

# BEZPEČNOSTNÍ NÁVODY SÚJB

Bezpečné využívání jaderné energie a ionizujícího záření

## Výběr důležitých SKK pomocí PSA

Jaderná bezpečnost

---

BN-JB-2.8 (Rev. 0.0)



STÁTNÍ ÚŘAD  
PRO JADERNOU  
BEZPEČNOST

**HISTORIE REVIZÍ**

Revize č./č. j.	Účinnost od	Garant	Popis či komentář změny
0.0 SÚJB/OKHJB/3490/2021	1. 12. 2021	Adamec	Nově zpracovaný návod

**Jaderná bezpečnost****Bezpečnostní návod VÝBĚR DŮLEŽITÝCH SKK POMOCÍ PSA****Vydal: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, říjen 2021****Č. j.: SÚJB/OKHJB/3490/2021****BN-JB-2.8 (Rev. 0.0)**

Účelová publikace bez jazykové úpravy, připomínky směřujte na adresu:  
pripominiky\_navody@sujb.cz

**OBSAH NÁVODU**

Použité zkratky a pojmy .....	4
Zkratky.....	4
Definice a pojmy .....	6
<b>1 Úvod .....</b>	<b>8</b>
1.1 Důvod vydání .....	8
1.2 Cíl .....	8
1.3 Působnost .....	8
1.4 Platnost .....	9
<b>2 Vlastní návod .....</b>	<b>10</b>
2.1 Předmět návodu .....	10
2.2 Účel návodu .....	10
2.3 Pravděpodobnostní přístup pro výběr důležitých SKK .....	11
2.4 Pravděpodobnostní kritéria pro výběr důležitých SKK .....	12
2.5 Příprava modelu PSA pro výpočet importančních měř.....	13
2.6 Rozsah IU pro výpočet importančních měř.....	14
2.7 Výpočet importančních měř .....	15
2.8 Identifikace důležitých SKK dle důležitosti v PSA.....	16
2.9 Dodatečné výpočty a citlivostní analýzy .....	18
2.10 Závěrečný výběr důležitých SKK dle důležitosti v PSA .....	18
2.11 Dokumentace výběru důležitých SKK .....	19
<b>Přílohy.....</b>	<b>21</b>
Příloha A Importanční míry pro výběr důležitých SKK.....	21
Příloha B Pravděpodobnostní kritéria důležitosti SKK.....	24
Příloha C Důležité aspekty výběru SKK pomocí PSA.....	26
Příloha D Srovnání s bezpečnostními referenčními úrovněmi WENRA.....	34
<b>Literatura .....</b>	<b>37</b>
Legislativa, dokumenty SÚJB.....	37
Mezinárodní dokumenty.....	37
<b>Zpracovatelé.....</b>	<b>38</b>
<b>Garant.....</b>	<b>38</b>

**POUŽITÉ ZKRATKY A POJMY****Zkratky**

AtZ	Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon
AZ	Aktivní zóna
BN-JB	Bezpečnostní návod SÚJB
BS	Bezpečnostní systém
BSVP	Bazén skladování vyhořelého paliva
CCF	Common Cause Failure (porucha ze společné příčiny)
CDF	Core Damage Frequency (frekvence poškození paliva v AZ reaktoru)
CFR	Code of Federal Regulations
EPRI	Electric Power Research Institute
FC	Fractional Contribution (míra důležitosti, importanční míra, importance)
FDF	Fuel Damage Frequency (frekvence poškození paliva v JE (v AZ i mimo AZ))
FV	Fussell-Vesely Importance (míra důležitosti, importanční míra, importance)
HVB	Hlavní výrobní blok
IAEA	International Atomic Energy Agency (Mezinárodní agentura pro atomovou energii)
IU	Iniciační událost
JE	Jaderná elektrárna
JZ	Jaderné zařízení
LERF	Large Early Release Frequency (frekvence velkého časného úniku RaL)
LOCA	Loss of Coolant Accident (Havárie se ztrátou chladiva)
LTO	Long Term Operation (Prodlužování provozu)
MKŘ	Minimální kritický řez
NEI	Nuclear Energy Institute
NEPSCH	Neprovoznost
POS	Plant Operating State (PSA stav)
PPK	Program provozních kontrol
PSA	Probabilistic Safety Assessment (pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti)

RaL	Radioaktivní látky
RAW	Risk Achievement Worth (míra důležitosti, importanční míra, importance)
RB	Reaktorový blok
RG	Regulatory Guide (návod vydaný US NRC)
RIF	Risk Increase Factor (míra důležitosti, importanční míra, importance)
RI-ISI	Risk-Informed In-service Inspection (Rizikově orientovaný PPK)
RL	Reference Level (Referenční úroveň)
SKŘ	Systém kontroly a řízení
SSC (SKK)	Systems, structures and components (Systémy, konstrukce a komponenty JE)
SSG	Specific Safety Guide
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SVZ	Seznam vybraných zařízení
TR	Topical Report (Tematická zpráva)
US NRC	United States Nuclear Regulatory Commission
V162	Vyhláška č. 162/2017 Sb., o požadavcích na hodnocení bezpečnosti podle atomového zákona
V329	Vyhláška č. 329/2017 Sb., o požadavcích na projekt jaderného zařízení
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association

**Definice a pojmy**

Pojem	Význam pojmu
CDF	Četnost (frekvence) poškození AZ. Jeden z požadovaných výstupů PSA 1. úrovně dle § 7 písm. a) V162 [P2].
Důležitá SKK	Pro účely tohoto Návodu se pod tímto pojmem rozumí SKK s vlivem na JB, která splňuje určitá, v Návodu uváděná kritéria, podrobně viz kapitola 2.8 Identifikace důležitých SKK dle důležitosti v PSA.
FDF	Četnost (frekvence) poškození paliva v AZ a mimo AZ (obvykle v AZ a/nebo v BSVP). Jeden z požadovaných výstupů PSA 1. úrovně dle § 7, písm. b) V162 [P2]. Jedná se o četnost poškození paliva na JE bez ohledu na místo jeho výskytu, tj. je to součet četnosti poškození paliva v AZ a četnosti poškození paliva mimo AZ, přičemž součet zohledňuje i možnost současného poškození paliva v AZ a mimo AZ (například v BSVP).
Kategorizace SKK	Roztřídění konstrukcí a komponent JE dle důležitosti do více než dvou skupin. V Návodu je míněna kategorizace SKK dle důležitosti v PSA, není-li uvedeno jinak nebo je-li z kontextu zřejmé, že se jedná o kategorizaci SKK na základě deterministických principů nebo kritérií.
Komponenta	Pro účely Návodu tento pojem znamená také souhrn poruchových módů reprezentovaných primárními událostmi jednoho a téhož zařízení JE (komponenty JE) modelovaného v PSA. V tomto smyslu se v Návodu termín komponenta používá i pro konstrukce.
LERF	Četnost (frekvence) velkého časného úniku RaL z JE do životního prostředí; pojem je definován v § 2 písm. g) V162 [P2]. Jeden z požadovaných výstupů PSA 2. úrovně dle § 7, písm. c) V162 [P2].
Nežádoucí událost	Vrcholová událost v PSA. Obvykle je touto nežádoucí událostí poškození AZ nebo poškození paliva v BSVP v PSA 1. úrovně a velký časný únik RaL do životního prostředí v PSA 2. úrovně. V příslušných úrovních PSA mohou být definovány i další nežádoucí události, například v PSA 2. úrovně to mohou být jiné kategorie úniků RaL do životního prostředí s ohledem na časování úniku a jeho velikost.
SKK	Systémy, konstrukce a komponenty příslušné k RB JE nebo společné pro více RB JE. Termín je používán konzistentně s V329 [P3]. V Návodu je pro předmět výběru zařízení JE (komponenty JE, případně i konstrukce JE) až na některé výjimky používán standardní termín SKK, přestože není předmětem Návodu výběr důležitých systémů jako celků.
Odsek výpočtu	Veličina, pomocí které se stanovuje přesnost výpočtu modelu PSA (viz požadavek uvedený v § 7 písm. d) V162 [P2]). Před spuštěním výpočtu PSA modelu se zadává její konkrétní číselná hodnota, při jejímž dosažení během probíhajícího výpočtu se ukončuje generování dalších MKŘ.
POS	Plant Operating State neboli stav RB modelovaný v PSA (PSA stav). Jedná se o jemnější dělení režimů RB pro účely modelování v PSA dle § 6 odst. 1 písm. c) V162 [P2].

<b>Pojem</b>	<b>Význam pojmu</b>
Primární událost	Základní dále nerozvinutý prvek modelu PSA, který nejčastěji reprezentuje modelovaný poruchový mód SKK na JE včetně vzniku IU v důsledku selhání SKK nebo selhání lidského činitele.
Vzájemně zálohované SKK	Tytéž SKK se stejnou funkcí v různých vzájemně zálohovaných divizích systému nebo v různých vzájemně zálohovaných částech systému.

## 1 ÚVOD

### 1.1 Důvod vydání

- 1.1.1 Státní úřad pro jadernou bezpečnost je ústředním orgánem státní správy, který vykonává státní správu při mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a v oblasti nešíření chemických a biologických zbraní.
- 1.1.2 V rámci své pravomoci a působnosti, v souladu se zásadami činnosti správních orgánů a mezinárodní praxí, vydává bezpečnostní návody a doporučení, ve kterých dále rozpracovává požadavky na zajištění jaderné bezpečnosti, technické bezpečnosti, radiační ochrany, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení.

### 1.2 Cíl

- 1.2.1 Cílem Návodu je poskytnout metodiku pro využití pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti (PSA) v integrovaném rizikově informovaném rozhodování při provádění výběru důležitých SKK příslušného JZ.
- 1.2.2 V Návodu jsou popsány základní principy a postupy založené na aplikaci PSA specifického pro příslušné JZ, viz požadavek uvedený v § 25 odst. 3 V329 [P3] a § 9 V162 [P2]. Popsané principy a kritéria vycházejí z příslušných Bezpečnostních referenčních úrovní WENRA, zejména RL O [G10], doporučení IAEA [G1], [G2], [G6], správné praxe a ve světě používaných přístupů v oblasti aplikací PSA (např. postupy US NRC [G3], [G4], [G5], [G6], [G9]).
- 1.2.3 Návod je určen pro držitele povolení k provozu JZ, kterému nabízí postup, jehož dodržení mu zajistí, že jeho aktivity v dané oblasti budou v souladu s požadavky § 48 AtZ [P1], a jeho prováděcími předpisy, zejména s §11 odst. 2, 3, 4 V162 [P2].
- 1.2.4 Výběr důležitých SKK pomocí PSA se využívá v případech, kdy je potřeba vybrat a roztřídit SKK do dvou nebo více skupin a stávající dělení dle jiných kritérií se nepovažuje za dostatečné:
- Potřeba provádět výběr důležitých SKK pomocí PSA vyplývá z požadavků § 11, odst. 2, 3, 4 V162 [P2]; tento Návod poskytuje vhodný postup pro splnění uvedených požadavků V162.
  - Výběr důležitých SKK pomocí PSA lze využít ke zdokonalení péče o zařízení JE dle doporučení v čl. 3.580 návodu SÚJB BN-JB-2.5 [P4].
  - Výběr důležitých SKK pomocí PSA lze využít při rozhodování o změnách v platné dokumentaci týkající se zajištění kvality vybraných zařízení pro provozovanou JE dle doporučení v čl. 3.583 návodu SÚJB BN-JB-2.5 [P4].
  - Výběr důležitých SKK pomocí PSA lze využít k prioritizaci zařízení JE pro účely řízení stárnutí zařízení dle doporučení v čl. 5.17 návodu SÚJB BN-JB-2.1 [P5].
  - Výběr důležitých SKK pomocí PSA lze využít pro výběr zařízení JE pro účely hodnocení zařízení pro LTO dle kritérií v kapitole 8.2.1 přílohy 2 návodu SÚJB BN-JB-2.1 [P5].

### 1.3 Působnost

- 1.3.1 Návod se primárně soustředí na JZ ve smyslu Úmluvy o jaderné bezpečnosti [P6], tj. „civilní“ JE; je aplikovatelný pro JE provozované v ČR, jakož i pro JE, s jejichž výstavbou se v ČR v budoucnu počítá (tj. tlakovodní reaktor - PWR). V něm popisované



principy a postupy lze v omezené míře vztáhnout také na další JZ, zejména na výzkumná JZ s jaderným reaktorem s výkonem vyšším než 2 MW, s přihlédnutím ke specifikům takových JZ.

#### 1.4 Platnost

- 1.4.1 Bezpečnostní Návod nabývá platnosti publikací na [www.sujb.cz](http://www.sujb.cz), účinnost je uvedena na str. 2 Návodu. Návod je vytvářen na základě nových poznatků vědy a techniky, obdržených připomínek veřejnosti a zkušeností s jeho praktickým používáním.

## 2 VLASTNÍ NÁVOD

### 2.1 Předmět návodu

- 2.1.1 Předmětem Návodu je výběr důležitých SKK na základě hodnot importančních měř RAW (RIF) a FV (FC) počítaných z výstupů PSA 1. a 2. úrovně (viz návod SÚJB BN-JB-2.5 [P4] a dokumenty IAEA [G1], [G2]). Využití těchto importančních měř pro stanovení důležitosti SKK je v souladu s doporučením v čl. 3.582 návodu SÚJB BN-JB-2.5 [P4], resp. s doporučením v čl. 10.73 návodu IAEA SSG-3 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**
- 2.1.2 Předmětem výběru důležitých SKK v Návodu jsou SKK modelované v PSA, které se uplatňují v řešení IU. Pro zvolený účel výběru důležitých SKK může vzniknout potřeba doplnit do PSA modely dalších SKK.
- 2.1.3 Předmětem výběru důležitých SKK v Návodu nejsou SKK, jejichž selhání vede v modelu PSA výhradně na IU, nebo pasivní součásti potrubních celků (potrubí), pro které nelze definovat selhání aktivní akce v reakci na IU (lze definovat například pouze selhání integrity s únikem média apod.). Stanovení důležitosti nebo kategorizace těchto SKK se neprovádí pomocí importančních měř, ale například pomocí postupů uplatňovaných v RI-ISI, viz například **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**
- 2.1.4 Předmětem Návodu není aplikace dodatečných deterministických principů a kritérií k doplnění či upřesnění výběru důležitých SKK dle důležitosti v modelu PSA (například dodatečný výběr zařízení JE dle příslušnosti ke stejným bezpečnostním či systémovým funkcím s aspoň jednou důležitou SKK vybranou dle PSA apod.). Použití deterministických principů a kritérií může přicházet v úvahu, pokud výběr důležitých SKK pomocí PSA vstupuje do mnohem širšího integrovaného výběru důležitých SKK, pro který je požadován nebo doporučován také deterministický přístup.
- 2.1.5 Předmětem Návodu není výběr ani kategorizace důležitých systémů jako celků (výběr celých systémů), přestože je výběr důležitých zařízení JE (výběr důležitých komponent a konstrukcí JE) dle důležitosti v modelu PSA v Návodu zjednodušeně označován jako výběr důležitých SKK (systémy, konstrukce nebo komponenty).
- 2.1.6 Předmětem Návodu není stanovení pořadí SKK dle důležitosti, například dle hodnot importančních měř, v rámci jedné skupiny důležitosti.
- 2.1.7 Dle Návodu se nestanovuje důležitost jednotlivých konstrukcí nebo komponent na JE podle důležitosti předem daného poruchového módu. Důležitost konstrukcí a komponent se zde stanovuje s uvážením dopadu všech poruchových módů dané konstrukce nebo komponenty modelovaných v PSA.
- 2.1.8 Metodika výběru důležitých SKK uvedená v Návodu se nezabývá potřebou ani procesem přehodnocení výběru důležitých SKK či jiné aktualizace výstupů tohoto výběru v závislosti na pozdějších změnách v modelu PSA a/nebo na pozdějších změnách na JE.

### 2.2 Účel návodu

- 2.2.1 Metodika výběru důležitých SKK uvedená v Návodu se zabývá technickou stránkou výběru důležitých SKK a nepředjímá účel výběru důležitých SKK. Proto jsou některé body Návodu formulovány na obecnější úrovni umožňující provedení výběru

důležitých SKK pro různé účely výběru SKK. Pro předem daný konkrétní účel výběru důležitých SKK pomocí PSA také nemusí být využity všechny body metodiky, resp. některé body metodiky nemusí být z podstaty účelu výběru SKK aplikovatelné.

- 2.2.2 Návod přednostně popisuje postup roztřídění SKK do dvou skupin (důležité SKK a nedůležité SKK) na základě hodnot importančních měř z modelu PSA. Nedůležitými SKK jsou ty SKK, které nejsou vybrány jako důležité.
- 2.2.3 Metodika výběru důležitých SKK uvedená v Návodu částečně popisuje i postupy při možných odlišnostech daných účelem výběru SKK (zúžení rozsahu IU pro výpočet importančních měř, doplnění pravděpodobnostních kritérií pro roztřídění SKK do více kategorií atp.).
- 2.2.4 Daný účel výběru SKK může být doprovázen dalšími požadavky, které nejsou v tomto postupu zohledněny nebo ze kterých by vyplývala úprava některých kroků této metodiky. Pak je potřeba před výběrem důležitých SKK identifikovat potřebná doplnění postupu výběru SKK a/nebo identifikovat kroky postupu výběru SKK, které by byly odlišné od této metodiky.
- 2.2.5 SKK lze s využitím postupů uvedených v Návodu roztřídit (kategorizovat) do více skupin, pokud budou pro daný účel výběru SKK doplněna rozlišující pravděpodobnostní kritéria pro zařazení SKK do více skupin. Při použití Návodu je pak potřeba vzít v úvahu specifika kategorizace SKK a některé body postupu upravit s ohledem na tuto odlišnost. Používaný termín „důležité SKK“ by pak odpovídal termínu „kategorie důležitosti SKK“ s tím, že nejnižší kategorie důležitosti SKK odpovídá nedůležitým SKK. Používaný termín „výběr důležitých SKK“ by pak odpovídal termínu „kategorizace SKK“. Některé body Návodu už s takovou kategorizací SKK počítají.

## 2.3 Pravděpodobnostní přístup pro výběr důležitých SKK

- 2.3.1 Důležitost SKK JE z pohledu PSA je obecně dána tím:
  - jak selhání SKK přispívá ke sledované nežádoucí události (důležitost z hlediska rizika, tzv. risk-significance),
  - jak SKK přispívá k prevenci před sledovanou nežádoucí událostí (důležitost z hlediska bezpečnosti, tzv. safety-significance).
- 2.3.2 Důležitost SKK dle PSA není nezbytně dána potřebností SKK pro plnění bezpečnostních či jiných funkcí, tak jak je to obvyklé v deterministických postupech výběru důležitých SKK, ale tím, jak má pravděpodobnost selhání SKK vliv na plnění těchto funkcí a jakým způsobem může zálohovat činnost nebo funkci dalších SKK.
- 2.3.3 Hlavními faktory, které mají vliv na relativní důležitost dané SKK z pohledu PSA, jsou především (ale ne výhradně):
  - četnost vzniku IU, k jejichž zvládnutí se daná SKK používá,
  - spolehlivost dané SKK,
  - možnost a spolehlivost použití záložních prostředků nebo postupů při selhání dané SKK,
  - závažnost (důsledky) poruch dané SKK.
- 2.3.4 Kombinované působení faktorů uvedených v čl. 2.3.3 umožňuje v modelu PSA

prostřednictvím importančních měr rozřídít SKK podle jejich relativní důležitosti. Tímto způsobem lze mimo jiné rozřídít zařízení JE dle důležitosti i v rámci dané systémové (resp. bezpečnostní) funkce na základě:

- odlišné poruchovosti SKK,
- odlišné četnosti zajišťování SKK do opravy,
- odlišné citlivosti SKK na CCF,
- následků selhání dané SKK,
- stupně zálohovanosti SKK v rámci divize nebo podsystému,
- dalších skutečností uvažovaných v modelu PSA.

Toto rozdělení SKK je pak možno použít pro odstupňovaný přístup k zařízením JE nebo k prioritizaci zařízení JE i v rámci jednoho systému nebo podsystému (divize) JE.

- 2.3.5 Výsledkem výběru důležitých SKK dle pravděpodobnostního přístupu je obvykle relativně omezený rozsah SKK. Jsou vybrány pouze důležité SKK dle PSA. Může být tedy použit jako zúžení deterministicky definované množiny zařízení JE (například SVZ) pro účely odstupňovaného přístupu (například v rámci SVZ).
- 2.3.6 Výběr důležitých SKK se v této metodice provádí pouze pro SKK na JE, pro které jsou poruchy (tj. jejich selhání) v modelu PSA modelovány pomocí primárních událostí, jimž je přiřazena určitá pravděpodobnost. Výběr důležitých SKK se tak neprovádí pro SKK na JE, jejichž stav je v modelu PSA předpokládán/definován pouze deterministicky (tj. SKK s určitostí selže nebo naopak se neuvažuje selhání SKK pro plnění požadované funkce). Předpokládá-li se v modelu PSA pouze jisté selhání nějaké SKK, nelze importanční míry pro takovou SKK z principu stanovit.
- 2.3.7 Dle čl. 2.3.6 nezahrnuje výběr důležitých SKK pomocí PSA v této metodice pasivní prvky JE (potrubní úseky, výměníky, nádrže, stavební objekty, konstrukce apod.) s výjimkou:
- zpětných klapek nebo zpětných ventilů,
  - pasivních zařízení elektro a SKŘ modelovaných v PSA,
  - Tlaková nádoba reaktoru, jsou-li modelovány podmíněně pravděpodobnost porušení její integrity, například s uvažováním podmíněné pravděpodobnosti iniciace trhliny (Conditional Probability of Crack Initiation - CPI),
  - stavebních objektů či konstrukcí, jsou-li modelovány jejich podmíněně pravděpodobnosti porušení.
- 2.3.8 Výběr důležitých SKK dle této metodiky lze provést pro tyto hlavní skupiny SKK:
- strojní zařízení, zařízení elektro a SKŘ, jejichž poruchy ovlivňují spolehlivost odezvy RB na IU uvažované v PSA,
  - stavební objekty, jejichž selhání jsou v modelu PSA modelovány jako primární události v odezvě RB na vnější ohrožení (tj. selhání objektu je charakterizováno pravděpodobností odvozenou například z křivek poružitelnosti pro modelovaná vnější ohrožení).

## 2.4 Pravděpodobnostní kritéria pro výběr důležitých SKK

- 2.4.1 **SKK je důležitá, má-li importanční míra FV nebo FC pro souhrn všech uvažovaných poruchových módů dané SKK hodnotu vyšší než 0,005 buď ve výpočtu FDF, nebo**

**ve výpočtu LERF, případně v obou těchto výpočtech.** Rozdíl mezi importančními mírami FC a FV a možnost jejich záměny ve výpočtech pro výběr důležitých SKK jsou uvedeny v Příloze A.

**2.4.2 SKK je důležitá, má-li importanční míra RAW (RIF) pro alespoň jeden poruchový mód dané SKK v odezvě na IU hodnotu vyšší než 2 buď ve výpočtu FDF, nebo ve výpočtu LERF, případně v obou těchto výpočtech.**

2.4.3 SKK je důležitá, splňuje-li alespoň jedno pravděpodobnostní kritérium z čl. 2.4.1 nebo z čl. 2.4.2 alespoň pro jeden rozsah počítaných IU. Požadovaný rozsah IU pro výpočet importančních měr je stanoven v kapitole 2.6.

2.4.4 Bude-li s ohledem na účel výběru SKK předepsáno využití jiné míry rizika pro 2. úroveň PSA místo LERF, pak se pravděpodobnostní kritéria aplikují stejným způsobem na importanční míry FV (FC) a RAW (RIF) z výpočtu pro jinou míru rizika místo z výpočtu pro LERF.

## 2.5 Příprava modelu PSA pro výpočet importančních měr

2.5.1 Po každou SKK modelovanou v modelu PSA je potřeba zajistit, aby byly ve výpočtech importančních měr identifikovatelné všechny primární události reprezentující všechny poruchové módy dané SKK. K tomu je možno využít vhodnou nomenklaturu názvů primárních událostí ve výpočetním kódu pro PSA nebo databázi poruchových módů pro danou SKK mimo výpočetní kód pro PSA.

2.5.2 Je-li možno výpočetním kódem pro PSA spočítat souhrnnou hodnotu importanční míry FV (FC) pro skupinu primárních událostí, pak je výhodné provést taková doplnění v projektu PSA (například definice skupin komponent), aby bylo možno tento výpočet provést pro skupinu primárních událostí reprezentující všechny poruchové módy dané SKK (dále je pro takovouto skupinu poruchových módů používán termín komponenta).

2.5.3 Do poruchových módů komponenty se pro účely výpočtu importančních měr pro výběr důležitých SKK zahrnují i všechny CCF, které jsou v modelu PSA definovány pro jednotlivé poruchové módy komponenty a ovlivňují danou komponentu.

2.5.4 Do poruchových módů komponenty se pro účely výpočtu importančních měr pro výběr důležitých SKK zahrnují i NEPSCH v důsledku opravy po poruše nebo NEPSCH v důsledku operativní údržby, které jsou v modelu PSA modelovány pomocí primárních událostí s určitou pravděpodobností.

2.5.5 Do poruchových módů komponenty se pro účely výpočtu importančních měr pro výběr důležitých SKK nezahrnují:

- NEPSCH v důsledku pravidelné údržby, pokud je v modelu PSA modelována (v PSA je obvykle takováto NEPSCH modelována deterministicky po celou dobu trvání daného PSA stavu),
- NEPSCH v důsledku testu, je-li modelována samostatně (tj. nikoliv společně s NEPSCH v důsledku opravy).

2.5.6 Pro účely výpočtu importanční míry FV (FC) se do poruchových módů komponenty zahrnují i primární události pro IU v důsledku selhání dané SKK. To umožní stanovit důležitost i pro SKK, jejichž selhání jsou v modelu PSA částečně modelována jako IU.

- 2.5.7 Je potřeba identifikovat požadavky na rozlišení úrovně detailů SKK pro daný účel výběru důležitých SKK.
- 2.5.8 Pokud jsou v modelu PSA modelovány některé SKK na poměrně vysoké úrovni detailů (například na úrovni relé, počítačových karet nebo jednotlivých částí měřících kanálů apod.), pak může být potřebné definovat makrokomponenty na úrovni vyhovující danému účelu výběru SKK, například na úrovni van nebo skříní SKŘ.
- 2.5.9 Pokud jsou v modelu PSA modelovány některé SKK na relativně nízké úrovni detailů (makrokomponenty) může být potřebné rozdělení těchto makrokomponent na dílčí SKK, jejichž úroveň rozlišení vyhovuje danému účelu výběru SKK.
- 2.5.10 Je-li možno výpočetním kódem pro PSA spočítat souhrnnou hodnotu importanční míry FV (FC) pro skupinu primárních událostí, pak je výhodné provést takové úpravy v projektu PSA, aby bylo možno tento výpočet provést pro skupinu primárních událostí reprezentující všechny poruchové módy všech dílčích zařízení nově definované makrokomponenty dle čl. 2.5.8 (dále je pro takovouto skupinu poruchových módů používán termín makrokomponenta).
- 2.5.11 Může být výhodné sdružení primárních událostí reprezentující všechny poruchové módy dané komponenty nebo makrokomponenty z modelu PSA do jedné skupiny i pro účely výpočtu importanční míry RAW (RIF), pokud lze programovými prostředky spočítat souhrnnou hodnotu této importanční míry pro skupinu primárních událostí.

## 2.6 Rozsah IU pro výpočet importančních měř

- 2.6.1 Jako minimum je potřeba provést výpočty importančních měř v modelu PSA zvlášť pro dva rozsahy IU:
- pouze vnitřní IU (včetně vnitřních ohrožení, tj. zejména záplav a požárů, a také ztráty vnější elektrické sítě, která nenastane v důsledku vnějších ohrožení),
  - pouze vnější IU (IU v důsledku vnějších ohrožení).
- 2.6.2 Je-li prokázáno, že model vnějších IU má srovnatelné nejistoty s modely vnitřních IU nebo příspěvek od vnějších IU k celkovým mírám rizika je malý ve srovnání s příspěvkem od vnitřních IU (včetně IU v důsledku vnitřních ohrožení), pak je možno provést výpočty importančních měř pouze v modelu obsahujícím jak vnitřní IU (včetně IU v důsledku vnitřních ohrožení), tak i vnější IU.
- 2.6.3 Mají-li některé IU v modelu PSA velký příspěvek k mírám rizika, který by mohl být velmi konzervativní (například kvůli velkým nejistotám) a mohl by maskovat skutečnou důležitost SKK neobsažených v těchto IU (viz příloha 0), pak je potřeba provést výpočty importančních měř také v modelu PSA bez takovýchto IU. Důležitosti SKK se pak stanovuje zvlášť z výpočtů importančních měř ve vydělených rozsazích modelu PSA, tj. zvlášť v modelu bez těchto IU a zvlášť v modelu s těmito IU. Důležitosti SKK uplatňujících se pouze v konzervativní části modelu PSA je však vhodnější stanovit z původního modelu PSA se všemi IU (výstupy importančních měř pro takovéto SKK jsou v tomto případě více realistické).
- 2.6.4 Je potřeba prověřit, zda specifické použití výběru důležitých SKK vyžaduje výpočet importanční měř jen pro určitou část IU či režimů JE, například jen pro odstavené stavy, jen pro IU v důsledku požárů apod.

2.6.5 Výpočty každé sady importančních měř pro porovnání s pravděpodobnostními kritérii se provádějí pro maximální rozsah IU (včetně rozsahu režimů JE) analyzovaný v modelu PSA a definovaný v čl. 2.6.1, resp. v čl. 2.6.2 nebo 2.6.3 při jejich použití, nebo pro maximální rozsah IU dle čl. 2.6.4.

## 2.7 Výpočet importančních měř

2.7.1 Výpočet importančních měř FV (FC) a RAW (RIF) pro stanovený rozsah IU, režimů JE apod. a daný RB se provádí prostředky výpočetního kódu pro PSA z výstupů modelu PSA pro průměrné hodnoty FDF (CDF) a průměrné hodnoty LERF. Do výpočtu importančních měř tak vstupují výstupy z modelu PSA, ze kterého nejsou odstraněny průměrné hodnoty NEPSCH v důsledku údržeb a testů ani poměrné hodnoty délek POS v kalendářním roce.

2.7.2 Výpočet importančních měř FV (FC) a RAW (RIF) se provádí zvlášť pro hodnoty FDF a zvlášť pro hodnoty LERF.

2.7.3 S výjimkou případů uvedených v čl. 2.6.2 a 2.6.4 je potřeba jako minimum provést výpočty importančních měř v modelu PSA pro následující výstupy:

- FDF vnitřních IU,
- FDF vnějších IU,
- LERF vnitřních IU,
- LERF vnějších IU.

Poznámka: I v případech uvedených v čl. 2.6.2 a 2.6.4 je potřeba provést výpočty importančních měř zvlášť pro FDF a zvlášť pro LERF.

2.7.4 Je-li příspěvek k FDF od provozu BSVP pro daný rozsah IU zanedbatelný, lze výpočet importančních měř pro FDF nahradit výpočtem importančních měř pro CDF.

2.7.5 Bude-li s ohledem na účel výběru SKK předepsáno využití jiné míry rizika pro 2. úroveň PSA místo LERF, pak se výpočet importančních měř provede pro tuto jinou míru rizika místo výpočtu importančních měř pro LERF.

2.7.6 Je potřebné zajistit, aby do výpočtu importančních měř FV (FC) a RAW (RIF) prostředky výpočetního kódu pro PSA vstupoval dostatečný počet MKŘ daný dostatečně nízkým odsekem výpočtu četnosti MKŘ. Odsek výpočtu  $10^{-12}$ /rok je obecně přijímán za dostatečně nízký. Vzhledem k době trvání provádění potřebných výpočtů je možno použít i vyšší odsek výpočtu, například  $10^{-10}$ /rok; v takovém případě je ale potřeba provést porovnávací výpočty PSA modelu s použitím zvoleného vyššího odseku výpočtu ( $10^{-10}$ /rok) a doporučeného odseku výpočtu ( $10^{-12}$ /rok), z jejichž výsledků bude patrné, že hodnota  $10^{-10}$ /rok zajišťuje dostatečnou přesnost výpočtu.

2.7.7 Výpočet hodnot importanční míry FV (FC) se provádí pro komponentu (souhrn všech primárních události modelu PSA pro poruchové módy daného zařízení JE), případně pro makrokomponentu (souhrn všech primárních událostí modelu PSA pro poruchové módy dílčích zařízení v makrokomponentě) vytvořenou pro účely výběru důležitých SKK, pokud to výpočetní kód pro PSA umožňuje.

2.7.8 Pokud výpočetní kód pro PSA neumožňuje výpočet importančních měř na skupině primárních událostí z modelu PSA nebo se tento způsob výpočtu nevyužije, tak se ve

výpočetním kódem pro PSA provede výpočet importanční míry FV (FC) pro jednotlivé poruchové módy (primární události) modelu PSA. Pak je potřeba sečíst hodnoty importanční míry FV (FC) od všech poruchových módů dané SKK (včetně vzniku IU) mimo výpočetní kód pro PSA ke stanovení výsledné hodnoty FV (FC) komponenty pro porovnání s kritérii.

- 2.7.9 Pokud je dle čl. 2.5.7 potřeba provést výběr důležitých SKK na detailnější úrovni rozlišení SKK, než je modelovaná makrokomponenta v modelu PSA, a tato makrokomponenta nebyla následně rozdělena v modelu PSA dle čl. 2.5.7, pak je potřebné rozdělit hodnotu importanční míry FV (FC) pro makrokomponentu v poměru příspěvků jejích dílčích částí.
- 2.7.10 Výpočet importanční míry FV (FC) pro danou SKK není nutno provádět, pokud už byla tato SKK vybrána jako důležitá na základě importanční míry RAW (RIF) a není-li vyžadována informace o hodnotě importanční míry FV (FC) pro důležité SKK.
- 2.7.11 Dle čl. 2.7.10 může být výhodnější provádět úpravy v projektu PSA pro výpočet importanční míry FV (FC) do skupin primárních událostí dle čl. 2.5.2 a 2.5.10 až po prověření hodnot importanční míry RAW (RIF) v daném výpočtu, pokud se současně nevyužívá výběr důležitých SKK na základě hodnoty RAW (RIF) skupin primárních událostí pro poruchové módy dle čl. 2.5.11.
- 2.7.12 Ve výpočetním kódě pro PSA se provede výpočet importanční míry RAW (RIF) pro jednotlivé poruchové módy (primární události) modelu PSA. Pro porovnání s pravděpodobnostními kritérii je rozhodující nejvyšší hodnota importanční míry RAW (RIF) z hodnot pro jednotlivé poruchové módy komponenty včetně CCF ovlivňujících danou SKK.
- 2.7.13 Výpočet hodnot importanční míry RAW (RIF) je také možno provést pro komponentu (souhrn všech poruchových módů daného zařízení JE), případně pro makrokomponentu vytvořenou dle čl. 2.5.7 pro účely výběru důležitých SKK (souhrn všech poruchových módů dílčích zařízení v makrokomponentě), pokud to výpočetní kód pro PSA umožňuje. Takto získané hodnoty importanční míry RAW (RIF) pro danou SKK pak budou nadhodnocené, může to však usnadnit identifikaci důležitých SKK.
- 2.7.14 Pokud se výpočet importančních měř provádí na dílčích modelech s menším rozsahem IU (například samostatný model PSA pro požární IU apod.) než je požadovaný rozsah IU, přičemž dohromady dávají dílčí modely PSA požadovaný rozsah IU, pak se využijí vztahy pro souhrnnou hodnotu importančních měř uvedené v příloze **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**

## 2.8 Identifikace důležitých SKK dle důležitosti v PSA

- 2.8.1 SKK na daném RB je důležitá, pokud alespoň jedna z hodnot importančních měř FV (FC) nebo RAW (RIF) splňuje pravděpodobnostní kritérium pro důležité SKK z kapitoly 2.4 v alespoň jednom z následujících výpočtů pro daný RB:
- výpočet FDF vnitřních IU,
  - výpočet FDF vnějších IU,
  - výpočet LERF vnitřních IU,
  - výpočet LERF vnějších IU.



- 2.8.2 Jsou-li pro účel výběru důležitých SKK požadovány jiné rozsahy IU, pak SKK na daném RB je důležitá, pokud alespoň jedna z hodnot importančních měř FV (FC) nebo RAW (RIF) splňuje pravděpodobnostní kritérium pro důležité SKK z kap 2.4 v alespoň jednom z výpočtů daného rozsahu IU pro daný RB.
- 2.8.3 Je-li pro účel výběru důležitých SKK požadována kategorizace SKK do více než dvou skupin, pak je pro kategorizaci SKK na daném RB rozhodující porovnání nejvyšší z hodnot importančních měř FV (FC) nebo RAW (RIF) ze všech výpočtů pro daný RB s předepsanými pravděpodobnostními kritérii pro kategorizaci SKK.
- 2.8.4 Jakmile je v nějakém výpočtu daná SKK identifikována jako důležitá (nebo je kategorizována v nejvyšší kategorii) a nevyžaduje-li se informace o hodnotách importančních měř FV (FC) nebo RAW (RIF) pro důležité SKK, pak není nutno prověřovat hodnoty importančních měř pro danou SKK v dalších výpočtech.
- 2.8.5 Pokud je pro některou ze vzájemně zálohovaných SKK zjištěna odlišná důležitost SKK dle pravděpodobnostních kritérií, pak se doporučuje prověřit, zda jsou rozdíly v hodnotách importančních měř pro tyto SKK způsobeny pouze nastavením konfigurací či údržeb v PSA modelu nebo také nesymetrickým projektem JE vzhledem ke vzájemně zálohovaným SKK, podrobnější diskuse je uvedena v příloze 0. Součástí prověření mohou být i dodatečné výpočty importančních měř v modelu PSA s jiným nastavením konfigurace nebo údržeb dle doporučení v příloze 0.
- 2.8.6 Pokud lze rozdíly v hodnotách importančních měř pro vzájemně zálohované SKK, které mají vliv na stanovení jejich důležitosti, přičíst modelovým důvodům diskutovaným v příloze 0, pak se všechny vzájemně zálohované SKK považují za důležité, pokud je důležitá alespoň jedna z nich.
- 2.8.7 Pokud nejsou pro vzájemně zálohované SKK rozdíly v hodnotách importančních měř, které mají vliv na výběr důležitých SKK, způsobeny modelovými důvody diskutovanými v příloze 0, pak se zachová odlišná důležitost vzájemně zálohovaných SKK ve výstupech z výběru důležitých SKK pomocí PSA.
- 2.8.8 Případné sjednocení důležitosti vzájemně zálohovaných SKK, u kterých byla zjištěna rozdílná důležitost dle pravděpodobnostních kritérií uvedených v kapitole 2.4, je možno provést dle účelu SKK v následném přehodnocení důležitosti SKK dle deterministických principů a kritérií nebo expertního odhadu.
- 2.8.9 Pokud je výpočet importanční míry RAW (RIF) proveden pro celou komponentu (sdružené poruchové módy), pak se doporučuje prověřit importanční míry RAW (RIF) pro jednotlivé poruchové módy dané SKK, pokud je hodnota importanční míry RAW (RIF) pro celou komponentu (sdružené poruchové módy) nižší než 10 při použití pravděpodobnostních kritérií dle čl. 2.4.2. Pokud pro jednotlivé poruchové módy není nalezena hodnota importanční míry RAW (RIF) splňující kritérium důležitosti, pak není daná SKK vybrána jako důležitá.
- 2.8.10 Je potřebné provedení kontroly identifikovaných důležitých SKK, zda lze jejich důležitost zdůvodnit jejich významem v řešení IU v modelu PSA.
- 2.8.11 Pokud nebyly vybrány jako důležité SKK, které souvisejí s už vybranými důležitými SKK, nebo pokud nebyly vybrány jako důležité SKK záložních systémů se stejnou nebo velmi podobnou funkcí jako už vybrané důležité SKK, pak je potřeba prověřit oprávněnost takovýchto odlišností.

- 2.8.12 Pokud nebyly vybrány jako důležité SKK, které lze na základě deterministických principů nebo kritérií považovat za důležité z hlediska jaderné bezpečnosti, pak je potřebné prověřit oprávněnost malého významu těchto SKK pro řešení IU modelovaných v PSA.
- 2.8.13 Pokud je v seznamu důležitých SKK nějaká SKK, která se na základě deterministických principů nebo kritérií považuje za nedůležitou z hlediska jaderné bezpečnosti, pak je potřebné prověřit oprávněnost velkého významu dané SKK pro řešení IU modelovaných v PSA.

## 2.9 Dodatečné výpočty a citlivostní analýzy

- 2.9.1 Na základě kontroly seznamu důležitých SKK dle čl. 2.8.10 až 2.8.13 může vzniknout potřeba upravit model PSA, ve kterém jsou počítány importanční míry pro účely výběru důležitých SKK. Například může být potřebné odstranění nadměrného konzervatismu, který významně nadhodnocuje důležitost SKK ovlivněných takovýmto konzervatismem a významně podhodnocuje důležitost SKK neovlivněných takovýmto konzervatismem. Pak je potřeba provést přepočty importančních měr v příslušně upraveném modelu PSA, které nahradí původní výpočty importančních měr bez výše uvedených úprav modelu PSA.
- 2.9.2 S uvážením doporučení v přílohách 0 a 0 se definují dodatečné výpočty importančních měr a případné citlivostní analýzy a provedou se potřebné úpravy modelu PSA pro účely dodatečných výpočtů a případných citlivostních analýz. Doporučuje se vydělit každý nově upravený model PSA jako samostatný nový model.
- 2.9.3 Dodatečné výpočty importančních měr a případné citlivostní analýzy se provádějí dle kapitoly 2.7.

## 2.10 Závěrečný výběr důležitých SKK dle důležitosti v PSA

- 2.10.1 Do konečného seznamu vybraných důležitých SKK jsou zařazeny SKK identifikované jako důležité dle kapitoly 2.8, pokud jejich důležitost není dále prověřována, a popřípadě dle čl. 2.9.1.
- 2.10.2 Pokud z dodatečných výpočtů importančních měr vyplýne, že některé SKK, které nebyly vybrány jako důležité v předchozích výpočtech importančních měr, splňují alespoň jedno pravděpodobnostní kritérium pro důležité SKK z kapitoly 2.4, pak jsou tyto SKK zařazeny do důležitých SKK.
- 2.10.3 Pokud z výpočtů importančních měr v citlivostních analýzách vyplýne, že některé SKK, které nebyly vybrány jako důležité v předchozích výpočtech, splňují alespoň jedno pravděpodobnostní kritérium pro důležité SKK, pak se provede vyhodnocení příčiny důležitosti takovýchto SKK v dané citlivostní analýze. Pokud se pro některé z výše uvedených SKK usoudí, že změny v upraveném modelu PSA mohou reprezentovat reálnější model havarijních scénářů, které způsobily její důležitost, pak je tato SKK zařazena do důležitých SKK.
- 2.10.4 Společné SKK pro HVB nebo pro JE, které splňují pravděpodobnostní kritéria pro důležité SKK na základě výpočtu importančních měr pro daný RB, jsou zařazeny do

důležitých SKK pro daný RB, je-li to v souladu s účelem výběru důležitých SKK, nebo do seznamu důležitých SKK společných pro HVB nebo společných pro celou JE.

- 2.10.5 SKK jiných RB, které splňují pravděpodobnostní kritéria pro důležité SKK na základě výpočtu importačních měr pro daný RB, nejsou zařazeny do důležitých SKK pro daný RB, ale jsou zařazeny do seznamu důležitých SKK příslušného jiného RB. SKK jiných RB se mohou objevit ve výstupech výpočtu importačních měr daného RB například pokud se uvažuje pomoc ostatních RB při řešení IU na sledovaném RB.
- 2.10.6 Je potřeba prověřit oprávněnost modelu každé SKK z jiných RB, která splní pravděpodobnostní kritéria pro důležité SKK na základě výpočtu importačních měr pro daný RB, a přitom její ekvivalent z daného RB nebyl vybrán jako důležitá SKK. Takový případ může nastat oprávněně jen ve výjimečných případech (SKK na jednom RB by byla používána především k zvládnutí IU na ostatních RB, a jen velmi málo ke zvládnutí IU na vlastním RB).
- 2.10.7 Pokud je proveden výběr důležitých SKK zvlášť pro každý RB, pak je SKK společná pro více RB důležitá, byla-li vybrána jako důležitá SKK ve výběru důležitých SKK alespoň pro jeden RB.

## 2.11 Dokumentace výběru důležitých SKK

- 2.11.1 Dokumentace výběru důležitých SKK musí obsahovat jako minimum seznam důležitých SKK a zdůvodnění tohoto seznamu.
- 2.11.2 Pokud se pro výběr důležitých SKK pomocí PSA použije jeden RB jako reprezentativní RB pro celou JE s více RB, pak je potřeba v dokumentaci zdůvodnit, že rozdíly mezi reprezentativním RB a ostatními RB nemají vliv na výběr důležitých SKK pro daný účel výběru důležitých SKK.
- 2.11.3 Je-li seznam důležitých SKK vybraný pomocí PSA dále rozšiřován o další SKK na základě deterministických principů a kritérií nebo na základě expertního odhadu, tak je potřeba pro účely zajištění úplnosti informace o důležitosti SKK vždy uvést, která SKK byla vybrána i na základě PSA. To platí především pro případy, kdy byly SKK přiřazeny k důležitým SKK bez prověření hodnot jejich importačních měr.
- 2.11.4 Dokumentace výběru SKK musí identifikovat SKK příslušné k některému RB, které byly vybrány jako důležité na základě splnění pravděpodobnostních kritérií ve výpočtu importačních měr v modelu pro jiný RB, pokud takové SKK byly zjištěny, se zdůvodněním oprávněnosti této důležitosti. Tento bod není aplikovatelný pro SKK společné pro HVB nebo pro celou JE.
- 2.11.5 Je-li vytvářen jednotný seznam důležitých SKK pro všechny RB v lokalitě JE, tak je potřeba pro účely zajištění úplnosti informace o důležitosti SKK vždy uvést, která SKK na nějakém RB nebyla vybrána na základě PSA. To neplatí, použije-li se jeden RB jako reprezentativní RB pro ostatní RB a je tento přístup zdůvodněn dle čl. 2.11.2.
- 2.11.6 Dokumentace výběru SKK musí obsahovat zdůvodnění, proč byla do seznamu důležitých SKK vybraných pomocí PSA zařazena SKK, která je na základě deterministických principů a kritérií považována za nedůležitou, tzn. je potřeba zdůvodnit, proč je vybraná SKK důležitá pro řešení IU z pohledu PSA.

- 2.11.7 Pokud nebyly vybrány jako důležité SKK, které souvisejí s už vybranými důležitými SKK, nebo pokud nebyly vybrány jako důležité SKK záložních systémů se stejnou nebo velmi podobnou funkcí jako už vybrané důležité SKK, pak se doporučuje zdůvodnit oprávněnost takovýchto odlišností.
- 2.11.8 Dokumentace výběru dle PSA musí obsahovat specifikaci případného chybějícího rozsahu významných IU, které nebyly zahrnuty do výpočtu importančních měr pro výběr důležitých SKK. Tato informace je důležitá pro případné doplnění dalších SKK do seznamu důležitých SKK na základě expertních odhadů. Pokud lze očekávat, že se daná SKK uplatní v neuvažovaném rozsahu IU velmi málo nebo vůbec, pak je důležitost takovéto SKK vzhledem k úplnému rozsahu IU nadhodnocena. Pokud lze očekávat, že se daná SKK uplatní v neuvažovaném rozsahu IU více než ve stávajícím rozsahu, pak je důležitost takovéto SKK vzhledem k úplnému rozsahu IU podhodnocena.

## PŘÍLOHY

### Příloha A

## Importanční míry pro výběr důležitých SKK

### A.1 Definice importačních měr pro výběr důležitých SKK

V následující části je uveden význam importačních měr potřebných pro výběr důležitých SKK dle důležitosti v PSA. Níže uvedené definice jsou zúženy a přizpůsobeny pro potřeby výběru důležitých SKK. Ve skutečnosti jsou definice těchto importačních měr mnohem obecnější, viz například NUREG/CR-3385 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Poznámka: Definice importačních měr se v jednotlivých dokumentech různí v názvosloví i v detailech odvození.

**RAW** - Risk Achievement Worth, někdy také **RIF** - Risk Increase Factor

V modelu PSA udává, kolikrát se zvýší frekvence sledované vrcholové (nežádoucí) události, nastane-li daná událost (NEPSCH SKK nebo selhání SKK s daným poruchovým módem) po IU.

Pro událost „i“ platí:

$$RAW(RIF)(i) = \frac{F_{TOP(Q_i=1)}}{F_{TOP}} \quad (1)$$

kde je:

událost „i“ - NEPSCH nebo selhání dané SKK s daným poruchovým módem.

$Q_i$  - pravděpodobnost události „i“.

$F_{TOP}$  - hodnota frekvence sledované vrcholové (nežádoucí) události modelu PSA.

$F_{TOP(Q_i=1)}$  - hodnota frekvence sledované vrcholové (nežádoucí) události modelu PSA při vzniku události „i“, tj. pravděpodobnost události „i“ je rovna jedné.

Tato importanční míra vyjadřuje důležitost SKK z hlediska bezpečnosti (je mírou tzv. safety-significance). Je mírou citlivosti rizika na zvyšování pravděpodobnosti NEPSCH nebo selhání SKK. Čím je větší RAW (RIF), tím je důležitější zabránit tomu, aby se pravděpodobnost NEPSCH nebo selhání SKK zvyšovala. Tato skutečnost předurčuje importanční míru RAW (RIF) k tomu, aby sloužila jako hlavní parametr například pro výběr důležitých SKK do programů řízení stárnutí na základě modelů PSA.

Pokud jsou importanční míry počítány zvlášť na různých rozsazích modelu PSA, pak pro celkovou importanční míru RAW (RIF) události „i“ platí, viz například NEI 00-04 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

$$Celková\ RAW(RIF)(i) = 1 + \frac{\sum_j (RAW(RIF)(i)_{j-1}) F_{TOP_j}}{\sum_j F_{TOP_j}} \quad (2)$$

kde je:

$F_{TOPj}$  - hodnota frekvence sledované vrcholové (nežádoucí) události modelu PSA ve výpočtu pro rozsah „j“.

$RAW(RIF)(i)_j$  - hodnota importanční míry RAW (RIF) pro událost „i“ ve výpočtu pro rozsah „j“.

### FV - Fussell-Vesely importance

V modelu PSA udává relativní zastoupení dané události (NEPSCH nebo selhání SKK daným poruchovým módem) v MKŘ pro sledovanou vrcholovou (nežádoucí) událost.

Pro událost „i“ platí:

$$FV(i) = \frac{F_{TOP(MCS_i)}}{F_{TOP}} \quad (3)$$

kde je:

událost „i“ - NEPSCH nebo selhání dané SKK s daným poruchovým módem.

$F_{TOP}$  - hodnota frekvence sledované vrcholové (nežádoucí) události modelu PSA.

$F_{TOP(MCS_i)}$  - hodnota frekvence sledované vrcholové (nežádoucí) události modelu PSA pouze se zahrnutím MKŘ obsahujících událost „i“.

Tato importanční míra vyjadřuje důležitost SKK z hlediska rizika (je mírou tzv. risk-significance). Čím vyšší je hodnota FV pro SKK, tím více SKK přispívá k riziku, tj. ke sledované nežádoucí události.

**Poznámka:** Importanční míra FV se často označuje jako **F-V**, viz například NEI-00-04 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Pokud jsou importanční míry počítány zvlášť na různých rozsazích modelu PSA, pak pro celkovou importanční míru FV události „i“ platí, viz například NEI 00-04 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

$$Celková FV(i) = \frac{\sum_j FV(i)_j F_{TOPj}}{\sum_j F_{TOPj}} \quad (4)$$

kde je:

$F_{TOPj}$  - hodnota frekvence sledované nežádoucí (vrcholové) události modelu PSA ve výpočtu pro rozsah „j“.

$FV(i)_j$  - hodnota importanční míry FV pro událost „i“ ve výpočtu pro rozsah „j“.

### FC - Fractional Contribution

V modelu PSA prakticky udává relativní zastoupení dané události (NEPSCH nebo selhání SKK s daným poruchovým módem) v MKŘ pro sledovanou nežádoucí (vrcholovou) událost. Od importanční míry FV se liší způsobem výpočtu.

Pro událost „i“ platí:

$$FC(i) = \frac{F_{TOP} - F_{TOP(Q_i=0)}}{F_{TOP}} \quad (5)$$

kde je:

$Q_i$  - pravděpodobnost události „i“.

$F_{TOP}$  - hodnota frekvence sledované vrcholové (nežádoucí) události modelu PSA.

$F_{TOP(Q_i=0)}$  - hodnota frekvence sledované vrcholové (nežádoucí) události modelu PSA při naprosto spolehlivé hodnocené SKK, tj. pravděpodobnost události „i“ je rovna nule.

Tato importanční míra rovněž vyjadřuje důležitost SKK z hlediska rizika (je mírou tzv. risk-significance). Čím vyšší je hodnota FC pro SKK, tím více SKK přispívá k riziku, tj. ke sledované nežádoucí události.

Při použití tzv. Rare Event Approximation (tj. pravděpodobnost součtu četností MKŘ je rovna prostému součtu četností MKŘ) platí:

$$FC(i) = FV(i) \quad (6)$$

Při použití přesnějších metod výpočtu součtu MKŘ dává importanční míra FC o něco málo vyšší hodnoty než importanční míra FV. Pro účely výběru důležitých SKK lze místo importanční míry FV používat importanční míru FC prakticky bez vlivu na výstupy.

## A.2 Poznámky k použití importanční míry RAW (RIF)

Importanční míru RAW (RIF) nelze použít pro případ, kdy selhání SKK způsobí IU, neboť toto selhání není v PSA kvantifikováno pravděpodobností selhání, ale je kvantifikováno pomocí frekvence (četnosti) výskytu selhání.

Pokud je totiž selhání SKK vyjádřeno pravděpodobností, tak krajní hodnotou je hodnota 1 (pravděpodobnost se udává v rozmezí 0 až 1, přičemž 1 znamená jisté selhání). Hodnota 1 ve frekvenci neznámá selhání, ale výskyt události za jeden rok, jednu hodinu atp. dle použitých jednotek času. Hodnoty frekvencí (včetně frekvencí výskytu náhodných jevů) mohou nabývat libovolné kladné hodnoty včetně hodnot větších než 1, tj. neexistuje zde horní hodnota. To je rozdíl od pravděpodobnosti, která je limitovaná hodnotou 1. Proto nelze počítat importanční míru RAW (RIF) pro primární události reprezentující frekvence IU tím způsobem, že se do vzorce pro výpočet importanční míry RAW (RIF) dosadí za selhání události hodnotu 1. To by bylo v rozporu s významem této importanční míry uvedeným v příloze **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, neboť hodnota 1 není krajní (horní) hodnotou frekvence.

Poznámka 1: V PSA je veličina frekvence použita pro výskyt náhodné události za jednotku času, obvykle za rok. V principu však může být frekvence uváděna i v jiných jednotkách.

Poznámka 2: Hodnota importanční míry RAW (RIF) reprezentuje vzrůst rizika při krajní hodnotě pravděpodobnosti, která může být dle definice pravděpodobnosti maximálně rovna 1. Frekvence IU však může nabývat libovolně vysoké hodnoty, na rozdíl od pravděpodobnosti žádná horní mez neexistuje, proto nelze do vzorce pro výpočet importanční míry RAW (RIF) dosadit žádnou krajní hodnotu (resp. muselo by se dosadit nekonečno).

Poznámka 3: Pokud by se do vzorce pro výpočet importanční míry RAW (RIF) dosadila za selhání události frekvence s hodnotou 1, tak by pak importanční míra RAW (RIF) pro IU s frekvencí vzniku vyšší než jeden krát za rok (například pro výpadek běhu některých čerpadel) nabývala hodnoty menší než jedna, tj. reprezentovala by, kolikrát by se snížilo riziko. To je v rozporu s významem importanční míry RAW (RIF) uvedeným v příloze **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

## Příloha B

# Pravděpodobnostní kritéria důležitosti SKK

Pro výběr SKK dle důležitosti v PSA jsou použita pravděpodobnostní kritéria EPRI, která byla poprvé specifikována v TR-105396 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Tato kritéria jsou zmiňována mj. v dokumentu IAEA-TECDOC-1200 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**

Rozhodující hodnotou importanční míry RAW (RIF) pro výběr důležitých SKK dle pravděpodobnostních kritérií je maximální hodnota RAW (RIF) z hodnot RAW (RIF) napočtených pro jednotlivé poruchové módy daného zařízení JE (včetně CCF a NEPSCH v důsledku opravy nebo operativní údržby).

Je-li to výhodné, pak je možno pro porovnání s pravděpodobnostními kritérii použít hodnoty importanční míry RAW (RIF) pro souhrn jejich poruchových módů, tzn. pro komponentu, viz příloha O. Takto získána hodnota RAW (RIF) komponenty může být nadhodnocena oproti maximální hodnotě RAW (RIF) z hodnot RAW (RIF) napočtených pro jednotlivé poruchové módy, pokud se různé poruchové módy SKK uplatňují v různých scénářích řešení rozvoje IU. To je potřeba vzít v úvahu pro hodnoty RAW (RIF), které nejsou výrazně vyšší než stanovená kritéria pro důležité SKK. Pak může nastat situace, kdy by SKK nedůležitá dle maximální hodnoty RAW (RIF) z jejich poruchových módů byla považována za důležitou dle hodnoty RAW (RIF) pro souhrn poruchových módů dané SKK.

Mírou důležitosti SKK, jejichž selhání vede v modelu PSA výhradně na IU, jsou podmíněné pravděpodobnosti vzniku CDF (FDF) nebo LERF, například podmíněná pravděpodobnost poškození AZ (CCDP) nebo podmíněná pravděpodobnost poškození paliva (CFDP) a podmíněná pravděpodobnost velkého časného úniku RaL (CLERP), pro které je nutno stanovit jiná pravděpodobnostní kritéria. Výpočet těchto podmíněných pravděpodobností a stanovení odpovídajících kritérií není předmětem Návodu.

Důležitost pasivních součástí potrubních celků (potrubí) systémů uplatňujících se v řešení IU, pro které nelze definovat selhání aktivní akce v reakci na IU (lze definovat například pouze selhání integrity s únikem média apod.), není vhodné posuzovat pomocí importanční míry RAW (RIF), i když lze formálně pro porušení integrity hodnoty RAW (RIF) napočítat. Důležitost takovýchto SKK se pak posuzuje například pomocí postupů uplatňovaných v RI-ISI, viz například **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**

Návod obsahuje postup, který na základě pravděpodobnostních kritérií třídí SKK do dvou skupin (případně více kategorií, pokud jsou k dispozici odlišující pravděpodobnostní kritéria). Návod neslouží ke stanovení pořadí důležitosti SKK v rámci jedné skupiny, resp. kategorie. Pokud se například provádí výběr důležitých SKK dle hodnot dvou importančních měr pro dvě různé vrcholové události a pro více rozsahů IU zvlášť (například pro vnitřní IU a vnější IU), tak pro každou kombinaci rozsahu IU, vrcholové události a importanční míry může být pořadí důležitosti SKK obecně různé. Nelze stanovit, které z těchto pořadí důležitosti SKK je preferované.



Poznámka 1: V této metodice se pod pojmem „selhání“ v definici importanční míry RAW (RIF) míní pouze jedna z příčin selhání (nikoliv všechny najednou), což je také interpretace používaná například v NEI 00-04 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Pak hodnota importanční míry RAW (RIF) pro souhrn poruchových módů může být nadhodnocena například proto, že následky dílčích poruchových módů mohou být různé (například armatura nemůže selhat otevřené poloze v jednom havarijním scénáři při požadavku na uzavření a současně selhat v uzavřené poloze v jiném havarijním scénáři při požadavku na otevření).

Poznámka 2: Pokud poruchový mód s nejnepříznivějšími následky pokrývá i všechny následky ostatních poruchových módů, tak hodnota importanční míry RAW (RIF) pro souhrn poruchových módů by se při naprosto přesném algoritmu výpočtu importanční míry RAW (RIF) měla rovnat maximální hodnotě importanční míry RAW (RIF) z hodnot RAW (RIF) pro jednotlivé poruchové módy, tj. hodnotě importanční míry RAW (RIF) pro poruchový mód s nejnepříznivějšími následky.

## Příloha C

# Důležité aspekty výběru SKK pomocí PSA

### C.1 Záběr vrcholové události pro výpočet importančních měr

Výběr důležitých SKK založený na hodnotách importančních měr může maskovat skutečnou důležitost SKK při konzervativním modelování některých typů IU nebo některých havarijních scénářů v PSA.

Zatímco při dokladování bezpečnosti JE je rozumně konzervativní modelování v PSA žádoucí, tak pro stanovení důležitosti SKK není tento přístup vhodný. Důležitost je totiž relativní a skutečná důležitost některých SKK může být zamaskována tím, že v důsledku nadhodnocené CDF (FDF) či LERF pro některé IU nebo havarijní scénáře se jejich relativní příspěvek nepřiměřeně:

- a) snižuje, pokud dané SKK nejsou součástí konzervativních modelů,
- b) zvyšuje, pokud jsou dané SKK součástí konzervativních modelů.

Podhodnocení důležitosti SKK dle případu a) může být do značné míry eliminováno vhodným rozdělením modelu PSA na několik částí (dle typů IU nebo dle části provozu RB). Případně je možno k upřesnění důležitosti SKK provést citlivostní analýzy, viz příloha 0.

Z modelu PSA se proto pro výpočet importančních měr za účelem výběru důležitých SKK obvykle vydělují ty části modelu, které jsou zatíženy velkou nejistotou modelování a které současně tvoří velký příspěvek k některé počítané míře rizika. Typickým příkladem konzervativního modelování v PSA jsou modely různých typů ohrožení, především modely IU v důsledku vnějších ohrožení.

Výběr důležitých SKK se pak provádí zvlášť jak v zúženém modelu bez těchto konzervativních částí, tak v oddělených konzervativních částech (pokud obsahují modely odezvy RB se selháním SKK). Podobně postupuje například NEI 00-04 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**

Pokud některý vydělený (konzervativní) model obsahuje pouze selhání SKK specifických pro tento model (například selhání jeřábů v modelech obsahujících pouze pády břemen), je daleko realističtější, a přitom stále konzervativní dle výše uvedeného, odvodit důležitost takovýchto SKK z hodnot importančních měr pro celkový model PSA se všemi IU.

Na druhé straně není nutno vydělovat IU nebo modely pro provoz RB v různých režimech JE, které nejsou konstruovány metodicky odlišně a mají obecně více méně podobnou úroveň konzervatismu. Důležitost SKK získaná z výpočtu importančních měr v menších vydělených částech modelu PSA může být totiž významně nadhodnocena, pokud se úroveň konzervatismu pro tyto vydělené části modelu významně neodlišuje.

### C.2 Výpočet importančních měr souboru poruchových módů

Ve výběru SKK pomocí PSA se neprovádí výběr důležitosti jednotlivých poruchových módů SKK, ale pomocí výběru SKK se stanovuje důležitost celých SKK. To znamená, že důležitost SKK musí zohlednit vliv všech poruchových módů SKK uvažovaných v PSA na sledované míry rizika.

Poruchy daného zařízení jsou v PSA modelu obvykle reprezentovány několika poruchovými módy včetně CCF (tj. různými primárními událostmi) a/nebo IU (IU je v modelu PSA také modelována jako primární událost).

Poznámka: Například je obvyklé rozdělování poruch čerpadla na více poruchových módů (selhání startu, restartu, selhání činnosti v různých časových intervalech apod.) v PSA, případně je část poruch daného čerpadla v některých režimech RB modelována i jako IU.

Výpočet importanční míry FV (FC) pro účely výběru důležitých SKK by tak měl být proveden pro souhrn všech primárních událostí modelu PSA, které reprezentují příspěvek k NEPSCH dané SKK v důsledku její poruchy.

Protože by hodnota importanční míry FV (FC) pro účely výběru důležitých SKK měla charakterizovat SKK jako celek, měly by se hodnoty FV (FC) všech příspěvků k NEPSCH sečíst (importanční míry FV i FC jsou aditivní, neboť udávají relativní zastoupení dané primární události v MKŘ), nikoliv počítat pro každý poruchový mód zvlášť. Dílčí hodnoty FV (FC) pro jednotlivé poruchy totiž mohou být nízké (zvláště pokud je zařízení modelováno prostřednictvím mnoha poruchových módů), a tedy nesplňující pravděpodobnostní kritéria pro důležité SKK, a přitom součet FV (FC) může vést ke splnění pravděpodobnostního kritéria pro důležité SKK.

Buď přímo pomocí výpočetních kódů pro PSA, nebo nepřímo mimo výpočetní kód pro PSA (například v tabulkovém procesoru) lze vypočítat FV (FC) pro souhrn poruchových módů zařízení JE. Pro každou SKK by tak měly být sdruženy:

- všechny její poruchové módy včetně jejich CCF,
- NEPSCH v důsledku korektivní nebo operativní údržby,
- poruchy způsobující IU v důsledku selhání dané komponenty včetně IU ze společných příčin (Common Cause Initiator – CCI).

Souhrn odpovídajících primárních událostí v modelu PSA by tak měl reprezentovat dané zařízení JE jako celek. Hodnoty importančních měř FV (FC) by se pak určovaly pro tento souhrn neboli „komponentu“. Importanční míra FC (FV) pro SKK tak reprezentuje příspěvek k riziku od všech poruchových módů SKK. Jednou z možností selhání SKK je i CCF, důležitost SKK proto musí zohlednit i vliv CCF.

Do souboru poruchových módů pro účely výběru SKK se nezahrnují NEPSCH v důsledku pravidelné údržby a testů. Naopak NEPSCH v důsledku korektivní údržby je obecně potřeba zahrnout, neboť je také důsledkem poruchy zařízení. NEPSCH v důsledku operativní údržby (být dopředu plánované) se považuje také do jisté míry za vynucenou problémy nebo nálezy na daném zařízení.

Poznámka 1: Pod pojmem operativní údržba je míněna preventivní údržba, která se pravidelně neopakuje, ale je zařazena ad hoc do průběhu odstávky. Může být i nějaký čas dopředu plánována. Takováto údržba by měla být modelována v modelu PSA pravděpodobnostním přístupem pomocí primárních událostí, pokud není pokryta už zavedeným deterministickým modelováním údržby (vyřazení některých systémů nebo divizí po celou dobu trvání POS).

Poznámka 2: Pro některá zařízení, jejichž poruchy jsou on-line odhaleny svými projevy nebo on-line kontrolami (komponenty SKŘ), mohou být NEPSCH v důsledku korektivní údržby jediným příspěvkem k celkové NEPSCH daného zařízení.

Poznámka 3: NEPSCH v důsledku plánované údržby nebo testů není považována za indikátor důležitosti SKK, neboť se obvykle nejedná o NEPSCH vynucenou problémy nebo nálezy na daném zařízení.

Současná NEPSCH více zařízení JE v důsledku opravy (nutnost zajištění větších celků), které se mohou zálohovat nebo používat v řešení různých havarijních scénářů, se přidává k poruchovým módům všech dotčených komponent.

NEPSCH více zařízení JE v důsledku opravy jedné větve systému (divize, apod.) se přidává prioritně pouze k poruchovým módům hlavní komponenty systému (je-li předpoklad soustředění oprav na tuto komponentu). Konzervativně se může takováto NEPSCH přidat i k poruchovým módům všech dotčených komponent, pokud lze očekávat, že by tato NEPSCH mohla významněji ovlivnit hodnoty importančních měř FV (FC).

Například v programu RiskSpectrum PSA **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** je nejvhodnější formou sdružování primárních událostí využití nabídky „Component“, která umožňuje výpočet importančních měř jakéhokoliv souboru primárních událostí (včetně IU). Automaticky generované CCF není potřeba v tomto programu sdružovat, neboť ten k primární události přiřadí i CCF. Explicitně definované CCF (bez automatické generace) je ovšem potřeba přidat.

Pro účely výběru SKK může být za určitých okolností výhodné využít možnosti stanovit importanční míry RAW (RIF) pro celou skupinu poruchových módů, tj. pro celou „komponentu“, pokud to výpočetní kód pro PSA umožňuje. Může to usnadnit identifikaci důležitých SKK. Takto získané hodnoty importanční míry RAW (RIF) pro danou SKK pak budou nadhodnocené, viz poznámka 1 v příloze 0.

Poznámka: Pokud je pro některou SKK definována skupina poruchových módů, která obsahuje i primární událost pro IU způsobenou danou SKK, a tato skupina je využita ke stanovení importanční míry RAW (RIF) pro SKK, pak je potřebné pro takovou SKK vytvořit dvě skupiny poruchových módů. První skupina by obsahovala všechny poruchové módy SKK včetně primární události pro IU a využila by se pro stanovení importanční míry FV (FC). Druhá skupina by oproti první skupině neobsahovala primární událost pro IU a využila by se pro stanovení importanční míry RAW (RIF). Pro IU není totiž RAW (RIF) definován, viz příloha 0.

### C.3 Poruchové módy pro výpočet importanční míry RAW (RIF)

Pro výběr důležitých SKK pomocí PSA na základě importanční míry RAW (RIF) je rozhodující plnění pravděpodobnostních kritérií pro nejvyšší hodnotu importanční míry RAW (RIF) z hodnot pro jednotlivé poruchové módy komponenty. Importanční míra RAW (RIF) pro SKK tak reprezentuje nárůst rizika při nejnepříznivějším selhání SKK včetně CCF.

Poznámka: CCF je jedním z poruchových módů SKK, důležitost SKK proto musí zohlednit i vliv CCF, a to i pro importanční míru RAW (RIF).

Na druhé straně hodnotu importanční míry RAW (RIF) lze formálně napočítat i pro extrémně nepravděpodobné poruchové módy. Dolní hranice pravděpodobnosti poruchy pro výpočet importanční míry RAW (RIF) není totiž nijak omezena.

Poznámka: Takovými poruchovými módy mohou být například porušení integrity nízkotlakých potrubí systémů při řešení IU (tj. nejedná se o IU), porušení integrity elektroarmatur a dalších prvků potrubních systémů při řešení IU, porušení stavebních konstrukcí mimo působení extrémních vnějších ohrožení, náhlé ucpání výměníků apod., což jsou poruchy, které se obvykle v PSA zanedbávají.

Výše uvedené skutečnosti tak mohou mít významný vliv na výsledky výběru důležitých SKK, neboť formálně vypočtené hodnoty importanční míry RAW (RIF) pro extrémně nepravděpodobné poruchové módy mohou splňovat pravděpodobnostní kritéria pro výběr důležitých SKK.

Výběr důležitých SKK se proto provádí pouze s uvážením realistických poruchových módů SKK JE, které jsou modelovány v modelu PSA, nikoliv na základě velmi nepravděpodobných poruchových módů. Takovéto nepravděpodobné poruchové módy tak nebudou do modelu PSA doplňovány. Předpokládá se totiž, že výběr důležitých SKK dle důležitosti v PSA a odpovídající pravděpodobnostní kritéria převzatá z EPRI TR-105396 jsou implicitně míněna pouze pro obvyklé, nikoliv velmi nepravděpodobné, poruchové módy, neboť ani v NEI 00-04 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, ani v NRC RG 1.201 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** se neobjevuje žádný požadavek na jejich doplnění do PSA.

#### C.4 Sdružování částí SKK nebo rozdělování SKK

Výběr důležitých SKK může záviset na jemnosti dělení zařízení JE na jeho menší části v modelu PSA nebo naopak na sdružování zařízení do makrokomponent v modelu PSA. Čím více je v modelu PSA daná SKK rozmodelována na dílčí části (tj. daná SKK je v modelu PSA reprezentovaná souborem dílčích komponent), tím více může formálně docházet ke ztrátě důležitosti původní SKK dle importanční míry FC (FV).

Naopak makrokomponenta má vždy hodnotu importanční míry FV (FC) větší než jednotlivé její komponenty nebo jejich části, ačkoli v součtu je příspěvek k výsledným hodnotám měř rizika od jednotlivých částí makrokomponenty stejný jako příspěvek od makrokomponenty (za předpokladu, že je pravděpodobnost selhání makrokomponenty součtem pravděpodobnosti selhání dílčích komponent). Taková makrokomponenta složená z více jinak obvykle samostatně modelovaných zařízení JE (například čerpadla, armatury) může být v modelu PSA definována například kvůli zjednodušení modelu PSA.

Výběr důležitých SKK by tak mohl záviset na způsobu modelování SKK v modelu PSA. Hodnoty importančních měř FV (FC) pro jednotlivé části SKK totiž mohou být nízké, a přitom součet FV (FC) dílčích částí SKK může vést ke splnění pravděpodobnostního kritéria pro důležité SKK.

Poznámka: Například komponenty skříní SKŘ modelované na úrovni jednotlivých relé nebo počítačových karet mohou mít malé hodnoty importančních měř FV (FC), přitom celá skříň modelovaná jako makrokomponenta složená z jednotlivých relé nebo počítačových karet může mít ve výsledném součtu hodnotu importanční míry FV (FC) splňující pravděpodobnostní kritérium pro důležité SKK.

Je proto potřeba posoudit, na jaké úrovni detailů budou definovány SKK pro účely výpočtu importanční míry FV (FC). Přitom je potřeba vzít v úvahu:

- požadovanou úroveň rozlišení SKK danou účelem výběru SKK,

- požadovanou úroveň rozlišení SKK danou dalším zpracování důležitých SKK (například v databázích komponent JE).

Může být rovněž vhodné nebo potřebné provedení změn v úrovni detailů modelování zařízení JE v modelu PSA za účelem provedení transparentnějšího výběru SKK. Tyto úpravy mohou zahrnovat sdružení drobných zařízení do makrokomponenty, rozdělení doposud modelované makrokomponenty, rozdělení souhrnného příspěvků od selhání více zařízení JE k jedné IU na specifické příspěvky od selhání jednotlivých zařízení apod. Přitom je potřeba vzít v úvahu, zda by daná komponenta mohla být vybrána jako důležitá i dle importanční míry RAW (RIF), což může být pro zařazení do důležitých SKK postačující.

Poznámka: Pokud se dílčí části SKK vzájemně nezálhují pro funkce SKK modelované v PSA, pak hodnota importanční míry RAW (RIF) by měla být (v závislosti na přesnosti výpočtu importančních měr) stejná jak pro dílčí části SKK, tak i pro nerozdělenou SKK (resp. makrokomponentu).

### C.5 Vliv nastavení konfigurací systémů v PSA na důležitost SKK

Výběr důležitých SKK by neměl být závislý na tom, jaká konfigurace systémů je v PSA nastavena. Následky selhání některých SKK jsou totiž závislé na jejich konfiguraci. Zvláště v modelu PSA pro odstavené stavy je nastavení jedné z mnoha možných konfigurací systémů typické. Příkladem může být nastavení jednoho z čerpadel zajišťujících odvod zbytkového tepla při odstávce jako běžícího apod. Pod pojmem konfigurace je zde míněno i deterministické nastavení systému nebo části systému (divize) v modelu PSA do pravidelné údržby.

V takovýchto případech mohou být napočteny jiné hodnoty importančních měr pro vzájemně zálohované SKK, přičemž ve skutečnosti se může jednat o zcela symetrickou konfiguraci (například běžícím čerpadlem může být ve skutečnosti kterékoliv z čerpadel daného systému, v pravidelné údržbě může být kterákoli divize systému apod.).

Poznámka: Nejedná se o nejistotu způsobenou neznalostí stavu JE, ale jedná se o zjednodušení modelu PSA. Ve skutečnosti je možno různé konfigurace RB (například možnost údržby různých divizí BS v odstavených stavech) modelovat exaktně přidáním dalších tzv. PSA stavů (POSů) s uvážením průměrné délky a četnosti údržby každé divize BS, avšak takové modely by byly velmi složité a nezvladatelné (proto se pro hodnocení konfigurací používá monitor rizika).

### C.6 Nesymetrie výsledků výběru důležitých SKK

Pokud jsou výsledky výběru důležitých SKK různé pro vzájemně zálohované SKK, pak to může být způsobeno následujícími okolnostmi:

- a) nesymetrie projektu JE vzhledem k funkci jednotlivých divizí BS nebo k funkci jednotlivých vzájemně zálohovaných částí systémů

Tato nesymetrie může mít za následek různý dopad selhání jednotlivých SKK ze vzájemně zálohovaných SKK na model PSA. V takovém případě mohou být do důležitých SKK zařazeny jen některé ze vzájemně zálohovaných SKK téhož systému, pokud to neodporuje účelu výběru důležitých SKK (například organizačním a provozním zásadám na JE při péči o zařízení). Musí být ale zřejmé, že taková významná nesymetrie v projektu JE skutečně existuje a že nesymetrie ve výsledcích výběru důležitých SKK není způsobena předpoklady PSA ani případy b) a c) níže.

b) nastavení jedné z konfigurací provozovaného systému RB v modelu PSA

Modelování nebo nastavení vybrané konfigurace systému RB v modelu PSA, viz příloha 0, může mít za následek různý dopad selhání jednotlivých SKK ze vzájemně zálohovaných SKK na model PSA, ačkoliv projekt příslušných vzájemně zálohovaných divizí nebo částí systému je symetrický. Pokud jsou do důležitých SKK vybrány jen některé z těchto vzájemně zálohovaných SKK, pak se do výběru důležitých SKK zařadí všechny vzájemně zálohované SKK (viz definice vzájemně zálohované SKK).

Může také nastat situace, kdy kvůli nesymetrii projektu JE nejsou pro některé SKK plněna pravděpodobnostní kritéria pro důležité SKK ve výpočtu importančních měr pro konfiguraci navolenou v PSA, ale v jiných konfiguracích by byla plněna. Pokud lze tuto skutečnost pro některé konfigurace očekávat, pak je vhodné pro takovéto případy provést dodatečné výpočty importančních měr v modelu PSA s jiným nastavením konfigurace systémů RB, viz příloha 0.

c) nastavení jedné z konfigurací údržeb v modelu PSA

Deterministické nastavení vybrané divize nebo části systému do pravidelné údržby (NEPSCH) v modelu PSA po celou dobu trvání POS může mít za následek různý dopad selhání jednotlivých SKK ze vzájemně zálohovaných SKK na model PSA, ačkoliv projekt příslušných vzájemně zálohovaných divizí nebo částí systému je symetrický. Pokud jsou do důležitých SKK vybrány jen některé z těchto vzájemně zálohovaných SKK, pak se do výběru důležitých SKK zařadí všechny vzájemně zálohované SKK (viz definice vzájemně zálohované SKK). Výjimkou jsou případy, kdy dodatečné výpočty s různými divizemi BS nastavenými do pravidelné údržby dle přílohy 0 nepotvrdí stejnou důležitost vzájemně zálohovaných SKK. Pak by byla nesymetrie ve stanovení důležitosti vzájemně zálohovaných SKK oprávněná, neboť by nebyla způsobena jen deterministickým nastavením vybrané divize nebo části systému do pravidelné údržby (NEPSCH).

## C.7 Přepočítání modelu PSA a výběr dodatečných výpočtů

Po vyhodnocení identifikace důležitých SKK pomocí PSA může být potřebné doplnit nebo upravit model PSA tak, aby nedocházelo ke zbytečnému nadhodnocení nebo podhodnocení importančních měr buď zjednodušeným nebo nevhodným či nesprávným modelováním.

Například hodnoty importanční míry RAW (RIF) mohou být ovlivněny konservatismem modelu, který je způsoben nikoliv nejistotou modelování (neznalostí), ale záměrným zjednodušením modelu. To je typické zvláště pro modely obsahující velmi spolehlivá zařízení JE, kdy se například nevyplatí modelovat ještě další jejich zálohy, ačkoliv jsou dostupné a použitelné. Na výstupech celkového modelu PSA se toto zjednodušení nijak neprojeví, ale hodnota RAW (RIF) takové spolehlivé SKK (tj. záměrně modelované bez další zálohy) může být značně nadhodnocena.

V modelu PSA může mít také vliv na výstupy výběru důležitých SKK deterministické modelování pravidelné údržby vybraných divizí BS v odstavených stavech JE. Kvůli možné nesymetrii vlivu NEPSCH jednotlivých divizí BS systémů na riziko se pro postulovanou pravidelnou údržbu zvolené divize BS nějaké SKK do výběru důležitých SKK nemusí vůbec dostat, a přitom při postulované pravidelné údržbě jiné divize BS ano (ve skutečnosti se však divize BS, na kterých se provádí pravidelná údržba, pravidelně střídají). Tyto případy je možné odhalit tím, že se provedou dodatečné výpočty importančních měř v upraveném modelu PSA s postulováním pravidelné údržby té divize BS, která není v používaném modelu PSA standardně nastavena do údržby.

Poznámka: Výše uvedené skutečnosti platí i pro případ, kdy se v některém POS modelu PSA deterministicky nastavuje do pravidelné údržby (NEPSCH) nikoliv celá jedna divize BS, ale stále významná část jedné divize BS, nebo kdy se v některém POS modelu PSA deterministicky nastavují do pravidelné údržby (NEPSCH) také důležité vzájemně zálohované části jiných systémů. V případě potřeby mohou být provedeny dodatečné výpočty importančních měř i v modelu PSA s jiným deterministickým nastavením údržeb (NEPSCH) těchto částí systémů.

Z výše uvedených důvodů tak může být potřebné definovat dodatečné výpočty importančních měř v upraveném modelu PSA pro upřesnění výběru SKK dle důležitosti v PSA. Takovéto výpočty mohou například sloužit k odhalení vlivu nesymetrického modelování údržeb SKK nebo nesymetrického modelování konfigurací systémů v PSA, který je diskutován v přílohách 0 a 0, k eliminaci vlivu nevhodného konzervatismu v modelu PSA apod.

Pokud je příspěvek k CDF (FDF) nebo k LERF v režimech nebo POS, ve kterých se provádí pravidelná údržba divize BS, významný, pak se především doporučuje provést následující dodatečné výpočty importančních měř:

- Výpočet importančních měř v modelu PSA se změnou deterministického nastavení údržby divize BS v těch režimech JE nebo POS, ve kterých je v modelu PSA deterministicky nastavována plánovaná údržba divize BS.

Výpočet importančních měř se v dodatečných výpočtech provede postupně pro deterministické nastavení údržby každé z divizí BS, která není v modelu PSA standardně deterministicky nastavena do údržby.

Pokud se v některém POS modelu PSA deterministicky nastavuje do údržby nikoliv celá jedna divize BS, ale stále významná část jedné divize BS, pak se výše uvedený výpočet importančních měř provede analogicky pro změnu deterministického nastavení těchto částí jedné divize BS.



### C.8 Výběr citlivostních analýz

Na základě výstupů z citlivostních analýz mohou být doplněny další SKK do důležitých SKK dle pravděpodobnostních kritérií. Pokud v modelu PSA existují významné nejistoty, může být potřebné provést výpočty importančních měř na modelu PSA s úpravami, které umožní zjistit vliv této nejistoty na výběr důležitých SKK.

Poznámka: Pod pojmem citlivostní analýzy jsou zde míněny výpočty importančních měř z modelu PSA, který je nějakým způsobem změněn oproti standardnímu modelu (například je změněn předpoklad s velkou nejistotou, změněna kvantifikace primárních událostí s velkou nejistotou apod.).

Je třeba se zaměřit především na neúměrné konzervatismy, které mohou významně podhodnotit důležitost těch SKK, které se neuplatňují v havarijních scénářích ovlivněných neúměrným konzervatismem.

Příkladem citlivostních analýz mohou být výpočty importanční míry z výstupů modelu PSA, který obsahuje následující úpravy oproti standardnímu modelu PSA pro JE:

- Snížení těch hodnot pravděpodobnosti selhání lidského činitele, například na 5% kvantil, které jsou v HRA stanoveny konzervativní metodikou nebo konzervativním postupem a které jsou významným příspěvkem k celkovým výstupům v PSA.

Tímto způsobem může být identifikována důležitost některých SKK, která mohla být maskována vysokým příspěvkem pravděpodobnosti selhání lidského činitele k počítaným mírám rizika v PSA.

- Snížení těch hodnot pravděpodobnosti porušení stavebních objektů nebo konstrukcí v důsledku působení vnějších ohrožení, například na 5 % kvantil, které jsou stanoveny z konzervativních křivek porušitelností nebo konzervativním postupem a které jsou významným příspěvkem k celkovým výstupům v PSA.

Tímto způsobem může být identifikována důležitost některých SKK, která mohla být maskována vysokou pravděpodobností porušení stavebních objektů nebo konstrukcí s následnou ztrátou těchto SKK.

Pokud z výpočtů importančních měř v citlivostních analýzách vyplývá, že některé SKK, které nebyly vybrány jako důležité v předchozích výpočtech, splňují alespoň jedno pravděpodobnostní kritérium pro důležité SKK, pak se provede vyhodnocení příčiny důležitosti takovýchto SKK v dané citlivostní analýze. Pokud se usoudí, že změny v upraveném modelu mohou reprezentovat reálnější model příslušného havarijního scénáře, který způsobil důležitost některé z výše uvedených SKK, pak je tato SKK zařazena do důležitých SKK.

Na rozdíl od základních nebo dodatečných výpočtů není tedy splnění pravděpodobnostních kritérií pro důležitost SKK v citlivostních analýzách nutnou podmínkou pro zařazení SKK do důležitých SKK.

## Příloha D

# Srovnání s bezpečnostními referenčními úrovněmi WENRA

WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, 2014	Česká republika – legislativní dokumenty a BN-JB	Konkrétní ustanovení
<b>Issue O - Probabilistic Safety Analysis (PSA)</b>		
<b>O1. Scope and content of PSA</b>		
<p>O1.1 For each plant design, a specific PSA shall be developed for level 1 and level 2, considering all relevant<sup>58</sup> operational states, covering fuel in the core and in the spent fuel storage and all relevant internal and external initiating events. External hazards shall be included in the PSA for level 1 and level 2 as far as practicable, taking into account the current state of science and technology. If not practicable, other justified methodologies shall be used to evaluate the contribution of external hazards to the overall risk profile of the plant.</p> <p><small>58 Relevant means that the considered initiating event (or operational state) is relevant for the risk as determined with the PSA. Adequate screening criteria shall be defined in order to identify the relevant initiating events and operational states.</small></p>	AtZ	§ 48 odst. 2 písm. b) § 5 odst. 5 písm. b)
	V162	§ 5 odst. 1 a 2 § 6 odst. 1 písm. a) a d) § 3 odst. 2 a 3 § 9 odst. 1, 2 a 3
	V329	§ 25 odst. 3
	BN-JB-2.8 (Rev.0.0) Výběr důležitých SKK pomocí PSA	Celý Návod
O1.3 The Level 1 PSA shall contain sensitivity and uncertainty analyses. The Level 2 PSA shall contain sensitivity analyses and, as appropriate, uncertainty analyses.	V162	§ 8 odst. 1

<b>WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, 2014</b>	<b>Česká republika – legislativní dokumenty a BN-JB</b>	<b>Konkrétní ustanovení</b>
	BN-JB-2.8 (Rev.0.0) Výběr důležitých SKK pomocí PSA	Kapitola 2.9 Dodatečné výpočty a citlivostní analýzy  Kapitola 2.10 Závěrečný výběr důležitých SKK dle důležitosti v PSA, odst. 2.10.3  Příloha C Důležité aspekty výběru SKK pomocí PSA
<b>O2. Quality of PSA</b>		
O2.2 PSA shall be performed according to an up to date proven methodology, taking into account international experience currently available.	AtZ	§ 5 odst. 5 písm. b)
	V162	§ 3 odst. 1 § 9 odst. 3 písm. b)
	BN-JB-2.8 (Rev.0.0) Výběr důležitých SKK pomocí PSA	Celý Návod
<b>O3. Use of PSA</b>		
O3.1 PSA shall be used to support safety management. The role of PSA in the decision making process shall be defined.	V162	§ 10 odst. 1 a 7
	BN-JB-2.8 (Rev.0.0) Výběr důležitých SKK pomocí PSA	Celý Návod
O3.6 The results of PSA shall be used to ensure that the items are included in the verification and test programmes if they contribute significantly to risk.	V162	§ 11 odst. 2, 3 a 4
	BN-JB-2.8 (Rev.0.0) Výběr důležitých SKK pomocí PSA	Celý Návod
<b>O4. Demands and conditions on the use of PSA</b>		
O4.1 The limitations of PSA shall be understood, recognized and taken into account in all its use. The adequacy of a particular PSA application shall always be checked with respect to these limitations.	V162	§ 11 odst. 6
	BN-JB-2.8 (Rev.0.0) Výběr důležitých SKK pomocí PSA	Příloha A Importanční míry pro výběr důležitých SKK

<b>WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, 2014</b>	<b>Česká republika – legislativní dokumenty a BN-JB</b>	<b>Konkrétní ustanovení</b>
		Příloha C Důležité aspekty výběru SKK pomocí PSA
O4.3 The operability of components that have been found by PSA to be important to safety shall be ensured and their role shall be recorded in the SAR.	V162	§ 11 odst. 4
	BN-JB-2.8 (Rev.0.0) Výběr důležitých SKK pomocí PSA	Celý Návod
<b>Issue S: Protection against Internal Fires</b>		
<b>S3. Fire hazard analysis</b>		
S3.4 The fire hazard analysis shall be complemented by probabilistic fire analysis. In PSA level 1, the fires shall be assessed in order to evaluate the fire protection arrangements and to identify risks caused by fires.	V162	§ 5 odst. 2 písm. c)
	V329	§ 23 odst. 3
	BN-JB-2.8 (Rev.0.0) Výběr důležitých SKK pomocí PSA	Kapitola 2.6 Rozsah IU pro výpočet importančních měř, odst. 2.6.1, 2.6.4  Kapitola 2.7 Výpočet importančních měř, odst. 2.7.14

Poznámka: V Příloze B nejsou uváděny jiné návody SÚJB, které se také týkají problematiky zpracované v tomto Návodu. Je tomu tak z toho důvodu, že příslušná porovnávací tabulka je obsažena v nich a docházelo by tedy ke zbytečným duplicitám.

## LITERATURA

### Legislativa, dokumenty SÚJB

- [P1] Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon
- [P2] Vyhláška č. 162/2017 Sb., o požadavcích na hodnocení bezpečnosti podle atomového zákona
- [P3] Vyhláška č. 329/2017 Sb., o požadavcích na projekt jaderného zařízení
- [P4] Bezpečnostní návody SÚJB. Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti. Jaderná bezpečnost, BN-JB-2.5 (Rev. 1.0). SÚJB, prosinec 2018.
- [P5] Bezpečnostní návody SÚJB. Řízení stárnutí zařízení jaderných elektráren. Jaderná bezpečnost, BN-JB-2.1 (Rev. 1.0). SÚJB, duben 2015.
- [P6] Úmluva o jaderné bezpečnosti, vyhlášená pod č. 67/1998 Sb.

### Mezinárodní dokumenty

- [G1] Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-3. IAEA, Vienna, 2010.
- [G2] Development and Application of Level 2 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series No. SSG-4, IAEA, Vienna, 2010.
- [G3] EPRI TR-112657 Revised Risk-Informed Inservice Inspection Evaluation Procedure. Final Report, Rev. B. EPRI, July 1999.
- [G4] Vesely, W. E.; Davis, T. C.; Denning, R. S.; Saltos, S.: NUREG/CR-3385 Measures of Risk Importance And Their Applications. July 1983.
- [G5] NEI 00-04 10 CFR 50.69 SSC Categorization Guideline. Revision 0. NEI, Washington, July 2005.
- [G6] EPRI TR-105396 PSA Application Guide. Final Report. EPRI, August 1995.
- [G7] IAEA-TECDOC-1200. Applications of probabilistic safety assessment (PSA) for nuclear power plants. IAEA, Vienna, February 2001.
- [G8] Lloyd's Register Consulting – Energy AB: RiskSpectrum Analysis Tools. Theory Manual. Version 3.3.0. Lloyd's Register Consulting – Energy AB, 2016.
- [G9] Regulatory Guide 1.201 (For Trial Use). Guidelines for Categorizing Structures, Systems, and Components in Nuclear Power Plants According to Their Safety Significance. Revision 1. US NRC, May 2006.
- [G10] Safety Reference Levels for Existing Reactors, Update in Relation to Lessons Learned from TEPCO Fukushima Dai-ichi Accident, WENRA, 24th September 2014.

**ZPRACOVATELÉ**

Petr Adamec

**GARANT**

Petr Adamec