

BUNDESMINISTERIUM  
FÜR KLIMASCHUTZ,  
UMWELT, ENERGIE,  
MOBILITÄT,  
INNOVATION UND  
TECHNOLOGIE

## **Bezpečnostný dialóg k dostavbe EMO 3+4**

Závěrečná súhrnná správa zo slovensko-rakúskych konzultácií 2008 - 2021

Autori:

H. Hirsch, cervus nuclear consulting, Neustadt a. Rbge.

Koordinátor rakúskeho tímu expertov

M. Brettner, Physikerbüro Bremen

K. Decker, Katedra geodynamiky a sedimentológie, Viedenská univerzita

**Vypracované na základe nariadenia Federálneho Ministerstva pre trvalú udržateľnosť a cestovný ruch, Odbor projektového dozoru I/6 "Jadrová koordinácia"**

**GZ: BMLFUW-UW.1.1.4/0001-I/6/2016**

**Neustadt a. Rbge., September 2021**

## Obsah:

Zhrnutie .....	3
Zusammenfassung.....	5
Úvod .....	8
Hermezóna a vákuobarbotážna veža12	
Seizmicita lokality a projektovaná seizmická odolnosť .....	16
Integrita tlakovej nádoby reaktora.....	25
Digitálne systémy kontroly a riadenia .....	29
Riadenie ťažkých havárií .....	34
Nahliadnutie do Predbežnej bezpečnostnej správy.....	40
Návšteva lokality EMO 3+4.....	41
Závery .....	43
Referencie .....	47
Použité skratky.....	48
Príloha: Abecedný zoznam zúčastnených expertov .....	50

## Zhrnutie

V roku 2016 si vtedajšie Spolkové ministerstvo pre trvalú udržateľnosť a cestovný ruch Rakúskej republiky začalo pripravovať túto správu v nadväznosti na 24. bilaterálne stretnutie v rámci Dohody medzi vládou Slovenskej republiky a vládou Rakúskej republiky o úprave otázok spoločného záujmu týkajúcich sa jadrovej bezpečnosti a ochrany pred žiarením. Jej obsah bol predmetom rozsiahlej diskusie medzi rakúskymi a slovenskými expertmi.

Slovenské elektrárne, a.s. (SE) dokončujú bloky 3 a 4 JE Mochovce (EMO 3+4). SE predložili v máji 2008 tri žiadosti (o stavebné povolenie, zmeny bezpečnostne významných komponentov a zariadení a zmeny v Predbežnej bezpečnostnej správe), ktoré dozorný orgán (ÚJD SR) akceptoval v auguste 2008. Odvtedy prebieha výstavba. V auguste 2021 bol blok 3 v štádiu uvádzania do prevádzky (pred zavážkou paliva).

Rakúsko by mohlo byť potenciálne postihnuté únikom rádioaktívnych látok v prípade ťažkej havárie na jednom z týchto blokov. Preto sú technické otázky projektu EMO 3+4 predmetom záujmu rakúskej strany, ak sú (priamo alebo nepriamo) relevantné v súvislosti s ťažkými haváriami.

Medzi Slovenskou republikou a Rakúskom bola dosiahnutá dohoda o usporiadaní špecializovaných bilaterálnych odborných seminárov na tieto témy o EMO 3+4:

- Ťažké havárie
- Hermozóna a vákuobarbotážna veža
- Seizmická lokalita a projektovaná seizmická odolnosť
- Integrita tlakovej nádoby reaktora
- Digitálne systémy kontroly a riadenia (SKR) a rozhranie človek-stroj

Semináre (dva o ťažkých haváriách a jeden na každú zo zostávajúcich tém) sa konali od konca roka 2009 do polovice roka 2016. Okrem toho mali rakúski experti možnosť nahliadnuť do Predbežnej bezpečnostnej správy EMO 3+4 a navštíviť lokalitu. Celkovo sa na bezpečnostnom dialógu zúčastnilo viac ako 200 expertov zo Slovenska a Rakúska.

Výsledkom diskusií na seminároch a na základe dodatočných informácií, ktoré poskytla slovenská strana, boli úplne objasnené nasledujúce témy, zodpovedané všetky rakúske otázky a bol dosiahnutý úplný konsenzus:

- Hermozóna a vákuobarbotážna veža
- Integrita tlakovej nádoby reaktora

V prípade ostatných tém bola väčšina technických aspektov, ktorými sa zaoberali rakúske otázky, vyriešená zhodne. Podľa názoru rakúskych expertov však existuje

niekoľko aspektov ďalej uvedených tém, ktoré sa doteraz nepodarilo úplne objasniť a pri ktorých by bolo žiaduce a vhodné obnoviť diskusie:

- Seizmicita lokality a projektovaná seizmická odolnosť - aspekty hodnotenia seizmického ohrozenia, skúmanie zlomov a maximálneho zrýchlenia zemského povrchu.
- Digitálne systémy kontroly a riadenia - spoľahlivosť softvéru (najmä metódy testovania).
- Riadenie ťažkých havárií - experimentálne a analytické projekty, ktoré podporujú koncepciu zadržania roztavenej aktívnej zóny v nádobe.

Slovenskí experti sa domnievajú, že poskytli dostatočné informácie založené na dôkazoch. Podľa ich názoru boli diskusie vyčerpávajúce. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch boli tieto body komplexne a vyčerpávajúco objasnené a nezostali žiadne otvorené body.

Okrem toho rozdiely v názoroch slovenských a rakúskych expertov pretrvávali pri dvoch témach:

- Digitálne systémy kontroly a riadenia - možnosť porúch so spoločnou príčinou v moduloch PLD.
- Riadenie ťažkých havárií - význam testov plnenia šachty reaktora v plnom rozsahu a vhodnosť diverzifikácie ESFAS.

Na 24. bilaterálnom stretnutí v rámci Dohody medzi vládou Slovenskej republiky a vládou Rakúskej republiky o úprave otázok spoločného záujmu týkajúcich sa jadrovej bezpečnosti a ochrany pred žiarením, ktoré sa konalo 20. - 21. júna 2016 vo Viedni, bolo vzájomne konštatované, že podmienka 3.2 zo záverov Záverečného stanoviska MŽP SR k EIA ohľadne EMO3+4 bola splnená.

Na tomto stretnutí sa tiež dohodlo, že súhrny správ rakúskych expertov k prerokúvaným témam môže Rakúsko zverejniť až po odsúhlasení slovenskou stranou. Takýto súhlas by bol poskytnutý prostredníctvom výmeny verbálnej nóty po odsúhlasení textu určenými partnermi pre tento prípad - pánom Mikulášom Turnerom (SK) a pánom Andreasom Molinom (AT). V duchu tejto dohody pokračovala výmena názorov a informácií aj po zasadnutí. Táto správa odráža túto dohodu.

Okrem toho sa dohodlo, že výmena informácií bude zabezpečená na pravidelných bilaterálnych stretnutiach, ktoré sa konajú raz ročne.

## Zusammenfassung

Im Jahr 2016 gab das damalige Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus der Republik Österreich diesen Bericht in Auftrag, im Anschluss an das 24. Bilaterale Treffen gemäß dem Abkommen zwischen der Regierung der Slowakischen Republik und der Regierung von Österreich zur Regelung von Fragen gemeinsamen Interesses im Zusammenhang mit der nuklearen Sicherheit und dem Strahlenschutz. Sein Inhalt ist umfassend zwischen österreichischen und slowakischen Expert:innen diskutiert worden.

Das slowakische Elektrizitätsversorgungsunternehmen Slovenské elektrárne, a.s. (SE) arbeitet am Fertigbau der Blöcke 3 und 4 des KKW Mochovce (EMO 3+4). SE reichte im Mai 2008 drei Anträge ein (für die Baugenehmigung, für Änderungen an sicherheitsrelevanten Komponenten und Einrichtungen sowie für Änderungen im Vorläufigen Sicherheitsbericht (Preliminary Safety Analysis Report, PRESAR)), die von der Genehmigungsbehörde (ÚJDSR) im August 2008 angenommen wurden. Seit damals ist der Bau im Gange. Im August 2021 befand sich Block 3 in der Inbetriebnahme (vor der Beladung mit Brennstoff).

Österreich könnte potenziell von radioaktiven Freisetzungen bei schweren Unfällen in einem der dieser Blöcke betroffen sein. Daher sind technische Fragen des EMO 3+4 Projektes aus österreichischer Sicht von Interesse, soweit sie (direkt oder indirekt) im Zusammenhang mit schweren Unfällen relevant sind.

Die Slowakische Republik und Österreich kamen überein, zweckbestimmte bilaterale Expertenworkshops zu den folgenden Themen für EMO 3+4 abzuhalten:

- Schwere Unfälle
- Sicherheitseinschluss und Druckabbausystem („bubler condenser“)
- Seismizität des Standortes und seismische Auslegung
- Integrität des Reaktordruckbehälters
- Digitale Leittechnik

Die Workshops (zwei für schwere Unfälle, je einer für die anderen Themen) fanden zwischen Ende 2009 und der Jahresmitte 2016 statt. Darüber hinaus hatten österreichische Expert:innen die Gelegenheit, den Vorläufigen Sicherheitsbericht von EMO 3+4 zu konsultieren sowie den Standort zu besuchen. Insgesamt nahmen mehr als 200 Expert:innen aus der Slowakei und aus Österreich an dem Sicherheitsdialog teil.

Als Ergebnis der Diskussionen bei den Workshops und zusätzlichen Informationen, die von der slowakischen Seite zur Verfügung gestellt wurden, konnten die folgenden Themen vollständig geklärt werden, mit Beantwortung sämtlicher österreichischer Fragen und Erzielen eines vollen Konsenses:

- Sicherheitseinschluss und Druckabbausystem („bubbler condenser“)
- Integrität des Reaktordruckbehälters

Bei den anderen Themen konnten die meisten technischen Aspekte, die von den österreichischen Fragen angesprochen wurden, einvernehmlich gelöst werden. Es gibt allerdings, aus der Sicht der österreichischen Expert:innen, einige Aspekte der unten aufgelisteten Themen, die bisher nicht vollständig geklärt werden konnten. Für diese wäre es wünschenswert und angebracht, die Diskussion wieder aufzunehmen:

- Seismizität des Standortes und seismische Auslegung - Aspekte der seismischen Gefahren-Bewertung, Untersuchung von Bruchlinien, maximale Bodenbeschleunigung.
- Digitale Leitechnik - Zuverlässigkeit der Software (insb. Methoden der Tests).
- Management schwerer Unfälle - die experimentellen und analytischen Projekte, die das Konzept der Rückhaltung des geschmolzenen Kerns im Reaktordruckbehälter (in-vessel retention) unterstützen.

Die slowakischen Expert:innen sind der Auffassung, dass sie ausreichende, evidenzbasierte Informationen zur Verfügung gestellt haben. Ihrer Ansicht nach war die Diskussion erschöpfend. Sie denken, dass, unter Berücksichtigung der zusätzlichen Informationen, die nach den Workshops zur Verfügung gestellt worden waren, diese Punkte umfassend und erschöpfend geklärt wurden und keine offenen Punkte verblieben sind.

Darüber hinaus sind bei zwei Themen Meinungsverschiedenheiten zwischen den slowakischen und österreichischen Expert:innen verblieben:

- Digitale Leitechnik - Möglichkeit von gemeinsam verursachten Ausfällen in PLD (programmable logic device - programierbare Logik-Schaltung) Modulen.
- Management schwerer Unfälle - Bedeutung von Tests in vollem Maßstab zum Auffüllen der Reaktorgrube sowie Angemessenheit der Diversifizierung des ESFAS (Engineered safety systems actuation system - System zur Auslösung der technischen Sicherheitssysteme).

Auf dem 24. Bilateralen Treffen gemäß dem Abkommen zwischen der Regierung der Slowakischen Republik und der Regierung von Österreich zur Regelung von Fragen gemeinsamen Interesses im Zusammenhang mit der nuklearen Sicherheit und dem Strahlenschutz, das am 20./21. Juni 2016 in Wien stattfand, wurde von beiden Seiten anerkannt, dass die Bedingung 3.2 der Schlussfolgerungen der Endgültigen Stellungnahme des Umweltministeriums der Slowakischen Republik zur Umweltverträglichkeitsprüfung von EMO 3+4 erfüllt worden ist.

Bei diesem Treffen wurde auch übereingekommen, dass die Kurzzusammenfassungen der Berichte der österreichischen Expert:innen über die diskutierten Themen von Österreich veröffentlicht werden könnten, sofern die slowakische Seite zustimmt. Eine solche Zustimmung würde durch den Austausch einer Note Verbale erfolgen, sobald die für diesen Fall ausgewiesenen Partner - Herr Mikuláš Turner (SK) und Herr Andreas Molin (AT) - dem Text zugestimmt haben. Im Geiste dieses Abkommens dauerte der Austausch von Ansichten und Informationen nach dem Treffen an. Dieser Bericht reflektiert die Zustimmung.

Weiterhin wurde vereinbart, dass der Austausch von Informationen auf den regulären bilateralen Treffen, die einmal jährlich abgehalten werden, gewährleistet ist.

## Úvod

Slovenské elektrárne, a.s. (SE) dokončujú 3. a 4. blok JE Mochovce (EMO 3+4). Od augusta 2021 je 3. blok v štádiu spúšťania (pred zavážkou paliva).

V máji 2008 spoločnosť SE podala tri žiadosti - jednu o stavebné povolenie pre upravenú elektrárňu, druhú o povolenie na vykonanie zmien v bezpečnostne významných komponentoch a zariadeniach a tretiu o povolenie na vykonanie zmien v Predbežnej bezpečnostnej správe. Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky (ÚJD SR) žiadosti prijal a v auguste 2008 vydal príslušné tri úradné rozhodnutia.

Projekt dostavby a prevádzky dvoch blokov v EMO môže spôsobiť nepriaznivé cezhraničné vplyvy. Rakúsko by mohlo byť postihnuté najmä únikom rádioaktívnych látok v prípade ťažkej havárie, ku ktorej by mohlo dôjsť počas celej prevádzky EMO 3+4. Preto sú technické otázky tohto projektu predmetom záujmu rakúskej strany, ak sú (priamo alebo nepriamo) relevantné v súvislosti s ťažkými haváriami.

Na 16. bilaterálnom stretnutí v rámci Dohody medzi vládou Slovenskej republiky a vládou Rakúskej republiky o úprave otázok spoločného záujmu týkajúcich sa jadrovej bezpečnosti a ochrany pred žiarením, ktoré sa konalo v decembri 2008, bol slovenskou stranou prezentovaný aktuálny stav projektu a prerokovaný v rámci možností, ktoré boli v tomto čase a v rámci harmonogramu stretnutia možné.

Rakúska strana prejavila záujem ďalej pokračovať v diskusiách o otázkach týkajúcich sa nasledovných problematík (vrátane príslušných bezpečnostných noriem):

- o Ťažké havárie vrátane vonkajších udalostí (napr. pád lietadla)
- o Hermozóna a vákuobarbotážna veža
- o Seizmicita lokality a projektovaná seizmická odolnosť
- o Integrita tlakovej nádoby reaktora (TNR) vrátane prasknutí potrubia
- o Systémy kontroly a riadenia (SKR) a rozhranie človek-stroj

Na organizácii a obsahu týchto rokovaní sa mali dohodnúť určení partneri (Slovensko - M. Turner, Rakúsko - A. Molin) v spolupráci s príslušnými inštitúciami a organizáciami.

Na 17. bilaterálnom stretnutí v rámci Dohody medzi vládou Slovenskej republiky a vládou Rakúskej republiky o úprave otázok spoločného záujmu týkajúcich sa jadrovej bezpečnosti a ochrany pred žiarením, ktoré sa konalo v júni 2009, sa



predpokladalo, že v tom istom roku sa začnú organizovať stretnutia expertov. Za možné témy prvých stretnutí sa považovali " ťažké havárie" a "integrita tlakovej nádoby reaktora".

V novembri 2009 sa uskutočnili slovensko-rakúske bilaterálne konzultácie podľa čl. 5 Dohovoru o hodnotení vplyvu na životné prostredie presahujúceho štátne hranice (Dohovor z Espoo), ktoré sa týkali postupu posudzovania vplyvov na životné prostredie projektu EMO 3+4. Pri tejto príležitosti sa ďalej urýchlilo plánovanie stretnutí expertov. Vzhľadom na dôležitosť ďalej uvedených otázok sa obe delegácie dohodli na usporiadaní osobitných odborných seminárov:

- o Ťažké havárie
- o Hermozóna a vákuobarbotážna veža
- o Seizmicita lokality a projektovaná seizmická odolnosť
- o Integrita tlakovej nádoby reaktora

Téma systémov kontroly a riadenia a rozhrania človek-stroj nebola na týchto konzultáciách prerokovaná. Neskôr sa však potvrdilo (najmä na 20. bilaterálnom stretnutí, ktoré bolo v októbri 2012), že aj tejto téme by sa mal venovať seminár.

Pre každý seminár rakúska strana predložila zoznam otázok v dostatočnom predstihu. Tento zoznam slúžil ako východisko pre prezentácie slovenskej strany a následné diskusie.

Prvý seminár, týkajúci sa ťažkých havárií, sa uskutočnil 15. decembra 2009 v sídle ÚJD SR v Bratislave.

Druhý seminár na tému hermozóny a vákuobarbotážnych veží sa konal na tom istom mieste 28. apríla 2010, po ktorom nasledoval seminár o seizmických otázkach 14. júla 2010.

S cieľom poskytnúť rakúskej strane podkladové informácie mala malá skupina expertov možnosť v dňoch 6. a 7. júna 2011 v sídle Slovenských elektrární, a.s. v Bratislave stručne nahliadnuť do Predbežnej bezpečnostnej správy EMO 3+4.

Následne sa 20. novembra 2012 v sídle ÚJD SR v Bratislave uskutočnil seminár o integrite tlakovej nádoby reaktora.

V rokoch 2013/2014 sa neuskutočnili žiadne aktivity, pretože havária vo Fukušime viedla k naliehavým následným opatreniam na Slovensku a v Rakúsku (ako aj v ostatných krajinách EÚ a vo svete) a na pokračovanie bezpečnostného dialógu neboli kapacity.

Na 23. bilaterálnom stretnutí v rámci Dohody medzi vládou Slovenskej republiky a vládou Rakúskej republiky o úprave otázok spoločného záujmu týkajúcich sa jadrovej bezpečnosti a ochrany pred žiarením v júni 2015 sa predpokladalo obnovenie činnosti a uskutočnenie seminára o systémoch kontroly a riadenia a rozhraní človek-stroj v blízkej budúcnosti.

Dňa 11. decembra 2015 sa na ÚJD SR uskutočnil seminár zameraný na systém kontroly a riadenia a rozhranie človek-stroj.

V dňoch 27. a 28. apríla 2016 sa na ÚJD SR uskutočnil posledný špecializovaný odborný seminár. Tento seminár sa zaoberal problematikou riadenia ťažkých havárií a zároveň nadväzoval na prvý seminár, ktorý sa konal v roku 2009. Na tomto seminári obe strany potvrdili, že tento sa považuje za záver procesu odborných konzultácií dohodnutých v roku 2008 a obsiahnutých v záverečnom stanovisku MŽP SR k EIA ohľadne EMO3+4 z roku 2010. Ďalšia výmena informácií bude zabezpečená počas pravidelných bilaterálnych stretnutí, ktoré sa konajú raz ročne.

V rámci záverečného podujatia bezpečnostného dialógu navštívil rakúsky tím expertov 28. júna 2016 lokalitu EMO 3+4.

Po každom seminári rakúski experti zhrnuli získané informácie a výsledné diskusie do správ, ktoré boli k dispozícii slovenskej strane. Ako reakciu na ne slovenskí experti poskytli pripomienky a vysvetlenia. Táto záverečná súhrnná správa zohľadňuje prezentácie a diskusie na seminároch, ako aj všetky dodatočné informácie a vyjadrenia, ktoré rakúski experti dostali. Podstatné pripomienky poskytnuté slovenskou stranou (týkajúce sa seizmických otázok, digitálneho SKR a riadenia ťažkých havárií) boli doručené v marci 2019; ďalšie vysvetlenia boli odovzdané v októbri 2019 a v marci a júni 2020.

Podľa názoru rakúskych expertov existuje niekoľko aspektov niektorých z uvedených tém, ktoré sa doteraz nepodarilo úplne objasniť a o ktorých by bolo vhodné a účelné pokračovať v diskusii.

Slovenskí odborníci sa domnievajú, že poskytli dostatočné informácie založené na dôkazoch. Podľa ich názoru boli diskusie vyčerpávajúce. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch boli tieto aspekty komplexne a vyčerpávajúco objasnené a nezostali žiadne otvorené body.

Okrem toho pretrvávajú určité názorové rozdiely medzi slovenskými a rakúskymi expertmi. Tieto rozdielne názory slovenských a rakúskych expertov sú identifikované a vysvetlené v predmetnej správe v príslušných častiach.

Na 24. bilaterálnom stretnutí v rámci Dohody medzi vládou Slovenskej republiky a vládou Rakúskej republiky o úprave otázok spoločného záujmu týkajúcich sa jadrovej bezpečnosti a ochrany pred žiarením, ktoré sa konalo 20. - 21. júna 2016

vo Viedni, bolo vzájomne konštatované, že podmienka 3.2 zo záverov Záverečného stanoviska MŽP SR k EIA ohľadne EMO3+4 z roku 2010 bola splnená.

Na 24. bilaterálnom stretnutí sa tiež dohodlo, že výmena informácií bude zabezpečená na pravidelných bilaterálnych stretnutiach, ktoré sa konajú raz ročne.

## Hermozóna a vákuobarbotážna veža

Dňa 28. apríla 2010 sa v priestoroch ÚJD SR v Bratislave uskutočnil seminár o hermozóne a vákuobarbotážnej veži.

Pred začatím odbornej diskusie sa najprv strany pozreli na terminológiu. Dohodlo sa, že termíny "ochranný plášť" a "kontajnement" - ktoré sa v technických dokumentoch často používajú ako synonymá - sa budú odteraz používať striktne podľa definície MAAE [MAAE 2007, s. 39 a 41]. V súlade s tým sa ochranný plášť vzťahuje na funkciu prevencie alebo kontroly únikov rádioaktívneho materiálu, kontajnement na prostriedky na dosiahnutie tejto funkcie.

Pokiaľ ide o typy kontajnementu, najprv sa objasnilo, že kontajnement s vákuobarbotážnou vežou EMO 3+4 a ďalších reaktorov rovnakého typu predstavuje typ kontajnementu, ktorý sa líši od plnotlakových kontajnementov, ktoré sa často nachádzajú v reaktoroch PWR západnej proveniencie, a ktorý sa viac podobá kontajnementom reaktorov BWR, ktoré sú často vybavené funkciou znižovania tlaku.

MAAE v príslušnom bezpečnostnom návode [MAAE 2004, s. 144] uvádza medzi príkladmi kontajnementov reaktorov PWR dva typy plnotlakových kontajnementov, ako aj kontajnement podobný kontajnementu s vákuobarbotážnou vežou.

Ako pri každom seminári, základom pre ďalšiu diskusiu bol zoznam otázok, ktorý rakúska strana poskytla pred seminárom.

V súvislosti s rakúskymi otázkami boli poskytnuté nové relevantné informácie a v niektorých prípadoch aj konkrétne odkazy, s ktorými rakúski experti neboli predtým oboznámení. V prípade niektorých otázok rakúski experti vyhodnotili aj ďalšie informácie, ktoré mali k dispozícii.

V dôsledku toho boli všetky rakúske otázky objasnené; väčšinou na seminári a v niektorých prípadoch na základe dodatočných informácií, ktoré boli poskytnuté neskôr.

### **Projekt systému kontajnementu EMO 3+4 v porovnaní s EMO 1+2**

Všetky opatrenia, ktoré boli implementované na EMO 1+2, budú implementované aj na EMO 3+4, ako aj niektoré dodatočné opatrenia týkajúce sa riadenia vodíka, rušičov vákua a zásob vody na zvládnutie ťažkých havárií.

### **Otestovanie vákuobarbotážnej veže**

Rakúskym odborníkom boli poskytnuté konkrétne odkazy týkajúce sa skúmania problematiky vákuobarbotážnej veže. Na základe výsledkov žiadateľ dospel k

záveru, že výkonnosť vákuobarbotážnej veže je plne overená; slovenský dozorný orgán súhlasí.

Rakúski experti tvrdia, že dostupné informácie podporujú tieto pozitívne závery na úrovni kontroly vierohodnosti, aká sa mohla vykonať na seminári.

### **Výpočty ohľadne vákuobarbotážnej veže**

Do určitej miery sa o tomto bode už diskutovalo v rámci vyššie uvedenej otázky. Boli poskytnuté dodatočné informácie, ktoré dokazujú, že výsledky vykonaných výpočtov boli uspokojivé.

### **Kontrola kvality**

Boli predstavené metódy kontroly používané pre zvarové spoje a celú nosnú konštrukciu.

### **Rekombinátory vodíka a zapalovače**

Táto otázka bola v rámci možností objasnená v stave plánovania v čase konania seminára, ktorý zodpovedal počiatkovej fáze realizačného projektu. Poskytli sa informácie o analýzach, ktoré boli vykonané vo fáze úvodného projektu. Všeobecne sa diskutovalo o umiestnení rekombinátorov a zapalovačov, ako aj o rôznych typoch, ktoré sú k dispozícii.

Táto otázka sa už riešila na seminári o ťažkých haváriách v decembri 2009 a slovenská strana vyjadrila pripravenosť na ďalšiu diskusiu, keď budú k dispozícii nové informácie. Táto diskusia sa uskutočnila na druhom seminári o ťažkých haváriách v apríli 2016. Pri tejto príležitosti boli zodpovedané všetky otázky rakúskej strany a táto otázka bola uzavretá (pozri časť o riadení ťažkých havárií).

### **Scenár DBA pre vákuobarbotážnu vežu**

Diskutovalo sa o sekvenciách tlakového zaťaženia pôsobiaceho na vákuobarbotážnu vežu v prípade príslušných havárií DBA a predpokladoch časov prasknutia pri LOCA.

### **Dlhodobejšie riadenie tlaku kontajmentu**

Bol predstavený dizajn sprchového systému, ktorý je rozhodujúci pre riadenie tlaku, ako aj úloha tohto systému pri znižovaní tlaku v priebehu rôznych sekvencií havárie. Boli vysvetlené rezervy na zásobovanie vodou a úloha rušičov vákua.

## Správanie vákuobarbotážnej veže v prípade BDBA

Bola vysvetlená úloha vákuobarbotážnej veže v prípade odtlakovania primárneho okruhu, ako aj jeho úloha v prípade LOCA s rôznymi veľkosťami prasknutých rúr.

### Vzduchové klapky

Boli opísané testy vykonané na plnohodnotné overenie fungovania vzduchových klapiek.

Rakúski experti poznamenali, že otázky týkajúce sa dlhodobejšieho riadenia tlaku v kontajmente a správania sa vákuobarbotážnej veže v prípade BDBA by sa mali zohľadniť v budúcej diskusii o nadprojektových haváriách a o riadení havárií. Týkalo sa to napríklad spoľahlivosti napájania aktívneho sprchového systému.

Tieto body boli následne prerokované na druhom seminári o ťažkých haváriách v apríli 2016. Všetky otázky rakúskej strany boli zodpovedané a problematiky uzavreté (pozri časť o riadení ťažkých havárií).

Pri príležitosti návštevy lokality v júni 2016 mal rakúsky expert možnosť vidieť sifóny (air traps) vákuobarbotážnej veže a spojovaciu chodbu medzi miestnosťou parného generátora a miestnosťou vákuobarbotážnej veže (pozri časť o návšteve lokality EMO 3+4).

Po zohľadnení všetkých relevantných informácií, ktoré majú k dispozícii, dospeli rakúski odborníci k nasledovnému záveru, pokiaľ ide o štandard kontajmentu EMO 3+4:

Projekt kontajmentu EMO3+4 je v súlade so súčasnými uznávanými všeobecnými bezpečnostnými postupmi a požiadavkami na projektovanie pre dnes prevádzkované jadrové elektrárne.

Okrem toho boli implementované vylepšené funkcie s cieľom prekročiť bezpečnostné normy pre prevádzkované jadrové elektrárne. Pozostávajú z opatrení na kontrolu a zmiernenie ťažkých havárií (napríklad regulovanie vodíka, zadržanie roztavenej aktívnej zóny v nádobe reaktora a dlhodobé riadenie a obmedzenie tlaku v kontajmente).

Treba poznamenať, že podľa názoru rakúskych expertov existuje jeden aspekt, v súvislosti s ktorým by bolo žiaduce a vhodné čo najskôr obnoviť bilaterálne rokovania.

Tento aspekt patrí do problematiky riadenia ťažkých havárií a je relevantný pre ochrannú obálku reaktora (pokiaľ ide o rozsah validácie zadržania roztavenej aktívnej zóny v nádobe - pozri časť o riadení ťažkých havárií).

Slovenskí odborníci sa domnievajú, že poskytnú dostatočné informácie založené na dôkazoch. Podľa ich názoru boli diskusie vyčerpávajúce. Domnievajú sa, že spolu

s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch boli tieto body komplexne a vyčerpávajúco vysvetlené a nezostal žiadny otvorený bod.

## Seizmicita lokality a projektovaná seizmická odolnosť

Dňa 14. júla 2010 sa v priestoroch ÚJD SR v Bratislave uskutočnil seminár o seizmicite lokality a projektovanej seizmickej odolnosti.

Ako pri každom seminári, základom prezentácií a diskusií bol zoznam otázok, ktorý rakúska strana poskytla pred seminárom.

Otázky boli spracované komplexne. Boli poskytnuté nové relevantné informácie a po skončení seminára boli slovenskou stranou odovzdané dve správy z kontrolných misií MAAE (z misií v rokoch 1998 a 2003) týkajúce sa seizmickej bezpečnosti. Okrem toho boli v marci 2019, októbri 2019 a v marci a júni 2020 slovenskými expertmi poskytnuté dodatočné vysvetlenia a informácie.

V dôsledku toho sa značná časť technických aspektov, ktorými sa zaoberali rakúske otázky, vyriešila zhodne.

Podľa názoru rakúskych expertov však existujú niektoré aspekty, v súvislosti s ktorými by bolo žiaduce a vhodné čo najskôr obnoviť bilaterálne rokovania.

Slovenskí odborníci sa domnievajú, že poskytli dostatočné informácie založené na dôkazoch. Podľa ich názoru bola diskusia vyčerpávajúca. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch boli tieto body komplexne a vyčerpávajúco objasnené a nezostali žiadne otvorené body.

### Seizmicita lokality:

Nasledujúce otázky boli úplne objasnené:

#### **Hodnotenie stavu lokality**

Slovenská strana vysvetlila vývoj hodnoty horizontálneho špičkového zrýchlenia na úrovni terénu (pga) predpokladaného pre projektové zemetrasenie (zemetrasenie SL2). V roku 1992 bola odporúčaná hodnota 0,1 g.

V najnovšom hodnotení ohrozenia, ktoré preskúmala misia MAAE, sa táto hodnota zmenila na 0,143 g pre PGA s ročnou pravdepodobnosťou prekročenia  $10^{-4}$ . ÚJD SR v roku 2005 zvýšil túto hodnotu na 0,15 g pre seizmickú modernizáciu EMO 3,4. Bolo vysvetlené, že dôvodom tohto malého zvýšenia PGA pre zemetrasenie SL2 bol konzervatívny predpoklad, že niektoré zlomy v blízkosti lokality sú stále aktívne.

Pokiaľ ide o nasledujúce otázky, podľa názoru rakúskych expertov by bolo žiaduce a vhodné čo najskôr obnoviť bilaterálne rokovania.



Slovenskí odborníci sa však domnievajú, že poskytlí dostatočné informácie založené na dôkazoch. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch boli tieto body komplexne a vyčerpávajúco objasnené a nezostali žiadne otvorené body.

### Výpočet seizmického ohrozenia

K tejto otázke boli poskytnuté dôležité informácie. Podľa názoru rakúskych expertov však existuje niekoľko bodov, ktoré neboli na seminári dostatočne objasnené. Slovenská strana poskytla dodatočné informácie relevantné pre tieto body v marci 2019 a októbri 2019.

- Metodické prístupy, ktoré sa použili na výpočet seizmického ohrozenia: Metodika použitá v štúdiu ohrozenia dokončenej v roku 2003 bola štandardným prístupom PSHA.

Slovenskí odborníci v marci 2019 uviedli, že pravdepodobnostná analýza seizmického ohrozenia (PSHA) z roku 2003 zodpovedalo poznatkom a najlepšej praxi v čase vypracovania štúdie a dodali, že v budúcich analýzách pre lokalitu Mochovce budú použité robustnejšie a aktuálnejšie metódy.

- Katalóg zemetrasení: Možnosť použitia robustnejších metód odhadu magnitúd historických zemetrasení; homogenizácia databázy; spoľahlivosť a úplnosť inštrumentálnych údajov.  
Revízne misie MAAE sa zaoberali aj otázkami neistoty v magnitúde zemetrasení a úplnosti údajov.
- Seizmická zonácia: Použitie základnej zóny a maximálnej magnitúdy zvolenej pre túto zónu; vplyv zmeny zonácie na výsledky ohrozenia; definícia zón Zn01 (vrátane seizmicity v okolí Komárna) a Zn05 (vrátane zlomovej zóny Čertovica a stredoslovenského zemetrasenia z roku 1443).  
Hodnotiacia misia MAAE v roku 2003 sa zaoberala aj otázkou seizmickej zonácie. Podľa slovenských expertov potenciálny vplyv zmien v zonácii na výsledky ohrozenia skúmala v roku 2014 spoločnosť ENEL v rámci štúdie citlivosti. Slovenskí experti zdôrazňujú, že cieľom tejto štúdie citlivosti bolo identifikovať relevantné aspekty, ktoré majú osobitný vplyv na seizmické ohrozenie lokality JE, ako aj potenciálne účinky zmien vo vstupnej databáze na výsledky seizmického ohrozenia. Nejde o štúdiu citlivosti pôvodnej PSHA pre JE Mochovce z roku 2003, a preto ju nemožno interpretovať ako indikáciu možných zmien hodnoty PGA pre lokalitu. Štúdia citlivosti sa obmedzila na niekoľko skúmaných faktorov, ak sa berú jednotlivo. Nezahrňala úplný výpočet logického stromu (ktorý bol použitý v PSHA). Štúdia citlivosti ENEL dospela k záveru, že

hodnota PGA pre lokalitu vypočítaná v roku 2003 sa môže považovať za reprezentatívnu hodnotu pre ohrozenie lokality.

Podľa slovenských expertov sa štúdia citlivosti nemôže použiť na vyvodenie záverov o neistote konečnej hodnoty PGA, pretože štúdia citlivosti ENEL sa týkala toho, aký je vplyv v rámci matematického modelu jediného skúmaného faktora pri jeho zmene, pričom kombinácia s inými faktormi nebola preskúmaná. Výsledky tejto štúdie by sa mali brať len ako indikátory pre budúcu PSHA s ohľadom na súbor relevantných vstupných parametrov. Rakúski odborníci poznamenávajú, že posúdenie neistôt hodnoty PGA je veľmi dôležité a že štúdia citlivosti by mala poskytnúť aspoň indikáciu neistoty hodnoty PGA. Rakúskym expertom však štúdia citlivosti nebola sprístupnená. Preto si nemôžu vytvoriť vlastný konečný názor ohľadne významu výsledkov štúdie ENEL. Rakúski experti si preto nemôžu overiť, či súhlasia s týmito úvahami slovenských expertov, alebo nie.

Slovenskí odborníci sa však domnievajú, že poskytli dostatočné informácie založené na dôkazoch. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch boli tieto body komplexne a vyčerpávajúco objasnené a nezostali žiadne otvorené body.

- Určenie maximálnej a minimálnej magnitúdy: Podľa názoru rakúskeho experta by sa pre niektoré zdrojové zóny mala maximálna magnitúda zvýšiť, aby zodpovedala súčasnej európskej praxi.

Maximálna magnitúda pre zdrojovú zónu vrátane lokality bola zvolená s  $M_s=5,5$  (čo zodpovedá  $M_w=5,65$  podľa empirickej korelácie použitej systémom SCORDILIS [2006]). Takáto nízka hodnota maximálnej magnitúdy nie je v súlade so súčasnou európskou praxou. V projekte SHARE sa pre skúmanú oblasť používajú maximálne magnitúdy medzi  $M_w=6,7$  a  $7,3$  [WOESSNER 2015].

Hodnotiacia misia MAAE v roku 2003 sa zaoberala aj otázkou vplyvu neistôt na maximálnu magnitúdu zdrojovej zóny.

Podľa názoru slovenských expertov určenie maximálnej magnitúdy závisí od seizmotektonického modelu a seizmickej zonácie (superzóny/malé zóny). Z toho vyplýva, že podľa ich názoru nie je vhodné porovnávať hodnoty maximálnej magnitúdy určené pomocou rôznych seizmotektonických modelov a prístupov k zonácii. Rakúski odborníci poznamenávajú, že toto vysvetlenie dostatočne nevysvetľuje výraznú nezrovnalosť medzi hodnotami  $M_{max}$  použitými v rôznych štúdiách. Slovenskí experti sa však domnievajú, že poskytli dostatočné informácie a vyčerpávajúce vysvetlenie.

Ďalšou otázkou v tejto súvislosti je výber hodnoty  $M_w=5,0$  pre dolnú hranicu magnitúdy zemetrasenia pre seizmické ohrozenie a úroveň SL2. Vyňatie javov medzi 4,0 a 4,9 môže drasticky odstrániť seizmicitu.

Ako už bolo uvedené vyššie, slovenskí experti v marci 2019 upozornili, že seizmo-tektonický model použitý v štúdií PSHA 2003 zodpovedal vtedajším poznatkom a najlepšej praxi.

V reakcii na seminár v roku 2010 boli vykonané dve štúdie citlivosti PSHA: štúdia firmy Rizzo v roku 2013 aktualizovala seizmotektonický model, pričom geometria zdrojovej zóny zostala zachovaná. Štúdia spoločnosti ENEL z roku 2014 (uvedená vyššie) zmenila model zdrojovej zóny a skúmala výber maximálnej magnitúdy pre zdrojové zóny.

Pokiaľ ide o dolnú hranicu magnitúdy, slovenskí experti uviedli, že štúdia citlivosti ukázala, že voľba jej nižšej hodnoty nevedie k významným zmenám seizmického ohrozenia. Slovenská strana ďalej informovala, že boli prijaté dodatočné opatrenia na ochranu kontajnerov na kvapaliny s voľnou hladinou vrátane havarijných nádrží na chladenie aktívnej zóny pred zemetraseniami s nízkou magnitúdou/vysokým zrýchlením.

- **Modely útlmu/Útlmové vzťahy:** Modely z 90. rokov, ktoré sa v tom čase používali. Ich reprezentatívnosť a konzervatívnosť rakúski odborníci spochybnili. Hodnotiaca misia MAAE v roku 2003 tiež upozornila na otázku primeraných poznatkov o útlme a vhodných modelov útlmu. V štúdiách citlivosti od firmy Rizzo 2013 a ENEL 2014 sa skúmal vplyv nových prediktívnych rovníc seizmického pohybu (GMPE) na výsledky ohrozenia. Dospeli k záveru, že hlavný príspevok k neistote výpočtov nebezpečenstva vyplýva z neistoty použitých GMPE a že výsledky nie sú v rozpore s výsledkami štúdie PSHA.

Rakúska strana uznáva, že od seminára, ktorý bol v roku 2010 sa vykonala príslušná práca, najmä dve štúdie citlivosti. Tieto štúdie jej však doteraz neboli prístupné. Rakúski experti preto nemôžu posúdiť metodiky a výsledky týchto štúdií a nemôžu skontrolovať, či skutočne úplne pokrývajú príslušné body.

Slovenskí experti uviedli, že výsledky štúdií citlivosti budú primerane zohľadnené v budúcich výpočtoch seizmického ohrozenia pre JE Mochovce.

Podľa názoru rakúskych expertov sú tieto štúdie citlivosti, ako aj vyššie uvedené budúce analýzy pre lokalitu Mochovce, pri ktorých sa očakáva použitie moderných metód, ktoré neboli k dispozícii pre PSHA z roku 2003, aspektmi, pre ktoré by bolo žiaduce a vhodné obnoviť bilaterálne rokovania čo najskôr, ako to bude možné.

Slovenskí odborníci sa však domnievajú, že poskytli dostatočné informácie založené na dôkazoch. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch boli tieto body komplexne a vyčerpávajúco objasnené a nezostali žiadne otvorené body.

### Výskum zlomov

V prípade väčšiny položených otázok bola táto problematika objasnená. Slovenskí experti poskytli komplexné informácie o geologickom pozadí pri hodnotení seizmického ohrozenia EMO, ako aj o hodnotení zlomov v blízkosti lokality.

V štúdií PSHA sa uvažovalo o piatich zlomoch v blízkosti lokality JE (v okruhu 5 km). Hoci tri z nich boli označené ako s najväčšou pravdepodobnosťou erózne štruktúry, napriek tomu boli v tom čase zahrnuté do výpočtu seizmického ohrozenia. Na seminári rakúsky expertný tím nedostal informácie o konkrétnych štúdiách najmladšej tektonickej histórie zlomov v blízkom regióne EMO (5 - 25 km od lokality). Rakúski experti považovali takéto hodnotenia za veľmi dôležité, najmä v prípade zlomov v Kozárovciach a Mojmírovciach, ktoré zrejme premiestňujú sedimenty mladšie ako pliocén (5,4 - 1,8 milióna rokov, ako ukazujú reflexné seizmické a geologické profily), ako aj zlomu v Leviciach, ktorý zrejme vykazuje značnú mikrosezimickú aktivitu, pravdepodobne vrátane dvoch udalostí  $M > 3$  (1991 a 2004).

V marci 2019 slovenskí odborníci poskytli informáciu, že podľa štúdie z roku 2013 možno Levický zlom považovať za tektonicky a seizmicky neaktívnu štruktúru. Taktiež sa tvrdilo, že štruktúra v Kozárovciach nepredstavuje tektonický zlom. Slovenskí odborníci tiež uviedli, že v blízkej budúcnosti sa plánujú ďalšie výskumné aktivity na preskúmanie charakteru jedného zo zlomov v okolí (zlom Tlmače).

Okrem toho sa podľa dodatočných informácií poskytnutých v marci 2019 uskutočnilo niekoľko štúdií najmladšej tektonickej histórie zlomov v blízkom regióne EMO vrátane paleoseizmických výskumov severozápadne od lokality Mochovce. Z následných výskumov vyplynulo, že Dobrica má atektonický charakter.

Ďalšia mikrosezimická identifikácia tektonických štruktúr sa uskutočnila v roku 2009 v blízkosti JE. V roku 2013 nasledovala štúdia zlomov. Identifikované štruktúry sa budú ďalej skúmať pomocou mikrosezimických údajov z miestnej siete seizmických staníc v okolí JE.

Slovenská strana konštatovala, že doteraz získané a analyzované mikrosezimické údaje neidentifikujú aktívne zlomy v blízkom okolí JE Mochovce.

Rakúska strana uznáva, že v tejto oblasti boli vykonané príslušné práce. Uvedené štúdie o najmladšej tektonickej histórii, ako aj o zlomoch v Leviciach, Kozárovciach a iných zlomoch im však doteraz neboli k dispozícii. Rakúski odborníci preto nemôžu posúdiť metodiku a výsledky týchto štúdií.

Správne posúdenie (aktívnych) zlomov je mimoriadne dôležité pre spoľahlivé posúdenie seizmického ohrozenia na pozadí seizmotektonických charakteristík lokality (intraplatňové pomalé a veľmi pomalé posuny na zlomoch) a krátkych období pozorovania zemetrasení (niekoľko stoviek rokov pre historické zemetrasenia a desiatky rokov prístrojových záznamov).

Preto podľa názoru rakúskych expertov patria uvedené štúdie medzi aspekty, v súvislosti s ktorými by bolo žiaduce a vhodné čo najskôr obnoviť bilaterálne rokovania.

Slovenskí odborníci sa však domnievajú, že poskytnú dostatočné informácie založené na dôkazoch. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch boli tieto body komplexne a vyčerpávajúco objasnené a nezostali žiadne otvorené body.

### Špičkové zrýchlenie (PGA)

Na seminári bola identifikovaná nezrovnalosť medzi výsledkami pravdepodobnostného hodnotenia seizmického ohrozenia vykonaného pre lokalitu EMO na jednej strane a hodnotami, ktoré poskytujú publikované mapy ohrozenia (SESAME, GSHAP a MUSSON [2000]) pre územie Slovenska na strane druhej. Tieto mapy ohrozenia ukazujú oveľa vyššie úrovne ohrozenia pre Slovensko. Rozdiely sú dôležité; na seminári ich nebolo možné vysvetliť. Možným vysvetlením by mohli byť rozdielne predpoklady pre dolné hranice magnitúd použité v PSHA. Seminár v roku 2010 ukázal, že táto téma si vyžaduje objasnenie a slovenskí experti sa zhodli s rakúskym tímom, že by sa o nej malo ďalej diskutovať.

V pripomienke doručenej v marci 2019 slovenská strana poukázala na to, že hlavný dôvod nezrovnalostí vyplýva zo skutočnosti, že seizmotektonické modely GSHAP a SESAME nie sú špecifické pre danú lokalitu, na rozdiel od modelu použitého pre PSHA. Bolo uvedené, že vo všeobecnosti sa očakáva, že na základe použitia rôznych súborov vstupných údajov v rôznych mierkach sa získajú mierne odlišné hodnoty seizmického ohrozenia.

Podľa slovenských expertov sú aj tieto projekty GSHAP a SESAME zastarané a nepredstavujú aktuálny stav. Referenčným celoeurópskym projektom je dnes projekt SHARE z roku 2013. Slovenskí experti uviedli, že uvádza výrazne nižšie hodnoty seizmického ohrozenia v lokalite Mochovce.

Podľa názoru rakúskych expertov toto dostatočne neobjasňuje dôvody rozdielov medzi rôznymi posúdeniami seizmického ohrozenia pre slovenské územie a PSHA vykonanou pre lokalitu Mochovce. Najmä tvrdenie, že projekt SHARE uvádza hodnoty seizmického ohrozenia, ktoré sú výrazne nižšie ako hodnoty odvodené pre danú lokalitu, nemožno overiť na základe údajov SHARE, ktoré uvádzajú hodnotu pohybu na úrovni terénu 0,195 g pre návratovú periódu 4975 rokov pre danú

lokalitu [stredná hodnota ohrozenia; EFEHR 2013]. Rakúski odborníci sa však zhodujú, že SHARE uvádza nižšiu úroveň nebezpečenstva pre návratovú periódu 475 rokov, ktoré sa vzťahuje na bežné stavebné predpisy.

V tejto súvislosti slovenskí experti poznamenali, že všetky tri projekty (SHARE, GSHAP a SESAME) sú regionálne, t. j. nie špecifické pre danú lokalitu, a ich výsledky pre lokalitu EMO sú preto len orientačné, nie absolútne. Medzi týmito regionálnymi projektmi a výpočtami seizmického ohrozenia pre jednotlivé lokality existujú prirodzené rozdiely. Okrem toho analýza seizmického ohrozenia špecifická pre lokalitu EMO je vypočítaná pre návratovú periódu 10 000 rokov, zatiaľ čo projekt SHARE neposkytuje primerane použiteľné výsledky seizmického ohrozenia pre takéto obdobie opakovania a jeho krivky ohrozenia sa nemôžu použiť na priame porovnanie vzhľadom na jeho regionálny charakter.

Rakúski odborníci predpokladajú, že dve uvedené štúdie citlivosti sa zaoberali aj niektorými aspektmi relevantnými pre stanovenie PGA pre danú lokalitu. Podrobnosti o metodikách a výsledkoch týchto štúdií však rakúskej strane zatiaľ neboli poskytnuté.

Podľa názoru rakúskych expertov preto táto otázka patrí medzi aspekty, v súvislosti s ktorými by bolo žiaduce a vhodné čo najskôr obnoviť bilaterálne rokovania.

Slovenskí odborníci sa však domnievajú, že poskytli dostatočné informácie založené na dôkazoch. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch boli tieto body komplexne a vyčerpávajúco objasnené a nezostali žiadne otvorené body.

### **Seizmický monitorovací systém**

Boli poskytnuté komplexné informácie o systéme mikroseizmického monitorovania a o doterajších výsledkoch monitorovania. Toto bolo úplne objasnené.

Podľa názoru rakúskych odborníkov mikroseizmické pozorovania poskytli dôkazy o možnom aktívnom zlomovom procese v blízkom okolí lokality EMO. Údaje boli zozbierané po ukončení hodnotenia seizmického ohrozenia v roku 2003, preto ich nebolo možné zohľadniť pri tomto hodnotení seizmického ohrozenia.

Rakúsky expertný tím sa na seminári zhodol so slovenskými expertmi, že otázka využitia mikroseizmických údajov na výskum súvisiaci so zlomami je veľmi dôležitá a vyžaduje si ďalšiu pozornosť. Mikroseizmické údaje v súčasnosti pokrývajú záznam v dĺžke 24 rokov, ktorý by mal byť dostatočný na zvýraznenie seizmogénnych štruktúr a podporu tektonických interpretácií pomocou riešení roviny zlomu a/alebo momentového tenzoru zemetrasenia.

V roku 2019 slovenskí odborníci uviedli, že lokálna sieť seizmických staníc je aktívna od roku 1996. V súčasnosti sa doteraz získané mikroseizmické údaje

analyzujú v Ústave vied o Zemi Slovenskej akadémie vied a v blízkej budúcnosti sa využijú pri ďalších výskumoch v blízkom okolí Mochoviec.

Podľa slovenskej strany doteraz získané a analyzované mikro seizmické údaje neidentifikujú aktívne zlomy v blízkom regióne Mochoviec. Podľa názoru rakúskych expertov sa však zdá, že analýzy zatiaľ nevedli k jednoznačnému záveru o potenciálnej aktivite zlomov. Rakúsko vyjadrilo záujem o výsledky analýz a prieskumov, keď budú relevantné a dostupné.

Rakúska otázka týkajúca sa ponaučení z nedávnych zemetrasení nebola na seminári prerokovaná po vzájomnej dohode.

### **Projekovaná seizmická odolnosť:**

Všetky otázky boli v plnej miere objasnené:

#### **Prehľad**

Zariadenie EMO 3,4 bolo pôvodne kvalifikované pre PGA 0,1 g. Teraz sa požaduje hodnota 0,15 g. Preto musí byť zariadenie kvalifikované na túto hodnotu plus bezpečnostná rezerva. Vo väčšine prípadov sa očakáva, že skúšky výrobcov už pokrývajú vyššie zaťaženia. Opakované testovanie je potrebné pre malé percento.

Na Slovensku neexistujú žiadne požiadavky na monitorovanie SKK s ohľadom na nízko-cyklové únavové účinky z bežnej prevádzky. Tieto účinky by mohli zhoršiť odolnosť pri seizmickom zaťažení. Podľa ÚJD SR, v dohľadnej budúcnosti nie je zámer takéto požiadavky zaviesť.

#### **Analýza seizmickej rezervy, prehodnotenie**

V čase konania seminára už bolo vykonané seizmické prehodnotenie konštrukcií a zariadení pre EMO 3,4. Potrubné systémy a ventilačné kanály sú zahrnuté do prehodnotenia. Jeho súčasťou bola analýza seizmickej rezervy.

Preto sa prijalo niekoľko opatrení: Napríklad boli zodolnené niektoré časti systému prívodu vody pre mimoriadne situácie a bola zodolnená hasičská stanica.

#### **Vplyvy seizmickej záťaže**

Komplexné posúdenie vplyvu seizmického zaťaženia sa vykonalo pre hlavnú budovu vrátane vákuobarbotážnej veže. (Chladiace veže neboli kvalifikované na seizmické

zaťaženie.) Pre jednoduché zariadenia a závesy potrubia sa použil bezpečnostný faktor 1,5. V prípade väčších konštrukcií sa použilo 3-D testovanie.

Problémy s kotviacimi skrutkami (tak ako sa zistili v Nemecku vo viacerých jadrových elektrárňach okolo roku 2006) slovenskí odborníci neočakávajú. Poukázali na to, že existuje stanovený postup kontroly inštalácie takýchto skrutiek<sup>1</sup>.

### **Seizmická kvalifikácia a testy**

Kvalifikácia zariadení sa riadi metodikou požadovanou americkými normami, ako aj normou IEC 60980. Skúšobné spektrum odozvy pokrýva celé požadované spektrum odozvy v kritickom frekvenčnom rozsahu.

### **Všeobecná bezpečnostná koncepcia**

K tejto problematike boli poskytnuté významné informácie týkajúce sa modelovania budov, superpozície zaťaženia atď.

Ak by nové informácie poskytli dôvod na výber vyššej hodnoty maximálneho zrýchlenia zemského povrchu, ako sa v súčasnosti predpokladá, rakúski odborníci by uvítali ďalšie informácie týkajúce sa analýzy seizmickej rezervy, vplyv seizmického zaťaženia, ako aj seizmickej kvalifikácie a skúšok.

---

<sup>1</sup> O kotviacich skrutkách sa rokovalo na pravidelnom bilaterálnom stretnutí medzi Slovenskou republikou a Rakúskom v roku 2019.



## **Integrita tlakovej nádoby reaktora**

Seminár o integrite tlakovej nádoby reaktora (TNR) sa konal 20. novembra 2012 v priestoroch ÚJD SR v Bratislave.

Ako pri každom seminári, základom pre ďalšiu diskusiu bol zoznam otázok, ktorý rakúska strana poskytla pred seminárom.

Otázky boli spracované komplexne. Niektoré z dodatočných otázok, ktoré boli vznesené v diskusii, nebolo možné na seminári objasniť. Písomné odpovede na tieto otázky poskytla slovenská strana dodatočne, pričom dodatočné vysvetlenie bolo poskytnuté pri príležitosti druhého seminára o ťažkých haváriách v apríli 2016.

V dôsledku toho boli všetky rakúske otázky objasnené; väčšinou na seminári a v niektorých prípadoch na základe dodatočných informácií, ktoré boli poskytnuté neskôr.

### **Rozdiely v projekte TNR a I.O. medzi EMO 3+4 a EMO 1+2**

Výrobné výkresy, technologické postupy, riadenie kvality, testovanie a výrobné procesy sú rovnaké pre všetky tlakové nádoby reaktorov typu VVER440/213.

Medzi TNR EMO 1+2 a EMO 3+4 nie sú žiadne konštrukčné rozdiely. Pokiaľ ide o primárny okruh, existujú len malé rozdiely, ktoré nemôžu ovplyvniť tlakovú nádobu reaktora.

### **Použité materiály, výroba tlakových nádob reaktora**

Pre tlakové nádoby reaktora sa použila feriticko-bainitická uhlíková oceľ 15Ch2MFA; pre primárny okruh sa použila austenitická nehrdzavejúca oceľ 08Ch18N10T.

Pri výrobe TNR EMO 3+4 mohol výrobca (Škoda) využiť svoje skúsenosti z predchádzajúcich tlakových nádob reaktora. V nich je nízky obsah medi, fosforu a iných nečistôt, ktoré by mohli podporovať krehnutie.

Počas predpokladanej životnosti 40 rokov sa neočakávajú žiadne problémy s krehnutím. Ohľadne dlhodobej prevádzky po dobu 60 rokov sa ďalej nediskutovalo, pretože to nebolo predmetom odborného seminára.

### **Konzervovanie a ochrana TNR EMO 3+4**

Konzervačné a ochranné práce sa vykonávali na základe programu, ktorý schválil ÚJD SR. Tlakové nádoby reaktora boli skladované pri nízkej vlhkosti a pravidelne

kontrolované. Celý vonkajší a vnútorný povrch bol potiahnutý náterom, aby sa zabránilo účinkom korózie. Počas konzervácie neboli zistené žiadne závažné nedostatky.

Archívny materiál (napr. vzorky na sledovanie TNR) sa skladoval za podobných podmienok. Vzorky boli testované počas dostavby EMO 3+4 a výsledky ukázali, že dlhodobé uchovávanie a skladovanie nemalo vplyv na mechanické vlastnosti.

### **Odchýlky od konštrukčných požiadaviek**

Existujú malé odchýlky od konštrukčných požiadaviek a malé odchýlky medzi tlakovými nádobami reaktorov - najmä ako tolerancie v rozmeroch. Všetky špecifikácie však boli splnené v rámci prijateľných tolerancií.

### **Krivky krehnutia**

Oba bloky budú využívať najmodernejší program na sledovanie vzoriek. Tento program vychádza zo skúseností s ostatnými VVER-440/213 na Slovensku; v porovnaní s predchádzajúcimi programami sa zvýšil počet vzoriek a zmenili sa ich špecifikácie. Taktiež ich teplota ožiarenia sa dá určiť oveľa presnejšie ako v predchádzajúcom programe.

Program zahŕňa vzorky z tepelne ovplyvnenej zóny.

Krivky trendu krehnutia pre EMO 3+4 sa získajú až po spustení prevádzky pomocou výsledkov programu sledovania. Na základe chemického zloženia sa nevykonávajú žiadne predikcie. Súčasná metodika predpovedania krehnutia je založená výlučne na experimentálnych údajoch (výsledky vzoriek). Výsledky mechanických skúšok vzoriek sa budú vyhodnocovať pomocou prístupu "Master Curve" (hlavná krivka).

V prípade EMO 1 sa očakáva nárast teploty krehkosti na približne 25° - 45° C; podľa analýz PTS je kritická teplota pre krehký lom vyššia ako 90° C.

Po roku prevádzky bloku sa z TNR odoberú prvé kontrolné vzorky. Prvé výsledky o radiačnej krehkosti budú k dispozícii približne po roku a pol.

### **Hlavné faktory programu dohľadu**

Hlavné faktory pôvodného programu dohľadu (spred viac ako 30 rokov) sa pohybovali v rozmedzí 5 - 15. V prípade nového programu sa hlavné faktory pre materiál TNR pohybujú v rozmedzí 3 - 5.

Slovenskí experti nepovažujú možný účinok dávkového príkonu za významný.

Účinky dávkového príkonu boli pozorované pri veľmi vysokých fluenciách (s hlavným faktorom približne 150). Pri porovnávaní vzoriek s hlavnými faktormi 5 - 15 sa neprejavil žiadny účinok dávkového príkonu.

### **Prípady zat'azenia pre analýzy PTS**

V čase konania seminára ešte neboli vykonané analýzy PTS pre EMO 3+4. Informácie o udalostiach, ktoré boli analyzované, poskytla slovenská strana neskôr.

Pokiaľ ide o EMO 1+2, bolo vypočítaných desať iniciačných scenárov. Na seminári bola poskytnutá tabuľka týchto scenárov vrátane prípadov zvažovaných pre každý scenár. Scenáre zahŕňajú LOCA, únik z primárneho do sekundárneho okruhu, neúmyselné spustenie systému vysokotlakového dopĺňovania ECCS, prasknutie jedného parného potrubia atď. Nie sú zahrnuté prasknutia viacerých parných potrubí. Podľa slovenskej strany výsledky pre všetky scenáre ukazujú, že požadované podmienky sú splnené a kritériá prijateľnosti nebudú porušené.

Na seminári zaznelo, že vo všeobecnosti nie je potrebný zásah operátora do 30 minút; okrem jedného prípadu (netesnosť hornej časti kolektora primárnej strany parného generátora), pri ktorom bol zaznamenaný čas zásahu 20 minút. Na druhom seminári o ťažkých haváriách (apríl 2016) však bolo konštatované, že tieto informácie sú už zastarané a novšie analýzy ukázali, že na zásah prevádzkovateľa je vždy k dispozícii 30 minút alebo viac (pozri časť o riadení ťažkých havárií).

Konzervativizmus sa má uplatňovať na základe vhodných predpokladov (napr. maximálne dochladenie primárnej strany a pretlak). Na termo-hydraulické výpočty sa použil kód RELAP 5 mod 3.3. Na štrukturálne analýzy sa použili kódy ANSYS a ADINA. Model RELAP 5 bol overený na základe výsledkov experimentov v JE Paks.

Predpokladaná veľkosť trhlin pri analýzach PTS vychádza zo spoľahlivosti detekcie trhlín, pričom sa zohľadňujú nepresnosti. Napríklad pre trhlinu pod plášťom sa predpokladá hĺbka 15 mm. Pre každý prípad uvažovaný v analýze PTS sa určí maximálna prípustná kritická teplota krehnutia pre všetky body čela trhliny; minimum týchto hodnôt je maximálna prípustná teplota pre tento prípad PTS. Maximálna prípustná teplota pre TNR sa rovná minimálnej hodnote maximálnych prípustných teplôt pre všetky analyzované sekvencie PTS.

Vonkajšie chladenie tlakovej nádoby reaktora v prípade ťažkej havárie patrí medzi posudzované prípady PTS. Falošná aktivácia bola prakticky vylúčená na základe pravdepodobnostných analýz; napriek tomu sa vykonali analýzy (o tom sa ďalej diskutovalo na druhom seminári o ťažkých haváriách v apríli 2016, pozri časť o riadení ťažkých havárií). Analyzovalo sa aj zaplavenie šachty reaktora v prípade LOCA.

## **Uplatnenie metodiky VERLIFE**

VERLIFE má poskytnúť stručnú a ucelenú metodiku hodnotenia integrity komponentov JE s reaktormi VVER. Okrem iného sa zaoberá aj hodnotením integrity TNR. Zahŕňa kontrolu, monitorovanie, diagnostiku a predpovedanie starnutia TNR.

Najnovšia verzia VERLIFE v čase konania seminára (2008) bola prijatá slovenským regulačným orgánom. Nová verzia má byť v blízkej budúcnosti uverejnená ako príručka MAAE.

## **Metódy ultrazvukového testovania**

Úlohou ultrazvukového testovania je zisťovať, lokalizovať a určiť veľkosť vady. Kontrolný systém používaný pre EMO 3+4 bol kvalifikovaný v súlade s usmernením ÚJD SR na základe európskej metodiky. Ako už bolo uvedené (pozri prípady zaťaženia pre analýzu PTS), predpokladaná hĺbka trhliny pre analýzu PTS je 15 mm pre trhliny pod plášťom. Cieľová vada pre ultrazvukové skúšky, ktorá sa má zistiť so 100 % spoľahlivosťou, je menšia (6,5 mm pre trhliny pod plášťom).

Interval kontroly tlakovej nádoby reaktora je 8 rokov. Všetky zvary primárneho okruhu sú prístupné na ultrazvukové testovanie.

## **Stratégia malého úniku a iné preventívne opatrenia**

Pri zavážkach paliva po prvej zavážke sa použije profilované palivo - obohatenie palivových kaziet bude najvyššie v centrálnej oblasti AZ a nižšie v okrajových častiach. Z tohto dôvodu bude vplyv neutrónového toku na steny TNR redukovaný. Neplánuje sa použitie makety.

Voda na núdzové chladenie aktívnej zóny sa v hydroakumulátoroch predhreje na 55° až 60°C a v nádržiach ECCS na 50° až 55°C.

Pokiaľ ide o vývoj krehnutia, rakúski odborníci by ocenili, keby boli informovaní o prvých a všetkých ďalších budúcich výsledkoch programu dohľadu pre EMO 3+4 vrátane porovnania s výsledkami z EMO 1+2.

## Digitálne systémy kontroly a riadenia

Seminár o digitálnych systémoch kontroly a riadenia sa konal 11. decembra 2015 v priestoroch ÚJD SR v Bratislave.

Základom prezentácií a diskusií na seminári bol zoznam otázok, ktorý poskytla rakúska strana.

Otázky boli spracované komplexne. Boli poskytnuté nové a relevantné informácie, s ktorými rakúski experti neboli doteraz oboznámení. Po skončení seminára boli v marci 2019 a v októbri 2019 poskytnuté zo slovenskej strany dodatočné vysvetlenia a informácie.

V dôsledku toho bola väčšina technických aspektov, ktorými sa otázky zaoberali, vyriešená zhodne. V prípade niektorých iných aspektov zostali rozdiely v názoroch medzi slovenskými a rakúskymi odborníkmi.

Okrem toho podľa názoru rakúskych expertov existuje jeden bod, v ktorom by bolo žiaduce a vhodné čo najskôr obnoviť bilaterálne rokovania.

Slovenskí odborníci sa domnievajú, že poskytli dostatočné informácie založené na dôkazoch. Podľa ich názoru boli diskusie vyčerpávajúce. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch boli tieto body komplexne a vyčerpávajúco objasnené a nezostali žiadne otvorené body.

Nasledovné otázky boli plne objasnené:

### **Porovnanie Digitálneho SKR EMO 3+4 s EMO 1+2**

Boli poskytnuté informácie o softvérových systémoch používaných v EMO 1+2 a o aktualizáciách vykonaných podľa plánu. Okrem toho boli vysvetlené hlavné podobnosti a rozdiely týkajúce sa životnosti, požiadaviek zákazníka, architektúry, funkcií a hardvéru medzi EMO 1+2 a EMO 3+4.

### **Referenčné štandardy a normy, klasifikácia**

Predstavili sa medzinárodné normy a štandardy, podľa ktorých boli vyvinuté platformy SKR na EMO 3+4 (TELEPERM XS a SPPA-T2000). Súčasťou bol aj prehľad kategorizácie rozdielnych funkčných častí SKR, ako aj zaradenie rôznych systémov SKR do bezpečnostných tried.

## **Architektúra systému**

Vysvetlená a opísaná bola všeobecná architektúra systémov SKR EMO 3+4, ako aj rôzne funkčné časti pre prevádzkové riadenie, ochranu reaktora, prevenciu roztavenia aktívnej zóny, atď. Okrem toho bolo opísané pokrytie SKR pri odstávkach a výmene paliva.

Bola predložená tabuľka s priradením systémov SKR k úrovniam ochrany do hĺbky.

## **Zdroj napájania**

Pripojenie napájania pre SKR dôležité pre bezpečnosť k rôznym redundanciam systémov núdzového napájania bolo popísané a vysvetlená nezávislosť dostupných zdrojov havarijného napájania. Boli poskytnuté informácie týkajúce sa času, počas ktorého je zaručené napájanie SKR dôležitého pre bezpečnosť v prípade úplnej straty napájania striedavého prúdu.

## **Údržba a zmeny/modifikácie**

Bol predstavený režim zmien počas životnosti systémov. Diskutovalo sa o očakávanej frekvencii zmien, poskytli sa informácie o kritériách na udelenie povolenia na zmenu.

Ďalej sa riešil režim opätovného posúdenia po zmene, ako aj otázky dostupnosti údržby a náhradných dielov a zaobchádzania s používaným komoditným softvérom.

## **Testovanie a zabezpečenie kvality vo všetkých fázach vývoja, používania a modifikácie**

Boli predstavené kritériá preberacích skúšok pre digitálne SKR dôležité pre bezpečnosť, ako aj informácie o spôsobe vykonania skúšok. Bol opísaný súčasný stav preberacích skúšok na mieste, vysvetlili si sledovanie verzií a správu aktualizácií. Diskutovalo sa o rozsahu testovacích prípadov, najmä o zahrnutí "exotických" situácií, ako aj o rozsahu testovania komplexných kombinácií scenárov.

## **Dozorňa, reakcia operátora**

Bolo opísané hlásenie porúch digitálneho SKR v dozorni. Diskutovalo sa o pokrytí takýchto porúch predpismi EOP, ako aj o závislosti núdzovej dozorne od digitálneho SKR.

Poskytol sa prehľad implementácie rozhraní človek-systém v blokovej a núdzovej dozorni.

O niektorých aspektoch tejto témy sa diskutovalo v súvislosti s rozmanitosťou dizajnu (pozri nižšie).

### **Interakcia s ostatnými funkciami**

Diskutovalo sa o možných interakciách digitálnych systémov SKR so systémami kontroly prístupu, núdzového osvetlenia, požiarneho a dymových hlásičov, ako aj o interakciách s miestnymi riadiacimi stanicami a manuálnym spúšťaním systémov.

### **Vnútorne a vonkajšie riziká a SKR**

Boli poskytnuté informácie o analýzach a testoch, ktoré boli vykonané v súvislosti s vplyvom vnútorných a vonkajších rizík na SKR. Osobitná pozornosť sa venovala elektromagnetickému rušeniu a úderu blesku, ako aj otázkam možného vplyvu neúmyselného spustenia hasiaceho systému na digitálny SKR.

V nasledujúcich otázkach sa názory slovenských a rakúskych odborníkov líšia. Okrem toho existuje podľa názoru rakúskych expertov jeden bod, v ktorom by bolo žiaduce a vhodné čo najskôr obnoviť bilaterálne rokovania.

Slovenskí odborníci sa domnievajú, že poskytnú dostatočné informácie založené na dôkazoch. Podľa ich názoru boli diskusie počas seminára vyčerpávajúce.

Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch boli všetky otázky komplexne a vyčerpávajúco vysvetlené a nezostal žiadny otvorený bod.

### **Diverzita dizajnu, fyzické oddelenie a nezávislosť**

Diskutovalo sa o úrovniach diverzity medzi redundanciami systému ochrany reaktora a medzi kanálmi každej redundancie, ako aj o hlavných prvkoch diverzity a nepodobnosti realizovaných pre systém ochrany a iné SKR dôležité pre bezpečnosť.

Bol predstavený rozsah fyzického oddelenia a funkčnej nezávislosti rôznych častí systémov SKR; diskutovalo sa o spoľahlivosti brán, galvanickom oddelení a objektívnosti riadenia toku v sieťach.

Všetky aspekty tejto problematiky boli objasnené s jednou výnimkou, ktorá sa týkala použitia manuálnych činností (operátora) ako diverznej zálohy v prípade predpokladaného úplného zlyhania systému ESFAS. Bolo dohodnuté, že o tejto otázke by sa malo ďalej diskutovať na druhom seminári o ťažkých haváriách v apríli 2016. Po tejto ďalšej diskusii pretrvávali určité názorové rozdiely medzi slovenskými a rakúskymi expertmi (pozri časť o riadení ťažkých havárií).

## Spôľahlivosť softvéru

Prezentovali sa kvantitatívne ciele spoľahlivosti pre systémy SKR, ako aj hodnoty spoľahlivosti pre niektoré systémy (softvér operačného systému aj aplikačný softvér). Diskutovalo sa o analýzach použitých na preukázanie dosiahnutia cieľov. Bolo zdôraznené, že hodnoty pravdepodobnosti kedy zariadenie v prípade potreby nie je dostupné z dôvodu poruchy - probability of failure on demand (pfd) vychádzajú z inžinierskeho posúdenia špecialistov dodávateľa.

Boli poskytnuté informácie o rozdielnosti medzi platformami Teleperm XS a SPPAT2000 a diskutovalo sa o nezávislosti porúch medzi týmito platformami. Okrem toho sa riešili otázky týkajúce sa analógového zálohovania, jednoduchosti softvéru a použitia už existujúceho softvéru. V diskusii bolo prezentované aj stanovisko dozorného orgánu ÚJD SR k otázkam spoľahlivosti softvéru.

Všetky otázky rakúskych expertov boli zodpovedané. Zostal však aspekt, ktorý je potrebné ďalej prediskutovať, týkajúci sa spoľahlivosti softvéru - najmä pokiaľ ide o spoľahlivosť niektorých veľmi nízkych hodnôt stanovených pre nedostupnosť zariadenia v prípade potreby pre poruchu zariadenia (failure on demand).

Rakúski odborníci poukázali na to, že výhodnou metódou na určenie hodnôt pfd by bolo štatistické testovanie softvéru so simulovanými požiadavkami. Automaticky by sa zohľadnili zlyhania na úrovni operačného systému aj na úrovni aplikácie, ako aj vzájomné pôsobenie medzi rôznymi systémami. Štatistické testovanie požadoval britský dozorný orgán ONR na podporu tvrdení o pfd systému SKR pre EPR.

Slovenská strana vysvetlila, že softvér v bezpečnostných SKR systémoch bol vyvinutý na základe normy IEC 60880, ktorá je príslušnou medzinárodnou normou a ktorú ako základnú požiadavku uplatňuje aj ÚJD SR. Podľa slovenských odborníkov aplikácia tejto normy zabezpečí maximálnu dosiahnuteľnú spoľahlivosť softvéru, a teda pravdepodobnosť zlyhania softvéru bude dostatočne nízka. Preto sú hodnoty stanovené pre pfd, na základe inžinierskeho posúdenia dodávateľa, akceptovateľné pre ÚJD SR.

Slovenskí odborníci ďalej súhlasia s tým, že štatistické testovanie by bolo možné, avšak zdôrazňujú, že je potrebné mať na pamäti nielen výhody tejto metódy, ale aj jej nevýhody. Poukazujú tiež na to, že medzi medzinárodnými expertmi existujú rozdiely v názoroch na vhodnú metodiku posudzovania spoľahlivosti softvéru. Pre EMO 3+4 bolo ako metóda testovania zvolené "odborne riadené testovanie" (opierajúce sa o výpočtové prístupy a inžinierske odhady): toto zahŕňa skúsenosti s prebiehajúcim a ukončeným licencovaním systémov založených na TELEPERM XS v rôznych krajinách, ktoré prevádzkujú JE. Slovenskí experti ďalej uviedli, že metóda založená na skúsenostiach v kombinácii so silným cyklom overovania a validácie pri vývoji systémov SKR poskytuje vysokú istotu, že systém je robustný. Naopak, použitie štatistickej metódy poskytuje len orientačné informácie, ktoré sú väčšinou predmetom rôznych interpretácií.



Rakúski experti vyjadrili k tomuto prístupu výhrady. Podľa ich názoru môže byť odborný posudok pri odhade pravdepodobnosti zriedkavých udalostí spochybnený. Na druhej strane, štatistické testy, ako je dnes možné ich vykonávať, s dostatočne vysokým počtom testovacích požiadaviek, umožňujú dosiahnuť vysokú spoľahlivosť horných hraníc pre hodnoty pfd.

Rakúski experti tiež poznamenávajú, že hoci slovenskí experti uvádzajú, že štatistická metóda má nedostatky, tento bod komplexne neodôvodnili. Preto by sa táto otázka mala považovať za tému budúcich bilaterálnych rokovaní.

Slovenskí experti sa však domnievajú, že poskytli komplexné a odôvodnené vysvetlenia štatistickej metódy. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami a pripomienkami poskytnutými po seminároch bol tento bod komplexne a vyčerpávajúco objasnený a nezostali žiadne otvorené body.

### **Poruchové režimy, najmä poruchy so spoločnou príčinou**

Bola predstavená celková koncepcia na zamedzenie alebo kontrolu CCF pri dôležitých funkciách. Konkrétne informácie o metódach použitých na analýzu CCF neboli prediskutované, pretože podrobné spracovanie analýzy CCF by bolo nad rámec bezpečnostného dialógu.

Prediskutovali sa spôsoby porúch, ktoré sa predpokladajú pri analýzach CCF, najmä pokiaľ ide o kontrolu aktívnej funkčnej poruchy. Okrem toho sa riešila kompenzácia poruchy CCF v systéme ochrany reaktora a v systéme ESFAS.

Pokiaľ ide o potenciálne CCF vypínačov na odstavenie reaktora a prioritného aktivačného a riadiaceho systému (PACS), ktoré sú založené na technológii PLD, slovenskí experti zdôraznili, že medzi jednotlivými modulmi na báze PLD neexistuje sieťová komunikácia; všetky vykonávajú svoje logické operácie nezávisle. Tým sa vylučuje potenciálne šírenie porúch prostredníctvom sietí (jedno z hlavných rizík CCF v komplexných systémoch). ÚJD SR považuje tieto PLD moduly za čisto hardvérové komponenty, a preto nekladie osobitné požiadavky týkajúce sa rizika CCF.

Rakúski odborníci sa zhodli na tom, že na medzinárodnej úrovni existujú úvahy o tom, že s PLD by sa malo zaobchádzať ako s hardvérovými komponentmi, t. j. ako s komponentmi, ktoré nemajú niektoré špecifické nevýhody systémov založených na softvéri. Podľa ich poznatkov sa však pre európsky EPR požaduje konštrukčná diverzita medzi modulmi PACS, ak sa použijú PLD, a to z dôvodu vysokého bezpečnostného významu tohto systému.

V tejto otázke teda pretrváva rozdielnosť názorov.

## Riadenie ťažkých havárií

Uskutočnili sa dva semináre o riadení ťažkých havárií: Dňa 15. decembra 2009 a 27. - 28. apríla 2016. Oba sa konali v priestoroch ÚJD SR v Bratislave.

V čase konania prvého seminára bola ukončená fáza úvodného projektu EMO 3+4 a začala sa fáza realizačného projektu. Diskutovalo sa o technických otázkach, ako aj o otázkach týkajúcich sa bezpečnostných cieľov pre ťažké havárie.

Na tomto prvom seminári k viacerým otázkam boli poskytnuté informácie dostatočné na to, aby bol jasný všeobecný prístup a základná filozofia. V niektorých témach však pretrvávali rozdiely v názoroch a zostali niektoré otvorené otázky. Okrem toho existovali aj ďalšie otázky, o ktorých sa diskutovalo len veľmi stručne.

Slovenská a rakúska strana sa dohodli, že ďalšia diskusia o týchto otázkach bude možná až vtedy, keď bude v priebehu povoloacieho konania k dispozícii viac informácií - v takom rozsahu, v akom bude pokračovať realizačný projekt.

Preto sa druhý seminár o riadení ťažkých havárií uskutočnil v r.2016, teda v čase, keď už bola fáza realizačného projektu veľmi pokročilá.

Základom prezentácií a diskusií na oboch seminároch bol zoznam otázok, ktorý poskytla rakúska strana. Nasledujúci text sa zameriava na druhý workshop, ktorý sa podrobnejšie zaoberal všetkými otázkami riešenými na prvom workshope, ako aj ďalšími bodmi.

Otázky boli spracované komplexne. Boli poskytnuté nové a relevantné informácie, s ktorými rakúski experti neboli doteraz oboznámení. Po skončení seminára, v marci 2019, októbri 2019 a marci 2020, slovenská strana poskytla dodatočné vysvetlenia a informácie.

Výsledkom je, že značná časť technických aspektov obsiahnutých v otázkach rakúskej strany bola vyriešená v zhode; pri niektorých iných otázkach zostali rozdiely v názoroch slovenských a rakúskych expertov.

Okrem toho podľa názoru rakúskych expertov existuje jeden bod, v ktorom by bolo žiaduce a vhodné čo najskôr obnoviť bilaterálne rokovania.

Slovenskí odborníci sa domnievajú, že poskytnú dostatočné informácie založené na dôkazoch. Podľa ich názoru boli diskusie vyčerpávajúce. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch boli tieto body komplexne a vyčerpávajúco objasnené a nezostal žiadny otvorený bod.

Na začiatku seminára bol poskytnutý prehľad právneho rámca pre ťažké havárie, ktorý zahŕňal najdôležitejšie vyhlášky a návody v tejto oblasti. Predstavili sa

súčasných procesov aktualizácií. Diskutovalo sa o uplatňovaní predpisov na existujúce a nové reaktory, ako aj o používaní European Utility Requirements (EUR - Európske požiadavky na služby) žiadateľom.

Nasledovné technické otázky boli objasnené v plnom rozsahu:

### **Prehľad relevantných bezpečnostných cieľov a prístupy k bezpečnosti**

Boli predstavené súčasné bezpečnostné ciele a definície veľkých a skorých únikov. Prediskutovalo sa uplatňovanie European Utility Requirements (EUR). Poskytol sa prehľad scenárov ťažkých havárií, ako aj prehľad hardvérových opatrení určených na zmiernenie následkov ťažkých havárií vrátane napájania elektrickou energiou. Poskytol sa aj všeobecný prehľad o SAMG. Diskutovalo sa o uplatňovaní koncepcie "praktickej eliminácie".

Pokiaľ ide o mobilné núdzové napájanie po zemetrasení pri zaťažení presahujúcom projektované zemetrasenie (podmienky rozšíreného projektu), slovenská strana tvrdila, že mobilné DG sú navrhnuté pre DEC vrátane zemetrasenia. Taktiež zdôraznila, že mobilné DG pre všetky JE sú zameniteľné. Kryty pre mobilné DG sú navrhnuté s bezpečnostnými rezervami tak, aby odolali aspoň vonkajším udalostiam úvodného projektu. V prevádzkových postupoch sa zohľadnila dostupnosť a prístupnosť bodov pripojenia pre mobilné DG počas DEC (vrátane zemetrasení).

### **Produkcia vodíka, únik a zmierňovanie následkov**

Bol poskytnutý prehľad možností, kapacít a umiestnenia rekombinátorov a zapalovačov. Diskutovalo sa o interakciách medzi rekombinátormi, zapalovačmi, sprchovým a ventilačným systémom kontajnementu, ako aj o vykonaných analýzách scenárov havárií týkajúcich sa úniku a rekombinácie vodíka.

Ďalej sa diskutovalo o možnosti a dôsledkoch deflagrácie a bol predstavený stav projektu o migrácii vodíka a prehľad príslušných SAMG.

### **Odtlakovanie primárneho okruhu**

Bol predstavený opis špecializovaného systému znižovania tlaku pri ťažkých haváriách, ako aj príslušné scenáre havárií. Diskutovalo sa o frekvencii a následkoch zlyhania zníženia tlaku, ako aj o príslušných SAMG.

### **Dlhodobé riadenie tlaku kontajnementu**

Bol opísaný sprchový systém kontajnementu. Boli prediskutované príslušné scenáre havárií s neskorým natlakovaním kontajnementu vrátane očakávaného správania sa

vákuobarbotážnej veže a lapača nekondenzovateľných plynov. Predstavili sa úvahy týkajúce sa tlaku porušeného kontajmentu, ako aj prehľad príslušných SAMG.

### **Opatrenia pri haváriách na viacerých blokoch**

Diskutovalo sa o súčasnom stave analýz a pláne vykonávania dodatočných opatrení v prípade havárií viacerých blokov.

### **Zdrojové členy pre rôzne scenáre havárií**

Poskytol sa prehľad odhadovaných zdrojových členov a predpokladaných podmienok pre rôzne scenáre ťažkých havárií. Diskutovalo sa o neistotách spôsobených rôznymi možnosťami konfigurácie paliva/aktívnej zóny, ako aj o scenároch havárií vedúcich k účinkom cliff-edge effects (časové oneskorenie medzi odstavením reaktora a roztavením AZ).

### **Scenár projektovej havárie, ktorý si vyžaduje zásah operátora do < 30 minút**

Diskutovalo sa o variantoch analýz tepelného šoku pod tlakom (PTS) v prípade úniku z primárneho do sekundárneho okruhu.

Na seminári o integrite tlakovej nádoby reaktora (november 2012) bolo oznámené, že v jednom prípade (netesnosť hornej časti kolektora na primárnej strane parogenerátora) bol potrebný zásah operátora do 20 minút. Tento údaj bol pozoruhodný, pretože usmernenia a metodiky používané na hodnotenie havárií (DBA a DEC-A) predpokladajú, že zásah operátora nie je potrebný v priebehu menej ako 30 minút.

Poskytnuté vysvetlenie bolo, že tieto informácie sú už zastarané a novšie analýzy ukázali, že na zásah operátora je vždy k dispozícii 30 minút alebo viac (pozri tiež časť o integrite tlakovej nádoby reaktora).

Ďalej bol poskytnutý prehľad výsledkov analýz, ako aj informácie o modelových scenároch pre výcvik na simulátore.

### **Externé udalosti ľudského pôvodu**

Poskytol sa prehľad úvah týkajúcich sa vylúčenia vplyvov priemyselných, dopravných a vojenských činností na elektrárňu. Okrem toho sa stručne diskutovalo o metodike analýzy pádu malého lietadla.

Pri nasledujúcich otázkach sa názory slovenských a rakúskych expertov naďalej líšili. Aj podľa názoru rakúskych expertov existuje jeden bod, v ktorom by bolo žiaduce a vhodné čo najskôr obnoviť bilaterálne rokovania.

Slovenskí odborníci sa však domnievajú, že poskytli dostatočné informácie založené na dôkazoch. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminároch bol tento bod komplexne a vyčerpávajúco objasnený a nezostal žiadny otvorený bod.

### **Zadržanie roztavenej aktívnej zóny v nádobe**

Bol opísaný celý systém na zadržanie v nádobe vrátane elektrického napájania a prístrojového vybavenia. Predstavili sa potrebné projektové úpravy a prehľad príslušných scenárov havárií.

Experimentálne a analytické potvrdenie fungovania stratégie IVR, vrátane rozsiahlych experimentov, bolo prezentované a podrobne prediskutované, najmä pokiaľ ide o tzv. experimenty CERES. Bol poskytnutý prehľad analýz PTS pre scenáre IVR, ako aj prehľad príslušných SAMG.

Ďalej sa diskutovalo o analýzach a úvahách pri zlyhaní stratégie IVR.

Bolo poskytnuté značné množstvo nových informácií a väčšina aspektov tejto problematiky bola dostatočne objasnená. Niektoré názorové rozdiely však pretrvávali. Rakúsky expertný tím si nie je istý, nakoľko sú experimenty CERES reprezentatívne, keďže azimutálny rez RPV, ktorý je reprodukován v experimentálnom zariadení, je malý (výsek 9 stupňov). Vykonalo sa tiež menej ako 10 kvalifikovaných experimentov. Na druhej strane slovenskí odborníci uvádzajú, že experimenty sú v skutočnosti reprezentatívne, pretože zariadenie CERES predstavuje repliku v plnom rozsahu na výšku (hoci mierka v azimutálnom smere je len 1:40) a že počet experimentov sa považuje za dostatočný.

Celkovo doteraz poskytnuté informácie neumožnili rakúskym expertom získať presvedčivý prehľad o rozsahu experimentálnych a analytických projektov, ktoré uviedli slovenskí experti, a o tom, ako boli tieto projekty využité na podporu koncepcie EMO 3+4 IVR.

Slovenskí odborníci sa domnievajú, že poskytli komplexné informácie týkajúce sa zadržania roztaveného jadra v nádobe. Slovenskí experti poukazujú na to, že do návrhu stratégie IVR a jej revízie boli zapojené rôzne organizácie (domáce aj medzinárodné). Podľa ich názoru analýzy a experimenty potvrdzujú, že stratégia IVR je účinná a neexistujú dôkazy o opaku.

Okrem toho sa rakúski odborníci domnievajú, že je nevyhnutné vykonať v plnom rozsahu studenú skúšku zaplnenia šachty reaktora a zaplavenia tlakovej nádoby reaktora.

Slovenskí experti sa zhodujú v tom, že tejto otázke by sa mala venovať osobitná pozornosť. Rozdiel v názoroch však pretrváva: slovenskí odborníci nesúhlasia s tým, že by skúška za studena v plnom rozsahu pomohla zvýšiť dôveru v projektové riešenie, pretože podmienky skúšky za studena by sa výrazne líšili od skutočnosti. Podmienky studeného testu by sa teda natoľko líšili od skutočnosti, že úsilie a potenciálne ťažkosti spojené s testom by prevážili nad jeho prínosom. Potvrdenie, že zaplavenie šachty reaktora je účinné, vychádza z analýz, ktoré vykonali rôzne skupiny odborníkov pomocou rôznych počítačových kódov a modelov. Podľa názoru slovenských expertov analýzy potvrdzujú, že zaplavenie šachty reaktora je účinné, a neexistujú dôkazy o opaku. Rozdielnosť názorov tu pretrváva.

Celkovo by sa podľa názoru rakúskych expertov mala otázka rozsahu experimentálneho a analytického validovania koncepcie IVR v rámci EMO 3+4 považovať za tému budúcich bilaterálnych rokovaní.

Slovenskí odborníci sa domnievajú, že poskytnú dostatočné informácie založené na dôkazoch. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminári bola táto téma komplexne a vyčerpávajúco vysvetlená a nezostal žiadny otvorený bod.

### **Sekvencie havárie vyžadujúce zásah operátora v prípade predpokladaného úplného zlyhania systému ESFAS**

Odborníci predstavili a prediskutovali sa uvažované postulované iniciačné udalosti. Osobitná pozornosť sa venovala času potrebnému na zásah operátora.

Slovenská strana vysvetlila, že funkcie ESFAS sú zabezpečované redundantne a rôznorodo: Okrem troch redundantných (rovnakých) automatických subsystémov systému ESFAS má operátor možnosť zasahovať a spúšťať potrebné systémy aj manuálne. Manuálna činnosť tak slúži ako rozmanitá záloha.

Otázky vznesené rakúskou stranou boli zodpovedané a objasnené. Medzi slovenskými a rakúskymi expertmi však pretrvávajú názorové rozdiely, pokiaľ ide o rôzne spôsoby aktivácie funkcií ESFAS.

Rakúski odborníci zastávajú názor, že pre systém ESFAS by bol výhodný diverzný automatický systém a že diverzita by sa nemala zabezpečovať len prostredníctvom činnosti operátora.

Slovenskí experti sa domnievajú, že diverzifikácia ESFAS nie je potrebná. Vysvetlili, že počas prvých 30 minút po vzniku havárie nie sú potrebné žiadne zásahy operátora pre všetky scenáre ťažkých havárií (úroveň DiD 4). Dôvodom je vysoký vodný zdroj blokov VVER. Všetky zásahy operátora sa vykonávajú podľa symptómových SAMG, nezávisle od konkrétneho scenára.

Rakúsky expertný tím poznamenal, že napriek tomu by bolo priaznivé zaviesť rôznorodý systém pre ESFAS, ktorý by pomohol udržať haváriu na tretej úrovni DiD (projektové havárie).

Na druhej strane slovenská strana uviedla, že diverzifikácia ESFAS na tretej úrovni DiD je nezvyčajná pre reaktory s malým tepelným výkonom, ako sú Mochovce, hoci diverzifikáciu ESFAS možno pozorovať v nových projektoch reaktorov s veľkým tepelným výkonom na potlačenie výskytu niektorých špecifických iniciačných udalostí a ich následkov, ktoré nie sú typické pre reaktory VVER-440.

Okrem toho podľa slovenských odborníkov výsledky PSA potvrdzujú, že riziko EMO 3+4 NPP je dostatočne nízke. Systém ESFAS je veľmi spoľahlivý a jeho príspevok k celkovému riziku je veľmi malý. (Otázka diverzifikácie systému ESFAS sa už riešila na seminári o digitálnom SKR v decembri 2015 a bola pridelená na ďalšiu diskusiu na druhý seminár o ťažkých haváriách - pozri časť o digitálnych informáciách a riadení).

## Nahliadnutie do Predbežnej bezpečnostnej správy

Malá skupina rakúskych expertov mala možnosť nahliadnuť do Predbežnej bezpečnostnej správy (PRESAR) EMO 3+4 v dňoch 6. a 7. júna 2011 v sídle Slovenských elektrární, a.s., v Bratislave.

PRESAR je dokument s rozsahom približne 5 800 strán z augusta 2008. Vypracovala ho organizácia technickej podpory VÚJE.

Správa PRESAR je v slovenskom jazyku. Je štruktúrovaná podľa bezpečnostného návodu ÚJD SR BNS I.1.2/2008, ktorý úzko nadväzuje na bezpečnostný návod MAAE "Formát a obsah správy o bezpečnostnej analýze jadrových elektrární", séria bezpečnostných noriem č. GS-G-4.1, 2004.

K nahliadnutiu bola poskytnutá tabuľka s obsahom. Rakúski experti si mohli PRESAR prezrieť s pomocou tlmočníka; zástupca Slovenských elektrární poskytol niektoré vysvetlenia a doplňujúce informácie nad rámec preštudovaných častí PRESAR.

Prezeralo sa niekoľko častí, ktoré sa zaoberajú požiadavkami na projekt, projektovaním rôznych systémov elektrárne, ako aj bezpečnostnými analýzami.

Nahliadnutie do Správy PRESAR malo prínosy, pretože rakúski experti získali značný rozsah užitočných informácií. Zároveň bolo možné získať celkový dojem o štruktúre a rozsahu Správy PRESAR.

Pri študovaní Správy PRESAR bolo potrebné mať na pamäti, že tento dokument je z augusta 2008 - predstavuje stav úvah na konci etapy úvodného projektu. Neobsahuje informácie o etape realizačného projektu.



## Návšteva lokality EMO 3+4

V rámci tohto bezpečnostného dialógu k dostavbe EMO 3+4 a ako záverečná aktivita bezpečnostného dialógu sa 28. júna 2016 uskutočnila návšteva staveniska EMO 3+4.

Delegácia rakúskych expertov mala možnosť navštíviť nasledovné zariadenia na lokalite:

- Vo vnútri kontajneru:
  - šachta reaktora
  - chodba medzi vákuobarbotážnou vežou a parogenerátorovými boxami
  - podlažie vákuobarbotážnej veže a sifón
  
- Medzistrojovňa: ventily na vypúšťanie do atmosféry (BRU-A)
- Strojovňa: ventily prepadu do kondenzátora (BRU-K) a turbína
- Reaktorovňa:
  - bloková dozorná a núdzová dozorná
  - panely SKR
  - Nádrže na havarijnú napájaciu vodu a nádrže na boritú vodu SAMG

Všeobecný dojem bol, že slovenskí experti boli veľmi otvorení poskytovať podrobné informácie a odpovedať na všetky otázky, ktoré im členovia rakúskeho expertného tímu položili počas návštevy lokality.

Návšteva na mieste umožnila rakúskemu expertnému tímu lepšie pochopiť systémy, o ktorých sa diskutovalo počas špecializovaných odborných seminárov. Mnohé otázky boli zodpovedané a objasnené. Zostávajú však niektoré otázky, v ktorých sa názor rakúskeho expertného tímu líši od názoru slovenských expertov, a niektoré otázky považuje rakúsky expertný tím za zatiaľ nevyriešené.

Pokiaľ ide o stratégiu IVR, to, čo bolo ukázané o procese zaplavenia, vyvolalo dojem, že zaplavenie šachty by malo byť možné, ak je šachta nepriepustná (ďalšia diskusia o tejto otázke sa nachádza v časti o riadení ťažkých havárií).

Vzdialenosť medzi blokovou dozornou (MCR) a núdzovou dozornou (ECR) sa zdá byť pomerne malá. Rakúsky expertný tím nezaznamenal žiadne osobitné opatrenia na ochranu ECR. Predpoklad, že ECR zostáva obývateľná, keď MCR nie je, sa zdá byť otáznym.

Podľa dodatočných informácií poskytnutých slovenskou stranou v októbri 2019 však ECR nie je primárne určená na prípady spojené s ťažkou haváriou. Je skôr určená pre situácie, keď je obývatelnosť MCR znížená v dôsledku iných ako jadrových okolností a je potrebné odstaviť reaktor. Nie je vybavená špeciálnym panelom pre ťažké havárie, ale napriek tomu je riadenie systémov pre ťažké havárie možné aj z ECR prostredníctvom štandardného prístrojového a ovládacieho rozhrania, ak je prístupné prostredníctvom špeciálnych poverení SAMG.

Slovenskí odborníci ďalej uviedli, že centrum havarijnej odozvy (ERC), ktoré môže prevziať aj riadenie bloku, je vybavené panelom SA. ERC sa nachádza v chránenom kryte v samostatnej budove na území JE Mochovce.

## Závery

### Hermezóna a vákuobarbotážna veža:

Všetky rakúske otázky boli zodpovedané.

Projekt kontajnementu EMO 3+4 je v súlade so súčasnými uznávanými všeobecnými bezpečnostnými postupmi a požiadavkami na projektovanie pre dnešné prevádzkované jadrové elektrárne.

### Seizmická lokalita a projektovaná seizmická odolnosť:

Značná časť technických aspektov, ktorými sa zaoberali rakúske otázky, bola vyriešená v zhode. Patrí sem aj zhoda v tom, že otázka využívania mikroseizmických údajov na výskum súvisiaci so zlomami je vysoko relevantná a vyžaduje si ďalšiu pozornosť.

Podľa názoru rakúskych expertov existujú niektoré aspekty, v súvislosti s ktorými by bolo žiaduce a vhodné čo najskôr obnoviť bilaterálne rokovania.

Slovenskí odborníci sa domnievajú, že poskytnú dostatočné informácie založené na dôkazoch. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminári bola táto téma komplexne a vyčerpávajúco vysvetlená a nezostal žiadny otvorený bod.

Pri hodnotení ohrozenia sa uvedené aspekty týkajú katalógu zemetrasení, seizmickeho členenia, maximálnych a minimálnych magnítud a modelov útlmu. Podľa informácií poskytnutých slovenskou stranou v roku 2019 boli od seminára v roku 2010 vykonané dve štúdie citlivosti, ktoré sú pre tieto otázky relevantné. Tieto štúdie však neboli rakúskym odborníkom prístupné. Slovenskí experti zdôraznili, že štúdie citlivosti nie je štúdiou citlivosti pôvodnej PSHA pre JE Mochovce z roku 2003, a preto ju nemožno interpretovať ako údaj o možných zmenách hodnoty PGA pre lokalitu. Napriek tomu sa rakúski experti domnievajú, že by mala poskytnúť údaj o neistote PGA. Rozdiely v názoroch pretrvávajú.

Slovenskí experti ďalej uviedli, že výsledky štúdií citlivosti budú primerane zohľadnené v budúcich výpočtoch seizmickeho ohrozenia lokality JE Mochovce.

Podľa názoru rakúskych expertov sú tieto štúdie citlivosti, ako aj vyššie uvedené budúce analýzy pre lokalitu Mochovce, pri ktorých sa očakáva použitie moderných metód, ktoré neboli k dispozícii pre PSHA z roku 2003, aspektmi, pre ktoré by bolo žiaduce a vhodné obnoviť bilaterálne rokovania čo najskôr, ako to bude možné.

Slovenskí odborníci sa domnievajú, že poskytnú dostatočné informácie založené na dôkazoch. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminári bola táto téma komplexne a vyčerpávajúco vysvetlená a nezostal žiadny otvorený bod.

Ďalší bod sa týka skúmania zlomov. Podľa informácií poskytnutých slovenskou stranou v roku 2019 sa od konania seminára uskutočnili štúdie o najmladšej tektonickej histórii v okolitom regióne EMO (vrátane paleoseizmických výskumov), ako aj štúdie o zlomoch v Leviciach, Kozárovciach a iných. Tieto štúdie neboli sprístupnené rakúskym odborníkom. Slovenská strana uviedla, že identifikované štruktúry sa budú ďalej skúmať pomocou mikrosezimických údajov z miestnej siete seizimických staníc v okolí JE. Slovenskí experti ďalej uviedli, že doteraz získané a analyzované mikrosezimické údaje neidentifikujú aktívne zlomy v blízkom okolí JE Mochovce.

Rakúski experti prejavili záujem viesť diskusie o uvedených štúdiách a údajoch.

Pokiaľ ide o maximálne zrýchlenie (PGA), bol zistený rozpor medzi výsledkami PSHA na jednej strane a hodnotami uvedenými v publikovaných mapách ohrozenia (GSHAP, SESAME) na strane druhej. V roku 2019 slovenská strana uviedla, že celoeurópsky projekt o seizimickom ohrození (SHARE) naznačil výrazne nižšie hodnoty ohrozenia ako GSHAP a SESAME. Podľa názoru rakúskych expertov toto tvrdenie nie je možné overiť pre úvodný projekt EMO na základe zverejnených údajov.

V tejto súvislosti slovenskí experti poznamenali, že všetky tri projekty (SHARE, GSAP a SASAME) sú regionálne, t. j. nie sú špecifické pre danú lokalitu, a ich výsledky pre lokalitu EMO sú preto len orientačné (napr. krivky ohrozenia).

Rakúski odborníci predpokladajú, že aspoň jedna z uvedených štúdií citlivosti je relevantná aj pre stanovenie PGA. To by bol ďalší dôvod, aby sa to považovalo za tému na ďalšiu diskusiu.

Slovenskí odborníci sa však domnievajú, že poskytnú dostatočné informácie založené na dôkazoch. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami poskytnutými po seminári boli tieto body komplexne a vyčerpávajúco objasnené a nezostali žiadne otvorené body. Podľa ich názoru sa najmä štúdia citlivosti nemôže použiť na vyvodenie záverov o neistote konečnej hodnoty PGA z dôvodu jej obmedzeného rozsahu.

### **Integrita tlakovej nádoby reaktora:**

Všetky rakúske otázky boli objasnené.

Pokiaľ ide o vývoj krehnutia, rakúski odborníci by ocenili, keby boli v budúcnosti informovaní o výsledkoch programu dohľadu pre EMO 3+4 vrátane porovnania s výsledkami z EMO 1+2.

### **Digitálne systémy kontroly a riadenia:**

Značná časť technických aspektov, ktorými sa zaoberali rakúske otázky, bola vyriešená zhodne.

Podľa názoru rakúskych expertov existuje jeden aspekt, v súvislosti s ktorým by bolo žiaduce a vhodné čo najskôr obnoviť bilaterálne rokovania.

Týka sa to spoľahlivosti softvéru. Rakúski odborníci považujú štatistické testovanie za výhodnú metódu na určenie hodnôt pfd. Slovenská strana však zvolila ako metódu testovania testovanie riadené expertmi, pričom poukázala na to, že štatistická metóda má nevýhody.

Slovenskí odborníci konštatovali, že metóda založená na skúsenostiach v kombinácii so silným cyklom overovania a validácie pri vývoji systémov SKR zabezpečuje vysokú istotu robustnosti systému. Naopak, použitie štatistickej metódy poskytuje len orientačné informácie, ktoré sú väčšinou predmetom rôznych interpretácií.

Podľa názoru rakúskych expertov však slovenskí experti neposkytli komplexné odôvodnenie tohto aspektu. Preto by sa mal považovať za tému budúcich diskusií.

Slovenskí experti sa však domnievajú, že v tomto bode poskytnú komplexné a podložené informácie. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami a pripomienkami poskytnutými po seminároch bol tento bod komplexne a vyčerpávajúco objasnený a nezostal žiadny otvorený bod.

Okrem toho pretrvávali rozdiely v názoroch na dve otázky. Týkajú sa aspektov projektovej diverzity (o ktorej sa ďalej diskutovalo na druhom seminári o riadení ťažkých havárií), ako aj možnosti porúch so spoločnou príčinou v moduloch PLD.

### **Riadenie ťažkých havárií:**

Značná časť technických aspektov obsiahnutých v otázkach rakúskej strany, bola vyriešená zhodne.

Podľa názoru rakúskych expertov existuje jeden aspekt, v súvislosti s ktorým by bolo žiaduce a vhodné čo najskôr obnoviť bilaterálne rokovania.

Tento aspekt sa týka experimentálneho a analytického overenia zadržania roztavenej aktívnej zóny v nádobe v JE Mochovce. Slovenskí odborníci poskytli k tejto téme značné množstvo informácií. Informácie však rakúskym expertom

neumožnili získať presvedčivý prehľad o rozsahu uvedených experimentálnych a analytických projektoch a o tom, ako boli využité na podporu koncepcie IVR v EMO 3+4. Táto otázka má kľúčový význam v kontexte riadenia ťažkých havárií a mala by sa považovať za tému budúcich bilaterálnych rokovaní.

Slovenskí experti sa domnievajú, že poskytnú komplexné informácie, a zdôraznili, že do prípravy stratégie IVR a jej revízie boli zapojené rôzne organizácie (domáce aj medzinárodné). Podľa názoru slovenských expertov analýzy a experimenty potvrdzujú, že stratégia IVR je účinná a neexistujú dôkazy o opaku. Domnievajú sa, že spolu s dodatočnými informáciami a pripomienkami poskytnutými po seminároch bol tento bod komplexne a vyčerpávajúco objasnený a nezostali žiadne otvorené body.

Okrem toho pretrvávali rozdiely v názoroch na dve otázky.

Jeden bod sa týka významu skúšky zaplnenia šachty reaktora a zaplavenia tlakovej nádoby reaktora za studena v plnom rozsahu. Návšteva lokality poskytla rakúskemu expertnému tímu lepšie pochopenie príslušných systémov. Takýto test považujú za nevyhnutný. Na druhej strane slovenskí odborníci poukazujú na to, že analýzy zaplavenia šachty boli vykonané rôznymi expertnými skupinami, s rôznymi predpismi a modelmi. Potvrdili, že zaplavenie je účinné. Podľa názoru slovenských expertov by skúška v plnom rozsahu nepomohla zvýšiť dôveru v projektové riešenie.

Druhý bod sa týka diverzifikácie systému ESFAS. Rakúski experti považujú za priaznivý diverzifikovaný systém ESFAS, ktorý by pomohol udržať haváriu na tretej úrovni DiD. Slovenskí odborníci poukazujú na to, že ESFAS je veľmi spoľahlivý systém a že diverzifikácia ESFAS na tretej úrovni DiD je pre malé reaktory, ako sú Mochovce, nezvyčajná. Diverzifikáciu ESFAS možno vidieť v projektoch reaktorov s veľkým tepelným výkonom na potlačenie výskytu niektorých špecifických iniciačných udalostí a ich následkov, ktoré nie sú typické pre reaktory VVER-440.

Na druhom seminári o ťažkých haváriách obe strany potvrdili, že tento seminár sa považuje za záver procesu odborných konzultácií dohodnutých v roku 2008 a obsiahnutých v záverečnom stanovisku MŽP SR k EIA ohľadne EMO3+4 (2010).

## Referencie

- EFEHR 2013 Mapa seizmického ohrozenia - tvarové súbory stiahnuté 03.04.2013 a 19.03.2020 <http://www.efehr.org/en/hazard-data-access/hazard-maps/>
- IAEA 2004 Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu: Projekt systémov ochrany Reaktora pre jadrové elektrárne; Bezpečnostné štandardy MAAE séria č. NS-G-1.10; Viedeň 2004
- IAEA 2007 Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu: Glosár bezpečnostných termínov MAAE, Terminológia používaná pre jadrovú bezpečnosť a radiačnú ochranu; Viedeň 2007
- IAEA 2010 Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu: Hodnotenia seizmického ohrozenia lokality; MAAE Špecifický bezpečnostný návod č. SSG-9; Viedeň 2010
- IAEA 2015 Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu; Príspevok paleoseizmológie k hodnoteniu seizmického ohrozenia pri posudzovaní lokalít pre jadrové zariadenia; IAEA-TECDOC-1768; Viedeň 2015
- MUSSON 2000 Musson, R.: Zovšeobecnené mapy seizmického ohrozenia pre Panónsku panvu s použitím pravdepodobnostných metód; Čistá aplikovaná geofyzika, vol. 157, 2000, 147-169
- SCORDILIS 2006 Scordilis, E.M.: Empirické globálne vzťahy prepočítavajúce MS a mb na veľkosť momentu; J. Seismology, vol. 10, 2006, 225-236
- WOESSNER 2015 Woessner, J. et al.: Bulletin o inžinieringu zemetrasení, vol. 13, 2015, 3553-3596

## Použité skratky

BDBA	Beyond design basis accident /nadprojektová havária
BRU-A	Dump-to-atmosphere valves in secondary circuit /ventily na vypúšťanie do atmosféry - sekundár
BRU-K	Dump-to-condenser valves in secondary circuit /ventily prepadu do kondenzátu - sekundár
BWR	Boiling water reactor /varný reaktor
CCF	Common-cause failure /porucha so spoločnou príčinou
DBA	Design Basis Accidents /projektové havárie
DEC(-A)	Design extension conditions (bez vážneho poškodenia paliva)
DG	Dieselgenerátor
DiD	Defence-in-depth /ochrana do hĺbky
ECCS	Emergency core cooling system /systém havarijného chladenia AZ
ECR	Emergency control room /núdzová dozorná
EIA	Environmental Impact Assessment /posudzovanie vplyvu na ŽP
EMO	JE Mochovce
ENEL	Ente Nazionale per l'Energia Elettrica
EOP	Emergency operational procedures /havarijné prevádzkové postupy
EPR	European Pressurized Water Reactor /Eur.tlakovodný reaktor
ESFAS	Engineered safety systems actuation system /systém aktivácie navrhnutých bezpečnostných systémov
EUR	European utility requirements /Eur. Požiadavky na služby
GMPE	Ground motion prediction equation /rovnica predpovede pohybu zeme
GSHAP	Global Seismic Hazard Assessment Program (program seizmického výskumu)
I&C	Instrumentation and control /SKR
IAEA	International Atomic Energy Agency /MAAE
IEC	International Electrotechnical Commission /medzinár.elektrotechnická komisia
IVR	In-Vessel Retention /zadržanie vo vnútri nádoby
LOCA	Loss of coolant accident /havária s únikom chladiwa
M	Magnitúda (zemetrasenia)



MCR	Main control room /bloková dozorná
NPP	Nuclear power plant /JE
ONR	Office for Nuclear Regulation (regulačný úrad UK)
PAC	Preliminary acceptance certificate /predbežné potvrdenie o prevzatí
PACS	Priority actuation and control system / systém prioritnej aktivácie a riadenia
pdf	Probability of failure on demand /pravdepodobnosť nedisp.zariadenia pre poruchu
PGA	Peak ground acceleration /maximálne zrýchlenie
PLD	Programmable logic device / Programovateľné logické zariadenie
PRESAR	Preliminary Safety Analyses Report /Predbežná správa o bezpečnostnej analýze
PSA	Probabilistic safety assessment /Pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti
PSHA	Probabilistic seismic hazard study /Pravdepodobnostná štúdia seizmického ohrozenia
PTS	Pressurized thermal shock /tepelný šok pod tlakom
PWR	Pressurized water reactor /tlakovodný reaktor
RPV	Reactor pressure vessel /TNR tlaková nádoba reaktora
SA	Severe accident /ťažká havária
SAMG	Severe accident management guidelines /Smernice pre riadenie ťažkých havárií
SE	Slovenské elektrárne
SESAME	Seismic Effects Assessment Using Ambient Excitations (seizmický výskumný program)
SHARE	Seismic Hazard Harmonization in Europe (kolaboratívny Európsky projekt)
SL2	Safety level 2 /bezpečnostná úroveň 2 (pre zemetrasenia, zodpovedá úvodnému projektu)
SKK	Systémy, konštrukcie a komponenty
ÚJD	Úrad Jadrového Dozoru SR
VERLIFE	Usmernenia pre hodnotenie integrity a životnosti komponentov a potrubí v JE VVER počas prevádzky
VVER	typ reaktora sovietskeho dizajnu

## Príloha: Abecedný zoznam zúčastnených expertov

V nasledujúcej tabuľke sú všetci odborníci, ktorí sa v rámci rakúskej delegácie aspoň raz zúčastnili na WS a/alebo pri nahliadaní do správy PRESAR a/alebo na návšteve lokality, uvedení v abecednom poradí.

Meno	Inštitúcia	účasť**)
H. Hirsch	Koordinátor rakúskeho tímu expertov cervus nuclear consulting, Neustadt a. Rbge.	Všetky akcie
M. Brettner	Physikerbüro Bremen	WS-CBC (2010) WS-SSD (2010) PRESAR (2011) WS-RPV (2012) WS-DIC (2015)
S. Carena	Katedra vied o Zemi a životnom prostredí, Mníchovská univerzita	WS-SSD (2010)
K. Decker	Katedra geodynamiky a sedimentológie, Viedenská univerzita	WS-SSD (2010)
R. Donderer	Physikerbüro Bremen	WS-SAM-2 (2016)
E. Hintersberger	Katedra geodynamiky a sedimentológie, Viedenská univerzita	WS-SSD (2010) Návšteva lokality (2016)
C. Hirsch	UmbriaLogic Perugia	WS-DIC (2015) Návšteva lokality (2016)
A. Indradiningrat	cervus nuclear consulting, Neustadt a. Rbge.	WS-SAM-2 (2016) Návšteva lokality (2016)

meno	Inštitúcia	účast*)
B. Littlewood	Centrum pre spoľahlivosť softvéru, City University of London	WS-DIC (2015)
N. Müllner	Inštitút pre bezpečnosť a rizikové vedy, Univerzita prírodných zdrojov a aplikovaných vied o živej prírode, Viedeň	WS-SAM-1 (2009) WS-CBC (2010) WS-RPV (2012) WS-DIC (2015) WS-SAM-2 (2016) Site Visit (2016)
R. M. W. Musson	Britský geologický prieskum, Edinburgh	WS-SSD (2010)
B. Schwinges	konzultant, Kolín	WS-CBC (2010)
E. Seidelberger	Inštitút pre bezpečnosť a rizikové vedy, Univerzita prírodných zdrojov a aplikovaných vied o živej prírode, Viedeň	WS-SAM-1 (2009) WS-CBC (2010) WS-SSD (2010) WS-RPV (2012) WS-DIC (2015) WS-SAM-2 (2016) Návšteva lokality (2016)
A.Strupczewski	ENCONET Ges.m.b.H, Vienna	WS-SAM-1 (2009) WS-CBC (2010) WS-SSD (2010) PRESAR (2011) WS-RPV (2012) WS-SAM-2 (2016)
I. Tweer	konzultant, Buxtehude	WS-RPV (2012)
G. Weimann	konzultant, Viedeň	WS-SAM-1 (2009) WS-CBC(2010) WS-SSD (2010) PRESAR (2011) WS-RPV (2012) WS-SAM-2 (2016)
A. Wenisch †	Rakúsky inštitút pre ekológiu, Viedeň	WS-SAM-1 (2009) WS-CBC(2010), WS-SSD (2010)

**\*) Použité skratky:**

- WS-SAM-1 (2009): (Prvý) workshop ohľadne riadenia ťažkých havárií, 15/12/2009.
- WS-CBC (2010): Workshop ohľadne bezpečnosti Confinement a barbotážnej veže, 28/4/2010.
- WS-SSD (2010): Workshop ohľadne Seismicity lokality a seizmického projektu, 14/7/2010. □  
WS-RPV (2012): Workshop ohľadne Integrity tlakovej nádoby reaktora, 20/11/2012.
- WS-DIC (2015): Workshop concerning Digital Instrumentation and Control on December 11, 2015.
- WS-SAM-2 (2016): (Druhý) workshop ohľadne Riadenia ťažkých havárií, 27-28/4/2016.
- PRESAR (2011): Nahliadnutie do EMO3+4 PRESAR rakúskymi expertmi 06-07/6/2011.