

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

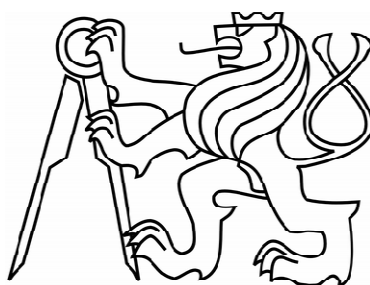
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Obor: Ekonomika a řízení energetiky

**Analýza vytváření rezerv na budoucí
vyřazování jaderných elektráren
z provozu**

Diplomová práce



2014

Autor: **Bc. Martin Hejhal**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.**

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Hejhal Martin

Studijní program: elektrotechnika, energetika a management
Obor: ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Analýza vytváření rezerv na budoucí vyřazování jaderných elektráren
z provozu

Pokyny pro vypracování:

- současný stav v ČR (legislativa, metodika)
- porovnání metodických přístupů k vytváření rezerv na budoucí vyřazování JE ve vybraných státech EU
- porovnání výše plateb a vytvářených rezerv ve vybraných státech EU
- modelový příklad, citlivostní analýza

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího DP.

Vedoucí diplomové práce: Doc.Ing. Jaroslav Knápek, CSc. – ČVUT FEL – K 13116

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2014/2015



Doc.Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
vedoucí katedry

Prof.Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 8.11.2013

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů pro vypracování závěrečných prací, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

Nemám námitky proti použití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o autorských právech a právech souvisejících, ve smyslu pozdějších znění tohoto zákona.

V Praze dne 1. května 2014

.....

Martin Hejhal

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu své diplomové práce, doc. Ing. Jaroslavu Knápkovi, CSc., za cenné rady, připomínky a čas, který mi při vedení práce věnoval.

Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu při tvorbě této práce.

Název diplomové práce: Analýza vytváření rezerv na budoucí vyřazování jaderných elektráren z provozu

Abstrakt:

Diplomová práce analyzuje metodický přístup k vytváření rezerv na budoucí vyřazování jaderných elektráren z provozu ve čtyřech státech – České Republice, Francii, Švédsku a Švýcarsku. Vzhledem k tomu, že tvorba těchto rezerv ekonomicky zatěžuje provozovatele a ovlivňuje tak rentabilitu jednotlivých zdrojů, tak by bylo vhodné, aby na propojeném energetickém trhu v Evropě byly odvoody srovnatelné. V další části tak práce přináší porovnání výše tvorby rezerv na vyřazování z provozu v uvedených státech. Pro porovnání jsou modely upraveny nejprve tak, aby svým rozsahem činností a nákladů zařazených do vyřazování z provozu odpovídaly českému modelu, a poté jsou tvorby rezerv navíc přepočítány podle matematického modelu tak, aby se rezervy vytvářely po stejné časové období – a to pouze po dobu aktivního provozu. Posledním výstupem je již zmíněný matematický model pro výpočet tvorby rezerv a citlivostních analýz založený na metodě stanovení minimální ceny produkce.

Klíčová slova:

Vyřazování jaderných elektráren z provozu, tvorba rezerv, pokrytí jaderných závazků, Česká Republika, Francie, Švédsko, Švýcarsko.

Title of the Master's Thesis: Analysis of Creation of Provisions for Future Decommissioning of Nuclear Power Plants

Abstract:

This Master's Thesis is analysing the approach to funding of future decommissioning of nuclear power plants in four European countries – the Czech Republic, France, Sweden and Switzerland. Since the creation of these provisions economically burden on the operators and affects the profitability of individual nuclear power plants, it would be appropriate have comparable contributions to the provisions because of the interconnected electricity market in Europe. This is why the next section of this Thesis provides the comparison of the amount of annual provisions creation for decommissioning. For comparison, the models are first adjusted so that its scope of activities and costs included in the decommissioning match Czech model, and then the creation of provisions is in addition calculated according to a mathematical model in order to create provisions for the same time period – only for the period of active operation. The final output is the aforementioned mathematical model for calculating the creation of provisions and sensitivity analyzes based on the method of setting the minimum price of production.

Key words:

Decommissioning, creation of provisions, financing of nuclear liabilities, Czech Republic, France, Sweden, Switzerland.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	10
SEZNAM TABULEK.....	12
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	12
ÚVOD.....	14
1 VYŘAZOVÁNÍ JZ	16
1.1 VYŘAZOVÁNÍ JZ PROVOZU	16
1.1.1 Odhad nákladů na vyřazování JZ z provozu	17
2 PROBLEMATIKA RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ	19
2.1 KLASIFIKACE RAO	19
2.2 ÚLOŽIŠTĚ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ.....	20
2.2.1 Přípovrchové úložiště	21
2.2.2 Hlubinné úložiště.....	22
2.3 SKLADOVÁNÍ VYHOŘELÉHO JADERNÉHO PALIVA	23
3 SOUČASNÝ STAV V ČR.....	24
3.1 DOTČENÉ SUBJEKTY	24
3.1.1 SÚJB	24
3.1.2 SÚRAO.....	24
3.1.3 MPO ČR.....	25
3.1.4 Vláda ČR.....	26
3.1.5 Původci RAO.....	26
3.2 LEGISLATIVA	27
3.2.1 Zákon č. 18/1997 Sb.....	27
3.2.2 Nařízení vlády č. 416/2002 Sb.....	28
3.2.3 Vyhláška č. 185/2003 Sb.....	28
3.2.4 Vyhláška č. 360/2002 Sb.....	29
3.3 DALŠÍ DOKUMENTY.....	29
3.3.1 Koncepce nakládání s RAO a VJP	29
3.3.2 Národní zpráva pro účely Společné úmluvy o bezpečnosti při nakládání s VJP a RAO.....	30
3.3.3 Strategie ČEZ, a.s.	30
3.4 METODIKA	30
3.4.1 Rozdíl mezi klasickou a „obrácenou“ investicí	31
3.4.2 Jaderný účet	32
3.4.3 Odvody na jaderný účet původci RAO.....	33
3.4.4 Odhad nákladů na vyřazování	36
3.4.5 Tvorba rezerv na vyřazování JZ z provozu.....	37
4 POROVNÁNÍ METODICKÝCH PŘÍSTUPŮ VE VYBRANÝCH STÁTECH EVROPY	39
4.1 FRANCIE	39
4.1.1 ASN - the French Nuclear Safety Authority	40
4.1.2 ANDRA - French National Radioactive Waste Management Agency.....	41
4.1.3 IRSN - the French Institute for Radioprotection and Nuclear Safety.....	41
4.1.4 Strategie.....	41
4.1.5 Odhad nákladů na vyřazování	41

4.1.6	Metodika odvodů	42
4.1	ŠVÉDSKO.....	44
4.1.1	SSM - Swedish Radiation Safety Authority.....	44
4.1.2	SKB – Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co	44
4.1.3	Strategie.....	45
4.1.4	Odhad nákladů.....	45
4.1.5	Metodika odvodů.....	45
4.2	ŠVÝCARSKO	50
4.2.1	ENSI - Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate	50
4.2.2	NAGRA - National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste	51
4.2.3	Strategie.....	51
4.2.4	Odhad nákladů na vyřazování	51
4.2.5	Metodika odvodů.....	53
5	POROVNÁNÍ VÝŠE PLATEB A VYTVÁŘENÝCH REZERV	56
5.1	ÚČEL FONDŮ A REZERV	56
5.2	PARAMETRY VÝPOČTŮ	57
5.3	STANOVENÍ EKVIVALENTNÍCH MODELŮ.....	57
5.3.1	Švédsko	57
5.3.2	Švýcarsko	58
5.3.1	Francie.....	59
5.4	POROVNÁNÍ VÝŠE PLATEB ZA ROK 2012	59
5.5	POROVNÁNÍ VÝŠE VYTVÁŘENÝCH REZERV V ROCE 2012.....	63
6	MATEMATICKÝ MODEL.....	66
6.1	VSTUPY MODELU	66
6.1.1	Míra inflace	66
6.1.2	Diskontní míra	66
6.1.3	Očekávaná životnost JE a objem výroby	66
6.1.4	Náklady na vyřazování JE z provozu (bez RAO).....	67
6.1.5	Náklady na ukládání provozních RAO	67
6.1.6	Náklady na ukládání RAO z vyřazování.....	67
6.1.7	Náklady na ukládání VAO a VJP.....	67
6.1.8	Budoucnost jaderné energetiky	67
6.2	MATEMATICKÝ POPIS MODELU	67
	REALIZACE MODELU V MS EXCEL 2007	71
6.2.1	Zadávání vstupních hodnot.....	71
6.2.2	Výpočet sazeb	72
6.2.3	Modul citlivostní analýzy.....	72
7	MODELOVÝ PŘÍKLAD, CITLIVOSTNÍ ANALÝZA.....	74
7.1	ZADÁNÍ.....	74
7.2	VÝSLEDKY MODELU	75
7.3	CITLIVOSTNÍ ANALÝZY	76
7.3.1	CA na eskalaci sazby	76
7.3.2	CA na inflaci	76
7.3.3	CA na vyšší odhadovaných nákladů.....	77
7.3.4	CA na výrobu elektřiny	77
7.3.5	CA na meziroční změnu výroby elektřiny	78
7.3.6	CA na počet let, po které je rezerva vytvářena	78
7.3.7	Zhodnocení citlivostních analýz	79
7.4	DISKUZE VHODNOSTI A VÝHODNOSTI SYSTÉMŮ	79
7.4.1	Pohled státu a zodpovědných autorit	79

7.4.2	Pohled provozovatele JE.....	80
ZÁVĚR	82	
CITOVANÁ LITERATURA	85	
PŘÍLOHY	90	
SEZNAM PŘÍLOH	90	

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
CA	Citlivostní analýza
CF	Cash Flow – tok hotovosti
CPI	Consumer Price Index – index spotřebitelských cen
CZK	viz Kč
ČNB	Česká národní banka
ČNR	Česká národní rada
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
EDU	viz JEDU
ETE	viz JETE
FR	Francie
GWe	Gigawatt (jednotka elektrického výkonu)
CH	Švýcarsko
CHF	Švýcarský frank
JE	Jaderná elektrárna
JEDU	Jaderná elektrárna Dukovany
JETE	Jaderná elektrárna Temelín
JÚ	Jaderný účet
JZ	Jaderné zařízení
Kč	Koruna česká
KKB	Kernkraftwerk Beznau – JE Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen – JE Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt – JE Leibstadt

Zkratka	Význam
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg – JE Mühleberg
kW	Kilowatt (jednotka výkonu)
LTO	Long Term Operation – prodloužení doby provozu JE nad původní očekávanou životnost
MF ČR	Ministerstvo financí ČR
MPO ČR	Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR
MW	Megawatt (jednotka výkonu)
MW _e	Megawatt (jednotka elektrického výkonu)
NJZ	Nové jaderné zdroje
RAO	Radioaktivní odpad
SE	Švédsko
SEK	Švédská koruna
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť jaderného odpadu
VJP	Vyhořelé jaderné palivo
VJZ	Vyřazování jaderného zařízení (jaderné elektrárny) z provozu
VT	vysokotlak
ŽP	Životní prostředí

Seznam tabulek

Tab. 1: Navýšení základu při meziroční eskalaci.....	32
Tab. 2: Odhad nákladů na vyřazování JZ z provozu v ČR	36
Tab. 3: Přehled jaderných elektráren ve Francii.....	40
Tab. 4: Srovnání výsledků metody Reference Cost a Dampierre 2009	42
Tab. 5: Přehled jaderných elektráren ve Švédsku	44
Tab. 6: Odhad nákladů na vyřazování JE z provozu ve Švédsku (tisíce SEK 2010) [36] [37] [38].....	45
Tab. 7: Sazba odvodu do Jaderného fondu v SEK/MWh daného roku [39].....	45
Tab. 8: Odhadované budoucí náklady spojené s uložením RAO a VJP ve Švédsku od r. 2012 (miliony SEK 2010)	46
Tab. 9: Odvedené poplatky do Nuclear Waste Fund v tisících SEK daného roku [39]	48
Tab. 10: Výše záruk v roce 2012 [39].....	49
Tab. 11: Přehled jaderných elektráren ve Švýcarsku.....	50
Tab. 12: Odhadované náklady v milionech CHF 2011.....	52
Tab. 13: Výše odvodů do fondů za rok 2012 (tisíce CHF)	53
Tab. 14: Účel fondů a rezerv	56
Tab. 15: Přehled základních parametrů výpočtů v jednotlivých zemích	57
Tab. 16: Vypočtené sazby ve Švédsku za rok 2012 na základě scénáře 25let/+6let provozu (SEK/MWh)	58
Tab. 17: Vypočtené sazby ve Švédsku za rok 2012 na základě scénáře 25let/+3roky provozu normalizované dle platné výše v roce 2012 (SEK/MWh).....	58
Tab. 18: Vypočtené sazby ve Švédsku za rok 2012 na základě scénáře 40let/+6let provozu (SEK/MWh)	58
Tab. 19: Vypočtené sazby ve Švýcarsku za rok 2012 (CHF/MWh).....	58
Tab. 20: Použité kurzy měn (ČNB 11.4.2014)	59
Tab. 21: Porovnání tvorby rezerv ve vybraných státech Evropy za rok 2012	60
Tab. 22: Porovnání tvorby rezerv ve vybraných státech Evropy za rok 2012 na základě modelu.....	61
Tab. 23: Porovnání výše vytvářených rezerv ve vybraných státech Evropy v cenách roku 2012.....	63
Tab. 24: Porovnání výše vytvářených rezerv ve vybraných státech Evropy (průměr za stát) v cenách roku 2012	63
Tab. 25: Sazby odvodů pro modelový příklad na základě matematického modelu	75

Seznam obrázků

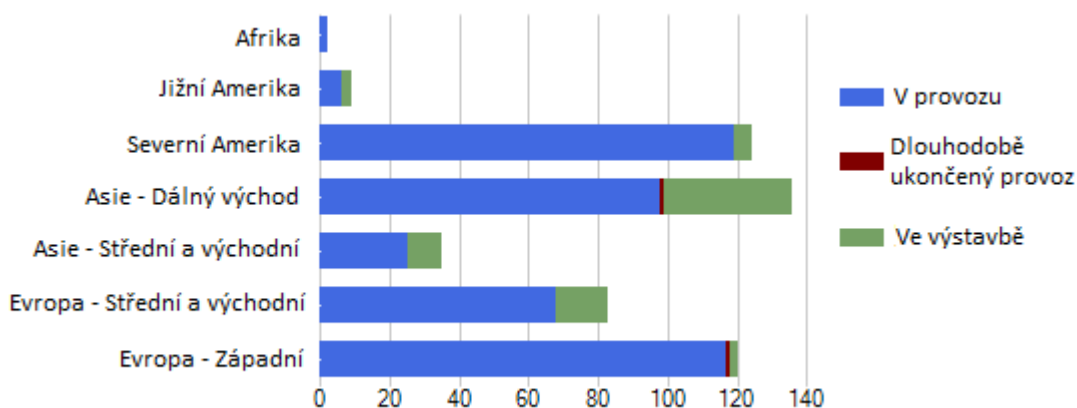
Obr. 1: Počet energetických reaktorů podle regionu [2]	14
Obr. 2: Počet reaktorů ve světě podle stáří [2]	15
Obr. 3: Demolice dekontaminovaného kontejnmentu JE Maine Yankee (http://cen.acs.org/).....	16
Obr. 4: Vyjmutí reaktoru z JE San Onofre skrz otvor ve střeše kontejnmentu (http://cen.acs.org/).....	17
Obr. 5: Dekontaminační bruska na beton PENTEK (http://www.pentekusa.com/).....	18
Obr. 6: Demolice kontejnmentu JE Connecticut Yankee (http://www.world-nuclear.org/).....	18
Obr. 7: Ukládací sud 200I (SÚRAO)	20
Obr. 8: Přípovrchová úložiště v ČR	21
Obr. 9: Úložiště Dukovany (SÚRAO).....	21
Obr. 10: Úložiště Richard (SÚRAO).....	21
Obr. 11: Koncept hlubinného úložiště v ČR (SÚRAO).....	22
Obr. 12: Obalová kazeta pro uložení VJP ve Finsku v úložišti Olkiluoto (foto: doc. J. Knápek).....	22
Obr. 13: Palivový soubor v bazénu použitého paliva (http://www.infocismagazine.org/)	23
Obr. 14: Skladovací kontejner CASTOR (http://www.spstrplz.cz/)	23
Obr. 15: Časový profil CF klasické investice.....	31
Obr. 16: Časový profil CF v případě nakládání s VJP či vyřazování JZ z provozu („obrácená“ investice)	31
Obr. 17: Graf vývoje zůstatku Jaderného účtu a odvodů provozovatele jaderných elektráren ČEZ, a.s.	33
Obr. 18: Zůstatek vázaného účtu ČEZ, a.s. na vyřazování jaderných zařízení z provozu (dle výročních zpráv)	37
Obr. 19: Mapa JE ve Francii (EDF)	39

Obr. 20: Systém financování prostřednictvím Swedish Nuclear Waste Fund [39]	47
Obr. 21: Systém financování na základě Studsvik Act [39]	47
Obr. 22: Vývoj zůstatku Nuclear Waste Fund (v milionech SEK)	48
Obr. 23: Systém záruk provozovatele JE ve Švédsku [40]	49
Obr. 24: Mapa JE ve Švýcarsku (swissnuclear)	50
Obr. 25: Harmonogram financování aktivit spojených ukládáním RAO a vyřazováním z provozu [45]	52
Obr. 26: Zůstatek fondu pro ukládání RAO (Entsorgungsfond)	54
Obr. 27: Zůstatek fondu pro vyřazování (Stilllegungsfond)	54
Obr. 28: Graf porovnání výše tvorby rezerv na vyřazování ve vybraných státech Evropy za rok 2012	60
Obr. 29: Graf porovnání výše tvorby rezerv na vyřazování ve vybraných státech Evropy podle modelu	62
Obr. 30: Graf modelového vývoje zůstatku fondu na vyřazování s průběhem CF vyřazování	62
Obr. 31: Graf porovnání výše vytvářených rezerv ve vybraných státech Evropy v cenách roku 2012	64
Obr. 32: Graf porovnání průměrné výše vytvářených rezerv ve vybraných státech Evropy v cenách roku 2012	64
Obr. 33: Ukázka vlivu eskalování o inflaci a diskontování na průběh CF (elektrárna Leibstadt)	69
Obr. 34: Ukázka vstupní a výpočtové tabulky modelu	71
Obr. 35: Ukázka tabulky pro výpočty citlivostní analýzy (CA na míru inflace)	73
Obr. 36: List "Výsledky" umožňující tvorbu kompletní citlivostní analýzy	73
Obr. 37: Graf modelového rozložení výdajů v průběhu okamžitého vyřazování	74
Obr. 38: Graf pro porovnání vývoje zůstatku fondu při konstantní nominální sazbě (v Kč/MWh) a profil hotovostního toku v případě okamžitého a odloženého vyřazování	75
Obr. 39: Citlivostní analýza - výše sazby v závislosti na meziroční eskalaci sazby (inflace je konstantní)	76
Obr. 40: Citlivostní analýza - výše sazby v závislosti na míře inflace (eskalace1 = inflace, eskalace2 = 0%)	76
Obr. 41: Citlivostní analýza - výše sazby v závislosti na změně výše odhadu nákladů (eskalace1 = inflace 2%, eskalace2 = 0%)	77
Obr. 42: Citlivostní analýza - výše sazby v závislosti na změně očekávané výroby elektrické energie (výroba konstantní po celou dobu životnosti) (eskalace1 = inflace 2%, eskalace2 = 0%)	77
Obr. 43: Citlivostní analýza - vliv meziroční změny výroby elektřiny (každý rok po celou dobu životnosti) na výši sazby v Kč/MWh (eskalace1 = inflace 2%, eskalace2 = 0%)	78
Obr. 44: Citlivostní analýza - vliv doby, po kterou se tvoří rezerva na vyřazování, na výši sazby (eskalace1 = inflace 2%, eskalace2 = 0%)	78
Obr. 45: Graf průběhu zůstatku fondu po dobu spoření (provozu JE) v závislosti na způsobu odvodů (fixní částka za rok konstantní a eskalovaná o inflaci)	80
Obr. 46: Citlivostní analýza výše NPV odvodů do fondu (v mil. Kč) v závislosti na diskontu provozovatele	81
Obr. 47: Tvorba rezervy v jednotlivých státech v roce 2012 vztažena na jednotku vyrobené energie	83
Obr. 48: Porovnání průměrné výše vytvářené rezervy vztažené k instalovanému výkonu v roce 2012	83

Úvod

„Pro Českou republiku představuje dlouhodobě udržitelná a bezpečná jaderná energetika jeden z důležitých předpokladů pro další rozvoj průmyslu a udržení životní úrovně obyvatelstva. V řadě průmyslových aplikací, výzkumu a zdravotnictví jsou využívány radionuklidové zářiče. Důsledkem těchto činností při mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření je vznik radioaktivních odpadů.“ [1]

Jaderná energetika představuje celosvětově jeden z velmi významných zdrojů elektrické energie. Instalovaný výkon všech jaderných elektráren v zemích, které jsou členskými státy Mezinárodní agentury pro atomovou energii, činil k 14. 4. 2014 přes 370 GW_e ve 435 jaderných energetických reaktorech v provozu. Roční produkce všech těchto elektráren za rok 2013 dosáhla bezmála 2360 TWh, což je zhruba třiatřicetnásobek roční spotřeby elektřiny brutto České Republiky. [2]

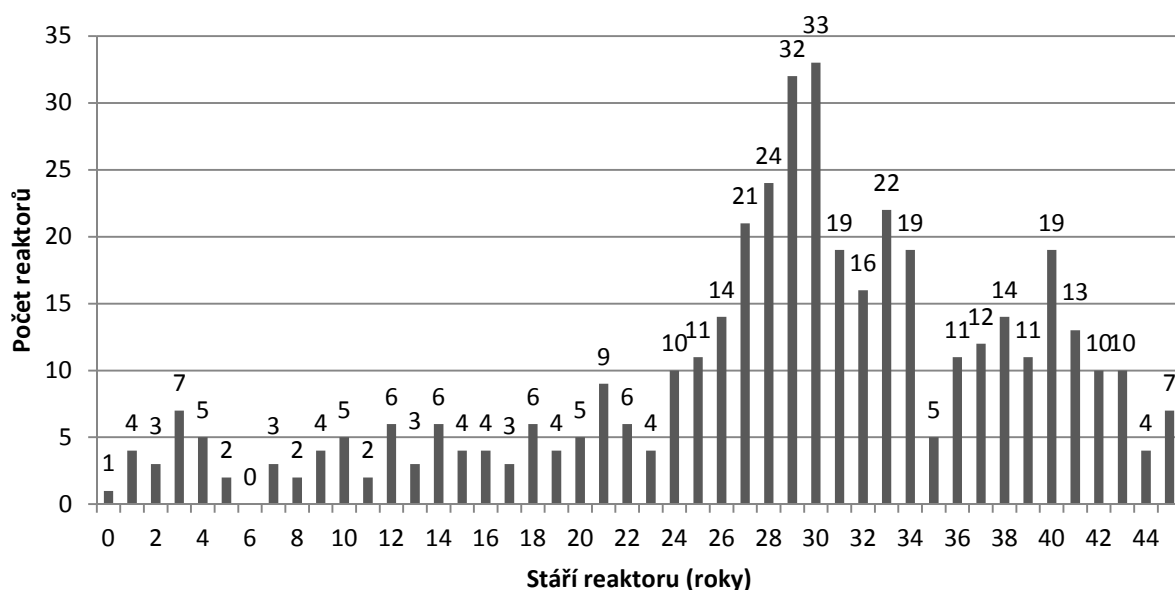


Obr. 1: Počet energetických reaktorů podle regionu [2]

Životnost reaktoru, který je nejkritičtějším prvkem v jaderné elektrárně, je dnes odhadována na 40 – 60 let aktivního provozu. Reaktory, které jsou dnes v provozu, byly uvedeny do provozu převážně v období rozmachu jaderné energetiky v sedmdesátých a osmdesátých letech, a tak se pomalu blíží ke konci své životnosti. Graf věkového rozložení reaktorů na Obr. 2 nemile připomíná neutěšenou demografickou křivku Evropy. Tuto situaci má na svědomí několik faktorů, mezi nejvýznamnější z nich spadá zejména jaderná havárie čtvrtého bloku JE Černobyl 26. 4. 1986, která vedla ve společnosti ke změně vnímání rizik jaderného průmyslu. Ranou pro renesanci jaderné energetiky byla havárie JE Fukušima 11. 3. 2011, která vedla ve světě k uzavření mnoha jaderných elektráren.

Dalším faktorem působícím v Evropě je nepříznivá situace pro investice do nových zdrojů na dotacemi zdeformovaném energetickém trhu – což nejlépe dokladuje zrušený tendr na dostavbu dvou bloků JE Temelín v dubnu 2014.

Počet energetických reaktorů ve světě podle stáří



Obr. 2: Počet reaktorů ve světě podle stáří [2]

Jaderná elektrárna po dobu své životnosti produkuje kromě elektrické energie radioaktivní odpady, které je nutné zpracovat a bezpečně zneškodnit. Po ukončení provozu je nutné elektrárnu také nutně nějakým vhodným způsobem „zneškodnit“, neboť přes veškeré inženýrské bariéry se vnitřní prostor zařízení kontaminuje radionuklidy. Tento proces se nazývá vyřazování jaderného zařízení z provozu a jeho zvládnutí je důležité z toho důvodu, abychom nepřenášeli závazky, které vytvoříme, na příští generace. Výstavba jaderné elektrárny je velmi nákladná a nejinak tomu je i v případě jejího vyřazování z provozu. Proto je nutné se na tuto nákladnou etapu životního cyklu jaderné elektrárny finančně připravit ideálně již v průběhu jejího provozování.

Situace je komplikovaná tím, že zatím jsou k dispozici zkušenosti získané pouze v průběhu vyřazování několika převážně menších experimentálních zařízení, proto je důležité mít možnost porovnat odhady nákladů mezi jednotlivými zeměmi, včetně výše vytvářených finančních prostředků na pokrytí budoucích jaderných závazků plynoucích z potřeby vyřadit jaderná zařízení z provozu.

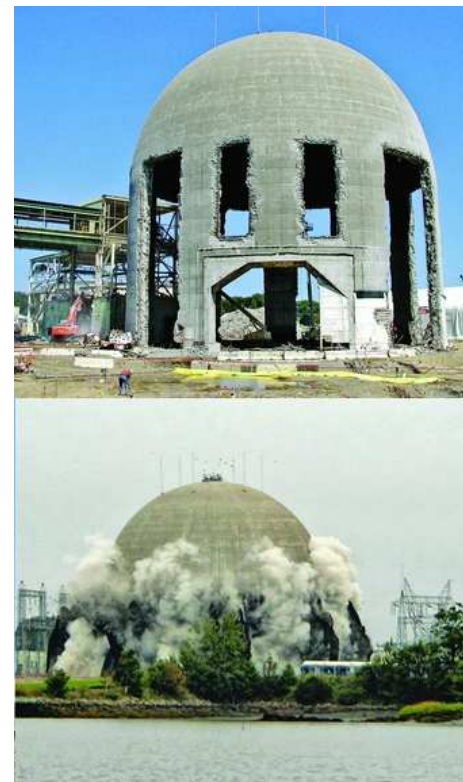
Tato práce si klade za cíl analyzovat systémy financování vyřazování jaderných elektráren z provozu v České Republice a třech dalších evropských státech – Francii, Švédsku a Švýcarsku. Výstupem by měl být model, který by vedle porovnání výše tvorby prostředků v těchto zemích umožňoval určit výši tvorbu finančních rezerv pro budoucí vyřazování z provozu a provést citlivostní analýzu na vstupní parametry tak, aby pokud možno byla tvořena rezerva v adekvátní výši v souladu s konzervativním přístupem příznačným pro jadernou energetiku.

1 Vyřazování JZ

1.1 Vyřazování JZ provozu

Vyřazováním jaderného zařízení, jakým je například jaderná elektrárna, se rozumí souhrn činností, které je nutné provést po ukončení aktivního provozu tak, aby prostor mohl být uvolněn k využití pro jiné účely nebo vyňat z působnosti Atomového zákona. Vyřazování lze v zásadě provést třemi způsoby [1]:

- Okamžité vyřazování – je strategií, při níž jsou vyřazovací činnosti zahájeny a prováděny bezprostředně po ukončení aktivního provozu. Tato metoda předpokládá existenci vhodného skladu či úložiště radioaktivních odpadů plynoucích z vyřazování již v době odstavení JZ z provozu tak, aby byly dodrženy zásady jaderné bezpečnosti. Výhodou tohoto postupu je, že nedochází k tzv. „ztrátě paměti“ dané generační obměnou personálu JZ. Pracovníci podílející se na vyřazování tak ještě mají dobře zažitě zkušenosti a znalosti. Další výhody této strategie zahrnují snížení nejistoty při odhadu výše nákladů a výše finančních prostředků, které jsou k dispozici, snížení nejistoty v právní oblasti (zejména požadavky jaderné bezpečnosti) či rychlejší vypořádání závazků provozovatele JZ.
- Odložené vyřazování – probíhá s určitým časovým odstupem po ukončení provozu. Zařízení je tak po určitou dobu bezpečně zakonzervováno pro pozdější dekontaminaci. Mezi hlavní výhody tohoto přístupu je zejména přirozený pokles aktivity kontaminovaných a aktivovaných zařízení a konstrukcí, čímž lze dosáhnout nižších dávek IZ. Provozovatel má rovněž více času na shromáždění potřebných finančních prostředků. Navíc lze očekávat technologický pokrok.
- Konzervace – je teoreticky možnou variantou, avšak tento přístup není v současné době plánován pro žádné JZ v rámci EU. Lze jej aplikovat v případech, kdy se jedná o JZ umístěné v odlehlých místech, avšak za cenu dlouhodobých závazků v podobě nutného dlouhodobého monitorování a údržby, čímž dochází k přenášení zátěže na budoucí generace.



Obr. 3: Demolice dekontaminovaného kontejmentu JE Maine Yankee (<http://cen.acs.org/>)

Volba vhodné strategie vyřazování probíhá na národní úrovni (a často až na úrovni provozovatele JZ) a mnohdy dochází ke kombinaci okamžitého a odloženého vyřazování. Při samotné volbě je nutné zvážit ekonomickou náročnost a přínosnost každé strategie.

1.1.1 Odhad nákladů na vyřazování JZ z provozu

V souladu s dokumenty IAEA lze vyřazování rozdělit do několika etap [3]:

1. Konečné odstavení
2. Odstranění radioaktivních zdrojů a kapalin
3. Dekontaminace a vyčištění zařízení a staveb
4. Demontáž konstrukcí
5. Zpracování, skladování a uložení radioaktivních odpadů z provozu a z vyřazování
6. Průzkum a uvolnění prostoru pro jiné využití

Podrobnější popis jednotlivých etap lze nalézt např. v [3].

Metodika odhadování nákladů na vyřazování JZ z provozu prochází neustálým vývojem. První odhady nákladů se dělaly na základě vynaložených prostředků na vyřazení výzkumných reaktorů z provozu. Později se zkoušelo odhadovat náklady na základě velmi detailní analýzy inventáře JZ, přičemž se podrobně analyzovaly možné způsoby



Obr. 4: Vyjmutí reaktoru z JE San Onofre skrz otvor ve střeše kontejnmentu (<http://cen.acs.org/>)

dekontaminace, demontáže, balení, transportu a uložení. Takovýto velmi detailní systém sice umožňuje provádět analýzy jednoho konkrétního zařízení, avšak není „přenositelný“ na jiné zařízení. Proto byl vytvořen odborníky z OECD/NEA, Evropské komise a IAEA dokument “A Proposed Standardized List of Items for Costing Purposes in the Decommissioning of Nuclear Installations”, zkráceně tzv. „Standard List“. Tento dokument obsahuje seznam činností spojených s vyřazováním JZ z provozu, včetně jejich podrobného popisu, přičemž činnosti jsou zde rozdělené do jedenácti skupin: [4]

- Náklady na aktivity před vyřazováním;
- Náklady ukončení provozu jaderného zařízení;
- Náklady na zadávání veřejných zakázek na zařízení;

- Náklady na demontáž;
- Náklady na skladování a likvidaci odpadů;
- Náklady na údržbu, zajištění bezpečnosti a fyzickou ochranu;
- Náklady na úpravu krajiny;
- Náklady na projektový management a inženýrské služby;
- Náklady na výzkum a vývoj;
- Palivové náklady (pohonné hmoty);
- Ostatní náklady.



Obr. 6: Demolice kontejneru JE Connecticut Yankee (<http://www.world-nuclear.org/>)



Obr. 5: Dekontaminační bruska na beton PENTEK (<http://www.pentekusa.com/>)

2 Problematika radioaktivních odpadů

Radioaktivní odpady nepochází pouze z vyřazování JZ z provozu, ale též během provozu takového zařízení. Mezi provozní RAO patří zejména použité ochranné pomůcky, zbytky materiálu vzešlých při konání údržby zařízení, filtry, úkapy provozních kapalin apod. Při vyřazování z provozu vznikají RAO při dekontaminaci a demontáži zařízení (aktivované materiály v okolí reaktorové nádoby, kontaminované zařízení primárního okruhu apod.). Specifickým druhem odpadu je vyhořelé jaderné palivo, které má velmi vysokou aktivitu a to po dlouhou dobu.

Radioaktivní odpady vyžadují jiný přístup, než „běžný“ odpad. Vyplývá to z jeho nebezpečnosti pro životní prostředí. I to je jeden z důvodů, proč se na zacházení s radioaktivními odpady na základě zákona č. 18/1997 Sb. (atomový zákon) nevztahuje zákon o odpadech.

Zneškodnění radioaktivních odpadů je založeno na základní vlastnosti radioaktivity – a to, že aktivita sama časem klesá. To je dáno tím, že se jádra nestabilních izotopů postupně rozpadají v tzv. rozpadových řadách, přičemž vzniká ionizující záření. Nakonec se každý nestabilní atom po několika rozpadech přemění na stabilní, který již nepředstavuje radiační riziko. Pokud tedy izolujeme na dostatečně dlouhou dobu radioaktivní odpady od životního prostředí v tzv. úložišti RAO, jejich radioaktivita časem sama „vymizí“.

Doba, po kterou RAO představují riziko, je různá, neboť každý izotop má různý tzv. poločas rozpadu, což je čas potřebný k tomu, aby se přeměnila právě polovina jader daného izotopu v daném vzorku. Po době jednoho poločasu rozpadu tedy bude přítomna polovina původního počtu jader, po dvou poločasech čtvrtina atd. Pokles radioaktivity má tedy exponenciální charakter a teoreticky nikdy nedosáhne nulové aktivity. Na Zemi je však přítomno tzv. radioaktivní pozadí, což je určitá intenzita ionizujícího záření přírodního původu (z kosmu, z rozpadu přírodních izotopů v půdě atp.). Pro bezpečné uložení RAO je tedy důležité určit, za jak dlouhou dobu jejich aktivita poklesne natolik, že nepřekročí úroveň přirozeného radioaktivního pozadí. Vedle radioaktivity představují riziko i obsažené chemikálie v RAO, jako jsou těžké kovy, jedy apod.

2.1 Klasifikace RAO

Podle mezinárodně přijímaných konvencí dle IAEA [5] jsou radioaktivní odpady klasifikovány podle jejich aktivity do několika skupin tak, aby byl zajištěn adekvátní způsob nakládání s těmito odpady.

- přechodné RAO – po dlouhodobém skladování (maximálně 5 let) jejich radioaktivita poklesne pod uvolňovací úroveň a lze je tak vypustit do ŽP;
- nízko- a středněaktivní odpady (NAO a SAO) krátkodobé – poločas rozpadu izotopů přítomných v RAO je menší než 30 let a nepřekračují maximální

dovolenou aktivitu. Tyto odpady je nutné izolovat od ŽP po dobu cca 300 – 500 let;

- nízko a středněaktivní odpady dlouhodobé – odpady, u nichž aktivita překračuje stanovenou maximální dovolenou aktivitu dlouhodobých alfa zářičů nebo obsahující izotopy s poločasem rozpadu delším než 30 let. Tento druh RAO je nutné izolovat od ŽP na tisíce až desetitisíce let;
- vysokoaktivní odpady (VAO) – u těchto odpadů dochází k uvolňování tepelné energie z jaderných přeměn, což musí být zohledněno při jejich skladování a ukládání. Do této kategorie spadá zejména vyhořelé jaderné palivo (VJP) z reaktorů prohlášené za odpad. Tento druh odpadu je nutné izolovat od ŽP po dobu v řádu statisíců let.

2.2 Úložiště radioaktivních odpadů

Pro bezpečné uložení RAO je nutné vybudovat, provozovat, uzavřít a monitorovat vhodné úložiště podle druhu odpadu. Podle doporučení IAEA je vhodné (z ekonomického hlediska) nevyužívat úložišť zřízených pro ukládání vysokoaktivních odpadů pro nízko- a středněaktivní krátkodobé odpady, ačkoli samozřejmě technicky toto možné je (úložiště splňuje přísnější kritéria, než je požadováno). Proto je v současné době několik druhů úložišť, ať již ve stádiu provozování, uzavření, či teprve ve fázi výzkumu.

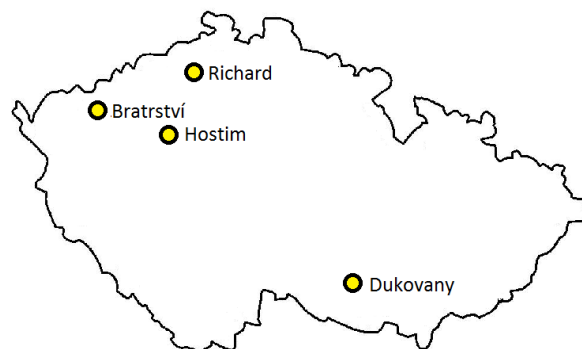
Odpady k uložení musejí být vhodně zpracovány a zabaleny, aby se jednak zamezilo úniku radioaktivních látek, a též aby docházelo ke snižování objemu RAO. Příkladem mohou být 200l sudy používané v ČR pro ukládání institucionálních a provozních RAO (Obr. 7). Uvnitř takového sudu se nachází druhý sud se slisovaným odpadem a prostor mezi sudy je vyplněn betonem. RAO mohou být upraveny i fixací do matrice (cementové či bitumenové), aby se zabránilo možnému transportu nuklidů mimo obal. Pro zmenšení objemu se dnes využívá i spalování RAO ve speciálních spalovnách (v ČR není takové zařízení k dispozici), čímž ovšem kromě radioaktivního popela k uložení vznikají plynné odpady.



Obr. 7: Ukládací sud 200l (SÚRAO)

2.2.1 Přípovrchové úložiště

Přípovrchové úložiště se nachází buď na povrchu, nebo v malé hloubce pod zemským povrchem (do cca. 50m). Je vhodné pro nízko- a středněaktivní krátkodobé odpady. Jedná se o uměle vytvořené betonové (či jinak vhodně zabezpečené) jímky či opuštěná a přizpůsobená důlní díla. V ČR je v současné době v provozu několik úložišť této kategorie (Dukovany, Richard, Jáchymov) a jedno již uzavřené úložiště (Hostim).



Obr. 8: Přípovrchová úložiště v ČR



Obr. 9: Úložiště Dukovany (SÚRAO)

Úložiště Richard se nachází poblíž Litoměřic v prostoru bývalého vápencového dolu v hloubce cca. 70 m pod povrchem (Obr. 10). Ukládá se zde odpad institucionálního původu (z nemocnic apod.). Po naplnění jednotlivých ukládacích komor (v prostorách bývalých štol) se komory opět utěsní betonem.

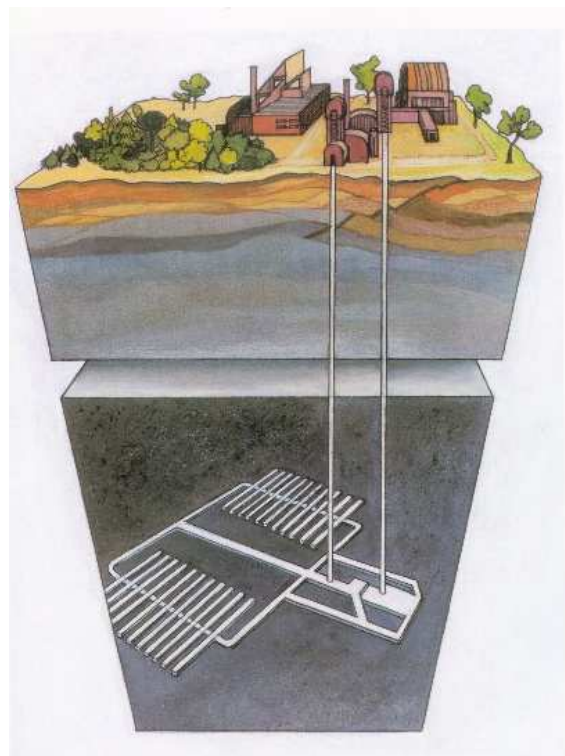


Obr. 10: Úložiště Richard (SÚRAO)

Bratrství se nachází v Jáchymově v prostoru opuštěného uranového dolu. Je úložištěm pro odpady obsahující přírodní radionuklidy.

2.2.2 Hlubinné úložiště

Hlubinné úložiště je situováno do velké hloubky pod zemským povrchem (řádově 500m). Je určeno pro odpady, které je nutné izolovat od okolí po desetitisíce let – tedy zejména vyhořelé jaderné palivo, vysokoaktivní odpady a další dlouhodobé odpady. Na světě zatím není v provozu žádné takové zařízení, nicméně v některých zemích (např. ve Finsku či ve Švédsku) mají již vystavěny podzemní laboratoře a prototypové ukládací šachty. Koncept hlubinného úložiště je znázorněn na Obr. 11. V případě VJP je nutné nejen po extrémně dlouhou dobu zajistit hermetičnost úložiště, ale též odvádět reziduální teplo vznikající rozpadem štěpných produktů. Z tohoto důvodu je nutné zkonstruovat systém na sobě nezávislých bariér, které zaručí bezpečnost úložiště.



Obr. 11: Koncept hlubinného úložiště v ČR (SÚRAO)

Obalové kazety pro VJP budou v ukládací komoře obloženy bentonitem, což je jílová zemina, která při kontaktu s vodou zvětšuje svůj objem a tím „utěsňuje“ případné průsaky vody. Bentonit jednak chrání kazetu před korozi (omezuje přístup korozivních látek a odplavování korozních produktů) a v případě selhání kazety je z přírodních analogů prokázáno, že významně zpomaluje transport radionuklidů.



Obr. 12: Obalová kazeta pro uložení VJP ve Finsku v úložišti Olkiluoto (foto: doc. J. Knápek)

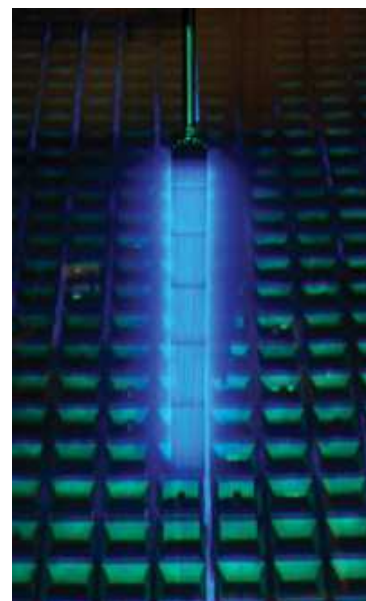
V některých zemích, jako je např. Švýcarsko, se neuvažuje ukládání nízko- a středněaktivních odpadů do přípovrchových úložišť, ale do hlubinných úložišť zbudovaných v menší hloubce (200m).

2.3 Skladování vyhořelého jaderného paliva

Skladování vyhořelého jaderného paliva nepředstavuje alternativu k jeho uložení do vhodného úložiště, je pouze mezistupněm mezi vyjmutím paliva z reaktoru a jeho uložení. Palivový soubor je po zhruba čtyřech letech v reaktoru (dle palivové kampaně) vyjmut, a ačkoli je štěpná reakce jader uranu zastavena, stále dochází k intenzivnímu vývinu tepla plynoucímu z rozpadu štěpných produktů. Proto je palivový soubor skladován zhruba 5 let v bazénu použitého paliva, kde je ochlazován cirkulující chladicí vodou.

Poté, co je soubor dostatečně ochlazen je přesunut do skladu. Skladování může být dvojího druhu – tzv. suché a mokré skladování. Při mokrému skladování, které je aplikováno např. ve Švédsku, jsou soubory skladovány v bazénech s vodou, která zajišťuje nejen chlazení, ale i dostatečné stínění ionizujícího záření. V případě suchého skladování, které je aplikováno např. v ČR, jsou palivové soubory uloženy do speciálních kontejnerů a vysušeny, které zajišťují stínění a odvod tepla z paliva. Výhodou suchého skladování je, že se

jedná o téměř bezodpadovou technologii, která navíc nepotřebuje téměř žádnou údržbu, neboť kontejnery jsou ochlazovány pasivně prouděním okolního vzduchu kolem nádoby.



Obr. 13: Palivový soubor v bazénu použitého paliva (<http://www.infocusmagazine.org/>)



Obr. 14: Skladovací kontejner CASTOR (<http://www.spstrplz.cz/>)

3 Současný stav v ČR

3.1 Dotčené subjekty

3.1.1 SÚJB

Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) je ústředním správním úřadem, který vykonává státní správu a dozor v oblasti dané zákonem č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon), zákonem 19/1997 Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem chemických zbraní, a zákonem 281/2002 Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní. [6]

V rámci této práce se jedná zejména o to, že úřad:

- vykonává státní dozor nad jadernou bezpečností, jadernými položkami, fyzickou ochranou, radiační ochranou, havarijní připraveností a technickou bezpečností vybraných zařízení a kontroluje dodržování povinností podle zákona č. 18/1997 Sb.;
- vykonává kontrolu nešíření jaderných zbraní a státní dozor nad jadernými položkami a fyzickou ochranou jaderných materiálů a jaderných zařízení;
- povoluje výkon činností podle zákona č. 18/1997 Sb., např. k umístování a provozu jaderného zařízení a pracoviště s velmi významnými zdroji ionizujícího záření, nakládání se zdroji ionizujícího záření a radioaktivními odpady, přepravě jaderných materiálů a radionuklidových zářičů;
- koná legislativní činnost.

3.1.2 SÚRAO

Správa úložišť radioaktivních odpadů byla zřízena na základě zákona č. 18/1997 Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR. Od roku 2000 je SÚRAO podle zákona č. 219/2000 Sb., o majetku České republiky a jejím vystupování v právních vztazích, organizační složkou státu. [7]

Mezi hlavní činnosti SÚRAO ve vazbě na VJZ lze dle [8] a [9] zařadit:

- zajišťování přípravy, výstavby, uvádění do provozu, provoz a uzavření úložišť radioaktivních odpadů;
- monitorování vlivu úložišť RAO na okolí;
- zajišťování nakládání s radioaktivními odpady;
- vypracovávání návrhů na stanovení odvodů plátců na jaderný účet a správa těchto odvodů;

- ověřování návrhů na způsob vyřazování jaderného zařízení z provozu včetně odhadů nákladů na tuto činnost;
- kontrolování rezervy držitelů povolení na vyřazování jejich zařízení z provozu;
- schvalování čerpání finančních prostředků z rezerv na vyřazování.

Financování SÚRAO probíhá z jaderného účtu. SÚRAO měsíčně předkládá MF ČR žádosti o připsání prostředků z JÚ na účet SÚRAO na základě rozpočtu a plánu práce schválených vládou. Nevyužité prostředky se odvádí ke konci roku zpět na JÚ.

3.1.2.1 Rada SÚRAO

Rada SÚRAO je orgánem SÚRAO zakotveným ve Statutu SÚRAO. Dohlíží na hospodárnost a účelnost vynaložených prostředků a projednává interní předpisy SÚRAO před jejich vydáním. [10] [11]

Rada má 11 členů, kteří jsou jmenováni ministrem průmyslu a obchodu do funkce na dobu pěti let.

Členy Rady tvoří [10] [11]:

- 3 zástupci orgánů státní správy
 - o 1 zástupce Ministerstva průmyslu a obchodu ČR
 - o 1 zástupce Ministerstva financí ČR
 - o 1 zástupce Ministerstva životního prostředí ČR
- 4 zástupci původců RAO
 - o 2 zástupci původců RAO z oblasti jaderné energetiky (v současnosti ČEZ)
 - o 2 zástupci ostatních původců RAO (ÚJV Řež, a. s., a Chemcomex, a. s.)
- 4 zástupci veřejnosti
 - o 3 zástupci obcí z krajů existujících úložišť RAO (Jáchymov, Dukovany, Litoměřice)
 - o 1 zástupce širší veřejnosti – zástupce z Parlamentu ČR.

3.1.3 MPO ČR

Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR vystupuje jako zřizovatel SÚRAO a jako tvůrce legislativy.

Ministr MPO ČR jmenuje a odvolává členy Rady SÚRAO a ředitele SÚRAO. MPO je rovněž mezičlánkem mezi SÚRAO a vládou ve věci schvalování výše příspěvků a plánů. [8] [11]

Základním výstupem legislativní činnosti MPO ČR je vyhláška 360/2002 Sb., kterou se stanovuje způsob tvorby rezervy pro zajištění vyřazování jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie z provozu. [12]

3.1.4 Vláda ČR

Vláda ČR působí v několika rovinách. Ve věci financování nakládání s RAO schvaluje rozpočet SÚRAO a obecně jakékoliv čerpání prostředků z Jaderného účtu. SÚRAO též vládě prostřednictvím MPO předkládá ke schválení roční, tříleté a dlouhodobé plány činnosti. V „personální“ oblasti má vláda na starosti jmenování předsedkyně SÚJB. A v neposlední řadě vláda schvaluje vyhlášky.

3.1.5 Původci RAO

Původce radioaktivního odpadu lze v souladu s Nařízením vlády č. 416/2002 Sb. rozdělit na dvě kategorie [13]:

- původci RAO z jaderných reaktorů;
- původci malého množství RAO (tzv. institucionální RAO).

Pro každou z těchto kategorií je nastaven jiný systém odvodu na jaderný účet, jak bude rozebráno dále v kapitole o metodice odvodů.

3.1.5.1 Původce RAO z jaderných reaktorů – ČEZ, a. s.

Společnost ČEZ, a. s., je jakožto provozovatel jaderných elektráren na území ČR původcem RAO z jaderných reaktorů. Jedná se o Jadernou elektrárnu Dukovany (JEDU) a Jadernou elektrárnu Temelín (JETE).

Jaderná elektrárna Dukovany má v současnosti 4 bloky s tlakovodními reaktory ruské konstrukce VVER 440 typu V 213. Původní instalovaný výkon 4 x 440 MWe byl zejména díky využití projektových rezerv a úpravám dílů turbíny navýšen na současných 4 x 510 MWe. [14] Provoz prvního bloku byl zahájen v roce 1985 a projektová životnost většiny zařízení činí 30 let (tlaková nádoba reaktoru 40 let), takže by mělo v roce 2015 dojít k ukončení provozu prvního bloku. Avšak vzhledem ke způsobu provozování elektrárny v základním zatížení nedochází k takovému opotřebení a namáhání kritických zařízení jako je tlaková nádoba reaktoru, takže existuje možnost životnost elektrárny prodloužit, k čemuž slouží projekt tzv. LTO. Pokud provozovatel v rámci LTO prokáže, že lze zařízení provozovat bezpečně i nadále, prodlouží SÚJB licenci na provozování zařízení o 10 let. Maximálně se počítá s provozem prvního bloku do roku 2045 (tedy se 60-ti lety provozu), nicméně v souladu s Konceptí nakládání s RAO a VJP a Státní energetickou koncepcí se uvažuje 50 let provozu [1] [15]. Do projektu LTO jsou zahrnuty nejen nutné opravy a modernizace vybavení elektrárny, ale jsou posuzovány i další vlivy, které mají vliv na bezpečnost, například dochází k seizmickému z odolňování budov elektrárny apod. [16]

Jaderná elektrárna Temelín sestává ze dvou bloků s ruskými tlakovodními reaktory VVER 1000 typu V 320. [17] Projektový instalovaný výkon činil 2 x 1000 MWe, v roce 2007 byl výkon navýšen díky retrofitu VT dílu turbíny na 1020 MWe [18] a v současnosti probíhá na JETE projekt zvyšování výkonu v rámci projektových rezerv a instalovaný výkon tak dosahuje 2 x 1055 MWe. První blok byl spuštěn v roce 2002 a projektová životnost je 40 let. Očekává se však, že i v případě Temelína se bude provádět LTO.

Radioaktivní odpady z jaderné elektrárny lze rozdělit na dvě velké skupiny [19]:

- provozní RAO;
- RAO z vyřazování z provozu.

3.1.5.2 Původci malého množství RAO (institucionální RAO)

Do institucionální sféry původců RAO spadají drobní producenti RAO, jako jsou výzkumné ústavy, nemocnice, průmysl. V těchto institucích se zdroje ionizujícího záření využívají zejména k různým měřením a diagnostice (defektoskopie, hustoměry, lékařské přístroje, vědecké experimenty). Vedle samotných zdrojů záření zde též vznikají kontaminované ochranné pomůcky, případně kontaminovaný materiál vzniklý při vyřazování pracoviště z provozu. [19]

3.2 Legislativa

3.2.1 Zákon č. 18/1997 Sb.

Zákon č. 18/1997 Sb., v platném znění, o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, upravuje [20]:

- způsob využívání jaderné energie a ionizujícího záření a podmínky vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie a činností vedoucích k ozáření;
- systém ochrany osob a životního prostředí před nežádoucími účinky ionizujícího záření;
- povinnosti při přípravě a provádění zásahů vedoucích ke snížení přírodního ozáření a ozáření v důsledku radiačních nehod;
- zvláštní požadavky pro zajištění občanskoprávní odpovědnosti za škody v případě jaderných škod;
- podmínky zajištění bezpečného nakládání s radioaktivními odpady;
- výkon státní správy a dozoru při využívání jaderné energie, při činnostech vedoucích k ozáření a nad jadernými položkami.

Z uvedených bodů jsou pro VJZ podstatné zejména poslední dva. Hlava čtvrtá tohoto zákona definuje nakládání s RAO (nespadá do kompetence zákona o odpadech), vymezuje působnost Správy úložišť radioaktivního odpadu a financování ukládání RAO prostřednictvím Jaderného účtu. Hlava první definuje působnost Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a doplňuje ji hlava šestá, v níž SÚJB dává kompetence k výkonu kontrolní činnosti.

V současné době se připravuje rozsáhlá novela Atomového zákona, který by zahrnoval potřebné předpisy pro výstavbu NJZ a jejich uvádění do provozu a upravoval situaci nalezených a zachycených jaderných materiálů, včetně systému jejich dočasného uložení. [důvodová zpráva subj]

3.2.2 Nařízení vlády č. 416/2002 Sb.

Nařízení vlády č. 416/2002 Sb., v platném znění, kterým se stanoví výše odvodu a způsob jeho placení původci radioaktivních odpadů na jaderný účet a roční výše příspěvku obcím a pravidla jeho poskytování, má čtyři části [13]:

- první část upravuje odvody placené původci RAO z jaderných reaktorů;
- druhá část upravuje odvody placené původci malého množství RAO;
- třetí část se věnuje evidenci původců RAO;
- čtvrtá část upravuje pravidla pro poskytování příspěvku obcím, na jejichž katastrálním území se nachází úložiště RAO.

3.2.3 Vyhláška č. 185/2003 Sb.

Vyhláška č. 185/2003 Sb., v platném znění, o vyřazování jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie z provozu, je prováděcí vyhláškou k AZ vydanou SÚJB. Definuje způsoby a rozsah vyřazování a rozsah a způsob provedení dokumentace týkající se vyřazování. [21]

Způsoby vyřazování jsou dle vyhlášky dva, buď se jedná o okamžité vyřazování, které probíhá plynule a nepřetržitě od zahájení vyřazování až do jeho ukončení, nebo o odložené vyřazování, které je rozděleno do etap, mezi nimiž mohou být různé časové prodlevy. V rámci přípravy k vyřazování je, v souladu s vyhláškou, nutné zhodnotit mnoho faktorů, jako:

- fyzický stav JZ;
- zajištění fyzické a radiační ochrany;
- způsob nakládání s RAO včetně minimalizace objemu RAO z vyřazování;
- připravenost personálu a technologie;
- možnost recyklace materiálů a komponent z vyřazování;
- **odhad nákladů na vyřazování včetně dostupnosti finančních prostředků;**

- vliv vyřazování na ŽP;
- budoucí využití prostoru JZ po ukončení vyřazování z provozu v souladu s územním plánem.

Důležitou roli při vyřazování hraje dokumentace. Návrh způsobu vyřazování včetně jeho ekonomické části (odhadu nákladů) se musí aktualizovat nejméně jednou za pět let. Mezi náležitosti návrhu na vyřazování JZ z provozu patří:

- popis JZ před ukončením provozu;
- předpokládaný termín zahájení vyřazování, zdůvodnění použitých technologií a postupů použitých při vyřazování;
- radionuklidové složení látek v JZ;
- předpokládaný druh a množství RAO z vyřazování a způsob nakládání s RAO a VJP;
- způsob zajištění fyzické ochrany a havarijní připravenosti;
- návrh organizačního a personálního zajištění vyřazování;
- plánované využití prostoru JZ v průběhu i po ukončení vyřazování.

Správnost a vhodnost technologické části návrhu posuzuje (zejména s ohledem na jadernou bezpečnost) SÚJB, správnost odhadu nákladů posuzuje SÚRAO. Součástí odhadu nákladů je harmonogram vyřazovacích činností včetně odhadu nákladů na jednotlivé činnosti (tam, kde je možné, zpracován formou počet měrných jednotek * cena za jednotku). [21]

3.2.4 Vyhláška č. 360/2002 Sb.

Vyhláška č. 360/2002 Sb., kterou se stanovuje způsob tvorby rezervy pro zajištění vyřazování jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie z provozu, je vyhláškou Ministerstva průmyslu a obchodu. Na základě této vyhlášky jsou držitelé povolení k provozování JZ povinni tvořit rezervu na vyřazování, pokud odhad nákladů na vyřazování podle vyhlášky č. 185/2003 Sb. překročí 300 000 Kč. Dále stanovuje postup určení výše tvorby rezervy za zdaňovací období, čemuž bude dále věnována část zabývající se metodikou.

3.3 Další dokumenty

3.3.1 Koncepce nakládání s RAO a VJP

Koncepce nakládání s RAO a VJP v ČR (dále koncepce) byla schválena usnesením vlády ČR č. 487/2002 Sb. již v roce 2002. Koncepce představuje výchozí dokument formulující strategii státu přibližně do roku 2025 s výhledem do konce 21. století. Cílem koncepce je:

- stanovovat a upřesňovat strategicky opodstatněné, vědecky, technologicky, ekologicky, finančně a společensky přijatelné zásady a cíle pro nakládání s RAO a VJP v ČR;

- udržovat aktuální systémový rámec pro rozhodování orgánů a organizací odpovědných za nakládání s RAO a VJP v ČR;
- srozumitelným způsobem sdělovat informace o dlouhodobém řešení způsobu nakládání s RAO a VJP všem dotčeným subjektům i širší veřejnosti a zároveň umožňovat dotčené veřejnosti účinně participovat na naplňování cílů koncepce;
- vytvářet rámec pro hodnocení pokroku v oblasti nakládání s RAO a VJP a pro předávání příslušných zpráv v rámci Společné úmluvy o bezpečnosti při nakládání s vyhořelým palivem a o bezpečnosti při nakládání s radioaktivním odpadem a v rámci směrnice EU, kterou se stanoví rámec Společenství pro odpovědné a bezpečné nakládání s vyhořelým palivem a radioaktivním odpadem. [1]

Jedním z předpokladů koncepce je, že bude pravidelně aktualizována. Takováto aktualizace měla proběhnout přibližně v roce 2010, zejména v souvislosti s možnou výstavbou NJZ, nicméně zatím stále nebyla schválena a tak v platnosti zůstává původní koncepce. V současné době je připravena aktualizace koncepce z července 2013, která čeká na schválení.

3.3.2 Národní zpráva pro účely Společné úmluvy o bezpečnosti při nakládání s VJP a RAO

Poslední Národní zpráva je z roku 2011. Vzniká ve tříletých intervalech na základě Společné úmluvy o bezpečnosti při nakládání s VJP a RAO pro účely hodnotícího zasedání smluvních stran. Současně s tím na národní úrovni slouží Národní zpráva jako zdroj aktuálních, veřejně dostupných informací o způsobu nakládání s VP a RAO ve všech zařízeních spadajících pod režim Společné úmluvy. [22]

3.3.3 Strategie ČEZ, a.s.

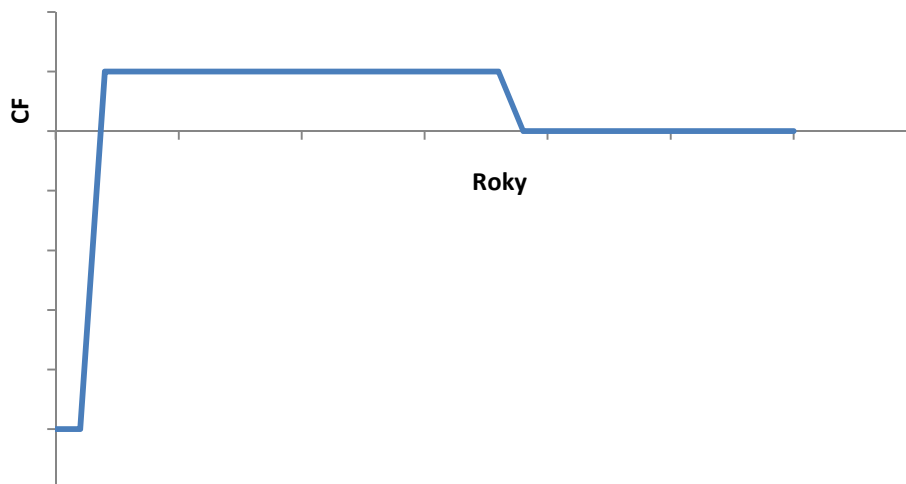
Strategie ČEZ, a.s. v zadní části palivového cyklu jaderných elektráren nakládání s RAO a ve vyřazování jaderných elektráren z provozu, jak již její název napovídá, je interním dokumentem jediného provozovatele jaderných elektráren na území ČR. Ze strategických důvodů spadá do kategorie „neveřejné“, nicméně je veřejně dostupné, čím se zabývá, a koneckonců se některé její výstupy objevují např. i ve výroční zprávě společnosti ČEZ. Součástí této zprávy je například analýza jednotlivých variant palivového cyklu (otevřený/uzavřený) či odhad nákladů jednotlivých variant vyřazování JE z provozu.

3.4 Metodika

V České republice je systém nastaven tak, že se tvoří rezerva na vyřazování (likvidaci) JZ odděleně od prostředků na financování budoucího uložení RAO a VJP. Zatímco vyřazování je financováno z prostředků, které zůstávají v rozvaze provozovatele, tak ukládání RAO a VJP je pokryto z odvodů na Jaderný účet.

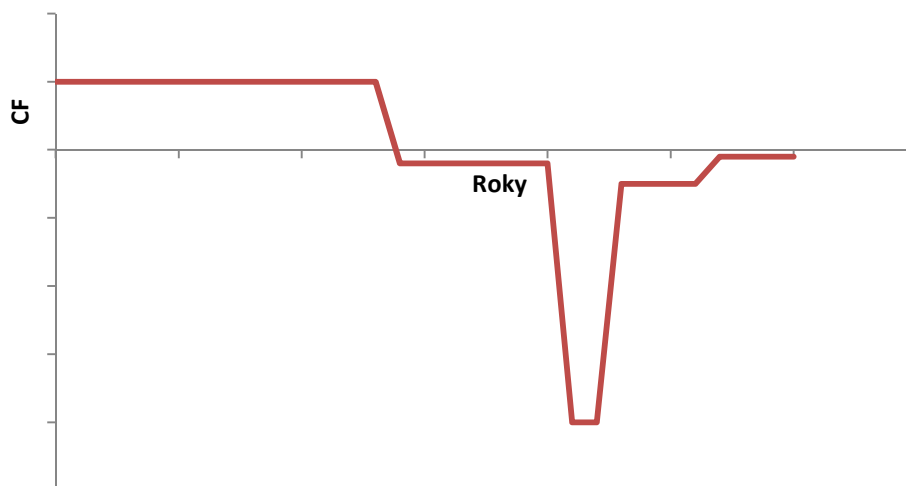
3.4.1 Rozdíl mezi klasickou a „obrácenou“ investicí

V podnikatelské sféře se běžně setkáváme s investicemi, jejichž časový průběh CF lze vyjádřit slovy „nejprve vložím finanční prostředky do realizace projektu, a ten mi poté generuje zisky“. Graficky lze tento průběh znázornit následovně:



Obr. 15: Časový profil CF klasické investice

V případě vyřazování JZ z provozu je však situace jiná. Prostředky budou vynaloženy v budoucnu, zatímco generované zisky máme k dispozici nyní a na budoucí výdaje si „spoříme“. Časový profil CF je tedy přibližně následující:



Obr. 16: Časový profil CF v případě nakládání s VJP či vyřazování JZ z provozu („obrácená“ investice)

Ekonomické důsledky plynoucí z takového profilu hotovostního toku nemusejí být na první pohled zřejmé. Je nutné si uvědomit, že v případě velkých jaderných zařízení, jako jsou jaderné elektrárny, pracujeme při vyřazování z provozu s časovými horizonty v řádu 50 až 100

let. V následující tabulce jsou napočítány celkové eskalace za dané časové období pro různé meziroční eskalace.

		Výše meziroční eskalace				
		0,50%	1,00%	1,50%	2,00%	2,50%
Počet let	25	13,28%	28,24%	45,09%	64,06%	85,39%
	50	28,32%	64,46%	110,52%	169,16%	243,71%
	75	45,36%	110,91%	205,46%	341,58%	537,22%
	100	64,67%	170,48%	343,20%	624,46%	1081,37%

Tab. 1: Navýšení základu při meziroční eskalaci

Z tabulky lze vidět, že např. při meziročním růst o 1% dojde za 75 let k nárůstu o více než 110%. Z tohoto důvodu je nutné stanovovat eskalační faktory co možná nejpřesněji při zachování konzervativního přístupu typického pro oblast jaderného průmyslu.

Význam diskontu u obrácené investice je poněkud odlišný. Zatímco u klasické investice diskont vyjadřuje opportunity cost – tedy možný zisk z jiné možné investice pro daný sektor podnikání se započtením přírážky za riziko, v případě obrácené investice má diskont význam možného a bezpečného zhodnocení kumulovaných finančních prostředků.

Při výpočtu odvodu pro ukládání RAO se dle Koncepce nakládání s RAO a VJP předpokládá realizace výstavby hlubinného úložiště v letech 2050-2064 se zprovozněním v roce 2065. Vychází se z cen roku tvorby odhadu nákladů na zbudování HÚ, které jsou eskalovány „vpřed“ o očekávanou inflaci (2%) a posléze jsou tyto eskalované náklady diskontovány „vzad“ diskontem rovným očekávanému nominálnímu výnosu prostředků na Jaderném účtu (2,5%). [8] Podobného efektu lze též dosáhnout pomocí diskontování reálným diskontem, tedy nominálním diskontem očištěným o inflaci.

$$(1 + r_n) = (1 + \alpha) \cdot (1 + r_r) \quad (1)$$

kde: r_n je nominální diskontní míra [-];

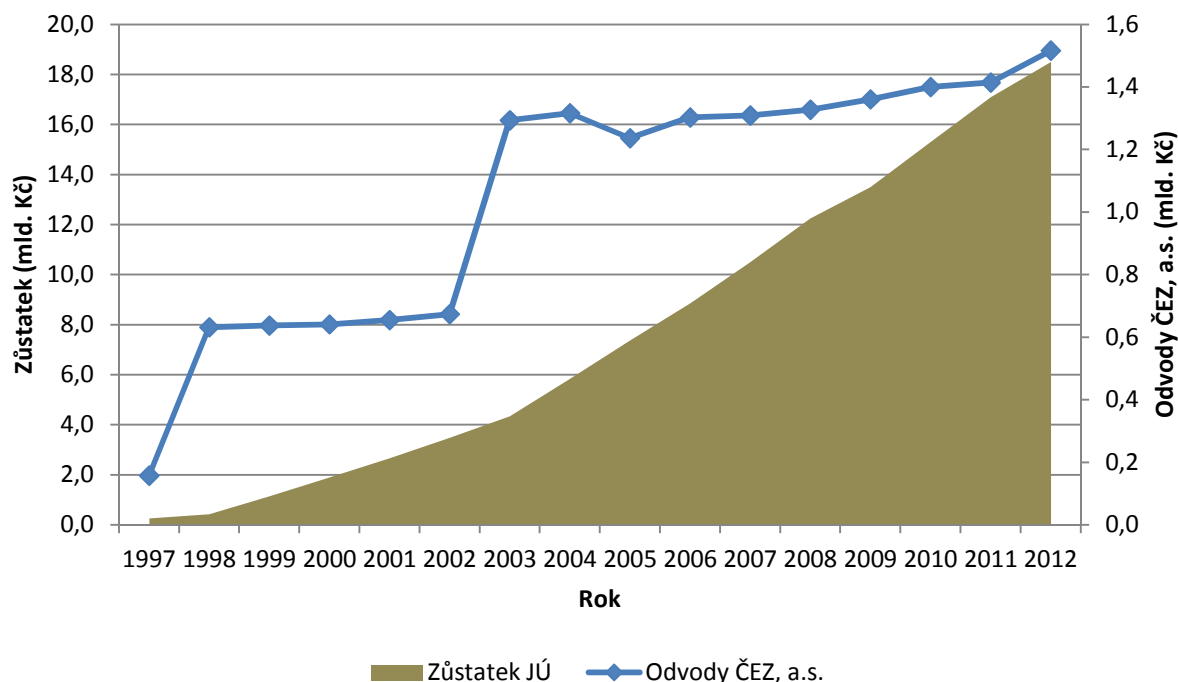
α je míra inflace [-];

r_r reálná diskontní míra [-].

3.4.2 Jaderný účet

Jak již bylo řečeno v kapitole o SÚRAO, pocházejí prostředky na financování SÚRAO z tzv. Jaderného účtu (JÚ). Jú je tedy základním zdrojem financování současného a budoucího ukládání RAO a VJP. Účet byl zřízen v roce 1997 na základě AZ a je veden u ČNB. Příjmy Jú tvoří zejména odvody původců RAO (ať už jednorázové nebo zálohové, jak bude dále vysvětleno), úroky z prostředků na Jú a výnosy z operací s prostředky Jú na finančním trhu. Mezi další příjmy patří různé granty, dotace či příjmy SÚRAO.

Zůstatek Jaderného účtu a odvody ČEZ, a.s.



Obr. 17: Graf vývoje zůstatku Jaderného účtu a odvodů provozovatele jaderných elektráren ČEZ, a.s.

Jaderný účet spravuje Ministerstvo financí. Prostředky Jaderného účtu jsou vedeny ve státních finančních aktivech, a mohou být investovány na finančním trhu výhradně do likvidních dluhopisů státu, České národní banky, dluhopisů se státními zárukami, případně do cenných papírů emitentů, kteří mají stupeň ohodnocení některou společností podle výběru Ministerstva financí minimálně na úrovni České republiky. [20] V letech 2006 až 2008 se roční zhodnocení prostředků JÚ pohybovalo mezi 2,5 – 2,6%. [8]

Čerpání prostředků JÚ smí být provedeno výhradně pro účely stanovené AZ a musí být schváleno vládou ČR podle zákona ČNR č. 576/1990 Sb., o pravidlech hospodaření s rozpočtovými prostředky České republiky a obcí v České republice (rozpočtová pravidla republiky).

3.4.3 Odvody na jaderný účet původci RAO

Odvody původců RAO na JÚ tedy v současnosti tvoří hlavní příjem JÚ. Výši těchto odvodů stanovuje Nařízení vlády č. 416/2002 Sb. pro provozovatele jaderných reaktorů takto:

- pro původce RAO provozujících jaderné elektrárny je výše odvodu závislá na množství vyrobené elektrické energie brutto na svorkách generátoru. Sazba činí 50Kč/MWh_e;
- v případě experimentálních reaktorů s odvodem tepla vyšším než 0,1MWh je základem odvodu množství tepelné energie uvolněné v reaktoru. Výše sazby činí 15Kč/MWh_t.

Odvody se platí zálohově každý kalendářní měsíc podle očekávané výroby elektrické nebo tepelné energie a k 31. lednu následujícího roku je nutné podat přiznání k odvodu, kde se uvede skutečná výroba za daný rok spolu s vypočtenou výší odvodu. Případný nedoplatek odvodu je splatný k datu pro podání přiznání. [13]

Pro původce malého množství RAO jsou odvody určovány na základě množství ukládaného RAO. Odvody jsou jednorázové a jsou splatné při převzetí radioaktivního odpadu SÚRAO. Výše těchto odvodů byla stanovena k 1. lednu 2003 s tím, že následující rok jsou odvody o 6% vyšší, než v roce bezprostředně předcházejícím. Odpady s nízko- a středněaktivní jsou ukládány v přípovrchovém úložišti Richard, odpady s vyšší aktivitou jsou zde pouze skladovány a po vybudování hlubinného úložiště budou z Richarda vyzvednuty a uloženy do HÚ. Sazby dle Nařízení vlády činí:

- 15 360 Kč (29 158 Kč v roce 2014) za 200l sud splňující podmínky pro uložení;
- 17 140 Kč (32 537 Kč v roce 2014) za 200l sud nesplňující podmínky pro uložení, ale splňující podmínky pro skladování.

V případě, kdy RAO je předán v neupravené formě nebo nesplňuje podmínky pro uložení/skladování jsou odvody stanoveny SÚRAO při převzetí.

Při stanovení výše odvodu na Jaderný účet se vychází z premisy, že veškeré náklady by měl pokrýt původce RAO svými příspěvky. SÚRAO podle platné legislativy nevytváří žádné rezervy, netvoří odpisy majetku a neplatí daně. Z pohledu ekonomiky lze na problematiku stanovení výše odvodu hledět jako na stanovení minimální ceny produkce:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r_n)^t} = 0 \quad (2)$$

kde: CF_t je hotovostní tok v roce t [Kč];
 r_n nominální diskontní míra [-];
 T posuzované období projektu [roky].

V našem případě platí:

$$CF_t = P_t - V_t \quad (3)$$

kde: P_t je výše ročního odvodu na JÚ v roce t [Kč];
 V_t výše ročního čerpání prostředků z JÚ v roce t [Kč].

Rovnici pak lze upravit do tvaru:

$$\sum_{t=1}^T \frac{P_t}{(1+r_n)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+r_n)^t} \quad (4)$$

Jak již bylo řečeno výše, odvody na JÚ jsou pro provozovatele JE a výzkumných reaktorů s odvodem tepla vyšším než 0,1 MWh/rok stanoveny na základě množství vyrobené

elektrické či tepelné energie. Pro institucionální původce RAO je stanovena sazba za ukládací jednotku.

Roční odvod na JÚ je tedy

$$P_t = \sum (c_{el\ t} \cdot Q_{el\ t} + c_{th\ t} \cdot Q_{th\ t} + c_{in\ t} \cdot Q_{in\ t}) \quad (5)$$

kde: $c_{el\ t}$, $c_{th\ t}$, $c_{in\ t}$ je sazba za jednotku vyrobené elektrické/tepelné energie, sazba za ukládací jednotku v roce t [Kč/MWh_e, Kč/MWh_{th}, Kč/ks_{ukl.j.}];

$Q_{el\ t}$, $Q_{th\ t}$, $Q_{in\ t}$ množství vyrobené elektrické/tepelné energie, počet ukládacích jednotek předaných k uložení v roce t [MWh_e, MWh_{th}, ks_{ukl.j.}].

S přihlédnutím k objemům produkovaných RAO v jaderné energetice lze ostatní přispěvatele zanedbat (výše odvodů institucionálními původci RAO a výzkumnými reaktory představuje zhruba 0,5% celkových ročních odvodů). Rovnice (5) se tak zjednoduší na:

$$P_t = \sum (c_{el\ t} \cdot Q_{el\ t}) \quad (6)$$

Po dosazení do rovnice (4):

$$\sum_{t=1}^T \frac{c_{el\ t} \cdot Q_{el\ t}}{(1 + r_n)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1 + r_n)^t} \quad (7)$$

Za předpokladu konstantní sazby po celou dobu, kdy jsou odváděny poplatky na JÚ, platí:

$$c_{el\ t} = c_{el} = konst. \quad (8)$$

$$c_{el} \cdot \sum_{t=1}^T \frac{Q_{el\ t}}{(1 + r_n)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1 + r_n)^t} \quad (9)$$

Z rovnice vyjádříme sazbu:

$$c_{el} = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1 + r_n)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{Q_{el\ t}}{(1 + r_n)^t}} \quad (10)$$

V případě meziročního růstu sazby o inflaci platí:

$$c_{el\ t} = c_{el\ 0} \cdot (1 + \alpha)^t \quad (11)$$

$$c_{el\ 0} \cdot \sum_{t=1}^T \frac{(1 + \alpha)^t \cdot Q_{el\ t}}{(1 + r_n)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1 + r_n)^t} \quad (12)$$

kde: α je míra inflace [-].

Rovnici (12) upravíme dle rovnice (1) a vyjádříme sazbu:

$$c_{el0} = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+r_n)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{Q_{el,t}}{(1+r_r)^t}} \quad (13)$$

kde: r_r je reálná diskontní míra [-].

3.4.4 Odhad nákladů na vyřazování

V České Republice je pro tvorbu odhadu nákladů uplatňován všeobecně přijímaný deterministický přístup na základě seznamu „Standard List“. Ocenění jednotlivých činností je založeno na základě ceníků dodavatelských firem, katalogových cenách a expertních odhadech. V případě expertních odhadů se může vycházet ze zkušeností získaných při vyřazování jiných JZ. [23]

Odhad nákladů se aktualizuje každých pět let. Například Návrh způsobu vyřazování jaderného zařízení z provozu pro JE Temelín z roku 2009 je vypracováván ve třech variantách (v cenách roku 2009) [24]:

- okamžité vyřazování - datum ukončení vyřazování 2065, náklady na vyřazování 13 712 milionů Kč;
- odložené vyřazování - ochranné uzavření, datum ukončení vyřazování 2087, náklady na vyřazování 12 794 milionů Kč;
- odložené vyřazování - ochranné uzavření aktivních objektů, datum ukončení vyřazování 2091, náklady na vyřazování 14 579 milionů Kč.

Preferovanou variantou je varianta c) odložené vyřazování s ukončením vyřazování v roce 2091 s tím, že v případě změny strategie bude vytvořena rezerva dostačující i pro zbývající dvě varianty. [24]

Aktuálně platné odhady nákladů jsou shrnuté v Tab. 2 [25]:

Jaderné zařízení	Rok odhadu	Odhadované náklady na vyřazení JZ z provozu (v milionech Kč roku odhadu)
JE Dukovany	2012	22 355
JE Temelín	2009	14 579
Sklady VJP (MSVP EDU + SVP EDU + SVP ETE)	2010	46
Ostatní	2012	470

Tab. 2: Odhad nákladů na vyřazování JZ z provozu v ČR

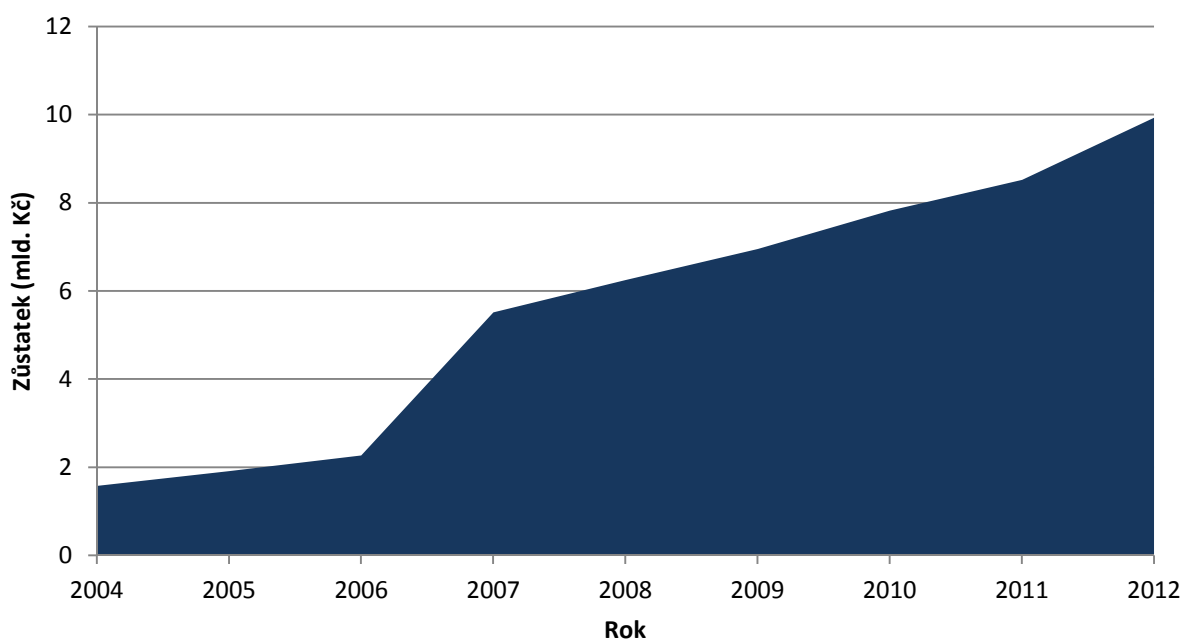
3.4.5 Tvorba rezerv na vyřazování JZ z provozu

Povinnost tvorby rezervy na vyřazování jaderného zařízení z provozu je stanovena vyhláškou MPO č. 360/2002 Sb. Vytvářet rezervu na vyřazování JZ jsou povinni provozovatelé tehdy, jestliže odhad nákladů na vyřazování ověřený SÚRAO přesáhne 300 000 Kč.

Jestliže odhad nákladů na vyřazování přesahuje 1 mld. Kč, pak je provozovatel JZ povinen ukládat prostředky rezervy na zvláštním vázaném účtu banky se sídlem na území ČR. V takovém případě už se tedy nejedná o rezervu v účetním slova smyslu, neboť v účetnictví je rezerva nespecifikovanou částí aktiv. Zde však mají prostředky rezervy skutečně peněžní význam. S prostředky na vázaném účtu je majitel účtu oprávněn manipulovat výhradně se souhlasem příslušného úřadu – v případě rezerv na vyřazování je příslušným úřadem SÚRAO.

V případě vyhlášení konkursu na společnost provozující JZ nesmí být ohroženo budoucí financování vyřazování z provozu. Do 1. 7. 2007 platil zákon č. 328/1991 Sb., o konkursu a vyrovnání, kde podle §6 odst. 2 do konkursní podstaty nenáleží majetek, jehož se nemůže týkat výkon rozhodnutí o konkursu. Zákon o konkursu a vyrovnání byl k 1. 7. 2007 nahrazen zákonem č. 182/2006, o úpadku a způsobu jeho řešení (insolvenční zákon). V §208 tohoto zákona se píše, že do majetkové podstaty nepatří též majetek, se kterým lze podle zvláštního právního předpisu naložit pouze způsobem, k němuž byl určen, zejména (...) finanční rezervy vytvářené podle zvláštního právního předpisu. Podle zákona č. 593/1992 Sb., o rezervách pro zjištění základu daně z příjmů, §10a odst. 6 peněžní prostředky uložené na zvláštním vázaném účtu (ani za tyto prostředky pořízené státní dluhopisy vedené na zvláštním účtu) nesmějí být zahrnuty do majetkové podstaty poplatníka v insolvenčním řízení.

Stav vázaného účtu ČEZ, a.s. na vyřazování JZ



Obr. 18: Zůstatek vázaného účtu ČEZ, a.s. na vyřazování jaderných zařízení z provozu (dle výročních zpráv)

Výše roční tvorby rezervy se stanovuje na základě výše odhadovaných nákladů na vyřazování dle vyhlášky MPO č. 360/2002 Sb. následovně [21] [26]:

$$P_t = \frac{C_{decom}}{T_{end_decom}} \quad (14)$$

kde: P_t je výše roční tvorby rezervy/příspěvku na vázaný účet;

C_{decom} výše odhadovaných nákladů na vyřazování (v běžných cenách roku zpracování odhadu);

T_{end_decom} počet let od uvedení do provozu (resp. udělení licence ke spuštění JZ) do ukončení vyřazování JZ z provozu.

Odhad nákladů se nejdéle jednou za pět let aktualizuje a předkládá se SÚRAO k ověření. Výše tvorby rezervy se poté stanoví [21] [26]:

$$P_{t_updated} = \frac{C_{decom_updated} - P_{cumulated}}{T_{end_decom} - T_{operation}} \quad (15)$$

kde: $P_{t_updated}$ je výše roční tvorby rezervy/příspěvku na vázaný účet;

$C_{decom_updatead}$ výše aktualizovaných odhadovaných nákladů na vyřazování (v běžných cenách roku zpracování odhadu);

$P_{cumulated}$ kumulované finanční prostředky rezervy;

T_{end_decom} počet let od uvedení do provozu (resp. udělení licence ke spuštění JZ) do ukončení vyřazování JZ z provozu;

$T_{operation}$ počet let od uvedení do provozu (resp. udělení licence ke spuštění JZ) do roku aktualizace odhadu nákladů.

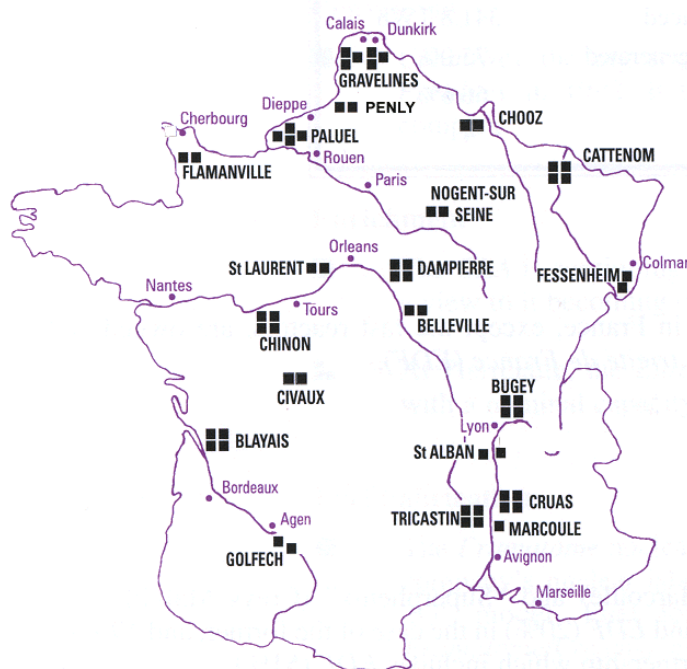
Na první pohled je patrné, že se zde nepočítá s časovou cenou peněz, neboť se zde neprovádí eskalace nákladů a to ani o (očekávanou) inflaci. Nesmíme zapomenout, že zde v případě jaderných elektráren pracujeme s časovými horizonty v řádu 50 – 100 let, kdy se eskalace byť o jedno procento na 50 let projeví v nárůstu cen o více než 60%. Tento problém je zde kompenzován periodickou aktualizací odhadu nákladů spolu s přepočtem výše roční tvorby v pětiletém cyklu.

4 Porovnání metodických přístupů ve vybraných státech Evropy

4.1 Francie

Francie je státem s nejvyšším podílem výroby elektrické energie v jaderných elektrárnách – přibližně 75% výroby pochází z JE. Způsob pokrytí jaderných závazků prošel významnou změnou v roce 2006, kdy byl přijat zákon o udržitelném nakládání s radioaktivními materiály a odpady. [27]

V současné době je v provozu 58 energetických reaktorů v jaderných elektrárnách provozovaných společnostmi EDF. Soubor reaktorů, někdy označovaný jako „2nd Generation Reactor Fleet“, tedy flotila reaktorů druhé generace, se vyznačuje poměrně velkou uniformitou v porovnání s ostatními zeměmi. Všechny reaktory jsou tlakovodní (PWR) a jsou postaveny podle tří projektů v kategorii 900 MW, 1300 MW a 1450 MW, přičemž projekt reaktorů ve třídě 900 MW má tři varianty.



Obr. 19: Mapa JE ve Francii (EDF)

Projekt	Bloky	Výkon (el. netto) (MW)	Uvedení do provozu
900 MWe	Blayais 1-4	910	12/81, 2/83, 11/83, 10/83
	Bugey 2-3	910	3/79, 3/79
	Bugey 4-5	880	7/79-1/80
	Chinon B 1-4	905	2/84, 8/84, 3/87, 4/88
	Cruas 1-4	915	4/84, 4/85, 9/84, 2/85
	Dampierre 1-4	890	9/80, 2/81, 5/81, 11/81
	Fessenheim 1-2	880	12/77, 3/78
	Gravelines B 1-4	910	11/80, 12/80, 6/81, 10/81
	Gravelines C 5-6	910	1/85, 10/85
	Saint-Laurent B 1-2	915	8/83, 8/83
	Tricastin 1-4	915	12/80, 12/80, 5/81, 11/81
1300 MWe	Belleville 1 & 2	1310	6/88, 1/89
	Cattenom 1-4	1300	4/87, 2/88, 2/91, 1/92
	Flamanville 1-2	1330	12/86, 3/87
	Golfech 1-2	1310	2/91, 3/94
	Nogent s/Seine 1-2	1310	2/88, 5/89
	Paluel 1-4	1330	12/85, 12/85, 2/86, 6/86
	Penly 1-2	1330	12/90, 11/92
	Saint-Alban 1-2	1335	5/86, 3/87
1450 MWe	Chooz B 1-2	1500	12/96, 1999
	Civaux 1-2	1495	1999, 2000

Tab. 3: Přehled jaderných elektráren ve Francii

4.1.1 ASN - the French Nuclear Safety Authority

ASN je nezávislým orgánem, který má za úkol zajišťovat radiační ochranu pracovníků, pacientů, obyvatelstva a životního prostředí. Jedná se tedy o francouzskou obdobu českého SÚJB. Mezi hlavní úkoly ASN lze zařadit zejména [28]:

- předkládání stanovisek k připravovaným vyhláškám
- vydávání technických podmínek k provozu JZ
- provádění kontrol dodržování zásad jaderné bezpečnosti a ukládání sankcí v případě jejich porušení
- informování veřejnosti o stavu jaderné bezpečnosti a radiační situaci.

4.1.2 ANDRA - French National Radioactive Waste Management Agency

ANDRA dříve spadalo pod CEA a nyní je veřejným orgánem pod Ministerstvem životního prostředí, energetiky a udržitelného rozvoje a Ministerstva výzkumu, který má na starosti řízení zacházení s radioaktivními odpady. Je tedy protějškem české SÚRAO. Hlavním posláním ANDRA je [29]:

- výstavba, provoz, uzavření a monitorování úložišť RAO
- tvorba podmínek přijatelnosti RAO pro uložení
- příjem RAO a sanace kontaminovaných území patřících státu
- výzkum v oblasti ukládání vysoceaktivních odpadů a VJP
- inventarizace RAO

4.1.3 IRSN - the French Institute for Radioprotection and Nuclear Safety

IRSN je státní orgán spadající pod několik ministerstev, a to Ministerstvo obrany, Ministerstvo životního prostředí, energetiky a udržitelného rozvoje, Ministerstvo průmyslu, Ministerstvo zdravotnictví a Ministerstvo výzkumu. IRSN pokrývá veškeré vědecké a technické problémy týkající se radiační ochrany. Podílí se na monitorování IZ, prevenci radiačních nehod apod. [30]

4.1.4 Strategie

Preferovaným způsobem vyřazování JZ z provozu je okamžité, případně lehce odložené vyřazování. Důvodem k tomuto postoji jsou zejména obavy ze „ztráty paměti“ v případě odloženého vyřazování způsobené generační obměnou pracovníků JZ. Před uvedením JZ do provozu musí být provozovatelem připravený postup vyřazování, u něhož musí být schválena dozornými orgány proveditelnost po technické a ekonomické stránce. [31]

V případě nakládání s VJP je současné době uplatňován uzavřený palivový cyklus. [31]

4.1.5 Odhad nákladů na vyřazování

Metodický přístup k tvorbě odhadů nákladů se ve Francii zcela zásadně odlišuje od ostatních. Zatímco většinou je pro tvorbu odhadu využíváno detailních studií na základě Standard Listu pro každé jednotlivé zařízení, Francouzská EDF využívá tzv. „Reference Cost“.

Základem metodiky referenčních nákladů je stanovení jednotné sazby nákladů na vyřazování na instalovanou jednotku výkonu jaderné elektrárny. Základ této metody vznikl v roce 1979, kdy odborná komise PEON doporučila určit náklady na vyřazování jako část (konkrétně 16%) z celkových investičních výdajů na 900MW blok s tlakovodním reaktorem. V roce 1991 byla provedena studie Ministerstvem průmyslu a obchodu, která potvrdila vhodnost

této metody, a tak je tento způsob využíván dodnes. Výše referenčních nákladů je každoročně navýšena o inflaci (od r. 2001 vždy o 2%). V roce 2010 referenční sazba činila 291,28 €/kW_e bez nákladů na uložení RAO z vyřazování, 318,36 €/kW_e se zahrnutím těchto nákladů. [32]

Problémem metody referenčních nákladů je fakt, že nemusí věrně odrážet skutečný vývoj nákladů v čase (zejména náklady spojené s plněním stále přísnějších radiačních předpisů) a specifika jednotlivých reaktorů. Z tohoto důvodu proběhla v letech 1996-1999 studie „Dampierre 98“ (DA98), která měla potvrdit či vyvrátit správnost metodiky pomocí referenčních nákladů. DA98 je založena na detailním rozboru nákladů na vyřazení JE Dampierre (podobně jako u metody Standard List) se čtyřmi 900MW bloky, která byla zvolena jako reprezentativní. V roce 2009 byla revidována, přičemž do ní byly zakomponovány ekonomické, technologické a regulatorní změny, stejně jako zkušenosti z probíhajících vyřazovacích projektů, a byla vydána jako Dampierre 09 (DA09). Při vypracovávání této studie bylo pečlivě bráno v úvahu, že vyřazování všech 58 reaktorů podobného technického řešení s sebou přinese jisté úspory. Cílem tedy bylo získat studii, kterou bude možné extrapolovat na všechny reaktory a porovnat výsledné částky získané pomocí metody referenčních nákladů a DA09. [32]

miliony € 2010	Použitá metoda	
	Reference Cost	Dampierre 2009
Odhadované náklady na vyřazování všech 58 JE (bez RAO z vyřazování)	18 118,0	17 474,6

Tab. 4: Srovnání výsledků metody Reference Cost a Dampierre 2009

Jak lze vidět, tak náklady na vyřazování odhadnuté pomocí DA09 jsou o přibližně půl miliardy EUR nižší, než pomocí metody referenčních nákladů. EDF tak tento výsledek považuje za potvrzení správnosti metody referenčních nákladů. [32]

K částce 18,118 mld. € (2010) je nutno připočítat 0,197 mld. € (2010) na likvidaci parogenerátorů, které byly nahrazeny novými. [32] Celkové odhadované náklady na likvidaci 58 jaderných reaktorů v provozu činí 18,315 mld. € (2010) bez ukládání RAO z vyřazování, 19,802 mld. € (2010) včetně ukládání RAO.

4.1.6 Metodika odvodů

Provozovatel JZ je povinen vytvářet vnitřní rezervu (krytou dostatečně likvidními a zabezpečenými aktivy) na pokrytí svých budoucích závazků spojených s vyřazováním elektráren z provozu a na ukládání RAO a VJP. Výše odvodů týkající se vyřazování se stanovuje na základě průměrné výše odhadu nákladů na vyřazování schváleném francouzským Ministerstvem průmyslu. Odhad nákladů je aktualizován jednou ročně a je navyšován o vzrůst cenové hladiny v průmyslovém odvětví. [33]

Systém prošel významnou změnou na přelomu let 2006/2007, kdy bylo novým zákonem ustanoveno, že provozovatel JZ musí mít vytvořenu rezervu na vyřazování a nakládání s RAO

v plné výši. Pro JZ, která již byla v provozu, bylo ustanoveno pětileté přechodné období (do r. 2011). Nicméně vzhledem k tomu, že provozovatel JE – společnost EDF – tomuto závazku nedostála, bylo přechodné období prodlouženo do roku 2016.

Z technického hlediska v systému figurují ještě další fondy pod správou ANDRA. Platby operátorů JZ do těchto fondů se provádějí právě tehdy, kdy je tomu zapotřebí, a platba je de facto realizována jako přesun finančních prostředků z operátorova interního fondu do příslušného fondu ANDRA. Oba fondy jsou určeny pro financování nakládání s VAO a SAO, nicméně liší se svým účelem a způsobem odvodů:

- Výzkumný fond – je určen na financování výzkumných prací na budoucím úložišti vysoko- a středněaktivních odpadů. Odvody do tohoto fondu jsou realizovány jako plošná daň.
- Konstrukční fond – z tohoto fondu bude v budoucnosti realizována výstavba, provozování a uzavření úložiště pro VAO a SAO. Do tohoto fondu zatím provozovatelé nepřispívají a budoucí odvody budou založeny na dvoustranných dohodách.

Za ukládání NAO převádí producenti odpadu finanční prostředky ze svého interního fondu do rozpočtu ANDRA při převzetí RAO na základě dvoustranných smluv.

4.1 Švédsko

Ve Švédsku jsou v současné době v provozu 3 jaderné elektrárny (s celkem 10ti reaktory), které se podílí zhruba 40% na výrobě elektrické energie. Sedm reaktorů je varného typu (BWR) a tři jsou tlakovodní (PWR). [34]

Elektrárna	Forsmark			Oskarshamn			Ringhals			
Provozovatel	Forsmarks Kraftgrupp AB			OKG AB			Ringhals AB			
Blok	F 1	F 2	F 3	O 1	O 2	O 3	R 1	R 2	R 3	R 4
Typ reaktoru	BWR	BWR	BWR	BWR	BWR	BWR	BWR	PWR	PWR	PWR
Výkon (el. na svorkách TG) (MW)	1022	1158	1212	492	661	1450	910	847	1117	990
Výkon (el. netto) (MW)	984	1120	1170	473	638	1400	878	807	1063	940
Rok uvedení do provozu	1980	1981	1985	1972	1974	1985	1976	1975	1981	1983
Očekávaný rok ukončení provozu	2030	2031	2035	2032	2034	2045	2026	2025	2031	2033
Očekávaná životnost (roky)	50	50	50	60	60	60	50	50	50	50

Tab. 5: Přehled jaderných elektráren ve Švédsku

4.1.1 SSM - Swedish Radiation Safety Authority

SSM je švédský úřad spadající pod Ministerstvo životního prostředí zabývající se ochranou obyvatel a životního prostředí před účinky ionizujícího záření – je tedy protějškem českého SÚJB. V čele stojí ředitel jmenovaný vládou. Mezi jeho činnosti patří zejména [35]:

- tvorba předpisů pro ochranu před účinky IZ;
- kontrola dodržování předpisů radiační ochrany;
- udílení licencí v oblasti nakládání se zdroji IZ;
- financování a dozorování výzkumu v oblasti IZ.

4.1.2 SKB – Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co

SKB je společnost založená v sedmdesátých letech 20. století provozovateli jaderných elektráren, aby splnili zákonem danou povinnost postarat se o svůj jaderný odpad. Hlavní činností SKB je výzkum a vývoj v oblasti ukládání RAO a výstavba, provozování, uzavření a monitorování úložišť RAO. Je tedy obdobou českého SÚRAO, ovšem s tím rozdílem, že SKB není státní podnik, ale jeho majiteli jsou právě provozovatelé JE.

4.1.3 Strategie

Preferovanou strategií pro vyřazování JZ z provozu je okamžité vyřazování. [36] Nicméně vzhledem k faktu, že v současné době není v provozu úložiště pro radioaktivní odpady z vyřazování, je okamžité vyřazování podmíněno existencí příslušného úložiště. V praxi tak byl projekt vyřazování z provozu již odstavené elektrárny Barsebäck přehodnocen na variantu odloženého vyřazování.

4.1.4 Odhad nákladů

Provozovatelé švédských JE pověřili tvorbou odhadů nákladů na vyřazování společnost SKB. Ta má každé tři roky předkládat studie na vyřazování včetně odhadu nákladů ke schválení SSM a vládě. Nejnovější studie pro každou JE byly vypracovány v letech 2010-2013 podle mezinárodních doporučení.

	Odhadované náklady na vyřazení JE z provozu (tisíce SEK 2010)
Forsmark NPP	6 744 763
Oskarshamn NPP	4 612 204
Ringhals NPP	5 066 738

Tab. 6: Odhad nákladů na vyřazování JE z provozu ve Švédsku (tisíce SEK 2010) [36] [37] [38]

4.1.5 Metodika odvodů

Držitel licence na provozování jaderného zařízení odvádí poplatky do Swedish Nuclear Waste Fund (SNWF). Výši těchto odvodů stanovuje jednou za tři roky SSM (Swedish Radiation Safety Authority) na základě odhadů nákladů vypracovaných SKB a předkládá návrh výše odvodů ke schválení vládě. Odvody jsou individuální pro každé zařízení, neboť z NWF budou hrazeny nejen náklady na budoucí ukládání RAO a VJP, ale i náklady na vyřazování JZ z provozu. Výše poplatků v roce 2012 a 2011 je v Tab. 7. [39]

SEK/MWh	2012	2011
Forsmarks Kraftgrupp AB	21	10
OKG AB	20	9
Ringhals AB	24	11
Studsvik Act	3	3

Tab. 7: Sazba odvodu do Jaderného fondu v SEK/MWh daného roku [39]

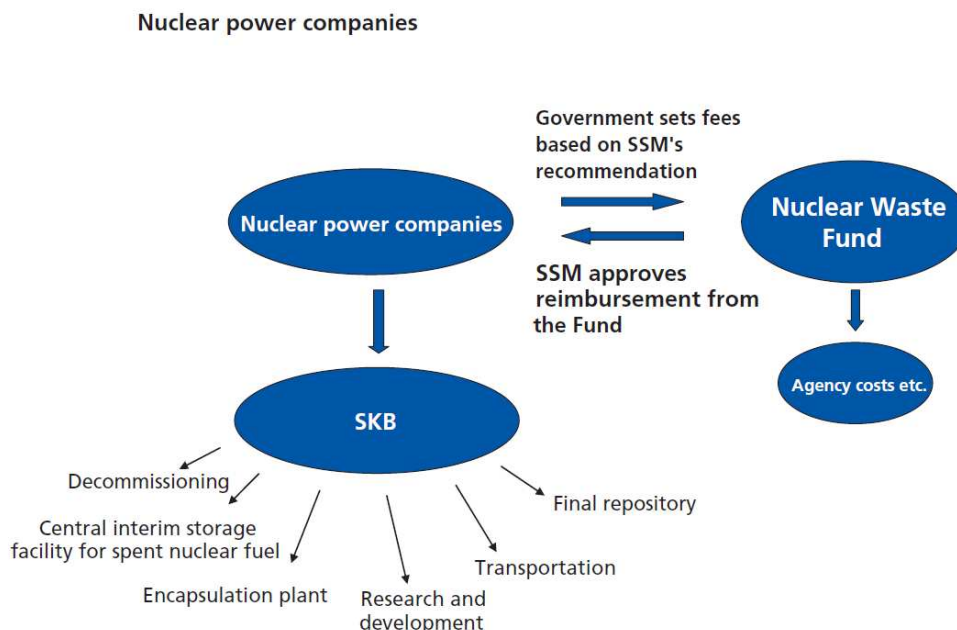
Pro stanovení výše příspěvku do fondu se vychází celkem ze tří scénářů. První scénář počítá s 50 lety provozu JE Forsmark a JE Ringhals a 60 lety provozu JE Oskarshamn. Poté je tento scénář omezen na 40 let provozu všech bloků (s podmínkou, že v průběhu následujících šesti let nedojde k plánovanému ukončení provozu některého z bloků). Následně je tento scénář

opět redukován na 25 let provozu (či minimálně další 3 roky provozu) a podle tohoto scénáře se poté stanovují výše příspěvků do fondu. Náklady podle prvních dvou scénářů jsou shrnuté v Tab. 8. Tyto náklady lze rozdělit do dvou kategorií podle toho, jakého jsou charakteru. V první kategorii jsou náklady spojené s činností SKB a jsou společné pro všechny provozovatele (společné náklady), ve druhé kategorii jsou pak náklady lišící se podle jednotlivého JZ (individuální náklady). Mezi individuální náklady patří zejména náklady na vyřazování JZ z provozu.

Nákladová položka	50 a 60 let provozu	40 let provozu
provoz SKB a na výzkum a vývoj	10 340	9 680
transport	3 430	2 440
CLAB (centrální mezisklad VJP)	9 620	7 820
stanice na obalování VJP	13 750	10 700
úložiště VJP (výstavba, provoz, uzavření)	26 720	20 910
úložiště dlouhodobých RAO	1 500	1 480
úložiště krátkodobých RAO z provozu JE	1 000	0
úložiště krátkodobých RAO z vyřazování JE	3 250	2 920
Společné náklady celkem	69 700	55 950
mezisklady a přípovrchová úložiště RAO v areálech JE	130	0
vyřazování JE	22 170	22 060
Individuální náklady celkem	22 300	22 060
Celkem	92 000	78 010
Přirážka za riziko		11 800
Celkem včetně rizik		89 810

Tab. 8: Odhadované budoucí náklady spojené s uložením RAO a VJP ve Švédsku od r. 2012 (miliony SEK 2010)

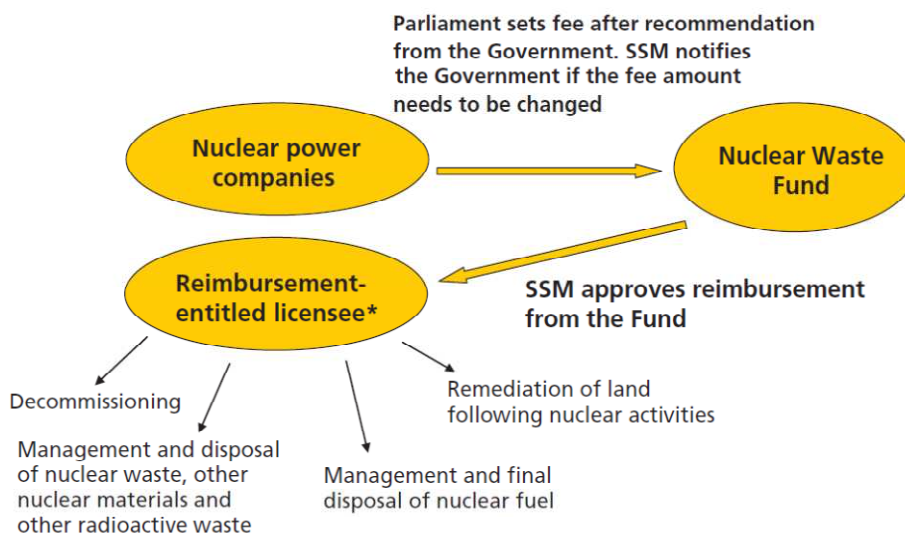
Povinnost úhrady závazků spojených s vyřazováním z provozu je primárně na provozovatelích, přičemž provozovatelé odvádějící prostředky do fondu mají poté nárok na příspěvek z fondu dle výše svého podílu ve fondu, viz Obr. 20.



Obr. 20: Systém financování prostřednictvím Swedish Nuclear Waste Fund [39]

Vzhledem k tomu, že do roku 2008 byly odvody placeny pouze provozovateli energetických reaktorů, není k dispozici dostatek finančních prostředků na likvidaci starých výzkumných reaktorů Studsvik a dalších výzkumných zařízení. Proto je navíc zaveden tzv. „Studsvik Act“, který pokrývá právě likvidaci pozůstatků Švédského jaderného programu, a který je povinně hrazen všemi provozovateli JE na území Švédska. [39]

The Studsvik Act



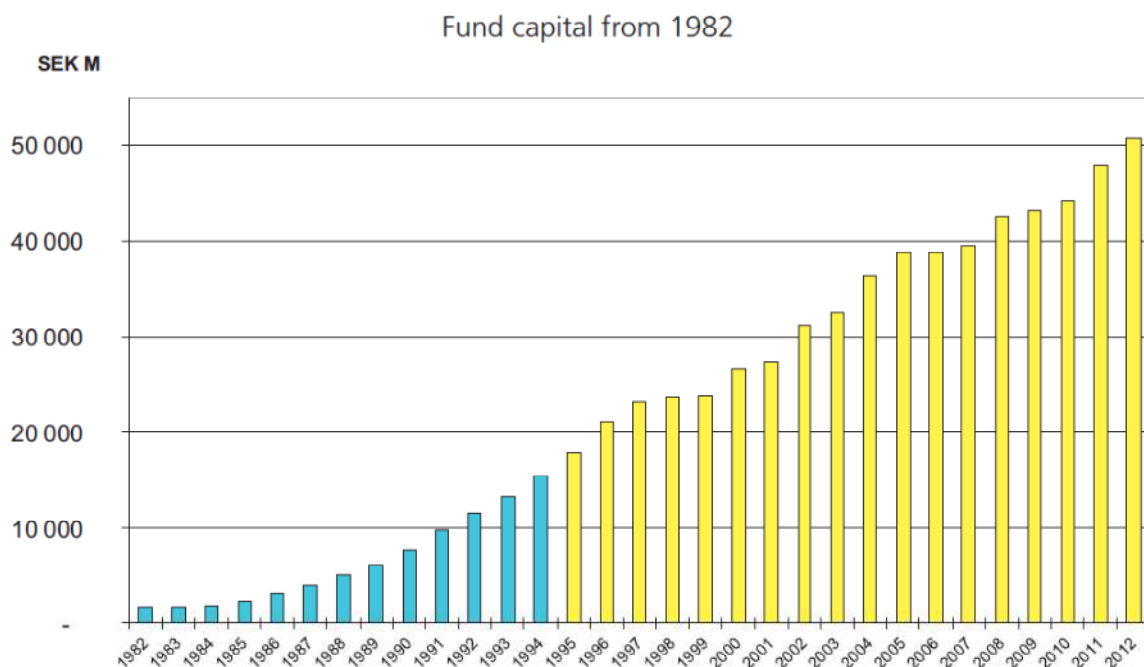
*Refers to licensees for facilities covered by the Studsvik Act. At present these are AB SVAFO, Studsvik Nuclear AB, Vattenfall AB (50% of the Ågesta CHP plant), Ranstad Industricentrum AB and Uppsala University.

Obr. 21: Systém financování na základě Studsvik Act [39]

Povinnost odvádět příspěvky do fondu se však týká i provozovatelů již odstavených bloků, jako je tomu v případě elektrárny Barsebäck. V tomto případě je výše příspěvku stanovena jako sazba roční odvodu.

tisíce SEK	2012	2011
Forsmarks Kraftgrupp AB	516 173	235 945
OKG AB	248 763	139 868
Ringhals AB	585 045	207 915
Barsebäck Kraft AB	842 000	247 000
Studsvik Act	184 184	174 110

Tab. 9: Odvedené poplatky do Nuclear Waste Fund v tisících SEK daného roku [39]

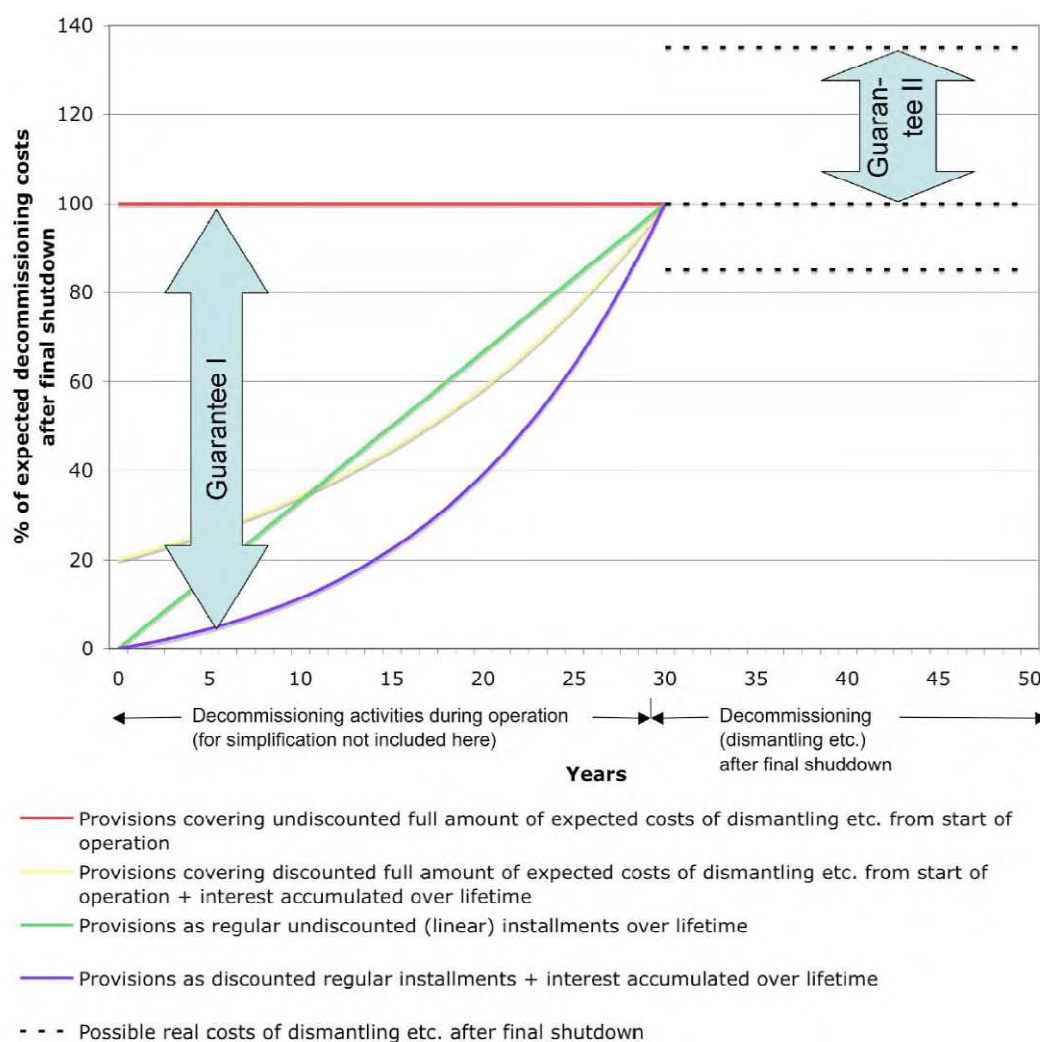


Obr. 22: Vývoj zůstatku Nuclear Waste Fund (v milionech SEK)

V případě předčasného ukončení provozu JE však vzhledem k nastavenému systému hrozí velké riziko, že nebude k dispozici dostatečné množství finančních prostředků pro vyřazení z provozu. Je nutné si uvědomit, že poměrně velká část nákladů spojených s vyřazováním z provozu je fixního charakteru a není tedy závislá na množství vyrobené elektrické energie – jako jsou například náklady na dekontaminaci a demolici jaderného ostrova. Toto riziko je ošetřeno pomocí systému dvou záruk, které provozovatel JZ musí složit [40]:

- První záruka (Guarantee I. nebo též Financing Amount) pokrývá právě riziko předčasného ukončení provozu a měla by být ve stejné výši jako je zbývající částka, kterou provozovatel do fondu odvede po zbytek plánové doby provozu.

- Druhá záruka (Guarantee II. nebo též Supplementary Amount) pokrývá případné navýšení skutečných nákladů na vyřazování oproti odhadům.



Obr. 23: Systém záruk provozovatele JE ve Švédsku [40]

Výši záruk každý rok stanovuje vláda podle doporučení SSM. Výše záruk v roce 2012 je v Tab. 10.

tisíce SEK 2012	Financing amount	Supplementary amount
Forsmarks Kraftgrupp AB	4 015 000	3 020 000
OKG AB	2 675 000	2 251 000
Ringhals AB	4 171 000	3 211 000

Tab. 10: Výše záruk v roce 2012 [39]

4.2 Švýcarsko

Na území Švýcarska jsou v současné době v provozu čtyři jaderné elektrárny s celkem pěti reaktory a nepočítá se s výstavbou nových bloků. Typ užitých reaktorů je varný (BWR) a tlakovodní (PWR). Přehled bloků je uveden v Tab. 11.



Obr. 24: Mapa JE ve Švýcarsku (swissnuclear)

Elektrárna	KKB		KKM	KKG	KKL
Blok	Beznau I	Beznau II	Mühleberg	Gösgen	Leibstadt
Typ reaktoru	PWR	PWR	BWR	PWR	BWR
Výkon (el. na svorkách TG) (MW)	380	380	390	1035	1275
Výkon (el. netto) (MW)	365	365	373	985	1220
Rok uvedení do provozu	1969	1971	1972	1979	1984
Očekávaný rok ukončení provozu	2019	2021	2022	2029	2034
Očekávaná životnost (roky)	50	50	50	50	50

Tab. 11: Přehled jaderných elektráren ve Švýcarsku

4.2.1 ENSI - Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate

ENSI je státním orgánem, jehož činností je ochrana obyvatel před účinky IZ, tedy je protějškem českého SÚJB. Mezi jeho činnosti patří zejména [41]:

- kontrola dodržování předpisů radiační ochrany
- monitorování radiační situace
- informování veřejnosti.

Licenční činnost nespadá do kompetencí ENSI, ale je v kompetenci Federálního koncilu, Federálního energetického úřadu a Ministerstva životního prostředí, dopravy, energetiky a telekomunikací.

4.2.2 NAGRA - National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste

NAGRA lze připodobnit k družstvu, které vytvořili provozovatelé JZ spolu se Švýcarskou konfederací (prostřednictvím Ministersva vnitra) za účelem bezpečného nakládání s RAO. Posláním NAGRA je výzkum, vývoj a následná výstavba, provozování, uzavření a monitorování hlubinných úložišť. V současné době se RAO ve Švýcarsku pouze skladuje a uložení je plánováno právě do hlubinných úložišť [42].

4.2.3 Strategie

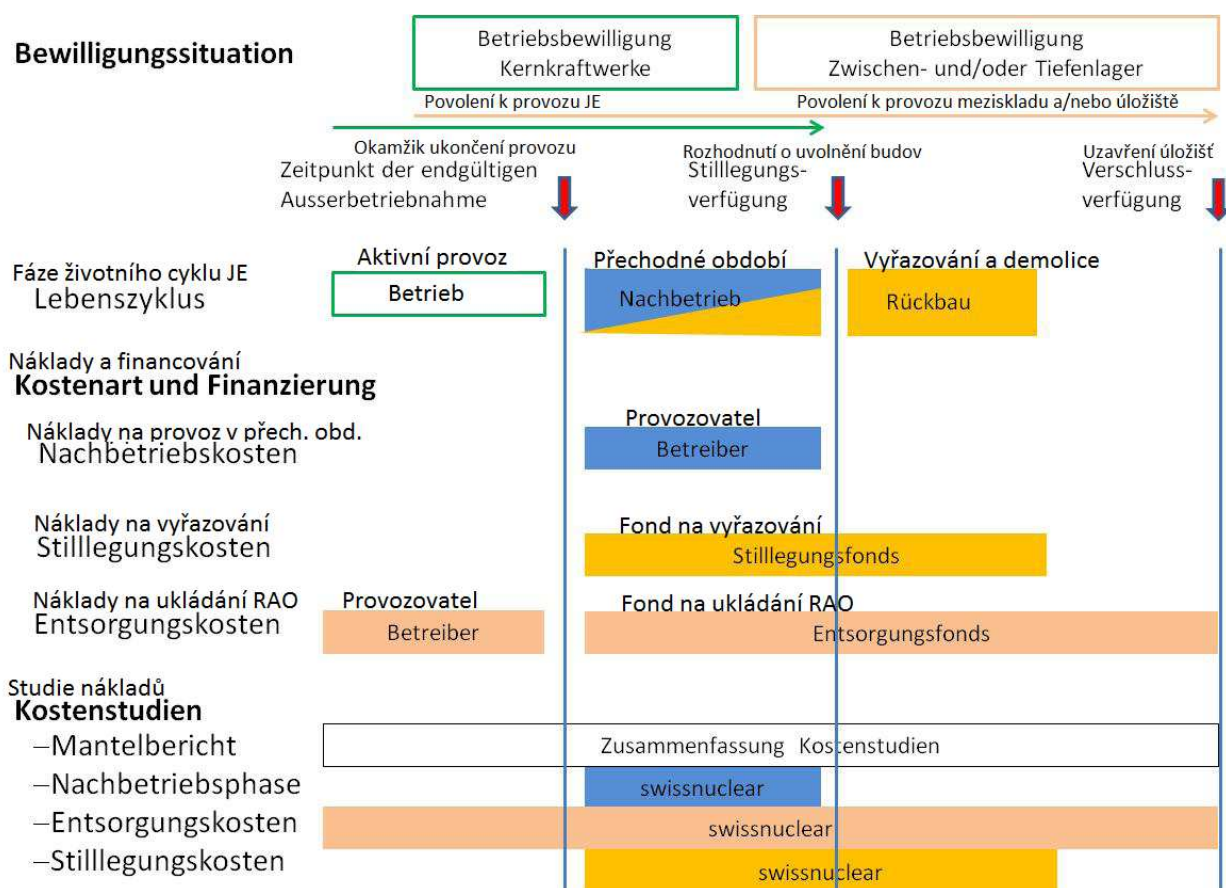
Preferovanou strategií vyřazování z provozu je okamžité vyřazování. Důvodem je zejména možná ztráta paměti při odloženém vyřazování, dále možnost využití stávající technologie (jeřáby, zpracování RAO apod.) a v neposlední řadě též cena pozemku. [43] [44]

4.2.4 Odhad nákladů na vyřazování

Pro stanovení nákladů spojených s koncem životnosti JZ zpracovává Swissnuclear, což je komise složená z odborníků v oblasti jaderné energetiky, studie těchto nákladů. Jejich aktualizace probíhá jednou za pět let a poslední platná pochází z roku 2011. Ověření proveditelnosti této studie spadá do kompetencí ENSI. Studie sestává ze tří dílčích studií:

- Odhad nákladů na ukládání RAO (Schätzung der Entsorgungskosten) – tato studie pokrývá náklady na transport RAO, zpracování RAO do podoby vhodné pro uložení, zpracování VJP, skladování odpadů v meziskladech, výstavbu a provozování hlubinných úložišť, ukládání RAO do úložišť;
- Odhad nákladů na vyřazování JZ (Schätzung der Stilllegungskosten) – v této studii jsou zahrnuty náklady na projekt vyřazování, dekontaminaci, demontáž, demolici staveb a zpracování RAO z vyřazování;
- Odhad nákladů na provoz po ukončení aktivního provozu (Schätzung der Kosten der Nachbetriebsphase) – do této studie jsou zahrnuty náklady zejména na chlazení VJP, fyzickou ochranu, radiační ochranu, uložení VJP do transportních kontejnerů a transport VJP z JE.

Harmonogram financování je znázorněn na obrázku:



Obr. 25: Harmonogram financování aktivit spojených ukládáním RAO a vyřazováním z provozu [45]

Odhadované výše nákladů dle studie z roku 2011 jsou uvedeny v Tab. 12.

Odhad nákladů	Beznau I + II	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg
na ukládání RAO do ukončení provozu JE (od 1. 1. 2012)	255	972	1168	173
na ukládání RAO po ukončení provozu JE	2 311	2 430	2 713	994
Celkem na ukládání RAO (vč. již uplynulých nákladů)	4 124	5 071	4 940	1 834
na provoz po ukončení aktivního provozu	475	455	460	319
na vyřazování	809	663	920	487

Tab. 12: Odhadované náklady v milionech CHF 2011

4.2.5 Metodika odvodů

Ve Švýcarsku existují dva státní fondy, a sice fond na vyřazování JZ z provozu a na uložení RAO z vyřazování – Stilllegungsfond (založen v roce 1984) a fond pro financování výstavby úložišť a pro ukládání RAO a VJP po ukončení aktivního provozu – Entsorgungsfond (od roku 2000). Provozovatelé jaderných elektráren jsou povinni do těchto fondů přispívat. [46] [47]

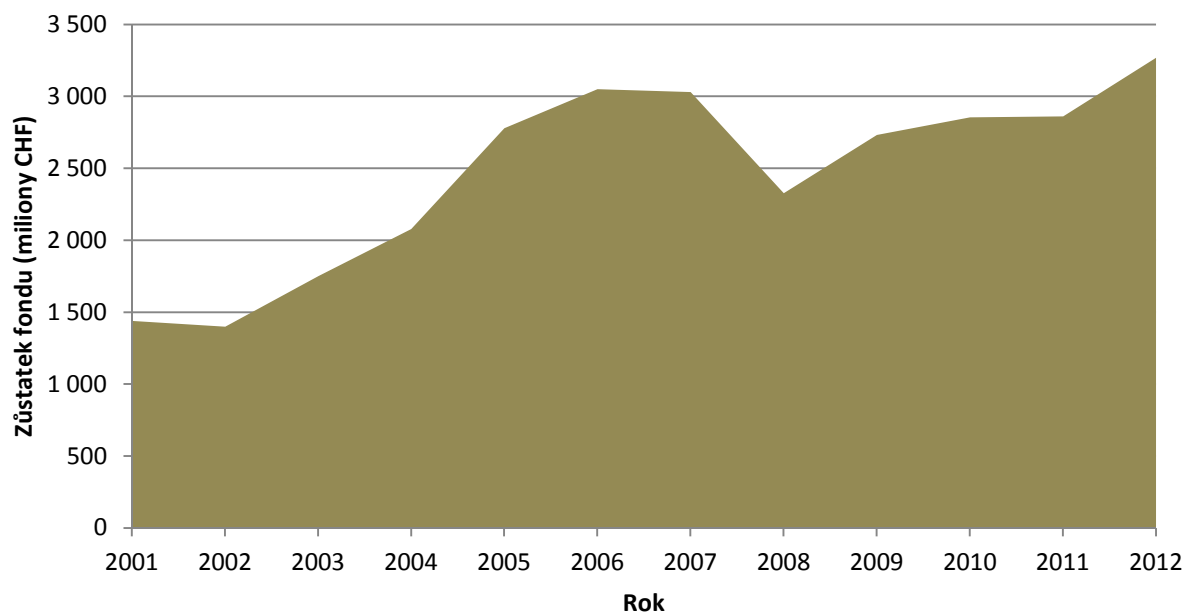
Matematický model pro stanovení odvodů do fondu pro vyřazování (Stilllegungsfond) a do fondu pro ukládání RAO (Entsorgungsfond) je založen na základě nařízení vlády 732.17 (Verordnung über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen) na předpokladu 3% inflace a 5% zhodnocení (nom.) prostředků ve fondu (po odečtení bankovních a správních poplatků). Inflace je odvozena od očekávaného vývoje CPI, nikoli od inflace v sektoru stavebnictví. Poplatky by měly být odváděny v konstantní výši nezávisle na výrobě elektrické energie do ukončení provozu, který je stanoven na 50 let. [45] [43] [48]

	Beznau I + II	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg
Vyřazování	18 000	9 600	13 300	22 100
Ukládání VJP a provozních RAO	34 000	27 300	38 800	18 200

Tab. 13: Výše odvodů do fondů za rok 2012 (tisíce CHF)

Z fondu na vyřazování však budou hrazeny pouze náklady na vyřazování po ukončení provozu, náklady na částečné vyřazování během provozu např. při obnově technologie hradí provozovatel přímo.

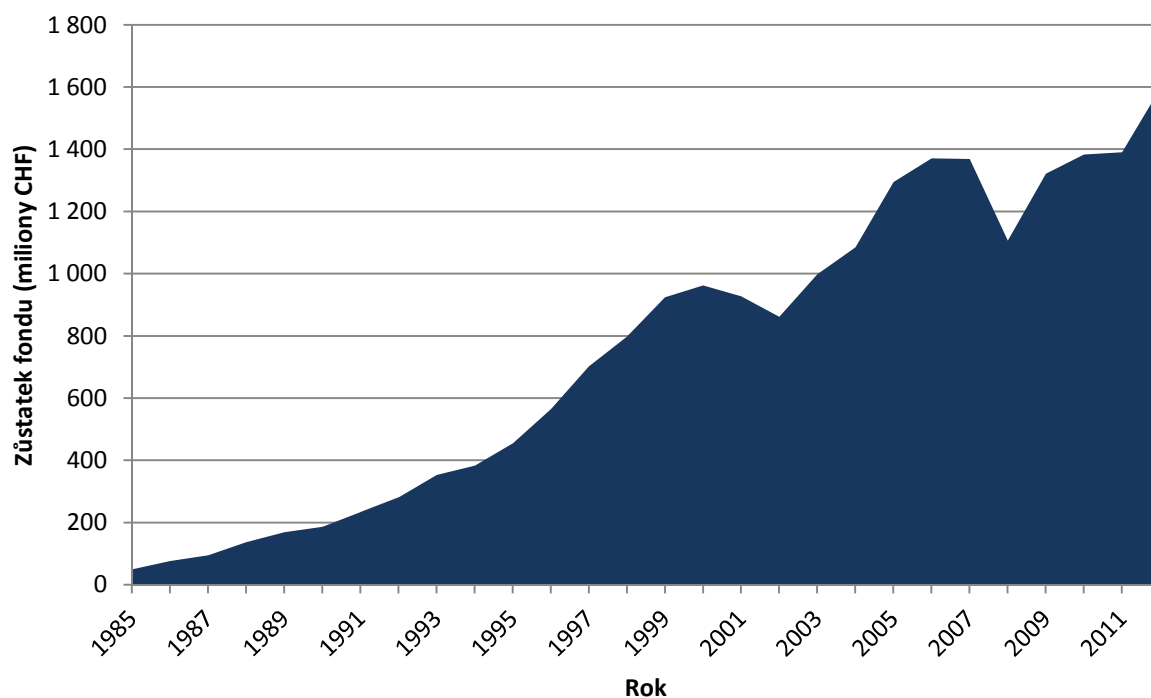
Zůstatek fondu pro ukládání RAO



Obr. 26: Zůstatek fondu pro ukládání RAO (Entsorgungsfond)

Kromě provozovatelů JE přispívá do fondu na vyřazování též provozovatel meziskladu radioaktivních odpadů (Zwischenlager – ZWILAG) na budoucí vyřazování meziskladu.

Zůstatek fondu pro vyřazování JZ



Obr. 27: Zůstatek fondu pro vyřazování (Stilllegungsfond)

Způsob úhrady budoucích nákladů prostřednictvím fondů bude probíhat podle následujícího scénáře: provozovatel JZ uhradí vzniklé náklady ze svého, přičemž má nárok na finanční kompenzaci z prostředků fondu v závislosti na výši svých vkladů do fondu. Tímto opatřením se snižuje riziko toho, že v případě, kdy náklady budou vyšší než očekávané, ponese vícenáklady vzniklé navýšením nákladů sám provozovatel.

5 Porovnání výše plateb a vytvářených rezerv

Již při prvotním porovnání přístupů jednotlivých zemí je zřejmé, že porovnání výše odvodů mezi různými státy není snadné zejména z toho důvodu, že pokaždé příspěvek pokrývá něco jiného. Cílem této kapitoly je na základě dostupných dat z odhadů nákladů sestavit ekvivalentní modely a ty mezi sebou porovnat.

5.1 Účel fondů a rezerv

Jako první je nutné porovnat, jaké náklady pokrývají konkrétní fondy či rezervy.

	Česká Republika	Francie	Švédsko	Švýcarsko
Ukládání provozních RAO	Jaderný účet	Vnitřní fond provozovatele ¹	Jaderný účet	Provozovatel JZ přímo
Skladování VJP	Provozovatel JZ přímo	Provozovatel JZ přímo ²	Jaderný účet	Fond na ukládání RAO
Ukládání VJP	Jaderný účet	Vnitřní fond provozovatele ¹	Jaderný účet	Fond na ukládání RAO
Ukládání RAO z vyřazování	Jaderný účet	Vnitřní fond provozovatele ¹	Jaderný účet	Fond na vyřazování
Výstavba, provoz, uzavření a monitorování úložišť	Jaderný účet	Vnitřní fond provozovatele ¹	Jaderný účet	Fond na ukládání RAO
Dekontaminace a demontáž JZ	Rezerva na vyřazování	Vnitřní fond provozovatele ¹	Jaderný účet	Fond na vyřazování

Tab. 14: Účel fondů a rezerv

¹ Převod prostředků z vnitřního fondu do příslušného fondu ANDRA probíhá v momentě, kdy si ANDRA převod vyžádá.

² Ve Francii je uplatňován uzavřený palivový cyklus s přepracováním paliva.

5.2 Parametry výpočtů

Jak jsme si již ukázali v úvodu, tak velkou roli sehrávají eskalační vstupní parametry – zejména očekávaná míra inflace, diskontní sazba a očekávaná životnost JE. Přehled užívaných sazeb je v tabulce Tab. 15.

	Česká Republika	Francie	Švédsko	Švýcarsko
Diskontní míra nominální	2,5%	do r. 2012: 5% od r. 2013: 4,8%		5%
Diskontní míra reálná	0,49% ³	2,94% ³ 2,85% ³	do r. 2019: 3,25% od r. 2020: 2,5%	1,94% ³
Inflace	2%	do r. 2012: 2% od r. 2013: 1,9%		3%
Životnost JE	50 let ⁴	40 let	25 let/3 další roky ⁵	50 let

Tab. 15: Přehled základních parametrů výpočtů v jednotlivých zemích

5.3 Stanovení ekvivalentních modelů

Pro porovnání výše odvodů je nutné zajistit, aby odvod pokrýval stejnou skupinu nákladů – což jak můžeme vyčíst z Tab. 14 není zajištěno. Proto je nutné rozdělit v některých případech poplatky, které zahrnují více nákladů, než souvisí s vyřazováním JE podle českého modelu – což je nejvýraznější v případě Švédska, kde jeden odvod pokrývá v podstatě veškeré jaderné závazky.

Pro samotné porovnání výše odvodů bude cílem stanovit sazbu vtaženou na jednotku vyrobené elektrické energie tak, aby byly mezi sebou porovnatelné.

5.3.1 Švédsko

Rozdělení švédského odvodu je provedeno na základě analogického výpočtu podle metodiky SKB pro rozdělené náklady. Pro určené časové profily budoucích hotovostních toků vyřazování z provozu, provozu meziskladů VJP a ukládání RAO, je vypočtena sazba v SEK/MWh konstantní po dobu 3 let (dle referenčního scénáře 25 let provozu/3 další roky provozu) pro každou elektrárnu. Pro určení tohoto odvodu je nutné stanovit podíly již vytvořených prostředků na počátku kalkulovaného období. Rozdělení je provedeno na základě poměru nákladových NPV příslušných aktivit. Přiřazení společných nákladů jednotlivým provozovatelům je provedeno podle metodiky SKB na základě poměru množství produkovaných RAO a VJP.

³ Dopočtená hodnota podle rovnice (1)

⁴ Týká se provozovaných elektráren (EDU a ETE). V případě NJZ se uvažuje životnost 60 let.

⁵ Závisí na použitém scénáři, pro výpočet odvodu je používáno 40let/+6let provozu redukováno na 25let/+3roky.

SEK/MWh	Vyřazování	RAO	Mezisklad VJP	Celkem
Forsmarks Kraftgrupp AB	3,81738	16,07319	0,00224	19,89282
OKG AB	3,95489	15,97112	0,00219	19,92820
Ringhals AB	4,72519	13,52868	0,00204	18,25592

Tab. 16: Vypočtené sazby ve Švédsku za rok 2012 na základě scénáře 25let/+6let provozu (SEK/MWh)

Při výpočtu však vlivem nepřesností vstupních údajů a možnému navýšení sazeb o riziko, které příslušná legislativa umožňuje, jsou v Tab. 17 hodnoty přepočteny tak, že vzniklá nepřesnost je rozdělena v poměru vypočtených teoretických sazeb.

SEK/MWh	Vyřazování	RAO	Mezisklad VJP	Celkem
Forsmarks Kraftgrupp AB	4,0298	16,9678	0,0024	21,0000
OKG AB	3,9691	16,0287	0,0022	20,0000
Ringhals AB	6,2119	17,7854	0,0027	24,0000

Tab. 17: Vypočtené sazby ve Švédsku za rok 2012 na základě scénáře 25let/+3roky provozu normalizované dle platné výše v roce 2012 (SEK/MWh)

Provedením výpočtu pro scénář 40 let/dalších 6 let provozu získáme téměř poloviční sazby, jak je uvedeno v Tab. 18.

SEK/MWh	Vyřazování	RAO	Mezisklad VJP	Celkem
Forsmarks Kraftgrupp AB	1,9785	8,6835	0,0011	10,6631
OKG AB	2,2734	9,5929	0,0012	11,8675
Ringhals AB	2,8784	9,0287	0,0012	11,9083

Tab. 18: Vypočtené sazby ve Švédsku za rok 2012 na základě scénáře 40let/+6let provozu (SEK/MWh)

5.3.2 Švýcarsko

Švýcarský systém je, co se týče struktury nákladů, identický s českým. Pro získání sazby za vyrobenou megawatthodinu proto stačí roční odvod vydělit roční výrobou elektrické energie.

CHF/MWh	Beznau I + II	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg
Vyřazování	3,284	1,191	1,389	7,427

Tab. 19: Vypočtené sazby ve Švýcarsku za rok 2012 (CHF/MWh)

5.3.1 Francie

Francouzský systém stanovení odvodů je zcela odlišný zejména způsobem odhadování nákladů formou sazby za instalovaný kW výkonu. Nicméně pokud lze vyjít z údajů auditorské skupiny francouzské vlády Cour des Comptes, tak sazba ekvivalentní českému modelu v roce 2010 činí 313,4€/kW. V roce 2010 měla EDF vytvořené prostředky ve fondu ve výši zhruba 47% požadované částky daného roku. Do roku 2016 musí doplnit prostředky tak, aby pokryly 100% diskontovaných očekávaných nákladů. Za předpokladu konstantní tvorby rezervy v uvedeném období (bez zhodnocení prostředků fondu) činí roční výše tvorby 824 432 tisíc €. Vztaheno na výrobu elektrické energie brutto v jaderných elektrárnách lze sazbu stanovit ve výši 2,080 €/MWh.

5.4 Porovnání výše plateb za rok 2012

Pro porovnání výše odvodů v jednotlivých zemích je nutné přepočítat měny směnným kurzem. Pro přepočet je použit směnný kurz ČNB ze dne 11.4.2014:

1 EUR	27,450 CZK
1 SEK	3,024 CZK
1 CHF	22,575 CZK

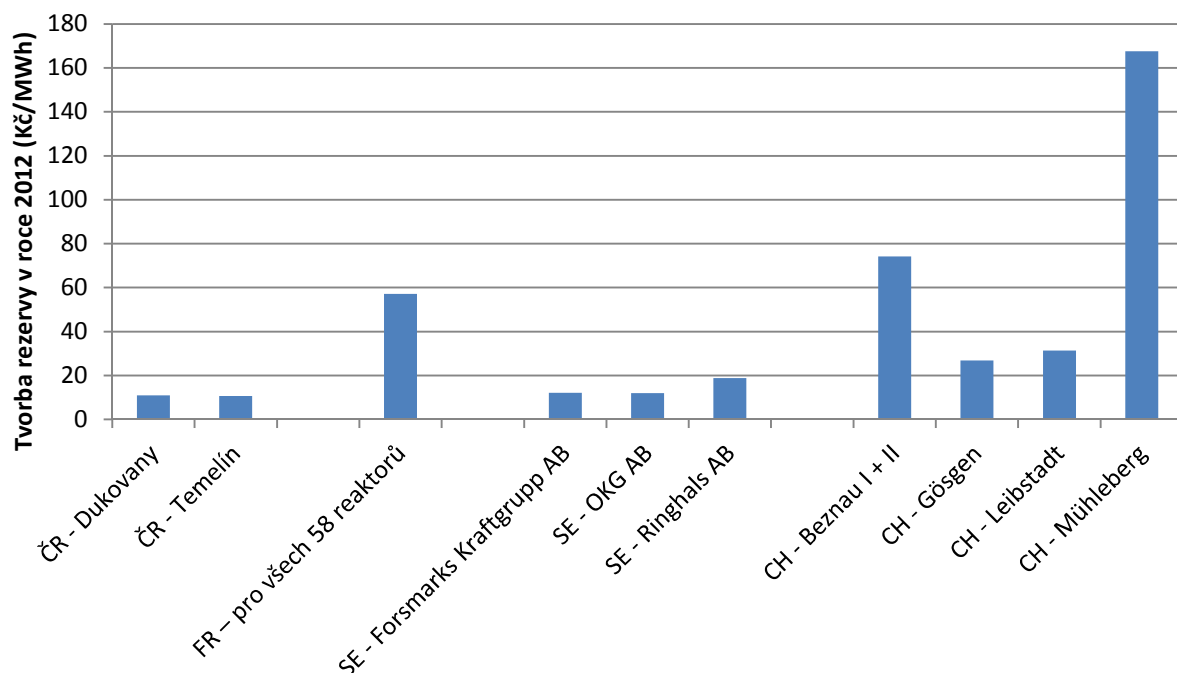
Tab. 20: Použité kurzy měn (ČNB 11.4.2014)

Tab. 21 nabízí porovnání vytvářených rezerv v roce 2012. Pro porovnatelnost a určení zatížení výroby elektřiny financováním budoucího vyřazování jsou prostředky rezerv vytvořené v roce 2012 vztaheny na roční výrobu elektrické energie brutto.

	€/MWh	SEK/MWh	CHF/MWh	CZK/MWh
ČR - Dukovany				11,03
ČR - Temelín				10,71
FR – pro všech 58 reaktorů	2,080			57,10
SE - Forsmarks Kraftgrupp AB		4,0298		12,19
SE - OKG AB		3,9691		12,00
SE - Ringhals AB		6,2119		18,78
CH - Beznau I + II			3,284	74,14
CH - Gösgen			1,191	26,89
CH - Leibstadt			1,389	31,36
CH - Mühleberg			7,427	167,66

Tab. 21: Porovnání tvorby rezerv ve vybraných státech Evropy za rok 2012

Porovnání skutečné výše tvorby rezerv na vyřazování ve vybraných státech Evropy za rok 2012



Obr. 28: Graf porovnání výše tvorby rezerv na vyřazování ve vybraných státech Evropy za rok 2012

Porovnání prezentované v Tab. 21 a graficky na Obr. 28 však není zcela korektní, neboť odvody sice pokrývají stejnou skupinu nákladů, ale v rozdílném časovém horizontu. Jedná se o prosté porovnání vytvořených finančních prostředků v roce 2012, což samozřejmě ovlivňuje rentabilitu provozu, nicméně například v případě Francie je sazba takto vyšší po přechodné období do roku 2016, poté bude významně redukována. V případě České Republiky jsou sazby nízké zejména z toho důvodu, že rezerva má být vytvářena lineárně až do konce procesu vyřazování – tedy i v době, kdy elektrárna již nevyrábí elektrickou energii. Proto jsou dále prezentovány výsledky výpočtu podle matematického modelu, který je prezentován v kapitole 6. Vypočtené sazby odpovídají modelu, kdy rezerva je vytvářena pouze po dobu provozu.

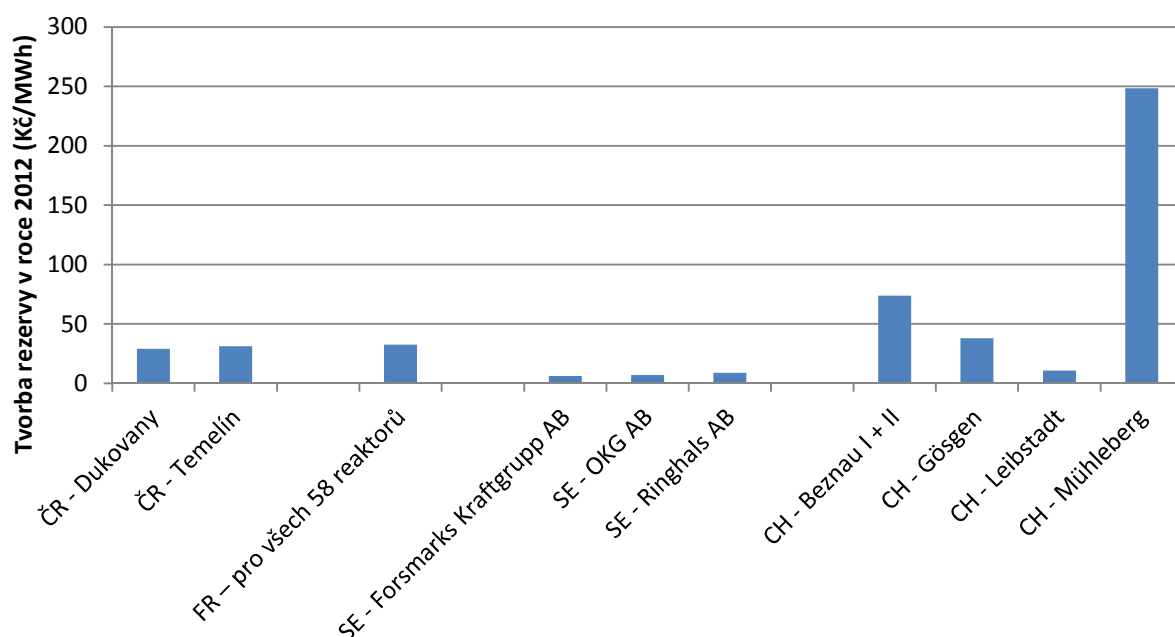
Pro výpočet byly použity scénáře doby provozu a očekávané výroby z jednotlivých států. Pro české jaderné elektrárny je počítáno s dobou provozu v případě EDU a ETE 50 let s očekávanou roční výrobou elektřiny 15 TWh v EDU a 15 TWh v ETE.

	€/MWh	SEK/MWh	CHF/MWh	CZK/MWh
ČR - Dukovany				28,94
ČR - Temelín				31,30
FR – pro všech 58 reaktorů	1,185			32,53
SE - Forsmarks Kraftgrupp AB		1,9785		5,98
SE - OKG AB		2,2734		6,87
SE - Ringhals AB		2,8784		8,70
CH - Beznau I + II			3,266	73,73
CH - Gösgen			1,680	37,93
CH - Leibstadt			0,474	10,70
CH - Mühleberg			11,000	248,33

Tab. 22: Porovnání tvorby rezerv ve vybraných státech Evropy za rok 2012 na základě modelu

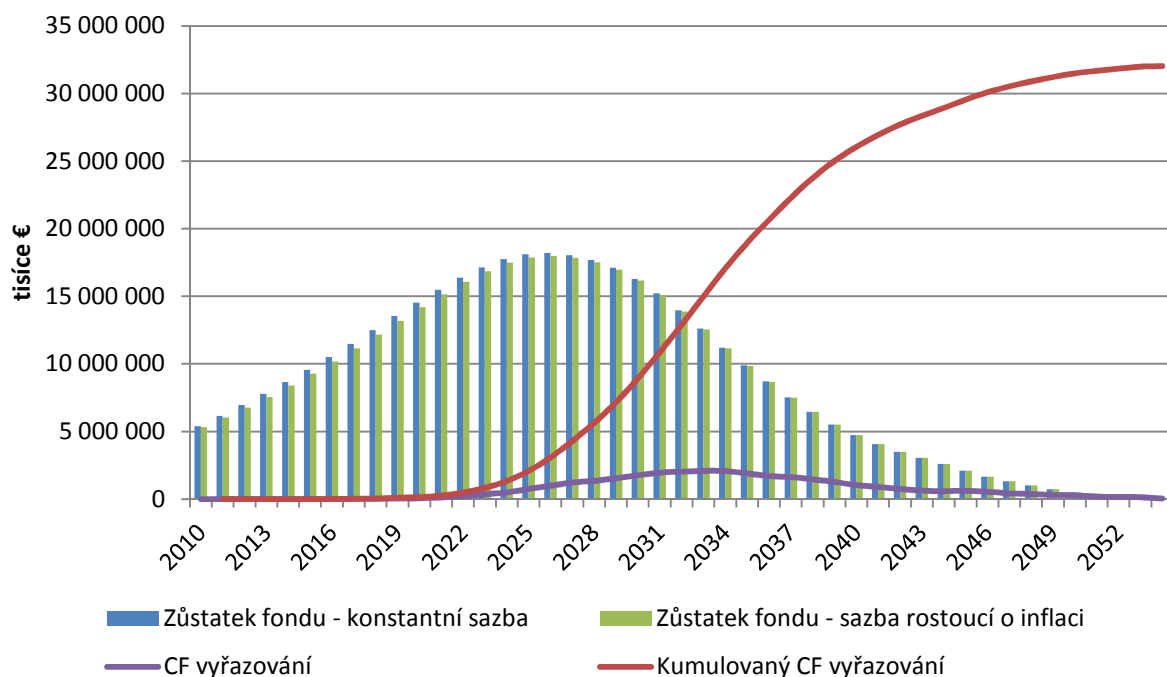
Vypočtené sazby v Kč/MWh (Tab. 22) jsou konstantní po celou dobu životnosti JE a jsou stanoveny dle principu minimální ceny produkce. Za vstup jsou brány výše vytvořených rezerv z roku 2010 (z důvodu různé dostupnosti dat) a parametry uvedené v Tab. 15 s tím, že počítaná životnost švédských JE činí 40 let či 6 dalších let.

Porovnání výše tvorby rezerv na vyřazování ve vybraných státech Evropy dle modelu



Obr. 29: Graf porovnání výše tvorby rezerv na vyřazování ve vybraných státech Evropy podle modelu

Vývoj zůstatku fondu na vyřazování a CF vyřazování ve Francii



Obr. 30: Graf modelového vývoje zůstatku fondu na vyřazování s průběhem CF vyřazování

5.5 Porovnání výše vytvářených rezerv v roce 2012

Odhady nákladů jsou pro jednotlivé elektrárny v cenách rozdílných roků, proto jsou pro porovnání odhady přepočteny do cen roku 2012 podle inflace (v takové výši, v jaké je stanovena podle jednotlivých národních modelů). V případě Švédska však model nekalkuluje s inflací, proto jsou pro přepočet použity skutečné míry inflace v jednotlivých letech podle výroční zprávy Nuclear Waste Fund [39]. Pro porovnání jsou vytvářené rezervy vztaženy k instalovanému výkonu.

	€/kW	SEK/kW	CHF/kW	CZK/kW
ČR - Dukovany				10958,33
ČR - Temelín				7332,394
FR – pro všech 58 reaktorů	331,22			9091,989
SE - Forsmarks Kraftgrupp AB		2032,132		6145,168
SE - OKG AB		1810,821		5475,922
SE - Ringhals AB		1340,085		4052,418
CH - Beznau I + II			1096,408	24751,41
CH - Gösgen			659,797	14894,92
CH - Leibstadt			743,215	16778,09
CH - Mühleberg			1286,17	29035,50

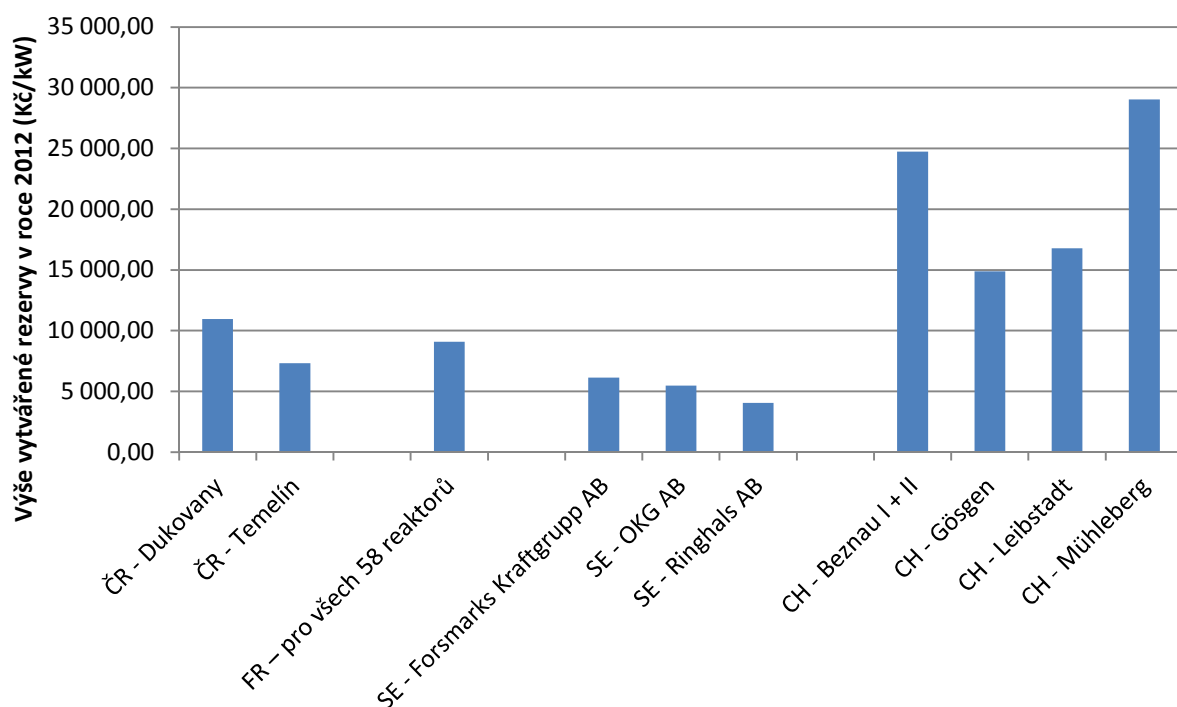
Tab. 23: Porovnání výše vytvářených rezerv ve vybraných státech Evropy v cenách roku 2012

Pro lepší přehled jsou v další tabulce vypočteny výše vytvářených rezerv jako vážený průměr za všechny JE v daném státě (vahou je instalovaný výkon).

	€/kW	SEK/kW	CHF/kW	CZK/kW
Česká Republika				9 114,78
Francie	331,22			9 091,99
Švédsko		1 702,47		5 148,27
Švýcarsko			857,04	19 347,75

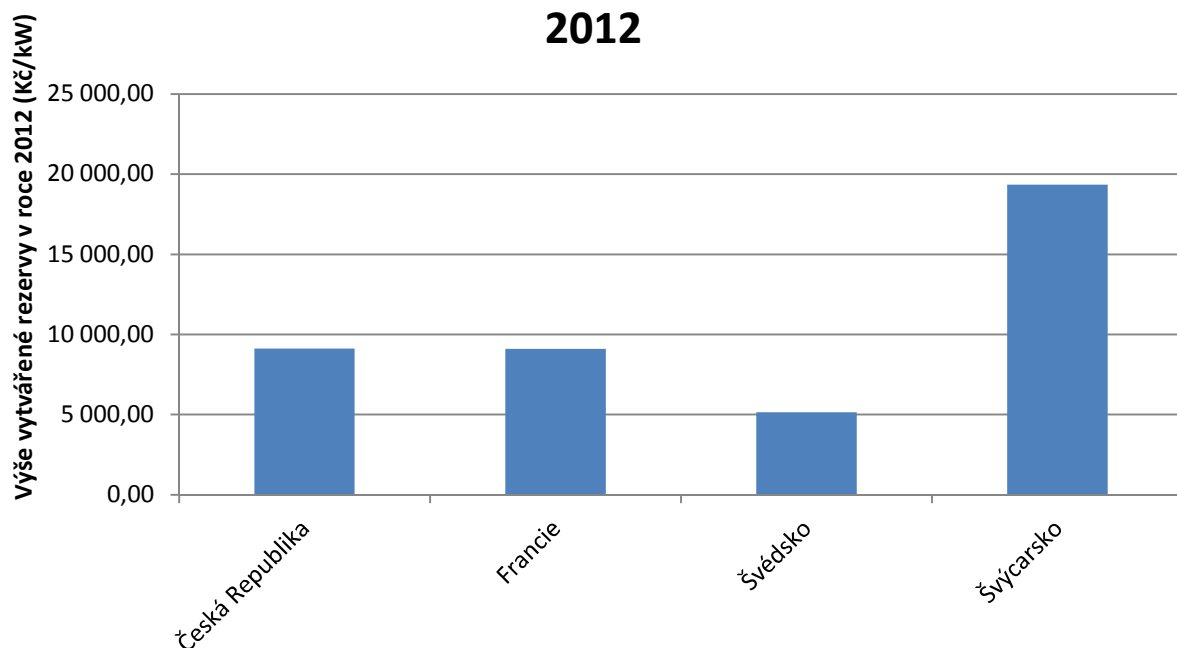
Tab. 24: Porovnání výše vytvářených rezerv ve vybraných státech Evropy (průměr za stát) v cenách roku 2012

Porovnání výše vytvářených rezerv na vyřazování ve vybraných státech Evropy v roce 2012



Obr. 31: Graf porovnání výše vytvářených rezerv ve vybraných státech Evropy v cenách roku 2012

Porovnání průměrné výše vytvářených rezerv na vyřazování ve vybraných státech Evropy v roce 2012



Obr. 32: Graf porovnání průměrné výše vytvářených rezerv ve vybraných státech Evropy v cenách roku 2012

Z grafů je patrné, že výše vytvářených rezerv v České Republice je srovnatelná s Francií. Ve Švédsku jsou vytvářené rezervy zhruba poloviční, zatímco ve Švýcarsku zhruba dvojnásobné. V případě Švýcarska jsou vyšší odhadované náklady způsobené zřejmě stářím jaderných elektráren, neboť enormně vysoké odhady nákladů se týkají dvou elektráren (JE Beznau a JE Mühleberg), které se řadí k nejstarším provozovaným jaderným elektrárnám na světě (uvedení do provozu 1969-72), a jejich konstrukce tak není tolik připravena na budoucí vyřazování, jako v případě modernějších bloků. Podobné srovnání nabízí i české jaderné elektrárny – odhadované náklady na vyřazování JE Temelín jsou nižší než na vyřazování JE Dukovany. Výši odhadovaných nákladů a vytvářených rezerv rovněž ovlivňuje strategie vyřazování, požadavky na dodržení jaderné bezpečnosti a v neposlední řadě i cena práce v dané zemi.

6 Matematický model

Pro určení výše tvorby rezerv je sestaven matematický model, který je založen na analogii principu stanovení minimální ceny produkce.

Model je postaven na dvou fondech, jeden zabezpečuje financování vyřazování JE z provozu a uložení RAO z vyřazování, zatímco druhý je určen na pokrytí výdajů spojených s ukládáním provozních RAO a VJP.

Výstupy modelu jsou sazby odvodů do fondů. Odvody jsou kalkulovány jako odvod v konstantní nominální výši, a též meziročně eskalované o inflaci (konstantní reálná výše).

6.1 Vstupy modelu

6.1.1 Míra inflace

Inflace jako jeden ze základních makroekonomických ukazatelů vyjadřuje vzrůst cenové hladiny. Obecně je většinou určována pomocí CPI, což však pro tento případ není bez výhrad. V podílu nákladů spjatých s koncem životnosti JZ je velký podíl nákladů na stavební práce, proto by bylo vhodnější využívat index růstu cen ve stavebnictví. V České Republice lze historický vývoj tohoto indexu zjistit např. na ČSÚ, nicméně ačkoli by tento ukazatel lépe reflektoval skutečnost, není k dispozici odhad jeho budoucího vývoje, nebo alespoň cílová hodnota, jakou lze zjistit v případě míry inflace (např. inflační cíl ČNB).

6.1.2 Diskontní míra

Význam diskontní míry je zde nutné chápat jako výnos příslušného fondu, do kterého jsou ukládány finanční prostředky. Je nutné zvážit, jaký výnos lze ve fondu očekávat při zachování konzervativního přístupu (tzn. zejména neinvestovat do rizikových cenných papírů, možný makroekonomický vývoj – krize x konjunktury).

6.1.3 Očekávaná životnost JE a objem výroby

Určení ročního objemu výroby u jaderné elektrárny nebývá velkým problémem, neboť zaběhnutá elektrárna většinou pracuje se zatěžovatelem v rozsahu 0,7 - 0,85⁶ (tedy s dobou ročního využití instalovaného výkonu 6150 – 7450 hodin), který pro danou elektrárnu většinou nevykazuje významné kolísání. Nejistý je ovšem vývoj legislativy, rentability, požadavků na bezpečnost, veřejného mínění či tlak ze strany jiných států, které mohou vést k předčasnému ukončení provozování JE. Proto je vhodné kalkulovat spíše s kratší životností.

⁶ Záleží na palivové kampani a typu elektrárny. U elektráren bez kontejnmentu je využití vyšší díky možnosti kratších odstávek – např. JE Dukovany má zatěžovatel cca. 0,9 (doba využití instalovaného výkonu 7900 hodin).

6.1.4 Náklady na vyřazování JE z provozu (bez RAO)

Odhadování výše nákladů na vyřazování je náročné zejména z toho důvodu, že zatím byly ve světě vyřazovány spíše menší experimentální bloky. Kromě budoucího vývoje samotné JE (retrofity, modernizace) je těžko předvídatelný zejména vývoj legislativy a s tím souvisejících nároků na zajištění radiační ochrany.

Z hlediska výpočtů je nutné znát nejen číselný odhad velikosti nákladů, ale vzhledem k délce trvání vyřazování rovněž distribuci těchto nákladů v čase (totéž platí i pro odhady týkající se ukládání RAO a VJP).

6.1.5 Náklady na ukládání provozních RAO

Do této skupiny nákladů patří výzkum, vývoj, výstavba, provozování, uzavření a monitorování úložiště.

6.1.6 Náklady na ukládání RAO z vyřazování

K ukládání RAO z vyřazování lze buď zřídit úložiště nové, nebo rozšířit či jinak vhodně upravit úložiště provozních RAO.

6.1.7 Náklady na ukládání VAO a VJP

Do této skupiny nákladů patří výzkum, vývoj, výstavba, provozování, uzavření a monitorování úložiště. Součástí těchto nákladů jsou i náklady spojené s obalením paliva (vývoj a výroba vhodných ukládacích kontejnerů).

6.1.8 Budoucnost jaderné energetiky

Při výpočtech je rovněž vhodné stanovit možné scénáře budoucího rozvoje či útlumu jaderné energetiky. Při případné výstavbě nových bloků JE dojde k navýšení produkovaných objemů RAO, nicméně například náklady na výstavbu hlubinného úložiště v sobě zahrnují podstatnou část fixních nákladů, které pak lze rozpustit do většího množství vyrobené elektrické energie.

6.2 Matematický popis modelu

Princip stanovení minimální ceny popsany rovnicí (2) je založen na vyrovnání diskontovaných hotovostních toků za celou dobu projektu, takže čistá současná hodnota projektu je nulová. Příjmy v tomto případě představují odvody do fondu.

Oproti principu minimální ceny je tento model rozšířen o podmínku nezáporného zůstatku fondu po celou dobu projektu tak, aby vždy bylo možné z fondu uvolnit dostatečné množství finančních prostředků pro pokrytí výdajů. Konečný zůstatek fondu tak může být nenulový a rovnice (2) přejde do tvaru minimalizační podmínky s omezující podmínkou nezáporného zůstatku a úloha se tak stává úlohou lineárního programování.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r_n)^t} \rightarrow \min \quad (16)$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r_n)^t} \geq 0 \quad \text{pro } \forall n \in \langle 1; T \rangle \quad (17)$$

Odvození výše sazby v peněžních jednotkách na jednotku vyrobené elektřiny je v kapitole 3.4.3 výsledné vztahy jsou:

pro konstantní nominální sazbu:

$$c = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+r_n)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{Q_{el\ t}}{(1+r_n)^t}} \quad (18)$$

pro konstantní reálnou sazbu (růst o inflaci):

$$c_0 = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+r_n)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{Q_{el\ t}}{(1+r_r)^t}} \quad (19)$$

Pro odvozy stanovené jako roční sazba nezávisle na produkci platí vztahy:

pro konstantní nominální sazbu:

$$P = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+r_n)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{m_t}{(1+r_n)^t}} \quad (20)$$

$$m_t \in \{0; 1\}$$

kde: m_t vyjadřuje, zda se odvod v roce t platí ($m_t = 1$), nebo neplatí ($m_t = 0$);

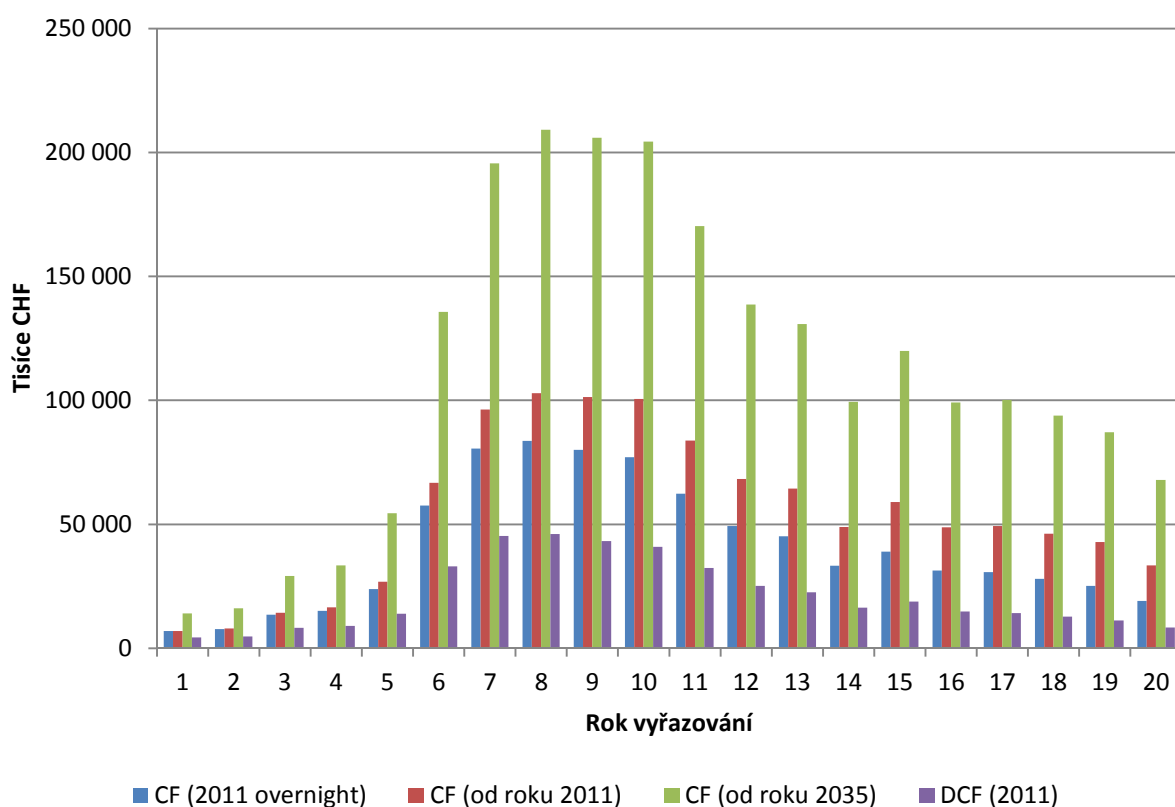
pro konstantní reálnou sazbu (růst o inflaci):

$$P_0 = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+r_n)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{m_t}{(1+r_r)^t}} \quad (21)$$

$$m_t \in \{0; 1\}$$

Odhady nákladů jsou vypracovávány v cenách roku odhadu a v podobě tzv. overnight cost – tedy jako kdyby se celá akce realizovala v tak krátkém okamžiku, že se neuplatní změna hodnoty peněz. Je zapotřebí tedy „přesunout“ tyto náklady do budoucnosti (eskalovat inflací) a rozprostřít je po dobu vyřazování tak, jak se očekává. Příklad průběhu CF během vyřazování je uveden na Obr. 33 – švýcarská elektrárna Leibstadt, u níž mají začít práce na vyřazování z provozu v roce 2035. První sloupec vyjadřuje průběh CF tak, jak je uveden v odhadu nákladů, tedy v cenách roku odhadu. Druhý sloupec znázorňuje průběh CF eskalované v jednotlivých letech tak, jako kdyby práce byly započaty v roce 2011. Třetí sloupec odpovídá eskalovaným nákladům do roku, ve kterém by skutečně měly být vynaloženy finanční prostředky (rok 2035 a dál). Poslední, čtvrtý sloupec znázorňuje, co se stane s CF při diskontování o očekávaný výnos – vyjadřuje tedy diskontovaný hotovostní tok a reprezentuje tak současnou hodnotu budoucích výdajů.

Vliv faktoru času (inflace a diskont) na průběh CF



Obr. 33: Ukázka vlivu eskalování o inflaci a diskontování na průběh CF (elektrárna Leibstadt)

V modelu jsou vstupem profilu CF poměrné části nákladů overnight v jednotlivých letech. Výdaje v cenách roku skutečné realizace se vypočtou jako:

$$V_{t0} = v_t \cdot N \quad (22)$$

$$V_t = V_{t0} \cdot (1 + \alpha)^t \quad (23)$$

kde: V_{t0} je výdaj v cenách roku zpracování odhadu [Kč];

v_t	poměrná část nákladů v roce t [-];
N	celkový odhad nákladů na vyřazování [Kč];
V_t	skutečný výdaj v roce t [Kč];
t	počet let od roku zpracování odhadu do roku realizace výdaje [-].

Diskontování výdajů z budoucnosti do současnosti je dáno vztahem:

$$V_{Dt} = \frac{V_t}{(1 + r_n)^t} \quad (24)$$

Vklady do fondu probíhají jednou za rok vždy na konci příslušného roku. Zůstatek fondu ke konci roku t je dán vztahem:

$$Z_t = Z_{t-1} \cdot (1 + r_n) + P_t - V_t \quad (25)$$

kde: Z_t je zůstatek fondu v roce t [Kč];

Realizace modelu v MS Excel 2007

Matematický model je realizován v programu MS Excel 2007 pomocí maker a modulu Řešitel v souboru Model.xlsm.

	A	B	C	D	E	F
1	Rok			0	1	2
2	inlace	Spočti sazby		2,00%	2,00%	2,00%
3	diskont nominální			2,50%	2,50%	2,50%
4						
5	eskalace1	2,0%				
6	eskalace2	0,0%				
7	inlace	2,0%				
8	diskont	2,5%				
9						
10	Scénář 1: okamžité vyřazování					
11				Provoz		
12	Očekávaná výroba		TWh	7,5	7,5	7,5
13	Odhad nákladů na vyřazování	5 800 mil. Kč (0)				
14	Poměrná část nákladů na vyřazování	-				
15	Výdaje v cenách roku zprac. Odhadu	mil. Kč (0)		0	0	0
16	Skutečný výdaj v cenách roku realizace	mil. Kč		0	0	0
17						
18	Sazba odvodu v roce 0	13,04 Kč/MWh				
19	Eskalace sazby	2,0%				
20	Sazba	Kč/MWh		13,04	13,30	13,56
21	Odvod do fondu	mil. Kč		97,8	99,7	101,7
22	Zůstatek fondu na počátku	0 mil. Kč				
23	Zůstatek fondu na konci roku	mil. Kč		97,8	200,0	306,7
24						
25	Sazba odvodu v roce 0	19,94 Kč/MWh				
26	Eskalace sazby	0,0%				
27	Sazba	Kč/MWh		19,94	19,94	19,94
28	Odvod do fondu	mil. Kč		149,6	149,6	149,6
29	Zůstatek fondu na počátku	0 mil. Kč				
30	Zůstatek fondu na konci roku	mil. Kč		149,6	302,9	460,0
31						
32	Sazba odvodu v roce 0	97,78 mil. Kč/rok				
33	Eskalace sazby	2,0%				
34	Odvod do fondu	mil. Kč		97,8	99,7	101,7
35	Zůstatek fondu na počátku	0 mil. Kč				
36	Zůstatek fondu na konci roku	mil. Kč		97,8	200,0	306,7
37						
38	Sazba odvodu v roce 0	149,56 mil. Kč/rok				
39	Eskalace sazby	0,0%				
40	Odvod do fondu	mil. Kč		149,6	149,6	149,6
41	Zůstatek fondu na počátku	0 mil. Kč				
42	Zůstatek fondu na konci roku	mil. Kč		149,6	302,9	460,0

Obr. 34: Ukázka vstupní a výpočtové tabulky modelu

6.2.1 Zadávání vstupních hodnot

Světle zelená políčka umožňují zadávání vstupních hodnot (pomocí čísla či vzorce). V listu Modelový_příklad lze měnit následující parametry (Obr. 34):

- eskalace1 a eskalace2 – udává meziroční růst sazby. Standardně jsou hodnoty nastaveny tak, že eskalace1 je rovna inflaci (konstantní reálná sazba) a eskalace2 nulová (konstantní nominální sazba);
- inflace - udává meziroční míru inflace;
- diskont – parametr pro nastavení diskontní sazby;

- očekávaná výroba – v příslušném řádku lze namodelovat očekávanou výrobu bloku včetně případného očekávaného navýšování /snižování výroby či vlivu plánovaného cyklu odstávek (jiná délka palivové kampaně než 12 měsíců);
- odhad nákladů na vyřazování – udává celkové odhadované náklady na vyřazování „overnight“ v cenách roku 0;
- poměrná část nákladů na vyřazování – tento řádek slouží k zadání profilu CF v poměrných hodnotách jednotlivých let (součet všech hodnot musí být roven jedné);
- zůstatek fondu na počátku – vyplněním lze přednastavit zůstatek fondu na počátku roku 0.

6.2.2 Výpočet sazeb

Výpočet sazeb je proveden automaticky stisknutím tlačítka „Spočti sazby“ (klávesová zkratka Ctrl+K) po vyplnění vstupních parametrů. Vypočtené sazby jsou v oranžových buňkách tabulky (Obr. 34).

Výpočet probíhá podle výše popsaného modelu s omezením daným modulem Řešitele – nezápornost zůstatku je kontrolována až od desátého roku výpočtu, což by při praktických výpočtech nemělo představovat problém (nepředpokládá se čerpání fondu v průběhu prvních deseti let). Pokud by omezení vadilo, lze jej vyřešit časovým posunem o deset let.

6.2.3 Modul citlivostní analýzy

Pro tvorbu citlivostních analýz je v listu Výpočet_CA připraveno makro, které vyplní připravenou tabulku CA (Obr. 35). Do řádku Parametr CA lze vložit až 20 hodnot, pro které je automaticky proveden výpočet sazeb. Citlivostní analýzu lze takto provést např. na míru inflace, diskont, výrobu elektrické energie či celkový odhad nákladů. Aby se CA provedla, tak je nutné, aby se parametr v listu Modelový_příklad odkazoval na modré políčko „Měněná hodnota“ modulu citlivostní analýzy. Do modrého políčka jsou dosazovány vyplněné hodnoty z řádku „Parametr CA“. Výpočet citlivostní analýzy se spustí tlačítkem „Proved' CA“ (klávesová zkratka Ctrl+J)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3	CA								
4									
5	Měněná hodnota (na tuto buňku dát odkaz):	2,00%		inlace					
6							Proved CA		
7	Odhad nákladů	okamžitě	5 800,00 mil. Kč						
8		odložené	6 200,00 mil. Kč						
9									
10	Eskalace sazby 1								
11	parametr CA		-1,0%	-0,5%	0,0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
12	Okamžitě vyřazování, eskalace sazby1								
13	sazba	Kč/MWh	4,16	5,11	6,23	7,55	9,11	10,93	13,04
14	sazba	mil. Kč/rok	31,22	38,29	46,70	56,65	68,33	81,97	97,78
15	Odložené vyřazování, eskalace sazby1								
16	sazba	Kč/MWh	2,10	2,81	3,76	5,04	6,77	9,11	12,27
17	sazba	mil. Kč/rok	15,76	21,06	28,20	37,82	50,80	68,34	92,03
18									
19									
20									
21	Eskalace sazby 2								
22									
23	Okamžitě vyřazování, eskalace sazby 2								
24	sazba	Kč/MWh	3,46	4,64	6,23	8,34	11,17	14,93	19,94
25	sazba	mil. Kč/rok	25,92	34,81	46,70	62,58	83,76	111,99	149,56
26	Odložené vyřazování, eskalace sazby 2								
27	sazba	Kč/MWh	1,74	2,55	3,76	5,57	8,30	12,45	18,77
28	sazba	mil. Kč/rok	13,09	19,15	28,20	41,78	62,28	93,37	140,76
29									

Obr. 35: Ukázka tabulky pro výpočty citlivostní analýzy (CA na míru inflace)

V listu Výsledky je možné provést citlivostní analýzu na všechny výše uvedené parametry najednou stisknutím tlačítka „Vytvoř celou CA“.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Standardní hodnoty:										
2	inlace	2,0%									
3	diskont	2,5%									
4	eskalace1	2,0%									
5	eskalace2	0,0%									
6	Odhad nákladů okamžitě vyřazování	6 000,00 mil. Kč									
7	Odhad nákladů odložené vyřazování	7 000,00 mil. Kč									
8	Očekávaná výroba elektřiny	7,00 TWh/rok									
9											
10											
11	CA na eskalaci sazby										
12											
13	inlace	2,0%									
14	diskont	2,5%									
15	Odhad nákladů okamžitě vyřazování	6 000,00 mil. Kč									
16	Odhad nákladů odložené vyřazování	7 000,00 mil. Kč									
17	Očekávaná výroba elektřiny	7,00 TWh/rok									
18											
19	eskalace sazby		0,0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%	3,5%	
20	Okamžitě vyřazování										
21	Okamžitě vyřazování - sazba za MWh	Kč/MWh	22,10	20,01	18,03	16,18	14,45	12,85	11,38	10,03	
22	Okamžitě vyřazování - sazba za rok	mil. Kč/rok	154,71	140,05	126,21	113,24	101,15	89,96	79,65	70,22	6
23	Odložené vyřazování										
24	Odložené vyřazování - sazba za MWh	Kč/MWh	22,70	20,55	18,52	16,62	14,84	13,20	11,69	10,30	
25	Odložené vyřazování - sazba za rok	mil. Kč/rok	158,92	143,85	129,64	116,32	103,90	92,40	81,81	72,13	6
26											
27											
28	CA na inflaci										
29											
30	eskalace1	2,0%									
31	eskalace2	0,0%									
32	diskont	2,5%									
33											
34	diskont	2,5%									
35	Odhad nákladů okamžitě vyřazování	6 000,00 mil. Kč									
36	Odhad nákladů odložené vyřazování	7 000,00 mil. Kč									
37	Očekávaná výroba elektřiny	7,00 TWh/rok									
38											
39	inlace		-1,0%	-0,5%	0,0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	
40											
41	eskalace sazby 1										
42											
43	Okamžitě vyřazování - sazba za MWh, eskalace1	Kč/MWh	2,50	3,36	4,51	6,05	8,09	10,82	14,45	19,28	2
44	Modelový příklad Vypočet CA Výsledky Graf profil CF a zůstatku CA Eskalace sazby CA Inflace CA Diskont CA Náklady CA Výroba elektřiny										

Obr. 36: List "Výsledky" umožňující tvorbu kompletní citlivostní analýzy

7 Modelový příklad, citlivostní analýza

7.1 Zadání

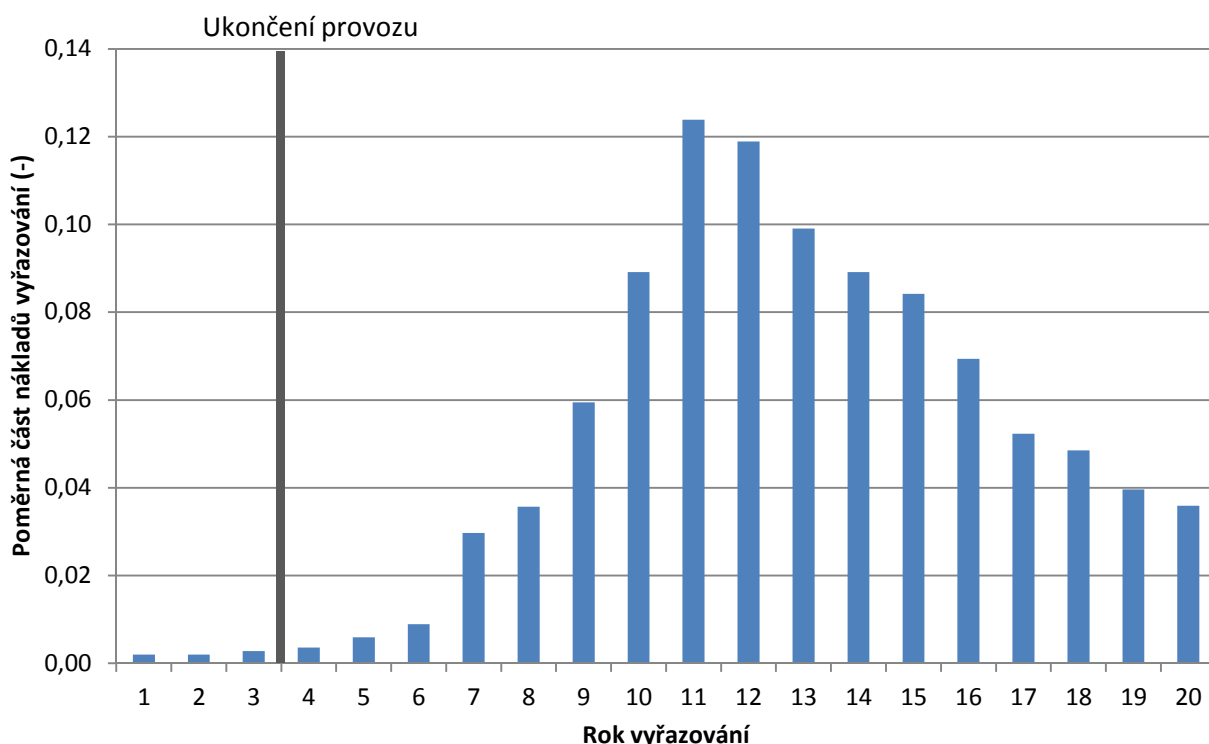
Pro potřeby modelového příkladu je uvažovaná elektrárna lokalizovaná v hypotetické lokalitě na území ČR o jednom bloku s parametry srovnatelnými s blokem JE Temelín. Uvedení do provozu v roce 2000 (rok 0), předpokládaná životnost 50 let. Roční výroba elektrické energie brutto dosahuje 7,5TWh, inflace činí 2%, diskont 2,5%.

V úvahu připadají dvě varianty vyřazování, buď okamžité vyřazování, nebo odložené o 45 let (s nutným zakonzervováním po ukončení provozu). Odhad nákladů na vyřazování v roce 2000 činil v cenách roku zpracování odhadu:

- pro okamžité vyřazování 5 800 mil. Kč, rok ukončení vyřazování 2066;
- pro odložené vyřazování 6 200 mil. Kč, rok ukončení vyřazování 2106⁷.

Spolu s odhadem nákladů jsou známy i časové profily CF udávající rozložení výdajů v čase tak, jak se předpokládá (např. pro okamžité vyřazování na Obr. 37). Náklady na vyřazování začínají plynout s přesahem 3 roky do období provozu (projektová příprava, školení personálu, přípravy staveniště apod.).

Profil CF okamžitého vyřazování ("overnight")



Obr. 37: Graf modelového rozložení výdajů v průběhu okamžitého vyřazování

⁷ Odhady nákladů vychází z odhadu nákladů JE Temelín z roku 2009.

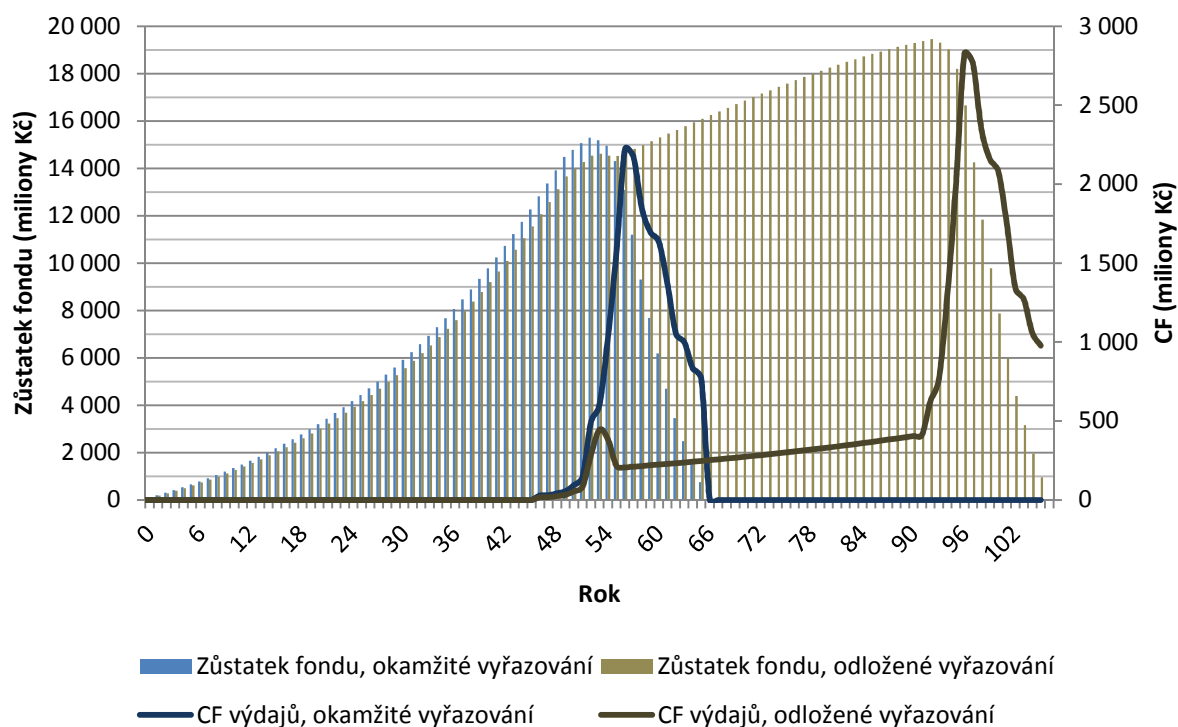
7.2 Výsledky modelu

Modelová data byla zadána do aplikace popsané v kapitole 6. Výsledky modelu jsou shrnuté v Tab. 25.

Sazba pro odvody do fondu na vyřazování JE	Okamžité vyřazování	Odložené vyřazování
Sazba na vyrobenou jednotku elektrické energie – konstantní nominální výše (Kč/MWh)	19,94	18,77
Sazba na vyrobenou jednotku elektrické energie – konstantní reálná výše (eskalovaná o inflaci) (Kč/MWh)	13,04	12,27
Fixní roční sazba – konstantní nominální výše (mil. Kč/rok)	149,56	140,76
Fixní roční sazba – konstantní reálná výše (mil. Kč/rok)	97,78	92,03

Tab. 25: Sazby odvodů pro modelový příklad na základě matematického modelu

Časový profil výdajového CF a zůstatku fondu

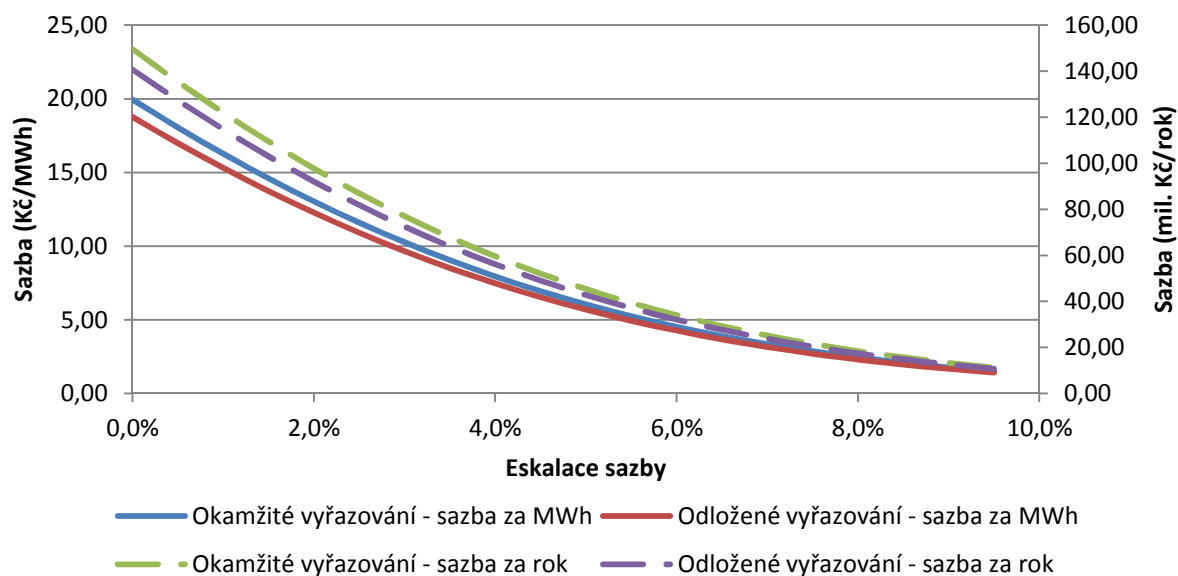


Obr. 38: Graf pro porovnání vývoje zůstatku fondu při konstantní nominální sazbě (v Kč/MWh) a profilu hotovostního toku v případě okamžitého a odloženého vyřazování.

7.3 Citlivostní analýzy

7.3.1 CA na eskalaci sazby

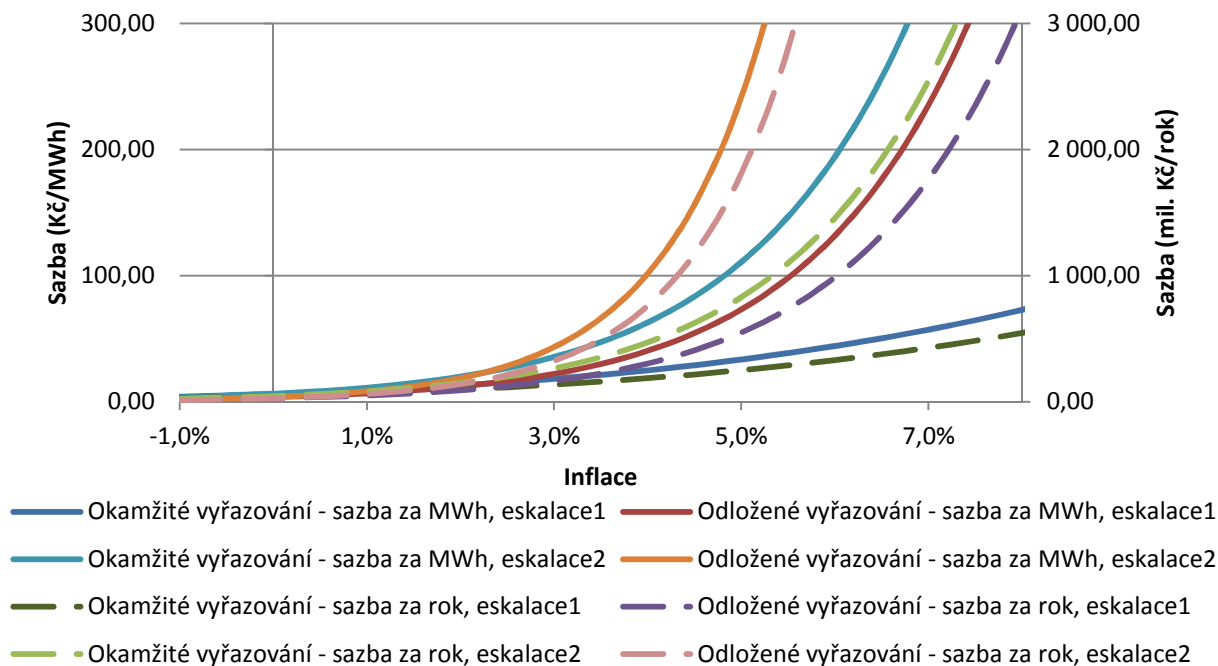
CA na eskalaci sazby



Obr. 39: Citlivostní analýza - výše sazby v závislosti na meziroční eskalaci sazby (inflace je konstantní)

7.3.2 CA na inflaci

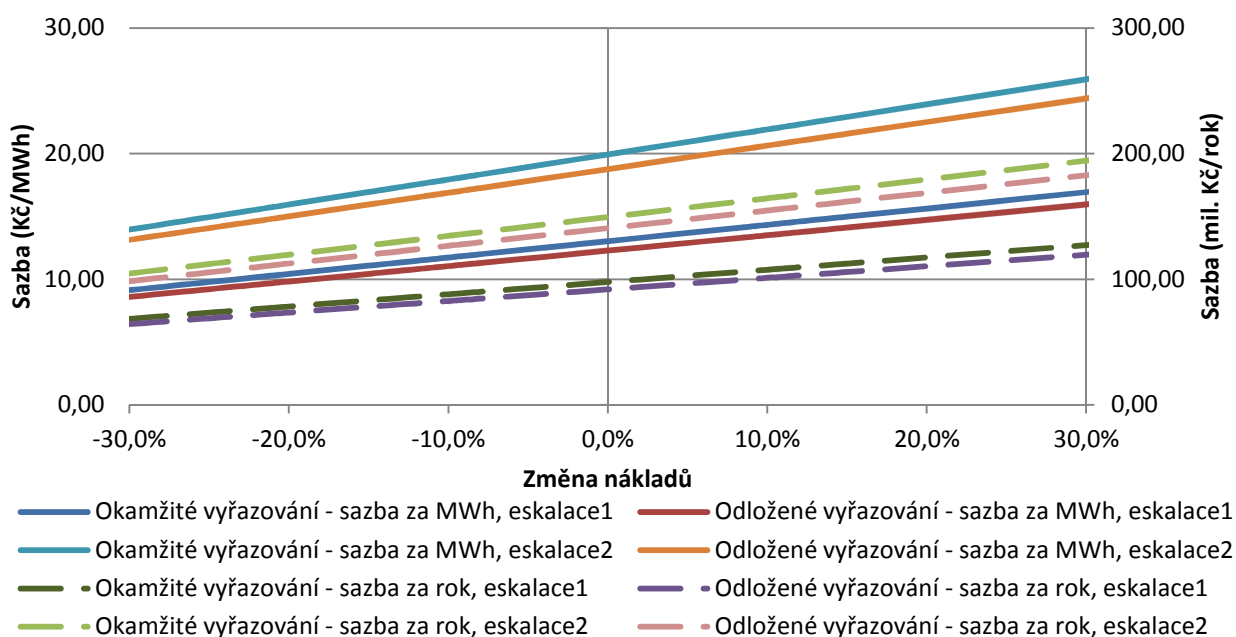
CA na inflaci



Obr. 40: Citlivostní analýza - výše sazby v závislosti na míře inflace (eskalace1 = inflace, eskalace2 = 0%)

7.3.3 CA na výši odhadovaných nákladů

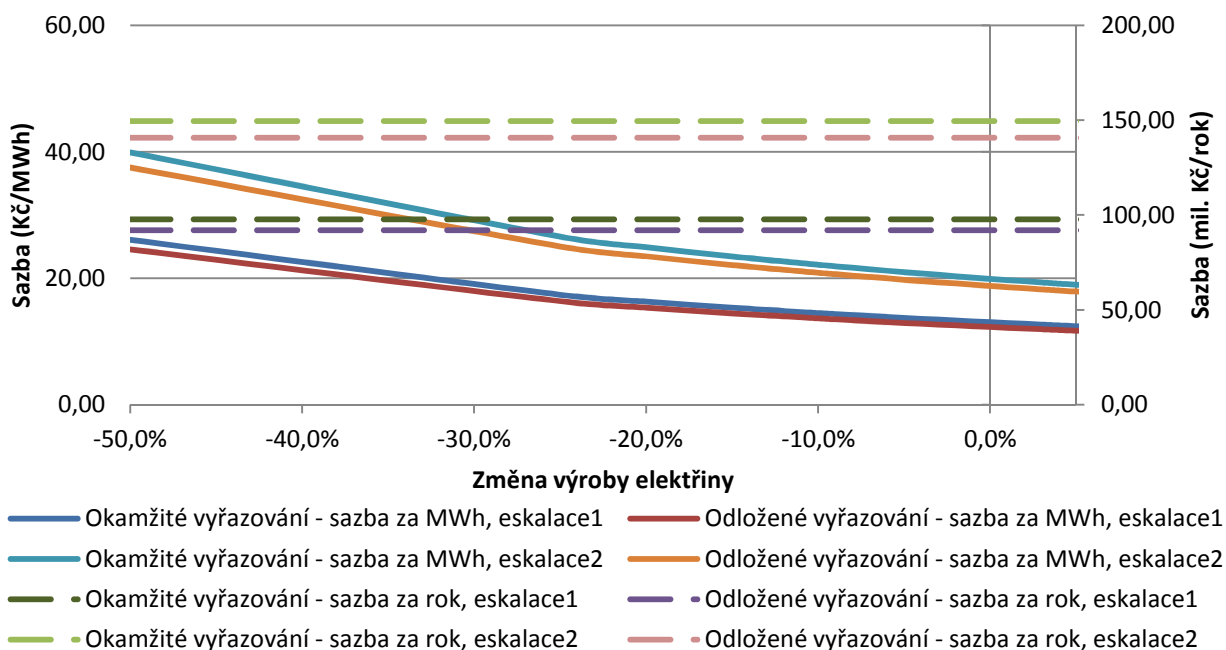
CA na výši odhadu nákladů



Obr. 41: Citlivostní analýza - výše sazby v závislosti na změně výše odhadu nákladů (eskalace1 = inflace 2%, eskalace2 = 0%)

7.3.4 CA na výrobu elektřiny

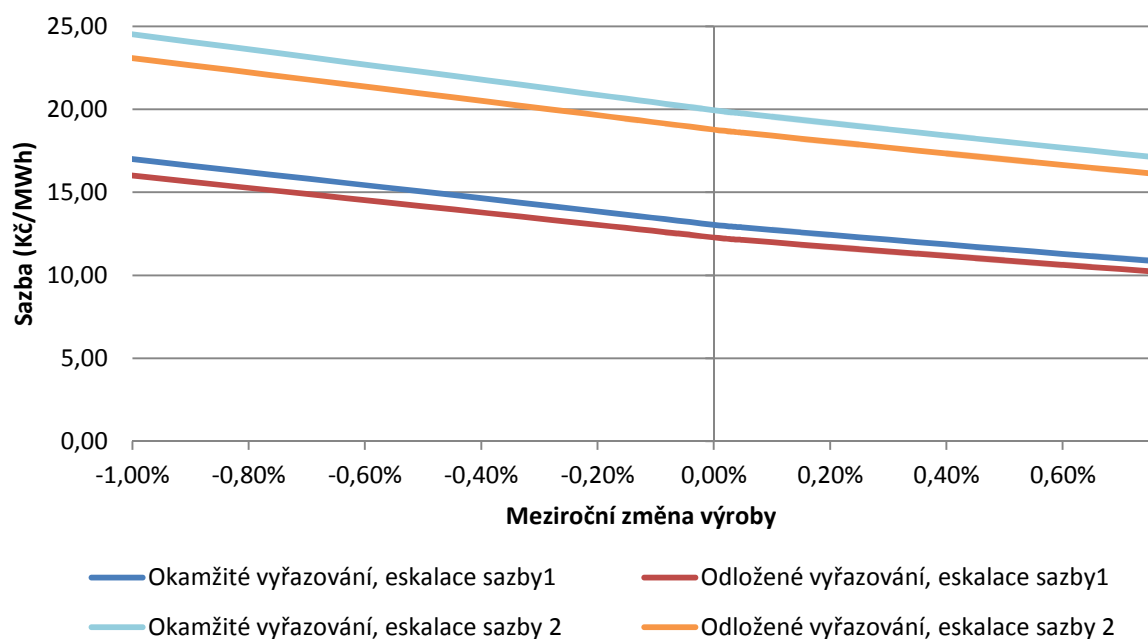
CA na výrobu elektřiny



Obr. 42: Citlivostní analýza - výše sazby v závislosti na změně očekávané výroby elektrické energie (výroba konstantní po celou dobu životnosti) (eskalace1 = inflace 2%, eskalace2 = 0%)

7.3.5 CA na meziroční změnu výroby elektřiny

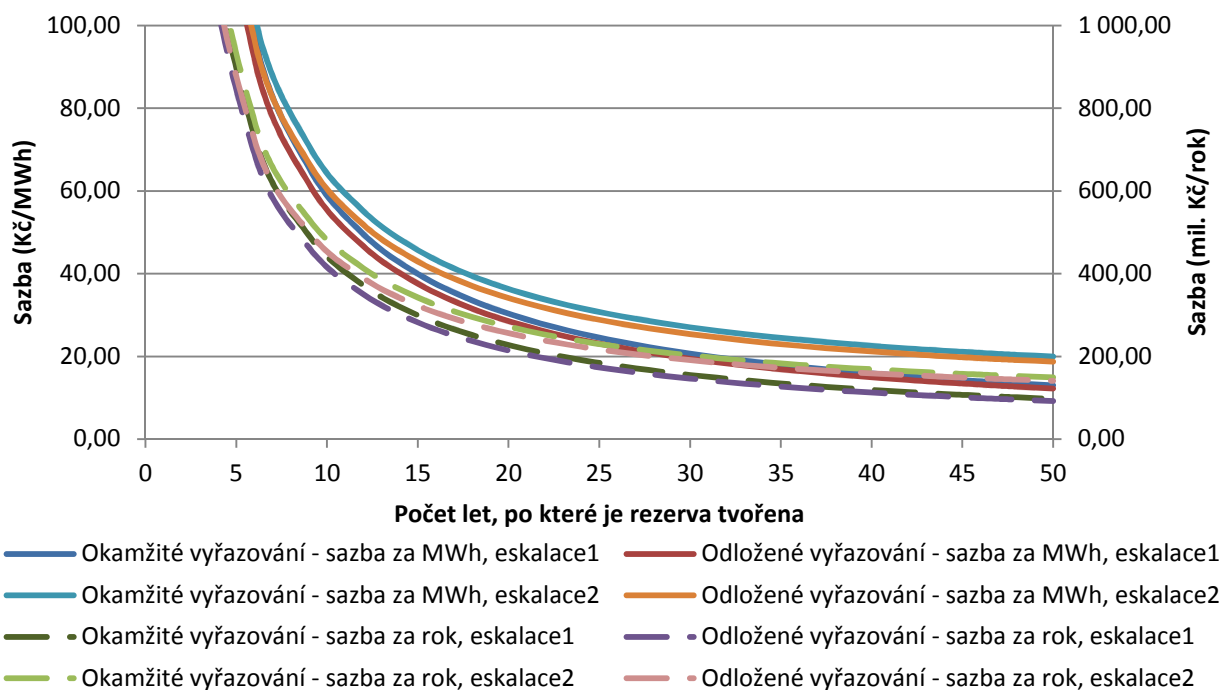
CA na meziroční změnu výroby elektřiny



Obr. 43: Citlivostní analýza - vliv meziroční změny výroby elektřiny (každý rok po celou dobu životnosti) na výši sazby v Kč/MWh (eskalace1 = inflace 2%, eskalace2 = 0%)

7.3.6 CA na počet let, po které je rezerva vytvářena

CA na počet let tvorby rezervy



Obr. 44: Citlivostní analýza - vliv doby, po kterou se tvoří rezerva na vyřazování, na výši sazby (eskalace1 = inflace 2%, eskalace2 = 0%)

7.3.7 Zhodnocení citlivostních analýz

Citlivostní analýzy nejlépe dokladují význam diskontování resp. zhodnocení prostředků fondu. Například CA na výrobu elektřiny na Obr. 42 ukazuje poměrně malou závislost sazby v Kč/MWh pro odložené vyřazování. To je dáno právě tím, že velkou část příjmů fondu tvoří jeho zhodnocení, které nekončí s ukončením provozu, ale pokračuje po celou dobu až do konce vyřazování.

Citlivostní analýza na inflaci (respektive na eskalaci cen ve vazbě na vyřazování z provozu) ukazuje jak je možné navázáním eskalace sazby na inflaci snížit vliv inflace, neboť strmost nárůstu sazby (v prvním roce) při měnícím se růstu inflace je výrazně nižší při navázání eskalace, než při konstantní eskalaci. Proto je možné použít navázání eskalace sazby na inflaci ke snížení rizika.

Z citlivostní analýzy na změnu výše odhadovaných nákladů je patrné, že tato závislost je proporcionální – tedy navýšením odhadu nákladů o 10% dojde ke zvýšení sazby o 10%.

Citlivostní analýza na eskalaci sazby přináší nepříliš překvapivý výsledek, a sice s rostoucí eskalací prvotní výše sazby klesá. Meziroční eskalací sazby o 5% (při inflaci 2%) je počáteční sazba zhruba čtvrtinová, než při konstantní sazbě (eskalace 0%).

V případě citlivostní analýzy na počet let, po které je rezerva vytvářena, se opět projevuje význam zhodnocení fondu. Pokles výše sazeb je nejvýraznější pro dobu 1-15 let, poté již není pokles tak strmý. Z tohoto hlediska se tedy jeví jako vhodný konzervativní přístup zkrátit dobu, po kterou by se měla rezerva na vyřazování vytvářet. Dojde tím ke snížení rizika, že elektrárna bude muset být uzavřena dříve, než její provozovatel vytvoří dostatečné prostředky na její likvidaci. Zkrácením doby z padesáti na třicet let dojde k navýšení sazby zhruba o 35% v případě konstantní sazby, a o 60% v případě sazby eskalované o inflaci.

Citlivostní analýza na meziroční změnu výroby elektřiny odráží možnost zohlednění budoucího každoročního navyšování množství vyrobené elektřiny. Většina elektráren prochází modernizacemi zařízení a optimalizacemi odstávek, čímž lze dosahovat navyšování výroby. Není však vhodné pro zachování konzervativního přístupu takového navyšování uvažovat.

Tabulky hodnot pro citlivostní analýzy jsou uvedeny v příloze.

7.4 Diskuze vhodnosti a výhodnosti systémů

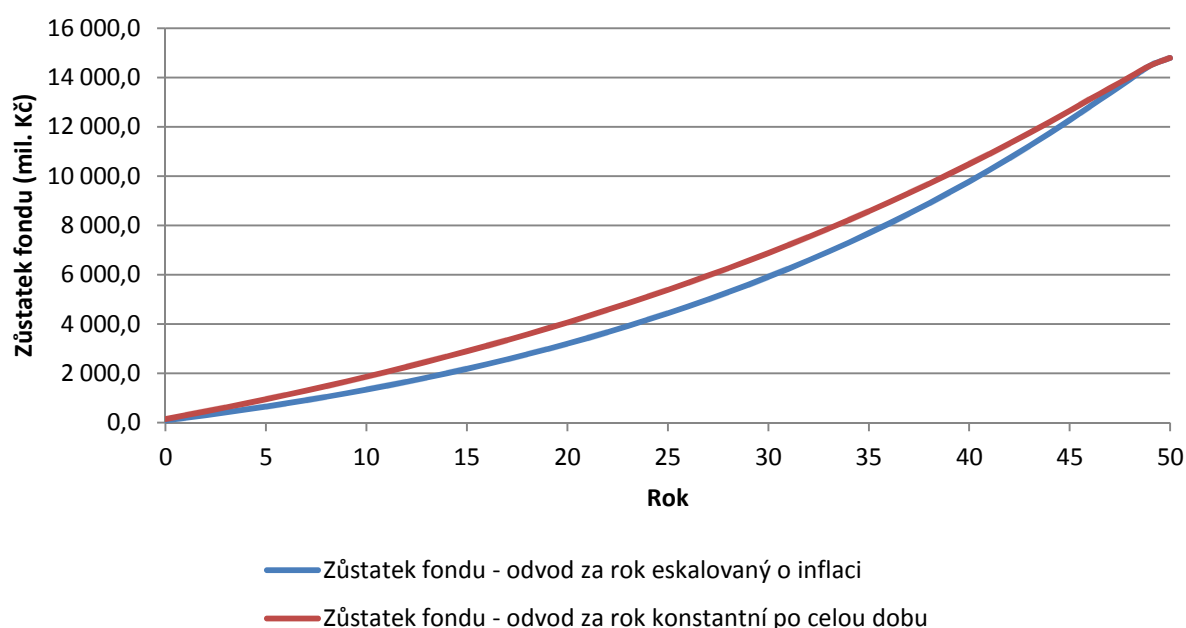
Který systém je vhodnější – s konstantní nominální sazbou, nebo s rostoucí o inflaci? Výhodnost je závislá podle toho, kdo systém hodnotí. Jiný názor bude mít provozovatel JE, a jiný stát zodpovědný za to, že se postará o RAO vznikající na jeho území.

7.4.1 Pohled státu a zodpovědných autorit

Stát, který při případném krachu systému (insolvence provozovatele JE a nemožnost doplnit prostředky fondu jiným způsobem, než ze státní poklady) ponese odpovědnost za vzniklé náklady, se bude snažit minimalizovat toto riziko. Toho lze dosáhnout tím, že volbou

vhodného systému odvodů zajistí plnění fondu i při případném nepříznivém vývoji (např. odstavení JE před očekávaným koncem životnosti). Tomuto riziku se lze vyhnout tím, že odvody pokrývající fixní náklady nezávislé na množství vyrobené elektřiny budou pokrývány nezávisle na výrobě – tedy fixním odvodem za rok. Vzhledem k tomu, že naprostá většina nákladů na vyřazování je skutečně fixního charakteru, tak vhodným systémem je právě fixní odvod za rok. Otázkou zůstává, zda má být konstantní po celou dobu životnosti, nebo z počátku nižší a eskalovat jej o inflaci. Zde je vhodné si uvědomit, že pokud by provozovatel z jakéhokoli důvodu přestal přispívat do fondu dříve, než bylo kalkulováno, tak zůstatek fondu je v každém roce spoření vyšší pro konstantní neeskalovanou sazbu (vyjma posledního roku, kdy se částky musejí dorovnat), viz Obr. 45.

Průběh zůstatku fondu podle způsobu odvodů



Obr. 45: Graf průběhu zůstatku fondu po dobu spoření (provozu JE) v závislosti na způsobu odvodů (fixní částka za rok konstantní a eskalovaná o inflaci)

Proto je v tomto případě nejvhodnějším systémem odvod stanovený roční částkou, která je konstantní po celou dobu, i když pokud je eskalace sazby svázána s inflací, tak je možné významně snížit vliv změny inflace, jak plyne z CA.

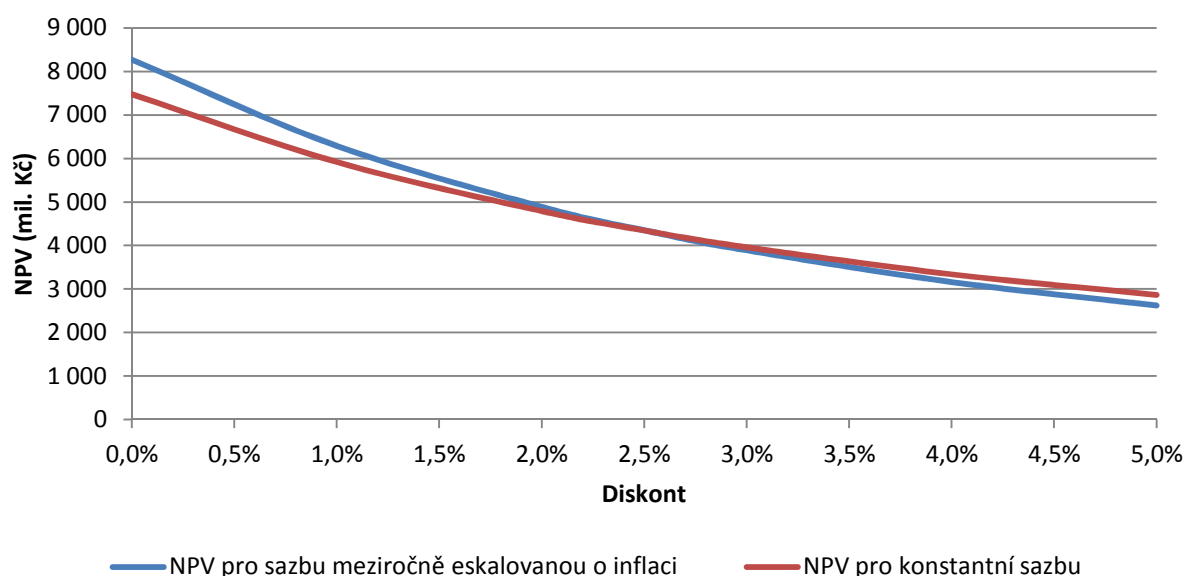
7.4.2 Pohled provozovatele JE

Z pohledu provozovatele JE bude vhodnost (či spíše výhodnost) systému hodnocena podle čisté současné hodnoty budoucích výdajů – odvodů do fondu. Výhodnost pak závisí na výši diskontu. Vzhledem k tomu, že volba diskontu pro zhodnocení jaderného fondu bývá velmi konzervativní a to většinou ve výši bezrizikového výnosu, tak lze očekávat, že diskontní míra provozovatele JE bude vyšší. Z toho vyplývá, že pro provozovatele je výhodnější eskalovaná sazba – viz citlivostní analýza na NPV odvodů provozovatele do fondu v závislosti na diskontu

provozovatele (diskont fondu 2,5%, inflace 2%) graficky znázorněná na Obr. 46, ze které je patrné, že pro diskont provozovatele nižší než diskont fondu je výhodnější konstantní sazba, zatímco pro diskont provozovatele vyšší než diskont fondu je výhodnější meziročně rostoucí sazba.

Pokud bude výroba konstantní po celou dobu životnosti, tak není rozdíl mezi odvody založenými na roční výrobě elektřiny či na fixní roční částce. Pokud však budeme předpokládat mírný nárůst výroby v průběhu životnosti (retrofity, využití projektových rezerv apod.), tak navázáním odvodů na množství vyrobené elektřiny se větší částky odsouvají do budoucnosti, čímž vlivem diskontování vyjde tento systém výhodněji, než v případě ročních sazeb. Ovšem to pouze za předpokladu, že ve výpočtu sazeb je zohledněn hypotetický budoucí nárůst výroby, což není úplně v souladu s konzervativním přístupem.

NPV odvodů v závislosti na diskontu provozovatele



Obr. 46: Citlivostní analýza výše NPV odvodů do fondu (v mil. Kč) v závislosti na diskontu provozovatele

Z pohledu provozovatele je tedy nejvýhodnější zcela odlišný systém – sazba vázaná na výrobu elektrické energie eskalovaná meziročně o inflaci.

Závěr

Bezpečné vyřazování jaderné elektrárny z provozu představuje poslední etapu v jejím životním cyklu. Vysoké nároky kladené z hlediska dodržení radiační bezpečnosti s sebou přináší vysoké náklady na provádění dekontaminačních prací a demontáž kontaminovaných zařízení. Protože však jsou tyto práce prováděny až po skončení aktivního provozu elektrárny, je nutné se na budoucí výdaje připravit a vytvořit finanční rezervy, ze kterých budou budoucí výdaje pokryty.

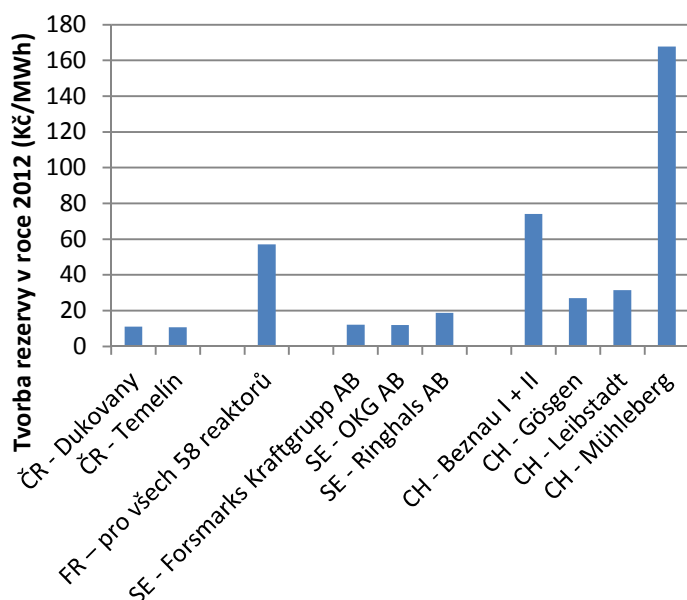
Zatím však neexistuje jednotný mezinárodně porovnatelný systém tvorby těchto finančních prostředků, neboť i v rámci Evropské unie je metodika pokrytí jaderných závazků (vyřazování jaderných zařízení z provozu a zneškodnění radioaktivních odpadů včetně vyhořelého jaderného paliva) ponechána v kompetenci jednotlivých členských států. Jedním z cílů této práce je porovnání metodických přístupů čtyř evropských států: tří členských států EU – České Republiky, Francie a Švédska; a neutrálního Švýcarska.

Český systém sestává ze dvou oddělených podsystémů. První systém řeší samotnou problematiku ukládání radioaktivních odpadů, zatímco druhý se zabývá pokrytím budoucích závazků souvisejících s vyřazováním jaderného zařízení z provozu. Systém praktikovaný ve Švýcarsku rovněž zavádí dva oddělené fondy pro financování jaderných závazků. Avšak odvody ve Švýcarsku jsou odváděny na účty, které jsou pod správou státu, zatímco v ČR spadá přímo pod stát pouze Jaderný účet na ukládání RAO a VJP. Prostředky rezervy pro vyřazování zařízení tak zůstávají v rozvaze provozovatele těchto zařízení. Rezervy provozovatel vytváří v případě českého modelu do posledního roku vyřazování z provozu, zatímco ve Švýcarsku pouze do ukončení aktivního provozu s případným prodloužením až do konce vyřazování, pokud by ve fondu nebyl akumulován dostatek prostředků.

Francouzský systém je založen na jednom fondu pro vyřazování z provozu a ukládání RAO a VJP, který interně vytváří každý provozovatel jaderného zařízení. Prostředky pokrývající vyřazování z provozu by měly být nashromážděny do roku 2016 (původně 2011) a poté navyšovány pouze o očekávané zhodnocení a případně korigované dle makroekonomické situace. Několikaleté zintenzivnění tvorby rezervy však může ovlivnit ekonomickou rentabilitu provozování jaderného zdroje, zejména s přihlédnutím k současnému stavu energetického trhu v Evropě.

Jeden fond společný pro krytí všech jaderných závazků má i Švédsko, avšak fond je pod správou státu. Do fondu provozovatel odvádí jeden poplatek, který kryje jak vyřazování z provozu, tak ukládání RAO a VJP, a který je stanoven sazbou za vyrobenou jednotku elektrické energie. Tímto se švédský model zcela odlišuje od třech předchozích, neboť na náklady de facto fixního charakteru (likvidace jaderné elektrárny stojí v podstatě stejně, ať vyrobí hodně nebo málo elektrické energie) je spořeno na základě variabilní výroby elektřiny. Riziko, že v případě nečekaného ukončení provozu nebude dostatek finančních prostředků, tak musí být kompenzováno systémem bankovních garancí ve výši zbývajících očekávaných odvodů do fondu.

Další částí této práce bylo porovnat výši tvorby rezerv v jednotlivých zemích. Výše odvodů totiž jednoznačně ovlivňuje ekonomičnost provozování jednotlivých jaderných elektráren a zejména v rámci jednotného energetického trhu by extrémně nízké odvody (v důsledku odlišných modelů financování vyřazování z provozu) mohly některé provozovatele zvýhodňovat. Výše tvorby rezervy za rok 2012 je na Obr. 47 přepočtena na jednu



Obr. 47: Tvorba rezervy v jednotlivých státech v roce 2012 vztahena na jednotku vyrobené energie

Poslední částí práce bylo vytvoření matematického modelu a aplikace v MS Excel pro automatické výpočty sazeb pro tvorbu rezervy na vyřazování na principu metody stanovení minimální ceny produkce. Vstupem aplikace jsou odhadované náklady, očekávaná míra inflace, diskont, očekávaná produkce elektřiny či časový profil výdajů na vyřazování, a mezi výstupy programu jsou kromě samotných sazeb i citlivostní analýzy. Z citlivostních analýz provedených na modelovém příkladě je patrné, jak lze potlačit možná rizika plynoucí z dlouhého časového horizontu projektu vyřazování – například navázáním meziroční eskalace sazby odvodu na inflaci lze snížit citlivost na inflaci.

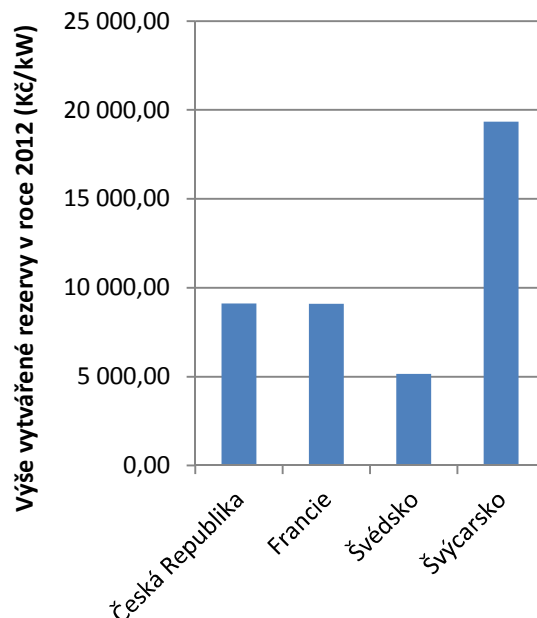
Cíle, které si tato práce kladla, se podařilo naplnit.

A na závěr by možná bylo možné nalézt

megawatthodinu vyrobené elektrické energie brutto.

Z grafu je patrné, že největší zatížení provozovatelů je ve Švýcarsku a ve Francii. Velmi nízké zatížení v ČR je dáno mnohem delší dobou, po kterou má být tvorba rezerv prováděna (do roku ukončení vyřazování z provozu).

Poté se práce věnovala porovnání výše vytvářených rezerv. Zatímco rezervy tvořené v ČR a ve Francii vztahené na jednotku instalovaného výkonu jsou srovnatelné, tak ve Švýcarsku jsou téměř dvojnásobné a ve Švédsku naopak poloviční, viz Obr. 48.



Obr. 48: Porovnání průměrné výše vytvářené rezervy vztahené k instalovanému výkonu v roce 2012

určitou paralelu mezi povahou příslušného národa a systémem financování RAO a vyřazování JZ z provozu:

- Švýcarsko – ryze konzervativní stát, který si zakládá na spolehlivosti své ekonomiky. Jak jinak by se měl takovýto stát postavit k jaderným závazkům, než že zřídí příslušné fondy pod patronátem státu?
- Francie – motto republiky „Svoboda, rovnost, bratrství“ naplňuje tím, že nechává určitou svobodu (samozřejmě ne doslovně) provozovatelům JZ tím, že se o pokrytí závazků musí v budoucnu postarat ze své kapsy.
- Švédsko – sociální stát, který se stará o blahobyt svého obyvatelstva. A tak se za jeden souhrnný odvod na jaderný účet postará o uložení RAO a budoucí vyřazování a likvidaci zařízení.
- Česká republika – ta je tak někde uprostřed, a to jak geografickou polohou, tak i přístupem „od všeho něco“...

Citovaná literatura

1. **MPO.** *Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR.* Praha, 2001.
2. **IAEA.** PRIS - Power Reactor Information System. [Online] 2014. [Citace: 14. 04 2014.] <http://www.iaea.org/PRIS/home.aspx>.
3. **IAEA.** Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors. *IAEA.* [Online] 1999. [Citace: 11. 02 2014.] http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P079_scr.pdf.
4. **IAEA & OECD/NEA & EC.** A Proposed Standardized List of Items for Costing Purposes in the Decommissioning of Nuclear Installations. *OECD/NEA - Standard List.* [Online] 1999. [Citace: 20. 2 2014.] <https://www.oecd-neo.org/rwm/reports/1999/costlist.pdf>.
5. **IAEA.** Classification of Radioactive Waste. *IAEA.* [Online] 2009. [Citace: 05. 11 2013.] http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1419_web.pdf.
6. **SÚJB.** Výroční zpráva za rok 2012 - 1.část. [Online] [Citace: 7. 10 2013.] http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/zpravy/vyrocnizpravy/ceske/VZ_SUJB_2012_cast_I.pdf.
7. **SÚRAO.** Výroční zpráva za rok 2011. [Online] [Citace: 1. 10 2013.] http://surao.cz/cze/content/download/4187/23510/file/VZ_S%C3%9ARAO_2011.pdf.
8. **Knápek, Jaroslav.** THE CZECH WAY OF RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT FINANCING. [Prezentace pro MAAE]. Ljubljana : MAAE, 2011.
9. **SÚRAO.** Financování. *SÚRAO.* [Online] [Citace: 30. 09 2013.] <http://surao.cz/cze/O-SURAO/Financovani>.
10. **SÚRAO.** Rada SÚRAO. *SÚRAO.* [Online] [Citace: 10. 09 2013.] <http://www.surao.cz/cze/O-SURAO/Rada-SURAO>.
11. **SÚRAO.** Statut SÚRAO. *SÚRAO.* [Online] 10. 11 2010. [Citace: 2013. 10 1.] http://www.surao.cz/cze/content/download/2500/14760/file/Statut%20S%C3%9ARAO_2010.pdf.
12. Vyhláška č. 360/2002 Sb., v platném znění, kterou se stanovuje způsob tvorby rezervy pro zajištění vyřazování jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie z provozu. *Sbírka zákonů.*

-
13. Nařízení vlády č. 416/2002 Sb, v platném znění, kterým se stanoví výše odvodu a způsob jeho placení původci radioaktivních odpadů na jaderný účet a roční výše příspěvku obcím a pravidla jeho poskytování. *Sbírka zákonů*.
14. **ČEZ, a.s.** EDU - Historie a současnost. *ČEZ, a.s.* [Online] <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderne-elektrany-cez/edu/historie-a-soucasnost.html>.
15. **MPO.** *Státní energetická koncepce*. 2004.
16. **SÚJB.** Řízení stárnutí zařízení jaderných elektráren. *SÚJB*. [Online] [Citace: 17. 9 2013.] http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/G-I-rizene_starnuti_zarizeni_JE.pdf.
17. **ČEZ, a. s.** ETE - Hlavní technické údaje. *ČEZ, a.s.* [Online] [Citace: 5. 10 2013.] <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderne-elektrany-cez/ete/technologie-a-zabezpeceni/2.html>.
18. **Škoda Power.** JE Temelín - retrofit VT dílů. *Škoda Power*. [Online] [Citace: 13. 10 2013.] http://www.doosan.com/skodapower/cz/documents/service/JE_Temelin_2x1000_MW_modernizace_VT_CR.pdf.
19. **SÚRAO.** Ukládání radioaktivních odpadů. *SÚRAO*. [Online] [Citace: 8. 10 2013.] <http://www.surao.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Radioaktivni-odpady/Ukladani-radioaktivnich-odpadu>.
20. Zákon č. 18/1997 Sb., v platném znění, o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon). *Sbírka zákonů*.
21. Vyhláška č. 185/2003 Sb., v platném znění, o vyřazování jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie z provozu. *Sbírka zákonů*.
22. **Česká republika.** *Národní zpráva pro účely Společné úmluvy o bezpečnosti při nakládání s vyhořelým palivem a o bezpečnosti při nakládání s radioaktivními odpady*. 2011.
23. **Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.** Comparison among different decommissioning funds methodologies for nuclear installations - Country Report Czech Republic. *Wuppertal Institut*. [Online] 2007. [Citace: 15. 2 2014.] <http://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/2608>.
24. **SÚJB.** Zpráva o výsledcích činnosti SÚJB při výkonu státního dozoru nad jadernou bezpečností jaderných zařízení a radiační ochranou za rok 2009. *SÚJB - Výroční zprávy*. [Online] 2010. [Citace: 2. 12 2013.] http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/zpravy/vyrocnizpravy/ceske/VZ_SUJB_2009_cast_I.pdf.
-

-
25. **MPO.** *Aktualizace koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR.* Praha , 2013.
26. **Knápek, Jaroslav.** The czech system for financing decommissioning related activities. Ljubljana : MAAE, 2011.
27. **Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.** Comparison among different decommissioning funds methodologies for nuclear installations - Country Report France. *Wuppertal Institut.* [Online] 2007. [Citace: 15. 2 2014.] <http://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/2613>.
28. **ASN.** About ASN. *ASN.* [Online] 13. 9 2013. [Citace: 7. 12 2013.] <http://www.french-nuclear-safety.fr/index.php/English-version/About-ASN>.
29. **ANDRA.** ANDRA-Who are we? *ANDRA.* [Online] 26. 6 2011. [Citace: 10. 12 2013.] <http://www.andra.fr/international/pages/en/menu21/andra/who-are-wer-1584.html>.
30. **IRSN.** IRSN - Who are we. *IRSN.* [Online] 2013. [Citace: 2. 1 2014.] http://www.irsn.fr/EN/Presentation/about_us/Pages/Who_are_we.aspx.
31. **European Commission.** Commission Staff Working Document "EU Decommissioning Funding Data". *European Commission.* [Online] 08. 03 2013. [Citace: 28. 01 2014.] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2013:0059:FIN:EN:PDF>.
32. **Cour des comptes.** The costs of the nuclear power sector, Thematic public report. *Court of Audit - Publications.* [Online] 1 2012. http://www.ccomptes.fr/content/download/43709/697228/file/thematic_public_report_costs_nuclear_%20power_sector_012012.pdf.
33. **ASN.** ASN - Nuclear safety and radiation protection in France (Annual report) 2012. *ASN - The French Safety Authority.* [Online] 2013. [Citace: 5. 10 2013.] <http://www.french-nuclear-safety.fr/index.php/English-version/ASN-s-publications/ASN-s-annual-reports/Nuclear-safety-and-radiation-protection-in-France-in-2012>.
34. **World Nuclear Association.** Nuclear power in Sweden. *WNA - Country profiles.* [Online] 1 2014. [Citace: 11. 2 2014.] <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Sweden/>.
35. **SSM.** SSM - About the authority. *SSM.* [Online] 12. 02 2013. [Citace: 2. 11 2013.] <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/In-English/Facts-about-us/>.
36. **SKB.** Decommissioning study of Forsmark NPP. *SKB - Publications.* [Online] 6 2013. [Citace: 28. 1 2014.] <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/R-13-03.pdf>.
-

-
37. **SKB**. Decommissioning study of Oskarshamn. *SKB - Publications*. [Online] 2013. [Citace: 28. 1 2014.] www.skb.se/upload/publications/pdf/R-13-04.pdf.
38. **SKB**. Ringhals Site Study - An assesment of the decommissioning cost for the Ringhals site. *SKB - Publications*. [Online] 2013. [Citace: 28. 01 2014.] www.skb.se/upload/publications/pdf/R-13-05.pdf.
39. **Kärnavfallsfonden**. Swedish Nuclear Waste Fund - Annual report 2012. *Kärnavfallsfonden*. [Online] 2013. [Citace: 23. 10 2013.] <http://www.karnavfallsfonden.se/download/18.364d8e6213cd04cfcfa2da9/1366676124243/Verksamhetsber%C3%A4ttelse+2012+engelska.pdf>.
40. **Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH**. Comparison among different decommissioning funds methodologies for nuclear installations - Final Report. *European Commission*. [Online] 2007. [Citace: 29. 9 2013.] http://ec.europa.eu/energy/nuclear/decommissioning/doc/03_2007_decommissioning_comparison.pdf.
41. **ENSI**. About ENSI. *ENSI*. [Online] 2013. [Citace: 10. 11 2013.] www.ensi.ch/en/ensi/ensi-is-the-national-regulatory-body-with-responsibility-for-the-nuclear-safety-and-security-of-swiss-nuclear-facilities/.
42. **NAGRA**. About NAGRA. *NAGRA*. [Online] 2013. [Citace: 11. 12 2013.] <http://www.nagra.ch/en/aboutnagra.htm>.
43. **Swissnuclear**. Kostenstudie 2011 (KS11) – Schätzung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen. *BFE-Stillegung- und Entsorgungsfonds für Kernanlagen*. [Online] 13. 10 2011. [Citace: 1. 11 2013.] [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_826436395.pdf&endung=Kostenstudie%202011%20\(KS11\)](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_826436395.pdf&endung=Kostenstudie%202011%20(KS11)).
44. **Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH**. Comparison among different decommissioning funds methodologies for nuclear installations - Example of Regulation of Decomm. Financing in Non-EU Countries. *Wuppertal Institute*. [Online] 2007. [Citace: 19. 2 2014.] http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/EUDecommFunds_NonNuclear_NonEU.pdf.
45. **Swissnuclear**. Kostenstudie 2011 (KS11) – Schätzung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke. *BFE-Stillegung- und Entsorgungsfonds für Kernanlagen*. [Online] 13. 10 2011. [Citace: 1. 11 2013.] [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_852885772.pdf&endung=Kostenstudie%202011%20\(KS11\)](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_852885772.pdf&endung=Kostenstudie%202011%20(KS11)).
46. **Stilllegungsfonds für Kernanlagen**. Jahresbericht 2012 - Stilllegungsfonds für Kernanlagen. *BFE - Stilllegungs- und Entsorgungsfonds für Kernanlagen*. [Online] 16. 5 2013.
-

[Citace: 16. 1 2014.]

http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_639807451.pdf&endung=Stilllegungsfonds%20f%FCr%20Kernanlagen%2029.%20Jahresbericht.

47. Entsorgungsfonds für KKW. Jahresbericht 2012 - Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke. *BFE - Stilllegungs- und Entsorgungsfonds für Kernanlagen*. [Online] 16. 05 2013. [Citace: 15. 1 2014.]

http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_238297560.pdf&endung=Entsorgungsfonds%20f%FCr%20Kernkraftwerke%2012.%20Jahresbericht.

48. Der Schweizerische Eidgenossenschaft. Kernenergiegesetz 732.1 (Atomový zákon). 2003.

Použitý software

Microsoft Word 2007

Microsoft Excel 2007 + modul Řešitel

Přílohy

Seznam příloh

Příloha 1: NPV odvodů v závislosti na diskontu provozovatele v mil. Kč (okamžité vyřazování, sazba dle výroby elektřiny).....	91
Příloha 2: CA na eskalaci sazby	92
Příloha 3: CA na míru inflace.....	93
Příloha 4: CA na diskont fondu.....	94
Příloha 5: CA na navýšení nákladů	95
Příloha 6: CA na skutečnou výrobu elektřiny oproti předpokladu	96
Příloha 7: CA na meziroční výrobu elektrické energie	97
Příloha 8: CA na počet let tvorby rezervy	98
Příloha 9: Zdrojový kód aplikace v MS Excel.....	99
Příloha 10: Graf odhadovaného časového průběhu výdajů na pokrytí závazků na uložení RAO a VJP ve Švýcarsku	105

Příloha 1: NPV odvodů v závislosti na diskontu provozovatele v mil. Kč (okamžité vyřazování, sazba dle výroby elektřiny)

Diskont provozovatele JE	0,0%	1,0%	2,0%	2,5%	3,0%	4,0%	5,0%
NPV odvodů pro eskalovanou sazbu	8 270	6 287	4 889	4 348	3 888	3 159	2 619
NPV odvodů pro konstantní sazbu	7 478	5 921	4 794	4 348	3 964	3 341	2 867

Příloha 2: CA na eskalaci sazby

eskalace sazby	Okamžité vyřazování - sazba za MWh	Okamžité vyřazování - sazba za rok	Odložené vyřazování - sazba za MWh	Odložené vyřazování - sazba za rok
	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok
0,0%	19,94	149,56	18,77	140,76
0,5%	18,05	135,38	16,99	127,41
1,0%	16,27	122,01	15,31	114,83
1,5%	14,60	109,47	13,74	103,03
2,0%	13,04	97,78	12,27	92,03
2,5%	11,59	86,96	10,91	81,84
3,0%	10,27	76,99	9,66	72,46
3,5%	9,05	67,88	8,52	63,89
4,0%	7,95	59,60	7,48	56,09
4,5%	6,95	52,11	6,54	49,04
5,0%	6,05	45,39	5,70	42,72
5,5%	5,25	39,39	4,94	37,07
6,0%	4,54	34,06	4,27	32,05
6,5%	3,91	29,35	3,68	27,62
7,0%	3,36	25,21	3,16	23,73
7,5%	2,88	21,60	2,71	20,33
8,0%	2,46	18,45	2,32	17,36
8,5%	2,10	15,72	1,97	14,79
9,0%	1,78	13,36	1,68	12,58
9,5%	1,51	11,33	1,42	10,67

Příloha 3: CA na míru inflace

inflation	Okamžité vyřazování - sazba za MWh, eskalace1	Okamžité vyřazování - sazba za rok, eskalace1	Odložené vyřazování - sazba za MWh, eskalace1	Odložené vyřazování - sazba za rok, eskalace1	Okamžité vyřazování - sazba za MWh, eskalace2	Okamžité vyřazování - sazba za rok, eskalace2	Odložené vyřazování - sazba za MWh, eskalace2	Odložené vyřazování - sazba za rok, eskalace2
	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok
-1,0%	4,16	31,22	2,10	15,76	3,46	25,92	1,74	13,09
-0,5%	5,11	38,29	2,81	21,06	4,64	34,81	2,55	19,15
0,0%	6,23	46,70	3,76	28,20	6,23	46,70	3,76	28,20
0,5%	7,55	56,65	5,04	37,82	8,34	62,58	5,57	41,78
1,0%	9,11	68,33	6,77	50,80	11,17	83,76	8,30	62,28
1,5%	10,93	81,97	9,11	68,34	14,93	111,99	12,45	93,37
2,0%	13,04	97,78	12,27	92,03	19,94	149,56	18,77	140,76
2,5%	15,47	116,00	16,53	124,00	26,60	199,51	28,44	213,27
3,0%	18,25	136,86	22,28	167,12	35,45	265,85	43,28	324,63
3,5%	21,41	160,61	30,03	225,22	47,18	353,86	66,16	496,21
4,0%	25,00	187,49	40,45	303,36	62,73	470,50	101,50	761,28
4,5%	29,03	217,74	54,43	408,26	83,32	624,91	156,22	1 171,69
5,0%	33,55	251,62	73,17	548,80	110,55	829,10	241,10	1 808,28
5,5%	38,59	289,39	98,22	736,65	146,51	1 098,85	372,95	2 797,15
6,0%	44,17	331,30	131,62	987,14	193,98	1 454,84	577,98	4 334,87
6,5%	50,35	377,61	176,04	1 320,33	256,55	1 924,14	897,05	6 727,86
7,0%	57,15	428,60	234,99	1 762,41	338,96	2 542,19	1 393,81	10 453,59
7,5%	64,61	484,54	312,99	2 347,46	447,37	3 355,31	2 167,40	16 255,49
8,0%	72,76	545,73	415,97	3 119,74	589,87	4 423,99	3 372,05	25 290,41
8,5%	81,66	612,47	551,55	4 136,64	776,95	5 827,16	5 247,58	39 356,86

Příloha 4: CA na diskont fondu

diskont	Okamžité vyřazování - sazba za MWh, eskalace1	Okamžité vyřazování - sazba za rok, eskalace1	Odložené vyřazování - sazba za MWh, eskalace1	Odložené vyřazování - sazba za rok, eskalace1	Okamžité vyřazování - sazba za MWh, eskalace2	Okamžité vyřazování - sazba za rok, eskalace2	Odložené vyřazování - sazba za MWh, eskalace2	Odložené vyřazování - sazba za rok, eskalace2
	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok
-1,0%	39,72	297,92	104,53	783,95	69,95	524,60	184,06	1 380,42
-0,5%	34,28	257,06	76,50	573,76	59,16	443,72	132,05	990,36
0,0%	29,46	220,96	56,07	420,54	49,84	373,78	94,85	711,38
0,5%	25,23	189,20	41,17	308,79	41,81	313,60	68,24	511,83
1,0%	21,51	161,36	30,30	227,22	34,94	262,07	49,20	369,04
1,5%	18,28	137,08	22,35	167,62	29,09	218,17	35,57	266,77
2,0%	15,47	116,00	16,53	124,00	24,13	180,96	25,79	193,44
2,5%	13,04	97,78	12,27	92,03	19,94	149,56	18,77	140,76
3,0%	10,95	82,11	9,14	68,54	16,43	123,19	13,71	102,83
3,5%	9,16	68,70	6,83	51,24	13,49	101,16	10,06	75,45
4,0%	7,64	57,27	5,13	38,47	11,04	82,81	7,42	55,62
4,5%	6,34	47,58	3,87	29,00	9,01	67,61	5,49	41,20
5,0%	5,25	39,40	2,93	21,96	7,34	55,06	4,09	30,68
5,5%	4,34	32,53	2,23	16,70	5,96	44,73	3,06	22,96
6,0%	3,57	26,78	1,70	12,75	4,84	36,27	2,30	17,27
6,5%	2,93	21,99	1,30	9,78	3,91	29,35	1,74	13,06
7,0%	2,40	18,01	1,00	7,54	3,16	23,71	1,32	9,92
7,5%	1,96	14,71	0,78	5,83	2,55	19,12	1,01	7,58
8,0%	1,60	12,00	0,60	4,53	2,05	15,41	0,77	5,81
8,5%	1,30	9,76	0,47	3,53	1,65	12,40	0,60	4,48

Příloha 5: CA na navýšení nákladů

navýšení nákladů	Okamžité vyřazování - sazba za MWh, eskalace1	Okamžité vyřazování - sazba za rok, eskalace1	Odložené vyřazování - sazba za MWh, eskalace1	Odložené vyřazování - sazba za rok, eskalace1	Okamžité vyřazování - sazba za MWh, eskalace2	Okamžité vyřazování - sazba za rok, eskalace2	Odložené vyřazování - sazba za MWh, eskalace2	Odložené vyřazování - sazba za rok, eskalace2
	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok
-50,0%	6,52	48,89	6,14	46,01	9,97	74,78	9,38	70,38
-25,0%	9,78	73,34	9,20	69,02	14,96	112,17	14,08	105,57
-20,0%	10,43	78,22	9,82	73,62	15,95	119,65	15,01	112,61
-15,0%	11,08	83,11	10,43	78,22	16,95	127,12	15,95	119,64
-10,0%	11,73	88,00	11,04	82,82	17,95	134,60	16,89	126,68
-8,0%	11,99	89,96	11,29	84,66	18,35	137,59	17,27	129,50
-6,0%	12,26	91,91	11,53	86,51	18,74	140,58	17,64	132,31
-4,0%	12,52	93,87	11,78	88,35	19,14	143,58	18,02	135,13
-2,0%	12,78	95,83	12,02	90,19	19,54	146,57	18,39	137,94
0,0%	13,04	97,78	12,27	92,03	19,94	149,56	18,77	140,76
2,0%	13,30	99,74	12,52	93,87	20,34	152,55	19,14	143,57
4,0%	13,56	101,69	12,76	95,71	20,74	155,54	19,52	146,39
6,0%	13,82	103,65	13,01	97,55	21,14	158,53	19,89	149,20
8,0%	14,08	105,60	13,25	99,39	21,54	161,52	20,27	152,02
10,0%	14,34	107,56	13,50	101,23	21,94	164,51	20,64	154,83
15,0%	14,99	112,45	14,11	105,83	22,93	171,99	21,58	161,87
20,0%	15,64	117,34	14,72	110,43	23,93	179,47	22,52	168,91
25,0%	16,30	122,23	15,34	115,03	24,93	186,95	23,46	175,95
30,0%	16,95	127,12	15,95	119,64	25,92	194,43	24,40	182,98
35,0%	17,60	132,00	16,56	124,24	26,92	201,90	25,34	190,02

Příloha 6: CA na skutečnou výrobu elektřiny oproti předpokladu

skutečná výroba elektřiny oproti předpokladu	Okamžité vyřazování - sazba za MWh, eskalace1	Okamžité vyřazování - sazba za rok, eskalace1	Odložené vyřazování - sazba za MWh, eskalace1	Odložené vyřazování - sazba za rok, eskalace1	Okamžité vyřazování - sazba za MWh, eskalace2	Okamžité vyřazování - sazba za rok, eskalace2	Odložené vyřazování - sazba za MWh, eskalace2	Odložené vyřazování - sazba za rok, eskalace2
	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok
-50,0%	26,07	97,78	24,54	92,03	39,88	149,56	37,54	140,76
-25,0%	17,38	97,78	16,36	92,03	26,59	149,56	25,02	140,76
-20,0%	16,30	97,78	15,34	92,03	24,93	149,56	23,46	140,76
-15,0%	15,34	97,78	14,44	92,03	23,46	149,56	22,08	140,76
-10,0%	14,49	97,78	13,63	92,03	22,16	149,56	20,85	140,76
-9,0%	14,33	97,78	13,48	92,03	21,91	149,56	20,62	140,76
-8,0%	14,17	97,78	13,34	92,03	21,68	149,56	20,40	140,76
-7,0%	14,02	97,78	13,19	92,03	21,44	149,56	20,18	140,76
-6,0%	13,87	97,78	13,05	92,03	21,21	149,56	19,97	140,76
-5,0%	13,72	97,78	12,92	92,03	20,99	149,56	19,76	140,76
-4,0%	13,58	97,78	12,78	92,03	20,77	149,56	19,55	140,76
-3,0%	13,44	97,78	12,65	92,03	20,56	149,56	19,35	140,76
-2,0%	13,30	97,78	12,52	92,03	20,35	149,56	19,15	140,76
-1,0%	13,17	97,78	12,39	92,03	20,14	149,56	18,96	140,76
0,0%	13,04	97,78	12,27	92,03	19,94	149,56	18,77	140,76
1,0%	12,91	97,78	12,15	92,03	19,74	149,56	18,58	140,76
2,0%	12,78	97,78	12,03	92,03	19,55	149,56	18,40	140,76
3,0%	12,66	97,78	11,91	92,03	19,36	149,56	18,22	140,76
4,0%	12,54	97,78	11,80	92,03	19,17	149,56	18,05	140,76
6,0%	12,30	97,78	11,58	92,03	18,81	149,56	17,71	140,76

Příloha 7: CA na meziroční výrobu elektrické energie

meziroční změna výroby	Okamžité vyřazování, eskalace sazby 1	Odložené vyřazování, eskalace sazby 1	Okamžité vyřazování, eskalace sazby 2	Odložené vyřazování, eskalace sazby 2
	Kč/MWh	Kč/MWh	Kč/MWh	Kč/MWh
-30,00%	175,89	165,54	183,81	173,00
-20,00%	118,21	111,25	127,25	119,77
-10,00%	60,76	57,19	70,80	66,64
-5,00%	33,70	31,72	43,39	40,84
0,00%	13,04	12,27	19,94	18,77
0,05%	12,88	12,13	19,75	18,59
0,10%	12,73	11,98	19,55	18,40
0,15%	12,58	11,84	19,36	18,22
0,20%	12,43	11,70	19,17	18,04
0,25%	12,29	11,56	18,98	17,87
0,30%	12,14	11,43	18,79	17,69
0,35%	12,00	11,29	18,61	17,51
0,40%	11,85	11,15	18,42	17,34
0,45%	11,71	11,02	18,23	17,16
0,50%	11,57	10,89	18,05	16,99
0,55%	11,43	10,75	17,87	16,82
0,60%	11,29	10,62	17,69	16,64
0,65%	11,15	10,49	17,50	16,47
0,70%	11,01	10,36	17,32	16,30
0,75%	10,88	10,24	17,15	16,14

Příloha 8: CA na počet let tvorby rezervy

Počet let kdy je rezerva tvořena	Okamžité vyřazování - sazba za MWh, eskalace1	Okamžité vyřazování - sazba za rok, eskalace1	Odložené vyřazování - sazba za MWh, eskalace1	Odložené vyřazování - sazba za rok, eskalace1	Okamžité vyřazování - sazba za MWh, eskalace2	Okamžité vyřazování - sazba za rok, eskalace2	Odložené vyřazování - sazba za MWh, eskalace2	Odložené vyřazování - sazba za rok, eskalace2
	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok	Kč/MWh	mil. Kč/rok
1,00	579,71	4 347,85	545,60	4 092,00	579,71	4 347,85	545,60	4 092,00
3,00	194,18	1 456,38	182,76	1 370,68	198,03	1 485,21	186,38	1 397,82
6,00	97,80	733,53	92,05	690,37	102,68	770,10	96,64	724,78
9,00	65,68	492,60	61,81	463,61	70,96	532,16	66,78	500,85
12,00	49,62	372,14	46,70	350,25	55,14	413,52	51,89	389,19
15,00	39,98	299,88	37,63	282,24	45,68	342,60	42,99	322,44
18,00	33,56	251,72	31,59	236,91	39,40	295,53	37,08	278,14
21,00	28,98	217,32	27,27	204,53	34,95	262,09	32,89	246,67
24,00	25,54	191,53	24,03	180,26	31,62	237,17	29,76	223,22
27,00	22,86	171,48	21,52	161,39	29,06	217,93	27,35	205,11
30,00	20,73	155,44	19,51	146,29	27,02	202,66	25,43	190,74
33,00	18,98	142,32	17,86	133,95	25,37	190,28	23,88	179,09
36,00	17,52	131,39	16,49	123,66	24,01	180,07	22,60	169,48
39,00	16,29	122,15	15,33	114,96	22,87	171,52	21,52	161,43
42,00	15,23	114,23	14,34	107,51	21,90	164,28	20,62	154,61
45,00	14,32	107,38	13,47	101,06	21,08	158,08	19,84	148,78
47,00	13,77	103,29	12,96	97,21	20,59	154,43	19,38	145,34
48,00	13,52	101,38	12,72	95,41	20,36	152,73	19,17	143,74
49,00	13,27	99,54	12,49	93,69	20,15	151,11	18,96	142,22
50,00	13,04	97,78	12,27	92,03	19,94	149,56	18,77	140,76

Příloha 9: Zdrojový kód aplikace v MS Excel

```

Sub CA()
'
' CA Makro
'
' Klávesová zkratka: Ctrl+k
'

    Sheets("Modelový_příklad").Select
    SolverReset
    SolverOk SetCell:="$DF$23",
MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$B$18"
    SolverAdd CellRef:="$N$23:$DF$23",
Relation:=3, FormulaText:="$N$87:$DF$87"
    SolverSolve True

    SolverReset
    SolverOk SetCell:="$DF$30",
MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$B$25"
    SolverAdd CellRef:="$N$30:$DF$30",
Relation:=3, FormulaText:="$N$87:$DF$87"
    SolverSolve True

    SolverReset
    SolverOk SetCell:="$DF$36",
MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$B$32"
    SolverAdd CellRef:="$N$36:$DF$36",
Relation:=3, FormulaText:="$N$87:$DF$87"
    SolverSolve True

    SolverReset
    SolverOk SetCell:="$DF$42",
MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$B$38"
    SolverAdd CellRef:="$N$42:$DF$42",
Relation:=3, FormulaText:="$N$87:$DF$87"
    SolverSolve True

    SolverReset
    SolverOk SetCell:="$DF$59",
MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$B$54"
    SolverAdd CellRef:="$N$59:$DF$59",
Relation:=3, FormulaText:="$N$87:$DF$87"
    SolverSolve True

    SolverReset
    SolverOk SetCell:="$DF$66",
MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$B$61"
    SolverAdd CellRef:="$N$66:$DF$66",
Relation:=3, FormulaText:="$N$87:$DF$87"
    SolverSolve True

    SolverReset
    SolverOk SetCell:="$DF$72",
MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$B$68"
    SolverAdd CellRef:="$N$72:$DF$72",
Relation:=3, FormulaText:="$N$87:$DF$87"
    SolverSolve True

    SolverReset
    SolverOk SetCell:="$DF$78",
MaxMinVal:=2, ValueOf:="0", ByChange:="$B$74"

    SolverAdd CellRef:="$N$78:$DF$78",
Relation:=3, FormulaText:="$N$87:$DF$87"
    SolverSolve True
End Sub
Sub Tabulka_CA()
'
' Tabulka_CA Makro
'
' Klávesová zkratka: Ctrl+j
'

    Sheets("Výpočet_CA").Select
    Range("B5").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[1]"
    Range("B6").Select
    Sheets("Modelový_příklad").Select
    Application.Run "Model.xlsm!CA"
    Sheets("Výpočet_CA").Select
    Range("X13:X28").Select
    Selection.Copy
    Range("C13").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

    Sheets("Výpočet_CA").Select
    Range("B5").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[2]"
    Range("B6").Select
    Sheets("Modelový_příklad").Select
    Application.Run "Model.xlsm!CA"
    Sheets("Výpočet_CA").Select
    Range("X13:X28").Select
    Selection.Copy
    Range("D13").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

    Sheets("Výpočet_CA").Select
    Range("B5").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[3]"
    Range("B6").Select
    Sheets("Modelový_příklad").Select
    Application.Run "Model.xlsm!CA"
    Sheets("Výpočet_CA").Select
    Range("X13:X28").Select
    Selection.Copy
    Range("E13").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

    Sheets("Výpočet_CA").Select
    Range("B5").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[4]"
    Range("B6").Select
    Sheets("Modelový_příklad").Select
    Application.Run "Model.xlsm!CA"
    Sheets("Výpočet_CA").Select
    Range("X13:X28").Select
    Selection.Copy

```

```

Range("F13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[5]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("G13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[6]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("H13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[7]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("I13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[8]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("J13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[9]"
Range("B6").Select

```

```

Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("K13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[10]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("L13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[11]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("M13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[12]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("N13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[13]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("O13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

```

```

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[14]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("P13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[15]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("Q13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[16]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("R13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[17]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("S13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[18]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select

Selection.Copy
Range("T13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[19]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("U13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[20]"
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Application.Run "Model.xlsm!CA"
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("X13:X28").Select
Selection.Copy
Range("V13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

End Sub
Sub kopiruj_hodnoty()
'
' kopiruj_hodnoty Makro
'

Sheets("Modelový_příklad").Select
Range("B7").Select
Selection.Copy
Sheets("Výsledky").Select
Range("B2").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Sheets("Modelový_příklad").Select
Range("B8").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Výsledky").Select
Range("B3").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Range("B6").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
Range("B13").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Výsledky").Select

```

```

        Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
        Sheets("Modelový_příklad").Select
        ActiveWindow.SmallScroll Down:=-21
        Range("B49").Select
        Application.CutCopyMode = False
        Selection.Copy
        Sheets("Výsledky").Select
        Range("B7").Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
        Range("B8").Select
        Sheets("Modelový_příklad").Select
        ActiveWindow.SmallScroll Down:=-21
        Range("D12").Select
        Application.CutCopyMode = False
        Selection.Copy
        Sheets("Výsledky").Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
        End Sub
        Sub vytvor_celou_CA()
        ' vytvor_celou_CA Makro
        '
        Application.Run
        "Model.xlsm!Nahraj_hodnoty_do_modelu_z_CA"
        Sheets("Modelový_příklad").Select
        Range("B5").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 =
        "=Výpočet_CA!RC"
        Range("B6").Select
        Sheets("Výsledky").Select
        Range("C19:V39").Select
        Selection.Copy
        Sheets("Výpočet_CA").Select
        Range("C11:V11").Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
        Sheets("Výpočet_CA").Select
        Application.Run "Model.xlsm!Tabulka_CA"
        Range("C13:V14").Select
        Application.CutCopyMode = False
        Selection.Copy
        Sheets("Výsledky").Select
        Range("C21").Select
        ActiveSheet.Paste

        Sheets("Výpočet_CA").Select
        Range("C16:V17").Select
        Application.CutCopyMode = False
        Selection.Copy
        Sheets("Výsledky").Select
        Range("C24").Select
        ActiveSheet.Paste
        Sheets("Modelový_příklad").Select
        Range("B5").Select
        Application.CutCopyMode = False

```

```

        ActiveCell.FormulaR1C1 =
        "=Modelový_příklad!R[2]C"
        Range("B6").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 =
        "=Výsledky!R[25]C"
        Range("B7").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 =
        "=Výpočet_CA!R[-2]C"
        Range("B8").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 =
        "=Výsledky!R[6]C"
        Range("B9").Select
        Sheets("Výsledky").Select
        Range("C39:V39").Select
        Selection.Copy
        Sheets("Výpočet_CA").Select
        Range("C11:V11").Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
        Application.Run "Model.xlsm!Tabulka_CA"
        Sheets("Výsledky").Select
        ActiveWindow.SmallScroll Down:=18
        Sheets("Výpočet_CA").Select
        Range("C13:V17").Select
        Application.CutCopyMode = False
        Selection.Copy
        Sheets("Výsledky").Select
        Range("C43").Select
        ActiveSheet.Paste

        Sheets("Výpočet_CA").Select
        Range("C24:V28").Select
        Application.CutCopyMode = False
        Selection.Copy
        Sheets("Výsledky").Select
        Range("C53").Select
        ActiveSheet.Paste
        Sheets("Modelový_příklad").Select
        Range("B7").Select
        Application.CutCopyMode = False
        ActiveCell.FormulaR1C1 =
        "=Výsledky!R[59]C"
        Range("B8").Select
        Sheets("Modelový_příklad").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 =
        "=Výpočet_CA!R[-3]C"
        Range("B9").Select
        Sheets("Výsledky").Select
        Range("C72:V72").Select
        Selection.Copy
        Sheets("Výpočet_CA").Select
        Range("C11:V11").Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
        Application.Run "Model.xlsm!Tabulka_CA"
        Range("C13:V17").Select
        Application.CutCopyMode = False
        Selection.Copy
        Sheets("Výsledky").Select
        Range("C75").Select
        ActiveSheet.Paste

        Sheets("Výpočet_CA").Select

```

```

Range("C24:V28").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Výsledky").Select
Range("C85").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Modelový_příklad").Select
Range("B8").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=Výsledky!R[91]C"
Range("B5").Select
Sheets("Modelový_příklad").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=Výsledky!R[93]C"
Range("B13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=Výpočet_CA!R[-8]C"
Range("B14").Select
Range("B49").Select
Sheets("Výsledky").Select
Range("C105:V105").Select
Selection.Copy
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("C11").Select
Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValuesAndNumberFormats, Operation:= _
xlNone, SkipBlanks:=False,
Transpose:=False
Application.Run "Model.xlsm!Tabulka_CA"

Range("C13:V14").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Výsledky").Select
Range("C110").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("C24:V25").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Výsledky").Select
Range("C120").Select
ActiveSheet.Paste
ActiveWindow.SmallScroll Down:=9
Range("C106:V106").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("C11").Select
Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValuesAndNumberFormats, Operation:= _
xlNone, SkipBlanks:=False,
Transpose:=False
Sheets("Modelový_příklad").Select
Range("B13").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=Výsledky!R[87]C"
Range("B14").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=15
Range("B49").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=Výpočet_CA!R[-44]C"
Range("B50").Select

Sheets("Výpočet_CA").Select
Application.Run "Model.xlsm!Tabulka_CA"
Range("C16:V17").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Výsledky").Select
Range("C113").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("C27:V28").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Výsledky").Select
Range("C123").Select
ActiveSheet.Paste
ActiveWindow.SmallScroll Down:=12
Sheets("Modelový_příklad").Select
Range("B49").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=Výsledky!R[86]C"
Range("B50").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-33
Range("D12").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=Výpočet_CA!R[-7]C[-2]"
Range("D13").Select
Sheets("Výsledky").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=15
Range("C140:V140").Select
Selection.Copy
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("C11").Select
Selection.PasteSpecial
Paste:=xlPasteValuesAndNumberFormats, Operation:= _
xlNone, SkipBlanks:=False,
Transpose:=False
Application.Run "Model.xlsm!Tabulka_CA"
Range("C13:V17").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Výsledky").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=6
Range("C144").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Výpočet_CA").Select
Range("C24:V28").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Výsledky").Select
Range("C154").Select
ActiveSheet.Paste
End Sub
Sub Nahraj_hodnoty_do_modelu_z_CA()
'
' Nahraj_hodnoty_do_modelu_z_CA Makro
'
'
'
Sheets("Modelový_příklad").Select
Range("B5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=Výsledky!R[-
1]C"
Range("B6").Select

```

1]C"	ActiveCell.FormulaR1C1 = "=Výsledky!R[-	4]C[-2]"	ActiveCell.FormulaR1C1 = "=Výsledky!R[-
	Range("B7").Select		Range("B49").Select
5]C"	ActiveCell.FormulaR1C1 = "=Výsledky!R[-	42]C"	ActiveCell.FormulaR1C1 = "=Výsledky!R[-
	Range("B8").Select		Range("B13").Select
5]C"	ActiveCell.FormulaR1C1 = "=Výsledky!R[-	7]C"	ActiveCell.FormulaR1C1 = "=Výsledky!R[-
	Range("D12").Select		Range("B14").Select
			End Sub

Příloha 10: Graf odhadovaného časového průběhu výdajů na pokrytí závazků na uložení RAO a VJP ve Švýcarsku

