


Bezpečnost jaderně energetických zařízení

Safety of Nuclear Energy Systems

Pavel Wanecki

Bakalářská práce
2015

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav ochrany obyvatelstva
akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel Wanecki**
Osobní číslo: **L12187**
Studijní program: **B2825 Ochrana obyvatelstva**
Studijní obor: **Ochrana obyvatelstva**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Bezpečnost jaderně energetických zařízení**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vymezte řešení problematiky, základní pojmy.**
- 2. Komparujte historického vývoje zabezpečení jaderně energetických zařízení ve vybraných zemích.**
- 3. Analyzujte stav zabezpečení jaderně energetických zařízení v ČR.**
- 4. Vyhodnoťte současný stav a doporučení pro další zvýšení bezpečnosti jaderně energetických zařízení.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] BEČVÁŘ, Josef. Jaderné elektrárny. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981.

[2] MIROSLAV KROUPA, Milan Říha. TRIVIS. Průmyslové havárie. 2. vyd. Praha: Armex, 2010. ISBN 978-808-6795-874.

[3] MATAL, Oldřich a Hugo ŠEN. Jaderná zařízení a jejich bezpečnost. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 174 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 978-80-214-4349-5.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.**
Ústav ochrany obyvatelstva


Datum zadání bakalářské práce: **6. února 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2015**

V Uherském Hradišti dne 20. února 2015



doc. RNDr. Jiří Dostál, CSc.
děkan



prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Bakalářská práce nesoucí název: „Bezpečnost jaderně energetických zařízení,“ pojednává o bezpečnosti a připravenosti samotných zařízení na mimořádné události. Teoretická část řeší historii a vývoj jaderné energetiky, princip funkčnosti, členění mimořádných událostí a další relevantní informace k tématu. V praktické části práce řeší současný stav připravenosti zařízení na mimořádné události a analýzu připravenosti vybraného zařízení na mimořádnou událost. Závěr práce se věnuje zhodnocení současného stavu, výsledku vybrané analýzy a doporučení dalšího vývoje.

Klíčová slova: bezpečnost, jaderná energetika, jaderně energetické zařízení, mimořádná událost, připravenost

ABSTRACT

This bachelor work with the name: „Safety of Nuclear Energy Systems,“ deals with the safety of the device itself and preparedness to emergencies. The theoretical part solves the history and development of nuclear energy, the principle of functionality, dividing of emergencies and other information relevant to the topic. The practical part solves the current state of readiness of the device to emergencies and analysis of the preparedness selected device to an emergency. Conclusion of the work is devoted to assessing the current state, the result of selected analyzes and recommendations for further development.

Keywords: emergencies, nuclear energy, nuclear power systems, preparedness, safety

Poděkování

Těmito slovy chci vyjádřit své neskonale díky a vděčnost profesoru Ing. Dušanu Vičarovi, CSc., za věnovanou pozornost, pomoc a rady při tvorbě práce a poskytnuté znalosti při průběhu studia. Rovněž si dovoluji vyjádřit své díky spolupracujícím osobám při tvorbě práce, zejména pak pracovníkům Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, kteří dokázali ve velmi krátké době zodpovědět potřebné otázky. V neposlední řadě si dovoluji vyjádřit své díky všem osobám nespádajícím do systému školství České republiky, které mi poskytly základní znalosti problematiky jaderné energetiky.

Motto

„Vivat et posterum. – Žít pro budoucnost.“

Pavel Wanecki

Prohlašuji, že


- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty logistiky a krizového řízení Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

V Uherském Hradišti

5.5.2015


.....
podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POJMY A DEFINICE	11
1.1 POJMY A DEFINICE Z OBLASTI JADERNÉ ENERGETIKY	11
1.2 POJMY A DEFINICE VZTAHUJÍCÍ SE K MIMOŘÁDNÝM UDÁLOSTEM PŘI PROVOZU JADERNÉ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ	13
2 PRÁVNÍ NORMY VZTAŽNÉ K JADERNÉ ENERGETICE	14
2.1 ČESKÉ PRÁVNÍ NORMY	14
2.2 EVROPSKÉ PRÁVNÍ NORMY	17
3 JADERNÁ ENERGETIKA A JADERNĚ ENERGETICKÁ ZAŘÍZENÍ	19
3.1 HISTORIE A VÝVOJ.....	19
3.2 PRINCIP ČINNOSTI JADERNĚ ENERGETICKÉHO ZAŘÍZENÍ	23
4 MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI	31
4.1 ČLENĚNÍ MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ.....	31
4.2 MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI POTENCIONÁLNĚ OHROŽUJÍCÍ PROVOZ JADERNĚ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ	35
5 BEZPEČNOST JADERNĚ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ	37
5.1 STUPNĚ BEZPEČNOSTI INES	38
6 SOUČASNÝ STAV JADERNÉ ENERGETIKY VE VYBRANÝCH ZEMÍCH	39
6.1 ČESKÁ REPUBLIKA	39
6.2 FRANCIE.....	40
6.3 JAPONSKO	40
6.4 NĚMECKO.....	41
6.5 NIZOZEMSKO.....	41
6.6 RUSKÁ FEDERACE	42
6.7 SLOVENSKO.....	43
6.8 SPOJENÉ KRÁLOVSTVÍ VELKÉ BRITÁNIE A SEVERNÍHO ÍRSKA.....	43
6.9 ŠVÝCARSKO	43
6.10 SPOJENÉ STÁTY AMERICKÉ.....	44
6.11 DALŠÍ VYUŽITÍ JADERNÉ ENERGIE	44
6.11.1 Mírové využití.....	44
6.11.2 Vojenské využití.....	45
7 ANALÝZA ZKUŠENOSTÍ Z HAVÁRIÍ V JADERNÉ ENERGETICE	46
7.1 HAVÁRIE V ČERNOBYLU	46
7.2 HAVÁRIE V JASLOVSKÝCH BOHUNICÍCH.....	48
7.3 HAVÁRIE VE FUKUŠIMĚ.....	48

8	VYBRANÉ AGENTURY ZABÝVAJÍCÍ SE JADERNOU ENERGETIKOU.....	50
8.1	EURATOM.....	50
8.2	INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY ASOCIATION – IAEA	50
8.3	WORLD ASSOCIATION OF NUCLEAR OPERATORS - WANO.....	51
8.4	WESTERN EUROPEAN NUCLEAR REGULATORS ASSOCIATION - WENRA.....	51
8.5	WORLD NUCLEAR ASOCIATION – WNA	51
8.6	STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST – SÚJB	52
8.7	STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY – SÚRO	52
8.8	ÚSTAV JADERNÉHO VÝZKUMU – ÚJV	52
9	DÍLČÍ ZÁVĚR	53
10	CÍL A POUŽITÉ METODY	54
II	PRAKTICKÁ ČÁST	55
11	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU BEZPEČNOSTI JADERNĚ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ ČESKÉ REPUBLIKY.....	56
11.1	JADERNĚ ENERGETICKÉ ZAŘÍZENÍ DUKOVANY	56
11.2	JADERNĚ ENERGETICKÉ ZAŘÍZENÍ TEMELÍN	57
11.3	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU BEZPEČNOSTI JEZ ČR	58
11.4	ZÁVĚR ANALÝZY SOUČASNÉHO STAVU BEZPEČNOSTI JEZ ČR	62
12	ANALÝZA BEZPEČNOSTI JADERNĚ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ ČESKÉ REPUBLIKY	63
12.1	ANALÝZA BEZPEČNOSTI JEZ ČR - DOTAZNÍK.....	63
12.2	ANALÝZA BEZPEČNOSTI JEZ ČR - METODA PNH.....	66
12.3	ZÁVĚR ANALÝZY BEZPEČNOSTI JEZ ČR	69
13	ANALÝZA PŘIPRAVENOSTI JADERNĚ ENERGETICKÉHO ZAŘÍZENÍ NA VYBRANOU MODELOVOU SITUACI.....	70
13.1	ANALÝZA PŘIPRAVENOSTI JADERNĚ ENERGETICKÉHO ZAŘÍZENÍ NA KONKRÉTNÍ MIMOŘÁDNOU UDÁLOST.....	70
13.2	ZÁVĚR ANALÝZY PŘIPRAVENOSTI JEZ NA VYBRANÉ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI	71
14	NÁVRHY A DOPORUČENÍ KE ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI PROVOZU	72
14.1	SEZNAM MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ INICIUJÍCÍ POTENCIONÁLNÍ CVIČENÍ	73
	ZÁVĚR	74
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	75
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	80
	SEZNAM OBRÁZKŮ	81
	SEZNAM TABULEK.....	82

ÚVOD

Práce pojednává o připravenosti jaderně energetických zařízení na mimořádné události z pohledu zařízení samotných. Počet jaderně energetických zařízení se v moderním světě neustále zvyšuje a je vcelku opodstatněné domnívat se, že se jejich vývoj a spolu s ním i důležitost budou rovněž, neustále zvyšovat. Spolu s těmito faktory bude rovněž stoupat i hodnota zařízení z pohledu bezpečnosti.

Již nyní jsou zařízení velmi významnými prvky kritické infrastruktury a následky jejich případného poškození, ať už antropogenní či naturogenní mimořádnou událostí, mohou mít velmi závažné až katastrofální důsledky. Je zde reálná možnost, že se během několika příštích let změní současný stav Světa v naprosto nepředvídatelný a zařízení se tak budou muset potýkat se zcela novými a navíc i reálnými hrozbami. Z těchto důvodů je nutné, aby jaderně energetická zařízení byla připravena řešit, ale především předcházet co nejvíce možným typům mimořádných událostí.

Práce si klade za cíl zjistit, zda a na kolik mimořádných událostí jsou česká jaderně energetická zařízení připravena a zhodnotit aktuální stav této problematiky. Dále chce ověřit, zda je vybrané zařízení na danou mimořádnou událost skutečně připraveno a v posledním bodě navrhnout doporučení, kterým směrem by se měla bezpečnost jaderně energetických zařízení jako takových dále vyvíjet.

Teoretická část práce se zabývá uvedením do oboru jaderné energetiky a jaderně energetických zařízení. Historií vzniku, vývoje a také současným stavem jaderné energetiky v České republice ale také ve vybraných zemích světa. Dále zhodnocuje vybrané havárie jaderně energetických zařízení a ponaučení z jejich dopadu. V neposlední řadě se teoretická část věnuje relevantním informacím k práci samotné a členění mimořádných událostí, jenž je potřeba k úspěšnému dosažení cíle.

Praktická část analyzuje současný stav připravenosti jaderně energetických zařízení a připravenost vybraného zařízení na mimořádnou událost.

Práce se věnuje tématu vztažnému k jaderné energetice z důvodu velmi kladného vztahu autora k této problematice a jeho subjektivního názoru, že zpracování jaderné energie je jednou z velmi pravděpodobných příčin, jak dospět k zcela energeticky soběstačnému světu. Od objevení paprsků X Wilhelmem Röntgenem až k řízené jaderné fúzi.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POJMY A DEFINICE

Pojmy a definice, které se vyskytují a jsou vztažné k práci a jsou potřebné k jejímu plnému pochopení.[1]

1.1 Pojmy a definice z oblasti jaderné energetiky

Aktivní zóna

Prostor uvnitř reaktoru, ve kterém je umístěno palivo.

Atom

Základní stavební jednotka hmoty. Nejmenší část chemického prvku, tvořen jádrem, které je tvořeno protony a neutrony a obalem, které obsahuje elektrony.

Atomové jádro

Určuje fyzikální vlastnosti prvků.

Elektron

Subatomární částice s kladně nabitým nábojem.

Jaderná bezpečnost

Schopnost jaderného zařízení zabezpečit za normálních i havarijních podmínek provozu, izolaci radioaktivních látek a záření od životního prostředí.

Jaderná energie

Energie uvolněná při reakci atomových jader. Při slučování nebo štěpení jader se přemění malá část hmotnosti reagujících atomů v energii.

Jaderně energetické zařízení

Zařízení technického charakteru využívající zpracování jádra atomu k výrobě energie.

Jaderný reaktor

Zařízení, ve kterém dochází k řízené štěpné reakci, která dodává energii.

Kontejnment

Obal jaderného reaktoru zajišťující větší bezpečnost, zabraňuje pronikání nebezpečných látek a záření. Několik metrů tlustý betonový obal.

Moderátor

Pro udržení štěpné řetězové reakce je nutné zpomalení rychlých neutronů vznikajících při štěpení. K tomuto se využívá moderátoru.

Neutron

Subatomární částice bez elektrického náboje.

Palivo

Chemický prvek, látka nebo jejich směs mající schopnost za vhodných podmínek začít a udržet chemickou reakci spalování.

Poločas rozpadu

Doba, za kterou se rozpadne polovina jader prvku.

Proton

Subatomární částice s kladně nabitým nábojem.

Reaktorový blok

Zařízení skládající se ze dvou jaderných reaktorů.

Těžká voda

Upravená voda s vyšší molekulovou hmotou než běžná voda.

Záření alfa

Tvořeno jádru helia, je vyzařováno jádru prvků, jako jsou uran, thorium, radium a další. Může být úplně zastaveno listem papíru nebo tenkou vrstvou pokožky, po vniknutí do organismu je však silně jedovaté.

Záření beta

Tvořeno elektrony nebo pozitrony a provádí různé přeměny radioaktivních prvků. Záření může být pohlceno hliníkovým plechem o tloušťce několik milimetrů až centimetrů.

Záření gama

Fotonové záření s čárovým spektrem vysílané atomovými jádru při radioaktivních přeměnách a dalších procesech. Díky své energii mohou paprsky proniknout lidským tělem. Mohou být zastaveny tlustou stěnou betonu nebo olova.

1.2 Pojmy a definice vztahující se k mimořádným událostem při provozu jaderně energetických zařízení

Pojmy a definice, které se vyskytují a jsou vztažné k práci a jsou potřebné k jejímu plnému pochopení.

Abiotický

Neživý, z anorganické přírodní složky.

Agrogenní

Spojený se zemědělstvím či půdou.

Antropogenní

Nepřírodního charakteru.

Biotický

Ve vztahu k živé přírodě.

Krizová situace

Mimořádná událost, která přešla do takového rozměru, že bezprostředně ohrožuje chod či celkový technický stav zařízení.

Mimořádná událost

Událost vybočující z normálu, jenž jakýmkoliv způsobem může potenciaálně ohrozit chod zařízení.

Naturogenní

Přírodního charakteru, základu.

Sociogenní

Spojené s lidskou činností a vztahy.

Technogenní

Havárie, spojené s haváriemi.

2 PRÁVNÍ NORMY VZTAŽNÉ K JADERNÉ ENERGETICE

Právní normy z oblasti jaderné energetiky, které mají vztah k mimořádným událostem.

2.1 České právní normy

Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů

Zákon hovoří o obecných podmínkách pro vykonávání činnosti souvisejícími s využíváním jaderné energie, činností vedoucích k ozáření a zásahů ke snížení ozáření, podmínkách pro využívání jaderné energie a ionizujícího záření, nakládání s radioaktivními odpady, občanskoprávní odpovědností za jaderné škody a výkonem státního dozoru a pokuty.[2]

Nařízení vlády č. 11/1999, o zóně havarijního plánování

Nařízení se zabývá návrhem na stanovení zóny havarijního plánování, podílem držitele na zajištění činnosti celostátní radiační monitorovací sítě v zóně havarijního plánování, podílem držitele povolení na vybavení obyvatelstva v zóně havarijního plánování antidoty, podílem držitele na zajištění tiskové a informační kampaně k zajištění připravenosti obyvatelstva v zóně havarijního plánování pro případy radiačních havárií, podílem držitele na zajištění systému vyrozumění dotčených orgánů a podílem držitele povolení na zajištění systému varování obyvatelstva.[3]

Nařízení vlády č. 399/2011, o poplatcích na odbornou činnost Státního úřadu pro jadernou bezpečnost

Nařízení se zabývá sazbou poplatku za žádost a sazbou udržovacího poplatku.[4]

Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 144/1997 Sb., o fyzické ochraně jaderných materiálů a jaderných zařízení a o jejich zařazování do jednotlivých kategorií

Vyhláška hovoří o zařazení jaderných materiálů a jaderných nebo jejich částí do kategorií, způsobem a rozsahem zajištění fyzické ochrany jaderných materiálů a jaderných zařízení nebo jejich částí, způsobem a rozsahem zajištění fyzické ochrany jaderných materiálů při přepravě a rozsahem a způsobem provedení úřadem schvalované dokumentace.[5]

Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 146/1997 Sb., kterou se stanoví činnosti, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků

Vyhláška se zabývá činnostmi, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost a činnostmi zvláště důležitými z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci vybraných pracovníků, požadavky na odbornou přípravu vybraných pracovníků jaderných zařízení pro získání zvláštní odborné způsobilosti, požadavky na odbornou přípravu vybraných pracovníků se zdroji ionizujícího záření pro získání zvláštní odborné způsobilosti, zkušební komisi, způsobem ověřování zvláštní odborné způsobilosti vybraných pracovníků jaderných zařízení, způsobem ověřování zvláštní odborné způsobilosti vybraných pracovníků se zdroji ionizujícího záření, způsobem udělování oprávnění k činnosti vybraných pracovníků jaderných zařízení, způsobem udělování oprávnění k činnosti vybraných pracovníků se zdroji ionizujícího záření a rozsahem a způsobem provedení dokumentace pro povolení k odborné přípravě vybraných pracovníků jaderných zařízení a vybraných pracovníků pracovišť se zdroji ionizujícího záření.[6]

Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 215/1997 Sb., o kritériích na umístění jaderných zařízení a velmi významných zdrojů ionizujícího záření

Vyhláška hovoří o druzích kritérií, vylučujících kritériích, podmiňujících kritériích a požadavcích na dokumentaci.[7]

Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č 106/1998 Sb., o zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany jaderných zařízení při jejich uvádění do provozu a při jejich provozu

Vyhláška se zabývá obecnými požadavky na uvádění jaderného zařízení do provozu a na jeho provoz, technickými a organizačními podmínkami bezpečného uvádění jaderného zařízení do provozu, technickými a organizačními podmínkami bezpečného provozu jaderného zařízení a opětovným uvedením jaderného reaktoru do kritického stavu po výměně paliva.[8]

Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 195/1999 Sb., o požadavcích na jaderná zařízení k zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany a havarijní připravenosti

Vyhláška hovoří o základních požadavcích na jaderná zařízení k zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany a havarijní připravenosti, aktivní zóně reaktoru, řídicích ochranných systémech, systémech chlazení reaktoru, energetických napájecích systémech, systémech ochranné obálky, radiační ochranou a manipulací s jaderným palivem a jeho skladováním.[9]

Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 324/1999 Sb., kterou se stanoví limity koncentrace a množství jaderného materiálu, na který se nevztahují ustanovení o jaderných škodách

Vyhláška obsahuje v příloze limity koncentrace a množství jaderného materiálu.[10]

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 řádu

Vyhláška hovoří o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti a dokladováním havarijní připravenosti.[11]

Vyhláška č. 309/2005 Sb., o zajišťování technické bezpečnosti vybraných zařízení

Vyhláška se zabývá způsobem určení speciálně navrhovaných vybraných zařízení, technickými požadavky k zajištění bezpečnosti, které se uplatňují při výrobě speciálně navrhovaných vybraných zařízení, posuzováním shody speciálně navrhovaných vybraných zařízení s technickými požadavky stanovenými na tato zařízení a způsobem zajištění technické bezpečnosti vybraných zařízení při provozu a technické požadavky na ně.[12]

Vyhláška č. 165/2009 Sb., o stanovení seznamu vybraných položek v jaderné oblasti

Vyhláška obsahuje v příloze seznam vybraných položek podléhajících kontrolním režimům.[13]

2.2 Evropské právní normy

Oblast jaderné bezpečnosti

Nařízení Rady (Euratom) č. 3954/87, kterým se stanoví nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin a krmiv po jaderné havárii nebo jiném případě radiační mimořádné situace.[14]

Nařízení Rady (Euratom) č. 2218/89, kterým nařízení (Euratom) č. 3954/87, stanoví nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin a krmiv po jaderné havárii nebo jiném případě radiační mimořádné události.[15]

Nařízení Komise (Euratom) č. 944/89, kterým se stanoví nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace méně významných potravin po jaderné havárii nebo jiném případě radiační mimořádné situace.[16]

Nařízení Rady (Evropské hospodářské společenství) č. 2219/89, o zvláštních podmínkách pro vývoz potravin a krmiv po jaderné havárii nebo jiném případě radiační mimořádné situace.[17]

Rozhodnutí Komise (Euratom) č. 1999/819, o přistoupení k úmluvě z roku 1994 o jaderné bezpečnosti z Evropského společenství pro atomovou energii (Euratom) s ohledem na další prohlášení.[18]

Směrnice Rady (Euratom) č. 2009/71, o stanovení rámce Společenství pro jadernou bezpečnost jaderných zařízení.[19]

Oblast radiační ochrany – budoucí nehody

Nařízení Komise (Euratom) č. 770/90, kterým se stanoví nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace krmiv po jaderné havárii nebo jiném případě radiační mimořádné události.[20]

Oblast jaderné energie – záruky

a) Základní nástroje

Nařízení Komise (Euratom) č. 302/2005, o uplatňování dozoru nad bezpečností v rámci Euroatomu.[21]

3 JADERNÁ ENERGETIKA A JADERNĚ ENERGETICKÁ ZAŘÍZENÍ

3.1 Historie a vývoj

Za započetí jaderného věku lze považovat objevení štěpení atomu roku 1938, kdy Otto Hahn spolu se svým asistentem Fritzem Strassmanem nechali odstřelovat prvky uranu neutrony. Tento objev tak velmi výrazně přispěl k rozvíjení oboru jaderné energetiky.[22]

Dalším velmi výrazným objevem na poli jaderné energetiky bylo sestrojení prvního jaderného reaktoru Enricem Fermim, který spustil 2. prosince 1942 v USA. Reaktor měl výkon 0,5 W a neměl žádné stínění proti radioaktivnímu záření. Enrico Fermi byl při své práci seznámen s Hahnovým objevem, jenž mu velmi výrazně pomohl. Po tomto objevu započala intenzivní práce na zdokonalování reaktorů.

První jaderná elektrárna byla spuštěna Sovětským svazem roku 1954 v Obnisku, o rok později pak spustila svůj první reaktor i Velká Británie. Ropná krize v sedmdesátých letech byla impulsem pro další výstavbu reaktorů i v jiných zemích. Odhaduje se, že jaderné elektrárny zabezpečovaly až 30% spotřeby elektřiny v rozvinutých zemích. Vzrůstající popularitu jaderné energetiky neubrala ani havárie v britském Windscale, která byla málo medializovaná.

Další havárie z oblasti jaderné energetiky jako havárie v Three Mile Island z roku 1979, Jaslovských Bohunicích 22. února 1977 či v Černobylské jaderné elektrárně 26. dubna 1986 výrazně přispěly k zvýšení bezpečnosti i v jiných zařízeních. Všechny byly zapříčiněny výraznou lidskou chybou.[23]

První český reaktorový blok začal pracovat v květnu roku 1985, další pak v červenci roku 1987, oba v zařízení Dukovany. Více jak 80 % zařízení těchto bloků bylo vyrobeno v České republice. V červenci roku 2000 bylo zavedeno první palivo v jaderné elektrárně Temelín, 21. prosince pak reaktor vyrobil první elektřinu.

V současnosti lze jadernou energetiku považovat za nejčistší a relativně nejbezpečnější zdroj získávání energie. Za nejčistší lze jadernou energetiku považovat proto, že produkuje žádné emise při svém běžném provozu. Ovšem při případné havárii mohou mít následky až katastrofální vliv na globální klima. Jaderná energetika snižuje hodnotu v současnosti o více než 700 Mt CO₂ ročně díky svému čistému provozu, následky případné havárie

mohou být ovšem zcela katastrofální.[24] Za relativně nejbezpečnější lze jadernou energetiku považovat proto, že v drtivé většině případů byly havárie jaderně energetických zařízení, způsobeny lidským faktorem. Rovněž lze jadernou energetiku považovat za nejbezpečnější vzhledem k počtu havárií, byť mají případné havárie nedozírné až katastrofální následky. Jejich počet je vzhledem k jiným průmyslovým haváriím malý.

K 1. únoru 2014 pokrývaly jaderné reaktory 13 % světové spotřeby elektřiny. V Evropě je jedna třetina spotřeby elektrické energie z jaderných elektráren.[25]

K 1. prosinci 2014 bylo v provozu 437 jaderných reaktorů, 70 ve výstavbě, 179 plánovaných a 308 reaktorů předběžně uvažovaných. Ty pokrývaly asi 11% celosvětové spotřeby elektřiny s produkcí 377 322 MW. Mezi giganty z pohledu počtu využívaných reaktorů se k tomuto datu řadí USA s počtem jednoho sta reaktorů dále pak Francie s 58 reaktory a Japonsko s 48 reaktory. Z pohledu procentuálního využití pak Francie se 73,3 %, Belgie s 52 % a Slovensko s 51,7 %. Mezi další rekordmany se řadí Itálie, která po haváriích v jaderné energetice naprosto upustila od jaderných elektráren, po havárii v jaderné elektrárně Fukušima upouští od svého programu rovněž Německo. Naopak jaderná energetika Číny je ve velkém rozvoji, více jak třetina reaktorů ve výstavbě, 26 reaktorů, téměř jedna třetina plánovaných, 60 reaktorů a téměř polovina, 120 reaktorů je Čínských. Z tohoto pohledu lze říci, že budoucí mocností jaderné energetiky bude jednoznačně Čína.[26][27]

Tab. 1 – Tabulka stavu jaderné energetiky ve světě – a

Země	% výroby el. en.	Reaktory v provozu	Reaktory ve výstavbě	Plánované reaktory	Uvažované reaktory
Argentina	4,4	3	1	0	3
Arménie	29,2	1	0	1	0
Bangladéš	0,0	0	0	2	0
Belgie	52,0	7	0	0	0
Bělorusko	0,0	0	2	0	2
Brazílie	2,8	2	1	0	4
Bulharsko	30,7	2	0	1	0
Česká Republika	35,9	6	0	2	1
Čile	0,0	0	0	0	4
Čína	2,1	22	26	60	120
Egypt	0,0	0	0	1	1

Zdroj: Information library: *World Nuclear Association* [online]. London, 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements/>

Tab. 2 – Tabulka stavu jaderné energetiky ve světě - b

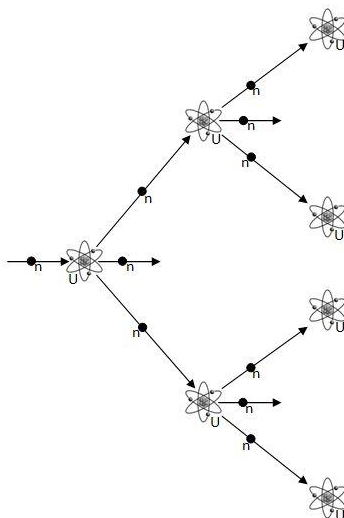
Země	% výroby el. en.	Reaktory v provozu	Reaktory ve výstavbě	Plánované reaktory	Uvažované reaktory
Finsko	33,3	4	1	1	1
Francie	73,3	58	1	1	1
Indie	3,4	21	6	22	35
Indonésie	0,0	0	0	1	4
Írán	1,5	1	0	2	7
Itálie	0,0	0	0	0	0
Izrael	0,0	0	0	0	1
Japonsko	1,7	48	3	9	3
Jihoafrická Republika	5,7	2	0	0	8
Jižní Korea	27,6	23	5	8	0
Jordánsko	0,0	0	0	2	0
Kanada	16,0	19	0	2	3
Kazachstán	0,0	0	0	2	2
KLDR	0,0	0	0	0	1
Litva	0,0	0	0	1	0
Maďarsko	50,7	4	0	2	0
Malajsie	0,0	0	0	0	2
Mexiko	4,6	2	0	0	2
Německo	15,4	9	0	0	0
Nizozemsko	2,8	1	0	0	1
Pakistán	4,4	3	2	0	2
Polsko	0,0	0	0	6	0
Rumunsko	19,8	2	0	2	1
Ruská federace	17,5	33	10	31	18
Saudská Arábie	0,0	0	0	0	16
Slovensko	51,7	4	2	0	1
Slovinsko	33,6	1	0	0	1
SAE	0,0	0	3	1	10
Spojené Království	18,3	16	0	4	7
Španělsko	19,7	0	0	0	0
Švédsko	42,7	10	0	0	0
Švýcarsko	36,4	5	0	0	3
Thajsko	0,0	0	0	0	5
Turecko	0,0	0	0	4	4
Ukrajina	43,6	15	0	2	11
USA	19,4	100	5	5	17
Vietnam	0,0	0	0	4	6
Svět	11,0	424	68	179	308
Země	% výroby el. en.	Reaktory v provozu	Reaktory ve výstavbě	Plánované reaktory	Uvažované reaktory

Zdroj: Information library: *World Nuclear Association* [online]. London, 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements/>

3.2 Princip činnosti jaderně energetického zařízení

Štěpná reakce

Jadernou energii lze generovat dvěma základními způsoby. Prvním z nich je jaderné slučování lehkých jader neboli jaderná fúze, stejná reakce probíhá na Slunci. Fúzní reaktory jsou ovšem prozatím budoucností a nachází se ve fázi vývoje, protože při jaderné fúzi se uvolňují teploty blízké teplotám na Slunci a aby se tyto teploty daly uskutečnit v zemských podmínkách, je zapotřebí provádět reakci v silných magnetických polích. Se zavedením těchto reaktorů se počítá v průběhu 21. století. Současné jaderné reaktory pracují na principu štěpení těžkých jader atomů. Z přírodních izotopů lze štěpit pouze uran ^{235}U , z uměle vytvořených pak uran ^{233}U , který vzniká z thoria a plutonium ^{239}Pu , které vzniká obohacováním uranu ^{238}U . Lze si povšimnout, že všechny štěpné izotopy jsou liché. K započetí štěpení izotopů je zapotřebí dodání energie v podobě neutronu, dále se reakce může prakticky udržovat sama. Aby se řetězová reakce udržovala sama, je třeba zajistit v každé generaci stejný počet neutronů způsobujících štěpení. Počet neutronů ze štěpení je vždy větší než počet neutronů potřebných pro štěpení v poměru 2,2 - 3,0. V praxi to vypadá tak, že po dodání počáteční energie v podobě neutronu se izotop rozštěpí na další neutrony, které jsou schopny rozštěpit dva další izotopy, ty pak uvolní stejné množství neutronů, které opět rozštěpí další izotopy. Štěpení tak stoupá geometrickou řadou. K udržování stálé reakce je v reaktoru je proto potřeba takzvaný moderátor, který pohlcuje část vydané energie a udržuje tak pravidelnou štěpnou reakci, nebo pohyblivé palivové tyče, které se ale nepoužívají tak hojně.[28]



Obr. 1 – Štěpná reakce
Zdroj: [Vlastní]

Výroba elektrické energie

Výroba elektrické energie začíná v jaderném reaktoru, ve kterém probíhající štěpná reakce uvolňuje obrovské množství tepelné energie. Do reaktoru jsou přes palivové kanály zasunuty palivové kazety, které se skládají z palivových tablet uvnitř tyčí a obalu, který je tvořen takovým materiálem, aby reakce zůstala uvnitř tyčí, obvykle slitinou zirkonia, ale mohou to být i hliník a jeho slitiny, hořčík a jeho slitiny nebo austenitické oceli a slitiny niklu.

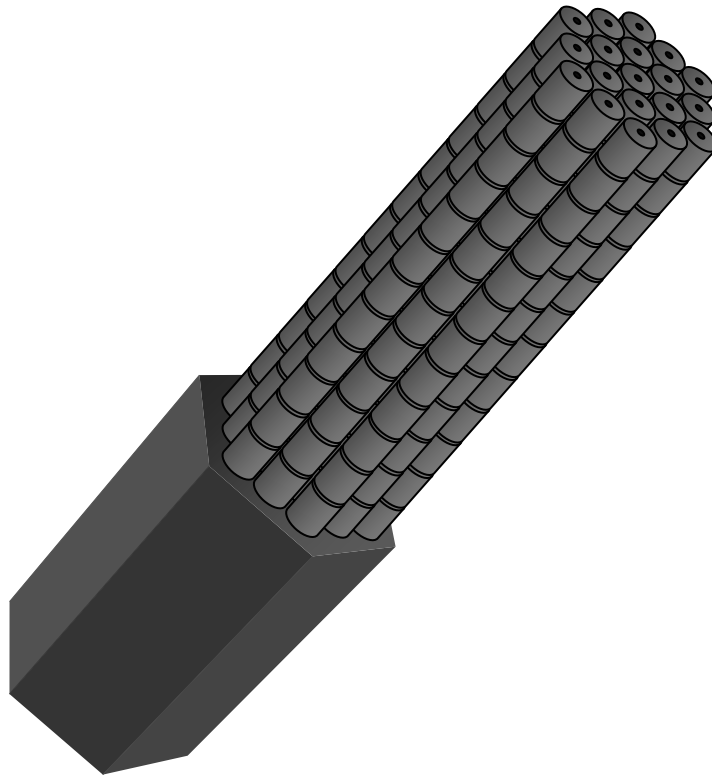


Obr. 2 - Palivový článek
Zdroj: [Vlastní]



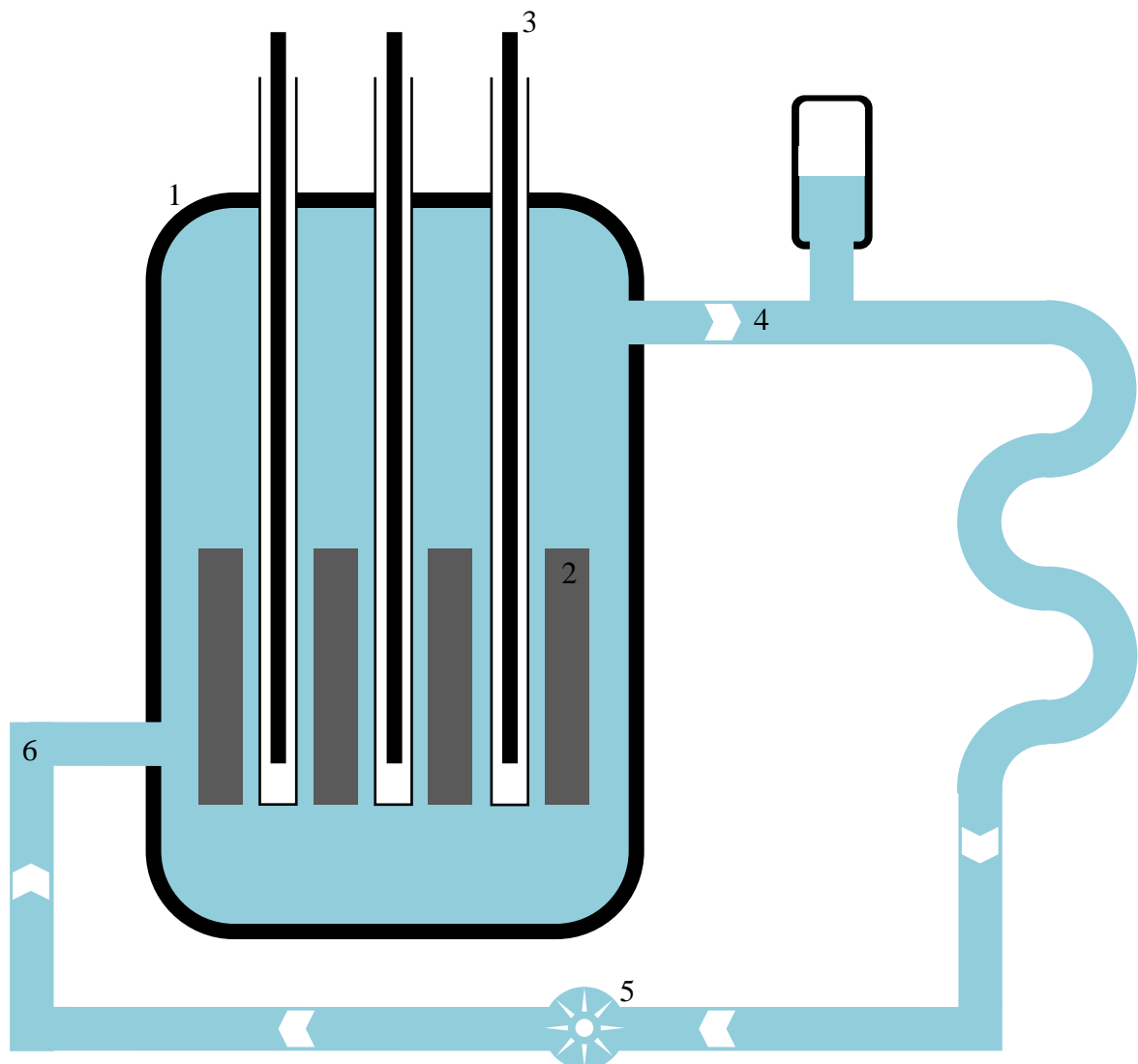
Obr. 3 – Palivová tyč
Zdroj: [Vlastní]

Palivová kazeta má v sobě několik palivových tyčí, které tvoří palivové proutky o průměru asi 9,0 mm, ve kterých jsou na sobě naskládány palivové tablety velké asi jako náprstek. Zhruba dvě tyto tablety by vytvořili dostatek elektrické energie pro jednoho člověka na celý rok. Kolem aktivní zóny reaktoru cirkuluje chladivo pod vysokým tlakem, který zabrání aby chladivo vřelo.



*Obr. 4 – Palivová kazeta
Zdroj: [Vlastní]*

Chladivo primárního okruhu reaktoru, je radioaktivní. Teplota tohoto okruhu je více než 300 °C. Tento okruh protíná sekundární okruh, který je uzavřen a není tedy radioaktivní. Pomocí parogenerátorů se chladivo v sekundárním okruhu mění v páru. Sekundární okruh prochází přes, několik metrů silný betonový reaktorový kontejnment, který může být vyztužen olověnými bloky či ocelovými výztužemi. Dále procházející turbínami elektrických generátorů, které tvoří obrovské alternátory, vyrábí elektrickou energii. Zatímco elektrická energie pak pokračuje do transformátorů a dále až ke spotřebitelům, chladivo sekundárního okruhu, v tuto chvíli pára, míří k místu, kde sekundární okruh kříží chladicí okruh. Tento okruh za pomoci výměny teplot přebírá značnou část tepelné energie a odvádí ji do chladících věží, kde se odvádí teplo v podobě páry do ovzduší. Dále se pak vrací zpět k místu křížení se sekundárním okruhem, případně se u některých jaderných elektráren odvádí do takzvaných rybníků neboli bazénů, které jsou umístěny u elektrárny, kde chladivo chladne. Aby všechny tři okruhy mohly cirkulovat, mají svá vlastní čerpadla.



Obr. 5 – Schéma funkčnosti reaktoru

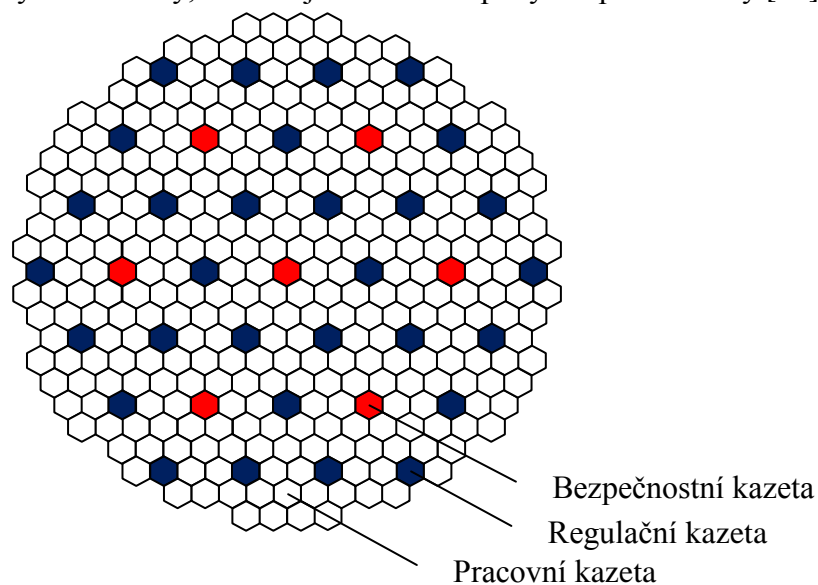
Zdroj: [Vlastní]

- 1 - Tlaková nádoba reaktoru
- 2 - Palivo
- 3 - Regulační tyče
- 4 - Primární chladicí okruh
- 5 - Tlakovodní čerpadlo
- 6 - Chladivo pod tlakem

Je velmi důležité nezaměňovat moderátor s chladivem primárního okruhu. Zatím co moderátor udržuje stálou reakci a tím i stálou teplotu v reaktoru, chladivo přebírá teplotu reaktoru ve formě energie a odvádí ji k dalšímu zpracování. Aby nedocházelo k přejímání tepla

a jeho odvádění v primárním okruhu, je tedy zapotřebí moderátor, který prakticky dovoluje vytvoření další tepelné energie. Jako moderátory se používají, například grafit, který má horší moderační vlastnosti ale nízkou cenu a dobrou tepelnou vodivost, těžká voda, která má sice velkou korozní agresivitu, nepříznivý radiační rozklad vody a musí se pracovat s vysokými tlaky, ale lze ji využít jako chladivo a moderátor současně. Dále pak lze použít jako moderátoru berylium nebo polyfenyly. Chladiva mohou být plynná, která mají ovšem špatnou schopnost odvádět teplo, nebo kapalná, která lze využít současně i jako moderátory. Jako další chladiva lze využít i tekuté kovy nebo roztavené soli.

Existuje mnoho typů jaderných reaktorů. Tlakovodní (PWR), který je nejběžnějším typem „lehkovodních“ reaktorů, je ochlazován vodou pod vysokým tlakem. Ta odnímá žár z aktivní zóny a odvádí teplo do výměníku, kde vzniká pára. Varný reaktor (BWR) je jiný typ lehkovodního reaktoru, chladicí médium prochází aktivní zónou, kde přichází do varu a vzniká pára. „Těžkovodní“ tlakový reaktor (PHWR), u kterého je jako chladivo použita „těžká voda“. Lehkovodní grafitový reaktor (LWGR), u kterého jsou palivové články jednotlivě uloženy v tlakových trubicích, které spočívají v chladivu a grafitu (zpomalovači), který zpomaluje neutrony. Reaktor chlazený plynem (GCR) je reaktor chlazený místo vodou, oxidem uhličitým. Moderní plynem chlazený reaktor (AGR) je v podstatě stejný typ jako GCR, ale palivem je obohacený uran, jenž je asi pětikrát koncentrovanější než přírodní. Rychlý reprodukční reaktor (FBR), je reaktor, který produkuje více paliva (v tomto případě plutonium), než kolik spotřebuje. Jako palivo se používá uran, který se po bombardování rychlými neutrony, které nejsou ve svém pohybu zpomalovány.[29][30]



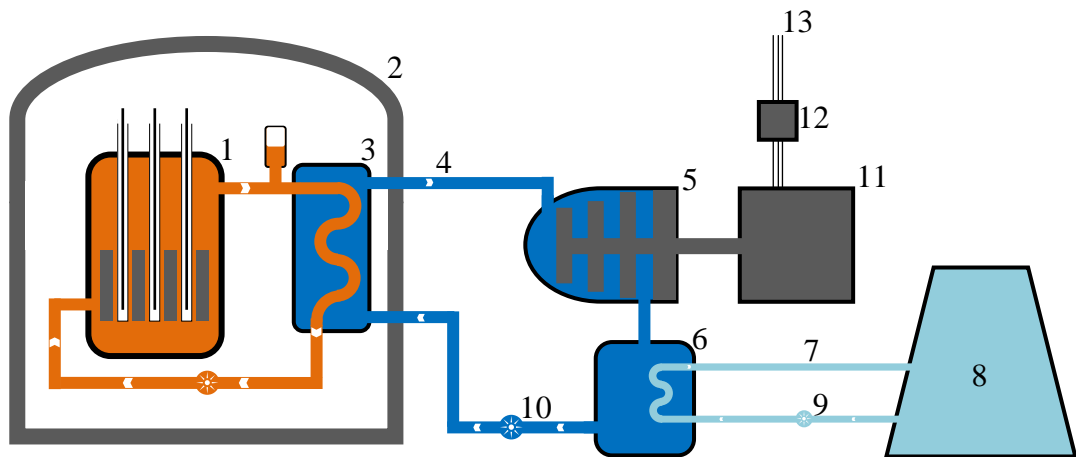
Obr. 6 – Pracovní schéma reaktoru

Zdroj: [Vlastní]

Jaderná elektrárna

Existuje mnoho druhů staveb jaderně energetických zařízení s různými typy reaktorů, základní koncepce však zůstává zachována nebo alespoň velmi podobná. Základní částí každé jaderné elektrárny je výrobní okruh, který vyrábí energii a mění jí na elektřinu. Jaderný reaktor se sestává z palivových kazet složených do bloků, moderátoru, primárního chladicího okruhu a části sekundárního okruhu, který vychází ven skrz několik metrů tlustý betonový kontejnment. Výrobní část reaktoru, ve které probíhá výroba energie, je zapuštěna mírně pod úroveň země. Sekundární okruh dále pokračuje k parním turbínám, kde probíhá výroba elektrické energie. Elektřina vyrobená v generátorech pokračuje do trafostanic k dalšímu zpracování a přes dráty vysokého napětí až ke spotřebitelům. Následně ho protíná chladicí okruh, který mění páru v sekundárním okruhu zpět na kapalné chladivo a přebírá jeho tepelnou energii. Tu dále vede až do chladících věží, kde se snižuje teplota chladicího okruhu. Z chladících věží se voda vrací zpět k místu křížení se sekundárním okruhem, nebo pokračuje dále do takzvaných bazénů nebo rybníků, kde dále chladne. Následně se vrací k místu křížení se sekundárním okruhem.

Kromě základní části, tedy výrobního okruhu se jaderná elektrárna sestává z mnoha dalších technických a organizačních prvků zajišťujících její bezpečnost provozu, zabezpečení a správný chod. Jsou to zařízení jako záložní diesel agregáty, které slouží k umělému napájení chlazení, záložní chladicí věže, sklady paliva, mezisklady použitého paliva, technické vybavení ale také budova vedení s řídicím centrem, vlastní hasičský sbor či ozbrojená jednotka rychlého nasazení. Dalšími prvky mohou být vlastní lékařská budova, další bezpečnostní prvky, jako ochranné rámy, dozimetrické stanice apod., podzemní kryt či nově také solární panely pro energetickou pomoc u případné havárie.[31][32][33]



Obr. 7 – Schéma funkčnosti jaderně energetického zařízení
Zdroj: [Vlastní]

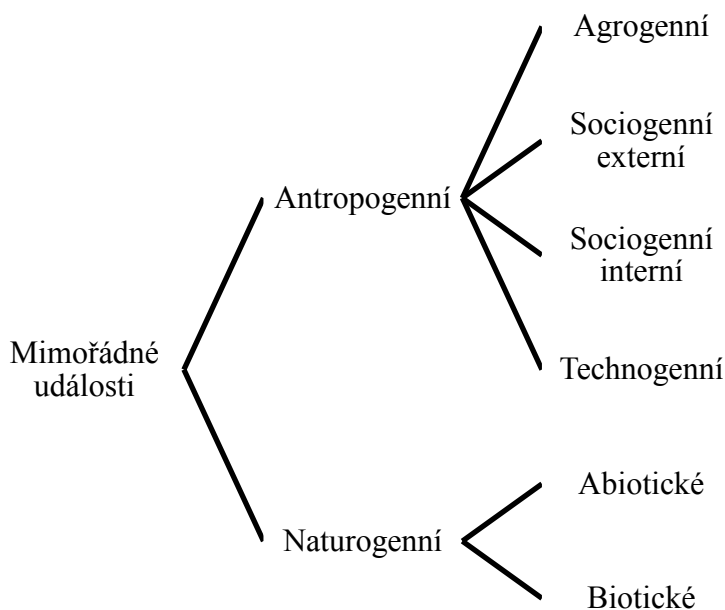
- 1 - Jaderný reaktor
- 2 - Betonový kontejnment
- 3 - Parogenerátor
- 4 - Sekundární chladicí okruh
- 5 - Parní turbína
- 6 - Nádrž pro výměnu teplot mezi okruhy
- 7 - 3. chladicí okruh
- 8 - Chladicí věž
- 9 - Čerpadlo 3. chladicího okruhu
- 10 - Čerpadlo sekundárního chladicího okruhu
- 11 - Generátor elektrické energie
- 12 - Transformátor
- 13 - Vysoké napětí

4 MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI

Stejně tak jako každý člověk, zvíře nebo proces může být ohrožen nějakým druhem mimořádné události, může být ohroženo jakékoliv zařízení technického nebo jiného charakteru. I když se bezpečnostní a jiné jednotky každodenně připravují na zvládnutí prakticky jakékoliv mimořádné události, nejlepší formou ochrany před potencionálními mimořádnými událostmi zůstává prevence. Dokážeme-li účinně ochránit požadovaný objekt, v tomto případě jaderně energetické zařízení, můžeme mnohonásobně snížit, či dokonce úplně zamezit případným následkům.[34][35][36]

4.1 Členění mimořádných událostí

Typů mimořádných událostí je celá řada, proto aby bylo jednodušší jejich členění, jenž je spjata s následným výkonem zabezpečování, je třeba je rozdělit do druhů.



Obr. 8 – Členění mimořádných událostí

Zdroj: [Vlastní]

Antropogenní mimořádné události

Agrogenní

- degradace kvality půdy;
- eroze půdy;
- monokulturní zemědělská výroba;
- nevhodné používání hnojiv a agrochemikálií;
- splavování půd do vodních toků;
- vysychání a znehodnocování vodních toků;
- zhoršení kvality zemědělské produkce vlivem velkoprodukce;
- zhutňování půd z důvodů používání těžké mechanizace.

Sociogenní externí

- diverzní činnost spojená s přípravou nebo průběhem vojenské agrese;
- hospodářské sankce a hospodářský nátlak;
- násilné akce subjektů cizí moci spojené s použitím vojenských sil a prostředků na území, ke kterému jsou plněny spojenecké závazky, nebo je poskytována mezinárodní humanitární pomoc;
- ohrožení základních demokratických hodnot v takovém rozsahu, že je požadováno nasazení ozbrojených sil pro provedení mezinárodní mírové nebo humanitární operace;
- politický nátlak;
- přenos hospodářských krizí z důvodů propojení ekonomik;
- rozsáhlé ekologické havárie, přesahující hranice států;
- vnější vojenské napadení státu nebo jeho spojenců.

Sociogenní interní

- decimování a vyhlazování obyvatelstva;
- hromadné postižení osob mimo epidemií;
- hrozba teroristických akcí, aktivity vnitřního a mezinárodního zločinu a terorismu;
- migrační vlny a rozsáhlá emigrace;
- narušení dodávek elektrické energie, plynu a tepla;
- narušení dodávek léčiv a zdravotnického materiálu;
- narušení dodávek pitné vody;
- narušení dodávek potravin;
- narušení dodávek ropy a ropných produktů;
- narušení finančního a devizového hospodářství státu;
- narušení funkčnosti dopravních systémů;
- narušení funkčnosti informačních systémů a komunikačních vazeb;
- narušení funkčnosti systémů pro varování a vyrozumění obyvatelstva;
- ohrožení demokratických základů státu extrémistickými politickými skupinami;
- ohrožení života a zdraví občanů jiných zemí takového rozsahu, kdy je vyžadována humanitární pomoc nebo nasazení záchranných sil v rámci zahraniční pomoci;
- použití zbraní hromadného ničení biologických, chemických a jaderných;

- psychosociální negativní jevy;
- působení toxických odpadů a okolí;
- rozvoj náboženské, národnostní a rasové nesnášenlivosti;
- totální zhroucení ekonomiky státu;
- vliv přelidnění;
- záměrné šíření drogových závislostí;
- záměrné šíření poplašných a nepravdivých zpráv, vyvolávání stavu paniky;
- závažné narušení veřejného pořádku, nárůst závažné majtkové a násilné kriminality, soupeření militantních nebo extrémních politických skupin mezi sebou.

Technogenní

- důlní neštěstí;
- havárie v dopravě - požáry, exploze, destrukce;
- havárie v dopravě s výronem toxických látek;
- mechanické a statické poruchy staveb a zařízení;
- mimořádné události v tunelech a jiných podzemních stavbách;
- narušení hrází vodohospodářských děl;
- nepříznivé působení člověka na životní prostředí;
- radiační havárie velkého rozsahu;
- rozsáhlé dopravní havárie v silniční, železniční, letecké, městské a vnitrozemské lodní dopravě a na lanovkách;
- technické a technologické havárie - požáry, exploze, destrukce;
- technologické havárie spojené s výronem nebo únikem nebezpečných látek;
- znečištění životního prostředí rozsáhlými haváriemi.

Naturogenní mimořádné události

Abiotické

- atmosférické výboje;
- dlouhodobá sucha;
- dlouhodobé inverzní situace;
- geomagnetické anomálie;
- globální změna klimatu;
- kosmické záření, radioaktivita přírodního prostředí, únik radonu, zvýšené radioaktivní pozadí;
- krupobití;
- mlhy;
- narušování krajinných celků a celkové ekologické rovnováhy;
- narušování ozónové vrstvy z důvodů velké produkce metanu;
- pád kosmických těles, meteorologických dešťů;
- posun říčního koryta;
- povodně a záplavy;
- požáry způsobené přírodními vlivy;
- propad zemských dutin;
- přepólování zemských pólů;
- půdní eroze;
- silné mrazy a vznik námraz;
- sněhové kalamity;
- sopečná činnost;
- vichřice, větrné poryvy, větrné víry, tornáda;
- výbuch supernovy;
- zemětřesení;
- zemské sesuvy.

Biotické

- epidemie;
- epifylie;
- enzootie;
- genové a biologické manipulace;
- parazité;
- přemnožení plevelů;
- přemnožení přírodních škůdců;
- rychlé vymírání druhů;
- živočišní a rostlinní vetřelci.

4.2 Mimořádné události potenciálně ohrožující provoz jaderně energetických zařízení

Antropogenní

Sociogenní externí

- hospodářské sankce a hospodářský nátlak;
- násilné akce subjektů cizí moci spojené s použitím vojenských sil a prostředků na území, ke kterému jsou plněny spojenecké závazky, nebo je poskytována mezinárodní humanitární pomoc;
- ohrožení základních demokratických hodnot v takovém rozsahu, že je požadováno nasazení ozbrojených sil pro provedení mezinárodní mírové nebo humanitární operace;
- rozsáhlé ekologické havárie, přesahující hranice států;
- vnější vojenské napadení státu nebo jeho spojenců.

Sociogenní interní

- hrozba teroristických akcí, aktivity vnitřního a mezinárodního zločinu a terorismu;
- narušení dodávek ropy a ropných produktů;
- narušení funkčnosti dopravních systémů;
- narušení funkčnosti informačních systémů a komunikačních vazeb;
- narušení funkčnosti systémů pro varování a vyrozumění obyvatelstva;
- ohrožení demokratických základů státu extrémistickými politickými skupinami;
- použití zbraní hromadného ničení biologických, chemických a jaderných;
- totální zhroucení ekonomiky státu;
- záměrné šíření poplašných a nepravdivých zpráv, vyvolávání stavu paniky;
- závažné narušení veřejného pořádku, nárůst závažné majetkové a násilné kriminality, soupeření militantních nebo extrémních politických skupin mezi sebou.

Naturogenní**Technogenní**

- mechanické a statické poruchy staveb a zařízení;
- narušení hrází vodohospodářských děl;
- technické a technologické havárie - požáry, exploze, destrukce;
- technologické havárie spojené s výronem nebo únikem nebezpečných látek;
- znečištění životního prostředí rozsáhlými haváriemi.

Abiotické

- atmosférické výboje;
- geomagnetické anomálie;
- globální změna klimatu;
- kosmické záření, radioaktivita přírodního prostředí, únik radonu, zvýšené radioaktivní pozadí;
- krupobití;
- narušování ozónové vrstvy z důvodů velké produkce metanu;
- pád kosmických těles, meteorologických dešťů;
- povodně a záplavy;
- požáry způsobené přírodními vlivy;
- propad zemských dutin;
- přepólování zemských pólů;
- silné mrazy a vznik námraz;
- sněhové kalamity;
- sopečná činnost;
- vichřice, větrné poryvy, větrné víry, tornáda;
- výbuch supernovy;
- zemětřesení;
- zemské sesuvy.

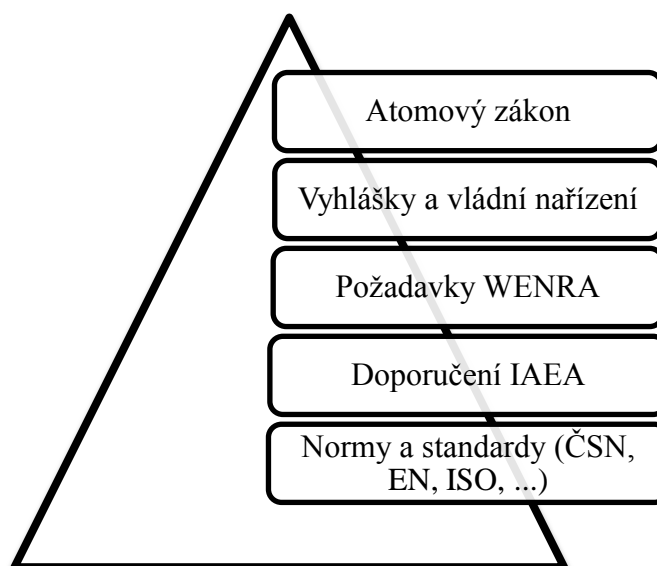
5 BEZPEČNOST JADERNĚ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Jaderná bezpečnost je stav a schopnost jaderného zařízení a osob obsluhujících jaderné zařízení zabránit nekontrolovanému rozvoji řetězové štěpné reakce nebo nedovolenému úniku radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do životního prostředí a omezovat následky nehod. Bezpečnost jaderně energetických zařízení je tedy stav, kdy je technické zařízení jako takové udržet stav jaderné bezpečnosti.

Mezinárodní agentura pro atomovou energii OSN provádí na jaderných zařízeních celého světa kontrolní, hodnotící a poradenské mise. Těchto misí se účastní i pracovníci IAEA ale také externí odborníci. Jako příklad lze uvést nevyužití poradenského servisu v rámci mise OSART v Japonsku, kdy odborníci doporučili provozovateli JEZ Fukušima, i přes splňování národních legislativních podmínek, zvýšit odolnost proti případné vlně tsunami, nebo umístit zdroje záložního napájení výše nad hladinu moře. Žádné z těchto doporučení však provozovatel nerealizoval.

Japonské a většina ostatních jaderných elektráren jsou navržena tak, aby odolali zemětřesením ale i jiným naturogenním a antropogenním mimořádným událostem. Odhaduje se, že 20 % jaderných reaktorů působí v oblastech s významnou seizmickou aktivitou.

Cíle bezpečnost JEZ kladou kromě státních agentur, či samotných provozovatelů JEZ, také mezinárodní agentury jako IAEA či WENRA.[37]



Obr. 9 – Nadřazenost legislativních dokumentů

Zdroj: [MATAL, Oldřich a Hugo ŠEN. *Jaderná zařízení a jejich bezpečnost*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 174 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 978-80-214-4349-5.]

5.1 Stupně bezpečnosti INES

K přehlednější charakterizaci havárií jaderně energetických zařízení je využíváno stupňů INES 0-7.

Tab. 3 – Stupně hodnocení havárií

7 - Velmi těžká havárie	Havárie s únikem velkého množství látek z aktivní zóny do okolí obsahující směs radioaktivních štěpných produktů s možností akutních zdravotních účinků a pozdějšími zdravotními následky u obyvatelstva na rozsáhlém území a dlouhodobými následky na životní prostředí.
6 - Těžká havárie	Havárie s únikem štěpných produktů do okolí s úplnou realizací havarijních plánů pravděpodobně potřebných k omezení zdravotních důsledků.
5 - Havárie s účinky na okolí	Havárie s únikem štěpných produktů do okolí s částečnou realizací havarijních plánů a potřebnou evakuací v některých případech. Těžké poškození velké části aktivní zóny.
4 - Havárie s účinky v JEZ	Havárie s účinky s maximální dávkou zátěže ozářených jedinců v okolí JEZ s nepravděpodobnou potřebou havarijních opatření a určitým poškozením aktivní zóny se zdravotními těžkostmi zaměstnanců.
3 - Závažná porucha	Havárie s únikem látek do okolí nad povolené limity s výskytem polí záření nebo kontaminace v elektrárně. Překročení povolených limit expozice pracovníků a podmínky, při kterých by mohly v důsledku pozdější poruchy vzniknout havarijní podmínky nebo situace, kde by bezpečnostní systémy nebyly schopné zabránit havárii, v případě nastání konkrétních iniciačních událostí.
2 - Porucha	Technická porucha nebo odchylka, která neovlivňuje jadernou bezpečnost, ale může vést k následnému přehodnocení.
1 - Odchylka	Funkční nebo provozní odchylka nepředstavující riziko, ale signalizující nedostatky v bezpečnostních opatřeních.
0 - Pod stupnicí	Situace, při kterých nejsou překročeny provozní limity a podmínky a které jsou bezpečně zvládnuté vhodnými postupy.

Zdroj: [Jaderná bezpečnost: Stupnice INES. 2010. Státní úřad pro jadernou bezpečnost [online]. Praha [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/stupnice-ines/>]

6 SOUČASNÝ STAV JADERNÉ ENERGETIKY VE VYBRANÝCH ZEMÍCH

6.1 Česká republika

Česká republika má šest jaderných reaktorů, produkujících asi třetinu z celkové spotřeby elektrické energie. Současně se uvažuje o výstavbě dalších čtyřech reaktorů, dvou v elektrárně Temelín a dvou v elektrárně Dukovany. Současně se uvažuje o prodloužení životnosti současných Dukovanských reaktorů asi o 20 let a do roku 2040 snížit současnou spotřebu v uhelných elektrárnách na třetinu. Obě jaderné elektrárny dodávající elektrickou energii české republice jsou vlastněny společností ČEZ, a. s., která uvažuje o zavedení teplovodů z jaderných elektráren do blízkých měst, Českých Budějovic a Brna. Dodávané teplo by mělo pokrýt až dvě třetiny městských tepelných potřeb. Nabídky k dostavbě dalších dvou reaktorů v Temelíně byly podány v červenci 2012 a smlouva měla být podepsána koncem roku 2013, ale pak byl výběr a podpis odložen do poloviny roku 2015, až po dokončení nové energetické strategie novou vládou. Jaderná bezpečnost je regulována Státním úřadem pro jadernou bezpečnost, který převzal tuto odpovědnost z bývalé Československé komise pro atomovou energii roku 1993. V roce 2013 oznámila IAEA, jejíž tým analyzoval funkčnost Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, že český systém pro jadernou a radiační bezpečnost je robustní a SÚJB je efektivní a nezávislý regulační orgán.[38]

O bezpečnosti českých jaderných elektráren hovoří i závěrečné zprávy týkající se zátěžových testů, na vyhodnocování zprávy se podílely desítky odborníků společnosti ČEZ a specialisté z Ústavu jaderného výzkumu v Řeži a ČVUT. Hodnocení potvrdilo odolnost elektráren a neodhalilo žádnou bezpečnostní vadu, která by vyžadovala neodkladné řešení.[39][40]

Pro zvýšení bezpečnosti jaderné energetiky probíhají prověrky a testy společnosti ČEZ, a. s.. Například cvičení z roku 2013 prokázalo, že při mimořádné události v jaderné elektrárně je klíčovým faktorem komunikace s veřejností. Toto cvičení prokázalo více než dobrou připravenost JEZ na mimořádné události.[41]

Opět výbornou připravenost a požární ochranu prokázaly české JEZ roku 2014. Česká JEZ mají vlastní hasičské sbory, které jsou velmi kvalitně připravené na možnosti požáru.

Připravenost podnikových hasičských sborů svědčí i to, že mají připravenou techniku rozestavěnou na území elektrárny.[42]

Při každé odstávce JEZ navíc probíhá jejich z odolňování, a to tak, že se do krycích částí důležitých prvků zabudovávají výztuže, v důsledku toho jsou JEZ odolná na extrémní klimatické vlivy, seismicitu, tornádo nebo třeba i tsunami. Nezodolňují se pouze části, kryjící reaktory, ale také důležité části elektrárny jako například dieselgenerátory.[43][44][45]

6.2 Francie

Asi 75 % vyrobené elektřiny ve Francii pochází z jaderných elektráren. Tento podíl by se měl do roku 2025 snížit na 50 %. Francie je největším světovým výrobcem elektřiny, kvůli velmi nízkým nákladům na její výrobu, z tohoto důvodu Francie získává ročně více než 3 miliardy €. Francie je velmi aktivní v rozvoji jaderné technologie, přičemž 17 % vyrobené elektřiny je z recyklovaného jaderného paliva. Francie má 58 jaderných reaktorů provozovaných společností Electricité de France. Příjmy z prodeje elektřiny jsou tak vysoké,

že se společnost EDF rozhodla prodloužit životnost všech 58 reaktorů o deset let. Regulačním orgánem odpovědným za jadernou bezpečnost a radiační ochranu je Autorité de Sureté nucléaire.[46]

6.3 Japonsko

Japonsko potřebuje dovážet asi 84 % svých energetických zdrojů. Téměř padesátka reaktorů poskytuje zemi asi 30 % energie, do roku 2017 se má pak zvýšit na 40 %. Přesto, že je Japonsko jedinou zemí, která poznala devastující účinky jaderných zbraní, rozhodlo se pro mírové využívání jaderné energie, především proto, aby lépe zajistili své nároky na spotřebu elektřiny. V červnu 2010 se Japonsko rozhodlo zvýšit svou energetickou soběstačnost na 70% do roku 2030.[47]

6.4 Německo

Německo až do března 2011 získávalo čtvrtinu své elektřiny z jaderné energie, při použití sedmnácti reaktorů. Koaliční vláda vytvořená po volbách v roce 1998 měla jako rys svojí politiky utlumování jaderné energie. S novou vládou v roce 2009 bylo toto utlumování zrušeno, ale v roce 2011 po havárii v JEZ Fukušima (Japonsko) byl program snižování opět obnoven, osm reaktorů pak muselo být vypnuto okamžitě. Veřejné mínění v Německu zůstává v zásadě stejné a staví se proti jaderné energetice, naprosto bez podpory je pak výstavba nových jaderných elektráren. V roce 2013 byla více než polovina elektřiny generována z uhelných elektráren, ve srovnání se 43 % z roku 2010. Sedmáct reaktorů obsahovalo 15% instalovaného výkonu. Kancléřka Angela Merkelová rozhodla, že jaderné reaktory, instalované roku 1980 a dříve by měly ukončit výrobu ihned. Všechny reaktory by měly být vypnuty do roku 2022. V současnosti se v Německu od jaderného programu upouští a přechází se k výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů.[48]

6.5 Nizozemsko

Nizozemsko má jeden funkční jaderný reaktor, pokrývající téměř 4 % své spotřeby. V současnosti je navrhována výstavba alespoň jednoho nového reaktoru. Předchozí rozhodnutí vyřazovat jadernou energetiku z energetické sítě bylo zrušeno. Veřejná a politická podpora pro šíření mírového využití jaderné energie v současnosti roste. Další provozovaný reaktor, který je výzkumným, produkuje asi 60% lékařských izotopů v Evropě. Jaderná energetika má velmi malé zastoupení v zásobování Nizozemska elektrickou energií. Ostatními zdroji pro výrobu elektrické energie jsou především zemní plyn, uhlí a biopaliva a odpady. Značnou část své energetické spotřeby Nizozemsko dováží. V červnu 2006, nizozemská vláda uzavřela smlouvu s provozovatelem svého jediného jaderného reaktoru o prodloužení jeho provozu až do roku 2034, ovšem pouze za podmínek, že budou dodrženy největší bezpečnostní standardy. Po nástupu nové vlády v říjnu 2010 bylo vydáno prohlášení, že se Nizozemsko musí stát méně závislou zemí v otázce dovážení elektrické energie a současně v rámci snižování emisí se bude pozitivně stavět k výstavbě nových jaderných elektráren.[49]

6.6 Ruská federace

Ruská federace je první zemí, kterou potkala jaderná havárie nejvyššího stupně INES-7, tehdy ještě jako Sovětský svaz. V současnosti se vývoj jaderné energetiky v Rusku pohybuje stále kupředu s plány na velké rozšíření jaderné energetiky, a to včetně vývoje nových reaktorů. Efektivita výroby v jaderných elektrárnách se dramaticky zvýšila od poloviny devadesátých let. Vývoz zboží vztažného k jaderné energetice jsou pro Rusko jedním z hlavních politických a ekonomických cílů. Rusko je světovým lídrem v oblasti technologie rychlého reaktoru. Hlavní společností provozující ruské reaktory je Rosatom. V roce 2010 schválila vláda cílový program, který přináší novou technologickou platformu pro jadernou energetiku založenou na využití rychlých reaktorů. Dlouhodobá strategie Rosatomu, až do roku 2050, zahrnuje stěhování výroby do jaderných elektráren s rychlými reaktory s uzavřeným cyklem paliva. Spolu s vývojem jaderné energetiky bylo potřeba zmodernizovat 118 000 km vysokého napětí, dohodu o modernizaci a strategické spolupráci podepsala společnost Siemens. Hlavním účelem modernizace vysokého napětí byla minimální ztráta vysokého napětí, bylo tak učiněno v letech 2010 – 2013. Většina reaktorů byla licencována na dobu životnosti 30 let, na konci roku 2000 bylo oznámeno, že stávajícím reaktorům bude prodloužena licence životnosti o 15 – 25 let. V září 2006 Rosatom vyhlásil cíl poskytovat 23 % elektrické energie do roku 2020. V červenci 2012 byl tento cíl zmenšen. Ministr financí důrazně podpořil program na zvýšení podílu jaderné energie v oblasti poskytování elektřiny na 18,6 %, a proto i zvýšení energetické bezpečnosti, jakož i podporu exportu technologií jaderné energetiky. Po roce 2015 by měla být většina finančních prostředků z příjmů Rosatomu. Ačkoliv se Rusko jako první setkalo s jadernou havárií obrovského rozsahu, můžeme dne říci, že tato havárie více než výrazně přispěla ke zvýšení bezpečnosti ruských JEZ, rovněž i k jadernému výzkumu. I z těchto důvodů je dnes Rusko gigantem obchodujícím s mnoha zeměmi v oblasti jaderné energetiky. Kromě České republiky, které dodává palivo do jaderných elektráren, a jak sami zaměstnanci poznamenávají, palivo ve výborném technickém stavu, obchoduje také s Čínou, Indií, Běloruskem, Bangladéší, Tureckem, Vietnamem, Finskem, Maďarskem, Jordánskem, Bulharskem, Ukrajinou, Kazachstánem nebo také Jihoafrickou republikou.[50]

6.7 Slovensko

Slovensko provozuje čtyři jaderné reaktory generující asi polovinu celkové spotřeby elektrické energie, další dva reaktory jsou pak ve výstavbě. Vládní závazek a odhodlání pro další šíření jaderné energetiky je velmi silný. V letech 2005 až 2008 provozovatel slovenských JEZ, Slovenské elektrárne, provedl zásadní program modernizace na dvou svých jednotkách, ke zlepšení seizmické odolnosti chladicích systémů a systémů kontroly a řízení, s ohledem na prodloužení provozní životnosti až o 40 let, asi do roku 2025. V rámci vstupu do Evropské unie v roce 2004, se muselo Slovensko zavázat k uzavření dvou svých jednotek. V říjnu 2008 byly ve strategii energetické bezpečnosti Slovenské republiky, zveřejněny plány výstavby nových jaderných elektráren. Bezpečnostní strategie energetiky zahrnuje udržení podílu vyrobené elektřiny okolo 50%. Zodpovědným orgánem za udělování licencí, bezpečnost, nakládání s odpady, radiační ochranu a záruk je Regulační úřad pro jadernou energii Slovenské republiky.[51]

6.8 Spojené Království Velké Británie a Severního Irska

Spojené Království má 16 jaderných reaktorů, pokrývajících asi 18 % energetické spotřeby. Spojené Království zavedlo velmi důkladný program hodnocení nových návrhů reaktorů a jejich umístění. První z nové generace reaktorů by měl být zaveden do provozu v roce 2023. Současné reaktory mají dobu expirace od roku 2019 do 2035, a proto si vláda klade za cíl mít naprostou většinu nových reaktorů v provozu do roku 2030. V březnu 2013 vláda zveřejnila devadesátistránkový dokument průmyslové strategie „British Nuclear Future“, který stanoví vládní očekávání, že jaderná energetika bude hrát významnou roli v energetickém průmyslu.[52]

6.9 Švýcarsko

Švýcarsko provozuje 5 jaderných reaktorů, generujících téměř 40 % elektrické spotřeby. Národní hlasování potvrdilo jadernou energii jako prioritní součást energetického průmyslu. Téměř všechny švýcarské reaktory mají neomezenou dobu provozní licence, pokud prokážou svou zabezpečení. Nová vláda se po ujednání úřadu v prosinci 2011, se zavázala k vytvoření nové politiky energetické bezpečnosti bez jaderné energie do roku 2013.

Budoucnost dlouhodobého vyrábění elektrické energie v jaderných elektrárnách je nejistá. Během uplynulých let švýcarská vláda a veřejnost několikrát zaměnily záměr, zda v budoucnosti využívat k výrobě elektrické energie jadernou energetiku nebo její alternativy.[53]

6.10 Spojené Státy Americké

USA jsou největším světovým producentem jaderné energie, což představuje více než 30 % celosvětové výroby elektrické energie. Jedno sto jaderných reaktorů poskytuje více než 19 % energetické spotřeby země. Do roku 2020 by mělo být vybudováno šest nových reaktorů. Jaderné reaktory jsou umístěny ve 31 státech, provozovaných třiceti různými energetickými společnostmi. Provozní licence některých reaktorů by měly vypršet od roku 2013 do 2016. Naprostá většina reaktorů se kvůli možným zemětřesením nachází na východě a středo-východě země. Podstatný hlas v oblasti jaderné energetiky má v USA společnost pro Ochranu životního prostředí (EPA). Po 20 letech klesá vládní podpora pro jadernou energetiku, nyní je podpora ovšem oživena cílem přestavby amerického vedení jaderné energetiky. Ve snaze sdružení výzkumných laboratoří vlády, průmyslu a akademických obcí, vláda výrazně zvýšila výdaje na výzkum a vývoj s cílem vyvinout plynem chlazený reaktor IV. generace.[54]

6.11 Další využití jaderné energie

Jaderná energie má obrovský potenciál využití. Mnoho společností již dnes uvažuje, projektuje či dokonce zkoumá možnost využití jaderné energie jako jednorázovou možnost energetického zajištění měst, podobně jako baterie nebo dokonce meziplanetární pohon. Mezi dnes provozované odvětví, ve kterých je jaderná energie využita, kromě jiného, se řadí především medicína, jaderný pohon námořních sil a jaderné zbraně hromadného ničení.

6.11.1 Mírové využití

Nukleární medicína

Nukleární medicína je lékařský obor, který se stále celosvětově rozvíjí. Odborná pracoviště jsou samostatně umístěná nebo součástí kliniky. První umělý radionuklid,

vyrobili F. Joliot-Curie se svou ženou I. Joliot-Curie. První metabolické studie s radioaktivním fosforem provedl G. Hevesy u krys. Po dalších výzkumných procesech se nukleární medicína dne řadí mezi důležité lékařské procesy. Jako příklad lze uvést používání rentgenu či využití nukleární medicíny v onkologické péči.

6.11.2 Vojenské využití

Jaderná hlavičce

Je výbušné zařízení, ve kterém se uvolňuje energie při štěpení nebo slučování jader. V atomových pumách se využívá štěpení jader uranu nebo plutonia ke spuštění nekontrolovatelné řetězové reakce. Při této reakci se uvolňuje obrovské množství energie ve formě světla, tepla, tlakové vlny a smrtícího radioaktivního záření. První atomovou zbraň sestrojil a otestoval tým vědců, po začátku výzkumu v roce 1940, v čele s Robertem Oppenheimerem v červenci 1945 v Alamogordo v Novém Mexiku. Vědci mezi sebou uzavřeli dokonce sázku, zda dojde k sežehnutí celého státu Nové Mexiko. Test první nejničivější zbraně, jenž člověk vymyslel, nesl název „Trinity“. V rámci projektu vývoje atomové zbraně je nutné zmínit jméno československého vědce Georga Placzka, o němž se říká, že právě on vnuknul prvotní myšlenku, k vývoji atomové bomby. První A-bomba nesla název „Gadget“. O tři týdny zažilo lidstvo první použití jaderné hlavičce, 6. srpna 1945 a 9. srpna 1945, které stálo životy 220 tisíc osob. Po těchto dvou naprosto zničujících explozích nebyli až dosud znovu jaderné zbraně použity, nastal ovšem jejich obrovský rozmach a vývoj, následovaný mnoha testy.[55]

Jaderný pohon námořních sil

Jako pohon námořních sil slouží v podstatě klasická jaderná elektrárna, ovšem mnohonásobně zmenšená. Jelikož se jedná v podstatě jen o armádní plavidla, je zapotřebí obrovská míra zabezpečení reaktorů. Použití jaderného pohonu u plavidel má mnoho nesporných výhod v čele s neprodukovanými emisemi, tichostí pohonu a maximálního „dojezdu“ plavidel. Kupříkladu u letadlové lodi USS Nimitz se palivo mění jednou za 1,8 milionu kilometrů.

7 ANALÝZA ZKUŠENOSTÍ Z HAVÁRIÍ V JADERNÉ ENERGETICE

I přes ničivý potenciál jaderných havárií, je jaderný průmysl jedním z nejbezpečnějších vzhledem k počtu havárií k velikosti a rozšíření průmyslu. Dosavadní jaderné havárie byly způsobeny pouze chybou člověka a to přímou nebo nepřímou. Například havárie v JEZ Fukušima byla sice způsobena zemětřesením a následnou vlnou tsunami, ale v konečném výčtu ji lze přisuzovat jako chybu člověka, neboť ten nepředpokládal takový vývoj událostí a nepřizpůsobil jim výši bezpečnosti. Je nutno neusnout na vavřínech a bezpečnosti a havarijní připravenosti v rámci JEZ věnovat neodkladnou a nezbytnou pozornost, neboť jaderná energetika má do budoucna obrovský potenciál. „Výsledky analýzy potřeb pro bezpečnost jaderného zařízení vynásob 10x, teprve pak si můžeš říci, že je alespoň trochu bezpečné.“

7.1 Havárie v Černobylu

Dlouhou dobu jediná havárie nejvyššího stupně INES-7 vznikla 26. dubna 1986 v časných ranních hodinách na 4. bloku JEZ Černobyl na Ukrajině. V jaderné elektrárně vzdálené asi 130 km severně od Kyjeva, byly provozovány 4 reaktory RBMK - 1000 s nominálním výkonem 1000 MWe.

25. dubna bylo zahájeno odstavení 4. bloku pro plánovanou opravu reaktoru. Před odstavením měl být proveden experiment, který měl zjistit, zda bude turbogenerátor po rychlém uzavření přívodu páry schopen ještě asi 40 vteřin napájet čerpadla havarijního chlazení aktivní zóny reaktoru. Při přípravě k experimentu a snižování výkonu nastal prudký pokles výkonu reaktoru až na 30 MW, což znamená prakticky zastavení štěpné reakce. Při takovém výkonu prudce vzrostla koncentrace ^{135}Xe , který absorboval neutrony, a nastávala, tzv. otrava reaktoru což by znemožnilo reaktor znovu bezpečně spustit. V tuto chvíli měli operátoři experiment zastavit a reaktor vypnout. Reaktor se dostal do nestabilního stavu, bránil se vytahováním regulačních tyčí z aktivní zóny, což snižovalo operativní zásobu reaktivity. Poté si operátoři nechali vypsát stav reaktoru, po zjištění, že počet regulačních tyčí v aktivní zóně je necelá polovina měli reaktor znovu odstavit. Poslední chyby se operátoři dopustili, když zablokovali havarijní signál, který by automaticky odstavil reaktor. Jednu minutu po započetí experimentu došlo ke dvěma výbuchům, což mělo za následek

následný požár, který trval až do 10. května 1986. Havárie měla za následek větší jaderný spad než výbuchy Hirošimě a Nagasaki a než většina jaderných testů. Při okamžitých záchranných pracích zemřelo 28 osob na následky ozáření, další stovky tisíc osob byly a jsou vystaveny nezanedbatelným dávkám záření. Především osoby podílející se na likvidaci havárie, evakuovaní a populace stále žijící v oblastech s vysokou kontaminací.

Havarijní připravenost před černobylskou havárií obsahovala získání zdroje, jenž se vymknul kontrole zpět znovu pod kontrolu, zabránění či alespoň omezení důsledků nastalé havárie, zabránění vzniku deterministických zdravotních účinků a to jak u pracovníků havarovaného zařízení, tak u obyvatel v havárii zasažených oblastech, poskytnutí první pomoci významně ozářeným a kontaminovaným osobám, zajištění speciální diagnostické a léčebné péče o ozářené a kontaminované osoby, omezení vzniku stochastických účinků ionizujícího záření u havárii zasaženého obyvatelstva na rozumně dosažitelnou úroveň, ochranu životního prostředí a majetku v prakticky dosažitelnou úroveň a obnovení společenských a ekonomických aktivit v prakticky dosažitelném rozsahu.

Po černobylské havárii byly změněny především zásady bezpečnosti jako kritéria pro umístování jaderných elektráren, byly uděleny nové požadavky na funkci a postavení státních dozorů nad jadernou energetikou a její bezpečností či požadavky na systém krizového řízení, jeho strukturu, odpovědnosti a kompetence provozovatele, správních orgánů, na jejichž území jaderná elektrárna leží, orgánů s celostátní působností a majících kompetence a úkoly v systému havarijních plánů. Nejvíce změn bylo požadováno u zpracování havarijních plánů. Změnami bezprostředně po havárii byly opatření u krmení zvířat, zvýšení klopení ulic či přechodně zastavena výroba léčiv ze štítných žláz hovězího dobytka, ovšem jen přechodně. Po několika letech byla v SSSR zastavena výroba reaktorů RBMK-1000. Mezi celosvětové změny lze zařadit opatření ke zvýšení úrovně a odpovědnosti provozního personálu, zvýšení bezpečnosti a příprava personálu a velice vážně se začalo brát veřejné mínění. IAEA reagovala přípravou mezinárodní dohody o systému včasného předávání informací v případě havárie jaderného zařízení. Výsledky po černobylského, monitorování jsou využívány k ověřování modelů šíření radioaktivních látek. Všeobecně šlo především o zvyšování důrazu na bezpečnost a prevenci havárií.[56][57]

7.2 Havárie v Jaslovských Bohunicích

K havárii hodnocené stupněm INES-4 došlo 22. února 1977 v československé jaderné elektrárně Jaslovské Bohunice. K nehodě došlo při výměně palivových článků, kdy členové obsluhy při výměně, za plného provozu reaktoru, ve spěchu a za nepozornosti vložili do reaktoru článek ucpaný těsnícím silikagelem, který se používá k odvádění vlhkosti. Chladicí plyn nemohl článkem proudit a ten se začal tavit. Protavila se i stěna kanálu, ve kterém byl článek zasunut, a nastal únik radioaktivní vody. Nedostatek radioaktivní vody způsobil tavení dalších palivových článků.

Po havárii uniklo do okolí větší množství radioaktivity. Roztavený reaktor byl ponechán ve stavu, v jakém byl, a čekalo se na vývoj nových technologií, které by umožnily jeho bezpečnou likvidaci. Při čekání došlo ke korozi reaktoru a bazénů s poškozeným palivem a radioaktivní látky začaly pronikat do okolí. Roku 1990 bylo zjištěno, že v okolí elektrárny dosahuje radiace dvacetinásobku přirozené úrovně.

Havárie měla za následek zvyšování nároků na bezpečnost a připravenost obsluhy. Rovněž vedla k nutnosti zvyšování kvalifikovanosti obsluhy.

7.3 Havárie ve Fukušimě

K druhé havárii ohodnocené stupněm INES-7 došlo 11. března 2011, 25 let po té první, což vcelku symbolicky řeklo, že o jaderných elektrárnách nebudeme nikdy moci říci, že jsou naprosto bezpečné, ale pouze, že jsou více bezpečné.

K havárii došlo po zemětřesení o síle devíti stupňů Richterovy stupnice a následné vlně tsunami. Zemětřesení mělo přímý dopad na čtyři jaderné elektrárny Onagawa, Tokai, Fukušima 2/Dai-ini a Fukušima 1/Dai-ichi. Všechny provozované reaktory byly bezprostředně po zemětřesení odstaveny. Provozované bloky 1 - 3 byly v okamžiku zemětřesení v souladu se systémem automaticky odstaveny. Následkem zemětřesení elektrárna přišla o všech 6 externích zdrojů elektřiny. Dieselgenerátory úspěšně najely a zajišťovali havarijní chlazení reaktoru. Za 41 minut po úspěšném odstavení byly systémy havarijního chlazení přerušeny dvěma, po osmi minutách následujících, vlnách tsunami. Ty doslova smetly čerpadla na mořskou vodu i havarijní dieselgenerátory s palivovými nádržemi. Zachován zůstal pouze jeden. Svou mohutností, asi 15 metrů vysokou stěnou, vlna tsunami značně překonala výšku, se kterou projekt elektrárny pracoval (původní 3,1 m v roce 2002 revido-

vaný na 5,7 m). Jediným zdrojem energie pro havarijní chlazení se tak staly pouze baterie s několikahodinovou výdrží. Po selhání chladicích systémů došlo postupně k explozím vodíku a únikům radioaktivních látek.

Havárie JEZ Fukušima 1 ukázala potřebu efektivní mezinárodní spolupráce a sdílení potřebných informací a znalostí a rovněž nutnost vést transparentní komunikaci na všech úrovních. Po havárii se některé státy rozhodly ihned nebo postupně upouštět od jaderné energetiky s cílem přejít na jiné zdroje. Řada zemí se rozhodla prověřit odolnost svých jaderných elektráren v extrémních podmínkách a provést cílené hodnocení jejich bezpečnosti, tzv. zátěžové testy, výjimkou nebyla ani Česká republika. O uskutečnění těchto testů rozhodla Evropská rada 25. března 2011 a základní rámec a technický obsah vypracovala WENRA. S odezvou rovněž přišla i IAEA kdy byla pod její záštitou iniciována celosvětová prověrka stávajícího rámce pro zajištění jaderné bezpečnosti a havarijní připravenosti s cílem zpracovat na jeho dalším zdokonalování. Ta vyústila k formulaci Akčního plánu pro jadernou bezpečnost. Havárie rovněž přispěla k opětovné kontrole bezpečnosti a schopnosti obsluhy a rovněž také k technologické vyspělosti zabezpečení ve vztahu k naturogenním mimořádným událostem.[58]

8 VYBRANÉ AGENTURY ZABÝVAJÍCÍ SE JADERNOU ENERGETIKOU

Pro zachování nejvyšších bezpečnostních standardů pro všechny typy mírových jaderných aktivit, včetně výroby elektrické energie, ukládání odpadů, výzkumu a lékařského využití je potřeba existence orgánů zabývajících se bezpečností. Primární odpovědnost za bezpečnost jaderných elektráren spočívá u jejich pozorovatelů, kteří jsou pod dohledem národních a nadnárodních regulačních orgánů.

8.1 Euratom

Euratom neboli Evropské společenství pro atomovou energii bylo založeno současně s Evropským hospodářským společenstvím. Počátek jeho působení se datuje k 1. lednu 1958. Hlavním cílem společenství je přispívat k vytváření nezbytných podmínek pro rychlé budování a růst jaderného průmyslu a nastavení mechanismů pro kontrolu možného zneužití jaderných materiálů. Základními cíly společenství pak jsou podpora výzkumu, tvorba jednotného ekonomického trhu, ochrana zdraví obyvatel a pracovníků JEZ, stanovení a kontrola bezpečnostních standardů, zabezpečení jaderného materiálu pouze pro mírové účely. Do Evropského společenství pro atomovou energii vstoupila Česká republika 1. května současně se vstupem do Evropské unie. Dnes jsou všechny členské země EU členy Euratomu.[59]

8.2 International Atomic Energy Association – IAEA

International Atomic Energy Association, neboli Mezinárodní agentura pro atomovou energii, dále MAAE, je světovým centrem pro spolupráci v oblasti jaderné energetiky. Byla zřízena jako celosvětové středisko s podtextem „Atomy pro mír“. Funguje v rámci systému OSN. Agentura spolupracuje nejen s členskými, nýbrž i jinými státy po celém světě a podporuje bezpečný rozvoj mírového užití jaderných technologií. Sídlo agentury se nachází ve Vídni, její provozní kontaktní a regionální kanceláře se nachází ve městech New York, Tokio, Toronto a Ženeva. Hlavní principy MAAE se řídí zájmy a potřeby členských států, strategické plány a vize vtělené ve statutu MAAE. Mezi tři hlavní oblasti práce

MAAE se řadí spolehlivost a bezpečnost, věda a technika a ochranná opatření a ověření.[60][61]

8.3 World Association of Nuclear Operators - WANO

Světové sdružení provozovatelů jaderných zařízení propojuje všechny společnosti a země na světě, které komerčně provozují jaderné elektrárny, aby bylo dosaženo co nejvyšší standardy jaderné bezpečnosti. Organizace existuje pouze pro pomoc svým členům dosáhnout nejvyšší úrovně provozní bezpečnosti a spolehlivosti. Toho je dosaženo pomocí řady vysoce postavených programů, jako je například vzájemné hodnocení a přístup k technické podpoře a globální databáze provozních zkušeností. Hlavní sídlo organizace WANO je v Londýně, regionální centra pak v Atlantě, Moskvě, Paříži a Tokiu.[62]

8.4 Western European Nuclear Regulators Association - WENRA

Dozorný orgán zemí Západní Evropy s jaderným programem byl založen 1999. Nyní sdružuje dozorné orgány všech členských zemí Evropské Unie a Švýcarska s provozovanými nebo vyřazovanými jadernými elektrárnami. Hlavními cíli WENRA je společný přístup k jaderné bezpečnosti a poskytovat nezávislou schopnost prozkoumávat jadernou bezpečnost v kandidujících zemích. V březnu 2003 se cíle rozšířili, aby se WENRA stala jedním z hlavních orgánů jaderné bezpečnosti.[63]

8.5 World Nuclear Association – WNA

WNA je mezinárodní organizace, podporující jadernou energii a mnoho společností, tvořících globální jaderný průmysl. Dnes WNA slouží především pro poskytování globálního fóra pro sdílení znalostí a pohled na rozvíjející se vývoj využití jaderné energie, posílení průmyslu a jeho operačních schopností a urychlení osvědčených postupů na mezinárodní úrovni a hovoří autoritativně vzhledem k jadernému průmyslu na klíčových mezinárodních fórech, která mají vliv na politiku a veřejné prostředí. Primárním úkolem WNA je působit jako globální fórum a obchodní místo pro vedoucí a specialisty zastupující

všechny aspekty jaderného průmyslu. Přední akcí v kalendáři WNA je každoroční sympozium konané v Londýně, které láká více než sedm stovek jaderných vedení. [64]

8.6 Státní úřad pro jadernou bezpečnost – SÚJB

Jako počátek SÚJB lze pokládat Státní ústav radiologický RČS, vzniklý roku 1919, který se řadil pod Ministerstvo veřejných prací. Původním účelem byl výzkum na poli radiologie a její další využití v oblasti lékařství, agronomii a průmyslu. Činnost SÚJB jako takového se datuje k počátku roku 1993. Důvodem založení bylo vykonávání státní správy a dozoru v oblasti využití jaderné energie a ionizujícího záření, stanovení základních podmínek k zajištění bezpečnosti, radiační ochrana, havarijní připravenost a fyzická ochrana a výkon státní správy a dozoru při využívání jaderné energie a při činnostech vedoucích k ozáření.[65][66][67]

8.7 Státní ústav radiační ochrany – SÚRO

Ústav založený roku 1995 je rozpočtovou organizací zřízenou rozhodnutím předsedy SÚJB. Základními úkoly SÚRO, jsou zajištění odborné, metodické, vzdělávací, informační a výzkumné činnosti související s výkonem státní správy v ochraně před ionizujícím zářením na území ČR. Ředitel ústavu je přímo podřízen předsedovi SÚJB, který jej jmenuje a odvolává. Sídlo SÚRO, se nachází v Praze s pobočkami v Brně, Hradci Králové, Ostravě a Ústí nad Labem.

8.8 Ústav jaderného výzkumu – ÚJV

Roku 1955 byl zřízen Vládní výbor pro výzkum a mírové využití jaderné energie, který pro rozvoj výzkumu v jaderných vědách a technice založil Ústav jaderného výzkumu. ÚJV se nachází od svého vzniku, až k dnešním dnům v Řeži u Prahy. ÚJV je nyní akciovou společností s inženýrským a výzkumným zaměřením. Na jeho půdě se nachází dva výzkumné reaktory LVR - 15 a LR - 0 s nulovým výkonem.[68]

9 DÍLČÍ ZÁVĚR

Jaderně energetická zařízení jsou velmi důležitým prvkem kritické infrastruktury a v budoucnosti se jejich důležitost zvětší. Vzhledem ke globální situaci lze operovat s myšlenkou, že se situace již nebude zlepšovat a současně s tím musíme předpokládat, že za několik desítek let dojde ropa, rovněž může dojít ke zhoršení globální situace a to jak z antropogenních důvodů, tak naturogenních. Z uvedených důvodů požadavky na zabezpečení JEZ stále porostou, současně s nimi i požadavky na schopnost zařízení, pracovat i pod tlakem okolí.

10 CÍL A POUŽITÉ METODY

Hlavní cíle pro praktickou část práce:

- Analýza současného stavu zabezpečení technického provozu JEZ.
- Analýza JEZ ve vztahu k vybrané mimořádné události.
- Vydání doporučení pro další vývoj zabezpečení provozu JEZ.

Cíl práce

Cílem praktické části bakalářské práce je zjištění současného stavu bezpečnosti a zabezpečení jaderně energetických zařízení pomocí analýzy bezpečnosti jednotlivých jaderně energetických zařízení, celkové analýzy bezpečnosti a analýzy připravenosti jaderně energetického zařízení na vybranou mimořádnou událost.

Následně jsou vypracovány doporučení pro další vývoj bezpečnosti ve vztahu k jaderně energetickým zařízením. Součástí vydaných doporučení je vytvořen seznam mimořádných událostí iniciujících potenciální cvičení. Tento seznam je vytvořen na základě výsledků analýz.

Použité metody

K dosažení cíle práce je využito několik analýz odhalujících stav celkové bezpečnosti a bezpečnosti jaderně energetických zařízení.

Ke zjištění současného stavu celkové bezpečnosti je využito jednotlivých SWOT analýz ve vztahu k jednotlivým jaderně energetickým zařízením a jedné celkové SWOT analýze bezpečnosti.

Analýza bezpečnosti jaderně energetických zařízení se skládá z dvou základních analýz. První je ve formě dotazníku, druhá pak formou polo-kvantitativní analýzy PNH.

Analýza připravenosti jaderně energetických zařízení na mimořádnou událost je vypracována formou spontánního tabulkového srovnávání průběhu mimořádné události s možnostmi zamezujícími dané mimořádné události.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

11 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU BEZPEČNOSTI JADERNĚ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Analýza současného stavu bezpečnosti JEZ ČR je provedena jednotlivými SWOT analýzami, vztažnými k jednotlivým jaderně energetickým zařízením a celkovou SWOT analýzou, doplněnou výpočtem, zabývající se celkovým stavem bezpečnosti.

11.1 Jaderně energetické zařízení Dukovany

SWOT analýza současného stavu bezpečnosti se zaměřuje na bezpečnost JEZ Dukovany, její výsledek je poté využit k dalšímu sestavení analýz.

		SWOT analýza bezpečnosti - JEZ Dukovany	
		Pomocné	Škodlivé
Interní	Silné	<i>Kvalifikovanější bezpečnostní složky</i> <i>Vysoce kvalitní zabezpečení</i>	<i>Vysoce škodlivé až katastrofické havárie</i> <i>Vysoký počet zaměstnanců</i>
	Příležitosti	<i>Dotace a investice</i> <i>Modernizace technologie a postupů</i>	<i>Hrozby</i> <i>Vzrůstající napětí a hrozba terorismu</i> <i>Zvyšování významnosti JEZ</i>
Externí			

Obr. 10 – SWOT analýza JEZ Dukovany

Zdroj: [Vlastní]

Silné stránky

Kvalifikovanější bezpečnostní složky – V okolí JEZ jsou k dispozici kvalifikovanější bezpečnostní složky (hasičský záchranný sbor, apod.), vzhledem k specializaci na JEZ.

Vysoce kvalitní zabezpečení – České JEZ jsou dle mezinárodních bezpečnostních agentur jedny z nejbezpečnějších zařízení a mohou sloužit jako vzor ostatním.

Slabé stránky

Vysoce škodlivé až katastrofické havárie – V případě vzniku havárie v zařízení je zde velká pravděpodobnost, že bude mít až katastrofické následky.

Vysoký počet zaměstnanců – Jaderně energetické zařízení má velký počet zaměstnanců, což může u případných havárií znamenat problém.

Příležitosti

Dotace a investice – Využití dotací a možných investic ke zlepšení bezpečnosti.

Modernizace technologie a postupů – Je potřebná ke zlepšení stavu bezpečnosti.

Hrozby

Vzrůstající napětí a hrozba terorismu – *Vzrůstající globální napětí a hrozba terorismu označuje JEZ jako možné cíle.*

Zvyšování významnosti JEZ – *Zmenšující se zásoby energetických surovin zvyšují důležitost jaderně energetických zařízení.*

11.2 Jaderně energetické zařízení Temelín

SWOT analýza současného stavu bezpečnosti se zaměřuje na bezpečnost JEZ Temelín, její výsledek je poté využit k dalšímu sestavení analýz.

		SWOT analýza bezpečnosti - JEZ Temelín	
		Pomocné	Škodlivé
Interní	Silné	<i>Kvalifikovanější bezpečnostní složky</i>	<i>Vysoce škodlivé až katastrofické havárie</i>
		<i>Vysoce kvalitní zabezpečení</i>	<i>Vysoký počet zaměstnanců</i>
Externí	Příležitosti	<i>Dotace a investice</i>	<i>Vzrůstající napětí a hrozba terorismu</i>
		<i>Modernizace technologie a postupů</i>	<i>Zvyšování významnosti JEZ</i>

Obr. 11 – SWOT analýza JEZ Temelín

Zdroj: [Vlastní]

Silné stránky

Kvalifikovanější bezpečnostní složky – *V okolí JEZ jsou k dispozici kvalifikovanější bezpečnostní složky (hasičský záchranný sbor, apod.), vzhledem k specializaci na JEZ.*

Vysoce kvalitní zabezpečení – *České JEZ jsou dle mezinárodních bezpečnostních agentur jedny z nejbezpečnějších zařízení a můžou sloužit jako vzor ostatním.*

Slabé stránky

Vysoce škodlivé až katastrofické havárie – *V případě vzniku havárie v zařízení je zde velká pravděpodobnost, že bude mít až katastrofické následky.*

Vysoký počet zaměstnanců – *Jaderně energetické zařízení má velký počet zaměstnanců, což může u případných havárií znamenat problém.*

Příležitosti

Dotace a investice – *Využití dotací a možných investic ke zlepšení bezpečnosti.*
 Modernizace technologie a postupů – *Je potřebná ke zlepšení stavu bezpečnosti.*

Hrozby

Vzrůstající napětí a hrozba terorismu – *Vzrůstající globální napětí a hrozba terorismu označuje JEZ jako možné cíle.*
 Zvyšování významnosti JEZ – *Zmenšující se zásoby energetických surovin zvyšují důležitost jaderně energetických zařízení.*

11.3 Analýza současného stavu bezpečnosti JEZ ČR

SWOT analýza současného stavu jaderně energetických zařízení ČR vychází z předchozí analýzy bezpečnosti jednotlivých jaderně energetických zařízení.

SWOT analýza

		SWOT analýza bezpečnosti - celková	
		Pomocné	Škodlivé
Interní		Silné	Slabé
		<i>Kvalifikovanější bezpečnostní složky</i>	<i>Rozvoj jaderné energetiky</i>
		<i>Masivní stavba</i>	<i>Umístění na rovinné ploše</i>
		<i>Umístění vzdálené městům</i>	<i>Vysoce škodlivé až katastrofické havárie</i>
		<i>Vysoce kvalitní zabezpečení</i>	<i>Vysoký počet zaměstnanců</i>
Externí		Příležitosti	Hrozby
		<i>Dotace a investice</i>	<i>Naturogenní hrozby</i>
		<i>Modernizace technologie a postupů</i>	<i>Vzrůstající globální napětí</i>
		<i>Rozvoj jaderné energetiky</i>	<i>Vzrůstající teroristická hrozba</i>
		<i>Vývojové a studijní investice</i>	<i>Zvyšování významnosti JEZ</i>

Obr. 12 – SWOT analýza současného stavu bezpečnosti

Zdroj: [Vlastní]

Silné stránky

Kvalifikovanější bezpečnostní složky – *V okolí JEZ jsou k dispozici kvalifikovanější bezpečnostní složky (hasičský záchranný sbor, apod.), vzhledem k specializaci na JEZ.*

Masivní stavba – *Jaderně energetická zařízení jsou masivními stavbami z bezpečnostních důvodů.*

Umístění vzdálené městům – *JEZ jsou z bezpečnostních důvodů, umístěny ve větších vzdálenostech od velkých měst.*

Vysoce kvalitní zabezpečení – *České JEZ jsou dle mezinárodních bezpečnostních agentur jedny z nejbezpečnějších zařízení a můžou sloužit jako vzor ostatním.*

Slabé stránky

Rozvoj jaderné energetiky – *Rozvoj jaderné energetiky umísťuje JEZ na seznam potenciálních cílů.*

Umístění na rovinné ploše – *JEZ jsou umístěné na rovných plochách, což napomáhá šíření zdravotně nebezpečných látek při případné havárii.*

Vysoce škodlivé až katastrofické havárie – *V případě vzniku havárie v zařízení je zde velká pravděpodobnost, že bude mít až katastrofické následky.*

Vysoký počet zaměstnanců – *Jaderně energetické zařízení má velký počet zaměstnanců, což může u případných havárií znamenat problém.*

Příležitosti

Dotace a investice – *Využití dotací a možných investic ke zlepšení bezpečnosti.*

Modernizace technologie a postupů – *Je potřebná ke zlepšení stavu bezpečnosti.*

Rozvoj jaderné energetiky – *Rozvoj jaderné energetiky napomáhá rovněž rozvoji bezpečnosti a zabezpečení JEZ.*

Vývojové a studijní investice – *Investice do vzdělání profesionálních budoucích zaměstnanců může přinést značné zlepšení bezpečnosti.*

Hrozby

Naturogenní hrozby – *Nejzávažnější poškození mohou vzhledem k neočekávanosti způsobit naturogenní hrozby.*

Vzrůstající globální napětí – *Vzrůstající globální napětí mezi jednotlivými státy může potenciálně ohrozit bezpečnost jaderné energetiky.*

Vzrůstající teroristická hrozba – *Neustále vzrůstající teroristická hrozba může potenciálně ohrozit bezpečnost JEZ.*

Zvyšování významnosti JEZ – *Zmenšující se zásoby energetických surovin zvyšují důležitost jaderně energetických zařízení.*

Výpočetní část

Výpočetní část se skládá z tabulek definujících výpočty a samotnou výpočetní tabulkou.

Tab. 4 – Hodnocení SWOT analýzy – silné stránky a příležitosti

Silné stránky & Příležitosti	
Nejnižší spokojenost	1
	2
⋮	3
	4
Nejvyšší spokojenost	5

Zdroj: [Vlastní]

Tab. 5 – Hodnocení SWOT analýzy – slabé stránky a hrozby

Slabé stránky & Hrozby	
Nejnižší nespokojenost	-1
	-2
⋮	-3
	-4
Nejvyšší nespokojenost	-5

Zdroj: [Vlastní]

Tab. 6 – SWOT analýza - výpočet

SWOT analýza	Váha	Hodnocení	Násobení	
Silné stránky				Interní
Kvalifikovanější bezpečnostní složky	0,3	5	1,5	
Masivní stavba	0,2	3	0,6	
Umístění vzdálené městům	0,1	3	0,3	
Vysoce kvalitní zabezpečení	0,4	4	1,6	
		Součet	4	
Slabé stránky				
Rozvoj jaderné energetiky	0,1	-1	-0,1	
Umístění na rovinné ploše	0,2	-3	-0,6	
Vysoce škodlivé až katastrofické havárie	0,5	-5	-2,5	
Vysoký počet zaměstnanců	0,2	-3	-0,6	
		Součet	-3,8	
Příležitosti				Externí
Dotace a investice	0,2	4	0,8	
Modernizace technologie a postupů	0,4	5	2	
Rozvoj jaderné energetiky	0,3	2	0,6	
Vývojové a studijní investice	0,1	3	0,3	
		Součet	3,7	
Hrozby				
Naturogení hrozby	0,3	-4	-1,2	
Vzrůstající globální napětí	0,1	-2	-0,2	
Vzrůstající teroristická hrozba	0,4	-4	-1,6	
Zvyšování významnosti JEZ	0,2	-3	-0,6	
		Součet	-3,6	

Zdroj: [Vlastní]

Tab. 7 – Vyhodnocení SWOT analýzy

Interní	0,2
Externí	0,1
Celkem	0,3

Zdroj: [Vlastní]

11.4 Závěr analýzy současného stavu bezpečnosti JEZ ČR

SWOT analýza současného stavu bezpečnosti označila současný stav za vyhovující a bezpečný, ovšem s potřebou nadále sledovat možný vznik hrozeb.

U českých jaderně energetických je potřebné nadále udržet současný stav bezpečnosti a zabezpečení. Rovněž i připravenost místních bezpečnostních sborů jako hasičský záchranný sbor podniku či soukromé bezpečnostní jednotky rychlého nasazení.

Dále je nutné rozvíjet bezpečnost formou investic a dotací. Rovněž je potřeba sledovat stav možných hrozeb, které by mohly potencionálně negativně ovlivnit bezpečnost jaderně energetických zařízení. V případě úplného zabezpečení vůči antropogenním hrozbám, pak budou moci ohrozit JEZ jen mimořádné události z řad naturogenních.

12 ANALÝZA BEZPEČNOSTI JADERNĚ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Analýza bezpečnosti JEZ ČR se skládá ze dvou základních analýz. První analýza je vypracována tabulkovou formou, čili dotazníkem. Druhá analýza je vypracována polo-kvantitativní výpočetní metodou, jenž určuje mimořádné události s nejzávažnějšími dopady.

12.1 Analýza bezpečnosti JEZ ČR - Dotazník

Analýza bezpečnosti JEZ ČR formou dotazníku je vypracována na základě položení otázky: „*Je jaderně energetické zařízení schopno být při vybrané mimořádné události bezpečně provozováno nebo bezpečně odstaveno?*“ Otázka byla položena vybranému pracovníkovi společnosti ČEZ, a. s. a následně po jeho doporučení zaměstnancům SÚJB.

Tab. 8 – Zadávací tabulka pro analýzu bezpečnosti JEZ

Otázka:	Je dané jaderně energetické zařízení zabezpečeno na daný druh mimořádné události?
Vysvětlení:	U daných JEZ prosím zaškrtněte (vypsáním znaku „x“ nebo jiného) pole ano či ne. Zaškrtnutí pole „ano“ znamená, že JEZ je zabezpečeno na daný druh mimořádných událostí a je možno ho při těchto mimořádných událostech zcela a bezpečně odstavit nebo je možno zařízení nadále provozovat. V podstatě si lze u každé mimořádné události položit otázku: „Jsme schopni fungovat za ...“ a odpovědět „ANO“ či „NE“. Všechny MU, se vztahují k bezprostřední blízkosti a samotným JEZ, kromě některých.
Poznámka:	Autor si je vědom, že některé druhy mimořádných událostí jsou velmi nepravděpodobné vzhledem k situaci, poloze, podmínkám a dalším faktorům v české republice.

Zdroj: [Vlastní]

Jelikož i přes předchozí domluvu nebyly zaměstnanci společnosti ČEZ, a. s. schopni odpovědět na dané otázky, byl dotazník na základě doporučení přeposlán do rukou pracovníků SÚJB.

Komunikace zaměstnance společnosti ČEZ, a. s., s autorem práce

„Dobrý den Pavle,

předem se omlouvám za trvání odpovědi. Komunikoval jsem hned s několika kolegy včetně vedení útvaru bezpečnost, kteří mi nezávisle na sobě vrátili Váš dotazník s tím, že na takto formulované otázky není možné jednoznačně odpovědět a mnoho informací navíc není veřejně přístupných. Doporučuji proto hledat odpovědi na stránkách SÚJB.

Je mi jasné, že Vás tato informace asi příliš neuspokojila, ale bohužel je to to jediné, co mám.“

Tab. 9 – Analýza bezpečnosti JEZ - a

Mimořádná událost		Jaderně energetické zařízení				
		JEZ Dukovany		JEZ Temelín		
		ANO	NE	ANO	NE	
Sociogenní ext.	Hospodářské sankce a hospodářský nátlak	n/a		n/a		
	Násilné akce subjektů cizí moci spojené s použitím vojenských sil a prostředků	n/a		n/a		
	Rozsáhlé ekologické havárie, přesahující hranice států (<i>nejedná se o havárii JEZ samotného</i>)	x		x		
	Vnější vojenské napadení státu nebo jeho spojenců	n/a		n/a		
Antropogenní	Sociogenní int.	Hrozba teroristických akcí, aktivity vnitřního a mezinárodního zločinu a terorismu	x		x	
		Narušení dodávek ropy a ropných produktů (<i>Situace vztažné k provozu JEZ, technika apod.</i>)	x		x	
		Narušení funkčnosti dopravních systémů (<i>V okolí JEZ</i>)	x		x	
		Narušení funkčnosti systémů pro varování a vyrozumění obyvatelstva	x		x	
		Ohrožení demokratických základů státu extrémistickými politickými skupinami	n/a		n/a	
	Použití zbraní hromadného ničení biologických, chemických a jaderných (<i>V blízkosti JEZ nebo na území ČR</i>)	n/a		n/a		
	Totální zhroucení ekonomiky státu	n/a		n/a		
	Záměrné šíření poplašných a nepravdivých zpráv, vyvolávání stavu paniky	n/a		n/a		
	Závažné narušení veřejného pořádku, nárůst závažné majetkové a násilné kriminality, soupeření militantních nebo extrémistických politických skupin mezi sebou	x		x		
	Technogenní	Mechanické a statické poruchy staveb a zařízení (<i>V případě poruchy JEZ</i>)	x		x	
Narušení hrází vodohospodářských děl		x		x		
Technické a technologické havárie - požáry, exploze, destrukce (<i>V prostoru JEZ</i>)		x		x		
Technologické havárie spojené s výronem nebo únikem nebezpečných látek (<i>V případě JEZ</i>)		x		x		
Znečištění životního prostředí rozsáhlými haváriemi (<i>V případě znečištěného prostředí okolo JEZ</i>)		x		x		

Zdroj: [Vlastní]

Tab. 10 – Analýza bezpečnosti JEZ - b

Mimořádná událost		Jaderně energetické zařízení			
		JEZ Dukovany		JEZ Temelín	
		ANO	NE	ANO	NE
Naturogenní Abiotické	Atmosférické výboje	X		X	
	Geomagnetické anomálie	X		X	
	Globální změna klimatu	X		X	
	Kosmické záření, radioaktivita přírodního prostředí, únik radonu, zvýšené radioaktivní pozadí	X		X	
	Krupobití	X		X	
	Narušování ozónové vrstvy z důvodů velké produkce metanu				
	Pád kosmických těles, meteorologických dešťů (<i>Na nebo do okolí JEZ</i>)	X		X	
	Povodně a záplavy (<i>V okolí JEZ</i>)	X		X	
	Požáry způsobené přírodními vlivy (<i>V nebo v okolí JEZ</i>)	X		X	
	Propad zemských dutin (<i>V okolí nebo pod JEZ</i>)	X		X	
	Přepólování zemských pólů	X		X	
	Silné mrazy a vznik námraz (<i>Např. namrznutí, příp. popraskání vysokého napětí</i>)	X		X	
	Sněhové kalamity (<i>Např. Zapadání střechy extrémní vahou sněhu, ...</i>)	X		X	
	Sopečná činnost (<i>Celosvětově</i>)	X		X	
	Vichřice, větrné poryvy, větrné víry, tornáda (<i>Např. zničení chladících věží, vysokého napětí</i>)	X		X	
	Výbuch supernovy	X		X	
	Zemětřesení	X		X	
	Zemské sesuvy	X		X	

Zdroj: [Vlastní]

Odpověď „n/a“ znamená, že daná oblast nepatří do pravomoci a působnosti SÚJB, obecně by šlo odpovědět „ANO“ – viz například existence a činnost Bezpečnostní rady státu.

12.2 Analýza bezpečnosti JEZ ČR - Metoda PNH

Analýza bezpečnosti JEZ ČR se skládá z vysvětlujících tabulek, výpočetních tabulek a tabulky deseti nejzávažnějších mimořádných událostí.

Tab. 11 – Hodnotící tabulka PNH - pravděpodobnost

P - Pravděpodobnost vzniku a existence nebezpečí	
Nahodilá	1
Nepravděpodobná	2
Pravděpodobná	3
Velmi pravděpodobná	4
Trvalá	5

Zdroj: [Zdroj]

Tab. 12 – Hodnotící tabulka PNH – Možné následky

Z - Možné následky ohrožení	
Žádné poškození	1
Malé poškození nevyžadující omezení provozu	2
Poškození vyžadující rekonstrukce a úpravy, malé omezení provozu	3
Vážné poškození vyžadující nezbytné rekonstrukce a úpravy	4
Totální zhroucení možnosti provozu	5

Zdroj: [Vlastní]

Tab. 13 – Hodnotící tabulka PNH – Výše vlivu mimořádné události

H - Výše vlivu na míru nebezpečí a ohrožení	
Zanedbatelný vliv	1
Malý vliv	2
Větší, zanedbatelný vliv	3
Velký a významný vliv	4
Více významných a nepříznivých vlivů	5

Zdroj: [Vlastní]

Tab. 14 – Hodnotící tabulka PNH – Rizikový stupeň

R - Rizikový stupeň	R	Míra rizika
I.	> 100	Nepřijatelné riziko
II.	51 - 100	Nežádoucí riziko
III.	11 - 50	Mírné riziko
IV.	3 - 10	Akceptovatelné riziko
V.	< 3	Bezvýznamné riziko

Zdroj: [Vlastní]

Tab. 15 – PNH – MU Sociogenní externí

Mimořádné události - Sociogenní externí	P	Z	H	R
Hospodářské sankce a hospodářský nátlak	2	1	2	4
Násilné akce subjektů cizí moci spojené s použitím vojenských sil a prostředků	2	4	3	24
Rozsáhlé ekologické havárie, přesahující hranice států (<i>nejedná se o havárii JEZ samotného</i>)	3	1	2	6
Vnější vojenské napadení státu nebo jeho spojenců	3	3	3	27

Zdroj: [Vlastní]

Tab. 16 – PNH – MU Sociogenní interní

Mimořádné události - Sociogenní interní	P	Z	H	R
Hrozba teroristických akcí, aktivity vnitřního a mezinárodního zločinu a terorismu	4	5	4	80
Narušení dodávek ropy a ropných produktů (<i>Situace vztažné k provozu JEZ, technika apod.</i>)	3	2	1	6
Narušení funkčnosti dopravních systémů (<i>V okolí JEZ</i>)	2	1	1	2
Narušení funkčnosti systémů pro varování a vyrozumění obyvatelstva	3	2	1	6
Ohrožení demokratických základů státu extrémistickými politickými skupinami	3	2	1	6
Použití zbraní hromadného ničení biologických, chemických a jaderných (<i>V blízkosti JEZ nebo na území ČR</i>)	3	5	4	60
Totální zhroucení ekonomiky státu	2	2	1	4
Záměrné šíření poplašných a nepravdivých zpráv, vyvolávání stavu paniky	3	1	1	3
Závažné narušení veřejného pořádku, nárůst závažné majetkové a násilné kriminality, soupeření militantních nebo extrémistických politických skupin mezi sebou	3	2	2	12

Zdroj: [Vlastní]

Tab. 17 – PNH – MU Technogenní

Mimořádné události - Technogenní	P	Z	H	R
Mechanické a statické poruchy staveb a zařízení (<i>V případě poruchy JEZ</i>)	3	3	4	36
Narušení hrází vodohospodářských děl	2	4	3	24
Technické a technologické havárie - požáry, exploze, destrukce (<i>V prostoru JEZ</i>)	3	5	4	60
Technologické havárie spojené s výronem nebo únikem nebezpečných látek (<i>V případě JEZ</i>)	3	4	4	48
Znečištění životního prostředí rozsáhlými haváriemi (<i>V případě znečištěného prostředí okolo JEZ</i>)	2	3	2	12

Zdroj: [Vlastní]

Tab. 18 – PNH – MU Abiotické

Mimořádné události - Abiotické	P	Z	H	R
Atmosférické výboje	2	2	3	12
Geomagnetické anomálie	1	2	4	8
Globální změna klimatu	1	1	2	2
Kosmické záření, radioaktivita přírodního prostředí, únik radonu, zvýšené radioaktivní pozadí	2	2	2	8
Krupobití	4	2	2	16
Narušování ozónové vrstvy z důvodů velké produkce metanu	3	2	3	18
Pád kosmických těles, meteorologických dešťů (<i>Na nebo do okolí JEZ</i>)	1	5	5	25
Povodně a záplavy (<i>V okolí JEZ</i>)	1	3	3	9
Požáry způsobené přírodními vlivy (<i>V nebo v okolí JEZ</i>)	2	4	4	32
Propad zemských dutin (<i>V okolí nebo pod JEZ</i>)	2	3	4	24
Přepólování zemských pólů	1	3	4	12
Silné mrazy a vznik námraz (<i>Např. namrznutí, příp. popraskání vysokého napětí</i>)	2	3	2	12
Sněhové kalamity (<i>Např. Zapadání střechy extrémní vahou sněhu, ...</i>)	2	3	3	18
Sopečná činnost (<i>Celosvětově</i>)	2	1	4	8
Vichřice, větrné poryvy, větrné víry, tornáda (<i>Např. zničení chladících věží, vysokého napětí</i>)	2	4	3	24
Výbuch supernovy	1	5	5	25
Zemětřesení	2	4	4	32
Zemské sesuvy	1	3	3	9

Zdroj: [Vlastní]

Tab. 19 – PNH – 10 nejzávažnějších mimořádných událostí

Mimořádné události - 10 nejzávažnějších	R
Hrozba teroristických akcí, aktivity vnitřního a mezinárodního zločinu a terorismu, (<i>MU - soc. int.</i>)	80
Použití zbraní hromadného ničení biologických, chemických a jaderných (V blízkosti JEZ nebo na území ČR), (<i>MU - soc. int.</i>)	60
Technické a technologické havárie - požáry, exploze, destrukce (V prostoru JEZ), (<i>MU - tech.</i>)	60
Technologické havárie spojené s výronem nebo únikem nebezpečných látek (V případě JEZ), (<i>MU - tech.</i>)	48
Mechanické a statické poruchy staveb a zařízení (V případě poruchy JEZ), (<i>MU - tech.</i>)	36
Požáry způsobené přírodními vlivy (V nebo v okolí JEZ), (<i>MU - abiot.</i>)	32
Zemětřesení, (<i>MU - abiot.</i>)	32
Vnější vojenské napadení státu nebo jeho spojenců, (<i>MU - soc. ext</i>)	27
Pád kosmických těles, meteorologických dešťů (Na nebo do okolí JEZ), (<i>MU - abiot.</i>)	25
Výbuch supernovy, (<i>MU - abiot.</i>)	25

Zdroj: [Vlastní]

12.3 Závěr analýzy bezpečnosti JEZ ČR

Analýza bezpečnosti jaderně energetických zařízení České republiky ukázala komplexní stav zabezpečení JEZ ČR. Rovněž prokázala, že česká jaderně energetická zařízení se řadí mezi jedny z nejbezpečnějších v ohledu připravenosti na naturogenní mimořádné události.

Výpočetní analýza PNH určila jako mimořádné události s nejzávažnějšími dopady, mimořádné události z řad antropogenních, respektive sociogenní mimořádné události. Tedy události, jenž jsou způsobeny především vlivem člověka. Ovšem antropogenní události lze do jisté míry předpokládat a důkladným dodržováním bezpečnostních standardů jim předcházet. Zobrazené naturogenní mimořádné mohou mít s velkou pravděpodobností až devastující účinky.

13 ANALÝZA PŘIPRAVENOSTI JADERNĚ ENERGETICKÉHO ZAŘÍZENÍ NA VYBRANOU MODELOVOU SITUACI

Analýza připravenosti JEZ na vybranou mimořádnou událost je zpracována formou intuitivního tabulkového srovnání, kdy je na základě předchozích zjištění a zkušeností zpracována tabulka zobrazující postup mimořádné události a protiopatření. Tímto jsou vyobrazena protiopatření zamezující další postup mimořádné události. Analýza tak demonstruje připravenost složek jaderně energetického zařízení na danou mimořádnou událost.

Za modelovou situaci byla zvolena událost z řad sociogenních, konkrétně mimořádná událost: krádež uranu ze skladu energetických zásob jaderně energetických zařízení.

13.1 Analýza připravenosti jaderně energetického zařízení na konkrétní mimořádnou událost

Mimořádná událost – *Krádež uranu z přilehlého skladu energetických zásob zařízení.*

Důvod – *Ukradený uran může teroristické nebo jiné skupině posloužit k výrobě „špinavé“ bomby nebo po uplynutí vhodné doby k výrobě nukleárního zařízení.*

Tab. 20 – Analýza připravenosti JEZ

Postup mimořádné události	Protiopatření
Ozbrojená skupina přepadává kontrolní stanoviště JEZ.	Kontrolní stanoviště jsou opatřena elektronickým bezpečnostním systémem a ozbrojenou ostrahou
Skupina se rozmisťuje po areálu JEZ s cílem ukrást zdroje uranu.	V areálu JEZ je umístěna jednotka rychlého nasazení
Skupina vykrádá sklad energetických zásob.	Sklad energetických zásob je zabezpečen elektronickými bezpečnostními prvky a dalšími fyzickými opatřeními.
Ozbrojená skupina se po ukradení potřebné komodity dává na útěk.	V okolí JEZ je schopna operovat jednotka rychlého nasazení, rovněž je možná v případě útoku na JEZ přítomnost armádních jednotek.

Zdroj: [Vlastní]

13.2 Závěr analýzy připravenosti JEZ na vybrané mimořádné události

Analýza prokázala a demonstrovala zabezpečení jaderně energetického zařízení vůči sociogenním mimořádným událostem. Rovněž demonstrovala zabezpečení ze strany bezpečnostních jednotek, soukromých, čili podnikových a státních, čili Policie ČR a Armády ČR.

14 NÁVRHY A DOPORUČENÍ KE ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI PROVOZU

Na základě předchozích analýz jsou vydány návrhy a doporučení pro další vývoj bezpečnosti jaderně energetických zařízení.

I přes výsledky analýz, které označily současnou bezpečnostní situaci jaderně energetických zařízení jako velmi kvalitní, lze vydat základní doporučení, které mohou přispět ke zlepšení jejich bezpečnosti.

Návrhy a doporučení:

- Pokračovat v současném trendu vývoje miniaturizace současných reaktorů pro soukromé účely. Při zmenšení takového technického zařízení lze maximálně omezit šíření nebezpečných látek při případné havárii. Jestliže dvě tablety paliva dokážou pokrýt energetickou spotřebu člověka na jeden rok, pak lze tímto způsobem udělat jadernou energetiku dostupnější a bezpečnější.
- Provádět pravidelné kontroly nových hrozeb.
- Proškolovat pravidelně zaměstnance v oblasti bezpečnosti, především v oblasti pravidel chování při naturogenních mimořádných událostech.
- Provádět a analyzovat cvičení.
- Iniciovat vznik a kontrolu bezpečnostní dokumentace ve vztahu k nepravděpodobným naturogenním mimořádným událostem, jenž mohou v budoucnu potenciálně ohrozit bezpečnost jaderně energetického zařízení, např. pád meteoritu, vlna tsunami či zemětřesení.
- Iniciovat vznik bezpečnostní dokumentace obsahující možnosti provozu JEZ při totálním ekonomickém krachem.
- Iniciovat vznik dokumentace obsahující možnost umístění jaderně energetického zařízení mírně pod úroveň země či v nerovném prostředí z důvodů možného omezení šíření nebezpečných látek a zajištění lepší bezpečnosti.
- Zachovat současný trend vývoje bezpečnosti a dodržování stanovených norem.

14.1 Seznam mimořádných událostí iniciujících potencionální cvičení

Na základě zjištění z provedených analýz je vydán doporučující seznam mimořádných událostí iniciujících potencionální cvičení. Tyto události mohou mít nejzávažnější dopady na bezpečnost jaderně energetických zařízení, proto jsou vydány v seznamu jako doporučení pro případné cvičení.

Seznam mimořádných událostí iniciujících potencionální cvičení:

- Geomagnetické anomálie, (*MU – abiot.*);
- Hrozba teroristických akcí, aktivity vnitřního a mezinárodního zločinu a terorismu, (*MU - soc. int.*);
- Mechanické a statické poruchy staveb a zařízení (V případě poruchy JEZ), (*MU - tech.*);
- Ohrožení demokratických základů státu extrémistickými politickými skupinami, (*MU – soc. int.*);
- Použití zbraní hromadného ničení biologických a chemických (V blízkosti JEZ nebo na území ČR), (*MU - soc. int.*);
- Povodně a záplavy (V okolí JEZ), (*MU – abiot.*);
- Požáry způsobené přírodními vlivy (V nebo v okolí JEZ), (*MU - abiot.*);
- Propad zemských dutin (V okolí nebo pod JEZ), (*MU – abiot.*);
- Technické a technologické havárie - požáry, exploze, destrukce (V prostoru JEZ), (*MU - tech.*);
- Technologické havárie spojené s výronem nebo únikem nebezpečných látek (V případě JEZ), (*MU - tech.*);
- Vnější vojenské napadení státu nebo jeho spojenců, (*MU - soc. ext.*);
- Zemětřesení, (*MU - abiot.*);
- Zemské sesuvy, (*MU – abiot.*).

ZÁVĚR

Bakalářská práce věnovaná tématice bezpečnosti jaderně energetických zařízení, obsahovala v teoretické části uvedení do problematiky jaderné energetiky, seznámení se základními legislativními normami a nařízeními, seznámení se základními pojmy vztažnými k práci a principem funkčnosti jaderně energetického zařízení. Teoretická část dále seznamuje se základními typy jaderně energetických zařízení, věnuje se jednotlivým vybraným státům a jaderné energetice k nim vztažné. V neposlední řadě je pak teoretická část vymezena seznámením s důležitými bezpečnostními agenturami, jež mají vliv na bezpečnost jaderně energetických zařízení.

Bakalářská práce v praktické části analyzovala současný stav bezpečnosti jaderně energetických zařízení, respektive zabezpečení technického zařízení jako takového. Práce obsahovala analýzu současného stavu bezpečnosti jednotlivých zařízení a analýzu celkového stavu bezpečnosti formou SWOT analýzy. Dále práce obsahovala analýzu bezpečnostní situace a zabezpečení formou dotazníku a výpočetní polo-quantitativní analýzou PNH. V neposlední řadě je vykonána analýza připravenosti jaderně energetického zařízení na vybranou mimořádnou událost, kterou byla zvolena mimořádná událost sociogenního typu, obsazení jaderně energetického zařízení teroristickou skupinou – krádež uranu, která demonstrovala zabezpečení jaderně energetického zařízení.

Bakalářská práce splnila předpokládaný výsledek, a to analýzou bezpečnostní situace jaderně energetických zařízení a ohodnocením současného stavu bezpečnosti. Práce splnila svůj cíl, bezpečnost jaderně energetických zařízení byla ohodnocena za dostačující, byly vydány doporučení a návrhy pro další vývoj a seznam mimořádných událostí iniciující potencionální cvičení.

Vzhledem k současnému stavu bezpečnosti jaderně energetických zařízení, respektive jejich zabezpečení, byly vydány základní doporučení pro další vývoj bezpečnosti, respektive pro udržení bezpečnostní situace jaderně energetických zařízení alespoň na současné úrovni.

Současný stav bezpečnosti jaderně energetických zařízení byl vyhodnocen jako dobrý, ve vztahu k vybraným hrozbám byly vydány doporučení pro další vývoj.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Jádropedie. *ÚJV Řež, a. s.* [online]. 2014 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.ujv.cz/cz/pro-verejnost/slovník-pojmu>
- [2] Česká republika. Zákon č. 18/1997 Sb.: o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. In: *Sbírka zákonů*. 24.1.1997.
- [3] Česká republika. Nařízení vlády: o zóně havarijního plánování. In: *Sbírka zákonů č. 11/1999*. 9.12.1998.
- [4] Česká republika. Nařízení vlády: o poplatcích na odbornou činnost Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. In: *Sbírka zákonů*. 30.11.2011.
- [5] Česká republika. Vyhláška 144/1997 Sb.: Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 19. června 1997 o fyzické ochraně jaderných materiálů a jaderných zařízení a o jejich zařazování do jednotlivých kategorií. In: *Sbírka zákonů*. 19.6.1997.
- [6] Česká republika. Vyhláška 146/1997 Sb.: Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 18. června 1997, kterou se stanoví činnosti, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost, a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků. In: *Sbírka zákonů*. 18.6.1997.
- [7] Česká republika. Vyhláška 215/1997 Sb.: Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 15. srpna 1997 o kritériích na umístování jaderných zařízení a velmi významných zdrojů ionizujícího záření. In: *Sbírka zákonů*. 15.8.1997.
- [8] Česká republika. Vyhláška 106/1998 Sb.: Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 20. dubna 1998 o zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany jaderných zařízení při jejich uvádění do provozu a při jejich provozu. In: *Sbírka zákonů*. 20.4.1998.
- [9] Česká republika. Vyhláška 195/1999 Sb.: Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 21. srpna 1999 o požadavcích na jaderná zařízení k zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany a havarijní připravenosti. In: *Sbírka zákonů*. 21.8.1999.
- [10] Česká republika. Vyhláška 324/1999 Sb.: Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 6. prosince 1999, kterou se stanoví limity koncentrace a množství jaderného materiálu, na který se nevztahují ustanovení o jaderných škodách. In: *Sbírka zákonů*. 6.12.1999.
- [11] Česká republika. Vyhláška 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. In: *Sbírka zákonů*. 13.6.2002.
- [12] Česká republika. Vyhláška 309/2005 Sb.: o zajišťování technické bezpečnosti vybraných zařízení. In: *Sbírka zákonů*. 22.7.2005.
- [13] Česká republika. Vyhláška 165/2009 Sb.: o stanovení seznamu vybraných položek v jaderné oblasti. In: *Sbírka zákonů*. 8.6.2009.

- [14] Evropská Unie. Nařízení Rady (Euratom) č. 3954/87: kterým se stanoví nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin a krmiv po jaderné havárii nebo jiném případě radiační mimořádné situace. In: 1987.
- [15] Evropská Unie. Nařízení Rady (Euratom) č. 2218/89: kterým nařízení (Euratom) č. 3954/87, stanoví nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin a krmiv po jaderné havárii nebo jiném případě radiační mimořádné události. In: 1989.
- [16] Evropská Unie. Nařízení Komise (Euratom) č. 944/89: kterým se stanoví nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace méně významných potravin po jaderné havárii nebo jiném případě radiační mimořádné situace. In: 1989.
- [17] Evropská Unie. Nařízení Rady (Evropské hospodářské společenství) č. 2219/89: o zvláštních podmínkách pro vývoz potravin a krmiv po jaderné havárii nebo jiném případě radiační mimořádné situace. In: 1989.
- [18] Evropská Unie. Rozhodnutí Komise (Euratom) č. 1999/819: o přistoupení k úmluvě z roku 1994 o jaderné bezpečnosti z Evropského společenství pro atomovou energii (Euratom) s ohledem na další prohlášení. In: 1999.
- [19] Evropská Unie. Směrnice Rady (Euratom) 2009/71: o stanovení rámce Společenství pro jadernou bezpečnost jaderných zařízení. In: 2009.
- [20] Evropská Unie. Nařízení Komise (Euratom) č. 770/90: kterým se stanoví nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace krmiv po jaderné havárii nebo jiném případě radiační mimořádné události. In: 1990.
- [21] Evropská Unie. Nařízení Komise (Euratom) č. 302/2005: o uplatňování dozoru nad bezpečností v rámci Euroatomu. In: 2005.
- [22] *Průkopníci atomového věku: Stopy, fakta, svědectví*. Praha: Orbis, 1974, 341 s.
- [23] DIENSTBIER, Zdeněk. *Hirošima a zrod atomového věku: cesta od atomových zbraní k nukleární medicíně a jaderným elektrárnám*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2010, 312 s. Kolumbus. ISBN 978-802-0422-248.
- [24] KOLAT, Pavel a David TOMÁŠEK. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. *Jaderná energetika*. Ostrava, 2012.
- [25] Jaderná energetika. *Skupina ČEZ* [online]. 2014 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika.html>
- [26] Liability for Nuclear Damage. *World Nuclear Association* [online]. 2015 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Safety-and-Security/Safety-of-Plants/Liability-for-Nuclear-Damage/>
- [27] Světová ekonomika: Jaderná energetika. ANGLISS, Sarah. *Almanach vědomostí*. Vyd. 1. Praha: Reader's Digest Výběr, 2003, s. 502-503. ISBN 8086196631.
- [28] BARAN, Václav. *Jaderná energetika a další problémy moderní civilizace*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2002, 159 p. ISBN 80-200-1048-3.
- [29] BEČVÁŘ, Josef. *Jaderné elektrárny*. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981.

- [30] Věda a vesmír. MCWHIRTER, Alasdair. *Ilustrovaná encyklopedie lidské vzdělanosti*. Vyd. 1. Praha: Reader's Digest Výběr, 2001, s. 529. ISBN 8086196291.
- [31] SKUPINA ČEZ. *Energie z Vysočiny: Jaderná elektrárna Dukovany*. Dukovany, 2013.
- [32] SKUPINA ČEZ. *Pokročilé jaderné technologie a skupina ČEZ*. Praha, 2007.
- [33] Energie a zdroje: Jaderná energie. *Dětská ilustrovaná encyklopedie*. Bratislava: Slovart, 1992, s. 72. ISBN 8071450235.
- [34] ŘÍHA, Milan. TRIVIS. *Živelní pohromy*. 2. vyd. Praha: Armex publishing, 2011, 128 s. ISBN 978-808-6795-973.
- [35] MIROSLAV KROUPA, Milan Říha. TRIVIS. *Průmyslové havárie*. 2. vyd. Praha: Armex, 2010. ISBN 978-808-6795-874.
- [36] Odbor krizového řízení: mimořádné události a krizové situace. MARTÍNEK, Jiří. *Hradec Králové: oficiální stránky statutárního města* [online]. Hradec Králové, 2011 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.hradeckralove.org/urad/zakladni-rozdeleni-mimoradnych-udalosti>
- [37] MATAL, Oldřich a Hugo ŠEN. *Jaderná zařízení a jejich bezpečnost*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 174 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 978-80-214-4349-5.
- [38] Nuclear Power in Czech Republic. *World Nuclear Association* [online]. 2015 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Czech-Republic/>
- [39] Zátěžové testy EU. *Skupina ČEZ* [online]. 2011 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/jaderna-energetika/zatezove-testy-eu.html>
- [40] BROM, Václav. *Temelínky*. Jaderná elektrárna Temelín: Skupina ČEZ, 2013, roč. 21, č. 7. ISSN 0139-6382.
- [41] Časopis 112: Časopis 112 ROČNÍK XIII ČÍSLO 2/2014. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. 2014 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xiii-cislo-2-2014.aspx?q=Y2hudW09Ng%3d%3d>
- [42] Časopis 112: Časopis 112 ROČNÍK XIII ČÍSLO 6/2014. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. 2014 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xiii-cislo-6-2014.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [43] Pokračuje z odolňování EDU: na extrémní klimatické vlivy a seismicitu. *Zpravodaj JEDU*. 2014, roč. 21, č. 1, s. 8. MK ČR E 11631.
- [44] Cvičení SAFEGUARD DUKOVANY 2014. *Zpravodaj JEDU*. 2014, roč. 21, č. 3, s. 5. MK ČR E 11631.
- [45] Z odolňování EDU pokračuje. *Zpravodaj JEDU*. 2014, roč. 21, č. 2, s. 8. MK ČR E 11631.

- [46] Nuclear Power in France. *World Nuclear Association* [online]. 2014 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/France/>
- [47] Nuclear Power in Japan. *World Nuclear Association* [online]. 2015 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Japan/>
- [48] Nuclear Power in Germany. *World Nuclear Association* [online]. 2014 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Germany/>
- [49] Nuclear Power in the Netherlands. *World Nuclear Association* [online]. 2015 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Netherlands/>
- [50] Nuclear Power in Russia. *World Nuclear Association* [online]. 2015 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Russia--Nuclear-Power/>
- [51] Nuclear Power in Slovakia. *World Nuclear Association* [online]. 2015 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Slovakia/>
- [52] Nuclear Power in the United Kingdom. *World Nuclear Association* [online]. 2015 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/United-Kingdom/>
- [53] Nuclear Power in Switzerland. *World Nuclear Association* [online]. 2015 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Switzerland/>
- [54] Nuclear Power in the USA. *World Nuclear Association* [online]. 2015 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/USA--Nuclear-Power/>
- [55] Technika a vynálezy: jaderná zbraň. *Ilustrovaná encyklopedie lidské vzdělanosti*. Vyd. 1. Praha: Reader's Digest Výběr, 2001, s. 551. ISBN 8086196291.
- [56] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. *10 let od havárie jaderného reaktoru v Černobyli: důsledky a poučení* [online]. Praha, 1996 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/10let_od_Cernobyli.pdf
- [57] PITTERMANN, Pavel. STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. *Patnáct let od havárie Černobyli: důsledky a poučení* [online]. Praha, 2001 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/15let_od_havarie_Cernobyli.pdf
- [58] Fukušimská havárie – rok poté. *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. 2012 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/aktualne/detail/clanek/fukusimska-havarie-rok-pote/>
- [59] ENERGY: Nuclear safety. *European commission* [online]. 2014 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/nuclear-energy/nuclear-safety>

- [60] The "Atoms for Peace" Agency: Organizational Profile. *IAEA* [online]. 2014 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <https://www.iaea.org/about/about-iaea>
- [61] Nuclear Safety & Security: IAEA Nuclear Security Series. *IAEA* [online]. 2014 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: http://www-ns.iaea.org/security/nuclear_security_series.asp?s=5&l=35
- [62] About us. *WANO: Global leadership in nuclear safety* [online]. 1989-2015 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.wano.info/en-gb/aboutus/>
- [63] About us: The mission of WENRA. *WENRA: Western European Nuclear Regulators Association* [online]. 2012-2015 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.wenra.org/about-us/>
- [64] Our Mission. *World Nuclear Association* [online]. 2015 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/WNA/About-WNA/Our-Mission/>
- [65] Vznik a vývoj SÚJB. *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. 2014 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/o-sujb/15-let-sujb/vznik-a-vyvoj-sujb/>
- [66] Historie a předchůdci SÚJB. *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. 2014 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/o-sujb/15-let-sujb/historie-a-predchudci-sujb/>
- [67] Jaderná zařízení v ČR. *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. 2014 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/jaderna-zarizeni/jaderna-zarizeni-v-cr/>
- [68] HISTORIE. *ÚJV Řež, a. s.* [online]. 2014 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.ujv.cz/cz/o-spolecnosti/historie>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a. s.	Akciová společnost
CO ₂	Oxid uhličitý
č.	číslo
ČEZ	České energetické závody
ČR	Česká republika
ČVUT	České vysoké učení technické
EU	Evropská unie
IAEA	International Atomic Energy Agency
JEZ	Jaderně energetické zařízení
Mt	Megatuna
MW	Megawatt
MWe	Megawatt elektrického výkonu
MU	Mimořádná událost
SAE	Spojené arabské emiráty
SÚJB	Státní ústav pro jadernou bezpečnost
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany
ÚJV	Ústav jaderného výzkumu
WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
WNA	World Nuclear Association

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 – Štěpná reakce</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 3 - Palivový článek</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 2 – Palivová tyč</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 4 – Palivová kazeta.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 5 – Schéma funkčnosti reaktoru</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 6 – Pracovní schéma reaktoru.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 7 – Schéma funkčnosti jaderně energetického zařízení.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 8 – Členění mimořádných událostí.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 9 – Nadřazenost legislativních dokumentů.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 10 – SWOT analýza JEZ Dukovany</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 11 – SWOT analýza JEZ Temelín.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 12 – SWOT analýza současného stavu bezpečnosti</i>	<i>58</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 – Tabulka stavu jaderné energetiky ve světě – a</i>	21
<i>Tab. 2 – Tabulka stavu jaderné energetiky ve světě - b</i>	22
<i>Tab. 3 – Stupně hodnocení havárií</i>	38
<i>Tab. 4 – Hodnocení SWOT analýzy – silné stránky a příležitosti</i>	60
<i>Tab. 5 – Hodnocení SWOT analýzy – slabé stránky a hrozby</i>	60
<i>Tab. 6 – SWOT analýza - výpočet</i>	61
<i>Tab. 7 – Vyhodnocení SWOT analýzy</i>	61
<i>Tab. 8 – Zadávací tabulka pro analýzu bezpečnosti JEZ</i>	63
<i>Tab. 9 – Analýza bezpečnosti JEZ - a</i>	64
<i>Tab. 10 – Analýza bezpečnosti JEZ - b</i>	65
<i>Tab. 11 – Hodnotící tabulka PNH - pravděpodobnost</i>	66
<i>Tab. 12 – Hodnotící tabulka PNH – Možné následky</i>	66
<i>Tab. 13 – Hodnotící tabulka PNH – Výše vlivu mimořádné události</i>	66
<i>Tab. 14 – Hodnotící tabulka PNH – Rizikový stupeň</i>	66
<i>Tab. 15 – PNH – MU Sociogenní externí</i>	67
<i>Tab. 16 – PNH – MU Sociogenní interní</i>	67
<i>Tab. 17 – PNH – MU Technogenní</i>	67
<i>Tab. 18 – PNH – MU Abiotické</i>	68
<i>Tab. 19 – PNH – 10 nejzávažnějších mimořádných událostí</i>	68
<i>Tab. 20 – Analýza připravenosti JEZ</i>	70