

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zdravotně sociální fakulta

**Analýza možností provedení evakuace obyvatelstva v předúnikové fázi
radiální havárie v podmínkách ETE**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE: Bc. Jaroslav Makrlík

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Josef Koc, CSc.

2011

ABSTRACT

Analysis of the possibility to perform evacuation of inhabitants at the pre-leakage phase of radiation accident in nuclear power plant conditions

Nuclear facility accidents involving leaks of radioactive substances into the environment might have serious radiobiological impacts on inhabitants in some cases and would require immediate or subsequent protective measures from iodine prophylaxis and hiding to evacuation or permanent resettlement.

The first part of the thesis describes the conditions of nuclear facility operation, technology of the Temelin nuclear power plant, including description of technology and function of emergency systems and the basic principles of security, and environment protection. It also describes the principles and aims of nuclear safety, radiation protection and accident preparedness. A more detailed description of accident preparedness at the Temelin power plant including links to the External Emergency Plan and announcement of safety measures for inhabitants follows.

The aim of the thesis is to evaluate the decision making process on announcement of evacuation in the pre-leak phase of radiation accident from the point of view of the Temelin nuclear plant operator's possibilities.

The part Methodology includes a description of RTARC software for evaluation of radiological impacts of radioactive substance leakage into the environment of the Temelin nuclear plant in case of radiation accident. The set of source members (event scenarios) used for the calculation is also described there.

The chapter Results presents and assesses the RTARC calculations. We may say upon analyses of the results that application of the decision making support programme is beneficial and is practically able to help with efficient protection of citizens in the final effect. For a part of the considered source members evacuation on pre-leak phase cannot be recommended with regard to the quick progress and leakage of radioactive substances into the environment.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci na téma „Analýza možností provedení evakuace obyvatelstva v předúnikové fázi radiační havárie v podmínkách ETE“ jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č.111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č.111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Souhlasím rovněž s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 18. srpna 2011

podpis studenta

Poděkování

Děkuji Ing. Josefu Kocovi, CSc. za pomoc a čas, který mi věnoval při konzultacích a vedení diplomové práce.

Obsah

1	Současný stav	10
1.1	Základní legislativa a výkon státního dozoru	10
1.2	Využívání jaderné energie v ČR	10
1.3	Bezpečnost a ochrana ŽP v ČEZ, a.s.	11
1.4	Jaderná elektrárna Temelín	12
1.4.1	Historie výstavby a spouštění.....	12
1.4.2	Základní údaje a technologie ETE	14
1.5	Zajištění jaderné bezpečnosti	16
1.5.1	Provozní režimy ETE	17
1.5.2	Definice nehod a havárií ^[17]	18
1.5.3	Základní principy zajištění jaderné bezpečnosti.....	18
1.5.3.1	Štěpná řetězová reakce	19
1.5.3.2	Havarijní systémy chlazení AZ	20
1.5.4	Koncepce ochrany do hloubky	23
1.5.5	Úrovně ochrany do hloubky	24
1.5.6	Bezpečnostní funkce	25
1.5.7	Hodnocení jaderné bezpečnosti.....	26
1.6	Radiační ochrana.	27
1.6.1	Základní principy RO.....	28
1.6.2	Limity ozáření radiačních pracovníků.....	29
1.6.3	Havarijní ozáření.....	29
1.6.4	Radiační monitorování za havarijní situace.....	30
1.7	Havarijní připravenost na ETE.....	31
1.7.1	Legislativní požadavky na havarijní připravenost.....	31
1.7.2	Zajištění havarijní připravenosti	31
1.7.3	Dokumentace havarijní připravenosti na ETE	34
1.7.3.1	Vnitřní havarijní plán JE	34
1.7.3.2	Zásahové instrukce	35
1.7.4	Rozdělení a klasifikace mimořádných událostí	36
1.7.5	Klasifikace INES.....	40
1.7.6	Zóna havarijní připravenosti	40
1.8	Vnější havarijní plán.....	43
1.8.1	Obsah a členění VHP	43
1.8.2	Varování obyvatelstva v ZHP	44
1.8.3	Požadavky na ochranu obyvatelstva a ŽP.....	46
1.8.4	Zavádění ochranných opatření v ZHP.....	47
1.8.4.1	Směrné hodnoty zásahových úrovní pro neodkladná ochranná opatření ...	47
1.8.4.2	Ochranné opatření ukrytí	48
1.8.4.3	Ochranné opatření jodová profylaxe.....	49
1.8.4.4	Ochranné opatření evakuace	50
1.8.4.5	Rozsah a provedení evakuace	53
2	Cíle práce a hypotézy	55
2.1	Cíle práce	55
2.2	Hypotézy	55
3	Metodika	56

3.1	Postup provádění výpočtů a analýz	56
3.2	Výpočetní program RTARC	56
3.3	Metodika pro výpočet radiologických dopadů	58
3.4	Použitá meteorologická data	59
3.5	Použití zdrojové členy (scénáře mimořádných událostí)	60
4	Výsledky	66
4.1	Časové průběhy předpokládaných úniků a provedení evakuace	66
4.2	Výpočty radiologických dopadů – efektivní dávky	69
5	Diskuse	75
6	Závěr	80
7	Seznam použité literatury	81
8	Klíčová slova	84
9	Přílohy	85

Úvod

Využívání energie provází člověka od prvopočátku lidského bytí. Zpočátku to pochopitelně bylo jen primitivní využívání tepelné formy energie (např. ze slunce, z ohně), kdy člověk teprve poznával možnosti, které mu tyto energie nabízí. Využívání energie člověkem se postupem doby zdokonalovalo. Dalším poznáním a zkoumáním se člověk naučil využívat i jiné suroviny na výrobu energie a energie se postupně stala nedílnou (a hlavně již zcela uvědomovanou) součástí lidského života. S rozvojem a růstem lidské civilizace kvantitativní potřeba energie stále narůstala. Nejvýznamnějším zdrojem energie se stala fosilní paliva (uhlí, plyn), ovšem tyto zdroje nejsou nevyčerpatelné a lidstvo se musí začít orientovat na jiné možnosti. Vedle zcela jasně definovaných obnovitelných zdrojů energie, což je energie vody, větru, sluneční energie, má již svoje pevné místo rovněž využívání jaderné energie. Pro mnohé země znamená perspektivní možnost rozvoje elektroenergetiky. Jaderné elektrárny nezatěžují tolik ŽP, protože oproti uhelným či plynovým neemitují CO₂ + další skleníkové plyny, prach či jiné škodlivé emise a nepřispívají tak ke globálnímu oteplování zeměkoule.

Nesrovnatelná jsou i potřebná množství paliva pro výrobu elektrické energie z jádra a fosilních paliv. Význam využití jaderné energie je rovněž v tom, že na Zemi jsou poměrně značné zásoby uranu a thoria pro výrobu paliva do jaderných reaktorů. Navíc je zde velký potenciál v podobě využití energie pocházející ze slučování lehkých jader (jaderná fúze). V tomto případě by zásoby paliva byly prakticky nevyčerpatelné, ovšem cesta ke zvládnutí a hlavně k praktickému využití termojaderné reakce bude ještě dlouhá a finančně velmi náročná.

Ve 20. století se podařilo dovést využití jaderné energie od teorie až po praktické využití, kdy se podařilo energii vzniklou při štěpení atomových jader přeměnit na energii elektrickou. Výrobu elektrické energie na základě jaderného štěpení zahájil výzkumný reaktor v Idaho Falls v USA v roce 1951. První jaderná elektrárna s připojením na veřejnou síť byla spuštěna v roce 1954 v ruském Obninsku. Její elektrický výkon činil 5 MWe. ^[14] Nutno ovšem přiznat, že mírovému využití předcházelo vojenské využití jaderné energie ze štěpení, kdy si člověk mohl naplno uvědomit ohromující účinek takto uvolněné energie.

Ve světě bylo k 2. březnu 2011 v provozu 443 jaderných reaktorů v 29 státech světa, které se podílejí cca 14 procenty na celkové světové produkci elektrické energie. Ve 14 zemích světa se staví dalších 62 jaderných bloků.^[10] Objektivně je nutné na druhou stranu přiznat, že v některých zemích probíhá (nyní hlavně na základě událostí na japonských jaderných elektrárnách v březnu 2011) diskuse o útlumu jaderné energetiky.

Provoz jaderných elektráren s sebou totiž nese i rizika, a oproti běžným rizikům, která provázejí i jiná odvětví průmyslu, jsou to rizika specifická pro jaderný průmysl a výrobu energie z jádra. Fyzikálně jde o vznik izotopů při štěpení, které emitují ionizující záření (jsou radioaktivní) zdraví škodlivé. Přítomnost ionizujícího záření není pro lidskou populaci ničím novým, přírodní ozáření provází člověka od prvopočátku jeho existence. Toto přírodní ozáření není rovnoměrné, rozdíly obdržených dávek na jednotlivých místech na zemské kouli jsou značné. V současnosti je ovšem člověk zatížen nejen tímto přírodním zářením, ale i ozářením z umělých zdrojů, což je mj. i zatížení z provozu jaderné energetiky (tvoří ovšem průměrně jen asi 0,04% celkového ozáření člověka).

V případě normálního provozu jaderné elektrárny je ozáření obyvatelstva v důsledku kontrolovaných výпустí radioaktivních látek velmi nízké a je samozřejmě průběžně hodnoceno prostřednictvím měření a bilancování těchto výпустí a monitorování okolí jaderného zařízení. Jiná situace ovšem nastává v případě vzniku radiační nehody nebo havárie na jaderném zařízení spojené s úniky radioaktivních látek do ŽP. Konstrukce jaderných reaktorů a bezpečnostní opatření na jaderných elektrárnách jsou již na takové úrovni, že riziko takových havárií je velmi malé, ovšem nelze je zcela vyloučit a ostatně i některé případy z nedávné minulosti jsou varováním před případným přehlížením a zlehčováním takovýchto rizik. Události spojené s úniky radioaktivních látek do ŽP by mohly mít v některých případech vážné radiobiologické dopady na obyvatelstvo a vyžadovaly by, neodkladně nebo následně, zavádění ochranných opatření od ukrytí až po evakuaci či trvalé přesídlení.

Výše uvedená ochranná opatření, zvláště pak evakuace nebo dočasné či dokonce trvalé přesídlení, by byla rozhodně velkým zásahem do života celého regionu,

znamena by narušení chodu firem i veřejné či státní správy. Nezanedbatelný by určitě byl vliv na psychiku obyvatelstva. Tím spíše by narůstala důležitost správného zvládnutí ochranných opatření včetně jejich včasného zavedení.

Svoji pozornost a téma diplomové práce jsem zaměřil právě na oblast možných variant realizace ochranných opatření, konkrétně na rozhodovací fázi o zavedení neodkladného ochranného opatření evakuace. Zaměřil jsem se v této oblasti na možnosti, které má držitel povolení ETE a posoudil jsem možnosti rozhodování o provedení evakuace v předúnikové fázi s ohledem na možné průběhy mimořádné události v technologii elektrárny. Z výsledků provedených analýz vyplývá, že evakuace provedená již v předúnikové fázi radiační havárie by představovala nejúčinnější formu ochrany proti uniklým RA látkám.

1 SOUČASNÝ STAV

1.1 Základní legislativa a výkon státního dozoru.

Základní rámec využívání jaderné energie v České republice stanovuje zákon č.18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (tzv. atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů v platném znění. Na základě tohoto zákona byla vydána řada legislativních dokumentů v gesci SÚJB, která dále vymezuje podmínky využívání jaderné energie a ionizujícího záření. Atomový zákon je základním legislativním dokumentem, který nejen definuje základní záležitosti v oblasti využívání jaderné energie a ionizujícího záření, ale rovněž stanovuje působnost, kompetence SÚJB a stanovuje výkon státní správy a dozoru. Tento zákon je proto někdy mylně spojován se vznikem SÚJB, ovšem tento úřad byl zřízen již v roce 1993 jako nástupnická organizace po Československé komisi pro atomovou energii, konkrétně zákonem ČNR č.21/1993 Sb. v platném znění. Od roku 1995 je působnost SÚJB rozšířena o výkon státního dozoru v oblasti ochrany před ionizujícím zářením (před rokem 1995 pravomoc a působnost MZ ČR, Hlavního hygienika ČR a krajských hygieniků). Od roku 1997 je tedy výkon dozoru v oblasti využívání jaderné energie a ionizujícího záření soustředěn pouze na SÚJB. Do doby přijetí atomového zákona bylo využívání jaderné energie (a s tím související otázky jaderné bezpečnosti a radiační ochrany) upraveno zákonem č.28/1984 Sb., o státním dozoru nad jadernou bezpečností jaderných zařízení v platném znění a zákonem č. 85/1984 Sb., o působnosti SÚJB v platném znění. ^[11]

Atomový zákon a navazující prováděcí vyhlášky SÚJB stanovují mj. i požadavky na zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, havarijní připravenosti a fyzické ochrany jaderně energetických zařízení.

1.2 Využívání jaderné energie v ČR

V České republice je v současné době v provozu celkem 6 energetických jaderných reaktorů:

- 4 v JE Dukovany o celkovém výkonu 1760 MWe (probíhá postupně zvyšování výkonu na 2000 MWe)
- 2 v JE Temelín s celkovým výkonem 2000MWe

Vedle velkých energetických reaktorů v JE je v ČR rovněž několik jaderných reaktorů menších výkonů, které nemají energetické využití. V Ústavu jaderného výzkumu v Řeži jsou v provozu výzkumné reaktory LR-0 a LVR-15, které slouží jako velmi intenzivní zdroj neutronů pro výzkumné účely nebo pro výrobu radioizotopů pro další použití (výzkum, defektoskopie, nukleární medicína). Další kategorií jaderných reaktorů jsou tzv. školní reaktory. V České republice je tento výcvikový reaktor VR-1 „vrabec“ provozován v Praze na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT (reaktor je umístěn v laboratořích Matematicko- fyzikální fakulty UK v Tróji). Výše jmenovaná zařízení jsou úzce spjata s JE v Temelíně a v Dukovanech. Na školním reaktoru je prováděna výuka studentů, z nichž mnozí po absolvování vysoké školy nachází pracovní uplatnění právě na jaderných elektrárnách. Zařízení v Ústavu jaderného výzkumu v Řeži jsou využívána pro účely dalšího výzkumu v oblasti reaktorové fyziky, reaktorové techniky a výroby radiofarmak.

1.3 Bezpečnost a ochrana ŽP v ČEZ, a.s.

Společnost ČEZ, a.s., která provozuje JE v České republice, si uvědomuje a plně přejímá odpovědnost (ve smyslu platné legislativy i mezinárodních závazků ČR) za zajištění bezpečnosti výrobních zdrojů, ochrany jednotlivců, společnosti a veřejnosti a rovněž za ochranu ŽP. Představenstvo ČEZ, a. s. v roce 2010 schválilo Politiku bezpečnosti a ochrany ŽP ^[5] pro vytvoření rámcových podmínek v oblasti bezpečnosti a k naplnění poslání a podnikatelských záměrů Skupiny ČEZ.

Pro naplnění této odpovědnosti představenstvo ČEZ, a.s. vytváří a rozvíjí odpovídající podmínky a dostatečné lidské i finanční zdroje, účinné řídicí struktury a kontrolní mechanismy, přičemž je bezpečnost chápána jako nedílná součást všech prováděných činností.

Politika bezpečnosti a ochrany ŽP pokrývá oblasti: ¹⁵¹

Řízení

Ochranu života a zdraví lidí nadřazujeme ostatním zájmům.

Bezpečnost a ochranu životního prostředí prosazujeme jako integrální součást řízení.

Plníme právní předpisy a veřejné závazky a zohledňujeme uznávané praxe.

Trvale zlepšujeme úroveň bezpečnosti a ochrany životního prostředí.

Rizika pravidelně hodnotíme, předcházíme jim, odstraňujeme je nebo snižujeme na přijatelnou úroveň.

Technologie

Zajišťujeme, aby zařízení dlouhodobě plnilo technické, bezpečnostní i ekonomické požadavky.

Při výběru a hodnocení dodavatelů zohledňujeme jejich přístup k bezpečnosti a životnímu prostředí.

Lidé

Otevřeně a efektivně komunikujeme bezpečnostní témata.

Zajišťujeme dostatek kvalifikovaných a motivovaných zaměstnanců a dodavatelů.

Řídíme klíčové znalosti.

1.4 Jaderná elektrárna Temelín

1.4.1 Historie výstavby a spouštění

Jaderná elektrárna Temelín je provozována firmou ČEZ, a.s., která rovněž provozuje i JE v Dukovanech. Výstavba elektrárny v Temelíně byla součástí programu rozvoje česko-slovenské energetiky, který podle původního záměru (v 80. letech 20. století) předpokládal výstavbu čtyř JE na území tehdejšího Československa. Jako první se začala v roce 1986 budovat právě temelínská JE. Investiční záměr stavby byl vydán v roce 1979, úvodní projekt vyhotoven v roce 1985. Původní technický projekt byl sovětský s tlakovodními reaktory VVER 1000 typ V320, generálním projektantem byl Energoprojekt Praha a generálním dodavatelem technologické části elektrárny se stala Škoda Praha, a.s. Stavba jako taková byla zadána společnosti VSB a.s.. K první změně oproti původnímu projektu došlo již v roce 1990, kdy bylo rozhodnuto o redukci

z původních čtyř výrobních bloků pouze na dva. Následně došlo k několika zásadním změnám v technickém projektu – jednalo se o komplexní záměnu (modernizaci) systému kontroly a řízení, radiačního monitorovacího systému a nový projekt koncepce aktivní zóny včetně záměny paliva. V návaznosti na tyto změny a rovněž na základě doporučení prověrek ze strany MAAE a SÚJB byly realizovány další změny a doplnění, které významným způsobem zvýšily spolehlivost a bezpečnost provozu JE. Výše uvedené změny měly ovšem za následek prodlužování výstavby a oddalování spouštění elektrárny. Vedle výstavby samotné elektrárny probíhala i dostavba vodního díla Hněvkovice na řece Vltavě, které slouží primárně jako zásobárna technologické vody pro potřebu ETE a pak rovněž vodního díla Kořensko, do jehož tělesa hráze jsou zaústěny výpustní řády z ETE a dochází zde k mísení technologických odpadních vod s vodou Vltavy¹⁸⁾.

V porovnání s reaktorem typu VVER 440 je koncepce bloku s reaktorem VVER 1000 již mnohem bližší standardům obvyklým u tlakovodních reaktorů západní provenience. Proto také vychází základní zajištění jaderné bezpečnosti z několikanásobné bariéry proti úniku radioaktivních látek, včetně hermetické ochranné obálky (KTMT) a koncepce redundance bezpečnostních systémů 3x100%.

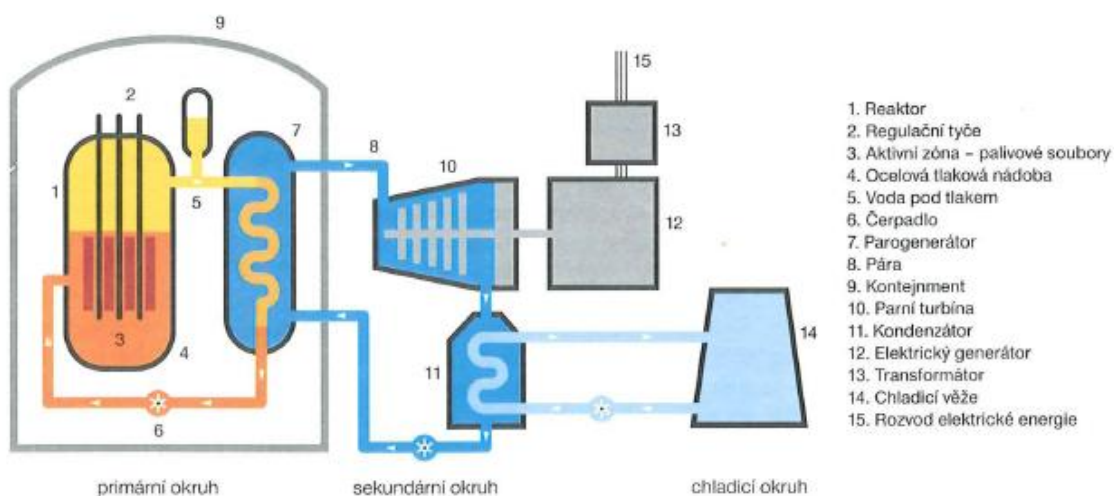
SÚJB vydal povolení k zahájení zavezení paliva do reaktoru 1. HVB 5. července 2000, v průběhu července bylo palivo v reaktoru již kompletně zavezeno a v říjnu téhož roku byla v reaktoru spuštěna první řízená řetězová štěpná reakce. Ke konci roku 2000 pak 1. HVB vyrobil a dodal do sítě první elektřinu. V lednu 2002 dosáhl 1. HVB maximálního projektového výkonu a poté v červnu přešel 1. HVB do zkušebního provozu. Na 2. HVB byl reaktor poprvé spuštěn v květnu 2002 a v závěru roku 2002 dodal 2. HVB první elektřinu do rozvodné sítě. V březnu 2003 dosáhl reaktor maximálního výkonu a po provedení etapy komplexního vyzkoušení na plném výkonu 2. HVB v dubnu 2003 přešel do fáze zkušebního provozu¹⁹⁾.

1.4.2 Základní údaje a technologie ETE

Jaderná elektrárna Temelín je vzdálena přibližně 25 km severně od Českých Budějovic, na levé straně řeky Vltavy, která protéká přibližně 5 km od území jaderné elektrárny. Je situována ve střední nadmořské výšce 510 m n. m. Oplocená plocha pozemku činí cca 123 ha. Nejbližším větším sídlem je město Týn nad Vltavou vzdálené cca 5 km. ^[15]

Jaderná elektrárna je tvořena HVB s tlakovodními reaktory VVER 1000 typu V320. HVB je koncipován jako dvouokruhový – skládá se z primárního a sekundárního okruhu. Pro chlazení kondenzátoru je pak využíván další okruh (někdy je používán termín terciální okruh) chladicí vody, který komunikuje a předává teplo z kondenzátoru do 2 chladicích věží.

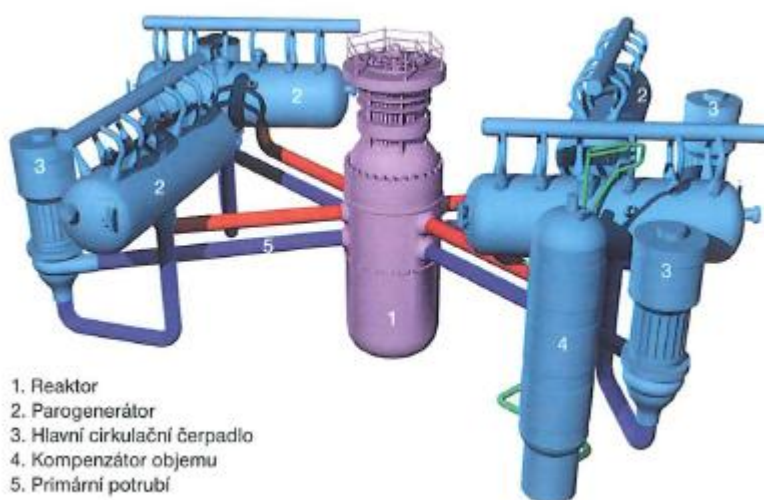
Principiální schéma elektrárny s tlakovodním reaktorem a KTMT je uvedeno na následujícím obrázku.



Obr. 1 - Principiální schéma JE ^[8]

Primární okruh

Základní zařízení primárního okruhu jsou umístěna v ochranné obálce – kontejnmentu. Reaktor má výkon 3000MWt (1000 MWe) a dochází zde k přeměně jaderné energie U235 na tepelnou energii.^[18] Tlaková voda je využívána v reaktoru jako moderátor neutronů a rovněž jako chladivo. Aktivní zóna reaktoru o průměru 3,16 m a výšce 3,53 m je umístěna ve válcové reaktorové nádobě vysoké 10,9 m o vnějším průměru 4,5 m. Tlaková nádoba reaktoru a primární okruh jsou navrženy pro tlak 17,6 MPa při teplotě 350°C (provozní tlak je 15,7 MPa při teplotách 290 – 320°C). V aktivní zóně je celkem 163 palivových souborů typu TVSA-T a celková hmotnost jedné vsázky paliva je 92 t. Primární okruh tvoří čtyři cirkulační smyčky primárního potrubí (HCP) o jmenovité světlosti DN850, na každé je instalováno HCČ a PG horizontálního provedení, kde dochází k přenosu tepelné energie z I.O. do II.O. a současně k výrobě páry o tlaku 6,3 MPa a teplotě 278,5°C. Tepelný výkon každého PG je 750 MWt. Součástí primárního okruhu je rovněž systém kompenzace objemu, který slouží k udržování provozních tlakových parametrů primárního okruhu.^[20] Na obrázku 2 je 3D obraz vzájemného uspořádání základních zařízení I.O. Vzájemné dispoziční uspořádání zařízení I.O. v řezu je znázorněno na obrázku v Příloze 9.2.



Obr. 2 - Uspořádání zařízení I.O. na ETE ^[18]

Sekundární okruh ^[8]

Pára vyrobená v PG je vedena na parní turbínu, kde dochází k přeměně energie na mechanickou a poté v připojeném generátoru na energii elektrickou. Projektový výkon na svorkách generátoru je 981 MWe. Parní turbína má 1 vysokotlaký a 3 nízkotlaké díly. Pára vstupuje nejprve do vysokotlakého dílu a po úpravě (vysušení a ohřátí) je přivedena na nízkotlaké díly turbíny. Pára na výstupu z turbíny kondenzuje na vodu a ta je zpětně vedena přes systém regenerace (napájecí vodu je nutno opětovně tlakově a teplotně upravit) do PG. Teplota napájecí vody je 220°C. Ke kondenzaci je využívána chladicí voda, která je vedena k ochlazení do chladicích věží a zpětně pak do kondenzátorů.

Chladicí okruh ^[8]

Chladicí voda se v trubkách kondenzátoru ohřívá na teplotu cca 30°C a následně je vedena potrubím až do chladicích věží, kde je z rozlivových žlabů pozvolna protékáním protiproudě ochlazována studeným vzduchem proudícím ve věži. Poté je vedena kanály zpět k HVB a čerpána do kondenzátorů. Tento okruh je 3. v pořadí směrem od reaktoru. Chladicí věže jsou největšími tepelnými výměníky na elektrárně, každá ze 4 chladicích věží má výkon 1100 MWt. Současně zde dochází (prostřednictvím odparu) k největším ztrátám vody (přibližně 0,4 m³/s z jedné chladicí věže), které je nutno doplňovat. Jako zdroj této vody slouží nádrž vodního díla Hněvkovice, kde je na levém břehu u přehradní hráze umístěna čerpací stanice technologické vody pro potřeby ETE.

1.5 Zajištění jaderné bezpečnosti

Jadernou bezpečností se rozumí stav a schopnost jaderného zařízení a osob obsluhujících jaderné zařízení zabránit nekontrolovatelnému rozvoji štěpné řetězové reakce nebo nedovolenému úniku radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do ŽP a omezovat následky nehod. ^[30]

Jaderná bezpečnost a radiační ochrana spolu velmi úzce souvisí. Ve většině případů, kdy by byly radiační ochranou indikovány zvýšené plynné nebo kapalné výpusti do ŽP v oblasti limitních hodnot, lze nalézt primární příčinu v porušení zásad a

principů jaderné bezpečnosti. Obdobně stavy v případě mimořádných událostí spojených s únikem RA látek a ionizujícího záření do ŽP jsou výsledkem narušení jaderné bezpečnosti. ^[16]

1.5.1 Provozní režimy ETE

Obecně lze provozní režimy na ETE rozdělit do 3 kategorií: ^[19]

Normální provoz – to jsou všechny stavy a operace plánovaného provozu bloku při dodržení provozních limitů a podmínek pro jeho bezpečný provoz. Jedná se o stavy při spouštění, ustáleném provozu a odstavování reaktoru, zvyšování nebo snižování výkonu, údržba, opravy a výměna paliva.

Abnormální provoz – tento režim provozu je spojený s určitým vybočením parametrů z normálních provozních podmínek. Jedná se o situace a události, které jsou neplánované, ale jejichž výskyt projekt při provozu jaderně energetického zařízení předpokládá. Patří sem zejména výpadky zařízení I.O. nebo II.O. případně poruchové změny parametrů. Tyto stavy nevedou přímo k aktivaci systému ochran reaktoru nebo startu bezpečnostních systémů, ovšem jejich rozvoj (v případě neúspěšných nebo nesprávných zásahů) k této aktivaci může vést. Po odstranění příčin případně následků je jaderně energetické zařízení schopné přejít do normálního provoz (tyto stavy nemohou narušit integritu fyzických bariér).

Havarijní situace – do této kategorie spadají všechny události způsobené selháním nebo porušením stavebních konstrukcí, technologických souborů a zařízení, vnějšími vlivy nebo chybami obsluhy, které negativně ovlivňují bezpečnost provozu jaderně energetického zařízení. Tyto události vedou k porušení provozních limitů a podmínek a představují riziko z hlediska poškození AZ.

1.5.2 Definice nehod a havárií^[17]

Projektová nehoda

Nehoda, která je uvažována v projektovém řešení JE a kterou jsou bezpečnostní systémy schopny zvládnout. Průběhy a důsledky projektových nehod jsou analyzovány v rámci bezpečnostních analýz.

Maximální projektová nehoda

Nejzávažnější nehoda uvažovaná v projektu JE, která má největší radiační vliv na okolí. V projektu ETE se jedná o okamžité gilotinové prasknutí potrubí I.O. s oboustranným výtokem (velká LOCA), kombinované se ztrátou napájení od vnějších zdrojů. Na maximální projektovou nehodu jsou dimenzovány havarijní systémy.

Nadprojektová havárie

Havárie na JE, která není projektem předpokládána a která překračuje předpoklady bezpečnostních analýz. K tomuto stavu může dojít z původně projektové nehody kumulací poruch zařízení nebo nevhodných/opožděných zásahů obsluhy.

Těžká havárie

Nadprojektová havárie, při níž se nepodaří zabránit poškození paliva v aktivní zóně reaktoru. Takový stav, v důsledku ztráty integrity fyzických bariér, může znamenat ohrožení obyvatelstva a ŽP úniky RA látek do okolí.

1.5.3 Základní principy zajištění jaderné bezpečnosti

Jaderná elektrárna Temelín byla vyprojektována a je provozována tak, aby v návaznosti na legislativu splňovala následující základní principy:^[17]

- schopnost bezpečně odstavit jaderný reaktor a udržet jej v těchto podmínkách při všech předpokládaných provozních režimech a událostech
- schopnost odvádět zbytkové teplo z aktivní zóny jaderného reaktoru při všech předpokládaných provozních režimech a událostech
- schopnost minimalizovat případné úniky RA látek tak, aby nebyly překročeny stanovené limity při všech předpokládaných provozních režimech a událostech

1.5.3.1 Štěpná řetězová reakce

Záporná zpětná vazba reaktivity

Jaderné reaktory VVER 1000 (a rovněž reaktory VVER 440, které jsou v Dukovanské jaderné elektrárně) patří typově mezi tlakovodní reaktory, které využívají vodu jak k moderování neutronů, tak ke chlazení palivových souborů a odvodu tepla z aktivní zóny reaktoru. Již fyzikální princip, na kterém pracuje tento typ reaktoru, je důležitý z hlediska bezpečného řízení štěpné řetězové reakce. Jde o tzv. zápornou zpětnou vazbu reaktivity, která zvyšuje stabilitu řízení reaktoru a zajišťuje samovolný útlum řetězové reakce v případě nárůstu teploty na povrchu paliva a teploty chladiva v aktivní zóně reaktoru. ^[16]

Řízení štěpné řetězové reakce

Řízení štěpné řetězové reakce v reaktoru a regulace výkonu je zajišťováno dvěma nezávislými systémy, které umožňují zastavení štěpné řetězové reakce:

1) systém regulačních orgánů, které se používají k řízení relativně rychlých změn reaktivity, řízení axiální distribuce výkonu a předcházení a potlačování xenonových oscilací. Regulační orgán je tvořen 18-ti absorbčními proutky upevněnými na horním konci ke společné hlavě. Provozní náplň je po výšce kombinována ze dvou typů tabletek, celková výška absorbční části je 3545 mm. V dolní části absorbčního proutku (300 mm) jsou tabletky z titaničitanu dysprositého (Dy_2TiO_5) o hustotě nejméně 6 g/cm³. Zastoupení izotopů dysprosia v Dy_2TiO_5 je přírodní. V horní části absorbčního proutku jsou tabletky z karbidu bóru (B_4C) o hustotě nejméně 1,8 g/cm³. Zastoupení izotopů bóru v B_4C je přírodní. ^[11]

Absorbční proutky regulačního orgánu se zasunují přímo do vodících trubek palivového souboru TVSA-T a tím v aktivní zóně reaktoru ovlivňují intenzitu neutronového toku a tím pádem i řetězovou štěpnou reakci. V aktivní zóně reaktoru VVER 1000 je celkem 61 regulačních orgánů. Jsou rozděleny do 10 skupin, z nichž každá obsahuje 6 regulačních orgánů, kromě 9. skupiny, která jich obsahuje 7. První až šestá skupina je určena pro účely ochrany reaktoru, skupiny sedmá až desátá jsou používány jako regulační, ale také spolupůsobí při ochraně reaktoru. ^[15]

2) systém bórové regulace, který umožňuje řízení reaktoru pomocí kapalného absorbátoru neutronů. Systém udržuje, případně plynule mění koncentraci kyseliny borité v chladivu primárního okruhu. Primárním účelem tohoto systému je kompenzace počáteční zásoby reaktivity na počátku kampaně a její postupné snižování v průběhu provozu. V případě zvýšení koncentrace lze řetězovou štěpnou reakci v reaktoru zcela zastavit. V tom případě se jedná o odstavnou koncentraci, která je 12 g H₃BO₃/kg chladiva I.O.

1.5.3.2 Havarijní systémy chlazení AZ

Systém havarijního chlazení aktivní zóny (HSCHAZ) je tvořen několika samostatnými funkčními systémy. Z pohledu požadavku na dodávku vnější energie ke svému zafungování a řízení spuštění systému se HSCHAZ dělí na pasivní a aktivní systémy. ^[15]

Pasivní systém je tvořen 4 ks tlakových zásobníků (hydroakumulátorů), jejichž výtláčné trasy jsou zaústěny nad a pod AZ (2+2). Tyto nádrže o celkovém objemu 60m³ s roztokem H₃BO₃ o koncentraci 16g/kg H₂O jsou umístěny v KTMT a v případě poklesu tlaku v I.O. pod 5,9 MPa dochází k rychlému zaplavení aktivní zóny reaktoru. Tlak uvnitř hydroakumulátorů je udržován pomocí dusíkového polštáře. Schématické znázornění napojení pasivního systému HSCHAZ na zařízení I.O. je znázorněno na obrázku 3.

Technologie aktivních systémů HSCHAZ je již svou podstatou složitější a rozsáhlejší. Každý systém je tvořen 3 divizemi, které jsou na sobě z pohledu napájení, zdrojů chladicího média a ovládání naprosto nezávislé (zálohování 3 x 100%). Aktivní systémy zahrnují: sprchový systém, NT havarijní systém, VT havarijní systém a VT havarijní doplňovací systém. ^[15]

Sprchový systém (systém odvodu tepla z KTMT) má výkon 700 m³/hod (každá divize) a čerpadlo je schopné na výtlaku dosáhnout tlaku 1,4 MPa. Nasává médium z nádrže havarijní zásoby roztoku H₃BO₃ – GA201 (koncentrace 12g H₃BO₃/kg H₂O) a rovněž přisává z jiné nádrže i roztok KOH s hydrazinem. GA201 je umístěna pod základovou deskou ochranné obálky a je s vnitřním prostorem ochranné obálky

propojena 3 otvory. Potrubí s roztržikem je umístěno ve vrchlíku ochranné obálky. V případě spuštění systému je celý prostor KTMT sprchován výše uvedeným roztokem, který poté vtéká na podlaže KTMT do GA201 a je opětovně nasáván čerpadly havarijních systémů. Sprchováním dochází ke kondenzaci parních složek a tím ke snížení tlaku v prostředí KTMT. Sprchový systém má 2 hlavní funkce:

- snížení tlaku v ochranné obálce při poruchách těsnosti primárního okruhu nebo parovodů sekundárního okruhu,
- vymývání RA látek uvolněných do prostoru ochranné obálky při radiační nehodě, zejména izotopů jódu.

Další funkcí tohoto systému je havarijní zaplnění bazénů skladování vyhořelého paliva v případě poruchy systému chlazení bazénů vyhořelého paliva.

NT havarijní systém je schopen do I.O. dodávat 800 m³/hod do max. tlaku 2,3 MPa. Jednotlivé výtlačné trasy jsou zaústěny do HCP a do výtlačných tras tlakových zásobníků. Obdobně jako sprchový systém používá médium z GA201. Tento NT systém slouží k:

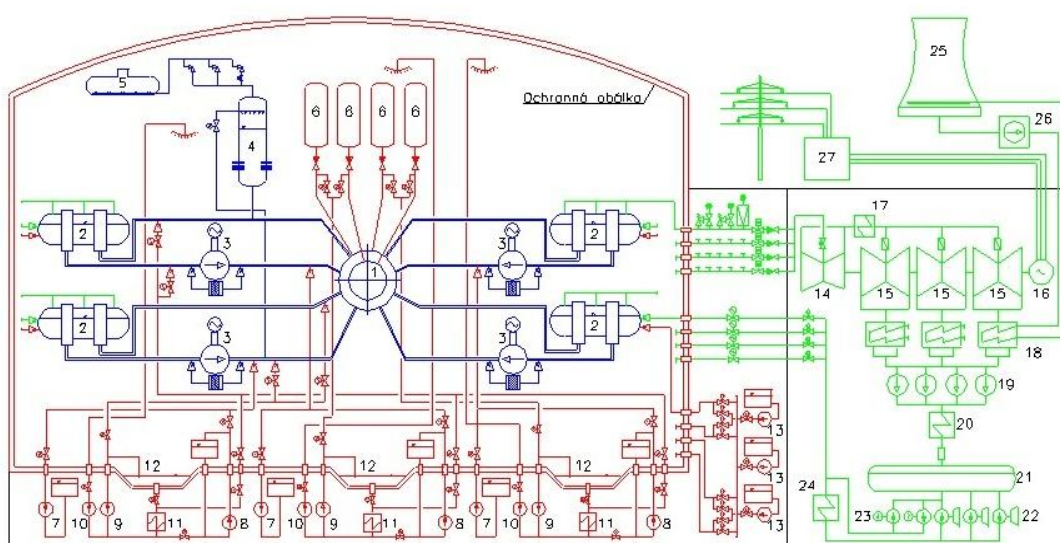
- k havarijnímu dochlazování AZ reaktoru a následnému dlouhodobému odvodu zbytkového výkonu reaktoru při haváriích spojených se ztrátou těsnosti primárního okruhu,
- k plánovanému dochlazování primárního okruhu při odstávce bloku a k odvodu zbytkového výkonu reaktoru při provádění výměny paliva a při provádění oprav zařízení I.O. při snížené hladině chladiva do osy studených nátrubků.

VT havarijní systém nasává nejdříve roztok o havarijní koncentraci H₃BO₃ (40g/kg H₂O), po vyčerpání této zásoby ze své nádrže přechází na roztok ze zásobní nádrže GA201 tak jako ostatní havarijní systémy. Výtlačné trasy jsou zaústěny do jednotlivých smyček HCP (1., 3. a 4.). Tento systém je schopen dodávat pouze 160m³/hod, ovšem do tlaku až 9,8 MPa. Systém dodává koncentrovaný roztok H₃BO₃ při haváriích spojených se ztrátou těsnosti I.O.

VT havarijní doplňovací systém je jediný z popisovaných aktivních havarijních systémů, který je autonomní – nasává roztok o havarijní koncentraci H₃BO₃ ze své nádrže a po jejím vyčerpání dochází k odstavení tohoto systému. Systém plní funkci při

havarijní dodávce koncentrovaného roztoku H_3BO_3 do I.O. při haváriích spojených s uvolněním kladné reaktivity, je-li v I.O. zachován vysoký tlak. Výkon čerpadel tohoto systému je 6,3 m³/hod při tlaku 16 MPa a objem nádrže je 15 m³.

Schéma zapojení aktivních systémů HSCHAZ na technologii I.O. je zobrazeno na obrázku 3. Provoz systémů je zpravidla takový, že jedna divize je schopna plnit požadovanou bezpečnostní funkci, druhá divize je v rezervě a třetí pak může být např. v opravě. I svým umístěním v HVB jsou fyzicky jednotlivé divize systémů odděleny.



Obr. 3 - Technologické schéma ETE včetně havarijních systémů [15]

Popis zařízení : 1 – tlakovodní reaktor, 2 - parogenerátor, 3 – hlavní cirkulační čerpadlo, 4 – kompenzátor objemu, 5 – barbotážní nádrž, 6 – tlakový zásobník (hydroakumulátor), 7 – VT havarijní doplňovací čerpadlo, 8 – VT havarijní čerpadlo, 9 – NT havarijní čerpadlo, 10 – sprchové čerpadlo, 11 – tepelný výměník HSCHAZ, 12 – zásobní nádrž kyseliny borité, 13 – havarijní napájecí čerpadlo, 14 – vysokotlaký díl turbíny, 15 – nízkotlaký díl turbíny, 16 – generátor, 17 – separátor – přehřívák, 18 – kondenzátor, 19 – kondenzátní čerpadlo, 20 – NT regenerace, 21 – napájecí nádrž, 22 – turbonapaječky, 23 – elektronapaječky, 24 – VT regenerace, 25 – chladič věže, 26 – čerpací stanice, 27 – transformátor vyvedení výkonu

U pasivních systémů není tato zásada zálohování dodržena, neboť pasivní systémy jsou obecně spolehlivější než aktivní, protože ke své funkci nevyžadují zdroj

elektrické energie, neobsahují složité řídicí prvky a algoritmy a jejich spuštění je řešeno na jiném principu.

Projekt HSCHAZ na ETE je navržen tak, aby tato všeobecná bezpečnostní kritéria byla splněna ve všech projektem předpokládaných stavech.

1.5.4 Koncepce ochrany do hloubky

Jaderná bezpečnost ETE je zajištěna prostřednictvím principu ochrany do hloubky založeném na použití vícenásobných fyzických bariér, které brání šíření ionizujícího záření a radionuklidů do ŽP a na zálohovaném použití systému technických a organizačních opatření, sloužících k ochraně a zachování účinnosti těchto bariér, a tím i k ochraně zaměstnanců, obyvatelstva a ŽP. ^[15]

Fyzické bariéry (od místa vzniku radionuklidů směrem k ŽP): ^[17]

1. Matrice paliva
2. Pokrytí paliva (palivového proutku)
3. Tlakové rozhraní I.O.
4. Ochranná obálka – KTMT

1. *bariérou* (matrice paliva) rozumíme samotnou strukturu jaderného paliva resp. palivových tablet. Krystalická struktura oxidu uranitého má schopnost udržet za normálního provozu až 99 % vznikajících radioaktivních štěpných produktů.

2. *bariéru* tvoří speciální ochranná vrstva pokrytí palivových tablet ze slitiny zirkonia, která umožňuje přenos tepla do chladiva I.O.

3. *bariéru* proti nekontrolovatelnému šíření RA látek tvoří tlakové rozhraní I.O.

4. *bariérou* je pak KTMT, což je ochranná předpjatá železobetonová obálka s hermetickou ocelovou výstelkou, kde jsou umístěna veškerá zařízení primárního okruhu a PG. Ve spodní části na KTMT navazuje nádrž GA201. Stěna válcové části KTMT má tloušťku 1,2 m , vrchlík pak 1,1 m a ocelová výstelka je silná 8 mm. Projektová netěsnost KTMT je 0,1% objem./24 hodin. Poslední bariéra – KTMT – je konstruována tak, aby udržela RA látky i v případě maximální projektové havárie.

Vedle havarijních bezpečnostních systémů, které jsou zálohovány 3 x 100 %, jsou rovněž zálohovány stanoviště obsluhy reaktorového bloku - personál blokové

dozorný, odkud je řízen celý výrobní blok včetně reaktoru, může v případě potřeby přejít na druhé záložní stanoviště (nouzová bloková dozorna).

1.5.5 Úrovně ochrany do hloubky

Aplikace principu ochrany do hloubky brání především poškození JE a úniku RA látek do okolí prostřednictvím fyzických bariér. V případě vzniku události, například z důvodu porušení některé úrovně hloubkové ochrany, přechází ochranné funkce na další úroveň s cílem zabránit dalšímu rozvoji události a ohrožení bariér. V tabulce 1 jsou vzestupně seřazeny jednotlivé úrovně ochrany do hloubky, jejich cíle a návazně i základní prostředky pro dosažení a zabezpečení těchto cílů. ^[17]

Úroveň	Cíl	Základní prostředky pro dosažení cíle
1	Předcházení abnormálnímu provozu a poruchám	Řádný a konzervativní projekt JE, vysoká jakost při výstavbě, údržbě a provozu zařízení
2	Zjišťování poruch a řízení abnormálního provozu	Řídící, ochranné a provozní systémy + provozní předpisy
3	Řízení projektových nehod v rámci projektu	Bezpečnostní systémy + havarijní předpisy
4	Prevence rozvoje nadprojektových havárií a zmírnění jejich následků	Doplňková opatření + SAMGy
5	Zmírnění radiologických následků nadprojektových havárií	Opatření dle Vnějšího havarijního plánu

Tab. 1 - Přehled úrovní ochrany do hloubky ^[17]

Vzájemný vztah úrovní ochrany do hloubky a fyzických bariér je graficky znázorněn na obrázku v příloze 9.3.

1.5.6 Bezpečnostní funkce

Prostředkem k nepřetržitému hodnocení bezpečnosti HVB je sledování stavu plnění bezpečnostních funkcí. Pro nedůležitější bezpečnostní funkce se používá termín **kritické bezpečnostní funkce**.^[23] Lze je chápat jako soubor vybraných bezpečnostních funkcí, které musí být pro řízení činností při vzniku havarijních podmínek splněny pro každou fyzickou barieru tak, aby byla u těchto bariér zajištěna jejich funkčnost.^[25]

Kritické bezpečnostní funkce a jejich pořadí z hlediska priority:

1. Podkritičnost AZ
2. Chlazení AZ
3. Odvod tepla z I.O.
4. Neporušenost I.O.
5. Neporušenost KTMT
6. Zásoba chladiva I.O.

Priority (jejich pořadí) mezi kritickými bezpečnostními funkcemi jsou založeny na principu zachování fyzických bariér ve směru postupu od zdroje RA látek (matrice paliva → pokrytí paliva → tlakové rozhraní I.O. → KTMT).

V rámci každé kritické bezpečnostní funkce jsou pak stanoveny 4 stupně vyjadřující jejich ohrožení (od nejvyššího):

- extrémní ohrožení
- vážné ohrožení
- neuspokojivý stav
- uspokojivá stav

Při ohrožení více kritických bezpečnostních funkcí najednou pak platí priority dle výše uvedených 4 stupňů. Znamená to, že extrémní ohrožení „nižší“ kritické bezpečnostní funkce má prioritu před např. vážným ohrožením „vyšší“ kritické bezpečnostní funkce. Vztah jednotlivých bariér a kritických bezpečnostních funkcí je znázorněn v následující tabulce 2.

Bariéra	Kritická bezpečnostní funkce
Matrice paliva Pokrytí paliva	Podkritičnost AZ (minimalizace vývinu tepla v palivu) Chlazení AZ (zajištění chladiva I.O. pro odvod tepla z AZ) Odvod tepla z I.O. (zajištění chladiva II.O. pro odvod tepla z AZ a I.O.) Zásoba chladiva I.O. (zajištění chladiva pro efektivní odvod tepla z AZ, kontrola tlaku I.O.)
Tlakové rozhraní I.O.	Odvod tepla z I.O. (zajištění chladiva II.O. pro odvod tepla z AZ a I.O.) Neporušenost I.O. (zabránění narušení integrity I.O.) Zásoba chladiva I.O. (zajištění chladiva pro efektivní odvod tepla z AZ, kontrola tlaku I.O.)
Ochranná obálka – KTMT	Neporušenost KTMT (zabránění narušení integrity ochranné obálky – KTMT)

Tab. 2 – Vztah jednotlivých bariér a kritických bezpečnostních funkcí ^[25]

1.5.7 Hodnocení jaderné bezpečnosti

V hodnocení jaderné bezpečnosti se uplatňují dva procesy či metody – deterministické a pravděpodobnostní hodnocení.

Deterministický přístup v hodnocení bezpečnosti tvoří základ prokazování dostatečné úrovně bezpečnosti JE k získání povolení k provozu bloku. Vychází z vybraných, předem určených havarijních scénářů až do úrovně maximální projektové nehody. Je to systematický proces k zajištění průkazů splnění všech relevantních bezpečnostních požadavků, jehož podstatnou součástí je bezpečnostní analýza. ^[4]

Vedle tohoto přístupu se dále uplatňuje přístup pravděpodobnostního hodnocení, který zahrnuje i další události a zvažuje i pravděpodobnost výskytu dané události včetně jejího rozvoje. Jedná se o metodu analýzy bezpečnosti, resp. rizika provozu jaderného zařízení, která identifikuje kombinace událostí vedoucí k těžkým haváriím, stanovuje

rovněž pravděpodobnosti vzniku každé takové kombinace a určuje její následky. Metoda pravděpodobnostního hodnocení systematicky spojuje do jednotného rámce všechny podstatné aspekty bezpečnosti ^[3] –

- ✓ projektové charakteristiky zařízení,
- ✓ provozní a havarijní postupy,
- ✓ provozní zkušenosti,
- ✓ úroveň spolehlivosti provozovaných systémů a zařízení,
- ✓ spolehlivost lidského faktoru v reakci na možné havarijní události,
- ✓ průběh fyzikálních procesů při haváriích a potenciální radiologické důsledky na obyvatelstvo v okolí jaderného zařízení od uvolněných RA látek.

Pravděpodobnostní hodnocení se provádí ve třech úrovních, z nichž první hodnotí pravděpodobnost poškození AZ, druhá úroveň pak pravděpodobnost uvolnění radioaktivních látek (zdrojového členu) do okolí jaderného zařízení a třetí pak pravděpodobnost účinků uvolněných RA látek na okolní obyvatelstvo. ^[3]

1.6 Radiační ochrana.

Radiační ochranou rozumíme systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzických osob a k ochraně ŽP. ^[30] Cílem je efektivně omezovat škodlivé důsledky využívání zdrojů ionizujícího záření, vyloučit deterministické účinky záření a riziko stochastických účinků záření udržovat na rozumně přijatelné úrovni.

Podrobnosti způsobu a rozsahu zajištění radiační ochrany, včetně limitů ozáření, směrných hodnot pro uvolňování radionuklidů do ŽP a směrných hodnot při zásazích ke snižování ozáření při radiačních nehodách a haváriích stanovuje vyhláška č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně v platném znění. ^[26] Rovněž stanovuje (mimo jiné) i kritéria bezpečného provozu jaderného zařízení nebo pracoviště se zdroji ionizujícího záření a optimalizační meze pro provoz jaderných zařízení.

1.6.1 Základní principy radiační ochrany

Základní principy radiační ochrany vycházejí z Doporučení ICRP 26 a zahrnují tři principy, které jsou spojeny s rizikem používání zdrojů ionizujícího záření.

princip zdůvodnění – každá činnost, při které je využívána jadernou energii nebo činnost vedoucí k ozáření nebo zásahy k omezení přírodního ozáření nebo ozáření v důsledku radiačních nehod, musí být odůvodněna přínosem, který vyváží rizika, která při těchto činnostech vznikají nebo mohou vzniknout. ^[30]

princip optimalizace - radiační ochrana musí být na takové úrovni, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a ŽP bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek (někdy rovněž označováno jako princip ALARA).

princip limitování - při provádění činností vedoucích k ozáření, je nutné omezovat ozáření fyzických osob tak, aby celkové ozáření způsobené možnou kombinací ozáření z činností vedoucích k ozáření nepřesáhlo v součtu limity ozáření. Limity ozáření jsou stanoveny SÚJB. ^[26] Cílem nepřekročení limitů ozáření je zabránit vzniku deterministických účinkům záření a omezit riziko vzniku stochastických poškození.

Pro radiační ochranu na jaderné elektrárně jsou z hlediska optimalizace úrovně radiační ochrany zásadní následující optimalizační meze:

- efektivní dávky 1 mSv/rok u radiačního pracovníka
- efektivní dávky 50 mikroSv/rok u jiné osoby
- kolektivní efektivní dávka 1 Sv/rok na pracovišti IV. kategorie
- kolektivní efektivní dávka 4 Sv/rok pro provoz jaderně energetických zařízení na každý instalovaný GW výkonu (vztahená na ozáření všech radiačních pracovníků)

V případě, kdy jsou dávky ozáření udržovány pod výše uvedenými hodnotami, lze usuzovat, že radiační ochrana je na daném pracovišti optimalizována a její úroveň je udržována na rozumně dosažitelné (nízké) úrovni.

Optimalizační meze pro vypusti RA látek z pracoviště, kde se nakládá s otevřenými zřehči:

- efektivní dávka 250 mikroSv/rok pro jedince stanovené kritické skupiny obyvatel, z toho (u jaderných elektráren)
 - 200 mikroSv/rok pro výpusti do ovzduší a
 - 50 mikroSv/rok pro výpusti do vodotečí.

Pozn.: výše uvedené optimalizační meze pro výpusti RA látek jsou stanoveny legislativou.^[26] Pro plynné a kapalné výpusti ETE jsou stanoveny ještě nižší hodnoty ve formě autorizovaných limitů (stanovuje SÚJB v příslušných rozhodnutích) ve veličině součtu efektivní dávky a úvazku efektivní dávky pro jedince z příslušné kritické skupiny obyvatelstva.

1.6.2 Limity ozáření radiačních pracovníků

Limity ozáření jsou důležitým nástrojem radiační ochrany, jsou nepřekročitelné, a pro radiační pracovníky platí pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření hodnota 100 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků a hodnota 50 mSv za kalendářní rok.^[26]

Pro hodnocení ozáření radiačních pracovníků na ETE je zásadním dokumentem Program monitorování osobních dávek, který je schvalován SÚJB a pro ozáření radiačních pracovníků na ETE stanovuje zásahovou úroveň 20 mSv za kalendářní rok (pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření).

1.6.3 Havarijní ozáření

Havarijní ozáření zasahujících fyzických osob a ostatních osob nepodléhá limitům ozáření, mělo by být ovšem u zasahujících osob řízeno tak, aby toto ozáření nepřekročilo desetinásobek limitů pro radiační pracovníky (200 mSv pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření) s výjimkou případu záchrany lidských životů nebo zásahu při zabránění rozvoje radiační mimořádné situace s možnými rozsáhlými společenskými a hospodářskými důsledky. Zasahující fyzické osoby musí být o nebezpečí spojeném se zásahem a rizicích z toho plynoucích prokazatelně informovány a musí se zásahu účastnit dobrovolně.

I v případě havarijního ozáření je nutné toto usměrňovat tak, aby bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout (optimalizovat ozáření).

1.6.4 Radiační monitorování za havarijní situace

V souladu s legislativou a platnými programy monitorování je sledování radiační situace zajišťováno za normálního, abnormálního provozu a rovněž při vzniku havarijní situace. Část popisující havarijní monitorování je obsažena ve všech programech monitorování (pracoviště, osobní dávky, výpusti a okolí). Sledování případných úniků RA látek z ETE je prováděno kontinuálně přímým měřením dávkového příkonu gama systémem TDS, který zahrnuje 24 měřících sond rozprostřených v areálu ETE okolo obou HVB. Systém slouží k identifikaci úniku RA látek a případnému směrovému určení úniku. Data z tohoto systému mohou následně vstupovat do výpočtů aplikace RTARC v režimu on-line.

Obdobně jako v areálu ETE je nepřetržitě monitorována radiační situace v okolí prostřednictvím stanic s měřením příkonu prostorového dávkového ekvivalentu záření gama z úrovně 2,5 m nad povrchem. Stanic je celkem 7 a jsou umístěny v Českých Budějovicích, Nové Vsi, Litoradlicích, Bohunicích, Sedleci, Zvěrkovice a v Týně nad Vltavou. ^[2]

Vedle kontinuálního monitorování je, při vzniku havarijní situace s pravděpodobností úniku RA látek do ŽP, prováděno monitorování integrálními dozimetry TLD pro výpočet příkonu prostorového dávkového ekvivalentu a měření přenosnými přístroji v rámci činnosti skupiny RMMS1. Skupina RMMS1 zajišťuje monitorování radiační situace v předúnikové fázi a rozmisťuje TLD v předpokládaném směru úniku tak, aby bylo možno vyhodnotit (po přechodu RA oblaku) únik RA látek a případné důsledky. Současně provádí monitorování přenosnými přístroji. RMMS1 je vysílána z ETE a na její činnost (rozmístění TLD) navazuje další skupina, která je již vysílána z vnějšího havarijního podpůrného střediska v Českých Budějovicích. ^[3] V souladu s řídicí dokumentací ^[2] jsou rovněž zajišťovány odběry (vyhodnocení) vzorků vzdušnin a sběr vzorků ze ŽP v zasaženém území.

1.7 Havarijní připravenost na ETE

Havarijní připraveností se rozumí schopnost rozpoznat vznik radiační mimořádné situace a při jejím vzniku plnit opatření stanovená havarijními plány. ^[30] Cílem havarijní připravenosti je zajistit prevenci vzniku mimořádných událostí, schopnost rozpoznat vznik a závažnost mimořádné události, zmírnit její průběh a na nejmenší možnou míru omezit dopady na zdraví (pracovníků i obyvatelstva v okolí) a na ŽP. ^[17]

Havarijní připravenost je nedílnou součástí bezpečnosti ETE. Prokázání schopnosti řídit a zajišťovat havarijní připravenost ETE je nezbytnou podmínkou pro získání povolení k provozu jaderného zařízení. Prakticky je toto naplněno obsahem Vnitřního havarijního plánu, který je jako licenční dokument schvalován SÚJB ^[6] (viz kap. 1.7.3.1).

1.7.1 Legislativní požadavky na havarijní připravenost

Základní požadavky jsou stanoveny zákonem č. 18/1997 Sb., klíčová pro oblast havarijní připravenosti je ovšem navazující vyhláška č. 318/2002 Sb., která stanovuje podrobnosti k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a definuje rovněž požadavky na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu (pro přepravu radioaktivních látek a materiálů). Pro jaderná zařízení je pak dalším významným dokumentem nařízení vlády č. 11/1999 Sb., které stanovuje požadavky na vymezení zóny havarijního plánování a další povinnosti držitele povolení (ve smyslu zákona č. 18/1997 Sb.) v oblasti zajištění činnosti celostátní radiační monitorovací sítě v zóně havarijního plánování, varování obyvatelstva ZHP, vybavení obyvatelstva antidoty a vyrozumění dotčených orgánů v případě vzniku mimořádné události.

1.7.2 Zajištění havarijní připravenosti

Celý systém havarijní připravenost, resp. její zajištění lze rozdělit do dvou základních částí nebo oblastí :

- Oblast prevence (zahrnuje plánování a přípravu)
- Oblast represe (zásah) ^[17]

Prevence (přípravenost k zásahům) v rámci havarijní připravenosti je na ETE zajištěna prostřednictvím:

- **technického zabezpečení**
 - vytvoření havarijních podpůrných středisek pro činnost personálu POHO (Havarijní štáb, Technické podpůrné středisko, Vnější havarijní podpůrné středisko, Havarijní informační středisko a Logistické podpůrné středisko)
 - vytvoření krytů, shromaždišť a evakuačních míst pro ochranu personálu na ETE
 - zajištění technického systému pro vyrozumění a varování zaměstnanců a dalších osob na ETE (sirény v areálu ETE, závodní rozhlas) a technického systému pro varování obyvatelstva (sirény v zóně havarijního plánování ETE)
 - technický systém pro oznamování mimořádné události dotčeným orgánům
 - zajištění evakuačních autobusů pro zabezpečení případné evakuace osob z ETE
 - zajištění technického vybavení pro zaměstnance zařazené do OHO
 - zajištění informovanosti obyvatelstva v ZHP prostřednictvím příruček pro ochranu obyvatelstva v případě radiační havárie na ETE a prostřednictvím varovných relací
 - zajištění jodové profylaxe pro zaměstnance a další osoby na ETE a pro obyvatelstvo v ZHP ^[6]
- **organizačního zabezpečení** – na ETE je zřízena OHO, která je rozdělena na interní organizaci havarijní odezvy (IOHO) - je tvořena personálem směnového provozu, a na pohotovostní organizaci havarijní odezvy (POHO) – je tvořena personálem havarijních podpůrných středisek a havarijního štábu jako řídicí složky při řešení mimořádných událostí. Vytvoření OHO schvaluje základní havarijní štáb (ZHŠ), který je ustanoven pro potřeby preventivního zajištění havarijní připravenosti a dlouhodobé řešení pohavarijních stavů na ETE. ^[6] Jednotlivá střediska a jejich komunikační provázanost je vidět na obrázku 4.

- **personálního zabezpečení** – součástí přípravy všech pracovníků je školení z oblasti havarijní připravenosti včetně ověření znalostí a prokazatelného dokladování. Specifická školení absolvují zaměstnanci zařazení do funkcí v OHO.
- **ověřování havarijní připravenosti** – nedílnou součástí havarijní připravenosti je prokazování schopnosti plnit kvalifikovaně a účinně činnosti stanovené VHP JE. Mezi základní prostředky prokazování havarijní připravenosti patří havarijní cvičení prováděná dle schváleného ročního plánu havarijních cvičení a předem stanoveného scénáře. Slouží k ověření celého systému včetně ověření dostatečnosti příslušné dokumentace a schopnosti zaměstnanců plnit úkoly dokumentace havarijní připravenosti.
- **dokumentování a hodnocení havarijní připravenost** – tato oblast zahrnuje zpracování: ¹⁶⁾
 - licenční dokumentace (VHP JE, Traumatologický plán a Havarijní řád)
 - zásahových instrukcí dle seznamu uvedeného ve VHP JE
 - hodnotících zprávy (roční zpráva o havarijní připravenosti, souhrnné zhodnocení provedených havarijních cvičení za příslušný kalendářní rok)
 - protokolu o mimořádné události

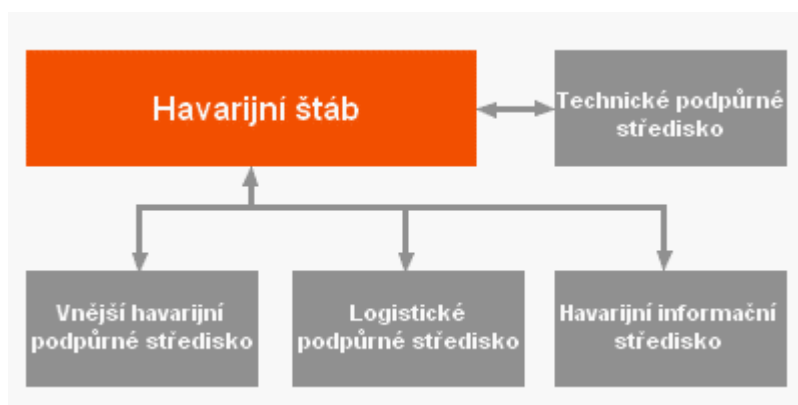
Konkrétní požadavky na obsah výše uvedené dokumentace k dokladování připravenosti HP jsou stanoveny vyhláškou č. 318/2002 Sb.

Fáze zásahu v případě mimořádné události zahrnuje provádění opatření vedoucích k:

- omezení příčin vzniku mimořádné události,
- zamezení a omezení rozvoje mimořádné události,
- zamezení a omezení úniku radioaktivních látek,
- získání kontroly nad zdrojem ionizujícího záření. ¹²⁷⁾

Systematický přístup k naplňování výše uvedených opatření v oblasti plánování, přípravy a provádění zásahu zaručuje, že stav technických prostředků, dokumentace a personálu je na dostatečné úrovni pro snížení pravděpodobnosti vzniku havárie na

přijatelnou úroveň a v případě vzniku havárie jsou stanovena a prováděna taková opatření, aby bylo možno vzniklou situaci včas identifikovat a účinně zabránit jejímu rozvoji a zhoršování. Pro plnění úkolů havarijní připravenosti je na ETE zřízen systém pracovišť (středisek) s příslušným technickým zázemím pro personál – viz obrázek 4. Havarijní štáb a technické podpůrné středisko je umístěno v krytu pod administrativní budovou na ETE, vnější havarijní podpůrné středisko na LRKO v Českých Budějovicích, logistické podpůrné středisko a havarijní informační středisko v budově vysokoškolských kolejí K5 rovněž v Českých Budějovicích.



Obr. 4 - Systém havarijních středisek na ETE ¹⁹⁾

1.7.3 Dokumentace havarijní připravenosti na ETE

Vedle základních dokumentů pro oblast havarijní připravenosti ^{16,7)} a navazující dokumentace v systému řídicí dokumentace ETE jsou pro havarijní připravenost ETE zásadní Vnitřní havarijní plán a Zásahové instrukce pro jednotlivé činnosti.

1.7.3.1 Vnitřní havarijní plán JE

Dle zákona č.18/1997 Sb. v platném znění je Vnitřní havarijní plán jedním z dokumentů nutných pro vydání povolení k provozu jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie (§9, odst.1, písm.d) zákona) a schvalovaný SÚJB. Jeho obsah stanovuje vyhláška č.318/2002 Sb. v platném znění.

Popisuje technicko organizační a personální zajištění pro zjišťování vzniku mimořádné události, pro posuzování závažnosti mimořádné události a jejich klasifikaci, vyhlášení mimořádné události, řízení a provádění zásahů, omezování ozáření zaměstnanců a dalších osob a ověřování havarijní připravenosti. Dále obsahuje zásady zdravotnického zajištění při vzniku mimořádných událostí (traumatologický plán), seznam orgánů státní správy a dalších dotčených orgánů včetně popisu vazeb na tyto orgány v případě vyhlášení mimořádné události, zásahové postupy pro řešení jednotlivých stupňů události a seznam zásahových instrukcí. Konkrétní části Vnitřního havarijního plánu (klasifikace mimořádných událostí, vyhlášení ochranných opatření) ve vazbě na řešené téma jsou specifikovány a popsány dále v textu. Vnitřní havarijní plán JE je zpracován jako společný dokument pro ETE a jadernou elektrárnu Dukovany.^[25]

1.7.3.2 Zásahové instrukce

Zásahové instrukce jsou písemně zpracované konkrétní popisy jednotlivých činností předem určených zaměstnanců a dalších osob podílejících se na řízení a provedení zásahu.^[27]

V systému OHO na ETE jsou zpracovány zásahové instrukce:

- 1) pro jednotlivé funkce POHO a vybrané funkce IOHO
- 2) pro činnosti, na nichž se podílí více funkcí OHO

Zásahové instrukce obsahují:

- účel a cíl dané konkrétní činnosti
- specifikaci a popis činnosti
- organizační zajištění, popřípadě součinnost s dalšími zasahujícími zaměstnanci a osobami včetně způsobů jejich vzájemného spojení a předávání informací
- seznam potřebného technického, přístrojového, zdravotnického a dalšího materiálového vybavení pro řízení a provedení zásahu a místa jeho uložení,
- seznam potřebných ochranných pomůcek a místo jejich uložení,
- způsob a rozsah dokumentování činností provedených podle zásahové instrukce formou kontrolních listů pro jednotlivé stupně mimořádné události.^[27]

1.7.4 Rozdělení a klasifikace mimořádných událostí

Včasné rozpoznání a správná klasifikace typu vzniklé mimořádné události umožňuje provést adekvátní zásah a efektivní zvládnutí mimořádné události. Pro potřeby zajištění rychlého ocenění jsou mimořádné události z hlediska svého vzniku na ETE rozděleny do tří základních skupin ^[31]:

Události z technologických příčin

Příčiny těchto událostí vycházejí z poruch zařízení nebo překročení parametrů bezprostředně souvisejících s udržováním celistvosti ochranných bariér proti úniku štěpných produktů (matrice paliva, pokrytí palivového proutku, tlakové rozhraní I.O. a KTMT). Události z technologických příčin jsou z hlediska symptomů použitých pro určení dopadů na celistvost ochranných bariér rozděleny do následujících dvou kategorií:

- Poruchy systémů a komponent

Do této kategorie patří události, v jejichž důsledku došlo nebo může dojít k výpadku bezpečnostních systémů udržujících hodnoty kritických bezpečnostních funkcí v požadovaných mezích. Výpadek těchto systémů může následně vést k porušení celistvosti některé ochranné bariéry proti úniku štěpných produktů.

- Narušení integrity ochranných bariér

Do této kategorie patří události, v jejichž důsledku došlo nebo může dojít k porušení celistvosti některé nebo všech fyzických ochranných bariér.

Radiační události

Radiační události vedoucí k nekontrolovanému šíření radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do pracovního prostředí nebo ŽP se dále člení:

- Radiační události z technologických příčin

Do této kategorie patří události, které mohou vést až k radiační havárii.

- Radiační události z netechnologických příčin

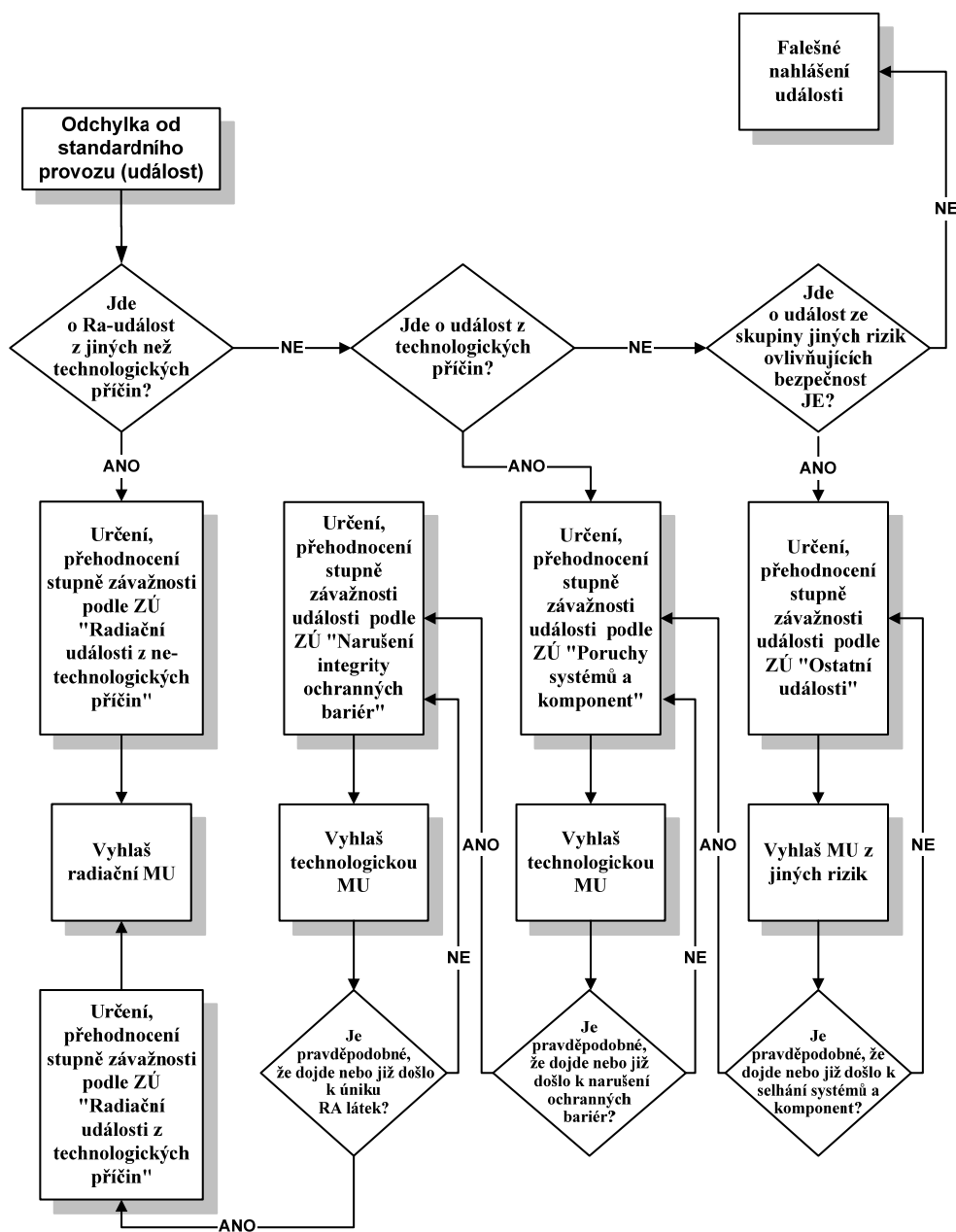
Do této kategorie patří události, ke kterým došlo z důvodu nestandardní manipulace s radioaktivními zářiči, radioaktivními odpady, případně jinými

médii obsahujícími radionuklidy, které však nemají přímou vazbu na porušení celistvosti některé ochranné bariéry proti úniku štěpných produktů.

Události z jiných rizik

Do této kategorie patří události, jejichž příčiny vyplývají z jiných rizik, například teroristické výhrůžky, narušení fyzické ochrany ETE, hromadné nebo smrtelné úrazy spojené s provozem ETE, ekologické havárie, přírodní katastrofy apod. Zahrnují tak všechny ostatní události ovlivňující bezpečnost JE mimo již výše uvedené.

Vedle tohoto základního rozdělení je dále zpracován klasifikační systém ¹³¹ na posuzování závažnosti mimořádné události. Toto posouzení provádí SI, resp. velitel HŠ porovnáním typu nahlášené mimořádné události s množinou předem nadefinovaných havarijních zásahových úrovní. Havarijní zásahové úrovně představují soubor předem určených a místně specifických iniciačních podmínek, jejichž překročení znamená zařazení dané mimořádné události do příslušného klasifikačního stupně a typu. Tyto zásahové úrovně jsou zpracovány pro všechny provozní stavy ETE. Rozhodovací algoritmus při posuzování typu mimořádné události je zobrazen na následujícím obrázku 5.



Obr. 5 – Principiální schéma posuzování typu mimořádné události [31]

Pro účely klasifikace jsou mimořádné události dle vyhlášky č. 318/2002 Sb. v platném znění členěny do 3 klasifikačních stupňů:

- prvním stupněm je klasifikována mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému ozáření zaměstnanců a dalších osob nebo nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek do prostor jaderného zařízení nebo pracoviště,

kteřá má omezený, lokální charakter a k jejímu řešení jsou dostačující síly a prostředky obsluhy nebo pracovní směny a při přepravě nedojde k úniku radioaktivních látek do ŽP,

- druhým stupněm je klasifikována mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému závažnému ozáření zaměstnanců a dalších osob nebo k nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek do ŽP, které nevyžaduje zavádění neodkladných opatření k ochraně obyvatelstva a ŽP, její řešení vyžaduje aktivaci zasahujících osob držitele povolení a k jejímu zvládnutí jsou dostačující síly a prostředky držitele povolení, případně síly a prostředky smluvně zajištěné držitelem povolení,
- třetím stupněm je klasifikována mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému závažnému uvolnění radioaktivních látek do ŽP, vyžadujícímu zavádění neodkladných opatření k ochraně obyvatelstva a ŽP, stanovená ve vnějším havarijním plánu a v havarijním plánu kraje. Událost třetího stupně je radiační havárií a její řešení vyžaduje, kromě aktivace zasahujících osob držitele povolení a zasahujících osob podle vnějšího havarijního plánu, popřípadě havarijního plánu kraje, zapojení dalších dotčených orgánů.

Vedle výše uvedených stupňů klasifikace mimořádných událostí dle legislativy je na ETE zaveden i klasifikační stupeň Neobvyklá událost. Identifikace zásahové úrovně pro neobvyklou událost ještě neznamena vznik mimořádné události, může být ovšem její iniciační podmínkou. ^[25]

Na ETE je vypracován seznam předem definovaných zásahových úrovní pro vybrané veličiny u jednotlivých stupňů mimořádných událostí + neobvyklé události. Vše je pro přehlednost rozděleno do oddílů dle jednotlivých kategorií mimořádných událostí. Postup hodnocení kategorie a závažnosti události (stupeň) závisí na typu vzniklé události s ohledem na aktuální provozní stav bloku.

1.7.5 Klasifikace INES

Vedle výše popsaného postupu stanovení typu a klasifikace mimořádné události, který vychází z platné dokumentace ETE ^[25] a legislativy ^[27], jsou události na jaderných zařízeních hodnoceny dle Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí (INES). Klasifikace INES byla zavedena v roce 1990 MAAE ve spolupráci s OECD/NEA. Tato stupnice může být použita rovněž při jakékoli události spojené s RA materiálem a/nebo s radiací a pro jakoukoliv událost, která by se vyskytla v průběhu přepravy RA materiálu ^[13]. Stupnice zařazuje události do 7 stupňů: vyšší stupně (4–7) se označují jako „havárie“, nižší (1–3) „nehody“. Události, které nemají žádný bezpečnostní význam a jsou klasifikovány stupněm 0 („pod stupnicí“), se nazývají „odchylky“. Události, které vůbec nesouvisí s bezpečností, se pak označují jako události „mimo stupnicí“.

Hodnocení dle INES je určeno pro hodnocení dopadů mimořádné události. Hodnocení INES nenahrazuje v žádném případě klasifikaci mimořádných událostí určenou pro iniciaci OHO zpracovanou dle dokumentace držitele povolení a legislativy. Jak již z názvu vyplývá, slouží spíše pro mezinárodní styk a „nadmárodní“ hodnocení případně určité srovnání jednotlivých událostí z hlediska jejich dopadů. Tomu odpovídají principy a postupy stanovení jednotlivých stupňů. Základní struktura stupnice se základními indikátory u jednotlivých stupňů je znázorněna na obrázku v Příloze 9.4.

1.7.6 Zóna havarijní připravenosti

ZHP je oblast v okolí jaderného zařízení nebo pracoviště, kde se nachází zdroj ionizujícího záření, v níž se na základě výsledků rozborů možných následků radiační havárie uplatňují požadavky z hlediska havarijního plánování (Vnější havarijní plán). ^[30] Návrh na stanovení ZHP předkládá SÚJB držitel povolení k umístění, výstavbě nebo provozu jaderného zařízení nebo pracoviště s velmi významným zdrojem ionizujícího záření, pokud u něj nelze vyloučit radiační havárii s pravděpodobností vzniku větší nebo rovnou 10^{-7} /rok. ^[22] Stanovení ZHP a její rozsah pro ETE provedl SÚJB Rozhodnutím č. 311 z 5.8.1997.

Velikost ZHP byla stanovena na základě zhodnocení výsledků posouzení dopadů možných radiačních havárií ETE spolu s výsledky hodnocení pravděpodobností výskytu havárií a jejich následků, které by mohly vyžadovat realizaci opatření pro ochranu obyvatelstva. ^[24] ZHP je stanovena jako území dané plochou kruhu o poloměru 13 km se středem daném KTMT HV B1 a území obcí, které se nacházejí na hranici tohoto kruhu.

Výše uvedeným rozhodnutím SÚJB je ZHP členěna na:

- vnitřní část ZHP (pásmo 5 km)
- vnější část ZHP (pásmo 5-13 km) rozdělené na 16 sektorů

Do vnitřní části ZHP byly zahrnuty i větší obce ležící na rozhraní vnitřní části ZHP.

Současně je území ZHP v souladu s vyhláškou č.328/2002 Sb. v platném znění členěno na:

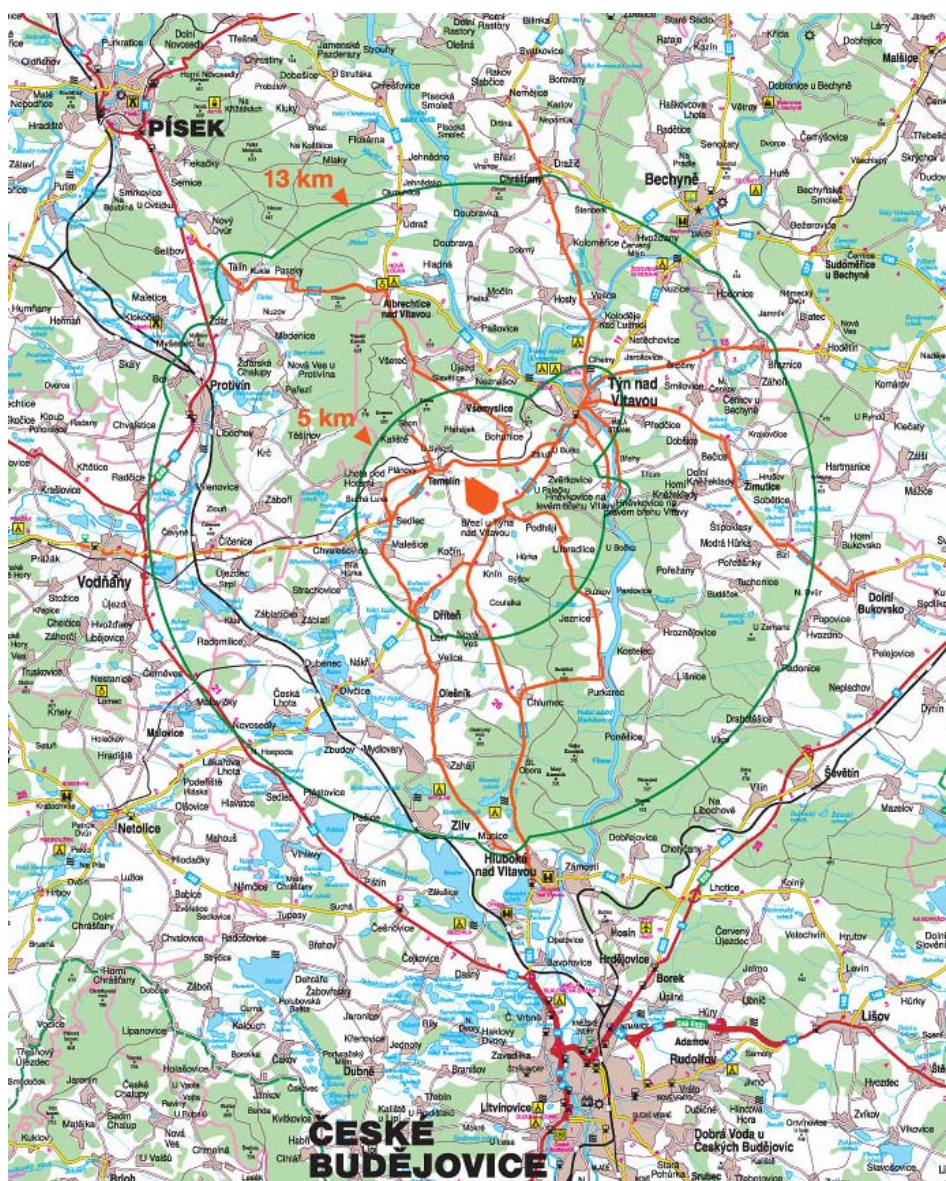
- středový prostor, který je totožný s vnitřní částí ZHP
- sektory – vnější část ZHP je rozdělena na 16 výsečí (po 22,5°) s tím, že přesný průběh hranic sektorů a středového prostoru je přizpůsoben místním územním a demografickým poměrům. Osa sektoru č. 1 směřuje na sever, další sektory jsou číslovány ve směru hodinových ručiček.

Znázornění ZHP s vyznačením hranice vnitřní zóny je na obrázku 6.

Povinnosti držitele povolení v ZHP jsou stanoveny zákonem č.18/1997 Sb. v platném znění, konkrétně v §19 a nařízením vlády č.11/1999 Sb. v platném znění.

Držitel povolení se podílí:

- na zajištění činnosti Celostátní radiační monitorovací sítě v ZHP, a to za normálního provozu, při vzniku radiační havárie a v rámci havarijních cvičení pro ověřování havarijní připravenosti
- na vybavení obyvatelstva v ZHP antidoty (prostředky ke snížení ozáření z vnitřní kontaminace RA látkami)
- zajištění tiskové a informační kampaně k připravenosti obyvatelstva v ZHP pro případy radiačních havárií
- zajištění systému vyrozumění dotčených orgánů a zajištění systému varování obyvatelstva



Obr. 6 – Znárodnění ZHP ETE 5 a 13 km [24]

1.8 Vnější havarijní plán

Požadavky na obsah a podrobnosti k procesu zpracování Vnějšího havarijního plánu jsou stanoveny vyhláškou č.328/2001 Sb. v platném znění v §26 a §27. Vnější havarijní plán ETE (VHP) zpracovává Hasičský záchranný sbor JČK, v jehož územním obvodu se nachází ETE jakožto jaderné zařízení se stanovenou zónou havarijního plánování. Činnosti a opatření uvedené ve VHP navazují na vnitřní havarijní plán ETE. VHP je závazným dokumentem pro všechny subjekty v něm uvedené a stanovená opatření a úkoly jsou podkladem pro zajištění jejich havarijní připravenosti. Minimálně 1x za 3 roky se použitelnost VHP prověřuje havarijním cvičením. VHP se dále člení na informační část, operativní část a plány konkrétních činností. ^[24]

1.8.1 Obsah a členění VHP

Informační část VHP obsahuje informace a data obecného charakteru o ETE, popis území po stránce demografické, geografické, klimatických podmínek, a popis infrastruktury na území ZHP. Dále jsou v této části VHP informace o dotčených obcích včetně přehledu obyvatel, obsažen je rovněž seznam právnických a podnikajících fyzických osob, které jsou zahrnuty do vnějšího havarijního plánu, systém klasifikace radiačních havárií podle vnitřního havarijního plánu ETE, požadavky na ochranu obyvatelstva a ŽP ve vztahu ke směrným hodnotám zásahových úrovní při radiační havárii. Pro efektivní řízení zásahů je velmi důležitou součástí i popis struktury organizace havarijní připravenosti v ZHP včetně uvedení kompetencí složek provádějících potřebné činnosti, informace o systému vyrozumění a varování, který obsahuje vazby vnitřní havarijní plán a předávání informací (komunikace) v rámci organizace havarijní připravenosti v ZHP.

Operativní část VHP udává přehled připravených opatření, která jsou prováděna po vyrozumění o podezření na vznik nebo při potvrzení vzniku radiační havárie na ETE. Technicky je rozpracováno řešení jednotlivých opatření v závislosti na předpokládanou radiační situaci a její očekávané časové posloupnosti ve formě jednotlivých příloh pro mimořádnou událost 2. a 3. stupně. Provedení jednotlivých opatření se následně

zajišťuje podle plánů konkrétních činností (viz níže) v závislosti na vývoji a průběhu radiační havárie. ^[24]

Plány konkrétních činností navazují úzce na operativní část VHP a za účelem stanovení konkrétních činností obsahují plány: ^[24]

- vyrozumění,
- varování obyvatelstva,
- záchranných a likvidačních prací,
- ukrytí obyvatelstva,
- jodové profylaxe,
- evakuace osob,
- individuální ochrany osob,
- dekontaminace,
- monitorování,
- regulace pohybu osob a vozidel,
- traumatologický,
- plán veterinárních opatření,
- regulace distribuce a požívání potravin, krmiv a vody,
- opatření při úmrtí osob v zamořené oblasti,
- zajištění veřejného pořádku a bezpečnosti,
- komunikace s veřejností a hromadnými informačními prostředky.

1.8.2 Varování obyvatelstva v ZHP

ETE jako držitel povolení je povinen v případě podezření na vznik nebo při vzniku radiační havárie neprodleně zajistit varování obyvatelstva v ZHP ^[30]. Za tímto účelem zajišťuje souhrn technických a organizačních opatření zabezpečujících včasné varování obyvatelstva při vzniku radiační havárie (systém varování). ^[22]

Varování obyvatelstva v ZHP se provádí vysláním akustického signálu pro přijetí obyvatelstvem v celé ZHP a informování obyvatelstva o vzniku radiační havárie na ETE. Doplňkové informace a potřebná opatření na základě rozhodnutí správních

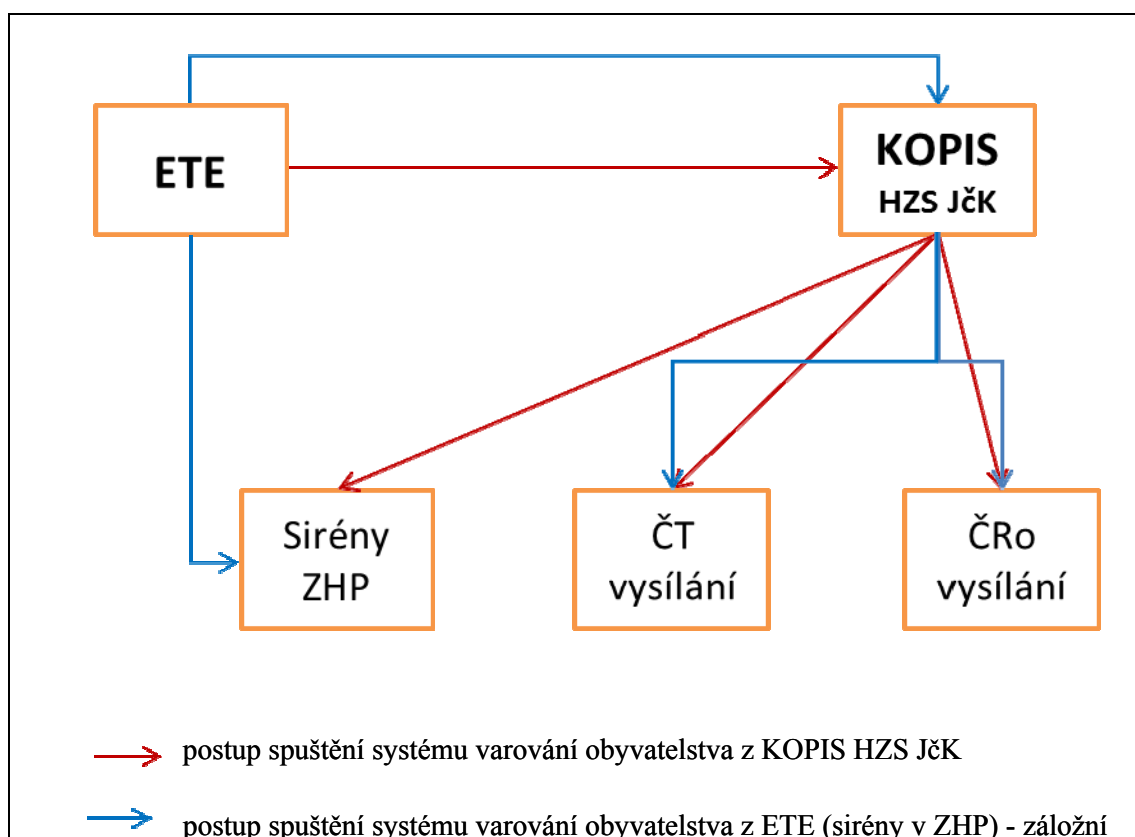
úřadů nebo orgánů místní samosprávy se provádí cestou rozhlasového a televizního vysílání za použití předem připravených obrazových a zvukových nahrávek. ^[24]

První varování je provedeno signálem Všeobecná výstraha prostřednictvím sirén v ZHP, poté následuje odvysílání tísňových informací formou rozhlasových a televizních relací. Tyto předem připravené nahrávky varovných relací obsahují základní informace o vzniku radiační havárie na ETE a o chování obyvatelstva v ZHP k přijetí neodkladných ochranných opatření.

Varování obyvatelstva v ZHP je tedy zajištěno prostřednictvím ^[24]:

- 25 sirén ve vnitřní části a 105 sirén ve vnější části ZHP (signál Všeobecná výstraha – kolísavý tón po dobu 140 s),
- předpřipravených varovných relací, které jsou v případě požadavku velitele zásahu odvysílány Českou televizí na kanále ČT1 a Českým rozhlasem na stanicích ČRo 1 Radiožurnál a ČRo ČB (vysílání varovných relací je opakováno do té doby, než budou hejtmanem JčK prostřednictvím KOPIS HZS JčK odvysílány upřesňující informace),
- doplňkových informací formou přímých rozhlasových a televizních vstupů z informačního střediska KŠ JčK, ze kterého bude prováděno informování obyvatelstva o vývoji situaci, jejich činnosti a vyhlášených ochranných opatřeních vydávaných orgány krizového řízení, správními úřady či složkami IZS,
- dalších místně dostupných prostředků na správním území obce - místním rozhlasem, telefony, megafony, popř. i spojkami (náhradní způsoby varování).

Schéma zabezpečení varování je znázorněno na obrázku 7 včetně záložního způsobu v případě nemožnosti spuštění sirén v ZHP z pracoviště KOPIS HZS JčK.



Obr. 7 – Schéma zabezpečení varování obyvatelstva v ZHP

1.8.3 Požadavky na ochranu obyvatelstva

Ochranná opatření při radičních haváriích se uskutečňují v tom případě, že jsou odůvodněna větším přínosem větším, než jsou náklady na opatření a škody jimi způsobené. Opatření jsou optimalizována co do formy, rozsahu a trvání tak, aby přinesla co největší rozumně dosažitelný přínos.^[26]

Ochranná opatření se zavádějí pro omezení ozáření osob v případě radiční havárie a rozdělují se s ohledem na včasnost zavedení:

- **neodkladná ochranná opatření**, která zahrnují ukrytí, jódovou profylaxi a evakuaci,
- **následná ochranná opatření** zahrnující přesídlení, regulaci požívání radionuklidů kontaminovaných potravin a vody a regulaci používání radionuklidů kontaminovaných krmiv.

1.8.4 Zavádění ochranných opatření v ZHP

Základním nástrojem pro rozhodování o zavedení ochranných opatření jsou úrovně absorbovaných dávek a směrné hodnoty zásahových úrovní efektivních resp. ekvivalentních dávek v jednotlivých orgánech a tkáních.

Při rozhodování o přijetí ochranných opatření za nastalé radiační havárie je nutné zvážit skutečnost, zda se aktuální stav výrazně neliší od podmínek, které byly uplatněny při stanovení havarijních zásahových úrovní, a další faktory charakterizující danou událost. Při současném výskytu radiační havárie a jiných havárií s následným únikem chemických škodlivin nebo živelních pohrom je nutno zvážit, zda zavedením ochranného opatření nedojde ke zvýšení škod v důsledku souběžné existence jiných havárií nebo pohrom, a to v rozsahu větším než přínos ze snížení ozáření. ^[26]

1.8.4.1 Směrné hodnoty zásahových úrovní pro neodkladná ochranná opatření

Neodkladné ochranné opatření se vždy považuje za odůvodněné, jestliže by předpokládané ozáření jakéhokoli jedince mohlo vést k bezprostřednímu poškození zdraví. Proto se neodkladná ochranná opatření zavádějí vždy, jestliže se očekává, že absorbované dávky v daných orgánech a tkáních by mohly u kterékoli osoby překročit úrovně v níže uvedené tabulce 3.

Orgán/tkáň	Absorbovaná dávka, která se předpokládá nebo očekává, že bude obdržena v průběhu méně než 2 dnů (Gy)
Celé tělo	1 ^{a)}
Plíce	6
Kůže	3
Štítná žláza	5
Oční čočka	2
Gonády	1

a) Možnost bezprostředního poškození plodu při předpokládaných dávkách větších než zhruba 0,1 Gy se musí vzít v úvahu při zdůvodňování a optimalizaci aktuální zásahové úrovně pro neodkladná opatření.

Tab. 3 – Hodnoty absorbovaných dávek ^[26]

V případě, že by neodkladným ochranným opatřením po dobu nejdéle 7 dnů mohlo být odvráceno nebo sníženo u kritické skupiny obyvatel ozáření v rozsahu převyšujícím dolní meze rozpětí směrných hodnot zásahových úrovní stanovených v

tabulce 4, potom se realizace neodkladných ochranných opatření zvažuje s ohledem na rozsah, proveditelnost a nákladnost opatření a jejich případné důsledky; při překročení horní meze rozpětí se ochranná opatření zpravidla zavádějí vždy.

Opatření	Rozpětí efektivních dávek	Rozpětí ekvivalentních dávek v jednotlivých orgánech a tkáních
Ukrytí a jodová profylaxe	5 mSv – 50 mSv	50 mSv – 500 mSv
Evakuace	50 mSv – 500 mSv	500 mSv – 5000 mSv

Tab. 4 - Směrné hodnoty zásahových úrovní ^[26]

K provedení a hodnocení rozsahu neodkladných ochranných opatření jsou dále zpřesňujícím vodítkem směrné hodnoty odvrácených efektivní dávka resp. odvrácených úvazků ekvivalentních dávek uvedených v tabulce 5.

Neodkladné ochranné opatření	Směrná hodnota
Ukrytí	Efektivní dávka 10 mSv pro období ukrytí ne delší než 2 dny
Jodová profylaxe	Úvazek ekvivalentní dávky 100 mSv ve štítné žláze
Evakuace	Efektivní dávka 100 mSv za období evakuace ne delší než 1 týden

Tab. 5 - Směrné hodnoty odvrácených dávek ^[26]

1.8.4.2 Ochranné opatření ukrytí

Ukrytí obyvatelstva v ZHP je jedním z neodkladných ochranných opatření obyvatelstva k omezení negativních dopadů ionizujícího záření a působení radioaktivních látek. K ukrytí se využívá přirozených ochranných/stínících vlastností staveb, tj. domů, bytů, administrativních a společenských budov. V případě dostupnosti

je možné využít stálých úkrytů např. ve školách, na pracovištích apod. Ukrytí výrazně snižuje zevní ozáření osob z radioaktivního oblaku v závislosti na charakteru stavby (např. materiálu a tloušťky stěn).

Doba ukrytí se nepředpokládá výrazně delší než 2 dny, v případě předpokládané delší doby ukrytí se zvažuje provedení evakuace.

V případě vyhlášení mimořádné události 3. stupně na ETE se obyvatelstvo ukryvá v celé ZHP. Pokyn k ukrytí je vydáván bez vyčkávání na výsledky monitorování skutečné radiační situace v ZHP prostřednictvím varovných relací.

1.8.4.3 Ochranné opatření jódová profylaxe

Jódová profylaxe je dalším z neodkladných ochranných opatření v případě vzniku radiační havárie a v případě vyhlášení je prováděna jednorázově veškerým obyvatelstvem nacházejícím se na celém území ZHP. Jódová profylaxe nenahrazuje ukrytí nebo případnou evakuaci (opatření hlavní, která chrání komplexně), jejím úkolem je zabránit akumulaci radioaktivního jódu ve štítné žláze.

Informace o pokynu k provedení jódové profylaxe obdrží obyvatelstvo ve varovných relacích odvyšlaných v hromadných informačních prostředcích (viz kap.1.8.2). Jódové tablety se užívají podle informace v příbalovém letáku. Předepsané dávkování u jednotlivých věkových kategorií je uvedeno v tabulce 6. Jedno balení obsahuje 4 ks tablet, každá obsahuje 65 mg jodidu draselného.

Účinnost jódové profylaxe závisí na době podání jódových tablet. Maximálního účinku (téměř 100% ochrany) se dosáhne podáním preparátu v době 1 až 6 hodin před únikem radioaktivního jódu nebo co nejdříve poté, max. do 2 hodin. ^[24] Předčasné nebo neopodstatněné užití tablet žádným způsobem nezvýší ochranu organismu a naopak způsobí, že tablety nebudou k dispozici v situaci, kdy jejich potřeba bude skutečná.

Radioaktivní jód je jednou z významných RA látek, které budou v případě radiační havárie unikat do ŽP. Další důležitou skutečností je vychytávání jódu (jakožto důležitého stopového prvku) štítnou žlázou. Do organismu se může dostat vdechnutím, požitím kontaminovaných potravin či vody. Požitím stanoveného množství jodidu

draselného se štítná žláza plně nasytí stabilním, **neradioaktivním jódem**, který tento preparát obsahuje, a tím se zabrání přijímání radioaktivního jódu do štítné žlázy po příchodu RA oblaku. V případě, že stabilní jód je přítomen v organismu, potřeba nebo schopnost štítné žlázy přijímat jód je omezena a jakýkoliv další jód (radioaktivní) již není tímto orgánem přijímán a je z těla vylučován.

<i>Věková skupina obyvatel</i>	<i>Množství jodidu draselného</i>			
	<i>váha</i>	<i>1. dávka</i>	<i>2. dávka</i>	<i>3. dávka</i>
Novorozenci do 1 měsíce	16 mg	¼ tablety	ne*	ne*
Kojenci a děti do 3 let	32 mg	½ tablety	¼ tablety	ne*
Děti do 12 let věku	65 mg	1 tableta	½ tablety	1 tableta
Děti nad 12 let věku	130 mg	2 tablety	1 tableta	1 tableta
Dospělé osoby	130 mg	2 tablety	1 tableta	1 tableta
Kojící matky a těhotné ženy	130 mg	2 tablety	1 tableta	ne*

* dávky se u těchto kategorií nepodávají

Tab. 6 – Předepsané dávkování jodidu draselného ^[24]

V případě nutnosti je obyvatelstvo vyzváno k aplikaci dalších dávek tablet jodidu draselného (v tabulce 6 označeno jako 2. a 3. dávka). Časově tato situace může nastat po cca 24 resp. 48 hodinách. Opakování jodové profylaxe se vyhlašuje v závislosti na výsledcích monitorování radiační situace v ZHP formou doplňkových informací v rozhlasovém a televizním vysílání. ^[24]

1.8.4.4 Ochranné opatření evakuace

Evakuací se zabezpečuje přemístění osob, zvířat, předmětů kulturní hodnoty, technického zařízení, případně strojů a materiálu k zachování nutné výroby a nebezpečných látek z míst ohrožených mimořádnou událostí. ^[28]

Z hlediska rozsahu evakuačních opatření můžeme evakuaci rozdělit na: ^[21]

- Evakuaci zahrnující evakuační opatření na osoby např. jedné budovy, malého počtu obytných budov, správních budov, technologických provozů nebo celků
- Evakuaci zahrnující opatření pro obyvatelstvo části nebo celého urbanistického celku, případně většího územního prostoru

Z pohledu doby trvání lze evakuační opatření rozdělit na: ^[21]

- Krátkodobá, kdy hrozící krizová situace nevyžaduje dlouhodobé opuštění domovů či pracovišť. V tomto případě není zajišťováno náhradní ubytování a opatření k nouzovému přežití obyvatelstva se provádí v omezeném rozsahu
- Dlouhodobá, kdy krizová situace vyžaduje delší, více než 24 hodinový pobyt mimo ohrožená místa. Pak se realizují opatření k nouzovému přežití obyvatelstva v potřebném rozsahu

Podle způsobu realizace evakuace mluvíme pak o evakuaci: ^[21]

- Samovolné – proces realizace evakuačních opatření není řízen, obyvatelstvo jedná dle vlastního uvážení. Orgány odpovědné za proces evakuace a orgány pověřené řízením evakuace se pak musí snažit získat kontrolu nad průběhem samovolné evakuace a případně ji usměrňovat tak, aby v jejím průběhu nedošlo k ohrožení zdraví obyvatelstva a nedošlo k omezení řízených evakuačních a záchranných prací.
- Řízené, kdy je celý proces evakuace příslušnými orgány řízen a usměrňován.

Evakuace obyvatelstva je jedním z neodkladných ochranných opatření plánovaných v ZHP ETE. Je mezním, ale současně nejúčinnějším opatřením k zajištění ochrany obyvatelstva. Cílem evakuace při vzniku radiační havárie je zabránit nežádoucímu ozáření. Rozsah provedení evakuace obyvatelstva závisí na prostorových a časových charakteristikách radioaktivního oblaku, na stupni kontaminace ŽP a na časovém průběhu evakuace.

Vyhlášení realizace neodkladného ochranného opatření evakuace v ZHP ETE provádí Hejtman JČK na základě podkladu pro rozhodování o provedení evakuace, který vydává Krizový štáb SÚJB. Poradním orgánem hejtmána je krizový štáb kraje. Starostové dotčených obcí organizují evakuaci na správním území obce ve spolupráci s

HZS JČK, který organizuje provedení evakuace obyvatelstva ze ZHP ETE do míst náhradního ubytování. ^[24]

Rozhodování o provedení evakuace v *předúnikové* nebo *poúnikové* fázi je přijímáno na základě analýzy: ^[24]

- předvídatelného vývoje stavu jaderného zařízení a velikosti hrozícího úniku,
- znalosti vývoje meteorologických podmínek,
- očekávaného rozsahu ohroženého území, ve kterém se očekává dosažení směrných hodnot zásahových úrovní pro evakuaci,
- předpokládané doby potřebné k provedení evakuace,
- radiologických dopadů ve formě prognózovaných hodnot efektivních dávek,
- výsledků porovnání prognózovaných a směrných hodnot.

Podklad pro rozhodování o realizaci opatření evakuace vydává SÚJB v souladu s legislativou ^[28] dle následujících zásad:

- v případě poruchy na bezpečnostním zařízení jaderné elektrárny, vedoucí ke vzniku radiační havárie, se provedení evakuace zahajuje v *předúnikové fázi* – evakuace se provádí bez ukrytí,
- v případě radiační havárie s únikem RA látek do vnějšího prostředí se provádí evakuace ze středového prostoru (vnitřní části ZHP) a z vybraných sektorů vnější části ZHP v závislosti na směru větru v *poúnikové fázi* (po předchozím provedení ochranného opatření ukrytí a jodové profylaxe a po snížení prvotního nebezpečí ozáření z RA oblaku). ^[24]

Směrné hodnoty zásahových úrovní a odvrácených dávek pro rozhodování o provedení evakuace jsou uvedeny v kap. 1.8.4.1. Plánovaná evakuační opatření jsou určena obecně pro evakuaci v poúnikovou fázi, protože při předúnikové fázi jsou některá opatření zjednodušena nebo se vůbec neprovádí. Přesto je nutné s nimi počítat pro případ, že k úniku RA látek do životního prostředí dojde v průběhu evakuace. ^[24]

Evakuace během **únikové fáze** by neměla být obecně vůbec vykonávána, protože obyvatelstvo může být neodůvodněně vystaveno zvýšenému ozáření v porovnání s jinými opatřeními. V některých případech ovšem může být evakuace provedena/dokončena za jakýchkoliv okolností, především jde o případ:

- časného úniku RA látek s předpokladem jeho delšího trvání nebo v případě ještě dlouhotrvajícího úniku za předpokladu krátkého pobytu ve vnějším prostoru v souvislosti s evakuací, kdy dávka obdržená během evakuace by mohla být menší než dávka obdržená na místě ukrytí,
- kdy, evakuace začala již v předúnikové fázi, ale mezitím došlo k úniku RA látek (radioaktivní oblak se šíří v okolí),
- v případě rizika překročení hodnot absorbovaných dávek uvedených v tabulce 3 kap. 1.8.4.1.

1.8.4.5 Rozsah a provedení evakuace

Evakuace obyvatelstva ze ZHP ETE je naplánována pro obyvatelstvo nacházející se:

- ve vnitřní části ZHP (5 km pásmo)
- ve vnější části ZHP (5-13 km pásmo) rozdělené na 16 sektorů

V případě vzniku radiační havárie je rozsah evakuačních opatření (počet sektorů, správní území obcí), ze kterých bude provedena evakuace, stanoven v podkladu SÚJB k provedení evakuace. Evakuace se vztahuje na všechny osoby v místech ohrožených mimořádnou událostí, kde byla evakuace nařízena s výjimkou osob, které se podílejí na záchranných pracích. Vnější HP v části ochranného opatření evakuace plánuje provedení evakuace pro 60 % obyvatelstva celé ZHP (v důsledku poměrně velkého počtu osobních vozidel a uplatnění samoevakuace)^[24].

Evakuace je prováděna na základě podkladu vydaného SÚJB vždy z **celé vnitřní části ZHP**, z vnější části ZHP se provádí pouze ze sektorů ve směru šíření radioaktivních látek stanovených s ohledem na výsledky monitorování radiační situace. Evakuace těchto sektorů je ve VHP připravena v 16 variantách. Evakuují se současně

vždy tři sousedící sektory, z nichž číslo středového sektoru určuje číslo varianty, která bude pro evakuaci použita. Výběr varianty, tedy středový sektor určuje SÚJB podle šíření radioaktivního oblaku v závislosti na směru přízemního větru na základě znalosti aktuální meteorologické situace. V případě nepříznivého vývoje meteorologické situace může být doporučena evakuace i z dalších sektorů, případně i oblastí mimo ZHP.

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

2.1 Cíle práce

Cílem diplomové práce je zhodnotit možnosti rozhodování a doporučení provedení ochranného opatření evakuace obyvatelstva ze ZHP ETE v předúnikové fázi radiační havárie z pohledu a možností provozovatele elektrárny. Dále pak posoudit proveditelnost evakuace v předúnikové fázi v závislosti k časovému průběhu vybraných scénářů radiačních mimořádných událostí na ETE.

Dalším cílem mé práce je ocenění přínosu využití modelových výpočetních programů používaných na ETE při zjišťování potenciálních radiologických dopadů na obyvatelstvo v případě radiační havárie zvláště pak v její časné fázi.

2.2 Hypotézy

Hypotéza 1 – rozhodnutí/doporučení o provedení evakuace obyvatelstva v ZHP je možné provést již v předúnikové fázi radiační havárie.

Hypotéza 2 – pro podporu rozhodování o provedení evakuace v ZHP v předúnikové fázi radiační havárie lze využít modelové výpočetní programy.

3 METODIKA

V rámci řešení nastavených cílů diplomové práce a potvrzení předpokládaných hypotéz bylo využito programového vybavení technického podpůrného střediska na ETE.

Pro výpočty radiobiologických dopadů předem stanovených událostí byl použit program RTARC v. 6.0 ETE, který pro potřeby radiační ochrany a havarijní připravenosti na ETE dlouhodobě vyvíjí společnost VUJE, a.s. Trnava. Pro analýzu jednotlivých událostí byl použit soubor přednastavených zdrojových členů (scénářů událostí), které vstupují do výpočtů uvedeného programu v případě havarijní situace s možností úniku RA látek do ŽP (porušení fyzických bariér).

3.1 Postup provádění výpočtů a analýz

- 1) porovnání časových průběhů jednotlivých zdrojových členů - pro hodnocení možnosti realizace evakuace v předúnikové fázi je důležitý časový údaj od vzniku iniciační události do začátku úniku v porovnání s dobou přípravy, zahájení a provedení evakuace dle Vnějšího HP.
- 2) stanovení meteorologických údajů pro vstupy programu RTARC.
- 3) provedení výpočtů prognózy radiologických dopadů pro ochranné opatření evakuace v programu RTARC pro množinu předem stanovených zdrojových členů.
- 4) vyhodnocení výpočtů ve vztahu k legislativně daným směrným hodnotám pro provedení ochranných opatření evakuace.

3.2 Výpočetní program RTARC

Aplikace RTARC slouží k oceňování radiologických dopadů pro obyvatelstvo z úniků RA látek v případě vzniku radiační mimořádné události na ETE. Výstupy z programu rovněž slouží pro provedení klasifikace radiační mimořádné události dle řídicí dokumentace ETE ¹³¹. Význam tohoto programu je v časně fázi mimořádné události, kdy umožňuje predikovat dopad události na životní prostředí a ozáření obyvatelstva v ZHP ETE resp. až do vzdálenosti 40 km. ¹²¹V časně předúnikové fázi

radiační havárie je aplikace RTARC hlavním nástrojem pro vypracování podkladu pro rozhodování o realizaci ochranných opatření zvláště pak evakuace. Tato aplikace je pro použití na ETE ověřena a autorizována SÚJB.

Pro výpočty radiobiologických dopadů lze v programu použít: ^[12]

- množinu předem nastavených scénářů událostí včetně časového průběhu, velikosti a složení RA úniku nebo
- vlastního zdrojového členu – toto vyžaduje znalost velikosti úniku jednotlivých frakcí, trvání úniku a jeho časový průběh.

V případě posuzování radiačních nehod ve fázi hrozícího úniku RA látek je ovšem prakticky použitelná pouze možnost použití předem stanoveného scénáře a jemu odpovídajícímu konzervativně stanovenému zdrojovému členu.

Fyzicky jsou hardwarové a softwarové prostředky s touto aplikací umístěny na pracovišti Vnějšího havarijního podpůrného střediska v Českých Budějovicích, záložní stanice s plnohodnotnou aplikací je pak v Technickém podpůrném středisku na ETE.

Aplikace poskytuje následující výstupní informace a data:

- rozsah území zasaženého radioaktivním oblakem a jeho šíření v návaznosti na zadané časové úseky a meteorologickou situaci
- dávky ozáření selektivně pro věkové kategorie a orgány lidského těla (pro jednotlivé cesty ozáření a sumárně)
- dávky ozáření selektivně pro věkové kategorie a orgány lidského těla po aplikaci ochranných opatření
- příkony efektivní dávky v ZHP ETE, resp. do vzdálenosti 40 km
- odvrácené dávky v ZHP selektivně pro věkové kategorie

K výše uvedenému umožňuje aplikace rovněž zobrazit radiační parametry ve vybraném bodě v ZHP ETE, resp. v okolí do 40 km:

- Časový průběh efektivní dávky selektivně pro jednu věkovou kategorii ve vybraném bodě v okolí ETE
- Časový průběh příkonu efektivní dávky selektivně pro jednu věkovou kategorii ve vybraném bodě v okolí ETE
- Časový průběh objemové aktivity ve vybraném bodě v okolí ETE

Použití systému RTARC je možné v následujících režimech: ^[12]

RTARC off-line – prognóza šíření RA látek v ovzduší a radiologické dopady jsou zpracovány na základě vybraného předdefinovaného zdrojového členu a meteorologických dat.

RTARC on-line – v tomto režimu vstupují do výpočtu data z měření TDS a meteorologická data, je nutné rovněž zadat odhad průběhu havárie (úniku) na ETE.

RTARC on-line automaticky – průběh a vstupy v tomto režimu jsou obdobné jako v režimu on-line, výpočty ovšem probíhají automaticky (cyklicky) podle nastaveného intervalu a aktuální situace je zobrazována na obrazovce.

RTARC on-line monitorovací – režim navazuje na předcházející s tím, že data z měření TDS jsou průběžně monitorována a při překročení nastavených limitních hodnot je automaticky jednorázově proveden výpočet na základě parametrů výpočtu dopředu specifikovaných obsluhou.

Režim, vstupní údaje (zdrojové členy, meteorologická data) a metodika pro výpočty provedené v rámci této práce jsou uvedeny v následujících kapitolách.

3.3 Metodika pro výpočet radiologických dopadů

Výsledkem provedených výpočtů je posouzení, zda ochranné opatření, jehož provedení se zvažuje (v tomto případě evakuace), povede odvrácení ozáření obyvatelstva v míře dané směrnými hodnotami zásahových úrovní. Směrné hodnoty zásahových úrovní jsou uvedeny v tabulkách 4 a 5, pro vyhodnocení jsou použity směrné hodnoty odvrácených dávek v tabulce 5.

Výpočet byl proveden v režimu RTARC off-line, použití jiného režimu vzhledem k tomu, že se nejedná o reálnou radiační mimořádnou událost s únikem RA látek nemělo smysl (ostatní režimy jsou on-line). V tomto režimu byl proveden výpočet pro efektivní dávku a věkovou kategorii 2 – 7 let. Věková kategorie byla stanovena v souladu s parametry dokumentace ETE ^[33], tento výběr je podložen rovněž výsledky skutečné radiační zátěže z plynných výpustí ETE pro jedince z kritické skupiny obyvatelstva, kdy největší dopad je právě pro věkovou skupinu 2 – 7 let ^[29]. Výpočet

zahrnoval vliv blízkých budov a členitost terénu na šíření RA látek. Zadání časů meteorologických údajů bylo provedeno dle dokumentace ETE ^[33] a v souladu s požadavky vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně v platném znění (pro hodnocení provedení evakuace efektivní dávky za období 7 dnů).

3.4 Použitá meteorologická data

Z pohledu dopadů na obyvatelstvo a na ŽP z daného úniku RA látek je vedle velikosti a složení úniku důležitá i meteorologická situace v lokalitě ETE a okolí. Veškerá meteorologická data (aktuální meteosituační i prognózy vývoje) jsou přebírána od Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), který má v lokalitě – cca 3 km severozápadně od ETE v obci Temelín – meteorologickou observatoř. Stanice je vybavena v současné době automatickým meteorologickým systémem, který zabezpečuje data potřebná pro havarijní připravenost, radiační ochranu a provoz ETE. Data jsou přenášena do informačního systému ETE a dále do laboratoře radiační kontroly okolí v Českých Budějovicích. Do programu RTARC vstupují následující data:

- Rychlost větru (m/s) – nejméně 0,3 m/s ve výšce 10 m
- Směr větru – (deg) – v intervalu 0 – 360°
- Kategorie stability počasí – kat. A - F
- Srážky (mm/hod)

Pro účely výpočtů provedených v mé diplomové práci jsem použil meteorologické údaje, které jsou uváděny v dokumentaci ETE. ^[15] Tyto údaje vycházejí z meteorologických dat a měření zpracovaných prostřednictvím ČHMÚ jen do roku 2004, ovšem klimatické a meteorologické podmínky stanovené dlouhodobým pozorováním a statistickými výpočty pro potřeby ETE jsou dostatečně konzervativní a zůstávají v platnosti i v současnosti (tato data jsou používána i v rámci jiných výpočtů).
[15]

V tabulce 7 jsou meteorologická data, která byla použita do programu RTARC při výpočtech radiologických dopadů na obyvatelstvo v okolí ETE. V poznámkách k tabulce 7 jsou vysvětleny důvody použití uvedených meteorologických údajů. Výpočet 1 – 4 byl proveden vždy pro každý zdrojový člen v programu RTARC.

	výpočet 1	výpočet 2	výpočet 3	výpočet 4
směr větru*	225	225	225	225
rychlost větru (m/s)**	2	2	1	1
kat. stability počasí (A-F)***	D	D	F	F
srážky (mm/hod) ****	0	3	0	3

* tomuto směru 1) odpovídá RA oblak zasahující město Týn nad Vltavou (největší sídlo v ZHP), 2) odpovídá rozmezí nejpravděpodobněji se vyskytujících směrů větrů (západní až jihozápadní) v lokalitě ETE

** použití těchto rychlostí větru představuje konzervativní odhad faktoru zředění ^[15]

*** uvedené kategorie mají nejvyšší procentuální zastoupení výskytu ^[15]

**** uvedené údaje (3 mm/hod.) vychází z pravděpodobnostní oblastní hodnoty 24 hodinového úhrnu srážek pro stoleté období ^[15], výpočet s nulovými srážkami je použit pro srovnání vlivu srážkového úhrnu na radiologické dopady pro obyvatelstvo (efektivní dávky)

Tab. 7 – Přehled meteorologických údajů použitých pro výpočet v programu RTARC

3.5 Použité zdrojové členy (scénáře mimořádných událostí)

Pro základní představu o obsahu (scénáři) zdrojových členů použitých ve výpočtech programu RTARC jsou v níže uvedeném výčtu uvedeny názvy zdrojových členů spolu se základní informací o iniciační události a stručným popisem předpokládaného rozvoje události (scénář). Popis je zaměřen zejména na dopady do oblasti stavů, které mohou mít vliv na poškození fyzických bariér. Obdobně je popsán vývoj a stav havarijních systémů. ^[12]

Tyto zdrojové členy jsou v programu RTARC v režimu off-line používány v rámci havarijních cvičení a byly by rovněž použity i v rámci „ostrého“ spuštění programu při vzniku mimořádné události s předpokládaným únikem RA látek do ŽP. Ve výpočtu v režimu off-line není tento zdrojový člen nijak korigován a napočtené prognózy radiologických dopadů odpovídají úniku RA látek, který by nastal pokud by uvedený havarijní scénář proběhl v celém předpokládaném rozsahu.

Zdrojový člen 1A

Iniciační událost: vznik netěsnosti v PG mezi I.O. a II.O. v smyčce č.1 (ekvivalentní průměr 40 mm).

Rozvoj scénáře: odstavení reaktoru + odstavení HCČ, start VT systému HSCHAZ, NT systém HSCHAZ a sprchový systém KTMT neuvažovány (ztráta vody v GA201), systémy VT doplňování a NT systém doplňování I.O. nefunkční, napájení PG funkční, únik chladiva do okolí přes PSA, výpadek VT systému HSCHAZ po poklesu hladiny vody v GA201 pod úroveň 0.5m, po ~19 hodinách od vzniku havárie dochází k nevratnému odhalování AZ, její postupné degradaci, porušení dna RN (v ~29 hod.) a interakci trosek s betonem v ŠRe.

Zdrojový člen 1B

Iniciační událost: vznik netěsnosti v PG mezi I.O. a II.O. v smyčce č.1 (ekvivalentní průměr 40 mm).

Rozvoj scénáře: odstavení reaktoru + odstavení HCČ, start VT systému HSCHAZ, NT systém HSCHAZ a sprchový systém KTMT neuvažovány (ztráta vody v GA201), systémy VT doplňování a NT systém doplňování I.O. nefunkční, napájení PG funkční, únik chladiva do okolí přes PSA, výpadek VT systému HSCHAZ po poklesu hladiny vody v GA201 pod úroveň 0.5m, po ~19 hodinách od vzniku havárie dochází k nevratnému odhalování AZ, její postupné degradaci, porušení dna RN (v ~29 hod.) a interakci trosek s betonem v ŠRe, po porušení dna RN je modelované vysokotlakové vypuzení taveniny z RN spojené s efektem přímého ohřevu atmosféry KTMT.

Zdrojový člen 2A

Iniciační událost: vznik netěsnosti na potrubí spojujícím horkou větev HCP s KO (velká LOCA, ekvivalentní průměr 200 mm)

Rozvoj scénáře: úplné selhání havarijního chlazení AZ, sprchový systém KTMT je

funkční, postupně dochází k nevratnému odkrytí AZ, tavení a degradaci AZ a protavení dna RN, roztavené trosky AZ a konstrukčních materiálů po porušení dna RN rychle přetaví 2 uzávěry ve vodorovném tunelu a bazén roztaveného materiálu se rozteče na plochu ~100 m², nenastane poškození KTMT.

Zdrojový člen 3M

Iniciační událost: vznik netěsnosti na potrubí spojujícím horkou větev HCP s KO (velká LOCA, ekvivalentní průměr 200 mm)

Rozvoj scénáře: úplné selhání havarijního chlazení AZ, sprchový systém KTMT je funkční, postupně dochází k nevratnému odkrytí AZ, tavení a degradaci AZ a protavení dna RN, roztavené trosky AZ a konstrukčních materiálů po porušení dna RN rychle přetaví 2 uzávěry ve vodorovném tunelu a bazén roztaveného materiálu se rozteče na plochu ~100 m², v důsledku rychlé produkce vodíku je simulovaný detonační výbuch vodíku mající za následek vznik trhliny ve stěně KTMT.

Zdrojový člen VCI_5

Iniciační událost: Netěsnost v PG mezi I.O. a II.O. (3 trubky v horní řadě), ekv. průměr 40 mm.

Rozvoj scénáře: PSA uváznou v otevřené poloze u poškozeného PG, funkční jsou tři VT systémy až do vyčerpání GA201, nefungují systémy napájení PG, po signálu odstavení reaktoru vypnuta HCČ, systém NT doplňování I.O. je nefunkční, fungují dva ze čtyř hydroakumulátorů, tunel ze šachty reaktoru do místností GA302 je uzavřen, KTMT je hermeticky uzavřen (projektový únik). Došlo k obtoku KTMT, VZT systémy KTMT vypnuty a KTMT izolován k času odstavení reaktoru, systém katalytických rekombinátorů je funkční. Zaplaveny budou všechny PG s regulací hladiny na nominální úroveň 2250 mm a poškozený PG bude naplněn na hladinu 3200m.

Zdrojový člen VC2_2

Iniciační událost: Velká LOCA na studené větvi HCP, ekvivalentní průměr 0,2 m

Rozvoj scénáře: Reaktor odstaven, HCČ odstavena signálem odstavení reaktoru, trosky izolací byly splaveny do GA201, ucpání sít a trysek rozstříkovačů všech větví sprchového systému, sprchový systém zcela vyřazen z provozu, VT systém není provozuschopný, všechny hydroakumulátory nefunkční, NT systém dodává do AZ omezené množství vody, které pokrývá ztráty chladiva vyvařením. Nefunguje žádný ze systémů napájení PG, pasivní katalytické rekombinátory jsou provozuschopné. Aplikace opatření k zmírnění úniků do okolí spuštěním tří tras VZT systémů po překročení tlaku v KTMT.

Zdrojový člen VC2_3

Iniciační událost: Velká LOCA na studené větvi HCP, ekvivalentní průměr 0,2 m

Rozvoj scénáře: Reaktor odstaven, HCČ odstavena signálem odstavení reaktoru, trosky izolací byly splaveny do GA201, ucpání sít a trysek rozstříkovačů všech větví sprchového systému, sprchový systém zcela vyřazen z provozu, VT systém není provozuschopný, všechny hydroakumulátory nefunkční, NT systém dodává do AZ omezené množství vody, které pokrývá ztráty chladiva vyvařením. Nefunguje žádný ze systémů napájení PG, PSA funguje, PSK funguje. Pasivní katalytické rekombinátory jsou provozuschopné. Aplikace opatření k zmírnění úniků do okolí odtlakováním přes systém VZT po překročení tlaku v KTMT. Posouzení podmínek filtrování vzdušiny průchodem přes filtry systému VZT.

Zdrojový člen ZC1

Iniciační událost: Netěsnost v PG mezi I.O. a II.O. (3 trubky v horní řadě), ekv. průměr 40 mm.

Rozvoj scénáře: PSA uvážnou v otevřené poloze u poškozeného PG, funkční jsou

tři VT systémy až do vyčerpání GA201, nefungují systémy napájení PG. Po signálu odstavení reaktoru vypnuta HCC, systém doplňování primárního okruhu je nefunkční, fungují dva ze čtyř hydroakumulátorů, tunel ze šachty reaktoru do místností GA302 je uzavřen, KTMT je hermeticky uzavřen (běžný provozní únik). Došlo k obtoku KTMT, VZT systémy KTMT vypnuty a KTMT izolován k času odstavení reaktoru, systém katalytických rekombinátorů je funkční.

Zdrojový člen ZC2

Iniciační událost: Velká LOCA na studené větvi HCP, ekvivalentní průměr 0,2 m
Rozvoj scénáře: Reaktor odstaven, HCC odstavena signálem při odstavení reaktoru. Trosky izolací byly splaveny do GA201, ucpání sít a trysek rozstřikovačů všech větví sprchového systému, sprchový systém zcela vyřazen z provozu. VT systém není provozuschopný. Všechny hydroakumulátory nefunkční NT systém dodává do AZ omezené množství vody, které pokrývá ztráty chladiva vyvařením. Nefunguje žádný ze systémů napájení PG. PSA funguje, PSK funguje. Pasivní katalytické rekombinátory jsou provozuschopné. Při tlaku v KTMT 550 kPa, dojde ke snížení průtoku NT systému tak, že dojde ke snížení hladiny cca 300 mm nad úroveň spodku palivových souborů.

Zdrojový člen ZC4

Iniciační událost: úplná ztráta elektrického napájení vlastní spotřeby (tj. nefunkčnost dieselgenerátorů)
Rozvoj scénáře: nefunkčnost všech aktivních bezpečnostních systémů (HSCHAZ, sprchový systém), havárie se až do porušení dna RN (v čase ~9.4 hodiny od vzniku havárie) vyvíjela jako vysokotlaková (tj. bez vzniku netěsnosti na I.O., únik chladiva přes PV KO), tavenina postupně přetaví dno ŠRe (přes svislé kanály) a proteče do nehermetických prostor pod ŠRe.

Zdrojový člen ZC5

- Iniciační událost: vznik netěsnosti na potrubí spojujícím horkou větev HCP s KO
(velká LOCA ekvivalentní průměr 200 mm)
- Rozvoj scénáře: úplné selhání havarijního chlazení AZ, sprchový systém KTMT nefunkční, postupně dochází k nevratnému odkrytí AZ, tavení a degradaci AZ a protavení dna RN, roztavené trosky AZ a konstrukčních materiálů po porušení dna RN rychle protaví 2 uzávěry ve vodorovném tunelu a bazén roztaveného materiálu se rozteče na plochu ~100 m², po vytvoření bazénu roztaveného materiálu se podaří obnovit funkci (v čase ~8.3 hodiny) jedné větve nízkotlakového systému havarijního chlazení AZ a zabezpečí se zchlazení trosek (voda vytéká do ŠRe přes porušené dno RN).

4 VÝSLEDKY

4.1 Časové průběhy předpokládaných úniků a provedení evakuace

Při úvaze provedení evakuace obyvatelstva z příslušných částí ZHP v předúnikové fázi radiační mimořádné události je omezujícím faktorem čas od vzniku události vedoucí k danému scénáři až po okamžik do začátku úniku RA látek. V tabulce 8 je pro přehlednost u každého zdrojového členu uveden i časový údaj o době trvání úniku a času mezi začátkem úniku a vznikem události.

Na základě informací ve VHP o intervalu přistavování dopravních prostředků k provedení evakuace, doby provedení přípravy na evakuaci, průjezdnosti evakuačních tras a dalších aspektů, je předpokládaná doba evakuace (souhrn přípravy a provedení evakuace od rozhodnutí o evakuaci do doby přijetí evakuovaných osob v místech ubytování) uváděna v rozmezí 6 - 12 hodin v případě provedení evakuace v předúnikové fázi (není uvažováno provedení dekontaminace).^[24]

Pro srovnání možnosti provedení evakuace v předúnikové fázi u jednotlivých událostí byl uvažován konzervativně časový údaj 12 hodin (pro předpokládanou dobu provedení evakuace), neboť pro vnitřní část ZHP je dle časové osy přistavování evakuačních prostředků^[24] uvažováno přistavení 20% evak. prostředků do 4 hodin, do 6 hodin pak dalších 40% a do 8 hodin (od rozhodnutí provedení evakuace) zbylých 40% evakuačních prostředků.

zdrojový člen	stručný popis - iniciační událost	čas do začátku úniku (hod)	trvání úniku (hod)	celková velikost úniku (Bq)
1A	vznik netěsnosti v PG mezi I.O. a II.O. v smyčce č.1 (ekvivalentní průměr 40 mm)	20	18,9	1,127E+19
1B	vznik netěsnosti v PG mezi I.O. a II.O. v smyčce č.1 (ekvivalentní průměr 40 mm)	20	18,9	1,127E+19
2A	vznik netěsnosti na potrubí spojujícím horkou větev HCP s KO (velká LOCA, ekvivalentní průměr 200 mm)	0,61	23,4	6,294E+15
3M	vznik netěsnosti na potrubí spojujícím horkou větev HCP s KO (velká LOCA, ekvivalentní průměr 200 mm)	0,55	23,4	3,317E+18
VC1_5	Netěsnost v PG mezi I.O. a II.O. (3 trubky v horní řadě), ekv. průměr 40 mm. PSA uváznou v otevřené poloze u poškozeného PG	7,02	41	2,234E+19
VC2_2	Velká LOCA na studené větvi HCP, ekvivalentní průměr 0,2 m	17,2	30,9	2,931E+16
VC2_3	Velká LOCA na studené větvi HCP, ekvivalentní průměr 0,2 m	17,2	30,9	2,697E+16
ZC1	Netěsnost v PG mezi I.O. a II.O. (3 trubky v horní řadě), ekv. průměr 40 mm.	7,02	38,1	3,359E+19
ZC2	Velká LOCA na studené větvi HCP, ekvivalentní průměr 0,2 m	17,2	30,9	3,3E+16
ZC4	úplná ztráta elektrického napájení vlastní spotřeby (tj. nefunkčnost diesel generátorů)	2,96	21	1,184E+16
ZC5	vznik netěsnosti na potrubí spojujícím horkou větev HCP s KO (velká LOCA, ekvivalentní průměr 200 mm)	0,61	23,4	1,405E+16

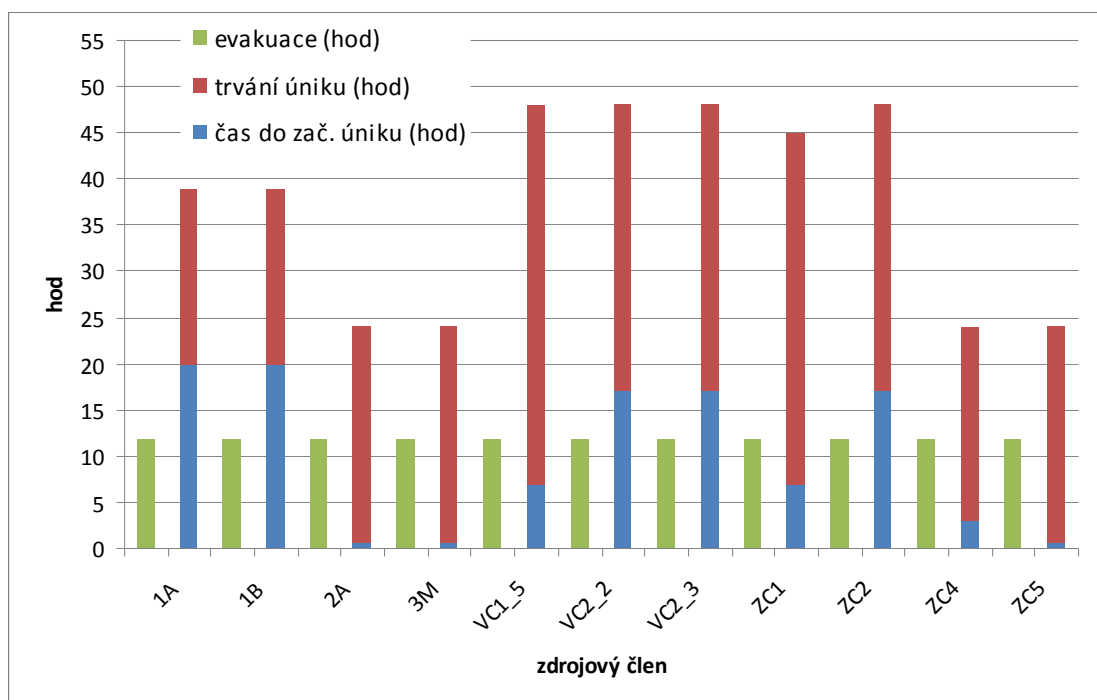
Zdroj: softwarové prostředí aplikace RTARC

Tab. 8 – Přehled zdrojových členů s časovými údaji a velikostmi úniku

Uvedená celková velikost úniku (v Bq) je uvedena pouze pro základní informaci, vzhledem k tomu, že zahrnuje všechny frakce uniklých RA látek, není toto

zcela vypovídající údaj o možných dopadech na obyvatelstvo a ŽP. Orientačně lze ovšem odhadovat, že pokud jsou celkové uniklé aktivity u jednotlivých zdrojových členů až 1000x nižší či vyšší, budou obdobné rozdíly i v obdržených efektivních dávkách.

V níže uvedeném grafu č. 1 jsou zobrazeny časy do začátku úniku a trvání úniku u jednotlivých zdrojových členů a současně je pro přehlednost uveden i předpokládaný čas potřebný na provedení evakuace.



Graf 1 – Porovnání časů u jednotlivých zdrojových členů

Pro splnění podmínky provedení evakuace v časné fázi radiační mimořádné události tj. před únikem RA látek do ŽP je možné uvažovat pouze zdrojové členy 1A, 1B, VC2_2, VC2_3 a ZC2. Ostatní zdrojové členy mají velmi rychlý průběh do úniku RA látek do ŽP. Současně je z grafu patrné, že u všech zdrojových členů součtově doba do začátku úniku a doba úniku výrazně nepřesahuje 48 hodin (u VC1_5, VC2_2, VC2_3 a ZC2 je těsně na této hranici), což je uvažovaná doba trvání pro ochranné opatření ukrytí.

4.2 Výpočty radiologických dopadů – efektivní dávky

V tabulkách 9 - 19 jsou přehledně uvedeny výsledky radiologických dopadů ve veličině efektivní dávka za 7 dní (celé tělo, pro věkovou kategorii 2 - 7 let) z programu RTARC pro jednotlivé zdrojové členy. Zhodnocení zavedení ochranného opatření evakuace bylo provedeno použitím směrných hodnot z tabulky 5 (efektivní dávka 100 mSv/7 dní). Použitá meteorologická data jsou uvedena a vysvětlena v kap. 3.4 v tabulce 7. Výpočet efektivních dávek byl proveden ve 4 pásmech – vzdálenost 3 – 5 km, 5 – 10 km, 10 – 13 km a více jak 13 km od ETE (uvedená 4 pásma vzdáleností jsou nastavena v aplikaci RTARC). Současně je vždy k danému zdrojovému členu a jednotlivému výpočtu pro danou meteorologickou situaci uvedeno, zda je evakuace doporučována nebo ne.

V tabulkách 9 – 19 jsou vždy v 1. části doplněny hodnoty vypočtených efektivních dávek obdržných za 7 dní, hodnoty převyšující směrnou hodnotu efektivní dávky za 7 dní 100 mSv jsou pro přehlednost vyžluceny, výsledek porovnání napočtených hodnot se směrnými hodnotami je rovněž indikován ve spodní části tabulky pomocí ANO/NE u příslušného vzdálenostního pásma a kladný výsledek červeně podbarven.

	kat. D, srážky 0	kat.D, srážky 3	kat.F, srážky 0	kat.F, srážky 3
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 3 km	0,5156	1,5425	0,0539	1,9449
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 5 km	0,2021	0,5634	0,0112	0,9856
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 10 km	0,0704	0,1473	0,0748	0,3440
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 13 km	0,0398	0,0835	0,0613	0,2050
evakuace 3 - 5 km	ANO	ANO	NE	ANO
evakuace 5 - 10 km	ANO	ANO	NE	ANO
evakuace 10 - 13 km	NE	ANO	NE	ANO
evakuace nad 13 km	NE	NE	NE	ANO

Tab. 9 – Výpočet efektivních dávek pro zdrojový člen 1A

	kat. D, srážky 0	kat.D, srážky 3	kat.F, srážky 0	kat.F, srážky 3
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 3 km	0,5154	1,5420	0,0535	1,9425
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 5 km	0,2020	0,5632	0,0112	0,9840
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 10 km	0,0703	0,1472	0,0745	0,3432
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 13 km	0,0398	0,0834	0,0611	0,2045
evakuace 3 - 5 km	ANO	ANO	NE	ANO
evakuace 5 - 10 km	ANO	ANO	NE	ANO
evakuace 10 - 13 km	NE	ANO	NE	ANO
evakuace nad 13 km	NE	NE	NE	ANO

Tab. 10 – Výpočet efektivních dávek pro zdrojový člen 1B

	kat. D, srážky 0	kat.D, srážky 3	kat.F, srážky 0	kat.F, srážky 3
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 3 km	0,0008	0,0015	0,0016	0,0031
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 5 km	0,0003	0,0005	0,0002	0,0009
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 10 km	0,0001	0,0001	0,0004	0,0005
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 13 km	0,0000	0,0001	0,0002	0,0003
evakuace 3 - 5 km	NE	NE	NE	NE
evakuace 5 - 10 km	NE	NE	NE	NE
evakuace 10 - 13 km	NE	NE	NE	NE
evakuace nad 13 km	NE	NE	NE	NE

Tab. 11 – Výpočet efektivních dávek pro zdrojový člen 2A

	kat. D, srážky 0	kat.D, srážky 3	kat.F, srážky 0	kat.F, srážky 3
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 3 km	0,0826	0,1134	0,1691	0,2569
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 5 km	0,0311	0,0457	0,0345	0,0861
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 10 km	0,0114	0,0155	0,0538	0,0602
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 13 km	0,0071	0,0094	0,0341	0,0359
evakuace 3 - 5 km	NE	ANO	ANO	ANO
evakuace 5 - 10 km	NE	NE	NE	NE
evakuace 10 - 13 km	NE	NE	NE	NE
evakuace nad 13 km	NE	NE	NE	NE

Tab. 12 – Výpočet efektivních dávek pro zdrojový člen 3M

	kat. D, srážky 0	kat.D, srážky 3	kat.F, srážky 0	kat.F, srážky 3
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 3 km	27,4198	56,3605	5,1314	115,0122
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 5 km	4,3963	9,0828	0,4064	47,2950
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 10 km	0,4711	0,9073	3,3113	8,1523
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 13 km	0,1884	0,3755	1,4989	3,1263
evakuace 3 - 5 km	ANO	ANO	ANO	ANO
evakuace 5 - 10 km	ANO	ANO	ANO	ANO
evakuace 10 - 13 km	ANO	ANO	ANO	ANO
evakuace nad 13 km	ANO	ANO	ANO	ANO

Tab. 13 – Výpočet efektivních dávek pro zdrojový člen VCI_5

	kat. D, srážky 0	kat.D, srážky 3	kat.F, srážky 0	kat.F, srážky 3
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 3 km	0,0174	0,0365	0,0283	0,0770
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 5 km	0,0049	0,0120	0,0012	0,0256
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 10 km	0,0012	0,0026	0,0052	0,0070
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 13 km	0,0006	0,0014	0,0023	0,0032
evakuace 3 - 5 km	NE	NE	NE	NE
evakuace 5 - 10 km	NE	NE	NE	NE
evakuace 10 - 13 km	NE	NE	NE	NE
evakuace nad 13 km	NE	NE	NE	NE

Tab. 14 – Výpočet efektivních dávek pro zdrojový člen VC2_2

	kat. D, srážky 0	kat.D, srážky 3	kat.F, srážky 0	kat.F, srážky 3
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 3 km	0,0171	0,0533	0,0137	0,0938
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 5 km	0,0069	0,0213	0,0008	0,0438
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 10 km	0,0024	0,0052	0,0077	0,0154
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 13 km	0,0013	0,0028	0,0058	0,0090
evakuace 3 - 5 km	NE	NE	NE	NE
evakuace 5 - 10 km	NE	NE	NE	NE
evakuace 10 - 13 km	NE	NE	NE	NE
evakuace nad 13 km	NE	NE	NE	NE

Tab. 15 – Výpočet efektivních dávek pro zdrojový člen VC2_3

	kat. D, srážky 0	kat.D, srážky 3	kat.F, srážky 0	kat.F, srážky 3
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 3 km	32,9483	118,2818	16,0091	292,8394
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 5 km	5,6914	19,4050	1,2670	112,3988
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 10 km	0,8168	2,3094	4,3656	17,0610
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 13 km	0,3568	0,9836	1,7005	6,1609
evakuace 3 - 5 km	ANO	ANO	ANO	ANO
evakuace 5 - 10 km	ANO	ANO	ANO	ANO
evakuace 10 - 13 km	ANO	ANO	ANO	ANO
evakuace nad 13 km	ANO	ANO	ANO	ANO

Tab. 16 – Výpočet efektivních dávek pro zdrojový člen ZC1

	kat. D, srážky 0	kat.D, srážky 3	kat.F, srážky 0	kat.F, srážky 3
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 3 km	0,0263	0,0550	0,0424	0,1152
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 5 km	0,0074	0,0175	0,0018	0,0370
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 10 km	0,0017	0,0036	0,0079	0,0096
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 13 km	0,0009	0,0019	0,0034	0,0043
evakuace 3 - 5 km	NE	NE	NE	ANO
evakuace 5 - 10 km	NE	NE	NE	NE
evakuace 10 - 13 km	NE	NE	NE	NE
evakuace nad 13 km	NE	NE	NE	NE

Tab. 17 – Výpočet efektivních dávek pro zdrojový člen ZC2

	kat. D, srážky 0	kat.D, srážky 3	kat.F, srážky 0	kat.F, srážky 3
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 3 km	0,0010	0,0018	0,0019	0,0039
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 5 km	0,0003	0,0006	0,0002	0,0011
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 10 km	0,0001	0,0001	0,0004	0,0005
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 13 km	0,0000	0,0001	0,0002	0,0003
evakuace 3 - 5 km	NE	NE	NE	NE
evakuace 5 - 10 km	NE	NE	NE	NE
evakuace 10 - 13 km	NE	NE	NE	NE
evakuace nad 13 km	NE	NE	NE	NE

Tab. 18 – Výpočet efektivních dávek pro zdrojový člen ZC4

	kat. D, srážky 0	kat.D, srážky 3	kat.F, srážky 0	kat.F, srážky 3
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 3 km	0,0113	0,0218	0,0216	0,0488
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 5 km	0,0029	0,0062	0,0012	0,0127
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 10 km	0,0007	0,0014	0,0032	0,0044
efekt. dávka za 7 dní (v Sv) 13 km	0,0004	0,0008	0,0017	0,0022
evakuace 3 - 5 km	NE	NE	NE	NE
evakuace 5 - 10 km	NE	NE	NE	NE
evakuace 10 - 13 km	NE	NE	NE	NE
evakuace nad 13 km	NE	NE	NE	NE

Tab. 19 – Výpočet efektivních dávek pro zdrojový člen ZC5

5 DISKUSE

Výpočty a analýzy uváděné v kapitole 4 byly prováděny v souladu se stanovenými cíli prostředky, které má k dispozici provozovatel ČEZ, a.s. ETE. V reálné situaci při analyzování a realizaci havarijních opatření vzniklé radiační havárie nebude provozovatel samozřejmě vydávat pokyn k provedení evakuace v ZHP. Na druhé straně je provozovatel povinen zabezpečit vyrozumění orgánů státní správy a varování obyvatelstva a vydání pokynu k provedení ochranného opatření ukrytí a jodové profylaxe. Rozhodnutí o provedení evakuace ze stanovených částí ZHP ETE přináleží krizovým orgánům JČK s tím, že podklad pro podporu rozhodování o provedení evakuace vydává těmto orgánům SÚJB. SÚJB pro vydání podkladu samozřejmě potřebuje parametry, veličiny a skutečnosti významné z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany charakterizující technologický stav a velikost rizika hrozícího úniku RA látek do ŽP. Pro rozhodování o vyhlášení ochranného opatření evakuace je to velmi důležité. V případě vydání rozhodnutí o provedení evakuace je nutné počítat s časy hodin až desítek hodin na přípravu a samotnou realizaci. V úvahu je nutno vzít i možnosti a rozsah případné samoevakuace závisující na období dne, kdy k vyhlášení evakuace dojde.

V případě evakuace v předúnikové fázi, která by byla nejučinnější, hrozí riziko, že případný únik RA látek se bude časově krýt s časem provádění evakuace. Na rozdíl od rozhodování o provedení evakuace v poúnikové fázi, kdy můžeme radiologický dopad z úniku RA látek hodnotit i na základě výsledků měření radiační situace na zasaženém území, je rozhodování o evakuaci v předúnikové fázi o to těžší, že lze vycházet (co se týká radiologických dopadů na obyvatelstvo) jen z výpočtů a prognóz dopadů. Realizace ochranného opatření evakuace v předúnikové fázi musí být zvažována i s ohledem na rozsah, proveditelnost a nákladnost opatření a jeho případné důsledky.

V tomto okamžiku by informace o rozvoji havarijního stavu v technologii jaderné elektrárny a řešení mimořádné události na ETE byly klíčové a rozhodování by

mohly zásadně ovlivnit. SÚJB má k dispozici obdobné programy na určování radiologických dopadů úniků RA látek obdobně jako ETE, výsledky a hodnoty z programu RTARC na ETE pak mohou sloužit pro případnou kontrolu a porovnání. V případě určování dopadů úniků RA látek za situace reálné radiační nehody nebo havárie je stávající výpočet v programu RTARC zatížen zkreslením v části předpokládaného scénáře. Výpočet uvažuje celý průběh sekvence události, včetně výpadků a poruch havarijních systémů a dopadů z toho plynoucích tak, jak je v jednotlivých havarijních scénářích nastaveno. Použití jiného režimu aplikace RTARC (režimy on-line), které by mohlo více „zreálnit“ výpočty radiologických dopadů, není uvažováno, v předúnikové fázi by výpočet v těchto režimech neměl smysl, neboť měření TDS by vykazovalo hodnoty odpovídající radiační situaci za normálního provozu.

Použití některého z režimů RTARC on-line by mělo význam pro ověření, jaký radiologický dopad pro obyvatelstvo v ZHP má překročení zásahových úrovní pro TDS pro jednotlivé klasifikační stupně mimořádných událostí stanovených v dokumentaci ETE.^[31] To ovšem není cílem této práce.

Výsledky analýz citovaných v kapitole 4.1 ukazují, že 5 z 11 použitých zdrojových členů vyhovuje, z hlediska časových průběhů události, možnosti provedení evakuace v předúnikové fázi radiační havárie. Jedná se o zdrojové členy 1A, 1B, VC2_2, VC2_3 a ZC2. Výsledek analýzy by nezměnila ani úvaha použití kratší doby provedení evakuace (v kapitole 4.1 uvažováno 12 hodin), u zdrojových členů VC1_5 a ZC1 je předpokládán únik po 7 hodinách od vzniku události, u zbylých zdrojových členů je časový interval od vzniku události do začátku úniku RA látek do ŽP ještě kratší. Analýza navíc nepočítá s časovým intervalem do rozhodnutí o provedení evakuace. Předpoklad provedení evakuace za 6 – 12 hodin (časová osa v příloze Plánu evakuace osob VHP dokonce předpokládá 12 – 14 hodin) v sobě zahrnuje pouze dobu od rozhodnutí o provedení evakuace. Orgány krizového řízení na všech stupních obdobně jako OHO na ETE potřebují určitý čas na svoje zphotovení a zahájení činnosti. To vše v konečném důsledku ještě prodlužuje celkovou dobu od vzniku události na ETE do doby provedení evakuace. Na druhé straně jsou tyto orgány

vyrozumívány již při vzniku mimořádné události 2. stupně, takže organizačním opatřením lze čas jejich iniciace pro rozhodování urychlit.

Při analýze výsledků napočtených efektivních dávek obdržených za 7 dní pro hodnocení provedení evakuace byla uvažována zpřesňující směrná hodnota 100 mSv/7 dní. Vypočtené radiologické dopady ve veličině efektivní dávka jsou vlivem použitých meteorologických dat konzervativní, zvláště pak v části výpočtů zahrnující srážkové úhrny. Jak ukazují výsledky v kapitole 4.2, mohou být rozdíly v efektivní dávce více jak řádové (tabulka 13, 16) právě vlivem srážkových úhrnů. To potvrdilo i hodnocení radioaktivních spadů v okolí JE Fukušima, kde byla zaznamenána vyšší kontaminace okolí JE než v případě události na JE Černobyl. Důvodem byl výskyt sněžení při průchodu RA oblaku. Z porovnání výsledků kapitoly 4.1 (graf 1) a tabulek 14,15 je patrné, že časový průběh v případě událostí (zdrojových členů) **VC2_2** a **VC2_3** umožňuje úvahu o provedení evakuace v předúnikové fázi, nicméně vypočtené hodnoty efektivní dávky jsou ve všech případech pod směrnou hodnotou 100 mSv. Maximální dosažené hodnoty efektivní dávky jsou nad úroveň spodní hranice rozsahu směrných hodnot dle tabulky 4, ovšem pouze u výpočtů zahrnujících srážkové úhrny. U výpočtů efektivní dávky v případě zdrojových členů **1A** a **1B** v tabulkách 9, 10 je překročena směrná hodnota 100 mSv i u výpočtů s meteorologickými daty bez srážkových úhrnů. U těchto zdrojových členů je čas do začátku úniku cca 20 hodin, což umožňuje provedení evakuace v předúnikové fázi. Výpočty efektivních dávek s použitím zdrojového členu **ZC2** v tabulce 17 překračují v jedné hodnotě směrnou hodnotu 100 mSv a předpokládaný čas do úniku RA látek je 17 hodin. I v tomto případě může být evakuace v předúnikové fázi zvažována.

U zdrojových členů **2A**, **ZC4** a **ZC5** nelze, z důvodů úniků RA látek v časné fázi havárie, o provedení evakuace v předúnikové fázi uvažovat. Napočtené hodnoty efektivní dávky (v tabulkách 11, 18, 19) ovšem ani v jednom parametru nepřekročily směrnou hodnotu 100 mSv a nebyla překročena ani spodní mez rozsahu efektivních dávek dle tabulky 4. Ochranné opatření evakuace by v těchto případech nemuselo být vůbec aplikováno.

Hodnoty efektivní dávky ve výpočtech s použitím zdrojových členů **VC1_5** a **ZC1** (tabulka 13 a 16) bez ohledu na meteorologická data jsou ve všech uvažovaných zónách nad směrnou hodnotou 100 mSv, zde by muselo být zvažováno provedení evakuace až v poučnickové fázi radiační události, protože doba do začátku úniku je pouze 7 hodin. V případě posledního hodnoceného zdrojového členu **3M** nelze uvažovat o provedení evakuace v předúnikové fázi. Doba od vzniku události do doby úniku je cca 30 minut. Hodnoty efektivní dávky překračují jak spodní mez intervalu směrných hodnot dle tabulky 4, tak i směrnou hodnotu 100 mSv. V případě rozhodnutí o provedení evakuace by tato byla provedena až v poučnickové fázi.

U žádného zdrojového členu není předpokládána celková doba od vzniku události v technologii ETE do ukončení úniku RA látek delší než 48 hodin. V případě výrazně delší doby než 2 dny by to bylo limitujícím faktorem pro úvahy o zavedení ochranného opatření ukrytí, a bylo by nutné zvažovat provedení evakuace.

Maximální napočtené efektivní dávky byly dosaženy v případě výpočtů se zdrojovým členem **ZC1** (tabulka 16), což odpovídá:

- 1) celkové aktivitě úniku, která je u **ZC1** $3,359E+19$ Bq (největší uniklá aktivita ze všech zdrojových členů),
- 2) poměrně dlouhé době trvání úniku (38 hodin).

Z provedených analýz a výpočtů je vidět, že značný význam mají, vedle celkové uniklé aktivity, použité meteorologické údaje. Data použitá v této práci, hlavně pak srážkové úhrny, zajišťují dostatečně konzervativní podmínky. V případě výpočtu efektivních dávek pro rozhodování o provedení evakuace nastavený algoritmus počítá se zadanými meteorologickými údaji po celou dobu 7 dnů (zadaný srážkový úhrn 3mm/hod znamená po přepočtu úhrn 504 mm srážek za období 7 dnů). V případě použití programu při vzniku radiační havárie za reálných podmínek by samozřejmě byly použity aktuální údaje meteosituační a byla by vzata v úvahu i meteorologická prognóza.

Použití výpočetního programu pro hodnocení a prognózu radiologických dopadů úniků je pro podporu rozhodování o zavedení ochranného opatření evakuace v předúnikové fázi užitečné a v časné fázi radiační havárie znamená jedinou možnost ohodnocení dopadu případného úniku RA látek na obyvatelstvo a možnost včasného

zavedení ochranných opatření. Zadaný zdrojový člen nelze v programu RTARC režimu off-line nijak modifikovat, což znamená, že pro výpočet dopadů je zvažován celý zdrojový člen tj. v sekvenci veškerá předpokládaná aktivita. Při analýze dopadů je to určitou nevýhodou, na druhé straně jsou však za těchto předpokladů výsledky vždy konzervativní a vyloučí se riziko podcenění případných negativních dopadů. Tento falešně pozitivní přístup uvažující raději ochranná opatření zavádět a případně je následně odvolávat je z hlediska zajištění ochrany obyvatelstva pro ně výhodnější, na druhé straně nese riziko ekonomických ztrát.

6 ZÁVĚR

Provedení evakuace v předúnikové fázi radiační havárie je účinnou ochranou proti radiologickým dopadům z uniklých radioaktivních látek. Současně je ovšem složitým procesem, který v sobě zahrnuje přesuny značného množství osob na poměrně malém území, navíc s časovým omezením. To již vyžaduje kvalitní přípravu a dobré zabezpečení hlavně v oblasti rozhodování.

Ve své diplomové práci jsem cíle práce zaměřil právě do oblasti rozhodování o zavedení ochranného opatření evakuace v předúnikové fázi z pohledu a možností provozovatele jaderné elektrárny. Cíle práce byly naplněny, v rámci zkoumání a potvrzení stanovených hypotéz jsem analyzoval předem stanovenou množinu havarijních scénářů (zdrojových členů) s využitím programového vybavení RTARC pro ocenění radiologických následků případných úniků RA látek.

Bylo potvrzeno, že doporučení k provedení evakuace je možné provést již v předúnikové fázi radiační havárie. V rámci analýzy byly posouzeny časové průběhy jednotlivých havarijních scénářů ve vztahu k proveditelnosti evakuace v předúnikové fázi. U části havarijních scénářů nelze doporučit evakuaci v předúnikové fázi, neboť předpokládaný vývoj v bezpečnostních systémech elektrárny vede k úniku RA látek v čase, který se kryje s časem provádění evakuace. Zde by bylo nutné zvažovat provedení evakuace v poúnikové fázi.

Dalším stanoveným cíle mé práce bylo zhodnocení možnosti využití výpočetního programu na podporu rozhodování o provedení evakuace v předúnikové fázi. Tento cíl byl rovněž naplněn a hypotéza o využití výpočetního programu RTARC na podporu rozhodování byla potvrzena. Využití výpočetního programu na podporu rozhodování je přínosné, značný význam má právě v předúnikové fázi, kdy nelze pro podporu rozhodování využít např. výsledky monitorování radiační situace.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] 1TC013/8 Monitorování a hodnocení stavu pokrytí paliva, Celoblokový provozní předpis, ČEZ, 2010
- [2] ČEZ_ME_0203r01 Program monitorování okolí ETE, řídicí dokumentace – metodika, ČEZ, 2010
- [3] ČEZ_PP_0317r01 Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti, řídicí dokumentace – postup, ČEZ, 2008
- [4] ČEZ_PP_0323r02 Deterministické hodnocení bezpečnosti v JE, řídicí dokumentace – postup, ČEZ, 2011
- [5] ČEZ_PRGR_1008 Politika bezpečnosti a ochrany životního prostředí, příkaz generálního ředitele, ČEZ, 2010
- [6] ČEZ_SM_0108r03 Havarijní připravenost JE, řídicí dokumentace - směrnice, ČEZ, 2008
- [7] ČEZ_ST_0036r00 Havarijní připravenost JE, řídicí dokumentace - standard, ČEZ, 2010
- [8] Energie z Jižních Čech, Jaderná elektrárna Temelín, propagační příručka, vydal ČEZ, a.s., Informační centrum JE Temelín
- [9] <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/jaderna-energetika/jaderna-elektřiny-cez/ete> (on-line 14.7.2011)
- [10] <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/jaderna-energetika/je-ve-svete.html> (on-line 13.7.2011)
- [11] <http://www.sujb.cz> (on-line 13.07.2011)
- [12] Chrapčiaková, N. a kol., RTARC 6.0 ETE, uživatelská příručka, VÚJE, a.s., 2011
- [13] INES Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí, Uživatelská příručka, SÚJB 2005
- [14] Jaderná energie, Encyklopedie energetiky, 2.upravené vydání, ATYPO, s.r.o., 2003

- [15] Kolektiv autorů ÚJV – Řež a.s., Předprovozní bezpečnostní zpráva 1. a 2. bloku JE Temelín revize 0, verze 11, Řež
- [16] Kolektiv autorů, Editor Klener L., Principy a praxe radiační ochrany, vydal Azin CZ Praha pro SÚJB, 2000, 619 ss. ISBN 80-238-3703-6
- [17] Kolektiv autorů, Jaderná bezpečnost, učební text pro přípravu personálu JE, Brno, 2008
- [18] Kolektiv autorů, Primární část JE VVER 1000 díl I., Základní zařízení primárního okruhu, učební texty pro přípravu personálu JEZ, Brno, 2002
- [19] LHOTÁK, O., HOŘČIČKA, V., KUBÍČEK, J., ŠOBRA, J. Provozní režimy JE VVER 1000, učební texty pro přípravu personálu, Brno, 1998
- [20] MAKRLÍK, J., Monitorování výпустí plyných a kapalných forem tritia do životního prostředí a jeho výskyt v technologických systémech JE Temelín, bakalářská práce, ZSF JU České Budějovice, 2006
- [21] MARTÍNEK, B. Ochrana obyvatelstva I., 1. vydání, Policejní akademie ČR, Praha 2009, ISBN 978-80-7251-298-0
- [22] Nařízení vlády č. 11/1999 Sb. o zóně havarijního plánování v platném znění
- [23] TOBIAS, J., SOUSEDÍK, A. Likvidace abnormálních a mimořádných stavů JE VVER 1000, učební texty pro doškolení personálu ÚJE, Brno, 2003
- [24] Vnější havarijní plán JE Temelín, aktualizace č.4, zpracovatel HZS JČK, 2009
- [25] Vnitřní havarijní plán JE, revize 1, změna 1, ČEZ, 2009
- [26] Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně v platném znění
- [27] Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 318/2002 Sb. o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu v platném znění
- [28] Vyhláška Ministerstva vnitra č.380/2002 Sb. k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva v platném znění
- [29] Výsledky monitorování výпустí a radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín za rok 2010, roční zpráva, ČEZ, 2010

- [30] Zákon č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření, v platném znění (tzv. Atomový zákon)
- [31] ZI – 25 rev.14 Posuzování závažnosti vzniklých událostí (ETE), zásahová instrukce havarijní připravenosti, ČEZ, 2010
- [32] ZI – 44 rev.03 Postup pro činnost RMMS (ETE), zásahová instrukce havarijní připravenosti, ČEZ, 2009
- [33] ZI – 47 rev.05 Hodnocení radiační situace v okolí při úniku radioaktivních látek (ETE), zásahová instrukce havarijní připravenosti, ČEZ, 2010

8 KLÍČOVÁ SLOVA

jaderná elektrárna Temelín

evakuace v předúnikové fázi

havarijní připravenost

ochranná opatření

vnější havarijní plán

zóna havarijní připravenosti

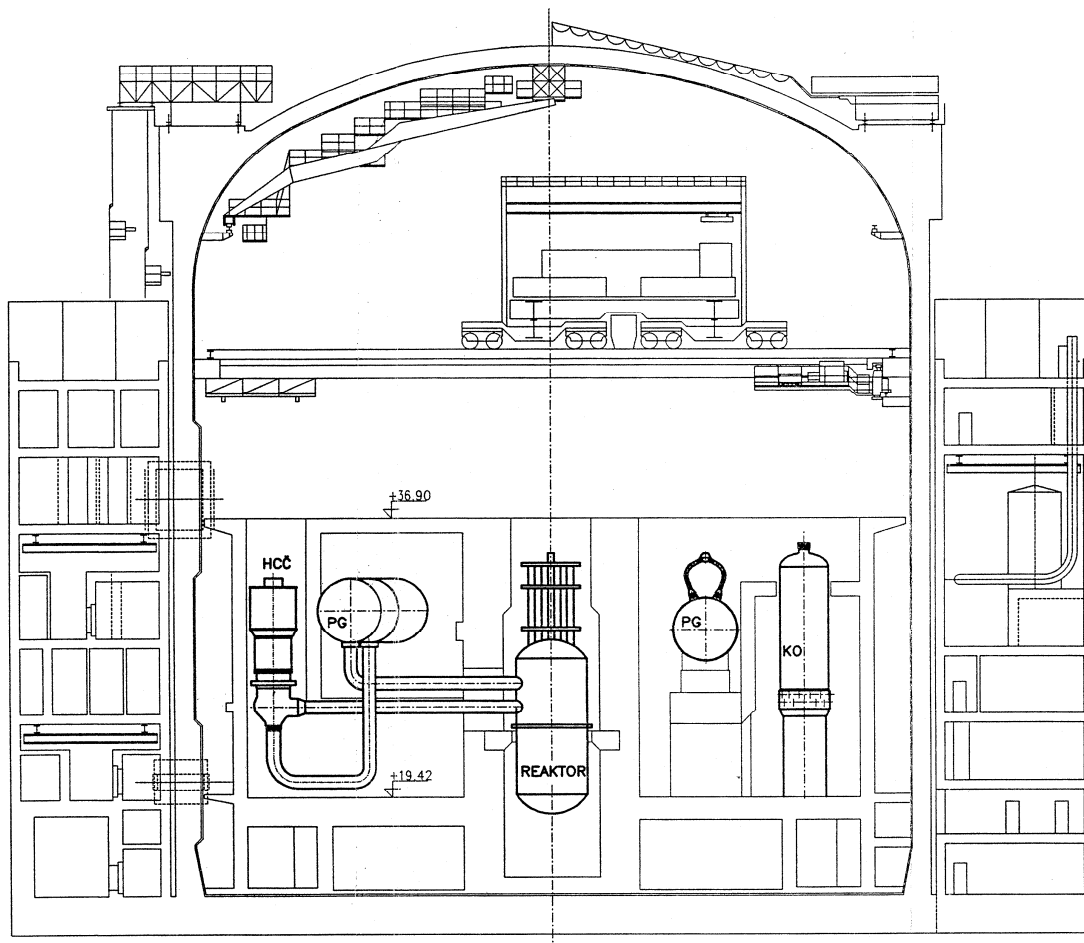
9 PŘÍLOHY

Příloha 9.1 Seznam zkratk

ALARA	as low as reasonably achievably (tak nízké, jak je rozumně dosažitelné)
AZ	aktivní zóna jaderného reaktoru
ETE	jaderná elektrárna Temelín
GA201	nádrž havarijní zásoby kyseliny borité
HČČ	hlavní cirkulační čerpadlo
HCP	hlavní cirkulační potrubí
HSCHAZ	havarijní systémy chlazení aktivní zóny
HVB	hlavní výrobní blok
I.O.	primární okruh
II.O.	sekundární okruh
INES	The International Nuclear Event Scale (Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí)
IOHO	interní organizace havarijní odezvy
JE	jaderná elektrárna
KO	kompensátor objemu
KOPIS HZS JčK	krajské operační a informační středisko Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje
KTMT	kontejnment (ochranná obálka)
MAAE	Mezinárodní agentura pro atomovou energii
NT	nízkotlaký

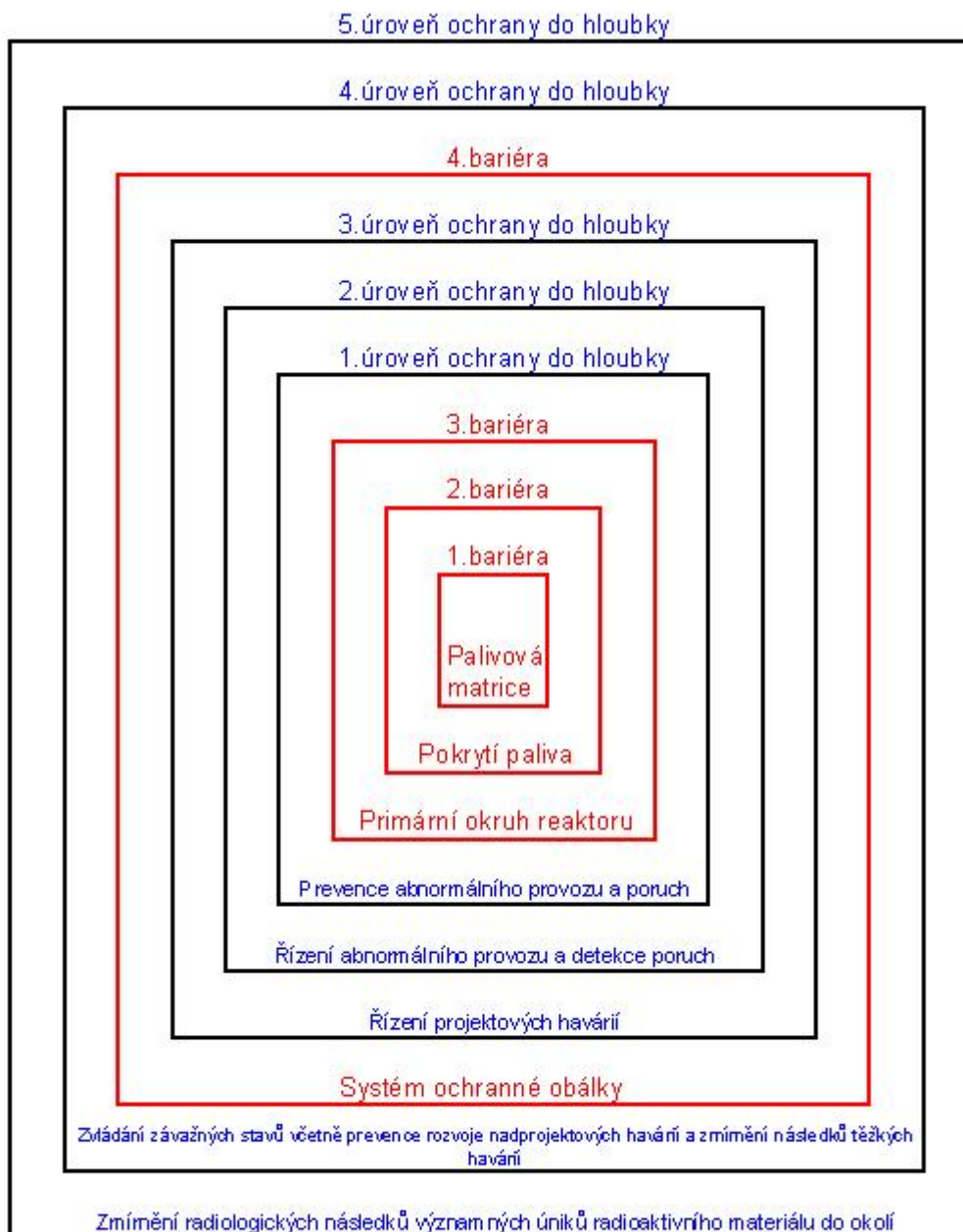
OECD/NEA	Agentura pro jadernou energii Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj
OHO	organizace havarijní odezvy
PG	parogenerátor
POHO	pohotovostní organizace havarijní odezvy
PSA	přepouštěcí stanice do atmosféry
PSK	přepouštěcí stanice do kondenzátoru
PV	pojišťovací ventil
RA	radioaktivní
RMMS	rychlá mobilní monitorovací skupina
RN	tlaková nádoba reaktoru
SAMG	návody na řízení těžkých havárií (Severe Accident Management Guidelines)
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
ŠRe	šachta reaktoru
TDS	teledozimetrický systém
TVSA-T	označení palivového souboru pro ETE (тепловыделяющая сборка для АЭС «Темелин»); fuel assembly of «Temelin» NPP)
VHP JE	vnitřní havarijní plán JE
VHP	vnější havarijní plán
VT	vysokotlaký
VZT	vzduchotechnika
ZHP	zóna havarijního plánování
ŽP	životní prostředí

Příloha 9.2 Dispoziční uspořádání základních zařízení I.O. v řezu KTMT



Zdroj: [15]

Příloha 9.3 Vztah jednotlivých úrovní ochrany do hloubky a fyzických bariér



Příloha 9.4 Základní struktura stupnice INES

	OBLAST DOPADU		
	DOPAD VNĚ ZAŘÍZENÍ	DOPAD UVNITŘ ZAŘÍZENÍ	DOPAD NA OCHRANU DO HLOUBKY
7 VELMI TĚŽKÁ HAVÁRIE	ROZSÁHLÝ ÚNIK: ŠIROCE ROZŠÍŘENÉ DOPADY NA ZDRAVÍ A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ		
6 TĚŽKÁ HAVÁRIE	ZÁVAŽNÝ ÚNIK: PRAVDĚPODOBNÉ NASAZENÍ VEŠKERÝCH PLÁNOVANÝCH PROTIOPATŘENÍ		
5 HAVÁRIE S RIZIKEM VNĚ ZAŘÍZENÍ	OMEZENÝ ÚNIK: PRAVDĚPODOBNÉ ČÁSTEČNÉ NASAZENÍ PLÁNOVANÝCH PROTIOPATŘENÍ	VÁŽNÉ POŠKOZENÍ AKTIVNÍ ZÓNY REAKTORU/ RADIČNÍCH BARIÉR	
4 HAVÁRIE BEZ VÁŽNĚJŠÍHO RIZIKA VNĚ ZAŘÍZENÍ	MENŠÍ ÚNIK: OZÁŘENÍ OBYVATELSTVA ŘÁDOVĚ V POVOLENÝCH MEZÍCH	VÝZNAMNÉ POŠKOZENÍ AKTIVNÍ ZÓNY REAKTORU /RADIČNÍCH BARIÉR/ SMRTELNÉ OZÁŘENÍ ZAMĚSTNANCŮ	
3 VÁŽNÁ NEHODA	VELMI MALÝ ÚNIK: OZÁŘENÍ OBYVATELSTVA ZLOMKEM POVOLENÝCH LIMITŮ	VELKÉ ROZŠÍŘENÍ KONTAMINACE /AKUTNÍ ÚČINKY NA ZDRAVÍ ZAMĚSTNANCŮ	TÉMĚŘ HAVARIJNÍ STAV NEZŮSTALY ŽÁDNÉ BEZPEČNOSTNÍ BARIÉRY
2 NEHODA		VÝZNAMNÉ ROZŠÍŘENÍ KONTAMINACE/ NADMĚRNÉ OZÁŘENÍ ZAMĚSTNANCE	NEHODA S VÝZNAMNÝM POŠKOZENÍM BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ
1 ANOMÁLIE			ANOMÁLIE OD SCHVÁLENÉHO PROVOZNÍHO REŽIMU
0 ODCHYLKA	ŽÁDNÝ BEZPEČNOSTNÍ VÝZNAM		

Zdroj: [13]

