



## Technická správa

### Predprevádzková bezpečnostná správa

## Kapitola 4.2 Hodnotenie rizika špecifických vonkajších udalostí

**Stavba:** Dostavba 3. a 4. blok JE Mochovce, stavenisko: Jadrová časť  
**Construction:** 3&4 Unit NPP Mochovce Completion, site: Nuclear Island  
**Stavebník:** Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3. a 4. blok JE Mochovce  
**Constructor:** Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3&4 Unit NPP Mochovce

		LC						
SE Rev	Date / Dátum	IS	Supervision Outcome / Stav schválenia	Supervised by / Overil			Checked by / Kontroloval	Approved by / Schválil
			Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	N	SEC. INDEX / INDEX utajenia	Company use/P
			Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na:	Approval / Schválenie		X	Information Only / Len na informáciu	
<small>The SE a.s. approval refers to the contract clauses only. All design responsibilities are charged to the Contractor / Schválenie SE a.s. sa vzťahuje iba na zmluvné náležitosti. Za vypracovanie projektu nesie dodávateľ plnú zodpovednosť.</small>								
EPS No / Číslo EPS: PNM34365000		Revisoin index / Index revízie: 06		Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype Typ / Podtyp	Discipline / Profesia	Plant Unit / Blok elektrárne
File name / Názov súboru:	SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361009			A4	6.01	RS	Z	8
 * P N M 3 4 3 6 1 0 0 9 0 6 *				Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne	Component / Komponent
				1	25			

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436100906_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 15.10.2020			
Kód citlivosti <sup>1)</sup> / Sensitivity code <sup>1)</sup>	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:			• VUJE, a.s.	• 0230	• 15.10.2020		
Co-author / Spolupracoval:			•	•	•		
Checked by / Kontroloval:			• VUJE, a.s.	• 0200	• 15.10.2020		
Verified by / Overil:			• VUJE, a.s.	• 0720	• 15.10.2020		
Approved by / Schválil:			• VUJE, a.s.	• 1703	• 15.10.2020		

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

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

## Revision record / Záznam o revízii

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

# List of document part

## Zoznam častí dokumentu

Por. č. No.	Názov dokumentu Document name	Ev. č. súboru časti dokumentu / File ref. No. of document part	Číslo revízie / Revision No.
1.	• Kapitola 4.2 Hodnotenie rizika špecifických vonkajších udalostí	• PNM3436100906_S_C00_V.doc	• 06
2.	• Kapitola 4.2 Hodnotenie rizika špecifických vonkajších udalostí	• PNM3436100906_S_C01_V.doc	• 06
3.	•	•	•
4.	•	•	•
5.	•	•	•
6.	•	•	•
7.	•	•	•
8.	•	•	•
9.	•	•	•
10.	•	•	•
11.	•	•	•

## OBSAH

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ.....	5
ÚVOD.....	6
4.2 Hodnotenie rizika vonkajších udalostí a odozvy JZ.....	7
4.2.1 Zoznam vonkajších udalostí.....	8
4.2.1.1 Charakteristika lokality – možné zdroje vonkajších udalostí na projekt MO34.....	8
4.2.1.2 Definovanie vonkajších projektových udalostí vo vzťahu k projektu MO34.....	11
4.2.2 Metodika posudzovania rizík vonkajších udalostí na projekt JE MO34.....	12
4.2.2.1 Zhromaždenie úvodných informácií a vstupných podkladov pre analýzu.....	12
4.2.2.2 Identifikácia externých rizík a ich potenciálnych následkov (udalostí).....	13
4.2.2.3 Vylúčenie rizík na základe posúdenia kvalitatívnych a kvantitatívnych kritérií.....	13
4.2.2.4 Medzné a detailné analýzy dôsledkov a odhad ich príspevku k CDF.....	14
4.2.3 Vplyv uvažovaných udalostí na projekt JZ.....	14
4.2.3.1 Pád lietadla.....	14
4.2.3.2 Extrémne meteorologické podmienky.....	15
4.2.3.3 Zemetrasenie.....	19
4.2.3.4 Blízke priemyselné, dopravné a vojenské objekty.....	20
4.2.3.5 Vonkajšie záplavy.....	20
4.2.3.6 Sabotáž.....	21
4.2.4 Záver.....	21
LITERATÚRA.....	22
ZOZNAM TABULIEK.....	25

**ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ**

BO	bezpečnostné opatrenie
CDF	frekvencia tavenia aktívnej zóny (Core Damage Frequency)
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
EMO	Jadrová elektrárň Mochovce
EMO12	Jadrová elektrárň Mochovce 1. a 2. blok
JE	jadrová elektrárň
JZ	jadrové zariadenie
SKK	Systémy, konštrukcie a komponenty
LPS SR	Letové prevádzkové služby Slovenskej republiky
MAAE (IAEA)	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
MO34	Jadrová elektrárň Mochovce 3. a 4. blok
MVZ	maximálne výpočtové zemetrasenie
MŽP	Ministerstvo životného prostredia
PpBS	predprevádzková bezpečnostná správa
PGA	špičkové zrýchlenie na úrovni terénu
PIU	projektovaná iniciačná udalosť
PSA	pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti
RA	rádioaktivita
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SKR	Systém kontroly a riadenia
SL-2	Seizmická úroveň-2 (Seismic Level 2)
SPL	postup/metóda bezpečnej úrovne pravdepodobnosti
SR	Slovenská republika
SDV	postup/metóda bezpečnej vzdialenosti
TVD	technická voda dôležitá
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky

## ÚVOD

Kapitola stručne popisuje metodiky a postupy použité na hodnotenie konkrétnych vonkajších udalostí z hľadiska ich vplyvu na jadrovú bezpečnosť JE MO34, základné údaje použité pre hodnotenie, ako aj použité kritériá a obmedzenia pri hodnotení rizika vonkajších udalostí pre JE MO34.

Jednotlivé dôkazy a analýzy, ktoré hodnotia konkrétne riziká sú uvedené v samostatných kapitolách PpBS pre MO34 resp. v iných dokumentoch, ktoré boli pre analýzy vplyvu vonkajších udalostí vypracované.

## 4.2 Hodnotenie rizika vonkajších udalostí a odozvy JZ

Podľa Vyhlášky ÚJD SR č. 430/2011 Z.z. [II.5] pri projektovaní a výstavbe sa okrem podmienok fyzickej ochrany jadrových zariadení a jadrových materiálov ustanovených Vyhláškou ÚJD SR č. 51/2006 Z.z. [II.6] musia zohľadniť:

- a) najväčšie prírodné javy ktoré sa vyskytli v oblasti umiestnenia jadrového zariadenia a extrapolované s uvážením obmedzenej presnosti, pokiaľ ide o veľkosť a čas vzniku,
- b) kombinácie účinkov javov vyvolaných prírodnými podmienkami a ľudskou činnosťou.

Všeobecný prístup k hodnoteniu vnútorných a vonkajších udalostí v projekte JE MO34 spočíva v nasledovných princípoch:

- a) Je preukázané, že pravdepodobnosť rizikovej udalosti je menšia, ako je zavedené v pravdepodobnostnom kritériu obmedzeného vplyvu. Ak je vypočítaná frekvencia výskytu rizika indukovaného vznikom vnútornej, resp. vonkajšej udalosti menšia ako  $1,0 \times 10^{-7} \text{ rok}^{-1}$ , potom toto riziko je považované za akceptovateľné a žiadne dodatočné opatrenia na jeho obmedzenie nie sú potrebné.
- b) V prípade, ak nie je možné preukázať, že nebezpečenstvo vyplývajúce z uvažovanej udalosti je menšie ako je zavedené v pravdepodobnostnom kritériu obmedzeného vplyvu, bezpečnosť projektu MO34 musí byť:
  - preukázaná deterministickými (konzervatívnymi a realistickými) analýzami bezpečnosti v súlade s požiadavkami v príslušných vyhláškach ÚJD a odporúčaniami v bezpečnostnom návode ÚJD SR pre vykonávanie deterministických bezpečnostných analýz [II.23] s prihliadnutím aj na špecifický návod MAAE SSG-2 Deterministické analýzy bezpečnosti pre jadrové elektrárne [II.20];
  - preukázaná dosiahnutím pravdepodobnostných bezpečnostných cieľov projektu MO34 na základe pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti v súlade s odporúčaniami v bezpečnostnom návode ÚJD SR pre vykonávanie pravdepodobnostných analýz [II.16] a s prihliadnutím aj na špecifické návody MAAE Vypracovanie a uplatnenie PSA L1 pre JE [II.21] a Vypracovanie a uplatnenie PSA L2 pre JE [II.22].

Pravdepodobnostné bezpečnostné ciele projektu MO34, ako záväzné akceptačné kritéria pre projekt MO34, boli stanovené rozhodnutím ÚJD SR č. 136/2008 [II.24], ktorým boli odsúhlasené požiadavky na kvalitu projektu dostavby MO34 [I.2]. S prihliadnutím na odporúčania uvedené v BNS 1.4.2 z roku 2006 [II.16] boli pravdepodobnostné bezpečnostné ciele projektu MO34 stanovené nasledovne: (a) sumárna frekvencia tavenia aktívnej zóny reaktora vplyvom vnútorných a vonkajších iniciačných udalostí stanovená ako  $1 \times 10^{-5} / \text{rok}$ ; (b) frekvencia veľkého úniku rádioaktívnych látok vplyvom vnútorných a vonkajších iniciačných udalostí stanovená ako  $1 \times 10^{-6} / \text{rok}$ .

Základným cieľom projektu JE MO34 vo vzťahu k možným externým vplyvom na projekt je :

- Preukázať odolnosť systémov, konštrukcií a komponentov dôležitých z hľadiska bezpečnosti voči účinkom externých udalostí
- Potvrdiť schopnosť systémov, konštrukcií a komponentov dôležitých z hľadiska bezpečnosti plniť požadované bezpečnostné funkcie zadefinované Vyhl. č. 430/2011 Z.z. Príloha č. 3, časť B,I. , písm. J (1) počas pôsobenia externých udalostí

Hraničné podmienky externých udalostí z hľadiska frekvencie ich výskytu a charakteristiky sú uvedené v dokumentoch [I.29] a [I.37]. Hraničné podmienky boli zadefinované na základe analýzy SHMÚ [I.19] pre frekvenciu ich výskytu  $1 \times 10^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$  resp.  $1 \times 10^{-4} \cdot \text{rok}^{-1}$ .



Systémy, konštrukcie a komponenty dôležité z hľadiska bezpečnosti sú projektované tak, aby pri živelných pohromách, ktoré možno reálne predpokladať, alebo pri udalostiach vyvolaných ľudskou činnosťou mimo jadrového zariadenia, alebo pri ich kombinácii, boli splnené všeobecné kritériá prijateľnosti.

Kritériá prijateľnosti pre vonkajšie udalosti sú definované za účelom splnenia základnej bezpečnostnej funkcie definovanej Vyhláškou č. 430/2011 Z.z. [II.5] Príloha č. 3, časť B, I., písm. J (1) nasledovne:

Projekt MO34 musí mať zabezpečené nasledujúce podmienky:

- jadrové zariadenie bezpečne odstaviť a udržiavať v podkritickom stave,
- odvádzať zostatkové teplo z vyhoreného jadrového paliva alebo rádioaktívneho odpadu,
- udržiavať úniky rádioaktívnych látok pod stanovenými hodnotami.

#### 4.2.1 Zoznam vonkajších udalostí

Pri výbere vonkajších udalostí relevantných pre lokalitu JE MO34 sa vychádzalo:

- z požiadaviek na ochranu proti vonkajším udalostiam, definovanými Vyhláškou č. 430/2011 Z.z.[II.5]
- z historických pozorovaní vonkajších udalostí v lokalite JE MO34,
- zo všeobecných geografických a klimatických charakteristík lokality (poloha, geografia, klíma) , ktoré boli špecifikované v [I.19],
- z informácií o infraštruktúre regiónu (napr. umiestnenie priemyselných, dopravných a vojenských objektov, transportných trás) a ľudských aktivitách v širšom okolí JE [I.20],
- z pravdepodobnostného hodnotenia externých rizík (vonkajších udalostí) v lokalite JE MO34 [I.4]

##### 4.2.1.1 Charakteristika lokality – možné zdroje vonkajších udalostí na projekt MO34

###### Geografia a geológia lokality

Lokalita JE Mochovce je situovaná v južnej časti západného Slovenska, pričom juhovýchodná časť tohto kruhu zasahuje až na územie Maďarskej republiky. Južné územie 50 km kruhu je súčasne i najjužnejším územím Slovenskej republiky. V severnej časti 50 km kruhu sa nachádzajú pohoria patriace do vnútorného oblúka Západných Karpát.

Morfológia areálu elektrárne bola umelo vytvorená medzi zrušenou obcou Mochovce a kopcom Malá Vápenná. Výsledkom rozsiahlych zemných prác bolo rozvrstvenie plochy areálu do siedmich výškových úrovní, pričom najdôležitejšie objekty sú umiestnené na najvyššej úrovni (242,10 m) a objekty menej dôležité postupne na nižších úrovniach (chladiace veže 233,10 m). Najnižšia úroveň je u objektov nádrží na dažďovú kanalizáciu (226,10 m) a čistička odpadových vôd (229,60 m). Z hľadiska územného a správneho usporiadania SR sa areál MO34 nachádza vo východnej časti Nitrianskeho kraja, v severozápadnom cípe okresu Levice, v tesnej blízkosti hranice s okresmi Nitra a Zlaté Moravce, t.j. približne 12 km od okresného mesta Levice, ktoré je najväčším mestom vo vzdialenosti do 20 km od elektrárne.

Južné územie v 50 km okruhu v okolí JE Mochovce je charakteristické rovinatým reliéfom s minimálnymi rozdielmi v nadmorskej výške a tiež najsuchším a najteplejším podnebíom v SR. Z pôd prevládajú úrodné černozy. Významnými vodnými tokmi pretekajúcimi cez toto územie sú rieky Hron, Nitra, Žitava, Váh a Ipeľ, ktoré sa vlievajú na juhu republiky do rieky Dunaj. Podrobný popis geografie lokality MO34 je uvedený v kap 4.1 [I.30].



### **Meteorológia lokality**

JE Mochovce leží v miernom klimatickom pásme severnej pologule na rozhraní oceánskeho a kontinentálneho podnebia. Striedanie oceánskych a kontinentálnych vplyvov ako i meridionálna výmena vzduchových hmôt v priebehu roka sú hlavnými faktormi, ktoré určujú klimatickú charakteristiku tohto územia. Územie lokality Mochovce patrí z hľadiska podnebia do teplej klimatickej oblasti, teplého, mierne suchého okrsku s miernou zimou. Územie je z pohľadu klimatických podmienok charakterizované najsuchším a najteplejším podnebím v SR.

Zber meteorologických údajov zabezpečuje meteorologická stanica Mochovce, ktorá začala merania a pozorovania od 1.4.1980. Nadmorská výška stanice sa v jednotlivých obdobiach menila od 206 m do 261 m n. m. Na terajšej polohe stanice sa pozoruje od 6. 6. 1991. Zmena polohy klimatickej stanice sa odzrkadlila vo významnejšej miere len vo veterných pomeroch lokality, najmä rýchlosti a smerov rozloženia vetra. Preto boli niektoré spracovania veterných pomerov vzťahnuté k obdobiu 1991–2010, teda súčasnému umiestneniu meteorologickej stanice. Podrobný popis meteorológie lokality MO34 je uvedený v kap 4.7 [I.7] a v [I.19].

Z hľadiska hodnotenia vplyvu meteorologických podmienok na JE MO34 boli hodnotené extrémne teploty a vlhkosť, extrémne sucho, pôsobenie námraz a snehu, extrémny priamy a rotujúci vietor a ich kombinácie. Vstupné meteorologické údaje pre hodnotenie lokality boli stanovené v meteorologickej štúdii pre lokalitu Mochovce, ktorá bola spracovaná SHMÚ [I.19]. Pre odhad pravdepodobnosti teplotných extrémov boli použité hodnoty 30-ročného radu ročných hodnôt zo stanice Mochovce a 110 – ročného radu ročných hodnôt zo stanice Hurbanovo. Pre lokalitu Mochovce sa v zmysle medzinárodných doporučení rozlišujú dve návrhové úrovne zaťaženia klimatickými vplyvmi: štandardné klimatické zaťaženie so strednou dobou návratu 100 rokov a extrémne zaťaženie pre strednú dobu návratu 10 000 rokov.

Vzhľadom na mierne klimatické pásmo meteorologické podmienky nie sú pre JE MO34 podstatným rizikovým faktorom. Najvýznamnejší vplyv na JE z hľadiska meteorologických podmienok má silný dážď prípadne v kombinácii s topením snehu. V rámci hodnotenia bolo vykonané posúdenie drenážneho systému na odvod dažďových vôd, ako aj odvodnenie striech vybraných objektov z hľadiska ich bezpečnosti pri výskyte extrémnych zrážok [I.33], [I.34]. Zoznam meteorologických vplyvov, na ktoré boli vykonané hodnotenia odolnosti JE MO34 je uvedený v Tab. č. 4.2-1.

### **Hydrológia lokality**

Územie ochranného pásma JE Mochovce patrí sčasti do povodia Nitry, severovýchodná a východná časť do povodia Hrona. Odberný objekt čerpacej stanice (ČS) pre technologickú vodu sa nachádza mimo územia ochranného pásma JE Mochovce na pravostrannej hrádzi vodného diela (VD) Veľké Kozmálovce v km 0,170 až 0,212 staničenia hrádze. Vodné dielo je vytvorené vzduťím hladiny Hrona haťou a hrádzovaním koryta pri obci Veľké Kozmálovce v riečnom kilometri 73,5.

Územím ochranného pásma JE Mochovce preteká Telinský potok a jeho pravostranný bezmenný prítok, ktorý sleduje jeho juhozápadnú hranicu. Patria do povodia Nitry. Malokozmálovský potok na severovýchode ochranného pásma, občasný tok Ulička medzi Malou a Veľkou Vápennou a jeho bezmenný ľavostranný prítok medzi Veľkou Vápennou a Vlčím vrchom na východnom okraji ležia na druhej strane rozvodnice a patria do povodia Hrona. Hydrologické podmienky uvedených prítokov Hrona ako aj bezmenného pravostranného prítoku Telinského potoka neovplyvňujú prevádzku atómovej elektrárne ani ČS na Hrone. Podrobný popis hydrológie lokality MO34 je uvedený v kap 4.6 [I.6] a v [I.19].

Z hľadiska vplyvu hydrologických podmienok boli ako možné zdroje ohrozenia JE MO34 analyzované pôsobenia povrchových vodných zdrojov, zlyhanie hrádzí, vplyv podzemných vôd. Do hodnotenia bola zahrnutá aj možnosť vnútorných záplav následkom roztrhnutia potrubí po zemetrasení.

### **Seizmicita lokality**

Územie Slovenska patrí medzi oblasti s nízkou seizmickou aktivitou. Zemetrasenia sa tu koncentrujú do niekoľkých zdrojových oblastí. Na základe historických záznamov, ako aj geologického prieskumu bolo na území Slovenska vyčlenených šesť zdrojových zón: oblasť Malých Karpát od Bratislavy po Vrbové (najmä Pernek-Modra, Dobrá Voda); oblasť Trenčín-Žilina; oblasť Tatier, Podhalia, stredného a severného Spiša; oblasť Komárna; oblasť Stredného Slovenska okolo Banskej Bystrice a oblasť Zemplína a Slanských vrchov.

Lokalita Mochovce nespadá priamo do žiadnej z týchto oblastí. Okrem zemetrasení s epicentrom na území Slovenska by sa však na našom území mohli vyskytnúť aj otrasy zo vzdialených epicentier mimo územia SR (najbližšie seizmické oblasti sú Vrancea v Rumunsku, východné Alpy a Viedenská panva).

Napriek tomu, že na území Slovenska nie sú tektonické zlomy, ktoré by mohli spôsobiť extrémne zemetrasenia je seizmicita v projekte MO34 dôsledne hodnotená. Projektové hodnoty seizmického zaťaženia v areáli JE MO34 prešli viacerými zmenami na základe domácich prípadne medzinárodných hodnotení a odporúčaní. Na základe odporúčaní misie MAAE z roku 1998 bol v roku 2004 vypracovaný nový „Pravdepodobnostný výpočet seizmického ohrozenia pre lokalitu JE Mochovce“ [I.31]. V tomto výpočte bola stanovená nová hodnota seizmického ohrozenia lokality JE Mochovce na  $PGA = 0,143 g$ .

V rámci analýz projektu „Inžiniersko-projektové práce pre dostavbu MO34“ boli na základe [I.31] stanovené pre projekt JE MO34 nové projektové hodnoty a akcelerogramy seizmických pohybov podlažia [I.11]. Projektové zemetrasenie pre areál JE Mochovce bolo stanovené na úroveň  $0,15 g$  zodpovedajúcej návratovej perióde 10 000 rokov a ekvivalentnej makroseizmickej hodnote 7,4 podľa MSK-64. V zmysle kategorizácie MAAE sa jedná o zemetrasenie SL-2.

### **Blízke priemyselné, dopravné a vojenské objekty**

Činnosti v okolí JE Mochovce sú zamerané najmä na poľnohospodársku výrobu využívajúcu dobré pôdne a klimatické podmienky a drobnú priemyselnú výrobu. V blízkom okolí do cca 7 km od JE Mochovce sa nenachádzajú žiadne priemyselné závody, zariadenia a sklady s nebezpečnými látkami. Najbližšie mesto, na území ktorého sa nachádzajú nebezpečné látky, je mesto Levice, ktoré je vzdialené vzdušnou čiarou od JE cca 11 km.

Podrobnejšie informácie o infraštruktúre okolia JE Mochovce, t.j. o priemyselných objektoch a zariadeniach, dopravných komunikáciách, ich polohe vzhľadom k elektrárni, ako aj informácie o používaných resp. skladovaných nebezpečných látkach sú uvedené v PpBS kap. 4.4 [I.20].

Z identifikácie potenciálnych následkov rizík (externých udalostí) vyplývajúcich z okolitého priemyslu a prepravy nebezpečných látok po dopravných komunikáciách môžu nastať najmä nasledujúce typy externých udalostí:

- explózia s tlakovou vlnou a letiacimi predmetmi
- požiar
- únik výbušných alebo toxických plynov

- zamorenie škodlivými kvapalinami

Všetky uvedené udalosti spadajú pod udalosti spojené s ľudskou činnosťou.

Na základe vyššie uvedených skutočností boli pre analýzu vplyvu vonkajších udalostí na projekt JE MO34 vybrané vonkajšie udalosti, resp. ich zdroje uvedené v Tab. č. 4.2-1.

#### 4.2.1.2 Definovanie vonkajších projektových udalostí vo vzťahu k projektu MO34

Výber vonkajších udalostí je v zhode s požiadavkami na ochranu proti vonkajším udalostiam, definovanými Vyhláškou č. 430/2011 Z.z. [II.5], Príloha č. 3, časť B, II., písm. E (2), ako aj s odporúčaniami MAAE (napr. [II.8], [II.3]) a požiadavkami WENRA RHWG. Geologické ani biologické zdroje ohrozenia neboli analyzované, pretože nepredstavujú hrozbu pre bezpečnosť JE Mochovce. Potenciálny výskyt geologických javov bol eliminovaný geologickým prieskumom už pri výbere lokality JE Mochovce, ktorá leží na robustnom skalnom masíve. Biologické ohrozenia bezpečnosti JE tvorbou rias prípadne vodných živočíchov sú vzhľadom na geologické podmienky lokality, prítok vody v Hrone a výkon čerpacej stanice irelevantné. Nad rozsah uvedených vonkajších udalostí bola do hodnotenia projektu MO34 doplnená udalosť Úmyselný náraz malého lietadla.

**Tab. č. 4.2-1 Vonkajšie udalosti**

<b>Náhodný pád lietadla</b>
<b>Úmyselný náraz malého lietadla</b>
<b>Extrémne meteorologické podmienky:</b>
Extrémna teplota a vlhkosť
Ochrana proti bleskom
Extrémne sucho
Dážď, sneh a ľad
Záťaž od vetra a víchrice
<b>Ochrana proti zemetraseniu</b>
<b>Blízke priemyselné, dopravné a vojenské objekty:</b>
- explózie spojené s tlakovou vlnou a letiacimi predmetmi
- požiare
- úniky výbušných alebo toxických plynov
- zamorenie škodlivými kvapalinami
<b>Elektromagnetická interferencia</b>
<b>Vonkajšie záplavy</b>
<b>Sabotáž</b>
<b>Úmyselný náraz malého lietadla</b>

Z hľadiska posudzovania vplyvu vonkajších udalostí na možné ohrozenie JE v podmienkach rozšíreného projektu neboli identifikované ohrozenia nadprojektového charakteru bez tavenia aktívnej zóny ani ťažké havárie s následným poškodením aktívnej zóny.

V rámci analýzy dopadu externých vplyvov na projekt JE MO34 vykonaných v [I.4] boli identifikované dve potenciálne udalosti, ktoré by mohli viesť k projektovej havárii:

- a) vplyv teplotných extrémov na systémy a zariadenia potrebné k plneniu bezpečnostných funkcií (regulácia reaktivity, odvod tepla z aktívnej zóny a zachovanie integrity kontajneru) s kombináciou straty externého elektrického napájania, blok je odkázaný iba na núdzové zdroje elektrického napájania, t.j. na II. kategóriu el. napájania.
- b) vplyv kombinácie extrémne nízkej teploty so súčasným výskytom extrémne silného vetra, prípadne extrémne silného vetra bezprostredne po výskyte extrémnej námrazy by za určitých okolností mohla viesť ku poruchám na Systéme vyvedenia výkonu a vlastnej spotreby mimo areálu JE (ktorý však nie je klasifikovaný ako systém dôležitý pre zaistenie jadrovej bezpečnosti) a ku vzniku udalosti „Strata vonkajšieho napájania bloku z externej siete“, čo je bežnou udalosťou uvažovanou v projekte, a na riešenie ktorej existujú schválené predpisy. Udalosť straty vonkajšieho napájania bola analyzovaná aj pravdepodobnostne v rámci modelu PSA. Výsledky detailnej analýzy iniciačnej udalosti sú zdokumentované v analýze Externé nebezpečenstvá [I.4], Príloha č.3. Celkový príspevok takejto iniciačnej udalosti predstavoval v porovnaní s celkovým poškodením AZ v dôsledku všetkých modelovaných udalostí a rizík iba zanedbateľnú hodnotu cca 0,1 % celkového rizika.

Obidve udalosti sú analyzované a výsledky sú podrobne popísané v PpBS kapitola 7.2.3.2 [I.9], a v správach [I.4] a [I.13].

Dopad zostávajúcich externých vplyvov na projekt JE MO34 analyzovaný v [I.4] bol vylúčený na základe aplikovania kvantitatívnych alebo kvalitatívnych kritérií uvedených v Metodike posudzovania rizík vonkajších udalostí popísaných v kap. 4.2.2.

#### 4.2.2 Metodika posudzovania rizík vonkajších udalostí na projekt JE MO34

Posudzovanie rizika vonkajších udalostí predstavuje systematické spracovanie a posúdenie dostupných informácií pre potreby vyhodnotenia a odhadu potenciálneho nebezpečenstva pre bezpečnosť prevádzky JE. Postup analýzy rizík vonkajších udalostí vychádza z dokumentu „Návod na vypracovanie PSA“ [I.27], časť Analýzy vonkajších rizík. Postup zohľadňuje požiadavky národnej legislatívy [II.16] a aktuálne medzinárodné odporúčania ([II.3], [II.8], [II.10] až [II.13]).

Analýza vonkajších rizík pozostáva z nasledujúcich hlavných činností:

- Zhromaždenie úvodných informácií a vstupných podkladov
- Identifikácia rizík a ich potenciálnych následkov
- Vylúčenie rizík na základe posúdenia kvalitatívnych a kvantitatívnych kritérií
- Medzné a detailné analýzy dôsledkov vonkajších udalostí a odhad ich príspevku k CDF
- Zdokumentovanie analýzy.

##### 4.2.2.1 Zhromaždenie úvodných informácií a vstupných podkladov pre analýzu

Hlavnou náplňou tejto činnosti je zhromaždiť všeobecné a špecifické vstupné informácie a podklady pre analýzu externých rizík. Všeobecné informácie sú tie informácie, ktoré sú spoločné pre posudzovanie všetkých typov externých rizík. Jedná sa najmä o informácie o lokalite elektrárne (poloha, geografia, hydrológia a meteorológia). Sú potrebné najmä v prvých fázach analýzy pri identifikácii externých rizík relevantných pre riešenie elektrárne. Za špecifické informácie považujeme informácie, ktoré priamo súvisia s určitým typom rizika. Patria sem informácie o zdrojoch možných rizík (napr. umiestnenie priemyselných objektov, transportných trás, vodné toky a nádrže a pod.), ako aj štatistické údaje, na základe ktorých je možno predvídať výskyt špecifického rizika a prípadne následky jeho účinku na elektrárne (napr. meteorologické údaje, záznamy o leteckej premávke a pod.). Špecifickým typom podkladov pre analýzu sú aj doteraz vykonané analýzy externých rizík pre lokalitu elektrárne Mochovce a informácie o realizovaných bezpečnostných opatreniach vo vzťahu k projektu MO34.

#### 4.2.2.2 Identifikácia externých rizík a ich potenciálnych následkov (udalostí)

Hlavnou náplňou tejto činnosti je identifikovať všetky externé riziká vyplývajúce z činnosti človeka a z prírodných podmienok a následky ich účinkov (externé udalosti), ktoré sú relevantné pre špecifickú lokalitu, a ktoré budú ďalej analyzované. Výsledkom tejto úlohy je zoznam externých rizík špecifických pre elektrárňu Mochovce, vrátane definovania následkov týchto identifikovaných rizík. Pri identifikácii externých rizík špecifických pre lokalitu JE Mochovce a ich potenciálnych následkov sa vychádza z:

- medzinárodných a národných odporúčaní pre výber a posudzovanie externých rizík ([II.17], [II.11], [II.3], atď.),
- špecifických geografických a klimatických charakteristík lokality [I.19],
- základných predpokladov definovaných v Návode na vypracovanie PSA ([I.27], [II.16]).

Špecifické externé riziká vybrané pre analýzu v súlade s medzinárodnou praxou možno rozdeliť do dvoch hlavných skupín:

- riziká vyplývajúce z činnosti človeka (priemyselná činnosť v okolí JE)
- riziká vyplývajúce z prírodných podmienok (z geologického, geografického a klimatického umiestnenia lokality).

#### 4.2.2.3 Vylúčenie rizík na základe posúdenia kvalitatívnych a kvantitatívnych kritérií

Hlavnou náplňou tejto činnosti je zdefinovať kritériá pre vylučovanie externých rizík, ktoré síce na jednej strane sú teoreticky opodstatnené pre danú lokalitu, avšak na druhej strane môžu existovať určité kritériá, posúdením ktorých možno špecifický typ externej udalosti alebo kombináciu udalostí vylúčiť, pretože nemôžu priamo ohroziť bezpečnosť elektrárne. Vylučovacie kritériá boli definované v zmysle Návodu na vypracovanie PSA ([I.27]). Pre potreby analýzy sa používa rozdelenie na kvalitatívne a kvantitatívne kritériá. V praxi sa niekedy používa aj označenie deterministické a pravdepodobnostné kritériá.

Pre hodnotenie externých rizík na JE MO34 boli zdefinované nasledovné vylučovacie kritériá:

##### Kvalitatívne:

- Vzdialenosť - Udalosť vzhľadom na vzdialenosť nemôže ohroziť bezpečnosť prevádzky bloku (SDV)
- Charakteristika pozemku - Udalosť vzhľadom na geografické charakteristiky pozemku JE nemôže ohroziť bezpečnosť prevádzky bloku
- Čas - Udalosť (očakávané nebezpečenstvo) je včas ohlásená alebo sa vyvíja pomaly a existuje dostatok času na elimináciu zdroja ohrozenia alebo na prijatie bezpečnostných opatrení
- Preukázaná odolnosť projektu - Potenciál udalosti je menší ako následky uvažované v projekte, t.j. udalosť nespôsobí počas prevádzky na plnom výkone potrebu odstavenia reaktora, alebo vyradenie bezpečnostných systémov potrebných na jeho odstavenie resp. nespôsobí počas prevádzky na zníženom výkone vyradenie bezpečnostných systémov potrebných na jeho odstavenie

##### Kvantitatívne:

$F < 1,0E10^{-7}$  - Frekvencia/pravdepodobnosť výskytu udalosti je menšia ako akceptovateľné kritérium pre vylúčenie (SPL).

Vylúčeniu externého rizika alebo niektorého z jeho možných následkov predchádza predbežná analýza, na základe ktorej možno urobiť rozhodnutie o vylúčení rizika a jeho potenciálnych následkov, resp. o ponechaní externej udalosti pre ďalšiu detailnú analýzu.

Podrobný popis vylučovacích kritérií a postupy predbežných analýz sú uvedené v [I.4].

#### 4.2.2.4 Medzné a detailné analýzy dôsledkov a odhad ich príspevku k CDF

Medzná analýza sa vykonáva s cieľom ďalšieho zredukovania zoznamu externých rizík, ktoré nebolo možné vylúčiť na základe predbežnej analýzy.

Pre všetky riziká, ktoré neboli vylúčené na základe predbežnej analýzy rizík je potrebné vyhodnotiť následky pôsobenia externej udalosti na elektrárne. Mal by sa vykonať výpočet kumulatívneho príspevku externých udalostí. Pre špecifický typ rizika je potrebné zostaviť scenár(-e) pôsobenia externej udalosti na objekty a prípadne zariadenia elektrárne. Medzné odhady by mali byť založené na reálnych alebo konzervatívnych dátach a modeloch, ktoré zahŕňujú:

- odhad frekvencie externej udalosti
- analýza následkov rizika (t.j. záťaže od špecifických rizík)
- odozva elektrárne (t.j. zraniteľné miesta)
- modely a dáta 1. úrovne PSA.

Detailná analýza sa zaoberá následkami tých externých udalostí, ktoré nebolo možné vylúčiť aplikáciou vylučovacích kritérií predbežnej analýzy alebo ak bežné postupy medznej analýzy nepostačujú pre odhad dôležitosti príspevku externej udalosti k celkovému riziku. Do modelu PSA vstupujú iba tie externé udalosti, ktoré vedú k degradácii niektorej alebo viacerých bezpečnostných funkcií a ktoré by v konečnom dôsledku mohli viesť k taveniu AZ alebo veľkému skorému úniku rádioaktívnych látok.

Detailná analýza, na rozdiel od medznej analýzy, by mala byť založená už iba na realistických modeloch a dátach, aby bolo možné modelovať všetky javy spojené s posudzovanými externými rizikami.

Popis jednotlivých krokov medznej analýzy a popis postupu a podmienok detailných analýz sú uvedené v [I.4].

#### 4.2.3 Vplyv uvažovaných udalostí na projekt JZ

##### 4.2.3.1 Pád lietadla

Hodnotenie rizika pádu lietadla na objekt JE bolo vyhodnotené aplikáciou medzinárodne akceptovaných prístupov SDV (t.j. limitnej hodnoty bezpečnej vzdialenosti) a SPL (t.j. limitnej hodnoty bezpečnej pravdepodobnosti).

Analýzy vykonané podľa metodiky bezpečnostného návodu MAAE [II.17] a výsledky posúdenia pádu lietadla, ako dôsledok prevádzky okolitých letísk a činností súvisiacich s ich prevádzkou, uvádzaných v [I.9] nepreukázali žiadnu hrozbu pre JE Mochovce.

Prístup SPL sa aplikoval na posúdenie rizika pádu lietadla ako dôsledku všeobecnej leteckej prevádzky v regióne. V rámci aktualizovanej analýzy [III.1] boli pre jednotlivé druhy letovej prevádzky vypočítané frekvencie pádu lietadiel pre jednotlivé letové kategórie, ktoré sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.



**Tab. č. 4.2-2 Výsledné frekvencie pádu lietadiel podľa letových kategórií**

letová kategória	frekvencia pádu lietadla [rok <sup>-1</sup> ]
dopravné civilné lety	$4,87 \cdot 10^{-9}$
športové a rekreačné lety	$1,41 \cdot 10^{-8}$
poľnohospodárske a špeciálne lety	$1,59 \cdot 10^{-9}$
vojenská prevádzka	$1,52 \cdot 10^{-8}$

Sumárna ročná frekvencia pádu lietadla na referenčný objekt s plochou 0,014 km<sup>2</sup> v okruhu 50 km od elektrárne JE Mochovce v dôsledku všeobecnej leteckej prevádzky je  $3,58 \cdot 10^{-8}$  rok<sup>-1</sup>. Táto frekvencia výskytu udalosti je menšia ako screeningová hodnota SPL  $1,0 \cdot 10^{-7}$  rok<sup>-1</sup> odporúčaná v medzinárodnej praxi, napr. [II.8], [II.12].

Deterministické posúdenie potenciálnych následkov úmyselného nárazu malého lietadla do objektu JE MO34 bolo posúdené v zmysle metodiky [III.2], analýzou posudzujúcou odolnosť bezpečnostne významných stavebných objektov 3. a 4. bloku JE Mochovce voči nárazu malého lietadla, ktorá je uvedená v správe [I.28], spolu s preukázaním schopnosti elektrárne vydržať následky takéhoto scenára.

Na základe záverov uvedených v kap. 7.2.3.2.1 [I.9] a vo vyššie uvedených analýzach možno konštatovať, že z pohľadu kritérií medzinárodných metodík, aktuálneho hodnotenia letovej prevádzky v okolí EMO a projektových riešení MO34 je riziko ohrozenia jadrovej bezpečnosti JE Mochovce v dôsledku pádu lietadla zanedbateľné (veľmi nízke) a nevyžadujú sa žiadne dodatočné technické, alebo organizačné opatrenia.

#### 4.2.3.2 Extrémne meteorologické podmienky

V rámci posúdenia odolnosti projektu MO34 voči extrémnym meteorologickým podmienkam boli brané do úvahy vybrané hodnoty extrémnych klimatických javov ktoré sa vyskytli v lokalite JE Mochovce. Podkladom pre výber týchto hodnôt bola podrobná meteorologická štúdia SHMÚ Bratislava [I.19] danej lokality vychádzajúca z dlhodobých meraní. Merania boli štatisticky spracované v súlade s predpisom MAAE NS-G-1.5 [II.3], IAEA NS-G-3.4 [II.11] a IAEA SSG-18 [II.10]. V rámci posúdenia projektu boli uvažované nasledovné externé vplyvy:

- Teplotné extrémny,
- Zrážkové extrémny,
- Veterné extrémny,
- Extrémne sucho,
- Elektromagnetická interferencia,
- Kombinované účinky extrémnych meteorologických podmienok.

Popis metrologických pomerov na území JE MO34 a v jeho okolí poskytuje PpBS kap. 4.7 [I.7] a meteorologická štúdia SHMÚ Bratislava [I.19].

Pre hodnotenie extrémnych teplôt boli použité teoretické modely pravdepodobnosti rozdelenia LogNormal a Pearson III. Spracovanie extrémov bolo vykonané extrapoláciou pomocou DDF kriviek (Depth-Duration-Frequency) pre dobu opakovateľnosti raz za 100 a 10 000 rokov. Tab. č. 4.2-3 uvádza hodnoty extrémnych poveternostných podmienok (použitých pri prehodnotení projektových hodnôt) uvažovaných v rámci



overovania odolnosti JE MO34 voči poveternostným podmienkam, ktoré boli použité ako vstupné dáta pre vykonané analýzy.

**Tab. č. 4.2-3 Tabuľka odhadovaných hodnôt extrémov klimatických javov pre lokalitu Mochovce**

Meteorologická premenná	jednotka	frekvencia výskytu	
		$1 \times 10^{-2}$ /rok	$1 \times 10^{-4}$ /rok
absolútne ročné minimum teploty vzduchu	°C	-31,5	-47,4
ročné minimum priemernej dennej teploty vzduchu	°C	-24,2	-36,4
ročné minimum 6-hodinových priebehov teploty vzduchu	°C	-23,0	-33,7
priemerná teplota vzduchu v najchladnejšom týždni v roku	°C	-17,2	-27,3
absolútne ročné maximum teploty vzduchu	°C	38,7	43,2
ročné maximum priemernej dennej teploty vzduchu	°C	30,9	34,7
ročné maximum 6-hodinových priebehov teploty vzduchu	°C	37,5	41,6
priemerná teplota vzduchu v najteplejšom týždni v roku	°C	29,0	33,5
maximálna zásoba vody v snehovej pokrývke (vodná hodnota v snehovej pokrývke)	mm	91,4	157,3
ročné maximum denných zrážok	mm	95,5	186,3
ročné maximum zimných denných zrážok	mm	92,0	165,2
ročné maximum novej snehovej pokrývky (24h nový sneh)	mm	29	49
ročné maximum celkovej snehovej pokrývky	mm	52	74
maximálna intenzita privalového dažďa s dobou trvania 10 min.	mm	29,0	55,2
maximálna intenzita privalového dažďa s dobou trvania 15 min.	mm	32,0	61,0
maximálna intenzita privalového dažďa s dobou trvania 30 min.	mm	37,8	72,0
maximálna intenzita privalového dažďa s dobou trvania 360 min.	mm	68,7	130,9
extrémna rýchlosť vetra pre 10-minútové rýchlosti vetra merané vo výške 10m nad povrchom	m.s-1	27,2	38,7
maximálny náraz vetra vo výške 10 m nad zemským povrchom	m.s-1	40,0	53,9

Podrobné analýzy a posúdenie potenciálneho vplyvu extrémnych meteorologických podmienok, ktoré by sa mohli vyskytnúť v lokalite JE Mochovce, na bezpečnosť JE MO34 sú uvedené v PpBS kap. 7.2.3.2. [I.9] a v dokumente [I.29], ktorý popisuje okolnosti extrémnej teploty. Analýza odolnosti JE MO34 voči extrémnym teplotám je uvedená aj v predmetnej kapitole PpBS 7.2.3.2.[I.9], ďalej v dokumente „Záverečná správa o záťažových skúškach Mochovce 3 a 4“ [I.25] v rámci ktorého sa o.i. posudzovali aj rezervy elektrárne voči nadprojektovým externým teplotám.

Vykonané štúdie poskytujú nasledovné závery:

### Zaťaženie extrémnymi teplotami

- V prípade extrémne nízkych teplôt ako aj pre prípad vysokých teplôt projekt JE MO34 zabezpečuje dostatočnú ochranu technologických systémov.
- Pre projekt MO34 boli definované požiadavky na kvalifikáciu všetkých bezpečnostne dôležitých zariadení pre prevádzkové podmienky s extrémnymi teplotami a vlhkosťou [I.35], [I.37]. Dodržanie požadovanej kvalifikácie zariadení je záväzná aj pre dodávateľov.
- Z hľadiska zaťaženia elektrárne MO34 extrémnymi teplotami je dôležitý aj faktor času. Vývoj extrémnych teplôt prebieha postupne, dá sa predpovedať s dostatočným predstihom a existuje časová rezerva na prípadné prijatie dodatočných (administratívnych a hardvérových) preventívnych opatrení na ochranu JE pred ich negatívnymi následkami.
- Z hľadiska plnenia kritérií prijateľnosti definovaných vyššie, analýza vplyvu záťaže od teplotných extrémov nepreukázala ohrozenie funkcie relevantných konštrukcií, systémov a komponentov.
- Vplyv extrémnej teploty chladiacej vody bol analyzovaný z pohľadu dopadu na TVD používanú v uzavretom okruhu, kde sa dopĺňajú len straty. Za týchto podmienok je teplota vody menej relevantná predovšetkým pre nízku vonkajšiu teplotu. Tvorba ľadu na vodnej hladine nádrže Veľké Kozmálovce neohrozuje pri štandardnej úrovni hladiny upchanie vtokových otvorov do čerpacej stanice, nakoľko sú umiestnené v nezamrzajúcej hĺbke. V prípade súčasného poklesu hladiny a tvorby ľadu sa jedná o pomalý proces, kde je dostatok času prijať nápravné opatrenia napr. zvýšením hladiny vody zdvihnutím hrádze na odtoku z nádrže. Extrémne vysoké teploty chladiacej vody sú analyzované v správe [I.38], ktorá preukazuje bezpečnú prevádzku bloku za predpokladaných meteorologických podmienok. Maximálna historická nameraná teplota vody Hronu je 25,5 °C čo je menej ako limitná hodnota teploty TVD ktorá je 33 °C.

### Zaťaženie extrémnymi zrážkami

- Analýzy vplyvu zrážkových extrémov vykonané v rámci revízie Úvodného projektu MO34 [I.19] preukázali, že projekt ochrany pred extrémnymi zrážkami spolu s bezpečnostnými opatreniami, ktoré boli realizované dodatočne oproti pôvodnému projektu (úprava dažďových vpustí a odvodňovacieho systému striech, prahov dverí a odkvapov), poskytujú dostatočnú ochranu budov a systémov v nich umiestnených pred potenciálnymi následkami extrémnych zrážok, ktoré by sa mohli prejaviť vo forme zaplavenia objektov alebo preťaženia striech.
- V rámci revízie Úvodného projektu JE MO34 boli prepočítané aj záťaže striech budov v zmysle platnej normy STN EN 1991-1-3 [II.14] pre posudzovanie zaťaženia konštrukcií. Prehodnotenie viedlo ku zvýšeniu pôvodne uvažovanej záťaže na strechy objektov z hodnoty 0,7 kN.m<sup>-2</sup> na hodnotu 1,17 kN.m<sup>-2</sup> (zodpovedajúce návratovej dobe 1 za 100 rokov). V rámci revízie Úvodného projektu bola u objektov seizmickej kategórie 1 a 2a preukázaná minimálna odolnosť voči snehovej záťaži 1,4 kN.m<sup>-2</sup>. Zaťaženie striech snehom by teda vzhľadom na dostatočnú rezervu projektu nemalo predstavovať pre bezpečnosť budov JE žiadne nebezpečenstvo.
- Na základe uvedeného možno skonštatovať, že náhodný výskyt extrémnych zrážok v lokalite Mochovce by nemal ohroziť bezpečnosť JE MO34 ani z pohľadu odvodu zrážok, ani z pohľadu možného zaťaženia striech stavebných objektov.

### Zaťaženie extrémnymi vetrami

- Všetky budovy zahrňujúce zariadenia podieľajúce sa na bezpečnom odstavení bloku boli pôvodne projektované na záťaž vetra  $0,604 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ , a v rámci revízie Úvodného projektu boli preverené na hodnotu  $1,127 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ . Podľa normy STN 73 0035 [II.9] tieto hodnoty zodpovedajú rýchlostiam vetra  $38,89 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a  $54,47 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , ktoré podľa pôvodných analýz rizika zodpovedajú riziku nárazového vetra s periódou návratu 100 a 10 000 rokov. Posledná analýza rizík vykonaná v r. 2010 preukázala, že v prípade rotujúcich vetrov sú pre oblasť Mochoviec relevantné iba tornáda stupňa F0/F1 (v prípade predpokladanej frekvencie výskytu  $10^{-4}/10^{-5} \text{ rok}^{-1}$ ). Takýto typ tornáda má priamu nárazovú rýchlosť do  $50 \text{ m/s}$ , čo je menej ako rýchlosť s ktorou sa počíta pri extrémnej záťaži vetrom. Takýmto spôsobom bola verifikovaná odolnosť budov pre prípad výskytu tornáda [I.19].
- K ďalšiemu zvýšeniu odolnosti, a teda aj bezpečnostnej rezervy voči potenciálnym účinkom extrémne silného vetra (tlak, letiace predmety) prispelo aj ďalšie zdokonalenie projektu vyplývajúce z analýzy nárazu malého lietadla [III.3], ako aj seizmické z odolnenie vonkajších stien všetkých dôležitých stavebných objektov, ktoré sa realizovalo na základe novej seizmickej klasifikácie lokality Mochovce a zvýšenia seizmickej odolnosti JE MO34 na hodnotu  $\text{PGA}=0,15 \text{ g}$ .
- Vykonané analýzy vplyvu záťaže od extrémneho vetra nepreukázali jej negatívny vplyv na spoľahlivosť stavebných objektov alebo systémov dôležitých z hľadiska bezpečnosti. Z hľadiska plnenia kritérií prijateľnosti, analýza vplyvu záťaže extrémnymi vetrami nepreukázala ohrozenie funkcie relevantných konštrukcií, systémov a komponentov.

### Zaťaženie extrémnym suchom

- Náhodný a vzhľadom na geografickú polohu lokality Mochovce aj veľmi málo pravdepodobný výskyt extrémneho sucha spojeného s dočasným poklesom hladín vodných zdrojov [I.4], [I.9] a nepredstavuje riziko pre bezpečnosť JE MO34. Pomalý charakter vývoja tohto javu necháva dostatok času na vykonanie nápravných opatrení, akými by mohlo byť dočasné zabezpečenie doplňovania chladiacej vody mobilnými prostriedkami z iných vodných zdrojov. Pre prípad dočasnej straty chladiacej vody z rieky Hron má JE Mochovce vypracovanú vypracovaný havarijný postup 0 HP/3002 - Strata dodávky surovej vody.
- Z hľadiska plnenia kritérií prijateľnosti definovaných vyššie, analýza vplyvu zaťaženia extrémnym suchom [I.4], [I.9] nepreukázala ohrozenie funkcie relevantných konštrukcií, systémov a komponentov.

### Vplyv elektromagnetickej interferencie

- Analýza vplyvu elektromagnetickej interferencie na zariadenia dôležité z hľadiska bezpečnosti JE [I.4], [I.9] preukázala, že projektové opatrenia na ochranu pred elektromagnetickou interferenciou, t.j. dostatočná rezerva kapacity bleskozvodov, diverzifikácia a redundancia bezpečnostných systémov, poskytujú dostatočnú ochranu budov a bezpečnostných systémov v nich umiestnených pred vplyvom elektromagnetickej interferencie.
- Z hľadiska plnenia kritérií prijateľnosti definovaných vyššie, analýza vplyvu zaťaženia od elektromagnetickej interferencie nepreukázala ohrozenie funkcie relevantných konštrukcií, systémov a komponentov.

### Kombinované účinky extrémnych meteorologických podmienok

- Na základe výsledkov posúdenia bezpečnosti JE MO34 voči potenciálnym vplyvom jednotlivých extrémnych meteorologických podmienok, posúdenia možnosti paralelného výskytu extrémnych

meteorologických javov a analýzy rizika vyplývajúceho z ľudských činností v širšom okolí JE, možno predpokladať, že ani pri výskyte kombinácie extrémnej meteorologickej udalosti a udalosti vyplývajúcej z ľudskej činnosti nedôjde vzhľadom na zanedbateľnú pravdepodobnosť alebo veľkú vzdialenosť týchto objektov ku znásobeniu účinkov jednotlivej extrémnej meteorologickej udalosti.

- Analýzy možných kombinovaných účinkov extrémnych meteorologických podmienok [I.4], [I.9] nepreukázali negatívny vplyv na spoľahlivosť stavebných objektov alebo systémov dôležitých z hľadiska bezpečnosti.
- Z hľadiska plnenia kritérií prijateľnosti definovaných vyššie, analýza vplyvu zaťaženia od kombinovaných účinkov extrémnych meteorologických podmienok nepreukázala ohrozenie funkcie relevantných konštrukcií, systémov a komponentov.

#### 4.2.3.3 Zemetrasenie

Zemetrasenie je udalosť s vplyvom na lokalitu jadrovej elektrárne i jej okolie. Hlavné účinky, očakávané v lokalite od zemetrasenia, sú spojené s vibráciami indukovanými v konštrukciách, systémoch a komponentoch JZ prostredníctvom stavebných konštrukcií elektrárne. Vibrácie môžu narušiť bezpečnostné funkcie priamo, alebo nepriamymi mechanizmami, ako sú mechanická interakcia medzi zariadeniami, únik nebezpečných médií, požiar, alebo zaplavenie vyvolané zemetrasením, obmedzený prístup personálu a nedostupnosť evakuačných, alebo prístupových trás.

Parametre seizmického pohybu v úrovni terénu pre projekt MO34 boli definované v dokumente [I.11], pričom sa vychádzalo z pravdepodobnostného výpočtu seizmického rizika [I.31] [I.32] vykonaného v zmysle medzinárodných odporúčaní [II.13], [II.18] a [II.19].

Pre určenie hraničnej seizmickej odolnosti jestvujúceho technologického zariadenia 3. a 4. bloku JE Mochovce, ako aj pre návrh najrôznejších opatrení pre zvýšenie jeho seizmickej odolnosti platí základné seizmické zadanie:

- 0,15 g v horizontálnom smere
- 0,10 g vo vertikálnom smere, čo je 0,67 násobok zrýchlenia v horizontálnom smere.

Uvedeným hodnotám zodpovedá zemetrasenie o intenzite 7,4 stupnice MSK s pravdepodobnosťou výskytu 1x za 10 000 rokov.

Seizmická udalosť s úrovňou maximálneho projektového zemetrasenia (SL-2) je uvažovaná v havarijných prevádzkových predpisoch pre bezpečné odstavenie JE a zotrvanie JE v bezpečnom odstavenom stave.

Po uvedenej seizmickej udalosti musia byť splnené bezpečnostné úlohy:

- odstavenie reaktora
- zabezpečenie udržania reaktora v podkritickom stave
- odvod zvyškového tepla z aktívnej zóny
- udržanie bloku v bezpečnom stave
- odvod zvyškového tepla z bazénu skladovania vyhoreného paliva
- obmedzenie únikov RA látok do okolia na minimum, každopádne pod limity stanovené legislatívou.

Hodnotenie projektu JE MO34 pre zaťaženie stavebných konštrukcií, systémov a komponentov od maximálneho projektového zemetrasenia (SL-2) v kombinácii s predpokladanými a náhodnými klimatickými extrémami je uvedené v PpBS kap. 7.2.3.2.3 [I.9].

Na základe hore uvedenej analýzy bolo preukázané, že projektové riešenie ochrany JE MO34 voči seizmickej udalosti je v plnom súlade so súčasnými medzinárodnými požiadavkami na seizmickú odolnosť JE. Možno predpokladať, že realizáciou navrhovaných konštrukčných úprav navrhnutých v rámci revízie úvodného projektu a uplatňovaní metodiky [I.26] SKK JE MO34 plne vyhovujú požiadavkám pre zaťaženie a kritériám prijateľnosti pre vonkajšie udalosti uvedeným v tejto kapitole.

#### 4.2.3.4 Blízke priemyselné, dopravné a vojenské objekty

Vonkajšie riziká vyvolané ľudskou činnosťou v priemyselných, dopravných a vojenských objektoch sú špecifickou skupinou iniciačných udalostí, ktoré by mohli ohroziť prevádzku a bezpečnosť elektrárne.

Rozsah a následky iniciačných udalostí tohto typu sú závislé od viacerých špecifických sprievodných faktorov udalosti, ktorými sú najmä:

- vzdialenosť zdroja iniciačnej udalosti od elektrárne,
- prevádzkové podmienky JE za akých nastane udalosť,
- druh a množstvo iniciovaných nebezpečných látok,
- meteorologické podmienky, atď.

Možné zdroje tohto typu iniciačnej udalosti sú podrobne popísané v kap. 4.4 [I.20] „Blízkosť priemyselných, dopravných a vojenských zariadení“.

Na základe analýzy informácií o štruktúre a prevádzke priemyselných objektov a preprave nebezpečných látok vykonávanej po dopravných trasách v širšom okolí JE Mochovce boli identifikované nasledujúce typy potenciálnych externých udalostí:

- Explózia s tlakovou vlnou a letiacimi časticami,
- Požiar s možnou tepelnou záťažou alebo dymom (vrátane požiarov prírodných porastov),
- Únik toxických pár alebo plynov,
- Zamorenie škodlivými kvapalnými látkami.

Z popisu uvedeného v kap. 4.4 [I.20] možno konštatovať, že v okolí JE Mochovce sa nevyskytujú zdroje iniciačných udalostí spôsobujúcich explózie, vznik oblakov horľavých pár, únik toxických látok, porušenie vtokových objektov, veľké požiare alebo zamorenie škodlivými kvapalinami, ktoré by mohli ohroziť prevádzku a bezpečnosť JE MO34.

Analýza vplyvu okolitého priemyslu na prevádzku JE Mochovce je uvedená v kap. 7.2.3.2. [I.9], ktorá vychádza z PpBS kap. 4.4 [I.20].

Na základe tejto analýzy možno konštatovať, že požadovaná jadrová bezpečnosť JE MO34 pre všetky externé udalosti spojené s priemyselnou činnosťou v okolí JE nebude negatívne ovplyvnená.

#### 4.2.3.5 Vonkajšie záplavy

Za vonkajšie záplavy sa považujú záplavy spôsobené vodou z povrchových vodných zdrojov, podzemných vôd, alebo vo forme jednorazových abnormálnych extrémnych zrážok.

Základom pre posúdenie rizika potenciálnej záplavy z vonkajších povrchových vodných zdrojov bola analýza potenciálnych zdrojov záplav, aktualizované hydrologické dáta [I.19] vrátane odhadov maximálnych záplav z okolitých povrchových vodných zdrojov, predbežné hodnotenie povodňového rizika v čiastkovom povodí Hrona [II.15], ako aj geografické dáta lokality a dáta projektu MO34 o výškovom umiestnení jednotlivých objektov JE Mochovce. Hlavné zdroje možných vonkajších záplav pre MO34, ako aj pre celú lokalitu JE EMO, sú popísané v PpBS kap. 4.6 Hydrológia [I.6].

Z hľadiska hodnotenia rizika ohrozenia JZ vonkajšími záplavami, existujú na MO34 objekty a priestory, kde sa nachádzajú systémy a zariadenia dôležité z hľadiska bezpečnosti JE, ktoré sú popísané v PpBS kap. 7.2.3.2. [I.9] v súvislosti s hodnotením projektu vo vzťahu k extrémnym meteorologickým podmienkam.

Z predmetnej analýzy vyplýva, že vzhľadom na výškové umiestnenie areálu JE Mochovce a jeho objektov, ako aj vďaka projektovým opatreniam, nemôže byť bezpečnosť JE Mochovce ohrozená záplavami z povrchových vodných zdrojov.

#### 4.2.3.6 Sabotáž

Ochrana JE MO34 proti úmyselným činom sabotáže je súčasťou širšieho, už zabehnutého systému zabezpečenia areálu JE Mochovce a je integrovanou súčasťou projektu JE MO34.

Z hľadiska zabezpečenia ochrany MO34 voči úmyselným činom sabotáže sú splnené všetky legislatívne požiadavky na jej ochranu. Striktným dodržiavaním zásad Plánu fyzickej ochrany sa riziko aktu sabotáže minimalizuje a je veľmi nepravdepodobné, že akýkoľvek pokus o takýto čin pozemnou cestou by bol úspešný.

Podrobnejší popis legislatívnych požiadaviek týkajúcich sa ochrany JE ako aj popis ich plnenia je uvedený v kap. 7.2.3.2. [I.9].

#### 4.2.4 Záver

Na základe výsledkov hodnotenia vplyvu vonkajších udalostí, ktoré sú v súlade s dokumentom MAAE [II.3] zadefinované v dokumente „Požiadavky na kvalitu jadrového zariadenia 3. a 4. bloku JE Mochovce“ [I.2] a v dokumente [II.8], a sú z hľadiska jadrovej bezpečnosti hodnotené vo vzťahu k projektu JE MO34, možno potvrdiť odolnosť projektu JE MO34 voči všetkým postulovaným vonkajším udalostiam. Výsledky analýz popísaných v [I.4] a [I.9] preukázali schopnosť projektu MO34 plniť definované kritériá prijateľnosti pre všetky hodnotené vonkajšie udalosti uvedené v Tab. č. 4.2-1 v rozsahu všetkých prevádzkových režimov elektrárne.

Na základe výsledkov záťažových skúšok JE MO34, ktoré boli zhrnuté v dokumente „Záverečná správa o záťažových skúškach Mochovce 3 a 4“ [I.25], a ktoré boli zamerané na posúdenie bezpečnostných rezerv systémov podieľajúcich sa na potláčaní následkov ťažkých havárií vo vzťahu k externým udalostiam, boli navrhnuté ďalšie nápravné opatrenia, ktoré sú zhrnuté v dokumente [I.39]. Realizácia navrhnutých opatrení v projekte MO34 viedla k zvýšeniu bezpečnostných rezerv konštrukcií, systémov a komponentov JE MO34 voči vplyvu potenciálnych vonkajších udalostí.



## LITERATÚRA

### I Zdrojové dokumenty, ktoré sú vo vlastníctve SE, a.s.

- [I.1] Základné požiadavky na projekt MO34, 11.12.2006
- [I.2] Požiadavky na kvalitu jadrového zariadenia 3. a 4. bloku JE Mochovce, jún 2007
- [I.3] Predprevádzková bezpečnostná správa EMO12, September 1997, JE Mochovce
- [I.4] Externé nebezpečenstvá, , Rev.1, VUJE, 2012
- [I.5] Konceptia a špecifikácia zadania pre overenie vplyvu zmien vonkajších podmienok a projektu na zmenu hodnotenia externého rizika, vyvolaného ľudskou činnosťou,
- [I.6] PpBS Kapitola 4.6 Hydrológia
- [I.7] PpBS Kapitola 4.7 Meteorológia
- [I.8] PpBS Kapitola 7.2.3.1 Analýzy bezpečnosti pre vnútorné udalosti
- [I.9] PpBS Kapitola 7.2.3.2 Analýzy bezpečnosti pre vonkajšie udalosti
- [I.10] Scenár pre uvedenie bloku do bezpečného stavu po seizmickej udalosti
- [I.11] Projektové parametre seizmických pohybov podložia pre MO34
- [I.12] BO EH-01, Seizmický projekt JE Mochovce 1. a 2. blok - "Hlavné zásady dochladzovania bloku 1 a 2 jadrovej elektrárne Mochovce pri a po zemetrasení"
- [I.13] BO EH-02, Analýza extrémnych prírodných podmienok, 1. Súhrnná správa, EGP Praha, máj 1997
- [I.14] BO EH-02, Analýza extrémnych prírodných podmienok, 2. Zhodnotenie vybraných metrologických a hydraulických charakteristík pre lokalitu Mochovce, EGP Praha, máj 1997
- [I.15] BO EH-02, Analýza extrémnych prírodných podmienok, 3. Stanovenie extrémnych klimatických javov, EGP Praha, máj 1997
- [I.16] BO EH-02, Analýza extrémnych prírodných podmienok, 4. Analýza vplyvu extrémnych meteorologických podmienok na vybrané systémy JE Mochovce, EGP Praha, máj 1997
- [I.17] BO EH-02, Analýza extrémnych prírodných podmienok, 5. Stavebná časť, EGP Praha, máj 1997
- [I.18] EMO12/01/0450/2006, Špeciálny predpis - 7SP/0002 - Klasifikácia zariadení a systémov do Zoznamu vybraných zariadení EMO12 podľa Vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 Z.z.
- [I.19] Súhrnná správa SHMÚ pre lokalitu Mochovce 2011, SHMÚ Bratislava, 2011
- [I.20] PpBS Kapitola 4.4 Blížkosť priemyselných, dopravných a vojenských zariadení,
- [I.21] Hodnotenie pravdepodobnosti pádu lietadla na HVB JE Mochovce
- [I.22] Probabilistic investigation of Airplane Crash, NA-T/97/013
- [I.23] Všeobecné charakteristiky lokality MO34, 24.09.2007
- [I.24] WP 04.1 Revize a dopracování Úvodního projektu pro MO34, B - Souhrnná technická zpráva, EMC koncept, dokument S041200007T, EGP 5030-F-070880



- [I.25] Závěrečná správa o záťažových skúškach Mochovce 3 a 4, PNM34082680, október 2011
- [I.26] Požiadavky na hodnotenie seizmickej odolnosti konštrukcií, systémov a komponentov JE Mochovce 3. a 4. blok, PNM34080183, apríl 2009
- [I.27] Návod na vypracovanie PSA, VUJE, 2009
- [I.28] Príloha PpBS – Pád lietadla
- [I.29] Zadefinovanie projektových vonkajších teplotných a vlhkosťných podmienok pre projekt MO34
- [I.30] PpBS Kapitola 4.1 Referenčné údaje umiestnenia JE MO34
- [I.31] P. Labák, P., Pravdepodobnostný výpočet seizmického rizika pre JE Mochovce, Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava, 2004
- [I.32] PpBS Kapitola 4.3 Zemetrasenie
- [I.33] BO EH-02, Analýza extrémnych prírodných podmienok, 6. Posúdenie systémov dažďovej kanalizácie a povrchového odvodnenia, EGP Praha, máj 1997
- [I.34] BO EH-02, Analýza extrémnych prírodných podmienok, 7. Extrémne privalové dažde, EGP Praha, máj 1997
- [I.35] WP 04.1 Revize a dopracování Úvodního projektu pro MO34, Dodatek č. 0003, Charakteristiky prostředí
- [I.36] PNM 34082338 Zadefinovanie projektových vonkajších teplotných a vlhkosťných podmienok pre projekt MO34
- [I.37] External hazard design basis for qualification of systems required for severe accident management (H8).
- [I.38] Hodnotenie špecifických aspektov vybraných odporúčaní zo SOER WANO (SOER 2011-3, SOER 2007-2, SOER 2011-1 a SOER 2002-2)
- [I.39] BDA 0048 Basic Design Amendment 48 - „Implementácia technologických opatrení v úvodnom projekte MO34“

## II Legislatívne dokumenty (zákony, vyhlášky, normy, dokumenty MAAE, apod.)

- [II.1] BNS I.1.2/2008 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, Bratislava
- [II.2] Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1, Vienna, 5/2004
- [II.3] External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.5, IAEA, Vienna (2003).
- [II.4] Zákon č. 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov, 9. september 2004
- [II.5] Vyhláška ÚJD SR č. 430/2011 Z.z., o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení

- [II.6] Vyhláška ÚJD SR č. 51/2006 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na zabezpečenie fyzickej ochrany, v účinnosti od 1. 3. 2006
- [II.7] Vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Z. z. ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam, v účinnosti od 1.3.2006
- [II.8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No.NS-G-3.1, IAEA,Vienna (2002).
- [II.9] STN 73 0035 Zaťaženie stavebných konštrukcií.
- [II.10] IAEA - Specific Safety Guide No. SSG-18 – Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, 2011
- [II.11] IAEA - Safety Guide No. NS-G-3.4, – Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Plants, 2003
- [II.12] IAEA-TECDOC-1341 - Extreme External Events in the Design and Assessment of Nuclear Power Plants, 2003
- [II.13] IAEA Specific Safety Guide No. SSG-9, Seismic Hazard in Site Evaluation for Nuclear Installations, august 2010
- [II.14] STN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zaťaženia konštrukcií, časť 1-3: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženia snehom, 2007
- [II.15] Predbežné hodnotenie povodňového rizika v čiastkovom povodí Hrona, MŽP SR, december 2011
- [II.16] Požiadavky na vypracovávanie analýz a štúdií PSA, BNS 1.4.2/2006, ÚJD SR, 2006
- [II.17] Safety Guide No. NS-G-3.1, IAEA Safety Standard Series - External Human Induced Events in Site Evaluation for NPPs, 2002
- [II.18] IAEA Technical Guidelines for the Seismic Re-Evaluation Programme of Mochovce NPP (Units 1-4, Slovak Republic), august 1995
- [II.19] Safety Guide No. NS-G-1.6, IAEA Safety Standard Series – Seismic Design and Qualification for NPPs, november 2003
- [II.20] IAEA SSG-2 Deterministické analýzy bezpečnosti pre jadrové elektrárne
- [II.21] IAEA SSG-3 Vypracovanie a uplatnenie PSA L1 pre JE
- [II.22] IAEA SSG-4 Vypracovanie a uplatnenie PSA L2 pre JE
- [II.23] Požiadavky na deterministické analýzy bezpečnosti JE s VVER-440/V213, BNS I.11.1/2013
- [II.24] Rozhodnutie č. 136/2008 o schválení požiadaviek na kvalitu jadrového zariadenia 3. a 4. bloku JE Mochovce, ÚJD SR, 2008

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

- [III.1] PNM34069033 - Aktualizácia analýzy pravdepodobnosti pádu lietadla pre blok JE Mochovce za rok 2018, VUJE, 2020

[III.2] Metodika hodnotenia následkov nárazu malého lietadla v projekte MO34, S022002510T, VUJE, 2009

[III.3] Posouzení odolnosti bezpečnostně významných stavebních objektů 3. a 4. bloku JE Mochovce vůči nárazu malého letadla, S022002519T, VUJE, júl 2009

## ZOZNAM TABULIEK

Tab. č. 4.2-1	Vonkajšie udalosti.....	11
Tab. č. 4.2-2	Výsledné frekvencie pádu lietadiel podľa letových kategórií.....	15
Tab. č. 4.2-3	Tabuľka odhadovaných hodnôt extrémov klimatických javov pre lokalitu Mochovce .....	16