

BEZPEČNOSTNÍ NÁVODY SÚJB

Bezpečné využívání jaderné energie a ionizujícího záření

Ochrana do hloubky

Jaderná bezpečnost

BN-JB-1.5 (Rev. 0.0)



STÁTNÍ ÚŘAD
PRO JADERNOU
BEZPEČNOST

HISTORIE REVIZÍ

Revize č./č.j.	Účinnost od	Garant	Popis či komentář změny
0.0/SÚJB/OSKŘaE/21612/2021	1. 12. 2021	Nekuža	První vydání návodu

Jaderná bezpečnost

Bezpečnostní návod OCHRANA DO HLOUBKY

Vydal: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha, prosinec 2021

Č. j.: SÚJB/OSKŘaE/21612/2021

BN-JB-1.5 (Rev. 0.0)

Účelová publikace bez jazykové úpravy, připomínky směřujte na e-mailovou adresu pripominky_navody@sujb.cz

OBSAH NÁVODU

1. Zkratky.....	3
Zkratky a definice.....	3
2. Úvod.....	8
Důvod vydání.....	8
Cíl.....	8
Působnost.....	8
Platnost.....	8
3. Východiska.....	9
Obecné zásady.....	9
4. Ochrana do hloubky	12
Obecné zásady.....	12
Principy ochrany do hloubky	12
Funkce úrovně ochrany do hloubky	17
Implementace ochrany do hloubky.....	18
Ověřování kvality implementované ochrany do hloubky v projektu JZ.....	19
Uplatnění odstupňovaného přístupu při projektování a při hodnocení bezpečnosti projektu	19
Principy návrhu ochrany do hloubky a hodnocení bezpečnosti projektu JZ.....	20
5. Základní projektové události.....	25
Obecné zásady.....	25
Iniciační události a scénáře.....	25
6. Rozšířené projektové podmínky.....	26
Obecné zásady.....	26
Iniciační události a scénáře.....	26
Postulované těžké havárie.....	27
Opatření při těžkých haváriích	28
7. Vzájemná nezávislost úrovně ochrany do hloubky.....	29
Obecné zásady.....	29
Nezávislost jednotlivých úrovně ochrany do hloubky	29
8. Prokazování praktického vyloučení velkých nebo časných radiačních havárií.....	31
Obecné zásady.....	31
Prokazování fyzikální nemožnosti vzniku iniciačních událostí a scénářů	32
Prokazování dostatečně malé pravděpodobnosti výskytu nepřijatelných radiačních následků iniciačních událostí a scénářů	32
Přílohy.....	35
Literatura	38
Zpracovatelé.....	40
Garant	40

1. ZKRATKY

Zkratky a definice

AOO	Anticipated Operational Occurrence (očekávaná událost abnormálního provozu)
AtZ	Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon
BN	Bezpečnostní návod
CCF	Porucha se společnou příčinou (<i>selhání dvou nebo více systémů, konstrukcí nebo komponent v důsledku jedné konkrétní události nebo příčiny</i>)
CDF	Četnost výskytu závažného poškození aktivní zóny reaktoru (Core Damage Frequency)
CMF	Selhání stejným způsobem (<i>selhání dvou nebo více systémů, konstrukcí nebo komponent stejným způsobem z důvodu jedné, nebo více událostí nebo příčin</i>)
DBA	Základní projektová nehoda (Design Basis Accident)
DBE	Základní projektová událost (Design Basis Event), tj. událost AOO nebo DBA
DEC-A	Rozšířené projektové podmínky bez vážného poškození jaderného paliva (Design Extension Condition - A)
DEC-B	Rozšířené projektové podmínky s vážným poškozením jaderného paliva (těžká havárie) (Design Extension Condition - B)
IAEA	International Atomic Energy Agency (<i>Mezinárodní agentura pro atomovou energii</i>)
JE	Jaderná elektrárna
IU	Iniciační událost
JB	Jaderná bezpečnost
JZ	Jaderné zařízení
LERF	Četnost výskytu velkých časných radiačních havárií/frekvence časného velkého úniku radioaktivních látek (Large Early Release Frequency)
LLRF	Četnost výskytu velkých pozdních radiačních havárií/úniků radioaktivních látek (Large Late Release Frequency)

LRF	Četnost výskytu velkých radiačních havárií/úniků radioaktivních látek (Large Release Frequency)
PIU	Postulovaná iniciační událost
PSA	Probabilistic Safety Assessment (<i>pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti</i>)
SKK	Systémy, konstrukce a komponenty
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
V329	Vyhláška č. 329/2017 Sb., o požadavcích na projekt jaderných zařízení
VZ	Vybrané zařízení podle AtZ
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association (<i>Asociace západoevropských jaderných dozorných orgánů</i>)
ZBF	Základní bezpečnostní funkce
Alternativní prostředek	SKK nebo organizační opatření pro zvládnutí rozšířených projektových podmínek v situacích, kdy z důvodu poruchy ze společné příčiny může dojít při zajišťování základní bezpečnostní funkce ke ztrátě funkce bezpečnostního systému a funkce diverzního prostředku, určených projektem jaderného zařízení.
Diverzita	Existence dvou nebo více nezávislých (redundantních/zálohujících se) SKK, určených pro provedení identifikované funkce, pokud tyto systémy nebo komponenty mají různé odlišné vlastnosti, aby se snížila možnost selhání funkce, zajišťované SKK, ze společné příčiny, včetně selhání stejným způsobem. Aplikují se odlišné typy diverzity: diverzita funkční, diverzita fyzikální, diverzita zařízení.
Diverzita funkční	Aplikace diverzity na úrovni funkcí, uplatněná v procesním inženýrství (např. pro spuštění rychlého odstavení reaktoru od dosažení tlakového limitu, a i teplotního limitu).
Diverzita fyzikální	Aplikace diverzity využívající k provedení určité funkce zařízení pracující na odlišném fyzikálním principu (např. změna reaktivity zásahem regulačních orgánů, nebo změnou koncentrace kyseliny borité).
Diverzita zařízení	Aplikace diverzity využívající k provedení určité funkce SKK odlišné velikosti, typu nebo SKK od jiného výrobce.
Diverzní prostředek	SKK nebo organizační opatření pro zajištění nebo nahrazení bezpečnostní funkce v případě její ztráty v důsledku poruchy ze společné příčiny, zálohující formou diverzity v úrovni ochrany do hloubky 3.b některou z funkcí bezpečnostních systémů (úrovně ochrany do hloubky 3.a).
Diverzní systém	Dle V329 systém, zálohující diverzním způsobem v úrovni ochrany do

	hloubky 3.b některou z funkcí bezpečnostních systémů (úrovně ochrany do hloubky 3.a).
Koncepce zodolnění JZ proti ohrožení (<i>protection concept [37]</i>)	Celková strategie pro ochranu JZ proti působení vnějších a vnitřních ohrožení.
Konzervativní přístup	Způsob uplatnění odstupňovaného přístupu na posuzování vlivu neurčitostí znalostí, vstupních dat, použitých metod a modelů odborným odhadem nebo statistickým vyhodnocením výsledku tak, že výsledek hodnocení posuzované položky zahrnuje též jeho nejméně příznivé věrohodné varianty.
Nouzové zdroje (elektrického) napájení	Nezávislé zdroje (elektrického) napájení, které jsou rychle dostupné, spolehlivé a za provozu testovatelné, jako jsou dieselgenerátory, akumulátorové baterie a agregáty nepřerušovaného napájení (§ 42 odst. 3 písm. b) V329).
Očekávaná provozní událost (AOO)	Provozní událost, u níž se očekává, že k ní dojde alespoň jednou během provozní životnosti zařízení, ale která vzhledem k uplatněným projektovým opatřením nezpůsobí žádné významné poškození SKK s vlivem na JB, ani nepovede k havarijním podmínkám (<i>IAEA Glossary 2019</i>).
Odstupňovaný přístup	Přístup uplatňovaný při zajišťování jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, technické bezpečnosti, monitorování radiační situace, zvládnání radiační mimořádné události a zabezpečení, odstupňovaný podle velikosti možného ozáření a jeho možných důsledků. Odstupňovaný přístup musí odpovídat typu jaderného zařízení nebo kategorii pracoviště se zdroji ionizujícího záření, typu jaderného materiálu nebo radioaktivního odpadu umístěného v jaderném zařízení a vykonávaným činnostem (podle § 5 odst. 8 AtZ).
Ohrožení	Potenciál vzniku 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.
Ochrana do hloubky	Způsob ochrany JZ založený na několika nezávislých úrovních stupňovitě bránících vzniku možnosti ozáření pracovníků a obyvatelstva, šíření ionizujícího záření a úniku radioaktivních látek do životního prostředí (§ 43 písm. c) AtZ).
Optimalizace radiační ochrany	Iterativní proces k dosažení a udržení takové úrovně radiační ochrany, aby ozáření fyzické osoby a životního prostředí bylo tak nízké, jakého lze rozumně dosáhnout při uvážení všech hospodářských a společenských hledisek.
Pasivní funkce SKK	Funkce nebo vlastnost SKK, jejíž zajištění nevyžaduje aktivaci, mechanický pohon nebo dodávku média nebo energie z jiného systému (§ 2 písm. n) V329).

Prakticky vyloučená skutečnost	Podmínka, stav nebo událost, jejichž výskyt je považován za fyzikálně nemožný nebo které jsou s vysokým stupněm věrohodnosti velmi nepravděpodobné (§ 2 písm. a) V329).
Projektové opatření (<i>Design measure /provision</i>)[37]	Uplatnění technického nebo organizačního řešení problému (projektovými prostředky a organizačními opatřeními), zaměřeného na splnění cíle projektu.
Provozní událost	Událost na jaderném zařízení se skutečnými nebo možnými důsledky pro jadernou bezpečnost, radiační ochranu, technickou bezpečnost, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení, která nastala během životního cyklu jaderného zařízení. (dle § 43 písm. b) AtZ)
Rozumná proveditelnost	Plnění požadavku stanoveného V329, je-li tímto plněním riziko vzniku radiační havárie, které vyplývá z nedostatečné schopnosti jaderného zařízení naplňovat stanovené bezpečnostní cíle, sníženo a současně nedochází k závažné změně důvodů a podmínek pro využívání jaderného zařízení (§ 6 odst. 6 V329).
Systém (soustava)	Celek složený z částí (subsystémů a komponent), které na sebe vzájemně působí v souladu s projektem nebo jiným záměrem tak, aby tento celek splnil specifické funkce nebo cíle. Mezi částmi systému mohou probíhat toky informací, hmoty a energie. Systém může mít hmotný i nehmotný charakter. Jednotlivé části systému mohou být za určitých podmínek využity k vytvoření dalších systémů, plnících jiné funkce, nebo cíle.
Systémy (elektrického) napájení vlastní spotřeby	Systémy pracovního (elektrického) napájení jaderného zařízení, a systém rezervního napájení vlastní spotřeby jaderného zařízení.
Systém zajištěného (elektrického) napájení	Elektrický napájecí systém tvořený nouzovými zdroji a sítěmi zajištěného (elektrického) napájení.
Událost (Event)	Jakákoliv změna stavu nebo podmínek s vlivem na JZ nezamýšlená obsluhou JZ, ať už přírodního charakteru nebo vyvolaná poruchou zařízení nebo působením člověka uvnitř i vně JZ, jejíž důsledky nebo potenciální důsledky nejsou zanedbatelné z hlediska bezpečnosti a ochrany JZ. Událost může být vyvolána libovolným ohrožením, jehož intenzita překročí projektem zohledněnou mez (podle IAEA Glossary 2018).
Úplná ztráta (elektrického) napájení	Úplná ztráta (elektrického) napájení vlastní spotřeby a systému zajištěného (elektrického) napájení (Station Blackout).
Vnější ohrožení (external hazard)	Ohrožení, která vznikají vně areálu JZ a jsou buď přírodním ohrožením (ohrožením vyvolávaným událostmi nebo jevy, které se vyskytují v přírodě a u kterých má člověk malou nebo žádnou kontrolu nad jejich vznikem, velikostí nebo četností výskytu), nebo člověkem způsobená ohrožení (ohrožením vyplývajícím z činnosti člověka), mezi které se nezahrnují činy vyvolané s úmyslem způsobit škodu (malevolentní

	činy/hrozby).
Vnitřní ohrožení (interní hazard)	Ohrožení, s místem vzniku v areálu JZ, na jehož vznik má nebo může mít přímý vliv provozovatel JZ, a to včetně ohrožení, zatížení a vnitřních iniciačních událostí vzniklých v jeho důsledku. Příklady vnitřních ohrožení jsou vnitřní požáry, vnitřní výbuchy, letící předměty, roztržení potrubí, vnitřní záplavy, pády těžkých břemen, elektromagnetická interference, uvolnění nebezpečných látek a kombinace ohrožení.
Základní bezpečnostní funkce	<p><i>Funkce, zajišťující plnění principů bezpečného využívání jaderné energie podle § 45 odst. 2 AtZ, a § 2 písm. b) V329:</i></p> <p><i>Jaderné zařízení s jaderným reaktorem musí od zahájení výstavby až do vyřazení z provozu</i></p> <p><i>a) umožňovat v případě potřeby okamžitě a bezpečně odstavit jaderný reaktor a udržovat jej v podkritickém stavu,</i></p> <p><i>b) zabránit nekontrolovanému rozvoji štěpné řetězové reakce,</i></p> <p><i>c) fyzikálně znemožnit vznik kritického a nadkritického stavu mimo vnitřní prostor jaderného reaktoru,</i></p> <p><i>d) zajišťovat odvod tepla vytvářeného jaderným palivem a technologickými systémy a</i></p> <p><i>e) zajistit stínění a zabránit úniku radioaktivní látky a šíření ionizujícího záření do životního prostředí.</i></p>

2. ÚVOD

Důvod vydání

- (2.1) SÚJB v rámci své pravomoci a působnosti, v souladu se zásadami činnosti správních orgánů a mezinárodní praxí, vydává bezpečnostní návody, ve kterých dále rozpracovává požadavky na zajištění jaderné bezpečnosti, technické bezpečnosti, radiační ochrany, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení.
- (2.2) Důvodem pro vydání tohoto bezpečnostního návodu SÚJB "Ochrana do hloubky" je potřeba vyložit požadavky na zajišťování jaderné bezpečnosti v jaderných zařízeních prostřednictvím ochrany do hloubky, stanovené v legislativě České republiky (především v AtZ a ve V329), nebo požadavky, uváděné v novějších mezinárodních dokumentech, zejména v dokumentech WENRA [37]. Návod zpřesňuje popis požadavků na projektová opatření pro zajištění odolnosti jaderného zařízení a zejména JE proti vnějším a vnitřním ohrožením, realizovaná uspořádáním a vlastnostmi systémů, konstrukcí a komponent nutné k tomu, aby byly obsluze JZ vytvořeny podmínky pro plnění bezpečnostních cílů a zvládnutí mimořádných událostí. Ostatní aspekty zajišťování jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, technické bezpečnosti, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení jsou předmětem požadavků vyhlášek a výkladu jejich uplatňování v jiných návodech SÚJB.
- (2.3) Tento bezpečnostní návod SÚJB je určen zejména pro žadatele o povolení a pro držitele povolení k činnostem souvisejícím s využíváním jaderné energie (dále jen „povolení“) pro všechny fáze životního cyklu JZ. Nabízí doporučený postup, jehož dodržení zajistí, že aktivity v dané oblasti budou v souladu s požadavky [1] a jeho prováděcích právních předpisů a tím také s požadavky WENRA a IAEA.

Cíl

- (2.4) Cílem tohoto BN "Ochrana do hloubky" je rozpracování požadavků na naplnění principů bezpečného využívání jaderné energie uplatněním ochrany do hloubky.

Působnost

- (2.5) BN je zaměřen na jaderná zařízení podle § 3 odst. 2 písm. e) bod 1 AtZ ve smyslu Českou republikou přijaté mezinárodní Úmluvy o jaderné bezpečnosti [3], tj. na JE a jaderná zařízení pro skladování jaderného paliva a nakládání s radioaktivními materiály, nalézající se ve stejném území k umístění. Základní principy a postupy tohoto BN lze v omezené míře vztáhnout také na další jaderná zařízení při využití odstupňovaného přístupu.
- (2.6) Vzhledem ke konkrétní situaci v České republice se tento BN zaměřuje zejména na JE s tlakovodním reaktorem.

Platnost

- (2.7) Bezpečnostní návod, resp. jeho poslední revize, nabývá platnosti publikací na www.sujb.cz. Revize bezpečnostního návodu jsou prováděny na základě nových poznatků vědy a techniky, obdržených připomínek odborné veřejnosti a zkušeností s jeho praktickým používáním.

3. VÝCHODISKA

Obecné zásady

- (3.1) Zásady mírového využívání jaderné energie a ionizujícího záření a požadavky na projekt jaderného zařízení jsou v České republice stanoveny zejména v § 5 a § 46 AtZ. Bezpečnostní cíle, které musí projekt jaderného zařízení splňovat, jsou stanoveny v § 4 V329. Tyto požadavky české legislativy jsou v souladu s doporučeními WENRA a IAEA.
- (3.2) V § 43 písm. c) AtZ se v souladu s doporučením Směrnice [5] mimo jiné stanoví, že základním prostředkem pro zajištění jaderné bezpečnosti jaderných zařízení a dosažení jaderné bezpečnostních cílů stanovených v této Směrnici je důsledné uplatnění koncepce ochrany do hloubky. Základní zásady pro uplatnění koncepce ochrany do hloubky v jaderných zařízeních jsou v České republice stanoveny v § 6 a § 7 V329[2]. Aplikace koncepce ochrany do hloubky na všechny aspekty projektu a provozu JZ zajišťuje prevenci vzniku abnormálního provozu a havarijních podmínek, které by mohly být způsobeny poruchami zařízení anebo lidskými činnostmi v rámci JZ, a také před ohroženími, která mají svůj původ mimo JZ. Směrnice [5] stanovuje nové požadavky na JE, pro něž bylo povolení k výstavbě uděleno po 14. srpnu 2014. Pro starší JE Směrnice [5] požaduje, aby požadavky platné pro nové JE byly používány jako referenční pro včasné zvýšení úrovně bezpečnosti realizací rozumně proveditelných bezpečnostních zlepšení provozovaných JE.
- (3.3) Směrnice [4] i [5] oficiálně označily za podporovanou a doporučenou dobrou praxi předpisy vydávané WENRA. Obecným cílem WENRA je vytvoření společného přístupu k zajišťování jaderné bezpečnosti a vytvoření možnosti nezávislého posuzování jaderné bezpečnosti v Evropě. Oficiální dokumenty publikované WENRA mají status doporučení, nicméně existuje dobrovolný závazek členských orgánů dozoru nad jadernou bezpečností, že doporučení vydaná WENRA budou v příslušné době implementována do regulačního rámce jejich zemí i na jaderná zařízení. Stanoviska a doporučení WENRA, která jsou přijata na základě všeobecného konsenzu členů, jsou v České republice formou zapracování do národní legislativy závazná.
- (3.4) S cílem zvýšit jadernou bezpečnost WENRA stanovila v roce 2010 pro JE nově budované v Evropě sedm okruhů kvalitativních tzv. "bezpečnostních cílů" (*Safety Objectives*) [6]. Tyto Bezpečnostní cíle WENRA rozpracovávají pro nové JE tzv. "základní bezpečnostní principy" (*Fundamental Safety Principles*) stanovené IAEA v předpisu IAEA SF-1 [7] na základě Směrnic [4] a [5]. Níže specifikované první čtyři z těchto okruhů Bezpečnostních cílů podle WENRA [6] se zaměřují na posílení ochrany do hloubky a jsou proto relevantní pro tento BN:
- **Okruh cílů O1** – Normální provoz, abnormální provoz a prevence havárií:
- snížení frekvence AOO zvýšením schopnosti JE udržet se v mezích normálního provozu;
 - snížení potenciálu přechodu do havarijních podmínek zvýšením schopnosti JE zvládat abnormální provoz.
- **Okruh cílů O2** – Havarijní podmínky bez tavení aktivní zóny reaktoru:
- zajištění toho, aby havarijní podmínky bez tavení aktivní zóny reaktoru neměly žádné nebo měly jen malé radiační následky (zejména aby nebyla nutná jódová profylaxe a ukrytí nebo evakuace obyvatelstva);
 - snížení na nejnižší rozumně dosažitelnou úroveň
 - frekvence poškození aktivní zóny reaktoru při uvažování všech typů věrohodných ohrožení a poruch a věrohodných kombinací událostí,

- úniků radioaktivních látek ze všech zdrojů,
- dopadů vlastností území k umístění jaderného zařízení a úmyslných zlovolných činů.

→ **Okruh cílů O3** – Těžké havárie:

- snížení možných radioaktivních úniků do životního prostředí následkem těžkých havárií (s tavením aktivní zóny reaktoru) včetně úniků dlouhodobých, a to splněním následujících kvalitativních kritérií:
 - těžké havárie s tavením aktivní zóny reaktoru, které by mohly způsobit velkou anebo časnou radiační havárii, musí být prakticky vyloučeny,
 - pro případy těžkých havárií s tavením aktivní zóny reaktoru, které nebyly prakticky vyloučeny, musí být realizována taková projektová opatření, aby bylo na ochranu veřejnosti nutné přijmout pouze ochranná opatření omezená co do prostoru a času (žádné trvalé přesídlení, žádná nutnost nouzové evakuace kromě bezprostředního okolí JE, omezené ukrytí, žádná dlouhodobá omezení požívání a spotřeby potravin), a pro uskutečnění těchto opatření musí být k dispozici dostatek času.

→ **Okruh cílů O4** – Vzájemná nezávislost všech úrovní ochrany do hloubky:

- posílení nezávislosti mezi všemi úrovněmi ochrany do hloubky, zejména prostřednictvím zajištění jejich tzv. "diverzity" (různorodosti) s cílem dosáhnout co nejvyššího rozumně dosažitelného celkového posílení ochrany do hloubky.

Obecným rysem těchto Bezpečnostních cílů WENRA [6] je pro projekty nových JE, ve srovnání se staršími provozovanými JE, stanovení požadavku na zahrnutí významně rozšířeného rozsahu situací, kterým je třeba předcházet, které je třeba zvládat a jejichž následky je třeba zmírňovat. Obecný požadavek posílení ochrany do hloubky znamená zejména prověření a doplnění nebo zesílení každé z úrovní ochrany do hloubky a zajištění potřebné vzájemné nezávislosti těchto úrovní.

- (3.5) Bezpečnostní cíle WENRA pro nové JE jsou svou podstatou dosti obecné a proto k nim WENRA formulovala tzv. "společná stanoviska" (*common positions*), která dále rozpracovávají témata, považovaná za zvláště významná z hlediska odlišnosti požadavků na projekty existujících a nově budovaných JE, a současně jsou tato stanoviska také rozpracována pro nové JE v souladu s bezpečnostními požadavky (*Safety Requirements*) stanovenými IAEA v předpisu IAEA SSR-2/1 (Rev. 1) [8]. Tato stanoviska WENRA jsou shrnuta ve studii RHWG WENRA "Bezpečnost nových projektů JE" [9] a jsou selektivně zaměřena hlavně na vybrané bezpečnostní cíle WENRA pro nové JE. Bezpečnostní cíle WENRA pro nové projekty JE jsou diskutovány s různou mírou podrobnosti a konkrétních pokynů o vhodných způsobech jejich naplnění. Tento BN rozpracovává a konkretizuje i některé další požadavky, které jsou definovány v Bezpečnostních cílech WENRA [6] i společných stanoviscích WENRA [9], i když pouze obecně, protože obdobným způsobem jsou definovány i požadavky v české atomové legislativě. Cílem návodu je poskytnout žadateli o povolení a případně i držiteli povolení ucelený návod pro implementaci koncepce ochrany do hloubky, odpovídající obecnému záměru Referenčních úrovní WENRA [10] a Bezpečnostních cílů WENRA pro nové JE [6] a Směrnice [5], který je v souladu s platnou českou legislativou s tím, že česká atomová legislativa v zásadě nerozlišuje požadavky na provozované a nové JE s výjimkou doporučení na rozsah a charakter zóny havarijního plánování [27].
- (3.6) WENRA stanovila již v roce 2009 pro provozované JE příslušné bezpečnostní cíle a společná stanoviska a shrnula je do souboru tzv. "Bezpečnostních referenčních úrovní" (*Safety Reference Levels*). Ty stanoví společné harmonizované požadavky na cílový stav zajištění jaderné bezpečnosti v provozovaných JE. Tyto Bezpečnostní referenční úrovně jsou průběžně upravovány v souladu s rozvojem poznání a dosažené úrovně vědy a techniky – jejich verze

[10] byla publikována v září 2014 a zahrnuje tak i nové poznatky získané v souvislosti s havárií JE Fukushima Daiichi. Doporučení [10] jsou implementována do české atomové legislativy.

4. OCHRANA DO HLOUBKY

Obecné zásady

- (4.1) Základním cílem všech projektových opatření k zajištění JB v JZ je zajistit ochranu osob a životního prostředí před škodlivými účinky ionizujícího záření, tj. především zabránit únikům radioaktivních látek z jaderného reaktoru do vnitřních prostor a zejména do okolí JZ.
- (4.2) Pro zajištění nejvyšší rozumně dosažitelné úrovně JB je zapotřebí zajistit projektová opatření, která:
- (i) omezují ozáření osob a výpusti radioaktivních látek do životního prostředí,
 - (ii) omezují pravděpodobnost vzniku událostí, které by mohly vést ke ztrátě kontroly nad zdroji ionizujícího záření a k nekontrolovanému šíření radioaktivních látek a
 - (iii) zmírňují následky takovýchto událostí, pokud k nim přece jen dojde.
- (4.3) Z hlediska požadavků na projekt JZ podle § 4 odst. 1 písm. a) [2] je pro uplatnění nejvyšší rozumně dosažitelné úrovně JB třeba:
- (i) předcházet vzniku havarijních podmínek,
 - (ii) zmírňovat následky havarijních podmínek, pokud by k nim přece jen došlo,
 - (iii) zajistit, aby radiační následky všech iniciačních událostí a scénářů uvažovaných v projektu JZ byly pod úrovní platných radiačních kritérií přijatelnosti (viz [25]) a
 - (iv) zajistit, aby pravděpodobnost vzniku radiační havárie s následky přesahujícími stanovená radiační kritéria přijatelnosti byla velice nízká a aby radiační následky takové radiační havárie byly zmírněny na nejnižší dosažitelnou úroveň.

Principy ochrany do hloubky

- (4.4) Podstatou uplatňování koncepce ochrany do hloubky je vytvoření více úrovní projektových opatření, nezávisle zálohujících zajištění základních bezpečnostních funkcí, čímž se kompenzují možné náhodné poruchy SKK, lidské chyby a následky vnitřních i vnějších ohrožení. Tak se zajistí, aby jaderná bezpečnost za žádných okolností nezávisela pouze na jediné úrovni projektových opatření. Cílem této koncepce je zaručit, že případné narušení funkce projektových opatření v rámci jedné úrovně ochrany do hloubky bude rozpoznáno a napraveno nebo kompenzováno dalšími nezávislými projektovými opatřeními, implementovanými v následných úrovních ochrany do hloubky.
- (4.5) Koncepce ochrany do hloubky je svou podstatou deterministická, tj. založená na deterministických předpokladech a postupech, které ale zvažují odstupňovaným přístupem pravděpodobnost výskytu událostí a jevů. Projekt JZ, založený na koncepci ochrany do hloubky, obecně vychází z předpokladu, že k poruchám a nepříznivým událostem a z nich se odvíjejícím následným havarijním podmínkám může dojít. Základní metodou ověřování účinnosti opatření uplatněných v projektu JZ je postulování (tj. přijmutí jako výchozí předpoklad) věrohodných iniciačních událostí a scénářů s frekvencí výskytu, prokazatelnou v určitém (v projektu uvažovaném) pásmu, a uplatnění opatření k jejich prevenci, zvládnutí a ke zmírnění jejich následků.
- (4.6) Součástí ochrany do hloubky je zajištění rozumně proveditelné odolnosti systémů, konstrukcí a komponent proti událostem, vyvolaným vnitřními a vnějšími ohroženími, aplikované v souladu s požadavky a doporučeními V329 a dokumentů [11], [13], [14], [15], [16], [17], [28] a [29] při uplatnění odstupňovaného přístupu, vycházejícího z pravděpodobnosti jejich vzniku a z jejich možného příspěvku k riziku ozáření pracovníků JZ a obyvatelstva.
- (4.7) Základním principem ochrany do hloubky je vytvoření řady následných a vzájemně se zálohujících fyzických bezpečnostních bariér, které jsou vloženy mezi radioaktivní látky

a životní prostředí v okolí JZ a které, dokud nejsou porušeny nebo jinak překonány, brání úniku radioaktivních látek do životního prostředí. Konkrétně v JE s tlakovodním reaktorem jsou většinou vytvořeny tři za sebou následující fyzické bezpečnostní bariéry proti úniku radionuklidů z jaderného paliva, čímž je naplněno ustanovení § 6 odst. 2 V329.

- (4.8) Fyzické bezpečnostní bariéry nemohou požadované bezpečnostní funkce zajistit samy o sobě, protože bariéry ponechané bez ochrany dalšími projektovými opatřeními mohou být v havarijních podmínkách porušeny. Součástí projektu JZ jsou proto projektová opatření (zahrnující aktivní a pasivní funkce nebo inherentní vlastnosti SKK) v jednotlivých úrovních ochrany do hloubky, která přispívají k zajištění účinnosti těchto fyzických bezpečnostních bariér tím, že bariéry před porušením chrání. Komplexní realizace ochrany do hloubky v JZ zahrnuje:
- zavedení koncepce odolnosti JZ proti vnitřním a vnějším ohrožením zajišťující, že do překročení parametrů ohrožení, zahrnutých v projektových východiscích, nevyvolají tato ohrožení poruchu SKK s vlivem na JB na daném JZ;
 - určení náhodných a vnějšími a vnitřními ohroženími vyvolaných iniciačních událostí a scénářů („havarijních sekvencí“ v terminologii dle [30]) a výběr reprezentativních scénářů pro stanovení mezních požadavků na odolnost a výkonnost systémů, konstrukcí a komponent, zajišťujících funkce projektových opatření úrovní ochrany do hloubky;
 - stanovení vhodných projektových opatření, bránících vzniku těchto iniciačních událostí a scénářů a
 - stanovení provozních, bezpečnostních, diverzních a alternativních projektových prostředků a organizačních opatření (podle V329), schopných zajistit prevenci vzniku a zvládnutí abnormálního provozu a havarijních podmínek a zmírnit následky radiačních mimořádných událostí, pokud k nim dojde.
- (4.9) Pokud je v této struktuře ochrany do hloubky překonána jedna její úroveň (kromě úrovně poslední), musí být k dispozici další, následující úroveň ochrany do hloubky, která umožňuje zastavit rozvoj, nebo bránit rozvoji události nebo scénáře a zmírňovat jeho následky takovým způsobem, aby byly naplněny bezpečnostní cíle projektu podle § 4 V329. Zároveň se se zavedením rozdílných projektových opatření v jednotlivých úrovních ochrany do hloubky uplatňuje diverzita při zajišťování odolnosti jaderného zařízení a zabezpečování základních bezpečnostních funkcí pro případ selhání projektových opatření předcházející úrovně ochrany do hloubky.
- (4.10) Obecný přehled dílčích bezpečnostních cílů pro JE a příslušných projektových prostředků pro jednotlivé úrovně ochrany do hloubky je uveden v Příloze 1.
- (4.11) Požadavky na projekt řeší odezvu na vznik havarijních podmínek nejen pro základní projektové nehody dle § 2 písm. h) V329, ale i pro události, překračující svou závažností úroveň základních projektových nehod a vedoucí k rozšířeným projektovým podmínkám dle § 2 písm. j) V329, a využívá možnost zmírňovat jejich následky pomocí odpovídajících projektových diverzních a alternativních prostředků a organizačních opatření. Tato opatření by měla zajistit zvládnutí havarijních podmínek tak, aby vznik havarijních podmínek s vážnými radiačními následky mimo JZ byl "prakticky vyloučen" v souladu s požadavkem § 4 odst. 1 písm. c) V329.
- (4.12) U projektů JZ je tak v rámci vývoje projektu jaderného zařízení hodnocena možnost vzniku závažných iniciačních událostí a scénářů, které mohou vést i k těžkým haváriím a výsledky tohoto hodnocení jsou přijaty jako výchozí podklady pro projektování a pro případné změny projektu JZ v souladu s požadavkem na hodnocení dalších kategorií postulovaných iniciačních událostí a scénářů, konkrétně:
- i) postulovaných iniciačních událostí a scénářů, vyvolaných kombinací více poruch (§ 21

V329), a následků vnějších ohrožení, přesahujících svou intenzitou úroveň základní projektové události (§ 11 V329), které reprezentují rozsah uvažovaných rozšířených projektových podmínek (DEC-A), jež by měly být zvládnuty bez závažného poškození jaderného paliva, a

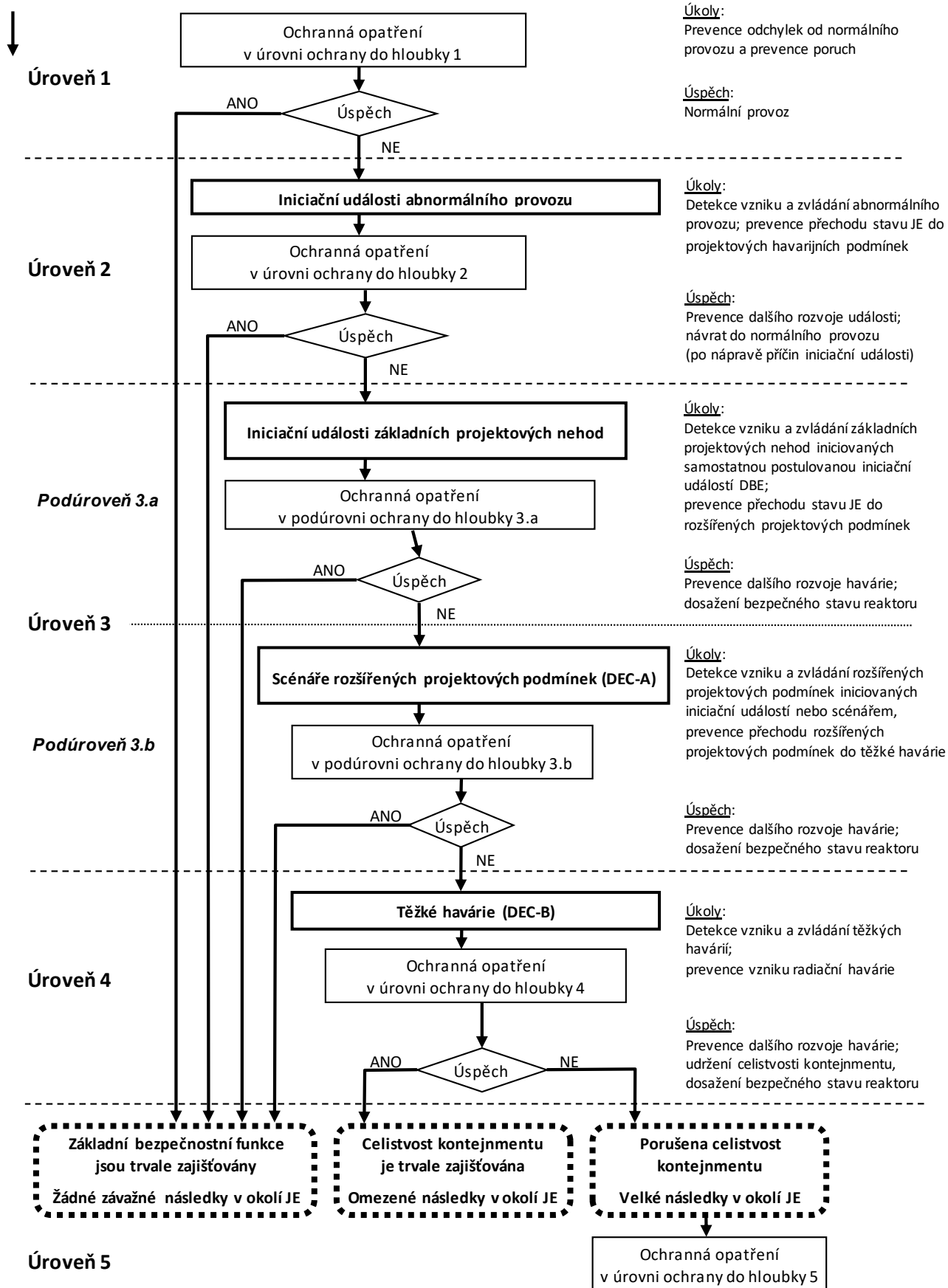
- ii) postulovaných scénářů, spojených se stavem JZ "rozšířené projektové podmínky (DEC-B)", s potenciálem poškození jaderného paliva a vzniku významných úniků radioaktivních látek mimo JZ (které jsou v tomto BN v souladu s § 7 odst. 6 V329 nazývány "postulované těžké havárie").

- (4.13) Podle požadavků na ochranu do hloubky [9] je nutné zajistit, aby bylo možné iniciační události a scénáře zvládat pomocí opatření implementovaných ve třetí úrovni ochrany do hloubky (3.a a 3.b), tj. pomocí bezpečnostních systémů v podúrovni 3.a a pomocí diverzních systémů, případně alternativních systémů v podúrovni 3.b tak, aby nedošlo k vážnému poškození jaderného paliva v jaderném reaktoru a/nebo v bazénu skladování ozářeného jaderného paliva.
- (4.14) V rámci čtvrté úrovně ochrany do hloubky jsou uvažována opatření zajišťující základní bezpečnostní funkce tak, jak je to jen rozumně proveditelné, a to zejména tak, jak je to nutné k udržování celistvosti ochranné obálky (kontejnmentu) a k jejímu oddělení od zbytku JZ a tím k zabránění únikům radioaktivních látek z kontejnmentu do okolí JZ.
- (4.15) Spojení základních projektových nehod a rozšířených projektových podmínek (s výjimkou těžkých havárií) do jedné úrovně ochrany do hloubky (úroveň 3) je zdůvodněno shodnými, nebo blízkými hodnotami kritérií přijatelnosti pro výsledky analýz průběhů uvažovaných iniciačních událostí a scénářů. Pro ověření účinnosti systémů, implementovaných pro řešení základních projektových nehod a ke zvládnutí rozšířených projektových podmínek, je ve V329 a v [6] vyžadováno v každé úrovni a v tomto případě i úrovni 3.b ochrany do hloubky použití projektových opatření funkčně odlišných a v rozumně proveditelném rozsahu nezávislých na projektových opatřeních překonané úrovně ochrany do hloubky 3.a.
- (4.16) Při analýzách rozšířených projektových podmínek je možné uplatnit odstupňovaný přístup na použité předpoklady, metody a kritéria přijatelnosti průkazu jaderné bezpečnosti (tzn. uplatnění i realistických předpokladů, metod a kritérií přijatelnosti).
- (4.17) Popis koncepce ochrany do hloubky podle požadavků asociace WENRA [9] pro nové JE uváděné v Evropě do provozu je uveden v následující tabulce Tab. 1. V cílech jednotlivých úrovní ochrany do hloubky je zdůrazněn význam kritérií přijatelnosti výsledků bezpečnostních analýz, což vede k požadavku na prevenci vzniku těžké havárie při výskytu kombinovaných a vícenásobných poruch dalšími (diverzními a alternativními) prostředky v úrovni 3.b ochrany do hloubky.

Na obrázku Obr. 1 je pro lepší pochopení uvedeno blokové schéma, které přehledně ukazuje logiku fungování koncepce ochrany do hloubky podle [9] pro nové JE uváděné v Evropě do provozu.

Úroveň ochrany do hloubky	Cíl	Hlavní prostředky	Radiační následky	Odpovídající kategorie stavů JE
Úroveň 1	Prevence abnormálního provozu a poruch	Konzervativní projekt a vysoká kvalita výstavby, a provozu, řízení hlavních parametrů JE v mezích stanovených limitů	Radiální následky nepřekračují stanovené úrovně provozních výpustí	Normální provoz
Úroveň 2	Zvládnání abnormálního provozu a poruch	Řídící a limitační systémy a ostatní prostředky pro sledování provozu		Abnormální provoz (předpokládané události abnormálního provozu)
Úroveň 3.a	Zvládnání nehod tak, aby se omezily radiační následky a zabránilo vzniku těžké havárie	Systém rychlého odstavení reaktoru a další bezpečnostní systémy	Žádné nebo minimální radiační následky	Samostatné (postulované) iniciační události
Úroveň 3.b		Systémy diverzní k bezpečnostním systémům a alternativní systémy, pro případ poruch o společné příčině a jiných kombinací poruch		Události/scénáře vyvolané vícenásobnými poruchami
Úroveň 4	Zvládnání těžké havárie tak, aby se vyloučila závažná (časná nebo velká) radiační havárie	Doplňkové systémy, zmírňující tavení aktivní zóny, zvládnání těžké havárie	Radiační následky mimo areál elektrárny mohou vyvolat pouze omezená opatření na ochranu obyvatelstva z hlediska zasažené oblasti a času	Postulovaná těžká havárie s rychlým nebo pozvolným rozvojem scénáře

Tab. 1 Koncepce ochrany do hloubky dle WENRA



Obr. 1 – Blokové schéma fungování koncepce ochrany do hloubky

- (4.18) Rozsah možných radiačných následků událostí v JZ je při využití koncepce ochrany do hloubky určován výsledným stavem fyzických bezpečnostních bariér, bránících úniku radioaktivních látek do životního prostředí v okolí JZ.

Funkce úrovní ochrany do hloubky

- (4.19) Každá následná úroveň ochrany do hloubky by měla být při ochraně fyzických bariér schopna zvládnout scénáře vyvolané iniciačními událostmi i za situace, kdy případná selhání v předchozích úrovních ochrany do hloubky dotvořila vyvíjející se scénář.
- (4.20) Systém ochrany do hloubky lze tedy s určitou mírou abstrakce považovat za pevnou soustavu filtrů s různými vlastnostmi, určených ke zvládnutí rozvoje nežádoucích stavů jaderného zařízení. Projekt JZ by měl zajistit, aby časté poruchy a odchylky od podmínek normálního provozu byly pro bezpečnost projektu méně závažné, a čím budou poruchy a odchylky závažnější nebo kombinované s jinými událostmi, tím méně často by se měla taková situace vyskytnout, a aby takové situace byl systém ochrany do hloubky schopen zachytit a zvládnout.
- (4.21) Obdobně se stanovují kritéria přijatelnosti výsledného stavu po zásahu uplatněných projektových opatření hodnocené úrovně ochrany do hloubky. Zde se uplatní odstupňovaný přístup k optimalizaci radiační ochrany, a to i pro kategorie postulovaných iniciačních událostí a scénářů, používaných pro ověřování schopnosti systémů a opatření úrovně ochrany do hloubky zajistit přijatelnost radiačních následků.
- (4.22) Tento způsob kategorizace iniciačních událostí a scénářů se používá zejména při hodnocení účinnosti bezpečnostních systémů (označovaných v současné době též jako systémy úrovně 3.a ochrany do hloubky). Deterministické analýzy, které jsou součástí průkazu bezpečnosti, uvažují pouze nepříznivý zásah jiných systémů než bezpečnostních a předpokládají vysokou spolehlivost bezpečnostních systémů (zajištěnou vysokou kvalitou provedení a údržby, nezávislostí, zálohováním a zajištěným napájením elektrickou energií a dodávkou dalších nezbytných médií).
- (4.23) Kritéria přijatelnosti pro průkaz bezpečnosti (např. účinnosti zásahu bezpečnostních systémů v úrovni ochrany do hloubky 3.a) jsou vázána na četnost výskytu primární iniciační události, případně četnost výskytu vzniku specifického scénáře.
- (4.24) Iniciační události a scénáře se zařazují do kategorií iniciačních událostí abnormálního provozu, iniciačních událostí základních projektových nehod a iniciačních událostí scénářů pro rozšířené projektové podmínky, a to podle charakteru iniciační události, podle četnosti jejího výskytu a podle jejích přípustných radiačních následků. To ale neznamená, že iniciační událost abnormálního provozu nemůže vést výsledně k havarijním podmínkám a závažným radiačním následkům.
- (4.25) Při hodnocení účinnosti zásahu systémů pro zvládnutí jednotlivých postulovaných iniciačních událostí a scénářů v jednotlivých úrovních ochrany do hloubky pomocí analýzy je nutné sledovat plnění kritérií přijatelnosti, stanovených v souladu s pravidly optimalizace radiační ochrany, a tedy odpovídající četnosti výskytu scénáře, vyvolaného sice postulovanou iniciační událostí, ale ovlivněného dalšími postulovanými, následnými nebo souvisejícími poruchami.
- (4.26) Četnost (frekvence) výskytu rozvoje scénáře, který nebyl zvládnut v úrovni ochrany do hloubky, odpovídající stavu jaderného zařízení, který byl vzápětí po postulované iniciační události, bude zaručeně nižší než frekvence výskytu vlastní iniciační události (minimálně o pravděpodobnost selhání dedikovaných systémů a organizačních opatření v dané úrovni ochrany do hloubky). *(Jako příklad lze uvést situaci, kdy PIU abnormálního provozu jsou běžně*

zvládnány limitačními systémy, případně dalšími ochranami a zásahy obsluhy jaderného zařízení pomocí jiných provozních systémů podle provozních předpisů. Zásah bezpečnostního systému je nutný pouze v případě nedostatečné rychlosti předchozího zásahu nebo nedostatečné výkonnosti systémů druhé úrovně ochrany do hloubky).

- (4.27) Obdobná či ještě složitější je situace se zařazováním analýz scénářů, vyvolaných iniciační událostí abnormálního provozu, v případě selhání limitačních systémů výkonu reaktoru v druhé úrovni ochrany do hloubky, a následně i selhání systému rychlého odstavení reaktoru v úrovni 3.a, což modelují scénáře ATWS (podle anglického termínu "*anticipated transients without scram*"). Tyto scénáře jsou zařazeny z důvodu postulovaného selhání dedikované funkce bezpečnostního systému do rozšířených projektových podmínek s cílem naplnění kritérií přijatelnosti pro úroveň ochrany do hloubky 3.b (a mohou být hodnoceny realistickým přístupem k analýze).
- (4.28) Výše uvedené dokumentuje, jak probíhá přiřazování postulovaných iniciačních událostí a scénářů jednotlivým úrovním ochrany do hloubky na základě požadavků § 20 až § 22 V329. Scénáře nezvládnuté danou úrovní ochrany do hloubky jsou ve své rozvinutější formě řešeny následnou úrovní ochrany do hloubky. Přiřazení výchozích samostatných iniciačních událostí stavům JZ (*projektovým stavům bloku*), vychází z koncepce zodolnění JZ proti ohrožením a z požadavku na udržování stavu JZ ve shodě s projektovými východisky, tj. ze základních předpokladů koncepce projektu.
- (4.29) Nároky na průkazy účinnosti úrovně ochrany do hloubky se stanovují tak, aby odpovídaly předpokládané a následně prokazované úrovni rizika ozáření, vyplývající z četnosti výskytu iniciačních událostí a scénářů. Pro průkazy bezpečnosti se používají též specifické PIU (postulované proto, že jejich vzniku brání zodolnění a stanovená spolehlivost SKK, a proto je možné je považovat za nahodilé). S průběhem všech možných scénářů v reálných situacích mají společné jen to, že by měly být konzervativním obálkovým scénářem [25] pro všechny scénáře, založené na dané samostatné iniciační události. Tyto PIU se používají pro analýzy, které jsou konzervativním průkazem bezpečnosti projektového řešení zásahu úrovně 3.a ochrany do hloubky.
- (4.30) Není možné libovolně směřovat požadavky na konzervativní průkaz bezpečnosti analýzami úspěšnosti zásahu bezpečnostních systémů (úrovně 3.a) v dílu 15 Provozní bezpečnostní zprávy (podle přílohy č. 4 V329 a návodu [25]), a tedy na splnění radiačních kritérií přijatelnosti, s jinými požadavky na různá opatření vnitřních (provozních a havarijních) předpisů, připravených pro zvládnání různých režimů a stavů JZ. (*Pokud obsluha JZ používá některý z nouzových zdrojů zajištěného (elektrického) napájení v souladu s vnitřním předpisem pro zvládnání dané situace při normálním a abnormálním provozu, nejedná se o zásah bezpečnostního systému, a je to přípustné, pokud takovéto použití nepovede k neschopnosti bezpečnostního systému vykonávat svoji bezpečnostní funkci).*

Implementace ochrany do hloubky

- (4.31) Základní bezpečnostní funkce musí být v každé úrovni ochrany do hloubky zajišťovány SKK určenými projektem tak, aby ztráta základní bezpečnostní funkce zajišťované překonanou úrovní ochrany do hloubky byla nahrazena uplatněním projektových opatření (jinými SKK) v následující úrovni ochrany do hloubky, které zajistí plnění této základní bezpečnostní funkce.
- (4.32) Funkce projektových opatření každé úrovně ochrany do hloubky a zejména bezpečnostní funkce jsou pro určitý konkrétní projekt JZ určovány v procesu projektování jaderného zařízení, a to především formou vývoje u projektanta a dodavatele jaderného zařízení na základě obecně sdílených zkušeností (norem a dobré praxe) a technického úsudku.

Ověřování kvality implementované ochrany do hloubky v projektu JZ

- (4.33) Přiměřenost projektových opatření, implementovaných v projektu JZ pro zajištění ochrany do hloubky, a splnění odpovídajících bezpečnostních požadavků musí být ověřena hodnocením bezpečnosti projektu (Část čtvrtá V329), založeném na výsledcích zkoušek a deterministických a pravděpodobnostních bezpečnostních analýz. Zkoušky a bezpečnostní analýzy musí být prováděny během všech fází životního cyklu JZ. Analýzy jsou navíc základem procesu povolování jednotlivých fází životního cyklu konkrétního JZ, kdy jsou jejich výsledky základním dokladem prokazujícím, že implementovaná projektová opatření a aktuální stav JZ zajistí plnění bezpečnostních cílů projektu JZ. Celkový přehled typů kritérií přijatelnosti pro ověřování shody s projektem a zajištění ochrany do hloubky je uveden v tabulce Tab. 2. v závěru kapitoly 4 tohoto návodu.

Uplatnění odstupňovaného přístupu při projektování a při hodnocení bezpečnosti projektu

- (4.34) Uplatnění odstupňovaného přístupu při projektování a při hodnocení bezpečnosti projektu vychází primárně z legislativou požadované koncepce optimalizace radiační ochrany při provozu JZ a ze znalosti a předpokladů vlastností SKK JZ a jejich předpokládaného chování v různých stavech a situacích. Vyhodnocení závažnosti rizika ozáření v souladu s principem optimalizace radiační ochrany umožňuje uplatnění odstupňovaného přístupu k požadavkům na SKK JZ a na postupy pro zásahy obsluhy JZ, které zajišťují základní bezpečnostní funkce ve scénářích, řešených v jednotlivých úrovních ochrany do hloubky.
- (4.35) Způsob uplatňování odstupňovaného přístupu k návrhu jednotlivých SKK, vnitřních předpisů a dalších opatření, která vytvářejí strategii ochrany do hloubky, je pro každou úroveň ochrany do hloubky odlišný a závislý na typu parametru, který má být ve strategii ochrany do hloubky naplněn. Jedná se zejména o tyto parametry:
- přípustné radiační následky, vyplývající z optimalizace radiační ochrany (kritéria přijatelnosti pro analytické průkazy bezpečnosti JZ),
 - odpovídající inherentní vlastnosti SKK (viz V329, BN-JB-3.2 [31]),
 - odolnost SKK s vlivem na JB vůči vnějším a vnitřním ohrožením (viz BN-JB-3.2 [31], BN-JB-3.4 [28], BN-JB-4.1 [29], BN-JB-4.2 [33]),
 - potřeba rychlosti a spolehlivosti zásahů SKK,
 - potřeba a možnosti zálohování (redundance), diverzity a nezávislosti SKK,
 - zajištění kvality SKK a s ní souvisejících procesů,
 - konzervativnost přístupu při uplatnění metod analýzy bezpečnosti a ke stanovení neurčitosti jejich výsledků (viz BN-JB-2.10 [25] a BN-JB-2.2 [26]).

Projekt stanoví charakteristiky jednotlivých opatření tvořících koncepci ochrany do hloubky pro dané JZ a zohlední vliv jednotlivých SKK na plnění funkcí těchto opatření v jejich technických specifikacích.

- (4.36) Osvědčeným principem uplatnění odstupňovaného přístupu k návrhu inherentních vlastností SKK, a k zodolňování SKK s vlivem na JB na odlišné úrovně zatížení vnitřními a vnějšími ohroženími je princip optimalizace radiační ochrany, a tedy rizika ozáření tak, aby návrh:
- odpovídal průmyslovým a stavebním normám (normativní návrhové hodnoty zatížení pro první a druhou úroveň ochrany do hloubky),
 - odpovídal základní vnější projektové události (četnost výskytu 10^{-4} událost/rok, s výjimkou případů vlastností území podle § 11 V329), které jsou používány jako obálkové návrhové hodnoty zatížení SKK pro úroveň 3.a ochrany do hloubky, zajišťovanou bezpečnostními systémy,

- odpovídá úrovni zatížení vyšší, než je úroveň intenzity základní vnější projektové události v souladu s § 12 odst. 3 až 6 V329, tedy tak, aby součástí projektu jaderného zařízení byly SKK s odolností vůči vnějším a vnitřním ohrožením, které budou schopny zajistit základní bezpečnostní funkce v rozšířených projektových podmínkách v souladu s návody na zvládání těžkých havárií. Potřebná úroveň odolnosti musí být v projektových východiscích stanovena pro SKK úrovní 3.b a 4 ochrany do hloubky individuálně tak, aby byla zajištěna požadovaná základní bezpečnostní funkce, anebo byla zajištěna alespoň tak, jak je to jen rozumně proveditelné (při uplatnění principů optimalizace radiační ochrany).

Způsob hodnocení vnitřních a vnějších ohrožení je detailně rozpracován ve specializovaných bezpečnostních návodech SÚJB [28], [29], [33].

- (4.37) Odstupňovaný přístup k zajištění spolehlivosti a rychlosti zásahu SKK s vlivem na JB a zejména vybraných zařízení vychází z požadovaných vlastností jaderného zařízení a zejména jaderného reaktoru v různých stavech JZ. Deterministické analýzy přechodových procesů při událostech abnormálního provozu a v havarijních podmínkách stanovují nebo ověřují požadavky na výkon a rychlost zásahu jednotlivých SKK, zejména v druhé a třetí úrovni ochrany do hloubky. Tím nepřímou určují požadavky na spolehlivost těchto SKK tak, aby byla plněna odpovídající radiační nebo jiná od nich odvozená kritéria přijatelnosti, určující přípustnou úroveň radiačních následků všech postulovaných iniciačních událostí a scénářů. Požadavky na rychlost a spolehlivost zásahu jsou podkladem pro určení odstupňovaného přístupu k zálohování SKK a pro uplatnění případných diverzních opatření v následující úrovni ochrany do hloubky.
- (4.38) Odstupňovaný přístup k nezávislosti projektových opatření v po sobě jdoucích úrovních ochrany do hloubky musí vycházet z ustanovení § 7 odst. 2 až 4 V329.
- (4.39) Odstupňovaný přístup k požadavkům na zajištění kvality SKK a s nimi souvisejících procesů vychází z důležitosti bezpečnostní funkce stanovené projektem. Rámcově jsou tyto požadavky stanoveny legislativou (§ 11 V329 a příloha č. 1 V329) formou zařazování vybraných zařízení do bezpečnostních tříd a obdobně i pro SKK s vlivem na JB, které nejsou VZ (viz BN-JB-3.3).
- (4.40) Odstupňovaný přístup k zařazení SKK do bezpečnostních tříd ovlivňuje přístup k zajištění kvality, a tedy ke způsobu aplikace všech ostatních požadavků na SKK. Toto zařazení je tedy rozhodující pro stanovení způsobu udržování jednotlivých SKK v souladu s požadavky projektu po celou dobu životnosti JZ.
- (4.41) Odstupňovaný přístup k metodám hodnocení bezpečnosti a k uplatnění konzervativního přístupu při stanovení neurčitosti jejich výsledku není přímo vázán na principy zařazování SKK do bezpečnostních tříd podle V329, nebo [20], ale souvisí s úrovní znalosti modelovaných procesů, s možnostmi vyhodnocení vlivu neurčitostí vstupních parametrů a modelů, uplatněných v analýze a zejména s mírou rizika ozáření, která odpovídá analyzované úrovni ochrany do hloubky. Tradičně se konzervativní přístup uplatňuje při hodnocení odolnosti projektu proti základním projektovým nehodám, na hodnocení ostatních skupin iniciačních událostí a scénářů je možné a někdy i nutné uplatňovat přiměřeně realistický přístup v souladu s § 24 odst. 4 a 5 V329.

Principy návrhu ochrany do hloubky a hodnocení bezpečnosti projektu JZ

- (4.42) Projekt JZ a vnitřní předpisy první úrovně ochrany do hloubky musí zajistit (souběžně s požadavky na odolnost SKK podle odstavce (4.36) a na spolehlivost podle odstavce (4.37)) základní bezpečnostní funkce v provozních stavech pomocí provozních systémů a minimalizovat vznik AOO.

- (4.43) Projekt JZ a vnitřní předpisy druhé úrovně ochrany do hloubky mají v maximální možné míře omezit možnost přechodu jaderného zařízení do havarijních podmínek při iniciační události, při které může dojít k překročení limitních hodnot provozních parametrů. Systémy druhé úrovně ochrany do hloubky a zásahy obsluhy podle provozních předpisů zajišťují bezpečnostní funkce, kterými se omezí nebo sníží výkon reaktoru tak, aby se reaktor navrátil do podmínek normálního provozu. SKK druhé úrovně ochrany do hloubky a zásahy obsluhy omezí i důsledky takových změn chování jiných provozních SKK, které mohou vést k havarijním podmínkám (jedná se o pojišťovací a odlehčovací ventily, ochrany jednotlivých konstrukcí a komponent a prostředky manuálního řízení) tak, aby byly umožněny zásahy obsluhy k dosažení bezpečného stavu JZ, který bude v souladu s vnitřními provozními předpisy.
- (4.44) Projektová opatření druhé úrovně ochrany do hloubky, která automaticky zasahují do řízení výkonu reaktoru, nebo umožňují obsluhu zvládnutí abnormálního provozu, nesmí být iniciační událostí přímo ovlivněna. Systémy první úrovně ochrany do hloubky nesmí svou činností negativně ovlivňovat zásahy systémů a obsluhy, náležející do druhé úrovně ochrany do hloubky.
- (4.45) Projektová opatření následné třetí úrovně ochrany do hloubky a zejména úrovně 3.a jsou na funkcích předcházejících dvou úrovní ochrany do hloubky nezávislá tak, jak je to jen rozumně proveditelné. To ale neznamená, že prostředky třetí úrovně ochrany do hloubky mohou být zvládnány scénáře havarijních podmínek, za kterých zůstanou některé provozní systémy funkční. Konzervativní přístup k hodnocení efektivnosti zásahu bezpečnostních systémů by měl uvažovat i úplnou ztrátu (elektrického) napájení vlastní spotřeby JZ a přechod na systémy zajištěného napájení se všemi dopady na výslednou konfiguraci jaderného zařízení, pokud tato ztráta zhoršuje průběh události. Zásahy systémů druhé úrovně ochrany do hloubky jsou přitom uvažovány pouze v případě, že zhoršují průběh události. Rozsah negativního působení systémů předcházejících úrovní ochrany do hloubky na průkazy spolehlivosti zásahu bezpečnostních systémů ve třetí úrovni ochrany do hloubky však musí být podložen rozbohem vlastností, chování a spolehlivosti systémů první a druhé úrovně ochrany do hloubky.
- (4.46) Bezpečnostní funkce úrovně 3.a ochrany do hloubky, zajišťované bezpečnostními systémy a obsluhou v souladu s odpovídajícími vnitřními předpisy, musí zajistit automatické zvládnutí přechodových procesů po vzniku iniciační události abnormálního provozu a základní projektové nehody převedením JZ do stabilizovaného podkritického stavu a následně umožnit v souladu s provozními předpisy přechod JZ do bezpečného stavu, pokud druhá úroveň ochrany do hloubky tento proces nezajistí.
- (4.47) Základní vnitřní postulované iniciační události jsou součástí projektových předpokladů podle odstavců (4.36) a (4.37), dle kterých bude technickými opatřeními zajištěno, že v podmínkách základních projektových zatížení od vnějších i vnitřních ohrožení [11] může dojít s vysokou věrohodností pouze k jednotlivé nahodilé poruše, nebo kombinaci poruch v souladu s ustanovením § 20 odst. 4 písm. c) V329 a následné ztrátě bezpečnostní funkce jednoho redundantního systému VZ, zařazeného do bezpečnostních třídy BT1 (není-li jeho porucha prakticky vyloučena) nebo BT2 nebo jeho podpůrného systému, patřícího do souboru VZ, navržených, zhotovených, udržovaných a provozovaných v souladu s požadavky § 8 a § 9 V329.
- (4.48) Kritéria přijatelnosti pro zvládnutí základní projektové nehody mohou být často splnitelná i pro komplikovanější postulované iniciační události a scénáře než je postulovaná základní projektová vnitřní iniciační událost.
- (4.49) Konzervativně se v úrovni 3.a ochrany do hloubky uvažuje nepříznivá normální funkce nebo

nečinnost provozních SKK a dalších SKK z překonaných úrovní ochrany do hloubky.

- (4.50) V souladu s konzervativním přístupem k průkazům bezpečnosti pro úroveň 3.a ochrany do hloubky musí být prokázáno, že bezpečnostní systémy zvládnou automaticky řízený přechod reaktoru do stabilizovaného podkritického stavu a dále i na základě zásahů obsluhy v souladu s vnitřními předpisy umožní dosažení bezpečného stavu jaderného zařízení při splnění stanovených kritérií přijatelnosti.
- (4.51) Bezpečnostní funkce SKK úrovně 3.b ochrany do hloubky, jsou zajišťovány diverzními systémy, tvořenými případně i SKK s vlivem na JB, které jsou součástí provozních systémů a alternativními prostředky s dostatečnou odolností proti vnitřním a vnějším ohrožením. Tyto systémy musí umožnit obsluze jaderného zařízení zvládnutí přechodových procesů po vzniku rozšířených projektových podmínek a dosažení bezpečného stavu JZ bez vážného poškození jaderného paliva.
- (4.52) Přechod z provozních stavů JZ, případně z podmínek základní projektové nehody do rozšířených projektových podmínek může být vyvolán:
- samostatnou vnitřní iniciační událostí závažnější než iniciační událost základní projektové nehody,
 - vícenásobnou nahodilou poruchou v SKK,
 - selháním projektem stanovené funkce bezpečnostního systému z důvodu nedetekovatelných CCF,
 - selháním projektem stanovených funkcí bezpečnostního systému v důsledku CCF, vyvolaných:
 - vnější iniciační událostí závažnější, než je základní vnější projektová událost (§ 12 odst. 3 až 6 V329),
 - kumulací poruch na vybraných zařízeních vyvolanou vnější iniciační událostí závažnější, než je základní vnější projektová událost, nebo vnitřním ohrožením, případně kumulací takových vnějších a vnitřních iniciační událostí,
 - přenosem ohrožení z jiných jaderných zařízení, nacházejících se na témže území k umístění JZ.
- (4.53) S ohledem na variabilitu vzniku možných scénářů rozšířených projektových podmínek nelze stanovit jednotný přístup k jejich zvládnutí. Projektant a následně držitel povolení k provozu JZ musí zajistit soubor postupů (vnitřních předpisů) pro zvládnutí rozšířených projektových podmínek v souladu s § 12 odst. 3 až 6 V329, a obálkovým přístupem prokázat pro vnitřní postulované iniciační události a scénáře vznikající za těchto podmínek schopnost JZ plnit kritéria přijatelnosti podle § 22 odst. 1 až 4 V329.
- (4.54) Projekt diverzních a alternativních systémů v úrovni 3.b ochrany do hloubky může počítat s uplatněním konstrukcí a komponent ze všech systémů, použitých v již překonaných úrovních ochrany do hloubky v souladu s § 7 odst. 3 a 4 V329, pokud jsou dostupné a funkční v rámci konkrétního rozvíjejícího se scénáře v souladu s uplatněným vnitřním předpisem. V případě, že je pro úspěšné zvládnutí scénáře nezbytný rychlý zásah diverzních ochranných a následně výkonných systémů, nahrazujících bezpečnostní funkce nedostupných bezpečnostních systémů, může být tento aspekt zohledněn i formou funkční diverzity v systémech SKŘ uplatněním bezpečnostních funkcí diverzních k bezpečnostním funkcím ochranného systému, tj. k bezpečnostním funkcím úrovně ochrany do hloubky 3.a (§ 40 odst. 5 V329).
- (4.55) Bezpečnostní funkce SKK úrovně 4. ochrany do hloubky, zajišťované specifickými

projektovými systémy, podporovanými případně dostatečně odolnými provozními systémy s vlivem na JB a alternativními prostředky, jsou obvykle připravovány, spouštěny a ovládány pracovníky obsluhy JZ v souladu s odpovídajícími vnitřními předpisy (zejména návody na zvládnutí těžkých havárií) a musí umožnit obsluhu jaderného zařízení zvládnutí případné těžké havárie a dosažení bezpečného stavu JZ takovým způsobem, aby byly naplněny bezpečnostní cíle projektu JZ podle § 4 odst. 1 písm. c) V329.

- (4.56) Projekt JZ musí obsahovat vyhodnocení, zda jsou opatření v uplatněných úrovních ochrany do hloubky dostatečně účinná a odolná, aby bylo možné vyloučit další rozvoj scénářů rozšířených projektových podmínek, a musí obsahovat (pokud je to nezbytné) opatření pro ochranu poslední fyzické bezpečnostní bariéry, bránící vzniku radiační havárie (proti selhání kontejnmentu, případně jiné bariéry u dalších zařízení pro nakládání s jaderným palivem a radioaktivními materiály) podle § 6 odst. 4 písm. e) V329 a § 7 odst. 5 a 6 V329.
- (4.57) Plní-li jednotlivé SKK bezpečnostní funkce ve více úrovních ochrany do hloubky (např. tlaková nádoba reaktoru), jsou navrhovány nebo z odolňovány v souladu s nejnáročnějšími na ně kladenými požadavky.
- (4.58) Průkaz bezpečnosti jaderného zařízení formou deterministických a pravděpodobnostních bezpečnostních analýz podle [21] začíná určením a postulováním vnitřních a vnějších iniciačních událostí a scénářů, které by se mohly stát příčinou vzniku abnormálního provozu nebo základních projektových nehod a které by za dalších nepříznivých okolností, jako jsou vnější i vnitřní události závažnější než základní projektová úroveň mohly vést i ke vzniku rozšířených projektových podmínek a případně i těžkých havárií.

Součástí souboru postulovaných iniciačních událostí a scénářů pro ověření odolnosti jaderného zařízení musí být (pokud je to relevantní) i postulované těžké havárie v souladu s § 7 odst. 6 V329, a to v různých specifických fázích svého rozvoje. Výsledný seznam takto postulovaných iniciačních událostí a scénářů musí zahrnovat všechny bezpečnostně významné a dostatečně věrohodné poruchy zařízení, lidské chyby a důsledky vnitřních anebo vnějších ohrožení, které mohou vzniknout během provozu JZ v kterémkoliv jejím provozním režimu. Problematika výběru postulovaných iniciačních událostí a scénářů a způsobu hodnocení jejich rozvoje je podrobně zpracována nebo rozpracována v bezpečnostních návodech SÚJB (BN-JB-2.10, BN-JB-2.2, BN-JB-2.3 a BN-JB-2.8).

Úroveň ochrany do hloubky	Stav JZ	Úkoly ochranných opatření	Technologické následky v JE		Radiační následky mimo JE	
			Stav bariér	Prokazování	Úniky	Prokazování
1	Normální provoz	<ul style="list-style-type: none"> • prevence odchýlení provozního stavu JE od normálního provozu • prevence poruch komponent JE důležitých pro bezpečnost 	žádné poškození bariér	Zkoušky Realistický přístup k analýze	Výpusti v rámci autorizovaných limitů	Realistický přístup
2	Abnormální provoz	<ul style="list-style-type: none"> • detekce vzniku a korigování AOO • prevence přechodu do základních projektových nehod 	žádné poškození bariér	Zkoušky Realistický přístup k analýze	Ozáření nepřekračující efektivní dávky podle BN-JB-2.10	Realistický přístup
3	a Základní projektové události (se samostatnou iniciační událostí)	<ul style="list-style-type: none"> • detekce vzniku a zvládnání základních projektových událostí 	poškození paliva (omezené porušení pokrytí palivového elementu)	Konzervativní přístup	Ozáření nepřekračující efektivní dávky a zásahové úrovně podle BN-JB-2.10	Konzervativní přístup
	b Rozšířené projektové podmínky (se závažnější iniciační událostí/scénářem)	<ul style="list-style-type: none"> • detekce vzniku a prevence přechodu rozšířených projektových podmínek do těžké havárie 	poškození paliva (omezené porušení pokrytí palivového elementu)	Realistický přístup	Ozáření nepřekračující zásahové úrovně podle BN-JB-2.10	Realistický přístup
4	Těžké havárie	<ul style="list-style-type: none"> • detekce vzniku a zvládnání těžkých havárií • prevence vzniku radiační havárie v okolí JE 	zachování funkce kontejnmentu (vážné poškození paliva)	Realistický přístup	Ozáření nepřekračující zásahové úrovně podle BN-JB-2.10	Realistický přístup
5	Radiační havárie	Zvládnání radiační havárie				Realist. přístup

Tab.2 Přehled opatření k zajištění ochrany do hloubky v JE

5. ZÁKLADNÍ PROJEKTOVÉ UDÁLOSTI

Obecné zásady

- (5.1) Obecný přístup k základním projektovým událostem vychází z principu, že projektová opatření v úrovních 1, 2 a 3.a ochrany do hloubky zabrání vzniku rozšířených projektových podmínek dostatečnou odolností a spolehlivostí SKK jaderného zařízení při zatížení od ohrožení nepřekračujícím základní projektovou úroveň (viz odstavec (4.36)), a převedou jaderné zařízení do bezpečného stavu v nejhorším případě tak, že bezpečnostní systémy zvládnou automaticky řízený přechod reaktoru do stabilizovaného podkritického stavu a dále i na základě zásahů obsluhy v souladu s vnitřními předpisy umožní dosažení bezpečného stavu jaderného zařízení při splnění stanovených kritérií přijatelnosti. Při hodnocení stavu fyzických bezpečnostních bariér JZ v průběhu přechodových procesů po postulovaných iniciačních událostech a při hodnocení možných radiačních následků se uplatní konzervativní přístup.
- (5.2) Pokud se pro nějakou PIU a případný následný scénář nepodaří zabránit zásahem bezpečnostních systémů dalšímu nežádoucímu rozvoji scénáře, který by mohl vést k poškození jaderného paliva kdekoli na daném JZ a ke vzniku radiační mimořádné události, je havarijní scénář dále hodnocen jako rozšířené projektové podmínky v úrovni 3.b ochrany do hloubky daného JZ, ve které musí být implementována vhodná projektová opatření schopná zabránit dalšímu rozvoji a nepřijatelným radiačním následkům události (více viz kapitola 6 v tomto BN).

Iniciační události a scénáře

- (5.3) Na základě výsledků deterministických a pravděpodobnostních analýz daného JZ, technického úsudku a zkušeností z událostí na JZ podobného typu je nutné vyhodnotit, které iniciační události a scénáře podle odstavců (4.42) – (4.50) tohoto návodu lze považovat za možné příčiny vzniku základních projektových událostí v daném JZ jako relativně pravděpodobných a dostatečně věrohodných důsledků selhání projektových opatření, implementovaných v první a druhé úrovni ochrany do hloubky.
- (5.4) Příčiny vzniku základních projektových událostí jsou popsány v odstavcích (4.24) – (4.29) tohoto návodu. Problematiku výběru základních projektových událostí podrobně řeší návod SÚJB BN-JB-2.10 [25].

6. ROZŠÍŘENÉ PROJEKTOVÉ PODMÍNKY

Obecné zásady

- (6.1) Obecný přístup ke zvládnutí scénářů rozšířených projektových podmínek musí vycházet z principu, že v JZ je třeba vždy usilovat o zajištění nejvyšší rozumně dosažitelné úrovně jaderné bezpečnosti, odpovídající současnému stavu znalostí a možností vědy a techniky. Pokud se pro nějaký vybraný scénář rozšířených projektových podmínek nepodaří prokázat jeho praktické vyloučení, musí být k dispozici účinná projektová opatření spadající do úrovně 3.b a 4 ochrany do hloubky, schopná zajistit prevenci vzniku těžké havárie a zmírnění jejich následků a zajistit splnění radiačních kritérií přijatelnosti. Při hodnocení stavu fyzických bezpečnostních bariér JE v průběhu vybraných scénářů rozšířených projektových podmínek a při hodnocení možných radiačních následků lze aplikovat realistický přístup.
- (6.2) Těžké havárie jsou obecně spojovány se scénáři v JZ, při kterých dochází k vážnému poškození jaderného paliva, které se v JZ nachází především v aktivní zóně reaktoru, ale také v bazénu skladování ozářeného paliva nebo v jiných systémech JZ. Scénáře těžkých havárií zahrnují kromě vážného poškození samotných palivových proutků a souborů také možné vážné poškození komponent aktivní zóny a případně i narušení integrity tlakové nádoby reaktoru, kdy roztavené a poškozené jaderné palivo i další části aktivní zóny reaktoru mohou zůstat zadrženy v tlakové nádobě reaktoru anebo se dostat i mimo tuto nádobu.
- (6.3) Česká atomová legislativa v souladu se studií RHWG WENRA [9] požaduje řešit scénáře těžkých havárií projektovými prostředky. Pro identifikované relevantní scénáře těžkých havárií je třeba provést deterministické a pravděpodobnostní analýzy rozvoje scénářů a zhodnotit, zda projektová opatření implementovaná v těchto JE v rámci čtvrté úrovně ochrany do hloubky jsou pro tyto scénáře schopná zabránit narušení těsnosti kontejnmentu a ostatních systémů, určených k nakládání s radioaktivními materiály. Dostatečnou účinnost projektových opatření lze vyhodnocovat a prokazovat při využití předpokladů, metod a kritérií, založených na realistickém přístupu. Pokud se dostatečnou účinnost opatření implementovaných v těchto JE nepodaří věrohodně prokázat, je třeba nalézt další rozumně proveditelná opatření, která by mohla být ještě v těchto JZ implementována a mohla by zajistit potřebné základní bezpečnostní funkce, umožňující i případné zmírňování vznikajících radiačních následků těžké havárie JZ.

Iniciační události a scénáře

- (6.4) Na základě výsledku deterministických a pravděpodobnostních bezpečnostních analýz daného JZ, projektových analýz, technického úsudku a zkušeností z událostí na JZ podobného typu je nutné vyhodnotit, které iniciační události a scénáře lze považovat za možné příčiny vzniku rozšířených projektových podmínek v daném JZ jako pravděpodobných a dostatečně věrohodných důsledků selhání projektových opatření, implementovaných v úrovních ochrany do hloubky 1, 2, 3.a. Pro takto vymezené iniciační události a scénáře musí být projektem stanovena vhodná projektová opatření, která umožní zmírnit jejich následky, tj. zejména udržet fyzikální parametry daného JZ v mezích stanovených kritérii přijatelnosti pro rozšířené projektové podmínky, aby byla zajištěna tak jak je to rozumně proveditelné prevence vzniku těžké havárie a pokud k ní dojde, aby bylo umožněno rozumně proveditelné zvládnutí jejich následků. Takové scénáře musí být proto zahrnuty do projektových východisek.
- (6.5) Příčiny vzniku scénářů rozšířených projektových podmínek jsou popsány v odstavci (4.52).
- (6.6) Studie RHWG WENRA "Bezpečnost nových projektů JE" [9] v reakci na zkušenosti získané

v souvislosti s havárií v JE Fukushima Daiichi specificky doporučuje zvážit zejména CCF ve vysokotlakém anebo nízkotlakém systému havarijního chlazení aktivní zóny reaktoru, CCF způsobující výpadek nouzového (elektrického) napájení spotřebičů JE s vlivem na JB, a CCF způsobující výpadek systému havarijního napájení parogenerátorů napájecí vodou. Dále doporučuje hodnotit vliv CCF způsobených např. extrémními vnějšími ohroženími, danými vlastnostmi území k umístění, neidentifikovanou chybou v programovém vybavení digitálních systémů kontroly a řízení a další postulované scénáře typu ATWS, vyvolané selháními jiných SKK.

Postulované těžké havárie

- (6.7) Postulované těžké havárie podle § 7 odst. 6 V329 tvoří zadání pro provedení deterministických analýz odezvy JZ, které zahrnují vysoký stupeň roztavení jaderného paliva v JZ tak, aby bylo hodnoceno porušení celistvosti kontejnmentu JZ, a byla pro ně identifikována a případně v projektu daného JZ implementována rozumně proveditelná opatření schopná úspěšně zabránit závažným radiačním následkům mimo areál JZ.
- (6.8) Pro daný projekt a území k umístění JZ je třeba systematicky posoudit všechny reprezentativní scénáře těžkých havárií, a určit věrohodné příčiny a mechanismy, způsobující ohrožení celistvosti a těsnosti kontejnmentu JZ a ostatních zařízení, určených k nakládání s radioaktivními materiály ve všech provozních režimech jaderného zařízení. Studie RHWG WENRA "Bezpečnost nových projektů JE" [9], v reakci na zkušenosti získané v souvislosti s havárií v JE Fukushima Daiichi, obecně doporučuje uvážit zvláště všechny známé možné příčiny a mechanismy ohrožení celistvosti kontejnmentu zmíněné v příslušných doporučeních IAEA (zejména IAEA SSG-53 [18] a IAEA SSG-54 [19]), jmenovitě následující:
- prasknutí hlavních komponent primárního okruhu chlazení reaktoru (zvláště prasknutí reaktorové nádoby),
 - vnesení velké reaktivity do aktivní zóny reaktoru, které způsobí vážné poškození aktivní zóny,
 - vnitřní ohrožení vedoucí k události přímo způsobující vážné poškození aktivní zóny reaktoru (např. pád těžkého břemena nebo vnitřní záplava),
 - tavení paliva v bazénu ozářeného paliva,
 - vznik havárie během provozních režimů s odstaveným reaktorem, ve kterých je kontejnment otevřen, anebo jsou mimo provoz systémy určené k ochraně kontejnmentu před poškozením,
 - obtok kontejnmentu, tj. havárie s přímým únikem chladiva reaktoru mimo kontejnment (např. "interfacing-system loss of coolant accident", zejména prasknutí trubek parogenerátoru, nebo otevřené oddělovací ventily potrubí primárního okruhu na hranici kontejnmentu) za situace, kdy došlo k těžké havárii,
 - přímý ohřev kontejnmentu taveninou,
 - exploze páry,
 - výbuch vodíku,
 - jiné přetlakování kontejnmentu,
 - protavení základové desky kontejnmentu.

Tento generický seznam shrnuje typické příčiny a mechanismy ohrožení celistvosti kontejnmentu JZ, ale nelze ho považovat za úplný výběr kritických scénářů. Pro konkrétní projekt a území k umístění JZ může být nezbytné doplnění tohoto seznamu o další specifické příčiny a mechanismy.

Vyhodnocování důsledků jednotlivých možných ohrožení kontejnmentu je třeba provádět především pomocí deterministických analýz podpořených inženýrským úsudkem a průmyslovými zkušenostmi. K výběru závažných scénářů je třeba využívat výstupů ze studií PSA platných pro dané JZ v souladu s doporučeními kapitoly 8 tohoto návodu a doporučeními návodu BN-JB-2.3. Je možné též uplatnit pravidla pro praktické vyloučení výskytu konkrétního scénáře v souladu s pravidly podle kapitoly 8 tohoto návodu.

Opatření při těžkých haváriích

- (6.9) Hlavním úkolem projektových opatření pro zvládnání těžkých haváriích v JZ je zabránit narušení celistvosti kontejnmentu JZ, nebo přinejhorším alespoň maximálně prodloužit dobu, po kterou k tomuto narušení celistvosti kontejnmentu nedojde.
- (6.10) Studie RHWG WENRA "Bezpečnost nových projektů JE" [9] specificky doporučuje zvážit zejména následující projektová opatření:

◆ opatření pro zabránění narušení celistvosti kontejnmentu:

- odpovídající objem kontejnmentu umožňující, aby nebylo nutné jeho odvětrávání v počátečních stádiích těžké havárie, tj. dříve, než se podstatně sníží množství radioaktivních látek rozptýlených v atmosféře kontejnmentu,
- snižování tlaku v kontejnmentu kondenzací par uvolněných do atmosféry kontejnmentu,
- dlouhodobé řízené snižování tlaku v kontejnmentu umožňující vypořádat se i s nekondenzovatelnými plyny, obsaženými v atmosféře kontejnmentu,
- zabránění poškození kontejnmentu výbuchem nebo hořením vyprodukovaného vodíku,
- chlazení atmosféry kontejnmentu umožňující vyhnout se využívání odvětrání kontejnmentu jako hlavního prostředku pro odvádění zbytkového tepla uvolněného do atmosféry kontejnmentu,
- chlazení roztaveného paliva a dalších zbytků aktivní zóny, lokalizovaných uvnitř i vně tlakové nádoby reaktoru,

◆ opatření pro snížení množství radioaktivních látek unikajících z JE:

- redukování množství štěpných produktů rozptýlených v ovzduší kontejnmentu (např. sprchováním a úpravou cirkulující chladící vody),
- vybavení zařízení pro odvětrávání kontejnmentu účinným systémem pro odfiltrování radioaktivních látek,
- vybavení průchodek kontejnmentu zařízením pro zachycování možných průsaků a průniků radioaktivních látek z kontejnmentu.

Tento výčet použitelných projektových opatření je jen základním přehledem nejobvyklejších postupů a nelze ho považovat za zcela úplný a vyčerpávající. Pro konkrétní území k umístění JZ podle AtZ, [11], [12] a specifický projekt JZ je nutné nalézt a ověřit projektová opatření schopná zvládnat specifické příčiny a mechanismy možných narušení celistvosti kontejnmentu a omezit možné úniky radioaktivních látek z JZ. Při hodnocení účinnosti všech navrhovaných projektových opatření je obecně přijatelné využívat předpokladů, metod a kritérií založených na realistickém přístupu.

7. VZÁJEMNÁ NEZÁVISLOST ÚROVNÍ OCHRANY DO HLOUBKY

Obecné zásady

- (7.1) Při návrhu a hodnocení systému ochrany do hloubky je nutné zajistit odpovídající spolehlivost funkce všech úrovní ochrany do hloubky.
- (7.2) Rozhodující pro realizaci odpovídající ochrany do hloubky v JZ je zajištění vzájemné nezávislosti mezi jednotlivými úrovněmi ochrany do hloubky v souladu s § 7 odst. 2 a 3 V329 tak, aby stejná nebo související příčina nezpůsobila současně (tzn. nikoliv nutně v jediný okamžik, ale s jasnou příčinnou souvislostí a následnými společnými dopady) selhání SKK, zajišťujících stejnou základní bezpečnostní funkci v následné nebo dokonce ve všech zbývajících úrovních ochrany do hloubky.
- (7.3) Nezávislosti SKK JZ, které zajišťují vzájemně diverzní funkce a zejména bezpečnostní funkce diverzním způsobem v různých úrovních ochrany do hloubky, je obecně dosahováno zajištěním jejich funkčního a případně též fyzického oddělení a využitím funkční diverzity nebo i diverzity zařízení, kdy:
- účelem funkčního oddělení je zabránit situacím, kdy by funkce příslušných SKK z jednotlivých úrovní ochrany do hloubky mohla být současně narušena následkem selhání vzniklého v jednom z těchto SKK a přenosem do jiných SKK stejné, nebo dalších úrovní ochrany do hloubky, nebo citlivostí na stejné pracovní podmínky a stejná vnější ohrožení, nebo následkem společné závislosti na stejném podpůrném systému. Funkčního oddělení SKK je dosahováno vyloučením nebo maximálním omezením propojení mezi SKK jednotlivých úrovní ochrany do hloubky a využíváním odlišných anebo funkčně oddělených/oddělitelných podpůrných systémů pro každou z úrovní ochrany do hloubky. Lze k tomu využít oddělených/oddělitelných systémů dodávajících potřebné energie - např. systémy elektrického napájení podle § 42 odst. 3 písm. a) až f) V329, a nebo vzájemně oddělených informačních a ovládacích signálů, přicházejících z funkčně odlišných jednotek systémů kontroly a řízení podle § 39 odst. 2 písm. a) až f) V329,
 - účelem fyzického oddělení (separace) v rámci jednotlivých úrovní ochrany do hloubky je zabránit situacím, kdy by příslušné SKK v dané úrovni ochrany do hloubky mohly být současně vyřazeny následkem působení jediného vnitřního nebo vnějšího ohrožení, například požárem nebo vnitřní záplavou v JZ. Patříčného fyzického oddělení SKK a zejména vybraných zařízení je dosahováno jejich umístěním v oddělených prostorách, oddělením přepážkami (např. protipožárními) nebo jejich instalací v dostatečné vzdálenosti od sebe,
 - účelem využití principu diverzity pak je zabránit situacím, kdy by příslušné SKK z jednotlivých úrovní ochrany do hloubky určené pro zajištění stejné základní bezpečnostní funkce mohly být současně vyřazeny stejným způsobem v důsledku CCF. Projekt JZ má možnost využívat proti vzniku a důsledkům CCF zejména diverzitu funkční, a je-li to možné, i diverzitu fyzikální, případně diverzitu zařízení tak, aby se snížila pravděpodobnost výskytu CCF nejen v jedné určité, ale i ve více úrovních ochrany do hloubky současně.

Nezávislost jednotlivých úrovní ochrany do hloubky

- (7.4) SKK JZ a postupy řídicí činnosti k zajištění spolehlivosti provozu, které jsou nezbytné pro zajišťování potřebných základních bezpečnostních funkcí v normálním a abnormálním

provozu JZ v každém z provozních režimů, představují jádro první a druhé úrovně ochrany do hloubky. Obecně lze připustit, že jsou bezpečnostní funkce zajišťující druhou úroveň ochrany do hloubky implementovány pomocí technologií, zajišťujících obdobné bezpečnostní funkce v první nebo naopak ve třetí úrovni ochrany do hloubky. V těchto případech musí být použity projektové prostředky, které zajistí funkční oddělení úrovně zasahující od úrovně následné a tam, kde je to možné, i fyzické oddělení příslušných SKK tak, aby bylo dosaženo potřebné míry nezávislosti a splnění požadavků na zamezení šíření poruch do následných úrovní ochrany do hloubky.

- (7.5) Zásahy systémů JZ, které jsou nezbytné pro zajišťování bezpečnostních funkcí v havarijních podmínkách a tvoří třetí a z hlediska jaderné bezpečnosti nejdůležitější úroveň ochrany do hloubky, musí být nezávislé na činnosti systémů zajišťujících bezpečnostní funkce v první a druhé úrovni ochrany do hloubky. Systémy JZ zajišťující bezpečnostní funkce ve třetí úrovni ochrany do hloubky bývají rozděleny na systémy dvou dílčích úrovní ochrany do hloubky 3.a a 3.b. Systémy z úrovně 3.b jsou určeny ke zvládnutí a zmírňování následků postulovaných iniciačních událostí a scénářů, které jsou vyvolány nebo doprovázeny CCF v bezpečnostních systémech, narušujícími zajišťování některé bezpečnostní funkce úrovně 3.a. SKK, zajišťující diverzní bezpečnostní funkce k bezpečnostním funkcím úrovně 3.a, musí být proto na systémech, které selhaly, prokazatelně funkčně nezávislé.
- (7.6) SKK JZ, které jsou nezbytné pro zajišťování potřebných bezpečnostních funkcí v rozšířených projektových podmínkách DEC-B a tvoří tedy čtvrtou úroveň ochrany do hloubky, musí být schopné plnit své bezpečnostní funkce nezávisle na systémech zajišťujících základní bezpečnostní funkce v první, druhé a třetí úrovni ochrany do hloubky.
- (7.7) Při vytváření systémů následných úrovní za úrovní 3.a ochrany do hloubky projektem lze využívat i konstrukcí a komponent systémů překonaných úrovní ochrany do hloubky v souladu s ustanovením § 7 odst. 3 V329.
- (7.8) Při vytváření systémů každé konkrétní nezávislé úrovně ochrany do hloubky je vždy třeba zohlednit nutná opatření proti porušení následnosti nebo proti souběhu (koincidenci) uplatnění opatření různých úrovní ochrany do hloubky vůči předpokladům projektu, a to i za cenu omezení vzájemné nezávislosti úrovní ochrany do hloubky tak, aby se optimalizovala úroveň bezpečnosti projektu.

8. PROKAZOVÁNÍ PRAKTICKÉHO VYLOUČENÍ VELKÝCH NEBO ČASNÝCH RADIČNÍCH HAVÁRIÍ

Obecné zásady

- (8.1) Z hlediska jaderné bezpečnosti je v souladu s ustanovením § 2 písm. a) V329 prakticky vyloučenou skutečností obecně taková iniciační událost nebo scénář, o kterých lze s vysokou mírou věrohodnosti prokázat, že jsou buď fyzikálně nemožné anebo s vysokou věrohodností velice nepravděpodobné. Za fyzikálně nemožné lze považovat iniciační událost nebo scénář, o kterých lze prokázat, že k nim v daném území k umístění JZ nebo na konkrétním JZ (dané JE) nemůže z objektivních důvodů dojít.
- (8.2) Požadavek na praktické vyloučení časných a velkých radiačních havárií je uplatněn ve V329 na všechna jaderná zařízení bez výjimky. Směrnice [5] i základní bezpečnostní cíle definované asociací WENRA [6] a převzaté též V329 požadují, aby konečným cílem všech projektových opatření v JZ (která jsou popsána v předchozích kapitolách tohoto BN) bylo praktické vyloučení velkých anebo časných úniků radioaktivních látek mimo JZ*. Tento cíl je v rámci Euratomu jednoznačně závazný pro všechny nové JE (tj. pro JE, pro něž je povolení k výstavbě poprvé uděleno po 14. srpnu 2014) a je také referenčním cílem pro včasné provedení rozumně proveditelných zlepšení starších provozovaných JE. Pro starší JE to znamená, že zmíněný konečný cíl v nich musí být bez zbytečných odkladů naplněn do míry dosažitelné s pomocí rozumně proveditelných projektových opatření, tj. např. nikoliv opatření nepřiměřeně nákladných anebo nadměrně složitých vzhledem k jejich přínosu k vyloučení nepřijatelného rizika radiační havárie. Způsob řešení této problematiky je nově řešen v dokumentech IAEA [34] a WENRA [35].
- (8.3) Typickými příklady iniciačních událostí a scénářů (havarijních sekvencí), jejichž výskyt je třeba pro dané JZ prakticky vyloučit, jsou scénáře vyvolané vnitřními či vnějšími ohroženími (včetně CCF), na které nejsou dimenzována projektová opatření implementovaná v daném JZ a jejichž průběh a následky proto není možné dostatečně účinně zmírnit (např. katastrofické prasknutí tlakové nádoby reaktoru nebo důsledky zemětřesení přesahující svou intenzitou úroveň základní projektové odolnosti daného JZ podle V329 a [13]). Dalšími příklady scénářů, jejichž výskyt je třeba pro dané JZ prakticky vyloučit, jsou kombinace iniciačních událostí a dodatečných selhání implementovaných projektových opatření (náhodných nebo způsobených CCF), která vedou ke ztrátě nezbytné základní bezpečnostní funkce (např. prasknutí hlavního cirkulačního potrubí systému chlazení reaktoru následované poruchou systémů havarijního chlazení aktivní zóny reaktoru a poruchou systémů zajišťujících ochranu kontejnmentu před poškozením).
- (8.4) Pro identifikaci všech relevantních případů je podle [35] užitečné klasifikovat scénáře vedoucí k těžkým haváriím, které by měly být prakticky vyloučeny, do tří skupin podle typů:
- typ I – scénáře s iniciační událostí, která přímo vede k závažnému poškození paliva a časnému selhání funkce kontejnmentu (LER), jako je spontánní prasknutí tlakové nádoby reaktoru nebo velký vnos reaktivity, tedy efektivní opatření k omezení rozsahu radiační havárie nejsou aplikovatelná,

* Ve Směrnici 2014/87/Euratom [5] není pojem "praktické vyloučení" přímo používán, ale tam sta novené požadavky v této věci (čl. 8a) zcela odpovídají obsahu tohoto pojmu, jak je vysvětlen v odstavci 8.1 v tomto BN.

- typ II – scénáře těžkých havárií, které vyvolávají časné selhání funkce kontejnmentu (LER), jako je intenzivní tavení aktivní zóny vedoucí k ohřevu prostředí kontejnmentu a výbuchu vodíku, kdy efektivní opatření k omezení rozsahu radiační havárie nejsou aplikovatelná,
- typ III – scénáře těžkých havárií, které mají za následek případné pozdní selhání funkce kontejnmentu (LLR), jako je tavení aktivní zóny, ztráta odvodu tepla z kontejnmentu a jeho protavení, kdy rozsah radiační havárie může být menší a zvládnutelný projektovými prostředky a opatřeními.

Všechny země WENRA uplatňují pojem praktického vyloučení na typy scénářů I a II, některé země i na scénáře typu III. V ČR se zatím o scénářích typu III neuvažuje.

- (8.5) Prohlášení, že nepřijatelné následky radiační havárie v důsledku určité iniciační události nebo scénáře jsou v určitém JZ "prakticky vyloučené", je z hlediska zajišťování jaderné bezpečnosti JZ závažný bezpečnostní akt. Toto prohlášení totiž fakticky znamená, že v projektu daného JZ nemusí být nezbytně implementována další projektová opatření pro zmírnění radiačních následků této iniciační události nebo scénáře. Oprávněnost tohoto prohlášení musí proto být velice dobře doložena pomocí deterministických a pravděpodobnostních bezpečnostních analýz. Praktické vyloučení určité iniciační události nebo scénáře v daném JZ je třeba vždy prokázat s dostatečnou mírou věrohodnosti.

Prokazování fyzikální nemožnosti vzniku iniciačních událostí a scénářů

- (8.6) Prokázání fyzikální nemožnosti vzniku, nebo nepříznivého vývoje určité iniciační události nebo scénáře, vedoucích k těžké havárii, musí být založeno na obecně platných fyzikálních principech, jejichž aplikovatelnost musí být zaručena, a na deterministické analýze, zohledňující inherentní vlastnosti konkrétního zařízení daného JZ a pasivní a aktivní prostředky, dostupné v daném scénáři.
- (8.7) Fyzikální nemožnost vzniku určité iniciační události nebo scénáře může být doložena buď průkazným vyloučením určitého typu ohrožení nebo odezvy, například existencí negativní zpětné vazby bránící rozvoji určitých scénářů (např. negativní teplotní koeficient reaktivity aktivní zóny reaktoru) nebo absencí zdrojů možných ohrožení (např. nepřítomnost zdrojů vody umožňujících lokální záplavu), nebo prokázáním, že reálné zatížení ohrožením nedosahuje nebezpečné úrovně (např. nepřítomnost dostatečně velkých lokálních zdrojů vody umožňujících záplavu).
- (8.8) Fyzikální nemožnost vzniku určité iniciační události nebo scénáře je podmíněna splněním jednoznačných předpokladů a jejich splnění nelze bez průkazu nikdy pokládat za zcela jisté a samozřejmé. Obecně proto platí, že průkaz fyzikální nemožnosti vzniku iniciační události nebo havarijního scénáře musí být založen na okrajových podmínkách (předpokladech), jejichž nesplnění je velice málo pravděpodobné. Samotná možnost existence takovýchto potenciálně nesplněných předpokladů ovšem vnáší i do průkazů na základě fyzikální "nemožnosti" prvek pravděpodobnosti a prokázání fyzikální nemožnosti vzniku nějaké iniciační události nebo havarijního scénáře je tak v praxi obtížné.

Prokazování dostatečně malé pravděpodobnosti výskytu nepřijatelných radiačních následků iniciačních událostí a scénářů

- (8.9) V úvahách o praktickém vyloučení je tendence považovat za dostatečně málo pravděpodobné takové iniciační události a scénáře, o kterých lze pomocí pravděpodobnostních bezpečnostních analýz prokázat, že s vysokou mírou věrohodnosti mají pro daný konkrétní projekt JZ v daném konkrétním území k umístění JZ velmi nízkou frekvenci

výskytu. Za průkaz praktického vyloučení určitého scénáře (havarijní sekvence), vedoucího k radiační havárii, lze s vysokou mírou jistoty považovat výsledek výpočtu radiačních následků scénáře pravděpodobnostním modelem dle metodik IAEA SSG-3 [22] a SSG-4 [23] při dosažení frekvence výskytu radiační havárie průkazně nižší než 10^{-7} za rok s neurčitostí, jejíž horní odhad rovněž nepřesáhne frekvenci 10^{-7} za rok.

- (8.10) Jako nejvhodnější se ukazuje postup vycházející ze směrnice 2014/87/Euratom [5] v souladu s odstavcem (8.2), kterým se hodnotí úroveň rizika vzniku časně nebo velké radiační havárie pro všechny uvažované scénáře rozvoje iniciačních událostí. Pro projekty JZ uváděných v Evropě do provozu (odstavec (8.2)) musí být prokázáno, že výsledek hodnocení projektu nepřesahuje cílovou hodnotu součtu hodnot LRF, tedy hodnotu součtu frekvencí výskytů všech typů velkých radiačních havárií (a tedy velkých úniků radioaktivních látek - časných i pozdních) z daného JZ (uvažuje se o cílové hodnotě 10^{-7} za rok). Koncepce praktického vyloučení určitých skutečností podle [5] je v poslední verzi Bezpečnostních referenčních úrovní WENRA [10] zatím doporučována jen jako přijatelný způsob omezení počtu uvažovaných havárií typu DEC.
- (8.11) Kritéria přijatelnosti pro průkazy bezpečnosti daného JZ, stanovená českou legislativou pro hodnocení přijatelné úrovně rizika ozáření jednotlivých scénářů hodnocených pomocí PSA 2. úrovně příslušné k danému JZ, vycházejí z požadavku § 25 odst. 3 písm. a) V329 na vyváženost projektu z hlediska příspěvku jednotlivých scénářů k riziku ozáření.
- (8.12) PSA použité pro prokázání velmi malé pravděpodobnosti (nízké frekvence výskytu) velkých radiačních havárií (v důsledku úniků radioaktivních látek mimo JZ) musí splňovat požadavky, popsané v příslušných českých předpisech (zejména ve vyhlášce č. 162/2017 Sb. [21]) a příslušných doporučeních IAEA (zejména IAEA SSG-3 [22] a IAEA SSG-4 [23]). U PSA zaměřené na prokazování praktického vyloučení velkých anebo časných úniků radioaktivních látek z JZ se vyžaduje kvantifikovat jak frekvenci všech "velkých úniků" (tj. nejen velkých a současně časných, známých jako LER), ale i frekvenci celého spektra "pozdních úniků" (a zejména velkých, známých jako LLR); obě zmíněné skupiny úniků musí být konkrétně definovány na základě požadavků na zajištění radiační ochrany. Současně musí PSA modelovat soubor vnitřních a vnějších iniciačních událostí a scénářů (včetně takových, které znamenají CCF více systémů, konstrukcí a komponent daného JZ).
- (8.13) Pro zajištění vysoké míry věrohodnosti příslušných průkazů velmi nízké frekvence výskytu velkých anebo časných úniků radioaktivních látek mimo JZ, a tedy i vzniku velké nebo časně radiační havárie musí PSA použité pro toto prokázání obsahovat důkladné vyhodnocení všech nejistot, spojených s použitými vstupními daty i se samotným PSA modelem. V rámci analýzy nejistot se musí hodnotit jak stochastická variabilita (*aleatory variability*) dat, daná náhodností některých jevů a událostí, tak i vědomostní nejistota (*epistemic uncertainty*), daná přímo nedostatečnou znalostí pravděpodobnosti výskytu určitých jevů a událostí.
- (8.14) Věrohodnost příslušných průkazů nízké úrovně rizika ozáření (velmi nízké frekvence výskytu velkých anebo časných úniků radioaktivních látek mimo JZ) je třeba ověřit pomocí citlivostních studií. Na základě výsledků kvantitativního vyhodnocení pomocí PSA je třeba tyto citlivostní studie zaměřit zejména na scénáře reprezentované minimálními kritickými řezy v PSA, které mají nejvyšší závažnost, tzn. minimálně na dominantní scénáře vedoucí k radiační havárii. Jedná se o nejvýznamnější scénáře z pohledu rizika vzniku radiační havárie, pro které platí, že součet hodnot frekvencí jejich výskytu přispívá do celkové výsledné hodnoty součtu celého spektra LERF a LLRF podílem větším, než 10 %. Uvažují se rovněž ty scénáře, jejichž frekvence výskytu vykazují největší hodnoty příspěvku k celkové nejistotě výsledku. Zbývající iniciační události a scénáře s příspěvkem k LRF nevyžadují dodatečná

opatření, která by vedla ke snížení závažnosti tohoto jejich příspěvku.

- (8.15) Hodnota LRF (LERF nebo LLRF) příspěvku havarijního scénáře (havarijní sekvence), který je možné prakticky vyloučit na základě výsledků PSA, nesmí být větší 1×10^{-7} za rok. Stanovení této mezní hodnoty je v souladu s požadavkem vyhlášky o zvládnání radiačních mimořádných událostí [36], kde podle přílohy č. 2 písm. a) se provádí stanovení velikosti zóny havarijního plánování pro radiační havárie, které mají frekvenci výskytu větší než 1×10^{-7} za rok.
- (8.16) Při určování nejvýznamnějších scénářů, vedoucích k radiační havárii, je nutné se zaměřit především na ty scénáře, které mají potenciál ohrozit integritu kontejnmentu, např. kvůli svému vysokému energetickému potenciálu anebo zvláště rychlému průběhu, a na ty scénáře, které vedou k tzv. obtoku kontejnmentu (úniku radioaktivních látek z kontejnmentu existujícími trasami bez poškození kontejnmentu).
- (8.17) S ohledem na vysoké neurčitosti prováděných analýz pro případy dominantních havarijních scénářů vedoucích k radiační havárii přímým únikem radionuklidů z primárního okruhu chlazení reaktoru mimo kontejnment, jejichž frekvence výskytu je menší než 1×10^{-7} za rok, ale zároveň větší než 1×10^{-8} za rok je držitel povolení povinen v souladu ustanovením § 7 odst. 7 V329 hodnotit zbytkové riziko ozáření a možnosti implementace dalších prakticky proveditelných opatření pro spolehlivé praktické vyloučení takových radiačních havárií.
- (8.18) Přístup držitele povolení k hodnocení iniciačních událostí a scénářů, u kterých se podaří prokázat, že je možné je pro dané JZ prakticky vyloučit kvůli jejich velmi malé pravděpodobnosti výskytu, nebo jsou přijatelné kvůli nízké úrovni rizika vzniku radiační havárie, však musí zajistit plnění všeobecně platného principu, že při mírovém využívání jaderné energie je třeba vždy usilovat o zajištění nejvyšší rozumně dosažitelné úrovně jaderné bezpečnosti, odpovídající současnému stavu znalostí a možností vědy a techniky.

PŘÍLOHY

(8.19) Příloha 1

Úroveň	Stavy JE	Skupiny událostí	Dílič bezpečnostní cíle	Prostředky úrovně ochrany do hloubky	
1	Normální provoz	Provozní režimy a provozní zatížení	<ul style="list-style-type: none"> • prevence odchýlení provozního stavu JE od normálních podmínek • prevence poruch komponent JE důležitých pro bezpečnost 	<ul style="list-style-type: none"> • provozní systémy kontroly a řízení JE • konzervativní projekt a vysoká kvalita provedení a provozování JE 	
2	Abnormální provoz	Očekávané provozní události (AOO)	<ul style="list-style-type: none"> • detekce vzniku a zvládnání AO • prevence přechodu provozního stavu JE do havarijních podmínek 	<ul style="list-style-type: none"> • limitační systémy kontroly a řízení JE, a monitorovací funkce, ochrany SKK • provozní systémy a postupy 	
3	a	Základní projektové nehody	Základní projektové nehody se samostatnou iniciační událostí	<ul style="list-style-type: none"> • detekce vzniku a zvládnání základních projektových nehod a zvládnání scénářů vyvolaných AOO (PIU a abnormálního provozu) 	<ul style="list-style-type: none"> • projektová opatření a havarijní informační systémy • bezpečnostní systémy a příslušné havarijní postupy
	b	Rozšířené projektové podmínky	Rozšířené projektové podmínky bez poškození jaderného paliva	<ul style="list-style-type: none"> • detekce rozšířených projektových podmínek a jejich zvládnání bez závažného poškození jaderného paliva 	<ul style="list-style-type: none"> • diverzní a alternativní prostředky a příslušné havarijní postupy
4	Rozšířené projektové podmínky	Těžké havárie	<ul style="list-style-type: none"> • detekce vzniku a zajištění zvládnání těžkých havárií prevence vzniku radiační havárie v okolí JE 	<ul style="list-style-type: none"> • havarijní informační systémy • projektové a alternativní prostředky a příslušné havarijní postupy pro kontrolu a řízení systémů pro zmírňování těžkých havárií 	
5	<i>Situace při radiační havárii</i>	Radiační havárie	<ul style="list-style-type: none"> • detekce a zmírňování následků radiačních nehod a radiačních havárií 	<ul style="list-style-type: none"> • havarijní informační systémy • projektová opatření podle vnitřního a vnějšího havarijního plánu JE 	

(8.20) Dodatek

Dodatek č. 1 Srovnání s referenčními úrovněmi WENRA Reactor Safety Reference Levels – oblasti E, F, S

WENRA Reactor Safety Reference Levels	Požadavky legislativy a prováděcí odstavce tohoto návodu
Oblast E, F, S	
Issue E: Design Basis Envelope for Existing Reactors	
E2. Safety strategy	
E2.1 Uplatní se ochrana do hloubky ¹ , aby se zamezilo vzniku nebo se v případě selhání prevence zmírnily úniky radioaktivních látek.	AtZ... § 45 odst. 1 a 4, § 46 odst. 2, § 48 odst. 5, V329 ...§ 20 odst. 1 a 2 Odstavec 4.4
E2.2 Uplatní se koncepce ochrany do hloubky tak, aby zajistila několik úrovní ochrany, včetně projektu, který zajistí řadu fyzických bezpečnostních bariér, které zabraňují nekontrolovaným únikům radioaktivního materiálu do životního prostředí, a kombinaci bezpečnostních prvků, které přispívají k účinnosti bariér. Projekt musí zabránit tak, jak je to jen možné: <ul style="list-style-type: none"> • ohrožení integrity bariér; • selhání bariéry v případě jejího ohrožení; • selhání bariéry v důsledku selhání jiné bariéry. 	AtZ... § 48 odst. 5 V329 § 6 odst. 1 a 4 Odstavec 4.8, 4.9
Issue F: Design Extension of Existing Reactors	
F1. Objective	

¹ Další informace viz IAEA SSR-2/1(2012).

<p>F1.1 V rámci ochrany do hloubky se provede analýza rozšířených projektových podmínek (DEC) s cílem dalšího zvýšení bezpečnosti jaderné elektrárny prostřednictvím:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zlepšení schopnosti elektrárny odolat náročnějším událostem nebo podmínkám, než jaké jsou uvažovány v základních projektových východiscích, • minimalizace úniků radioaktivních látek škodlivých pro veřejnost a životní prostředí při takových událostech nebo podmínkách tak, jak je to rozumně proveditelné. 	<p>AtZ... § 49 odst. 1 písm. k) V329... § 6 odst. 4 a 5 V329... § 6 odst. 6</p> <p>Odstavec 4.21, 4.23, 5.1, 5.5, 6.2, 6.5, 6.6</p>
<p>Issue S: Protection against Internal Fires</p>	
<p>S1. Fire safety objectives</p>	
<p>S1.1 Držitel povolení je povinen zavést principy ochrany do hloubky v požární ochraně, zajišťující opatření pro prevenci vzniku požárů, pro rychlou detekci a rychlé uhašení všech požárů, které by mohly nastat, a pro prevenci šíření požárů a jejich účinků v nebo do jakékoli jiné oblasti, která by mohla ovlivnit bezpečnost.²</p>	<p>V329 § 23 odst. 1, 2, 6, 7, 8</p> <p>Odstavec 7.2,</p>

² V této souvislosti se bezpečnost vztahuje na všechny zdroje ohrožení jaderné bezpečnosti, včetně zařízení pro nakládánís radioaktivním odpadem.

LITERATURA

- [1] Zákon č. 236/2016 Sb., atomový zákon.
- [2] Vyhláška č. 329 /2017 Sb., o požadavcích na projekt jaderného zařízení.
- [3] Úmluva o jaderné bezpečnosti, vyhlášená Sdělením MZV č. 67/1998 Sb.
- [4] Směrnice Rady Evropské unie 2009/71/Euratom ze dne 25. června 2009, kterou se stanoví rámec Společenství pro jadernou bezpečnost jaderných zařízení; Úřední věstník Evropské unie L 172/18; 2. 7. 2009.
- [5] Směrnice Rady Evropské unie 2014/87/Euratom ze dne 8. července 2014, kterou se mění směrnice 2009/71/Euratom, kterou se stanoví rámec Společenství pro jadernou bezpečnost jaderných zařízení; Úřední věstník Evropské unie L 219/42; 25. 7. 2014.
- [6] Western European Nuclear Regulators Association: "WENRA Statement on Safety Objectives for New Nuclear Power Plants"; WENRA Statement; November 2010.
- [7] International Atomic Energy Agency: "Fundamental Safety Principles"; IAEA Safety Fundamentals, IAEA Safety Standards Series No. SF-1; November 2006.
- [8] International Atomic Energy Agency: "Safety of Nuclear Power Plants: Design"; IAEA Safety Requirements, IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (Rev. 1); February 2016.
- [9] Western European Nuclear Regulators Association: "Safety of New NPP Designs"; WENRA RHWG Report; March 2013.
- [10] Western European Nuclear Regulators Association: "WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors"; WENRA RHWG Report; September 2014.
- [11] Vyhláška č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení.
- [12] International Atomic Energy Agency: "Site Evaluation for Nuclear Installations"; IAEA Safety Requirements, IAEA Safety Standards Series No. SSR-1 (Rev.1); February 2019.
- [13] International Atomic Energy Agency: "Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations"; IAEA Specific Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. SSG-9; August 2010.
- [14] International Atomic Energy Agency: "External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants"; IAEA Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.5; November 2003.
- [15] International Atomic Energy Agency: "Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants"; IAEA Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-3.6; December 2004.
- [16] International Atomic Energy Agency: "Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations"; IAEA Specific Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. SSG-18; November 2011.
- [17] International Atomic Energy Agency: "External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants"; IAEA Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-3.1; May 2002.
- [18] International Atomic Energy Agency: "Design of Reactor Containment and Associated systems for NPPs"; IAEA Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. SSG-53; November 2019.
- [19] International Atomic Energy Agency: "Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants"; IAEA Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. SSG-54; February 2019.
- [20] International Atomic Energy Agency: "Safety Classification of Structures, Systems and Components in Nuclear Power Plants"; IAEA Specific Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. SSG-30; May 2014.
- [21] Vyhláška č. 162/2017 Sb., o požadavcích na hodnocení bezpečnosti podle atomového zákona.
- [22] International Atomic Energy Agency: "Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants"; IAEA Specific Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. SSG-3; April 2010.

- [23] International Atomic Energy Agency: "Development and Application of Level 2 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants"; IAEA Specific Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. SSG-4; May 2010.
- [24] Vyhláška č. 358/2017 Sb., o požadavcích na zajišťování kvality a technické bezpečnosti a posouzení a prověřování shody vybraných zařízení.
- [25] Bezpečnostní návod SÚJB BN-JB- 2.10, „Deterministické analýzy základních projektových nehod“
- [26] Bezpečnostní návod SÚJB BN-JB- 2.2 “ Deterministické analýzy rozšířených projektových podmínek bez vážného poškození paliva DEC-A“.
- [27] Bezpečnostní návod SÚJB BN-JB- 2.3 “ Deterministické analýzy rozšířených projektových podmínek s vážným poškozením paliva DEC-B“.
- [28] Bezpečnostní návod SÚJB BN-JB- 3.4 “Vnitřní ohrožení v jaderném zařízení“, (v přípravě).
- [29] Bezpečnostní návod SÚJB BN-JB- 4.1 “ Umístění JZ - Hodnocení přírodních jevů“, (v přípravě).
- [30] Bezpečnostní návod SÚJB BN-JB- 2.5 “Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti“.
- [31] Bezpečnostní návod SÚJB BN-JB-3.2 „Projekt aktivní zóny jaderného reaktoru“.
- [32] International Atomic Energy Agency: Design of the Reactor Core for Nuclear Power Plants“, IAEA SSG-52.
- [33] Bezpečnostní návod SÚJB BN-JB-4.2 „Umístění JZ - ohrožení činností člověka“.
- [34] International Atomic Energy Agency: "Considerations on the Application of the IAEA Safety Requirements for the Design of Nuclear Power Plants", IAEA-TECDOC-1791, 2016.
- [35] Western European Nuclear Regulators Association: "WENRA Report: Practical Elimination Applied to New NPP Designs – Key Elements and Expectations "; WENRA RHWG Report; May 2019.
- [36] Vyhláška č. 359/2016 Sb., o podrobnostech k zajištění zvládnutí radiační mimořádné události.
- [37] Western European Nuclear Regulators Association: "WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors 2020"; WENRA RHWG Report; February 2021.

ZPRACOVATELÉ

Jaromír Šípek, SÚRO

Miloš Nekuža

GARANT

Miloš Nekuža