



ÚRAD
JADROVÉHO DOZORU
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

EDÍCIA

Bezpečnosť jadrových zariadení

2022

BN 3/2022

**Požiadavky na bezpečnosť jadrových zariadení vo vzťahu
k vonkajším ohrozeniam**

(2. vydanie – revidované a doplnené)

**Požiadavky na bezpečnosť jadrových zariadení vo vzťahu k vonkajším ohrozeniam
(2. vydanie – revidované a doplnené)**

Vydal Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
Neperiodická publikácia

Spracovateľ: Ing. Ján Husárček, CSc., riaditeľ odboru bezpečnostných analýz a technickej podpory
Gestor: Ing. Ján Husárček, CSc., riaditeľ odboru bezpečnostných analýz a technickej podpory
Recenzenti: Ing. Teodor Zajíček, Jadrová a vyraďovacia spoločnosť, a.s.
Ing. Marek Pavlík, Jadrová energetická spoločnosť Slovenska, a. s.
Mgr. Mojmír Pripko, PhD., Slovenské elektrárne, a.s.
JUDr. Martina Cigáneková, legislatívno-právny odbor, Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
Ing. Tibor Stojka, VUJE, a.s.

BN 3/2022
ISBN 978-80-89706-35-8
EAN 9788089706358

Bratislava, máj 2022

Anotácia

Tento bezpečnostný návod obsahuje a konkretizuje legislatívne požiadavky na preukazovanie bezpečnosti jadrových zariadení týkajúce sa prírodných nebezpečenstiev a človekom vyvolaných vonkajších ohrození. V návode sú zhrnuté požiadavky na identifikáciu, skríning a hodnotenie vonkajších ohrození, definovanie projektovej udalosti, ochranu lokality a jadrového zariadenia pred vonkajšími udalosťami, uvažovanie udalostí, ktoré sú závažnejšie ako projektové udalosti, monitorovanie parametrov vonkajších ohrození a na previerku špecifických vonkajších ohrození lokality.

hodnotenie, jadrový, lokalita, ochrana, prevádzka, projekt, udalosť, vonkajší

Abstract

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

assessment, design, event, external, nuclear, operation, protection, site

Obsah

Úvod.....	1
1 Predmet a účel	1
2 Rozsah platnosti	2
3 Použité skratky	3
4 Použité pojmy.....	3
5 Cieľ a rozsah hodnotenia.....	5
6 Identifikácia vonkajších ohrození	6
7 Skrining vonkajších ohrození.....	7
8 Hodnotenie vonkajších ohrození a jeho zdokumentovanie.....	9
8.1 Zber údajov a databázy na hodnotenie ohrození	12
8.2 Dynamický charakter ohrození.....	13
8.3 Riešenie neurčitostí.....	13
9 Definovanie projektových vonkajších udalostí a analýzy bezpečnosti	14
9.1 Príčinne súvisiace ohrozenia.....	14
9.2 Vierohodné kombinácie ohrození, ktoré príčinne nesúvisia.....	15
9.3 Parametre projektových udalostí	15
9.4 Analýzy bezpečnosti projektových udalostí	16
10 Uvažovanie vonkajších udalostí, ktoré sú závažnejšie ako projektové udalosti	18
10.1 Účel.....	18
10.2 Všeobecný prístup	19
10.3 Identifikácia rozumne dosiahnuteľných zlepšení	20
10.4 Definícia rezervy do vzniku nepriaznivej skokovej zmeny stavu	21
10.5 Odhad rezerv.....	21
11 Ochrana pred vonkajšími ohrozeniami	23
12 Kontrola, údržba a skúšky ochrany pred ohrozeniami	27
13 Monitorovanie parametrov lokality.....	27
14 Preverka vonkajších ohrození špecifických pre lokalitu.....	28
15 Zoznam literatúry	30
Príloha I. Zoznam prírodných nebezpečenstiev	35
Príloha II. Zoznam človekom vyvolaných vonkajších ohrození.....	38

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 činnosťou 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; sú označené modrým pruhom.

Obsahom tretej skupiny publikácií sú ostatné dokumenty z oblasti jadrovej bezpečnosti informatívneho charakteru; sú označené sivým 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 poznatkov. Pred ich vydaním a zverejnením sú schválené predsedom úradu.

Predmetná publikácia Požiadavky na bezpečnosť jadrových zariadení vo vzťahu k vonkajším ohrozeniam (2. vydanie – revidované a doplnené) je bezpečnostným návodom.

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.

Úvod

Vonkajšie ohrozenia majú pôvod mimo prevádzkového areálu jadrového zariadenia. Delia sa na prírodné nebezpečenstvá a človekom vyvolané ohrozenia. Prírodné nebezpečenstvá zahŕňujú široké spektrum prírodných javov vrátane seizmicko-tektonických javov (napríklad zemetrasenie), geologických javov (napríklad zosuv svahu, sadanie podložia, sopečná aktivita), meteorologických javov (napríklad extrémne teploty, zrážky, vietor, tornádo, blesky), hydrologických javov (napríklad záplavy), biologických javov a lesného požiaru. Človekom vyvolané vonkajšie ohrozenia zahŕňujú napríklad náraz lietadla, udalosti na blízkych priemyselných a dopravných zariadeniach, udalosti pri preprave, poruchy vo vonkajšej elektrickej sieti, elektromagnetickú interferenciu a epidémiu.

Vonkajšie ohrozenia buď jednotlivo alebo v kombinácii môžu vyvolať udalosti, ktoré by mohli súčasne ovplyvniť viaceré, ak nie všetky systémy, komponenty a konštrukcie dôležité z hľadiska bezpečnosti jadrového zariadenia alebo viaceré jadrové zariadenia v lokalite z dôvodu poruchy so spoločnou príčinou. Mohlo by dôjsť k zlyhaniu vykonávania základných bezpečnostných funkcií i k veľkému úniku rádioaktívnych látok. 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 pri lokalite s viacerými blokmi a najmä vtedy, keď sú systémy, komponenty a konštrukcie dôležité z hľadiska bezpečnosti spoločné pre viac blokov.

Vonkajšie ohrozenia môžu ovplyvniť aj 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.

Hodnotenie vonkajších ohrození predstavuje neoddeliteľnú súčasť preukazovania bezpečnosti jadrového zariadenia. Na ochranu existujúcich jadrových zariadení pred vonkajšími ohrozeniami treba 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 vonkajšie ohrozenia, ktoré sú ustanovené v § 4, § 5 a § 6 a v 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 neskorších predpisov /4/. Tieto požiadavky sú doplnené o referenčné úrovne WENRA /5/, pracovnej skupiny pre harmonizáciu požiadaviek na jadrovú bezpečnosť, položka TU – Prírodné nebezpečenstvá, ako aj o požiadavky prevzaté zo štandardu MAAE No. SSR-1, No. SSR-2/1 (Rev. 1) a No. GSR Part 4. Podkladom pri spracovaní tohto návodu bol dokument WENRA – Guidance Document, Issue TU: External Hazards Head Document /6/.

Návod obsahuje požiadavky na identifikáciu, skríning a hodnotenie vonkajších ohrození, definovanie projektových udalostí, analýzy bezpečnosti, ochranu prevádzkového areálu (lokality) a jadrového zariadenia pred projektovými udalosťami, uvažovanie udalostí, ktoré sú závažnejšie ako projektové, monitorovanie parametrov vonkajších ohrození, ako aj požiadavky na previerku vonkajších ohrození špecifických pre danú lokalitu.

Účelom tohto návodu je zhrnúť požiadavky na bezpečnosť jadrových zariadení, ktoré sa bezprostredne týkajú ochrany pred vonkajšími ohrozeniami 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) prvom bode 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/. Jeho použitie sa predpokladá v situáciách, 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 vonkajšími ohrozeniami, porovnať ju so správnou technickou praxou a identifikovať možné oblasti na zlepšenie.

Bezpečnostný návod môže byť primerane použitý aj pri umiestňovaní JZ a pri posudzovaní projektov nových JZ, ako aj pri iných JZ, ktoré neobsahujú jadrový reaktor.

Bezpečnostný návod sa nezaobera vonkajšími ohrozeniami typu epidémia, ani úmyselným zlomyseľným konaním (sabotáž).

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

Tento bezpečnostný návod je revidovaným a doplneným 2. vydaním bezpečnostného návodu ÚJD SR s názvom Požiadavky na bezpečnosť jadrových zariadení vo vzťahu k vonkajším ohrozeniam a v plnom rozsahu nahrádza BNS I.4.5/2018 Požiadavky na bezpečnosť jadrových zariadení vo vzťahu k prírodným rizikám.

Tento bezpečnostný návod sa vydáva bez časového obmedzenia.

3 Použité skratky

DEC	podmienky rozšíreného projektu (angl. Design Extension Conditions)
EOP	predpisy na riešenie núdzových stavov (angl. Emergency Operating Procedures)
HCLPF	vysoká dôvera s nízkou pravdepodobnosťou zlyhania (angl. High Confidence of Low Probability of Failure)
JZ	jadrové zariadenie
MAAE	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (angl. IAEA)
MCE	maximálna vierohodná udalosť (angl. Maximum Credible Event)
SAMG	návody na riadenie ťažkých havárií (angl. Severe Accident Management Guidelines)
SKK	systémy, komponenty a konštrukcie
RL	referenčná úroveň (angl. Reference Level)
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
WENRA	Asociácia jadrových dozorov krajín EÚ a Švajčiarska (angl. Western European Nuclear Regulator's Association)

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.

Človekom vyvolané vonkajšie ohrozenie je ohrozenie, ktoré sa vyskytuje v dôsledku ľudských aktivít a pri ktorých môže mať človek kontrolu nad ich veľkosťou a frekvenciou výskytu. Táto kontrola však nie je v rukách držiteľa povolenia (žiadateľa o povolenie).

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/nebezpečenstiev. 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).

Maximálna vierohodná udalosť (angl. Maximum Credible Event, MCE) je udalosť, o ktorej sa s vysokou mierou vierohodnosti predpokladá, že je najzávažnejšou udalosťou, aká sa môže vyskytnúť (teda že sa nemôže vyskytnúť udalosť s väčšou závažnosťou).

Nadprojektová havária je postulovaná havária s havarijnými podmienkami závažnejšími ako v projektovej nehode.

Nepriaznivá skoková zmena stavu (angl. cliff-edge effect) vzniká, keď malá zmena v nejakej podmienke (parameter alebo stav systému) vedie k neúmernému nárastu jej následkov (RL F3.1 f) /5/).

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

Podmienky rozšíreného projektu sú havarijné podmienky, ktoré nie sú uvažované pre projektové havárie, ale sú uvažované v procese projektovania JZ podľa realistickej metodiky a pri ktorých úniky rádioaktívnych látok neprekročia ustanovené limity. Podmienky rozšíreného projektu môžu zahrňovať aj podmienky ťažkých havárií (termín „podmienky rozšíreného projektu“ je prevzatý z bezpečnostného štandardu MAAE No. SSR-2/1 (Rev. 1)).

Prevádzkový areál (lokalita) je geografická oblasť obsahujúca JZ. Je ohraničená fyzickou bariérou na zabránenie neoprávnenému prístupu. V lokalite JZ vykonáva držiteľ povolenia svoju právomoc.

Prírodné nebezpečenstvá 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 ohrozenia môžu ohroziť bezpečnosť JZ.

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, napríklad po periodickom hodnotení.

Projektová udalosť (vonkajších ohrození) je taká vonkajšia udalosť alebo vierohodná kombinácia udalostí, ktorá je zohľadnená v projektovej báze jadrového zariadenia.

Vonkajšie ohrozenie je ohrozenie, ktoré nie je spojené s prevádzkou jadrového zariadenia ani s vykonávanou činnosťou, ale môže mať vplyv na bezpečnosť jadrového zariadenia alebo činnosti.

Zariadenie dôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti je konštrukcia, systém alebo komponent, ktorý je súčasťou bezpečnostnej skupiny alebo ktorého nesprávna funkcia alebo porucha môže viesť k ožiareniu pracovníkov alebo obyvateľstva.

5 Cieľ a rozsah hodnotenia

Požiadavky na hodnotenie vonkajších ohrození sú ustanovené v § 4, § 5 a § 6 a v Prílohe č. 3 časť B bod II. písm. E vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/ a § 9b vyhlášky č. 33/2012 Z. z. v znení neskorších predpisov /4/.

Vonkajšie ohrozenia zahŕňujú prírodné nebezpečenstvá a človekom vyvolané vonkajšie ohrozenia. Hodnotenie vonkajších ohrození predstavuje neoddeliteľnú súčasť preukazovania bezpečnosti jadrového zariadenia (JZ) vrátane preukázania bezpečnosti bazénu skladovania vyhoreného jadrového paliva (BSVP). Pokiaľ je to možné, treba hrozby vyplývajúce z vonkajších ohrození odstrániť alebo minimalizovať pri všetkých prevádzkových režimoch a stavoch JZ. Preukázanie bezpečnosti v súvislosti s vonkajšími ohrozeniami zahŕňa hodnotenie projektovej bázy vrátane podmienok rozšíreného projektu s cieľom identifikovať potreby a možnosti zvýšenia bezpečnosti JZ (RL TU1.1 /5/).

Podmienky rozšíreného projektu môžu vyplývať z vonkajších ohrození, ktoré presahujú ohrozenia zahrnuté do projektovej bázy alebo z udalostí vedúcich k podmienkam nezahrnutým do projektových udalostí.

Niektoré vonkajšie ohrozenia 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 treba uvažovať, že nevylučujúce sa vonkajšie ohrozenia 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 treba uvažovať, že nevylučujúce sa vonkajšie ohrozenia sa môžu vyskytovať súčasne s očakávanými prevádzkovými udalosťami a podmienkami projektových udalostí. Zvážiť by sa však mala kombinovaná pravdepodobnosť výskytu ohrození a podmienok, ktoré nie sú príčinné závislé, aby sa pri hodnotení bezpečnosti predišlo neprimeranému konzervativizmu.

Okrem vplyvu vonkajších ohrození na jadrové palivo v tlakovej nádobe reaktora treba uvažovať aj vplyv vonkajších ohrození na skladovanie vyhoreného jadrového paliva alebo na akýkoľvek iný rádioaktívny materiál v JZ.

Cieľom hodnotenia ohrození zahrnutých do projektu je overiť, či projekt JZ poskytuje dostatočnú bezpečnostnú rezervu na ochranu systémov, komponentov a konštrukcií, (SKK) dôležitých z hľadiska bezpečnosti pred vonkajšími ohrozeniami (odvodenými z vývoja

ohrození pre lokalitu) a na predchádzanie nepriaznivej skokovej zmeny stavu (No. SSR-2/1 (Rev. 1), ods. 5.21 /8/).

Tiež treba overiť, či projekt JZ poskytuje dostatočnú bezpečnostnú rezervu na ochranu prvkov, ktoré sú v konečnom dôsledku nevyhnutné na predchádzanie skorým rádioaktívnym únikom a veľkým rádioaktívnym únikom pri udalostiach spôsobených prírodnými nebezpečenstvami závažnejšími, ako sú uvažované v projekte JZ (odvodené z vývoja ohrození lokality) (No. SSR-2/1 (Rev. 1), ods. 5.21A /8/).

Hodnotenie má byť vykonané komplexne, systematickým, plánovaným a dokumentovaným spôsobom podľa požiadaviek manažérskeho systému (No. SSR-1, požiadavka č. 2 /7/). Riadenie kvality má pokrývať každú činnosť, ktorá môže ovplyvniť bezpečnosť alebo odvodenie projektových charakteristík lokality. Opatrenia na riadenie kvality majú byť konzistentné so stanovenými požiadavkami na kvalitu a ich aplikácia má byť primeraná bezpečnostnej významnosti vykonávanej činnosti.

Rozsah a úroveň podrobnosti hodnotenia má byť stanovená podľa odstupňovaného prístupu, v súlade s možným radiačným rizikom spojeným s JZ alebo činnosťou (No. GSR Part 4 (Rev. 1), ods. 4.23 /9/).

Preskúmaná má byť lokalita i okolie JZ (región) vzhľadom na charakteristiky, ktoré ovplyvňujú bezpečnosť JZ, a možný rádiologický vplyv JZ na ľudí a životné prostredie (No. SSR-1, požiadavka č. 5 /7/). Veľkosť preskúmaného regiónu má byť určená pre každé z vonkajších ohrození, pričom sa zohľadňuje intenzita potenciálneho ohrozenia a vzdialenosť od jeho zdroja. Pri vybraných prírodných nebezpečenstvách treba určiť dostatočne veľký región, tak aby bolo možné zahrnúť dosah ohrození (napríklad sopky). Lokalitu (región) treba preskúmať nielen z hľadiska súčasných, ale aj z hľadiska predvídateľných budúcich charakteristík (napríklad zmena klímy), ktoré môžu ovplyvniť bezpečnosť JZ. To zahŕňa potenciálne zmeny v intenzite i frekvencii výskytu prírodných nebezpečenstiev.

6 Identifikácia vonkajších ohrození

Identifikovať treba všetky predvídateľné vonkajšie ohrozenia, ktoré by mohli ovplyvniť lokalitu (región) JZ vrátane akýchkoľvek súvisiacich nebezpečenstiev (napríklad zemetrasenia a nimi následne spôsobené prílivové vlny alebo nestabilita podložia JZ, či náhodný náraz lietadla s následným požiarom). Úplnosť zoznamu vonkajších ohrození a ich významnosť pre danú lokalitu JZ treba zdôvodniť (RL TU2.1 /5/).

Úmyselné ohrozenia spôsobené človekom (napríklad v dôsledku sabotáže alebo záškodníckych činov) sú vylúčené z tohto návodu. Porušenie niektorých človekom vytvorených diel (napríklad hrádzí) alebo ľudská činnosť (napríklad ťažba nerastných surovín) však môžu vyvolať alebo prispieť k ohrozeniam s podobnými účinkami ako majú prírodné nebezpečenstvá, a teda majú byť do identifikácie vonkajších ohrození zahrnuté.

Základnou činnosťou pri hodnotení vonkajších ohrození je identifikácia tých ohrození, ktoré by mohli ovplyvniť bezpečnosť JZ. Identifikovať však treba i tie nebezpečenstvá, ktoré ohrozujú zariadenia susediace s JZ, čo následne ohrozuje aj dané JZ. Na identifikáciu a charakterizovanie vonkajších ohrození sa používa štruktúrovaný a zdokumentovaný proces.

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

Vonkajšie ohrozenia zahŕňujú aspoň (RL TU2.2 /5/):

- a) geologické javy,
- b) seizmicko-tektonické javy,
- c) meteorologické javy,
- d) hydrologické javy,
- e) biologické javy,
- f) vonkajší požiar,
- g) náhodný náraz alebo pád lietadla,
- h) udalosti na blízkych priemyselných a dopravných zariadeniach,
- i) udalosti pri preprave,
- j) poruchy vo vonkajšej elektrickej sieti a elektromagnetická interferencia.

V Prílohe I. tohto návodu je uvedený zoznam typov prírodných javov, ktorý možno použiť ako východisko na identifikáciu prírodných nebezpečenstiev. V Prílohe II. tohto návodu je zoznam typov človekom vyvolaných vonkajších ohrození, ktorý možno použiť ako východisko na identifikáciu človekom vyvolaných vonkajších ohrození.

Výstupom z identifikácie vonkajších ohrození je zoznam vonkajších ohrození špecifických pre posudzovanú lokalitu, ktoré môžu potenciálne ovplyvniť bezpečnosť JZ na lokalite, bez ohľadu na ich závažnosť, frekvenciu/pravdepodobnosť výskytu alebo bezpečnostný vplyv, ktorý môžu mať na JZ. Zdôvodnená má byť úplnosť zoznamu vonkajších ohrození a ich významnosť pre dané JZ.

Proces identifikácie ohrození treba zdokumentovať.

7 Skrining vonkajších ohrození

Požiadavka na identifikáciu potenciálnych vonkajších ohrození špecifických pre lokalitu s využitím skriningu je uvedená v štandarde MAAE (No. SSR-1, požiadavka č. 6) /7/. To zahŕňa prírodné javy, človekom vyvolané udalosti a aktivity, ktoré môžu ovplyvniť lokalitu.

Vonkajšie ohrozenia, ktoré boli identifikované ako potenciálne ovplyvňujúce lokalitu JZ, môžu byť vylúčené na základe toho, že nie sú schopné spôsobiť (alebo že nepredstavujú) fyzickú hrozbu alebo že sú extrémne nepravdepodobné s vysokým stupňom vierohodnosti. Pozornosť treba venovať tomu, aby v rámci skriningu neboli z hodnotenia vylúčené tie

ohrozenia, ktoré v kombinácii s inými ohrozeniami¹ môžu predstavovať nebezpečenstvo pre JZ. Proces skrínungu má byť založený na konzervatívnych predpokladoch. Argumenty na podporu skrínungu treba zdôvodniť (RL TU3.1 /5/) a zdokumentovať.

Príkladom ohrozenia, ktoré nepredstavuje hrozbu, je prílivová vlna, keď je JZ umiestnené vo vnútrozemí v dostatočne veľkej vzdialenosti od zdroja prílivovej vlny alebo ide o udalosť na zariadeniach dostatočne vzdialených od lokality.

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. Skrínung by nemal byť založený iba na splnení všeobecnej pravdepodobnostnej skrínungovej hodnoty.

Príkladom ohrozenia, ktoré je považované za extrémne nepravdepodobné s vysokou mierou vierohodnosti, je vytvorenie ľadového štítu v oblasti Stredozemného mora v súčasnosti. Častejšie sa vyskytujúce prírodné javy ako napríklad 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 by sa mohli vyskytnúť spolu s extrémami iných javov. Takéto javy treba identifikovať a zahrnúť do procesu skrínungu a do hodnotenia špecifického prírodného ohrozenia danej lokality. Môže sa stať, že držiteľ povolenia (žiadateľ o povolenie) nemá dostatočné informácie o závažnosti alebo frekvencii ohrozenia zo zariadení mimo lokality. Riziko z týchto zariadení by sa však nemalo vylúčiť len na základe pravdepodobnostných kritérií.

Ohrozenie môže byť vylúčené z ďalšieho hodnotenia, ak všetky jeho potenciálne následky sú obálkovo prekryté iným analyzovaným ohrozením.

Proces a kritériá skrínungu vonkajších ohrození majú byť v súlade s bezpečnostnými cieľmi hodnotenia lokality. Treba ich zdôvodniť a zdokumentovať. Kritériá použité v procese skrínungu môžu byť kvantitatívne i kvalitatívne.

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

Výsledkom skrínungu má byť zoznam vonkajších ohrození špecifických pre danú lokalitu, ktoré treba ďalej hodnotiť a použiť pri stanovení projektových parametrov alebo pri prehodnotení lokality v súlade s ich vplyvom na bezpečnosť, pretože buď samostatne, alebo v kombinácii s inými ohrozeniami predstavujú potenciálne nebezpečenstvo pre JZ.

¹ Iné ohrozenia môžu zahŕňať ďalšie prírodné ohrozenia, vnútorné ohrozenia alebo ohrozenia spôsobené človekom. Zohľadniť treba i následné ohrozenia a príčinné súvisiace ohrozenia, ako aj náhodné kombinácie pomerne častých ohrození.

8 Hodnotenie vonkajších ohrození a jeho zdokumentovanie

Počas životnosti JZ má byť hodnotený vplyv prírodných a človekom vyvolaných vonkajších ohrození na bezpečnosť JZ (No. SSR-1, požiadavka č. 7 /7/). Rozsah hodnotenia má byť primeraný bezpečnostnej významnosti ohrozenia v lokalite.

Hodnotenie nebezpečnosti všetkých vonkajších ohrození, ktoré neboli vylúčené pri skríningu, sa robí pomocou deterministických a pravdepodobnostných metód, pokiaľ je to možné, pričom je zohľadnený súčasný stav poznatkov 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 možné (RL TU3.2 /5/). Hodnotenie geologického a seizmického zaťaženia lokality musí obsahovať pravdepodobnostnú analýzu seizmického ohrozenia lokality (§ 4 ods. 1 písm. a) vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/).

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 prírodného ohrozenia je špičkové zrýchlenie podlažia pri zemetrasení, rýchlosť vetra, teplota, výška hladiny pri povodni, či trvanie ohrozenia. Príkladom ohrozenia spôsobeného ľudskou činnosťou je tlaková vlna spôsobená výbuchom, tepelný tok, či uvoľnenie nebezpečných tekutín.

Dlhšie trvanie niektorých vonkajších ohrození môže zvýšiť ich závažnosť, čo treba prešetriť. Napríklad dlhodobé zrážky zvyšujúce hladinu podzemných vôd môžu následne ovplyvniť hladinu povrchovej vody a stupeň povodne alebo priemyselný požiar s evakuáciou okolitých oblastí môže ovplyvniť prevádzku zariadenia.

Ak je to možné, určí sa maximálna vierohodná závažnosť ohrozenia (RL TU3.2 /5/). Maximálna vierohodná závažnosť ohrozenia (maximálna vierohodná udalosť) môže pomôcť zdefinovať projektovú udalosť v prípadoch, keď sú pravdepodobnostné metódy hodnotenia daného ohrozenia spojené s veľkými neurčitostami. Tiež môže poskytnúť užitočný pohľad do oblasti nadprojektových havárií alebo obmedziť uvažovanú závažnosť ohrozenia pri jeho extrapolácii do veľmi nízkych frekvencií výskytu.

Pri niektorých ohrozeniach sa nedá 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. V prípade, že držiteľ povolenia (žiadateľ o povolenie) nemá dostatočné informácie o vzťahu medzi závažnosťou a frekvenciou udalosti vyvolanou ľudskou činnosťou, mala by sa uvažovať maximálna fyzikálne možná udalosť.

Stanoviť maximálne vierohodnú udalosť alebo maximálnu fyzikálne možnú udalosť je pre mnoho ohrození veľmi náročné, obzvlášť pri niektorých prírodných nebezpečenstvách. V prípadoch, keď nie je k dispozícii plne zavedený vedecký proces hodnotenia ohrození (napríklad 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 výberu určitého stupňa ohrozenia by mali byť dôkladne zdokumentované. Praktickejšie môže byť odhadnúť rozsah rizika než jeho bodovú hodnotu.

Pri hodnotení ohrozenia treba uplatniť tieto zásady (RL TU3.3 /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 JZ,
- c) použité metódy a predpoklady treba zdôvodniť a posúdiť neurčitosti, ktoré ovplyvňujú výsledky hodnotenia ohrozenia.

Hodnotenie ohrození má zväžiť možnosť, že vonkajšie udalosti sa vyskytnú súčasne alebo v krátkom časovom rámci (napríklad topiaci sa sneh a dážď, námraza a vietor). Hodnotenému majú byť vzájomné vzťahy a príčinné súvislosti medzi vonkajšími udalosťami (No. SSR-1, ods. 4.25 /7/).

Pri hodnotení záplav treba na odvodenie záplavových charakteristík lokality vrátane sekundárnych efektov ako plávajúce trosky, ľad a nánosy sedimentov, použiť vhodné meteorologické, hydrologické a hydraulické modely.

Výsledky hodnotenia ohrození majú byť vyjadrené v termínoch, ktoré sa dajú použiť na odvodenie špecifických projektových parametrov lokality, to znamená, že sa vyberú alebo vyvinú vhodné parametre na opísanie závažnosti účinkov ohrozenia (No. SSR-1, ods. 4.26 /7/).

Pri hodnotení lokality treba uvažovať s možnosťou explózie, úniku chemických látok a/alebo tepelného úniku, čo by mohlo ovplyvniť bezpečnosť JZ alebo rozptýl rádioaktívnych látok (No. SSR-1, ods. 4.27 /7/).

Zohľadniť treba aj potenciál interakcií medzi rádioaktívnymi a nerádioaktívnymi látkami, ako sú interakcie spôsobené teplom alebo chemikáliami v kvapalných odpadových vodách (No. SSR-1, ods. 4.28 /7/).

Pri hodnotení treba posúdiť potenciál prírodných nebezpečenstiev a človekom vyvolaných vonkajších ohrození ovplyvniť viacero JZ v tej istej lokalite, ako aj JZ v susednej lokalite (No. SSR-1, požiadavka č. 9 /7/). To zahrňuje aj posúdenie potenciálu, že JZ ohrozí iné JZ nachádzajúce sa v tej istej alebo inej lokalite (No. SSR-1, ods. 4.32).

Hodnotenému majú byť potenciálne zmeny vonkajších ohrození a charakteristík lokality v čase a vplyv týchto zmien na bezpečnosť (No. SSR-1, požiadavka č. 10 /7/) alebo na

plánovanie havarijnej odozvy. To môže zahrňovať zmenu klímy, ale aj zmeny v hustote leteckej premávky, rozložení obyvateľstva, využívaní okolitej krajiny a vody, či rozvoj iných JZ (pozri tiež kapitolu 8.2 Nestacionárne ohrozenia).

Pri hodnotení vonkajších ohrození pri JZ, ktoré si vyžadujú odvod tepla do okolia, treba brať do úvahy ohrozenia, ktoré by mohli ovplyvniť dostupnosť a spoľahlivosť konečného odvodu tepla (No. SSR-1, požiadavka č. 11 /7/). Identifikované a vyhodnotené majú byť všetky prírodné nebezpečenstvá a človekom vyvolané vonkajšie ohrozenia, ktoré môžu spôsobiť stratu konečného odvodu tepla. Pre hodnotenie dostupnosti konečného odvodu tepla treba využiť údaje: vlhkosť a teplota vzduchu, hĺbka a teplota vody, kvalitatívne vlastnosti vodných telies (miešanie vody, pevné častice, plávajúce trosky, chemické a biologické vlastnosti vrátane prírodných a človekom vyvolaných zmien), dostupnosť a udržateľnosť toku v rieke, minimum a maximum hladiny, časové trvanie minima hladiny pre bezpečnostne významné zásoby chladiacej vody, ako aj možnosť zlyhania vodných stavieb.

Hodnotenie vonkajších ohrození treba zdokumentovať a udržiavať aktuálne. Dokumentácia hodnotenia má preukazovať splnenie príslušných ustanovení všeobecne záväzných právnych predpisov týkajúcich sa umiestnenia JZ (§ 4 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/), stanovenia charakteristík vonkajších ohrození ovplyvňujúcich bezpečnosť JZ (štandard MAAE No. SSR-1, súbor požiadaviek) ako aj ustanovení týkajúcich sa rozsahu/obsahu bezpečnostnej správy JZ (§ 2 ods. 2, § 4 písm. a), § 8 a § 19 ods. 2 písm. g) 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/). Dokumentácia má poskytnúť podporu na posúdenie primeranosti ochrany JZ pred vonkajšími ohrozeniami a na pravidelné preskúmavanie bezpečnosti JZ.

Informácia sprístupnená dozornému orgánu, aby mohol vykonané hodnotenie vonkajších ohrození preveriť, má byť podrobná, preukazná, zrozumiteľná a prehľadná. Má obsahovať analytické a experimentálne dôkazy, dôkazy z vykonaných skúšok zariadení a materiálov, dôkazy o kvalifikácii zariadení. Má umožňovať jej nezávislú previerku. Má zahrňovať opis databáz údajov, predpokladov a metodiky hodnotenia, postupov, použitých analytických nástrojov, vyvinutých matematických modelov, dosiahnutej úrovne ich overenia a potvrdenia, kvalifikácie analytikov, použitých programov systému manažérstva kvality, opisu prieskumov rôzneho druhu, experimentov, testov, skúšok a odoberaných vzoriek, ako aj výsledkov hodnotenia vonkajších ohrození. Tam, kde je to požadované, sú uvedené odkazy na použité referenčné dokumenty.

Špecifické požiadavky MAAE na hodnotenie prírodných nebezpečenstiev sú v štandarde No. SSR-1, požiadavka č. 15 až požiadavka č. 22 /7/. Odporúčania na spôsob hodnotenia jednotlivých typov prírodných nebezpečenstiev sú v štandardoch No. SSG-9 /13/, No. SSG-18 /14/, No. SSG-21 /15/, No. SRS-85 /19/, No. SRS-89 /20/ a No. NS-G-3.6 /11/.

Špecifické požiadavky MAAE na hodnotenie človekom vyvolaných vonkajších ohrození sú uvedené v štandarde No. SSR-1, požiadavka č. 24 /7/; príslušné odporúčania MAAE sú v štandarde No. NS-G-3.1 /10/.

Špecifické požiadavky MAAE na uvažovanie podmienok, ktoré môžu ovplyvniť odvod zostatkového tepla do okolia, sú v štandarde No. SSR-1, požiadavka č. 11 /7/.

8.1 Zber údajov a databázy na hodnotenie ohrození

Zozbierať treba údaje potrebné na hodnotenie prírodných nebezpečenstiev a človekom vyvolaných vonkajších ohrození, ako aj na hodnotenie vplyvu okolia na bezpečnosť JZ a vplyvu JZ na zamestnancov, obyvateľstvo a okolie JZ (No. SSR-1, požiadavka č. 14 /7/).

Údaje majú byť aktuálne a treba ich zbierať počas celej živosti JZ. Dôraz treba klásť na údaje špecifické pre lokalitu.

Rozsah a ciele procesu zberu údajov majú vychádzať z bezpečnostného cieľa na hodnotenie lokality a majú byť úmerné riziku, ktoré predstavuje JZ pre zamestnancov, obyvateľstvo a životné prostredie (No. SSR-1, ods. 4.45 /7/).

Informácie a záznamy o výskyte a závažnosti dôležitých pravekých, historických a nedávnych prírodných javov, ak sú k dispozícii, treba získať podľa potreby na hodnotenie ohrozenia a analyzovať ich spoľahlivosť, presnosť, časový a priestorový význam a úplnosť (No. SSR-1, ods. 4.47 /7/).

Údaje treba udržiavať a pravidelne preskúmať podľa potreby a aspoň v rámci periodického hodnotenia jadrovej bezpečnosti JZ, napríklad so zameraním sa na vývoj v technikách zhromažďovania údajov, analýzach a použití údajov a na potvrdenie, že údaje zostávajú v platnosti pre lokalitu v kontexte vyvíjajúcich sa ohrození (No. SSR-1, ods. 4.48 /7/).

Údaje zozbierané na účely hodnotenia lokality majú mať dostatočnú kvalitu a kvantitu, aby podporovali zvolenú metodiku hodnotenia ohrozenia (No. SSR-1, ods. 4.49 /7/).

Podrobnosti o informáciách zozbieraných o každom ohrození majú byť primerané vzdialenosti medzi zdrojom ohrozenia a lokalitou a potenciálnemu vplyvu na lokalitu. Zdroje neurčitostí týkajúcich sa zberu údajov treba zdokumentovať (No. SSR-1, ods. 4.50 /7/).

Údaje 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, napríklad paleoseizmológia alebo akékoľvek ďalšie geologické a geofyzikálne prieskumy,
- e) štatistické údaje.

Databáza špecifických údajov danej lokality by mala byť čo najrozsiahlejšia, aby zahŕňala čo najviac údajov. Pozornosť by mala byť zameraná aj na pochopenie mier neurčitostí súvisiacich s údajmi. Mieru neurčitosti možno zvyčajne znížiť získaním nových údajov. Niekedy môže byť nedostatok spoľahlivých údajov z danej lokality/regiónu. V takomto prípade možno na zníženie neurčitostí hodnotenia posudzovaného ohrozenia použiť údaje z oblastí, ktoré majú podobné charakteristiky vzhľadom na posudzované prírodné ohrozenie.

Na hodnotenie človekom vyvolaných vonkajších ohrození JZ možno použiť údaje z rôznych zdrojov (vnútroštátnych alebo medzinárodných) a porovnateľných činností, aby bol k dispozícii dostatočne veľký štatistický súbor údajov na dosiahnutie ich spoľahlivosti.

Zahrnuté sú geografické, geologické, seizmologické, hydrologické a meteorologické údaje z lokality JZ a okolitého regiónu súvisiace s prírodnými ohrozeniami, ako aj údaje súvisiace s človekom vyvolanými vonkajšími ohrozeniami relevantnými pre lokalitu JZ.

Obsiahnuté sú tiež informácie o rádiologických rozptylových charakteristikách lokality a okolia JZ, súčasnom a predpokladanom rozložení obyvateľstva, využívaní pôdy a vody.

8.2 Dynamický charakter ohrození

Niektoré charakteristiky prírodných nebezpečenstiev sa môžu s časom meniť v dôsledku vývoja a zmien súvisiacich prírodných javov, napríklad klimatických zmien, stúpanie hladiny mora, zníženie prietoku a kvality vody v riekach 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. Niektoré 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.

Človekom vyvolané vonkajšie ohrozenia sa môžu meniť v dôsledku vývoja súvisiacich činností, nad ktorými spravidla nemá držiteľ povolenia (žiadateľ o povolenie) žiadnu kontrolu. Držiteľ povolenia (žiadateľ o povolenie) by však mal sledovať zmeny týkajúce sa rizika a podľa toho aktualizovať jeho hodnotenie.

8.3 Riešenie neurčitostí

Posúdenie vonkajšieho ohrozenia je komplexný a náročný proces. Časové úseky pozorovaných udalostí sú často krátke v porovnaní s periódami návratu udalostí, ktoré sa získajú výpočtom. Rovnako je často ťažké určiť mieru príčinnej súvislosti medzi udalosťami. Na zabezpečenie vierohodnosti vypočítaných výstupných hodnôt preto treba spracovať a začleniť neurčitosti do hodnotenia a všetko náležite zdokumentovať.

Pri posudzovaní ohrozenia sa objavujú rôzne typy neurčitostí. Neurčitosti možno analyzovať rôznymi metódami, ako sú napríklad analýzy citlivosti, logické stromy a simulácie

Monte Carlo a riešiť ich rôznymi spôsobmi, napríklad zberom dodatočných údajov alebo používaním odborného posúdenia.

Ak sa použije štatistický model, tak náhodné neurčitosti (tzv. aleatorné neurčitosti) sa okrem iného týkajú vstupných údajov, štatistickej analýzy, výberu štatistického modelu, veľkosti alebo reprezentatívnosti dostupnej štatistickej vzorky.

Na zníženie neurčitostí poznania (tzv. 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 vonkajších udalostí a analýzy bezpečnosti

Projektové udalosti majú byť odvodené z hodnotenia špecifických ohrození danej lokality (RL TU4.1 /5/). Tie predstavujú buď individuálne vonkajšie ohrozenia, alebo kombinácie ohrození (príčinne súvisiace alebo nesúvisiace) (kombinácia účinkov prírodných podmienok – pozri Prílohu č. 3 časť B. bod I. písm. H. ods. 10 a písm. 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 ohrozenia možno identifikovať zo schémy krížovej matice, ktorá je založená na zozname špecifických ohrození danej lokality vytvoreného počas skríningu ohrození.

Rozlišujú sa nasledujúce typy príčinných vzťahov:

- a) Riziko A môže vyvolať riziko B (napríklad zemetrasenie – stekutenie pôdy alebo zemetrasenie – zosuv pôdy, náraz lietadla – požiar paliva, zemetrasenie – priemyselný požiar). Takéto príčinné súvislosti prírodných nebezpečenstiev môžu byť obmedzené ďalšími podmienkami: napríklad 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 (napríklad 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 pre lokalitu treba uvažovať viac ako jedno nezávislé vonkajšie ohrozenie, ktoré sa vyskytujú súčasne. Kombinácie nezávislých ohrození by sa mali pozorne zväziť tam, kde sa vyskytujú časté vonkajšie javy s podobnými vplyvmi na JZ. Analýza pravdepodobnosti takýchto kombinácií ohrození by mala brať do úvahy trvanie ohrozenia. Súčasné uvažovanie dvoch nezávislých ohrození s nízkou frekvenciou výskytu sa považuje za neprimerané.

9.3 Parametre projektových udalostí

Frekvencia prekročenia projektových záťaží (RL TU4.2 /5/) má byť dostatočne nízka, aby zabezpečila vysoký stupeň ochrany JZ pred vonkajšími ohrozeniami. Pre každú projektovú udalosť sa má použiť hodnota frekvencie, ktorá nie je vyššia ako 1×10^{-4} za rok². Ak nie je možné túto pravdepodobnosť vypočítať s prijateľnou mierou presnosti, tak sa vyberie a odôvodní udalosť tak, aby sa dosiahla ekvivalentná úroveň bezpečnosti. V špecifickom prípade seizmického zaťaženia sa ako minimum použije hodnota horizontálneho špičkového zrýchlenia na povrchu terénu 0,1 g (kde "g" je zrýchlenie spôsobené gravitáciou)³, a to aj vtedy, ak by jeho frekvencia prekročenia bola nižšia ako 1×10^{-4} za rok. V prípade náhodného nárazu lietadla alebo tlakovej vlny spôsobenej výbuchom treba tiež definovať projektovú udalosť na zabezpečenie minimálnej ochrany JZ.

Rôzna kvalita a rôzne množstvo dostupných údajov pre rôzne ohrozenia znamená, že pre stanovenie parametrov rôznych projektových udalostí je potrebný iný prístup.

Ak existuje pravdepodobnostný model na vymedzenie vzťahu medzi závažnosťou a frekvenciou výskytu rizika, tak parametre projektovej udalosti sa vyberajú z udalosti s frekvenciou prekročenia, ktorá nie je vyššia ako 1×10^{-4} za rok a s náležitým zohľadnením neurčitostí. Očakáva sa, že sa použije vyššia úroveň vierohodnosti než stredná (medián) krivka ohrozenia⁴. Vo väčšine prípadov je frekvencia prekročenia projektovej udalosti spojená s jedným parametrom, akým je napríklad rozliatie rieky pri povodni. 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 prislúchajúcej frekvencii 10^{-4} za rok pokiaľ neexistuje jasná korelácia; výsledná frekvencia (výsledok konvolúcie) by sa mala preskúmať.

² Podľa súčasnej praxe niekoľko krajín WENRA vyžaduje pri človekom vyvolaných ohrozeniach existujúcich JZ hodnotu nižšiu ako 1×10^{-4} za rok a niektoré krajiny to vyžadujú aj pri prírodných ohrozeniach.

³ Výber minimálneho seizmického zaťaženia 0,1 g vyplýva z § 4 ods. 2 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z., štandardu MAAE No. SSG-9 a referenčných úrovní WENRA, položka TU.

⁴ V štandarde MAAE No. SSG-67 sa odporúča použiť pre stanovenie parametrov projektového zemetrasenia priemernú (angl. mean) krivku ohrozenia.

Pri ohrozeniach vyvolaných človekom sa očakáva, že hodnota frekvencie ich výskytu bude výrazne pod 1×10^{-4} za rok.

Tam, kde nie je možné vytvoriť vhodný pravdepodobnostný model, napríklad pre nedostatočné údaje alebo neschopnosť modelu extrapolovať na nízke 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.

Parametre projektových udalostí prírodných nebezpečenstiev treba porovnať s príslušnými historickými údajmi, aby sa overilo, či sú historické extrémne udalosti pokryté projektovou bázou s dostatočnou rezervou (RL TU4.3 /5/).

Každá projektová udalosť (individuálne vonkajšie ohrozenie alebo kombináciu ohrození) má mať definované projektové parametre, ktoré náležite zohľadňujú výsledky hodnotenia rizika. Hodnoty parametrov majú byť stanovené konzervatívne a poskytovať základ na preukazovanie bezpečnosti JZ (RL TU4.4 /5/). Projektové parametre by mali byť ľahko použiteľné na inžinierske úsudky. Mali by obsahovať parametre, ako je spektrálne zrýchlenie, výška hladiny, tlak, teplota a prietoky, tlaková vlna spôsobená výbuchom, tepelný tok, uvoľnenie nebezpečných tekutín a pod., ako aj dĺžku ich trvania.

Pri niektorých ohrozeniach možno definovať niekoľko súborov parametrov. Napríklad pri vetre, kde je definovaný tlak vetra pri rôznych dĺžkach trvania (trvalý vietor a nárazy vetra) alebo pri vysokej či nízkej teplote, kde sú definované extrémne teplôt pri rôznych dĺžkach trvania.

Odporúčaný postup a prístup k stanoveniu projektových zaťažení vonkajších udalostí je uvedený v štandarde MAAE No. SSG-67, kapitola 3 /16/ a No. SSG-68 kapitola 3 /17/.

9.4 Analýzy bezpečnosti projektových udalostí

Projekt musí zahŕňať analýzy odozvy JZ na projektové nehody (udalosti). Tie zahŕňajú minimálne tieto vonkajšie postulované iniciačné udalosti (Príloha č. 3 časť B. bod II. písm. E. ods. 2 písm. a), b) a c) 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, náraz lietadla a vplyv ľudskej činnosti a priemyselných aktivít vrátane výbuchov v blízkosti JZ.

Pri identifikovaných havarijných scenároch treba vyhodnotiť aj kombinovaný účinok viacerých súčasne haváriou postihnutých JZ v lokalite alebo susedných JZ na ľudí a životné prostredie (No. SSR-1, ods. 4.33 /7/), § 9b ods. 2) písm. d) vyhlášky č. 33/2012 Z. z. v znení neskorších predpisov /4/).

V rámci stanovenia možného rádiologického vplyvu JZ na okolie treba pre prevádzkové stavy a havarijné podmienky JZ vrátane havárií oprávňujúcich havarijnú odozvu, odhadnúť

únik rádioaktívnych látok. Zohľadnené sú pri tom projektové a bezpečnostné charakteristiky JZ (No. SSR-1, požiadavka č. 12 /7/, tiež aj Príloha č. 3 časť B. bod II. písm. E. vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/).

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

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

Treba preukázať, že projekt JZ poskytuje dostatočnú bezpečnostnú rezervu na ochranu konštrukcií, systémov a komponentov (KSK) dôležitých z hľadiska bezpečnosti pred vonkajšími ohrozeniami (odvodenými z vývoja ohrození pre lokalitu) a na predchádzanie nepriaznivej skokovej zmeny stavu (No. SSR-2/1 (Rev. 1), ods. 5.21 /8/).

Treba tiež preukázať, že projekt JZ poskytuje dostatočnú bezpečnostnú rezervu na ochranu prvkov, ktoré sú v konečnom dôsledku nevyhnutné na predchádzanie skorým rádioaktívnym únikom a veľkým rádioaktívnym únikom pri udalostiach spôsobených prírodnými ohrozeniami závažnejšími ako sú uvažované v projekte JZ (odvodené z vývoja ohrození pre lokalitu) (No. SSR-2/1 (Rev. 1), ods. 5.21A /8/).

Odporúčania MAAE na seizmické analýzy, vykonávané v dvoch nadväzujúcich krokoch, sú v štandarde No. SSG-67, kapitola 5 /16/. V analýzach treba uvažovať kombináciu seizmického zaťaženia s inými zaťažzeniami vrátane zaťaženia od tiaže snehu (štandard No. SSG-67, ods. 5.32 a 5.33).

Odporúčaný prístup MAAE k stanoveniu seizmických bezpečnostných rezerv v projekte JZ, dostatočnosť seizmických bezpečnostných rezerv a postupy/metódy na hodnotenie seizmických bezpečnostných rezerv sú štandarde No. SSG-67, kapitola 7 /16/. Špecifické odporúčania MAAE na stanovenie bezpečnostných rezerv v projekte JZ pri vonkajších udalostiach iných ako zemetrasenie a ich hodnotenie sú v štandarde No. SSG-68 /17/.

Na hodnotenie bezpečnostných rezerv sa používa deterministický a pravdepodobnostný prístup. Pravdepodobný prístup by mal poskytovať najlepší odhad úrovne podmienok zaťaženia, pri ktorých je možné naďalej plniť príslušné bezpečnostné funkcie JZ. Deterministický prístup by mal poskytovať konzervatívne hodnoty, pri ktorých existuje vysoká istota, že príslušné bezpečnostné funkcie pre JZ budú splnené.

Pri pravdepodobnostnom prístupe by najlepšia odhadovaná hodnota mala byť definovaná strednou alebo priemernou hodnotou podmienok zaťaženia. Najlepšia odhadovaná hodnota by sa mala vypočítať na základe úplných pravdepodobnostných modelov podmienok zaťaženia, reakcie zariadenia a kapacity SKK dôležitých pre bezpečnosť. Najlepšia odhadovaná hodnota by sa mala konvolovať v rozsahu hodnôt alebo byť odvodená ako bodový odhad pomocou jednoduchého modelu najlepšieho odhadu, v ktorom je stav zaťaženia definovaný ako stredná

alebo priemerná hodnota a všetkým parametrom JZ sú priradené ich najlepšie odhadované hodnoty.

V deterministickom prístupe by sa mala definovať metrika na hodnotenie bezpečnostnej rezervy. Jeden taký prístup používa parameter HCLPF⁵ – vysoká dôvera s nízkou pravdepodobnosťou zlyhania. Tento prístup sa bežne používa pri posudzovaní seizmických rezerv a je uvedený v štandarde MAAE No. SSG-67 /16/ a No. NS-G-2.13 /12/. V praxi sa používajú rôzne metódy výpočtu parametra HCLPF.

10 Uvažovanie vonkajších udalostí, ktoré sú závažnejšie ako projektové udalosti

Udalosti závažnejšie než udalosti uvažované v projekte treba 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 vierohodnosťou považovať za veľmi nepravdepodobný (RL TU6.1 /5/).

10.1 Účel

Stanovenie projektovej bázy vonkajších ohrození na základe frekvencie prekročenia znamená, že výskyt vonkajších ohrození presahujúcich projektovú bázu nemožno vo všeobecnosti vylúčiť. Ak je projektová báza vytvorená na základe iných metód (napríklad stanovenie udalostí a podmienok vyvolaných nárazom lietadla), tak tiež treba zohľadniť aj možnosť výskytu závažnejšej udalosti, ako je začlenená do projektovej bázy. Analýza vonkajších udalostí presahujúcich projektovú bázu by sa mala urobiť z viacerých dôvodov:

- a) zabezpečiť, aby vonkajšie ohrozenia 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 vonkajšieho ohrozenia k potenciálne závažnému poškodeniu/taveniu jadrového paliva a veľkým únikom; to si vyžaduje odhad kapacity JZ vzhľadom na jednotlivé vonkajšie ohrozenia, ďalej odhad frekvencie výskytu vonkajšieho 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.

⁵ HCLPF predstavuje konkrétny bod krivky zraniteľnosti zariadenia, najčastejšie je ním 5% pravdepodobnosť zlyhania z krivky zraniteľnosti pri 95% vierohodnosti alebo 1% pravdepodobnosť zlyhania z krivky zraniteľnosti pri strednej vierohodnosti.

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 udalosťou (RL TU6.2 /5/).

Ak je to možné, má analýza pri posudzovaní účinkov vonkajších ohrození zahrnutých do analýzy DEC a identifikovaní rozumne dosiahnuteľných zlepšení súvisiacich s takýmito udalosťami zahrnúť (RL TU6.3 /5/):

- a) preukázanie dostatočných rezerv, aby sa zabránilo nepriaznivým skokovým zmenám stavu, ktoré by viedli k neprijateľným následkom (napríklad strata 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 v lokalite, lokálnu a regionálnu infraštruktúru, vonkajšie dodávky a iné protiopatrenia,
- d) preukázanie, že v lokalite s viacerými JZ sú k dispozícii dostatočné zdroje na pokrytie potreby použiť spoločné zariadenia alebo služby,
- e) overenie na mieste (zvyčajne pochôdzkou).

10.2 Všeobecný prístup

Hodnotenie udalostí, ktoré presahujú rámec projektovej bázy vonkajších ohrození, treba vykonávať systematicky a štruktúrovane, aby bolo hodnotenie reprodukovateľné a spoľahlivé.

Na hodnotenie udalostí presahujúcich projektovú bázu sa môže použiť prístup založený na najlepšom odhade (pozri poznámku pod čiarou 13 v No. SSR-2/1 (Rev. 1) /8/, t. j. prístup zbavený konzervativizmu projektovania a kritérií prijateľnosti týkajúcich sa materiálových vlastností. Existujú rôzne metódy hodnotenia toho, ako vonkajšie udalosti závažnejšie než projektové udalosti ovplyvňujú bezpečnosť JZ:

- a) pravdepodobnostná analýza bezpečnosti vonkajších udalostí, ktorá kvantifikuje frekvenciu poškodenia aktívnej zóny, frekvenciu poškodenia jadrového paliva a frekvenciu veľkých skorých únikov,
- b) metóda posudzovania bezpečnostných rezerv, ktorá určuje úroveň závažnosti vonkajšej udalosti, pri ktorej alebo pod ktorou existuje veľmi vysoká istota, že frekvencia poškodenia aktívnej zóny/frekvencia poškodenia jadrového paliva spôsobená vonkajšou udalosťou je prijateľne nízka.

Pokiaľ je to možné, treba pri jadrových elektrárnach 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 pri niektorých prírodných ohrozeniach (napríklad 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 (angl. mean) môže existujúca rezerva javiť veľká, pri zohľadnení výsledkov analýz citlivosti môže byť rezerva menšia,
- b) pomôcť identifikovať skryté predpoklady v hodnotení.

Aby sa definovalo rozumne dosiahnuteľné zlepšenie, je identifikácia hodnoty, pri ktorej dôjde k strate základných bezpečnostných funkcií, obzvlášť dôležitá v prípadoch, keď je robustnosť JZ 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 vonkajšie ohrozenia, najmä ak ohrozenia nie sú opísané pravdepodobnostnými modelmi.

Alternatívnym prístupom preukázania dostatočných rezerv do straty základných bezpečnostných funkcií je výber jednej alebo viacerých špecifických hodnôt zaťaženia ohrozením, 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 situácii (záveru), že pre takúto udalosť neexistujú rozumne dosiahnuteľné zlepšenia.

10.3 Identifikácia rozumne 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 potenciálneho zlepšenia samozrejme zahŕňajú spôsoby ako posilniť najodolnejšie prostriedky, ktoré zabezpečujú základné bezpečnostné funkcie alebo ochranu. Okrem toho by sa malo zvážiť aj vylepšenie iných častí JZ. Potom by mali byť identifikované rozumne 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 neprečenovali výsledky získané z numerických modelov.

Model pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti príslušného vonkajšieho ohrozenia sa môže použiť na získanie frekvencií poškodenia aktívnej zóny JZ a/alebo rádioaktívnych únikov. Pri hrubých odhadoch pravdepodobností jednoduchým násobením frekvencií výskytu ohrozenia 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 zníženia rizika.

10.4 Definícia rezervy do vzniku nepriaznivej skokovej zmeny stavu

V tomto návode je rezerva do vzniku nepriaznivej skokovej zmeny stavu definovaná ako rozdiel medzi vonkajším ohrozením z projektovej bázy a vonkajším ohrozením, pri ktorom už nemožno zabezpečiť plnenie základných bezpečnostných funkcií. V podmienkach rozšíreného projektu pri haváriách 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.

Konzervativizmus, ktorý sa požaduje pri určení projektovej bázy a pri konštrukcii SKK dôležitých z hľadiska bezpečnosti, zvyčajne vedie k vytvoreniu rezervy v odolnosti JZ voči následkom vonkajších ohrození, 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 vonkajšieho ohrozenia 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).

10.5 Odhad rezerv

Odhad rezerv vzhľadom na špecifické vonkajšie ohrozenie 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 vonkajšieho ohrozenia (napríklad zrýchlenie na povrchu terénu, teplota, tlaková vlna, tepelný tok); to môže zahŕňať deterministické aj pravdepodobnostné metódy. Pri niektorých ohrozeniach, najmä pri zemetrasení je vhodné a prakticky účelné stanoviť odolnosť zariadenia len pravdepodobnostnou funkciou (napríklad HCLPF). Pre tento krok 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, v prípade udalostí vyvolaných nárazom lietadla ochrana nemá byť zameraná na ochranu všetkých SKK dôležitých z hľadiska bezpečnosti, ale len tých SKK, ktoré sú požadované na vykonanie základných bezpečnostných funkcií,
- e) 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.

Odporúčania na seizmické rezervy SKK sú konkretizované v štandarde SSG-67, ods. 3.27 až 3.30 /16/.

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 by malo zahŕňať scenár, v ktorom je lokalita úplne izolovaná a všetky vonkajšie zdroje sú nedostupné (vrátane zdroja elektrickej 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 príčinné súvisiacich udalostí, keď sa predpokladá strata špecifických SKK alebo zdrojov v 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.

11 Ochrana pred vonkajšími ohrozeniami

Jadrové zariadenie musí byť chránené proti projektovým udalostiam (Príloha č. 3 časť B. bod I. písm. A. ods. 9 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. – ochrana proti seizmickým udalostiam, písm. C. – Ochrana do hĺbky a písm. J. – Ochrana proti vonkajším javom /3/, No. SSR-2/1 (Rev. 1), ods. 5.17, prvá časť /8/). Treba vytvoriť koncepciu ochrany, ktorá poskytuje základ návrhu vhodných ochranných opatrení (RL TU5.1 /5/).

Treba identifikovať všetky predvídateľné prírodné ohrozenia, ktoré priamo alebo nepriamo ovplyvňujú bezpečnosť JE a vyhodnotiť ich účinky na bezpečnosť JZ. Ohrozenia majú byť zohľadnené v usporiadaní JZ a pri identifikácii postulovaných iniciačných udalostí a generovaných zaťaženiach, s cieľom použiť ich pri navrhovaní konštrukcií, systémov, a komponentov dôležitých z hľadiska bezpečnosti JZ (No. SSR-2/1 (Rev. 1), požiadavka č. 17, prvá časť a tiež aj požiadavka č. 20 /8/).

V pôvodnom projekte prevádzkovaných JZ nie sú zohľadnené prírodné ohrozenia na úrovni projektovej bázy v rozsahu súčasných požiadaviek MAAE a referenčných úrovní WENRA. Prehodnotenie projektovej bázy na tieto revidované požiadavky moderných štandardov a procesov nemusí byť pri prevádzkovaných JZ uskutočniteľné. V takom prípade možno pri prehodnocovaní projektovej bázy použiť pragmatickejší prístup. Prijatý prístup na preukázanie odolnosti SKK voči vonkajším ohrozeniam by však mal poskytnúť rovnocennú vierohodnosť ako by bolo dosiahnuté v procese projektovania.

V ochrane lokality proti účinkom vonkajších ohrození treba uvažovať primerané bezpečnostné rezervy. Prostriedky ochrany lokality sa majú klasifikovať, projektovať, stavať, udržiavať a prevádzkovať v súlade s ich bezpečnostnou významnosťou.

Ochrana lokality i JZ má byť dostatočne spoľahlivá, aby bolo konzervatívne zabezpečené plnenie základných bezpečnostných funkcií pri akýchkoľvek priamych a vierohodných nepriamych účinkoch projektovej udalosti (RL TU5.2 /5/; obdobná požiadavka je ustanovená v Prílohe č. 3 časť B. bod I. písm. 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. bod I. písm. B. ods. 5 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/.

Konštrukcie, systémy a komponenty dôležité z hľadiska bezpečnosti treba navrhnuť a umiestniť s ohľadom na bezpečnostné dôsledky tak, aby odolali vplyvom ohrozenia alebo aby boli v súlade s ich bezpečnostnou významnosťou chránené pred ohrozením a mechanizmom

zlyhania z dôvodu spoločných príčin vyvolaných ohrozeniami (No. SSR-2/1 (Rev. 1), ods. 5.15A /8/).

Vonkajšie ohrozenia sice nesúvisia s prevádzkou ani činnosťou JZ, avšak ovplyvňujú súčasne mnohé, ak nie všetky časti JZ a lokalitu. Starostlivo treba zvážiť možné spojenie sekvencie udalostí, ktoré sú iniciované ohrozením. 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. Zohľadniť by sa mali aj vierohodné nepriame účinky projektových udalostí, t. j. účinky, ktoré majú vysokú podmienenú pravdepodobnosť.

V ochrane pred vonkajšími ohrozeniami treba (RL TU5.3 /5/):

- a) uplatniť primeraný konzervativizmus poskytujúci bezpečnostné rezervy v projekte a vyhnúť sa nepriaznivým skokovým zmenám stavu (No. SSR-2/1 (Rev. 1), ods. 5.21 /8/),
- b) spoliehať sa v najväčšej možnej miere na pasívne opatrenia, pokiaľ je to rozumne dosiahnuteľné,
- c) zabezpečiť, aby dostatočné 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 protiopatrenia (No. SSR-2/1 (Rev. 1), ods. 5.15B /8/),
- 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 (No. SSR-2/1 (Rev. 1), ods. 5.19 /8/),
- 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 ohrození odvodených z hodnotenia ohrození lokality ako tie, ktoré sa uvažovali pri projektovaní (No. SSR-2/1 (Rev. 1), ods. 5.21A /8/),
- j) zabezpečiť, aby prijaté opatrenia nemali neprijateľný nepriaznivý vplyv na ochranu pred inými projektovými udalosťami (ktoré nevyplývajú z vonkajších ohrození).

K dispozícii majú byť predpisy (postupy) na overenie pretrvávania bezpečných podmienok JZ počas (ak je to možné) a po vonkajšej udalosti. Takéto predpisy (postupy) by mali byť špecifické pre rôzne fázy, ktoré nasledujú po vonkajšej udalosti. 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 (napríklad 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 vonkajšie ohrozenia sú predvídateľné a dokonca sa môžu postupne vyvíjať (napríklad 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.

Majú byť zavedené opatrenia na výmenu osôb a poskytovanie dodávok pri dlhotrvajúcich udalostiach. Môže ísť o poskytnutie konkrétnych dopravných prostriedkov, ktoré dokážu prekonať následky vonkajších ohrození v lokalite a v jej bezprostrednom okolí. Má byť k dispozícii komunikačné zariadenie na použitie počas trvania vonkajšieho ohrozenia a po ňom.

Pri zabezpečení ochrany pred jedným vonkajším ohrozením 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 intenzívnych zrážok alebo tlmáč na ochranu vzduchotechnických systémov JZ pred šírením tlakovej vlny neohrozí ich činnosť.

Keďže vonkajšie ohrozenie môže ovplyvniť celú lokalitu a všetky JZ v lokalite, tak ochrana proti ohrozeniam by mala zohľadňovať súčasnú potrebu špecifického vybavenia a ľudských zdrojov pre viaceré bloky jadrovej elektrárne alebo viaceré JZ.

Pre projektové udalosti majú byť tie SKK, ktoré sú súčasťou ochrany pred vonkajšími ohrozeniami, kategorizované ako dôležité z hľadiska bezpečnosti (RL TU5.4 /5/).

Pre každú projektovú udalosť by sa mali identifikovať požadované SKK dôležité z hľadiska bezpečnosti, 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 zariadenia nedôležité z hľadiska bezpečnosti, aby sa zabránilo potenciálnemu sekundárnemu poškodeniu požadovaných SKK dôležitých z hľadiska bezpečnosti.

Tam, kde je to vhodné, majú byť súčasťou ochrany procesy monitorovania a varovania a definované prahové hodnoty (intervenčné hodnoty), aby sa uľahčilo včasné začatie ochranných opatrení. Okrem toho majú byť identifikované prahové hodnoty, ktoré určujú

začiatok vykonávania vopred naplánovaných akcií po udalosti (napríklad inšpekcií) (RL TU5.5 /5/).

Keď koncepcia ochrany požaduje meranie kľúčových parametrov súvisiacich s prírodnými ohrozeniami, najmä v súvislosti s činnosťou po udalostiach, mali by byť na to poskytnuté vhodné systémy. Monitorovacie systémy by bez zlyhania či saturácie (nasýtenia/zahľtenia) 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 v lokalite mali využívať národné monitorovacie siete (pozri tiež kapitolu 12 tohto bezpečnostného návodu).

Z krátkodobého hľadiska nemá byť bezpečnosť JZ závislá od dostupnosti externe poskytovaných služieb, ako sú napríklad 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 (No. SSR-2/1 (Rev. 1), ods. 5.17, druhá časť /8/).

Pri spracovávaní záťažových testov jadrových elektrární 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.

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. bod I. písm. J. ods. 3 vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. /3/).

Ochrana pred prírodnými ohrozeniami by mala pamätať i na udalosti, ktoré sú závažnejšie ako udalosti zahrnuté do projektovej bázy najmä preto, lebo niektoré ochranné opatrenia pri projektových udalostiach sa takisto majú podieľať na ochrane proti ešte závažnejším udalostiam. 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 výberu ochrany a zahŕňať preukázanie splnenia relevantných požiadaviek, ktoré sú kladené na projekt JZ (Príloha č. 3 časť B. bod I. vyhlášky č. 430/2011 Z. z. v znení vyhlášky č. 103/2016 Z. z. – písm. A. Základné požiadavky na jadrovú bezpečnosť, písm. C. Ochrana do hĺbky, písm. F. Havárie uvažované v projekte, písm. H. Zabránenie vzniku a rozvoju porúch zariadení a písm. J. Ochrana proti vonkajším javom /3/), na deterministické analýzy (Príloha č. 3 časť B. bod II. písm. 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 č. 58/2006 Z. z. v znení neskorších predpisov /2/).

Odporúčania MAAE na ochranu JZ pred vonkajšími ohrozeniami sú uvedené v štandarde No. SSG-67 /16/ a No. SSG-68 /17/. Všeobecné odporúčania na zmiernenie a zvládnutie vonkajších ohrození sú v prílohe II štandardu No. SSG-77 /18/.

12 Kontrola, údržba a skúšky ochrany pred ohrozeniami

Držiteľ povolenia má vytvoriť a udržiavať súbor opatrení na ochranu pred ohrozeniami a stanoviť podmienky použitia týchto opatrení v rámci požiadaviek na ich prevádzkyschopnosť. Ak sú ochranné opatrenia spojené s analýzou bezpečnosti, tak špecifikáciu prevádzkyschopnosti treba stanoviť v súlade s výsledkami alebo predpokladmi analýzy. Ak tieto špecifikácie prevádzkyschopnosti nemožno splniť, tak treba určiť a implementovať alternatívne opatrenia na zníženie rizika ohrozenia a stanoviť čas potrebný na uskutočnenie týchto alternatívnych opatrení.

Držiteľ povolenia má mať vytvorený a implementovaný komplexný program vykonávania kontrol, údržby a skúšok opatrení prijatých na ochranu pred ohrozeniami identifikovanými v analýze ohrození.

Kontroly a údržba SKK určených na ochranu pred účinkami vonkajších ohrození má byť zahrnutá do programov prevádzkových kontrol (dohľadu) (angl. surveillance programmes), aby sa zabezpečilo zachovanie integrity a funkčnej dostupnosti požadovaných SKK.

Medzi opatrenia na ochranu pred ohrozeniami, ktoré treba kontrolovať, udržiavať a skúšať (ak je to možné), patria:

- a) detekčné a výstražné systémy,
- b) komunikačné systémy používané pri ohrození,
- c) systémy núdzového osvetlenia,
- d) mobilné zariadenia v lokalite a funkcie na zmiernenie účinkov ohrozenia, ako sú pohotovostné vozidlá, ponorné čerpadlá, mobilné naftové generátory,
- e) inžinierske konštrukcie, vybavenie a bariéry/zábrany, ako sú protipožiarne dvere, vodotesné dvere a poklopy, tlmiče a prestupy,
- f) prístupové cesty a únikové cesty pre personál reagujúci na ohrozenie,
- g) respirátory a ochranné odevy na použitie v prostredí s radiáciou.

13 Monitorovanie parametrov lokality

Všetky prírodné a človekom vyvolané vonkajšie ohrozenia a charakteristiky lokality, ktoré sú dôležité pre vydanie povolenia na uvádzanie do prevádzky a prevádzku JZ, majú byť počas životnosti JZ monitorované (No. SSR-1, požiadavka č. 28 /7/).

Držiteľ povolenia (žiadateľ o povolenie) má mať spracovaný dlhodobý program monitorovania, ktorý je súčasťou procesu hodnotenia lokality. V programe má byť opísaná stratégia, podmienky a požiadavky súvisiace s monitorovaním vonkajších ohrození a podmienok na území JZ a v regióne i využitie získaných výsledkov pri prevencii, zmiernení a predpovedaní ich vplyvu na projekt a prevádzku JZ. Program dlhodobého monitorovania má

zahŕňať zber a vyhodnotenie rádiologických, seizmologických, meteorologických, hydrologických a ďalších údajov zaznamenaných pozorovaním a použitím prístrojového vybavenia určeného na meranie na území a v okolí JZ, ako aj údajov špecializovaných národných inštitúcií s cieľom porovnať ich, doplniť a vyhodnotiť.

Program monitorovania má obsahovať opis monitorovaných parametrov, opis metodiky merania (umiestnenie, typ a rozsah snímačov, frekvencia snímania údajov), rozlíšenie a presnosť merania, požiadavky na zálohovanie údajov, spracovanie a analýzu.

Pred uvedením JZ do prevádzky treba mať nameranú rádioaktivitu pozadia v regióne v atmosfére, hydrosfére, litosfére a biosfére, aby bolo možné stanoviť zmeny v rádioaktivite následkom prevádzky JZ.

Prevádzkovať treba aj miestnu sieť seizmografov (krátkeho aj širokopásmového rozsahu), aby sa získali podrobné informácie o potenciálnych seizmických zónach. Táto miestna sieť má byť inštalovaná v regióne do 25 km alebo 40 km okolo JZ a pripojená k národným seizmologickým sieťam.

14 Previerka vonkajších ohrození špecifických pre lokalitu

Jadrová bezpečnosť má podliehať princípu neustáleho zlepšovania (§ 23 ods. 2 písm. f) atómového zákona /1/ a RL A2.3 /5/), čo je možné vzťahovať aj na hodnotenie lokality a ochranu JZ pred účinkami vonkajších ohrození.

Všetky vonkajšie ohrozenia, charakteristiky lokality a koncepciu/úroveň ochrany JZ pred vonkajšími ohrozeniami treba preverovať aspoň v rámci periodického hodnotenia (§ 9b vyhlášky č. 33/2012 Z. z. v znení neskorších predpisov /4/), podľa pokroku v oblasti vedy a techniky, prevádzkových skúseností a pri nadobudnutí nových informácií týkajúcich sa bezpečnosti (tiež No. SSR-1, požiadavka č. 29 /7/). Stanovenie vonkajších ohrození a ochrana pred nimi sa má preverovať aj po závažných udalostiach, ktoré identifikujú nedostatky v súčasných poznatkoch a chápaní ohrozenia. Previerka má zahŕňať uvažovanie možných zmien v ohrození počas nasledujúceho obdobia do ďalšieho periodického hodnotenia.

Preverenie má zahŕňať periodickú aktualizáciu údajov týkajúcich sa lokality (napríklad seizmických, geologických, hydrologických a meteorologických údajov, leteckej premávky, blízkych priemyselných činností a prepráv), ktoré sú potrebné na posúdenie ohrozenia.

Preverenie hodnotenia lokality sa má vykonať aj v nasledujúcich prípadoch, keď nastane (No. SSR-1, ods. 7.4 /7/):

- a) aktualizácia regulačných požiadaviek,
- b) indikácia, že projekt JZ je neprimeraný vo vzťahu k vonkajším ohrozeniam,
- c) zistenie ukazujúce na zraniteľnosť konkrétnych SKK vonkajšími ohrozeniami,
- d) získanie novej informácie, skúsenosti alebo ponaučenia z vonkajšej udalosti, ktorá ovplyvnila bezpečnosť iného JZ alebo priemyselného zariadenia,

- e) zmena vo vonkajšom ohrození,
- f) potreba poskytnúť dodatočnú dôveru o dostatočnosti bezpečnostnej rezervy na predchádzanie následnej skokovej zmeny stavu,
- g) potreba doplniť a rozšíriť existujúce dôkazy z hodnotenia podľa nových získaných údajov a dobrej praxe,
- h) situácia, že preverenie je súčasťou programu na dlhodobú prevádzku alebo podmienkou na predĺženie povolenia na prevádzku JZ,
- i) situácia, že sú k dispozícii nové metódy na analýzu ohrození, ktoré podstatne zlepšujú predchádzajúce hodnotenie.

Prijaté projektové, prevádzkové a administratívne odporúčania z previerky treba implementovať.

Výsledky previerky hodnotenia lokality sa majú použiť pri previerke projektovej bázy, aktualizácii bezpečnostnej správy a pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti.

15 Zoznam literatúry

- /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 neskorších predpisov.
- /5/ WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors 2020. Report by WENRA Reactor Harmonization Working Group. WENRA, 2021, p. 5, 23, 55-58. [zobrazené 4. decembra 2021]. Dostupné na internete: https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/wenra_safety_reference_level_for_existing_reactors_2020.pdf
- /6/ Guidance Document, Issue TU: External Hazards Guidance on External Flooding, Annex to the Guidance Head Document, WENRA, 2020, p. 29. [zobrazené 4. decembra 2021]. Dostupné na internete: https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/wenra_guidance_on_external_flooding_-_2020-06-01.pdf
- /7/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Site Evaluation for Nuclear Installations. *IAEA Specific Safety Requirements* No. SSR-1, Specific Safety Requirements, Vienna: IAEA, 2019, p. 11 (requirement 7), p. 13 (requirement 9), p. 14 (requirement 10 and 11), p. 15 (requirement 12), p. 16 (requirement 14), p. 28 (requirement 28), p. 12 (art. 4.25–4.28), p. 13 (art. 4.33), p. 16-17 (art. 4.45, art. 4.47–4.50) and p. 28-29 (art. 7.4). [zobrazené 4. decembra 2021]. ISBN 978-92-0-108718-8. ISSN 1020-525X. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/13413/site-evaluation-for-nuclear-installations>
- /8/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety of Nuclear Power Plants: Design. *IAEA Safety Standards Series* No. SSR-2/1 (Rev.1), Specific Safety Requirements, Vienna: IAEA, 2016, p. 21 (art. 5.15A, art. 5.15B), p. 22 (art. 5.17), p. 22 (art. 5.19), p. 22-23 (art. 5.21, 5.21A) and p. 21 (requirement 17). [zobrazené 4. decembra 2021]. ISBN 978-92-0-109315-8. ISSN 1020-525X. Dostupné na internete: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1715web-46541668.pdf>
- /9/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Assessment for Facilities and Activities. *IAEA Safety Standards Series* No. GSR Part 4 (Rev. 1), General Safety Requirements, Vienna: IAEA, 2016, p. 16 (art. 4.23). [zobrazené 4. decembra 2021]. ISBN

- 978-92-0-109115-4. ISSN 1020-525X. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/10884/safety-assessment-for-facilities-and-activities>
- /10/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants. *IAEA Safety Standards Series* No. NS-G-3.1, Specific Safety Guides, Vienna: IAEA, 2002, p. 57. [zobrazené 4. decembra 2021]. ISBN 92-0-111202-5. ISSN 1020-525X. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/6204/external-human-induced-events-in-site-evaluation-for-nuclear-power-plants>
- /11/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants. *IAEA Safety Standards Series* No. NS-G-3.6, Specific Safety Guides, Vienna: IAEA, 2004, p. 67. [zobrazené 4. decembra 2021]. ISBN 92-0-107204-X. ISSN 1020-525X. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/7067/geotechnical-aspects-of-site-evaluation-and-foundations-for-nuclear-power-plants>
- /12/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installations. *IAEA Safety Standards Series* No. NS-G-2.13, Specific Safety Guides, Vienna: IAEA, 2009, p. 25-31. [zobrazené 4. decembra 2021]. ISBN 978-92-0-100409-3. ISSN 1020-525X. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/8087/evaluation-of-seismic-safety-for-existing-nuclear-installations>
- /13/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. *IAEA Safety Standards Series* No. SSG-9 (Rev. 1), Specific Safety Guide, Vienna: IAEA, 2022, p. 77. [zobrazené 2. februára 2022]. ISBN 978-92-0-117821-3. ISSN 1020-525X. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/14665/seismic-hazards-in-site-evaluation-for-nuclear-installations>
- /14/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. *IAEA Safety Standards Series* No. SSG-18, Specific Safety Guides, Vienna: IAEA, 2011, p. 172. [zobrazené 4. decembra 2021]. ISBN 978-92-0-115210-7. ISSN 1020-525X. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/8635/meteorological-and-hydrological-hazards-in-site-evaluation-for-nuclear-installations>
- /15/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Instalalitons, *IAEA Safety Standards Series* No. SSG-21, Specific Safety Guides, Vienna: IAEA, 2012, p. 128. [zobrazené 4. decembra 2021]. ISBN 978-92-0-128110-4. ISSN 1020-525X. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/8774/volcanic-hazards-in-site-evaluation-for-nuclear-installations>
- /16/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Seismic Design for Nuclear

- Installations, *IAEA Safety Standards Series* No. SSG-67, Specific Safety Guides, Vienna: IAEA, 2021, p. 86. [zobrazené 4. decembra 2021]. ISBN 978-92-0-117421-5. ISSN 1020-525X. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/14664/seismic-design-for-nuclear-installations>
- /17/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Design of Nuclear Installations Against External Events Excluding Earthquakes, *IAEA Safety Standards Series* No. SSG-68, Specific Safety Guides, Vienna: IAEA, 2021, p. 112. [zobrazené 10. januára 2022]. ISBN 978-92-0-136021-2. ISSN 1020-525X. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/14666/design-of-nuclear-installations-against-external-events-excluding-earthquakes>
- /18/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Protection against Internal and External Hazards in the Operation of Nuclear Power Plants, *IAEA Safety Standards Series* No. SSG-77, Specific Safety Guides, Vienna: IAEA, 2022, p. 104. [zobrazené 6. mája 2022]. ISBN 978-92-0-101722-2. ISSN 1020-525X. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/15005/protection-against-internal-and-external-hazards-in-the-operation-of-nuclear-power-plants>
- /19/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Ground Motion Simulation Based on Fault Rupture Modelling for Seismic Hazard Assessment in Site Evaluation for Nuclear Installations, *IAEA Safety Report Series* No. 85, Vienna: IAEA, 2015, p. 140. [zobrazené 4. decembra 2021]. ISBN 978-92-0-102315-5. ISSN 1020-6450. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/10832/ground-motion-simulation-based-on-fault-rupture-modelling-for-seismic-hazard-assessment-in-site-evaluation-for-nuclear-installations>
- /20/ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Diffuse Seismicity in Seismic Hazard Assessment for Site Evaluation of Nuclear Installations, *IAEA Safety Report Series* No. SRS-89, Vienna: IAEA, 2016, p. 104. [zobrazené 4. decembra 2021]. ISBN 978-92-0-101716-1. ISSN 1020-6450. Dostupné na internete: <https://www.iaea.org/publications/10916/diffuse-seismicity-in-seismic-hazard-assessment-for-site-evaluation-of-nuclear-installations>
-

Oznámenie

K odkazu /5/ zo Zoznamu literatúry:

Toto je preklad výňatkov z WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors. Report by WENRA Reactor Harmonization Working Group. WENRA, 2021. Tento preklad pripravil Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky. Autentická verzia tohto materiálu je verzia v anglickom jazyku, ktorá je distribuovaná asociáciou WENRA. WENRA nezodpovedá za

presnosť, kvalitu vyhotovenia a autenticnosť prekladu a jeho publikáciu a neprijíma žiadnu zodpovednosť za prípadné straty, alebo škody z toho vyplývajúce, či vzniknuté priamo, alebo nepriamo z použitia tohto prekladu.

This is a translation of extracts from WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors. Report by WENRA Reactor Harmonization Working Group. WENRA, 2021. This translation has been prepared by the Nuclear Regulatory Authority of the Slovak Republic. The authentic version of this material is the English language version distributed by the WENRA association. The WENRA makes no warranty and assumes no responsibility for the accuracy or quality or authenticity or workmanship of this translation and its publication and accepts no liability for any loss or damage, consequential or otherwise, arising directly or indirectly from the use of this translation.

K odkazu /7/ zo Zoznamu literatúry:

Toto je preklad výňatkov z Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series No. SSR-1, © IAEA 2019. Tento preklad pripravil Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky. Autentická verzia tohto materiálu je verzia v anglickom jazyku, ktorá je distribuovaná MAAE alebo v mene MAAE riadne oprávnenými osobami. MAAE nezodpovedá za presnosť, kvalitu vyhotovenia a autenticnosť prekladu a jeho publikáciu a neprijíma žiadnu zodpovednosť za prípadné straty, alebo škody z toho vyplývajúce, či vzniknuté priamo, alebo nepriamo z použitia tohto prekladu.

This is a translation of extracts from Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series No. SSR-1, © IAEA 2019. This translation has been prepared by the Nuclear Regulatory Authority of the Slovak Republic. The authentic version of this material is the English language version distributed by the IAEA or on behalf of the IAEA by duly authorized persons. The IAEA makes no warranty and assumes no responsibility for the accuracy or quality or authenticity or workmanship of this translation and its publication and accepts no liability for any loss or damage, consequential or otherwise, arising directly or indirectly from the use of this translation.

K odkazu /8/ zo Zoznamu literatúry:

Toto je preklad výňatkov z Safety of Nuclear Power Plants: Design, IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (Rev. 1), © IAEA 2016. Tento preklad pripravil Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky. Autentická verzia tohto materiálu je verzia v anglickom jazyku, ktorá je distribuovaná MAAE alebo v mene MAAE riadne oprávnenými osobami. MAAE nezodpovedá za presnosť, kvalitu vyhotovenia a autenticnosť prekladu a jeho publikáciu a neprijíma žiadnu zodpovednosť za prípadné straty, alebo škody z toho vyplývajúce, či vzniknuté priamo, alebo nepriamo z použitia tohto prekladu.

This is a translation of extracts from Safety of Nuclear Power Plants: Design, IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (Rev. 1), © IAEA 2016. This translation has been prepared by the Nuclear Regulatory Authority of the Slovak Republic. The authentic version of this material is the English language version distributed by the IAEA or on behalf of the IAEA by duly

authorized persons. The IAEA makes no warranty and assumes no responsibility for the accuracy or quality or authenticity or workmanship of this translation and its publication and accepts no liability for any loss or damage, consequential or otherwise, arising directly or indirectly from the use of this translation.

K odkazu /9/ zo Zoznamu literatúry:

Toto je preklad článku 4.23 (strana 16) z Safety Assessment for Facilities and Activities, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 4 (Rev. 1), © IAEA 2016. Tento preklad pripravil Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky. Autentická verzia tohto materiálu je verzia v anglickom jazyku, ktorá je distribuovaná MAAE alebo v mene MAAE riadne oprávnenými osobami. MAAE nezodpovedá za presnosť, kvalitu vyhotovenia a autentickosť prekladu a jeho publikáciu a neprijíma žiadnu zodpovednosť za prípadné straty, alebo škody z toho vyplývajúce, či vzniknuté priamo, alebo nepriamo z použitia tohto prekladu.

This is a translation of article 4.23 (page 16) from Safety Assessment for Facilities and Activities, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 4 (Rev. 1), © IAEA 2016. This translation has been prepared by the Nuclear Regulatory Authority of the Slovak Republic. The authentic version of this material is the English language version distributed by the IAEA or on behalf of the IAEA by duly authorized persons. The IAEA makes no warranty and assumes no responsibility for the accuracy or quality or authenticity or workmanship of this translation and its publication and accepts no liability for any loss or damage, consequential or otherwise, arising directly or indirectly from the use of this translation.

16 Príloha I. Zoznam prírodných nebezpečenstiev

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

Seizmicko-tektonické javy (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 javy

- N7 Rázová záplava (angl. flash flood): zaplavenie 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 javy: 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 hladina spodnej vody
- 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 javy: zriedkavé meteorologické javy

- N35 Blesk (vrátane elektromagnetického rušenia)
- N36 Silný vietor, búrka (vrátane hurikánu, tropického cyklónu, tajfúnu)
- N37 Tornádo
- N38 Atmosférický vodný vír (angl. waterspout)
- N39 Fujavica, snehová búrka
- N40 Piesková, prachová búrka
- N41 Soľný sprej, soľná búrka
- N42 Vetrom unášaný 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 Slnčné 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, lístie, 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 drviny/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, sádra, 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 ohrozenie: účinky sa rozširujú na oblasti vzdialené od vulkanického centra (mraky popola)

N66 Výron metánu

N67 Prirodzené žiarenie

N68 Pád meteoritov (zahŕňa iné účinky ako seizmické)

Lesný požiar

N69 Lesný požiar, požiar, horiaci trávnik alebo rašelina

17 Príloha II. Zoznam človekom vyvolaných vonkajších ohrození

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

Priemyselné havárie (stacionárne zdroje)

- M1 Priemyselná havária: výbuch
- M2 Priemyselná havária: únik chemických látok
- M3 Letiace predmety z vysoko-energetického rotačného zariadenia

Havárie pri preprave (mobilné zdroje)

- M4 Havária lodí: priamy vplyv
- M5 Kolízia so systémom prívodu vody a konečného odvodu tepla
- M6 Havária lodí: únik pevných látok alebo tekutín (nie plynov)
- M7 Havárie počas pozemnej prepravy: priamy vplyv
- M8 Dopravná havária: výbuch, požiar
- M9 Dopravná havária: únik chemických látok
- M10 Havária na potrubí mimo lokality: výbuch, požiar
- M11 Havária na potrubí mimo lokality: únik chemických látok

Havária lietadla

- M12 Náraz lietadla pri pristávaní alebo vzlete
- M13 Pád lietadla počas letu v leteckom koridore alebo letovej zóne
- M14 Pád satelitu

Iné človekom vyvolané vonkajšie ohrozenia

- M15 Nestabilita vonkajšej elektrickej siete
- M16 Elektromagnetická interferencia, interferencia rádiových frekvencií alebo rušenie z vonkajších zdrojov
- M17 Vysokonapäťový vírivý prúd v zemi/uzemnení (angl. High-voltage eddy current into ground)
- M18 Požiar ako následok ľudskej technologickej aktivity
- M19 Epidémia