

BEZPEČNOSTNÍ NÁVODY SÚJB

Bezpečné využívání jaderné energie a ionizujícího záření

Umístění jaderného zařízení - hodnocení přírodních vlastností a jevů

Jaderná bezpečnost

BN-JB-4.1 (Rev. 0.0)



STÁTNÍ ÚŘAD
PRO JADERNOU
BEZPEČNOST

HISTORIE REVIZÍ

Revize č.	Účinnost od	Garant	Popis či komentář změny
0.0/ č. j. SÚJB/OKHJB/5420/2021	1. 7. 2021	Havlín Nováková	nově zpracovaný návod

Jaderná bezpečnost**Bezpečnostní návod UMÍSTĚNÍ JADERNÉHO ZAŘÍZENÍ - HODNOCENÍ
PŘÍRODNÍCH JEVŮ****Vydal: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha, červen 2021****Č. j.: SÚJB/OKHJB/5420/2021****BN-JB-4.1 (Rev. 0.0)**

Účelová publikace bez jazykové úpravy, připomínky směřujte na adresu:
připomínky_navody@sujb.cz

OBSAH

Použité zkratky a pojmy	5
Zkratky.....	5
Definice a pojmy	6
1 Úvod	8
1.1 Důvod vydání.....	8
1.2 Cíl.....	8
1.3 Působnost.....	8
1.4 Platnost a účinnost.....	8
2 Rozsah a východiska.....	9
2.2 Struktura.....	9
3 Výběr legislativních požadavků na hodnocení vlastností území.....	9
4 Doporučení IAEA a požadavky WENRA.....	10
5 Obecné požadavky na hodnocení vlastností území k umístění JZ	12
5.1 Úvod	12
5.2 Výčet hodnocených vlastností a jevů území k umístění JZ	12
5.3 Obecné zásady hodnocení	12
6 Seismicita.....	14
6.1 Požadavek právního předpisu	14
6.2 Komentář.....	15
6.3 Postup.....	16
7 Porušení území k umístění JZ zlomem	27
7.1 Požadavek právního předpisu	27
7.2 Komentář.....	28
7.3 Postup.....	29
8 Povodně.....	30
8.1 Požadavek právního předpisu	30
8.2 Komentář.....	30
8.3 Potup	31
9 Oběh podzemní vody	32
9.1 Požadavek právního předpisu	32
9.2 Komentář.....	32
9.3 Postup.....	34
10 Další geodynamické jevy a geotechnické parametry základových půd	36
10.1 Požadavek právního předpisu	36
10.2 Komentář.....	37
10.3 Postup.....	38
11 Klimatické a meteorologické jevy	44
11.1 Požadavek právního předpisu	44
11.2 Komentář.....	44
11.3 Postup.....	45
12 Biologické jevy.....	46
12.1 Požadavek právního předpisu	46
12.2 Komentář.....	46

12.3	Postup.....	47
13	Přírodní požáry.....	47
13.1	Požadavek právního předpisu	47
13.2	Komentář.....	47
13.3	Postup.....	47
14	Kolize s ochranným nebo bezpečnostním pásmem.....	48
14.1	Požadavek právního předpisu	48
14.2	Komentář.....	48
14.3	Postup.....	49
15	Šíření radioaktivní látky ovzduším, podzemní a povrchovou vodou a potravním řetězcem.....	49
15.1	Požadavek právního předpisu	49
15.2	Komentář.....	50
15.3	Postup.....	50
16	Projektová východiska.....	51
16.1	Požadavek právního předpisu	51
16.2	Komentář.....	51
16.3	Postup.....	51
17	Kombinace ohrožení	52
17.1	Požadavek právního předpisu	52
17.2	Komentář.....	52
17.3	Postup.....	53
18	Přílohy	54
	Příloha č. 1 Mapové podklady vlastností a jevů území k umístění JZ.....	54
	Příloha č. 2 Srovnání s referenčními úrovněmi WENRA Reactor Safety Reference Levels – oblasti T.....	55
	Příloha č. 3 Srovnání s požadavky IAEA SSR-1 a AtZ	59
19	Literatura.....	63
	Zpracovatelé.....	65
	Garant.....	65

POUŽITÉ ZKRATKY A POJMY**Zkratky**

AtZ	Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon
AV ČR	Akademie věd České republiky
BN	bezpečnostní návod
CENIA	česká informační agentura životního prostředí
CSEM-EMSC	European Mediterranean Seismological Centre
CRNS	Česká regionální seismická síť
CZECHGEO	ucelený systém pozorování geofyzikálních polí provozovaný geovědními institucemi České republiky
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČGS	Česká geologická služba
ČR	Česká republika
DSHA	hodnocení seismického ohrožení deterministickými metodami
EPRI	Electric Power Research Institute
EU	Evropská unie
GIS	geografický informační systém
GPS	Global Positioning System
GMM	Ground Motion Models
GMPE	Ground Motion Equations (dřívější označení pro GMM)
CHOPAV	chráněná oblast přirozené akumulace vod
HEIS	Hydroekologický informační systém VÚV TGM, v. v. i.
IAEA	International Atomic Energy Agency
ISC	International Seismological Centre
JZ	jaderné zařízení
MPa	megapascal
MŽP	Ministerstvo životního prostředí České republiky
ORFEUS	Panevropská síť datových center přístupná přes datacentra EIDA (Datacenters of the European Integrated Data Archive) v rámci infrastruktury ORFEUS
PGA	Peak Ground Acceleration (špičková amplituda horizontální složky zrychlení kmitů základové půdy)
PSA	Probabilistic Safety Assessment
PSHA	pravděpodobnostní analýza seismického ohrožení
SL1, SL2	SL1, SL2 - medián špičkového zrychlení při zemětřesení, které nastane průměrně jednou za 100 let a 10 000 let
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
V378	Vyhláška č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení
V329	Vyhláška č. 329/2017 Sb., o požadavcích na projekt jaderného zařízení
V408	Vyhláška č. 408/2016 Sb., o požadavcích na systém řízení
VÚV T. G. M.	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., v. v. i.
WEBNET	lokální seismická síť pro monitorování rojové zemětřesné aktivity v západních Čechách

Definice a pojmy

areál JZ	střežený prostor jaderného zařízení a prostor k němu přiléhající, který je využíván k zajištění výkonu činností souvisejících s využíváním jaderné energie § 4 odst. 1 písm. j) AtZ [1]
bobtnavost	střednědobý až dlouhodobý proces, závisící na kolísání hladiny podzemní vody, způsobený vysycháním či zvlhčováním jílovitých zemin s vysokým obsahem jílových minerálů, změnou hladiny podzemní vody a je závislý na sorpční schopnosti jílovitých zemin
jaderné zařízení	stavba nebo provozní celek, jehož součástí je jaderný reaktor využívající štěpnou řetězovou reakci, sklad ozářeného jaderného paliva a sklad čerstvého jaderného paliva, pokud není součástí jiného jaderného zařízení § 3 odst. 2 písm. e) AtZ [1]
kombinace ohrožení	souběžně působící přírodní a člověkem způsobené vlastnosti a jevy § 4 odst. 3 písm. a) V378 [2]
ohrožení (anglicky „hazard“)	potenciál škody nebo jiné újmy, působící jako faktor nebo podmínka, která by mohla nepříznivě ovlivnit jadernou bezpečnost, radiační ochranu, technickou bezpečnost, zabezpečení, monitorování radiační situace a zvládnání radiační mimořádné události [53]
pozemek JZ (anglicky „site area“)	část území k umístění jaderného zařízení, na které se bude ve fázích životního cyklu následujících po umístění jaderného zařízení, nacházet areál jaderného zařízení § 2 písm. c) V378 [2]
projektová východiska	soubor údajů charakterizujících funkce, které jsou zajišťovány systémy, konstrukcemi a komponentami jaderného zařízení při vnitřních a vnějších hrozbách* a událostech, a hodnoty nebo rozsahy hodnot řídicích parametrů jaderného zařízení, které jsou užívány při projektování jaderného zařízení § 43 písm. e) AtZ [1] (* při vnitřních a vnějších ohroženích)
prosedavost	proces zhroucení makropórovité struktury spraší a sprašových zemin a náhlého zmenšení jejich objemu v důsledku jejich provlhčení
přírodní ohrožení (anglicky „natural hazard“)	nebezpečí, která se vyskytují v přírodě a která vedou k událostem, nad jejichž závažností nebo frekvencí jejich výskytu nemá člověk žádnou nebo má jen malou kontrolu. Tento pojem nepokrývá ohrožení způsobená člověkem, ať už náhodná nebo úmyslná. Nicméně některá člověkem vyrobená zařízení, jako jsou přehrady, a lidské činnosti, jako je těžba plynu nebo umělé zasakování vody, mohou iniciovat nebo přispívat k nebezpečím s podobnými účinky jako přírodní ohrožení a mohou být zahrnuty do identifikace

	přírodního ohrožení. Jevy, které mají potenciál vyvolat přírodní ohrožení, jsou uvedeny v § 3 písm. a) V378 [2].
riziko (anglicky „risk“)	možnost, že s určitou četností vznikne událost, která by mohla nežádoucím způsobem ovlivnit jadernou bezpečnost, radiační ochranu, technickou bezpečnost, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení
smykové (příčné) vlny nebo S-vlny (sekundární, transversální vlny)	vlny vznikající při seismickém zatížení, kdy částice zemin či hornin kmitají kolmo na směr šíření vlny, vertikálně nebo horizontálně
účelová mapa	tematická mapa obsahující kromě prvků základní mapy další předměty šetření a měření stanovené pro daný účel
únosnost	zatížení základové půdy, při kterém nedojde k vyčerpání pevnosti základové půdy, tj. vytvoření smykových ploch a zaboření základu. Jedná se o parametr významný pro navrhování základových konstrukcí.
území k umístění JZ (anglicky „site“)	území, ve kterém se hodnotí vlastnosti způsobitelné ovlivnit jadernou bezpečnost, radiační ochranu, technickou bezpečnost, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení během životního cyklu jaderného zařízení
větrná eroze (deflace)	proces rozrušování půdního pokryvu a nepevněných jemnozrnných sedimentů a jeho transport do míst sedimentace. Zdrojem úlomků hornin nebo jemnozrnných sedimentů je těžba, odkaliště, zvětrávání, výsypky, lesní hospodářství nebo zemědělská činnost.
vnější ohrožení	ohrožení pocházející ze zdrojů umístěných mimo areál JZ
základní vnější projektová událost	mezní hodnota zatížení systémů, konstrukcí a komponent jaderného zařízení vlastnostmi území a jejich kombinací, při které jsou s vysokou věrohodností plněny bezpečnostní cíle projektu jaderného zařízení § 11 odst. 1 V329 [3]
zlom	zlom v zemské kůře

1 ÚVOD

1.1 Důvod vydání

- 1.1.1 Státní úřad pro jadernou bezpečnost je ústředním správním úřadem pro oblast využívání jaderné energie a ionizujícího záření.
- 1.1.2 V rámci své pravomoci a působnosti, v souladu se zásadami činnosti správních orgánů a mezinárodní praxí, vydává návody, ve kterých dále rozpracovává požadavky na zajištění jaderné bezpečnosti, technické bezpečnosti, radiační ochrany, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení.
- 1.1.3 Důvodem pro vydání tohoto BN je vymezení požadavků na hodnocení vlastností území k umístění JZ v souladu s právními předpisy ČR, se zohledněním mezinárodních doporučení WENRA a IAEA. Tyto požadavky jsou v právních předpisech ČR uvedeny v AtZ [1] a dále stanoveny ve vyhlášce V378 [2] a V329 [3].

1.2 Cíl

- 1.2.1 Cílem tohoto BN je doporučit postup k plnění právních požadavků na hodnocení vlastností území v území k umístění JZ po celou dobu jeho životnosti.
- 1.2.2 BN je určen zejména pro držitele příslušných povolení dle § 9 AtZ [1], resp. žadatele o povolení, kterým nabízí možný postup, jehož dodržení mu zajistí, že jejich aktivity v dané oblasti budou v souladu s požadavky AtZ [1], jeho prováděcími právními předpisy, referenčními úrovněmi WENRA a doporučeními IAEA.
- 1.2.3 BN by měl být také využit při přípravě bezpečnostní dokumentace (a podkladových studií a analýz), předkládané průběžně po celou dobu životního cyklu JZ.

1.3 Působnost

- 1.3.1 BN je zaměřen na zařízení ve smyslu Úmluvy o jaderné bezpečnosti – jaderné elektrárny. Jeho principy a postupy lze v omezené míře vztáhnout také na další JZ s využitím odstupňovaného přístupu.

1.4 Platnost a účinnost

- 1.4.1 BN, resp. jeho poslední revize, nabývá platnost publikací na www.sujb.cz, účinnost je uvedena na str. 2.

2 ROZSAH A VÝCHODISKA

- 2.1.1 BN rozpracovává obecné požadavky, týkající se hodnocení vlastností a jevů území k umístění JZ, uvedené v § 47 (a dále v § 5, § 9, § 24, § 29, § 46, § 48, § 50, § 54) AtZ [1]. Detailně je zaměřen na plnění požadavků V378 [2]. Některé požadavky, které souvisí s hodnocením vlastností a jevů území k umístění, uvádí V329 [3] a V408 [4].
- 2.1.2 Tento BN a BN-JB- 4.2 [60] nahrazují BN-JB-1.14 [61] a jsou v souladu s BN-JB-1.3 [62].
- 2.1.3 BN se dále zabývá vybranými doporučeními IAEA a požadavky WENRA, které jsou uvedeny v kapitole 4 tohoto BN.

2.2 Struktura

- 2.2.1 Základní členění tohoto BN odpovídá obvyklému členění BN SÚJB: ZKRATKY, DEFINICE A POJMY, ÚVOD (kapitola 1) a ROZSAH A VÝCHODISKA (kapitola 2).
- 2.2.2 V kapitole 3 je uveden výběr právních požadavků pro oblast, upravenou tímto BN. Kapitola 4 uvádí relevantní publikace vydané IAEA a WENRA. Kapitola 5 vymezuje obecné požadavky pro hodnocení vlastností a jevů, které jsou dále rozebírány detailně v dalších kapitolách (kapitola 6 až 15). Kapitola 16 uvádí požadavky na PROJEKTOVÁ VÝCHODISKA, která vyplývají z hodnocení vlastností a jevů území k umístění JZ. Kapitola 17 se zabývá hodnocením kombinací ohrožení.
- 2.2.3 PŘÍLOHY (18) obsahují požadavky na grafické výstupy, týkající se hodnocení vlastností území k umístění JZ (účelové mapy) a srovnávací tabulky s mezinárodní praxí - s požadavky IAEA SSR-1 [35] a s referenčními úrovněmi WENRA – oblasti TU [64]. Kapitola 19 obsahuje seznam použité literatury.

3 VÝBĚR LEGISLATIVNÍCH POŽADAVKŮ NA HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ ÚZEMÍ

- 3.1.1 Území k umístění JZ musí být posouzeno z hlediska jeho vlastností a jevů způsobilých ovlivnit jadernou bezpečnost, radiační ochranu, technickou bezpečnost, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení během životního cyklu JZ a dopadu JZ na jednotlivce, obyvatelstvo, společnost a životní prostředí podle § 47 odst. 1 AtZ [1].
- 3.1.2 Určité vlastnosti území, resp. míra jejich působení, jsou považovány za natolik zásadní, že nemohou být, vzhledem k současnému poznání, nijak kompenzovány a dané území tak nemůže být využito pro umístění JZ. Je vhodné, aby toto případné vyloučení proběhlo na počátku životního cyklu JZ, kdy jsou vynaložené náklady proponenta relativně malé ve srovnání s těmi budoucími. Je proto nezbytné explicitně takový zákaz kategoricky zakotvit v zájmu zachování právní jistoty osob, které hodlají zařízení umístit, vystavět a provozovat – viz § 47 odst. 2 AtZ [1].
- 3.1.3 V378 [3] stanoví výčet vlastností území k umístění JZ, požadavky na rozsah a způsob posuzování území k umístění JZ charakteristiky vlastností území, při jejichž dosažení je umístění JZ zakázáno, pokud technickými či administrativními opatřeními tato vlastnost, resp. míra jejího působení, nedosáhne přijatelné úrovně.

- 3.1.4 Výčet vlastností, které musí být posuzovány, stanoví § 3 V378 [2].
- 3.1.5 Vlastnosti území musí být sledovány v průběhu životního cyklu JZ, neboť jejich pozdější změna může ovlivnit úroveň jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, technické bezpečnosti, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení. Požadavek na průběžné hodnocení skutečností, které byly rozhodné pro posouzení přijatelnosti území k umístění JZ, uvádí § 49 odst. 1 písm. l) AtZ [1].
- 3.1.6 Požadavek na provádění odhadu vývoje stavu skutečností, které byly rozhodné pro posouzení přijatelnosti území k umístění JZ, s ohledem na předpokládanou délku životního cyklu, je uveden v § 49 odst. 1 písm. m) zákona AtZ [1].
- 3.1.7 Požadavek na respektování stávající úrovně vědy a techniky a správné praxe a přednostní zajišťování jaderné bezpečnosti, bezpečnosti jaderných položek a radiační ochrany je uveden v § 5 odst. 2 písm. a) AtZ [1].
- 3.1.8 Požadavek na provádění činností spojených s využíváním jaderné energie a ionizujícího záření tak, aby riziko ohrožení fyzické osoby a životního prostředí bylo tak nízké, jaké lze rozumně dosáhnout při zohlednění současné úrovně vědy a techniky a všech hospodářských a společenských hledisek, je uveden v § 5 odst. 1 písm. c) AtZ [1].
- 3.1.9 Požadavek zavedení a udržování systému řízení osobou provádějící posouzení území k umístění JZ, k zajištění a zvyšování úrovně jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, technické bezpečnosti, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení stanoví § 29 odst. 1 písm. f) zákona AtZ [1].
- 3.1.10 Požadavek na zajištění odolnosti a ochrany JZ proti nebezpečí plynoucímu z vlastností území k umístění JZ a z vnějších vlivů je uveden v § 46 odst. 2 písm. e) AtZ [1].
- 3.1.11 Požadavek na stanovení projektových východisek a požadavky na odolnost projektu JZ musejí vycházet z parametrů vlivu vlastností území, jejichž závažnost vyplývá z posuzování území k umístění JZ. Požadavky jsou uvedeny v § 5 písm. b) bod 1 a § 10 odst. 2 písm. a) V329 [3].
- 3.1.12 Požadavek na zahrnutí deterministického a pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti stanoví § 48 odst. 2 písm. a) a b) AtZ [1].
- 3.1.13 Požadavek, aby nedošlo ke snížení již dosažené úrovně jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, technické bezpečnosti, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení jiného JZ nacházejícího se na území, v němž je umístěno jiné JZ ve výstavbě, je uveden v § 50 odst. 1 písm. a) AtZ [1].
- 3.1.14 Požadavek na průběžné zajišťování, ověřování a dokumentování schopnosti stabilního a bezpečného provozu JZ podle § 54 odst. 1 písm. a) AtZ [1].
- 3.1.15 Požadavky na úplnost a srozumitelnost dokumentace systému řízení jsou uvedeny ve V408 [4].

4 DOPORUČENÍ IAEA A POŽADAVKY WENRA

- 4.1.1 Základní principy týkající se bezpečného využívání jaderné energie jsou definovány v IAEA Safety Fundamentals publication on Fundamental Safety Principles 3.32 [34].
- 4.1.2 Základní požadavky týkající se výběru území k umístění JZ a jeho hodnocení uvádí IAEA SSR-

1 Site Evaluation for Nuclear Installations [35] a IAEA SSG-35 Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations [36]. Srovnávací tabulka v příloze č. 3 tohoto BN uvádí implementaci požadavků návodu IAEA SSR-1 [35] do národní legislativy.

4.1.3 Hodnocení seismického ohrožení pro území k umístění JZ se věnují zejména dokumenty IAEA:

- IAEA Specific Safety Guide No. SSG-9: Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations [39],
- IAEA TECDOC-343: Application of Microearthquake Surveys in Nuclear Power Plant Siting [47],
- IAEA TECDOC-724: Probabilistic Safety Assessment for Seismic Events [48],
- IAEA Safety Guide No. NS-G-2.13: Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installations [45],
- IAEA Safety Report No. 85: Ground Motion Simulation Based on Fault Rupture Modelling for Seismic Hazard Assessment in Site Evaluation for Nuclear Installations [50],
- IAEA TECDOC-1767: The Contribution of Palaeoseismology to Seismic Hazard Assessment in Site Evaluation for Nuclear Installations [49],
- IAEA Safety Report No. 89: Diffuse Seismicity in Seismic Hazard Assessment for Site Evaluation for Nuclear Installations [51].

4.1.4 Vnějšími ohroženími, mimo seismické vlivy, se zabývá IAEA Safety Standards Series, Safety Guide No. NS-G-1.5 External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants [41].

4.1.5 Klimatické a hydrologické aspekty území k umístění JZ uvádí IAEA Safety Standards Series, Safety Guide No. SSG-18 Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations [37] a IAEA Safety Standards Series, Safety Guide No. NS-G-3.4 Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants. IAEA [38].

4.1.6 Změnám klimatu se věnuje dokument IAEA Climate Change and Nuclear Power [52]. IAEA Safety Guide No. NS-G-3.5 Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites [44] se zabývá záplavami.

4.1.7 Oblast geotechniky a hodnocení základových půd je řešena v IAEA Safety Standards Series, Safety Guide No. NS-G-3.6 Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants [42].

4.1.8 Oblasti hodnocení vlivu vulkanické činnosti na JZ se věnuje dokument IAEA Safety Standards, Specific Safety Guide No. SSG-21. Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations [40].

4.1.9 Oblast hodnocení území k umístění JZ je řešena i v dokumentu WENRA Safety WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors 2020 a to zejména Issue TU: Natural Hazards Head Document [64]. Implementace požadavků tohoto dokumentu v národní legislativě je uvedena v příloze v tabulce č. 2. Podrobné rozpracování oblasti seismotektoniky, vnějších záplav a ohrožení v důsledku extrémního počasí uvádí dokumenty:

- WENRA Guidance Document Issue T: Natural Hazards Guidance on Seismic Events, Annex to the Guidance Head Document on Natural Hazards [66],
- WENRA Guidance Document Issue T: Natural Hazards Guidance on External Flooding, Annex to the Guidance Head Document on Natural Hazards [65],

- WENRA Guidance Document Issue T: Natural Hazards Guidance on Extreme Weather, Annex to the Guidance Head Document on Natural Hazards [67].

5 OBECNÉ POŽADAVKY NA HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ ÚZEMÍ K UMÍSTĚNÍ JZ

5.1 Úvod

- 5.1.1 Základním požadavkem, jehož splnění umožňuje využívání jaderné energie a ionizujícího záření, je zajištění ochrany obyvatelstva a životního prostředí před jejich negativními účinky a riziky z nich plynoucími.
- 5.1.2 Tato ochrana je právně a technicky realizována prostřednictvím institutů jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, technické bezpečnosti, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení.
- 5.1.3 Posouzení vlastností území, v němž se JZ nachází nebo je na něm jeho umístění plánováno, představuje základní vstupní podklady, na jejichž základě je jednak z nich rozhodnuto o vhodnosti území k umístění JZ, jednak z nich vychází projektová východiska.
- 5.1.4 Vlastnosti území musí být sledovány v průběhu celého životního cyklu JZ, neboť jejich pozdější změna nebo změna v úrovni jejich poznání může ovlivnit jadernou bezpečnost, radiační ochranu, technickou bezpečnost, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení.
- 5.1.5 Závěry hodnocení přírodních ohrožení a jejich kombinací jsou jedním ze vstupních dat do PSA a představují podklady pro zajištění odolnosti.

5.2 Výčet hodnocených vlastností a jevů území k umístění JZ

- 5.2.1 Tento BN se zabývá přírodními vlastnostmi a jevy, jak jsou uvedeny v § 3 odst. 1 písm. b) V378 [2]:
- seismicita,
 - porušení území k umístění JZ zlomem,
 - povodně,
 - oběh podzemní vody,
 - další geodynamické jevy a geotechnické parametry základových půd,
 - klimatické a meteorologické jevy,
 - biologické jevy,
 - přírodní požáry.
- 5.2.2 Tento BN se dále zabývá přístupem ke stanovení projektových východisek a hodnocení kombinací ohrožení.

5.3 Obecné zásady hodnocení

- 5.3.1 V rámci hodnocení vlastností a jevů musí být shromážděny relevantní informace o území k umístění JZ, které budou vstupem pro hodnocení prováděná ve všech fázích životního cyklu JZ a při projektování JZ.
- 5.3.2 Jednotlivé vlastnosti a jevy musí být posuzovány z hlediska jejich schopnosti ovlivnit jadernou

bezpečnost, radiační ochranu, technickou bezpečnost, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení během životního cyklu JZ. V hodnocení vlastností a jevů se zohledňuje i výkon umístovaného jaderného zařízení s jaderným reaktorem.

- 5.3.3 Hodnocení musí zahrnout nejen jednotlivé vlastnosti a jevy, ale i jejich spolupůsobení – souběžné či následné a jejich následný vývoj. Spolupůsobení může významně změnit působení individuálních vlastností území.
- 5.3.4 Hodnocení vlastností a jevů území k umístění JZ musí zohledňovat to, že intenzita základní vnější projektové události musí být rovna intenzitě hodnocené vlastnosti území s četností výskytu jednou za 10 000 let nebo nižší, s výjimkou případů vlastností území, pro které musí být na základě použité metody posouzení území k umístění JZ použity jiné četnosti výskytu vlastnosti území a odpovídající kritéria přijatelnosti pro zatížení intenzitou základní vnější projektové události [3].
- 5.3.5 Musí být zhodnoceno tak velké území, v jakém může daný jev mít vliv na JZ. Hodnocení probíhá vždy do určité minimální vzdálenosti, která je pro různé jevy odlišná, a tento rozsah vždy zahrnuje vlastní pozemek JZ. Minimální rozsah území, ve kterém se hodnotí vlastnosti způsobitelné ovlivnit jadernou bezpečnost, radiační ochranu, technickou bezpečnost, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení během životního cyklu jaderného zařízení, definuje V378 [2].
- 5.3.6 Při volbě vzdálenosti pro provedení posuzování by měl být zohledněn individuální charakter vlastnosti a její potenciál k ovlivnění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení. Závažné nebo komplexní vlastnosti území mohou vyžadovat posouzení do větší vzdálenosti nebo použití relevantních dat z jiného území, pokud analýza z lokálních dat nemůže vést k relevantním výsledkům.
- 5.3.7 Při hodnocení jsou specifikovány zdroje dat a údajů, ze kterých musí hodnocení čerpat podle § 4 odst. 5 V378 [2]. Tyto zdroje (typicky odborné studie a závěry průzkumů) mají různou charakteristiku a mohly být vypracovány s jiným účelem než pro JZ. Jedná se o:
- dostupné záznamy osob, jsou-li původci jednotlivých jevů,
 - údaje správních orgánů o území k umístění JZ,
 - historické záznamy vztahující se k území k umístění JZ,
 - údaje z průzkumů a hodnocení,
 - přístrojově zjištěné a zaznamenané údaje.
- 5.3.8 Součástí hodnocení vlastností a jevů území k umístění JZ jsou geologické práce definované zákonem č. 66/2001 Sb. [5]. Provádět a vyhodnocovat geologické práce mohou pouze osoby s osvědčením odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce dle vyhlášky č. 206/2001 Sb. [6]. Odborní dodavatelé hodnocení vlastností a jevů území k umístění JZ jsou uvedeni v Programu systému řízení, který se řídí V 408 [4].

Oblasti odborné způsobilosti jsou podle § 2 vyhlášky č. 206/2001 Sb. [6]:

- zkoumání geologické stavby,
- ložisková geologie,
- hydrogeologie,
- inženýrská geologie,
- environmentální geologie,

- sanační geologie,
- geochemie,
- geofyzika.

- 5.3.9 Požadavky na formu a použité metody hodnocení vychází z AtZ [1]. Shromáždění informací o použitých postupech je podstatné pro budoucí hodnocení území a jaderného zařízení v následných fázích životního cyklu (i z hlediska požadavků § 15 [4]). Hodnocení musí obsahovat popis metod, které byly použity pro hodnocení vlastností a jevů.
- 5.3.10 Do hodnocení jednotlivých vlastností a jevů je potřeba začlenit řešení nejistot celého procesu (náhodné a epistemické nejistoty).
- 5.3.11 Hodnocení vlastností a jevů území k umístění JZ musí obsahovat všechny použité podklady. Tyto podklady (většinou ve formě odborných zpráv a studií) musí být dohledatelné u žadatele/držitele povolení na základě § 15 [4], nebo pokud se týkají geologických prací, evidovány v Archivu Geofond ČGS, na základě § 7 [6].
- 5.3.12 V bezpečnostní a jiné dokumentaci musí být všechny podklady odpovídajícím způsobem citovány v textu a uvedeny v seznamu literatury. Podklady v seznamu se uvádí podle ČSN ISO 690:1987 Dokumentace – bibliografické citace: obsah, forma a struktura [15] a ČSN ISO 690-2:1997 Informace a dokumentace – Bibliografické citace – Část 2: Elektronické dokumenty nebo jejich části [16].
- 5.3.13 Rozsáhlé soubory dat, týkajících se hodnocení vlastností území k umístění JZ, je vhodné shromažďovat ve formě databází (např. seismická data, geotechnická data).
- 5.3.14 Hodnocení vlastností a jevů území k umístění JZ obsahuje závěrečné vyhodnocení, včetně uvedení: existujících omezení pro umístění JZ, srovnání s vylučujícími kritérii pro umístění JZ a stanovení projektových východisek vyplývajících z vlastností území k umístění JZ.

6 SEISMICITA

6.1 Požadavek právního předpisu

- 6.1.1 § 3 odst. 1 písm. a) bod 1 V378 [2], který tento jev řadí mezi posuzované vlastnosti území k umístění JZ.
- 6.1.2 § 5 Seismicita V378 [2] - posuzování území k umístění JZ z hlediska seismicity musí:
- a) být provedeno do vzdálenosti 300 km,
 - b) zahrnout zejména zemětřesení, která mají epicentrum do 25 km; posuzování území k umístění jaderného zařízení z hlediska této seismicity musí využívat údaje z lokální sítě seismických stanic s vysokou citlivostí,
 - c) zahrnovat pro území podle písmene a) sestavení databáze obsahující geologická, tektonická, geofyzikální a seismologická data o tomto území, včetně údajů o prehistorických, historických a přístrojově zaznamenaných zemětřeseních,
 - d) využívat seismotektonický model území podle písmene a),
 - e) využívat seismotektonický model místních geologických podmínek na pozemku JZ,

- f) zahrnovat pravděpodobnostní odhad seismického ohrožení ve formě určení četnosti výskytu seismických kmitů v závislosti na jejich velikosti na pozemku JZ, zejména s využitím maximální amplitudy a spektra odezvy zrychlení seismického pohybu.

6.1.3 Základní vnější projektové události pro návrh a pro hodnocení odolnosti vybraných zařízení a systémů, konstrukcí a komponent s vlivem na jadernou bezpečnost nezbytných pro zvládnutí havarijních podmínek a radiační havárie jaderných zařízení s jaderným reaktorem o tepelném výkonu vyšším než 50 MW musí pro stanovení seismické odolnosti vycházet z postulované minimální hodnoty špičkového horizontálního zrychlení podloží stavební konstrukce, která nese tento systém, konstrukci nebo komponentu, o minimální hodnotě 1/10 hodnoty gravitačního zrychlení (§ 11 odst. 4 písm. b) V329 [3]).

6.2 Komentář

- 6.2.1 Cílem hodnocení tohoto jevu je zjistit možný výskyt seismických pohybů na základě statistického odhadu pravděpodobnosti na základě statistického odhadu vzniku zemětřesení o různých magnitudách a z různých zdrojových zón (tj. oblastí nebo zlomů, ve kterých se předpokládá vznik zemětřesení) v daném časovém intervalu. Takto získané údaje jsou následně využívány pro hodnocení bezpečnosti projektu v dalších fázích životního cyklu JZ.
- 6.2.2 Rozsah území, které je potřeba hodnotit pro zjištění seismického ohrožení pro území k umístění JZ, zasahuje mimo území ČR. Uvedená velikost ve V378 [2] - rádius 300 km od JZ - rádius 300 km od JZ - je minimální vzdálenost, ve které je nutno území hodnotit. Pokud existují zdrojové oblasti zemětřesení, které se nachází ve větší vzdálenosti, ale mohou JZ ohrozit, je nutno je také studovat a zahrnout do stanovení celkového seismického ohrožení.
- 6.2.3 Nedílnou součástí, o kterou se hodnocení opírá, je databáze zahrnující dostupná geologická, tektonická, geofyzikální a seismologická data, včetně údajů o prehistorických, historických a přístrojově zaznamenaných zemětřeseních neboli „katalog zemětřesení“. Údaje o prehistorických zemětřeseních jsou data z paleoseismologických průzkumů, které zahrnují řadu různých analytických metod a zkoumají geologické projevy zemětřesení v horninových vrstvách v holocénu (posledních cca 100 000 let) a popsána v historických záznamech a kronikách (posledních cca 2000 let). Přístrojově zaznamenaná zemětřesení (recentní) jsou ta, která byla změřena seismografy v síti seismických stanic (cca 1900 až po současnost).
- 6.2.4 Seismické ohrožení jako míra pohybů půdy předpokládaných s danou návratovou periodou (odpovídající převrácené hodnotě četnosti výskytu) v území k umístění JZ se stanovuje v několika krocích - zhodnocení seismotektonického modelu regionu a vymezení zdrojových zón (zlomů, oblastí s koncentrovanou seismicitou apod.), stanovení maximálního možného magnituda pro každou zdrojovou zónu, výběr útlumových vztahů vhodných pro daný charakter podloží a ocenění seismického ohrožení a jeho vyjádření křivkami seismického ohrožení.
- 6.2.5 Seismické ohrožení se stanovuje různými metodami, jak deterministickými, tak pravděpodobnostními. Stanovuje se maximální výkmit – špičkové zrychlení seismického pohybu a spektra odezvy podloží. Tyto údaje jsou důležitým vstupním parametrem pro projektování JZ (design basis earthquake ground motion). Špičkové zrychlení je vyjádřeno v g (gravitační zrychlení) v m/s^2 ($1 g = 9,81 m/s^2$).
- 6.2.6 Pro stanovení dynamického účinku seismického otřesu na konstrukce je nutné kromě návrhového zrychlení zohlednit též frekvenční složení daného otřesu – to se do výpočtu

zavádí pomocí tzv. „spektra odezvy“ (response spektrum). Spektrum odezvy udává závislost maximálního účinku otřesu (maximální zrychlení, rychlost nebo posunutí) na vlastní periodě a útlumu oscilátoru s jedním stupněm volnosti. Pro účely návrhu konstrukcí je obvyklé spočítat spektrum odezvy pro několik různých (očekávaných) časových průběhů zemětřesení (akcelerogramů), stanovit obalovou křivku, provést její vyhlazení a získat tak návrhové spektrum odezvy.

- 6.2.7 Pro stanovení seismického ohrožení se používají data a informace o tektonické aktivitě území a hodnocení porušení území zlomy, kterého se týká § 6 V378 [2].
- 6.2.8 Závěry o lokální geologické stavbě a lokálních rychlostech seismických vln se používají dále při projektování a zakládání staveb.
- 6.2.9 Pro tento jev není V378 [2] stanovena míra, pro kterou je zakázáno umístit JZ (vylučující kritérium). Má se za to, že nepříznivý vliv na jadernou bezpečnost, radiační ochranu, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení jaderného zařízení je možné kompenzovat technickými a administrativními opatřeními. Tato opatření ovšem mohou být sama o sobě z ekonomického hlediska natolik nákladná, že de facto umístění vyloučí.

6.3 Postup

- 6.3.1 Za účelem hodnocení seismického ohrožení musí být vytvořena komplexní a ucelená databáze geologických, geofyzikálních, geotechnických a seismologických informací.
- 6.3.2 Průzkum by měl probíhat ve čtyřech prostorových měřítkách - regionálním, blízkém regionálním, v území k umístění JZ a na pozemku JZ. Předpokládá se, že průzkum probíhá nejpodrobněji na pozemku JZ a v území k umístění JZ.
- 6.3.3 Pro dosažení konzistentnosti při předkládání informací by měly být údaje, pokud je to možné, sestavovány v prostředí GIS s odpovídajícími metadatami. Všechna data by měla být uložena v jednotné podobě, aby se usnadnilo porovnávání a další zpracování.

Regionální výzkum

Rozměr hodnocené oblasti se může lišit v závislosti na geologické a tektonické situaci. Tvar oblasti může být asymetrický, aby zahrnoval všechny významné vzdálené zdroje zemětřesení. Její poloměr je typicky 300 km.

Účelem získání dat v regionálním měřítku je poskytnout informace o obecné geodynamické situaci regionu a jeho aktuálním tektonickém režimu. Dále je cílem identifikovat a charakterizovat geologické vlastnosti, které mohou ovlivňovat seismické ohrožení nebo s ním jinak souviset. Nejvýznamnější jsou zlomy schopné pohybu (viz kap. 8 tohoto BN).

Blízký regionální průzkum

Blízké regionální studie by měly zahrnovat oblast, jejíž poloměr obvykle nepřesahuje 25 km (rozměr by se měl přizpůsobit místním podmínkám).

Cílem těchto studií je:

- definovat seismotektonické vlastnosti oblasti na základě podrobnější databáze než v případě regionální studie;
- zjistit možné pohyby na zlomech;

- stanovit míru a povahu pohybu, míru aktivity a důkazy související se segmentací zlomů.

Průzkum území k umístění JZ

Studie týkající se území k umístění JZ by se měly týkat oblasti do vzdálenosti 5 km. Vedle poskytnutí ještě podrobnější databáze pro tuto menší oblast je cílem podrobněji definovat neotektonickou historii zlomů, zejména pro stanovení potenciálu a míry posunu a určení podmínek potenciální geologické nestability v oblasti.

Průzkum zahrnuje geomorfologické a geologické mapování, geofyzikální průzkum a profilování, vrty a paleoseismologické výkopy. Data, která mají být získána, by měla být v souladu s tektonickým prostředím a pozorovanými geologickými jevy.

Průzkum pozemku JZ

Pozemek JZ má obvyklou velikost cca 1 kilometr čtvereční. Hlavním cílem výzkumů je získání detailních znalostí o potenciálu posuvů při zemětřeseních a poskytnutí informací o statických a dynamických vlastnostech materiálů pro projektování základů konstrukcí, které se používají při analýze lokální odezvy podloží (např. rychlosti P a S vln).

6.3.4 Seismologická databáze

Tvorba seismologické databáze je zpravidla méně závislá na měřítku než v případě jiných databází. Seismogenní struktury v blízkém regionu a území k umístění JZ jsou důležité pro hodnocení seismického ohrožení v závislosti na míře aktivity, očekávaných maximálních potenciálních magnitudách a regionálním útlumu seismického pohybu. V některých případech je nutné při sestavování seismologických dat věnovat pozornost možným zemětřesením z přeshraničních zdrojových zón.

Při opakované analýze seismického ohrožení v průběhu životnosti JZ (např. kvůli periodickému posouzení bezpečnosti) by měla být databáze aktualizována tak, aby pokrývala dobu uplynulou mezi současností a posledním sestavením databáze. V takových případech musí být vzaty v úvahu i aktuální vědecké poznatky.

Je třeba sestavit katalog prehistorických, historických a přístrojově zaznamenaných zemětřesení včetně související dokumentace.

Základní přehled o historické seismicitě z let 1000 - 1899 lze získat z panevropské databáze AHEAD [55] zahrnující informace o lokacích jevů, jejich magnitudách, popis makroseismických účinků a soupis odkazů na odborné zdroje.

Informace o každém prehistorickém a historickém zemětřesení by měly zahrnovat:

- datum a čas vzniku;
- umístění makroseismického epicentra;
- odhadovanou hloubku ohniska;
- odhadované magnitudo zemětřesení, typ magnituda (např. momentové magnitudo, magnitudo z povrchových nebo objemových vln, lokální magnitudo nebo magnitudo z doby trvání) a dokumentaci použitých metod;
- maximální zjištěnou intenzitu a intenzitu, zjištěnou v makroseismickém epicentru (jestliže jsou odlišné), doplněnou popisem místních podmínek a pozorovaných škod;

- izoseismy (křivky oddělující oblasti s rozdílnou zjištěnou intenzitou seismických pohybů);
- intenzitu zemětřesení v oblasti jeho výskytu spolu s veškerými dostupnými detaily o vlivu na půdu a krajinu;
- odhady nejistot pro všechny uvedené parametry;
- posouzení kvality a množství údajů, na základě kterých byly tyto parametry odhadnuty;
- informace o pocítěných předtřesech a dotřesech;
- informace o příčinném zlomu.

V katalogu by měl být specifikován typ použité intenzity (Pozn. intenzita je míra pohybů v zobecněném smyslu, bez přímé vazby na konkrétní fyzikální veličiny popisující seismický pohyb. Určuje se z projevů zemětřesení, zde popsaných typicky v kronikách a očišťuje se o typy budov (některé budovy mají větší sklon ke zhroucení než jiné). Intenzit existuje více typů.), protože úrovně pohybů se mohou lišit v závislosti na jejím typu. Odhady velikosti a hloubky každého zemětřesení by měly být založeny na relevantních empirických vztazích mezi instrumentálními daty a makroseismickými informacemi.

Měla by být shromážděna všechna dostupná přístrojově zaznamenaná zemětřesení. Pro lokaci zemětřesení je třeba získat informace o modelech zemské kůry.

K získání informací o přístrojově zaznamenaných zemětřeseních lze využít například následující zdroje:

- CSEM-EMSC: Evropský katalog přístrojově zaznamenaných zemětřesení od roku 2014 provozovaný EMSC. Pro vybrané jevy jsou publikovány i mechanismy zemětřesení získané jednotlivými agenturami.
- ISC: Hlavním účelem Mezinárodního seismologického centra je sestavení bulletinu, který je považován za definitivní záznam seismicity Země. Data jsou sbírána od více než 130 agentur po celém světě. Recenzovaný ISC Bulletin je obvykle k dispozici s 24měsíčním zpožděním a je manuálně kontrolován analytiky ISC.
- WEBNET: Manuální katalogy lokálních zemětřesení ze sítě WEBNET jsou ověřené, ručně zpracované a obsahují jevy s magnitudem $ML > 0$.
- CZECHGEO/EPOS: Bulletin seismických jevů zaregistrovaných stanicemi České regionální seismické sítě infrastrukturního projektu CzechGeo.
- Seismologický informační displej Temelín a Dukovany: Jsou využívána data z lokální seismologické sítě, kterou provozuje Ústav fyziky Země v okolí Jaderné elektrárny Temelín k podrobnému seismologickému monitorování již od roku 1992. V roce 2015 byly informace na displeji rozšířeny i pro Jadernou elektrárnu Dukovany, která je od daného roku rovněž monitorována lokální sítí seismických stanic provozovaných Ústavem fyziky Země. Výběr zveřejněných zemětřesení je dán jejich významem pro území českých jaderných elektráren, nepředstavuje proto kompletní seznam zemětřesení pro středoevropský region.

Údaje, které je třeba získat pro každé instrumentálně zaznamenané zemětřesení, by měly zahrnovat:

- datum, trvání a čas vzniku;
- souřadnice epicentra;

- hloubku ohniska;
- hodnotu magnituda s uvedením použité stupnice, zejména včetně momentového magnituda;
- informace o pozorovaných předtřesech a dotřesech s jejich rozměry a geometrií, pokud je to možné;
- další informace, které mohou být užitečné pro porozumění seismotektonickému režimu, jako je ohniskový mechanismus, seismický moment, pokles napětí a další parametry seismického zdroje;
- makroseismické detaily, jak jsou popsány výše;
- odhad neurčitosti pro každý z uvedených parametrů;
- informace o příčinném zlomu, směrovosti a době trvání;
- seismogramy ze všech dostupných stanic.

Při sestavování katalogu prehistorických, historických a instrumentálních údajů o zemětřeseních by mělo být provedeno posouzení úplnosti a spolehlivosti informací, které obsahuje, a to zejména z hlediska makroseismické intenzity, velikosti, data, místa a hloubky ohniska (tzv. úplnost katalogu). Obecně platí, že katalogy jsou neúplné jak pro zemětřesení s malými magnitudy kvůli omezené citlivosti přístrojů, tak s velkými z důvodu jejich dlouhé doby opakování (a relativně krátké doby pokryté katalogy). Pro určení a následné zohlednění této neúplnosti by měly být použity vhodné metody.

Seismická data lze získat například z následujících zdrojů:

- Lokální (západočeská) seismická síť WEBNET;
- Česká regionální seismická síť CRNS;
- Panevropská síť datových center přístupná přes datacentra EIDA (Datacenters of the European Integrated Data Archive) v rámci infrastruktury ORFEUS.

6.3.5 Místní seismická měření

Pro získání podrobnějších informací o možných seismických zdrojích by měla být instalována a provozována síť citlivých seismografů, které mají schopnost zaznamenávat lokální mikrozemětřesení. Minimální doba monitorování potřebná pro získání relevantních údajů pro seismotektonickou interpretaci je nejméně 5 let. Doporučuje se propojit provoz stanic, zpracování a interpretaci dat a hlášení lokálních mikrozemětřesení k regionálním a/nebo národním seismickým sítím.

Zemětřesení zaznamenaná uvnitř a v blízkosti této seismické sítě by měla být pečlivě analyzována ve vztahu k seismotektonickým studiím v blízkém regionu.

Vedle citlivých seismografů by měly být do oblasti instalovány akcelerografy za účelem zaznamenání velkých zemětřesení. Citlivé přístroje by ve vertikálních a vodorovných skupinových konfiguracích měly posloužit pro lepší pochopení podpovrchových struktur a lokálního zesílení, případně útlumu seismických kmitů. Je třeba získat stratigrafický profil s dynamickými vlastnostmi půdy pod stanicemi.

Toto instrumentální vybavení by mělo být vhodně a pravidelně modernizováno a kalibrováno tak, aby poskytovalo odpovídající informace v souladu s aktualizovanou mezinárodní praxí. Musí být zaveden program údržby včetně datové komunikace, který zajistí, že nedojde k významným výpadkům v prováděných měřeních.

6.3.6 Konstrukce regionálního seismotektonického modelu

Regionální seismotektonický model vychází ze zjištěných geologických, geofyzikálních, geotechnických a seismologických databází a výpočtu seismického ohrožení. Při konstrukci seismotektonického modelu je třeba vzít v úvahu všechny relevantní interpretace seismotektonické situace regionu, které lze nalézt v odborné literatuře.

Seismotektonický model (včetně různých alternativ) standardně sestává z diskrétní sady seismogenních struktur (typicky zlomů) odvozených z prvků seismologických, geofyzikálních a geologických databází.

Identifikované seismogenní struktury nemusí vysvětlovat veškerý pozorovaný výskyt zemětřesení. Je tomu tak proto, že například seismogenní struktury mohou existovat bez povrchových projevů, nebo že může pohyb na zlomech mít dlouhé intervaly opakování ve srovnání s délkou seismologických pozorování.

Z tohoto důvodu by měl každý seismotektonický model sestaven zejména ze dvou typů seismických zdrojů:

- seismogenní zlom, který lze identifikovat pomocí dostupné databáze;
- oblast difúzní seismicity (vykazující typicky malá až středně velká zemětřesení), kterou nelze přiřadit ke specifickým identifikovaným geologickým zlomům v databázi.

Hodnocení a charakteristika seismických zdrojů obou těchto typů by měla zahrnovat ocenění nejistoty. Seismické zdroje difúzního typu představují obzvláště složitý problém při hodnocení seismického ohrožení vyžadující obecně předpoklad větší nejistoty, protože příčiny těchto zemětřesení nejsou dobře známy. U každého prvku v seismotektonickém modelu by měly být definovány všechny jeho parametry. Konstrukce modelu by měla být primárně řízena daty a interpretace dat by neměla být ovlivněna subjektivním názorem.

Pokud lze konstruovat alternativní seismotektonické modely, které dokáží vysvětlit pozorované geologické, geofyzikální a seismologické údaje s tím, že rozdíly v nich nelze odstranit pomocí dodatečných měření v přiměřené lhůtě, měly by být tyto modely zohledněny ve výpočtu seismického ohrožení ve smyslu epistemické nejistoty. Tímto je možné zahrnout celou řadu hypotéz o charakteristice seismických zdrojů a četnosti zemětřesení.

Před použitím katalogu zemětřesení k určení magnitudově-četnostního vztahu pro daný seismický zlom nebo zónu je zapotřebí kritické zhodnocení a zpracování katalogu. To by mělo zahrnovat:

- volbu jednotné magnitudové stupnice pro analýzu seismického ohrožení;
- určení magnituda každého jevu v katalogu pomocí vybrané stupnice (tzv. homogenizace katalogu), preferenčně momentového magnituda (M_w);
- identifikaci hlavních otřesů a vyloučení následných otřesů (tzv. deklasterizace katalogu);
- odhad úplnosti katalogu ve smyslu největšího a nejmenšího magnituda jako funkce regionálního umístění a časového období;
- hodnocení kvality všech získaných parametrů včetně odhadů jejich nejistot.

Zvolená magnitudová stupnice by měla být v souladu se stupnicí používanou v GMM. Při určování magnitudově-četnostních vztahů by se škála měla měnit přibližně lineárně se stupnicí momentového magnituda (M_w), které je celosvětovým standardem, aby se zabránilo saturačnímu efektu.

Pro každý zlom a každou zdrojovou zónu by měl být určen magnitudově-četnostní vztah. Každý takový vztah by měl zahrnovat informaci o magnitudovém rozsahu platnosti vztahu. Nejistoty parametrů magnitudově-četnostního vztahu by měly být definovány pravděpodobnostními rozděleními beroucími v úvahu i případné korelace mezi parametry.

Pro analýzu seismicity a k určení magnitudově-četnostních vztahů mohou být použity standardizované softwarové nástroje, např. ZMAP, tj. sada nástrojů řízených grafickým uživatelským rozhraním (GUI) pro analýzu seismických katalogů [68].

Pro každý seismický zdroj by měla být určena maximální potenciální magnitudo zemětřesení M_{max} . Nejistota v M_{max} by měla být popsána hustotou pravděpodobnosti. Pro každý seismický zdroj se hodnota M_{max} použije v pravděpodobnostním výpočtu seismického nebezpečí jako horní hranice uvažovaných magnitud, případně jako magnitudo scénáře v deterministickém hodnocení seismického ohrožení. Ve vnitrodeskových oblastech nemusí největší známé zemětřesení představovat dobrý odhad M_{max} (z důvodu krátké doby pozorování vůči návratové periodě zemětřesení). V takových případech je možné použít odhad z jiné vhodné seismotektonicky podobné oblasti. Vždy by měla být testována citlivost výsledného ohrožení na M_{max} .

Velká zemětřesení mohou mít výrazné účinky na životní prostředí jako např. pohyb na zlomu, ztekucení zemin, změny říčních koryt. Z některých takových účinků lze vyvozovat minulá zemětřesení pomocí paleoseismologických metod. Ve vhodných případech by měly být provedeny paleoseismologické studie s využitím databáze pro následující účely:

1. identifikace seismogenních struktur na základě rozpoznání účinků minulých zemětřesení v regionu;
2. zlepšení úplnosti katalogů zemětřesení pro velké jevy s použitím identifikace a datování. Za tímto účelem jsou užitečné zejména průzkumy ve výkopech na zjištěných zlomech, které umožní odhad velikosti pohybu na zlomech a četnosti jeho výskytu (např. pomocí datování sedimentů). Regionální studie paleo-ztekucení mohou poskytnout důkaz o opakování a intenzitě zemětřesení;
3. odhad maximálního možného magnituda M_{max} daného seismogenního zlomu odvozeného na základě maximální délky zlomu a pohybu pro každý jev a kumulativního účinku na krajinu;
4. kalibrace pravděpodobnostní analýzy seismického ohrožení s využitím získaných period opakování velkých zemětřesení.

Na území ČR jsou v posledních desetiletích prováděny paleoseismologické výzkumy za účelem identifikace mladých tektonických pohybů – např. Štěpančíková a kol. 2017 [62], Štěpančíková a kol. 2019 [63]. Závěry z těchto průzkumů by měly být při sestavování seismotektonického modelu zohledněny.

6.3.7 Seismogenní oblasti

V seismotektonickém modelu by měly být zahrnuty všechny seismogenní struktury (např. konkrétní zlom), které mohou přispět k seismickému ohrožení nebo nebezpečí pohybu na zlomu.

Identifikace seismogenních struktur by měla být provedena z geologických, geofyzikálních, geotechnických a seismologických databází na základě geologických charakteristik, u nichž existuje přímý nebo nepřímý důkaz jejich aktivity v současném tektonickém režimu. Při identifikaci seismogenních struktur je obzvláště důležitá korelace historických

a instrumentálních záznamů zemětřesení s geologickými a geofyzikálními rysy, i když nedostatek korelace nemusí nutně znamenat, že daná struktura není seismogenní.

Jako předběžné zdroje informací o významných zlomech mohou sloužit například webové stránky <http://www.seisfaults.eu/>, kde jsou k dispozici dvě evropské databáze aktivních zlomů:

- Evropská databáze seismogenních zlomů EDSF (European Database of Seismogenic Faults), která byla sestavena v rámci projektu SHARE. Tato databáze zahrnuje pouze zlomy, které jsou považovány za schopné generovat zemětřesení o magnitudu rovném nebo větším než 5,5 [69]. S využitím závěrů projektu SHARE je však spojeno několik problémů. Např. autoři projektu uvádějí, že výsledky je možno použít pro návratovou periodu zemětřesení až 5000 let, což není pro jaderná zařízení doba zcela dostatečná. Dalším problémem je, že se soustřeďuje na více seismicky aktivní oblasti Evropy, takže území ČR není příliš dobře popsáno (do projektu nebyli zahrnuti čeští odborníci, byla detekována neúplnost vstupních dat, nesouhlasí katalog aktivních zlomů).
- DISS je georeferencované úložiště tektonických, zlomových a paleoseismologických informací pro aplikace na hodnocení seismického ohrožení na regionální a národní úrovni v Itálii; záznamy v DISS jsou plně parametrizovány ve 3D.

Při zvažování souvislostí zemětřesení s geologickými strukturami by měly být uvažovány všechny další dostupné seismologické informace (např. informace o nejistotě v hypocentrálních parametrech a ohniskových mechanismech zemětřesení, regionálních napětích, předtřesech a dotřesech).

Pokud chybí specifické údaje o konkrétní geologické struktuře, je třeba podrobně tuto strukturu porovnat s jinými analogickými geologickými strukturami v oblasti ve smyslu doby jejich původu, směru posuvu a jejich historii, aby bylo možné určit, zda může být tato struktura považována za seismogenní. Začlenění seismogenních struktur do seismotektonického modelu by mělo být provedeno pouze na základě dostupných údajů a mělo by zahrnovat nejistoty při identifikaci těchto struktur. Chybějící údaje o geologické struktuře by neměly být považovány za dostatečný důvod k odmítnutí struktury jako neseismogenní.

U seismogenních struktur relevantních z hlediska seismického ohrožení by měly být stanoveny jejich další charakteristiky. Mezi ně patří rozměry struktury (délka, šířka), orientace zlomu, velikost a směr posunutí, rychlost deformace, maximální historická intenzita a magnitudo, paleoseismologické údaje, geologická složitost (segmentace, větvení), údaje o zemětřesení a srovnání s podobnými strukturami, pro které jsou k dispozici historické údaje.

Pokud jsou k dispozici dostatečné informace o seismologické a geologické historii pohybu na zlomu, segmentaci, atd.), umožňující odhadnout maximální rozměry trhlin nebo pohybu při budoucích zemětřeseních, měly by se využít spolu s empirickými vztahy k odhadu maximálního možného magnitudy M_{max} .

Při neexistenci takových údajů lze odhadnout maximální potenciální velikost seismogenní struktury z jejich celkových rozměrů pomocí empirických vztahů. V místech, kde zlomová oblast obsahuje více segmentů, by jednak měl každý zlom být uvažován jak samostatně, tak ve smyslu porušení více zlomových segmentů současně během jednoho zemětřesení.

Pro odhad M_{max} jsou k dispozici i další přístupy na základě statistické analýzy magnitudově-četnostních vztahů při zemětřeseních spojených s konkrétní strukturou. Tyto přístupy ovšem vychází z předpokladů o vývoji seismicity na zlomu, takže by měly být používány s vysokou mírou obezřetnosti a s uvážením odpovídající neurčitosti. Kromě maximálního potenciálního magnitudy by měl být pro každou seismogenní strukturu zahrnutou v seismotektonickém modelu odvozen magnitudově-četnostní vztah. Všechny parametry (včetně M_{max}) by měly být uvažovány včetně nejistot nebo ve smyslu scénářů možných zemětřesení.

6.3.8 Zóny difúzní seismicity

Zóny difúzní seismicity by měly reprezentovat oblasti, v nichž se předpokládá homogenní míra výskytu seismicity. Lze použít i geograficky nerovnoměrné rozložení seismicity, pokud je tento předpoklad podpořen dostupnými údaji.

Při výpočtu seismického ohrožení by měly být zahrnuty znalosti o hloubkovém rozložení difúzní seismicity (např. odvozené ze seismologické databáze). Odhady maximální hloubky zemětřesení mohou být provedeny na základě uznávaného argumentu, že zemětřesení pocházejí z oblasti nad přechodem mezi křehkou a duktilní přechodovou zónou v zemské kůře.

Významné rozdíly v četnosti výskytu zemětřesení mohou naznačovat různé tektonické podmínky a mohou být použity při definování hranic seismotektonických zón. Dále mohou být zóny rozlišovány na základě významných rozdílů v hloubkách ohnisek, v ohniskových mechanismech, napětových podmínkách, tektonické charakteristice a magnitudově-četnostním rozdělení (např. hodnot b Gutenberg-Richterova vztahu), atd.

Maximální potenciální magnitudo, které není spojeno s identifikovanými seismogenními strukturami, by mělo být určováno na základě historických dat a seismotektonických charakteristik dané oblasti. Srovnání s obdobnými oblastmi ve světě, pro které jsou k dispozici rozsáhlejší historické údaje, může být užitečné, avšak musí být provedeno s vysokou mírou obezřetnosti. Hodnota maximálního magnitudy bude mít často značnou nejistotu v důsledku poměrně krátkého časového období pokrytého historickými údaji. Tato nejistota by měla být vhodně uvážena v seismotektonickém modelu.

U seismických zdrojů, které vykazují jen malý počet zemětřesení, může být určení magnitudově-četnostního rozdělení provedeno alternativním přístupem, např. přijetím vztahu, který odpovídá regionální tektonické situaci (např. stabilní kontinentální tektonická oblast). Tento přístup je možný, protože mnoho studií ukázalo, že např. hodnota b Gutenberg-Richterova vztahu se mění jen v poměrně úzkém rozmezí v daném tektonickém prostředí. Bez ohledu na způsob určení magnitudově-četnostního vztahu by měla být vhodně posouzena jeho nejistota a patřičně začleněna do analýzy seismického ohrožení.

Podrobněji se difúzní seismicitou zabývá [51] IAEA Safety Reports Series No. 89 Diffuse seismicity in seismic hazard assessment for site evaluation of nuclear installations.

6.3.9 Hodnocení seismického ohrožení

Seismické ohrožení by mělo být vyhodnoceno s využitím pravděpodobnostních (PSHA) i deterministických (DSHA) metod. Deterministické hodnocení lze použít jako kontrolu přiměřenosti výsledku pravděpodobnostního hodnocení, a to zejména pro případy malých ročních frekvencí překročení, viz 7.23.

Při vyhodnocování seismického ohrožení by měly být vzaty v úvahu všechny nejistoty - jak náhodné, tak epistemické. Při deterministické analýze seismického ohrožení by měly být

nejistoty v každém kroku výpočtu začleněny konzervativním způsobem.

Počítačové programy používané pro vyhodnocování ohrožení seismickými pohyby by měly být schopny započítat různorodé modely seismických pohybů, seismických zdrojů, apod., dle požadavků definovaných jednotlivými týmy pro hodnocení seismického ohrožení. Mělo by se rovněž prokázat, že použité programy vhodně započítávají všechny uvažované neurčitosti. Doporučuje se převzít standardní validovaný a mezinárodně používaný software.

6.3.10 Útlumové křivky (Ground Motion Models, GMM)

GMM (dříve též Ground Motion Prediction Equations, GMPE) vyjadřují seismický pohyb jako funkci všech relevantních parametrů (např. magnitudo, vzdálenost, typ podloží, atd.) ve formě empiricky odvozených vztahů.

Magnitudo, vzdálenost a další relevantní parametry použité v GMM by měly být konzistentní s parametry použitými v databázi seismických zdrojů. Pokud mezi nimi existuje rozdíl, měla by se tato nesrovnalost minimalizovat převedením z jednoho parametru na druhý použitím ověřených empirických vztahů s uvážením odpovídajících neurčitostí.

Je třeba zkontrolovat rozsah magnitud, pro něž použité GMM platí (tj. byly určeny).

GMM by měly být kompatibilní s místními podmínkami. Pokud nejsou, je třeba provést úpravu pomocí empirických nebo teoretických korekčních faktorů a jejich odpovídajících neurčitostí. Je vhodné zahrnout i další případné specifické vlastnosti šíření seismických vln, např. týkající se závislosti na směru příchodu vln nebo zdrojové oblasti [59].

Pokud dosud nebyly publikovány GMM specificky pro ČR, resp. včetně jejího nejbližšího okolí, je nutné přebírání vztahů určených v jiných oblastech (Itálie, Evropa, východ USA, apod.). Před použitím těchto vztahů v odhadu seismického ohrožení se doporučuje vztahy ověřit porovnáním s naměřenými daty. K tomu lze využít některou z publikovaných metod, viz jejich přehled v práci [33], např. pomocí software eGSIM vyvíjeného v rámci EPOS.

Epistemická nejistota by měla být zahrnuta formou použití více GMM vhodných pro každou jednotlivou tektonickou oblast v analýze. Tyto GMM by měly být zvoleny tak, aby adekvátně zachycovaly rozsah neurčitosti volby GMM.

6.3.11 PSHA

Pravděpodobnostní analýza seismického ohrožení by měla využívat všechny prvky a parametry seismotektonického modelu, a to včetně kvantifikovaných nejistot.

Provádění pravděpodobnostní analýzy seismického ohrožení by mělo zahrnovat následující kroky:

- zhodnocení seismotektonického modelu pro oblast území k umístění JZ z hlediska definovaných seismických zdrojů, včetně nejistoty v jejich hranicích a rozměrech;
- pro každý seismický zdroj ocenění maximálního možného magnituda, míry výskytu zemětřesení a typu vztahu mezi četností a magnitudem spolu s neurčitostí spojenou s každou veličinou;
- výběr GMM pro oblast území k umístění JZ a posouzení neurčitosti, a to jak mediánu, tak variability zemětřesného pohybu v závislosti na velikosti zemětřesení a vzdálenosti od seismického zdroje;
- výpočet ohrožení;

- zohlednění vlivu místních podmínek.

Mezi vhodné nástroje pro výpočty pravděpodobnostního seismického ohrožení patří:

- OpenQuake: open-source software v jazyce Python pro modelování zemětřeseného ohrožení a rizika vyvinutý Global Earthquake Model Foundation.
- OpenSHA: open-source platforma v jazyce Java pro analýzu seismického nebezpečí.

Výsledky pravděpodobnostního odhadu seismického ohrožení jsou typicky zobrazeny jako průměrná nebo mediánová roční frekvence překročení míry horizontálního a vertikálního seismického pohybu pro periody, které jsou významné ve stavbě a jejích komponentách. Přijatelná metoda pro zahrnutí epistemických nejistot v pravděpodobnostní analýze seismického ohrožení je metoda logického stromu. Ten lze vyhodnotit jednou z následujících metod: úplné vyčíslení všech větví logického stromu nebo simulace Monte Carlo. K zobrazení epistemické nejistoty pro každou míru seismického pohybu se obvykle používají průměr, 16., 50. (medián) a 84. percentil. Tyto křivky ohrožení lze použít k vytvoření jednotných spekter ohrožení „uniform hazard“ spektra (tj. spektrálních amplitud, které mají stejnou roční frekvenci překročení a percentil).

K lepšímu porozumění získanému odhadu seismických pohybů v území k umístění JZ je užitečné vyhodnotit příspěvky jednotlivých seismických zdrojů k celkovému seismickému ohrožení pomocí procesu deagregace. Deagregace by se měla provést pro cílovou roční frekvenci překročení uvažovanou výše. To umožní identifikovat kombinace magnitudy a vzdálenosti uvažovaných zemětřesení, které mají největší příspěvek k očekávaným seismickým pohybům. Deagregace může být provedena i pro více parametrů seismických pohybů (špičkových zrychlení, spektrálních amplitud na různých frekvencích, atd.).

6.3.12 DSHA

Hodnocení seismického ohrožení deterministickými metodami by mělo zahrnovat:

1. zhodnocení seismotektonického modelu pro území k umístění JZ z hlediska definovaných seismických zdrojů zjištěných na základě tektonických charakteristik, četnosti výskytu zemětřesení a typu magnitudově-četnostního vztahu;
2. odhad maximálního možného magnitudy pro každý seismický zdroj;
3. výběr GMM pro oblast území k umístění JZ ve smyslu střední hodnoty a variability seismických pohybů jako funkcí magnitudy zemětřesení a vzdálenosti od zdroje.

Pro každou seismogenní oblast by se mělo předpokládat, že maximální možné magnitudy nastane v nejbližším místě k území k umístění JZ s přihlédnutím k fyzickým rozměrům zemětřeseného zdroje. Pokud je území k umístění JZ uvnitř hranice seismogenní oblasti, měl by se předpokládat výskyt maximálního možného magnitudy pod tímto územím k umístění JZ. V takovém případě je třeba věnovat zvláštní pozornost tomu, aby se ukázalo, že uvažovaná seismogenní struktura není aktivní.

V zóně difuzní seismicity, zahrnující území k umístění JZ, by se mělo předpokládat, že maximální možné magnitudy se vyskytne ve vzdálenosti určené na základě odhadu ohniskových hloubek a na fyzických rozměrech potenciálních trhlin, u nichž se předpokládá, že se v dané seismotektonické oblasti vyskytují.

Výskyt maximálního možného magnitudy v každé zóně difuzní seismicity sousedící se zónou

s umístěním reaktoru by měla být předpokládána v místě hranice zóny, která je nejbližší reaktoru.

K určení zemětřesných pohybů by mělo být použito několik vhodných GMM s přihlédnutím k variabilitě vztahu a místním podmínkám v území k umístění JZ.

6.3.13 Návrhové seismické pohyby (Design basis ground motion)

Pro určení návrhových časových průběhů seismických pohybů jsou definovány dvě úrovně seismického ohrožení nazvané SL-1 a SL-2. SL-1 je medián špičkového zrychlení při zemětřesení, které nastane průměrně jednou za 100 let, SL-2 je medián špičkového zrychlení při zemětřesení, které nastane průměrně jednou za 10 000 let.

Úrovně SL-1 a SL-2 by měly být definovány pomocí vhodných spektrálních reprezentací a časových průběhů seismického pohybu. Ten by měl být definován pro podmínky volného pole (free field conditions), na úrovni zemského povrchu nebo v hloubce založení. Měly by být uvedeny základní údaje o podmínkách referenčního podloží. Seismické pohyby mohou být též vypočteny na úrovni základů a na povrchu s přihlédnutím k přenosovým funkcím nadložních vrstev půdy.

Může být použita řada přístupů, jak vzít v úvahu geologické a geotechnické místní podmínky jako součást odhadu seismického pohybu. Prvním přístupem je použití vhodných GMM, tj. útlumových vztahů, které byly vyvinuty pro podpovrchové podmínky převažující v zájmové oblasti. Druhým přístupem je provedení analýzy lokální odezvy přípoверхových struktur na základě geotechnických a dynamických vlastností půdních a horninových vrstev v území k umístění JZ. To také zahrnuje začlenění lokální odezvy do výpočtů seismického ohrožení (v případě pravděpodobnostní analýzy). V obou těchto přístupech je třeba vzít v úvahu nejistoty.

Tzv. standardizované spektrum odezvy, které má hladký tvar, se používá pro účely projektu a reprezentuje obálku zohledňující různé seismické zdroje. Předepsaný tvar standardizovaného spektra odezvy je získán z různých spekter odezvy odvozených na základě reálných záznamů zemětřesení a odborných úvah. Toto standardizované spektrum odezvy je upraveno tak, aby zahrnovalo úroveň seismického pohybu na nízkých i vysokých frekvencích, např. dle jednotných spekter ohrožení z PSHA. V případě potřeby je potřeba provést korekci spekter na lokální podmínky.

Časové průběhy seismických pohybů by měly dostatečně odrážet všechny předepsané parametry seismického pohybu dle předpokládaných spekter odezvy (nebo v jiné spektrální reprezentaci) s přidáním dalších parametrů, jako je doba trvání. Počet časových průběhů, které mají být použity v podrobných analýzách a postup při generování těchto časových záznamů, závisí na typu následné analýzy, která má být provedena.

Doba trvání seismického pohybu je dána mnoha faktory, včetně velikosti porušené části zlomu (obecně charakterizované magnitudem), parametrů zemské kůry podél šíření vln (obecně charakterizované vzdáleností), místních podmínek a případné přítomnosti sedimentární pánve. Při stanovení vhodné doby trvání kmitání je třeba věnovat náležitou váhu všem empirickým pozorováním zahrnutých v regionální databázi.

Mezi běžné metody vytváření návrhových časových průběhů seismických pohybů patří:

- vhodně zvolené záznamy skutečných zemětřesení přenásobené konstantou v rozmezí 0,5 - 2,0;
- vhodně zvolené záznamy modifikované technikami spektrální shody, ve kterých jsou vzaty v úvahu fázové charakteristiky zemětřeseného pohybu;
- uměle vytvořené časové záznamy obvykle s náhodnou fází;
- simulované časové průběhy založené na metodách numerického modelování.

6.3.14 Výpočet hodnocení seismického ohrožení je v závěru porovnán s požadavkem na projekt JZ (§ 11 odst. 4 písm. b) V329 [3]). Viz také odst. 17. 3 tohoto BN.

7 PORUŠENÍ ÚZEMÍ K UMÍSTĚNÍ JZ ZLOMEM

7.1 Požadavek právního předpisu

7.1.1 § 3 odst. 1 písm. a) bod 2 V378 [2], který tento jev řadí mezi posuzované vlastnosti území k umístění JZ.

7.1.2 § 6 V378 [2] Porušení území k umístění JZ zlomem. Posuzování území k umístění JZ z hlediska jeho porušení zlomem musí:

a) hodnotit zlomy:

- s prokázaným pohybem v posledních 2,6 milionech let;
- s doloženým výskytem historických zemětřesení nebo skupiny ohnisek zemětřesení s přímou vazbou na zlom nebo
- ve strukturním vztahu k jinému známému zlomu schopnému posunutí splňujícího podmínky bodů 1 nebo 2, existuje-li vysoká pravděpodobnost, že posun na zlomu způsobí posun na dalším zlomu s projevem na povrchu nebo blízko povrchu území k umístění JZ;

b) využívat geologická, geofyzikální nebo seismologická data;

c) být provedeno do vzdálenosti 25 km a

d) zahrnovat hodnocení:

1. výskytu pomalých deformací povrchu území, včetně zlomů, které nemají geologický projev, ale mohou být reaktivovány;
2. výskytu lineárních topografických morfologických prvků reliéfu;
3. výskytu ostrých litologických rozhraní;
4. výskytu projevů indikujících mechanické přetvoření hornin na tektonických liniích, zejména zón drcení, jílových minerálů a zvodnění;
5. výskytu přístrojově zaznamenaných zemětřesení nebo historických doložených zemětřesení a
6. projevů výskytu zlomů na pozemku jaderného zařízení, zejména jejich zvýšené propustnosti pro pohyb podzemních vod horninovým prostředím.

7.1.3 Charakteristikou porušení území k umístění JZ zlomem, při jejímž dosažení je umístění JZ zakázáno, je

a) výskyt zóny pohybově nebo seismicky aktivního zlomu nebo jiného pohybu zemské kůry, který by mohl způsobit deformaci JZ snižující jadernou bezpečnost, do vzdálenosti 5 km nebo

b) vznik doprovodného zlomu na pozemku JZ.

7.2 Komentář

- 7.2.1 Hodnocení se provádí za účelem zjištění případného zlomu schopného pohybu. Zlom je definován jako porušení zemské kůry diskrétní poruchou (nebo zónou poruch), podél které došlo k posunu horninových bloků pohybem paralelním s plochou poruchy. Na aktivní zlomy je vázána většina zemětřesení. Zlom představuje oslabenou zónu mezi dvěma bloky hornin, které jsou tvořeny horninami vzniklými vysokotlakou metamorfózou (mylonity, tektonity až pseudotachylity). Hloubka zlomu může být často jen několik metrů, v porovnání s jeho délkou, která může být až stovky kilometrů. Mimo aktivitu zlomů a možný pohyb na něm, je nutno zlomy na území k umístění jaderného zařízení posuzovat z hlediska jejich dalších možných vlivů – zlomy představují zónu mechanicky porušených hornin, které jsou propustnější než neporušené, a jsou tak transportní zónou pro různá média – vodu, plyn, případně uniklé radioaktivní látky apod.
- 7.2.2 Jako „zlom schopný pohybu“ nebo „aktivní“ se označuje zlom (tektonická porucha, zóna) s významným potenciálem pohybu na zlomové ploše. K pohybu na zlomu může dojít v důsledku zemětřesení (buď přímo, kdy pohyby jsou spjaty se zlomem, nebo je seismická aktivita přenesena nepřímo po sekundárních zlomech) nebo jiným mechanismem (např. zatížení ledovcem, následkem svahových pohybů či přítomností prosedavých zemin nebo následkem těžby či čerpání podzemní vody). Je potřeba hodnotit i zlomy, které nemají geologický projev, ale mohou být reaktivovány v důsledku výše zmíněných jevů [58].
- 7.2.3 Zlom schopný pohybu je nespojitá struktura, na níž došlo v úrovni dnešního zemského povrchu nebo mělce pod povrchem k měřitelnému pohybu (posun, rotace) v době natolik nedávné, že je to významné z hlediska předpokládané životnosti jaderného zařízení. Na území ČR, které je seismicky i tektonicky klidné, se zjišťuje, zda k pohybu na zlomu nedošlo nejméně po dobu 2,6 mil. let, tedy od konce pliocénu po současnost.
- 7.2.4 Zlom schopný pohybu může být také zlom s doloženým výskytem historických zemětřesení nebo skupiny ohnisek zemětřesení s přímou vazbou na zlom. V případě, že byl prokázán vztah uvažovaného zlomu se známým zlomem schopným pohybu, musí být prostudováno, zda se pohyb na jednom zlomu může přenést na druhý.
- 7.2.5 Protože zlomem schopným pohybu mohou být i zlomy zakryté mladšími sedimenty nebo zlomy, které nemají projev na povrchu území, je nutno studovat všechny „podezřelé“ indicie, které by přítomnost zlomu schopného pohybu naznačovaly: výskyt lineárních topografických nebo strukturních prvků reliéfu (zlomové svahy, přímočaré svahy, lineamenty), výskyt ostrých litologických rozhraní, zejména s přítomností třetihorních a čtvrtohorních sedimentárních jednotek platformního pokryvu (a jejich možné tektonické porušení), výskyt hornin indikujících mechanické přetvoření hornin na tektonických liniích nebo výskyt jílových minerálů a dalších minerálů vzniklých v přípovrchových podmínkách, výskyt zemětřesení, které jsou v prostorovém vztahu s výše uvedenými projevy. Jílové minerály jsou skupina minerálů, které vznikají při zvětrávacích procesech, jsou rozmanitého složení i struktury.
- 7.2.6 Protože v důsledku pohybu na tektonicky aktivním zlomu mohou vzniknout i pomalé deformace povrchu území, jako je vyklenování, vzduť, pokles celých morfostrukturních jednotek reliéfu nebo projevy duktilní tektoniky (= tvárné nebo plastické tektoniky), jako jsou vrásy, musí být i tyto deformace hodnoceny a v případě jejich výskytu umístění vyloučeno.
- 7.2.7 Ačkoliv je potřeba vyloučit přítomnost aktivních zlomů především na pozemku pro umístění, může ovlivnit pozemek jaderného zařízení zlom schopný pohybu na vzdálenost desítky kilometrů (u velkých tektonických poruch i stovky kilometrů). Potenciál současné (ve smyslu recentní) seismické aktivity na zlomech se prokazuje na základě statistických metod

(rešerše katalogů historických zemětřesení) a deterministických expertních metod (segmentace zlomu a geometrie zlomové plochy, paleoseismologická, geodetická měření a geofyzikální měření, geomorfologické analýzy).

- 7.2.8 Závěry průzkumů výskytu zlomů a zlomů schopných pohybu jsou využívány při stanovení seismického ohrožení.
- 7.2.9 Pro tento jev je V378 [2] stanovena míra, pro kterou je zakázáno umístit JZ (vylučující kritérium). Má se za to, že výskyt zóny pohybové a seismicky aktivního zlomu nebo jiného pohybu zemské kůry, který by mohl způsobit deformaci objektu JZ v rozsahu přesahujícím stanovené technologické požadavky, během životního cyklu JZ snižující jadernou bezpečnost do vzdálenosti 5 km, nebo vznik doprovodného zlomu na pozemku JZ, má nepříznivý vliv na jadernou bezpečnost, radiační ochranu, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení JZ a není možné ho kompenzovat technickými ani administrativními opatřeními.

7.3 Postup

7.3.1 Pro území do 25 km je nutno zpracovat:

- geomorfologickou a geodynamickou analýzu s využitím leteckých a družicových snímků, laserového skenování terénu a dalších dostupných metod. Součástí takové analýzy je i studium říčních teras, pedologický a sedimentologický průzkum;
- geologickou mapu v měřítku 1 : 50 000 s řezy (podkladem jsou základní geologické mapy zpracovávané ČGS), která je účelově zaměřená na vymezení zlomů a zlomových zón. V případě omezené odkrytosti terénu je třeba využít geofyzikálních metod, z nichž má pro identifikaci zlomů největší význam seismika, gravimetrie, magnetometrie a odporové profilování. Při sestavení mapy se rovněž využijí dostupné archivní podklady. Zlomy a zlomové zóny, které jsou na základě tohoto průzkumu vytipovány jako potenciálně aktivní, jsou v dalších fázích studovány podrobněji (vrty, sondy, průzkumné rýhy).

7.3.2 Pro území do 5 km (včetně pozemku JZ) je potřeba zpracovat nebo provést:

- podrobnou geologickou mapu v měřítku 1 : 10 000 s řezy, odvozenou z map 1 : 25 000 (podkladem jsou základní geologické mapy zpracovávané ČGS), která je účelově zaměřená na vymezení zlomů a zlomových zón, příp. podezřelých prvků reliéfu, které by mohly být odhaleny jako zlomy. Dokumentaci těchto podezřelých míst je pak nutno provést podrobně (pomocí vrtů, sond a průzkumných rýh). Cílem dynamické, kinematické a časové analýzy zlomů a zlomových zón je co možná nejpřesnější odhad periodicity pohybu a stáří nejmladších pohybů na zlomech, k čemuž je možno využít i laboratorní zkoušky (datování) porušených/neporušených hornin a zlomových výplní.

7.3.3 Prokazování přítomnosti seismicky aktivního zlomu je dále založeno na těchto podkladech:

- rešerše z katalogů historických zemětřesení vztahující se k jednotlivým zlomům;
- studie, jejíž součástí je stanovení nejvyššího možného – potenciálního – magnituda seismických otřesů pro jednotlivé zlomy na základě paleoseismologické analýzy zlomů zachycených průzkumnými díly a regionálního seismotektonického modelu;
- studie, jejíž součástí je zjištění orientace současného napětí v zemské kůře na

- pozemku pro umístování a jeho porovnání s orientací zjištěných zlomových ploch;
- monitorování současné seismické aktivity a případné přiřazení ohnisek zemětřesení k potenciálním aktivním zlomům.

8 POVODNĚ

8.1 Požadavek právního předpisu

- 8.1.1 § 3 odst. 1 písm. a) bod 3 V378 [2], který tento jev řadí mezi posuzované vlastnosti území k umístění JZ.
- 8.1.2 § 7 V378 [2] Povodně - posuzování území k umístění JZ z hlediska povodní musí
- a) hodnotit možnost zaplavení pozemku JZ;
 - b) být provedeno v celém povodí, které může ovlivnit území k umístění JZ;
 - c) využívat meteorologické, hydrografické a hydrologické údaje;
 - d) zahrnovat
 1. možnost zaplavení pozemku JZ v důsledku srážek, tání sněhu nebo bouře;
 2. možnost vzniku a účinku zvláštní povodně způsobené poruchou nebo havárií vodního díla usměrňujícího, vzdouvajícího nebo akumulujícího vodu;
 3. vliv akumulace vody a vzedmutí hladiny jako důsledek náhlého vzniku přírodních nebo technických bariér ovlivňujících přirozený tok a hladinu vod a
 4. vliv eroze nebo usazování sedimentů a výskyt povodňových sedimentů v povodí
 - e) hodnotit povodňové riziko na pozemku JZ s použitím modelů povodňového rizika, a to s možností výskytu pětisetletého průtoku.
- 8.1.3 Charakteristikou povodní, při jejímž dosažení je umístění JZ zakázáno, je pravidelné zaplavování pozemku JZ v důsledku extrémních meteorologických situací s pravděpodobností výskytu jednou za 100 let nebo vyšší.

8.2 Komentář

- 8.2.1 Hodnocení je zaměřeno na posouzení, zda pozemek JZ může být zaplaven povodní, intenzívními lokálními srážkami, táním sněhu, v důsledku přehrazení toku přírodními bariérami nebo následkem havárie přehrady, povrchovými důlními vodami nebo podzemními vodami (u podpovrchových částí JZ), tsunami nebo jiným způsobem.
- 8.2.2 Hodnocení musí být provedeno v adekvátním území povodí, které může ovlivnit území k umístění JZ.
- 8.2.3 Vyhláška č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území [7] zavádí rámec pro postupy a formy vyhodnocování významnosti povodňového nebezpečí a pro zvládnání povodňových rizik. Povodňová rizika se stanovují výpočtovými modely a zpracovány jsou mapy povodňových rizik podle Metodiky předběžného vyhodnocení povodňových rizik v ČR [8].
- 8.2.4 V ČR se vyskytuje velký počet umělých vodních nádrží, při jejichž poruše nebo havárii

(protržení hráze), by mohlo dojít ke vzniku průlomové vlny, tzv. zvláštní povodně.

- 8.2.5 Zvláštní povodeň – povodeň způsobená poruchou či havárií (protržením hráze) vodního díla vzdouvajícího nebo akumulujícího vodu, nebo nouzovým řešením kritické situace na vodním díle vyvolávající vznik mimořádné události (krizové situace) na území pod vodním dílem. Rozlišují se tři základní typy zvláštních povodní podle charakteru situace, která může nastat při stavbě nebo provozu vodního díla:
- zvláštní povodeň typu 1 – vzniká protržením hráze vodního díla,
 - zvláštní povodeň typu 2 – vzniká poruchou hradic konstrukce bezpečnostních a výpustných zařízení vodního díla (neřízený odtok vody),
 - zvláštní povodeň typu 3 – vzniká nouzovým řešením kritické situace ohrožující bezpečnost vodního díla prostřednictvím nezbytného mimořádného vypouštění vody z vodního díla, zejména při nebezpečí havárie uzávěrů a hrazení bezpečnostních a výpustných zařízení nebo při nebezpečí protržení hráze vodního díla.

Zvláštní povodeň může vzniknout i jako důsledek teroristické nebo vojenské činnosti.

- 8.2.6 Z povodňových sedimentů lze získat informace o chování řeky, historickém výskytu povodní, historii střídání erozí a akumulací, změny v klimatických poměrech i zásahy člověka do krajiny. Povodňové hlíny a jíly řek mohou dosahovat mocnosti několika metrů.
- 8.2.7 Pro tento jev je V378 [2] stanovena míra, pro kterou je zakázáno umístit JZ. Charakteristikou povodní, při jejímž dosažení je umístění JZ zakázáno, je pravidelné zaplavování pozemku JZ v důsledku extrémních meteorologických situací s pravděpodobností výskytu jednou za 100 let nebo vyšší.

8.3 Potup

- 8.3.1 Analýza, zda pozemek JZ nezasahuje do záplavových území, se provádí na základě map a atlasů záplavových území vodotečí, zaplavovaných při stoletých a větších povodních (např. dokumenty Správy dotyčného povodí a studie VÚV T. G. M. či jiných odborných institucí).
- 8.3.2 Hodnocení, zda pozemek JZ se nenachází v území možného zaplavení při protržení vodní nádrže, je možno realizovat modelem nebo analýzou výškových úrovní.
- 8.3.3 Záplavová území jsou podle § 66 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon) [9], administrativně určená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Postup vymezení záplavových území je dán vyhláškou č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území [7]. Aktivní zóna je také pojem definovaný vodním zákonem [9]. Jedná se o tu část zaplaveného území, kterou je při povodni odváděna rozhodující část povodňového průtoku. Aktivní zóna se stanovuje v zastavěných územích a v územích určených k zástavbě podle platných územních plánů. Vodní zákon [9] zavádí v § 67 příslušná omezení platná ve stanovených záplavových územích, především pak v aktivních zónách.
- 8.3.4 Doba opakování udává průměrný počet let, ve kterých je určitý jev dosažen nebo překročen. N-letý průtok QN je definován jako kulminační průtok, který je dosažen nebo překročen průměrně jednou za N-let. Hodnoty se zjišťují analýzou dlouhodobých časových řad pozorování. Jde o statistickou charakteristiku, nikoli predikční.

- 8.3.5 Průtoková vlna je přechodné zvětšení a následující pokles průtoků a vodních stavů. Přívalové deště charakteristicky padají na malé ploše, kterou intenzivně ovlivňují zejména hloubkovou erozí. Nejvíc nebezpečné bývají při vyústění krátkých bočních údolí a roklí. Je třeba doložit, že stavba neleží pod vyústěním údolí či rokle, která může přivádět přívalové srážky o průtoku 5 m³ za sekundu či větším.
- 8.3.6 Výskyt povodňových sedimentů je zakreslen v základních geologických mapách (v měřítku 1 : 25 000, 1 : 50 000). Mapové listy zpracovává ČGS. Z výskytu povodňových sedimentů lze získat informace o chování řeky, historickém výskytu povodní, historii střídání erozí a akumulací, změny v klimatických poměrech i zásahy člověka do krajiny. Povodňové hlíny a jíly řek mohou dosahovat mocnosti až několika metrů.
- 8.3.7 Ačkoli je výskyt tsunami a vln seiche v ČR obecně vyloučen, je nutno i tuto možnost posoudit a popsat, např. z hlediska vzdálenosti od moře nebo velké vodní plochy.

9 OBĚH PODZEMNÍ VODY

9.1 Požadavek právního předpisu

- 9.1.1 § 3 odst. 1 písm. a) bod 4 V378 [2], který tento jev řadí mezi posuzované vlastnosti území k umístění JZ.
- 9.1.2 § 8 V378 [2] Oběh podzemní vody - posuzování území k umístění JZ z hlediska oběhu podzemní vody musí hodnotit
- výskyt hydrogeologických struktur podzemních vod, včetně minerálních vod a dosud nevyužívaných zásob podzemních vod a minerálních vod,
 - vliv podzemní vody na JZ, včetně chemických vlastností vody z hlediska její agresivity,
 - zahrnovat zpracování hydrogeologického modelu proudění podzemní vody, zahrnující popis hydrogeologických vrstev.
- 9.1.3 Charakteristikou oběhu podzemní vody, při jejímž dosažení je umístění JZ zakázáno, je existence významných útvarů podzemních vod, u nichž by mohlo dojít k trvalému znečištění radioaktivní látkou.

9.2 Komentář

- 9.2.1 Hodnocení oběhu podzemní vody se provádí z důvodu vyloučení možného znečištění existujících zásob podzemních vod v území, které může být výstavbou a provozem JZ zasaženo, a také je oběh podzemní vody hodnocen jako vlastnost území, která může mít vliv na jadernou bezpečnost. Významné zásoby podzemních vod nesmí být ohroženy ani po ukončení provozu JZ.
- 9.2.2 Výskyt, množství a chemické vlastnosti podzemních vod závisí na geologickém složení území a klimatických poměrech. Podzemní voda je doplňována zejména infiltrací atmosférických srážek, táním sněhu nebo infiltrací z povrchových toků. Podle hloubky, ve které se podzemní voda nachází pod povrchem, se rozlišují zvodnělé vrstvy (kolektory) s mělkým nebo s hlubokým oběhem. Jednotlivé zvodnělé vrstvy mohou nebo nemusí být odděleny.

Hydrogeologická struktura je geologicko-tektonicky a hydrogeologicky vymezená jednotka, na kterou je vázaná podzemní voda s jejími vlastními podmínkami (přírozenými nebo přirozeno-umělými) pohybu a tvorby.

- 9.2.3 Hydrogeologické rajóny a jejich útvary podzemních vod uvádí vyhláška č. 5/2011 Sb., o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod [10].
- 9.2.4 Pokud složení vod a jejich další specifické vlastnosti dosahují hodnot vyhlášky č. 423/2001 Sb., kterou se stanoví způsob a rozsah hodnocení přírodních léčivých zdrojů a zdrojů přírodních minerálních vod a další podrobnosti jejich využívání, požadavky na životní prostředí a vybavení přírodních léčebných lázní a náležitosti odborného posudku o využitelnosti přírodních léčivých zdrojů a klimatických podmínek k léčebným účelům, přírodní minerální vody k výrobě přírodních minerálních vod a o stavu životního prostředí přírodních léčebných lázní (vyhláška o zdrojích a lázních [11]), jsou klasifikovány jako vody minerální.
- 9.2.5 Podle § 40 zákona č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) [12], jsou důlními vodami všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami. Podle § 4 odst. 2 Vodního zákona [9], se za důlní vody považují vody povrchové, popřípadě podzemní.
- 9.2.6 Na území ČR jsou významné zásoby podzemní vody vázány na dva základní typy geologického prostředí – na sedimenty údolních niv (podél vodních toků) a na pánevní sedimenty (např. pískovce české křídové pánve), kde jsou jímány velkými soustředěnými odběry regionálního významu, soustředěnými odběry menšího regionálního významu a většími odběry pro místní zásobování. Vodohospodářský význam kolektoru je klasifikován podle transmisivity – průtočnosti hornin do jednotlivých tříd [54]. Mezi významné zdroje podzemních vod se dají počítat ty, které mají vydatnost větší než 5 l/s.
- 9.2.7 V adekvátně velkém území se hodnotí výskyt všech hydrogeologických struktur a jejich částí – část infiltrační, akumulační (transportní) a odvodňovací. Popisují se jednotlivé hydrogeologické vrstvy i do hloubky (tzv. stratifikace) a jejich vlastnosti (zda jde o izolátory, kolektory, jejich hydraulické vlastnosti apod.). Součástí hodnocení území je numerický hydrogeologický model, do kterého vstupují data jak archívni, tak z nových průzkumů a terénních měření, a ze kterého jsou určeny preferenční směry a rychlosti možného úniku radionuklidů z JZ, posouzení možného zasažení zásob podzemních vod, expoziční scénáře možného vlivu radionuklidů na jednotlivé skupiny obyvatel apod.
- 9.2.8 Hodnocení vlivu podzemních vod na konstrukce a objekty JZ je soustředěno na pozemek JZ. Je posuzován režim podzemních vod a úroveň hladiny podzemní vody a její možný vliv jak při samotné výstavbě (zaplavování stavebních jam), tak při provozu JZ (pokud je hladina podzemní vody v úrovni založení staveb, je nutno zajistit technickým řešením nepřetržité snižování hladiny podzemní vody během celé životnosti JZ). Agresivita podzemní vody, která může způsobit korozi staveb, se posuzuje také z hlediska toho, zda podzemní voda na pozemku JZ stagnuje nebo pod pozemkem JZ proudí a tím se její působení zvyšuje. Vlivem podzemní vody na konstrukce se zabývají normy ČSN [18, 20, 21, 22, 31].
- 9.2.9 Ochranou podzemních vod se zabývá zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon) [9].

9.3 Postup

- 9.3.1 Je nutno doložit existenci všech zvodnělých vrstev, od mělkých kolektorů po hluboké kolektory a vymezit rozsah infiltračních území významných zásob podzemních vod.
- 9.3.2 Hodnocení je realizováno pomocí rešeršních prací a vyhodnocení dosavadních hydrogeologických průzkumů a v případě nedostatečného poznání i novým terénním průzkumem. Je potřeba vymezit existenci hydrogeologických struktur a jejich vodohospodářsky významných zásob podzemních a minerálních vod. Základní informace o hydrogeologických poměrech lze získat z hydrogeologických map v měřítku 1 : 50 000 (popř. 1 : 25 000) s Vysvětlivkami a regionálních hydrogeologických studií (zpracovává ČGS). Je potřeba vypracovat účelovou hydrogeologickou mapu území k umístění JZ s vyznačenými hydrogeologickými jednotkami, hydroisohypsami, směry proudění podzemní vody, objekty podzemní vody apod.
- 9.3.3 Pomocí modelu proudění podzemní vody a možného transportu kontaminantů zhodnotit možný vliv stavby a provozu JZ na kvalitu a kvantitu podzemních vod, a to z hlediska infiltračního území, transportní a akumulační oblasti a oblasti odvodnění struktur.
- 9.3.4 Informace o vyhlášených zdrojích podzemních vod je možné převzít z Hydroekologického informačního systému VÚV T. G. M. (vodohospodářské mapy, mapy ochranných pásem vodních zdrojů, mapy chráněných území přirozené akumulace vod), z Plánů rozvoje vodovodů a kanalizací (pro jednotlivé kraje), které uvádí popis všech využívaných zdrojů podzemních vod pro zásobování pitnou vodou.
- 9.3.5 Za střet zájmu s vylučující charakteristikou § 3 odst. 1 písm. b) bod 3 V378 [2], se považuje jakýkoli zásah do hydrogeologického rajonu, kde se nacházejí významné zásoby podzemních vod, do vyhlášených ochranných pásem vodních zdrojů, ochranných pásem minerálních vod a vyhlášených chráněných území přirozené akumulace vod (CHOPAV).
- 9.3.6 Hodnocení možného vlivu podzemní vody na JZ by mělo být zaměřeno na tyto situace:
- Odvodnění stavební jámy - při budování stavební jámy se základy, zasahujícími pod hladinu podzemní vody, se musí stavební jámy odvodňovat (např. povrchové odvodnění, odvodnění systémem subhorizontálních či vertikálních vrtů).
 - Bezprostřední kontakt podzemní vody se základovými konstrukcemi je natolik významný, že je často důvodem pro změnu způsobu zakládání. Negativní působení vody má tyto formy: působení tlaku a vztlaku podzemní vody na stavební konstrukce, účinek proudového tlaku na konstrukce a zeminy, sufoze (vymývání či vynášení jemnozrnných zemních částic proudící vody ze svahů či dna základové jámy) a kolísání hladiny podzemní vody, kterými se mimo jiné urychlují vyluhovací procesy.
 - Inicializace svahových pohybů – voda ve svahu může za nepříznivých okolností vyvolat svahový pohyb. V takovémto případě je nutno zamezit vnikání vody do svahu nebo snížit polohu hladiny podzemní vody ve svahu. (např. utěsnění trhlin na povrchu, horizontální nebo vertikální čerpací odvodňovací vrty, systém drenáží odvádějící vodu mimo postiženou oblast).
 - Agresivita podzemních vod na kovové nebo betonové konstrukce - podzemní a povrchová voda může působit agresivně na okolní prostředí. Je nutno zamezit kontaktu vody s konstrukcemi, případně řešit změnu technologie materiálů.

- Kolísání hladiny podzemní vody - hladina podzemní vody zasahuje do základové půdy, může způsobit změny únosnosti hornin a způsobit dodatečné sedání stavby. Působení vztlakových sil a následná koroze základových konstrukcí představují nebezpečí, způsobená vlivem podzemní vody. Tento problém lze řešit pomocí stabilizace hladiny (čerpáním, drenáží) na potřebnou výškovou úroveň.
- 9.3.7 Hodnocení vlivu podzemní vody na konstrukce a objekty JZ (na pozemku JZ) je realizováno prostřednictvím rešerší dosavadních hydrogeologických průzkumů, terénním hydrogeologickým průzkumem a modelování proudění podzemních vod. Je nutno vypracovat podrobnou hydrogeologickou mapu s vyznačenými směry proudění podzemní vody, hydrogeologickými hranicemi (hranicemi různých typů hydrogeologického prostředí, hranicemi litostratigrafických jednotek, hlavními rozvodnicemi podzemní vody), strukturně-tektonickými prvky (zlomy), úrovní hladiny podzemní vody a se zakreslenými objekty podzemní vody (prameny, studny, vrty). Výskyt agresivních podzemních vod na pozemku JZ se provádí na základě chemických analýz odebraných vzorků podzemních vod ve vrtech a ostatních objektech podzemních vod (studny, prameny).
- 9.3.8 Agresivitou vody je chemická vlastnost vody, která způsobuje rozrušování materiálu, potrubí, objektů nebo zařízení. V úvahu přichází koroze kovů (elektrochemický proces) a koroze nekovových materiálů chemickými procesy (beton apod.). Mimo to je možný výskyt mikrobiální koroze. Agresivita podzemní vody může představovat omezení životnosti staveb, značné technické obtíže při realizaci ochranných opatření nebo nepřiměřené náklady na založení a údržbu stavby.
- 9.3.9 Koroze ocelového a litinového potrubí je podmíněna celkovým složením vody, přítomností kyslíku a oxidu uhličitého. Koroze malty a betonu je, na rozdíl od kovů, výhradně chemickým procesem. Pokud se týká malty, kde pojivem je CaCO_3 , je agresivita způsobena jeho rozpouštěním. Při hodnocení agresivity lze vycházet z vápenato-uhličitanové rovnováhy. U betonu je situace složitější, protože jde o vliv vody na několik komponent betonu, Ca(OH)_2 , CaCO_3 a další složky. Zde nelze vycházet jen z řešení vápenato-uhličitanové rovnováhy.
- 9.3.10 Agresivitu vody způsobuje: nízká mineralizace (tzv. hladové vody), nízké pH (kyselé vody), obsah agresivního CO_2 (uhličitá agresivita), vyšší obsah síranových iontů (síranová agresivita), vysoké koncentrace hořečnatých iontů, zvýšené koncentrace amoniakálního dusíku, obsah dalších látek (např. sulfanu a jeho iontových forem, křemičitany - silně alkalické vody). Pokud je na pozemku JZ doložena existence agresivních vod, je potřeba zhodnotit možnost buď odstranění jejich zdrojů, nebo využití speciálních stavebních technologií.
- 9.3.11 U posuzování agresivity podzemních vod je nutné zohlednit, zda podzemní voda proudí, nebo stagnuje.

10 DALŠÍ GEODYNAMICKÉ JEVY A GEOTECHNICKÉ PARAMETRY ZÁKLADOVÝCH PŮD

10.1 Požadavek právního předpisu

- 10.1.1 § 3 odst. 1 písm. a) bod 5 V378 [2], který tento jev řadí mezi posuzované vlastnosti území k umístění JZ.
- 10.1.2 § 9 V378 Další geodynamické jevy a geotechnické parametry základových půd - posuzování území k umístění JZ z hlediska dalších geodynamických jevů a geotechnických parametrů základových půd musí
- a) hodnotit
 1. vulkanismus a projevy postvulkanické činnosti,
 2. svahové pohyby včetně sněhových lavin,
 3. propady a deformace povrchu území, včetně poddolování,
 4. nepříznivé vlastnosti základových půd,
 5. větrnou erozi a
 6. zdroje prachových částic a úlomků hornin a
 - b) být provedeno v případě jevů podle písmene a) V378
 1. bodu 1 do vzdálenosti 25 km,
 2. bodu 2 a 3 do vzdálenosti 5 km a
 3. bodu 4 na pozemku JZ.
- 10.1.3 Posuzování území k umístění JZ z hlediska dalších geodynamických jevů a geotechnických parametrů základových půd musí zohlednit
- a) výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a projevů postvulkanické činnosti, zejména výronů plynů anebo minerálních vod, spojených s minulou vulkanickou aktivitou,
 - b) nestabilitu svahů,
 - c) výskyt
 1. kaveren a krasových formací,
 2. hlubinných dolů, podzemních zásobníků plynu a jiných staveb realizovaných v podzemních prostorech a pozůstatků historické těžby a
 3. čerpacích vrtů a technologií rozpouštění k těžbě nerostných surovin a podzemní vody, včetně propadu nebo deformace povrchu, a
 - d)
 1. geotechnické vlastnosti přítomných zemin a hornin a
 2. stabilitu základových zemin a hornin při statickém a dynamickém namáhání.
- 10.1.4 Charakteristikou dalších geodynamických jevů a geotechnických parametrů základových půd, při jejímž dosažení je umístění JZ zakázáno, je výskyt
- vulkanických hornin pliocenního až holocenního stáří nebo projevů postvulkanické činnosti, zejména výronu plynů nebo minerálních vod, spojených s minulou vulkanickou aktivitou, do vzdálenosti 5 km,

- jevů podle odstavce 2 písm. c) V378,
 - na pozemku jaderného zařízení nebo
 - mimo pozemek JZ, hrozí-li propad nebo deformace povrchu území k umístění jaderného zařízení s vlivem na jadernou bezpečnost,
- svahových pohybů, snižujících jadernou bezpečnost nebo
- přetrvávajících nevhodných vlastností základových půd, a to
- nevhodnosti základových půd pro zakládání objektů důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti, pokud průměrná rychlost příčných vln v základové půdě je nižší než 360 m/s,
- výskytu základové půdy s únosností nižší než 0,2 MPa,
- výskytu prosedavých nebo silně bobtnavých základových půd,
- výskytu základové půdy zařazené mezi středně organické nebo vysoce organické, nebo výskytu ztekucení zemin.

10.2 Komentář

10.2.1 Hodnocení dalších geodynamických jevů a geotechnických parametrů základových půd se provádí za účelem vyloučení ohrožení stability pozemku JZ jevy, jako jsou projevy postvulkanické činnosti, zřícení podzemních krasových dutin, těžba surovin nebo čerpání podzemní vody, sesednutí, svahové deformace, nestabilní základové zeminy, nepřijatelné deformace základové půdy apod.

10.2.2 Hodnotí se výskyt postvulkanické činnosti, která navazuje na sopečnou aktivitu na území ČR, která probíhala od cca paleogénu do současnosti.

Nejmladší vulkanická činnost (tzv. neoidní vulkanismus) na území ČR je spjata s procesy alpského vrásnění, při kterém byla přilepena jižní část Evropy (Pyreneje, Alpy, Karpaty atd.). Toto vrásnění mělo vliv i na samotný Český masiv, který vznikl již variským vrásněním a od té doby byl stabilní součástí Evropy. V Českém masivu došlo ke vzniku hlubokých zlomů a zlomových pásem, po kterých pronikalo magma na zemský povrch a docházelo k projevům aktivní sopečné činnosti, která započala již ve svrchní křídě, vyvrcholila v třetihorách a její dozvuky přetrvávaly až do čtvrtohor. V závěrečné fázi vulkanických projevů vznikly naše nejmladší sopky soustředěné při chebském zlomu - Železná hůrka (nejmladší sopka v ČR stará přibližně 170 000 - 400 000 let) a o něco starší Komorní hůrka (stáří nad 450 000 let). Kolem dvou milionů let jsou pak staré sopky v Nížkém Jeseníku v okolí Bruntálu. Nejintenzivněji se sopečná činnost v Českém masivu projevovala na tzv. oherském riftu (hluboce založená porucha v zemské kůře, podél níž vystupuje magma) a při tzv. labské linii (hluboce založená zlomová zóna, podél které také vystupovalo magma).

10.2.3 Projevem postvulkanické činnosti v ČR jsou výrony plynů a minerálních vod. Pod pojmem „minerální voda“ jsou chápány obecně podzemní vody, ve kterých obsahy některých chemických látek dosahují stanovených limitů nebo mají jiné, výjimečné fyzikálně-chemické vlastnosti než běžně se vyskytující podzemní vody na našem území. Vzhledem k tomu, že se na území ČR nachází vysoký počet různých druhů minerálních vod, je nutno posoudit, zda tyto minerální vody jsou spjaty s minulou vulkanickou činností. K posouzení výskytu postvulkanické činnosti je nutné celkové pochopení regionálně geologické pozice území

k umístění. Na vulkanickou činnost ve zkoumaném území lze usuzovat také z geomorfologických tvarů terénu - sopečné kužely, kupy, kaldery a lávové příkrovy nebo výskytu magmatických těles uložených pod povrchem území, jako jsou žíly, batolity a lakolity, a podle výskytu výlevných a pyroklastických hornin v geologických formacích hodnoceného území.

- 10.2.4 Hodnotí se dále výskyt možných svahových deformací. Svahové pohyby vznikají při porušení stability svahu působením gravitace a dalších faktorů, jako jsou působení vody, mechanické vlastnosti dotčených hornin a zemin, napjatostí uvnitř horninového masivu, nebo externím zatížením, které je důsledkem lidské (stavební) činnosti. Jejich vznik a vývoj je podmíněn místními přírodními poměry (sklon svahu, geologické poměry, klimatické podmínky atd.) a případně lidskou činností (změny reliéfu krajiny, změny vodního režimu).
- 10.2.5 Propady, deformace povrchu území mohou být způsobeny přítomností např. krasových dutin, následkem předchozí důlní činnosti, těžby (vznik poklesových kotlin nad dobývanými ložisky nerostných surovin) a používání speciálních technologií např. jímání břidličného plynu, zejména hydraulické stimulace masívu (fracking) nebo jímání plynu z podzemního zplyňování uhlí, následkem historické těžby – dnes poddolovaná území, čerpáním podzemní vody z hlubokých vrtů, existencí podzemních zásobníků plynu, geotermálních vrtů apod.
- 10.2.6 Posouzení stability základových zemin a hornin při statickém a dynamickém namáhání zahrnuje řadu zkoušek a výpočtů. Základová půda je zemina nebo hornina, do které se stavba zakládá. Z hlediska umístění JZ musí být hodnoceny nevhodné vlastnosti základových půd, které není možno technickými prostředky eliminovat (např. odtěžit), např.:
- ztekucení zemin, spojené zejména s podzemní sufozí. Vzniká vlivem hydrodynamického tlaku při přesažení kritického gradientu a při určité kritické pórovitosti jemnozrnných zemin,
 - plastické vytlačování podloží, které je možno rozdělit na plastické vytlačování z podloží násypů a plastické vytlačování kernými sesuvy. Plastické vytlačování podloží je pomalý jev, při němž nejsou zřetelné hranice mezi hmotou, která je v pohybu a hmotou, kde k pohybu nedochází. K projevům plastického vytlačování patří kerné sesuvy, vytlačování měkkých jílu na dně erozních údolí a poruchy násypů způsobené neúnosností podloží,
 - soliflukce, tj. pomalý svahový pohyb, kdy po zmrzlé spodní vrstvě dochází k pohybu rozmrzlé povrchové vrstvy.

10.3 Postup

10.3.1 Vulkanismus a projevy postvulkanické činnosti

Projevem postvulkanické činnosti v ČR jsou výrony plynů a minerálních vod. Vzhledem k tomu, že se na území ČR nachází vysoký počet různých druhů minerálních vod, je nutno posoudit, zda tyto minerální vody, pokud se vyskytují v území k umístění JZ, jsou spjaté s minulou vulkanickou činností.

K posouzení výskytu postvulkanické činnosti je nutné celkové pochopení regionálně geologické pozice území k umístění.

Na vulkanickou činnost ve zkoumaném území lze usuzovat také z geomorfologických tvarů terénu - sopečné kužely, kupy, kaldery a lávové příkrovy nebo výskytu magmatických těles

uložených pod povrchem území, jako jsou žíly, batolity a lakolity a podle výskytu výlevných a pyroklastických hornin v geologických formacích hodnoceného území.

Indikací vulkanicky a seismicky aktivních zón jsou zvýšené hodnoty tepelného toku, což lze zjistit z map tepelného toku v podloží ČR. Tepelným tokem je množství energie procházející jednotkou plochy.

10.3.2 Svahové pohyby včetně sněhových lavin

Svahové pohyby vznikají při porušení stability svahu působením především gravitace. Jejich vznik a vývoj je podmíněn místními přírodními poměry (sklon svahu, geologické poměry, hydrogeologické podmínky, klimatické podmínky atd.) a případně lidskou činností (změny reliéfu krajiny, změny napjatosti vlivem zemních prací, změny vodního režimu).

Sesuvy mohou být relativně rychlé, krátkodobé, ale i velmi pomalé a dlouhodobé pohyby zemin či hornin, s různě hlubokými smykovými plochami. Jde o klouzavý pohyb horninových hmot ve svahu, podél jedné, nebo i více průběžných smykových ploch. Důsledkem sesuvu bývá terénní tvar vzniklý přemístováním horninových hmot po svahu.

Zvláštním typem sesuvných pohybů je soliflukce, tj. pomalý svahový pohyb, kdy po zmrzlé spodní vrstvě dochází k pohybu rozmrzlé povrchové vrstvy.

Aby mohlo k sesuvnému pohybu dojít, musí být splněny určité morfologické, geologické, hydrogeologické a klimatické předpoklady. K sesuvu dochází, když se poruší stabilita svahu, a to buď v důsledku přírodních procesů, nebo v důsledku lidské činnosti. Sklon svahu náchylného k sesuvu závisí na smykové pevnosti zemin či hornin tvořících svah a může tak kolísat ve značném rozsahu. Sesuv je pohyb hornin z vyšších poloh svahu do nižších. K sesuvu dojde, když se poruší stabilita svahu. K nestabilitě svahů velmi často významně přispívá i zvýšení obsahu vody v půdě, suti nebo horninách. Voda vyplňuje póry a pukliny a mění pevnou vazbu mezi zrny, z nichž se skládá zemina i skalní masiv. Voda na plochách tvořících rozhraní vrstev může snižovat úhel vnitřního tření, zvyšovat pórový tlak vody v zeminách a usnadňovat tak smykání vrstev zemin po sobě. Soudržnost hornin, přispívající k jejich stabilitě, může být dlouhodobě porušována zmrznutím a zvětráváním a syčením vodou. Nestabilitu svahu mohou způsobit i změny reliéfu svahu, ať už antropogenními, nebo přírodními procesy, dále i změny porostu nebo odstranění vegetace.

Sesuv může ohrozit nejen objekty život a zdraví osob, jejich majetek, ale i infrastrukturu, která může být pro bezpečný provoz JZ důležitá (vzdálenější komunikace, kabelovody, produktovody, plynovody, silniční a železniční komunikace přerušení dodávek elektrické energie, ropy, plynu, vody a podobně.)

Sesuvy jsou klasifikovány podle aktivity, mechanismu sesouvání a rychlosti svahových pohybů. Dalšími hledisky je geneze, opakovatelnost, tvar půdorysu a stáří.

Doložení stanoviska výskytu svahových deformací (současných i fosilních) se zpracuje na základě Registru svahových deformací (ČGS), aktuální terénní rekognoskace zájmového území, popř. vypracování analýzy náchylnosti k sesouvání (v případě četných výskytů sesuvů), kde jsou základními vstupními daty: geologické složení, sklon reliéfu v zájmovém území a již známé svahové deformace, popř. další vstupy dle potřeby.

10.3.3 Stará důlní díla

Starým důlním dílem se podle horního zákona [12] rozumí důlní dílo v podzemí, které je opuštěno a jehož původní provozovatel ani jeho právní nástupce neexistuje nebo není znám.

Starým důlním dílem může být také opuštěný lom po těžbě vyhrazených nerostů, jehož původní provozovatel ani jeho právní nástupce neexistuje nebo není znám. Vedení registru starých důlních děl se realizuje podle § 35 horního zákona [12].

V případě, že jde o staré důlní dílo, které ohrožuje zákonem chráněný obecný zájem, přebírá odpovědnost za jeho sanaci v nezbytně nutném rozsahu stát prostřednictvím MŽP. MŽP také shromažďuje údaje o starých důlních dílech v registru.

10.3.4 Propady a deformace povrchu území včetně poddolování

Podzemní kaverny, včetně těch vzniklých poddolováním, se mohou v průběhu času pomalu propagovat směrem k povrchu a po řadě let způsobit jeho propad. Proto je nutno existenci podzemních kaveren a poddolování zjistit a po posouzení její dlouhodobé stability přijmout adekvátní opatření.

Informace o těchto jevech jsou shromažďována ČGS, např. v registru poddolovaných území. Sledované údaje jsou v jednotné databázi, která je průběžně aktualizována. Registr je veden na pracovišti ČGS v Kutné Hoře. Další relevantní podklady, zahrnující odborné posudky a zprávy týkající se poddolování, jsou uloženy v Archivu Geofond ČGS.

Mapy poddolovaných území

Mapy poddolovaných území jsou pravidelně vydávány a poskytovány orgánům státní správy a samosprávy pro potřeby územního plánování. Jednotlivé zákresy poddolovaných území jsou zobrazeny jako body nebo plochy (polygony):

Bodové zákresy představují buď jednotlivá důlní díla (např. šachta, krátká štola nebo štola s neznámým průběhem a rozsahem, chodbice) nebo větší plochy, v rámci kterých leží důlní díla, jejichž přesnou polohu a rozsah nelze z použitých podkladů přesněji určit.

Polygony zahrnují plochy se známým nebo předpokládaným výskytem hlubinných důlních děl, vzniklých za účelem těžby nebo průzkumu nerostných surovin.

Důlní díla jsou v rámci ploch rozložena nepravidelně, v různých hloubkách a mohou zde být i zcela nepoddolované úseky. Významná je skutečnost, že možné postižení terénu hornickou činností je většinou podstatně menší, než je rozsah zákresů pro konkrétní lokality. Upřesnění je třeba provést na základě podrobnější analýzy ve spolupráci s pracovištěm ČGS v Kutné Hoře.

Mechanismus propadů

Propady, deformace povrchu území mohou být způsobeny buď v důsledku přírodních procesů, anebo v důsledku činností člověka.

Například v důsledku přítomností krasových dutin, následkem těžby (vznik poklesových kotlin nad ložisky uhlí) a používání specifických technologií (například jímání břidličného plynu, hydraulické stimulace masívu (fracking)), nebo jímání plynu z podzemního zplyňování uhlí, následkem historické těžby. Jinými příklady jsou poddolovaná území vzniklé vydatným dlouhodobým čerpáním podzemní vody z hlubokých vrtů, vyrazení podzemních zásobníků plynu apod.

K propadům může dojít přirozenými procesy v horninovém masivu mnoho let po vzniku přírodní nebo antropogenní dutiny, podle charakteru horninového masivu, geometrie dutiny, její hloubky pod povrchem terénu s přispěním vnějších nahodilých činitelů (zemětřesení, náhlá změna vodního režimu, atd.).

Negativní vlivy hornické činnosti na stabilitu povrchu

V hornických revírech stejného nebo obdobného genetického typu se obecně setkáváme se čtyřmi základními druhy negativních projevů exploatační činnosti na stabilitu povrchu. Jedná se především o:

- přímé rozvolňovací procesy,
- nepřímé rozvolňovací procesy,
- seismické účinky důlních otřesů a
- deformace povrchu v důsledku odvodnění.

K přímým rozvolňovacím procesům docházelo, dochází a bude docházet v dlouhodobém časovém horizontu v oblastech exploatovaných ložisek nerostných surovin.

S nepřímými rozvolňovacími procesy se lze obvykle setkávat pouze v oblastech, kde byly vedeny exploatační práce v přípovrchových partiích postižených hypergenními činiteli. Nacházejí se většinou v bezprostředním okolí povrchových propadů. Často ještě nedostoupily až k zemskému povrchu, což je činí zvláště nebezpečnými.

K seismickým účinkům důlních otřesů dochází v průběhu rozvolňovacích procesů (ražeb). Mohou být doprovázeny křehkým porušením o různé velikosti uvolněných pružných deformačních energií. Je třeba je posuzovat i z hlediska možného ohrožení povrchových objektů.

Deformace povrchu v důsledku odvodnění čerpáním vody při dlouhodobě prováděné důlní činnosti dochází k poklesu terénu v důsledku přitížení části horninového masívu, který byl odvodněn. Při opětovném nastoupení podzemních vod pak dochází k dalším změnám ve stabilitě území.

10.3.5 Nepříznivé vlastnosti základových půd

Základová půda je zemina nebo hornina, do které se zakládá stavební konstrukce. Je to část horninového prostředí, která spolupůsobí se stavební konstrukcí (vlivem přitížení stavbou v ní by došlo k přerozdělení napjatosti). Při porušení stability základové půdy překročením její únosnosti dojde k vytvoření smykových ploch a k zaboření základu do základové půdy.

Vlastnosti základových půd JZ se musí stanovit inženýrskogeologickým, respektive geotechnickým průzkumem podle ČSN P 731005 [19] a ČSN EN 1997 část 1 a část 2 [25, 26] a na ně navazujících geotechnických norem.

Posouzení, zda klíčové vlastnosti základových půd nedosahují vylučujících charakteristik pro rozhodnutí o povolení umístění JZ [2] je nutno stanovit v raných fázích procesu umístování JZ.

Rychlost příčných vln

Vylučující charakteristikou pro umístění JZ je nevhodnost základových půd pro zakládání objektů důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti, pokud průměrná rychlost příčných vln v základové půdě je nižší než 360 m/s [2].

Požadavek na stanovení typu základové půdy vychází z čl. 3.1 standardu IAEA NS-G-3.6 [42], který se vztahuje ke kategorizaci staveniště pro účely analýzy seismické odezvy. V standardu jsou staveniště rozdělena do 3 typů na základě rychlosti šíření S-vln:

Typ 1: $V_s > 1100$ m/s;

Typ 2: 1100 m/s $> V_s > 300$ m/s;

Typ 3: 300 m/s $> V_s$.

Charakter šíření elastických vln je využíván jako orientační informace o mechanických vlastnostech základových půd (porušenost, pórovitost, jílovitost, dynamický modul pružnosti smykový modul pružnosti). Zkoušky šíření elastických vln se provádí seismickým měřením, u kterého se stanovuje amplituda vln (délka a výška vlny) a jejich frekvence, která souvisí s rychlostí šíření vlny.

Rychlost šíření seismické vlny v zásadě klesá se stupněm porušení zkoumaného prostředí. Rychlost šíření seismické vlny je závislá na objemové hmotnosti prostředí a na modulu pružnosti. Nejvyššími seismickými rychlostmi se vyznačují skalní horniny, nízké rychlosti odpovídají zeminám (Eurokód 8, tab. 3.1 [27]). Charakteristickým výstupem seismických měření jsou seismické řezy, ve kterých jsou vykreslena zjištěná rozhraní. V seismických řezech jsou uvedeny také grafy hraničních rychlostí (rychlostí seismických vln na rozhraních), popřípadě izolinie rychlostí.

Hodnoty seismických vln jsou využívány ve studii PSHA.

Únosnost základových půd

Vylučující charakteristikou pro umístění JZ je výskyt základové půdy s únosností nižší než 0,2 MPa [2].

Únosnost základové půdy je obecně takové maximální napětí, při kterém v ní nedojde k vytvoření plastických deformací.

Prosedavé nebo silně bobtnavé základové půdy, organické půdy, ztekucení zemin

Vylučující charakteristikou pro umístění JZ je výskyt prosedavých nebo silně bobtnavých základových půd, výskyt základové půdy zařazené mezi středně organické nebo vysoce organické nebo výskyt ztekucení zemin [2].

K doložení únosnosti základových půd a jejich prosedavosti na plánovaném pozemku JZ je nutno vymezit rozšíření zemin, které mohou způsobit destrukci stavby, podrobným inženýrskogeologickým průzkumem podle ČSN P 73 1005 [19]. Průzkum by měl obsahovat: vymezení rozšíření prosedavých zemin a sledovat fyzikální vlastnosti zemin, jejich zatřídění dle [23, 24, 26].

Vyloučení bobtnavosti zemin se provádí na základě podrobného inženýrskogeologického průzkumu, podle [19, 23, 24]. Průzkum musí obsahovat vymezení rozsahu výskytu jílovitých sedimentů a zatřídění fyzikálních vlastnosti hornin a zemin podle norem.

Je potřeba vyloučit výskyt zemin s organickou příměsí, který by při kompakci např. vahou stavby nebo při oxidaci, vedl ke zmenšení objemu organické hmoty a tím ovlivnil objem sedimentu a změny povrchu. Zjištění výskytu těchto zemin podrobným inženýrskogeologickým průzkumem se provádí podle ČSN P 73 1005 [19] a geotechnických norem [28, 29, 30]. Podíl organické příměsi se určuje podle ČSN EN 1997-2 (731000) čl. 5.6.2 [26].

Musí být doložena únosnost základových půd a jejich prosedavost, vymezeno rozšíření zemin, které např. po změně vodního režimu (nasycení vodou) mohou způsobit destrukci stavby. Musí být ověřeno nerovnoměrné zvětrání hornin v úrovni základové spáry, projevující se variabilitou hodnoty modulu deformace E_{def} , a dále pronikání zón silně zvětralých hornin

hluboko pod úroveň předpokládané základové spáry.

Dále musí být posouzeno:

- extrémně velká intenzita rozpukání hornin (stupeň 5 a 6 dle ČSN EN ISO 14689-1 [23] a pronikání zón takto rozpukaných hornin hluboko pod úroveň základové spáry,
- změny ve fyzikálně-mechanických vlastnostech zemin a sedimentárních hornin v důsledku zvodnění, mechanického namáhání a vibrací,
- nepříznivé morfologické podmínky, např. velká členitost a svažitost území (nad 15°), komplikující zemní práce na staveništi.

Výsledky všech provedených průzkumů by měly být shrnuty v Souhrnné geotechnické zprávě.

Výstupem Souhrnné geotechnické zprávy by měly být zejména:

- podrobný prostorový inženýrskogeologický model předpokládaného staveniště včetně řezů (geologické profily základovou půdou na staveništi by měly být ve vhodné formě a v dostatečném množství nezbytném pro projektové účely);
- případný návrh na doplňkový geotechnický průzkum nebo požadavek na něj v závislosti na další etapě přípravy (zpracování projektu);
- projekt analýzy geotechnických rizik v průběhu výstavby a provozu;
- návrh na geotechnický dozor včetně posuzování odlišností geotechnických podmínek a požadavků na dokumentaci a přebírání základových spár (návrh na řízení geotechnických rizik v průběhu stavby);
- koncept projektu (včetně definice cílů) geotechnického monitoringu během výstavby a provozu (součást řízení geotechnických rizik v průběhu výstavby);
- součástí souhrnné zprávy by mělo být komplexní zhodnocení geotechnických poznatků a zkušeností z období výstavby stávajícího JZ a monitoring sedání stávajících základových desek,
- Souhrnná geotechnická zpráva by měla být po dalších provedených průzkumech aktualizována (revidována).

10.3.6 Větrná eroze

Větrná eroze (deflace) je proces rozrušování půdního pokryvu a nezpevněných jemnozrnných sedimentů a jeho transport do míst sedimentace. Podstata větrné eroze je v mechanické síle větru. Větrnou erozi lze rozdělit na - erozi saltací, při které přenáší vítr půdní částice jen po půdním povrchu (klouzáním, válením nebo krátkými skoky) a transportuje je jen na malé vzdálenosti - prašné bouře, při kterých se půdní částice volně vznášejí ve vzduchu a vítr je transportuje na velké vzdálenosti (100 až 1 000 km i více). Větrná eroze je jeden ze sledovaných jevů, které jsou součástí Portálu geohazardů ČGS.

Zdroje prachových částic a úlomků z hornin

Zdrojem úlomků hornin nebo jemnozrnných sedimentů je větrná eroze, těžba, odkaliště, zvětrávání, výsypky, sopečná aktivita, lesní hospodářství nebo zemědělská činnost.

V rámci hodnocení tohoto jevu je potřeba analyzovat jak místní zdroje prachových částic a úlomků, tak vzdálené zdroje, které mohou potenciálně ovlivnit JZ (vulkanická činnost na Islandu a jinde v Evropě).

11 KLIMATICKÉ A METEOROLOGICKÉ JEVY

11.1 Požadavek právního předpisu

- 11.1.1 § 3 odst. 1 písm. a) bod 6 V378 [2], který tento jev řadí mezi posuzované vlastnosti území k umístění JZ.
- 11.1.2 § 10 V378 [2] Klimatické a meteorologické jevy - posuzování území k umístění JZ z hlediska klimatických a meteorologických jevů musí hodnotit dlouhodobé klimatické vlastnosti a meteorologické jevy, zejména
- a) úhrny atmosférických srážek,
 - b) průměrné roční a měsíční teploty vzduchu,
 - c) směr a sílu větru,
 - d) zvrstvení a stabilitu atmosféry,
 - e) teplotu atmosféry a její náhlé změny,
 - f) výskyt přívalových dešťů,
 - g) výskyt blesků,
 - h) výskyt vichřic a tornád,
 - i) výskyt vzácných meteorologických událostí.

11.2 Komentář

- 11.2.1 Hodnocení klimatických vlastností a jevů je prováděno z hlediska dlouhodobých vlastností území, jako jsou úhrny atmosférických srážek, průměrné roční a měsíční teploty vzduchu, a z hlediska výskytu mimořádných jevů, jako jsou přívalové deště, tornáda, blesky, extrémní hodnoty teploty, sucho.
- 11.2.2 Rozptylové podmínky se posuzují v kombinaci s geomorfologickými a klimatickými faktory. Méně příznivé rozptylové podmínky se vyskytují např. v místech v horském nebo podhorském údolí s rozdílem výšky svahů více než 200 m nebo v kotlinách s extrémním výskytem inverzních situací (kde se pod pojmem extrémní výskyt rozumí trojnásobek průměru v ČR). Rozptylové podmínky jsou určeny především stabilitou mezní vrstvy atmosféry a rychlostí proudění. Mezní vrstvou označujeme tu část atmosféry přiléhající k zemskému povrchu, v níž je v důsledku interakce se zemským povrchem rozvinuta mechanická a termická turbulence a dochází v ní k intenzivnímu vertikálnímu přenosu hybnosti, tepla, vodní páry a znečišťujících příměsí. Hodnocení za účelem posouzení rozptylových podmínek je dále uvedeno v kap. 16 tohoto BN.
- 11.2.3 Do hodnocení by měla být začleněna i klimatická proměnlivost a změna klimatu, které mohou mít vliv na výskyt extrémních meteorologických a klimatických jevů.
- 11.2.4 Pro tento jev není V378 [2] stanovena míra, pro kterou je zakázáno umístit JZ. Má se za to, že nepříznivý vliv na jadernou bezpečnost, radiační ochranu, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení JZ je možné kompenzovat technickými a administrativními opatřeními.

11.3 Postup

- 11.3.1 Území k umístění JZ je zařazeno do klimatické oblasti [59], které vycházejí z klimatologických dat období let 1901 – 1950 a 1926 – 1950 nebo do tříd podle Klimatické regionalizace [57], která je založena na digitálním modelování s daty z třicetileté datové řady tzv. normálu z let 1961 – 90, naměřenými na 85 klimatologických stanicích ČR.
- 11.3.2 Extrémní roční hodnoty meteorologických parametrů tvoří vzorky náhodných veličin, které lze charakterizovat specifickým rozdělením pravděpodobnosti. Soubor dat by měl být analyzován pomocí funkcí rozdělení pravděpodobnosti vhodných pro studované soubory dat.
- 11.3.3 Při použití extrapolace ve snaze o dosažení extrémní hodnoty distribuce v případě, že soubor dat představuje pouze několik let záznamů, je třeba postupovat opatrně. Pokud se extrapolace provádějí pro velmi dlouhou dobu pomocí statistické techniky, je třeba náležitě zohlednit fyzické limity sledované proměnné. Rovněž je třeba věnovat pozornost extrapolaci na časové intervaly, které značně přesahují dobu trvání dostupných záznamů (například pro období „návratu“ větší než čtyřnásobek doby trvání vzorku). Metoda extrapolace by měla být zdokumentována.
- 11.3.4 Odborným způsobem musí být monitorovány a hodnoceny: úhrny atmosférických srážek, průměrné roční a měsíční teploty vzduchu, směr a síla větru, výskyt přivalových dešťů, zvrstvení a stabilita atmosféry, extrémní teploty vzduchu (nejnižší i nejvyšší), extrémní teploty zemského povrchu (nejnižší i nejvyšší), tlak vzduchu, extrémní sucho a nízký stav vody v tocích, vlhkost, extrémní atmosférická vlhkost, hladina podzemní vody, led, námraza, výskyt krup, blesky, extrémní vítr, bouřky, tropické cyklony (bouřky), tornádo, vodní smršť, sněhová bouře, tropická bouře, ledové bariéry, mlha, sněhové laviny, zamrznutí řek, jezer, sluneční záření a sluneční bouře (kosmické počasí). Tyto jevy dlouhodobě sleduje a vyhodnocuje ČHMÚ. Vlivem geomagnetické aktivity Slunce na JZ se zabývá Astronomický ústav AV ČR.
- 11.3.5 Teplota vzduchu
- Pro identifikaci extrémních ročních hodnot by měl být použit soubor dat o maximální a minimální teplotě vzduchu (extrémní hodnoty okamžité teploty za den). Tyto extrémní hodnoty jsou nezbytné pro návrh projektu JZ (např. pro analýzu tepelného zatížení budov a konstrukcí, návrhu chladících okruhů a koncového jímače tepla). Stanovují se doporučené odhady maximálních a minimálních teplot.
- 11.3.6 Rychlost větru
- Silný vítr může být způsoben několika různými meteorologickými jevy, jako jsou frontální systémy, určité mrakové formace kumulonimbů (bouřky a související propady studeného vzduchu), bouřky, vánice, stálé jižní větry „föhny“, proudy vzduchu vyvolané gravitací (např. katabatické větry) a další místní jevy.
- Výsledky posouzení extrémní rychlosti větru by měly zahrnovat stanovení maximální rychlosti větru odpovídající roční frekvenci překročení daných prahových návrhových hodnot s intervalem spolehlivosti, vhodné pro účely stanovení konstrukčních parametrů JZ. Tyto hodnoty jsou nezbytné pro analýzu zatížení budov a konstrukcí větrem. Stanovují se doporučené hodnoty odhadu 1 s a 10 s a 10 min zatížení větrem (m/s).

11.3.7 Srážky

Výsledky posouzení extrémních maximálních srážek zahrnují identifikaci maximálního množství srážek akumulovaných v různých časových obdobích, obvykle v rozmezí od 5 minut do 24 hodin nebo více. Pro účely projektu JZ by měly být příslušné extrémní úhrny srážek pro každé časové období charakterizovány roční četností překročení prahové hodnoty s intervalem spolehlivosti. Extrémní hodnoty srážek jsou nezbytné pro účely projektování zařízení (např. pro odvodnění stavenišť, zaplavení pozemku JZ apod.). Stanovují se doporučené odhady přívalových srážek pro dobu opakování 100 roků a doporučené odhady přívalových srážek pro dobu opakování 10 000 roků.

11.3.8 Sníh

Výsledky posouzení extrémní sněhové pokrývky by měly zahrnovat stanovení výšky vodního sloupce a roční frekvence překročení návrhové hodnoty pro projekt. Pro účely projektu JZ je vhodné stanovit roční četnost překročení daných prahových hodnot s intervalem spolehlivosti. Stanovuje se doporučený odhad vodní hodnoty sněhu (výška vodního sloupce v mm) pro dobu opakování 100 a 10 000 roků.

11.3.9 Sucho

Sucho se obecně specifikuje jako časové období, kdy nedochází ke srážkám větším než 2 mm.

V rámci hodnocení jevu sucho by měl být posouzen i výskyt nízké hladiny vody (v tocích a nádržích), tak aby byl zajištěn požadavek na dostatek technologické vody pro JZ [3] a zároveň naplněn požadavek § 36 vodního zákona (minimální zůstatkový průtok) [9].

11.3.10 Vzácne meteorologické jevy

Z výjimečně se vyskytujících meteorologických jevů je třeba stanovit návrhové parametry tornád za účelem odolnosti JZ proti tornádu.

12 BIOLOGICKÉ JEVY

12.1 Požadavek právního předpisu

12.1.1 § 3 odst. 1 písm. a) bod 7 V378 [2], který tento jev řadí mezi posuzované vlastnosti území k umístění JZ.

12.1.2 § 11 V378 [2] Biologické jevy - posuzování území k umístění JZ z hlediska biologických jevů musí hodnotit výskyt a působení živých organismů, vyskytujících se ve vodním, horninovém nebo vzdušném prostředí, na technologické systémy JZ, zejména vzduchotechniky a chlazení.

12.2 Komentář

12.2.1 Hodnocení biologických jevů je zaměřeno na studium výskytu různých druhů organismů ve vodním a horninovém prostředí nebo ovzduší, které se mohou mít vliv na JZ a jeho technologii na pozemku JZ nebo u nichž pozemek JZ leží v jejich teritoriích nebo zónách pohybu (biokoridorech).

12.2.2 Pro tento jev není V378 [2] stanovena míra, pro kterou je zakázáno umístit JZ. Má se za to, že nepříznivý vliv na jadernou bezpečnost, radiační ochranu, monitorování radiační situace,

zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení JZ je možné kompenzovat technickými a administrativními opatřeními.

12.3 Postup

- 12.3.1 Používají se různé metody studia ekosystémů a sledování výskytu organismů.
- 12.3.2 Pro hodnocení biologických jevů je možno využít závěry odborných studií, které se zpracovávají v rámci vyhodnocení vlivů na životní prostředí (EIA) podle zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí) [13].
- 12.3.3 Hodnocení se soustředí na schopnost živých organismů negativně ovlivnit (např. zneprůchodnit) nebo poškodit technologické části JZ, jako jsou například vpusti a rozvody chladicí vody nebo systémy vzduchotechniky nebo kabelové rozvody.

13 PŘÍRODNÍ POŽÁRY

13.1 Požadavek právního předpisu

- 13.1.1 § 3 odst. 1 písm. a) bod 8 V378 [2], který tento jev řadí mezi posuzované vlastnosti území k umístění JZ.
- 13.1.2 § 12 V378 [2] Přírodní požáry - Posuzování území k umístění JZ z hlediska přírodních požárů musí hodnotit výskyt lesních a jiných souvislých porostů a zemědělsky využívaných území, které mohou být zdrojem přírodních požárů, do vzdálenosti 5 km.

13.2 Komentář

- 13.2.1 Hodnocení se provádí z důvodu možného vlivu přírodního požáru a jeho zplodin na pozemku JZ a v jeho okolí, minimálně do vzdálenosti 5 km. Posuzuje se výskyt lesních a jiných souvislých porostů a zemědělsky využívaných území. Uvažována je i rychlost šíření požáru a délka jeho trvání.
- 13.2.2 Pro tento jev není V378 [2] stanovena míra, pro kterou je zakázáno umístit JZ. Má se za to, že nepříznivý vliv na jadernou bezpečnost, radiační ochranu, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení JZ je možné kompenzovat technickými a administrativními opatřeními.

13.3 Postup

- 13.3.1 V rámci hodnocení je třeba vymezit zalesněné plochy, plochy se zemědělskými plodinami a ostatním porostem, které mohou představovat zdroj požáru. Obvyklý rozsah posuzovaného území je okruh 1-2 km od JZ, z důvodu posouzení nouzového přístupu a únikových cest je vhodné zabývat se územím do vzdálenosti 5 km.
- 13.3.2 V hodnocení je potřeba posoudit i možný vliv kouře a toxických zplodin, které by mohly negativně ovlivnit pracovníky JZ a některé systémy JZ.

Parametry a vlastnosti, které definují velikost požáru, jsou:

- maximální tepelný tok (tepelný tok je nepřímo úměrný do vzdálenosti od ohně, i když tento vztah mohou ovlivnit další faktory),
- rozsah nebezpečí způsobeného hořícími úlomky a kouřem,
- rychlost šíření požáru a doba požáru.

14 KOLIZE S OCHRANNÝM NEBO BEZPEČNOSTNÍM PÁSMEM

14.1 Požadavek právního předpisu

- 14.1.1 § 3 odst. 1 písm. b) bod 3 V378 [2], který tento jev řadí mezi posuzované vlastnosti území k umístění JZ.
- 14.1.2 § 15 V378 [2], Kolize s ochranným nebo bezpečnostním pásmem (týkající se vlastností nebo jevů území k umístění JZ) - posuzování území k umístění JZ z hlediska kolize s ochranným nebo bezpečnostním pásmem musí hodnotit, zda pozemek JZ zasahuje do ochranného nebo bezpečnostního pásma vymezeného podle jiného právního předpisu, zejména
- g) chráněného ložiskového území nebo dobývacího prostoru,
 - h) ochranného pásma zvláště chráněného území,
 - j) ochranného pásma vodního zdroje,
 - k) ochranného pásma přírodních léčivých zdrojů, zdrojů přírodních minerálních vod nebo územní lázeňského místa.

14.2 Komentář

- 14.2.1 Ochranná pásma slouží k zajištění bezpečného a spolehlivého provozu daných zařízení/území. Bezpečnostní pásma jsou určena k zamezení nebo zmírnění účinků případných havárií zařízení a k ochraně života, zdraví, bezpečnosti a majetku osob.
- 14.2.2 Obecný přístup hodnocení možné kolize s ochrannými pásmy je řešeno v BN 4.2 [60]. V tomto BN jsou řešena pouze ochranná pásma, které mají vztah k přírodním vlastnostem a jevům území k umístění JZ.
- 14.2.3 Ochranná pásma vymezená jinými právními předpisy jsou stanovena pro ochranu zájmů, které jsou předmětem těchto speciálních úprav. Kolize území k umístění JZ s některým druhem ochranného pásma neznemožňuje automaticky umístit JZ. U většiny takovýchto chráněných území se má za to, že nepříznivý vliv na jadernou bezpečnost, radiační ochranu, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení JZ je možné kompenzovat technickými a administrativními opatřeními.
- 14.2.4 Chráněná ložisková území jsou definována zákonem č. 44/1988 Sb. [12].

V zájmu ochrany nerostného bohatství lze v chráněném ložiskovém území zřizovat stavby a zařízení, které nesouvisí s dobýváním výhradního ložiska, jen na základě závazného stanoviska.

Znemožnit nebo ztížit dobývání výhradních ložisek nerostů je možno jen ve zvlášť

odůvodněných případech, jde-li o mimořádně důležitou stavbu nebo zařízení nebo bude-li stavbou nebo zařízením ztíženo nebo znemožněno dobývání jen malého množství zásob výhradního ložiska.

Umístění staveb a zařízení v chráněném ložiskovém území, které nesouvisí s dobýváním, může povolit příslušný orgán podle zvláštních právních předpisů.

14.2.5 Zákonem 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny [14], jsou definována zvláště chráněná území, jako jsou:

- národní parky,
- chráněné krajinné oblasti,
- národní přírodní rezervace,
- přírodní rezervace,
- národní přírodní památky,
- přírodní památky.

14.2.6 Vodním zákonem [9] jsou definována ochranná pásma vodních zdrojů.

14.3 Postup

14.3.1 Informaci o existenci ochranných pásem by měl obsahovat územní rozvojový plán podle zákona č. 416/2009 Sb., o urychlení výstavby dopravní, vodní a energetické infrastruktury a infrastruktury elektronických komunikací [15].

14.3.2 Ochranná pásma, která se týkají přírodních vlastností a jevů, je možno najít na informačním portále CENIA, v informačních systémech MŽP (HEIS – ochranná pásma vodních zdrojů) nebo webových stránkách Ministerstva zdravotnictví ČR (ochranná pásma zdrojů a lázeňská místa).

15 ŠÍŘENÍ RADIOAKTIVNÍ LÁTKY OVZDUŠÍM, PODZEMNÍ A POVRCHOVOU VODOU A POTRAVNÍM ŘETĚZCEM

15.1 Požadavek právního předpisu

15.1.1 § 16 V378 [2] Šíření radioaktivní látky ovzduším, podzemní a povrchovou vodou a potravním řetězcem - posuzování území k umístění JZ z hlediska šíření radioaktivní látky ovzduším, podzemní a povrchovou vodou a potravním řetězcem musí

a) hodnotit

1. klimatické a meteorologické jevy podle § 10 V378 [2], členitost terénu z hlediska proudění vzduchu a inverzních stavů a výskytu nepříznivých podmínek pro rozptyl radioaktivních látek,
2. oběh povrchových a podzemních vod v území k umístění JZ, včetně nakládání s vodami, jehož je třeba k zajištění provozu JZ, a
3. současné využití území k umístění JZ (k zemědělské činnosti, rybolovu, rekreaci,

výrobě a zpracování potravin a jejich surovin), odběru podzemních a povrchových vod, a to do vzdálenosti 5 km.

15.2 Komentář

- 15.2.1 Tento BN se zabývá částí § 16 V378 [2], které se týkají těch přírodních vlastností a jevů území k umístění JZ, jejich charakteristiky jsou současně řešeny podle jiných požadavků V378 [2] – klimatické a meteorologické jevy podle § 10, oběh podzemních vod podle § 8, oběh povrchových vod podle § 7 a členitost terénu podle § 6 (součástí hodnocení území z hlediska výskytu tektonických zlomů je geomorfologická analýza).
- 15.2.2 Některé atmosférické jevy mají podstatný vliv na šíření a rozptyl znečišťujících látek v ovzduší, především proudění vzduchu a vertikální teplotní zvrstvení a jejich projevy.

Stabilita atmosféry

Významně ovlivňuje dynamiku atmosféry a přenos různých příměsí.

Čím je stabilita atmosféry větší, tím horší jsou podmínky pro vertikální pohyby a vertikální výměnu v atmosféře. Krajnými případy tohoto stavu jsou teplotní inverze, kdy teplota atmosféry s výškou roste, nebo izotermie, kdy se teplota atmosféry s výškou nemění. Při stabilitě atmosféry se oblačnost nevyvíjí a při zemi se vytváří zvrstvená nízká oblačnost. Jak se vzduch nepromíchává, je stabilita charakterizována zvýšeným znečištěním vzduchu.

- 15.2.3 U tohoto typu vlastnosti území k umístění JZ není stanovována charakteristika, která by vylučovala umístění JZ. Z praktického hlediska lze totiž vždy nalézt potřebná kompenzační opatření, popř. by taková kompenzační opatření byla tak nákladná, že by bylo ekonomicky výhodnější umístit JZ v jiném území.

15.3 Postup

- 15.3.1 Hodnocení klimatických a meteorologických jevů, které ovlivňují proudění vzduchu a rozptyl radioaktivních látek, vychází z hodnocení k plnění požadavků § 10 V378.
- V hodnocení se využívají data z klimatických stanic s minimální dobou monitoringu 30 let, které sledují směr a rychlost větru, úhrny atmosférických srážek, teplotu a vlhkost. Vyhodnocují se parametry stability atmosféry.
- 15.3.2 Hodnocení členitosti terénu je součástí obecných přírodních podmínek území k umístění JZ a geomorfologické analýzy terénu, který se provádí v rámci hodnocení výskytu porušení území zlomem (§ 6 V378 [2]).
- 15.3.3 Hodnocení proudění povrchových a podzemních vod v území k umístění JZ, včetně nakládání s vodami, jehož je třeba k zajištění provozu JZ, je součástí hydrogeologického a hydrologického průzkumu v rámci plnění § 8 a § 7 V378 [2]. Hodnocení je zaměřeno na hodnocení transportních mechanismů podzemní a povrchové vody, kterými by mohly být unášeny radioaktivní látky.
- 15.3.4 V rámci hodnocení možného transportu radioaktivních látek v území k umístění JZ jsou shromážděny informace o zemědělské činnosti, rybolovu, rekreaci, výrobě a zpracování potravin a jejich surovin. Součástí hodnocení je soupis všech odběrů podzemních a povrchových vod do vzdálenosti 5 km.

16 PROJEKTOVÁ VÝCHODISKA

16.1 Požadavek právního předpisu

16.1.1 § 10 Projektová východiska V329 [3] - projektová východiska musí stanovit hodnoty parametrů důležitých pro projektování JZ a z nich plynoucí požadavky na odolnost projektu JZ, zejména

- c) parametrů vlivu vlastností území, jejichž závažnost vyplývá z posuzování území k umístění JZ.

16.2 Komentář

16.2.1 Z hodnocení jednotlivých přírodních vlastností a jevů území k umístění JZ se stanovují projektová východiska, která je potřeba zahrnout do projektu JZ.

16.3 Postup

16.3.1 Projektová východiska některých vlastností a jevů, vyplývající z požadavků V378 [2] a V329 [3] na základě vylučujících charakteristik vlastností území vyjmenovaných ve V378:

Seismické ohrožení – podle § 11 odst. 4 písm. a) [3] základní vnější projektové události pro návrh a pro hodnocení odolnosti vybraných zařízení a systémů, konstrukcí a komponent s vlivem na jadernou bezpečnost nezbytných pro zvládnání havarijních podmínek a radiační havárie jaderných zařízení s jaderným reaktorem o tepelném výkonu vyšším než 50 MW musí a) pro stanovení seismické odolnosti vycházet z postulovaného špičkového horizontálního zrychlení podloží stavební konstrukce, která nese tento systém, konstrukci nebo komponentu, o minimální hodnotě 1/10 hodnoty gravitačního zrychlení. Pro některé jevy, které by mohly představovat ohrožení pro JZ, se navrhuje technická nebo organizační opatření (zajištění odolnosti proti seismickému ohrožení).

Porušení území zlomem – musí být vyloučena existence zlomu schopného pohybu v území do 5 km od JZ. Pro některé jevy, které by mohly představovat ohrožení pro JZ, se navrhuje technická nebo organizační opatření (zajištění odolnosti proti seismickému ohrožení).

Klimatické podmínky a extrémní meteorologické jevy – stanovují se návrhové hodnoty, jako:

- doporučené odhady maximálních a minimálních teplot,
- doporučené hodnoty odhadu 0 - 3 s a 10 min zatížení větrem (m/s),
- doporučené odhady přívalových srážek pro dobu opakování 100 a 10 000 roků,
- doporučené odhady vodní hodnoty sněhu (výška vodního sloupce v mm) pro dobu opakování 100 a 10 000 roků,
- návrhové parametry tornád.

Pro vlastnosti a jevy území k umístění JZ, které by mohly představovat ohrožení pro JZ, se navrhuje technická nebo administrativní opatření.

Povodně - pozemek JZ nesmí ležet v zátopové oblasti, která je pravidelně zaplavována v důsledku extrémních meteorologických situací s pravděpodobností výskytu jednou za 100 let nebo vyšší; zaplavení v důsledku extrémních srážek. Pro jevy, které nedosahují vylučujících

charakteristik, ale mohly by představovat ohrožení pro JZ, se navrhuje technická nebo organizační řešení (protipovodňová opatření).

Oběh podzemních vod – pro jevy, které nedosahují vylučujících charakteristik, ale mohly by představovat ohrožení pro JZ, se navrhuje technická nebo organizační opatření (agresivita podzemních vod, zaplavení podzemních konstrukcí podzemní vodou).

Geodynamické jevy a vlastnosti základových půd - na pozemku a v daných rozsazích území se nesmí vyskytovat poddolování, sesuvy, vulkanismus a základové půdy musí mít určité parametry. Pro některé jevy, které nedosahují vylučujících charakteristik, ale mohly by představovat ohrožení pro JZ, se navrhuje technická nebo organizační opatření (např. nahrazení zvětralých zón).

Biologické jevy – pro některé jevy, které by mohly představovat ohrožení pro JZ, se navrhuje technická nebo organizační opatření.

Přírodní požáry – pro některé jevy, které by mohly představovat ohrožení pro JZ, se navrhuje technická nebo organizační opatření.

17 KOMBINACE OHROŽENÍ

17.1 Požadavek právního předpisu

17.1.1 § 4 odst. (3) písm. a) V378 [2] Posuzování území k umístění JZ musí zahrnout hodnocení souběžného působení a vzájemného ovlivňování vlastností podle § 3 V378 [2], jejich intenzity a doby trvání.

§ 5 V 329 [3] - Projekt by měl zohlednit

c) scénář způsobený kombinací účinků vlastností území, vnitřních událostí a abnormálního provozu nebo havarijních podmínek, které byly těmito účinky způsobeny, včetně interakce všech JZ v témže území k umístění JZ.

17.1.2 Podle IAEA SSR-1 [35] Requirement 7: Evaluation of natural and human induced external hazards include:

The site evaluation for a nuclear installation shall consider the frequency and severity of natural and human induced external events, and potential combinations of such events, that could affect the safety of the nuclear installation.

17.1.3 Podle WENRA Issue TU [64]:

E6.1 Combination with other hazards

Credible combinations of individual events, including internal and external hazards, that could lead to anticipated operational occurrences or design basis accidents, shall be considered in the design. Deterministic and probabilistic assessment as well as engineering judgement can be used for the selection of the event combinations.

17.2 Komentář

17.2.1 Aby mohly být posouzeny kombinace ohrožení, je třeba sestavit seznam relevantních

ohrožení pro území k umístění JZ (T2.1 [66]). Musí být identifikována veškerá přírodní ohrožení, která by mohla ovlivnit území k umístění JZ. Je třeba uvést úplný seznam relevantních přírodních ohrožení pro dané území k umístění JZ.

17.3 Postup

17.3.1 K sestavení seznamu ohrožení je možno vycházet ze seznamu vlastností a jevů definovaném ve V378 [2], EPRI - Identification of External Hazards for Analysis in Probabilistic Risk Assessment [32], WENRA - Guidance Document Issue TU: Natural Hazards Head Document [66], IAEA SSG-18 [37], IAEA SSG-35 [36] a IAEA SSR-1 [35].

17.3.2 Jednotlivá ohrožení se třídí podle zvolených kritérií výběru.

Ohrožení, která podle kritérií nebyla vyloučena podle těchto kritérií, jsou relevantní pro dané území k umístění JZ a v další fázi by měly být posouzeny jejich kombinace.

17.3.3 Kombinace ohrožení je možno dělit na:

- současný výskyt nezávislých vnějších ohrožení (coincidental hazards),
- současný výskyt dvou závislých vnějších ohrožení (consequential hazards),
- současný výskyt dvou vnějších ohrožení se společnou příčinou (correlated hazards).
- současný výskyt vnějších ohrožení, který je nelogický nebo nereálný (not applicable hazards).

18 PŘÍLOHY

Příloha č. 1 Mapové podklady vlastností a jevů území k umístění JZ

- 18.1.1 K hodnocení jednotlivých vlastností a jevů území k umístění JZ je z hlediska správné praxe, stávající úrovně vědy a techniky potřeba doložit odborné podklady, jako jsou geologické, hydrogeologické, geotechnické a jiné mapy, databáze naměřených hodnot, týkající se např. seismického ohrožení (katalogy zemětřesení) a situační grafické schémata.
- 18.1.2 Geologické mapy v měřítku:
- 1 : 500 nebo 1 : 1000 pozemku JZ (s tektonickou vrstvou, s geologickými řezy),
 - 1 : 5000 nebo 1 : 10 000 pro území k umístění JZ do 5 km (s geologickými řezy).
 - 1 : 50 000 pro území k umístění JZ do 25 km (s geologickými řezy).
- 18.1.3 Geomorfologické mapy v měřítku 1 : 100 000 nebo 1 : 50 000.
- 18.1.4 Hydrogeologické mapy
- adekvátní území z hlediska proudění podzemních vod, v měřítku 1 : 50 000,
 - účelová hydrogeologická mapa území k umístění JZ do 25 km, v měřítku 1 : 50 000,
 - mapa proudění podzemních vod v území k umístění JZ do 5 km a monitoringu vod, v měřítku 1 : 10 000.
- 18.1.5 Geotechnické mapy
- mapa vrtné prozkoumanosti pozemku pro umístění JZ, v měřítku 1 : 2 000,
 - mapa geologických informací na pozemku pro umístění JZ,
 - mapa rozložení modulu přetvárnosti $E_{def} \geq 100$ MPa na pozemku pro umístění JZ, v měřítku 1 : 2 000.
- 18.1.6 Situace širších vztahů, v měřítku 1 : 50 000: mapa přírodních jevů území k umístění JZ, využívání a monitoring podzemních a povrchových vod, prvky ochrany přírody, atd.

Příloha č. 2 Srovnání s referenčními úrovněmi WENRA Reactor Safety Reference Levels – oblasti T

WENRA RL [64]	AtZ, vyhlášky
<p>TU1. Objective</p> <p>TU1.1</p> <p>External hazards, comprising natural and external human induced hazards, shall be considered an integral part of the safety demonstration of the plant (including spent fuel storage). Threats from external hazards shall be removed or minimised as far as reasonably practicable for all operational plant states. The safety demonstration in relation to external hazards shall include assessments of the design basis and design extension conditions with the aim to identify needs and opportunities for improvement.</p>	<p>AtZ § 46, 47, 49</p> <p>V329 § 5, 10</p>
<p>TU2. Identification of natural hazards</p> <p>TU2.1</p> <p>All external hazards that might affect the site shall be identified, including any related hazards (e.g. earthquake and tsunami, accidental aircraft crash with consequential aircraft fuel fire). Justification shall be provided that the compiled list of external hazards is complete and relevant to the site.</p>	<p>AtZ § 47 odst. 1, písm. a)</p> <p>V378 § 3 odst. 1, písm a), § 4 písm. a)</p>
<p>TU2.2</p> <p>The list of external hazards from which identification as stated in TU2.1 is conducted shall at least include</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geological hazards • Seismotectonic hazards • Meteorological hazards • Hydrological hazards • Biological phenomena • External fire • Accidental aircraft crash • Accidents at facilities outside the site area • Transportation accidents • Electrical disturbances and electromagnetic interferences. 	<p>V378 § 3 – § 17</p>
<p>TU3. Site specific natural hazard screening and assessment</p> <p>TU3.1 External hazards identified as potentially affecting the site can be screened out on the basis of being incapable of posing a physical threat or being extremely unlikely with a high degree of confidence. Care shall be taken not to exclude hazards which in combination with other hazards have the potential to pose a threat to the facility. The screening process shall be based on conservative assumptions. The arguments in support of the screening process shall be justified.</p>	<p>AtZ § 47 odst. 1, písm. a)</p> <p>V378 § 4 odst. 1, 3</p> <p>V329 § 11 odst. 3</p>
<p>TU3.2</p> <p>For all natural hazards that have not been screened out, hazard assessments</p>	<p>AtZ § 5 odst. 2, písm. a)</p> <p>AtZ § 47 odst. 3, písm a)</p> <p>AtZ § 48 odst. 2, písm a),</p>

<p>shall be performed using deterministic and, as far as practicable, probabilistic methods taking into account the current state of science and technology. This shall take into account all relevant available data, and produce a relationship between the hazards severity (e.g. magnitude and duration) and exceedance frequency, where practicable. The maximum credible hazard severity shall be determined where this is practicable.</p>	<p>b) V378 § 4 odst. 1, 2, 3 § 5 písm. f) § 6 písm. a) §7 odst. 2</p>
<p>TU3.3</p> <p>The following shall apply to hazard assessments:</p> <ul style="list-style-type: none"> - The hazard assessment shall be based on all relevant site and regional data. Particular attention shall be given to extending the data available to include events beyond recorded and historical data. - Special consideration shall be given to hazards whose severity changes during the expected lifetime of the plant. - The methods and assumptions used shall be justified. Uncertainties affecting the results of the hazard assessments shall be evaluated. 	<p>AtZ § 48 odst. 2, 49 písm. l) V378 § 4 odst. 3, 5, 6</p>
<p>TU4. Definition of the design basis events for external hazards</p> <p>TU4.1</p> <p>Design basis events shall be defined based on the site specific hazard assessment.</p>	<p>AtZ § 46 odst. 1, písm. e) V329 § 10 odst. 1, písm. c)</p>
<p>TU4.2</p> <p>The exceedance frequencies of design basis events shall be low enough to ensure a high degree of protection with respect to external hazards. An exceedance frequency not higher than 10⁻⁴ per annum, shall be used for the design basis events. Where it is not possible to calculate these frequencies with an acceptable degree of certainty, an event shall be chosen and justified to reach an equivalent level of safety.</p> <p>For the specific case of seismic loading, as a minimum, a horizontal peak ground acceleration value of 0.1g (where 'g' is the acceleration due to gravity) shall be applied, even if its exceedance frequency would be below 10⁻⁴ per annum.</p> <p>For accidental airplane crashes and explosion blast waves a design basis event shall be defined to ensure a minimum protection of the plant.</p>	<p>V329 § 11 odst. 3, odst. 4, písm. a)</p>
<p>TU4.3</p> <p>The design basis events shall be compared to relevant historical data to verify that historical extreme events are enveloped by the design basis with a sufficient margin.</p>	<p>V378 § 4 odst. 2, odst. 5, písm. c)</p>
<p>TU4.4</p> <p>Design basis parameters shall be defined for each design basis event taking due consideration of the results of the hazard assessments. The design basis parameter values shall be developed on a conservative basis.</p>	<p>V329 § 12 odst. 1, písm. a)</p>
<p>TU5. Protection against design basis events</p> <p>TU5.1</p>	<p>AtZ § 46 odst. 2 V329 § 12 odst. 3</p>

Protection shall be provided for design basis events. A protection concept shall be established to provide a basis for the design of suitable protection measures.	
TU5.2	V329 § 9 odst. 2, § 29 odst. 4
The protection concept shall be of sufficient reliability that the fundamental safety functions are conservatively ensured for any direct and credible indirect effects of the design basis event.	
TU5.3	V 329 § 25 odst. 3, písm. b), § 31 odst. 3
The protection concept shall:	
a) apply reasonable conservatism providing safety margins in the design	
b) rely primarily on passive measures as far as reasonable practicable	V329 § 8 odst 5, § 12 odst. 2, písm. b)
c) ensure that sufficient measures to cope with a design basis accident remain effective during and following a design basis event as defined in TU4.2;	V329 § 8 odst. 5
d) take into account the predictability and development of the event over time	V329 § 12 odst. 3, písm. a)
e) ensure that procedures and means are available to verify the plant condition during and following design basis events	V329 § 9 odst. 6
f) consider that events could simultaneously challenge several redundant or diverse trains of a safety system, multiple SSCs or several units at multi-unit sites, site and regional infrastructure, external supplies and other countermeasures	V329 § 12 odst. 3
g) ensure that sufficient resources remain available at multi-unit sites considering the use of common equipment or services	V329 § 12 odst. 3
h) not inadmissibly affect the protection against other design basis events (not originating from external hazards).	V329 § 2 odst. 2, písm. d)
TU5.4	V329 § 9 odst. 7
For design basis events, SSCs identified as part of the protection concept with respect to external hazards shall be considered as important to safety.	
TU5.5	V329 § 12 odst. 3, písm. d), e)
Where appropriate, monitoring and alert processes shall be part of the protection concept to cope with external hazards and thresholds (intervention values) shall be defined to facilitate the timely initiation of protection measures. In addition, thresholds shall be identified to initiate the execution of pre-planned post-event actions (e.g. inspections).	
TU6. Considerations for events more severe than the design basis events	
TU6.1	V329 § 21 odst. 1
Events that are more severe than the design basis events shall be identified as part of DEC analysis. Their selection shall be justified. Further detailed analysis of an event will not be necessary, if it is shown that its occurrence can be considered with a high degree of confidence to be extremely unlikely.	

TU6.2	To support identification of events and assessment of their effects, the hazards severity as a function of exceedance frequency or other parameters related to the event shall be developed, when practicable.	V329 § 21 odst. 1 - 4
TU6.3	When assessing the effects of external hazards included in the DEC analysis, and identifying reasonably practicable improvements related to such events, analysis shall, as far as practicable, include:	V329 § 27, § 28 odst. 2, písm. c)
a)	demonstration of sufficient margins to avoid “cliff-edge effects” that would result in unacceptable consequences	V329 § 28
b)	identification and assessment of the most resilient means for ensuring the fundamental safety functions	V329 § 29 odst. 4, písm. a)
c)	consideration that events could simultaneously challenge several redundant or diverse trains of a safety system, multiple SSCs or several units at multi-unit sites, site and regional infrastructure, external supplies and other countermeasures	V329 § 28 odst. 2
d)	demonstration that sufficient resources remain available at multi-unit sites considering the use of common equipment or services	V329 § 21
e)	on-site verification (typically by walk-down methods).	

Příloha č. 3 Srovnání s požadavky IAEA SSR-1 a AtZ

Požadavky IAEA SSR-1 [35]	AtZ, vyhlášky
<p>1. Safety objective in site evaluation for nuclear installations</p> <p>The safety objective in site evaluation for nuclear installations shall be to characterize the natural and human induced external hazards that might affect the safety of the nuclear installation, in order to provide adequate input for demonstration of protection of people and the environment from harmful effects of ionizing radiation.</p>	§ 47 odst. 1, písm. f), g)
<p>2. Application of the management system for site evaluation</p> <p>Site evaluation shall be conducted in a comprehensive, systematic, planned and documented manner in accordance with a management system.</p>	§ 29 odst. 1, písm. f)
<p>3. Scope of the site evaluation for nuclear installations</p> <p>The scope of the site evaluation shall encompass factors relating to the site and factors relating to the interaction between the site and the installation, for all operational states and accident conditions, including accidents that could warrant emergency response actions.</p>	§ 46 odst. 2, písm. e) § 47
<p>4. Site suitability</p> <p>The suitability of the site shall be assessed at an early stage of the site evaluation and shall be confirmed for the lifetime of the planned nuclear installation.</p>	§ 47 V 378 § 4 odst. 4, odst. 2
<p>5. Site and regional characteristics</p> <p>The site and the region shall be investigated with regard to the characteristics that could affect the safety of the nuclear installation and the potential radiological impact of the nuclear installation on people and the environment.</p>	§ 47 V378
<p>6. Identification of site specific hazards</p> <p>Potential external hazards associated with natural phenomena, human induced events and human activities that could affect the region shall be identified through a screening process.</p>	§ 47 V 378 § 3
<p>7. Evaluation of natural and human induced external hazards</p> <p>The impact of natural and human induced external hazards on the safety of the nuclear installation shall be evaluated over the lifetime of the nuclear installation.</p>	§ 49 odst. 1 písm. l)
<p>8. Measures for site protection</p>	§ 46

<p>If the projected design of the nuclear installation is not able to safely withstand the impact of natural and human induced external hazards, the need for site protection measures shall be evaluated.</p>	
<p>9. Site evaluation for multiple nuclear installations on the same site or on adjacent sites</p>	
<p>The site evaluation shall consider the potential for natural and human induced external hazards to affect multiple nuclear installations on the same site as well as on adjacent sites.</p>	<p>§ 50 odst. 1 písm. a)</p>
<p>10. Changes of hazards and site characteristics with time</p>	
<p>The external hazards and the site characteristics shall be assessed in terms of their potential for changing over time and the potential impact of these changes shall be evaluated.</p>	<p>V 378 § 4 odst. 3 písm. b)</p>
<p>11. Special considerations for the ultimate heat sink for nuclear installations that require an ultimate heat sink</p>	
<p>The evaluation of site specific natural and human induced external hazards for nuclear installations that require an ultimate heat sink shall consider hazards that could affect the availability and reliability of the ultimate heat sink.</p>	<p>§ 46, § 47 V 378, V 329</p>
<p>12. Potential effects of the nuclear installation on people and the environment</p>	
<p>In determining the potential radiological impact of the nuclear installation on the region for operational states and accident conditions, including accidents that could warrant emergency response actions, appropriate estimates shall be made of the potential releases of radioactive material, with account taken of the design of the nuclear installation and its safety features.</p>	<p>§ 5, § 45 V 378 § 16</p>
<p>13. Feasibility of planning effective emergency response actions</p>	
<p>The feasibility of planning effective emergency response actions on the site and in the external zone shall be evaluated, with account taken of the characteristics of the site and the external zone as well as any external events that could hinder the establishment of complete emergency arrangements prior to operation.</p>	<p>§ 46 odst. 2 písm. k), l) § 47 odst. 1</p>
<p>14. Data collection in site evaluation for nuclear installations</p>	
<p>The data necessary to perform an assessment of natural and human induced external hazards and to assess both the impact of the environment on the safety of the nuclear installation and the impact of the nuclear installation on people and the environment shall be collected.</p>	<p>§ 47 V 378 § 4 odst. 5</p>

SEISMIC HAZARDS	
15. Evaluation of fault capability	
Geological faults larger than a certain size and within a certain distance of the site and that are significant to safety shall be evaluated to identify whether these faults are to be considered capable faults. For capable faults, potential challenges to the safety of the nuclear installation in terms of ground motion and/or fault displacement hazards shall be evaluated.	V 378 § 5, 6
16. Evaluation of ground motion hazards	
An evaluation of ground motion hazards shall be conducted to provide the input needed for the seismic design or safety upgrading of the structures, systems and components of the nuclear installation, as well as the input for performing the deterministic and/or probabilistic safety analyses necessary during the lifetime of the nuclear installation.	V 378 § 5, 6
17. Evaluation of volcanic hazards	
Hazards due to volcanic activity that have the potential to affect the safety of the nuclear installation shall be evaluated.	V 378 § 9
18. Evaluation of extreme meteorological hazards	
Extreme meteorological hazards and their possible combinations that have the potential to affect the safety of the nuclear installation shall be evaluated.	V 378 § 10
19. Evaluation of rare meteorological events	
The potential for the occurrence of rare meteorological events ⁹ such as lightning, tornadoes and cyclones, including information on their severity and frequency, shall be evaluated.	V 378 § 10
20. Evaluation of flooding hazards	
Hazards due to flooding, considering natural and human induced events including their possible combinations, shall be evaluated.	V 378 § 7
GEOTECHNICAL HAZARDS AND GEOLOGICAL HAZARDS	
21. Geotechnical characteristics and geological features of subsurface materials	
The geotechnical characteristics and geological features of subsurface materials shall be investigated, and a soil and rock profile for the site that considers the variability and uncertainty in subsurface materials shall be derived.	V 378 § 9
22. Evaluation of geotechnical hazards and geological hazards	
Geotechnical hazards and geological hazards, including slope instability,	V 378 § 9

collapse, subsidence or uplift, and soil liquefaction, and their effect on the safety of the nuclear installation, shall be evaluated.

OTHER NATURAL HAZARDS

23. Evaluation of other natural hazards

Other natural phenomena that are specific to the region and which have the potential to affect the safety of the nuclear installation shall be investigated.

V 378 § 3 odst. 1. písm.
a), c)

19 LITERATURA

- [1] Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon.
- [2] Vyhláška č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení.
- [3] Vyhláška č. 329 /2017 Sb., o požadavcích na projekt jaderného zařízení.
- [4] Vyhláška č. 408/2016 Sb., o požadavcích na systém řízení.
- [5] Zákon č. 66/2001 Sb., o geologických pracích.
- [6] Vyhláška č. 206/2001 Sb., o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce.
- [7] Vyhláška č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [8] Drbal, K. a kol.: Metodika předběžného vyhodnocení povodňových rizik v ČR. Vymezení oblastí s významným povodňovým rizikem (certifikovaná metodika MŽP ČR). Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. Brno. 2018.
- [9] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).
- [10] Vyhláška č. 5/2011 Sb., o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod.
- [11] Vyhláška č. 423/2001 Sb., kterou se stanoví způsob a rozsah hodnocení přírodních léčivých zdrojů a zdrojů přírodních minerálních vod a další podrobnosti jejich využívání, požadavky na životní prostředí a vybavení přírodních léčebných lázní a náležitosti odborného posudku o využitelnosti přírodních léčivých zdrojů a klimatických podmínek k léčebným účelům, přírodní minerální vody k výrobě přírodních minerálních vod a o stavu životního prostředí přírodních léčebných lázní (vyhláška o zdrojích a lázních).
- [12] Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon).
- [13] Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí).
- [14] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- [15] Zákon č. 416/2009 Sb., o urychlení výstavby dopravní, vodní a energetické infrastruktury a infrastruktury elektronických komunikací. ČSN ISO 690:1987 Dokumentace – bibliografické citace: obsah, forma a struktura. 2000.
- [16] ČSN ISO 690-2:1997 Informace a dokumentace – Bibliografické citace – Část 2: Elektronické dokumenty nebo jejich části. 2000.
- [17] ČSN EN 13577 (původně ČSN 731345) Chemické působení na beton - Stanovení obsahu agresivního oxidu uhličitého ve vodě.
- [18] ČSN P 73 1005 Inženýrskogeologický průzkum. 2016.
- [19] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2 (původně ČSN 731201) Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [20] ČSN 03 8375 Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi.
- [21] ČSN EN 206-1 (732403) Betonové konstrukce.
- [22] ČSN EN ISO 14688-1 (721003) Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařizování zemin - Část 1: Pojmenování a popis.
- [23] ČSN EN ISO 14688-2 (721003) Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařizování zemin - Část 2: Zásady pro zařizování.
- [24] ČSN EN 1997-1 (731000) Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla.
- [25] ČSN EN 1997-2 (731000) Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy.
- [26] ČSN EN 1998-1 (730036) Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení - Část 1: Obecná pravidla, seismická zatížení a pravidla pro pozemní stavby.

- [27] ČSN EN ISO 22475-1 (721011) Geotechnický průzkum a zkoušení - Odběry vzorků a měření podzemní vody - Část 1: Zásady provádění.
- [28] ČSN CEN ISO/TS 17892-5 (721007) Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 5: Stanovení stlačitelnosti zemin v edometru.
- [29] ČSN CEN ISO/TS 17892-8 (721007) Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 8: Stanovení pevnosti zemin nekonsolidovanou neodvodněnou triaxiální zkouškou.
- [30] ČSN 736614 (736614) Zkoušky zdrojů podzemní vody.
- [31] EPRI - Identification of External Hazards for Analysis in Probabilistic Risk Assessment (2015). ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE: Identification of External Hazards for Analysis in Probabilistic Risk Assessment. Update of Report 1022997. Technical Report. EPRI. Palo Alto. 2015.
- [32] Farhadi, A., Z. Farajpour, and S. Pezeshk. Assessing Predictive Capability of Ground-Motion Models for Probabilistic Seismic Hazard in Iran, Bull. Seism. Soc. Am. 109, 2073-2087. 2019. doi: <https://doi.org/10.1785/0120180307>.
- [33] IAEA Safety Fundamentals publication on Fundamental Safety Principles 3.32. Vienna. 2006.
- [34] IAEA. Site Evaluation for Nuclear Instalation, Specific Safety Requirements, Standards Series No. SSR-1. IAEA. Vídeň. 2019.
- [35] IAEA Safety Standards, Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, Specific Safety Guide, SSG-35. IAEA. Vídeň. 2015.
- [36] IAEA. Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, Specific Safety Guide, Safety Standards Series No. SSG-18. IAEA. Vídeň. 2011.
- [37] IAEA. Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, Safety Guide, Safety Standards Series No. NS-G-3.4. IAEA. Vídeň. 2003.
- [38] IAEA Safety Standards, Specific Safety Guide No. SSG-9. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. IAEA. Vídeň. 2010.
- [39] IAEA Safety Standards, Specific Safety Guide No. SSG-21. Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. IAEA. Vídeň. 2010.
- [40] IAEA Safety Standards Series, Safety Guide No. NS-G-1.5 External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants. IAEA. Vídeň. 2004.
- [41] IAEA Safety Standards Series, Safety Guide No. NS-G-3.6 Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants. IAEA. Vídeň. 2004.
- [42] IAEA. Extreme Meteorological Events in Nuclear Power Plant Siting, Excluding Tropical Cyclones, A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-S11A. IAEA. Vídeň. 1981.
- [43] IAEA Safety Guide No. NS-G-3.5 Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites. IAEA. Vídeň. 2003.
- [44] IAEA Safety Standards Series, Safety Guide No. NS-G-2.13 Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installations. IAEA. Vídeň. 2009.
- [45] IAEA Safety Standards Series, Safety Guide No. NS-G-3.3 Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants. IAEA. Vídeň. 2002.
- [46] IAEA TEC-DOC-343: Application of Microearthquake Surveys in Nuclear Power Plant Siting. - Technical document. Vídeň. 1985.
- [47] IAEA TECDOC-724: Probabilistic Safety Assessment for Seismic Events. Vídeň. 1993.
- [48] IAEA TECDOC SERIES, IAEA-TECDOC-1767, The Contribution of Palaeoseismology to Seismic Hazard Assessment in Site Evaluation for Nuclear Installations. IAEA. Vídeň. 2016.
- [49] IAEA Safety Reports Series, No. 85 Ground Motion Simulation Based on Fault Rupture Modelling for Seismic Hazard Assessment in Site Evaluation for Nuclear Instalations. IAEA Vídeň. 2012.
- [50] IAEA Safety Reports Series, No. 89 Diffuse Seismicity in Seismic Hazard Assessment for Site Evaluation for Nuclear Instalations. IAEA. Vídeň. 2016.
- [51] IAEA Climate change and nuclear power. 2018.
- [52] IAEA Safety Glossary. Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection. 2018 Edition. IAEA. Vídeň. 2019.
- [53] Krásný, J. Klasifikace transmisivity a její použití. Geol. Průzk. 6, 28, 177-179. Praha. 1986.

- [54] Locati, M., A. Rovida, P. Albini, and M. Stucchi. The AHEAD Portal: A Gateway to European Historical Earthquake Data. *Seism. Res. Lett.* 85, 727-734. 2014. doi: <http://doi.org/10.1785/0220130113>.
- [55] Málek J., Brokešová J., Vackář J.: Mid-European Seismic Attenuation Anomaly. Submitted to *Tectonophysics*. 2016.
- [56] Moravec, D. – Votýpka, J.: *Klimatická regionalizace České republiky*. Karolinum – nakladatelství Univerzity Karlovy, vydání 1. Praha. 1998.
- [57] Prachař, I. Identification of suspicious faults in areas of low seismicity – An example of the Bohemian Massif. Conference Paper. *Best Practices in Physics-based Fault Rupture Models for Seismic Hazard Assessment of Nuclear Installations*. IAEA. Vienna. 2015.
- [58] Quitt, E. *Klimatické oblasti Československa*. Academia, *Studia Geographica* 16, GÚ ČSAV. Brno. 1971.
- [59] SÚJB. BN – JB 4.2 Umístění jaderného zařízení - hodnocení jevů způsobených činnostmi člověka. SÚJB. Praha. 2019.
- [60] SÚJB. Bezpečnostní návod BN-JB-1.14 „Interpretace kritérií pro umísťování jaderných zařízení a návrh jejich průkazů“. SÚJB. Praha. 2012.
- [61] SÚJB. BN – JB 1.3 Obsah bezpečnostních zpráv. SÚJB. Praha. 2021.
- [62] Štěpančíková P., Fisher T., Hartvich, F., Tábořík, P., Rockwell, T. K., Stemberk, J., Šíroky, J., Sana Hamid. Late Quaternary activity of slow-slip intraplate Marianske Lazne fault as revealed by trenching and shallow geophysical survey; Bohemian Massif (Czech Republic, central Europe). 8th International INQUA Meeting on Paleoseismology, Active Tectonics and Archeoseismology (PATA), 13–16 November, 2017, New Zealand, Proceedings Volume 8. 2017.
- [63] Štěpančíková, P., Fischer, T., Stemberk jr., J., Nováková, L., Hartvich, F., Figueiredo, Paula M. Active tectonics in the Cheb Basin: youngest documented Holocene surface faulting in Central Europe? *Geomorphology*, Volume 327, 15 February 2019, Pages 472-488. 2019.
- [64] WENRA. Reactor Harmonization Working Group: Report WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors 2020. WENRA. 2021.
- [65] WENRA Guidance Document Issue TU: Natural Hazards Guidance on External Flooding. 2020.
- [66] WENRA. Reactor Harmonization Working Group: Guidance Document. Issue TU: Natural Hazards, Guidance on Seismic Events. WENRA. 2020.
- [67] WENRA. Reactor Harmonization Working Group: Guidance Document. Issue TU: Natural Hazards, Guidance on Extreme Weather. WENRA. 2020.
- [68] Wiemer, S. A Software Package to Analyze Seismicity: ZMAP. *Seism. Res. Lett.* 72, 37-382. 2001. doi: <https://doi.org/10.1785/gssrl.72.3.373>.
- [69] Woessner, J., Danciu L., D. Giardini and the SHARE consortium. The 2013 European Seismic Hazard Model: key components and results, *Bull. Earthq. Eng.* 13, 3553–3596, doi: 10.1007/s10518-015-9795-1. 2015. doi: 10.1007/s10518-015-9795-1.

ZPRACOVATELÉ

Mgr. Dana Havlín Nováková, Ph.D.
doc. RNDr. František Gallovič, Ph.D. (kapitola 6)
doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. (kapitola 10)

GARANT

Mgr. Dana Havlín Nováková, Ph.D.