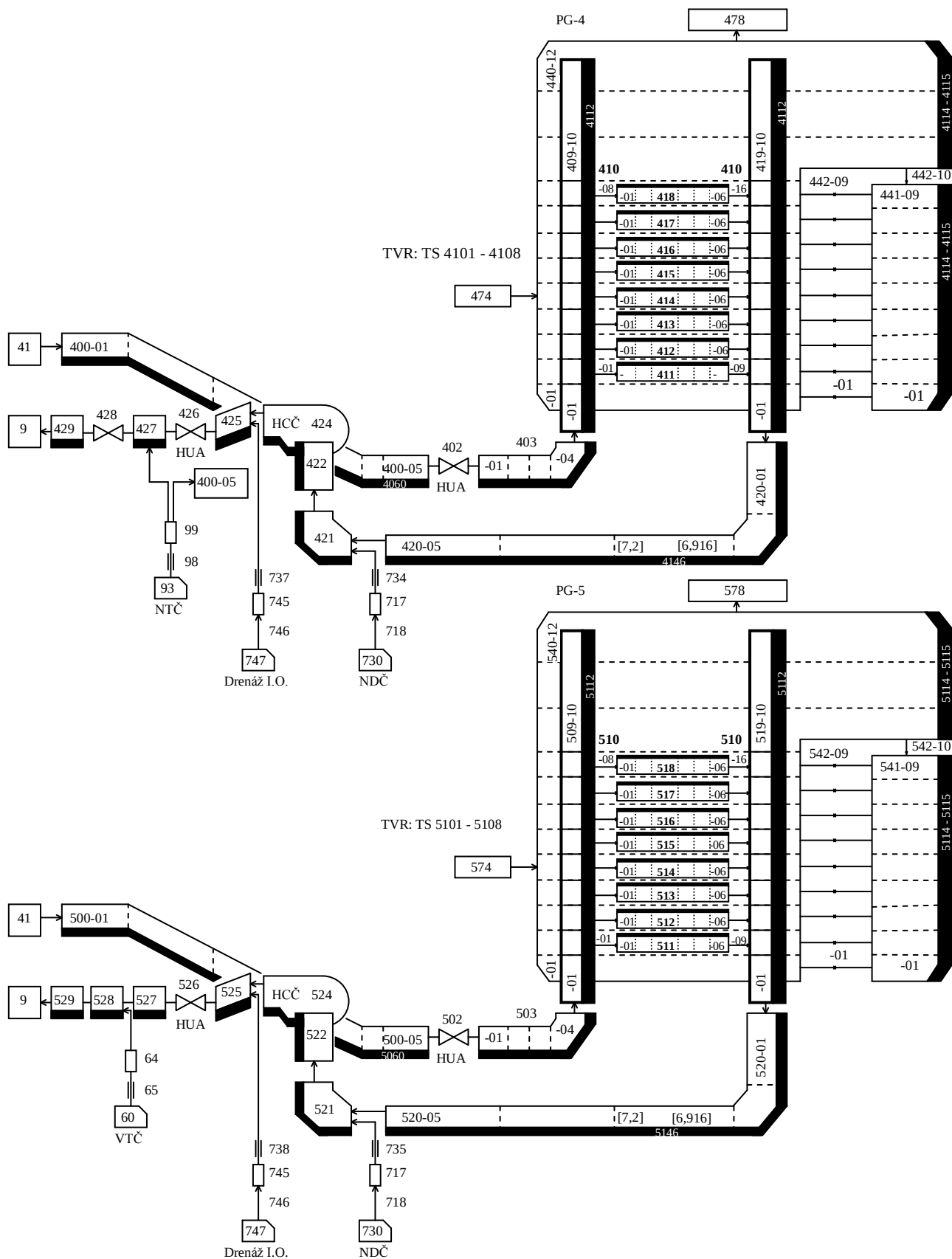
Obr. 1:	Nodalizačná schéma I.O. - reaktor a slučka č.1.....	2
Obr. 2:	Nodalizačná schéma I.O. - slučka č.2 a 3.....	3
Obr. 3:	Nodalizačná schéma I.O. - slučka č.4 a 5.....	4
Obr. 4:	Nodalizačná schéma I.O. - slučka č.6.....	5
Obr. 5:	Nodalizačná schéma II.O. – parná časť.....	6
Obr. 6:	Nodalizačná schéma turbín.....	7
Obr. 7:	Nodalizačná schéma II.O. – napájacia časť.....	8
Obr. 8:	Nodalizačná schéma pripojenia SHN k PG1 až PG6.....	9



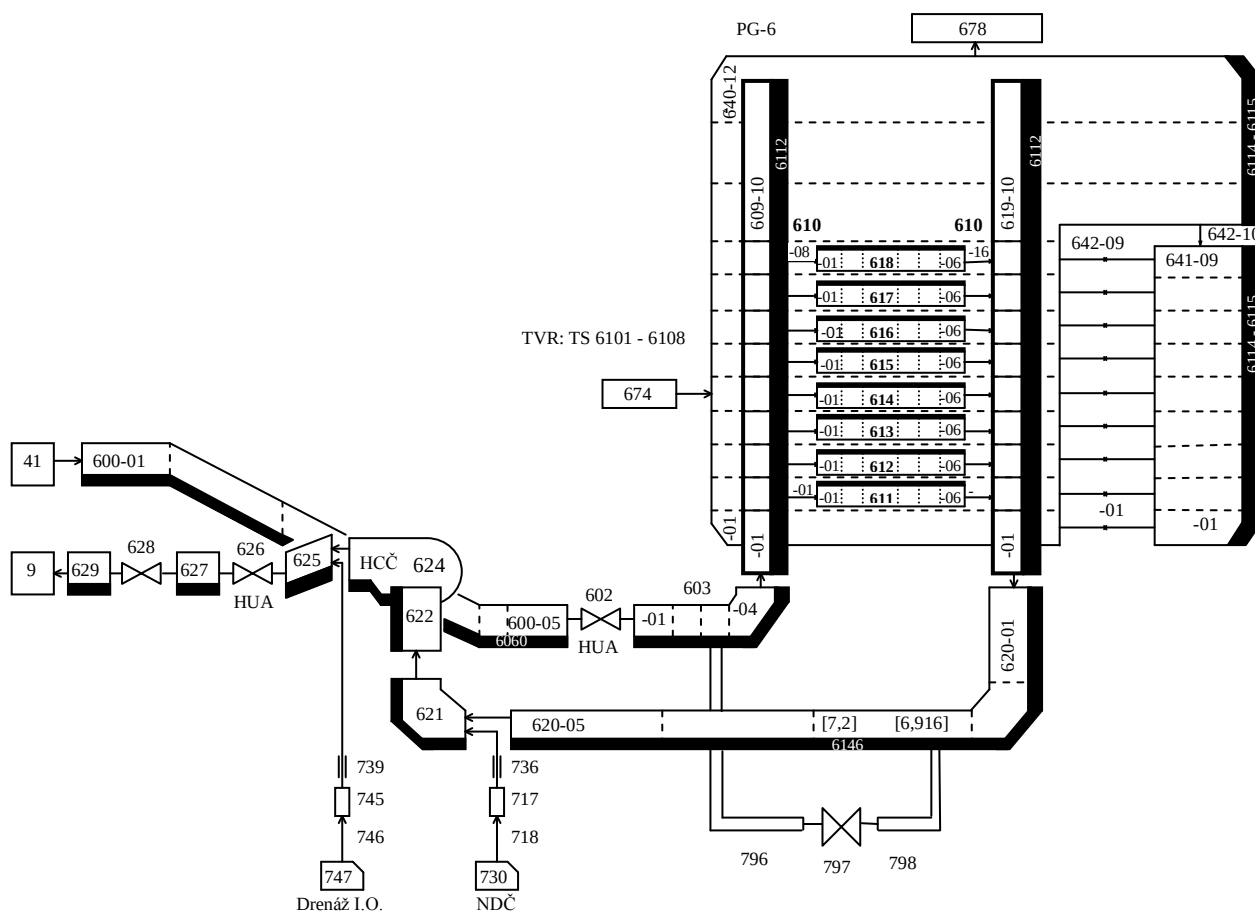
Obr. 1: Nodalizačná schéma I.O. - reaktor a slučka č.1



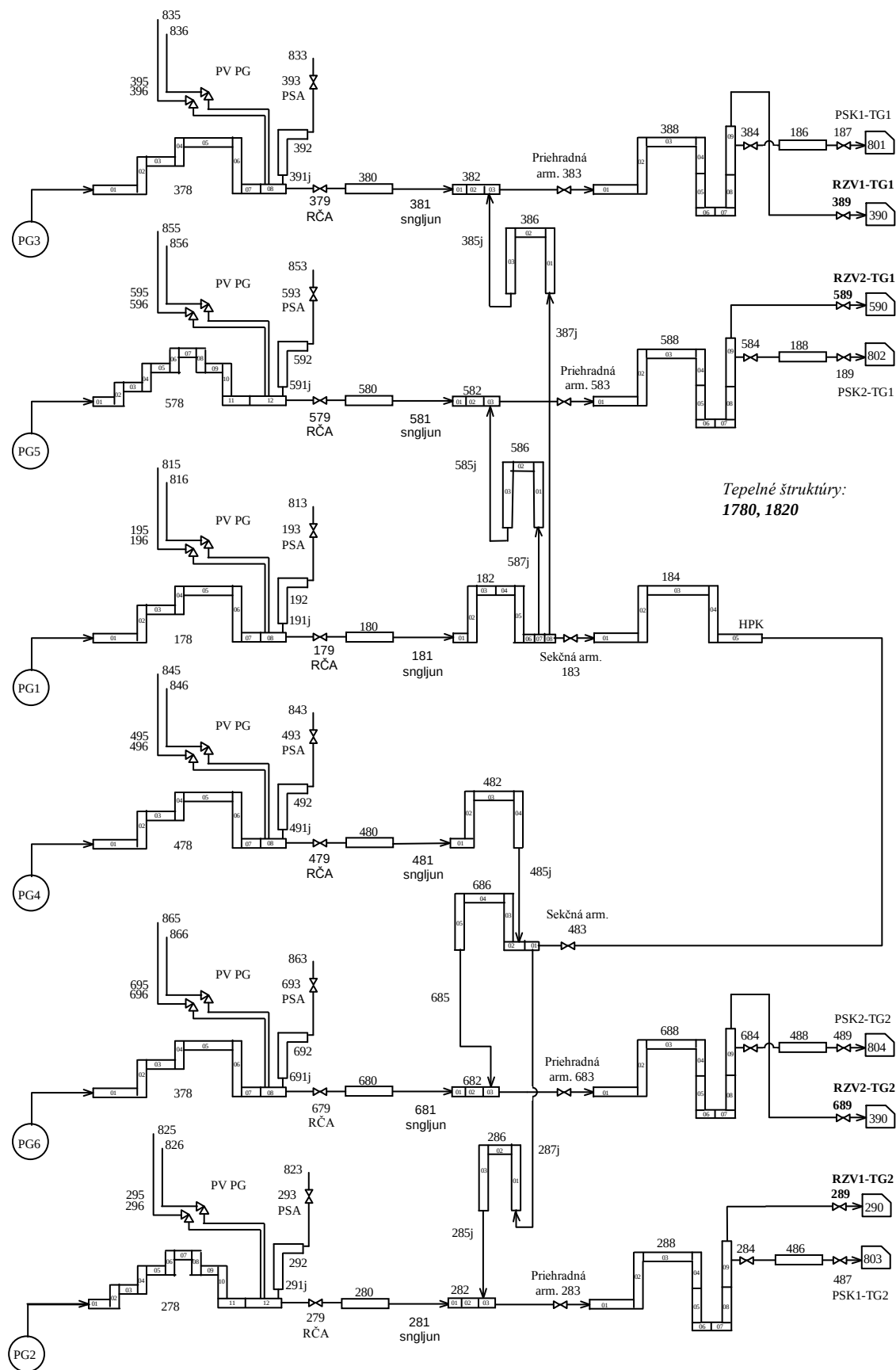
Obr. 2: Nodalizačná schéma I.O. - slučka č.2 a 3



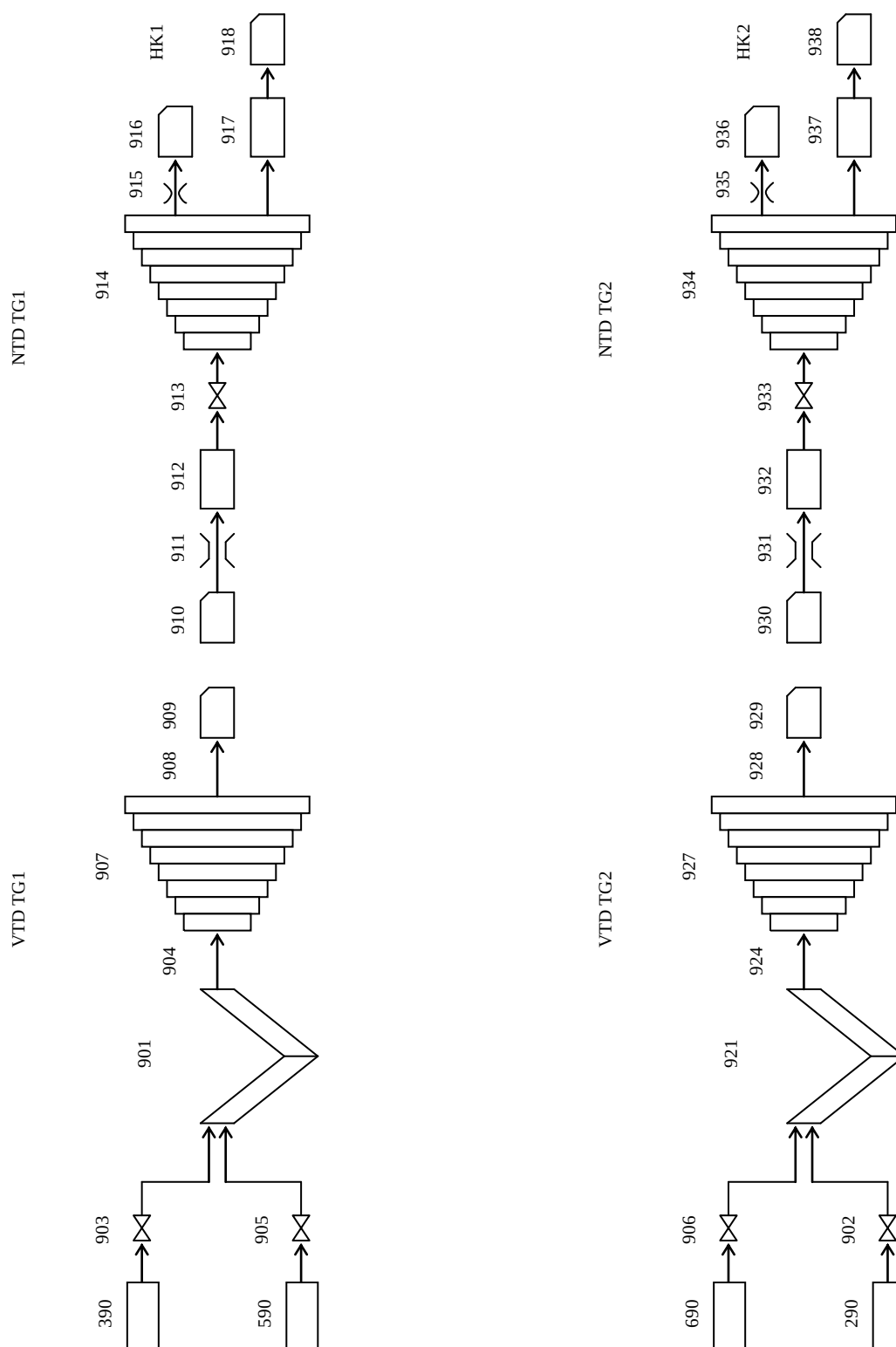
Obr. 3: Nodalizačná schéma I.O. - slučka č.4 a 5



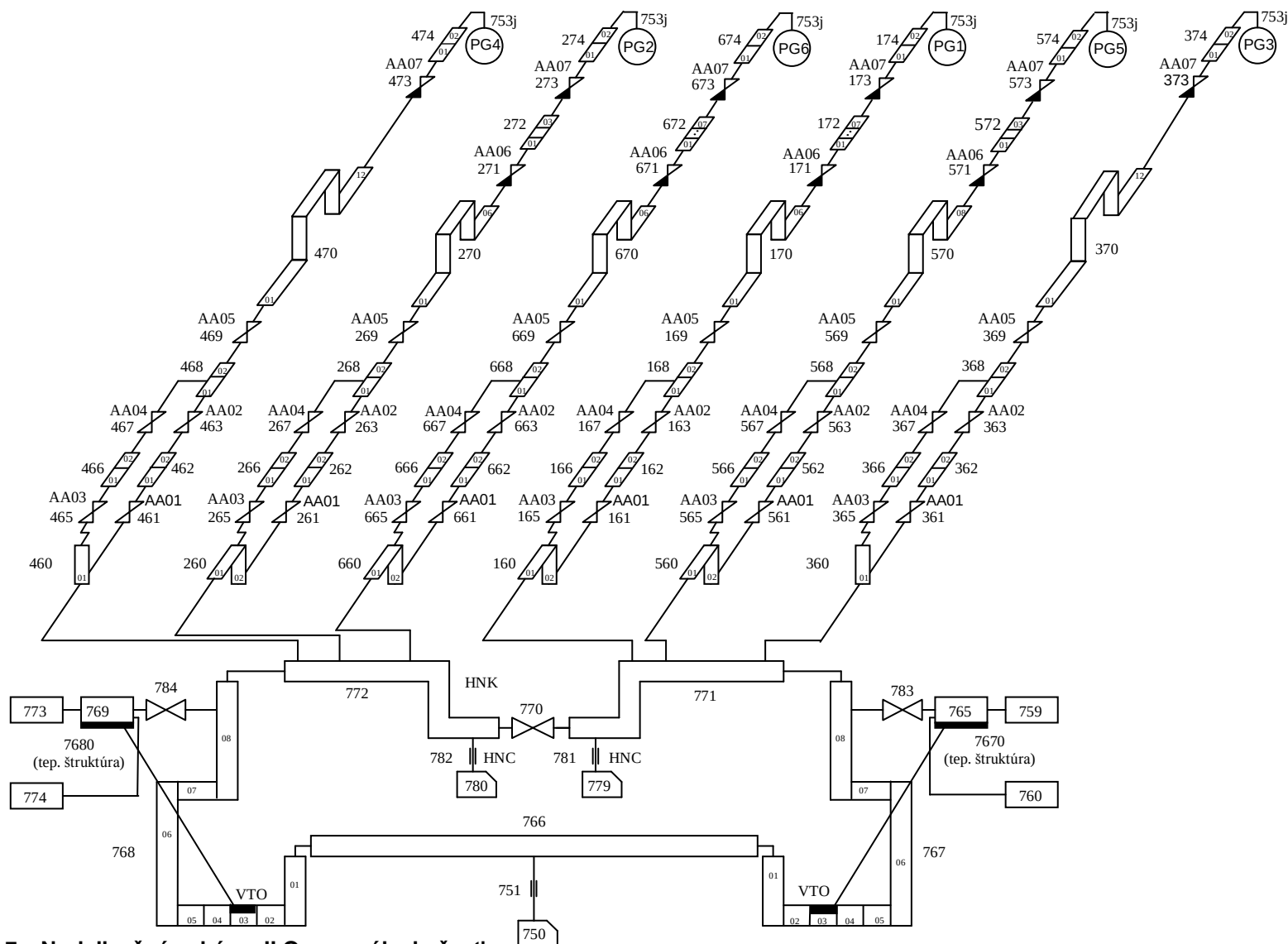
Obr. 4: Nodalizačná schéma I.O. - slučka č.6



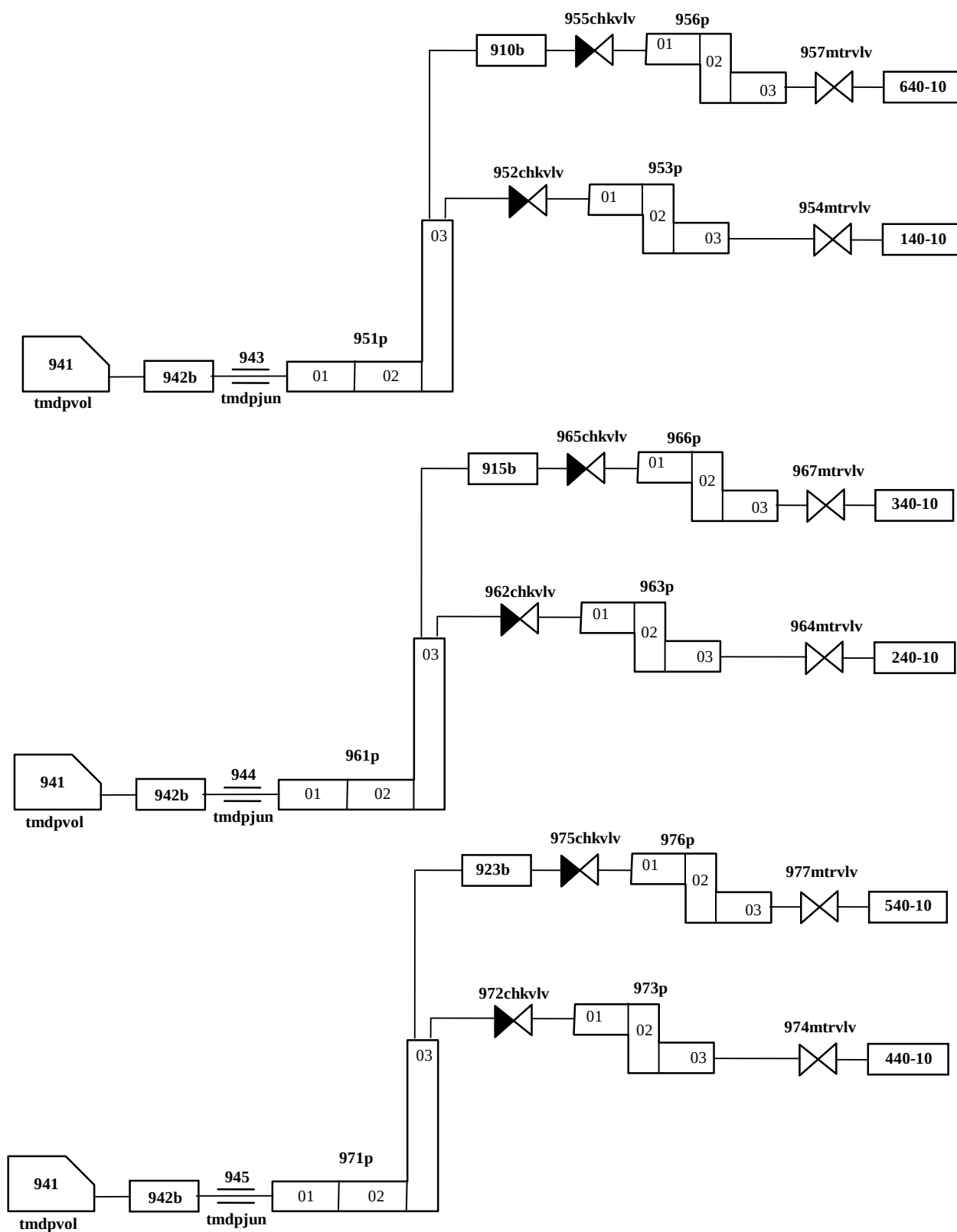
Obr. 5: Nodalizačná schéma II.O. – parná časť



Obr. 6: Nodalizačná schéma turbín



Obr. 7: Nodalizačná schéma II.O. – napájacia časť

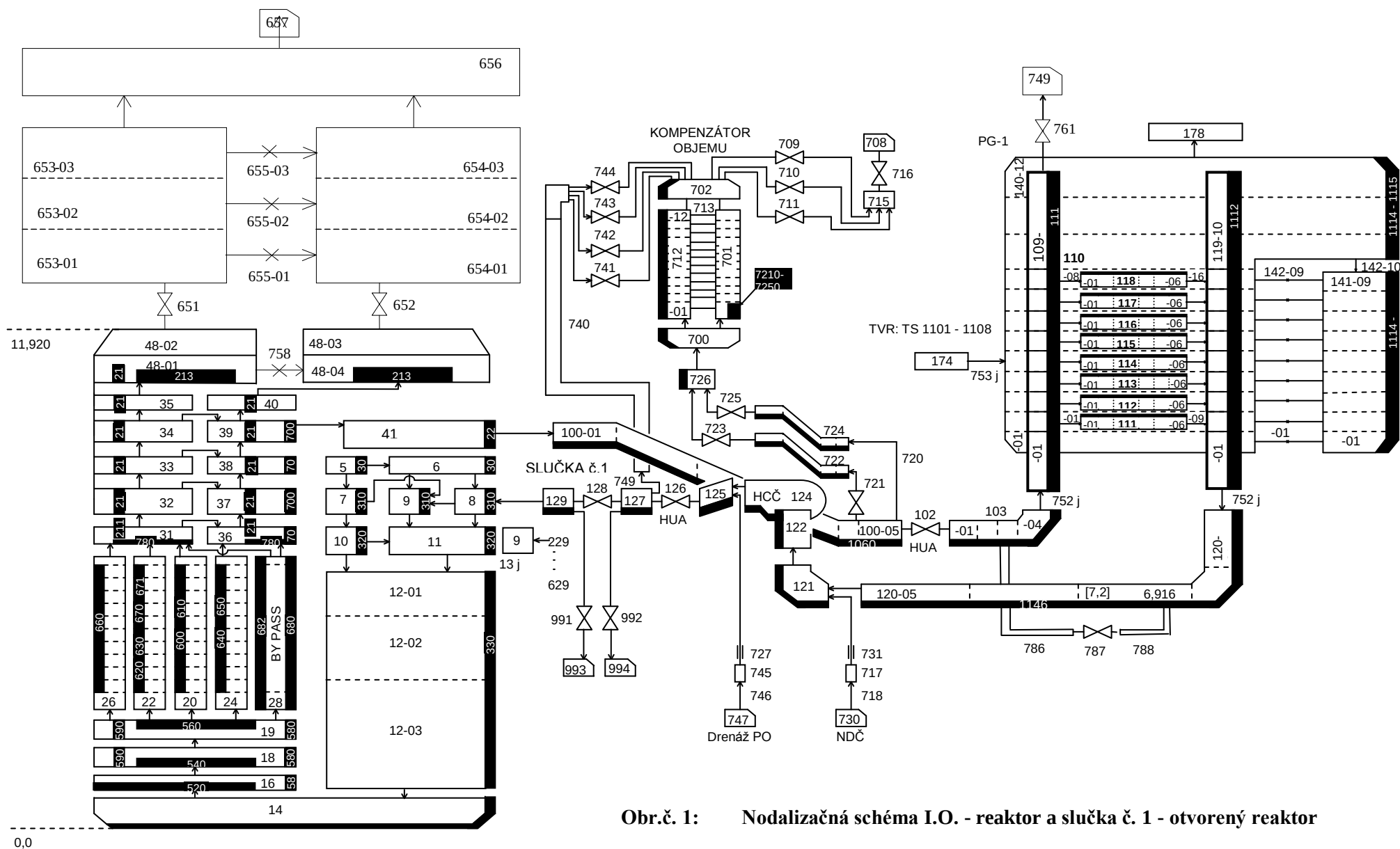


Obr. 8: Nodalizačná schéma pripojenia SHN k PG1 až PG6

**Príloha 02 Nodalizačná schéma modelu otvoreného reaktora MO34 pre
výpočtový program RELAP5**

ZOZNAM OBRÁZKOV

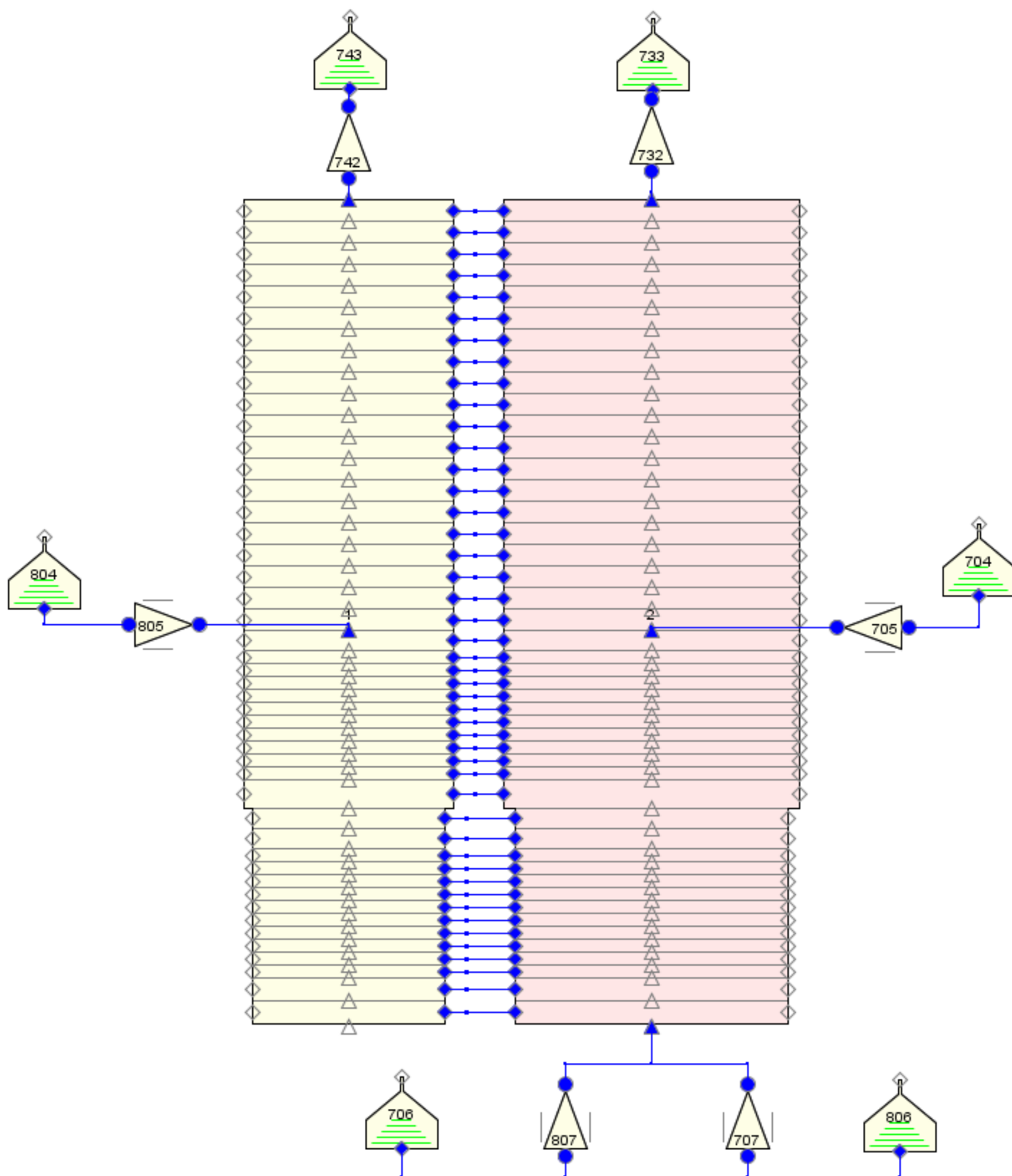
Obr.č. 1: Nodalizačná schéma I.O. - reaktor a slučka č. 1 - otvorený reaktor.....2



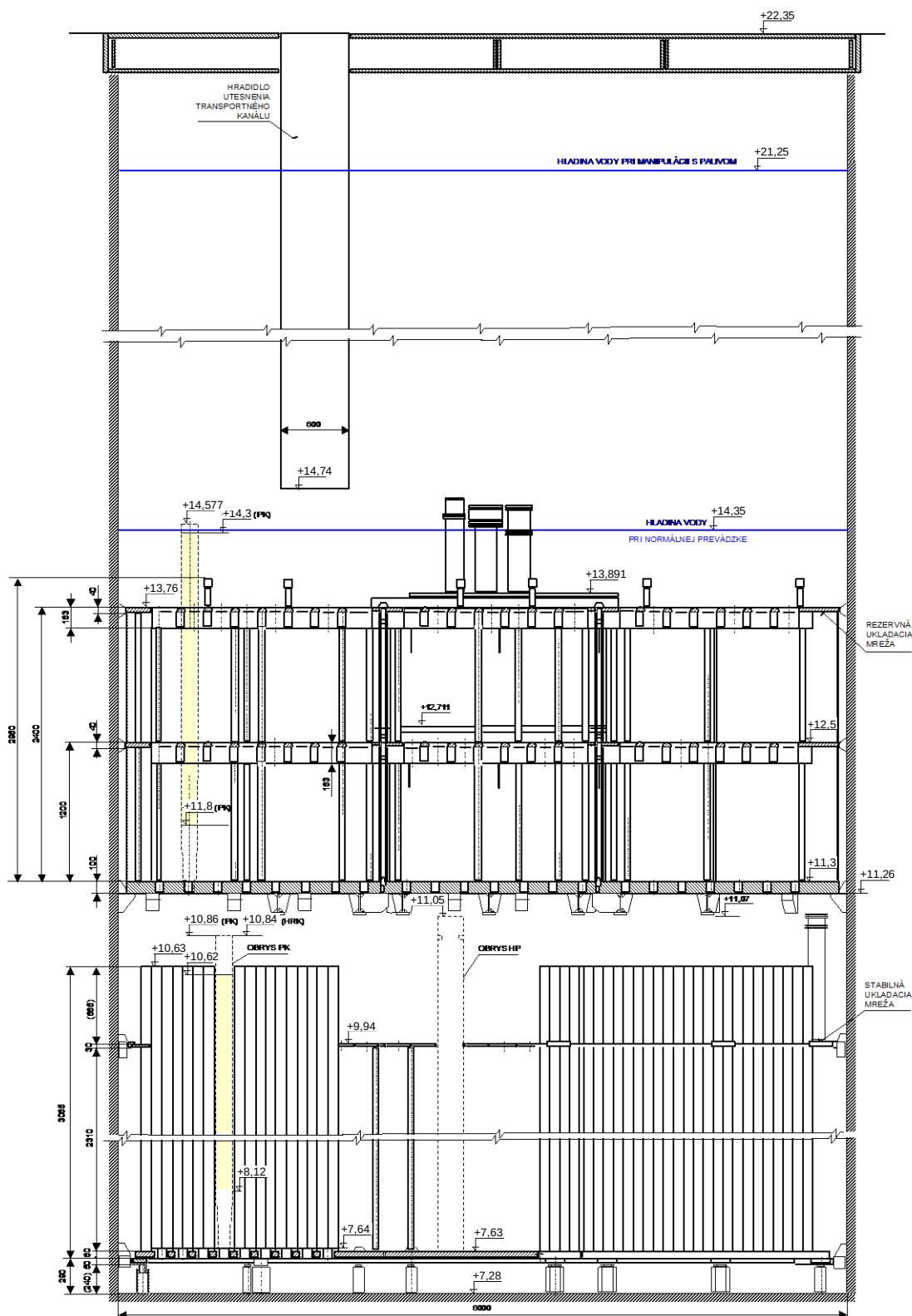
**Príloha 03 Nodalizačná schéma modelu BSVP MO34 pre výpočtový program
RELAP5**

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1:	Nodalizačná schéma BSVP	2
Obr. 2:	Výškové kóty hladín a palivových kaziet uložených v BSVP	3



Obr. 1: Nodalizačná schéma BSVP

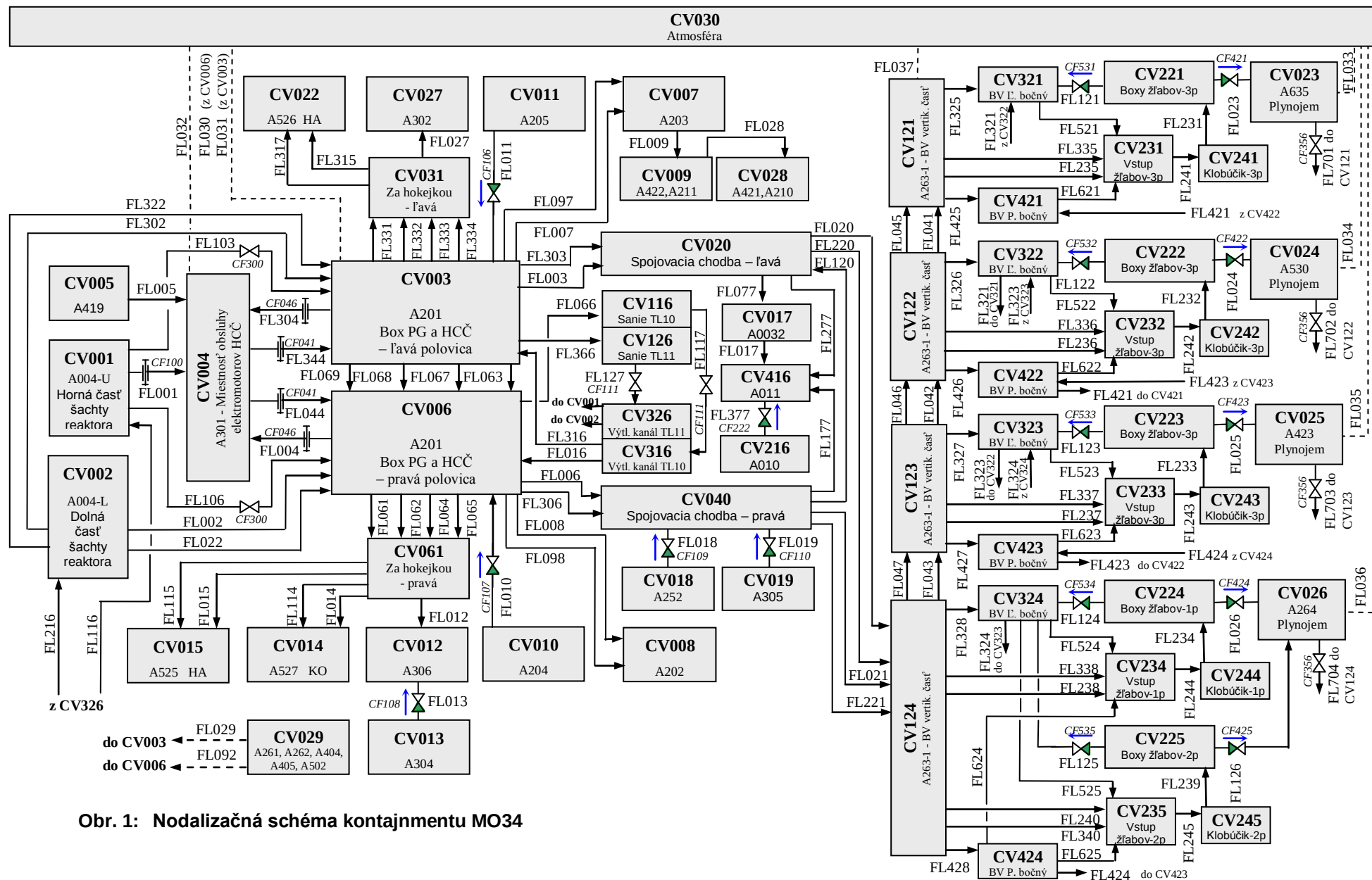


Obr. 2: Výškové kóty hladín a palivových kaziet uložených v BSVP

**Príloha 04 Nodalizačná schéma modelu MO34 pre výpočtový program
MELCOR**

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1:	Nodalizačná schéma kontajnementu MO34	2
---------	---	---



Príloha 05 Matice reaktivity pre výpočtový program RELAP5 pri použití voľby TABLE 4 a porovnanie rozsahu vstupných parametrov pre RELAP5 s intervalmi limitných hodnôt v kapitole 6.1.3 POSAR

Matice koeficientov reaktivity pre výpočtový program RELAP5 pri použití voľby TABLE 4

Vo výpočtovom programe RELAP5 je možné použiť algoritmus kinetiky, využívajúci zadanie charakteristík AZ prostredníctvom matíc (voľba „TABLE 4“) zmien reaktivity podľa určujúcich parametrov. V modeli kódu RELAP5 bola priamo aplikovaná 4-dimenzionálna matica koeficientov reaktivity, ktorá reprezentuje realistickú závislosť na základných parametroch reaktora:

$$\rho = \rho(\gamma, T_M, T_F, c_B^V)$$

kde: γ - hustota moderátora

T_M - teplota moderátora

T_F - teplota paliva

c_B^V - objemová koncentrácia bóru v chladiči

VOL'BA TABLE 4 – ZAC, reprezentatívna kampaň
Matica reaktivity [\$] pre začiatok kampane ($\beta_{ef} = 6,30 \cdot 10^{-3}$)
 $T_F = 285 \text{ }^{\circ}\text{C}$

γ [kg/m ³]	B [kg/m ³]	T_w [°C]			
		120	200	285	340
950	0	21,125	21,014	20,994	21,011
	0,7	11,571	11,700	11,944	12,132
	1,6	-0,419	-0,017	0,538	0,925
850	0	18,214	18,078	18,029	18,029
	0,7	8,551	8,651	8,865	9,033
	1,6	-3,481	-3,117	-2,602	-2,241
750	0	14,575	14,408	14,327	14,305
	0,7	4,805	4,868	5,048	5,190
	1,6	-7,251	-6,937	-6,471	-6,143
650	0	9,921	9,719	9,598	9,552
	0,7	0,051	0,071	0,202	0,316
	1,6	-12,000	-11,748	-11,351	-11,063
500	0	-0,056	-0,325	-0,519	-0,610
	0,7	-10,046	-10,113	-10,076	-10,021
	1,6	-22,011	-21,883	-21,617	-21,410
350	0	-16,675	-17,032	-17,316	-17,462
	0,7	-26,671	-26,859	-26,951	-26,971
	1,6	-38,276	-38,319	-38,232	-38,133

 $T_F = 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$

γ [kg/m ³]	B [kg/m ³]	T_w [°C]			
		120	200	285	340
950	0	19,660	19,452	19,329	19,281
	0,7	9,900	9,921	10,056	10,171
	1,6	-2,371	-2,090	-1,654	-1,344
850	0	16,681	16,443	16,287	16,219
	0,7	6,803	6,792	6,892	6,986
	1,6	-5,517	-5,278	-4,889	-4,608
750	0	12,957	12,684	12,489	12,397
	0,7	2,962	2,910	2,967	3,033
	1,6	-9,392	-9,206	-8,875	-8,630
650	0	8,195	7,879	7,640	7,516
	0,7	-1,910	-2,013	-2,013	-1,981
	1,6	-14,270	-14,156	-13,900	-13,703
500	0	-2,016	-2,416	-2,746	-2,925
	0,7	-12,262	-12,470	-12,579	-12,617
	1,6	-24,552	-24,581	-24,478	-24,373
350	0	-19,049	-19,565	-20,016	-20,270
	0,7	-29,325	-29,684	-29,957	-30,092
	1,6	-41,278	-41,510	-41,619	-41,646

$T_F = 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$

γ [kg/m ³]	B [kg/m ³]	T_w [°C]			
		120	200	285	340
950	0	18,887	18,606	18,408	18,311
	0,7	9,017	8,957	9,010	9,073
	1,6	-3,403	-3,213	-2,870	-2,619
850	0	15,868	15,556	15,321	15,202
	0,7	5,876	5,783	5,795	5,833
	1,6	-6,598	-6,451	-6,159	-5,941
750	0	12,098	11,746	11,468	11,322
	0,7	1,983	1,844	1,811	1,819
	1,6	-10,530	-10,443	-10,213	-10,033
650	0	7,278	6,878	6,548	6,368
	0,7	-2,954	-3,151	-3,246	-3,276
	1,6	-15,481	-15,470	-15,324	-15,195
500	0	-3,063	-3,559	-3,990	-4,235
	0,7	-13,448	-13,760	-13,981	-14,089
	1,6	-25,914	-26,060	-26,079	-26,054
350	0	-20,324	-20,954	-21,529	-21,862
	0,7	-30,751	-31,238	-31,643	-31,867
	1,6	-42,890	-43,265	-43,522	-43,646

VOL'BA TABLE 4 – KON, reprezentatívna kampaňMatica reaktivity [\$] pre koniec kampane ($\beta_{ef} = 5,8 \cdot 10^{-3}$) $T_F = 285 \text{ } ^\circ\text{C}$

γ [kg/m ³]	B [kg/m ³]	T_w [°C]			
		120	200	285	340
950	0	15,264	15,328	15,498	15,619
	0,7	3,993	4,378	4,912	5,262
	1,6	-10,109	-9,353	-8,395	-7,774
850	0	11,490	11,521	11,659	11,759
	0,7	0,040	0,390	0,888	1,216
	1,6	-14,159	-13,452	-12,545	-11,955
750	0	6,800	6,793	6,888	6,962
	0,7	-4,836	-4,531	-4,078	-3,779
	1,6	-19,117	-18,476	-17,634	-17,084
650	0	0,838	0,783	0,824	0,867
	0,7	-10,984	-10,736	-10,348	-10,084
	1,6	-25,328	-24,767	-24,017	-23,519
500	0	-11,878	-12,036	-12,098	-12,119
	0,7	-23,960	-23,840	-23,583	-23,400
	1,6	-38,310	-37,928	-37,362	-36,976
350	0	-33,095	-33,397	-33,603	-33,709
	0,7	-45,322	-45,388	-45,328	-45,259
	1,6	-59,369	-59,245	-58,938	-58,726

 $T_F = 700 \text{ } ^\circ\text{C}$

γ [kg/m ³]	B [kg/m ³]	T_w [°C]			
		120	200	285	340
950	0	13,540	13,491	13,547	13,593
	0,7	2,014	2,278	2,688	2,960
	1,6	-12,429	-11,809	-10,984	-10,448
850	0	9,672	9,586	9,602	9,624
	0,7	-2,043	-1,819	-1,452	-1,207
	1,6	-16,595	-16,028	-15,264	-14,764
750	0	4,867	4,736	4,703	4,695
	0,7	-7,047	-6,876	-6,560	-6,348
	1,6	-21,697	-21,203	-20,510	-20,057
650	0	-1,241	-1,429	-1,526	-1,571
	0,7	-13,359	-13,253	-13,014	-12,845
	1,6	-28,086	-27,684	-27,095	-26,700
500	0	-14,278	-14,588	-14,812	-14,936
	0,7	-26,686	-26,729	-26,645	-26,572
	1,6	-41,450	-41,250	-40,872	-40,605
350	0	-36,062	-36,553	-36,962	-37,195
	0,7	-48,653	-48,926	-49,081	-49,150
	1,6	-63,147	-63,253	-63,183	-63,124

$T_F = 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$

γ [kg/m ³]	B [kg/m ³]	T_w [°C]			
		120	200	285	340
950	0	12,626	12,495	12,464	12,453
	0,7	0,967	1,140	1,455	1,666
	1,6	-13,659	-13,141	-12,424	-11,955
850	0	8,707	8,534	8,459	8,422
	0,7	-3,150	-3,021	-2,753	-2,572
	1,6	-17,891	-17,433	-16,778	-16,350
750	0	3,838	3,614	3,484	3,414
	0,7	-8,226	-8,155	-7,947	-7,802
	1,6	-23,074	-22,693	-22,119	-21,741
650	0	-2,355	-2,641	-2,841	-2,953
	0,7	-14,631	-14,634	-14,507	-14,41
	1,6	-29,566	-29,284	-28,822	-28,507
500	0	-15,569	-15,993	-16,336	-16,538
	0,7	-28,153	-28,322	-28,367	-28,379
	1,6	-43,143	-43,083	-42,850	-42,676
350	0	-37,666	-38,298	-38,857	-39,188
	0,7	-50,459	-50,884	-51,202	-51,378
	1,6	-65,197	-65,474	-65,584	-65,643

Porovnanie rozsahu vstupných parametrov pre RELAP5 s intervalmi limitných hodnôt v kapitole 6.1.1 a 6.1.3 POSAR, reprezentatívna kampaň

Parameter	Stav AZ	Bod kampane	Hodnota pre RELAP5		Hodnota v kap. 6.1.3	
			min	max	min	max
$\frac{\partial p}{\partial T_F}$ [10 ⁻⁵ /°C]	nominálny	BOC	-4,50	-2,50	-4,47	-2,60
		EOC	-4,10	-2,70	-4,01	-2,73
	200 °C	BOC	-4,50	-2,50	-3,75	-2,56
	260 °C	BOC	-4,50	-2,50	-3,78	-2,60
		EOC	-4,10	-2,70	-4,03	-2,87
$\frac{\partial p}{\partial T_M}$ [10 ⁻⁵ /°C]	nominálny	BOC	-48,74	-10,98	-46,19	-14,25
		EOC	-60,69	-32,26	-60,45	-34,29
	200 °C	BOC	-13,39	7,64	-10,38	2,65
	260 °C	BOC	-28,50	0,81	-25,05	-4,17
		EOC	-42,00	-17,50	-36,36	-18,35
$\frac{\partial p}{\partial \gamma}$ [%/(g/cm ³)]	nominálny	BOC	9,08	27,54	9,23	27,37
		EOC	20,97	34,00	21,10	33,91
	200 °C	BOC	-1,39	14,83	2,58	13,36
	260 °C	BOC	3,38	20,17	5,67	19,86
		EOC	15,76	28,91	16,25	26,69
$\frac{\partial p}{\partial x}$ [%/(g/kg)]	nominálny	BOC	-1,60	-1,05	-1,59	-1,08
		EOC	-1,67	-1,18	-1,66	-1,23
	200 °C	BOC	-1,86	-1,22	-1,76	-1,23
	260 °C	BOC	-1,69	-1,11	-1,62	-1,12
		EOC	-1,76	-1,25	-1,68	-1,26
β_{ef} [%]		BOC	0,57	0,69	0,57	0,69
		EOC	0,53	0,62	0,53	0,62
Λ [10 ⁻⁵ s]		BOC	1,54	2,41	1,54	2,41
		EOC	1,80	2,57	1,80	2,57
Účinnosť 6. skupiny HRK [%]	nominálny	BOC	-	2,24	-	2,24
		EOC	-	2,16	-	2,16
	MKV	BOC	-	2,00	-	2,00
		EOC	-	1,99	-	1,99
Účinnosť AO-1 so zasek. kazetou [%]	nominálny	BOC	5,40	-	5,40	-
		EOC	5,46	-	5,46	-
	MKV	BOC	4,78	-	4,78	-
		EOC	4,95	-	4,95	-

VOL'BA TABLE 4 – ZAC, prvá kampaň
Matica reaktivity [\$] pre začiatok kampane ($\beta_{ef} = 7,3 \times 10^{-3}$)
 $T_F = 285 \text{ } ^\circ\text{C}$

γ [kg/m ³]	B [kg/m ³]	T_w [°C]			
		120	200	285	340
950	0	22,944	22,918	22,807	22,523
	0,7	9,136	9,219	9,211	8,97
	1,6	-7,651	-7,432	-7,312	-7,567
850	0	21,667	21,621	21,492	21,193
	0,7	7,31	7,375	7,349	7,089
	1,6	-10,07	-9,874	-9,775	-10,053
750	0	19,951	19,888	19,74	19,421
	0,7	5,108	5,155	5,11	4,83
	1,6	-12,79	-12,619	-12,545	-12,851
650	0	17,573	17,49	17,323	16,985
	0,7	2,293	2,321	2,256	1,953
	1,6	-15,958	-15,815	-15,771	-16,11
500	0	11,919	11,81	11,612	11,234
	0,7	-3,985	-3,988	-4,086	-4,432
	1,6	-22,416	-22,322	-22,329	-22,73
350	0	1,275	1,141	0,91	0,47
	0,7	-15,34	-15,371	-15,507	-15,922
	1,6	-33,559	-33,519	-33,589	-34,07

 $T_F = 700 \text{ } ^\circ\text{C}$

γ [kg/m ³]	B [kg/m ³]	T_w [°C]			
		120	200	285	340
950	0	21,952	21,856	21,671	21,334
	0,7	7,901	7,901	7,803	7,497
	1,6	-9,2	-9,085	-9,078	-9,414
850	0	20,652	20,537	20,332	19,978
	0,7	6,034	6,014	5,893	5,567
	1,6	-11,686	-11,597	-11,615	-11,978
750	0	18,908	18,773	18,547	18,171
	0,7	3,785	3,742	3,601	3,252
	1,6	-14,481	-14,421	-14,468	-14,862
650	0	16,49	16,333	16,084	15,688
	0,7	0,916	0,851	0,684	0,308
	1,6	-17,729	-17,703	-17,786	-18,218
500	0	10,741	10,549	10,263	9,822
	0,7	-5,485	-5,589	-5,799	-6,223
	1,6	-24,338	-24,371	-24,515	-25,019
350	0	-0,095	-0,325	-0,66	-1,175
	0,7	-17,07	-17,221	-17,485	-17,992
	1,6	-35,737	-35,844	-36,073	-36,67

$T_F = 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$

γ [kg/m ³]	B [kg/m ³]	T_w [°C]			
		120	200	285	340
950	0	21,445	21,299	21,059	20,685
	0,7	7,274	7,212	7,045	6,693
	1,6	-9,984	-9,948	-10,025	-10,421
850	0	20,133	19,966	19,704	19,312
	0,7	5,382	5,297	5,108	4,734
	1,6	-12,51	-12,5	-12,607	-13,032
750	0	18,373	18,185	17,901	17,486
	0,7	3,108	2,999	2,785	2,386
	1,6	-15,347	-15,37	-15,508	-15,966
650	0	15,934	15,723	15,414	14,975
	0,7	0,208	0,073	-0,168	-0,596
	1,6	-18,64	-18,701	-18,879	-19,378
500	0	10,136	9,885	9,532	9,044
	0,7	-6,258	-6,438	-6,729	-7,211
	1,6	-25,329	-25,459	-25,707	-26,284
350	0	-0,8	-1,1	-1,514	-2,082
	0,7	-17,964	-18,201	-18,562	-19,136
	1,6	-36,864	-37,081	-37,43	-38,11

VOL'BA TABLE 4 – KON, prvá kampaňMatica reaktivity [\$] pre koniec kampane ($\beta_{ef} = 6,2 \times 10^{-3}$) $T_F = 285 \text{ } ^\circ\text{C}$

γ [kg/m ³]	B [kg/m ³]	T_w [°C]			
		120	200	285	340
950	0	11,665	12,058	12,51	12,521
	0,7	-4,474	-3,682	-2,776	-2,487
	1,6	-24,255	-23,029	-21,621	-21,123
850	0	8,934	9,324	9,765	9,755
	0,7	-7,784	-6,956	-6,016	-5,724
	1,6	-28,042	-26,769	-25,306	-24,798
750	0	5,527	5,9	6,31	6,26
	0,7	-11,727	-10,882	-9,932	-9,66
	1,6	-32,394	-31,085	-29,595	-29,103
650	0	1,097	1,432	1,792	1,687
	0,7	-16,631	-15,8	-14,881	-14,656
	1,6	-37,553	-36,258	-34,797	-34,365
500	0	-8,829	-8,574	-8,332	-8,56
	0,7	-27,182	-26,432	-25,64	-25,552
	1,6	-48,126	-46,973	-45,706	-45,468
350	0	-26,737	-26,594	-26,513	-26,935
	0,7	-45,737	-45,148	-44,577	-44,727
	1,6	-66,284	-65,4	-64,516	-64,639

 $T_F = 700 \text{ } ^\circ\text{C}$

γ [kg/m ³]	B [kg/m ³]	T_w [°C]			
		120	200	285	340
950	0	10,129	10,423	10,769	10,706
	0,7	-6,334	-5,661	-4,877	-4,674
	1,6	-26,553	-25,469	-24,205	-23,811
850	0	7,323	7,611	7,944	7,858
	0,7	-9,752	-9,044	-8,229	-8,024
	1,6	-30,477	-29,348	-28,035	-27,632
750	0	3,827	4,094	4,392	4,265
	0,7	-13,816	-13,094	-12,271	-12,087
	1,6	-34,987	-33,826	-32,487	-32,103
650	0	-0,713	-0,487	-0,245	-0,434
	0,7	-18,861	-18,158	-17,369	-17,239
	1,6	-40,327	-39,182	-37,874	-37,556
500	0	-10,874	-10,744	-10,634	-10,958
	0,7	-29,698	-29,09	-28,447	-28,463
	1,6	-51,237	-50,248	-49,152	-49,042
350	0	-29,224	-29,232	-29,318	-29,861
	0,7	-48,761	-48,345	-47,958	-48,245
	1,6	-69,948	-69,266	-68,597	-68,882

$T_F = 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$

γ [kg/m ³]	B [kg/m ³]	T_w [°C]			
		120	200	285	340
950	0	9,331	9,55	9,816	9,697
	0,7	-7,298	-6,716	-6,027	-5,89
	1,6	-27,742	-26,768	-25,619	-25,305
850	0	6,479	6,69	6,942	6,798
	0,7	-10,779	-10,165	-9,445	-9,308
	1,6	-31,748	-30,732	-29,535	-29,215
750	0	2,932	3,119	3,334	3,147
	0,7	-14,915	-14,289	-13,563	-13,448
	1,6	-36,35	-35,306	-34,087	-33,785
650	0	-1,669	-1,527	-1,373	-1,624
	0,7	-20,042	-19,435	-18,75	-18,692
	1,6	-41,797	-40,771	-39,587	-39,355
500	0	-11,961	-11,926	-11,916	-12,31
	0,7	-31,039	-30,54	-30,011	-30,108
	1,6	-52,895	-52,039	-51,079	-51,066
350	0	-30,552	-30,674	-30,882	-31,516
	0,7	-50,379	-50,095	-49,85	-50,239
	1,6	-71,911	-71,389	-70,887	-71,295

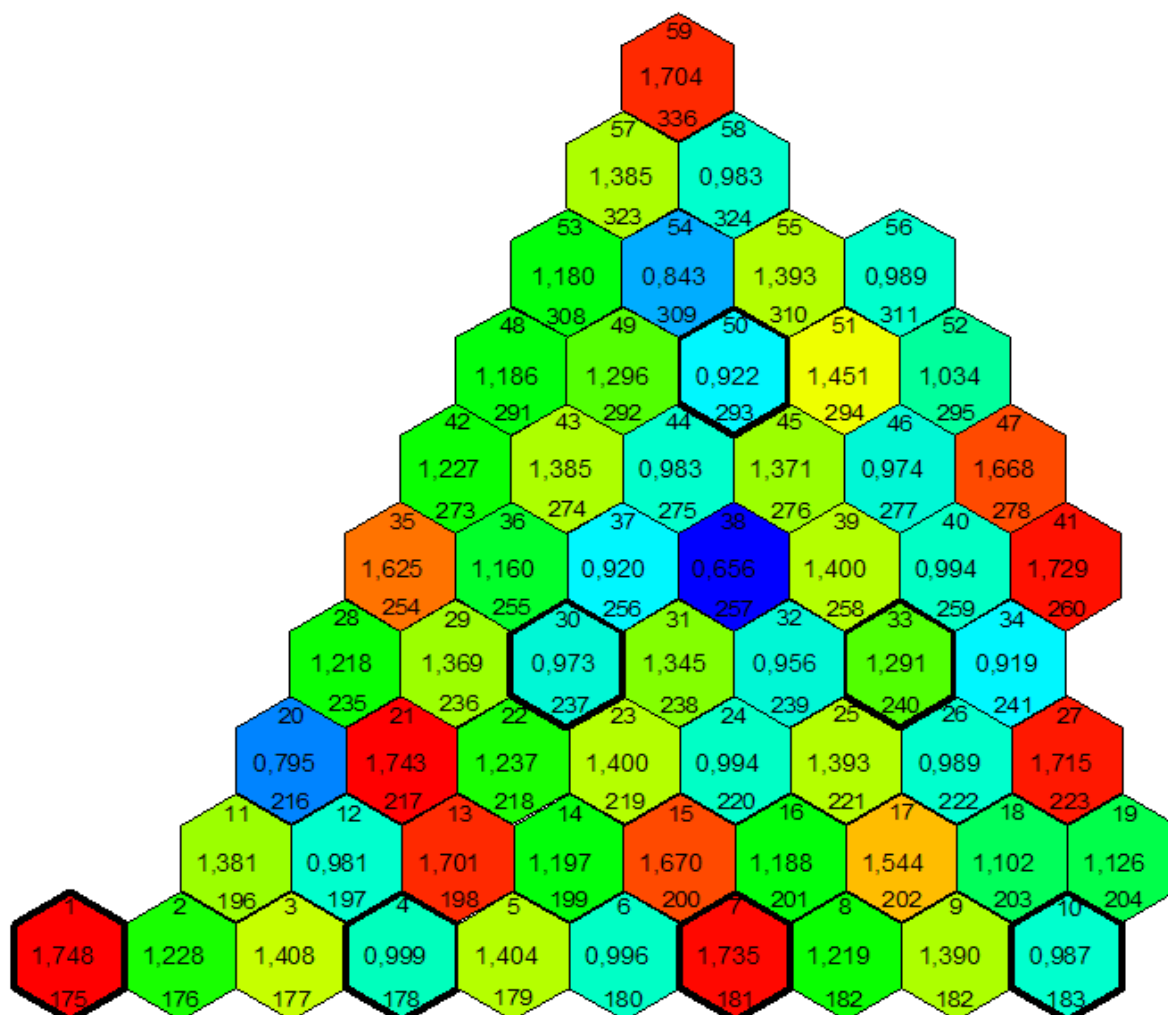
Porovnanie rozsahu vstupných parametrov pre RELAP5 s intervalmi limitných hodnôt v kapitole 6.1.1 a 6.1.3 POSAR, prvá kampaň

Parameter	Stav AZ	Bod kampane	Hodnota pre RELAP5		Hodnota v kap. 6.1.3	
			min	max	min	max
$\frac{\partial p}{\partial T_F}$ [10 ⁻⁵ /°C]	nominálny	BOC	-3,65	-2,10	-3,65	-2,49
		EOC	-4,10	-2,55	-3,62	-2,64
	200 °C	BOC	-3,65	-2,10	-3,41	-2,12
	260 °C	BOC	-3,65	-2,10	-3,47	-2,17
		EOC	-4,10	-2,55	-4,09	-2,58
$\frac{\partial p}{\partial T_M}$ [10 ⁻⁵ /°C]	nominálny	BOC	-20,65	1,24	-10,19	-1,30
		EOC	-44,87	-20,99	-42,17	-26,95
	200 °C	BOC	-3,60	12,16	-3,11	9,51
	260 °C	BOC	-8,59	12,77	-5,42	8,89
		EOC	-30,44	-11,12	-27,47	-13,03
$\frac{\partial p}{\partial \gamma}$ [%/(g/cm ³)]	nominálny	BOC	-0,93	10,97	1,21	6,47
		EOC	15,40	26,50	17,44	26,18
	200 °C	BOC	-8,23	3,24	-6,23	2,82
	260 °C	BOC	-6,23	5,48	-4,57	5,03
		EOC	12,20	22,61	12,67	22,17
$\frac{\partial p}{\partial x}$ [%/(g/kg)]	nominálny	BOC	-2,17	-1,85	-2,16	-2,00
		EOC	-2,10	-1,86	-2,09	-1,96
	200 °C	BOC	-2,52	-2,15	-2,39	-2,16
	260 °C	BOC	-2,29	-1,96	-2,23	-1,99
		EOC	-2,22	-1,97	-2,15	-1,97
β_{ef} [%]		BOC	0,68	0,78	0,68	0,78
		EOC	0,56	0,67	0,56	0,67
Λ [10 ⁻⁵ s]		BOC	2,48	3,45	2,48	3,45
		EOC	2,82	3,38	2,82	3,38
Účinnosť 6. skupiny HRK [%]	nominálny	BOC	-	2,10	-	2,10
		EOC	-	2,11	-	2,11
	MKV	BOC	-	1,81	-	1,81
		EOC	-	1,94	-	1,94
Účinnosť AO-1 so zasek. kazetou [%]	nominálny	BOC	6,00	-	6,00	-
		EOC	5,87	-	5,87	-
	MKV	BOC	4,78	-	4,78	-
		EOC	4,93	-	4,93	-

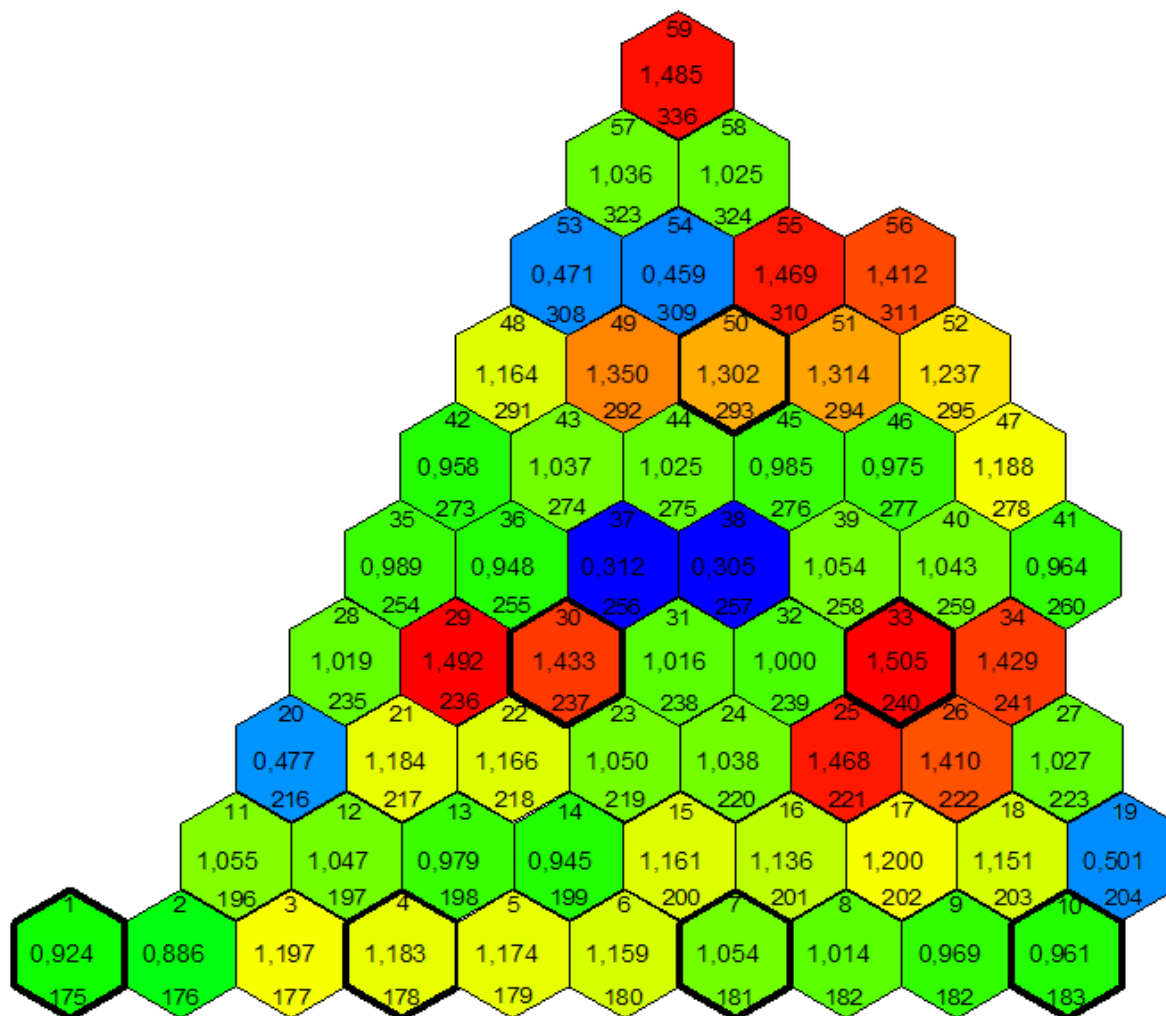
**Príloha 06 Radiálne a axiálne rozloženie výkonu pre 60° symetriu aplikované
vo vstupnom súbore pre výpočtový program DYN3D****ZOZNAM OBRÁZKOV**

Obr. 1: Radiálne rozloženie výkonu pre 60° symetriu pre ZAC a výkon reaktora 100 % N_{nom} (1375 MW)	2
Obr. 2: Radiálne rozloženie výkonu pre 60° symetriu pre KON a výkon reaktora 100 % N_{nom} (1375 MW)	3
Obr. 3: Axiálne rozloženie výkonu pre 60° symetriu pre ZAC a výkon reaktora 100 % N_{nom} (1375 MW)	7
Obr. 4: Axiálne rozloženie výkonu pre 60° symetriu pre KON a výkon reaktora 100 % N_{nom} (1375 MW)	11

- Vrchné číslo - udáva poradové číslo kazety podľa kartogramu záväzky
 Stredné číslo - udáva násobok priemerného výkonu kazety pre počiatočný výkon reaktora
 100 % N_{nom} (1375 MW)
 Spodné číslo - udáva poradové číslo kazety v celej AZ (349 kaziet)



Obr. 1: Radiálne rozloženie výkonu pre 60° symetriu pre ZAC a výkon reaktora
 100 % N_{nom} (1375 MW)



Obr. 2: Radiálne rozloženie výkonu pre 60° symetriu pre KON a výkon reaktora 100 % N_{nom} (1375 MW)

Hlavička - udáva poradové číslo kazety podľa kartogramu závažky

Spodné čísla - udáva násobok priemerného výkonu kazety v axiálnom smere pre počiatkový výkon reaktora 100 % N_{nom} (1375 MW)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.000	0.263	0.263	0.000	0.262	0.262	0.000	0.309	0.298	0.000	0.307	0.263	0.262	0.305	0.262
0.451	0.321	0.321	0.450	0.320	0.320	0.452	0.404	0.383	0.311	0.408	0.321	0.320	0.407	0.319
0.544	0.439	0.439	0.542	0.438	0.438	0.544	0.551	0.520	0.373	0.554	0.439	0.438	0.551	0.437
0.689	0.552	0.551	0.687	0.550	0.550	0.689	0.691	0.650	0.471	0.693	0.551	0.550	0.690	0.548
0.824	0.658	0.657	0.821	0.655	0.655	0.823	0.821	0.772	0.562	0.825	0.657	0.655	0.820	0.653
0.948	0.757	0.756	0.945	0.753	0.753	0.946	0.942	0.884	0.644	0.948	0.755	0.754	0.942	0.750
1.063	0.849	0.848	1.059	0.845	0.844	1.059	1.053	0.988	0.720	1.062	0.847	0.845	1.055	0.841
1.168	0.933	0.932	1.164	0.928	0.927	1.162	1.155	1.082	0.789	1.166	0.931	0.929	1.159	0.923
1.264	1.010	1.009	1.259	1.004	1.003	1.256	1.246	1.166	0.850	1.262	1.008	1.005	1.253	0.998
1.350	1.080	1.079	1.345	1.073	1.071	1.339	1.328	1.241	0.905	1.348	1.077	1.074	1.337	1.066
1.428	1.143	1.141	1.421	1.135	1.132	1.414	1.400	1.308	0.953	1.425	1.139	1.136	1.413	1.126
1.496	1.198	1.196	1.489	1.189	1.186	1.479	1.463	1.365	0.995	1.493	1.194	1.190	1.479	1.179
1.555	1.246	1.244	1.548	1.236	1.233	1.535	1.518	1.414	1.031	1.552	1.242	1.238	1.536	1.225
1.606	1.288	1.286	1.598	1.277	1.272	1.582	1.563	1.455	1.060	1.603	1.283	1.279	1.585	1.265
1.649	1.323	1.321	1.640	1.311	1.306	1.622	1.600	1.488	1.084	1.645	1.318	1.313	1.626	1.297
1.684	1.352	1.349	1.674	1.339	1.333	1.653	1.630	1.514	1.103	1.680	1.346	1.341	1.659	1.324
1.711	1.375	1.372	1.700	1.360	1.354	1.677	1.652	1.533	1.117	1.707	1.369	1.363	1.684	1.344
1.731	1.391	1.388	1.719	1.376	1.369	1.693	1.666	1.545	1.126	1.726	1.385	1.379	1.702	1.359
1.743	1.402	1.399	1.731	1.386	1.378	1.702	1.674	1.551	1.130	1.738	1.396	1.389	1.713	1.368
1.749	1.408	1.404	1.736	1.391	1.382	1.705	1.675	1.551	1.130	1.744	1.401	1.394	1.717	1.371
1.748	1.408	1.404	1.735	1.390	1.381	1.701	1.670	1.544	1.126	1.743	1.400	1.393	1.715	1.369
1.740	1.402	1.399	1.726	1.384	1.374	1.691	1.658	1.533	1.117	1.735	1.395	1.387	1.706	1.362
1.726	1.392	1.388	1.712	1.372	1.362	1.674	1.641	1.515	1.105	1.720	1.384	1.376	1.691	1.350
1.705	1.376	1.372	1.691	1.356	1.346	1.652	1.618	1.493	1.088	1.700	1.368	1.360	1.669	1.333
1.679	1.355	1.351	1.664	1.335	1.324	1.624	1.589	1.465	1.068	1.673	1.347	1.339	1.642	1.312
1.646	1.329	1.325	1.631	1.309	1.298	1.590	1.555	1.433	1.045	1.640	1.321	1.313	1.609	1.285
1.607	1.298	1.294	1.592	1.278	1.267	1.550	1.515	1.396	1.018	1.601	1.290	1.282	1.570	1.254
1.562	1.263	1.259	1.547	1.242	1.231	1.505	1.470	1.353	0.987	1.556	1.254	1.246	1.525	1.218
1.511	1.222	1.218	1.496	1.201	1.190	1.454	1.420	1.306	0.953	1.505	1.214	1.205	1.474	1.178
1.453	1.176	1.172	1.439	1.156	1.145	1.397	1.364	1.254	0.915	1.448	1.168	1.160	1.417	1.133
1.390	1.125	1.121	1.376	1.106	1.095	1.335	1.303	1.198	0.874	1.385	1.117	1.109	1.355	1.083
1.320	1.069	1.065	1.307	1.050	1.039	1.267	1.236	1.136	0.830	1.315	1.061	1.054	1.287	1.028
1.244	1.008	1.004	1.232	0.990	0.980	1.194	1.164	1.069	0.781	1.240	1.001	0.993	1.212	0.969
1.162	0.941	0.938	1.150	0.925	0.915	1.114	1.086	0.998	0.729	1.158	0.935	0.928	1.132	0.905
1.074	0.870	0.867	1.063	0.854	0.845	1.029	1.003	0.922	0.674	1.070	0.864	0.857	1.046	0.836
0.980	0.793	0.791	0.969	0.779	0.771	0.938	0.914	0.840	0.615	0.975	0.788	0.782	0.953	0.762
0.879	0.712	0.709	0.870	0.698	0.691	0.842	0.820	0.753	0.552	0.875	0.706	0.701	0.855	0.683
0.773	0.625	0.622	0.765	0.613	0.607	0.740	0.720	0.662	0.485	0.768	0.620	0.615	0.750	0.600
0.662	0.533	0.531	0.655	0.523	0.517	0.634	0.614	0.565	0.416	0.655	0.529	0.525	0.640	0.511
0.549	0.436	0.434	0.543	0.427	0.423	0.525	0.502	0.463	0.345	0.536	0.432	0.429	0.524	0.418
0.512	0.333	0.332	0.506	0.327	0.323	0.491	0.384	0.355	0.322	0.413	0.330	0.328	0.403	0.320
0.000	0.302	0.301	0.000	0.296	0.293	0.000	0.323	0.305	0.000	0.341	0.300	0.297	0.333	0.290

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.261	0.252	0.298	0.157	0.263	0.306	0.262	0.261	0.303	0.253	0.272	0.214	0.262	0.262	0.000
0.318	0.315	0.411	0.225	0.321	0.407	0.320	0.319	0.402	0.310	0.357	0.298	0.320	0.320	0.448
0.434	0.427	0.558	0.309	0.439	0.552	0.437	0.436	0.545	0.422	0.487	0.403	0.438	0.437	0.540
0.545	0.533	0.697	0.388	0.551	0.691	0.549	0.547	0.681	0.529	0.609	0.502	0.550	0.549	0.684
0.649	0.633	0.827	0.461	0.657	0.822	0.654	0.652	0.810	0.630	0.724	0.595	0.655	0.654	0.817
0.745	0.726	0.947	0.528	0.755	0.945	0.752	0.749	0.929	0.723	0.830	0.681	0.754	0.752	0.939
0.834	0.812	1.056	0.590	0.847	1.058	0.843	0.839	1.040	0.809	0.927	0.760	0.845	0.843	1.052
0.916	0.890	1.155	0.646	0.931	1.162	0.926	0.922	1.141	0.888	1.015	0.832	0.929	0.926	1.155
0.989	0.961	1.244	0.696	1.008	1.257	1.002	0.997	1.232	0.959	1.094	0.896	1.005	1.002	1.249
1.056	1.024	1.322	0.740	1.077	1.342	1.071	1.065	1.314	1.022	1.165	0.953	1.074	1.071	1.333
1.114	1.080	1.391	0.780	1.139	1.418	1.132	1.126	1.387	1.079	1.227	1.003	1.136	1.132	1.408
1.166	1.129	1.451	0.814	1.194	1.485	1.186	1.179	1.451	1.128	1.281	1.047	1.190	1.186	1.473
1.211	1.171	1.501	0.843	1.242	1.544	1.233	1.225	1.506	1.171	1.327	1.084	1.238	1.233	1.530
1.248	1.206	1.543	0.867	1.283	1.594	1.273	1.264	1.552	1.207	1.366	1.115	1.279	1.273	1.579
1.280	1.235	1.576	0.887	1.318	1.635	1.307	1.297	1.591	1.237	1.397	1.140	1.313	1.307	1.619
1.305	1.258	1.602	0.902	1.346	1.669	1.335	1.324	1.621	1.260	1.422	1.159	1.341	1.335	1.651
1.324	1.276	1.620	0.913	1.369	1.695	1.356	1.345	1.645	1.278	1.439	1.173	1.363	1.356	1.676
1.337	1.287	1.631	0.920	1.385	1.714	1.371	1.360	1.661	1.290	1.451	1.182	1.379	1.371	1.693
1.345	1.293	1.635	0.924	1.396	1.726	1.381	1.369	1.670	1.297	1.457	1.186	1.389	1.381	1.703
1.348	1.294	1.633	0.924	1.401	1.731	1.386	1.372	1.672	1.299	1.456	1.185	1.394	1.386	1.707
1.345	1.291	1.625	0.920	1.400	1.729	1.385	1.371	1.668	1.296	1.451	1.180	1.393	1.385	1.704
1.337	1.282	1.611	0.913	1.395	1.720	1.378	1.364	1.658	1.288	1.440	1.171	1.387	1.378	1.695
1.324	1.269	1.592	0.903	1.384	1.706	1.367	1.352	1.642	1.275	1.424	1.157	1.376	1.367	1.679
1.307	1.251	1.567	0.890	1.368	1.685	1.351	1.336	1.620	1.258	1.403	1.140	1.360	1.351	1.658
1.285	1.229	1.536	0.874	1.347	1.658	1.329	1.314	1.592	1.237	1.377	1.119	1.339	1.329	1.630
1.259	1.203	1.501	0.855	1.321	1.625	1.303	1.288	1.559	1.211	1.347	1.094	1.313	1.303	1.597
1.228	1.173	1.461	0.833	1.290	1.586	1.272	1.257	1.520	1.180	1.312	1.066	1.282	1.272	1.558
1.192	1.138	1.416	0.808	1.254	1.541	1.237	1.221	1.476	1.146	1.272	1.033	1.246	1.237	1.513
1.152	1.099	1.366	0.780	1.214	1.490	1.196	1.181	1.426	1.107	1.228	0.997	1.205	1.196	1.462
1.107	1.056	1.311	0.749	1.168	1.433	1.151	1.136	1.370	1.064	1.179	0.958	1.160	1.151	1.406
1.058	1.009	1.251	0.716	1.117	1.370	1.100	1.086	1.309	1.017	1.126	0.915	1.109	1.100	1.344
1.005	0.957	1.186	0.679	1.061	1.301	1.045	1.031	1.243	0.965	1.068	0.868	1.054	1.045	1.276
0.946	0.902	1.116	0.640	1.001	1.226	0.985	0.972	1.171	0.909	1.006	0.817	0.993	0.985	1.202
0.884	0.842	1.042	0.598	0.935	1.145	0.920	0.907	1.093	0.849	0.939	0.763	0.928	0.920	1.122
0.816	0.777	0.962	0.552	0.864	1.058	0.850	0.838	1.009	0.784	0.867	0.705	0.857	0.850	1.037
0.744	0.708	0.877	0.504	0.788	0.964	0.775	0.764	0.920	0.714	0.790	0.643	0.782	0.775	0.945
0.667	0.635	0.786	0.452	0.706	0.865	0.695	0.685	0.825	0.641	0.709	0.577	0.701	0.695	0.848
0.586	0.558	0.691	0.397	0.620	0.759	0.610	0.602	0.724	0.562	0.622	0.507	0.615	0.610	0.746
0.499	0.476	0.590	0.339	0.529	0.648	0.520	0.513	0.618	0.480	0.531	0.433	0.525	0.520	0.639
0.408	0.390	0.483	0.277	0.432	0.530	0.425	0.419	0.506	0.392	0.435	0.355	0.429	0.425	0.529
0.312	0.300	0.370	0.211	0.330	0.408	0.325	0.321	0.389	0.301	0.333	0.273	0.328	0.325	0.494
0.283	0.264	0.296	0.160	0.300	0.338	0.295	0.291	0.322	0.271	0.279	0.214	0.297	0.295	0.000

31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
0.262	0.260	0.000	0.246	0.305	0.261	0.262	0.310	0.302	0.289	0.166	0.262	0.303	0.260	0.302
0.319	0.317	0.352	0.348	0.407	0.319	0.319	0.411	0.394	0.403	0.230	0.319	0.402	0.317	0.394
0.436	0.432	0.400	0.475	0.551	0.436	0.436	0.556	0.537	0.549	0.310	0.437	0.545	0.432	0.537
0.548	0.541	0.506	0.595	0.690	0.547	0.548	0.694	0.671	0.686	0.387	0.548	0.681	0.541	0.671
0.652	0.644	0.604	0.706	0.820	0.652	0.652	0.825	0.797	0.813	0.458	0.653	0.810	0.644	0.797
0.749	0.739	0.694	0.809	0.942	0.749	0.749	0.946	0.914	0.930	0.524	0.750	0.929	0.739	0.914
0.839	0.827	0.776	0.902	1.055	0.839	0.839	1.057	1.020	1.037	0.585	0.841	1.040	0.827	1.020
0.921	0.907	0.851	0.987	1.159	0.922	0.921	1.159	1.118	1.134	0.640	0.923	1.141	0.907	1.118
0.996	0.980	0.918	1.063	1.253	0.997	0.996	1.251	1.205	1.221	0.689	0.998	1.232	0.980	1.205
1.063	1.045	0.978	1.131	1.337	1.065	1.063	1.333	1.283	1.298	0.733	1.066	1.314	1.045	1.283
1.122	1.103	1.031	1.190	1.413	1.126	1.122	1.405	1.352	1.366	0.772	1.126	1.387	1.103	1.352
1.175	1.154	1.078	1.241	1.479	1.179	1.175	1.469	1.412	1.424	0.805	1.179	1.451	1.154	1.412
1.220	1.197	1.117	1.285	1.536	1.225	1.220	1.523	1.463	1.473	0.834	1.225	1.506	1.197	1.463
1.259	1.234	1.151	1.321	1.585	1.264	1.259	1.569	1.505	1.514	0.858	1.265	1.552	1.234	1.505
1.291	1.265	1.178	1.350	1.626	1.297	1.291	1.607	1.540	1.547	0.877	1.297	1.591	1.265	1.540
1.317	1.289	1.200	1.372	1.659	1.324	1.317	1.636	1.567	1.572	0.892	1.324	1.621	1.289	1.567
1.337	1.307	1.216	1.388	1.684	1.345	1.337	1.658	1.587	1.589	0.903	1.344	1.645	1.307	1.587
1.351	1.320	1.226	1.399	1.702	1.360	1.351	1.673	1.600	1.600	0.910	1.359	1.661	1.320	1.600
1.359	1.327	1.232	1.403	1.713	1.369	1.359	1.681	1.606	1.604	0.914	1.368	1.670	1.327	1.606
1.362	1.329	1.233	1.402	1.717	1.372	1.362	1.682	1.606	1.602	0.913	1.371	1.672	1.329	1.606
1.360	1.326	1.229	1.395	1.715	1.371	1.360	1.677	1.600	1.594	0.910	1.369	1.668	1.326	1.600
1.352	1.318	1.220	1.384	1.706	1.364	1.352	1.666	1.588	1.581	0.903	1.362	1.658	1.318	1.588
1.340	1.305	1.208	1.368	1.691	1.352	1.340	1.649	1.570	1.561	0.893	1.350	1.642	1.305	1.570
1.323	1.288	1.191	1.347	1.669	1.336	1.323	1.626	1.547	1.537	0.880	1.333	1.620	1.288	1.547
1.301	1.266	1.170	1.321	1.642	1.314	1.301	1.597	1.519	1.507	0.864	1.312	1.592	1.266	1.519
1.274	1.239	1.144	1.292	1.609	1.288	1.274	1.563	1.485	1.473	0.845	1.285	1.559	1.239	1.485
1.243	1.208	1.115	1.257	1.570	1.257	1.243	1.523	1.447	1.433	0.823	1.254	1.520	1.208	1.447
1.208	1.173	1.082	1.219	1.525	1.221	1.208	1.477	1.403	1.389	0.798	1.218	1.476	1.173	1.403
1.167	1.133	1.045	1.176	1.474	1.181	1.167	1.427	1.354	1.340	0.771	1.178	1.426	1.133	1.354
1.122	1.089	1.004	1.129	1.417	1.136	1.122	1.371	1.301	1.286	0.740	1.133	1.370	1.089	1.301
1.073	1.041	0.959	1.078	1.355	1.086	1.073	1.309	1.242	1.227	0.707	1.083	1.309	1.041	1.242
1.019	0.988	0.910	1.023	1.287	1.031	1.019	1.242	1.178	1.164	0.671	1.028	1.243	0.988	1.178
0.960	0.931	0.857	0.963	1.212	0.972	0.960	1.170	1.109	1.095	0.632	0.969	1.171	0.931	1.109
0.896	0.869	0.800	0.899	1.132	0.907	0.896	1.092	1.035	1.022	0.591	0.905	1.093	0.869	1.035
0.828	0.802	0.739	0.830	1.046	0.838	0.828	1.008	0.956	0.944	0.546	0.836	1.009	0.802	0.956
0.755	0.731	0.674	0.757	0.953	0.764	0.755	0.919	0.871	0.860	0.498	0.762	0.920	0.731	0.871
0.677	0.656	0.605	0.679	0.855	0.685	0.677	0.824	0.781	0.772	0.447	0.683	0.825	0.656	0.781
0.594	0.576	0.532	0.597	0.750	0.602	0.594	0.724	0.686	0.678	0.393	0.600	0.724	0.576	0.686
0.507	0.491	0.456	0.509	0.640	0.513	0.507	0.617	0.586	0.579	0.336	0.511	0.618	0.491	0.586
0.414	0.402	0.378	0.417	0.524	0.419	0.414	0.506	0.479	0.474	0.275	0.418	0.506	0.402	0.479
0.317	0.308	0.373	0.318	0.403	0.321	0.317	0.390	0.368	0.363	0.212	0.320	0.389	0.308	0.368
0.287	0.279	0.000	0.246	0.333	0.291	0.287	0.323	0.310	0.285	0.166	0.290	0.322	0.279	0.310

46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
0.223	0.199	0.261	0.253	0.000	0.289	0.199	0.252	0.272	0.246	0.166	0.298	0.214	0.157
0.275	0.275	0.318	0.310	0.352	0.403	0.275	0.315	0.357	0.348	0.230	0.411	0.298	0.225
0.372	0.371	0.434	0.422	0.400	0.549	0.371	0.427	0.487	0.475	0.310	0.558	0.403	0.309
0.464	0.461	0.545	0.529	0.506	0.686	0.461	0.533	0.609	0.595	0.387	0.697	0.502	0.388
0.550	0.546	0.649	0.630	0.604	0.813	0.546	0.633	0.724	0.706	0.458	0.827	0.595	0.461
0.630	0.624	0.745	0.723	0.694	0.930	0.624	0.726	0.830	0.809	0.524	0.947	0.681	0.528
0.703	0.696	0.834	0.809	0.776	1.037	0.696	0.812	0.927	0.902	0.585	1.056	0.760	0.590
0.770	0.761	0.916	0.888	0.851	1.134	0.761	0.890	1.015	0.987	0.640	1.155	0.832	0.646
0.830	0.819	0.989	0.959	0.918	1.221	0.819	0.961	1.094	1.063	0.689	1.244	0.896	0.696
0.884	0.872	1.056	1.022	0.978	1.298	0.872	1.024	1.165	1.131	0.733	1.322	0.953	0.740
0.931	0.917	1.114	1.079	1.031	1.366	0.917	1.080	1.227	1.190	0.772	1.391	1.003	0.780
0.972	0.957	1.166	1.128	1.078	1.424	0.957	1.129	1.281	1.241	0.805	1.451	1.047	0.814
1.008	0.991	1.211	1.171	1.117	1.473	0.991	1.171	1.327	1.285	0.834	1.501	1.084	0.843
1.037	1.019	1.248	1.207	1.151	1.514	1.019	1.206	1.366	1.321	0.858	1.543	1.115	0.867
1.061	1.042	1.280	1.237	1.178	1.547	1.042	1.235	1.397	1.350	0.877	1.576	1.140	0.887
1.080	1.059	1.305	1.260	1.200	1.572	1.059	1.258	1.422	1.372	0.892	1.602	1.159	0.902
1.093	1.072	1.324	1.278	1.216	1.589	1.072	1.276	1.439	1.388	0.903	1.620	1.173	0.913
1.102	1.080	1.337	1.290	1.226	1.600	1.080	1.287	1.451	1.399	0.910	1.631	1.182	0.920
1.107	1.084	1.345	1.297	1.232	1.604	1.084	1.293	1.457	1.403	0.914	1.635	1.186	0.924
1.107	1.083	1.348	1.299	1.233	1.602	1.083	1.294	1.456	1.402	0.913	1.633	1.185	0.924
1.103	1.079	1.345	1.296	1.229	1.594	1.079	1.291	1.451	1.395	0.910	1.625	1.180	0.920
1.095	1.070	1.337	1.288	1.220	1.581	1.070	1.282	1.440	1.384	0.903	1.611	1.171	0.913
1.083	1.058	1.324	1.275	1.208	1.561	1.058	1.269	1.424	1.368	0.893	1.592	1.157	0.903
1.067	1.042	1.307	1.258	1.191	1.537	1.042	1.251	1.403	1.347	0.880	1.567	1.140	0.890
1.048	1.023	1.285	1.237	1.170	1.507	1.023	1.229	1.377	1.321	0.864	1.536	1.119	0.874
1.025	1.000	1.259	1.211	1.144	1.473	1.000	1.203	1.347	1.292	0.845	1.501	1.094	0.855
0.998	0.974	1.228	1.180	1.115	1.433	0.974	1.173	1.312	1.257	0.823	1.461	1.066	0.833
0.968	0.945	1.192	1.146	1.082	1.389	0.945	1.138	1.272	1.219	0.798	1.416	1.033	0.808
0.935	0.912	1.152	1.107	1.045	1.340	0.912	1.099	1.228	1.176	0.771	1.366	0.997	0.780
0.898	0.876	1.107	1.064	1.004	1.286	0.876	1.056	1.179	1.129	0.740	1.311	0.958	0.749
0.858	0.836	1.058	1.017	0.959	1.227	0.836	1.009	1.126	1.078	0.707	1.251	0.915	0.716
0.814	0.794	1.005	0.965	0.910	1.164	0.794	0.957	1.068	1.023	0.671	1.186	0.868	0.679
0.766	0.748	0.946	0.909	0.857	1.095	0.748	0.902	1.006	0.963	0.632	1.116	0.817	0.640
0.715	0.698	0.884	0.849	0.800	1.022	0.698	0.842	0.939	0.899	0.591	1.042	0.763	0.598
0.661	0.645	0.816	0.784	0.739	0.944	0.645	0.777	0.867	0.830	0.546	0.962	0.705	0.552
0.602	0.588	0.744	0.714	0.674	0.860	0.588	0.708	0.790	0.757	0.498	0.877	0.643	0.504
0.540	0.528	0.667	0.641	0.605	0.772	0.528	0.635	0.709	0.679	0.447	0.786	0.577	0.452
0.474	0.464	0.586	0.562	0.532	0.678	0.464	0.558	0.622	0.597	0.393	0.691	0.507	0.397
0.405	0.397	0.499	0.480	0.456	0.579	0.397	0.476	0.531	0.509	0.336	0.590	0.433	0.339
0.332	0.326	0.408	0.392	0.378	0.474	0.326	0.390	0.435	0.417	0.275	0.483	0.355	0.277
0.256	0.252	0.312	0.301	0.373	0.363	0.252	0.300	0.333	0.318	0.212	0.370	0.273	0.211
0.227	0.199	0.283	0.271	0.000	0.285	0.199	0.264	0.279	0.246	0.166	0.296	0.214	0.160

**Obr. 3: Axiálne rozloženie výkonu pre 60° symetriu pre ZAC a výkon reaktora
100 % N_{nom} (1375 MW)**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.000	0.623	0.610	0.000	0.527	0.566	0.000	0.595	0.579	0.000	0.625	0.560	0.640	0.559	0.659
0.753	0.821	0.786	0.728	0.667	0.725	0.736	0.769	0.749	0.360	0.803	0.715	0.872	0.711	0.897
0.757	0.991	0.948	0.841	0.792	0.866	0.849	0.930	0.918	0.416	0.960	0.853	1.104	0.842	1.133
0.839	1.098	1.052	0.940	0.870	0.957	0.948	1.035	1.035	0.465	1.062	0.942	1.260	0.926	1.293
0.953	1.154	1.116	0.999	0.920	1.011	0.974	1.101	1.113	0.480	1.126	0.996	1.362	0.977	1.396
0.954	1.190	1.154	1.033	0.949	1.043	0.998	1.141	1.163	0.494	1.164	1.028	1.425	1.008	1.460
0.967	1.207	1.174	1.051	0.965	1.059	1.005	1.163	1.193	0.501	1.185	1.046	1.463	1.025	1.497
0.960	1.214	1.184	1.059	0.972	1.066	1.006	1.174	1.210	0.504	1.194	1.054	1.483	1.033	1.516
0.953	1.215	1.186	1.062	0.975	1.068	1.003	1.177	1.218	0.505	1.197	1.057	1.492	1.035	1.524
0.946	1.212	1.185	1.061	0.975	1.066	0.998	1.177	1.220	0.505	1.196	1.057	1.494	1.034	1.525
0.939	1.208	1.182	1.059	0.973	1.063	0.993	1.174	1.219	0.503	1.193	1.055	1.492	1.032	1.522
0.933	1.203	1.178	1.056	0.970	1.059	0.988	1.170	1.216	0.502	1.189	1.052	1.488	1.029	1.517
0.928	1.198	1.174	1.053	0.967	1.055	0.983	1.166	1.213	0.501	1.186	1.049	1.483	1.025	1.511
0.924	1.194	1.171	1.050	0.965	1.052	0.979	1.162	1.209	0.499	1.182	1.046	1.478	1.023	1.505
0.921	1.191	1.168	1.048	0.963	1.050	0.976	1.159	1.205	0.498	1.179	1.044	1.473	1.021	1.499
0.919	1.190	1.167	1.047	0.962	1.048	0.974	1.157	1.202	0.498	1.178	1.043	1.469	1.019	1.495
0.918	1.189	1.166	1.046	0.961	1.048	0.973	1.156	1.200	0.497	1.177	1.043	1.466	1.019	1.492
0.919	1.189	1.166	1.047	0.962	1.048	0.973	1.156	1.198	0.497	1.177	1.043	1.465	1.019	1.490
0.919	1.191	1.168	1.048	0.963	1.050	0.974	1.157	1.198	0.498	1.178	1.045	1.464	1.021	1.489
0.921	1.193	1.171	1.051	0.966	1.052	0.976	1.158	1.199	0.499	1.181	1.047	1.465	1.023	1.490
0.924	1.197	1.174	1.054	0.969	1.055	0.979	1.161	1.200	0.501	1.184	1.050	1.468	1.027	1.492
0.928	1.202	1.179	1.059	0.973	1.060	0.983	1.165	1.203	0.503	1.189	1.055	1.471	1.031	1.495
0.932	1.208	1.185	1.064	0.978	1.065	0.987	1.170	1.206	0.505	1.194	1.060	1.476	1.036	1.500
0.938	1.215	1.192	1.071	0.984	1.072	0.993	1.177	1.211	0.508	1.201	1.067	1.482	1.043	1.506
0.944	1.223	1.201	1.079	0.991	1.080	0.999	1.184	1.217	0.511	1.209	1.074	1.490	1.050	1.513
0.951	1.233	1.210	1.087	0.999	1.088	1.007	1.192	1.223	0.515	1.218	1.082	1.499	1.059	1.522
0.959	1.244	1.221	1.097	1.008	1.098	1.015	1.201	1.231	0.519	1.229	1.092	1.509	1.068	1.532
0.967	1.256	1.233	1.108	1.018	1.109	1.024	1.211	1.239	0.523	1.240	1.103	1.521	1.079	1.543
0.976	1.269	1.246	1.120	1.029	1.121	1.034	1.222	1.248	0.528	1.253	1.114	1.533	1.090	1.555
0.985	1.283	1.260	1.133	1.040	1.133	1.045	1.234	1.256	0.532	1.266	1.127	1.546	1.103	1.567
0.994	1.297	1.275	1.146	1.052	1.147	1.055	1.246	1.265	0.537	1.280	1.140	1.560	1.116	1.580
1.002	1.312	1.290	1.160	1.065	1.160	1.065	1.258	1.272	0.541	1.294	1.153	1.572	1.129	1.591
1.009	1.325	1.303	1.172	1.077	1.173	1.075	1.268	1.278	0.545	1.307	1.165	1.582	1.142	1.601
1.011	1.336	1.315	1.183	1.087	1.184	1.082	1.276	1.279	0.547	1.317	1.176	1.587	1.154	1.606
1.009	1.343	1.322	1.190	1.095	1.193	1.085	1.280	1.275	0.547	1.323	1.182	1.586	1.163	1.605
0.998	1.342	1.322	1.190	1.097	1.195	1.082	1.276	1.260	0.543	1.321	1.183	1.572	1.166	1.593
0.975	1.329	1.309	1.180	1.091	1.188	1.069	1.261	1.232	0.534	1.306	1.173	1.540	1.160	1.563
0.936	1.297	1.276	1.153	1.069	1.162	1.040	1.225	1.183	0.519	1.272	1.146	1.480	1.137	1.501
0.874	1.233	1.213	1.102	1.024	1.109	0.991	1.161	1.106	0.493	1.209	1.094	1.380	1.088	1.396
0.785	1.126	1.108	1.017	0.946	1.017	0.914	1.054	0.992	0.454	1.106	1.005	1.226	1.002	1.232
0.786	0.959	0.943	0.954	0.817	0.871	0.857	0.891	0.832	0.425	0.949	0.865	1.001	0.867	1.000
0.000	0.789	0.783	0.000	0.685	0.726	0.000	0.735	0.692	0.000	0.791	0.722	0.801	0.724	0.801

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.551	0.650	0.458	0.154	0.560	0.533	0.545	0.533	0.617	0.646	0.523	0.238	0.641	0.546	0.000
0.697	0.889	0.600	0.201	0.715	0.671	0.701	0.677	0.795	0.847	0.724	0.305	0.874	0.700	0.899
0.828	1.121	0.741	0.242	0.854	0.790	0.839	0.804	0.953	1.040	0.935	0.364	1.105	0.837	1.089
0.912	1.283	0.839	0.269	0.944	0.866	0.927	0.884	1.056	1.173	1.088	0.404	1.262	0.926	1.263
0.965	1.391	0.906	0.286	0.999	0.913	0.982	0.934	1.122	1.260	1.190	0.430	1.364	0.980	1.373
0.997	1.460	0.949	0.297	1.031	0.942	1.014	0.964	1.162	1.314	1.257	0.448	1.427	1.013	1.440
1.015	1.502	0.975	0.304	1.049	0.958	1.032	0.981	1.185	1.347	1.298	0.458	1.465	1.031	1.480
1.024	1.526	0.991	0.308	1.058	0.966	1.041	0.989	1.197	1.364	1.322	0.464	1.485	1.039	1.501
1.027	1.537	0.998	0.310	1.061	0.969	1.044	0.991	1.201	1.371	1.334	0.468	1.494	1.043	1.510
1.027	1.540	1.001	0.311	1.061	0.969	1.044	0.991	1.201	1.373	1.338	0.469	1.496	1.042	1.512
1.025	1.539	1.001	0.311	1.058	0.967	1.042	0.989	1.199	1.370	1.338	0.469	1.494	1.040	1.510
1.022	1.534	0.999	0.310	1.055	0.965	1.039	0.986	1.195	1.367	1.335	0.469	1.490	1.038	1.506
1.019	1.528	0.996	0.310	1.052	0.962	1.036	0.983	1.192	1.362	1.331	0.468	1.485	1.035	1.501
1.016	1.522	0.993	0.310	1.050	0.960	1.033	0.981	1.188	1.357	1.327	0.468	1.479	1.032	1.496
1.014	1.517	0.991	0.309	1.048	0.959	1.031	0.979	1.185	1.353	1.322	0.467	1.475	1.030	1.491
1.012	1.512	0.989	0.309	1.046	0.957	1.030	0.978	1.183	1.350	1.319	0.467	1.471	1.029	1.487
1.011	1.508	0.987	0.309	1.046	0.957	1.030	0.977	1.182	1.348	1.316	0.467	1.468	1.029	1.484
1.011	1.505	0.987	0.310	1.046	0.958	1.030	0.978	1.182	1.347	1.314	0.467	1.467	1.029	1.483
1.012	1.504	0.987	0.310	1.048	0.959	1.032	0.979	1.183	1.347	1.313	0.468	1.466	1.031	1.482
1.013	1.504	0.988	0.311	1.050	0.961	1.034	0.981	1.185	1.348	1.313	0.469	1.467	1.033	1.483
1.016	1.505	0.989	0.312	1.054	0.964	1.037	0.985	1.188	1.350	1.314	0.471	1.469	1.036	1.485
1.020	1.507	0.992	0.314	1.058	0.969	1.042	0.989	1.192	1.354	1.317	0.473	1.473	1.041	1.489
1.024	1.511	0.995	0.315	1.063	0.974	1.047	0.994	1.198	1.359	1.320	0.475	1.478	1.046	1.494
1.030	1.516	1.000	0.317	1.070	0.979	1.053	1.000	1.204	1.365	1.325	0.478	1.484	1.052	1.500
1.036	1.522	1.005	0.320	1.077	0.986	1.061	1.007	1.211	1.372	1.330	0.481	1.492	1.059	1.508
1.043	1.529	1.011	0.322	1.086	0.994	1.069	1.015	1.220	1.380	1.337	0.485	1.501	1.068	1.517
1.052	1.538	1.017	0.325	1.095	1.003	1.079	1.024	1.230	1.389	1.344	0.489	1.511	1.077	1.527
1.061	1.547	1.024	0.328	1.106	1.013	1.089	1.034	1.240	1.400	1.353	0.494	1.523	1.088	1.538
1.070	1.557	1.032	0.331	1.117	1.024	1.101	1.044	1.252	1.411	1.361	0.498	1.535	1.099	1.551
1.081	1.567	1.039	0.334	1.130	1.035	1.113	1.056	1.264	1.422	1.370	0.503	1.548	1.111	1.563
1.091	1.576	1.047	0.338	1.143	1.047	1.126	1.068	1.276	1.433	1.378	0.508	1.561	1.124	1.576
1.102	1.584	1.053	0.341	1.157	1.060	1.139	1.080	1.288	1.444	1.384	0.512	1.574	1.138	1.588
1.112	1.589	1.058	0.344	1.169	1.072	1.152	1.092	1.300	1.452	1.387	0.517	1.584	1.150	1.597
1.120	1.589	1.060	0.346	1.181	1.082	1.163	1.102	1.308	1.456	1.385	0.520	1.589	1.162	1.602
1.125	1.581	1.057	0.347	1.189	1.091	1.170	1.109	1.312	1.453	1.374	0.521	1.588	1.170	1.599
1.124	1.559	1.046	0.347	1.191	1.094	1.172	1.111	1.308	1.440	1.351	0.519	1.574	1.173	1.585
1.113	1.517	1.025	0.344	1.184	1.090	1.163	1.105	1.291	1.411	1.310	0.513	1.542	1.166	1.552
1.087	1.447	0.984	0.335	1.158	1.070	1.137	1.082	1.255	1.358	1.242	0.499	1.482	1.143	1.493
1.038	1.336	0.920	0.320	1.107	1.028	1.086	1.036	1.190	1.272	1.138	0.474	1.383	1.093	1.397
0.954	1.172	0.823	0.294	1.017	0.951	0.997	0.956	1.085	1.142	0.990	0.434	1.229	1.004	1.253
0.821	0.951	0.685	0.252	0.874	0.828	0.856	0.825	0.927	0.954	0.793	0.373	1.003	0.862	1.153
0.689	0.758	0.560	0.203	0.728	0.697	0.708	0.689	0.768	0.783	0.624	0.309	0.802	0.713	0.000

31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
0.565	0.607	0.000	0.275	0.567	0.537	0.570	0.616	0.597	0.405	0.154	0.661	0.620	0.609	0.598
0.725	0.783	0.685	0.363	0.723	0.682	0.731	0.795	0.788	0.547	0.196	0.899	0.799	0.784	0.789
0.867	0.947	0.805	0.441	0.855	0.809	0.873	0.955	0.973	0.682	0.233	1.135	0.957	0.946	0.972
0.959	1.055	0.912	0.492	0.941	0.890	0.965	1.060	1.101	0.775	0.257	1.295	1.059	1.052	1.098
1.016	1.125	0.980	0.526	0.993	0.940	1.022	1.128	1.186	0.838	0.273	1.398	1.124	1.119	1.182
1.050	1.168	1.022	0.547	1.024	0.970	1.055	1.171	1.240	0.879	0.284	1.461	1.163	1.160	1.235
1.069	1.193	1.047	0.560	1.041	0.987	1.073	1.195	1.273	0.905	0.291	1.498	1.185	1.184	1.267
1.078	1.206	1.061	0.568	1.048	0.995	1.082	1.208	1.292	0.919	0.295	1.517	1.196	1.196	1.285
1.082	1.211	1.067	0.572	1.050	0.998	1.085	1.213	1.301	0.927	0.297	1.525	1.200	1.201	1.294
1.082	1.212	1.069	0.573	1.049	0.998	1.085	1.214	1.303	0.930	0.298	1.526	1.199	1.202	1.296
1.079	1.210	1.068	0.574	1.047	0.996	1.083	1.212	1.303	0.931	0.299	1.522	1.196	1.200	1.295
1.076	1.207	1.066	0.573	1.044	0.993	1.080	1.209	1.300	0.930	0.299	1.517	1.193	1.197	1.293
1.073	1.203	1.064	0.572	1.040	0.990	1.077	1.205	1.296	0.928	0.299	1.511	1.189	1.193	1.289
1.071	1.200	1.061	0.572	1.038	0.988	1.074	1.202	1.293	0.927	0.299	1.505	1.186	1.190	1.286
1.068	1.197	1.059	0.571	1.035	0.986	1.072	1.199	1.289	0.925	0.299	1.500	1.183	1.188	1.282
1.067	1.195	1.057	0.571	1.034	0.985	1.070	1.197	1.287	0.924	0.299	1.496	1.181	1.186	1.280
1.067	1.194	1.056	0.571	1.034	0.984	1.070	1.196	1.285	0.923	0.299	1.492	1.180	1.185	1.278
1.067	1.194	1.056	0.571	1.034	0.985	1.071	1.196	1.284	0.923	0.300	1.490	1.180	1.185	1.278
1.068	1.195	1.057	0.572	1.036	0.986	1.072	1.197	1.284	0.924	0.300	1.490	1.181	1.186	1.278
1.071	1.197	1.059	0.574	1.038	0.988	1.075	1.199	1.285	0.926	0.301	1.490	1.184	1.188	1.279
1.074	1.200	1.061	0.576	1.042	0.991	1.078	1.203	1.288	0.928	0.303	1.493	1.187	1.192	1.282
1.079	1.204	1.065	0.578	1.046	0.995	1.083	1.207	1.291	0.932	0.304	1.496	1.191	1.196	1.286
1.084	1.209	1.070	0.581	1.052	1.001	1.088	1.212	1.296	0.936	0.306	1.501	1.197	1.201	1.290
1.091	1.215	1.075	0.585	1.058	1.006	1.095	1.219	1.302	0.940	0.308	1.507	1.204	1.208	1.296
1.098	1.223	1.081	0.589	1.066	1.013	1.103	1.226	1.308	0.946	0.310	1.514	1.212	1.216	1.303
1.106	1.231	1.088	0.593	1.075	1.021	1.111	1.235	1.316	0.952	0.313	1.523	1.221	1.224	1.311
1.116	1.240	1.096	0.598	1.084	1.030	1.121	1.244	1.325	0.959	0.316	1.533	1.231	1.234	1.320
1.126	1.251	1.105	0.603	1.095	1.040	1.132	1.255	1.334	0.967	0.319	1.544	1.242	1.244	1.330
1.138	1.262	1.114	0.609	1.107	1.051	1.143	1.266	1.344	0.974	0.322	1.556	1.253	1.256	1.340
1.150	1.273	1.124	0.615	1.119	1.062	1.156	1.278	1.354	0.982	0.325	1.568	1.266	1.267	1.350
1.162	1.285	1.133	0.621	1.133	1.074	1.168	1.290	1.363	0.990	0.329	1.581	1.279	1.279	1.360
1.175	1.296	1.142	0.626	1.146	1.086	1.181	1.301	1.372	0.997	0.332	1.593	1.292	1.290	1.368
1.186	1.306	1.149	0.631	1.159	1.097	1.193	1.311	1.377	1.001	0.334	1.602	1.303	1.300	1.375
1.196	1.313	1.152	0.635	1.170	1.107	1.202	1.318	1.379	1.003	0.336	1.608	1.312	1.306	1.376
1.202	1.316	1.151	0.635	1.178	1.114	1.208	1.320	1.373	1.000	0.337	1.607	1.317	1.308	1.372
1.202	1.310	1.142	0.632	1.180	1.115	1.207	1.315	1.357	0.989	0.336	1.594	1.313	1.300	1.356
1.192	1.293	1.121	0.623	1.171	1.106	1.195	1.297	1.326	0.968	0.332	1.564	1.297	1.280	1.326
1.164	1.255	1.083	0.605	1.145	1.082	1.166	1.259	1.273	0.930	0.323	1.501	1.261	1.240	1.274
1.110	1.188	1.022	0.574	1.094	1.035	1.111	1.193	1.190	0.868	0.308	1.396	1.196	1.173	1.192
1.018	1.079	0.931	0.523	1.006	0.955	1.019	1.086	1.066	0.776	0.283	1.232	1.091	1.068	1.069
0.873	0.915	0.863	0.444	0.870	0.825	0.874	0.927	0.889	0.642	0.246	1.000	0.932	0.907	0.892
0.723	0.759	0.000	0.355	0.727	0.689	0.725	0.767	0.725	0.509	0.205	0.802	0.773	0.753	0.727

46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
0.467	0.203	0.549	0.642	0.000	0.412	0.204	0.651	0.529	0.282	0.157	0.459	0.235	0.154
0.641	0.257	0.693	0.840	0.755	0.557	0.259	0.890	0.734	0.374	0.200	0.601	0.300	0.201
0.821	0.305	0.821	1.032	0.897	0.695	0.307	1.123	0.949	0.454	0.237	0.742	0.357	0.242
0.956	0.337	0.902	1.163	1.028	0.791	0.339	1.285	1.104	0.506	0.261	0.841	0.395	0.269
1.050	0.359	0.953	1.249	1.113	0.855	0.361	1.393	1.208	0.541	0.278	0.908	0.421	0.287
1.112	0.373	0.983	1.304	1.167	0.897	0.375	1.462	1.275	0.563	0.289	0.951	0.437	0.298
1.152	0.382	1.000	1.337	1.199	0.923	0.385	1.505	1.316	0.576	0.296	0.978	0.448	0.305
1.176	0.388	1.008	1.355	1.217	0.938	0.390	1.528	1.340	0.584	0.300	0.993	0.454	0.309
1.189	0.391	1.011	1.363	1.227	0.947	0.394	1.539	1.353	0.588	0.303	1.001	0.457	0.311
1.195	0.392	1.011	1.365	1.230	0.950	0.395	1.543	1.357	0.590	0.304	1.004	0.459	0.312
1.196	0.393	1.008	1.364	1.230	0.951	0.396	1.541	1.357	0.590	0.305	1.004	0.459	0.313
1.195	0.393	1.005	1.361	1.227	0.950	0.396	1.537	1.355	0.590	0.305	1.002	0.459	0.312
1.192	0.393	1.002	1.356	1.224	0.948	0.396	1.531	1.351	0.589	0.305	0.999	0.458	0.312
1.189	0.392	1.000	1.352	1.221	0.946	0.395	1.525	1.346	0.588	0.304	0.996	0.458	0.312
1.186	0.392	0.997	1.348	1.218	0.944	0.395	1.519	1.342	0.587	0.304	0.994	0.457	0.311
1.184	0.392	0.996	1.345	1.215	0.943	0.395	1.514	1.338	0.587	0.304	0.992	0.457	0.311
1.182	0.392	0.995	1.343	1.214	0.943	0.396	1.511	1.335	0.587	0.305	0.990	0.457	0.311
1.180	0.393	0.995	1.341	1.213	0.943	0.396	1.508	1.333	0.588	0.305	0.990	0.457	0.312
1.180	0.394	0.996	1.341	1.213	0.943	0.397	1.506	1.332	0.589	0.306	0.990	0.458	0.312
1.181	0.395	0.998	1.342	1.214	0.945	0.398	1.506	1.332	0.590	0.307	0.990	0.459	0.313
1.182	0.397	1.001	1.344	1.216	0.947	0.400	1.507	1.333	0.592	0.308	0.992	0.460	0.314
1.185	0.398	1.005	1.347	1.220	0.951	0.401	1.510	1.335	0.595	0.310	0.995	0.462	0.315
1.188	0.401	1.010	1.352	1.224	0.955	0.404	1.513	1.339	0.598	0.312	0.998	0.465	0.317
1.193	0.403	1.015	1.357	1.229	0.959	0.406	1.518	1.343	0.601	0.314	1.002	0.467	0.319
1.198	0.406	1.022	1.364	1.235	0.965	0.409	1.524	1.349	0.605	0.316	1.007	0.470	0.321
1.204	0.409	1.030	1.371	1.242	0.971	0.412	1.532	1.355	0.610	0.319	1.013	0.474	0.323
1.211	0.413	1.038	1.380	1.250	0.978	0.416	1.540	1.362	0.615	0.322	1.019	0.478	0.326
1.218	0.417	1.047	1.390	1.259	0.985	0.419	1.549	1.371	0.620	0.325	1.026	0.482	0.329
1.226	0.421	1.057	1.400	1.268	0.993	0.423	1.559	1.379	0.626	0.328	1.034	0.486	0.332
1.233	0.425	1.068	1.410	1.277	1.001	0.427	1.569	1.387	0.632	0.331	1.041	0.491	0.335
1.239	0.429	1.079	1.420	1.286	1.009	0.431	1.578	1.395	0.638	0.334	1.048	0.495	0.338
1.243	0.433	1.090	1.429	1.294	1.015	0.435	1.586	1.401	0.644	0.338	1.055	0.499	0.341
1.245	0.436	1.100	1.436	1.299	1.020	0.438	1.591	1.403	0.648	0.340	1.059	0.503	0.343
1.241	0.438	1.108	1.439	1.300	1.021	0.440	1.590	1.401	0.652	0.342	1.061	0.505	0.345
1.230	0.439	1.113	1.435	1.294	1.018	0.441	1.581	1.389	0.652	0.343	1.057	0.505	0.346
1.207	0.438	1.112	1.420	1.279	1.006	0.439	1.559	1.365	0.649	0.341	1.046	0.503	0.345
1.167	0.432	1.102	1.389	1.250	0.984	0.434	1.517	1.323	0.640	0.337	1.024	0.495	0.340
1.104	0.421	1.076	1.336	1.201	0.944	0.422	1.446	1.254	0.621	0.328	0.983	0.481	0.331
1.012	0.401	1.028	1.251	1.125	0.882	0.402	1.335	1.149	0.588	0.313	0.919	0.457	0.316
0.883	0.369	0.946	1.124	1.016	0.788	0.370	1.171	0.999	0.536	0.288	0.821	0.418	0.289
0.715	0.320	0.816	0.941	0.938	0.651	0.321	0.951	0.799	0.454	0.250	0.684	0.361	0.248
0.567	0.268	0.685	0.772	0.000	0.515	0.269	0.757	0.627	0.362	0.208	0.559	0.300	0.200

**Obr. 4: Axiálne rozloženie výkonu pre 60° symetriu pre KON a výkon reaktora
100 % N_{nom} (1375 MW)**

Príloha 07 Metodika pre určenie počtu porušených prútikov pre analýzy LOCA havárie

Vyvinutá metodika je aplikovateľná pre palivo reaktorov typu VVER-440, pre účely licenčných analýz. Je založená na použití systémového termohydraulického programu RELAP5 a termomechanického výpočtového programu TRANSURANUS. Odozva bloku na LOCA haváriu je analyzovaná programom RELAP5 a výsledkom sú časové závislosti parametrov primárneho a sekundárneho okruhu. Výsledky termohydraulickej analýzy predstavujú počiatočné a okrajové podmienky pre termomechanickú analýzu výpočtovým programom TRANSURANUS. Súčasťou programu TRANSURANUS je aj štatistický výpočtový modul na báze metodiky Monte Carlo, ktorý je využívaný pre určenie počtu porušených palivových prútikov počas LOCA havárie.

Metodika pozostáva z nasledovných piatich krokov:

Vytvorenie skupín palivových prútikov v aktívnej zóne

Cieľom tohoto kroku je zredukovať počet analýz programom TRANSURANUS na akceptovateľný počet, pri zachovaní dostatočnej reprezentatívnosti analýzy. Všetky palivové prútiky v aktívnej zóne sú rozdelené do viacerých skupín na základe výkonu a vyhorenia. Skúsenosti ukazujú, že pre súčasné bloky VVER-440 postačuje vytvorenie matice štyri (podľa výkonu) krát päť (podľa doby pobytu v reaktore, resp. podľa vyhorenia) skupín. V tomto prípade sa rozsah termomechanickej analýzy obmedzí na dvadsať reprezentatívnych prútikov. Voľba počtu skupín pre rozdelenie prútikov je závislá tiež na modelovaní aktívnej zóny programom RELAP5. Pri potrebe zvýšenia počtu skupín je nutné tiež prispôbiť modelovanie palivových prútikov v aktívnej zóne.

Zosúladenie výpočtových modelov pre RELAP5 a TRANSURANUS

Cieľom tohoto kroku je zaistenie compatibility vstupných dát pre výpočtové programy RELAP5 a TRANSURANUS. Vstupný model pre TRANSURANUS popisujúci jeden palivový prútik musí správne reprodukoval všetky údaje, zadávané ako okrajové podmienky, získané z výpočtu programom RELAP5. Dôležité parametre pre zosúladenie výpočtových modelov sú axiálna a radiálna nodalizácia palivového prútika a rozmery palivového prútika (polomer pokrytia, polomer palivovej časti prútika, hrúbka pokrytia, veľkosť medzery). Výpočtový model pre RELAP5 by mal obsahovať dáta zabezpečujúce možnosť získania požadovaných výstupov pre zadanie okrajových podmienok pre termomechanickú analýzu.

Termohydraulická analýza LOCA havárie výpočtovým programom RELAP5

V tomto kroku sú určené okrajové podmienky pre termomechanickú analýzu pri zachovaní požadovanej miery konzervatívnosti pre celé spektrum palivových prútikov v aktívnej zóne. Počiatočné a okrajové podmienky pre termohydraulickú analýzu sú pre RELAP5 sú volené s cieľom dosiahnutia maximálnej teploty na pokrytí palivových prútikov. Takýto predpoklad vedie konzervatívne k maximálnemu počtu porušených palivových prútikov. Súbor výsledkov výpočtu, ktorý tvorí okrajové podmienky pre oblasť, riešenou programom TRANSURANUS, obsahuje časové priebehy tlaku chladiva na vstupe do AZ, lineárny výkon prútika v každom axiálnom úseku a vonkajšiu teplotu pokrytia jednotlivých prútikov v každom axiálnom úseku.

Transformácia dát z výstupu termohydraulickej analýzy a príprava vstupných dát pre termomechanickú analýzu

Tento krok obsahuje iba formálnu transformáciu dát (časových závislostí), ktoré boli získané z výstupu výpočtu programom RELAP5, do tvaru, požadovaného programom TRANSURANUS. Vstupný súbor pre TRANSURANUS je rozdelený na časť dát časovo nezávislých a časť dát časovo závislých (Macro Time Step), ktorými je možné popísať priebeh analyzovaného procesu. Táto časť je generovaná automaticky prostredníctvom transformačného algoritmu. Ďalej je potrebné zabezpečiť synchronizáciu časových priebehov oboch výpočtov. Termohydraulická analýza rieši typicky len krátky časový úsek. Termomechanická analýza však pre dosiahnutie parametrov v palivovom prútiku, ktoré charakterizujú daný okamžik vyhorenia, musí obsahovať aj simuláciu prevádzky paliva od zavezenia do reaktora až po okamih, v ktorom je iniciovaná LOCA havária.

Štatistická termomechanická analýza výpočtovým programom TRANSURANUS

Cieľom analýzy v tomto kroku je kvantifikovanie porušených prútikov. Výpočty sú realizované pre každý prútik, reprezentujúci jednu výpočtovú skupinu zadefinovanú v prvom kroku definovanú na základe vyhorenia a výkonu. Vonkajšia teplota pokrytia palivového prútika určená termohydraulickou analýzou je najdôležitejším parametrom vzhľadom na potenciálne porušenie integrity pokrytia palivového prútika. Výpočtová analýza v tomto kroku je vykonávaná s využitím štatistického modulu programu TRANSURANUS, na základe metódy Monte Carlo. Variovaným parametrom je vonkajšia teplota pokrytia palivového prútika. Variovaný parameter je definovaný na základe citlivostných analýz, kde testovanými parametrami boli lineárny výkon a tlak na vstupe do AZ, vonkajšia teplota pokrytia a tlak plynu v medzere palivového prútika medzi palivom a pokrytím. Výsledná kvantifikácia pravdepodobnosti porušenia palivových prútikov pre definovanú výpočtovú skupinu je získaná z celkového počtu porušení pri danom počte výpočtových cyklov. Na základe určenej pravdepodobnosti je následne určený celkový počet porušených prútikov pre danú výpočtovú skupinu.

**Príloha 09 Metodika výpočtu dávok pri prevádzke JZ z vypúšťanej aktivity /
únikov RAL do životného prostredia**

OBSAH

Obsah	2
Zoznam tabuliek.....	3
Zoznam použitých skratiek a označení	4
Úvod	5
1 Veličiny v ochrane pred žiarením	6
2 Metóda výpočtu	9
2.1 Metóda výpočtu dávok individuálnych dávok a dávkových úväzkov [2]	9
3 Dávky od hydrosféry	11
4 Šírenie rádioaktívnych látok vo vodnom prostredí.....	16
5 Šírenie rádioaktívnych látok potravinovými reťazcami	22
6 Rozptyl RAL v atmosfére v prípade havarijného úniku.....	28
6.1 Disperzné parametre.....	28
6.2 Depozit.....	29
6.3 Prevýšenie vlečky	29
6.4 Tienenie budovami.....	31
6.5 Vplyv členitého terénu	32
6.6 Výška vrstvy premiešavania	32
7 Výpočet individuálnych dávok v prípade havarijného úniku	36
7.1 Expozícia z oblaku	36
7.2 Expozície z depozitu	37
7.3 Výpočet efektívnych a ekvivalentných dávok pri ožiarení z oblaku	37
7.4 Výpočet efektívnych a ekvivalentných dávok pri ožiarení z depozitu	38
7.5 Vnútorne ožiarenie z inhalácie	38
8 Tabuľky vstupných údajov pre výpočty	42
8.1 Vstupné údaje týkajúce sa nuklidov	43
8.2 Vstupné údaje týkajúce sa človeka	82
8.3 Vstupné údaje týkajúce sa zdroja.....	83
8.4 Vstupné údaje týkajúce sa okolia JZ	84
Použitá literatúra	89

ZOOZAM TABULIEK

Tabuľka 1:	Radiačné váhové faktory (tabuľka č. 1 prílohy č. 5 NV SR č. 345/2006 Z.z. [2]).....	6
Tabuľka 2:	Tkanivové váhové faktory (tabuľka č. 2 v prílohe č. 5 NV SR č. 345/2006 Z.z. [2])	7
Tabuľka 3:	Vegetačné obdobie, produkcia poľnohospodárskych plodín, $[kg/m^2]$ a koeficienty rastových kriviek	27
Tabuľka 4:	Závislosť parametra a od kategórie stability atmosféry a drsnosti povrchu terénu z_0	34
Tabuľka 5:	Disperzné parametre $\sigma_y(x)$ a $\sigma_z(x)$ [4]	34
Tabuľka 6:	Výšky premiešavania pre Pasquillove kategórie stability A - F [35]	35
Tabuľka 7:	Hodnoty parametrov v_g a c' na určenie faktorov suchého spad a vymývania zrážkami [4]	35
Tabuľka 8:	Hodnoty koeficienta $K(\sigma, s)$ [36]	41
Tabuľka 9:	Hodnoty koeficienta δ_R [37]	41
Tabuľka 10:	Dávkové faktory z vonkajšieho ožiarovania z oblaku $[Sv.m^3.Bq^{-1}.s^{-1}]$ [38]	43
Tabuľka 11:	Dávkové faktory z vonkajšieho ožiarovania z depozitu $[Sv.m^2.Bq^{-1}.s^{-1}]$ [38]	46
Tabuľka 12:	Dávkové faktory z inhalácie [2] a [39]	49
Tabuľka 13:	Dávkové faktory z inhalácie na orgány $[Sv.Bq^{-1}]$ [39]	53
Tabuľka 14:	Dávkové faktory z ingescie [2] a [39]	56
Tabuľka 15:	Dávkové faktory z ingescie na orgány $[Sv.Bq^{-1}]$ [39]	59
Tabuľka 16:	Opravný koeficient K^a , pre jednotlivé vekové kategórie [40]	62
Tabuľka 17:	Dávkové faktory z vonkajšieho ožiarovania od vody $[Sv.l.Bq^{-1}.s^{-1}]$ [38]	63
Tabuľka 18:	Koncentračné faktory $[Bq/kg$ rastliny / Bq/kg pôdy] [8], [14], [15], [16], [19], [41]	66
Tabuľka 19:	Koeficienty prechodu z krmiva do potravín $[d.kg^{-1}; d.l^{-1}]$ [10], [14], [15], [22], [23], [43] a *[42]	71
Tabuľka 20:	Koeficienty prechodu z vody do sedimentov a potravín [4], [43] a *[41]	75
Tabuľka 21:	Rozpadové konštanty λ [44], dávkové faktory ožiarovania z oblaku pre β - žiarenie nuklidov na kožu DF_β [43], konštanty odstraňovania nuklidov z pôdy λ_o [43]	79
Tabuľka 22:	Ročná spotreba potravín, pitnej vody a rýchlosti dýchania $[m^3.s^{-1}]$ [2], [4], [26], [48]	82
Tabuľka 23:	Odporúčané hodnoty potravinových reťazcov [4]	82
Tabuľka 24:	Doby kontaktu človeka s vonkajším prostredím [49]	82
Tabuľka 25:	Parametre pre výpočet koncentrácií HTO a OBT v rastlinných produktoch [46]	83
Tabuľka 26:	Parametre pre výpočet koncentrácií HTO a OBT v živočíšnych produktoch [46]	83
Tabuľka 27:	Parametre komína EMO [47]	83
Tabuľka 28:	Hodnoty priemerných drsností zemského povrchu z_0	85
Tabuľka 29:	Číslovanie zón pri výpočte pre EMO34	87
Tabuľka 30:	Vekové zloženie obyvateľstva	88

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ

ČEZ, a.s.	České energetické závody
ČR	Česká republika
ČSKAE	Československá komise pro atomovou energii
EMO34	Atómové elektrárne Mochovce(3. a 4. blok)
EDU	Elektrárny Dukovany
ETE	Elektrárny Temelín
HVB	hlavný výrobný blok
ICRP	International Commission for Radiological Protection
ID	individuálna dávka (dávkový úväzok)
JE	jadrová elektráreň
JEZ	jadrovo-energetické zariadenie
JZ	jadrové zariadenie
KD	kolektívna dávka (dávkový úväzok)
LOCA	Loss Of Coolant Accident – havária so stratou chladiva
MAAE	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu vo Viedni
MFF UK	Matematicko-fyzikálna fakulta Univerzity Komenského, Bratislava
MHO	Medzinárodná hospodárska organizácia
RAL	rádioaktívne látky
RDEMO	výpočtový programový systém Ročné dávky EMO
RDEDU	výpočtový programový systém Ročné dávky EDU
RDETE	výpočtový programový systém Ročné dávky ETE
SEP	Slovenské energetické podniky
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SN TL	Slovenské nakladateľstvo technickej literatúry
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRO	Státní úřad pro radiační ochranu Praha
TECDOC	Technical Documents z radu dokumentácie IAEA Technical Reports Series
ÚISJP	Ústřední informační středisko pro jaderný program Praha Zbraslav
US EPA	United States Environmental Protection Agency
ÚVZ	Úrad verejného zdravotníctva
VÚJE	VUJE, a.s.

ÚVOD

Táto príloha je venovaná popisu metodiky na ocenenie a zhodnotenie rádiologických následkov prevádzky jadrového zariadenia EMO34. Popísaná metóda výpočtu dávok, šírenia RAL v atmosfére a vo vodnom prostredí a šírenie RAL potravinovými reťazcami. Obsahuje aj popis databáz, koeficientov, konštánt a iných parametrov použitých v metodike a následne aj vo výpočtových programoch RDEMO a RTARC.

V kapitole 1. sú popísané veličiny používané v ochrane pred žiarením.

V kapitolách 2 až 5 sú popísané výpočtové modely programu RDEMO pre hydrosféru.

V kapitolách 6 a 7 sú popísané výpočtové modely programu RTARC a v kapitole 8 sú uvedené vstupné údaje používané vo výpočtových analýzach:

Hodnoty týkajúce sa nuklidov sú uvedené v tabuľkách: Tabuľka 10 Dávkové faktory z vonkajšieho ožiarovania z oblaku [$\text{Sv.m}^3.\text{Bq}^{-1}\text{s}^{-1}$] [38], Tabuľka 11 Dávkové faktory z vonkajšieho ožiarovania z depozitu [$\text{Sv.m}^2.\text{Bq}^{-1}\text{s}^{-1}$] [38], Tabuľka 12 a Tabuľka 13 Dávkové faktory z inhalácie [2] a [39], a Tabuľka 14 a Tabuľka 15 Dávkové faktory z ingescie [2] a [39], Tabuľka 16 Opravný koeficient K_a pre jednotlivé vekové kategórie [40], Tabuľka 17 Dávkové faktory z vonkajšieho ožiarovania od vody [$\text{Sv.l.Bq}^{-1}\text{s}^{-1}$] [38], Tabuľka 18 Koncentračné faktory [Bq/kg rastlina / Bq/kg pôda] [8], [14], [15], [16], [19], [41], Tabuľka 19 Koeficienty prechodu z krmiva do potravín [d.kg^{-1} ; dl^{-1}] [10], [14], [16], [22], [23] [42] a [43],

- Tabuľka 20 Koeficienty prechodu z vody do sedimentov a potravín [4], [41] a [43], Tabuľka 21 Rozpadové konštanty [44],
- Hodnoty týkajúce sa človeka sú uvedené v tabuľkách: Tabuľka 22 Ročná spotreba potravín, pitnej vody a rýchlosť dýchania [2], [4], [26] a [48], Tabuľka 23 Odporúčané hodnoty potravinových reťazcov [4], Tabuľka 24 Doby kontaktu človeka s vonkajším prostredím [49], Tabuľka 25 a Tabuľka 26 Parametre pre výpočet koncentrácií HTO a OBT v rastlinných a živočíšnych produktoch [46].

1 VELIČINY V OCHRANE PRED ŽIARENÍM

Ako parameter účinku ionizujúceho žiarenia na ľudský organizmus sa používa podľa ICRP 60 [1] ekvivalentná dávka, efektívna dávka a úväzok ekvivalentnej a efektívnej dávky. Tieto veličiny sú aj súčasťou našej legislatívy – NV SR č. 345/2006 Z.z. [2]

Ekvivalentná dávka H_T je priemerná absorbovaná dávka v tkanive alebo orgáne D_T vynásobená príslušným radiačným váhovým faktorom w_R .

Absorbovaná dávka D ; $D = d\bar{E} / dm$ [Gy], kde $d\bar{E}$ je stredná odovzdaná energia elementu ožiarenej látky, dm hmotnosť elementu ožiarenej látky.

Stredná absorbovaná dávka v orgáne alebo tkanive D_T sa rovná pomeru energie odovzdanej tkanivu alebo orgánu a hmotnosti tohto tkaniva alebo orgánu.

Jednotkou absorbovanej dávky je Gray [Gy]. Gray (Gy) je osobitný názov pre jednotku absorbovanej dávky; jeden gray sa rovná jednému joulu na kilogram. $1\text{Gy} = 1\text{J kg}^{-1}$

Radiačné váhové faktory predstavujú súbor modifikujúcich parametrov, upravených podľa dostupných informácií o rozdielnom biologickom účinku jednotlivých foriem ionizujúceho žiarenia. Hodnoty radiačného váhového faktora pre rôzne druhy žiarenia sú uvedené v tabuľke - Tabuľka 1.

Tabuľka 1: Radiačné váhové faktory (tabuľka č. 1 prílohy č. 5 NV SR č. 345/2006 Z.z. [2])

Typ a energia	radiačný faktor w_R
Fotóny, všetky energie	1
Elektróny a mióny, všetky energie	1
neutróny < 10 keV	5
10 až 100 keV	10
> 100 keV až 2 MeV	20
> 2 MeV až 20 MeV	10
> 20 MeV	5
protóny (okrem odrazených) > 2 MeV	5
alfa častice, ťažké jadrá	20

Ekvivalentná dávka H_T , [Sv], je určená vzťahom:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R} \quad (1)$$

kde:

$D_{T,R}$ - absorbovaná dávka od žiarenia R v orgáne T , [Gy],

w_R - radiačný váhový faktor (Tabuľka 1).

Efektívna dávka H_E je vyjadrená ako súčet súčinov ekvivalentnej dávky H_T a *tkanivového váhového faktora* w_T vo všetkých tkanivách a orgánoch tela. Efektívna dávka umožňuje vyjadriť lokálne, resp. parciálne

ožiarenia tela, ako ekvivalent rovnomerného, celotelového ožiarenia a takto kvantifikovať zdravotnú ujmu. Jednotkou ekvivalentnej a efektívnej dávky je Sievert [Sv].

Sievert (Sv) je osobitný názov pre jednotku ekvivalentnej dávky alebo efektívnej dávky. Jeden Sievert sa rovná jednému joulu na kilogram. $1\text{Sv} = 1\text{J kg}^{-1}$.

Hodnoty tkanivových váhových faktorov sú uvedené v tabuľke - Tabuľka 2

Tabuľka 2: Tkanivové váhové faktory (tabuľka č. 2 v prílohe č. 5 NV SR č. 345/2006 Z.z. [2])

Tkanivo, orgán	tkanivový váhový faktor w_T
gonády	0.20
červená kostná dreň	0.12
hrubé črevo	0.12
pľúca	0.12
žalúdok	0.12
močový mechúr	0.05
mliečna žľaza	0.05
pečeň	0.05
pažerák	0.05
štítna žľaza	0.05
koža	0.01
povrch kostí	0.01
zvyšok	0.05

Efektívna dávka H_E , [Sv], je určená vzťahom:

$$H_E = \sum_T w_T H_T \quad (2)$$

kde:

H_T - equivalent dose in tissue or organ T , [Sv],

w_T - tkanivový váhový faktor (Tabuľka 2).

Pre účely výpočtu zahŕňa zvyšok nasledujúce tkanivá a orgány: maternicu, hornú časť hrubého čreva, obličky, mozog, nadobličky, slezinu, slinivku brušnú, svaly, tenké črevo a (thymus) brzlík. Do tohto zoznamu sú začlenené orgány, u ktorých môže dôjsť k selektívnemu ožiareniu. U niektorých z nich bola zistená náchylnosť k indukovaniu rakoviny. Vo výnimočných prípadoch, keď jeden zo zvyškových orgánov obdrží vyššiu ekvivalentnú dávku, než je najvyššia dávka v ktoromkoľvek z dvanástich orgánov, pre ktoré bol váhový faktor w_T stanovený, ICRP odporúča na tento orgán alebo tkanivo aplikovať faktor 0.025, pričom sa rovnaký faktor použije i pre strednú dávku ostatných častí zvyšku.

Úvázok ekvivalentnej, resp. efektívnej dávky je definovaný ako časový integrál príkonu ekvivalentnej, resp. efektívnej dávky z príjmu rádionuklidov inhaláciou, alebo ingesciou, počítaný od veku príjmu do očakávaného konca života.

Úvázok ekvivalentnej dávky H_T je časový integrál príkonu ekvivalentnej dávky v orgáne, alebo v tkanive T za čas τ od príjmu rádionuklidu, ktorý jednotliviec prijme v dôsledku príjmu rádionuklidov, pričom pre príjem rádionuklidov v čase t_0 je daný vzťahom:

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} H_T(t) dt \quad (3)$$

kde:

t_0 - okamih príjmu rádionuklidu,

τ - čas integrácie.

V údají $H_T(\tau)$ je čas τ vyjadrený v rokoch. Ak nie je hodnota τ uvedená, pre výpočet úvázku ekvivalentnej dávky sa u osôb starších ako 18 rokov veku počíta s obdobím 50 rokov a u osôb mladších ako 18 rokov veku s obdobím 70 rokov od príjmu rádionuklidov, ak nie je uvedené inak. Jednotkou úvázku ekvivalentnej dávky je sievert [Sv].

Úvázok efektívnej dávky E [Sv] je časový integrál efektívnej dávky za čas τ od príjmu rádionuklidu.

$$E(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} E(t) dt \quad (4)$$

kde:

t_0 - okamih príjmu rádionuklidu

τ - čas integrácie

$$E(\tau) = \sum_T w_T H_T(\tau) \quad (5)$$

Pre výpočet úvázku efektívnej dávky sa u osôb starších ako 18 rokov veku počíta s obdobím 50 rokov a u osôb mladších ako 18 rokov veku s obdobím 70 rokov od príjmu rádionuklidov, ak nie je uvedené inak. Jednotkou úvázku efektívnej dávky je sievert.

2 METÓDA VÝPOČTU

Pre matematický popis prenosu rádioaktívnych látok k človeku a výpočet dávok je použitý kompartmentový model využívajúci metódu "koncentračných koeficientov". Táto metóda je založená na predpoklade rovnovážnosti aktivít v jednotlivých vzájomne zviazaných zložkách životného prostredia. Uvažujú sa nasledovné cesty ožiarenia a prenosu rádioaktívnych látok do organizmu človeka: cez atmosféru, hydrosféru a potravinovými reťazcami. Pri výpočte šírenia rádioaktívnych látok v atmosfére sú použité vzťahy z gaussovského modelu atmosférickej difúzie s horizontálnym parametrom difúzie priemerovaným na šírku sektora smeru vetra. Parametre difúzie boli použité z kategorizácie stability atmosféry podľa Pasquill-Uhliga. Kategóriu stability atmosféry sa odporúča určovať na základe meraní teplotných gradientov alebo fluktuácií smeru vetra [3]. Pri výpočte prenosu rádioaktívnych látok v hydrosfére sú uvažované len povrchové vody, podľa Medzinárodnej hospodárskej organizácie (MHO) Interatomenergo [4]. Pri výpočte prenosu rádioaktívnych látok cez potravinové reťazce je použitá metóda koncentračných koeficientov za predpokladu rovnovážnej koncentrácie rádioaktívnych látok v zložkách životného prostredia, iba pre prenos Cs do bravčového mäsa je použitý dynamický model [5]. Ako vstupné parametre pre výpočet sa používajú údaje charakteristické pre lokalitu umiestnenia jadrovej energetického zariadenia (JEZ), v prípade ich absencie údaje charakteristické pre krajinu umiestnenia JEZ.

2.1 Metóda výpočtu dávok individuálnych dávok a dávkových úväzkov [2]

Ekvivalentná dávka z vonkajšieho ožiarenia, resp. dávkový úväzok z vnútorného ožiarenia H_T , [Sv], sa určuje vzťahom:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R} \quad (6)$$

kde:

$D_{T,R}$ - absorbovaná dávka od žiarenia R v orgáne T , [Gy],

w_R - radiačný váhový faktor (Tabuľka 1).

Efektívna dávka z vonkajšieho ožiarenia, resp. dávkový úväzok z vnútorného ožiarenia H_E , [Sv] sa určuje ako súčet súčinov ekvivalentnej dávky H_T a *tkanivového váhového faktora* w_T vo všetkých tkanivách a orgánoch tela. Efektívna dávka umožňuje vyjadriť lokálne, resp. parciálne ožiarenia tela, ako ekvivalent rovnomerného, celotelového ožiarenia a takto kvantifikovať zdravotnú ujmu.

Efektívna dávka H_E , [Sv], je určená vzťahom:

$$H_E = \sum_T w_T H_T \quad (7)$$

kde:

H_T - ekvivalentná dávka v tkanive alebo orgáne T , [Sv],

w_T - tkanivový váhový faktor (Tabuľka 2).

50(70)-ročný úväzok ekvivalentnej dávky $H_{T,50(70)}$, resp. efektívnej dávky $H_{E,50(70)}$ je definovaný ako časový integrál príkonu ekvivalentnej, resp. efektívnej dávky, pričom hranice integrácie sú dané

predpokladanou dobou pobytu obyvateľov v okolí JEZ, t.j. 50 rokov (dospelí nad 18 rokov), 70 rokov (mladšie vekové kategórie).

50(70)-ročný úvazok ekvivalentnej dávky $H_{T,50(70)}$ v tkanive T , [Sv] :

$$H_{T,50(70)} = \int_0^{50(70)} H_T(t) dt \quad (8)$$

50(70)-ročný úvazok efektívnej dávky $H_{E,50(70)}$, [Sv]:

$$H_{E,50(70)} = \int_0^{50(70)} H_E(t) dt \quad (9)$$

Metóda výpočtu individuálnych dávok rešpektuje [1] i metodiku [2]. Efektívna, resp. ekvivalentná dávka (úvazok pre vnútorné ožiarenie) pre orgán či tkanivo j pre jednotlivca z danej vekovej skupiny a je počítaná ako súčet dávok, vyvolaných rôznymi rádionuklidmi r a cestami ožiarenia p

$$H^{a,j} = \sum_p \sum_r H_p^{a,r,j} \quad (10)$$

kde:

$H_p^{a,r,j}$ - efektívna, resp. ekvivalentná dávka (úvazok pre vnútorné ožiarenie) na orgán, či tkanivo j , jedinca vekovej kategórie a , vyvolaná rádionuklidom r cestou p , [Sv].

V nasledujúcej kapitole, kde je popísaná metóda výpočtu individuálnych dávok z výpustí za dané obdobie, sa používa indexovanie: r -rádionuklid, j -orgán alebo tkanivo, a - veková kategória, p -cesta prenosu, i -sektor smeru vetra, k -zóna.

3 DÁVKY OD HYDROSFÉRY

Vonkajšie ožiarenie pri kúpaní alebo člnkovaní sa určuje pomocou vzťahu:

$$H_{V1}^{r,j} = C_{DV}^r g_1 U_{V1} R_V^{r,j} \quad (11)$$

kde:

- $H_{V1}^{r,j}$ - efektívna, resp. ekvivalentná dávka na orgán alebo tkanivo j vyvolaná rádionuklidom r pri kúpaní alebo člnkovaní, [Sv],
- C_{DV}^r - objemová aktivita rádionuklidu r vo vode, [Bq.l⁻¹],
- g_1 - geometrický faktor ožiarenia: pre ponorenie = 1, pre člnkovanie = 0.5 [4],
- U_{V1} - doba kúpania alebo člnkovania, [s], (Tabuľka 24),
- $R_V^{r,j}$ - dávkový faktor ožiarenia od vody pre rádionuklid r a orgán alebo tkanivo j , [Sv.l.Bq⁻¹.s⁻¹], (Tabuľka 17).

Vonkajšie ožiarenie od nánosov a pri pobyte na pláži sa určuje pomocou vzťahu:

$$H_{V2}^{r,j} = C_{V22}^r g_2 U_{V2} R_S^{r,j} \quad (12)$$

kde:

- $H_{V2}^{r,j}$ - efektívna, resp. ekvivalentná dávka na orgán alebo tkanivo j vyvolaná rádionuklidom r pri pobyte na nánosoch alebo na pláži, [Sv],
- C_{V22}^r - plošná aktivita rádionuklidu r v nánosoch, [Bq.m⁻²],
- g_2 - geometrický faktor ožiarenia: na povrchu nánosov = 1 ; na pláži = 0.2 [4],
- U_{V2} - doba pobytu na pláži, [s], (Tabuľka 24),
- $R_S^{r,j}$ - dávkový faktor ožiarenia od kontaminovaného zemského povrchu, [Sv.m².Bq⁻¹.s⁻¹], (Tabuľka 11).

Vonkajšie ožiarenie pri pobyte na zavlažovanej pôde sa určuje pomocou vzťahu:

$$H_{V5}^{r,j} = C_{V52}^r U_{V5} R_S^{r,j} K^r \quad (13)$$

$$K^r = \frac{1 - e^{-\lambda_{ef} t}}{3,15 \times 10^7 \lambda_{ef}}; \quad \lambda_{ef} = \lambda_r + \lambda_o$$

kde:

- $H_{V5}^{r,j}$ - efektívna, resp. ekvivalentná dávka na orgán alebo tkanivo j vyvolaná rádionuklidom r pri pobyte na zavlažovanej pôde, [Sv],

C_{V52}^r	- plošná aktivita rádionuklidu r na zavlažovanej pôde, $[Bq.m^{-2}]$,
U_{V5}	- doba pobytu na zavlažovanej pôde, $[s]$, (Tabuľka 24),
$R_S^{r,j}$	- dávkový faktor ožiarenia od kontaminovaného zemského povrchu, $[Sv.m^2.Bq^{-1}.s^{-1}]$, (Tabuľka 11),
λ_r a λ_o	- rozpadová konštanta, resp. rýchlosť odstraňovania rádionuklidov z pôdy, $[s^{-1}]$, (Tabuľka 21),
t	- doba $[s]$: 1 rok v prípade ročných dávok, 50(70) rokov v prípade 50(70)-ročného úväzku ID.

Vnútročné ožiarenie z ingescie pitnej vody sa určuje pomocou vzťahu:

$$H_{V9}^{a,r,j} = A_{V9}^{a,r} R_{ing}^{a,r,j} \quad (14)$$

kde:

$H_{V9}^{a,r,j}$	- úväzok efektívnej, resp. ekvivalentnej dávky na orgán alebo tkanivo j jedinca vekovej skupiny a vyvolaný rádionuklidom r vnútorným ožiarением pri ingescii kontaminovanej pitnej vody z ročného príjmu, $[Sv]$,
$R_{ing}^{a,r,j}$	- úväzok efektívnej, resp. ekvivalentnej dávky z jednotkového príjmu rádionuklidu r na orgán alebo tkanivo j jedinca vekovej skupiny a , $[Sv.Bq^{-1}]$, (Tabuľka 15),
$A_{V9}^{a,r}$	- ročný príjem rádionuklidu s pitnou vodou, $[Bq]$.

$$A_{V9}^{a,r} = C_{V91}^r U_{V9}^a \quad (15)$$

kde:

C_{V91}^r	- objemová aktivita nuklidu v pitnej vode, $[Bq.l^{-1}]$,
U_{V9}^a	- ročná spotreba pitnej vody jedincem, $[l]$, (Tabuľka 22).

Vnútročné ožiarenie z ingescie rýb sa určuje pomocou vzťahu:

$$H_{V4}^{a,r,j} = A_{V4}^{a,r} R_{ing}^{a,r,j} \quad (16)$$

kde:

$H_{V4}^{a,r,j}$	- úväzok efektívnej, resp. ekvivalentnej dávky na orgán alebo tkanivo j jedinca vekovej skupiny a vyvolaný rádionuklidom r vnútorným ožiarением pri ingescii kontaminovaných rýb z ročného príjmu, $[Sv]$,
$R_{ing}^{a,r,j}$	- úväzok efektívnej, resp. ekvivalentnej dávky z jednotkového príjmu rádionuklidu r na orgán alebo tkanivo j jedinca vekovej skupiny a , $[Sv.Bq^{-1}]$, (Tabuľka 15),

$A_{V4}^{a,r}$ - ročný príjem rádionuklidu r s rybím mäsom, $[Bq]$,

$$A_{V4}^{a,r} = C_{V45}^r U_{V4}^a \quad (17)$$

C_{V45}^r - hmotnostná aktivita rádionuklidu r v rybom mäse, $[Bq.kg^{-1}]$,

$$C_{V45}^r = T_{V00,45}^r C_{DX}^r \quad (18)$$

$T_{V00,45}^r$ - koeficient prechodu rádionuklidu r z vody do rybieho mäsa, $[Bq.kg^{-1}/Bq.l^{-1}]$, (Tabuľka 20),

C_{DX}^r - objemová aktivita rádionuklidu r vo vode, $[Bq.l^{-1}]$, (kap. 4),

U_{V4}^a - ročná spotreba rybieho mäsa jedincom, $[kg]$, (Tabuľka 22).

Vnútné ožiarenie z ingescie mäsa (mlieka) zvierat napájaných kontaminovanou vodou sa určuje pomocou vzťahu:

$$H_{VY}^{a,r,j} = A_{VY}^{a,r} R_{ing}^{a,r,j} \quad (19)$$

kde:

$H_{VY}^{a,r,j}$ - úväzok efektívnej, resp. ekvivalentnej dávky na orgán alebo tkanivo j jedinca vekovej skupiny a vyvolaný rádionuklidom r vnútorným ožiarением pri ingescii mäsa (mlieka) zvierat napájaných kontaminovanou vodou, $[Sv]$,

$A_{VY}^{a,r}$ - ročný príjem rádionuklidu r s mäsom (mliekom), $[Bq]$, $Y=7$ mäso, $Y=8$ mlieko,

$R_{ing}^{a,r,j}$ - úväzok efektívnej, resp. ekvivalentnej dávky z jednotkového príjmu rádionuklidu r na orgán alebo tkanivo j jedinca vekovej skupiny a , $[Sv.Bq^{-1}]$, (Tabuľka 15),

$$A_{VY}^{a,r} = C_{VY5}^r U_{VY}^a \quad (20)$$

kde:

C_{VY5}^r - hmotnostná aktivita rádionuklidu r v mäse (mlieku), $[Bq.kg^{-1}]$, $([Bq.l^{-1}])$,

U_{VY}^a - ročná spotreba mäsa (mlieka) jedincom, $[kg]$ ($[l]$), (Tabuľka 22).

Hmotnostná aktivita rádioaktívnych látok v mäse (mlieku) sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{VY5}^r = T_{V00,Y5}^r L_Z C_{DX}^r \quad (21)$$

kde:

C_{VY5}^r - hmotnostná aktivita rádionuklidu r v mäse (mlieku), $[Bq.kg^{-1}]$, $([Bq.l^{-1}])$,

$T_{V00,Y5}^r$ - koeficient prechodu rádionuklidu r z vody do mäsa (mlieka) $[Bq.kg^{-1}/Bq.deň^{-1}]$, $([Bq.l^{-1}/Bq.deň^{-1}])$, (Tabuľka 20),

L_Z - spotreba vody úžitkovými zvieratami [$l.deň^{-1}$], $Z=7$ úžitková voda, $Z=8$ pitná voda, (Tabuľka 23),

C_{DX}^r - objemová aktivita rádionuklidu r vo vode, [$Bq.l^{-1}$], (kap. 4).

Vzťahy (29) až (31) sa používajú na výpočet dávok z ingescie mäsa i mlieka zvierat napájaných kontaminovanou vodou úžitkovou i pitnou s tým, že je potrebné použiť príslušné spotreby mäsa, mlieka, vody úžitkovej a pitnej a príslušné prechodové koeficienty. Vypočítané hodnoty dávok sa pripočítajú k dávkam z ingescie mäsa, resp. mlieka zvierat konzumujúcich krmivo kontaminované závlahami.

Vnútorne ožiarenie z ingescie poľnohospodárskych produktov kontaminovaných závlahami sa určuje pomocou rovnakých vzťahov ako vnútorne ožiarenie z ingescie potravín kontaminovaných atmosférickým spadom, avšak vo vzťahu (16) treba nahradiť mesačný, resp. týždenný spad z atmosféry mesačným, resp. týždenným spadom zo závlah určeným pre všetky nuklidy, okrem 3H , pomocou vzťahu:

$$C_V^r = C_{DX}^r I_5 t_5 \quad (22)$$

kde:

C_V^r - mesačný, resp. týždenný spad zo závlah, [$Bq.m^{-2}$],

C_{DX}^r - objemová aktivita rádionuklidu r vo vode, [$Bq.l^{-1}$], (kap. 4),

I_5 - intenzita zavlažovania, [$l.m^{-2}.s^{-1}$], (Tabuľka 23),

t_5 - doba zavlažovania, [s], (Tabuľka 23).

V modeli ingescie trícia (sú uvažované dve formy prenosu - HTO (tríciovaná voda) a OBT (organicky viazané trícium), príspevky ktorých sa sčítavajú) je zahrnuté nasledovné:

- je uvažovaný vplyv mokrého depozitu na koreňovú cestu prenosu HTO z pôdy do rastlín,
- hodnoty výpočtových konštánt podielu obsahu HTO v rastlinách sú s cieľom odbúrania konzervatívnosti vyjadrené exaktnejšie,
- je modelovaný aj vplyv organicky viazaného trícia (OBT) na ingesciu s použitím vzťahov pre výpočet merných aktivít OBT v rastlinách.

Objemová aktivita 3H vo forme HTO v rastlinách kontaminovaných závlahami sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{V63}^{HTO} = C_{DX}^{^3H} \cdot (1 - \rho) \cdot S_{nw} \quad (23)$$

Objemová aktivita 3H vo forme OBT v rastlinách kontaminovaných závlahami sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{V63}^{OBT} = C_{DX}^{3H} \cdot (1 - \rho) \cdot S_{nd} \cdot DISC \cdot REDH \quad (24)$$

kde:

- C_{DX}^{3H} - objemová aktivita 3H vo vode, $[Bq.l^{-1}]$,
- S_{nw} - frakcia vlhkej hmotnosti rastlinného produktu n [-], (Tabuľka 25),
- S_{nd} - frakcia suchej hmotnosti rastlinného produktu n [-], (Tabuľka 25),
- $DISC$ - izotopický diskriminačný faktor rovnovážnej koncentrácie v organickej látke [-] (v modeli sa predpokladá, že jeho hodnota je 0.9 pre všetky rastlinné produkty [45]).
- $REDH$ - redukčný faktor obsahu 3H v organickej hmote k obsahu 3H vo vode [-] (v modeli je použitá hodnota 0.73 [45]).
- ρ - priemerná hodnota relatívnej vlhkosti vzduchu, vyjadrená v desatinách (0 ÷ 1)

Hodnota $(1 - \rho)$ vyjadruje, aká časť trícia v rastline pochádza zo závlah – t.j. z prenosu mokrého depozitu trícia do pôdy a z jeho prenosu z pôdy do koreňov rastlín a má hodnotu 0,3.

Hmotnostná, resp. objemová aktivita 3H (vo forme HTO aj OBT) v mäse alebo mlieku kontaminovaného v dôsledku spotreby krmiva kontaminovaného závlahami sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{AX5}^r = T_{A43,X5}^r \cdot L_X \cdot (P_{FW} \cdot C_{V63}^{HTO} + P_{FD} \cdot C_{V63}^{OBT}) \quad (25)$$

kde:

- C_{AX5}^r - merná aktivita rádionuklidu r v: $X=5$ mäse $[Bq.kg^{-1}]$, $X=6$ mlieku $[Bq.l^{-1}]$,
- $T_{A43,X5}^r$ - koeficient prechodu z krmiva do: $X=5$ mäsa $[Bq.kg^{-1}/Bq.deň^{-1}]$, $X=6$ mlieka $[Bq.l^{-1}/Bq.deň^{-1}]$, (Tabuľka 19),
- L_X - krmná dávka, $[kg.deň^{-1}]$, (Tabuľka 23),
- C_{V63}^{HTO} - merná aktivita HTO v krmive, $[Bq.kg^{-1}]$,
- C_{V63}^{OBT} - merná aktivita OBT v krmive, $[Bq.kg^{-1}]$.
- P_{FW} - frakcia vlhkej hmotnosti krmiva pre živočíšny produkt [-], (Tabuľka 26),
- P_{FD} - frakcia suchej hmotnosti krmiva pre živočíšny produkt [-], (Tabuľka 26).

Pri výpočte ID je použitý konzervatívny predpoklad, že všetko, čo sa v danej zóne spotrebuje, tam bolo vyprodukované, t.j. $F_{p,k} = 1$ a spotreba je teda rovná hodnotám zo štatistickej ročenky i pre plodiny, ktoré sa v danej zóne nepestujú.

Údaje o spotrebe potravín, rýchlosti dýchania a dobe kontaktu človeka s vonkajším prostredím používané pri výpočtoch ako i údaje charakterizujúce jednotlivé rádionuklidy uvádza Tabuľka 22.

4 ŠÍRENIE RÁDIOAKTÍVNYCH LÁTOK VO VODNOM PROSTREDÍ

Pri výpočte objemových aktivít rádioaktívnych látok vo vodnom prostredí sa uvažuje len vypúšťanie rádioaktívnych látok do povrchových vôd a uvádzajú sa vzťahy umožňujúce konzervatívny odhad objemovej aktivity rádioaktívnych látok v riekach, vodných nádržiach a nánosoch.

Objemová aktivita rádionuklidov vypúšťaných do tečúcich povrchových vôd (riek) sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{DV}^r(x) = \frac{a^r}{10^3 Q_0} f_v e^{-\lambda \frac{x}{\bar{v}}} \quad (26)$$

kde:

$C_{DV}^r(x)$ - objemová aktivita rádionuklidu r v riečnej vode vo vzdialenosti x [m] od miesta vypúšťania, $Bq.l^{-1}$,

a^r - intenzita zdroja kvapalných výpustí rádionuklidu r , $[Bq.s^{-1}]$,

λ - rozpadová konštanta, $[s^{-1}]$, (Tabuľka 21),

$\bar{v}$ - priemerná rýchlosť prúdenia v rieke, $[m.s^{-1}]$,

Q_0 - prietok kvapalných rádioaktívnych výpustí, $m^3.s^{-1}$,

f_v - koeficient riedenia v riečnej vode:

v mieste výpuste $f_v = 1$

pri úplnom premiešaní $f_v = Q_0/Q$

kde: Q = prietok vody v rieke vo vyšetřovanom bode $[m^3.s^{-1}]$.

Priemerná objemová aktivita rádionuklidov vypúšťaných do tečúcich vôd (riek) za dané obdobie (ročné, mesačné, týždenné) sa určuje podľa vzťahu:

$$\bar{C}_{DV}^r(x) = \frac{A^r}{T_b \cdot \bar{Q}_0} \bar{f}_v e^{-\lambda \frac{x}{\bar{v}}} \quad (27)$$

kde:

$\bar{C}_{DV}^r(x)$ - priemerná objemová aktivita rádionuklidu r v riečnej vode vo vzdialenosti x [m] od miesta vypúšťania, $[Bq.l^{-1}]$,

A^r - celková aktivita rádionuklidu r vypustená do riečnej vody za dané obdobie, $[Bq]$,

$\bar{v}$ - priemerná rýchlosť prúdenia v rieke, $[m.s^{-1}]$,

T_b - doba vypúšťania / úniku RAL do vodného toku (pre 1 rok = $3,15 \cdot 10^{10} = 3,15 \cdot 10^7 s \cdot 10^3 l.m^{-3}$)

$\bar{Q}_0$ - priemerný prietok kvapalných výpustí, $[m^3.s^{-1}]$,

$\bar{f}_v$ - priemerný koeficient riedenia v riečnej vode.

Objemová aktivita rádioaktívnych látok vo vode nádrže v prípade priameho vypúšťania do nádrže sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{DB}^r(t) = C_0^r \frac{Q_0}{Q_2 + \lambda V} \left[1 - e^{-(\lambda + \frac{Q_2}{V})t} \right] \quad (28)$$

kde:

- $C_{DB}^r(t)$ - objemová aktivita rádionuklidu r vo vode nádrže v čase t [s] v prípade priameho vypúšťania do nádrže, [Bq.l¹],
- C_0^r - objemová aktivita rádionuklidu r v kvapalných výpustiach, [Bq.l¹],
- Q_0 - prietok kvapalných rádioaktívnych výpustí, [m³.s⁻¹],
- Q_2 - odtok vody z vodnej nádrže, [m³.s⁻¹],
- V - objem nádrže, [m³],
- t - doba od začiatku vypúšťania, [s]

Objemová aktivita rádioaktívnych látok vo vode nádrže kontaminovanej vtekajúcou riekou sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{DBV}^r(t) = C_{DV}^r(l) \frac{Q_1}{Q_2 + \lambda V} \left[1 - e^{-(\lambda + \frac{Q_2}{V})\tau} \right] \quad (29)$$

kde:

- $C_{DBV}^r(t)$ - objemová aktivita rádionuklidu r vo vode nádrže kontaminovanej vtekajúcou riekou v čase t [s], [Bq.l¹],
- $C_{DV}^r(l)$ - objemová aktivita rádionuklidu r vo vode v ústí rieky do nádrže (t.j. vo vzdialenosti $x = l$ od miesta vypúšťania), [Bq.l¹],
- Q_1 - prítok vody do vodnej nádrže, [m³.s⁻¹],
- Q_2 - odtok vody z vodnej nádrže, [m³.s⁻¹],
- V - objem nádrže, [m³],
- l - vzdialenosť od miesta vypúšťania po ústie rieky do nádrže, [m],
- $\bar{v}$ - priemerná ročná rýchlosť prúdenia v rieke, [m.s⁻¹],
- t - doba od začiatku vypúšťania do nádrže, [s]

$$\tau = t - l / \bar{v},$$

Pri výpočte ročných dávok spôsobených používaním vody z nádrží sa používajú hodnoty priemernej ročnej objemovej aktivity rádioaktívnych látok v riečnej vode, určené vzťahom (67) a pre dobu vypúšťania sa používa hodnota 1 rok.

Pri výpočte dávok spôsobených používaním vody z nádrží v prípade havarijného úniku sa používajú hodnoty priemernej objemovej aktivity rádioaktívnych látok v riečnej vode, určené vzťahom (67), avšak pre dobu úniku sa používa hodnota T_b .

Plošná aktivita rádioaktívnych látok v nánosoch sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{V22}^r = T_{V00,22}^r \rho_f C_{DX}^r K^r \quad (30)$$

kde:

- C_{V22}^r - plošná aktivita rádionuklidu r v nánose, $[Bq.m^{-2}]$,
 $T_{V00,22}^r$ - koeficient prechodu rádionuklidu r z vody do nános, $[l.kg^{-1}.s^{-1}]$, (Tabuľka 20),
 ρ_f - plošná hustota nános, $[kg.m^{-2}]$,
 C_{DX}^r - objemová aktivita rádionuklidu r vo vode, $[Bq.l^{-1}]$,

$$K^r = \frac{1 - e^{-\lambda_{ef} t_b}}{\lambda_{ef}}; \quad \lambda_{ef} = \lambda_r + \lambda_0$$

- λ_r a λ_0 - rozpadová konštanta, resp. rýchlosť odstraňovania rádionuklidov z pôdy, $[s^{-1}]$, (Tabuľka 21),
 t_b - čas $[s]$: 1 rok v prípade ročných dávok, 50(70) rokov v prípade 50(70)-ročného úväzku ID.

Pri výpočte sa berie za ρ_f , pokiaľ nie sú iné údaje, hodnota $40 kg.m^{-2}$ [4].

Plošná aktivita rádioaktívnych látok na zavlažovanej pôde sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{V52}^r = C_{DX}^r I_5 \frac{(1 - e^{-\lambda t_5})}{\lambda} \quad (31)$$

kde:

- C_{V52}^r - plošná aktivita rádionuklidu r na zavlažovanej pôde, $[Bq.m^{-2}]$,
 C_{DX}^r - objemová aktivita rádionuklidu r vo vode ($X=V$ pre riečnu vodu, $X=B$ pre nádrž), $[Bq.l^{-1}]$,
 I_5 - intenzita zavlažovania, $[l.m^{-2}.s^{-1}]$, (Tabuľka 23),
 t_5 - doba zavlažovania v priebehu roka, $[s]$, (Tabuľka 23).

Objemová aktivita rádioaktívnych látok v pitnej vode sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{V91}^r = T_{V00,91}^r C_{DX}^r \quad (32)$$

kde:

C_{V91}^r - objemová aktivita rádionuklidu r v pitnej vode, $[Bq.l^{-1}]$,

$T_{V00,91}^r$ - koeficient prechodu rádionuklidu r z povrchovej vody do pitnej vody (bezrozmerný faktor), (Tabuľka 20),

C_{DX}^r - objemová aktivita rádionuklidu r vo vode, $[Bq.l^{-1}]$.

Vzťahy uvedené vyššie platia pre výpočet objemových aktivít materských rádionuklidov. Vzťahy pre výpočet objemovej aktivity dcérskych rádionuklidov vo vodnom prostredí, vznikajúcich v dôsledku rozpadu vypúšťaných materských rádionuklidov, sú uvedené ďalej.

Objemová aktivita dcérskych rádionuklidov v riečnej vode sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{DV}^d(x) = \frac{a^p}{10^3 Q_0} \frac{\lambda_d}{\lambda_d - \lambda_p} \left[e^{-\lambda_p \frac{x}{v}} - e^{-\lambda_d \frac{x}{v}} \right] f_v \quad (33)$$

kde:

$C_{DV}^d(x)$ - objemová aktivita dcérskeho rádionuklidu d v riečnej vode vo vzdialenosti x $[m]$ od miesta vypúšťania, $[Bq.l^{-1}]$,

a^p - intenzita zdroja kvapalných výpustí materského rádionuklidu p , $[Bq.s^{-1}]$,

Q_0 - prietok kvapalných rádioaktívnych výpustí, $[m^3.s^{-1}]$,

λ_p, λ_d - rozpadové konštanty materského rádionuklidu p a dcérskeho rádionuklidu d , $[s^{-1}]$, (Tabuľka 21).

f_v - koeficient riedenia v riečnej vode:

v mieste výpuste $f_v = 1$

pri úplnom premiešaní $f_v = Q_0/Q$

kde: Q = prietok vody v rieke vo vyšetrovanom bode $[m^3.s^{-1}]$.

Priemerná ročná objemová aktivita dcérskych rádionuklidov v riečnej vode sa určuje podľa vzťahu:

$$\bar{C}_{DV}^d(x) = \frac{A^p}{T_b \cdot \bar{Q}_0} \frac{\lambda_d}{\lambda_d - \lambda_p} \left[e^{-\lambda_p \frac{x}{v}} - e^{-\lambda_d \frac{x}{v}} \right] \bar{f}_v \quad (34)$$

kde:

$\bar{C}_{DV}^d(x)$ - priemerná objemová aktivita dcérskeho rádionuklidu d v riečnej vode vo vzdialenosti x $[m]$ od miesta vypúšťania, $[Bq.l^{-1}]$,

A^p - vypustená (uvoľnená) aktivita materského rádionuklidu p , $[Bq.s^{-1}]$,

$\bar{f}_v$ - priemerný koeficient riedenia v riečnej vode.

Objemová aktivita dcérskych rádionuklidov vo vode nádrže v prípade priameho vypúšťania do nádrže sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{DB}^d(t) = C_0^p \frac{Q_0}{Q_2 + V\lambda_p} \left\{ \frac{V\lambda_d}{Q_2 + \bar{v}\lambda_d} \left[1 - e^{[-(\lambda_d + \frac{Q_2}{V})t]} \right] + \frac{\lambda_d}{\lambda_d - \lambda_p} \left[e^{[-(\lambda_d + \frac{Q_2}{V})t]} - e^{[-(\lambda_p + \frac{Q_2}{V})t]} \right] \right\} \quad (35)$$

kde:

- $C_{DB}^d(t)$ - objemová aktivita dcérskeho rádionuklidu d vo vode nádrže v prípade priameho vypúšťania do nádrže, $[Bq.l^{-1}]$,
- C_0^p - objemová aktivita materského rádionuklidu p vypúšťaná do vody, $[Bq.l^{-1}]$,
- Q_0 - prietok kvapalných rádioaktívnych výpustí, $[m^3.s^{-1}]$,
- Q_2 - odtok vody z vodnej nádrže, $[m^3.s^{-1}]$,
- V - objem nádrže, $[m^3]$,
- t - doba vypúšťania do nádrže, $[s]$,
- λ_p, λ_d - rozpadové konštanty materského rádionuklidu p a dcérskeho rádionuklidu d , $[s^{-1}]$,
(Tabuľka 21).

Objemová aktivita dcérskych rádionuklidov vo vode nádrže kontaminovanej vtekajúcou riekou sa určuje podľa vzťahu:

$$C_{DBV}^d(t) = C_{DV}^p(l) \frac{Q_1}{Q_2 + V\lambda_p} \left\{ \frac{V\lambda_d}{Q_2 + V\lambda_d} \left[1 - e^{[-(\lambda_d + \frac{Q_2}{V})\tau]} \right] + \frac{\lambda_d}{\lambda_d - \lambda_p} \left[e^{[-(\lambda_d + \frac{Q_2}{V})\tau]} - e^{[-(\lambda_p + \frac{Q_2}{V})\tau]} \right] \right\} + C_{DV}^d(l) \frac{Q_1}{Q_2 + V\lambda_d} (1 - e^{[-(\lambda_d + \frac{Q_2}{V})\tau]}) \quad (36)$$

kde:

- $C_{DBV}^d(t)$ - objemová aktivita dcérskeho rádionuklidu d vo vode nádrže, $[Bq.l^{-1}]$,
- $C_{DV}^p(l)$ - objemová aktivita materského rádionuklidu p vo vode ústia rieky, $[Bq.l^{-1}]$,
- $C_{DV}^d(l)$ - objemová aktivita dcérskeho rádionuklidu d vo vode ústia rieky, $[Bq.l^{-1}]$,
- Q_1 - prítok vody do vodnej nádrže, $[m^3.s^{-1}]$,
- Q_2 - odtok vody z vodnej nádrže, $[m^3.s^{-1}]$,
- V - objem nádrže, $[m^3]$, $\tau = t - l / \bar{v}$,

- l - vzdialenosť od miesta vypúšťania po ústie rieky do nádrže, $[m]$,
- $\bar{v}$ - priemerná ročná rýchlosť prúdenia v rieke, $[m.s^{-1}]$,
- t - doba vypúšťania do nádrže, $[s]$,
- λ_p, λ_d - rozpadové konštanty materského rádionuklidu p a dcérskeho rádionuklidu d , $[s^{-1}]$,
(Tabuľka 21).

5 ŠÍRENIE RÁDIOAKTÍVNYCH LÁTOK POTRAVINOVÝMI REŤAZCAMI

Prenos rádionuklidov v potravinových reťazcoch po kontaminácii cestou atmosféry, resp. zavlažovaním je počítaný modifikovanou verziou modelu vypracovaného v Centre hygieny žiarenia Štátneho zdravotného ústavu Praha (teraz SÚRO Praha). Model bol vyvinutý ako súčasť výskumnej úlohy P12-335-807-20 "Zdravotní stav obyvateľstva ve vztahu k životnímu a pracovnímu prostředí" (Ing.Kliment,CSc.) a grantu MZČR IGA 0277-3 "Monitorovací systémy pro ochranu zdraví před ionizujícím zářením (Ing.Vidláková). V rámci tvorby metodiky a softvéru na ocenenie rádiologických následkov normálnej prevádzky JEZ v ČR bol model adaptovaný vo VÚJE Trnava a.s.. Na výbere a adaptácii modelu spolupracovali zástupcovia VÚJE Trnava a.s., SÚRO Praha, SÚJB Praha, ČEZ a.s. a MFF UK Bratislava.

Depozícia rádionuklidov na listovej ploche rastlín

Predpokladá sa, že vegetačné obdobie má trojuholníkové rozdelenie s nasledujúcimi časovými charakteristikami (T_z je začiatok vegetačnej periódy, T_{SKL} je koniec vegetačného obdobia): od T_z do $T_{SKL} \pm 8$ dní pre 8% uskladneného množstva; od T_z do $T_{SKL} \pm 4$ dni pre 24% uskladneného množstva; od T_z do T_{SKL} pre 36% z uskladneného množstva, t.j. nepočíta sa s jediným pevným dátumom pre začiatok a koniec vegetačného obdobia, ale trvanie každého z nich spadá do rozdelenia od T_z do $T_{SKL} \pm 8$ dní, s maximálnou hustotou rozdelenia 0.36 v strede rozpätia.

Frakcia materiálu r^p , ktorá je pri depozícii zachytená nadzemnými časťami p -teho druhu rastliny sa odhaduje podľa vzťahu [9]:

$$r^p = 1 - e^{-\mu Y_s^p} \quad (37)$$

kde:

μ - miera depozície častíc i elementárneho jódu a depozícia aerosólov na listoch ($2.8 [m^2/kg]$) [10],

Y_s^p - suchá hmotnosť rastliny na jednotku plochy v dobe spadu [kg/m^2].

Pre určenie časovej zmeny hmotnosti rastlín sú využité empirické vzťahy, odvodené na základe výsledkov experimentov pre pšenicu [11], krmoviny 1.zber [12], [13] a kukuricu na siláž.

Hmotnosť rastliny v čerstvom stave na jednotku plochy v dobe spadu $Y_M^p [kg/m^2]$ pre pšenicu, krmoviny 1.zber a kukuricu na siláž je počítaná podľa vzťahu:

$$Y_M^p = a_p Y_{MS}^p / \left[1 + \exp \left[(b_p - t_h) / c_p \right] \right] \quad (38)$$

kde:

t_h - čas, ktorý uplynul od začiatku vegetačného obdobia, [d],

Y_{MS}^p - výnos celej rastliny, [kg/m^2], (Tabuľka 3),

a_p - = 1 pre pšenicu a kukuricu, = $5.25/4.75 = 1.1$ pre krmoviny,

b_p, c_p - koeficienty rastových kriviek, (Tabuľka 3).

Pre ostatné rastliny, pre ktoré nie sú k dispozícii vyššie uvedené rastové krivky, boli použité vzťahy:

$$Y_M^p = Y_{MS}^p Y \quad (39)$$

kde:

Y_{MS}^p - výnos celej rastliny, $[kg/m^2]$ (Tabuľka 3) pre p = krmoviny 2. a 3. zber, pre p = listová zelenina, plodová zelenina a jačmeň, resp. maximálna povrchová hmotnosť listov pre p = zemiaky = 0.3, koreňová zelenina = 0.4 a cukrová repa = 2 $[kg/m^2]$,

$$Y = \left\{ 1 + e^{-\left(0,5 - \frac{t_n}{t_v}\right) \frac{t_v}{t_v - 2} k_1} \right\}^{-1} \quad (40)$$

kde:

t_n - čas, ktorý uplynul od spadu do začiatku vegetačnej periódy, $[d]$,

t_v - dĺžka vegetačnej periódy, $[d]$,

k_1 = $\ln(1/0.99-1) - \ln(1/0.01-1) = -9.19$.

Resuspenzia pôdnych častíc

Kontaminácia povrchu rastlín resuspenziou rádionuklidov viazaných na pôdne častice, spôsobená poveternostnými vplyvmi a ľudskou činnosťou, bola zanedbaná.

Transport rádionuklidov do rastlín listovou cestou

Predpokladá sa rovnomerné rozdelenie kontaminantu v rastline. Merná aktivita r -tého rádionuklidu jednotkového spadu ($1 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2}$) v p - tej rastline, $C_{A45}^{r,p} [m^2 \text{ kg}^{-1}]$, v okamžiku zberu v dôsledku transportu listovou cestou bude daná vzťahom:

a) pre p = kukurica na siláž, listová zelenina I. a II., cukrová repa (listy), krmoviny a plodová zelenina

$$C_{A45}^{r,p} = r^p \exp [-(\lambda_w + \lambda_h) t_h] / Y_{MS}^p \quad (41)$$

b) pre p = zemiaky, koreňovú zeleninu a obilie

$$C_{A45}^{r,i} = Q^r (F^r + W^r) r^i Y \exp [-(\lambda_w + \lambda_h) t_h] / Y_{MS}^i \quad (42)$$

kde:

r^i - frakcia materiálu zachytená nadzemnými časťami rastliny p ,

- λ_w - úbytok aktivity z povrchu rastlín poveternostnými vplyvmi (častice - $0.046 d^{-1}$,
elementárny jód a jeho organické zlúčeniny - $0.069 d^{-1}$) [10],
- λ - konštanta rádioaktívnej premeny, [d^{-1}], (Tabuľka 21),
- t_h - čas, ktorý uplynul od spadu do zberu, [d],
- Y_{MS}^p - výnos (pre p = krmoviny je výnos prevedený na hmotnosť rastliny na jednotku plochy v sušenom stave), [$kg m^{-2}$],
- Y - charakterizuje transport rádionuklidu do rastliny v závislosti od pokročilosti vegetačného obdobia v dobe spadu (rovnica (80)), ale so zápornou hodnotou $k_1 = -k_1 = 9.19$;

c) pre p = ovocie

Transport listovou cestou nie je uvažovaný.

Koniec prechodu z listov do hľúz je uvažovaný = 210 dní, korekcia na odpad u ovocia, zeleniny a zemiakov = 0.8, koeficient distribúcie rádionuklidu zo zrna do šrotu je braný = 2.

Tieto vzťahy sú použiteľné i pre posúdenie kontaminácie rastlín pri zavlažovaní. V tomto prípade sa spad atmosférický nahradí spadom zo závlah, t.j. súčinom objemovej aktivity zavlažovanej vody [$Bq l^{-1}$] a mohutnosťou závlahy [$l m^{-2}$] za sledované obdobie.

U krmovín sa počíta so zvyškovou hmotnosťou a koncentráciou tých častí rastlín, ktoré zostávajú po predchádzajúcich zberoch v pôde a sú základom pre rast rastlín v následnom vegetačnom období.

Transport rádionuklidov do rastlín koreňovou cestou

Predpokladá sa rovnomerné rozloženie kontaminantu v rastline. Merná aktivita r -tého rádionuklidu z jednotkového spad (1 $Bq \cdot m^{-2}$) v p -tej rastline $C_{A45}^{r,p}$ [$m^2 kg^{-1}$] v okamžiku zberu v dôsledku absorpcie koreňovým systémom bude daná vzťahom

$$C_{A45}^{r,p} = (1 - r^p \cdot \exp [-(\lambda_w + \lambda) t_h]) \exp [-(\lambda_s + \lambda) t_h] B_V^r / P \quad (43)$$

kde:

- λ_s - rýchlostná konštanta transportu rádionuklidu do hlbších vrstiev pôdy, [d^{-1}],
(4% za rok, $0.00011 d^{-1}$),
- B_V^r - koncentračný faktor, [$(Bq kg^{-1}) / (Bq kg^{-1})$], (Tabuľka 18),
- P - tzv. efektívna "povrchová hustota" pre koreňovú zónu v pôde, [$kg m^{-2}$]:
65 v 1. vegetačnej perióde, 195 (150 pre krmoviny) v 2. vegetačnej perióde,
325 (240 pre krmoviny) v 3. vegetačnej perióde po spade.

Ostatné veličiny sú popísané vyššie.

Časový integrál príjmu rádionuklidu r v potravinách $A_{A45}^{a,r,n}$ počítaný za časové obdobie n , [m^2], ako príjem z jednotkového mesačného, resp. týždenného spad je počítaný pomocou vzťahu:

$$A_{A45}^{a,r,n} = \sum_p C_{A45}^{r,p,n} U_{A4}^{a,p}$$

kde $U_{A4}^{a,p}$ je spotreba produktu p jedincom vekovej kategórie a [kg].

Hodnoty koncentračných faktorov B_V^r sú uvedené v [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], podrobnejšie informácie týkajúce sa druhov, resp. odrôd plodín a typov či druhov pôd je možné nájsť v zhrňujúcej štúdii [21]. V modeli boli použité priemerné hodnoty B_V^r , pretože územie republiky je z pedologického hľadiska zmesou rôznych typov pôd.

Vzťahy uvedené v tejto a predchádzajúcej kapitole udávajú hodnoty merných aktivít v produktoch rastlinnej výroby v dobe zberu. V modeli je uvažovaný ich úbytok v období medzi zberom a konzumáciou alebo skúsením v dôsledku rádioaktívnej premeny.

Kontaminácia produktov živočíšnej výroby

Zo živočíšnych produktov, ktoré môžu spôsobiť vnútornú kontamináciu človeka, bolo v modeli uvažované mäso, mlieko a vajcia. Obecne závisí merná či objemová aktivita r -tého rádionuklidu v produkte živočíšnej výroby C_{AX5}^r [Bq kg⁻¹, l⁻¹] od úrovne kontaminácie krmiva a od veľkosti krmných dávok jednotlivých druhov krmiva:

$$C_{AX5}^r = F_X^r e^{-\lambda t_{zd,X}} \sum_p C_{A45}^{r,p} L_X^p \quad (44)$$

kde

p	- p -ta komponenta krmnej dávky,
F_X^r	- frakcia denného príjmu r -tého rádionuklidu zvierateľom, ktorá sa objaví v každom litri alebo kilogramu X -tého produktu [d l ⁻¹ , kg ⁻¹], (Tabuľka 19),
λ	- rozpadová konštanta rádionuklidu, [d ⁻¹], (Tabuľka 21),
$t_{zd,X}$	- stredná doba zdržania, [d],
$C_{A45}^{r,p}$	- merná aktivita krmiva p , [Bq l ⁻¹ , kg ⁻¹],
L_X^p	- denná krmná dávka krmiva p , [l, kg d ⁻¹].

Exponenciálny člen udáva pokles aktivity v produktoch pri skladovaní a transporte od výrobcu k spotrebiteľovi. Uvažovaná stredná doba zdržania je u mäsa asi 30 dní a u vajec 14 dní. Mlieko a mliečne výrobky sú rozdelené do 4 skupín podľa predpokladanej doby spotreby na konzumné mlieko a smotanu (1 deň), syry a mrazené výrobky (1-4 mesiace), mlieko sušené a kondenzované (1-9 mesiacov), tvaroh a ostatné (2 týždne). Pokiaľ je doba spotreby aspoň 1 mesiac, bolo uvažované trojuholníkové rozdelenie spotreby. Frakcie denného príjmu rádionuklidov sú prevzaté z literárnych odkazov [14], [10], [15], [22], [23] a [24].

Vzťah platí iba v rovnovážnom stave. Neuvažuje zmeny krmných dávok pri výkrme, ani zmeny hmotnosti vykrmovaných zvierat. U dojnic predpokladá stálu dojivosť. Preto je vhodnejšie použiť dynamický kompartmentový model pre odhad transportu rádionuklidu do mäsa.

Kontaminácia bravčového mäsa izotopmi cézia

Pre odhad transportu cézia z krmiva do bravčového mäsa je možné použiť dynamický kompartmentový model [5] a [6], popísaný sústavou lineárnych diferenciálnych rovníc 1. rádu

kde:

a_k	- aktivita rádionuklidu v telovom kompartmente (GIT- zažívací trakt, TR- transferový kompartment, OT _i - kompartment ďalej nešpecifikovaných orgánov a tkanív), [Bq],
$\dot{a}_k$	- jej prvá derivácia podľa času, [Bq d ⁻¹],
λ_B	- rýchlostná konštanta prechodu aktivity zo zažívacieho traktu do telových tekutín, [d ⁻¹],
λ_P	- rýchlostná konštanta pasáže zažívacím traktom, [d ⁻¹],
λ_R	- konštanta rádioaktívneho rozpadu, [d ⁻¹], (Tabuľka 21),
λ_{TR}	- rýchlostná konštanta prechodu aktivity z transferového kompartmentu do orgánov a tkanív, [d ⁻¹],
F_i	- distribučné frakcie aktivity do dvoch tkanivových kompartmentov,
$\dot{I}$	- denný príjem rádionuklidu, [Bq d ⁻¹].

Vstupné dáta modelu:

- polčas pasáže krmiva zažívacím traktom = 0.5 d
- polčas transferového kompartmentu = 0.25 d
- resorbovaná frakcia $f_1 = 0.72$
- distribučná frakcia do 2 tkanivových kompartmentov = 0.1, 0.9
- biologické polčasy = 3, 40 d
- hmotnosť ošípaných na konci výkrmu = 75 kg
- krmné dávky hospodárskych zvierat boli určené spracovaním dostupných údajov podľa [25].

$$\begin{aligned}
 \dot{a}_{GIT} &= -\lambda'_E a_{GIT} + \dot{I} & (\lambda'_E &= \lambda'_P + \lambda_B) \\
 \dot{a}_{TR} &= \lambda_B a_{GIT} - \lambda'_{TR} a_{TR} & (\lambda'_{TR} &= \lambda_r + \lambda_R) \\
 \dot{a}_{OT_i} &= F_i \lambda_{TR} a_{TR} - \lambda'_i a_{OT_i} & i &\in (1,2)
 \end{aligned} \tag{45}$$

$$F_i = \frac{\lambda_B}{\lambda_B + \lambda_P}$$

Spotreba potravín obyvateľstvom

Údaje o spotrebe potravín českou, resp. slovenskou populáciou (Tabuľka 22), sú získané z bilancie obchodnej siete [26]. Spotreba jednotlivých druhov potravín nedospelými osobami je určená na základe nepriamych informácií, ako sú doporučené výživové dávky [7], pričom uvedená spotreba mlieka je prepočítaná zo spotreby konzumného mlieka a mliečnych produktov. Percentuálna frakcia výrobku v hodnote mlieka z celkovej spotreby mlieka pre mlieko konzumné a smotanu (0.46), pre syry a mrazené výrobky (0.22), pre mlieko sušené a kondenzované (0.14), pre tvaroh a ostatné mliečne výrobky (0.18), pre deti do 1 roka: percentuálna frakcia výrobku v hodnote mlieka z celkovej spotreby mlieka [27] pre mlieko konzumné a smotanu (0.059), pre syry a mrazené výrobky (0.028), pre mlieko sušené a kondenzované (0.89), pre tvaroh a ostatné mliečne výrobky (0.023). V práci [7] je venovaná pozornosť kontaminácii céziom a je popísaná jeho distribúcia do mlieka a mliečnych výrobkov. Z výsledkov vyplýva, že časť cézia prechádza do produktov, ktoré nie sú konzumované človekom, napr. srvátka. Preto v prípade cézia je bilančná spotreba mlieka a mliečnych výrobkov vynásobená príslušnými koeficientmi - pomerom objemových aktivít výrobku v

hodnote mlieka a konzumného mlieka - pre konzumné mlieko a smotanu (0.98), pre syry a mrazené výrobky (0.15), pre mlieko sušené a kondenzované (1.00), pre tvaroh a ostatné mliečne výrobky (0.50), aby sme získali tzv. "efektívnu" spotrebu priamo použiteľnú pri výpočte úväzkov ekvivalentných dávok. Pre ostatné nuklidy podobné údaje nie sú k dispozícii, ale pre prvý odhad sú tieto hodnoty použiteľné obecné.

Podobne je v práci [7] venovaná pozornosť distribúcii cézia do produktov mletia u pšenice a žita. Časť cézia prechádza do produktov, ktoré nie sú konzumované človekom, napr. šrot, preto je bilančná spotreba vynásobená opravným koeficientom, ktorého hodnota je pre zmes obilnín (82% pšenice a 18% žita) 0,39 v prípade cézia a možno ju použiť obecné pre prvý odhad i pre ostatné rádionuklidy. Spotreba obilnín je uvedená v hodnote zrna (bez ryže). Konzumácia obilnín z novej úrody začína v polovici novembra toho istého roka. V modeli sa predpokladá rovnaká merná aktivita pšenice a žita.

Hodnoty spotreby hovädzieho a bravčového mäsa sú uvedené v čistej váhe včítane vnútorností, zatiaľ čo v bilanciách obchodu sa sleduje tzv. mäso na kosti, preto sú použité opravné koeficienty $1,26^{-1}$ pre hovädzie, $1,09^{-1}$ pre bravčové a $1,40^{-1}$ pre teľacie mäso. Merná aktivita "iného mäsa" je určená ako priemer aktivity hovädzieho a bravčového.

Predpokladané zastúpenie jednotlivých druhov zeleniny je 5% jarnej listovej, 19% jesennej listovej, 34% koreňovej a 42% plodovej. U ovocia nie sú započítané citrusové plody. Spotreba ovocia, zeleniny a zemiakov sa redukuje o 20%, aby sa započítal odpad (šupky, kôstky ap.).

Objemová aktivita piva je určená ako 1/2 aktivity sladu krát spotreba sladu (0,13 kg/1l piva). Merná aktivita cukru je 1/10 aktivity cukrovej repy. Merná aktivita "ostatných" potravín ako med, strukoviny, orechy a lesné plody je určená ako priemer aktivity zemiakov, obilia a hydiny. Tuk nie je v bilancií aktivít potravín uvažovaný.

Tabuľka 3: Vegetačné obdobie, produkcia poľnohospodárskych plodín, [kg/m²] a koeficienty rastových kriviek

Druh	Začiatok	Koniec	Výnos celej rastliny Y_{MS}^i	Frakcia suchej hmoty [19]	b_i	c_i	Výnos v zberovej hmotnosti [18]
Ozimná pšenica	20.4.	31.7.	1.15	0.86	41.3	12.5	0.51
Jarný jačmeň	20.4.	31.7.	0.95	0.86	-	-	0.46
Zemiaky	10.5.	30.9.	2.13	0.21	-	-	1.83
Kukurica (na siláž)	1.6.	20.9.	3.40	0.31	46.1	14.8	3.40
Cukrová repa	10.5.	20.10.	5.80	0.22	-	-	3.49
Krmoviny 1.zber	15.4.	10.6.	2.19	0.72	12.7	19	2.19
Krmoviny 2.zber	11.6.	31.7.	1.09	0.45	-	-	1.09
Krmoviny 3.zber	1.8.	15.10.	0.37	0.18	-	-	0.37
Plodová zelenina	1.5.	31.7.	2.71	0.06	-	-	2.31
Koreňová zelenina	1.5.	30.9.	3.80	0.16	-	-	3.40
Listová zelenina I.	1.5.	15.6.	1.46	0.08	-	-	1.46
Listová zelenina II.	1.6.	30.9.	3.20	0.12	-	-	3.20
Ovocie	1.5.	30.9.	0.9	0.06	-	-	0.90

6 ROZPTYL RAL V ATMOSFÉRE V PRÍPADE HAVARIJNÉHO ÚNIKU

Základom výpočtov prenosu RAL v atmosfére v prípade havarijného úniku je Gaussovský model šírenia [28]:

$$X(x, y, z) = Q_R (2\pi \sigma_y \sigma_z u_i)^{-1} \exp(-y^2 / 2 \sigma_y^2) S(h_i, x, z) \quad (46)$$

$$\text{kde } S(h_i, x, z) = \exp[-(z + h_i)^2 / 2 \sigma_z^2] + \exp[-(z - h_i)^2 / 2 \sigma_z^2]$$

Vzťah (46) sa používa pri výpočte šírenia RAL v prípade rovinného terénu a s niektorými úpravami parametrov aj v prípade orograficky členitého terénu. Pri popise šírenia v orograficky členitom teréne sú vlastnosti terénu definované v polárnej súradnicovej sieti so stredom v bode výpuste, 16-timi sektormi identickými so smermi vetra a 26-timi voliteľnými polomermi, ktoré ohraničujú priestorové intervaly (zóny).

Maximálny polomer má hodnotu 40 kilometrov. Pre všetky zóny sektorov smeru vetra sú definované stredné hodnoty prevýšenia terénu zóny nad úrovňou základne zdroja a stredná hodnota drsnosti povrchu terénu v zóne.

Pri určovaní strednej hodnoty prevýšenia terénu v zóne možno použiť geografické mapy okolia JEZ s dostatočne hustými izopleťami. Pri určovaní strednej hodnoty drsnosti povrchu terénu je každej zóne priradená hodnota 0.1 m alebo 1.0 meter, v závislosti od toho, či v zóne prevládajú polia a lúky s dedinami, alebo hory, lesy, mestá a prípadne závody. Vo vzťahu (46) sa predpokladá, že os x je totožná so smerom vetra a os y je na ňu kolmá. Výška ťažiska oblaku h_i zodpovedá reálnej výške ťažiska oblaku nad stredom i -tej zóny orograficky členitého terénu, v ktorej sa nachádza bod so súradnicami (x, y, z) . Rýchlosť pohybu ťažiska oblaku u_i nad stredom i -tej zóny je určená vzťahmi:

$$u_i = \frac{1}{h_i - 10} \int_{10}^{h_i} u_{10} \left(\frac{z}{10} \right)^a dz \quad (47)$$

kde h_i je výška ťažiska oblaku, u_{10} je rýchlosť vetra vo výške 10 metrov nad povrchom terénu a a je parameter závislý od kategórie stability atmosféry a drsnosti povrchu terénu. Hodnoty parametra a uvádza Tabuľka 4.

6.1 Disperzné parametre

Smerodatné odchýlky $\sigma_y(x)$ a $\sigma_z(x)$ sú brané v súlade s Hoskerovou parametrizáciou [29]. Vzhľadom na to, že Hoskerova schéma je odvodená z poľných experimentov s dobou trvania úniku 3 až 10 min, je koncentrácia pre inú dobu trvania úniku korigovaná násobením nekorigovanej koncentrácie faktorom [28].

$$\begin{aligned} (10/t_s)^{0.2} & \text{ pre } 10 \text{ min} < T_s < 60 \text{ min} \\ (10/t_s)^{0.3} & \text{ pre } 60 \text{ min} < T_s < 1 \text{ deň} \end{aligned}$$

kde t_s je doba trvania úniku v minútach. Vzťahy pre výpočet $\sigma_y(x)$ a $\sigma_z(x)$ uvádza Tabuľka 5.

6.2 Depozit

Je možné uvažovať suchý spad a vymývanie atmosférickými zrážkami [30]. Pre suchý spad (interakcia častíc s povrchom) je rýchlosť depozície počítaná podľa vzťahu:

$$\omega(x, y) = v_g X(x, y, 0) \quad (48)$$

Pre výpočet koncentrácie aerosólov v n -tej zóne je Q_R nahradené Q' , kde

$$Q' = Q_R f_F \quad (49)$$

$$f_F = \exp \left\{ - (2/\pi)^{1/2} v_g \sum_{i=1}^n \frac{1}{u_i} \int_{x_i}^{x_{i+1}} \frac{\exp(-h_i^2/2\sigma_z^2)}{\sigma_z} dx \right\} \quad (50)$$

Zo vzťahu (90) vidieť, že korekčný faktor na suchý spad pre n -tú zónu je súčinom všetkých n korekčných faktorov pre zóny, nad ktorými oblak prešiel, pričom u_i a h_i zodpovedajú rýchlosti a výške ťažiska oblaku nad i -tou zónou.

Rýchlosť depozície na povrch vymývaním zrážkami je počítaná podľa vzťahu

$$\omega(x, z) = \Lambda \int_0^z X(x, y, z, Q') dz \quad (51)$$

kde

$$Q' = Q_R f_w$$

$$f_w = \exp(-\Lambda \frac{x}{u}) \quad (52)$$

$$\Lambda = c_r g$$

Celkový depozit je počítaný ako integrál

$$\Omega(x, y) = \int_0^t \omega(x, y) \exp(-\lambda_{ef} t) dt \quad (53)$$

Používané hodnoty v_g , c_r uvádza Tabuľka 7 a λ_{ef} Tabuľka 21.

6.3 Prevýšenie vlečky

Prevýšenie vlečky v prípade LOCA havárií má potenciálne veľký význam zvlášť pri nadprojektových haváriách. Pre stanovenie trajektórie stúpajúceho oblaku je použitý model podľa Briggsa [31]. V programe RTARC je uvažovaný len tepelný vznos. Riešením pre výpočet trajektórie stúpajúceho oblaku pre kategóriu stability A - D je rovnica

$$\Delta h = c F^{1/3} x^{2/3} u_r^{-1} \quad (54)$$

a pre kategóriu stability E - F rovnica

$$\Delta h = 2.6 \left\{ \frac{F}{u_r \beta_\tau} \right\}^{1/3} \quad (55)$$

kde u_r je priemerná rýchlosť pohybu ťažiska oblaku, s ktorou by oblak dosiahol vzdialenosť x v prípade rovinného terénu, ktorá sa počíta pomocou vzťahov:

$$u_{ri} = \frac{1}{h_{ri} - 10} \int_{10}^{h_{ri}} u_{10} \left(\frac{z}{10} \right)^a dz \quad (56)$$

$$h_{ri} = \Delta h + h_0 \quad (57)$$

$$u_r = \frac{x}{\sum_i (\Delta x_i / u_{ri})} \quad (58)$$

kde h_{ri} je výška ťažiska oblaku v i -tej zóne vo vzdialenosti x , ktorú by oblak dosiahol v prípade rovinného terénu a Δx_i je dĺžka i -tej zóny. Prevýšenie Δh je rozdiel medzi výškou ťažiska oblaku h_{ri} v prípade rovinného terénu a počiatočnou výškou výpuste h_0 ovplyvnenou tienением budovy zdroja výpuste.

Ukončenie tepelného vznosu je uvažované vo vzdialenosti

$$x_b = 88.528 F^{5/8} \quad \text{pre} \quad F < 55 \text{ m}^4 / \text{s}^3$$

$$x_b = 218.09 F^{2/5} \quad \text{pre} \quad F \geq 55 \text{ m}^4 / \text{s}^3$$

pre kategórie stability A - D [32], pre kategórie stability E - F je počítané z podmienky [33]

$$\max\{\Delta h^3\} = \max \left\{ \frac{3F}{\beta_\tau \beta_e^2 u} [1 - \cos(\beta_\tau^{1/2} t)] \right\}$$

kde t je doba trvania pohybu ťažiska oblaku z bodu výpuste do bodu x pri predpoklade pohybu nad rovinným terénom.

Uvedené efekty sú pre aktívnu časť oblaku (stúpajúcu) zohľadnené predpokladom, že koncentračný profil oblaku s polomerom r je Gaussovský, t.j.

$$X(x, y, z) = Q_R (2\pi \sigma_r^2 u)^{-1} \exp(-y^2 / 2 \sigma_r^2) S(h, x, z) \quad (59)$$

kde

$$S(h, x, z) = \exp[-(z + h)^2 / 2 \sigma_r^2] + \exp[-(z - h)^2 / 2 \sigma_r^2]$$

$$\sigma_r = r / 2.14 \cong \beta_e \Delta h / 2.14$$

a pre pasívnu časť oblaku po ukončení vznosu vo vzdialenosti x_b je priestorová distribúcia koncentrácie daná rovnicou

$$X(x, y, z) = Q_R (2\pi \sigma_y^2 (x - x_b) \sigma_z^2 (x - x_b) u)^{-1} \exp(-y^2 / 2 \sigma_y^2 (x - x_b)) \cdot S(h_b, x - x_b, z)$$

kde

$$S(h_b, x - x_b, z) = \exp[-(z + h_b)^2 / 2 \sigma_z^2 (x - x_b)] \\ + \exp[-(z - h_b)^2 / 2 \sigma_z^2 (x - x_b)] \\ \sigma_y^2 = \sigma_{rb}^2 + \sigma_y^2 (x - x_b) \\ \sigma_z^2 = \sigma_{rb}^2 + \sigma_z^2 (x - x_b)$$

Prevýšenie vlečky v dôsledku momentu hybnosti unikajúcej vzdušniný nie je uvažované pre nedefinovateľnosť miesta a smeru úniku.

6.4 Tienenie budovami

Pri prúde vzduchu v okolí budovy vznikajú na záveternej strane budovy dve oblasti, ktoré sú charakteristické tým, že sú v nich narušené základné vlastnosti nabiehajúceho prúdenia. Prvá oblasť, nazývaná "cavity", siaha od záveternej strany budovy približne do vzdialenosti a výšky 1.5-násobku výšky budovy. Táto oblasť je charakteristická zvýšenou energiou turbulencie a nízkymi hodnotami priemernej rýchlosti vetra. Druhá oblasť, nazývaná "wake" siaha od náveternej strany strechy budovy do vzdialenosti 5 až 10-násobku výšky budovy, pričom môže byť vysoká až 2.5-násobok výšky budovy. Táto oblasť je charakteristická narušeným tvarom prúdnic v nabiehajúcom prúde. Obe oblasti vplyvajú na počiatkové hodnoty difúzných parametrov a na počiatkovú výšku výpuste rádionuklidov z hlavného výrobného bloku (HVB).

Vplyv aerodynamického tienenia, tzv. "building-wake", je v prípade rovinného terénu zohľadnený korigovaním disperzných parametrov [4]

$$\Sigma_y = (\sigma_y^2 + A_G / \pi)^{1/2} \\ \Sigma_z = (\sigma_z^2 + A_G / \pi)^{1/2}$$

kde

$$A_G = h_z b_z \quad b_z \leq h_z \\ A_G = h_z^2 \quad b_z > h_z$$

Pri modelovaní vplyvu budovy na difúziu znečistenia je použitý model [4], podľa ktorého sa počíta výška "wake" oblasti h_w a "cavity" oblasti h_c pomocou vzťahov:

$$h_w = h_z + 1.5 (\min(h_z, b)) \quad (60)$$

$$h_c = 1.5 h_z \quad (61)$$

$$b = (b_z d_z / \pi)^{1/2} \quad (62)$$

kde h_z , b_z a d_z sú výška, šírka a dĺžka budovy HVB.

V závislosti od pomeru geometrickej výšky bodu výpuste h_g k výškam h_w a h_c , rozlišujeme tri druhy vplyvu budovy HVB na počiatočné hodnoty parametrov σ_z a σ_y :

- | | | |
|----------------------------|-------|--|
| 1) ak $h_g \geq h_w$ | potom | $\sigma_{y0} = \sigma_{z0} = 1 \text{ meter}$ |
| 2) ak $h_w > h_g \geq h_c$ | potom | $\sigma_{y0} = 5 \text{ metrov} , \quad \sigma_{z0} = h_b / 2.1$ |
| 3) ak $h_c > h_g$ | potom | $\sigma_{y0} = b / 3 , \quad \sigma_{z0} = h_b / 2.15$ |

Pri modelovaní vplyvu budovy na výšku ťažiska oblaku h vychádzame z rovnakých definícií oblastí "wake" a "cavity". Pri výpočte je geometrická výška výpuste h_g nahradená počiatočnou výškou h_0 v závislosti od pomeru výšok h_g , h_w a h_c pomocou vzťahov:

- | | | |
|----------------------------|-------|--------------------------------|
| 1) ak $h_g \geq h_w$ | potom | $h_0 = h_g$ |
| 2) ak $h_w > h_g \geq h_c$ | potom | $h_0 = 2 (h_g - 1.5 h_z)$ |
| 3) ak $h_c > h_g$ | potom | $h_0 = h_z - 1.5 \min(h_z, b)$ |

a

- | | | |
|----------------------------|-------|----------------------------|
| ak $h < 0.5 \min(h_z, b)$ | potom | $h_0 = 0.5 \min(h_z, b)$ |
| ak $h < 12 \text{ metrov}$ | potom | $h_0 = 12 \text{ metrov}.$ |

Takto vypočítaná počiatočná výška ťažiska oblaku h_0 sa ďalej využíva pri výpočte reálneho prevýšenia oblaku nad orograficky členitým terénom, pričom sa berie do úvahy aj tepelný vzhľad vlečky.

6.5 Vplyv členitého terénu

Pri modelovaní vplyvu orograficky členitého terénu na difúziu znečistenia je použitý jednoduchý model [34] výpočtu vplyvu terénu na výšku ťažiska oblaku h_i nad i -tou zónou a na hodnotu parametra σ_y .

V stabilnom zvrstvení atmosféry je výška ťažiska oblaku konštantná vzhľadom k nadmorskej výške zdroja. Ak os vlečky naráža na povrch terénu, tak ho kopíruje vo výške 1 metra. V prípade neutrálneho a labilného zvrstvenia je postačujúce v rovnici (46) použiť výšku h_i vypočítanú pomocou vzťahu:

$$h_i = \begin{cases} h - (h_t/2), & \text{ak } h > h_t \\ (h/2), & \text{ak } h \leq h_t \end{cases}$$

kde h_t je prevýšenie terénu nad základňou zdroja. Pri použití tohto vzťahu sa berie do úvahy aj zmena výšky h v závislosti od vzdialenosti, spôsobená tepelným vzhľadom ťažiska oblaku.

Pri výpočte parametra σ_y sa predpokladalo, že orograficky členitý terén môže ovplyvňovať hodnoty σ_y iba v prípade neutrálneho alebo stabilného zvrstvenia a v prípade, keď bude absolútny sklon terénu väčší ako pomer 1:20. Ak sú obe tieto podmienky splnené, tak pomocou metódy výpočtu virtuálnej vzdialenosti zdroja je pri výpočte σ_y nahradené neutrálne alebo stabilné zvrstvenie atmosféry kategóriou C.

6.6 Výška vrstvy premiešavania

Pri výpočte rozptylu RAL v atmosfére z nízkych zdrojov je nutné počítať s obmedzením výšky premiešavania. Pre dostatočne veľké vzdialenosti, kde $\sigma_z(x-x_b) > H$, pričom H je výška premiešavania, je $X(x,y,z)$ počítané podľa vzťahu:

$$X(x,y,z) = Q_R (2\pi)^{-1/2} (\sigma_y'(x-x_b) H u)^{-1} \exp(-y^2/2\sigma_y^2(x-x_b)) \quad (63)$$

Použité výšky vrstvy premiešavania uvádza Tabuľka 6. Pri výpočte s uvažovaním tepelného vzhnosu inverzná vrstva nepredstavuje v programe neprešupnú bariéru. Výška vrstvy premiešavania je nad celou oblasťou výpočtu konštanšná a v prípade orograficky členitého terénu kopíruje tvar terénu.

Zoznam symbolov ku kapitole 6

Symbol	definícia symbolu	rozmer
b_z	šírka budovy	m
h_z	výška budovy	m
d_z	dĺžka budovy	m
F	parameter tepelného vzhnosu	$\text{m}^4 \text{s}^{-3}$
h	výška ťažiska oblaku nad povrhom zeme	m
h_i	výška ťažiska oblaku nad i-tou zónou pri predpoklade členitého terénu	m
h_{fi}	výška ťažiska oblaku nad i-tou zónou pri predpoklade rovinného terénu	m
h_w	výška "wake" oblasti	m
h_c	výška "cavity" oblasti	m
h_g	geometrická výška bodu výpuste	m
h_0	počiatočná výška ťažiska oblaku	m
h_t	reálna výška ťažiska oblaku pri predpoklade členitého terénu	m
Δx_i	dĺžka i-tej zóny	m
H	výška vrstvy premiešavania	m
Δh	prevýšenie	m
h_b	konečná výška vzhnosu	m
Q	tepelná výdatnosť zdroja	J s^{-1}
Q_R	intenzita zdroja	$\text{Bq}; \text{Bq s}^{-1}$
r	polomer oblaku	m
t	čas	s
u	rýchlosť vetra	m s^{-1}
u_i	rýchlosť pohybu oblaku nad i-tou zónou pri predpoklade členitého terénu	m s^{-1}
u_r	priemerná rýchlosť pohybu oblaku pri predpoklade rovinného terénu	m s^{-1}
u_{fi}	rýchlosť pohybu oblaku nad i-tou zónou pri predpoklade rovinného terénu	m s^{-1}
x_i	vzdialenosť začiatku i-tej zóny od bodu výpuste	m
v_g	rýchlosť suchého usadzovania	m s^{-1}
x	vzdialenosť od zdroja v smere vetra	m
x_b	vzdialenosť, v ktorej je ukončený vzhnos	m
y	vzdialenosť od osi oblaku	m
z	výška nad povrhom	m
β_e	tzv. "entrainment" koeficient	
$\beta_i(g/\theta) \cdot d\theta/dz$	parameter stability	s^{-2}
θ	potenciálna teplota	K
X	merná objemová aktivita	Bq m^{-3}
Ω	merná povrchová aktivita	Bq m^{-2}
Λ	koeficient vymývania	s^{-1}
σ_i	disperzný parameter	m
w	rýchlosť depozície	$\text{Bq m}^{-2} \text{s}^{-1}$
c_r	parameter, charakterizujúci rýchlosť vymývania zrážkami	$\text{h mm}^{-1} \text{s}^{-1}$
ζ	intenzita zrážok	mm h^{-1}
K	korekcia na konečné rozmery oblaku	

Symbol	definícia symbolu	rozmer
t_i	výpočtový čas	s
λ	rozpadová konštanta rádionuklidu r	s ⁻¹

Tabuľka 4: Závislosť parametra a od kategórie stability atmosféry a drsnosti povrchu terénu z_0

Kategória stability	Porast $z_0 = 10 \text{ cm}$	Mestá a hory $z_0 = 100 \text{ cm}$
A	0.10	0.16
B	0.15	0.24
C	0.20	0.32
D	0.25	0.40
E	0.35	0.56
F	0.40	0.64

Tabuľka 5: Disperzné parametre $\sigma_y(x)$ a $\sigma_z(x)$ [4]

Kategória	c_3
A	0.22
B	0.16
C	0.11
D	0.08
E	0.06
F	0.04

a) $\sigma_y(x) = c_3 x (1 + x 10^{-4})^{-1/2} [\text{m}]$

b) $\sigma_z(x) = F(z_0, x) g(x) [\text{m}]$

$$F(z_0, x) = \ln \{c_1 x^{d_1} [1 + (c_2 x^{d_2})^{-1}]\} \text{ pre } z_0 > 0.1 \text{ m}$$

$$F(z_0, x) = \ln [c_1 x^{d_1} (1 + c_2 x^{d_2})^{-1}] \text{ pre } z_0 \leq 0.1 \text{ m}$$

$z_0 [\text{m}]$	c_1	d_1	c_2	d_2
0.01	1.56	0.048	6.25×10^{-4}	0.45
0.04	2.02	0.027	7.76×10^{-4}	0.37
0.10	2.718	0.000	0.00	0.00
0.40	5.16	-0.098	1.86×10^1	-0.225
1.00	7.37	-0.0957	4.29×10^3	-0.60

4.00	11.70	-0.128	4.59×10^4	-0.78
------	-------	--------	--------------------	-------

$$g(x) = a_1 x^{b_1} (1 + a_2 x^{b_2})^{-1}$$

Kategória	a_1	b_1	a_2	b_2
A	0.112	1.06	5.38×10^{-4}	0.815
B	0.130	0.95	6.52×10^{-4}	0.750
C	0.112	0.92	9.05×10^{-4}	0.718
D	0.098	0.889	1.35×10^{-3}	0.688
E	0.060	90.895	1.96×10^{-3}	0.684
F	0.063	80.783	1.36×10^{-3}	0.672

Tabuľka 6: Výšky premiešavania pre Pasquillove kategórie stability A - F [35]

Kategória	A	B	C	D	E	F
$H [m]$	1300	900	850	800	400	100

Tabuľka 7: Hodnoty parametrov v_g a c' na určenie faktorov suchého spad a vymývania zrážkami [4]

Fyzikálno-chemická forma	$v_g [m s^{-1}]$	$c' [h mm^{-1} s^{-1}]$
elementárny jód	1×10^{-2}	$1,3 \times 10^{-4}$
organické zlúčeniny jódu	1×10^{-4}	$1,3 \times 10^{-6}$
aerosóly	1.5×10^{-3}	$2,6 \times 10^{-5}$

Poznámka: parametre uvedené v tabuľkách: Tabuľka 4, Tabuľka 5, Tabuľka 6 a Tabuľka 7 sú zabudované vo výpočtovom modeli.

7 VÝPOČET INDIVIDUÁLNYCH DÁVOK V PRÍPADE HAVARIJNÉHO ÚNIKU

V programe RTARC je výpočet dávok riešený diskretizáciou časovo premenlivého úniku $q(t)$ pomocou normalizovanej funkcie $f_Q(\Delta t)$, ktorá spĺňa podmienku:

$$\sum_{i=1}^n f_Q(\Delta t_i) = 1 \quad (64)$$

kde n je počet časových intervalov. Potom zdroj charakterizovaný funkciou $q(t)$ možno uvažovať ako zdroj pozostávajúci zo série za sebou idúcich únikov s konštantnou intenzitou Q_{oi} a dobou trvania Δt_i , kde

$$Q_{oi} = \frac{f_Q(\Delta t_i) Q}{\Delta t_i} \quad (65)$$

Potom dávka v danom bode (x, y) a čase t , počítanom od začiatku úniku, bude daná súčtom

$$D(x, y, t) = \sum_{i=1}^n D(x, y, t_i) \quad (66)$$

kde

$$t_i = t - \sum_{j=1}^{i-1} \Delta t_j \quad (67)$$

a dávkový príkon deriváciou

$$D'(x, y, t) = \frac{dD(x, y, t)}{dt} \quad (68)$$

7.1 Expozícia z oblaku

Dávka z oblaku v čase t_i je počítaná so zohľadnením pohybu rádioaktívnej vlečky, doby dosiahnutia daného bodu a doby prechodu oblaku nad týmto bodom podľa vzťahu

$$D_A(x, y, t_i) = \psi(x, 0, 0, h = 0) R_A K(\sigma, s) \left\{ \frac{t_i - \frac{x}{u}}{\Delta t_i} \right\} \quad (69)$$

$$\text{kde } \sigma = (\sigma_y \sigma_z)^{1/2} \quad s = (y^2 + h^2)^{1/2}$$

Hodnoty $K(\sigma, s)$ uvádza Tabuľka 8 [36], hodnoty dávkových faktorov pre vonkajšie ožiarenie z oblaku R_A Tabuľka 10.

Výraz v zátvorkách vyjadruje podmienku výpočtu z hľadiska pohybu rádioaktívneho oblaku, pre ktorú platí:

$$\begin{aligned}
 &= 0 & ak \left(t_i - \frac{x}{u} \right) \leq 0 \\
 &\left[\frac{t_i - \frac{x}{u}}{\Delta t_i} \right] = \left[\frac{t_i - \frac{x}{u}}{\Delta t_i} \right] & ak \left(t_i - \frac{x}{u} \right) < \Delta t_i \\
 &= 1 & ak \left(t_i - \frac{x}{u} \right) \geq \Delta t_i
 \end{aligned}$$

7.2 Expozície z depozitu

Dávka z depozitu v čase t_i je počítaná ako súčet dávky počas trvania prechodu oblaku RAL nad daným miestom a dávky po prechode oblaku, t.j.

$$D_S(x, y, t_i) = D_{S1}(x, y, t_i) + D_{S2}(x, y, t_i) \quad (70)$$

kde hodnoty D_{S1} , resp. D_{S2} sú počítané podľa vzťahov

$$D_{S1}(x, y, t_i) = \frac{\Omega(x, y)}{\lambda_{ef}} \left\{ \left\{ \frac{t_i - \frac{x}{u}}{\Delta t_i} \right\} - \frac{1}{\lambda_{ef} \Delta t_i} \left[1 - \exp \left(- \lambda_{ef} \Delta t_i \left\{ \frac{t_i - \frac{x}{u}}{\Delta t_i} \right\} \right) \right] \right\} R_S \quad (71)$$

$$\begin{aligned}
 D_{S2}(x, y, t_i) &= \frac{\Omega(x, y)}{\lambda_{ef}^2 \Delta t_i} [1 - \exp(-\lambda_{ef} \Delta t_i)] \\
 &\cdot [1 - \exp(-\lambda_{ef} (t_i - t^*))] R_S
 \end{aligned} \quad (72)$$

$$t^* = t_i + \frac{x}{u}$$

Hodnoty dávkových faktorov pre vonkajšie ožiarenie z depozitu R_S uvádza Tabuľka 11.

7.3 Výpočet efektívnych a ekvivalentných dávok pri ožiarení z oblaku

S uvažovaním pohybu a rozmerov rádioaktívneho oblaku, doby dosiahnutia daného bodu v okolí, doby prechodu oblaku nad týmto bodom a k času, ku ktorému je počítaná efektívna a ekvivalentná dávka z ožiarenia z oblaku je pre výpočet použitý vzťah:

$$H_A^T(x, y, t_i) = \frac{Q_i f_R f_F f_W}{\pi \sigma_y \sigma_z u} K(\sigma, s) \delta_R \left[\frac{t_i - \frac{x}{u}}{\Delta t_i} \right] R_A^T \quad (73)$$

kde

$$f_R = \exp \left(- \lambda \frac{x}{u} \right)$$

a f_F, f_W sú dané rovnicou (50) a (52).

Hodnoty $\bar{\sigma}_R$ uvádza Tabuľka 9 [37], hodnoty dávkových faktorov pre vonkajšie ožiarenie z oblaku R_A^T Tabuľka 10.

7.4 Výpočet efektívnych a ekvivalentných dávok pri ožiarení z depozitu

Efektívna a ekvivalentná dávka z depozitu v čase t_i je daná súčtom:

$$H_S^T(x, y, t_i) = H_{S1}^T(x, y, t_i) + H_{S2}^T(x, y, t_i) \quad (74)$$

kde $H_{S1}^T(x, y, t_i)$ je dávka z depozitu počas trvania prechodu rádioaktívneho oblaku nad daným miestom, $H_{S2}^T(x, y, t_i)$ je dávka z depozitu po prechode oblaku. Ak uvažujeme ochudobnenie oblaku iba v dôsledku suchej depozície platia pre výpočet $H_{S1}^T(x, y, t_i)$, resp. $H_{S2}^T(x, y, t_i)$ vzťahy:

$$H_{S1}^T(x, y, t_i) = \frac{v_g \psi(x, y, 0)}{\lambda_{ef}} \left\{ \left[\frac{t_i - \frac{x}{u}}{\Delta t_i} \right] - (1/(\lambda_{ef} \Delta t_i)) \right\} \cdot \left\{ 1 - \exp(-\lambda_{ef} \Delta t_i \left[\frac{t_i - \frac{x}{u}}{\Delta t_i} \right]) \right\} R_S^T \quad (75)$$

$$H_{S2}^T(x, y, t_i) = \frac{v_g \psi(x, y, 0)}{\lambda_{ef} \Delta t_i} [1 - \exp(-\lambda_{ef} \Delta t_i)] \cdot [1 - \exp(-\lambda_{ef} (t_i - t^*))] R_S^T \quad (76)$$

kde:

$$\psi(x, y, 0) = \frac{Q_i f_R f_F}{\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp(-(y^2/2\sigma_y^2 + h^2/2\sigma_z^2)) \quad (77)$$

$$t^* = t_i + (x/u)$$

Za predpokladu, že rádioaktívne látky sú odstraňované z oblaku i v dôsledku vymývania atmosférickými zrážkami, získame príslušné vzťahy pre výpočet individuálnych dávkových ekvivalentov formálnou zamenou súčinu $v_g \psi(x, y, 0)$ v rovnici (77), resp. (78) za $W(x, y)$ kde:

$$W(x, y) = \frac{Q_i f_R f_F f_W}{(2\pi)^{1/2} \sigma_y u} \exp(-y^2/2\sigma_y^2) \quad (78)$$

Hodnoty dávkových faktorov pre vonkajšie ožiarenie z depozitu R_S^T [38] uvádza Tabuľka 11.

7.5 Vnútorne ožiarenie z inhalácie

Efektívna a ekvivalentná dávka z vnútorného ožiarenia z príjmu rádionuklidov inhaláciou je daná súčtom:

$$H_{INH}^T(x, y, t_i) = H_I^T(x, y, t_i) + H_{R1}^T(x, y, t_i) + H_{R2}^T(x, y, t_i) \quad (79)$$

kde $H_I^T(x, y, t_i)$ je dávka z inhalácie počas prechodu rádioaktívneho oblaku nad daným miestom, $H_{R1}^T(x, y, t_i)$ je dávka z inhalácie resuspendovanej aktivity počas prechodu oblaku a $H_{R2}^T(x, y, t_i)$ je dávka z inhalácie resuspendovanej aktivity po prechode rádioaktívneho oblaku. Pre výpočet $H_I^T(x, y, t_i)$ platí vzťah:

$$H_I^T(x, y, t_i) = R_{INH}^T U \psi(x, y, 0) \left[\frac{t_i - \frac{x}{u}}{\Delta t_i} \right] \quad (80)$$

Uvoľňovanie rádionuklidov z povrchu zeme späť do vzduchu je charakterizované koeficientom resuspenzie $K(t)$, ktorý je definovaný ako pomer:

$$K(t) = \frac{\text{koncentrácia resuspendovanej aktivity vo vzduchu}}{\text{koncentrácia na povrchu}}$$

Koeficient resuspenzie nadobúda hodnoty z intervalu 10^{-4} až 10^{-6} m^{-1} krátko po depozícii a 10^{-8} až 10^{-10} m^{-1} po uplynutí určitého času. Predpokladá sa, že koeficient resuspenzie exponenciálne klesá s polčasom okolo 0.15 rokov, t.j.:

$$K(t) = 10^{-5} \exp(-\lambda_1 t) + 10^{-9} \\ \text{kde } \lambda_1 = 1.45 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1} \quad (81)$$

Vzhľadom na dobu trvania úniku možno pre výpočet dávky z inhalácie resuspendovanej aktivity počas prechodu oblaku nad daným miestom časovú závislosť $K(t)$ zanedbať a uvažovať $K(t) = 10^{-5} \text{ m}^{-1}$. Potom pre výpočet $H_{R1}^T(x, y, t_i)$ platí vzťah:

$$H_{R1}^T(x, y, t_i) = \frac{10^{-5} v_g \psi(x, y, 0)}{\lambda_{ef}} \left\{ \left[\frac{t_i - \frac{x}{u}}{\Delta t_i} \right] - (1/(\lambda_{ef} \Delta t_i)) \right\} \\ \cdot \left\{ 1 - \exp(-\lambda_{ef} \Delta t_i \left[\frac{t_i - \frac{x}{u}}{\Delta t_i} \right]) \right\} R_{INH}^T U \quad (82)$$

a pre výpočet dávky z inhalácie resuspendovanej aktivity po prechode rádioaktívneho oblaku $H_{R2}^T(x, y, t_i)$ platí vzťah:

$$H_{R2}^T(x, y, t_i) = U C_{S0}(x, y, t^*) \{ 10^{-5} / (\lambda_1 + \lambda_{ef}) [1 - \exp(-(\lambda_1 + \lambda_{ef})(t_i - t^*))] \\ + (10^{-9} / \lambda_{ef}) [1 - \exp(-\lambda_{ef}(t_i - t^*))] \} R_{INH}^T \quad (83)$$

kde:

$$C_{S0}(x, y, t^*) = \frac{v_g \psi(x, y, 0)}{\lambda_{ef} \Delta t_i} [1 - \exp(-\lambda_{ef} \Delta t_i)] \quad (84)$$

Hodnoty dávkových faktorov pre vnútorné ožiarenie z inhalácie R_{INH}^T uvádza Tabuľka 12. Rýchlosti dýchania uvádza Tabuľka 22, prepočítavacie koeficienty na vek Tabuľka 16, ďalšie charakteristiky nuklidov Tabuľka 21.

Zoznam symbolov ku kapitole 7

symbol	definícia symbolu	rozmer
D	absorbovaná dávka vo vzduchu	Gy
D'	dávkový príkon	Gy s ⁻¹
h	výška osi oblaku nad povrchom	m
K	korekcia na konečné rozmery oblaku	
R _A	dávkový faktor pre oblak	Sv m ³ Bq ⁻¹ s ⁻¹
R _S	dávkový faktor pre depozit	Sv m ² Bq ⁻¹ s ⁻¹
Q	celkový únik	Bq
Q _o	rýchlosť úniku	Bq s ⁻¹
t	čas od začiatku úniku	s
t _i	výpočtový čas	s
Δt _i	doba trvania i-tého úniku	s
u	rýchlosť vetra	m s ⁻¹
x	vzdialenosť od zdroja v smere vetra m	
y	vzdialenosť od osi oblaku m	
λ _{ef}	efektívna rýchlosť odstraňovania z povrchu, daná ako súčet konštanty polpremeny a rýchlosti odstraňovania z povrchu	s ⁻¹
δ _R	korekcia na energiu fotónov	
ψ	časový integrál koncentrácie	Bq s m ⁻³
X	merná objemová aktivita	Bq m ⁻³
σ	disperzné parametre	m
τ	celková doba trvania úniku	s
w	rýchlosť depozície	Bq m ⁻² s ⁻¹
Ω	celkový depozit	Bq m ⁻²
H _A ^T	dávkový ekvivalent pre ožiarenie z oblaku	Sv
R _A ^T	dávkový faktor pre orgán T (oblak)	Sv m ³ Bq ⁻¹ s ⁻¹
f _R	korekcia na rádioaktívny rozpad	
f _F	korekcia na suchý spad	
f _W	korekcia na mokrý spad	
H _S ^T	dávkový ekvivalent pre ožiarenie z depozitu	Sv
R _S ^T	dávkový faktor pre orgán T (depozit)	Sv m ² Bq ⁻¹ s ⁻¹
H _{INH} ^T	dávkový ekvivalent pre ožiarenie z inhalácie	Sv
R _{INH} ^T	dávkový faktor pre orgán (inhalácia)	Sv Bq ⁻¹
U	rýchlosť dýchania	m ³ s ⁻¹

Tabuľka 8: Hodnoty koeficienta $K(\sigma, s)$ [36]

σ	s/σ					
[m]	0	1	2	3	4	6
5	3.82e-02	3.02e-02	1.78e-02	1.08e-02	7.62e-03	4.61e-03
8	6.09e-02	4.81e-02	2.08e-02	1.69e-02	1.17e-02	6.95e-03
10	7.58e-02	5.97e-02	3.45e-02	2.06e-02	1.41e-02	8.29e-03
15	1.13e-01	8.83e-02	5.02e-02	2.89e-02	1.91e-02	1.03e-02
20	1.48e-01	1.16e-01	6.44e-02	3.58e-02	2.28e-02	1.13e-02
30	2.16e-01	1.66e-01	8.87e-02	4.58e-02	2.68e-02	1.12e-02
50	3.35e-01	2.52e-01	1.23e-01	5.44e-02	2.66e-02	7.77e-03
80	4.78e-01	3.47e-01	1.50e-01	5.26e-02	1.95e-02	3.27e-03
100	5.52e-01	3.94e-01	1.58e-01	4.79e-02	1.48e-02	1.70e-03
150	6.88e-01	4.71e-01	1.63e-01	3.59e-02	7.04e-03	3.14e-04
200	7.74e-01	5.16e-01	1.60e-01	2.74e-02	3.56e-03	6.13e-05
300	8.71e-01	5.60e-01	1.52e-01	1.89e-02	1.32e-03	3.58e-06
500	9.36e-01	5.83e-01	1.42e-01	1.37e-02	5.55e-04	1.10e-07
800	8.82e-01	5.41e-01	1.25e-01	1.10e-02	3.66e-04	2.44e-08
1000	8.05e-01	4.92e-01	1.12e-01	9.62e-03	3.09e-04	1.74e-08

Tabuľka 9: Hodnoty koeficienta δ_R [37]

E_g [MeV]	R_A^{ef} [Sv.s ⁻¹ Bq.m ⁻³]	δ_R	E_g [MeV]	R_A^{ef} [Sv.s ⁻¹ Bq.m ⁻³]	δ_R
.010	1.50x10 ⁻¹⁸	1.88x10 ⁻⁰⁵	.200	9.94x10 ⁻¹⁵	4.56x10 ⁻⁰¹
.015	1.25x10 ⁻¹⁷	4.66x10 ⁻⁰⁴	.500	2.34x10 ⁻¹⁴	1.00x10 ⁺⁰⁰
.020	6.57x10 ⁻¹⁷	3.74x10 ⁻⁰³	1.000	4.32x10 ⁻¹⁴	1.74x10 ⁺⁰⁰
.030	3.58x10 ⁻¹⁶	2.19x10 ⁻⁰²	1.500	7.55x10 ⁻¹⁴	2.76x10 ⁺⁰⁰
.050	1.65x10 ⁻¹⁵	1.08x10 ⁻⁰¹	2.000	1.02x10 ⁻¹³	3.46x10 ⁺⁰⁰
.100	4.67x10 ⁻¹⁵	2.32x10 ⁻⁰¹	4.000	2.47x10 ⁻¹³	6.76x10 ⁺⁰⁰

Poznámka: parametre uvedené v tabuľkách: Tabuľka 8 a Tabuľka 9 sú zabudované vo výpočtovom modeli. Ostatné relevantné tabuľky z kap. 8 sú súčasťou databázy výpočtového programu RTARC.

8 TABUĽKY VSTUPNÝCH ÚDAJOV PRE VÝPOČTY

Pre výpočtové analýzy sú potrebné vstupné údaje týkajúce sa:

<i>nuklidov</i>	- dávkové faktory, prechodové koeficienty, polčasy rozpadu, ...
<i>človeka</i> pôde,	- spotreba potravín, rýchlosti dýchania, doby pobytu na kontaminovanej
<i>zdroja</i>	- parametre vypúšťania, resp. únikov hodnoty výpustí (zdrojové členy - zadávajú sa vždy pre konkrétny výpočet) do atmosféry (parametre ventilačných komínov) a hydrosféry,
<i>okolia JEZ</i>	- údaje o obyvateľstve, poľnohospodárskej produkcii a distribúcii potravín, topografické údaje, parametre ovplyvnených vodných tokov.

8.1 Vstupné údaje týkajúce sa nuklidov

Tabuľka 10: Dávkové faktory z vonkajšieho ožiarenia z oblaku [$\text{Sv.m}^3.\text{Bq}^{-1}.\text{s}^{-1}$] [38]

Nuklid	Efektívna dávka	Gonády	Kostná dreň	Pľúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
H 3	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
BE 7	2.4E-15	2.3E-15	2.2E-15	2.3E-15	2.4E-15	1.9E-15	2.7E-15
C 14	2.2E-19	2.6E-19	1.2E-19	1.5E-19	2.2E-19	9.3E-20	2.4E-16
F 18	4.9E-14	4.8E-14	4.6E-14	4.8E-14	4.9E-14	3.9E-14	6.9E-14
NA 22	1.1E-13	1.1E-13	1.0E-13	1.1E-13	1.1E-13	8.9E-14	1.3E-13
NA 24	2.2E-13	2.1E-13	2.2E-13	2.2E-13	2.2E-13	1.9E-13	2.8E-13
AR 41	6.5E-14	6.3E-14	6.3E-14	6.4E-14	6.5E-14	5.4E-14	1.0E-13
K 42	1.5E-14	1.4E-14	1.4E-14	1.4E-14	1.5E-14	1.2E-14	1.2E-13
CR 51	1.5E-15	1.5E-15	1.4E-15	1.5E-15	1.5E-15	1.2E-15	1.8E-15
MN 54	4.1E-14	4.0E-14	3.9E-14	4.0E-14	4.1E-14	3.3E-14	4.7E-14
MN 56	8.6E-14	8.4E-14	8.4E-14	8.5E-14	8.6E-14	7.2E-14	1.5E-13
FE 55	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
FE 59	6.0E-14	5.8E-14	5.8E-14	5.9E-14	6.0E-14	5.0E-14	7.1E-14
CO 57	5.6E-15	5.5E-15	4.6E-15	5.2E-15	5.5E-15	4.0E-15	6.6E-15
CO 58	4.8E-14	4.7E-14	4.5E-14	4.6E-14	4.8E-14	3.9E-14	5.6E-14
CO 60	1.3E-13	1.2E-13	1.2E-13	1.2E-13	1.3E-13	1.1E-13	1.5E-13
NI 59	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NI 63	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
CU 64	9.1E-15	8.9E-15	8.5E-15	8.8E-15	9.1E-15	7.3E-15	1.6E-14
ZN 65	2.9E-14	2.8E-14	2.8E-14	2.8E-14	2.9E-14	2.4E-14	3.3E-14
AS 76	2.1E-14	2.1E-14	2.0E-14	2.1E-14	2.1E-14	1.7E-14	9.6E-14
SE 75	1.9E-14	1.8E-14	1.6E-14	1.8E-14	1.8E-14	1.4E-14	2.2E-14
BR 84	9.4E-14	9.2E-14	9.3E-14	9.3E-14	9.5E-14	8.0E-14	1.9E-13
BR 87	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 85M	7.5E-15	7.3E-15	6.4E-15	7.0E-15	7.3E-15	5.6E-15	2.2E-14
KR 85	1.2E-16	1.2E-16	1.1E-16	1.1E-16	1.2E-16	9.3E-17	1.3E-14
KR 87	4.1E-14	4.0E-14	4.0E-14	4.0E-14	4.1E-14	3.5E-14	1.4E-13
KR 88	1.0E-13	9.9E-14	1.0E-13	1.0E-13	1.0E-13	8.7E-14	1.4E-13
KR 89	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
RB 86	4.8E-15	4.7E-15	4.6E-15	4.7E-15	4.8E-15	4.0E-15	4.9E-14
RB 88	3.4E-14	3.3E-14	3.3E-14	3.3E-14	3.4E-14	2.9E-14	1.8E-13
RB 89	1.1E-13	1.0E-13	1.0E-13	1.0E-13	1.1E-13	8.9E-14	1.9E-13
RB 90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SR 89	7.7E-17	7.7E-17	6.4E-17	7.1E-17	7.6E-17	5.5E-17	3.7E-14
SR 90	7.5E-18	7.8E-18	5.4E-18	6.4E-18	7.3E-18	4.7E-18	9.2E-15
SR 91	3.5E-14	3.4E-14	3.3E-14	3.4E-14	3.5E-14	2.8E-14	8.1E-14
SR 92	6.8E-14	6.6E-14	6.6E-14	6.7E-14	6.8E-14	5.7E-14	8.6E-14
Y 90	1.9E-16	1.9E-16	1.6E-16	1.8E-16	1.9E-16	1.4E-16	6.2E-14
Y 91M	2.6E-14	2.5E-14	2.4E-14	2.5E-14	2.5E-14	2.1E-14	3.1E-14
Y 91	2.6E-16	2.6E-16	2.4E-16	2.5E-16	2.6E-16	2.1E-16	3.9E-14

Nuklid	Efektívna dávka	Gonády	Kostná dreň	Pľúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
ZR 95	3.6E-14	3.5E-14	3.4E-14	3.5E-14	3.6E-14	2.9E-14	4.5E-14
ZR 97	9.0E-15	8.8E-15	8.6E-15	8.8E-15	9.0E-15	7.4E-15	5.6E-14
NB 95	3.7E-14	3.7E-14	3.6E-14	3.7E-14	3.8E-14	3.0E-14	4.3E-14
NB 97	3.2E-14	3.1E-14	3.0E-14	3.1E-14	3.2E-14	2.6E-14	6.5E-14
MO 99	7.3E-15	7.1E-15	6.8E-15	7.1E-15	7.3E-15	5.8E-15	3.1E-14
MO 101	6.9E-14	6.7E-14	6.6E-14	6.7E-14	6.9E-14	5.7E-14	1.1E-13
TC 99M	5.9E-15	5.8E-15	4.9E-15	5.5E-15	5.8E-15	4.3E-15	7.1E-15
TC 99	1.6E-18	1.7E-18	1.1E-18	1.3E-18	1.6E-18	8.8E-19	2.7E-15
RU 103	2.3E-14	2.2E-14	2.1E-14	2.2E-14	2.2E-14	1.8E-14	2.8E-14
RU 105	3.8E-14	3.7E-14	3.6E-14	3.7E-14	3.8E-14	3.1E-14	6.7E-14
RU 106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
RH 105	3.7E-15	3.6E-15	3.4E-15	3.6E-15	3.7E-15	2.9E-15	1.1E-14
RH 106	1.0E-14	1.0E-14	9.8E-15	1.0E-14	1.0E-14	8.4E-15	1.1E-13
AG 110M	1.4E-13	1.3E-13	1.3E-13	1.3E-13	1.4E-13	1.1E-13	1.6E-13
SN 113	3.8E-16	4.4E-16	2.6E-16	2.7E-16	3.8E-16	1.9E-16	8.2E-16
SN 123	4.0E-16	4.0E-16	3.8E-16	3.9E-16	4.0E-16	3.3E-16	3.3E-14
SN 125	1.6E-14	1.6E-14	1.5E-14	1.6E-14	1.6E-14	1.3E-14	7.1E-14
SB 124	9.2E-14	8.9E-14	8.9E-14	9.0E-14	9.2E-14	7.6E-14	1.3E-13
SB 125	2.0E-14	2.0E-14	1.9E-14	2.0E-14	2.0E-14	1.6E-14	2.7E-14
SB 127	3.3E-14	3.3E-14	3.1E-14	3.2E-14	3.3E-14	2.7E-14	5.6E-14
SB 129	7.1E-14	7.0E-14	6.9E-14	7.0E-14	7.2E-14	5.9E-14	1.1E-13
TE 125M	4.5E-16	6.0E-16	1.9E-16	2.2E-16	4.6E-16	1.0E-16	1.9E-15
TE 127M	1.5E-16	1.9E-16	6.4E-17	7.6E-17	1.5E-16	3.7E-17	8.5E-16
TE 127	2.4E-16	2.4E-16	2.2E-16	2.3E-16	2.4E-16	1.9E-16	1.1E-14
TE 129M	1.6E-15	1.6E-15	1.4E-15	1.5E-15	1.6E-15	1.2E-15	1.5E-14
TE 129	2.8E-15	2.7E-15	2.5E-15	2.6E-15	2.7E-15	2.2E-15	3.6E-14
TE 131M	7.0E-14	6.9E-14	6.7E-14	6.8E-14	7.0E-14	5.7E-14	8.9E-14
TE 131	2.0E-14	2.0E-14	1.9E-14	2.0E-14	2.0E-14	1.6E-14	6.9E-14
TE 132	1.0E-14	1.0E-14	9.0E-15	9.7E-15	1.0E-14	7.7E-15	1.4E-14
I 129	3.8E-16	4.8E-16	1.6E-16	2.1E-16	3.9E-16	1.0E-16	1.1E-15
I 131	1.8E-14	1.8E-14	1.7E-14	1.8E-14	1.8E-14	1.4E-14	3.0E-14
I 132	1.1E-13	1.1E-13	1.1E-13	1.1E-13	1.1E-13	9.1E-14	1.6E-13
I 133	2.9E-14	2.9E-14	2.8E-14	2.9E-14	2.9E-14	2.4E-14	5.8E-14
I 134	1.3E-13	1.3E-13	1.3E-13	1.3E-13	1.3E-13	1.1E-13	1.9E-13
I 135	8.0E-14	7.8E-14	7.8E-14	7.8E-14	8.0E-14	6.7E-14	1.1E-13
XE 131M	3.9E-16	4.6E-16	2.3E-16	2.7E-16	3.9E-16	1.7E-16	4.8E-15
XE 133M	1.4E-15	1.4E-15	1.1E-15	1.2E-15	1.4E-15	9.2E-16	1.0E-14
XE 133	1.6E-15	1.6E-15	1.1E-15	1.3E-15	1.5E-15	9.3E-16	5.0E-15
XE 135M	2.0E-14	2.0E-14	1.9E-14	2.0E-14	2.0E-14	1.6E-14	3.0E-14
XE 135	1.2E-14	1.2E-14	1.1E-14	1.1E-14	1.2E-14	9.2E-15	3.1E-14
XE 137	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 138	5.8E-14	5.6E-14	5.6E-14	5.7E-14	5.8E-14	4.8E-14	1.1E-13
CS 134	7.6E-14	7.4E-14	7.2E-14	7.4E-14	7.6E-14	6.1E-14	9.5E-14
CS 136	1.1E-13	1.0E-13	1.0E-13	1.0E-13	1.1E-13	8.7E-14	1.3E-13
CS 137	7.7E-18	8.0E-18	5.7E-18	6.7E-18	7.6E-18	4.9E-18	8.6E-15

Nuklid	Efektívna dávka	Gonády	Kostná dreň	Pľúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
CS 138	1.2E-13	1.2E-13	1.2E-13	1.2E-13	1.2E-13	1.0E-13	2.2E-13
BA 139	2.2E-15	2.1E-15	1.9E-15	2.0E-15	2.1E-15	1.6E-15	6.2E-14
BA 140	8.6E-15	8.4E-15	7.9E-15	8.3E-15	8.5E-15	6.8E-15	2.5E-14
LA 140	1.2E-13	1.1E-13	1.1E-13	1.2E-13	1.2E-13	9.8E-14	1.7E-13
CE 141	3.4E-15	3.4E-15	2.8E-15	3.2E-15	3.4E-15	2.5E-15	1.0E-14
CE 143	1.3E-14	1.3E-14	1.2E-14	1.2E-14	1.3E-14	1.0E-14	4.0E-14
CE 144	8.5E-16	8.5E-16	6.7E-16	7.7E-16	8.3E-16	5.8E-16	2.9E-15
PR 143	2.1E-17	2.1E-17	1.6E-17	1.9E-17	2.1E-17	1.4E-17	1.8E-14
PR 144	2.0E-15	1.9E-15	1.9E-15	1.9E-15	2.0E-15	1.6E-15	8.4E-14
ND 147	6.2E-15	6.1E-15	5.4E-15	5.8E-15	6.1E-15	4.6E-15	2.0E-14
PM 147	6.9E-19	7.5E-19	4.5E-19	5.5E-19	6.8E-19	3.7E-19	8.1E-16
PM 148M	9.7E-14	9.5E-14	9.1E-14	9.4E-14	9.7E-14	7.8E-14	1.2E-13
PM 148	2.9E-14	2.8E-14	2.8E-14	2.8E-14	2.9E-14	2.4E-14	8.0E-14
PM 149	5.4E-16	5.3E-16	4.9E-16	5.2E-16	5.4E-16	4.2E-16	2.2E-14
SM 151	3.6E-20	5.2E-20	1.1E-20	7.1E-21	3.6E-20	2.0E-21	1.9E-19
SM 153	2.3E-15	2.3E-15	1.6E-15	2.0E-15	2.2E-15	1.4E-15	1.5E-14
EU 154	6.1E-14	6.0E-14	5.9E-14	6.0E-14	6.2E-14	5.0E-14	8.3E-14
EU 155	2.5E-15	2.5E-15	1.9E-15	2.2E-15	2.4E-15	1.6E-15	3.4E-15
GD 153	3.7E-15	3.8E-15	2.6E-15	3.2E-15	3.6E-15	2.2E-15	5.0E-15
HF 175	1.7E-14	1.7E-14	1.5E-14	1.6E-14	1.7E-14	1.3E-14	2.2E-14
HF 181	2.6E-14	2.6E-14	2.4E-14	2.5E-14	2.6E-14	2.1E-14	3.6E-14
TA 182	6.4E-14	6.3E-14	6.1E-14	6.2E-14	6.4E-14	5.2E-14	7.9E-14
W 181	1.4E-15	1.5E-15	9.1E-16	1.2E-15	1.4E-15	8.0E-16	1.8E-15
W 187	2.3E-14	2.2E-14	2.1E-14	2.2E-14	2.3E-14	1.8E-14	4.1E-14
U 234	7.6E-18	8.8E-18	4.2E-18	4.4E-18	6.7E-18	3.1E-18	4.3E-17
U 235	7.2E-15	7.1E-15	6.2E-15	6.8E-15	7.1E-15	5.3E-15	8.6E-15
U 236	5.0E-18	6.1E-18	2.3E-18	2.2E-18	4.2E-18	1.5E-18	3.6E-17
U 238	3.4E-18	4.4E-18	1.2E-18	1.0E-18	2.7E-18	5.6E-19	2.9E-17
NP 239	7.7E-15	7.5E-15	6.5E-15	7.2E-15	7.5E-15	5.7E-15	1.6E-14
PU 238	4.9E-18	6.6E-18	1.7E-18	1.1E-18	4.0E-18	5.7E-19	4.1E-17
PU 239	4.2E-18	4.8E-18	2.7E-18	2.7E-18	3.9E-18	2.0E-18	1.9E-17
PU 240	4.8E-18	6.4E-18	1.7E-18	1.1E-18	3.9E-18	5.9E-19	3.9E-17
PU 241	7.3E-20	7.2E-20	5.6E-20	6.5E-20	7.0E-20	4.9E-20	1.2E-19
PU 242	4.0E-18	5.3E-18	1.4E-18	9.7E-19	3.3E-18	5.4E-19	3.3E-17
AM 241	8.2E-16	8.6E-16	5.2E-16	6.7E-16	7.8E-16	4.5E-16	1.3E-15
AM 242M	3.2E-17	3.8E-17	1.7E-17	1.7E-17	3.0E-17	1.2E-17	1.4E-16
AM 242	6.2E-16	6.1E-16	4.8E-16	5.5E-16	5.9E-16	4.2E-16	8.2E-15
AM 243	2.2E-15	2.2E-15	1.6E-15	1.9E-15	2.1E-15	1.4E-15	2.8E-15
CM 242	5.7E-18	7.8E-18	1.9E-18	1.1E-18	4.9E-18	5.3E-19	4.3E-17
CM 243	5.9E-15	5.8E-15	5.0E-15	5.5E-15	5.8E-15	4.3E-15	9.8E-15
CM 244	4.9E-18	6.9E-18	1.5E-18	7.1E-19	4.2E-18	2.4E-19	3.9E-17
CM 245	4.0E-15	3.9E-15	3.2E-15	3.6E-15	3.8E-15	2.8E-15	5.4E-15

* horná časť hrubého čreva

Tabuľka 11: Dávkové faktory z vonkajšieho ožiarovania z depozitu [$\text{Sv.m}^2.\text{Bq}^{-1}.\text{s}^{-1}$] [38]

Nuklid	Efektívna dávka	Gonády	Kostná dreň	Pľúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
H 3	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
BE 7	4.9E-17	5.1E-17	4.7E-17	4.7E-17	4.9E-17	4.4E-17	5.8E-17
C 14	1.6E-20	2.2E-20	7.3E-21	8.7E-21	1.3E-20	5.7E-21	7.5E-20
F 18	1.0E-15	1.1E-15	9.8E-16	9.7E-16	1.0E-15	9.0E-16	1.7E-15
NA 22	2.1E-15	2.2E-15	2.1E-15	2.0E-15	2.1E-15	1.9E-15	2.6E-15
NA 24	3.6E-15	3.7E-15	3.6E-15	3.5E-15	3.3E-15	3.4E-15	1.0E-14
*AR 41	1.2E-15	1.3E-15	1.2E-15	1.2E-15	1.2E-15	1.1E-15	6.0E-15
K 42	2.7E-16	2.8E-16	2.6E-16	2.6E-16	2.5E-16	2.5E-16	1.4E-14
CR 51	3.1E-17	3.2E-17	3.0E-17	2.9E-17	3.0E-17	2.7E-17	3.7E-17
MN 54	8.1E-16	8.5E-16	8.0E-16	7.8E-16	8.1E-16	7.4E-16	9.7E-16
MN 56	1.6E-15	1.6E-15	1.6E-15	1.5E-15	1.5E-15	1.5E-15	1.0E-14
FE 55	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
FE 59	1.1E-15	1.2E-15	1.1E-15	1.1E-15	1.1E-15	1.0E-15	1.3E-15
CO 57	1.2E-16	1.2E-16	1.0E-16	1.1E-16	1.1E-16	9.8E-17	1.4E-16
CO 58	9.5E-16	1.0E-15	9.3E-16	9.1E-16	9.5E-16	8.6E-16	1.1E-15
CO 60	2.4E-15	2.5E-15	2.3E-15	2.3E-15	2.3E-15	2.2E-15	2.8E-15
NI 59	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NI 63	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
CU 64	1.9E-16	2.0E-16	1.8E-16	1.8E-16	1.9E-16	1.7E-16	3.9E-16
ZN 65	5.5E-16	5.8E-16	5.5E-16	5.3E-16	5.4E-16	5.1E-16	6.5E-16
AS 76	4.2E-16	4.4E-16	4.1E-16	4.1E-16	4.2E-16	3.8E-16	1.2E-14
SE 75	3.8E-16	3.9E-16	3.6E-16	3.6E-16	3.6E-16	3.3E-16	4.8E-16
BR 84	1.6E-15	1.7E-15	1.6E-15	1.5E-15	1.5E-15	1.5E-15	1.3E-14
BR 87	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
*KR 85M	1.5E-16	1.6E-16	1.4E-16	1.4E-16	1.5E-16	1.3E-16	1.4E-16
*KR 85	2.6E-18	2.8E-18	1.4E-18	2.5E-18	2.6E-18	2.3E-18	8.0E-16
*KR 87	7.3E-16	7.6E-16	7.2E-16	7.1E-16	6.9E-16	6.8E-16	1.4E-14
*KR 88	1.7E-15	1.8E-15	1.7E-15	1.7E-15	1.6E-15	1.6E-15	4.4E-15
KR 89	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
RB 86	9.3E-17	9.7E-17	9.2E-17	8.9E-17	9.1E-17	8.5E-17	7.7E-15
RB 88	6.0E-16	6.2E-16	5.9E-16	5.8E-16	5.5E-16	5.5E-16	1.7E-14
RB 89	1.9E-15	2.0E-15	1.9E-15	1.9E-15	1.8E-15	1.8E-15	1.2E-14
RB 90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SR 89	2.3E-18	2.5E-18	1.9E-18	2.0E-18	2.1E-18	1.7E-18	6.7E-15
SR 90	2.8E-19	3.3E-19	1.9E-19	2.2E-19	2.5E-19	1.8E-19	1.4E-16
SR 91	6.8E-16	7.1E-16	6.6E-16	6.5E-16	6.7E-16	6.2E-16	7.5E-15
SR 92	1.3E-15	1.3E-15	1.2E-15	1.2E-15	1.2E-15	1.2E-15	1.9E-15
Y 90	5.3E-18	5.8E-18	4.6E-18	4.8E-18	5.0E-18	4.2E-18	1.1E-14
Y 91M	5.2E-16	5.5E-16	5.1E-16	5.0E-16	5.2E-16	4.7E-16	9.5E-16
Y 91	5.7E-18	6.1E-18	5.3E-18	5.3E-18	5.4E-18	4.9E-18	6.9E-15
ZR 95	7.2E-16	7.6E-16	7.1E-16	6.9E-16	7.2E-16	6.5E-16	8.9E-16
ZR 97	1.7E-16	1.8E-16	1.7E-16	1.7E-16	1.7E-16	1.6E-16	8.3E-15
NB 95	7.5E-16	7.9E-16	7.3E-16	7.2E-16	7.5E-16	6.8E-16	9.1E-16

Nuklid	Efektívna dávka	Gonády	Kostná dreň	Prúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
NB 97	6.5E-16	6.8E-16	6.3E-16	6.2E-16	6.5E-16	5.8E-16	5.6E-15
MO 99	1.5E-16	1.6E-16	1.4E-16	1.4E-16	1.5E-16	1.3E-16	3.8E-15
MO 101	1.3E-15	1.3E-15	1.3E-15	1.2E-15	1.2E-15	1.2E-15	7.1E-15
TC 99M	1.2E-16	1.2E-16	1.1E-16	1.1E-16	1.1E-16	1.0E-16	1.4E-16
TC 99	7.8E-20	9.7E-20	4.5E-20	5.3E-20	6.5E-20	3.9E-20	2.4E-19
RU 103	4.6E-16	4.9E-16	4.5E-16	4.4E-16	4.6E-16	4.1E-16	6.2E-16
RU 105	7.7E-16	8.1E-16	7.5E-16	7.4E-16	7.7E-16	6.9E-16	4.5E-15
RU 106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
RH 105	7.6E-17	8.0E-17	7.3E-17	7.3E-17	7.4E-17	6.7E-17	1.8E-16
RH 106	2.1E-16	2.2E-16	2.1E-16	2.0E-16	2.1E-16	1.9E-16	1.4E-14
AG 110M	2.7E-15	2.8E-15	2.6E-15	2.5E-15	2.6E-15	2.4E-15	3.2E-15
SN 113	2.1E-17	3.1E-17	9.8E-18	1.0E-17	1.8E-17	6.4E-18	6.5E-17
SN 123	8.4E-18	8.9E-18	7.9E-18	7.9E-18	8.1E-18	7.4E-18	5.7E-15
SN 125	3.0E-16	3.1E-16	3.0E-16	2.9E-16	2.9E-16	2.8E-16	9.2E-15
SB 124	1.7E-15	1.8E-15	1.7E-15	1.7E-15	1.6E-15	1.6E-15	5.2E-15
SB 125	4.3E-16	4.5E-16	4.0E-16	4.0E-16	4.2E-16	3.7E-16	6.0E-16
SB 127	6.8E-16	7.1E-16	6.6E-16	6.5E-16	6.7E-16	6.1E-16	2.9E-15
SB 129	1.4E-15	1.4E-15	1.4E-15	1.3E-15	1.3E-15	1.3E-15	5.1E-15
TE 125M	3.6E-17	5.2E-17	1.4E-17	1.8E-17	3.1E-17	9.0E-18	9.5E-17
TE 127M	1.1E-17	1.6E-17	4.3E-18	5.6E-18	9.7E-18	2.9E-18	5.2E-17
TE 127	5.2E-18	5.5E-18	4.9E-18	4.9E-18	5.1E-18	4.5E-18	5.4E-16
TE 129M	3.8E-17	4.3E-17	3.2E-17	3.2E-17	3.7E-17	2.9E-17	2.3E-15
TE 129	6.0E-17	6.5E-17	5.5E-17	5.5E-17	5.9E-17	5.1E-17	5.7E-15
TE 131M	1.4E-15	1.4E-15	1.3E-15	1.3E-15	1.3E-15	1.2E-15	2.2E-15
TE 131	4.1E-16	4.3E-16	3.9E-16	3.9E-16	4.0E-16	3.6E-16	8.4E-15
TE 132	2.3E-16	2.5E-16	2.0E-16	2.1E-16	2.2E-16	1.9E-16	3.0E-16
I 129	2.6E-17	3.6E-17	1.1E-17	1.5E-17	2.3E-17	8.2E-18	5.8E-17
I 131	3.8E-16	3.9E-16	3.6E-16	3.6E-16	3.7E-16	3.3E-16	6.4E-16
I 132	2.2E-15	2.3E-15	2.2E-15	2.1E-15	2.2E-15	2.0E-15	7.5E-15
I 133	6.0E-16	6.3E-16	5.8E-16	5.7E-16	5.9E-16	5.4E-16	4.6E-15
I 134	2.5E-15	2.2E-15	2.4E-15	2.2E-15	1.9E-15	2.1E-15	2.9E-15
I 135	1.5E-15	1.1E-15	1.4E-15	1.3E-15	1.2E-15	1.3E-15	1.6E-15
XE 131M	2.1E-17	2.8E-17	9.8E-18	1.3E-17	1.8E-17	7.7E-18	4.4E-17
XE 133M	4.1E-17	4.9E-17	2.9E-17	3.2E-17	3.8E-17	2.5E-17	6.9E-17
*XE 133	4.6E-17	5.2E-17	3.1E-17	3.7E-17	4.2E-17	2.9E-17	6.9E-17
XE 135M	4.2E-16	4.5E-16	4.1E-16	4.0E-16	4.2E-16	3.8E-16	1.4E-15
*XE 135	2.4E-16	2.5E-16	2.3E-16	2.3E-16	2.3E-16	2.1E-16	2.1E-15
XE 137	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
*XE 138	1.0E-15	1.1E-15	1.0E-15	1.0E-15	9.6E-16	9.6E-16	7.7E-15
CS 134	1.5E-15	1.6E-15	1.5E-15	1.5E-15	1.5E-15	1.4E-15	2.2E-15
CS 136	2.1E-15	2.2E-15	2.0E-15	2.0E-15	2.1E-15	1.9E-15	2.5E-15
CS 137	2.9E-19	3.3E-19	2.0E-19	2.2E-19	2.5E-19	1.8E-19	2.8E-16
CS 138	2.2E-15	2.3E-15	2.2E-15	2.1E-15	2.1E-15	2.0E-15	1.5E-14
BA 139	4.6E-17	4.8E-17	4.2E-17	4.3E-17	4.3E-17	3.9E-17	1.0E-14
BA 140	1.8E-16	1.9E-16	1.7E-16	1.7E-16	1.8E-16	1.6E-16	2.0E-15

Nuklid	Efektívna dávka	Gonády	Kostná dreň	Prúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
LA 140	2.2E-15	2.2E-15	2.1E-15	2.1E-15	2.0E-15	2.0E-15	8.2E-15
CE 141	7.4E-17	7.7E-17	6.5E-17	6.8E-17	7.0E-17	6.1E-17	1.3E-16
CE 143	2.8E-16	3.0E-16	2.6E-16	2.6E-16	2.7E-16	2.4E-16	4.0E-15
CE 144	2.0E-17	2.2E-17	1.6E-17	1.8E-17	1.9E-17	1.5E-17	2.6E-17
PR 143	7.0E-19	7.9E-19	5.2E-19	5.8E-19	6.3E-19	4.8E-19	2.0E-15
PR 144	3.8E-17	4.0E-17	3.7E-17	3.6E-17	3.6E-17	3.4E-17	1.3E-14
ND 147	1.4E-16	1.5E-16	1.2E-16	1.3E-16	1.4E-16	1.2E-16	1.1E-15
PM 147	3.4E-20	4.4E-20	1.9E-20	2.2E-20	2.8E-20	1.6E-20	1.2E-19
PM 148M	2.0E-15	2.1E-15	1.9E-15	1.9E-15	2.0E-15	1.8E-15	2.6E-15
PM 148	5.5E-16	5.7E-16	5.4E-16	5.3E-16	5.3E-16	5.0E-16	8.4E-15
PM 149	1.1E-17	1.2E-17	1.1E-17	1.1E-17	1.1E-17	9.9E-18	3.0E-15
SM 151	5.0E-21	8.7E-21	1.4E-21	1.0E-21	3.3E-21	3.1E-22	2.5E-20
SM 153	6.2E-17	6.7E-17	4.5E-17	5.4E-17	5.7E-17	4.3E-17	7.1E-16
EU 154	1.2E-15	1.2E-15	1.2E-15	1.1E-15	1.2E-15	1.1E-15	2.9E-15
EU 155	5.9E-17	6.1E-17	4.7E-17	5.3E-17	5.5E-17	4.6E-17	7.0E-17
GD 153	1.1E-16	1.2E-16	7.4E-17	9.0E-17	9.7E-17	7.1E-17	1.4E-16
HF 175	3.6E-16	3.8E-16	3.3E-16	3.4E-16	3.5E-16	3.1E-16	4.4E-16
HF 181	5.5E-16	5.7E-16	5.2E-16	5.2E-16	5.4E-16	4.8E-16	6.8E-16
TA 182	1.2E-15	1.3E-15	1.2E-15	1.2E-15	1.2E-15	1.1E-15	1.6E-15
W 181	3.9E-17	4.1E-17	2.8E-17	3.5E-17	3.5E-17	2.8E-17	4.8E-17
W 187	4.7E-16	4.9E-16	4.5E-16	4.5E-16	4.7E-16	4.2E-16	2.0E-15
U 234	7.5E-19	1.3E-18	2.2E-19	1.4E-19	3.2E-19	9.6E-20	9.1E-18
U 235	1.5E-16	1.5E-16	1.4E-16	1.4E-16	1.4E-16	1.3E-16	1.9E-16
U 236	6.5E-19	1.1E-18	1.7E-19	8.6E-20	2.5E-19	5.1E-20	8.5E-18
U 238	5.5E-19	9.7E-19	1.3E-19	5.6E-20	2.0E-19	2.7E-20	7.4E-18
NP 239	1.6E-16	2.0E-16	2.7E-16	1.6E-16	1.9E-16	1.2E-16	2.5E-16
PU 238	8.4E-19	1.5E-18	1.9E-19	7.9E-20	3.4E-19	2.9E-20	9.6E-18
PU 239	3.7E-19	6.1E-19	1.2E-19	7.9E-20	1.8E-19	5.9E-20	3.7E-18
PU 240	8.0E-19	1.4E-18	1.9E-19	7.8E-20	3.3E-19	3.0E-20	9.2E-18
PU 241	1.9E-21	2.3E-21	1.4E-21	1.4E-21	1.6E-21	1.3E-21	7.1E-21
PU 242	6.7E-19	1.2E-18	1.6E-19	6.6E-20	2.7E-19	2.6E-20	7.6E-18
AM 241	2.8E-17	3.3E-17	1.7E-17	2.0E-17	2.2E-17	1.6E-17	8.3E-17
AM 242M	3.0E-18	5.1E-18	9.4E-19	6.5E-19	1.6E-18	3.9E-19	2.4E-17
AM 242	1.6E-17	1.8E-17	1.2E-17	1.2E-17	1.4E-17	1.1E-17	2.6E-16
AM 243	5.4E-17	5.5E-17	4.1E-17	4.8E-17	4.8E-17	4.1E-17	7.6E-17
CM 242	9.6E-19	1.7E-18	2.3E-19	1.1E-19	4.4E-19	3.5E-20	9.4E-18
CM 243	1.3E-16	1.3E-16	1.1E-16	1.1E-16	1.2E-16	1.0E-16	1.9E-16
CM 244	8.8E-19	1.6E-18	2.0E-19	9.0E-20	4.0E-19	2.5E-20	8.7E-18
CM 245	8.7E-17	9.2E-17	7.4E-17	7.7E-17	8.0E-17	6.9E-17	1.5E-16

*horná časť hrubého čreva

DF z inhalácie pre 6 vekových kategórií a efektívnu dávku [Sv.Bq⁻¹] [2]

Tabuľka 12: Dávkové faktory z inhalácie [2] a [39]

Nuklid	0 - 1 rok	1 -2 roky	2-7 rokov	7-12 rokov	12-17 rokov	Dospelí
H 3	6.4E-11	4.8E-11	3.1E-11	2.3E-11	1.8E-11	1.8E-11
BE 7	2.5E-10	2.1E-10	1.2E-10	8.3E-11	6.2E-11	5.0E-11
C 14	1.9E-11	1.9E-11	1.1E-11	8.9E-12	6.3E-12	6.2E-12
F 18	4.2E-10	3.1E-10	1.5E-10	1.0E-10	7.3E-11	5.9E-11
NA 22	9.7E-09	7.3E-09	3.8E-09	2.4E-09	1.5E-09	1.3E-09
NA 24	2.3E-09	1.8E-09	9.3E-10	5.7E-10	3.4E-10	2.7E-10
AR 41	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
K 42	1.6E-09	1.0E-09	4.4E-10	2.6E-10	1.5E-10	1.2E-10
CR 51	1.7E-10	1.3E-10	6.3E-11	4.0E-11	2.4E-11	2.0E-11
MN 54	5.2E-09	4.1E-09	2.2E-09	1.5E-09	9.9E-10	8.5E-10
MN 56	6.9E-10	4.9E-10	2.3E-10	1.4E-10	7.8E-11	6.4E-11
FE 55	4.2E-09	3.2E-09	2.2E-09	1.4E-09	9.4E-10	7.7E-10
FE 59	2.1E-08	1.3E-08	7.1E-09	4.2E-09	2.6E-09	2.2E-09
CO 57	2.8E-09	2.2E-09	1.3E-09	8.5E-10	6.7E-10	5.5E-10
CO 58	7.3E-09	6.5E-09	3.5E-09	2.4E-09	2.0E-09	1.6E-09
CO 60	4.2E-08	3.4E-08	2.1E-08	1.5E-08	1.2E-08	1.0E-08
NI 59	9.6E-10	8.1E-10	4.5E-10	2.8E-10	1.9E-10	1.8E-10
NI 63	2.3E-09	2.0E-09	1.1E-09	6.7E-10	4.6E-10	4.4E-10
CU 64	2.8E-10	2.7E-10	1.2E-10	7.6E-11	4.2E-11	3.5E-11
ZN 65	7.6E-09	6.7E-09	4.4E-09	2.9E-09	2.4E-09	2.0E-09
AS 76	5.1E-09	4.6E-09	2.2E-09	1.4E-09	8.8E-10	7.4E-10
SE 75	7.8E-09	6.0E-09	3.4E-09	2.5E-09	1.2E-09	1.0E-09
BR 84	3.7E-10	2.4E-10	1.1E-10	6.9E-11	4.4E-11	3.7E-11
BR 87	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 85M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 85	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 87	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 88	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 89	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
RB 86	1.2E-08	7.7E-09	3.4E-09	2.0E-09	1.1E-09	9.3E-10
RB 88	1.9E-10	1.2E-10	5.2E-11	3.2E-11	1.9E-11	1.6E-11
RB 89	1.4E-10	9.3E-11	4.3E-11	2.7E-11	1.6E-11	1.4E-11
RB 90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SR 89	1.5E-08	7.3E-09	3.2E-09	2.3E-09	1.7E-09	1.0E-09
SR 90	1.3E-07	5.2E-08	3.1E-08	4.1E-08	5.3E-08	2.4E-08
SR 91	1.4E-09	1.1E-09	5.2E-10	3.1E-10	1.7E-10	1.6E-10
SR 92	9.0E-10	7.1E-10	3.3E-10	2.0E-10	1.0E-10	9.8E-11
Y 90	1.3E-08	8.4E-09	4.0E-09	2.6E-09	1.7E-09	1.4E-09
Y 91M	7.0E-11	5.5E-11	2.9E-11	1.8E-11	1.2E-11	1.0E-11
Y 91	3.9E-08	3.0E-08	1.6E-08	1.1E-08	8.4E-09	7.1E-09
ZR 95	1.2E-08	1.1E-08	6.4E-09	4.2E-09	2.8E-09	2.5E-09
ZR 97	5.0E-09	3.4E-09	1.5E-09	9.1E-10	4.8E-10	3.9E-10

Nuklid	0 - 1 rok	1 -2 roky	2-7 rokov	7-12 rokov	12-17 rokov	Dospelí
NB 95	6.8E-09	5.2E-09	3.1E-09	2.2E-09	1.9E-09	1.5E-09
NB 97	3.7E-10	2.5E-10	1.2E-10	7.7E-11	5.2E-11	4.3E-11
MO 99	2.3E-09	1.7E-09	7.7E-10	4.7E-10	2.6E-10	2.2E-10
MO 101	1.4E-10	9.7E-11	4.4E-11	2.8E-11	1.7E-11	1.4E-11
TC 99M	1.2E-10	8.7E-11	4.1E-11	2.4E-11	1.5E-11	1.2E-11
TC 99	4.0E-09	2.5E-09	1.0E-09	5.9E-10	3.6E-10	2.9E-10
RU 103	4.2E-09	3.0E-09	1.5E-09	9.3E-10	5.6E-10	4.8E-10
RU 105	7.1E-10	5.1E-10	2.3E-10	1.4E-10	7.9E-11	6.5E-11
RU 106	7.2E-08	5.4E-08	2.6E-08	1.6E-08	9.2E-09	7.9E-09
RH 105	1.0E-09	6.9E-10	3.0E-10	1.8E-10	9.6E-11	8.2E-11
RH 106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
AG 110M	3.5E-08	2.8E-08	1.5E-08	9.7E-09	6.3E-09	5.5E-09
SN 113	5.1E-09	3.7E-09	1.8E-09	1.1E-09	6.4E-10	5.4E-10
SN 123	1.4E-08	9.9E-09	4.5E-09	2.6E-09	1.4E-09	1.2E-09
SN 125	1.2E-08	8.0E-09	3.5E-09	2.0E-09	1.1E-09	8.9E-10
SB 124	1.2E-08	8.8E-09	4.3E-09	2.6E-09	1.6E-09	1.3E-09
SB 125	8.7E-09	6.8E-09	3.7E-09	2.3E-09	1.5E-09	1.4E-09
SB 127	5.1E-09	3.5E-09	1.6E-09	9.7E-10	5.2E-10	4.3E-10
SB 129	1.1E-09	8.2E-10	3.8E-10	2.3E-10	1.3E-10	1.0E-10
TE 125M	6.2E-09	4.2E-09	2.0E-09	1.1E-09	6.1E-10	5.1E-10
TE 127M	2.1E-08	1.4E-08	6.5E-09	3.5E-09	2.0E-09	1.5E-09
TE 127	4.3E-10	3.2E-10	1.4E-10	8.5E-11	4.5E-11	3.9E-11
TE 129M	2.0E-08	1.3E-08	5.8E-09	3.1E-09	1.7E-09	1.3E-09
TE 129	1.8E-10	1.2E-10	5.1E-11	3.2E-11	1.9E-11	1.6E-11
TE 131M	8.7E-09	7.6E-09	3.9E-09	2.0E-09	1.2E-09	8.6E-10
TE 131	2.3E-10	2.0E-10	9.9E-11	5.3E-11	3.3E-11	2.3E-11
TE 132	2.2E-08	1.8E-08	8.5E-09	4.2E-09	2.6E-09	1.8E-09
I 129E	1.7E-07	2.0E-07	1.6E-07	1.7E-07	1.3E-07	9.6E-08
I 129O	1.3E-07	1.5E-07	1.2E-07	1.3E-07	9.9E-08	7.4E-08
I 129A	7.2E-08	8.6E-08	6.1E-08	6.7E-08	4.6E-08	3.6E-08
I 131E	1.7E-07	1.6E-07	9.4E-08	4.8E-08	3.1E-08	2.0E-08
I 131O	1.3E-07	1.3E-07	7.4E-08	3.7E-08	2.4E-08	1.5E-08
I 131A	7.2E-08	7.2E-08	3.7E-08	1.9E-08	1.1E-08	7.4E-09
I 132E	2.8E-09	2.3E-09	1.3E-09	6.4E-10	4.3E-10	3.1E-10
I 132O	2.0E-09	1.8E-09	9.5E-10	4.4E-10	2.9E-10	1.9E-10
I 132A	1.1E-09	9.6E-10	4.5E-10	2.2E-10	1.3E-10	9.4E-11
I 133E	4.5E-08	4.1E-08	2.1E-08	9.7E-09	6.3E-09	4.0E-09
I 133O	3.5E-08	3.2E-08	1.7E-08	7.6E-09	4.9E-09	3.1E-09
I 133A	1.9E-08	1.8E-08	8.3E-09	3.8E-09	2.2E-09	1.5E-09
I 134E	8.7E-10	6.9E-10	3.9E-10	2.2E-10	1.6E-10	1.5E-10
I 134O	5.1E-10	4.3E-10	2.3E-10	1.1E-10	7.4E-11	5.0E-11
I 134A	4.6E-10	3.7E-10	1.8E-10	9.7E-11	5.9E-11	4.5E-11
I 135E	9.7E-09	8.5E-09	4.5E-09	2.1E-09	1.4E-09	9.2E-10
I 135O	7.5E-09	6.7E-09	3.5E-09	1.6E-09	1.1E-09	6.8E-10
I 135A	4.1E-09	3.7E-09	1.7E-09	7.9E-10	4.8E-10	3.2E-10
XE 131M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

Nuklid	0 - 1 rok	1 -2 roky	2-7 rokov	7-12 rokov	12-17 rokov	Dospelí
XE 133M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 133	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 135M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 135	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 137	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 138	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
CS 134	1.1E-08	7.3E-09	5.2E-09	5.3E-09	6.3E-09	6.6E-09
CS 136	7.3E-09	5.2E-09	2.9E-09	2.0E-09	1.4E-09	1.2E-09
CS 137	8.8E-09	5.4E-09	3.6E-09	3.7E-09	4.4E-09	4.6E-09
CS 138	2.6E-10	1.8E-10	8.1E-11	5.0E-11	2.9E-11	2.4E-11
BA 139	3.3E-10	2.4E-10	1.1E-10	6.0E-11	3.1E-11	3.4E-11
BA 140	1.4E-08	7.8E-09	3.6E-09	2.4E-09	1.6E-09	1.0E-09
LA 140	5.8E-09	4.2E-09	2.0E-09	1.2E-09	6.9E-10	5.7E-10
CE 141	1.4E-08	1.1E-08	6.3E-09	4.6E-09	4.1E-09	3.2E-09
CE 143	5.6E-09	3.9E-09	1.9E-09	1.3E-09	9.3E-10	7.5E-10
CE 144	1.9E-07	1.6E-07	8.8E-08	5.5E-08	4.1E-08	3.6E-08
PR 143	1.2E-08	8.4E-09	4.6E-09	3.2E-09	2.7E-09	2.2E-09
PR 144	1.9E-10	1.2E-10	5.0E-11	3.2E-11	2.1E-11	1.8E-11
ND 147	1.1E-08	8.0E-09	4.5E-09	3.2E-09	2.6E-09	2.1E-09
PM 147	2.1E-08	1.8E-08	1.1E-08	7.0E-09	5.7E-09	5.0E-09
PM 148M	2.4E-08	1.9E-08	1.1E-08	7.7E-09	6.3E-09	5.1E-09
PM 148	1.5E-08	1.0E-08	5.2E-09	3.4E-09	2.4E-09	2.0E-09
PM 149	5.0E-09	3.5E-09	1.7E-09	1.1E-09	8.3E-10	6.7E-10
SM 151	1.1E-08	1.0E-08	6.7E-09	4.5E-09	4.0E-09	4.0E-09
SM 153	4.2E-09	2.9E-09	1.5E-09	1.0E-09	7.9E-10	6.3E-10
EU 154	1.6E-07	1.5E-07	9.7E-08	6.5E-08	5.6E-08	5.3E-08
EU 155	2.6E-08	2.3E-08	1.4E-08	9.2E-09	7.6E-09	6.9E-09
GD 153	1.5E-08	1.2E-08	6.5E-09	3.9E-09	2.4E-09	2.1E-09
HF 175	5.4E-09	4.0E-09	2.1E-09	1.3E-09	8.5E-10	7.2E-10
HF 181	1.3E-08	9.6E-09	4.8E-09	2.8E-09	1.7E-09	1.4E-09
TA 182	3.2E-08	2.6E-08	1.5E-08	1.1E-08	9.5E-09	7.6E-09
W 181	2.5E-10	1.9E-10	9.2E-11	5.7E-11	3.2E-11	2.7E-11
W 187	2.0E-09	1.5E-09	7.0E-10	4.3E-10	2.3E-10	1.9E-10
U 234	3.3E-05	2.9E-05	1.9E-05	1.2E-05	1.0E-05	9.4E-06
U 235	3.0E-05	2.6E-05	1.7E-05	1.1E-05	9.2E-06	8.5E-06
U 236	3.1E-05	2.7E-05	1.8E-05	1.1E-05	9.5E-06	8.7E-06
U 238	2.9E-05	2.5E-05	1.6E-05	1.0E-05	8.7E-06	8.0E-06
NP 239	5.9E-09	4.2E-09	2.0E-09	1.4E-09	1.2E-09	9.3E-10
PU 238	7.8E-05	7.4E-05	5.6E-05	4.4E-05	4.3E-05	4.6E-05
PU 239	8.0E-05	7.7E-05	6.0E-05	4.8E-05	4.7E-05	5.0E-05
PU 240	8.0E-05	7.7E-05	6.0E-05	4.8E-05	4.7E-05	5.0E-05
PU 241	9.1E-07	9.7E-07	9.2E-07	8.3E-07	8.6E-07	9.0E-07
PU 242	7.6E-05	7.3E-05	5.7E-05	4.5E-05	4.5E-05	4.8E-05
AM 241	7.3E-05	6.9E-05	5.1E-05	4.0E-05	4.0E-05	4.2E-05
AM 242M	5.2E-05	5.3E-05	4.1E-05	3.4E-05	3.5E-05	3.7E-05
AM 242	7.6E-08	5.9E-08	3.6E-08	2.4E-08	2.1E-08	1.7E-08

Nuklid	0 - 1 rok	1 -2 roky	2-7 rokov	7-12 rokov	12-17 rokov	Dospelí
AM 243	7.2E-05	6.8E-05	5.0E-05	4.0E-05	4.0E-05	4.1E-05
CM 242	2.2E-05	1.8E-05	1.1E-05	7.3E-06	6.4E-06	5.2E-06
CM 243	6.7E-05	6.1E-05	4.2E-05	3.1E-05	3.0E-05	3.1E-05
CM 244	6.2E-05	5.7E-05	3.7E-05	2.7E-05	2.6E-05	2.7E-05
CM 245	7.3E-05	6.9E-05	5.1E-05	4.1E-05	4.1E-05	4.2E-05

Tabuľka 13: Dávkové faktory z inhalácie na orgány [Sv.Bq⁻¹] [39]

Nuklid	Gonády	Kostná dreň	Pľúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
H 3	1.8E-11	1.8E-11	1.8E-11	1.8E-11	1.8E-11	1.8E-11
BE 7	4.8E-12	3.6E-11	1.8E-10	2.0E-11	2.5E-11	1.2E-11
C 14	6.2E-12	6.2E-12	6.2E-12	6.2E-12	6.2E-12	6.2E-12
F 18	4.4E-13	1.4E-11	2.4E-10	3.4E-12	3.4E-12	1.7E-12
NA 22	8.1E-10	1.6E-09	9.1E-10	9.6E-10	9.7E-10	6.7E-10
NA 24	8.8E-11	1.5E-10	1.3E-10	1.2E-10	1.1E-10	8.1E-11
AR 41	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
K 42	7.3E-11	7.4E-11	1.1E-10	7.5E-11	1.1E-10	7.2E-11
CR 51	1.0E-11	1.4E-11	1.0E-11	1.1E-11	3.3E-11	7.8E-12
MN 54	3.1E-10	1.2E-09	6.0E-10	4.1E-10	8.7E-10	3.2E-10
MN 56	9.0E-12	2.1E-11	4.0E-11	1.2E-11	1.4E-10	9.3E-12
FE 55	2.1E-10	2.8E-09	2.1E-10	2.1E-10	2.3E-10	2.1E-10
FE 59	1.2E-09	3.4E-09	1.7E-09	1.4E-09	2.1E-09	1.1E-09
CO 57	5.0E-11	1.5E-10	3.3E-09	1.3E-10	2.0E-10	7.1E-11
CO 58	1.2E-10	5.7E-10	8.9E-09	4.3E-10	6.2E-10	2.5E-10
CO 60	1.9E-09	4.4E-09	5.2E-08	3.8E-09	3.9E-09	2.4E-09
NI 59	1.8E-10	1.8E-10	1.8E-10	1.8E-10	1.9E-10	1.8E-10
NI 63	4.3E-10	4.3E-10	4.3E-10	4.3E-10	4.6E-10	4.3E-10
CU 64	7.5E-12	9.1E-12	2.1E-11	8.9E-12	6.6E-11	7.1E-12
ZN 65	6.8E-11	1.0E-09	1.0E-08	7.9E-10	5.1E-10	4.5E-10
AS 76	2.6E-11	3.7E-11	3.4E-09	3.2E-11	1.6E-09	2.8E-11
SE 75	6.6E-10	7.1E-10	7.7E-10	5.2E-10	9.5E-10	3.8E-10
BR 84	2.6E-12	3.3E-12	3.1E-11	3.5E-12	3.6E-12	2.7E-12
BR 87	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 85M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 85	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 87	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 88	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 89	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
RB 86	7.4E-10	1.4E-09	7.6E-10	7.4E-10	1.0E-09	7.3E-10
RB 88	1.5E-12	1.7E-12	3.1E-11	1.7E-12	1.9E-12	1.6E-12
RB 89	1.1E-12	1.9E-12	2.2E-11	1.8E-12	1.7E-12	1.3E-12
RB 90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SR 89	1.8E-10	4.3E-09	2.0E-10	1.8E-10	1.3E-09	1.8E-10
SR 90	5.9E-10	1.6E-07	6.1E-10	5.9E-10	1.8E-09	5.9E-10
SR 91	2.2E-11	1.3E-10	5.2E-11	2.6E-11	4.5E-10	2.1E-11
SR 92	1.3E-11	6.1E-11	3.7E-11	1.5E-11	3.5E-10	1.3E-11
Y 90	3.6E-12	1.0E-10	7.0E-09	3.6E-12	2.7E-09	3.6E-12
Y 91M	1.4E-13	2.7E-12	3.7E-11	7.3E-13	4.9E-12	4.3E-13

Nuklid	Gonády	Kostná dreň	Pľúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
Y 91	6.0E-11	3.0E-09	5.0E-08	6.1E-11	2.5E-09	6.1E-11
ZR 95	5.5E-10	7.9E-09	1.1E-09	9.9E-10	1.5E-09	7.1E-10
ZR 97	6.0E-11	3.5E-10	9.8E-11	7.0E-11	1.2E-09	5.8E-11
NB 95	6.0E-11	4.1E-10	9.5E-09	2.2E-10	5.2E-10	1.4E-10
NB 97	3.5E-13	1.9E-12	1.5E-10	1.3E-12	3.5E-11	8.2E-13
MO 99	7.9E-11	2.0E-10	1.1E-10	8.4E-11	2.3E-10	7.7E-11
MO 101	8.9E-13	1.4E-12	2.5E-11	1.4E-12	2.4E-12	1.0E-12
TC 99M	1.1E-12	1.7E-12	4.7E-12	3.9E-11	7.5E-12	9.8E-13
TC 99	2.5E-11	2.5E-11	4.2E-11	6.4E-10	3.4E-10	2.5E-11
RU 103	3.2E-10	3.5E-10	3.3E-10	3.3E-10	6.5E-10	2.5E-10
RU 105	1.1E-11	1.4E-11	3.6E-11	1.3E-11	1.7E-10	1.0E-11
RU 106	7.1E-09	7.1E-09	7.1E-09	7.1E-09	1.0E-08	7.0E-09
RH 105	1.6E-11	1.7E-11	3.5E-11	1.7E-11	2.5E-10	1.5E-11
RH 106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
AG 110M	2.0E-09	3.5E-09	4.6E-09	2.3E-09	6.2E-09	2.1E-09
SN 113	2.3E-10	1.2E-09	2.8E-10	2.8E-10	7.9E-10	2.2E-10
SN 123	3.9E-10	3.0E-09	4.2E-10	3.9E-10	2.1E-09	3.9E-10
SN 125	1.1E-10	1.9E-09	1.5E-10	1.2E-10	2.4E-09	1.1E-10
SB 124	4.0E-10	2.3E-09	5.3E-10	4.8E-10	1.7E-09	3.7E-10
SB 125	5.4E-10	3.5E-09	7.2E-10	6.5E-10	1.1E-09	4.9E-10
SB 127	7.2E-11	5.1E-10	1.0E-10	8.0E-11	9.2E-10	6.7E-11
SB 129	1.4E-11	4.5E-11	4.3E-11	1.8E-11	3.1E-10	1.4E-11
TE 125M	4.3E-11	1.5E-09	7.9E-11	9.3E-10	2.6E-10	4.6E-11
TE 127M	1.1E-10	7.4E-09	1.4E-10	2.8E-09	5.6E-10	1.1E-10
TE 127	4.9E-12	1.1E-11	2.6E-11	1.9E-11	1.2E-10	4.9E-12
TE 129M	1.9E-10	4.8E-09	2.2E-10	4.1E-09	1.3E-09	1.9E-10
TE 129	1.7E-12	2.0E-12	2.4E-11	2.4E-12	1.9E-11	1.7E-12
TE 131M	5.6E-11	1.6E-10	9.1E-11	1.3E-08	5.7E-10	5.0E-11
TE 131	8.3E-13	1.1E-12	2.4E-11	3.1E-10	3.5E-12	8.9E-13
TE 132	2.0E-10	2.9E-10	2.0E-10	2.5E-08	1.1E-09	1.5E-10
I 129	3.9E-11	4.8E-11	6.3E-11	7.1E-07	7.3E-11	4.8E-11
I 131	1.4E-11	3.7E-11	6.0E-11	1.5E-07	2.0E-11	2.5E-11
I 132	9.1E-12	1.1E-11	3.6E-11	1.4E-09	1.2E-11	8.2E-12
I 133	1.4E-11	1.8E-11	4.2E-11	2.8E-08	1.9E-11	1.4E-11
I 134	4.0E-12	5.5E-12	3.0E-11	2.6E-10	5.6E-12	4.0E-12
I 135	1.3E-11	1.7E-11	4.0E-11	5.7E-09	1.7E-11	1.3E-11
XE 131M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 133M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 133	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 135M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 135	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 137	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 138	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
CS 134	5.9E-09	6.3E-09	6.0E-09	6.3E-09	6.8E-09	4.4E-09
CS 136	9.1E-10	9.8E-10	9.6E-10	1.0E-09	1.1E-09	6.6E-10

Nuklid	Gonády	Kostná dreň	Pľúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
CS 137	4.2E-09	4.4E-09	4.3E-09	4.4E-09	4.8E-09	3.6E-09
CS 138	2.9E-12	3.9E-12	3.1E-11	4.2E-12	4.1E-12	3.1E-12
BA 139	1.7E-12	1.2E-11	2.9E-11	1.7E-12	1.7E-10	1.7E-12
BA 140	1.1E-10	1.4E-09	1.5E-10	1.2E-10	2.8E-09	1.0E-10
LA 140	6.9E-11	2.9E-10	1.8E-10	9.0E-11	1.0E-09	8.2E-11
CE 141	2.1E-11	2.9E-10	2.4E-08	3.8E-11	7.0E-10	2.9E-11
CE 143	6.0E-12	4.4E-11	4.3E-09	9.4E-12	1.1E-09	7.3E-12
CE 144	1.7E-09	2.8E-08	1.9E-07	1.8E-09	7.3E-09	1.7E-09
PR 143	7.5E-13	1.2E-10	1.5E-08	7.5E-13	1.1E-09	7.5E-13
PR 144	6.8E-14	9.1E-14	5.4E-11	8.2E-14	2.2E-12	7.5E-14
ND 147	4.6E-12	2.4E-10	1.5E-08	1.7E-11	9.9E-10	1.1E-11
PM 147	4.0E-13	6.1E-09	2.0E-08	4.1E-13	2.7E-10	4.0E-13
PM 148M	1.3E-10	2.0E-09	3.1E-08	6.7E-10	1.9E-09	4.5E-10
PM 148	1.4E-11	2.3E-10	1.1E-08	3.9E-11	2.5E-09	2.7E-11
PM 149	7.9E-13	3.0E-11	3.9E-09	9.9E-13	1.0E-09	8.6E-13
SM 151	1.4E-13	8.7E-09	3.1E-09	1.5E-13	9.8E-11	1.8E-13
SM 153	1.3E-12	2.3E-11	4.0E-09	2.2E-12	7.5E-10	1.7E-12
EU 154	3.3E-09	9.1E-08	1.0E-07	7.5E-09	2.1E-08	7.8E-09
EU 155	8.4E-11	1.0E-08	1.9E-08	2.6E-10	1.1E-09	2.3E-10
GD 153	7.0E-11	4.8E-09	7.0E-10	2.0E-10	7.3E-10	1.8E-10
HF 175	1.6E-10	2.4E-09	3.4E-10	2.9E-10	5.6E-10	1.9E-10
HF 181	2.1E-10	4.5E-09	3.9E-10	3.3E-10	1.0E-09	2.3E-10
TA 182	3.2E-10	1.5E-09	5.4E-08	8.8E-10	1.9E-09	5.6E-10
W 181	2.1E-12	1.6E-11	4.2E-12	2.8E-12	6.2E-11	2.1E-12
W 187	1.2E-11	2.4E-11	3.7E-11	1.2E-11	7.2E-10	1.0E-11
U 234	1.6E-08	5.2E-08	7.8E-05	1.6E-08	2.2E-08	1.6E-08
U 235	1.5E-08	5.0E-08	7.0E-05	1.6E-08	2.1E-08	1.6E-08
U 236	1.5E-08	4.9E-08	7.2E-05	1.5E-08	2.0E-08	1.5E-08
U 238	1.5E-08	4.9E-08	6.7E-05	1.5E-08	2.1E-08	1.5E-08
NP 239	1.0E-11	4.5E-11	6.3E-09	8.2E-12	7.7E-10	5.7E-12
PU 238	1.9E-05	6.9E-05	3.7E-05	2.4E-06	2.4E-06	2.4E-06
PU 239	2.1E-05	7.4E-05	3.3E-05	2.7E-06	2.7E-06	2.7E-06
PU 240	2.1E-05	7.4E-05	3.3E-05	2.7E-06	2.7E-06	2.7E-06
PU 241	4.2E-07	1.2E-06	6.6E-08	5.6E-08	5.6E-08	5.6E-08
PU 242	2.0E-05	7.0E-05	3.1E-05	2.6E-06	2.6E-06	2.6E-06
AM 241	3.3E-05	5.8E-05	3.7E-05	2.9E-06	2.9E-06	2.9E-06
AM 242M	3.2E-05	5.5E-05	8.8E-06	2.9E-06	2.9E-06	2.9E-06
AM 242	1.6E-09	6.3E-09	1.2E-07	1.2E-10	4.4E-10	1.2E-10
AM 243	3.3E-05	5.7E-05	3.5E-05	2.9E-06	2.9E-06	2.9E-06
CM 242	4.8E-07	1.9E-06	3.5E-05	3.5E-08	4.0E-08	3.5E-08
CM 243	2.3E-05	4.5E-05	4.0E-05	1.7E-06	1.7E-06	1.7E-06
CM 244	1.8E-05	3.9E-05	3.9E-05	1.3E-06	1.3E-06	1.3E-06
CM 245	3.4E-05	5.9E-05	3.6E-05	3.0E-06	3.0E-06	3.0E-06

* horná časť hrubého čreva

DF z ingescie pre 6 vekových kategórií a efektívnu dávku [Sv.Bq⁻¹] [2]

Tabuľka 14: Dávkové faktory z ingescie [2] a [39]

Nuklid	0 - 1 rok	1-2 roky	2-7 rokov	7-12 rokov	12-17 rokov	Dospelí
H 3	6.4E-11	4.8E-11	3.1E-11	2.3E-11	1.8E-11	1.8E-11
C 14	1.4E-09	1.6E-09	9.9E-10	8.0E-10	5.7E-10	5.8E-10
F 18	5.2E-10	3.0E-10	1.5E-10	9.1E-11	6.2E-11	4.9E-11
NA 22	2.1E-08	1.5E-08	8.4E-09	5.5E-09	3.7E-09	3.2E-09
NA 24	3.5E-09	2.3E-09	1.2E-09	7.7E-10	5.2E-10	4.3E-10
AR 41	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
K 42	5.1E-09	3.0E-09	1.5E-09	8.6E-10	5.4E-10	4.3E-10
CR 51	3.5E-10	2.3E-10	1.2E-10	7.8E-11	4.8E-11	3.8E-11
MN 54	5.4E-09	3.1E-09	1.9E-09	1.3E-09	8.7E-10	7.1E-10
MN 56	2.7E-09	1.7E-09	8.5E-10	5.1E-10	3.2E-10	2.5E-10
FE 55	7.6E-09	2.4E-09	1.7E-09	1.1E-09	7.7E-10	3.3E-10
FE 59	3.9E-08	1.3E-08	7.5E-09	4.7E-09	3.1E-09	1.8E-09
CO 57	2.9E-09	1.6E-09	8.9E-10	5.8E-10	3.7E-10	2.1E-10
CO 58	7.3E-09	4.4E-09	2.6E-09	1.7E-09	1.1E-09	7.4E-10
CO 60	5.4E-08	2.7E-08	1.7E-08	1.1E-08	7.9E-09	3.4E-09
NI 59	6.4E-10	3.4E-10	1.9E-10	1.1E-10	7.3E-11	6.3E-11
NI 63	1.6E-09	8.4E-10	4.6E-10	2.8E-10	1.8E-10	1.5E-10
CU 64	5.2E-10	8.3E-10	4.2E-10	2.5E-10	1.5E-10	1.2E-10
ZN 65	3.6E-08	1.6E-08	9.7E-09	6.4E-09	4.5E-09	3.9E-09
AS 76	1.0E-08	1.1E-08	5.8E-09	3.4E-09	2.0E-09	1.6E-09
SE 75	2.0E-08	1.3E-08	8.3E-09	6.0E-09	3.1E-09	2.6E-09
KR 85M	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
KR 85	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
KR 87	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
KR 88	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
KR 89	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
KR 90	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
RB 86	3.1E-08	2.0E-08	9.9E-09	5.9E-09	3.5E-09	2.8E-09
RB 88	1.1E-09	6.2E-10	3.0E-10	1.7E-10	1.2E-10	9.0E-11
RB 89	5.4E-10	3.0E-10	1.5E-10	8.6E-11	5.9E-11	4.7E-11
SR 89	3.6E-08	1.8E-08	8.9E-09	5.8E-09	4.0E-09	2.6E-09
SR 90	2.3E-07	7.3E-08	4.7E-08	6.0E-08	8.0E-08	2.8E-08
SR 91	5.2E-09	4.0E-09	2.1E-09	1.2E-09	7.4E-10	6.5E-10
SR 92	3.4E-09	2.7E-09	1.4E-09	8.2E-10	4.8E-10	4.3E-10
Y 90	3.1E-08	2.0E-08	1.0E-08	5.9E-09	3.3E-09	2.7E-09
Y 91M	9.2E-11	6.0E-11	3.3E-11	2.1E-11	1.4E-11	1.1E-11
Y 91	2.8E-08	1.8E-08	8.8E-09	5.2E-09	2.9E-09	2.4E-09
ZR 95	8.5E-09	5.6E-09	3.0E-09	1.9E-09	1.2E-09	9.5E-10
ZR 97	2.2E-08	1.4E-08	7.3E-09	4.4E-09	2.6E-09	2.1E-09
NB 95	4.6E-09	3.2E-09	1.8E-09	1.1E-09	7.4E-10	5.8E-10
NB 97	7.7E-10	4.5E-10	2.3E-10	1.3E-10	8.7E-11	6.8E-11
MO 99	5.5E-09	3.5E-09	1.8E-09	1.1E-09	7.6E-10	6.0E-10
TC 99M	2.0E-10	1.3E-10	7.2E-11	4.3E-11	2.8E-11	2.2E-11

Nuklid	0 - 1 rok	1-2 roky	2-7 rokov	7-12 rokov	12-17 rokov	Dospelí
TC 99	1.0E-08	4.8E-09	2.3E-09	1.3E-09	8.2E-10	6.4E-10
RU 103	7.1E-09	4.6E-09	2.4E-09	1.5E-09	9.2E-10	7.3E-10
RU 105	2.7E-09	1.8E-09	9.1E-10	5.5E-10	3.3E-10	2.6E-10
RU 106	8.4E-08	4.9E-08	2.5E-08	1.5E-08	8.6E-09	7.0E-09
RH 105	4.0E-09	2.7E-09	1.3E-09	8.0E-10	4.6E-10	3.7E-10
RH 106	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
AG 110M	2.4E-08	1.4E-08	7.8E-09	5.2E-09	3.4E-09	2.8E-09
SN 113	7.8E-09	5.0E-09	2.6E-09	1.6E-09	9.2E-10	7.3E-10
SN 123	2.5E-08	1.6E-08	7.8E-09	4.6E-09	2.6E-09	2.1E-09
SN 125	3.5E-08	2.2E-08	1.1E-08	6.7E-09	3.8E-09	3.1E-09
SB 124	2.5E-08	1.6E-08	8.4E-09	5.2E-09	3.2E-09	2.5E-09
SB 125	1.1E-08	6.1E-09	3.4E-09	2.1E-09	1.4E-09	1.1E-09
TE 125M	1.3E-08	6.3E-09	3.3E-09	1.9E-09	1.1E-09	8.7E-10
TE 127M	4.1E-08	1.8E-08	9.5E-09	5.2E-09	3.0E-09	2.3E-09
TE 127	1.5E-09	1.2E-09	6.2E-10	3.6E-10	2.1E-10	1.7E-10
TE 129M	4.4E-08	2.4E-08	1.2E-08	6.6E-09	3.9E-09	3.0E-09
TE 129	7.5E-10	4.4E-10	2.1E-10	1.2E-10	8.0E-11	6.3E-11
TE 131M	2.0E-08	1.4E-08	7.8E-09	4.3E-09	2.7E-09	1.9E-09
TE 131	9.0E-10	6.6E-10	3.5E-10	1.9E-10	1.2E-10	8.7E-11
TE 132	4.8E-08	3.0E-08	1.6E-08	8.3E-09	5.3E-09	3.8E-09
I 129	1.8E-07	2.2E-07	1.7E-07	1.9E-07	1.4E-07	1.1E-07
I 131	1.8E-07	1.8E-07	1.0E-07	5.2E-08	3.4E-08	2.2E-08
I 132	3.0E-09	2.4E-09	1.3E-09	6.2E-10	4.1E-10	2.9E-10
I 133	4.9E-08	4.4E-08	2.3E-08	1.0E-08	6.8E-09	4.3E-09
I 134	1.1E-09	7.5E-10	3.9E-10	2.1E-10	1.4E-10	1.1E-10
I 135	1.0E-08	8.9E-09	4.7E-09	2.2E-09	1.4E-09	9.3E-10
XE 131M	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
XE 133M	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
XE 133	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
XE 135M	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
XE 135	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
XE 137	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
XE 138	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00	.0E+00
CS 134	2.6E-08	1.6E-08	1.3E-08	1.4E-08	1.9E-08	1.9E-08
CS 136	1.5E-08	9.5E-09	6.1E-09	4.4E-09	3.4E-09	3.0E-09
CS 137	2.1E-08	1.2E-08	9.6E-09	1.0E-08	1.3E-08	1.3E-08
CS 138	1.1E-09	5.9E-10	2.9E-10	1.7E-10	1.2E-10	9.2E-11
BA 140	3.2E-08	1.8E-08	9.2E-09	5.8E-09	3.7E-09	2.6E-09
LA 140	2.0E-08	1.3E-08	6.8E-09	4.2E-09	2.5E-09	2.0E-09
CE 141	8.1E-09	5.1E-09	2.6E-09	1.5E-09	8.8E-10	7.1E-10
CE 143	1.2E-08	8.0E-09	4.1E-09	2.4E-09	1.4E-09	1.1E-09
CE 144	6.6E-08	3.9E-08	1.9E-08	1.1E-08	6.5E-09	5.2E-09
PR 143	1.4E-08	8.7E-09	4.3E-09	2.6E-09	1.5E-09	1.2E-09
PR 144	6.4E-10	3.5E-10	1.7E-10	9.5E-11	6.5E-11	5.0E-11
ND 147	1.2E-08	7.8E-09	3.9E-09	2.3E-09	1.3E-09	1.1E-09
PM 147	3.6E-09	1.9E-09	9.6E-10	5.7E-10	3.2E-10	2.6E-10

Nuklid	0 - 1 rok	1-2 roky	2-7 rokov	7-12 rokov	12-17 rokov	Dospelí
PM 148M	1.5E-08	1.0E-08	5.5E-09	3.5E-09	2.2E-09	1.7E-09
PM 148	3.0E-08	1.9E-08	9.7E-09	5.8E-09	3.3E-09	2.7E-09
PM 149	1.2E-08	7.4E-09	3.7E-09	2.2E-09	1.2E-09	9.9E-10
SM 151	1.5E-09	6.4E-10	3.3E-10	2.0E-10	1.2E-10	9.8E-11
SM 153	8.4E-09	5.4E-09	2.7E-09	1.6E-09	9.2E-10	7.4E-10
EU 154	2.5E-08	1.2E-08	6.5E-09	4.1E-09	2.5E-09	2.0E-09
EU 155	4.3E-09	2.2E-09	1.1E-09	6.8E-10	4.0E-10	3.2E-10
GD 153	2.9E-09	1.8E-09	9.4E-10	5.8E-10	3.4E-10	2.7E-10
HF 175	3.8E-09	2.4E-09	1.3E-09	8.4E-10	5.2E-10	4.1E-10
HF 181	1.2E-08	7.4E-09	3.8E-09	2.3E-09	1.4E-09	1.1E-09
TA 182	1.4E-08	9.4E-09	5.0E-09	3.1E-09	1.9E-09	1.5E-09
W 181	6.3E-10	4.7E-10	2.5E-10	1.6E-10	9.5E-11	7.6E-11
W 187	5.5E-09	4.3E-09	2.2E-09	1.3E-09	7.8E-10	6.3E-10
U 234	3.7E-07	1.3E-07	8.8E-08	7.4E-08	7.4E-08	4.9E-08
U 235	3.5E-07	1.3E-07	8.5E-08	7.1E-08	7.0E-08	4.7E-08
U 236	3.5E-07	1.3E-07	8.4E-08	7.0E-08	7.0E-08	4.7E-08
U 238	3.4E-07	1.2E-07	8.0E-08	6.8E-08	6.7E-08	4.5E-08
NP 239	8.9E-09	5.7E-09	2.9E-09	1.7E-09	1.0E-09	8.0E-10
PU 238	4.0E-06	4.0E-07	3.1E-07	2.4E-07	2.2E-07	2.3E-07
PU 239	4.2E-06	4.2E-07	3.3E-07	2.7E-07	2.4E-07	2.5E-07
PU 240	4.2E-06	4.2E-07	3.3E-07	2.7E-07	2.4E-07	2.5E-07
PU 241	5.6E-08	5.7E-09	5.5E-09	5.1E-09	4.8E-09	4.8E-09
PU 242	4.0E-06	4.0E-07	3.2E-07	2.6E-07	2.3E-07	2.4E-07
AM 241	3.7E-06	3.7E-07	2.7E-07	2.2E-07	2.0E-07	2.0E-07
AM 242M	3.1E-06	3.0E-07	2.3E-07	2.0E-07	1.9E-07	1.9E-07
AM 242	5.0E-09	2.2E-09	1.1E-09	6.4E-10	3.7E-10	3.0E-10
AM 243	3.6E-06	3.7E-07	2.7E-07	2.2E-07	2.0E-07	2.0E-07
CM 242	5.9E-07	7.6E-08	3.9E-08	2.4E-08	1.5E-08	1.2E-08
CM 243	3.2E-06	3.3E-07	2.2E-07	1.6E-07	1.4E-07	1.5E-07
CM 244	2.9E-06	2.9E-07	1.9E-07	1.4E-07	1.2E-07	1.2E-07
CM 245	3.7E-06	3.7E-07	2.8E-07	2.3E-07	2.1E-07	2.1E-07

Tabuľka 15: Dávkové faktory z ingescie na orgány [Sv.Bq⁻¹] [39]

Nuklid	Gonády	Kostná dreň	Pľúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
H 3	1.8E-11	1.8E-11	1.8E-11	1.8E-11	1.8E-11	1.8E-11
C 14	5.7E-10	5.7E-10	5.7E-10	5.7E-10	5.8E-10	5.7E-10
F 18	2.4E-12	6.5E-11	7.2E-12	4.4E-12	1.8E-11	3.9E-12
NA 22	2.4E-09	4.6E-09	2.6E-09	2.7E-09	2.9E-09	1.9E-09
NA 24	2.6E-10	3.9E-10	2.6E-10	2.7E-10	3.9E-10	2.1E-10
AR 41	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
K 42	2.1E-10	2.1E-10	2.1E-10	2.1E-10	4.3E-10	2.1E-10
CR 51	7.0E-12	1.1E-11	4.5E-12	4.2E-12	1.3E-10	4.2E-12
MN 54	3.8E-12	7.0E-12	9.4E-13	4.6E-13	1.3E-10	1.6E-12
MN 56	2.0E-10	6.1E-10	2.5E-10	1.6E-10	1.4E-09	1.6E-10
FE 55	7.2E-12	2.4E-11	7.9E-12	2.2E-12	1.4E-09	7.6E-12
FE 59	8.5E-11	1.1E-09	8.5E-11	8.5E-11	1.8E-10	8.5E-11
CO 57	5.9E-11	7.7E-11	5.8E-11	5.3E-11	5.9E-10	4.1E-11
CO 58	2.1E-10	3.1E-10	1.5E-10	1.3E-10	1.9E-09	1.3E-10
CO 60	1.8E-09	2.1E-09	1.8E-09	1.7E-09	6.5E-09	1.3E-09
NI 59	3.7E-11	3.7E-11	3.7E-11	3.7E-11	1.5E-10	3.7E-11
NI 63	8.7E-11	8.7E-11	8.7E-11	8.7E-11	3.7E-10	8.7E-11
CU 64	1.4E-11	1.9E-11	1.3E-11	1.2E-11	6.2E-10	1.2E-11
ZN 65	3.1E-09	4.8E-09	3.2E-09	3.5E-09	4.3E-09	2.3E-09
AS 76	1.1E-10	1.2E-10	1.0E-10	9.6E-11	8.1E-09	9.8E-11
SE 75	1.7E-09	1.8E-09	1.9E-09	1.3E-09	2.5E-09	9.5E-10
KR 85M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 85	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 87	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 88	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 89	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
RB 86	2.2E-09	4.2E-09	2.2E-09	2.2E-09	3.1E-09	2.1E-09
RB 88	2.2E-12	2.6E-12	2.7E-12	2.2E-12	6.5E-12	2.3E-12
RB 89	2.0E-12	3.8E-12	3.4E-12	2.1E-12	7.2E-12	2.4E-12
SR 89	2.0E-10	4.8E-09	2.0E-10	2.0E-10	7.8E-09	2.0E-10
SR 90	6.6E-10	1.8E-07	6.6E-10	6.6E-10	5.8E-09	6.6E-10
SR 91	3.4E-11	1.6E-10	2.6E-11	2.0E-11	3.7E-09	2.6E-11
SR 92	1.5E-11	6.4E-11	1.5E-11	1.1E-11	3.1E-09	1.5E-11
Y 90	1.3E-14	3.7E-13	1.3E-14	1.3E-14	1.4E-08	1.3E-14
Y 91M	4.0E-13	2.2E-12	1.0E-12	6.9E-14	2.8E-11	6.8E-13
Y 91	4.7E-13	6.6E-12	1.9E-13	1.3E-13	1.0E-08	2.9E-13
ZR 95	1.0E-10	4.7E-10	6.0E-11	4.2E-11	3.1E-09	6.3E-11
ZR 97	5.5E-11	1.3E-10	1.7E-11	3.9E-12	1.2E-08	3.0E-11
NB 95	8.7E-11	1.8E-10	3.0E-11	1.3E-11	1.8E-09	4.3E-11
NB 97	8.5E-13	4.1E-12	1.6E-12	1.4E-13	2.1E-10	1.2E-12
MO 99	2.4E-10	6.1E-10	2.7E-10	2.5E-10	4.2E-10	2.3E-10

Nuklid	Gonády	Kostná dreň	Pľúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
TC 99M	2.1E-12	4.3E-12	2.1E-12	4.7E-11	7.7E-11	1.6E-12
TC 99	3.9E-11	3.9E-11	3.9E-11	1.0E-09	1.4E-09	3.9E-11
RU 103	1.1E-10	1.6E-10	7.2E-11	6.7E-11	2.6E-09	7.0E-11
RU 105	7.6E-12	2.2E-11	5.5E-12	1.7E-12	1.6E-09	6.3E-12
RU 106	1.5E-09	1.5E-09	1.4E-09	1.4E-09	2.5E-08	1.4E-09
RH 105	7.3E-12	1.2E-11	3.9E-12	3.0E-12	1.9E-09	4.7E-12
RH 106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
AG 110M	6.8E-10	1.2E-09	9.8E-10	4.6E-10	6.2E-09	5.4E-10
SN 113	4.7E-11	1.5E-10	2.7E-11	2.3E-11	2.8E-09	2.9E-11
SN 123	3.3E-11	2.5E-10	3.2E-11	3.2E-11	9.0E-09	3.2E-11
SN 125	3.7E-11	2.1E-10	1.6E-11	1.0E-11	1.4E-08	2.2E-11
SB 124	3.2E-10	1.2E-09	2.3E-10	1.9E-10	8.5E-09	2.2E-10
SB 125	2.5E-10	1.5E-09	2.9E-10	2.6E-10	2.5E-09	2.1E-10
TE 125M	4.9E-11	1.7E-09	6.1E-11	1.0E-09	1.6E-09	5.1E-11
TE 127M	1.2E-10	8.2E-09	1.3E-10	3.1E-09	3.0E-09	1.2E-10
TE 127	4.4E-12	1.0E-11	4.4E-12	1.7E-11	1.1E-09	4.4E-12
TE 129M	2.1E-10	5.3E-09	2.2E-10	4.6E-09	8.0E-09	2.1E-10
TE 129	5.9E-13	9.4E-13	6.7E-13	7.5E-13	1.8E-10	6.2E-13
TE 131M	1.1E-10	2.6E-10	7.3E-11	1.8E-08	4.4E-09	7.4E-11
TE 131	2.9E-13	1.1E-12	8.0E-13	8.9E-10	3.0E-11	4.9E-13
TE 132	3.6E-10	5.3E-10	2.2E-10	3.1E-08	7.4E-09	2.2E-10
I 129	1.2E-10	1.4E-10	1.5E-10	2.1E-06	2.2E-10	1.4E-10
I 131	4.0E-11	1.0E-10	1.0E-10	4.3E-07	8.8E-11	6.9E-11
I 132	2.3E-11	2.6E-11	2.5E-11	3.4E-09	5.2E-11	1.9E-11
I 133	4.0E-11	4.7E-11	4.5E-11	8.2E-08	9.6E-11	3.7E-11
I 134	8.7E-12	1.1E-11	1.2E-11	5.4E-10	2.6E-11	8.0E-12
I 135	3.8E-11	4.0E-11	3.8E-11	1.6E-08	7.5E-11	3.0E-11
XE 131M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 133M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 133	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 135M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 135	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 137	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 138	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
CS 134	1.7E-08	1.8E-08	1.7E-08	1.8E-08	2.0E-08	1.3E-08
CS 136	2.7E-09	2.8E-09	2.7E-09	2.9E-09	3.2E-09	1.9E-09
CS 137	1.2E-08	1.3E-08	1.3E-08	1.3E-08	1.4E-08	1.1E-08
CS 138	5.5E-12	7.5E-12	8.0E-12	5.6E-12	1.8E-11	5.7E-12
BA 140	1.6E-10	1.2E-09	1.1E-10	8.7E-11	8.5E-09	1.1E-10
LA 140	1.3E-10	2.6E-10	3.6E-11	5.2E-12	9.2E-09	6.9E-11
CE 141	8.0E-12	1.9E-11	1.4E-12	3.0E-13	3.1E-09	3.2E-12
CE 143	1.5E-11	3.5E-11	3.5E-12	3.6E-13	5.8E-09	7.3E-12
CE 144	1.6E-11	1.9E-10	1.3E-11	1.2E-11	2.3E-08	1.4E-11
PR 143	1.1E-14	1.7E-12	1.1E-14	1.1E-14	5.3E-09	1.1E-14
PR 144	6.4E-15	3.4E-14	2.7E-14	2.7E-15	1.8E-11	1.4E-14

Nuklid	Gonády	Kostná dreň	Plúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
ND 147	1.4E-11	3.1E-11	2.3E-12	2.2E-13	4.7E-09	5.6E-12
PM 147	2.7E-15	3.5E-11	2.5E-15	2.3E-15	1.1E-09	2.5E-15
PM 148M	2.2E-10	4.1E-10	4.4E-11	6.1E-12	5.8E-09	9.2E-11
PM 148	4.8E-11	9.4E-11	1.1E-11	1.6E-12	1.2E-08	2.3E-11
PM 149	7.7E-13	2.1E-12	1.6E-13	2.5E-14	5.1E-09	3.4E-13
SM 151	8.0E-16	4.6E-11	2.0E-15	7.8E-16	3.5E-10	9.9E-16
SM 153	3.8E-12	9.5E-12	5.8E-13	2.4E-14	3.8E-09	1.6E-12
EU 154	1.4E-10	7.2E-10	1.3E-10	3.9E-11	6.9E-09	9.7E-11
EU 155	6.9E-12	7.0E-11	5.5E-12	1.2E-12	1.2E-09	3.5E-12
GD 153	1.1E-11	3.4E-11	2.6E-12	4.3E-13	1.0E-09	4.3E-12
HF 175	4.3E-11	9.9E-11	8.9E-12	2.9E-12	1.4E-09	1.7E-11
HF 181	6.4E-11	1.5E-10	1.3E-11	3.5E-12	4.3E-09	2.6E-11
TA 182	1.3E-10	2.5E-10	3.1E-11	9.0E-12	5.5E-09	6.4E-11
W 181	5.1E-12	2.3E-11	4.2E-12	2.6E-12	2.6E-10	3.1E-12
W 187	2.7E-11	5.4E-11	1.3E-11	8.5E-12	3.3E-09	1.6E-11
U 234	2.7E-08	8.1E-08	2.8E-08	2.7E-08	4.4E-08	2.7E-08
U 235	2.6E-08	7.6E-08	2.6E-08	2.6E-08	4.3E-08	2.6E-08
U 236	2.6E-08	7.7E-08	2.6E-08	2.6E-08	4.2E-08	2.6E-08
U 238	2.5E-08	7.5E-08	2.5E-08	2.4E-08	3.9E-08	2.4E-08
NP 239	1.2E-11	2.6E-11	2.1E-12	1.5E-13	3.9E-09	5.0E-12
PU 238	9.9E-08	3.7E-07	1.3E-08	1.3E-08	3.2E-08	1.3E-08
PU 239	1.1E-07	3.9E-07	1.4E-08	1.4E-08	3.3E-08	1.4E-08
PU 240	1.1E-07	3.9E-07	1.4E-08	1.4E-08	3.3E-08	1.4E-08
PU 241	2.2E-09	6.4E-09	3.0E-10	3.0E-10	3.9E-10	3.0E-10
PU 242	1.0E-07	3.7E-07	1.4E-08	1.4E-08	3.1E-08	1.4E-08
AM 241	1.7E-07	3.1E-07	1.5E-08	1.5E-08	3.5E-08	1.5E-08
AM 242M	1.7E-07	2.9E-07	1.5E-08	1.5E-08	1.8E-08	1.5E-08
AM 242	1.1E-11	4.6E-11	8.9E-13	7.8E-13	1.7E-09	1.0E-12
AM 243	1.7E-07	3.0E-07	1.5E-08	1.5E-08	3.5E-08	1.5E-08
CM 242	3.3E-09	1.3E-08	2.3E-10	2.3E-10	2.2E-08	2.3E-10
CM 243	1.2E-07	2.4E-07	9.3E-09	9.3E-09	3.2E-08	9.3E-09
CM 244	9.7E-08	2.1E-07	6.9E-09	6.9E-09	2.7E-08	6.9E-09
CM 245	1.8E-07	3.1E-07	1.6E-08	1.6E-08	3.6E-08	1.6E-08

* vrchná časť hrubého čreva

Tabuľka 16: Opravný koeficient K^a , pre jednotlivé vekové kategórie [40]

Nuklid	0-1 rok	1-2 roky	2-7 rokov	7-12 rokov	12-17 rokov	Nuklid	0-1 rok	1-2 roky	2-7 rokov	7-12 rokov	12-17 rokov
H 3	10.67	4.10	4.10	2.47	1.62	RU 106	7.18	4.15	4.15	2.13	1.27
BE 7	4.36	2.77	2.77	1.89	1.23	RH 105	10.33	4.26	4.26	2.29	1.41
C 14	9.95	4.67	4.67	2.34	1.36	RH 106	7.18	4.15	4.15	2.13	1.27
F 18	5.38	2.97	2.97	2.10	1.28	AG 110M	8.69	3.70	3.70	2.26	1.56
NA 22	6.03	3.16	3.16	1.96	1.27	SN 113	4.82	3.04	3.04	2.02	1.22
NA 24	4.07	3.34	3.34	2.03	1.29	SB 124	7.41	3.40	3.40	2.16	1.42
K 42	11.23	4.59	4.59	2.36	1.40	SB 125	9.60	4.00	4.00	2.31	1.45
CR 51	6.06	3.18	3.18	1.93	1.28	TE 125M	6.91	4.26	4.26	2.93	1.33
MN 54	4.47	2.63	2.63	1.82	1.29	TE 127M	7.65	4.38	4.38	2.65	1.29
MN 56	5.50	2.91	2.91	1.84	1.28	TE 127	10.73	4.34	4.34	2.30	1.41
FE 55	4.84	3.06	3.06	1.75	1.18	TE 129M	9.32	4.49	4.49	2.71	1.38
FE 59	5.81	3.12	3.12	1.92	1.30	TE 129	10.05	4.07	4.07	2.26	1.43
CO 58	4.35	2.59	2.59	1.67	1.21	TE 132	8.96	3.93	3.93	2.19	1.43
CO 60	3.45	2.44	2.44	1.55	1.13	I 129	12.77	6.72	6.72	2.60	1.60
NI 63	4.75	3.08	3.08	1.62	1.11	I 131	13.54	7.21	7.21	2.72	1.74
CU 64	8.96	3.87	3.87	2.15	1.37	I 132	7.33	3.45	3.45	1.98	1.28
ZN 65	4.17	2.81	2.81	1.77	1.19	I 133	13.25	7.10	7.10	2.70	1.73
AS 76	8.76	3.71	3.71	2.21	1.48	I 134	13.25	7.10	7.10	2.70	1.73
SE 75	4.70	2.74	2.74	1.83	1.29	I 135	13.25	7.10	7.10	2.70	1.73
BR 84 (87)	6.10	3.10	3.10	1.88	1.27	CS 134	5.15	3.13	3.13	1.85	1.23
RB 86	10.05	4.44	4.44	2.35	1.36	CS 136	5.86	3.09	3.09	1.87	1.26
SR 89	8.83	4.52	4.52	2.74	1.36	CS 137	8.45	4.52	4.52	2.27	1.32
SR 90	3.06	2.18	2.18	1.32	1.05	BA 140	9.44	4.38	4.38	2.72	1.37
SR 91	9.12	4.13	4.13	2.61	1.39	LA 140	5.15	2.64	2.64	1.84	1.38
Y 90	10.25	3.71	3.71	2.44	1.70	CE 141	8.56	3.59	3.59	2.31	1.57
Y 91M	5.57	2.91	2.91	1.81	1.26	CE 143	9.62	3.52	3.52	2.34	1.65
Y 91	8.66	4.51	4.51	2.72	1.35	CE 144	4.36	2.62	2.62	1.77	1.24
ZR 95	6.60	3.72	3.72	2.38	1.29	PR 143	9.69	3.63	3.63	2.39	1.66
ZR 97	8.84	3.95	3.95	2.36	1.35	PR 144	5.72	2.51	2.51	1.80	1.38
NB 95	6.25	3.41	3.41	2.24	1.29	ND 147	9.52	3.58	3.58	2.36	1.65
MO 99	8.97	3.77	3.77	2.27	1.46	PM 147	5.12	3.31	3.31	1.83	1.16
TC 99M	8.86	4.68	4.68	2.20	1.46	SM 151	2.97	2.09	2.09	1.32	1.06
TC 99	7.42	3.68	3.68	2.03	1.31	SM 153	2.97	2.09	2.09	1.32	1.06
RU 103	6.02	3.25	3.25	1.92	1.27	EU 154	3.05	2.15	2.15	1.40	1.08
RU 105	8.48	3.73	3.73	2.10	1.35	EU 155	3.99	2.70	2.70	1.58	1.11

Úvazok ekvivalentnej dávky na orgán alebo tkanivo j jedinca vekovej skupiny a z jednotkového príjmu radionuklidu r inhaláciou, resp. ingesciou na veku príjmu do očakávaného konca života, $[Sv.Bq^{-1}]$ je určený pomocou vzťahov:

$$R_{inh}^{a,r,j} = K^a R_{inh}^{r,j} \quad \text{resp.} \quad R_{ing}^{a,r,j} = K^a R_{ing}^{r,j}$$

Poznámky:

Pre vekovú kategóriu nad 17 rokov je koeficient $K^a = 1$.

*Pre rádionuklidy neuvedené v citovanej literatúre boli prevzaté hodnoty nasledovne: **Mn 54** pre Mn 56, **Ni 63** pre Ni 59, **Br 82** pre Br 84 a Br 87, **Rb 86** pre Rb 88, Rb 89 a Rb 90, **Sr 91** pre Sr 92, **Zr 97** pre Nb 97, **Mo 99** pre Mo 101, **Te 129M** pre Te 131M, **Te 129** pre Te 131, **Sb 124** pre Sb 127 a Sb 129, **I 134** pre I 133 a 135, **Ba 140** pre Ba 139, **Cs 137** pre Cs 138, **Pm 147** pre Pm 148M, 148 a 149, **Eu 154** pre Np 239, hodnoty **Eu 155** pre Gd 153, Hf 175 a 181, Ta 182, W 181 a 187, U 234, 235, 236 a 238, Np 239, Pu 238, 239, 240, 241 a 242, Am 241, 242M, 242 a 243, Cm 242, 243, 244 a 245.

Tabuľka 17: Dávkové faktory z vonkajšieho ožiarovania od vody [Sv.I.Bq⁻¹.s⁻¹] [38]

Nuklid	Efektívna dávka	Gonády	Kostná dreň	Pľúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
H 3	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
C 14	4.4E-19	5.1E-19	2.4E-19	3.0E-19	4.3E-19	1.8E-19	2.6E-16
F 18	1.1E-16	1.0E-16	1.0E-16	1.0E-16	1.1E-16	8.5E-17	1.4E-16
NA 22	2.4E-13	2.3E-13	2.3E-13	2.3E-13	2.4E-13	1.9E-13	2.8E-13
NA 24	4.7E-13	4.6E-13	4.7E-13	4.7E-13	4.8E-13	4.1E-13	5.6E-13
AR 41	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
K 42	3.2E-17	3.1E-17	3.1E-17	3.1E-17	3.2E-17	2.7E-17	1.4E-16
CR 51	3.3E-15	3.2E-15	3.0E-15	3.2E-15	3.3E-15	2.6E-15	3.8E-15
MN 54	8.9E-14	8.7E-14	8.5E-14	8.7E-14	8.9E-14	7.2E-14	1.0E-13
MN 56	1.9E-13	1.8E-13	1.8E-13	1.8E-13	1.9E-13	1.6E-13	2.7E-13
FE 55	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
FE 59	1.3E-13	1.3E-13	1.3E-13	1.3E-13	1.3E-13	1.1E-13	1.5E-13
CO 57	1.3E-14	1.2E-14	1.0E-14	1.2E-14	1.2E-14	8.9E-15	1.5E-14
CO 58	1.0E-13	1.0E-13	9.8E-14	1.0E-13	1.0E-13	8.4E-14	1.2E-13
CO 60	2.7E-13	2.7E-13	2.7E-13	2.7E-13	2.8E-13	2.3E-13	3.1E-13
NI 59	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NI 63	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
CU 64	2.0E-17	1.9E-17	1.9E-17	1.9E-17	2.0E-17	1.6E-17	2.9E-17
ZN 65	6.3E-14	6.2E-14	6.1E-14	6.2E-14	6.3E-14	5.2E-14	7.1E-14
AS 76	4.6E-17	4.5E-17	4.4E-17	4.5E-17	4.6E-17	3.8E-17	1.3E-16
SE 75	4.1E-14	4.0E-14	3.6E-14	3.9E-14	4.0E-14	3.1E-14	4.8E-14
KR 85M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 85	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 87	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 88	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 89	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
RB 86	1.0E-14	1.0E-14	1.0E-14	1.0E-14	1.1E-14	8.6E-15	5.8E-14
RB 88	7.3E-14	7.0E-14	7.1E-14	7.1E-14	7.3E-14	6.2E-14	2.4E-13
RB 89	2.3E-16	2.2E-16	2.2E-16	2.3E-16	2.3E-16	1.9E-16	3.3E-16
SR 89	1.5E-16	1.5E-16	1.2E-16	1.4E-16	1.5E-16	1.1E-16	3.9E-14
SR 90	1.5E-20	1.5E-20	1.0E-20	1.2E-20	1.4E-20	8.9E-21	9.7E-18

Nuklid	Efektívna dávka	Gonády	Kostná dreň	Pľúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
SR 91	7.5E-17	7.3E-17	7.2E-17	7.3E-17	7.5E-17	6.1E-17	1.3E-16
SR 92	1.5E-16	1.4E-16	1.4E-16	1.4E-16	1.5E-16	1.2E-16	1.8E-16
Y 90	3.6E-19	3.6E-19	3.1E-19	3.4E-19	3.6E-19	2.6E-19	6.7E-17
Y 91M	5.5E-17	5.4E-17	5.2E-17	5.4E-17	5.5E-17	4.4E-17	6.6E-17
Y 91	5.4E-16	5.4E-16	5.0E-16	5.2E-16	5.4E-16	4.3E-16	4.1E-14
ZR 95	7.8E-14	7.7E-14	7.4E-14	7.6E-14	7.8E-14	6.3E-14	9.4E-14
ZR 97	2.0E-14	1.9E-14	1.9E-14	1.9E-14	2.0E-14	1.6E-14	7.0E-14
NB 95	8.1E-14	8.0E-14	7.7E-14	7.9E-14	8.1E-14	6.6E-14	9.3E-14
NB 97	6.9E-17	6.8E-17	6.5E-17	6.7E-17	6.9E-17	5.6E-17	1.1E-16
MO 99	1.6E-14	1.6E-14	1.5E-14	1.5E-14	1.6E-14	1.3E-14	4.3E-14
TC 99M	1.3E-14	1.3E-14	1.1E-14	1.2E-14	1.3E-14	9.5E-15	1.6E-14
TC 99	3.1E-18	3.4E-18	2.0E-18	2.5E-18	3.1E-18	1.7E-18	2.9E-15
RU 103	4.9E-14	4.8E-14	4.6E-14	4.7E-14	4.9E-14	3.9E-14	5.9E-14
RU 105	8.3E-17	8.1E-17	7.8E-17	8.0E-17	8.3E-17	6.7E-17	1.2E-16
RU 106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
RH 105	8.1E-18	8.0E-18	7.4E-18	7.8E-18	8.1E-18	6.3E-18	1.6E-17
RH 106	2.2E-14	2.2E-14	2.1E-14	2.2E-14	2.2E-14	1.8E-14	1.3E-13
AG 110M	2.9E-13	2.9E-13	2.8E-13	2.9E-13	3.0E-13	2.4E-13	3.4E-13
SN 113	8.6E-19	1.0E-18	5.7E-19	5.9E-19	8.7E-19	4.3E-19	1.9E-18
SN 123	8.6E-19	8.4E-19	8.1E-19	8.3E-19	8.6E-19	6.9E-19	3.5E-17
SN 125	3.4E-17	3.4E-17	3.3E-17	3.4E-17	3.4E-17	2.8E-17	9.6E-17
SB 124	2.0E-13	1.9E-13	1.9E-13	1.9E-13	2.0E-13	1.7E-13	2.5E-13
SB 125	4.4E-14	4.3E-14	4.1E-14	4.2E-14	4.4E-14	3.5E-14	5.5E-14
TE 125M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
TE 127M	3.4E-16	4.5E-16	1.5E-16	1.8E-16	3.5E-16	8.6E-17	1.4E-15
TE 127	5.3E-19	5.2E-19	4.8E-19	5.0E-19	5.2E-19	4.1E-19	1.2E-17
TE 129M	3.4E-15	3.4E-15	3.1E-15	3.2E-15	3.4E-15	2.6E-15	1.8E-14
TE 129	6.0E-18	5.9E-18	5.5E-18	5.7E-18	6.0E-18	4.7E-18	4.2E-17
TE 131M	1.5E-13	1.5E-13	1.5E-13	1.5E-13	1.5E-13	1.2E-13	1.8E-13
TE 131	4.4E-17	4.4E-17	4.1E-17	4.3E-17	4.4E-17	3.5E-17	1.0E-16
TE 132	2.3E-14	2.3E-14	2.0E-14	2.1E-14	2.3E-14	1.7E-14	2.9E-14
I 129	8.9E-16	1.1E-15	3.8E-16	5.0E-16	9.1E-16	2.4E-16	2.3E-15
I 131	4.0E-14	3.9E-14	3.7E-14	3.8E-14	4.0E-14	3.1E-14	5.5E-14
I 132	2.4E-13	2.4E-13	2.3E-13	2.4E-13	2.4E-13	2.0E-13	3.1E-13
I 133	6.4E-14	6.3E-14	6.0E-14	6.2E-14	6.4E-14	5.1E-14	1.0E-13
I 134	2.5E-13	2.4E-13	2.8E-13	2.5E-13	2.1E-13	2.4E-13	3.8E-13
I 135	1.6E-13	1.3E-13	1.7E-13	1.6E-13	1.5E-13	1.7E-13	2.1E-13
XE 131M	8.9E-19	1.1E-18	5.1E-19	6.1E-19	9.0E-19	3.8E-19	6.0E-18
XE 133M	3.0E-18	3.2E-18	2.4E-18	2.6E-18	3.0E-18	2.0E-18	1.3E-17
XE 133	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 135M	4.5E-17	4.4E-17	4.2E-17	4.3E-17	4.4E-17	3.6E-17	5.8E-17
XE 135	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 137	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 138	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
CS 134	1.6E-13	1.6E-13	1.6E-13	1.6E-13	1.6E-13	1.3E-13	2.0E-13

Nuklid	Efektívna dávka	Gonády	Kostná dreň	Prúca	Štítna žľaza	Hrubé črevo*	Koža
CS 136	2.3E-13	2.3E-13	2.2E-13	2.3E-13	2.3E-13	1.9E-13	2.7E-13
CS 137	1.5E-17	1.5E-17	1.1E-17	1.3E-17	1.5E-17	9.3E-18	9.1E-15
CS 138	2.6E-16	2.6E-16	2.6E-16	2.6E-16	2.6E-16	2.2E-16	3.8E-16
BA 140	1.9E-14	1.8E-14	1.7E-14	1.8E-14	1.9E-14	1.5E-14	3.8E-14
LA 140	2.5E-13	2.5E-13	2.5E-13	2.5E-13	2.6E-13	2.1E-13	3.2E-13
CE 141	7.6E-15	7.5E-15	6.2E-15	7.0E-15	7.5E-15	5.4E-15	1.6E-14
CE 143	2.8E-17	2.8E-17	2.5E-17	2.7E-17	2.8E-17	2.2E-17	5.9E-17
CE 144	1.9E-15	1.9E-15	1.5E-15	1.7E-15	1.9E-15	1.3E-15	4.4E-15
PR 143	4.0E-17	4.1E-17	3.1E-17	3.6E-17	4.0E-17	2.7E-17	1.9E-14
PR 144	4.2E-18	4.0E-18	4.0E-18	4.1E-18	4.2E-18	3.4E-18	9.2E-17
ND 147	1.4E-14	1.4E-14	1.2E-14	1.3E-14	1.4E-14	1.0E-14	2.9E-14
PM 147	1.4E-18	1.5E-18	9.0E-19	1.1E-18	1.4E-18	7.5E-19	8.5E-16
PM 148M	2.1E-16	2.1E-16	2.0E-16	2.0E-16	2.1E-16	1.7E-16	2.5E-16
PM 148	6.3E-17	6.1E-17	6.0E-17	6.1E-17	6.3E-17	5.2E-17	1.2E-16
PM 149	1.2E-18	1.2E-18	1.1E-18	1.1E-18	1.2E-18	9.1E-19	2.4E-17
SM 151	8.5E-23	1.2E-22	2.7E-23	1.7E-23	8.4E-23	4.6E-24	4.3E-22
SM 153	5.2E-15	5.3E-15	3.6E-15	4.4E-15	5.0E-15	3.1E-15	1.9E-14
EU 154	1.3E-16	1.3E-16	1.3E-16	1.3E-16	1.3E-16	1.1E-16	1.7E-16
EU 155	5.6E-18	5.6E-18	4.1E-18	5.0E-18	5.4E-18	3.6E-18	7.3E-18
GD 153	8.4E-18	8.8E-18	5.8E-18	7.1E-18	8.2E-18	5.0E-18	1.1E-17
HF 175	3.7E-17	3.7E-17	3.3E-17	3.5E-17	3.7E-17	2.8E-17	4.6E-17
HF 181	5.7E-17	5.6E-17	5.2E-17	5.5E-17	5.7E-17	4.5E-17	7.3E-17
TA 182	1.4E-13	1.3E-13	1.5E-13	1.4E-13	1.3E-13	1.3E-13	1.7E-13
W 181	3.2E-18	3.3E-18	2.1E-18	2.7E-18	3.1E-18	1.8E-18	4.3E-18
W 187	5.0E-14	4.9E-14	4.6E-14	4.8E-14	5.0E-14	3.9E-14	7.3E-14
U 234	1.8E-17	2.0E-17	9.5E-18	9.9E-18	1.5E-17	6.9E-18	9.6E-17
U 235	1.6E-14	1.6E-14	1.4E-14	1.5E-14	1.6E-14	1.2E-14	1.9E-14
U 236	1.2E-20	1.4E-20	5.3E-21	4.9E-21	9.7E-21	3.3E-21	8.2E-20
U 238	8.0E-18	1.0E-17	2.9E-18	2.3E-18	6.3E-18	1.3E-18	6.8E-17
NP 239	1.7E-14	1.9E-14	2.5E-14	1.5E-14	1.8E-14	1.2E-14	3.5E-14
PU 238	1.1E-17	1.5E-17	3.9E-18	2.4E-18	9.4E-18	1.3E-18	9.6E-17
PU 239	9.6E-18	1.1E-17	5.9E-18	5.9E-18	8.8E-18	4.4E-18	4.3E-17
PU 240	1.1E-17	1.5E-17	3.8E-18	2.5E-18	9.2E-18	1.3E-18	9.1E-17
PU 241	1.6E-19	1.6E-19	1.3E-19	1.4E-19	1.6E-19	1.1E-19	2.5E-19
PU 242	9.4E-21	1.3E-20	3.3E-21	2.2E-21	7.7E-21	1.2E-21	7.6E-20
AM 241	1.9E-15	2.0E-15	1.2E-15	1.5E-15	1.8E-15	1.0E-15	3.0E-15
AM 242M	7.3E-20	8.8E-20	3.9E-20	3.9E-20	6.8E-20	2.6E-20	3.1E-19
AM 242	1.4E-18	1.4E-18	1.1E-18	1.2E-18	1.3E-18	9.3E-19	9.7E-18
AM 243	4.9E-18	5.0E-18	3.5E-18	4.3E-18	4.7E-18	3.1E-18	6.3E-18
CM 242	1.3E-20	1.8E-20	4.4E-21	2.6E-21	1.2E-20	1.2E-21	1.0E-19
CM 243	1.3E-17	1.3E-17	1.1E-17	1.2E-17	1.3E-17	9.5E-18	1.9E-17
CM 244	1.2E-20	1.6E-20	3.4E-21	1.7E-21	9.8E-21	5.5E-22	9.2E-20
CM 245	8.8E-18	8.7E-18	7.0E-18	8.1E-18	8.6E-18	6.2E-18	1.1E-17

* vrchná časť hrubého čreva

Tabuľka 18: Koncentračné faktory [Bq/kg rastliny / Bq/kg pôdy] [8], [14], [15], [16], [19], [41]

Nuklid	Krmoviny	Obilniny	Koreňová zelenina	Listová zelenina 1)	Ovocie	Zemiaky	Listová zelenina 2)	Cukrová repa	Plodová zelenina
H 3	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
C 14	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
F 18	6.0E-02	5.2E-03	9.6E-04	7.2E-03	3.6E-04	1.3E-03	4.8E-03	1.3E-03	3.6E-04
NA 22	3.0E-01	1.0E-02	3.0E-02	3.0E-02	1.8E-02	3.0E-02	3.0E-02	6.6E-02	3.0E-02
NA 24	3.0E-01	1.0E-02	3.0E-02	3.0E-02	1.8E-02	3.0E-02	3.0E-02	6.6E-02	3.0E-02
K 42	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
CR 51	1.0E+00	7.4E-01	8.8E-02	1.3E+00	3.3E-02	1.2E-01	1.3E+00	1.2E-01	3.3E-02
MN 54	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
MN 56	3.0E-03	2.0E-04	1.0E-03	1.0E-03	2.0E-02	5.0E-04	1.0E-03	1.0E-02	1.0E-03
FE 55	1.5E+00	2.8E-01	4.2E-01	4.1E-01	1.5E-01	4.7E-02	4.1E-01	1.9E-01	3.1E-01
FE 59	1.5E+00	2.8E-01	4.2E-01	4.1E-01	1.5E-01	4.7E-02	4.1E-01	1.9E-01	3.1E-01
CO 57	3.0E-03	2.0E-04	1.0E-03	1.0E-03	5.0E-04	5.0E-04	1.0E-03	6.8E-04	1.0E-03
CO 58	3.0E-03	2.0E-04	1.0E-03	1.0E-03	5.0E-04	5.0E-04	1.0E-03	6.8E-04	1.0E-03
CO 60	6.6E-02	8.5E-03	1.1E-01	1.7E-01	2.0E-02	5.4E-02	1.7E-01	2.3E-02	1.4E-01
NI 59	6.6E-02	8.5E-03	1.1E-01	1.7E-01	2.0E-02	5.4E-02	1.7E-01	2.3E-02	1.4E-01
NI 63	6.6E-02	8.5E-03	1.1E-01	1.7E-01	2.0E-02	5.4E-02	1.7E-01	2.3E-02	1.4E-01
CU 64	4.0E-01	2.7E-02	1.9E-02	8.4E-03	1.9E-03	7.0E-03	5.6E-03	7.0E-03	1.9E-03
ZN 65	4.0E-01	2.7E-02	1.9E-02	8.4E-03	1.9E-03	7.0E-03	5.6E-03	7.0E-03	1.9E-03
AS 76	8.0E-01	6.9E-01	1.3E-01	9.6E-02	4.8E-02	1.7E-01	6.4E-02	1.8E-01	4.8E-02
SE 75	1.5E+00	1.8E+00	1.9E+00	2.4E+00	9.0E-02	3.0E-01	2.4E+00	1.5E-01	4.2E-01
RB 86	9.0E-01	9.0E-01	9.0E-01	6.2E-01	5.4E-02	1.9E-01	6.2E-01	2.0E-01	5.4E-02
RB 88	9.0E-01	9.0E-01	9.0E-01	6.2E-01	5.4E-02	1.9E-01	6.2E-01	2.0E-01	5.4E-02
RB 89	9.0E-01	9.0E-01	9.0E-01	6.2E-01	5.4E-02	1.9E-01	6.2E-01	2.0E-01	5.4E-02
SR 89	3.7E+00	1.1E-01	7.2E-01	7.6E-01	2.2E-02	1.6E-01	7.6E-01	1.4E-01	3.6E-01
SR 90	3.7E+00	1.1E-01	7.2E-01	7.6E-01	2.2E-02	1.6E-01	7.6E-01	1.4E-01	3.6E-01
SR 91	3.7E+00	1.1E-01	7.2E-01	7.6E-01	2.2E-02	1.6E-01	7.6E-01	1.4E-01	3.6E-01
SR 92	3.7E+00	1.1E-01	7.2E-01	7.6E-01	2.2E-02	1.6E-01	7.6E-01	1.4E-01	3.6E-01

Nuklid	Krmoviny	Obilniny	Koreňová zelenina	Listová zelenina 1)	Ovocie	Zemiaky	Listová zelenina 2)	Cukrová repa	Plodová zelenina
Y 90	1.0E-02	5.0E-04	2.0E-03	2.0E-03	6.0E-04	1.0E-03	2.0E-03	2.2E-03	2.0E-03
Y 91M	1.0E-02	5.0E-04	2.0E-03	2.0E-03	6.0E-04	1.0E-03	2.0E-03	2.2E-03	2.0E-03
Y 91	1.0E-02	5.0E-04	2.0E-03	2.0E-03	6.0E-04	1.0E-03	2.0E-03	2.2E-03	2.0E-03
ZR 95	2.0E-02	1.0E-03	4.0E-03	4.0E-03	1.8E-03	2.0E-03	4.0E-03	1.8E-03	4.0E-03
ZR 97	2.0E-02	1.0E-03	4.0E-03	4.0E-03	1.8E-03	2.0E-03	4.0E-03	1.8E-03	4.0E-03
NB 94	4.0E-02	1.4E-02	1.7E-02	1.7E-02	2.0E-02	4.0E-03	1.7E-02	1.0E-02	8.0E-03
NB 95	4.0E-02	1.4E-02	1.7E-02	1.7E-02	2.0E-02	4.0E-03	1.7E-02	1.0E-02	8.0E-03
NB 97	4.0E-02	1.4E-02	1.7E-02	1.7E-02	2.0E-02	4.0E-03	1.7E-02	1.0E-02	8.0E-03
MO 99	5.4E+00	8.0E-01	3.2E-01	5.1E-01	4.8E-02	1.7E-01	5.1E-01	1.8E-01	4.8E-02
TC 99M	8.1E+00	1.3E+00	4.6E+01	1.8E+02	2.6E-01	2.3E-01	1.8E+02	5.0E-02	2.6E-01
TC 99	8.1E+00	1.3E+00	4.6E+01	1.8E+02	2.6E-01	2.3E-01	1.8E+02	5.0E-02	2.6E-01
RU 103	9.0E-02	3.0E-03	1.0E-02	9.0E-02	3.0E-03	5.0E-03	9.0E-02	4.9E-04	2.0E-02
RU 105	9.0E-02	3.0E-03	1.0E-02	9.0E-02	3.0E-03	5.0E-03	9.0E-02	4.9E-04	2.0E-02
RU 106	9.0E-02	3.0E-03	1.0E-02	9.0E-02	3.0E-03	5.0E-03	9.0E-02	4.9E-04	2.0E-02
RH 105	9.0E-01	7.7E-01	1.4E-01	1.1E-01	5.4E-02	1.9E-01	7.2E-02	2.0E-01	5.4E-02
RH 106	9.0E-01	7.7E-01	1.4E-01	1.1E-01	5.4E-02	1.9E-01	7.2E-02	2.0E-01	5.4E-02
AG 110M	1.0E+00	2.0E-01	1.3E-03	1.8E-04	1.3E-03	1.3E-03	1.8E-04	1.3E-03	6.4E-04
SN 123	1.0E+00	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01
SN 125	1.0E+00	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01
SN 113	1.0E+00	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	3.0E-01
SB 122	2.0E-01	1.8E-03	6.2E-04	9.4E-05	1.0E-03	2.0E-03	9.4E-05	2.0E-02	1.3E-04
SB 124	2.0E-01	1.8E-03	6.2E-04	9.4E-05	1.0E-03	2.0E-03	9.4E-05	2.0E-02	1.3E-04
SB 125	2.0E-01	1.8E-03	6.2E-04	9.4E-05	1.0E-03	2.0E-03	9.4E-05	2.0E-02	1.3E-04
TE 125M	7.2E+00	1.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	2.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	3.0E-01
TE 127M	7.2E+00	1.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	2.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	3.0E-01
TE 127	7.2E+00	1.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	2.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	3.0E-01
TE 129M	7.2E+00	1.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	2.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	3.0E-01
TE 129	7.2E+00	1.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	2.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	3.0E-01
TE 131M	7.2E+00	1.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	2.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	3.0E-01

Nuklid	Krmoviny	Obilniny	Koreňová zelenina	Listová zelenina 1)	Ovocie	Zemiaky	Listová zelenina 2)	Cukrová repa	Plodová zelenina
TE 131	7.2E+00	1.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	2.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	3.0E-01
TE 132	7.2E+00	1.0E-01	3.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	2.0E-01	3.0E-01	1.3E+00	3.0E-01
I 129E	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 129O	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 129A	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 131E	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 131O	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 131A	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 132E	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 132O	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 132A	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 133E	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 133O	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 133A	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 134E	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 134O	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 134A	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 135E	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 135O	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
I 135A	9.0E-01	6.3E-04	7.7E-03	6.5E-03	6.1E-03	1.0E-01	6.5E-03	5.9E-03	1.0E-01
CS 134	1.6E-01	2.9E-02	4.2E-02	6.0E-02	4.0E-01	5.6E-02	6.0E-02	7.0E-02	2.1E-02
CS 136	1.6E-01	2.9E-02	4.2E-02	6.0E-02	4.0E-01	5.6E-02	6.0E-02	7.0E-02	2.1E-02
CS 137	1.6E-01	2.9E-02	4.2E-02	6.0E-02	4.0E-01	5.6E-02	6.0E-02	7.0E-02	2.1E-02
CS 138	1.6E-01	2.9E-02	4.2E-02	6.0E-02	4.0E-01	5.6E-02	6.0E-02	7.0E-02	2.1E-02
BA 140	6.0E-01	1.0E-03	5.0E-03	5.0E-03	2.0E-02	5.0E-03	5.0E-03	1.0E-02	5.0E-03
LA 140	4.0E-02	2.0E-05	1.6E-03	5.7E-03	2.5E-05	3.9E-04	5.7E-03	6.1E-05	6.0E-03
CE 141	8.0E-03	3.1E-03	6.0E-03	6.0E-03	1.5E-03	4.0E-03	6.0E-03	1.9E-03	5.0E-03
CE 143	8.0E-03	3.1E-03	6.0E-03	6.0E-03	1.5E-03	4.0E-03	6.0E-03	1.9E-03	5.0E-03
CE 144	8.0E-03	3.1E-03	6.0E-03	6.0E-03	1.5E-03	4.0E-03	6.0E-03	1.9E-03	5.0E-03

Nuklid	Krmoviny	Obilniny	Koreňová zelenina	Listová zelenina 1)	Ovocie	Zemiaky	Listová zelenina 2)	Cukrová repa	Plodová zelenina
PR 143	2.0E-02	1.7E-02	3.2E-03	2.4E-03	1.2E-03	4.2E-03	1.6E-03	4.4E-03	1.2E-03
PR 144	2.0E-02	1.7E-02	3.2E-03	2.4E-03	1.2E-03	4.2E-03	1.6E-03	4.4E-03	1.2E-03
ND 147	2.0E-02	1.7E-02	3.2E-03	2.4E-03	1.2E-03	4.2E-03	1.6E-03	4.4E-03	1.2E-03
PM 147	4.0E-02	1.4E-02	4.2E-02	2.0E-03	2.0E-03	1.0E-02	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
PM 148M	4.0E-02	1.4E-02	4.2E-02	2.0E-03	2.0E-03	1.0E-02	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
PM 148	4.0E-02	1.4E-02	4.2E-02	2.0E-03	2.0E-03	1.0E-02	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
PM 149	4.0E-02	1.4E-02	4.2E-02	2.0E-03	2.0E-03	1.0E-02	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
SM 151	4.0E-02	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
SM 153	4.0E-02	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
EU 154	4.0E-02	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
EU 155	4.0E-02	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
GD 153	1.0E-01	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
HF 175	1.0E-01	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03
HF 181	1.0E-01	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03
TA 182	1.0E-01	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
W 181	1.0E-01	8.6E-02	1.6E-02	1.2E-02	6.0E-03	2.1E-02	8.0E-03	2.2E-02	6.0E-03
W 187	1.0E-01	8.6E-02	1.6E-02	1.2E-02	6.0E-03	2.1E-02	8.0E-03	2.2E-02	6.0E-03
U 234	1.5E-02	6.2E-03	8.4E-03	2.0E-02	1.2E-02	5.0E-03	2.0E-02	3.1E-03	1.5E-02
U 235	1.5E-02	6.2E-03	8.4E-03	2.0E-02	1.2E-02	5.0E-03	2.0E-02	3.1E-03	1.5E-02
U 236	1.5E-02	6.2E-03	8.4E-03	2.0E-02	1.2E-02	5.0E-03	2.0E-02	3.1E-03	1.5E-02
U 238	1.5E-02	6.2E-03	8.4E-03	2.0E-02	1.2E-02	5.0E-03	2.0E-02	3.1E-03	1.5E-02
NP 239	2.5E-02	2.9E-03	2.2E-02	2.7E-02	1.5E-03	5.7E-03	2.7E-02	5.7E-03	1.8E-02
PU 238	4.9E-04	9.5E-06	3.9E-04	8.3E-05	4.5E-06	1.1E-04	8.3E-05	4.5E-05	6.5E-05
PU 239	4.9E-04	9.5E-06	3.9E-04	8.3E-05	4.5E-06	1.1E-04	8.3E-05	4.5E-05	6.5E-05
PU 240	4.9E-04	9.5E-06	3.9E-04	8.3E-05	4.5E-06	1.1E-04	8.3E-05	4.5E-05	6.5E-05
PU 241	4.9E-04	9.5E-06	3.9E-04	8.3E-05	4.5E-06	1.1E-04	8.3E-05	4.5E-05	6.5E-05
PU 242	4.9E-04	9.5E-06	3.9E-04	8.3E-05	4.5E-06	1.1E-04	8.3E-05	4.5E-05	6.5E-05
AM 241	6.5E-04	2.2E-05	6.7E-04	2.7E-04	2.5E-05	2.1E-04	2.7E-04	5.5E-04	3.6E-04
AM 242M	6.5E-04	2.2E-05	6.7E-04	2.7E-04	2.5E-05	2.1E-04	2.7E-04	5.5E-04	3.6E-04

Nuklid	Krmoviny	Obilniny	Koreňová zelenina	Listová zelenina 1)	Ovocie	Zemiaky	Listová zelenina 2)	Cukrová repa	Plodová zelenina
AM 242	6.5E-04	2.2E-05	6.7E-04	2.7E-04	2.5E-05	2.1E-04	2.7E-04	5.5E-04	3.6E-04
AM 243	6.5E-04	2.2E-05	6.7E-04	2.7E-04	2.5E-05	2.1E-04	2.7E-04	5.5E-04	3.6E-04
CM 242	8.5E-04	2.3E-05	8.5E-04	1.4E-03	1.5E-06	1.5E-04	1.4E-03	8.5E-05	3.2E-04
CM 243	8.5E-04	2.3E-05	8.5E-04	1.4E-03	1.5E-06	1.5E-04	1.4E-03	8.5E-05	3.2E-04
CM 244	8.5E-04	2.3E-05	8.5E-04	1.4E-03	1.5E-06	1.5E-04	1.4E-03	8.5E-05	3.2E-04
CM 245	8.5E-04	2.3E-05	8.5E-04	1.4E-03	1.5E-06	1.5E-04	1.4E-03	8.5E-05	3.2E-04

Poznámka: Listová zelenina¹⁾ = jarná - obdobie vegetácie 1.5. až 15.6.

Listová zelenina²⁾ = letná - obdobie vegetácie 1.6. až 30.9

Tabuľka 19: Koeficienty prechodu z krmiva do potravín [d.kg⁻¹; d.l⁻¹] [10], [14], [15], [22], [23], [43] a *[42]

Nuklid	*Mlieko	*Hovädzie mäso	Bravčové mäso	Hydina	Vajcia
H 3	1.4E-02	1.2E-02	1.2E-02	1.2E-02	1.2E-02
C 14	1.5E-02	3.1E-02	3.1E-02	3.1E-02	3.1E-02
F 18	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-01	1.5E-01	1.5E-01
NA 22	1.3E-02	1.5E-02	8.0E-02	7.0E+00	4.0E+00
NA 24	1.3E-02	1.5E-02	8.0E-02	7.0E+00	4.0E+00
AR 41	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
K 42	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-02	2.0E-02	1.0E+00
SC 46	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
CR 51	4.3E-04	9.0E-02	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-03
MN 54	4.1E-05	6.0E-04	5.3E-03	1.9E-03	4.2E-02
MN 56	4.1E-05	6.0E-04	5.3E-03	1.9E-03	4.2E-02
FE 55	3.5E-05	1.4E-02	3.0E-03	3.0E-02	1.8E+00
FE 59	3.5E-05	1.4E-02	3.0E-03	3.0E-02	1.8E+00
CO 57	1.1E-04	4.3E-04	2.5E-01	9.7E-01	3.3E-02
CO 58	1.1E-04	4.3E-04	2.5E-01	9.7E-01	3.3E-02
CO 60	1.1E-04	4.3E-04	2.5E-01	9.7E-01	3.3E-02
NI 59	9.5E-04	5.0E-02	5.0E-03	5.0E-03	5.0E-03
NI 63	9.5E-04	5.0E-02	5.0E-03	5.0E-03	5.0E-03
CU 64	2.0E-03	1.0E-02	2.2E-02	5.0E-01	5.0E-01
ZN 65	2.7E-03	1.6E-01	1.7E-01	4.7E-01	1.4E+00
AS 76	1.0E-04	2.0E-02	2.0E-02	2.0E-02	2.0E-02
SE 75	4.0E-03	1.0E-01	3.2E-01	9.7E+00	1.6E+01
KR 85M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 85	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 87	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 88	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 89	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
RB 86	1.0E-01	3.0E-02	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-02
RB 88	1.0E-01	3.0E-02	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-02
RB 89	1.0E-01	3.0E-02	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-02
SR 89	1.3E-03	1.3E-03	2.5E-03	2.0E-02	3.5E-01
SR 90	1.3E-03	1.3E-03	2.5E-03	2.0E-02	3.5E-01
SR 91	1.3E-03	1.3E-03	2.5E-03	2.0E-02	3.5E-01
SR 92	1.3E-03	1.3E-03	2.5E-03	2.0E-02	3.5E-01
Y 90	6.0E-05	1.0E-02	1.0E-03	1.0E-02	2.0E-03
Y 91M	6.0E-05	1.0E-02	1.0E-03	1.0E-02	2.0E-03
Y 91	6.0E-05	1.0E-02	1.0E-03	1.0E-02	2.0E-03
ZR 95	3.6E-06	1.2E-06	1.0E-03	6.0E-05	2.0E-04
ZR 97	3.6E-06	1.2E-06	1.0E-03	6.0E-05	2.0E-04
NB 94	4.1E-07	2.6E-07	1.0E-03	3.0E-04	1.0E-03

Nuklid	*Mlieko	*Hovädzie mäso	Bravčové mäso	Hydina	Vajcia
NB 95	4.1E-07	2.6E-07	1.0E-03	3.0E-04	1.0E-03
NB 97	4.1E-07	2.6E-07	1.0E-03	3.0E-04	1.0E-03
MO 99	1.1E-03	1.0E-03	1.0E-03	1.8E-01	6.4E-01
TC 99M	1.0E-03	1.0E-03	1.5E-04	3.0E-02	3.0E-00
TC 99	1.0E-03	1.0E-03	1.5E-04	3.0E-02	3.0E-00
RU 103	9.4E-06	3.3E-03	3.0E-03	3.0E-04	4.0E-03
RU 105	9.4E-06	3.3E-03	3.0E-03	3.0E-04	4.0E-03
RU 106	9.4E-06	3.3E-03	3.0E-03	3.0E-04	4.0E-03
RH 105	5.0E-04	2.0E-03	1.5E-03	1.5E-03	1.5E-03
RH 106	5.0E-04	2.0E-03	1.5E-03	1.5E-03	1.5E-03
AG 110M	1.0E-04	6.0E-03	5.0E-02	5.0E-02	5.0E-03
SN 113	1.0E-03	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-02
SN 123	1.0E-03	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-02
SN 125	1.0E-03	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-02
SB 122	3.8E-05	1.2E-03	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03
SB 124	3.8E-05	1.2E-03	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03
SB 125	3.8E-05	1.2E-03	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03
TE 125M	3.4E-04	7.0E-03	4.0E-01	6.0E-01	5.1E+00
TE 127M	3.4E-04	7.0E-03	4.0E-01	6.0E-01	5.1E+00
TE 127	3.4E-04	7.0E-03	4.0E-01	6.0E-01	5.1E+00
TE 129M	3.4E-04	7.0E-03	4.0E-01	6.0E-01	5.1E+00
TE 129	3.4E-04	7.0E-03	4.0E-01	6.0E-01	5.1E+00
TE 131M	3.4E-04	7.0E-03	4.0E-01	6.0E-01	5.1E+00
TE 131	3.4E-04	7.0E-03	4.0E-01	6.0E-01	5.1E+00
TE 132	3.4E-04	7.0E-03	4.0E-01	6.0E-01	5.1E+00
I 129E	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 129O	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 129A	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 131E	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 131O	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 131A	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 132E	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 132O	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 132A	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 133E	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 133O	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 133A	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 134E	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 134O	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 134A	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 135E	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 135O	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
I 135A	5.4E-03	6.7E-03	4.1E-02	8.7E-03	2.4E+00
XE 131M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

Nuklid	*Mlieko	*Hovädzie mäso	Bravčové mäso	Hydina	Vajcia
XE 133M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 133	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 135M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 135	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 137	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 138	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
CS 134	4.6E-03	2.2E-02	2.0E-01	2.7E+00	4.0E-01
CS 136	4.6E-03	2.2E-02	2.0E-01	2.7E+00	4.0E-01
CS 137	4.6E-03	2.2E-02	2.0E-01	2.7E+00	4.0E-01
CS 138	4.6E-03	2.2E-02	2.0E-01	2.7E+00	4.0E-01
BA 140	1.6E-04	1.4E-04	5.0E-03	1.9E-02	8.7E-01
LA 140	0.0E+00	1.3E-04	2.0E-03	1.0E-01	9.0E-03
CE 141	2.0E-05	2.0E-04	5.0E-03	6.0E-04	3.1E-03
CE 143	2.0E-05	2.0E-04	5.0E-03	6.0E-04	3.1E-03
CE 144	2.0E-05	2.0E-04	5.0E-03	6.0E-04	3.1E-03
PR 143	0.0E+00	0.0E+00	4.7E-03	3.0E-02	5.0E-03
PR 144	0.0E+00	0.0E+00	4.7E-03	3.0E-02	5.0E-03
ND 147	0.0E+00	0.0E+00	3.3E-03	9.0E-02	3.0E-04
PM 147	6.0E-05	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
PM 148M	6.0E-05	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
PM 148	6.0E-05	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
PM 149	6.0E-05	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
SM 151	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
SM 153	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
EU 154	6.0E-05	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
EU 155	6.0E-05	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
GD 153	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03
HF 175	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-04	4.0E-04	4.0E-04
HF 181	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-04	4.0E-04	4.0E-04
TA 182	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-06	5.0E-06	5.0E-06
W 181	1.9E-04	0.0E+00	4.0E-02	4.0E-02	4.0E-02
W 187	1.9E-04	0.0E+00	4.0E-02	4.0E-02	4.0E-02
U 234	1.8E-03	3.9E-04	4.4E-02	7.5E-01	1.1E+00
U 235	1.8E-03	3.9E-04	4.4E-02	7.5E-01	1.1E+00
U 236	1.8E-03	3.9E-04	4.4E-02	7.5E-01	1.1E+00
U 238	1.8E-03	3.9E-04	4.4E-02	7.5E-01	1.1E+00
NP 239	5.0E-05	1.0E-04	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03
PU 238	1.0E-05	1.1E-06	8.0E-05	3.0E-04	1.2E-03
PU 239	1.0E-05	1.1E-06	8.0E-05	3.0E-04	1.2E-03
PU 240	1.0E-05	1.1E-06	8.0E-05	3.0E-04	1.2E-03
PU 241	1.0E-05	1.1E-06	8.0E-05	3.0E-04	1.2E-03
PU 242	1.0E-05	1.1E-06	8.0E-05	3.0E-04	1.2E-03
AM 241	4.2E-07	5.0E-04	1.7E-04	6.0E-04	3.0E-03
AM 242M	4.2E-07	5.0E-04	1.7E-04	6.0E-04	3.0E-03

Nuklid	*Mlieko	*Hovädzie mäso	Bravčové mäso	Hydina	Vajcia
AM 242	4.2E-07	5.0E-04	1.7E-04	6.0E-04	3.0E-03
AM 243	4.2E-07	5.0E-04	1.7E-04	6.0E-04	3.0E-03
CM 242	2.0E-06	2.0E-05	2.0E-05	2.0E-05	2.0E-05
CM 243	2.0E-06	2.0E-05	2.0E-05	2.0E-05	2.0E-05
CM 244	2.0E-06	2.0E-05	2.0E-05	2.0E-05	2.0E-05
CM 245	2.0E-06	2.0E-05	2.0E-05	2.0E-05	2.0E-05

Tabuľka 20: Koeficienty prechodu z vody do sedimentov a potravín [4], [43] a *[41]

Nuklid	mäso 1)	mlieko 2)	*sedimenty 3)	*ryby 4)	pitná voda 5)
H 3	1.2E-02	1.0E-02	0.0E+00	1.0E+00	1.0E+00
C 14	3.1E-02	1.2E-02	1.6E-07	1.0E+00	0.0E+00
F 18	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
NA 22	8.0E-01	2.5E-01	0.0E+00	1.7E+02	0.0E+00
NA 24	8.0E-01	2.5E-01	0.0E+00	1.7E+02	0.0E+00
AR 41	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
K 42	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.4E+03	0.0E+00
SC 46	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
CR 51	9.0E-02	2.0E-04	3.2E-04	3.9E+01	1.0E+00
MN 54	7.0E-04	3.0E-04	3.2E-05	4.5E+02	9.0E-01
MN 56	7.0E-04	3.0E-04	3.2E-05	4.5E+02	9.0E-01
FE 55	5.0E-02	3.0E-04	1.6E-04	5.1E+02	0.0E+00
FE 59	5.0E-02	3.0E-04	1.6E-04	5.1E+02	0.0E+00
CO 57	7.0E-02	1.0E-02	1.6E-04	3.0E+02	5.0E-01
CO 58	7.0E-02	1.0E-02	1.6E-04	3.0E+02	5.0E-01
CO 60	7.0E-02	1.0E-02	1.6E-04	3.0E+02	5.0E-01
NI 59	5.0E-02	2.0E-01	0.0E+00	4.4E+01	0.0E+00
NI 63	5.0E-02	2.0E-01	0.0E+00	4.4E+01	0.0E+00
CU 64	1.0E-02	2.0E-03	0.0E+00	3.7E+02	0.0E+00
ZN 65	2.0E-01	1.0E-02	1.6E-05	1.0E+03	4.0E-01
AS 76	2.0E-02	1.0E-04	0.0E+00	2.8E+02	0.0E+00
SE 75	1.0E-01	1.0E-03	0.0E+00	5.7E+03	0.0E+00
KR 85M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 85	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 87	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 88	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 89	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
KR 90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
RB 86	3.0E-02	1.0E-01	0.0E+00	3.3E+03	0.0E+00
RB 88	3.0E-02	1.0E-01	0.0E+00	3.3E+03	0.0E+00
RB 89	3.0E-02	1.0E-01	0.0E+00	3.3E+03	0.0E+00
SR 89	1.0E-02	3.0E-03	3.2E-05	2.2E+01	5.0E-01
SR 90	1.0E-02	3.0E-03	3.2E-05	2.2E+01	5.0E-01
SR 91	1.0E-02	3.0E-03	3.2E-05	2.2E+01	5.0E-01
SR 92	1.0E-02	3.0E-03	3.2E-05	2.2E+01	5.0E-01
Y 90	1.0E-02	6.0E-05	0.0E+00	8.2E+01	0.0E+00
Y 91M	1.0E-02	6.0E-05	0.0E+00	8.2E+01	0.0E+00
Y 91	1.0E-02	6.0E-05	0.0E+00	8.2E+01	0.0E+00
ZR 95	1.0E-05	6.0E-06	3.2E-05	1.4E+01	1.0E-01
ZR 97	1.0E-05	6.0E-06	3.2E-05	1.4E+01	1.0E-01
NB 94	3.0E-06	4.0E-06	0.0E+00	3.0E+02	0.0E+00
NB 95	3.0E-06	4.0E-06	0.0E+00	3.0E+02	0.0E+00

Nuklid	mäso 1)	mlieko 2)	*sedimenty 3)	*ryby 4)	pitná voda 5)
NB 97	3.0E-06	4.0E-06	0.0E+00	3.0E+02	0.0E+00
MO 99	1.0E-02	5.0E-03	0.0E+00	2.6E+00	0.0E+00
TC 99M	1.0E-03	1.0E-03	1.6E-07	2.0E+01	0.0E+00
TC 99	1.0E-03	1.0E-03	1.6E-07	2.0E+01	0.0E+00
RU 103	5.0E-02	3.0E-05	1.6E-05	3.2E+01	1.0E-01
RU 105	5.0E-02	3.0E-05	1.6E-05	3.2E+01	1.0E-01
RU 106	5.0E-02	3.0E-05	1.6E-05	3.2E+01	1.0E-01
RH 105	2.0E-03	5.0E-04	0.0E+00	1.0E+01	0.0E+00
RH 106	2.0E-03	5.0E-04	0.0E+00	1.0E+01	0.0E+00
AG 110M	6.0E-03	1.0E-04	0.0E+00	1.2E+02	6.0E-01
SN 113	1.0E-02	1.0E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SN 123	1.0E-02	1.0E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SN 125	1.0E-02	1.0E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SB 122	5.0E-03	2.5E-04	1.6E-06	8.9E+01	0.0E+00
SB 124	5.0E-03	2.5E-04	1.6E-06	8.9E+01	0.0E+00
SB 125	5.0E-03	2.5E-04	1.6E-06	8.9E+01	0.0E+00
TE 125M	7.0E-02	5.0E-03	0.0E+00	1.5E+02	0.0E+00
TE 127M	7.0E-02	5.0E-03	0.0E+00	1.5E+02	0.0E+00
TE 127	7.0E-02	5.0E-03	0.0E+00	1.5E+02	0.0E+00
TE 129M	7.0E-02	5.0E-03	0.0E+00	1.5E+02	0.0E+00
TE 129	7.0E-02	5.0E-03	0.0E+00	1.5E+02	0.0E+00
TE 131M	7.0E-02	5.0E-03	0.0E+00	1.5E+02	0.0E+00
TE 131	7.0E-02	5.0E-03	0.0E+00	1.5E+02	0.0E+00
TE 132	7.0E-02	5.0E-03	0.0E+00	1.5E+02	0.0E+00
I 129E	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 129O	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 129A	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 131E	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 131O	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 131A	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 132E	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 132O	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 132A	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 133E	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 133O	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 133A	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 134E	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 134O	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 134A	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 135E	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 135O	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
I 135A	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-07	2.9E+02	8.0E-01
XE 131M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 133M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 133	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

Nuklid	mäso 1)	mlieko 2)	*sedimenty 3)	*ryby 4)	pitná voda 5)
XE 135M	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 135	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 137	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
XE 138	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
CS 134	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-05	1.4E+03	2.0E-01
CS 136	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-05	1.4E+03	2.0E-01
CS 137	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-05	1.4E+03	2.0E-01
CS 138	5.0E-02	1.0E-02	3.2E-05	1.4E+03	2.0E-01
BA 140	2.0E-03	5.0E-03	0.0E+00	4.8E+00	0.0E+00
LA 140	2.0E-04	5.0E-04	0.0E+00	4.0E+01	0.0E+00
CE 141	2.0E-04	3.0E-04	3.2E-04	3.0E+01	1.0E-01
CE 143	2.0E-04	3.0E-04	3.2E-04	3.0E+01	1.0E-01
CE 144	2.0E-04	3.0E-04	3.2E-04	3.0E+01	1.0E-01
PR 143	4.7E-03	5.0E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
PR 144	4.7E-03	5.0E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ND 147	3.3E-03	5.0E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
PM 147	2.0E-03	6.0E-05	1.6E-04	3.0E+01	0.0E+00
PM 148M	2.0E-03	6.0E-05	1.6E-04	3.0E+01	0.0E+00
PM 148	2.0E-03	6.0E-05	1.6E-04	3.0E+01	0.0E+00
PM 149	2.0E-03	6.0E-05	1.6E-04	3.0E+01	0.0E+00
SM 151	5.0E-03	5.0E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
SM 153	5.0E-03	5.0E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
EU 154	2.0E-03	6.0E-05	1.6E-05	3.8E+02	0.0E+00
EU 155	2.0E-03	6.0E-05	1.6E-05	3.8E+02	0.0E+00
GD 153	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
HF 175	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.6E+02	0.0E+00
HF 17	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.6E+02	0.0E+00
TA 182	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
W 181	1.3E-03	5.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
W 187	1.3E-03	5.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
U 234	3.0E-03	6.0E-04	1.6E-06	8.6E-01	0.0E+00
U 235	3.0E-03	6.0E-04	1.6E-06	8.6E-01	0.0E+00
U 236	3.0E-03	6.0E-04	1.6E-06	8.6E-01	0.0E+00
U 238	3.0E-03	6.0E-04	1.6E-06	8.6E-01	0.0E+00
NP 239	1.0E-02	5.0E-05	3.2E-07	3.0E+01	0.0E+00
PU 238	2.0E-04	3.0E-06	3.2E-03	2.1E+04	0.0E+00
PU 239	2.0E-04	3.0E-06	3.2E-03	2.1E+04	0.0E+00
PU 240	2.0E-04	3.0E-06	3.2E-03	2.1E+04	0.0E+00
PU 241	2.0E-04	3.0E-06	3.2E-03	2.1E+04	0.0E+00
PU 242	2.0E-04	3.0E-06	3.2E-03	2.1E+04	0.0E+00
AM 241	1.0E-04	2.0E-05	1.6E-04	2.3E+02	0.0E+00
AM 242M	1.0E-04	2.0E-05	1.6E-04	2.3E+02	0.0E+00
AM 242	1.0E-04	2.0E-05	1.6E-04	2.3E+02	0.0E+00
AM 243	1.0E-04	2.0E-05	1.6E-04	2.3E+02	0.0E+00
CM 242	2.0E-05	2.0E-06	1.6E-04	3.0E+01	0.0E+00

Nuklid	mäso 1)	mlieko 2)	*sedimenty 3)	*ryby 4)	pitná voda 5)
CM 243	2.0E-05	2.0E-06	1.6E-04	3.0E+01	0.0E+00
CM 244	2.0E-05	2.0E-06	1.6E-04	3.0E+01	0.0E+00
CM 245	2.0E-05	2.0E-06	1.6E-04	3.0E+01	0.0E+00

1) $T_{v00,75}^r$ [Bq kg⁻¹ / Bq den⁻¹];

2) $T_{v00,85}^r$ [Bq l⁻¹ / Bq den⁻¹];

3) $T_{v00,22}^r$ [l kg⁻¹ s⁻¹];

4) $T_{v00,45}^r$ [Bq kg⁻¹ / Bq l⁻¹];

5) $T_{v00,91}^r$ [Bq l⁻¹ / Bq l⁻¹];

Tabuľka 21: Rozpadové konštanty λ [44], dávkové faktory ožiarenia z oblaku pre β -žiarenie nuklidov na kožu DF_{β} [43], konštanty odstraňovania nuklidov z pôdy λ_o [43]

Nuklid	λ [s ⁻¹]	DF_{β} [Sv.m ³ .Bq ⁻¹ .s ⁻¹]	λ_o [s ⁻¹]
H 3	1.780E-09	0.0E+00	0.0E+00
Be 7	1.50E-07	0.0E+00	0.0E+00
C 14	3.840E-12	0.0E+00	0.0E+00
F 18	1.052E-04	0.0E+00	0.0E+00
NA 22	8.447E-09	1.3E-15	0.0E+00
NA 24	1.282E-05	2.8E-15	0.0E+00
AR 41	1.054E-04	0.0E+00	0.0E+00
K 42	1.558E-05	0.0E+00	0.0E+00
CR 51	2.898E-07	1.8E-17	0.0E+00
MN 54	2.565E-08	4.7E-16	0.0E+00
MN 56	7.467E-05	0.0E+00	0.0E+00
FE 55	8.020E-09	0.0E+00	0.0E+00
FE 59	1.803E-07	7.1E-16	0.0E+00
CO 57	2.952E-08	0.0E+00	0.0E+00
CO 58	1.131E-07	5.6E-16	0.0E+00
CO 60	4.168E-09	1.5E-15	0.0E+00
NI 59	2.930E-13	0.0E+00	0.0E+00
NI 63	2.200E-10	0.0E+00	0.0E+00
CU 64	1.504E-05	1.6E-16	0.0E+00
ZN 65	3.287E-08	3.3E-16	0.0E+00
AS 76	7.319E-06	9.6E-16	0.0E+00
SE 75	6.697E-08	2.2E-16	0.0E+00
Br 84	3.63E-04	0.0E+00	0.0E+00
Br 87	1.24E-02	0.0E+00	0.0E+00
KR 85M	4.297E-05	0.0E+00	0.0E+00
KR 85	2.049E-09	0.0E+00	0.0E+00
KR 87	1.514E-04	0.0E+00	0.0E+00
KR 88	6.782E-05	0.0E+00	0.0E+00
KR 89	3.610E-03	0.0E+00	0.0E+00
KR 90	2.146E-02	0.0E+00	0.0E+00
RB 86	1.136E-02	4.9E-16	0.0E+00
RB 88	6.490E-04	0.0E+00	0.0E+00
RB 89	7.625E-04	0.0E+00	0.0E+00
Rb 90	4.53E-03	0.0E+00	0.0E+00
SR 89	1.587E-07	3.7E-16	1.6E-09
SR 90	7.630E-10	9.2E-17	1.6E-09
SR 91	2.031E-05	0.0E+00	1.6E-09
SR 92	7.346E-05	0.0E+00	1.6E-09
Y 90	6.038E-05	6.2E-16	0.0E+00
Y 91M	2.324E-04	0.0E+00	0.0E+00

Nuklid	λ [s ⁻¹]	DF _β [Sv.m ³ .Bq ⁻¹ .s ⁻¹]	λ_0 [s ⁻¹]
Y 91	1.371E-07	3.9E-16	0.0E+00
ZR 95	1.253E-07	4.5E-16	0.0E+00
ZR 97	1.139E-05	0.0E+00	0.0E+00
NB 95	2.294E-07	4.3E-16	0.0E+00
NB 97	1.570E-04	0.0E+00	0.0E+00
MO 99	2.920E-06	3.1E-16	0.0E+00
Mo 101	7.90E-04	0.0E+00	0.0E+00
TC 99M	3.206E-05	7.1E-17	0.0E+00
TC 99	1.030E-13	2.7E-17	0.0E+00
RU 103	2.045E-07	2.8E-16	0.0E+00
RU 105	4.338E-05	0.0E+00	0.0E+00
RU 106	2.187E-08	1.1E-15	0.0E+00
RH 105	5.424E-06	1.1E-16	0.0E+00
RH 106	2.326E-02	1.1E-15	0.0E+00
AG 110M	3.212E-08	1.6E-15	0.0E+00
SN 113	6.970E-08	8.2E-18	0.0E+00
SN 123	6.217E-08	0.0E+00	0.0E+00
SN 125	8.335E-07	0.0E+00	0.0E+00
SB 124	1.333E-07	1.3E-15	0.0E+00
SB 125	7.964E-09	2.7E-16	0.0E+00
Sb 127	2.06E-06	0.0E+00	0.0E+00
Sb 129	4.36E-05	0.0E+00	0.0E+00
TE 125M	1.384E-07	1.9E-17	0.0E+00
TE 127M	7.358E-08	8.5E-18	0.0E+00
TE 127	2.048E-05	0.0E+00	0.0E+00
TE 129M	2.393E-07	1.5E-16	0.0E+00
TE 129	1.650E-04	0.0E+00	0.0E+00
TE 131M	6.418E-06	8.9E-16	0.0E+00
TE 131	4.621E-04	6.9E-16	0.0E+00
TE 132	2.517E-06	1.4E-16	0.0E+00
I 129	1.399E-15	1.1E-17	0.0E+00
I 131	1.000E-06	3.0E-16	0.0E+00
I 132	8.427E-05	1.6E-15	0.0E+00
I 133	9.257E-06	5.8E-16	0.0E+00
I 134	2.196E-04	1.9E-15	0.0E+00
I 135	2.912E-05	1.1E-15	0.0E+00
XE 131M	6.816E-07	0.0E+00	0.0E+00
XE 133M	3.664E-06	0.0E+00	0.0E+00
XE 133	1.517E-06	0.0E+00	0.0E+00
XE 135M	7.405E-04	0.0E+00	0.0E+00
XE 135	2.115E-05	0.0E+00	0.0E+00
XE 137	3.024E-03	0.0E+00	0.0E+00
XE 138	8.205E-04	0.0E+00	0.0E+00
CS 134	1.063E-08	9.5E-16	1.6E-09

Nuklid	λ [s ⁻¹]	DF _β [Sv.m ³ .Bq ⁻¹ .s ⁻¹]	λ_0 [s ⁻¹]
CS 136	6.123E-07	1.3E-15	1.6E-09
CS 137	7.287E-10	8.6E-17	1.6E-09
CS 138	3.588E-04	0.0E+00	1.6E-09
Ba 139	1.39E-04	0.0E+00	0.0E+00
BA 140	6.267E-07	0.0E+00	0.0E+00
LA 140	4.780E-06	0.0E+00	0.0E+00
CE 141	2.472E-07	1.0E-16	0.0E+00
CE 143	5.889E-06	0.0E+00	0.0E+00
CE 144	2.818E-08	2.9E-17	0.0E+00
PR 143	5.909E-07	0.0E+00	0.0E+00
PR 144	6.665E-04	0.0E+00	0.0E+00
ND 147	7.293E-07	0.0E+00	0.0E+00
PM 147	8.372E-09	8.1E-18	0.0E+00
PM 148M	1.494E-06	0.0E+00	0.0E+00
PM 148	1.943E-07	0.0E+00	0.0E+00
PM 149	3.629E-06	0.0E+00	0.0E+00
SM 151	2.358E-10	0.0E+00	0.0E+00
SM 153	4.114E-06	0.0E+00	0.0E+00
EU 154	2.511E-09	8.3E-16	0.0E+00
EU 155	4.429E-09	3.4E-17	0.0E+00
GD 153	3.316E-08	0.0E+00	0.0E+00
HF 175	1.146E-07	0.0E+00	0.0E+00
HF 181	1.894E-07	0.0E+00	0.0E+00
TA 182	6.976E-08	0.0E+00	0.0E+00
W 181	6.633E-08	0.0E+00	0.0E+00
W 187	8.151E-06	0.0E+00	0.0E+00
U 234	9.014E-14	4.3E-19	0.0E+00
U 235	3.121E-17	8.6E-17	0.0E+00
U 236	9.381E-16	0.0E+00	0.0E+00
U 238	4.916E-18	2.9E-19	0.0E+00
NP 239	3.408E-06	1.6E-16	0.0E+00
PU 238	2.503E-10	4.1E-19	0.0E+00
PU 239	9.111E-13	1.9E-19	0.0E+00
PU 240	3.353E-12	3.9E-19	0.0E+00
PU 241	1.525E-09	1.2E-21	0.0E+00
PU 242	5.844E-14	3.3E-19	0.0E+00
AM 241	5.074E-11	1.3E-17	0.0E+00
AM 242M	1.203E-05	0.0E+00	0.0E+00
AM 242	1.459E-10	0.0E+00	0.0E+00
AM 243	2.975E-12	0.0E+00	0.0E+00
CM 242	4.926E-08	4.3E-19	0.0E+00
CM 243	7.707E-10	0.0E+00	0.0E+00
CM 244	1.212E-09	3.9E-19	0.0E+00
CM 245	2.596E-12	0.0E+00	0.0E+00

8.2 Vstupné údaje týkajúce sa človeka

Tabuľka 22: Ročná spotreba potravín, pitnej vody a rýchlosti dýchania [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] [2], [4], [26], [48]

Potravina [kg, l]	Veková kategória [rok]					
	0-1	1-2	2-7	7-12	12-17	dospelí
Mlieko	242.70	195.60	360.10	383.40	333.80	248.10
Hovädzie mäso	3.80	9.35	14.90	20.70	23.20	21.50
Bravčové mäso	1.10	4.35	7.60	16.30	19.70	39.50
Hydina	0.30	3.80	7.30	8.30	14.30	12.00
Iné mäso	0.00	2.40	2.40	3.30	3.40	3.70
Obilniny	14.80	37.95	61.10	101.90	140.90	157.00
Ovocie	9.90	21.75	33.60	45.40	55.90	45.00
Zemiaky	4.40	20.50	36.60	50.70	77.10	80.00
Zelenina	23.00	33.50	44.00	55.40	69.40	75.00
Vajcia [ks]	54.00	136.00	218.00	316.00	366.00	346.00
Cukor	9.60	17.50	25.40	27.00	29.60	37.50
Ryby	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30
Ostatné	6.30	6.40	6.50	7.20	9.90	26.00
Pivo	0.00	0.00	0.00	0.00	52.00	146.90
Pitná voda	250	250	450	450	450	700
Rýchlosť dýchania	3.171×10^{-5}	6.342×10^{-5}	1.268×10^{-4}	1.903×10^{-4}	2.567×10^{-4}	2.695×10^{-4}

Poznámka: Konzervatívne sa predpokladá, že všetky konzumované potraviny sú kontaminované.

Tabuľka 23: Odporúčané hodnoty potravinových reťazcov [4]

φ - priemerná vlhkosť vzduchu v období rastu	0.009 [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
I_5 - intenzita zavlažovania	$3.28 \text{E-}5$ [$\text{l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]
t_5 - ročná doba zavlažovania (6 mesiacov denne po 8 hodín)	$5.18 \text{E}+6$ [s]
L - spotreba vody zvieratami: L_7 úžitkovej	50 [$\text{l} \cdot \text{den}^{-1}$]
L_8 pitnej	10 [$\text{l} \cdot \text{den}^{-1}$]
L_x – spotreba krmiva kravami	40 [$\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}$]

Tabuľka 24: Doby kontaktu človeka s vonkajším prostredím [49]

Kúpanie alebo člnkovanie	$3.6 \text{E}+6$ [s]
Doba pobytu na sedimentoch alebo zavlažovanej pôde	$1.8 \text{E}+6$ [s]

Tabuľka 25: Parametre pre výpočet koncentrácií HTO a OBT v rastlinných produktoch [46]

Rastlinné produkty	Listová zelenina	Ovocie	Koreňová a iné druhy zeleniny	Obilie	Pastva
Frakcia vlhkej hmotnosti (S_{nw})	0.906	0.853	0.824	0.117	0.8
Frakcia suchej hmotnosti (S_{nd})	0.094	0.147	0.176	0.883	0.2

Tabuľka 26: Parametre pre výpočet koncentrácií HTO a OBT v živočíšnych produktoch [46]

Živočíšne produkty	vajcia	mlieko	mäso hovädzie	mäso bravčové	mäso hydinové
Frakcia vlhkej hmotnosti (P_{FW})	0.74	0.897	0.668	0.50	0.67
Frakcia suchej hmotnosti (P_{FD})	0.26	0.103	0.332	0.50	0.33

8.3 Vstupné údaje týkajúce sa zdroja

Pri prevádzke JZ vznikajú plynné, kvapalné a pevné RAO, s ktorými sa nakladá v zmysle platných LaP a nadväzných prevádzkových predpisov.

Plynné RAO sú uvoľňované do atmosféry cez ventilačné komíny a v prípade havárie aj cez rôzne netesnosti alebo zariadenia na znižovanie následkov havárií. Hodnotenie následkov sa robí na základe vytipovaných scenárov priebehu havárie a úniku RAL do životného prostredia.

Parametre komína JE EMO34 sú uvedené v nasledovnej tabuľke.

Tabuľka 27: Parametre komína EMO [47]

Lokalita	EMO
Geometrická výška komína h , [m]	150
Tepelná výdatnosť zdroja Q_h , [kW]	4000
Výstupná rýchlosť plynov v_s , [m s ⁻¹]	15.5
Priemer ústia komína d , [m]	4.0

Okrem plyných RAO prevádzka JE produkuje relatívne veľké množstvo kvapalných rádioaktívnych odpadov (RAO) s nízkou aktivitou, ktoré sú po prečistení vypúšťané do hydrosféry.

Projekt elektrárne garantuje, že kvapalné odpady sa mimo areál JE môžu dostať len v predpísanej forme plánovite, kontrolovane a v súlade s hygienickými normami. Všeobecne sa mimo areál JE môžu kvapalné výpuste dostať vo forme týchto odpadov:

- tríciové vody,
- splaškové vody spracované v čističke odpadných vôd,
- neutralizované odpadné vody z regenerácií.

Ich regulované a kontrolované vypúšťanie je zabezpečené na základe vykonania chemickej a rádiochemickej kontroly ako aj vedenia presnej evidencie zloženia vypúšťaných odpadov.

Limitné hodnoty aktivity ročných výpustí sú odvodené tak, aby ich hodnoty neviedli k prekročeniu individuálnej efektívnej dávky $250 \mu\text{Sv.rok}^{-1}$. Limitné hodnoty aktivity ročných kvapalných výpustí stanovuje vo svojom rozhodnutí ÚVZ SR - stanovené sú hlavným hygienikom SR.

Za hranicu JE so životným prostredím pre JE EMO je považovaný objekt 368/1-01 (stanička odpadných vôd), kde je realizované sústavné meranie aktivity odpadných vôd. Všetky odpadové vody z EMO sú vypúšťané podľa platného dokumentu LaP a nadväzujúcich prevádzkových predpisov na riečnom kilometri 93,95 v profile Tlmače do rieky Hron.

Prevádzka JZ vo vzťahu k týmto medzným hodnotám aktivity sa riadi podľa hodnôt reálnych aktivít vypúšťaných rádionuklidov. Napr. limitné hodnoty aktivity ročných kvapalných výpustí stanovené hlavným hygienikom SR z JE EMO sú pre tríciové vody $2,4 \cdot 10^{13} \text{ Bq / rok}$ a pre korózne a štiepne produkty $2,2 \cdot 10^9 \text{ Bq / rok}$.

8.4 Vstupné údaje týkajúce sa okolia JZ

Topografické údaje popisujúce okolie zahŕňajú: dáta popisujúce rozdelenie okolia JEZ na jednotlivé zóny; pre ktoré sú stanovené a do výpočtov zahrnuté nadmorské výšky bodov výpočtu a drsnosti zemského povrchu.

Výpočtová sieť je polárna - rozdelená na 16 sektorov po $22,5^\circ$ a sektor číslo 1 je umiestnený tak, že jeho os smeruje na sever. Každý sektor je rozdelený na 12 medzikruží o polomeroch 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50 a 60 km. Body výpočtu pre každú výseč sú 0.5, 1.5, 2.5, 4, 6, 8.5, 12.5, 17.5, 25, 35, 45 a 55 km.

Nadmorská výška päty komína je pre EMO 235 m a tá sa používa v prípade, že sa v zadaní výpočtu zvolí rovinný terén. V prípade, že sa v zadaní výpočtu zvolí členitý terén, berú sa do úvahy rôzne nadmorské výšky a drsnosti zemského povrchu pre dané výpočtové body. Voľba členitého terénu je v prípade EMO z hľadiska počítaných dávok pri únikoch cez ventilačný komín konzervatívnym prístupom - najvyššie dávky vychádzajú pre uhly smeru vetra nad 90° a menej než 135° , čo je geograficky sektor v smere západo-severozápad. V prípade prízemných únikov sú počítané hodnoty dávok na hranici ochranného pásma vyššie pre rovinný terén, čo bolo potvrdené kontrolnými parametrickými výpočtami.

Každý sektor smeru vetra je charakterizovaný priemernou hodnotou drsnosti povrchu terénu (rovinu predstavuje číslo 0.1, veľké prevýšenia číslo 1 a menšie prevýšenia číslo 0.4). Treba však zdôrazniť, že hodnota drsnosti povrchu terénu na vzdialenostiach väčších ako 10 km už na výsledky výpočtov nevlýva. Na väčších vzdialenostiach je už vlnka rovnomerne premiešaná po výške a zmena drsnosti povrchu terénu už nevedie k žiadnym zmenám v hodnotách koncentrácií a depozitu.

Hodnoty priemerných drsností zemského povrchu pre sektory sú uvedené v nasledovnej tabuľke.

Tabuľka 28: Hodnoty priemerných drsností zemského povrchu z_0

Lokalita	EMO
Sektor	z_0 [m]
1	1,0
2	1,0
3	1,0
4	1,0
5	0,4
6	0,1
7	0,1
8	0,1
9	0,1
10	0,1
11	0,1
12	0,1
13	0,4
14	1,0
15	1,0
16	1,0

Poznámka: V prípade šírenia sa a difúzie rádioaktívnych látok cez hydrosféru je vplyv topografie zahrnutý v hodnotách prietokov a rýchlostí toku v jednotlivých úsekoch rieky Hron.

Údaje o okolí zahŕňajú údaje o využití životného prostredia, poľnohospodárske údaje (osevné plochy jednotlivých plodín, výnosy, distribúciu plodín...) a hydrologické údaje ovplyvnených vodných tokov. Vymedzené okolie JZ EMO je charakterizované pestrým geologickým zložením a povrchom, čo poskytuje poľnohospodárstvu na rozličných miestach odlišné podmienky. Podstatnú časť sledovaného územia v okolí JE tvorí Podunajská nížina s černoziemou, oblasťou s hnedozemou je oblasť Trábeča, Inovca a Moravsko-Slovenského pomedzia. Okolie JZ je intenzívne poľnohospodársky využívané. Pestujú sa obilniny, repa, viacročné krmoviny, zemiaky, zelenina, ovocie a technické plodiny. Chová sa hovädzí dobytok na mlieko i na mäso, ošípané a hydina. Časť územia sa zavlažuje z ovplyvneného vodného toku Hrona (závlahová sústava Kozmálovce). Závlahová sezóna trvá od marca do októbra a najväčšie odbery vody sú v júli a auguste. S plodín sú na najväčšej ploche zavlažované zelenina, pšenica, jačmeň, cukrová repa, viacročné krmoviny, kukurica na zrno a siláž. Rieka Hron je využívaná aj na rybolov.

Vstupné údaje sú spracované do databázy výpočtového programu RDEMO a obsahujú údaje charakterizujúce ovplyvnené územie do okruhu 60 km (bez údajov zo zahraničia). Číslovanie zón pri

výpočte pre EMO je zrejmé z tabuľky - Tabuľka 29 Tabuľka 29 Tabuľka 28. Pre hydrosféru sú ovplyvnené zóny - t.j. zóny, ktorými preteká rieka Hron tyrkysovo podfarbené.

Výpočtová sieť modelovaného priestoru pre šírenie rádioaktívnych látok v atmosfére predstavuje polárnu sieť rozdelenú na 16 sektorov po 22,5°; každý sektor je rozdelený na 12 medzikruží, t.j. celkovo je použitých 192 výpočtových bodov.

Pri výbere siete sa vychádzalo z odporúčení MAAE a z praktických dôvodov. V polárnej sieti sa používa 16 smerov, lebo meteorológovia poskytujú rutinné synoptické a klimatické údaje o smere vetra v 16 smerovej ružici. Výber vzdialeností na ktorých sa nachádzajú stredy jednotlivých medzikruží sa podriaďuje iba požiadavke nárastu vzdialenosti medzi medzikružiami so vzdialenosťou – dôsledok rastu horizontálnych rozmerov vlečky alebo rádioaktívneho oblaku so vzdialenosťou.

Poznámka:

Pri výbere vzdialeností výpočtových bodov sa autori programového systému RDxxx inšpirovali modelmi COSYMA, MACCS a RODOS. Treba zdôrazniť, že model RDxxx využíva analytické riešenie rovnice difúzie (aproximácia Gaussovského rozdelenia) a nie je modelom, v ktorom sú riešené numerickými metódami parciálne diferenciálne rovnice. Preto presnosť jeho výsledkov nezávisí na výbere počtu bodov výpočtov a ich vzdialeností. Tieto všetky úvahy platia aj pre vertikálny rozmer – tzn. že model umožňuje počítať hodnoty koncentrácií a dávok v ľubovoľnom vertikálnom bode siete. Ale pretože pre odhad radiačnej situácie sú dôležité iba body v prízemnej vrstve atmosféry, kde sa pohybuje človek, a hodnoty koncentrácií a dávok v osi vlečky, model vykonáva výpočty iba v bodoch pri povrchu terénu a v osi vlečky. Pretože modely RTARC a RDEMO využívajú výsledky analytických riešení, neexistuje žiadna závislosť a citlivosť výsledkov výpočtov na výbere parametrov výpočtovej siete.

Hydrologické údaje

Všetky odpadné vody z AEMO budú vypúšťané na kilometri 93,95 do rieky Hron. Zaručený prietok v profile vypúšťania odpadných vôd Hronu je $6,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a celková bilancia vypúšťaných vôd je $6\,785\,200 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ s priemerným prietokom $1256 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$. Rýchlosť toku sa predpokladá minimálne $1.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Dlhodobý meraný priemerný prietok v mieste zaústenia kvapalných RAO do rieky Hron je $51.6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a priemerná rýchlosť toku $1.73 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pre storočnú povodňovú vlnu bol vypočítaný prietok $1135 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Využitie Hrona sa predpokladá na rekreačné účely, rybolov a zavlažovanie. Závlahová sezóna trvá od marca do októbra a najväčšie odbery vody sú v júli a auguste. S plodín sú na najväčšej ploche zavlažované zelenina, pšenica, jačmeň, cukrová repa, viacročné krmoviny, kukurica na zrno a siláž. Číslo zón, kadiaľ preteká rieka Hron sú: 53, 64, 65, 66, 67, 78, 79, 80, 81, 94, 95, 96.

Tabuľka 29: Číslovanie zón pri výpočte pre EMO34

zóny	0-1	1-2	2-3	3-5	5-7	7-10
S	1	2	3	4	5	6
SSV	13	14	15	16	17	18
SV	25	26	27	28	29	30
VSV	37	38	39	40	41	42
V	49	50	51	52	53	54
VJV	61	62	63	64	65	66
JV	73	74	75	76	77	78
JJV	85	86	87	88	89	90
J	97	98	99	100	101	102
JJZ	109	110	111	112	113	114
JZ	121	122	123	124	125	126
ZJZ	133	134	135	136	137	138
Z	145	146	147	148	149	150
ZSZ	157	158	159	160	161	162
SZ	169	170	171	172	173	174
SSZ	181	182	183	184	185	186
zóny	10-15	15-20	20-30	30-50	50-75	75-100
S	7	8	9	10	11	12
SSV	19	20	21	22	23	24
SV	31	32	33	34	35	36
VSV	43	44	45	46	47	48
V	55	56	57	58	59	60
VJV	67	68	69	70	71	72
JV	79	80	81	82	83	84
JJV	91	92	93	94	95	96
J	103	104	105	106	107	108
JJZ	115	116	117	118	119	120
JZ	127	128	129	130	131	132
ZJZ	139	140	141	142	143	144
Z	151	152	153	154	155	156
ZSZ	163	164	165	166	167	168
SZ	175	176	177	178	179	180
SSZ	187	188	189	190	191	192

Vekové zloženie obyvateľstva

Podľa údajov o vekovom zložení obyvateľstva SR podľa pohlavia a veku (podkladový materiál: Vekové pyramídy obyvateľstva SR, 1945 - 2011) podľa Štatistického úradu Slovenskej republiky sú stanovené percentuálne zastúpenia jednotlivých vekových kategórií nasledovne:

Tabuľka 30: Vekové zloženie obyvateľstva

Veková kategória	Percento
0 – 1	1
1 – 2	1
2 – 7	5
7 – 12	5
12 – 17	5
> 17	83

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] ICRP, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Oxford, Pergamon Press, ICRP Publication 60, 1991
- [2] Nariadenie vlády SR č. 345/2006 Z.z. o základných bezpečnostných požiadavkách na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením
- [3] Draxler R.R., Modeling the Results of Two Recent Mesoscale Dispersion Experiments. Atmospheric Environment, 13, 1979, s.1523-1533
- [4] ČSKAE - Metódy výpočtu šírenia rádioaktívnych látok z JEZ a ožiarenia okolitého obyvateľstva. Bezpečnosť jaderných zařízení č. 5/1984, ÚISJP Praha
- [5] Kliment,V.: Contamination of Pork by Caesium Radiosotopes. J. Environ. Radioactivity 13, 1991, 117-124
- [6] Kliment,V.:Modelling of Radiocesium Foodchain Transport after the Chernobyl Accident. Jaderná energie, 38, č.5, 1992
- [7] Kliment,V., Bučina,I.: Contamination of Food in Czechoslovakia by Caesium Radioisotopes from the Chernobyl Accident. J. Environ. Radioactivity, 12, 1990, 167-178
- [8] IHE - Modely a parametry transportu radionuklidů životním prostředím. Příloha č.3/1990 k Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica, Praha, 1991
- [9] Chamberlain,A.C.: Interception and Retention of Radioactive Aerosols by Vegetation. Atm. Environment 4, 1970, 57-78
- [10] Hoffman,F.O., Baes III,Ch.F.: A Statistical Analysis of Selected Parameters for Predicting Food Chain Transport and Internal Dose of Radionuclides. ORNL, Oak Ridge, 1979
- [11] Nátrová,Z.: Charakteristika odrůd ozimé pšenice z hlediska vlivu některých vnějších a vnitřních faktorů na tvorbu produktivity klasu. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 1987
- [12] Binderová,A.: Racionalizace výroby píce víceletých píceň a meziploidy. Oseva, Troubsko u Brna, 1988
- [13] Vorlíček,Z.: Studium průběhu změn v obsahu významných nutričních hodnot u druhu Trifolium pratense L. během ontogeneze. Oseva, Troubsko u Brna, 1989
- [14] IAEA - Safety Series No. 57: Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases. IAEA,Vienna,1982
- [15] Carter,M.W., Harley,J.H., Schmidt,G.D., Silini,G.: Radionuclides in the Food Chain. Springer Verlag, Berlin, 1988
- [16] Nair,S.: Models for the Evaluation of Ingestion Doses from the Consumption of Terrestrial Foods Following an Atmospheric Radioactive Release. Central Electricity Board, Berkeley, 1984
- [17] Simonds,J.R., Crick,M.J.: Transfer Parameters for Use in Terrestrial Models, NRPB-M63, Jan. 1982
- [18] Baes,C.F. et al.: A Review and Analysis of Parameters for Assessing Transport of Environmentally Released Radionuclides through Agriculture, ORNL-5786, Sep. 1984
- [19] Ng, Y.C.: A Review of Transfer Factors for Assessing the Dose from Radionuclides in Agricultural Products, Nucl. Safety, Vol. 2, No. 1, January-February 1982
- [20] U.S. Nuclear Regulatory Commission. Calculation of Annual Doses to Man from Routine Releases of Reactor Effluents for the Purpose of Evaluating Compliance with 10 CFR part 50, APP1, Regulatory Guide 1.109, Rev. 1, October 1977
- [21] Ng,Y.C., Thompson,S.E., Cosher,C.S.: Soil-to-Plant Concentration Ractors for Radiological Assessments. Lawrence Livermore Nat. Laboratory, Livermore, 1982

- [22] Koprda, V.: Vnútrošná kontaminácia rádioaktívnymi látkami. Veda, Bratislava, 1986
- [23] Voigt, G. a kol.: Experimental Determination of Transfer Coefficients of ^{137}Cs and ^{131}I from Fodder into Milk of Cows and Sheep after Chernobyl Accident. Health Physics 57(6), 1989, 967-973
- [24] Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments, IAEA, Vienna, 1994
- [25] Slávik O., Kusovská Z.: Výber a adaptácia parametrov modelu šírenia RAL a dávok v okolí JEZ, Správa VÚJE Trnava a.s. č. 221/98
- [26] Aktualizácia dát k 31.12.2008 potrebných pre databázu programového systému RDETE, EnviMO Brno, ochrana před ioniz. zářením, 6/2010
- [27] Kliment, V., Bučina, I.: Kontaminace potravin radioizotopy cesia v ČSSR po Černobylské havárii. Některé výsledky monitorování následků Černobylské havárie v ČSSR. ÚISPJ, 1988
- [28] Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Siting, Safety Series No. 50-SG-S3, IAEA, Vienna, 1980
- [29] Hosker R.P., Estimates of dry deposition and plume depletion over forests and grasslands. In Proc. Symposium on Physical Behaviour of Radioactive Contaminants in the Atmosphere, Vienna, Nov. 1976
- [30] Van der Hoven I., Deposition of particles and gases. In Slade D.H. ed., Meteorology and Atomic Energy, USAEC, TID-24190, 1968
- [31] Briggs G.A., Plume Rise Prediction. In Lecture on Air Pollution and Environmental Impact Analysis, Boston, American Meteorological Society, 1975
- [32] Schuckler M., Vogt S., UFOMOD Programm zur Berechnung der radiologischen Folgen von Reaktorunfällen im Rahmen von Risikostudien., KfK 3092, 1981
- [33] Štubňa M. a kol., Charakteristiky zdrojov a polí žiarenia pri haváriách JE s VVER-440, Správa VÚJE 42/88, 1988
- [34] Panitz H.J. a kol., UFOMOD Atmospheric Dispersion and Deposition, KfK 4332, 1989
- [35] Clarke R.H., A Model for Short and Medium Range Dispersion of Radionuclides Released to the Atmosphere., NPRB - R91, UK, 1979
- [36] Štubňa M., Ocenenie radiačnej záťaže obyvateľstva v okolí jadrových elektrární v reálnom čase pri radiačných nehodách, Rádioaktivita a životné prostredie 9, 3, 1986
- [37] Štubňa M., Calculation of the Cloud Gamma Dose Equivalent from NPP Accidental Release, In Proc. 20th International Symposium Radiation Protection Physics, Gaussig, April, 1988
- [38] Eckerman K.F., Ryman J.C.: External exposures to Radionuclides in Air, Water and Soil, Federal Guidance report No. 12, *Exposure-to-Dose Coefficients for General Application, Based on the 1987 Federal Radiation Protection Guidance*, US EPA, Washington D.C., 1993
- [39] CD „The ICRP Database of Dose Coefficients: Workers and Members of the Public, version 2.01, for Windows 95/98/Me/NT/2000“
- [40] Kliment V.: Věková závislost při výpočtu dávek z vnitřní kontaminace inhalací, Jaderná energie 31/1985 č. 1
- [41] IAEA-TECDOC-1616, Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments, IAEA, Vienna, May 2009
- [42] IAEA-TECDOC-1162 Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency, Vienna, August 2000

- [43] Generic Models for Use in Assessing yhe Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, Safety Report Series No. 19, IAEA 2001
- [44] RSIC DATA LIBRARY COLLECTION, TPASGAM85, Radioactive Decay Library of Gamma-Ray Energies, Branching Ratios and Cross Sections, DLC-88, Škoda Plzeň1986
- [45] W. Raskob: UFOTRI: Description of NORMTRI: a Computer Program for Assessing the Off-Site Consequences from Air-Borne Releases of Tritium During Normal Operation of Nuclear Facilities. KfK 5364, Oktober 1994
- [46] S. R. Peterson, and P. A. Davis: Tritium Doses from Chronic Atmospheric Releases: A New Method Proposed for Regulatory Compliance, Health Physics, 82(2): 213-225, 2002
- [47] Predbežná bezpečnostná správa JE Mochovce, 2. stavba, 2. etapa, kap. 2.3 Hodnotenie vplyvu na životné prostredie (Tab. 2.3.1.1.9), EGP Praha 06/1984, arch.č. 411-6-023281.
- [48] Vyhláška 545/2007 Z.z. MZ SR, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany pri činnostiach vedúcich k ožiareniu a činnostiach dôležitých z hľadiska radiačnej ochrany, § 25 Hodnotenie veličín v rámci monitorovania.
- [49] Generic Models for Use in Assessing yhe Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, Safety Report Series No. 19, IAEA 2001

Príloha 10 Porovnanie kategorizácie iniciačných udalostí v kapitole 7.2.1 a ich uvažovanie v PSA

Cieľom tejto prílohy je preukázať, že kategorizácia postulovaných iniciačných udalostí analyzovaných v rámci kapitoly 7.2.1 je v súlade s požiadavkami uvedenými vo Vyhláške ÚJD SR č. 50/2006 (pripomienka č. 1 uvedená v rozhodnutí ÚJD SR č. 267/2008).

Na základe všeobecne aplikovaného prístupu bol výber iniciačných udalostí uvažovaných v PpBS realizovaný podľa odporúčaní uvedených v [1], kde je tiež uvedená kategorizácia havarijných scenárov na prechodové procesy, projektové havárie a nadprojektové havárie. Pre iniciačné udalosti uvažované v bezpečnostnej správe (kapitola 7.2.1) je v nasledovnej tabuľke uvedené ocenenie ich ročných frekvencií výskytu podľa referenčného modelu PSA MO34 [2]. Uvedené údaje demonštrujú zhodu medzi kategorizáciou iniciačných udalostí prezentovaných v kapitole 7.2.1 PpBS a PSA MO34.

Označenie „NC“ (neuvažovaný z angl. Not Considered) je použité pre tie iniciačné udalosti, ktoré:

- Následky iniciačných udalostí sú zanedbateľné z hľadiska PSA a nemajú vplyv na výsledky PSA ALEBO,
- Následky iniciačných udalostí sú pokryté analýzami obáľkových iniciačných udalostí, ktoré majú nepriaznivejší vplyv na výsledky PSA.

Kapitola	Skupina iniciačných udalostí / Iniciačná udalosť	Kategória	PSA frekvencia ¹⁾
7.2.1.2	Poruchy reaktivity a zmeny rozloženia výkonu		
7.2.1.2.1	Nekontrolované vyťahovanie skupiny kaziet HRK pri spúšťaní	DB-T	4.01E-02
7.2.1.2.2	Nekontrolované vyťahovanie skupiny kaziet HRK na výkone	DB-T	4.01E-02
7.2.1.2.3	Neriadený pohyb kaziet HRK	DB-T	4.81E-01
7.2.1.2.4	Chybné pripojenie odstavenej cirkulačnej slučky	DB-A	NC
7.2.1.2.5	Vystrelenie kazety HRK z aktívnej zóny	DB-A	8.95E-04
7.2.1.2.6	Znižovanie koncentrácie bóru v primárnom chladive	DB-T/A	1.77E-06
7.2.1.2.7	Chybné zavezenie a prevádzka palivového článku v nesprávnej pozícii	DB-A	NC
7.2.1.3	Zníženie prietoku primárneho chladiva		
7.2.1.3.1	Chybné uzatvorenie jednej hlavnej uzatváracej armatúry v cirkulačnej slučke	DB-T	NC
7.2.1.3.2	Zadretie rotora jedného hlavného cirkulačného čerpadla	DB-A	NC
7.2.1.3.3	Zlomenie hriadeľa na jednom hlavnom cirkulačnom čerpadle	DB-A	NC
7.2.1.3.4	Rôzne kombinácie výpadkov hlavných cirkulačných čerpadiel	DB-T	8.02E-02
7.2.1.4	Zvýšenie množstva chladiva v primárnom okruhu		
7.2.1.4.1	Chybné uvedenie do činnosti havarijného chladenia aktívnej zóny reaktora	DB-T	3.36E-02
7.2.1.4.2	Chybná činnosť normálneho systému dopĺňovania, ktorá zvyšuje množstvo chladiva v primárnom okruhu	DB-T	NC
7.2.1.5	Zvýšenie odvodu tepla z I.O. sekundárnym okruhom		
7.2.1.5.1	Porucha v systéme napájacej vody, ktorá znižuje teplotu napájacej vody	DB-T	NC
7.2.1.5.2	Porucha v systéme napájacej vody, ktorá zvyšuje prietok napájacej vody	DB-T	5.00E-02
7.2.1.5.3	Porucha regulácie tlaku v II.O., ktorá vedie k zvýšeniu prietoku pary z PG	DB-T	5.00E-02
7.2.1.5.4	Chybné otvorenie PV PG alebo armatúr na parovode	DB-T	NC
7.2.1.5.5	Roztrhnutie parného potrubia	DB-A	3.00E-03
7.2.1.6	Zníženie odvodu tepla z I.O. sekundárnym okruhom		
7.2.1.6.1	Porucha systému kontroly a riadenia, ktorá vedie k zníženiu prietoku pary z PG	DB-T	5.00E-02
7.2.1.6.2	Strata vonkajšieho elektrického zaťaženia	DB-T	NC
7.2.1.6.3	Zatvorenie rýchlozatváracích ventilov turbíny	DB-T	3.00E-02
7.2.1.6.4	Zatvorenie armatúr na parovodoch	DB-T	NC
7.2.1.6.5	Strata vakuu v kondenzátore	DB-T	1.00E-03
7.2.1.6.6	Výpadok hlavných napájacích čerpadiel	DB-T	3.21E-01
7.2.1.6.7	Strata vnútorných a vonkajších zdrojov elektrického napájania	DB-T	2.00E-01

Kapitola	Skupina iniciačných udalostí / Iniciačná udalosť	Kategória	PSA frekvencia ¹⁾
7.2.1.6.8	Roztrhnutie potrubí napájacej vody	DB-A	1.31E-03
7.2.1.7	Strata primárneho chladiva		
7.2.1.7.1	Spektrum postulovaných roztrhnutí potrubí tvoriacich tlakový celok s I.O.	DB-A	1.00E-04
7.2.1.7.2	Roztrhnutie parného potrubia medzi kompenzátorom objemu a poistnými ventilmi	DB-A	4.9E-04
7.2.1.7.3	Chybné otvorenie poistného ventilu kompenzátora objemu	DB-A	5.00E-05
7.2.1.7.4	Roztrhnutie impulznej rúrky systému kontroly a riadenia alebo inej rúry pripojenej k primárnemu okruhu a prechádzajúcej stenou ochrannej obálky	DB-A	8.48E-04
7.2.1.7.5	Chybné otvorenie jednej spätnej alebo uzatváracej armatúry oddeľujúceho primárny okruh od nízkotlakovej časti systému	DB-A	NC
7.2.1.8	Úniky z primárnej na sekundárnu stranu parogenerátora		1.00E-04
7.2.1.8.1	Roztrhnutie rúrky PG a odklopenie veka kolektora PG	DB-A	1.80E-03
7.2.1.8.2	Chybné otvorenie PS-A PG4	DB-T	NC
7.2.1.9	Očakávané prechodové procesy bez odstavenia reaktora (ATWS)		< 1.0E-07 ²⁾
7.2.1.10	Tlakov-teplotné šoky	PTS	³⁾
7.2.1.11	Termohydraulická odozva kontajneru na projektové havárie	DB-A	⁴⁾
7.2.1.12	Analýza radiačných následkov obálkových projektových havárií	(DBC 3b)	⁵⁾
7.2.1.13	Úniky rádioaktivity zo systémov alebo komponentov	(DBC 3a)	NC
7.2.1.14	Havárie a očakávané prechodové procesy pre nevýkonové prevádzkové režimy		
7.2.1.14.1	Udalosti s reaktivitou	DB-SD	1.77E-06
7.2.1.14.2	Strata chladiva z primárneho okruhu	DB-SD	1.00E-04
7.2.1.14.3	Strata odvodu zostatkového tepla následkom degradácie cirkulácie primárneho chladiva	DB-SD	1.03E-04
7.2.1.14.4	Strata odvodu zostatkového tepla následkom porúch zariadení	DB-SD	3.06E-04
7.2.1.14.5	Zvýšenie množstva chladiva v primárnom okruhu	DB-SD	3.36E-02
7.2.1.14.6	Udalosti s chladením bazénu skladovania vyhoreného paliva	DB-SD	5.00E-03
7.2.1.14.7	Poškodenie bazénu skladovania vyhoreného paliva počas výmeny jadrového paliva	DB-SD	NC
7.2.1.15	Vybrané nadprojektové havárie		
7.2.1.15.1	Dlhodobá a úplná strata vnútorných aj vonkajších zdrojov elektrického napájania počas špecifikovanej doby	BDB	2.97E-06
7.2.1.15.2	Dlhodobá strata konečného odvodu tepla	BDB	4.46E-06
7.2.1.15.3	Úplná strata napájacej vody	BDB	4.28E-06
7.2.1.15.4	Únik primárneho chladiva kombinovaný so zlyhaním havarijného chladenia aktívnej zóny	BDB	6.09E-07
7.2.1.15.5	Strata chladiva v reaktore v režime chladenia prirodzenou cirkuláciou	BDB	1.23E-06

Kapitola	Skupina iniciačných udalostí / Iniciačná udalosť	Kategória	PSA frekvencia ¹⁾
7.2.1.15.6	Úplná strata technickej vody	BDB	2.61E-06
7.2.1.15.7	Strata odvodu tepla z aktívnej zóny pri odstavenom reaktore	BDB	9.00E-05
7.2.1.15.8	Strata chladenia bazénu skladovania vyhoreného jadrového paliva	BDB	1.00E-04
7.2.1.15.9	Nekontrolované zriedenie kyseliny boritej v reaktore	BDB	1.77E-06
7.2.1.15.10	Roztrhnutie viacerých teplo-výmenných rúrok parogenerátora	BDB	3.20E-6
7.2.1.15.11	Roztrhnutie parovodu spojené so súčasným prasknutím teplo-výmennej rúrky parogenerátora	BDB	2.50E-06
7.2.1.15.12	Strata požadovaných bezpečnostných systémov potrebných v dlhodobej fáze po postulovanej iniciačnej udalosti	BDB	1.00E-06
7.2.1.15.13	Roztrhnutie hlavných tlakových komponentov	BDB	6.54E-07

Poznámky:

- ¹⁾ Priradenie iniciačných udalostí z PSA MO34 vychádza z [2]. Frekvencie iniciačných udalostí boli odvodené z údajov uvedených v [3], [4].
- ²⁾ Výsledná frekvencia sekvencie ATWS je odvodená z frekvencie pre prechodový proces ($1 - 10^{-2}$ za rok) a súčasnej poruchy AO1 (5.8E-06 frekvencia nezpracovania na požiadanie), čo vedie k frekvencii výskytu sekvencie typu ATWS menšej ako 1.0E-07 za rok.
- ³⁾ Iniciačné udalosti analyzované v kapitole 7.2.1.10 sú rovnaké ako iniciačné udalosti analyzované v predchádzajúcich kapitolách, ale počiatočné a okrajové podmienky sú stanovené pre vyhodnotenie iných kritérií prijateľnosti. To znamená, že frekvencie iniciačných udalostí sa nemenia.
- ⁴⁾ V kapitole 7.2.1.11 je analyzovaná odozva kontajneru na základe TH analýz prezentovaných v kapitole 7.2.1.5 a 7.2.1.7.
- ⁵⁾ V kapitole 7.2.1.12 sú analyzované radiačné následky na základe TH analýz prezentovaných v kapitole 7.2.1.7 a 7.2.1.8.

LITERATÚRA

- [1] J. Husárček.: Požiadavky na deterministické analýzy bezpečnosti, BNS I.11.1/ 2012, ÚJD SR, Bratislava, máj 2012 (revízia vydaná v roku 2013 bola tiež vzatá do úvahy).
- [2] Identifikácia a grupovanie iniciačných udalostí, PSA MO34, PNM34361144.
- [3] Analýza systémom, PSA MO34, PNM34361149.
- [4] Analýza dát, PSA MO34, PNM34361150.