



ÚRAD JADROVÉHO DOZORU  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

## **EDÍCIA**

# **Bezpečnosť jadrových zariadení**

**2018**

**BNS I.4.5/2018**

**Požiadavky na bezpečnosť jadrových zariadení vo vzťahu  
k prírodným rizikám**

## **Požiadavky na bezpečnosť jadrových zariadení vo vzťahu k prírodným rizikám**

Vydal Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky  
Neperiodická publikácia

Spracovateľ: Ing. Ján Husárček, CSc., riaditeľ odboru bezpečnostných analýz a technickej podpory  
Ing. Ľubica Kubišová, PhD., odbor bezpečnostných analýz a technickej podpory  
Gestor: Ing. Ján Husárček, CSc., riaditeľ odboru bezpečnostných analýz a technickej podpory  
Recenzenti: Ing. Dušan Svinčák, Jadrová a vyrad'ovacia spoločnosť, a. s.  
Ing. Marek Pavlík, Jadrová energetická spoločnosť Slovenska, a. s.  
Ing. Tibor Zöld, Slovenské elektrárne, a. s.  
Ing. Tibor Stojka, VUJE, a. s.

**BNS**            **I.4.5/2018**  
**ISBN**         **978-80-89706-22-8**  
**EAN**           **9788089706228**

**Bratislava, február 2018**

## **Anotácia**

Tento bezpečnostný návod obsahuje a konkretizuje legislatívne požiadavky na preukazovanie bezpečnosti jadrových zariadení týkajúce sa prírodných rizík. V návode sú zhrnuté požiadavky na identifikáciu prírodných rizík, skríning a hodnotenie prírodných rizík, definovanie projektových havárií, ochranu lokality a jadrového zariadenia proti projektovým haváriám, na uvažovanie udalostí, ktoré sú závažnejšie ako projektové havárie a na previerku špecifických prírodných rizík.

---

bezpečnosť, havária, hodnotenie, jadrový, lokalita, návod, ochrana, prírodné riziko, projekt, zariadenie

## **Abstract**

This safety guide contains and specifies the legislative requirements for safety demonstration of nuclear facilities related to natural hazards. The guidelines summarize the requirements for identification of natural hazards, screening and assessment of natural hazards, definition of design basis accidents, site protection and nuclear facility protection against design basis accidents, consideration for events that more severe than the design basis, and for reviews of the site specific natural hazards.

---

Accident, assessment, design, facility, guide, natural hazard, nuclear, protection, safety, site

## Obsah

Úvod.....	1
1 Predmet a účel .....	1
2 Rozsah platnosti .....	2
3 Použité skratky .....	2
4 Použité pojmy.....	2
5 Cieľ hodnotenia.....	4
6 Identifikácia prírodných rizík.....	5
7 Skrining prírodných rizík .....	5
8 Hodnotenie prírodných rizík .....	6
8.1 Databázy.....	8
8.2 Nestacionárne ohrozenia .....	8
8.3 Riešenie neurčitostí .....	8
9 Definovanie projektových udalostí a analýzy odozvy JZ .....	9
9.1 Príčinne súvisiace ohrozenia .....	9
9.2 Vierohodné kombinácie ohrození, ktoré príčinne nesúvisia .....	10
9.3 Parametre projektových udalostí.....	10
9.4 Analýzy odozvy JZ na projektové udalosti.....	11
10 Ochrana proti projektovým udalostiam.....	11
11 Uvažovanie udalostí, ktoré sú závažnejšie ako projektové udalosti .....	15
11.1 Účel .....	15
11.2 Všeobecný prístup.....	16
11.3 Identifikácia racionálne dosiahnuteľných zlepšení .....	17
11.4 Definícia rezervy do vzniku nepriaznivých skokových zmien stavu.....	18
11.5 Odhad rezerv .....	18
12 Preverka špecifických prírodných rizík .....	19
13 Odkazy .....	20
14 Literatúra .....	20
Príloha: Zoznam prírodných rizík .....	22

## Predhovor

Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky začal v roku 1995 vydávať vlastné neperiodické publikácie, ako edíciu Bezpečnosť jadrových zariadení, s cieľom zverejňovať vybrané všeobecne záväzné právne predpisy, bezpečnostné požiadavky, odporúčania a návody súvisiace s predmetom činnosti Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky.

V rámci edície Bezpečnosť jadrových zariadení Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky vydáva tri skupiny publikácií:

Obsahom prvej skupiny publikácií sú vybrané všeobecne záväzné právne predpisy a medzinárodné zmluvy z oblasti mierového využívania jadrovej energie; sú označené červeným pruhom.

V druhej skupine sú dokumenty z oblasti jadrovej bezpečnosti charakteru odporúčaní a návodov, ktoré konkretizujú a dopĺňajú požiadavky všeobecne záväzných právnych predpisov. Odporúčania dokumentov tejto kategórie nie sú všeobecne záväzné, avšak ich dodržiavanie zjednodušuje plnenie požiadaviek Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky zo strany dozorovaných organizácií; sú označené zeleným pruhom.

Obsahom tretej skupiny publikácií sú ostatné dokumenty z oblasti jadrovej bezpečnosti informatívneho charakteru; sú označené modrým pruhom.

Pri spracovaní dokumentov druhej a tretej skupiny sa využívajú dokumenty Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu vo Viedni a iných medzinárodných organizácií, medzinárodné a národné technické normy, ako aj dokumenty vydané zahraničnými dozornými orgánmi a odbornými organizáciami. Dokumenty sú spracované na základe rozhodnutia predsedu Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky zamestnancami úradu alebo externými organizáciami i s využitím vlastných skúseností a podmienok. Pred ich vydaním a zverejnením sú schválené predsedom úradu.

Tento bezpečnostný návod je 1. vydaním dokumentu ÚJD SR s názvom Požiadavky na bezpečnosť jadrových zariadení vo vzťahu k prírodným rizikám.

Pripomienky a doplnky k tejto publikácii zasielajte na Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky, odbor legislatívno-právny, Bajkalská 27, P.O. Box 24, 820 07 Bratislava 27.

Bezpečnostné návody nie sú právne záväzné, avšak ich dodržiavanie napomáha zabezpečiť podmienky bezpečného využívania jadrovej energie alebo vykonávania činností súvisiacich s využívaním jadrovej energie.

## Úvod

Prírodné riziká zahrňujú široké spektrum prírodných javov vrátane geologických javov, seizmicko-tektonických javov (napríklad zemetrasenie), meteorologických javov (napríklad extrémne teploty, vietor, tornádo, blesky), hydrologických javov (napríklad extrémne zrážky, záplavy), biologických javov a lesného požiaru.

Prírodné riziká buď jednotlivo alebo v kombinácii môžu vyvolať nebezpečenstvá, ktoré by mohli súčasne ovplyvniť viaceré, ak nie všetky systémy, konštrukcie a komponenty dôležité pre bezpečnosť jadrového zariadenia alebo viaceré jadrové zariadenia na lokalite z dôvodu poruchy so spoločnou príčinou. Mohlo by dôjsť k zlyhaniu takých systémov dôležitých pre bezpečnosť ako sú systémy núdzového elektrického napájania so súvisiacou stratou napájania z vonkajšej siete, systémov na odvod tepla a iných životne dôležitých systémov. Potenciál spoločných príčinných následkov a poškodení v celej lokalite je dôležitým faktorom pri analýze možných dôsledkov pre danú lokalitu vrátane zavedenia nových, modernizovaných alebo vhodne umiestnených systémov súvisiacich s bezpečnosťou. Tieto úvahy sú dôležitejšie pre lokalitu s viac blokovým usporiadaním a najmä vtedy, ak sú systémy, konštrukcie a komponenty dôležité pre bezpečnosť zdieľané medzi blokmi.

Prírodné riziká môžu mať vplyv aj na komunikačné siete a dopravné siete v okolí jadrového zariadenia. Ich účinky môžu ohroziť realizáciu opatrení držiteľa povolenia súvisiacich s bezpečnosťou a môžu brániť reakcii na núdzové situácie tým, že únikové cesty sa stanú nepriechodnými a jadrové zariadenie bude izolované v dôsledku ťažkostí v komunikácii a zásobovaní.

Prírodné riziká predstavujú neoddeliteľnú súčasť preukazovania bezpečnosti jadrového zariadenia. Na ochranu jadrových zariadení pred takýmito nebezpečenstvami je potrebné v rámci aplikácie koncepcie ochrany do hĺbky prijať primerané opatrenia a preukázať ich spoľahlivosť.

## 1 Predmet a účel

Tento bezpečnostný návod konkretizuje legislatívne požiadavky na bezpečnosť a preukazovanie bezpečnosti jadrových zariadení vo väzbe na prírodné riziká, ktoré sú ustanovené v § 4, § 5 a § 6 a Prílohe č. 3 vyhlášky Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky č. 430/2011 Z. z. o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/ a § 9b vyhlášky Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky č. 33/2012 Z. z. o pravidelnom, komplexnom a systematickom hodnotení jadrovej bezpečnosti jadrových zariadení v znení vyhlášky č. 106/2016 Z. z. /4/. Tieto požiadavky sú doplnené o odporúčania WENRA /5/, pracovnej skupiny pre harmonizáciu požiadaviek na jadrovú bezpečnosť, položka T – Prírodné riziká a o požiadavky prevzaté z dokumentu MAAE SSR-2/1 /7/. Podkladom pri spracovaní návodu bol dokument WENRA – Guidance Document, Issue T: Natural Hazards Head Document /6/.

Návod obsahuje požiadavky na identifikáciu, skríning a hodnotenie prírodných rizík, definovanie projektových udalostí, analýzy odozvy jadrového zariadenia, ochranu lokality a jadrového zariadenia pred projektovými udalosťami, uvažovanie udalostí, ktoré sú závažnejšie ako projektové ako aj požiadavky na previerku prírodných rizík špecifických pre danú lokalitu.

Účelom tohto návodu je zhrnúť požiadavky na bezpečnosť jadrových zariadení, ktoré sa bezprostredne týkajú ochrany pred prírodnými rizikami a poskytnúť ich vysvetlenie.

## 2 Rozsah platnosti

Bezpečnostný návod je určený pre jadrové zariadenia (JZ), ktorých súčasťou je jadrový reaktor alebo jadrové reaktory definované v § 2 písm. f) bod 1. zákona č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov /1/, keď držiteľ povolenia žiada o vydanie povolenia na uvádzanie do prevádzky alebo prevádzku existujúceho JZ alebo keď periodicky preveruje existujúcu projektovú bázu JZ s cieľom vyhodnotiť a preukázať dosiahnutú úroveň ochrany JZ pred prírodnými rizikami, porovnať ju so správnou technickou praxou a identifikovať možné oblasti na zlepšenie.

Bezpečnostný návod môže byť primerane použitý aj pre umiestňovanie JZ a pre posudzovanie projektov nových JZ ako aj pre iné JZ, ktoré neobsahujú jadrový reaktor.

Návod nie je príručkou na spracovanie hodnotenia prírodných rizík. Takéto príručky sú spracované MAAE, WENRA a inými inštitúciami.

Tento bezpečnostný návod sa vydáva na dobu 2 rokov.

## 3 Použité skratky

<b>DEC</b>	podmienky rozšíreného projektu (angl. „design extension conditions“)
<b>EOP</b>	predpisy na riešenie núdzových stavov (angl. „emergency operating procedures“)
<b>JZ</b>	jadrové zariadenie
<b>MAAE</b>	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (IAEA)
<b>SAMG</b>	návody na riadenie ťažkých havárií (angl. „severe accident management guidelines“)
<b>SKK</b>	systemy, konštrukcie a komponenty
<b>ÚJD SR</b>	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
<b>WENRA</b>	Asociácia jadrových dozorov európskych krajín

## 4 Použité pojmy

**Bezpečnostná funkcia** je projektové alebo prevádzkové opatrenie, ktorým sa zaisťuje bezpečnosť JZ. Základné bezpečnostné funkcie sú: regulácia reaktivity, odvod tepla

z jadrového paliva, zadržanie rádioaktívnych látok vnútri fyzických bariér, regulácia a obmedzenie množstva a druhu rádioaktívnych látok uvoľnených do životného prostredia.

**Havarijné podmienky** sú udalosti s odchýlkami od normálnej prevádzky, ktoré sú menej časté a závažnejšie ako abnormálna prevádzka, zahŕňajúce udalosti typu projektových havárií a havárie v podmienkach rozšíreného projektu.

**Koncepcia ochrany** opisuje celkovú stratégiu, ktorá sa uplatňuje pri riešení prírodných rizík. Zahŕňa ochranu pred projektovými haváriami, haváriami presahujúcimi projektovú bázu a prepojenie na predpisy na riešenie núdzových stavov (EOP) a návody na riadenie ťažkých havárií (SAMG).

**Nepriaznivé skokové zmeny stavu** (angl. tzv. „cliff-edge-effect“) vznikajú, keď malá zmena v nejakej podmienke (parameter alebo stav systému) vedie k neúmernému nárastu jej následkov (RL F3.1 f) WENRA /5/).

**Normálna prevádzka** je prevádzka JZ v súlade s limitmi a podmienkami bezpečnej prevádzky vrátane odstavenia, prevádzky na výkone, odstavovania, nábehu, údržby, skúšok a výmeny jadrového paliva.

**Prírodné riziká** sú definované ako prírodné javy, ktoré sa vyskytujú v prírode a pri ktorých má človek malú alebo žiadnu kontrolu nad ich veľkosťou alebo frekvenciou výskytu. Prírodné riziká môžu ohroziť bezpečnosť JZ /6/.

**Podmienky rozšíreného projektu** sú havarijné podmienky, ktoré nie sú uvažované pre projektové havárie, ale sú uvažované v procese projektovania JZ podľa realistickej metodiky a pre ktoré úniky rádioaktívnych látok neprekročia ustanovené limity. Podmienky rozšíreného projektu môžu zahŕňať aj podmienky ťažkých havárií (termín „podmienky rozšíreného projektu“ je prevzatý z bezpečnostného štandardu MAAE SSR-2/1 /7/).

**Projekt** je jedinečný proces s výstupmi v podobe projektovej dokumentácie, požiadaviek, dokumentov, záznamov, plánov, výkresov, analýz alebo výpočtov, pozostávajúci z koordinovaných alebo riadených činností vykonávaných na dosiahnutie stanoveného cieľa, v súlade s určenými špecifikáciami pre jadrové zariadenia alebo jeho časti vrátane obmedzení v podobe času, nákladov a zdrojov.

**Projektová báza** je rozsah podmienok a udalostí výslovne vzatých do úvahy v projekte jadrového zariadenia podľa stanovených kritérií, ktorým jadrové zariadenie odolá bez prekročenia povolených limitov pri plánovanej prevádzke bezpečnostných systémov. Projektová báza môže byť buď pôvodná projektová báza JZ (po uvedení JZ do prevádzky) alebo preskúmaná projektová báza, napr. po periodickom hodnotení.



**Projektová havária** je udalosť vyvolávajúca havarijné podmienky, pre ktoré je JZ projektované podľa stanovených projektových kritérií a konzervatívnej metodiky a pre ktoré poškodenie jadrového paliva a úniky rádioaktívnych látok do okolia neprekročia ustanovené limity.

**Zariadenia dôležité pre bezpečnosť** sú zariadenia, ktoré sú súčasťou bezpečnostnej skupiny alebo ktorých nesprávna funkcia alebo porucha môže viesť k ožiareniu pracovníkov alebo obyvateľstva.

## 5 Cieľ hodnotenia

Prírodné riziká predstavujú neoddeliteľnú súčasť preukazovania bezpečnosti jadrového zariadenia (vrátane preukázania bezpečnosti bazéna skladovania vyhoreného jadrového paliva). Pokiaľ je to možné, treba nebezpečenstvá vyplývajúce z prírodných rizík odstrániť alebo minimalizovať pre všetky prevádzkové režimy a prevádzkové stavy JZ. Preukázanie bezpečnosti v súvislosti s prírodnými rizikami zahŕňa hodnotenie projektovej bázy i podmienok rozšíreného projektu s cieľom identifikovať potreby a možnosti zvýšenia bezpečnosti JZ (WENRA T1.1 /5/).

Podmienky rozšíreného projektu môžu vyplývať z prírodných udalostí, ktoré presahujú udalosti zahrnuté do projektovej bázy alebo z udalostí vedúcich k podmienkam nezahrnutým do projektových havárií.

Niektoré prírodné riziká nemuseli byť plne uvažované v pôvodnom projekte JZ (stav projektu pri uvádzaní JZ do prevádzky), avšak pri previerke projektu JZ počas periodického hodnotenia by sa s nimi malo zaobchádzať ako s neoddeliteľnou súčasťou preukazovania bezpečnosti.

Pri hodnotení bezpečnosti by sa malo uvažovať, že nevylučujúce sa prírodné riziká sa vyskytujú súčasne (v priestore a čase) so všetkými identifikovanými prevádzkovými stavmi JZ v rámci normálnej prevádzky, t. j. v limitoch uplatňovaných prevádzkovými predpismi alebo technickými špecifikáciami.

Pri hodnotení bezpečnosti by sa malo uvažovať, že nevylučujúce prírodné riziká sa môžu vyskytovať súčasne s očakávanými prevádzkovými udalosťami a podmienkami projektových havárií. Zvážiť by sa však mala kombinovaná pravdepodobnosť výskytu ohrozenia a podmienok, ktoré nie sú príčinne závislé, aby sa pri hodnotení bezpečnosti predišlo neprimeranému konzervativizmu.

Okrem vplyvu prírodných rizík na jadrové palivo v tlakovej nádobe reaktora by sa mali uvažovať aj vplyvy prírodných rizík na skladovanie vyhoreného jadrového paliva alebo akýkoľvek iný rádioaktívny materiál v JZ.

Cieľom hodnotenia udalostí zahrnutých do projektovej bázy by malo byť zistenie, či JZ má dostatočnú rezervu na ochranu systémov, konštrukcií a komponentov (SKK) dôležitých pre bezpečnosť proti špecifickým prírodným rizikám a na predchádzanie nepriaznivým skokovým zmenám stavu (angl. tzv. „cliff edge effects“) (MAAE, SSR-2/1, položka 5.21 /7/).

Cieľom hodnotenia udalostí presahujúcich projektovú bázu by malo byť zistenie, či na JZ pri jeho reakcii na podmienky presahujúce projektovú bázu nedochádza k nepriaznivým skokovým zmenám stavu (angl. tzv. „cliff edge effects“) a identifikovať potreby a príležitosti na vykonanie primeraných praktických zlepšení, aby sa zabezpečilo, že nepriaznivé skokové zmeny stavu sú od projektovej bázy dostatočne vzdialené.

## 6 Identifikácia prírodných rizík

Identifikovať treba všetky prírodné riziká, ktoré by mohli mať vplyv na lokalitu JZ vrátane akýchkoľvek súvisiacich nebezpečenstiev (napríklad zemetrasenia a nimi následne spôsobené prílivové vlny). Úplnosť zoznamu prírodných rizík a jeho významnosť pre danú lokalitu JZ treba zdôvodniť (WENRA T2.1 /5/).

Ohrozenia spôsobené človekom, či už neúmyselné alebo úmyselné (napr. v dôsledku sabotáže alebo záškodníckych činov), sú vylúčené z tohto návodu. Porušenie niektorých človekom vytvorených diel (napr. hrádzí) alebo ľudská činnosť (napr. ťažba nerastných surovín) však môžu vyvolať alebo prispieť k ohrozeniam s podobnými účinkami ako majú prírodné riziká, a teda by mali byť do identifikácie prírodných rizík zahrnuté.

Základnou činnosťou pri hodnotení prírodných rizík je identifikácia tých rizík, ktoré by mohli ovplyvniť bezpečnosť JZ. Identifikovať by sa mali i tie prírodné riziká, ktoré ohrozujú zariadenia susediace s JZ, čo následne ohrozuje aj dané JZ. Na identifikáciu a charakterizovanie prírodných rizík by sa mal použiť štruktúrovaný proces, ktorý treba dôkladne zdokumentovať.

Na identifikáciu súvisiacich ohrození môže byť použitý maticový prístup, pomocou ktorého sa prešetrí, či sú jednotlivé ohrozenia od seba závislé alebo nezávislé.

Prírodné riziká zahŕňujú (WENRA T2.2 /5/):

- a) geologické javy,
- b) seizmicko-tektonické javy,
- c) meteorologické javy,
- d) hydrologické javy,
- e) biologické javy,
- f) lesný požiar.

V časti Príloha tohto návodu je zoznam typov prírodných rizík, ktorý možno použiť ako východisko na identifikáciu prírodných rizík.

Výstupom z identifikácie prírodných rizík by mal byť zoznam prírodných rizík, ktoré môžu potenciálne ovplyvniť lokalitu a bezpečnosť JZ, bez ohľadu na ich závažnosť, frekvenciu/pravdepodobnosť výskytu alebo bezpečnostný dopad, ktorý môžu mať na JZ.

## 7 Skrining prírodných rizík

Prírodné riziká, ktoré boli identifikované ako potenciálne ovplyvňujúce lokalitu JZ, sú posúdené na základe toho, či sú schopné spôsobiť (alebo či predstavujú) fyzickú hrozbu alebo

či sú extrémne nepravdepodobné s vysokým stupňom vierohodnosti. Pozornosť treba venovať tomu, aby v rámci skrínungu neboli z hodnotenia vylúčené tie ohrozenia, ktoré v kombinácii s inými ohrozeniami<sup>1</sup> môžu predstavovať nebezpečenstvo pre JZ. Proces skrínungu je založený na konzervatívnych predpokladoch. Argumenty na podporu skrínungu treba zdôvodniť (WENRA T3.1 /5/).

Príkladom ohrozenia, ktoré nepredstavuje hrozbu, je prílivová vlna, keď JZ je umiestnené vo vnútrozemí v dostatočne veľkej vzdialenosti od zdroja prílivovej vlny.

Preukázanie, že ohrozenie je mimoriadne nepravdepodobné s vysokým stupňom vierohodnosti, má zohľadniť hodnotenie frekvencie výskytu ohrozenia a miery vierohodnosti hodnotenej frekvencie. Posúdiť treba tiež neurčitosti spojené s použitými údajmi a metódami vrátane vykonania analýz citlivosti, aby bola zaručená požadovaná miera vierohodnosti. Preukázanie by nemalo byť založené iba na dodržaní všeobecnej pravdepodobnostnej skrínungovej hodnoty.

Príkladom ohrozenia, ktoré je považované za extrémne nepravdepodobné s vysokou mierou vierohodnosti, je vytvorenie ľadového štítu v oblasti Stredozemného mora. Častejšie sa vyskytujúce prírodné javy ako napr. jarný odmäk, striedanie ročných období, zrážky atď., by samy o sebe nemali predstavovať ohrozenie JZ. Vzhľadom na ich vysokú pravdepodobnosť výskytu, by však mohli prispieť k nárastu celkovej úrovne nebezpečenstva tým, že sa vyskytujú spolu s extrémami iných javov. Takéto javy treba identifikovať a zahrnúť do procesu skrínungu a do hodnotenia prírodného rizika špecifického pre danú lokalitu.

Kritériá použité v procese skrínungu môžu byť kvantitatívne i kvalitatívne. Treba ich zdôvodniť.

Rozsah zdôvodnenia o vylúčení ohrozenia z ďalšieho hodnotenia by mal byť úmerný blízkosti zdroja ohrozenia od JZ, súvisiacej neurčitosti jeho určenia alebo nedostatku údajov na podporu rozhodnutia o vylúčení rizika z ďalšieho hodnotenia.

Výsledkom skrínungu by mal byť zoznam špecifických prírodných rizík, ktoré treba ďalej hodnotiť, pretože buď samostatne alebo v kombinácii s inými ohrozeniami, predstavujú potenciálne nebezpečenstvo pre JZ.

## 8 Hodnotenie prírodných rizík

Hodnotenie nebezpečnosti všetkých prírodných rizík, ktoré neboli vylúčené pri skrínungu, sa robí pomocou deterministických a, pokiaľ je to praktické, pravdepodobnostných metód, pričom je zohľadnený súčasný stav vedy a techniky. Treba pritom zohľadniť všetky dostupné údaje a vytvoriť vzťah medzi závažnosťou ohrozenia (napríklad rozsahom a trvaním) a frekvenciou prekročenia, ak je to praktické (WENRA T3.2 /5/). Hodnotenie geologického a seizmického zaťaženia lokality musí obsahovať pravdepodobnostnú analýzu seizmického

<sup>1)</sup> Iné ohrozenia môžu zahŕňať ďalšie prírodné riziká, vnútorné ohrozenia alebo ohrozenia spôsobené človekom. Zohľadniť treba i následné ohrozenia a príčinne súvisiace ohrozenia, ako aj náhodné kombinácie pomerne častých ohrození.

ohrozenia lokality (§ 4 ods. 1 písm. a) vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/).

Ak je to praktické, určí sa maximálna dôveryhodná závažnosť ohrozenia (WENRA T3.2 /5/).

Vzťah medzi závažnosťou ohrozenia (napríklad magnitúda a trvanie) a frekvenciou výskytu by mal byť určený pre stredné (medián) hodnoty parametrov ohrozenia a rôzne úrovne spoľahlivosti. Závažnosť ohrozenia by mala byť vyjadrená fyzikálnymi parametrami, ktoré sú vhodné na kvantitatívnu charakterizáciu konkrétneho ohrozenia a môžu slúžiť ako základ pre vypracovanie ochranných opatrení. Príkladom je zrýchlenie na povrchu terénu pre zemetrasenie, rýchlosť vetra, teplota, výška povodne, trvanie ohrozenia, atď.

Dlhšie trvanie niektorých prírodných rizík môže zvýšiť ich závažnosť, čo treba prešetriť. Napríklad dlhodobé zrážky zvyšujúce hladinu podzemných vôd môžu následne ovplyvniť hladinu povrchovej vody a stupeň povodne.

Maximálna dôveryhodná závažnosť ohrozenia (alebo maximálna vierohodná udalosť) je definovaná ako udalosť, pri ktorej sa s vysokou mierou vierohodnosti predpokladá, že jej závažnosť nebude prekročená. Maximálna vierohodná udalosť môže pomôcť zdefinovať projektovú haváriu v prípadoch, keď sú pravdepodobnostné metódy hodnotenia daného ohrozenia spojené s veľkými neurčitostami. Tiež môže poskytnúť užitočný pohľad do oblasti nadprojektových havárií.

Pri niektorých ohrozeniach je nepraktické určovať vierohodnosť udalosti, ale možno stanoviť maximálnu fyzikálne možnú udalosť. Príkladom maximálnej fyzikálne možnej udalosti je požiar lesa, pri ktorom sa uvažuje horenie celého okolitého lesa s najnepriaznivejšími škodlivými účinkami žiaru a dymu na JZ alebo záplava lokality JZ vyvolaná pretrhnutím hrádze vodnej nádrže pri nepriaznivých meteorologických a hydrologických podmienkach.

Stanoviť maximálne vierohodnú alebo maximálne fyzikálne možnú udalosť je pre mnoho ohrození veľmi náročné. V prípadoch, keď nie je k dispozícii plne zavedený vedecký proces hodnotenia ohrození (napr. v dôsledku obmedzenej databázy alebo obmedzeného pochopenia fyzikálnych procesov, ktoré súvisia s ohrozením), tak odhad možno vykonať na základe expertízy. Takýto prístup k hodnoteniu ohrozenia by nemal byť založený len na úsudku jediného experta a argumenty pre výber určitého stupňa ohrozenia by mali byť dôkladne zdokumentované. Praktickejšie môže byť odhadnúť rozsah ohrozenia než bodovú hodnotu.

Pri hodnotení ohrozenia treba uplatniť tieto zásady (WENRA T3.3 /5/):

- a) hodnotenie ohrozenia má byť založené na všetkých relevantných miestnych a regionálnych údajoch; pozornosť treba venovať rozsahu dostupných údajov tak, aby zahrňovali udalosti, ktoré presahujú zaznamenané a historické údaje,
- b) pozornosť treba venovať ohrozeniam, ktorých závažnosť sa mení počas očakávanej životnosti zariadenia,
- c) použité metódy a predpoklady treba zdôvodniť a posúdiť neurčitosti, ktoré ovplyvňujú výsledky hodnotenia ohrozenia.

Legislatívne požiadavky na rozsah hodnotenia geologického a seizmického zaťaženia lokality sú uvedené § 4 ods. 1 písm. a) vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/. Súčasťou hodnotenia seizmických ohrození je analýza neurčitostí (§ 4 ods. 1 písm. e) vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/).

## 8.1 Databázy

Či je použitý pravdepodobnostný prístup alebo deterministický prístup k hodnoteniu ohrozenia, výsledky hodnotenia vždy závisia od kvality a úplnosti dostupných údajov. Údaje použité na hodnotenie ohrozenia možno zvyčajne získať z viacerých zdrojov:

- a) záznamy meraní,
- b) historické záznamy,
- c) anekdotické (nezdokumentované) svedectvá,
- d) geologické záznamy vrátane pozorovania zmien krajiny a geomorfológie, napr. paleo-seizmológia alebo akékoľvek ďalšie geologické a geofyzikálne prieskumy.

Databáza špecifická pre danú lokalitu by mala byť čo najrozsiahlejšia, aby zahŕňala čo najviac údajov. Zamerať by sa malo aj na pochopenie mier neurčitostí súvisiacich s údajmi. Mieru neurčitosti možno zvyčajne znížiť získaním nových údajov. V niektorých prípadoch môže byť nedostatok spoľahlivých údajov z oblasti v bezprostrednej blízkosti predmetnej lokality. V takomto prípade možno na zníženie neurčitostí hodnotenia posudzovaného ohrozenia použiť údaje z oblastí, ktoré majú podobné charakteristiky vzhľadom na posudzované prírodné riziko.

## 8.2 Nestacionárne ohrozenia

Prírodné riziká sa môžu s časom meniť v dôsledku nestacionárnych charakteristík súvisiacich prírodných javov, napr. klimatických zmien, stúpania hladiny mora alebo geomorfologických zmien ako sú zmeny koryta rieky. Miera, do akej to treba pri hodnotení zohľadniť, by mala brať do úvahy predpokladanú životnosť JZ alebo aspoň čas medzi pravidelnými previerkami bezpečnosti spolu s mierou neurčitosti. Nestacionárne charakteristiky môžu byť tiež spôsobené zmenami v dôsledku ľudskej činnosti ako je ťažba nerastných surovín, vytvorenie vodnej nádrže alebo odlesnenie, ktoré môžu vzniknúť v kratšom časovom horizonte než extrémny prírodných javov.

## 8.3 Riešenie neurčitostí

Posúdenie prírodného rizika je komplexný a náročný proces. Časové úseky pozorovaní udalostí sú často krátke v porovnaní s periódami návratu udalostí, ktoré sa získajú výpočtom. Rovnako je často ťažké určiť mieru príčinnej súvislosti medzi udalosťami. Pre zabezpečenie

dôveryhodnosti vypočítaných výstupných hodnôt preto treba spracovať a začleniť neurčitosti do hodnotenia a všetko náležite zdokumentovať.

Pri posudzovaní ohrozenia sa objavujú rôzne typy neurčitostí. Neurčitosti sa okrem iného týkajú vstupných údajov, štatistickej analýzy, výberu štatistického modelu, veľkosti alebo reprezentatívnosti dostupnej štatistickej vzorky.

Neurčitosti možno analyzovať rôznymi metódami ako sú analýzy citlivosti, logické stromy a simulácie Monte Carlo.

Neurčitosti možno riešiť rôznymi spôsobmi, napr. zberom dodatočných údajov alebo používaním odborného posúdenia. Na zníženie neurčitostí poznania (epistemické neurčitosti) sa má uprednostniť zber údajov. Ak sa použije odborný posudok, tak by sa to malo robiť v rámci formalizovaného procesu, ktorý zahŕňa primerané kontroly a porovnania, s cieľom zohľadniť najlepšie vedecké poznatky, ktoré sú v súčasnosti dostupné. Tento prístup by sa mal podporiť použitím analýz citlivosti, s cieľom lepšej kvantifikácie vplyvu zmien kľúčových vstupných parametrov a predpokladov hodnotenia.

## **9 Definovanie projektových udalostí a analýzy odozvy JZ**

Projektové udalosti majú byť odvodené z posúdenia ohrozenia špecifických pre danú lokalitu (WENRA T4.1 /5/). Predstavujú buď individuálne prírodné riziká alebo kombinácie ohrozenia (príčinne súvisiace alebo nesúvisiace) (kombinácia účinkov prírodných podmienok – vid' Príloha č. 3 časť B. I. bod H ods. 10 a bod J ods. 1 a ods. 2 písm. b) vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/).

### **9.1 Príčinne súvisiace ohrozenia**

Príčinne súvisiace ohrozenia sú spojené vzťahom príčina – účinok alebo spoločnou koreňovou príčinou. Korelačné riziká možno identifikovať zo schémy krížovej matice, ktorá je založená na zozname ohrozenia špecifických pre danú lokalitu vytvoreného počas skríningu ohrozenia.

Rozlišujeme nasledujúce typy príčinných vzťahov:

- a) Riziko A môže vyvolať riziko B (napr. zemetrasenie – stekutenie alebo zemetrasenie – zosuv pôdy). Takéto príčinné súvislosti môžu byť obmedzené ďalšími podmienkami: napr. stekutenie a zosuvy pôdy sa vyskytnú len vtedy, ak zemetrasenie presiahne určitú veľkosť/ dĺžku trvania a vyskytne sa v určitej vzdialenosti. Obmedzujúce parametre (veľkosť zemetrasenia, trvanie, vzdialenosť) môžu byť obmedzené parametrami, ktoré sú odvodené z hodnotenia ohrozenia.
- b) Riziko A súvisí s inými rizikami, ktoré sa pravdepodobne vyskytnú súčasne z dôvodu spoločnej príčiny (napríklad meteorologickej situácie). Základná príčina nemusí byť samostatne považovaná za nebezpečenstvo (napr. studená predná časť meteorologického frontu nízkeho tlaku, ktorá vedie k poklesu tlaku vzduchu, silnému vetru, búrke, bleskom, intenzívnemu dažďu a krupobitiu). Analýza vzniknutej situácie môže byť zložitá. Napríklad

nízky tlak spôsobuje zvýšenie morskej hladiny, čo v kombinácii so súbežnými zrážkami a vetrom vedie k mnohostrannému nebezpečenstvu záplav.

## 9.2 Vierohodné kombinácie ohrození, ktoré príčinne nesúvisia

Je možné, že sa pre lokalitu uvažuje viac ako jedno nezávislé prírodné riziko, ktoré sa vyskytujú súčasne. Kombinácie nezávislých ohrození by sa mali pozorne zvážiť tam, kde sa vyskytujú časté prírodné javy s podobnými vplyvmi na JZ. Analýza pravdepodobnosti takýchto kombinácií ohrození by mala brať do úvahy trvanie ohrozenia. Súčasné použitie dvoch nezávislých ohrození s nízkou frekvenciou sa považuje za neprimerané.

## 9.3 Parametre projektových udalostí

Frekvencie prekročenia projektových záťaží majú byť dostatočne nízke, aby zabezpečili vysoký stupeň ochrany JZ vzhľadom na prírodné riziká. Pre každú projektovú udalosť sa má použiť spoločná cieľová hodnota frekvencie, ktorá nie je vyššia ako  $1 \times 10^{-4}$  za rok. Ak nie je možné tieto pravdepodobnosti vypočítať s prijateľnou mierou neurčitosti, tak sa vyberie a odôvodní udalosť tak, aby sa dosiahla ekvivalentná úroveň bezpečnosti. Pre špecifický prípad seizmického zaťaženia sa ako minimum použije hodnota horizontálneho špičkového zrýchlenia na povrchu terénu 0,1 g (kde "g" je zrýchlenie spôsobené gravitáciou)<sup>2</sup>, a to aj vtedy, ak by jeho frekvencia prekročenia bola nižšia ako spoločná cieľová hodnota (WENRA T4.2 /5/).

Rôzna kvalita a rôzne množstvo dostupných údajov pre rôzne ohrozenia znamená, že pre každú projektovú haváriu je potrebný iný prístup.

Ak existuje pravdepodobnostný model na vymedzenie vzťahu medzi závažnosťou a frekvenciou výskytu ohrozenia, tak parametre projektovej havárie sa vyberajú z udalosti s frekvenciou prekročenia, ktorá nie je vyššia ako  $1 \times 10^{-4}$  za rok a s náležitým zohľadnením neurčitostí. Očakáva sa, že sa použije vyššia úroveň spoľahlivosti než stredná (medián) krivka ohrozenia. Vo väčšine prípadov je frekvencia prekročenia projektovej udalosti spojená s jedným parametrom, akým je napr. rozliatie rieky pri povodni rieky. Treba dávať pozor, keď sa na definovanie udalosti používa viac parametrov. Napríklad nie je rozumné kombinovať intenzitu búrky prislúchajúcej frekvencii  $10^{-4}$  za rok a trvanie búrky prislúchajúce frekvencii  $10^{-4}$  za rok pokiaľ neexistuje jasná korelácia; výsledná frekvencia (výsledok konvolúcie) by sa mala preskúmať.

Tam kde nie je možné vytvoriť vhodný pravdepodobnostný model, napr. pre nedostatočné údaje alebo neschopnosť modelu extrapolovať na malé pravdepodobnosti, môže byť projektová udalosť definovaná s využitím odborného posudku, analýz citlivosti pomocou rôznych modelov a/alebo interpretácií údajov, odhadov maximálnej vierohodnej udalosti alebo maximálnej fyzikálne možnej udalosti a konzervatívnych kombinácií udalostí. V tomto prípade je potrebné odôvodnenie, aby sa preukázalo, že je dosiahnutá ekvivalentná úroveň bezpečnosti.

<sup>2</sup>) Výber minimálneho seizmického zaťaženia 0,1g vyplýva z § 4 ods. 2 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z., návodu SSG-9 MAAE a referenčných úrovní WENRA, položka T.

Parametre projektových udalostí treba porovnať s príslušnými historickými údajmi, aby sa overilo, či historické extrémne udalosti sú pokryté projektovou bázou s dostatočnou rezervou (WENRA T4.3 /5/).

Pre každú projektovú udalosť (individuálne prírodné riziko alebo kombináciu ohrozenia) by mali byť definované projektové parametre, ktoré náležite zohľadňujú výsledky hodnotenia ohrozenia. Hodnoty parametrov sú stanovené konzervatívne a poskytujú základ pre preukazovanie bezpečnosti JZ. Projektové parametre by mali byť ľahko použiteľné na inžinierske úsudky. Mali by obsahovať parametre ako je spektrálne zrýchlenie, výška hladiny, tlak, teplota a prietoky a pod., ako aj dĺžku ich trvania.

Pre niektoré ohrozenia možno definovať niekoľko súborov parametrov. Napríklad pre vietor, kde je definovaný tlak vetra pre rôzne dĺžky trvania (trvalý vietor a nárazy vetra) alebo pre nízku teplotu, kde sú definované extrémne teploty pre rôzne dĺžky trvania.

## 9.4 Analýzy odozvy JZ na projektové udalosti

Projekt musí zahŕňať analýzy odozvy JZ na projektové havárie. Tie zahŕňajú minimálne tieto vonkajšie postulované iniciačné udalosti (Príloha č. 3 časť B. II. bod E ods. 2 písm. a) vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/): nepriaznivé prírodné podmienky vrátane extrémneho zaťaženia vetrom, extrémnej vonkajšej teploty, extrémnych zrážok a lokálnych záplav, extrémnych teplôt chladiacej vody a námraz a zemetrasení.

Projekt musí obsahovať kritériá prijateľnosti hodnotenia procesov vzniknutých po týchto udalostiach (Príloha č. 3 časť B. I. bod A ods. 12 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/).

Analýzy projektových havárií musia zohľadňovať neurčitost' použitých parametrov zabezpečujúcu konzervatívnosť výsledkov analýz (Príloha č. 3 časť B. II. bod E ods. 6 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/).

Projekt musí obsahovať súbor projektových ohraničení v súlade s hlavnými technickými parametrami každého SKK pre normálnu prevádzku, abnormálnu prevádzku a projektové havárie (Príloha č. 3 časť B. I. bod A ods. 10 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/).

## 10 Ochrana proti projektovým udalostiam

Jadrové zariadenie musí byť chránené proti projektovým udalostiam (Príloha č. 3 časť B. I. bod A ods. 9 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. – ochrana proti seizmickým udalostiam, bod C – Ochrana do hĺbky a bod J – Ochrana proti vonkajším javom /3/, MAAE, SSR-2/1, položka 5.17, prvá časť /7/). Treba vytvoriť koncepciu ochrany, ktorá poskytuje základ pre návrh vhodných ochranných opatrení (WENRA T5.1 /5/).

Treba identifikovať všetky predvídateľné prírodné riziká, ktoré priamo alebo nepriamo ovplyvňujú bezpečnosť JE a vyhodnotiť ich účinky na bezpečnosť JZ. Ohrozenia majú byť zohľadnené pri projektovaní usporiadania JZ a pri identifikácii postulovaných iniciačných



udalostí a generovaných zaťaženiach, za účelom ich použitia pri navrhovaní systémov, konštrukcií a komponentov dôležitých pre bezpečnosť JZ (MAAE, SSR-2/1, požiadavka 17, prvá časť /7/).

Prevádzkované JZ nemajú vo svojom pôvodnom projekte zohľadnené prírodné riziká na úrovni projektovej bázy v rozsahu súčasných požiadaviek MAAE a referenčných úrovní WENRA. Prehodnotenie projektovej bázy podľa moderných štandardov a procesov na tieto revidované požiadavky nemusí byť pre prevádzkované JZ uskutočniteľné. V takom prípade možno pri prehodnocovaní projektovej bázy použiť pragmatickejší prístup. Prijatý prístup na preukázanie odolnosti SKK voči prírodným rizikám by však mal poskytnúť rovnocennú vierohodnosť ako by bolo dosiahnuté v procese projektovania.

Koncepcia ochrany má byť dostatočne spoľahlivá, aby bolo konzervatívne zabezpečené plnenie základných bezpečnostných funkcií pre akékoľvek priame a vierohodné nepriame účinky projektovej udalosti (WENRA T5.2 /5/; obdobná požiadavka je ustanovená v Prílohe č. 3 časť B. I. bod J ods. 1 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. – Ochrana proti vonkajším javom /3/).

Základné bezpečnostné funkcie sú definované v Prílohe č. 3 časť B. I. bod B ods. 5 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/.

Systémy, konštrukcie a komponenty dôležité pre bezpečnosť treba navrhnuť a umiestniť s ohľadom na dôsledky pre bezpečnosť tak, aby odolali vplyvom ohrozenia alebo aby boli, v súlade s ich dôležitosťou pre bezpečnosť, chránené proti ohrozeniu a mechanizmom zlyhania z dôvodu spoločných príčin spôsobených ohrozeniami (MAAE, SSR-2/1, položka 5.15A /7/).

Prírodné riziká sa líšia od vnútorných udalostí. Zvyčajne prebiehajú mimo JZ a ovplyvňujú súčasne mnohé, ak nie všetky časti JZ a lokalitu. Starostlivo by sa malo zväziť možné spojenie sekvencie udalostí, ktoré sú iniciované prírodným rizikom. Napríklad zaplavenie budovy, ktorá nie je dôležitá pre bezpečnosť, môže vyvolať elektrické skraty, ktoré môžu spôsobiť narušenie iných elektrických systémov a tie môžu vyvolať výpadok systémov dôležitých pre bezpečnosť. Zohľadnené by sa mali aj vierohodné nepriame účinky projektových havárií, t. j. účinky, ktoré majú vysokú podmienenú pravdepodobnosť.

V koncepcii ochrany treba (WENRA T5.3 /5/):

- a) uplatniť primeraný konzervativizmus poskytujúci bezpečnostné rezervy v projekte a vyhnúť sa nepriaznivým skokovým zmenám stavu (MAAE, SSR-2/1, položka 5.21 /7/),
- b) spoliehať sa v najväčšej možnej miere na pasívne opatrenia, pokiaľ je to racionálne dosiahnuteľné,
- c) zabezpečiť, aby opatrenia na zvládnutie projektovej udalosti zostali účinné počas a po projektovej udalosti,
- d) brať do úvahy predvídateľnosť a vývoj udalosti (prírodného javu) v priebehu času,
- e) zabezpečiť, aby boli k dispozícii postupy a prostriedky na overenie podmienok v JZ počas a po projektovej udalosti,

- f) uvažovať, že udalosti by mohli súčasne ovplyvniť niekoľko zálohovaných alebo diverzifikovaných trás bezpečnostných systémov, viaceré SKK alebo viaceré bloky v lokalite, miestnu a regionálnu infraštruktúru, externé dodávky a iné protipatrenia (MAAE, SSR-2/1, položka 5.15B /7/),
- g) minimalizovať interakcie medzi budovami, ktoré obsahujú dôležité bezpečnostné prvky (vrátane káblov a ovládacích káblov) a inými konštrukciami jadrového zariadenia, ku ktorým by mohlo dochádzať v dôsledku v projekte uvažovaných vonkajších udalostí (MAAE, SSR2/1, položka 5.19 /7/),
- h) zabezpečiť, aby v lokalite s niekoľkými blokmi zostali k dispozícii dostatočné zdroje pri zohľadnení používania spoločných zariadení alebo služieb,
- i) zabezpečiť primeranú rezervu na ochranu SKK, ktoré sú v konečnom dôsledku potrebné na zabránenie skorého rádioaktívneho úniku (je to taký únik RAL, ktorý vyžaduje ochranné opatrenia na ochranu obyvateľstva, avšak nie je dostatok času na ich zavedenie/ aplikáciu) alebo veľkého rádioaktívneho úniku (je to taký únik RAL, pre ktorý by časovo alebo priestorovo ohraničené ochranné opatrenia neboli na ochranu obyvateľstva postačujúce), v prípade vyššej úrovne prírodných rizík odvodených z hodnotenia ohrozenia lokality ako tie, ktoré sa uvažovali pri projektovaní (MAAE, SSR2/1, položka 5.21A /7/),
- j) zabezpečiť, aby prijaté opatrenia nemali nepriaznivý vplyv na ochranu proti iným projektovým udalostiam (ktoré nevyplývajú z prírodných rizík).

Pre každé prírodné riziko by mali byť k dispozícii predpisy (postupy) na overenie pretrvávania bezpečných podmienok JZ počas (ak je to možné) a po prírodnom jave. Takéto predpisy (postupy) by mali byť špecifické pre rôzne fázy, ktoré nasledujú po prírodnom jave. Ak je to vhodné, mali by byť definované prahové hodnoty (intervenčné hodnoty), pri prekročení ktorých včas začnú vopred naplánované zásahy. Tieto hodnoty by mali byť v súlade s koncepciou ochrany, v ktorej sa môžu opatrenia aktivovať na rôznych (intervenčných) úrovniach. Napríklad pri záplavách so zvyšujúcimi sa meranými alebo predpokladanými hladinami vody sa uskutočnia rôzne činnosti pri dosiahnutí vopred stanovených prahových hodnôt (napr. kontrola zatvorenia všetkých otvorov, zatvorenie mobilných brán a odstavenie JZ).

Ochrana by mala zohľadňovať predvídateľnosť a časový vývoj udalosti a mala by zohľadňovať všetky možné následné účinky. Niektoré, ale určite nie všetky, prírodné riziká sú predvídateľné a dokonca sa môžu postupne vyvíjať (napr. niektoré meteorologické javy). V prípade takýchto ohrození môže byť užitočné aj získanie informácií z procesu monitorovania a výstrah a zo zavedenia dodatočných dočasných opatrení a vybavenia.

Pri zabezpečení ochrany pred jedným prírodným rizikom by sa mali zohľadniť účinky na ochranu pred inými projektovými udalosťami (či už prírodnými alebo nie), aby sa predišlo prípadným nepriaznivým vplyvom. Napríklad utesnenie otvorov na obmedzenie možnosti vniknutia povodňovej vody by nemalo obmedzovať únikové cesty určené pre personál alebo pre horúce plyny/paru; alebo hrádza na ochranu lokality pred rozvodnenou riekou by nemala zhoršiť odvodnenie lokality v prípade silných zrážok.

Keďže prírodné riziko môže ovplyvniť celú lokalitu a všetky JZ v lokalite, tak ochrana proti prírodným rizikám by mala zohľadňovať súčasnú potrebu špecifického vybavenia a ľudských zdrojov pre viaceré JZ.

Pre projektové havárie majú byť tie SKK, ktoré sú súčasťou ochrany proti prírodným rizikám, kategorizované ako dôležité pre bezpečnosť (WENRA T5.4 /5/).

Pre každú projektovú udalosť by sa mali identifikovať požadované SKK dôležité pre bezpečnosť, berúc do úvahy vierohodné kombinácie udalosti s inými udalosťami. SKK by mali byť kvalifikované na podmienky posudzovanej udalosti alebo chránené vhodnými opatreniami. Zohľadniť by sa mali aj bezpečnostne nedôležité zariadenia, aby sa zabránilo potenciálnemu sekundárnemu poškodeniu požadovaných SKK dôležitých pre bezpečnosť.

Na podporu ochrany majú byť k dispozícii procesy monitorovania a varovania. Tam kde je to vhodné sú definované prahové hodnoty (intervenčné hodnoty), aby sa uľahčilo včasné začatie ochranných opatrení. Okrem toho sú stanovené prahové hodnoty, ktoré umožňujú vykonať vopred naplánované akcie po udalosti (napr. inšpekcie) (WENRA T5.5 /5/).

V rámci ochrany by okrem trvalých opatrení mali byť použité vhodné administratívne opatrenia, najmä procesy monitorovania a varovania, aby bolo vopred upozornené na nástup prírodných javov alebo aby bol monitorovaný vývoj prírodného javu.

Keď koncepcia ochrany požaduje meranie kľúčových parametrov súvisiacich s prírodnými rizikami, najmä v súvislosti s činnosťou po udalostiach, mali by byť na to poskytnuté vhodné systémy. Monitorovacie systémy by bez zlyhania či saturácie (nasýtenia/ zahltenia) mali byť schopné merať parametre udalostí, ktoré sú závažnejšie ako projektové. Monitorovacie systémy mali by byť zodpovedajúcim spôsobom kvalifikované. Tam kde je to možné by sa okrem zariadení na lokalite mali využívať národné monitorovacie siete.

Z krátkodobého hľadiska nemá byť bezpečnosť JZ závislá od dostupnosti externe poskytovaných služieb ako sú napr. dodávky elektrickej energie a protipožiarne jednotky. V projekte majú byť náležite zohľadnené špecifické podmienky danej lokality, aby sa určil maximálny čas oneskorenia do kedy majú byť k dispozícii externe poskytované služby (MAAE, SSR-2/1, položka 5.17, druhá časť /7/).

Pri spracovávaní záťažových testov JE v EÚ sa uvažovalo, že lokalita je izolovaná počas 72 hodín od poskytnutia ťažkého zariadenia prepravovaného po cestnej, železničnej alebo vodnej dopravnej sieti. Personál, prenosné a ľahké zariadenia môžu byť dodané na lokalitu z vonkajších miest po uplynutí 24 hodín.

Pre dlhotrvajúce prírodné udalosti by mali byť zavedené opatrenia na výmenu osôb a poskytovanie dodávok (WENRA T5.6 /5/). Môže ísť o poskytnutie konkrétnych dopravných prostriedkov, ktoré dokážu prekonať účinky prírodných rizík na mieste a v jeho bezprostrednom okolí. Malo by byť k dispozícii komunikačné zariadenie na použitie počas trvania prírodného rizika a po ňom.

Na ochranu JZ proti vonkajším javom, ktoré môžu byť vyvolané prírodnými podmienkami alebo ľudskou činnosťou, musí projekt navrhnuť ochranné pásmo JZ (Príloha č. 3 časť B. I. bod J ods. 3 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/).

Ochrana proti prírodným rizikám by mala pamätať i na havárie, ktoré sú závažnejšie ako havárie zahrnuté do projektovej bázy najmä preto, lebo niektoré ochranné opatrenia pre projektové havárie sa takisto zúčastňujú ochrany proti ešte závažnejším haváriám. V koncepcii ochrany by malo existovať prepojenie s predpismi na riešenie núdzových stavov (EOP) a návodmi na riadenie ťažkých havárií (SAMG).

Zdôvodnenie dostatočnosti ochrany by malo obsahovať argumenty pre výber ochrany a zahŕňať preukázanie splnenia relevantných požiadaviek, ktoré sú kladené na projekt JZ (Príloha č. 3 časť B. I. vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. – bod A. Základné požiadavky na jadrovú bezpečnosť, bod C. Ochrana do hĺbky, bod F. Havárie uvažované v projekte JZ, bod H. Zabránenie vzniku a rozvoju porúch zariadení a bod J. Ochrana proti vonkajším javom /3/), na deterministické analýzy (Príloha č. 3 časť B. II. bod E ods. 2 písm. a) vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/) i na pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti (§ 20 ods. 5 písm. h) vyhlášky Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky č. 58/2006 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam v znení neskorších predpisov /2/).

## **11 Uvažovanie udalostí, ktoré sú závažnejšie ako projektové udalosti**

Udalosti závažnejšie než udalosti uvažované v projekte je potrebné identifikovať ako súčasť analýzy DEC a ich výber zdôvodniť. Ďalšia podrobná analýza udalosti nie je potrebná ak sa preukáže, že výskyt udalosti možno s vysokou mierou vierohodnosti považovať za veľmi nepravdepodobný (WENRA T6.1 /5/).

### **11.1 Účel**

Stanovenie projektovej bázy pre prírodné riziká na základe frekvencie prekročenia znamená, že výskyt prírodných rizík presahujúcich projektovú základňu nemožno vo všeobecnosti vylúčiť. Ak je projektová báza vytvorená na základe iných metód, tak tiež treba zohľadniť aj možnosť výskytu závažnejšej udalosti. Analýza prírodných rizík presahujúcich projektovú bázu by sa mala urobiť z viacerých dôvodov:

- a) zabezpečiť, aby prírodné riziká mierne presahujúce projektovú bázu nemohli priamo viesť k závažnému poškodeniu jadrového paliva (čo by napríklad mohlo viesť k frekvencii poškodenia aktívnej zóny na úrovni  $10^{-4}$  za rok),
- b) pochopiť príspevok každého prírodného rizika k potenciálne závažnému poškodeniu/taveniu jadrového paliva; to si vyžaduje odhad kapacity JZ vzhľadom na jednotlivé prírodné riziká,

d'alej odhad frekvencie výskytu prírodného rizika vedúceho k závažnému poškodeniu/taveniu paliva,

- c) identifikovať zraniteľnosť JZ a potenciálne opatrenia na zlepšenie odolnosti zariadenia a koncepcie ochrany, stratégií riadenia havárií, havarijných opatrení a súvisiaceho zabezpečenia.

Ak je to možné, treba na podporu identifikácie udalostí a posúdenia ich účinkov stanoviť závažnosť ohrozenia ako funkciu frekvencie prekročenia alebo iných parametrov súvisiacich s ohrozením (WENRA T6.2 /5/).

Ak je to možné, pri posudzovaní účinkov prírodných rizík zahrnutých do analýzy DEC a identifikovaní racionálne dosiahnuteľných zlepšení súvisiacich s takýmito rizikami, má analýza zahrnúť (WENRA T6.3 /5/):

- a) preukázanie dostatočných rezerv, aby sa zabránilo nepriaznivým skokovým zmenám stavu, ktoré by viedli k strate základnej bezpečnostnej funkcie,
- b) identifikáciu a hodnotenie najodolnejších prostriedkov na zabezpečenie základných bezpečnostných funkcií,
- c) predpoklad, že by ohrozenie mohlo súčasne ovplyvniť niekoľko zálohovaných alebo diverzifikovaných trás bezpečnostných systémov, viaceré SKK alebo viaceré bloky JZ na lokalite, lokálnu a regionálnu infraštruktúru, vonkajšie dodávky a iné protipatrenia,
- d) preukázanie, že na lokalite s viacerými JZ sú k dispozícii dostatočné zdroje na pokrytie potrieb spoločných zariadení alebo služieb,
- e) overenie na mieste (zvyčajne pochôdzkou).

## 11.2 Všeobecný prístup

Hodnotenie ohrození, ktoré presahujú rámec projektovej bázy prírodných rizík, by sa malo vykonávať systematickým a štruktúrovaným spôsobom, aby bolo hodnotenie reprodukovateľné a spoľahlivé. Existujú rôzne prístupy k vykonaniu hodnotenia, ale pokiaľ je to možné, mali by sa identifikovať najodolnejšie prostriedky na zabezpečenie základných bezpečnostných funkcií a v prípade potreby odhadnúť hodnotu, pri ktorej dôjde k strate základných bezpečnostných funkcií. Takéto prístupy sú zavedené pre niektoré prírodné riziká (napr. pri určení seizmických rezerv). Určenie rezerv sa považuje za výhodné z viacerých dôvodov. Umožňuje:

- a) lepšie pochopiť závažnosť ohrozenia, pri ktorom dôjde k strate základných bezpečnostných funkcií; pri niektorých ohrozeniach existuje veľká neurčitost' v stanovení návratovej frekvencie havárií začlenených do projektovej bázy – hoci sa v porovnaní so strednou (medián) alebo priemernou hodnotou ohrozenia môže existujúca rezerva javiť veľká, pri zohľadnení výsledkov analýz citlivosti môže byť rezerva menšia,
- b) pomôcť identifikovať skryté predpoklady v hodnotení.

Za účelom definovania racionálne dosiahnuteľného zlepšenia je identifikácia hodnoty, pri ktorej dôjde k strate základných bezpečnostných funkcií, obzvlášť dôležitá v prípadoch, keď je

robustnosť zariadenia dostatočná len na to, aby vydržala udalosti, ktoré sú iba o niečo závažnejšie (alebo o niečo nepravdepodobnejšie) ako projektová udalosť.

Aj keď je identifikácia hodnôt, pri ktorých dôjde k strate základných bezpečnostných funkcií, uprednostňovaným prístupom, je zrejmé, že sa dá ťažko použiť na všetky prírodné riziká, najmä ak riziká nie sú opísané pravdepodobnostnými modelmi.

Alternatívnym prístupom na preukázanie dostatočných rezerv do straty základných bezpečnostných funkcií je výber jednej alebo viacerých hodnôt zaťaženia špecifických pre ohrozenie, ktoré sú väčšie ako zaťaženie z projektovej udalosti (buď z hľadiska doby návratu alebo závažnosti ohrozenia) a dokazujú, že základné bezpečnostné funkcie nie sú týmto zaťažením ohrozené. Veľkosť záťažových hodnôt možno zvoliť tak, aby zodpovedala bezpečnostnej rezerve, ktorá sa považuje za primeranú. Užitočné môže byť použitie maximálnej vierohodnej udalosti, čo však môže viesť k záveru, že pre takúto udalosť neexistujú racionálne dosiahnuteľné zlepšenia.

### 11.3 Identifikácia racionálne dosiahnuteľných zlepšení

Aby sa zabezpečila dostatočná rezerva do vzniku nepriaznivých skokových zmien stavu, mali by sa identifikovať a preskúmať potenciálne zlepšenia na zvýšenie odolnosti SKK. Výsledkom by mal byť dobre zdôvodnený súbor návrhov na zlepšenie. Je tiež užitočné preskúmať viacero návrhov na zlepšenie súčasne, pretože v rámci rôznych ohrození môže medzi navrhovanými zlepšeniami existovať prepojenie. Pokiaľ je to možné, mali by sa rozpracovať a realizovať zlepšenia, ktoré zlepšia odolnosť voči viacerým ohrozeniam.

Oblasti pre potenciálne zlepšenia samozrejme zahŕňajú spôsoby ako posilniť najodolnejšie prostriedky, ktoré zabezpečujú základné bezpečnostné funkcie alebo ochranu. Okrem toho by sa malo zväziť aj vylepšenie iných častí JZ. Potom by mali byť identifikované racionálne dosiahnuteľné zlepšenia.

Ak sú k dispozícii modely pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti (PSA), tak by sa mali použiť na doplnenie výsledkov deterministickej analýzy s cieľom:

- a) odhadnúť úroveň rizika spojeného s určitým ohrozením,
- b) pochopiť dôležitosť konkrétnych SKK,
- c) pochopiť prínos získaný zvýšením odolnosti jednotlivých SKK.

Pokiaľ nie sú jasne pochopené súvisiace neurčitosti, pozornosť treba venovať tomu, aby sa neprečeňovali numerické modely.

Model pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti pre príslušné prírodné riziko sa môže použiť na získanie frekvencií poškodenia aktívnej zóny JZ a/alebo súborov rádioaktívnych únikov. Pri hrubých odhadoch pravdepodobností jednoduchým násobením frekvencií výskytu ohrození s odhadovanými pravdepodobnosťami zlyhania treba byť opatrný, pretože tieto súčiny neberú do úvahy dynamiku ohrozenia a vývoja zlyhaní. Použitie pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti môže pomôcť pri hodnotení dôležitosti jednotlivých prvkov modelu JZ, ako aj pri identifikácii závislostí a tiež ukázať prospešnosť konkrétnych modifikácií z hľadiska rizika.

## 11.4 Definícia rezervy do vzniku nepriaznivých skokových zmien stavu

V tomto návode je rezerva do vzniku nepriaznivých skokových zmien stavu definovaná ako rozdiel medzi prírodným rizikom z projektovej bázy a prírodným rizikom, pri ktorom už nemožno zabezpečiť plnenie základných bezpečnostných funkcií. V podmienkach rozšíreného projektu, pre havárie bez závažného poškodenia paliva sa základné bezpečnostné funkcie odvodu tepla a kontroly reaktivity považujú za splnené, aj keď sú prerušené, pokiaľ toto prerušenie nevedie k závažnému poškodeniu jadrového paliva. Odôvodnenie, že strata základnej bezpečnostnej funkcie je len dočasná, nemusí byť v prípade vonkajšej udalosti opodstatnené v dôsledku rozsahu poškodenia JZ.

Určitý konzervativizmus, ktorý je požadovaný pre určenie projektovej bázy (projektová rezerva) a konštrukciu SKK dôležitých pre bezpečnosť, zvyčajne vedie k vytvoreniu rezervy v odolnosti JZ voči prírodným rizikám, ktoré sú závažnejšie ako ohrozenia zahrnuté do projektovej bázy. Na kvantifikáciu tejto rezervy treba určiť závažnosť ohrozenia, pri ktorom sa nedá zabezpečiť plnenie základných bezpečnostných funkcií. Rezerva sa dá merať viacerými spôsobmi:

- a) ako rozdiel medzi frekvenciou prekročenia výskytu prírodného rizika použitého na stanovenie projektovej bázy a frekvencie výskytu udalosti, ktorá vedie k nepriaznivej skokovej zmene stavu,
- b) ako rozdiel v závažnosti udalosti vyjadrený vo fyzikálnych jednotkách parametrov projektovej bázy,
- c) ako pomer medzi závažnosťou udalostí (môže to byť len praktický návrh pre podmnožinu typov ohrození).

## 11.5 Odhad rezerv

Odhad rezerv vzhľadom na špecifické prírodné riziko si vyžaduje:

- a) identifikovať všetky SKK, ktoré sú nevyhnutné na splnenie základných bezpečnostných funkcií a sú zraniteľné voči posudzovanému ohrozeniu,
- b) identifikovať všetky SKK, podmienky a opatrenia, ktoré poskytujú ochranu pred ohrozením,
- c) posúdiť odolnosť identifikovaných SKK, podmienok a opatrení z hľadiska fyzikálnych parametrov použitých na opísanie závažnosti posudzovaného prírodného rizika (napr. zrýchlenie na povrchu terénu, teplota, atď.); to môže zahŕňať deterministické aj pravdepodobnostné metódy. Pri niektorých ohrozeniach, najmä pri zemetrasení, nemôže byť odolnosť zariadenia daná deterministickou funkciou, ale pravdepodobnostnou (napr. angl. „High-Confidence-of-Low-Probability-of-Failure“). Pre tento krok DEC analýzy môžu byť prijateľné najlepšie odhady hodnotenia (s alebo bez zohľadnenia neurčitostí),
- d) definovať prevádzkové požiadavky SKK, aby mohli vykonávať svoje bezpečnostné funkcie s ohľadom na definíciu rezervy; napríklad sa môže zväziť, že ochrana pred povodňami nemusí udržiavať miesto úplne suché, ale stačí obmedziť objem vody na určitý objem a/ alebo miesto,

e) hodnotenie rezerv by malo zohľadniť všetky zálohované alebo diverzifikované trasy, ktoré zabezpečujú základné bezpečnostné funkcie alebo chránia pred špecifickým ohrozením; najslabší SKK v každej trase obmedzuje rezervu danej trasy a robustnosť najodolnejšej trasy určuje rezervu JZ do straty základných bezpečnostných funkcií.

Na posudzovanie rezerv existujú rôzne prístupy. Musia však v čo najväčšej možnej miere identifikovať najodolnejšie prostriedky na zabezpečenie základných bezpečnostných funkcií. Po identifikácii najodolnejších prostriedkov by sa mala vykonať širšia kontrola vývoja zlyhania SKK ako pomôcka identifikácie možností na zlepšenie.

Treba pripustiť, že kvalifikácia SKK z najzraniteľnejších prostriedkov na ochranu pred ohrozeniami bude zahŕňať širokú škálu rôznych prístupov s rôznymi súbormi predpokladov a zabudovaným konzervativizmom. Preto bude v rámci koncepcie ochrany aj pri individuálnych ohrozeniach veľa rôznych úrovní rezerv a konzervativizmu. Je dôležité určiť, ktoré SKK najodolnejšej trasy ochrany budú najslabšie, pretože to naznačí obmedzujúce úrovne požiadaviek, ktoré budú spochybňovať koncepciu ochrany.

Hodnotenie DEC by malo zahŕňať scenár, v ktorom je lokalita úplne izolovaná a všetky vonkajšie zdroje sú nedostupné (vrátane vonkajšej energie), ak takýto scenár už nie je súčasťou projektovej bázy. Takéto hodnotenie by malo určiť aspoň dĺžku obdobia, počas ktorého sa dá udržať bezpečný (odstavený) stav bez vonkajšej podpory. Pozornosť by sa mala venovať riešeniu príčinne súvisiacich udalostí, keď sa predpokladá strata špecifických SKK alebo zdrojov na lokalite.

Overenie aktuálneho stavu SKK na mieste sa považuje za kľúčovú súčasť každého hodnotenia podmienok rozšíreného projektu. Poskytne informácie o aktuálnej situácii, identifikuje všetky zmeny od inštalácie SKK a identifikuje akékoľvek prvky znižujúce odolnosť SKK, ktoré nie sú zjavné z preskúmania na papieri. Proces pochôdzok by mal byť štruktúrovaný, vykonaný vhodne kvalifikovanými a skúsenými jednotlivcami a dôkladne zdokumentovaný.

## **12 Preverka špecifických prírodných rizík**

Definovanie prírodných rizík by malo podliehať princípu neustáleho zlepšovania (WENRA A2.3 /5/). Špecifické ohrozenia lokality a koncepciu/úroveň ochrany JZ proti prírodným rizikám treba preverovať aspoň v rámci periodického hodnotenia (§ 9b vyhlášky č. 33/2012 Z. z. v znení vyhlášky č. 106/2016 Z. z. /4/), podľa pokroku v oblasti vedy a techniky a nadobudnutí nových informácií. Stanovenie prírodných rizík a ochrana proti nim by sa mala preverovať aj po závažných udalostiach, ktoré identifikujú nedostatky v súčasných poznatkoch a chápaní ohrozenia. Preverka by mala zahŕňať uvažovanie možných zmien v ohrození počas nasledujúceho obdobia do ďalšieho periodického hodnotenia.

Preverenie by malo zahŕňať periodickú aktualizáciu všetkých špecifických údajov lokality (napr. geotechnických, paleo-seizmických, hydrologických a meteorologických údajov), ktoré sú potrebné na posúdenie ohrozenia.



Výsledky preverky prírodných rizík by sa mali použiť pri preverke projektovej bázy a podmienok rozšíreného projektu.

### 13 Odkazy

- /1/ Zákon č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.
- /2/ Vyhláška Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky č. 58/2006 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam v znení neskorších predpisov.
- /3/ Vyhláška Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky č. 430/2011 Z. z. o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z.
- /4/ Vyhláška Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky č. 33/2012 Z. z. o pravidelnom, komplexnom a systematickom hodnotení jadrovej bezpečnosti jadrových zariadení v znení vyhlášky č. 106/2016 Z. z.
- /5/ Report WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, WENRA, 2014 ([www.wenra.org](http://www.wenra.org)).
- /6/ Guidance Document, Issue T: Natural Hazards Head Document, WENRA, 2015 ([www.wenra.org](http://www.wenra.org)).
- /7/ Safety of Nuclear Power Plants: Design, Specific Safety Requirements, No. SSR-2/1 (Rev.1), Vienna, IAEA, 2016, IAEA Safety standards series, ISBN 978-92-0-109315-8, ISSN 1020-525X.

### 14 Literatúra

- [1] WENRA Reactor Harmonization Working Group, 2013. Safety of New NPP Designs. March 2013 ([www.wenra.org](http://www.wenra.org)).
- [2] Design of Reactor Containment Systems for Nuclear Power Plant. Safety Guide No. NS-G-1.10, Vienna, IAEA, 2004, IAEA Safety standards series, ISBN 92-0-103604-3, ISSN 1020-525X.
- [3] Site Evaluation for Nuclear Installations. Safety Requirements No. NS-R-3, (Rev.1), Vienna, IAEA, 2016, IAEA Safety standards series, ISBN 978-92-0-106515-5, ISSN 1020-525X.
- [4] Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. Specific Safety Guide No. SSG-9, Vienna, IAEA, 2010, IAEA Safety standards series, ISBN 978-92-0-102910-2, ISSN 1020-525X.
- [5] External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants. Safety Guide No. NS-G-1.5, Vienna, IAEA, 2003, IAEA Safety standards series, ISBN 92-0-101099-0, ISSN 1020-525X.

- [6] External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants. Safety Guide No. NS-G-3.1, Vienna, IAEA, 2002, IAEA Safety standards series, ISBN 92-0-111202-5, ISSN 1020-525X.
- [7] Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. Specific Safety Guide No. SSG-21, Vienna, IAEA, 2012, IAEA Safety standards series, ISBN 978-92-0-128110-4, ISSN 1020-525X.
- [8] Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants. Specific Safety Guide No. SSG-3, Vienna, IAEA, 2010, IAEA Safety standards series, ISBN 978-92-0-114509-3, ISSN 1020-525X.
- [9] Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants, Safety Guide No. NS-G-3-6, Vienna, IAEA, 2004, IAEA Safety standards series, ISBN 92-0-107204-X, ISSN 1020-525X.
- [10] Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. Specific Safety Guide No. SSG-18, Vienna, IAEA, 2011, IAEA Safety standards series, ISBN 978-92-0-115210-7, ISSN 1020-525X.

## Príloha: Zoznam prírodných rizík

Uvedený zoznam typov prírodných rizík vychádza z dokumentov MAAE. Má charakter odporúčania. Môže sa použiť ako východisko na identifikáciu prírodných rizík. Je na riešiteľovi, aby rozhodol a odôvodnil, ktoré typy prírodných rizík sú dôležité pre lokalitu JZ, budú použité v hodnotení lokality a bezpečnosti JZ a tie následne prešetril.

### Seizmicko-tektonické ohrozenia (zemetrasenie)

- N1 Vibračný pohyb podlažia (vrátane efektov úderov)  
Dlhodobý pohyb podlažia
- N2 Vibračný pohyb podlažia vyvolaný alebo spustený ľudskou činnosťou (ťažba ropy, plynu alebo podzemných vôd, zrútenie banských diel)
- N3 Povrchové praskanie (angl. „surface faulting“)
- N4 Stekutenie, priečne rozširovanie (angl. „lateral spreading“)
- N5 Dynamické zhutňovanie (seizmicky vyvolané usadzovanie pôdy)
- N6 Trvalý posun podlažia po zemetrasení

### Záplavy a hydrologické ohrozenia

- N7 Rázová záplava (angl. „flash flood“): zaplavenie kvôli miestnym extrémnym dažďom
- N8 Povodne spôsobené topením snehu
- N9 Záplavy v dôsledku zrážok mimo lokality z vôd nasmerovanými na lokalitu (vrátane riečnych záplav)
- N10 Vysoká podzemná voda
- N11 Povodne v dôsledku prekážok v riečnom koryte (po prúde alebo v prúde) v dôsledku zosuvov pôdy, ľadu, uviaznutím spôsobeným kmeňmi, úlomkami alebo sopečnou činnosťou)
- N12 Povodne vyplývajúce zo zmien v riečnom koryte v dôsledku erózie alebo sedimentácie, odklonu toku rieky
- N13 Povodne spôsobené veľkými vlnami vo vnútrozemskej vode vyvolané sopkami, zosuvom pôdy, lavínami alebo nárazom lietadlom na vodnú hladinu
- N14 Povodne a vlny spôsobené poruchou konštrukcií riadenia prietoku vody a zlyhaním regulácie vodného toku (zlyhanie hrádze, porucha hrádze) v dôsledku hydrologických alebo seizmických vplyvov
- N15 Vrtanie (angl. „bore“) (spôsobené príbojom)
- N16 Hladina mora: príliv, odliv
- N17 Hladina mora, jazera alebo rieky: vlny generované vetrom
- N18 Hladina mora: nárast spôsobený búrkou
- N19 Hladina mora: vplyv stavebných konštrukcií, ako sú ochrany proti príboju a móla
- N20 Korózia vyvolaná pôsobením slaných vôd
- N21 Nestabilita pobrežnej oblasti v dôsledku erózie alebo sedimentácie (morská a riečna)

**Meteorologické ohrozenia: extrémne hodnoty meteorologických javov**

- N22 Zrážky (dážď alebo sneh), obalenie snehom
- N23 Extrémne teploty vzduchu (vysoké a nízke)
- N24 Extrémy zemskej teploty (vysoké a nízke)
- N25 Extrémne teploty chladiacej vody (mora, jazera alebo rieky) (vysoké a nízke)
- N26 Vlhkosť (vysoká a nízka), extrémna vzdušná vlhkosť
- N27 Extrémny tlak vzduchu
- N28 Extrémne sucho vedúce k nízkym hladinám riek alebo jazier
- N29 Nízka spodná voda
- N30 Námraza (vrátane elektrických vedení)
- N31 Inovať (angl. „white frost“)
- N32 Krupobitie
- N33 Permafrost (t. j. trvalo zamrznutá povrchová voda v pôde)
- N34 Opakované zamŕzanie pôdy

**Meteorologické ohrozenia: zriedkavé meteorologické javy**

- N35 Blesk (vrátane elektromagnetického rušenia)
- N36 Silný vietor, búrka (vrátane hurikánu, tropického cyklónu, tajfún)
- N37 Tornádo
- N38 Atmosférický vodný vír (angl. „waterspout“)
- N39 Fujavica, snehová búrka
- N40 Piesková, prachová búrka
- N41 Soľný sprej, soľná búrka
- N42 Vetrom vyfúknutý odpad (vonkajšie strely)
- N43 Snehová lavína
- N44 Povrchový ľad na rieke, jazere alebo mori
- N45 Kašovitý ľad (angl. „frazil ice“)
- N46 Ľadové bariéry
- N47 Hmla, mrznúca hmla
- N48 Slnéčné erupcie, slnečné búrky, elektromagnetické rušenie

**Biologické javy, zamorenie**

- N49 Rast rias, biologické znečistenie
- N50 Rast kôrovcov alebo mäkkýšov (krevety, lastúrniky, mušle)
- N51 Ryby, medúzy
- N52 Letecké roje (hmyz, vtáky) alebo listy
- N53 Zamorenie hlodavcami a inými zvieratami
- N54 Biologické znečistenie (drevo, listie, tráva, atď.)
- N55 Mikrobiologická korózia

**Geologické javy**

- N56 Nestabilita svahu (zosuvy pôdy, pád skál vrátane meteorologických a seizmicky vyvolaných udalostí)
- N57 Zosuvy pôdy pod vodou/podmorské zosuvy pôdy, gravitačný tok (vrátane seizmicky vyvolaných udalostí)
- N58 Prúd drvin/ fragmentov, tok bahna (vrátane seizmicky vyvolaných udalostí)
- N59 Sadanie podložia (prírodné alebo umelé, ťažba surovín, ťažba zemného plynu, výroba ropy/ plynu)
- N60 Zdvihnutie podložia
- N61 Kras, vylúhovanie rozpustných hornín (vápenec, sadra, anhydrit, halit)
- N62 Zrútenie prírodných jaskýň a umelých dutín
- N63 Nestabilné pôdy (rýchle íly atď.)
- N64 Sopečné ohrozenie: javy, ktoré sa vyskytujú v blízkosti vulkanického centra
- N65 Sopečná ohrozenia: účinky sa rozširujú na oblasti vzdialené od vulkanického centra (mraky popola)
- N66 Výron metánu
- N67 Prírodné žiarenie
- N68 Pád meteoritov (zahŕňa iné účinky ako seizmické)

**Lesný požiar**

- N69 Lesný požiar, požiar, horiaci trávnik alebo rašelina