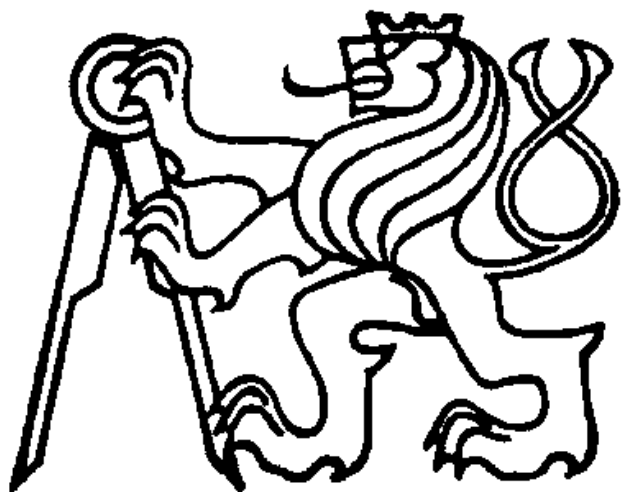


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE



TEZE K DISERTAČNÍ PRÁCI

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Ing. Ladislav Havlíček

Zajištění pokrytí dlouhodobých závazků provozovatele jaderného zařízení

Doktorský studijní program: Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: *2608V003 Řízení a ekonomika podniku*

Teze disertace k získání akademického titulu "doktor", ve zkratce "Ph.D."

Praha, květen 2012

Disertační práce byla vypracována v kombinované formě doktorského studia na katedře ekonomiky, manažerství a humanitních věd Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

Uchazeč: Ing. Ladislav Havlíček
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd
Fakulta elektrotechnická ČVUT
Zikova 4, 166 29, Praha 6

Školitel: Doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd
Fakulta elektrotechnická ČVUT
Zikova 4, 166 29, Praha 6

Školitel-specialista: nebyl jmenován

Oponenti:

.....

.....

Teze byly rozeslány dne:

Obhajoba disertace se koná dne v hod. před komisí pro obhajobu disertační práce ve studijním oboru (*název*) v zasedací místnosti č Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

S disertací je možno se seznámit na děkanátu Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze, na oddělení pro vědu, výzkum a zahraniční styky, Technická 2, Praha 6.

předseda komise pro obhajobu disertační práce
ve studijním oboru
Řízení a ekonomika podniku
Fakulta elektrotechnická ČVUT,
Technická 2, 1666 29 Praha 6

1. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Ve své práci jsem se zabýval dlouhodobými závazky provozovatele JZ spojenými s palivovým cyklem JE. Jedná se především o nakládání s RaO a VJP a vyřazování JZ z provozu. Koncept závazků, tak jak je odvozen a definován v úvodní části práce, začal být v palivovém cyklu postupně implementován od konce 80. let. Stále však existují mezi jednotlivými státy velké rozdíly v dosažené úrovni zavedení systému zajištění pokrytí závazků. Z tohoto pohledu země EU patří mezi státy, kde je systém zajištění dlouhodobých závazků v pokročilem stadiu implementace a riziko nepokrytí závazku je minimalizováno. Pokud jde o ČR, systém zavedený v roce 1997 vydaným AZ patří i v rámci zemí EU k těm nejpropracovanějším. Potvrdila to i Směrnice zřizující rámec EU pro odpovědné a bezpečné nakládání s RaO, která byla schválena v červenci 2011. Její požadavky jsou v souladu s existující legislativou ČR a přijetí požadavků Směrnice bude vyžadovat minimální změny v AZ.

Správné ohodnocení budoucích závazků provozovatele JZ je zásadní pro vytvoření dostatečných rezerv pro pokrytí závazků. Pokud je tvorba rezervy správně stanovena a její prostředky jsou zhodnocovány v souladu s předpoklady, nedochází k přenesení nákladů spojených s využíváním JZ na budoucí generace a provozovatelé JE se pohybují na nedeformovaném trhu. Otázka vyřešení závazků spojených s nakládáním s RaO a VJP zůstává jednou ze základních námitek odpůrců dalšího využití jaderné energetiky. To se potvrzuje při procesu EIA na nové bloky plánované v JE Temelín. Problematiky pokrytí dlouhodobých jaderných závazků se týkala podstatná část v procesu EIA vznesených připomínek. V úvodní části mého doktorandského studia, kdy jsem publikoval články shrnující dlouhodobé závazky provozovatele JE a systém jejich pokrytí v ČR, jsem byl překvapen pozitivním ohlasem článků zejména mezi odbornou a projadernou veřejností, na druhou stranu bylo nečekané, jak malé povědomí o těchto otázkách existovalo i mezi jadernými odborníky. Domnívám se, že je úlohou státu např. prostřednictvím SÚRAO jasně a srozumitelně komunikovat, jakým způsobem bude otázka RaO a VJP vyřešena, jakou formou probíhá akumulace finančních prostředků a zda se daří dosahovat předpokladů, na základě kterých byla tvorba rezervy stanovena.

1.1. Obecná definice závazku

Ve zcela obecném smyslu je závazek (ve smyslu anglického termínu liability) vykládán pro danou osobu jako určitá překážka pro její další konání. Závazek staví takovou osobu do komparativně nevýhodné pozice vůči osobám, jež daný závazek nemají. Je zdůrazněn aspekt okamžiku vzniku závazku a podmínky jeho trvání. Dalším důležitým aspektem je nutnost existence strany vůči níž povinnost, dluh nebo zodpovědnost vzniká a v neposlední řadě význam pravděpodobnosti vzniku dané situace. Z právního pohledu ve standardních západních právních systémech [1] je závazek obecně definován jako zodpovědnost, povinnost nebo břímě, stav osoby, kdy je vázána zákonem učinit něco, co může být podle práva vymáháno. Závazek může vznikat na základě uzavřeného smluvního vztahu, ať již přímo nebo nepřímo. Za takový smluvní vztah lze považovat i podnikání (provozování činnosti určitého ekonomického subjektu) v podmínkách právního rámce stanoveného státem či případně nadnárodním subjektem.

1.2 Závazek z pohledu IFRS

IFRS (International Financial Reporting Standards [1]), dříve IAS (International Accounting Standards) představují soubor mezinárodních směrnic pro vedení účetnictví a sestavování účetních závěrek [2]. Tyto standardy sestavuje Rada pro mezinárodní účetní standardy (International Accounting Standards Board, IASB), a jejich cílem je dosažení vysoké míry srovnatelnosti a transparentnosti účetních závěrek v celosvětovém rozsahu. Důraz je kladen na zjištění reálné hodnoty podniku (fair value). Taková informace je důležitá nejen pro stávající nebo potenciální akcionáře, ale i pro věřitele. Veškeré společnosti veřejně obchodované na burzách EU, tedy i provozovatel JE v ČR ČEZ, a. s., jsou od 1. ledna 2005 povinny vykazovat své konsolidované finanční výkazy v souladu s IFRS. V praxi se tedy jedná o účetní závěrky všech těchto společností od roku 2005. Pro stanovení závazků je zásadní standard IAS 37 Rezervy, eventuální závazky a aktiva (Provisions, Contingent Liabilities and Contingent Assets). Standard IAS 37 [3] definuje a rozlišuje rezervu a podmíněný závazek

- Závazek označuje současnou povinnost účetní jednotky převést hospodářské užitky jako důsledek minulých transakcí nebo událostí. Vypořádání závazku způsobí účetní jednotce odtok prostředků představujících ekonomický prospěch. Rezerva je pak definována jako závazek s nejistým časovým určením a vyšší budoucích výdajů nezbytných k jejich vypořádání.
- Podmíněný závazek je možný závazek, který vznikl jako důsledek minulých událostí a jehož existence bude potvrzena, pouze pokud dojde (nebo naopak nedojde) k jedné nebo více nejistým událostem v budoucnosti, které nejsou zcela pod kontrolou účetní jednotky. Podmíněným závazkem může být rovněž existující závazek, který vznikl jako důsledek minulé události, avšak není vykázán v rozvaze, protože není pravděpodobné, že k vyrovnání závazku bude nezbytný odtok prostředků představujících ekonomický prospěch či částka závazku nemůže být s dostatečnou mírou spolehlivosti vyčíslena.

Závazek může být vyžadován legislativou (legal liability) nebo může být předpokládán (construed liability). V tomto případě společnost (tedy i provozovatel JE) svými zvyklostmi či svým opakovaným chováním v minulosti, uvedením v politice společnosti, ale třeba i prohlášením zástupce firmy dává vzniknout závazku. Oba typy závazků mají stejný dopad do účetnictví společnosti. Pokud jsou budoucí platby pravděpodobné a lze je s určitou spolehlivostí již dnes odhadnout (obě podmínky jsou nutné), musí společnost na své závazky tvořit rezervu. Standard definuje rezervu jako závazek neurčité výše a časování. Vytvořená rezerva dle mezinárodních účetních standardů odpovídá nejlepšímu odhadu nákladů na vyrovnání současného závazku k rozvahovému dni. Tento odhad vyjádřený v cenové úrovni k datu provedení odhadu je diskontován za použití odhadované dlouhodobé reálné úrokové míry tak, aby se zohlednilo časové rozložení výdajů.

Počáteční diskontované náklady se aktivují jako součást dlouhodobého hmotného majetku a poté jsou odpisovány po dobu životnosti jaderných elektráren. Rezerva je každoročně zvyšována o odhadovanou míru inflace a reálnou úrokovou míru. Tyto náklady jsou ve výkazu zisku a ztráty vyjádřeny jako součást úrokových nákladů. Standard IAS tedy definuje, jakým způsobem závazky kvantifikovat a vyčíslit v rozvaze firmy, aby bylo dosaženo srovnatelnosti při porovnání závazků provozovatelů JE v různých zemích.

2. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

V disertační práci jsem si jako první cíl stanovil komplexní a systematické shrnutí současného stavu problematiky závazků v přední a zadní části PC ve světě i v ČR jako teoretického východiska pro další práci v rámci stanoveného úkolu. To představuje formulovat východiska v technické oblasti – výstupem bude ucelený popis celého palivového cyklu JE v jeho hlavních variantách. Návazně je potřeba shrnout teoretická východiska v ekonomické a právní oblasti. Zde se jedná o shrnutí souvisejících finančních a účetních dopadů, ekonomické teorie a souvisejícího legislativního rámce. Samostatně bude pro existující rámec nakládání s VJP a RaO provedena podrobná analýza dlouhodobých závazků provozovatele JE v ČR.

Modelování budoucích závazků a jejich pokrytí představuje v principu dvě návazné úlohy. V první fázi je potřeba ocenit výši budoucího závazku, ve druhé fázi je potřeba stanovit průběžnou tvorbu finanční rezervy, aby byly prostředky k pokrytí závazku k dispozici v okamžiku potřeby. Při stanovení finančního vyjádření závazku se setkáváme s problémem nejistoty a neurčitosti, který je nevyhnutelně spojen s prognózováním budoucích finančních toků spojených s pokrytím závazku a zhodnocováním vytvořených rezerv. Mým cílem je vytvořit model pro stanovení výše tvorby rezervy založený na deterministickém a dosud v ČR pro tyto účely nepoužívaném pravděpodobnostním přístupem k zahrnutí nejistoty při stanovení závazku. Oba vytvořené modely budou následně použity pro vyčíslení velikosti vybraných závazků provozovatele JE v ČR. Dále bych chtěl v souvislosti s plánovanou výstavbou nových bloků a aktualizací projektu HÚ provést ověření, zda současná tvorba rezervy na ukládání VJP a RaO je stále dostatečná na pokrytí budoucích nákladů HÚ. Pro nově zavedený pravděpodobnostní přístup bych chtěl navrhnout jeho využití při stanovení závazku provozovatele JE.

Dalším cílem je posoudit aplikovatelnost aparátu reálných opcí v oblasti ekonomického hodnocení v PC a modelování dlouhodobých závazků a pokusit se o praktickou aplikaci v oblasti stanovení závazků provozovatele JZ.

3. METODY ZPRACOVÁNÍ

3.1 Charakterizace systému nakládání s RaO a VJP

První část práce je věnována relativně podrobnému komplexnímu popisu otevřeného a uzavřeného PC JE. Tato část umožňuje pochopit podstatu všech dlouhodobých závazků provozovatele JE spojených s palivovým cyklem. V další části byly uvedeny právní, účetní a daňové dopady dlouhodobých závazků na provozovatele JE. Ve třetí části je podrobně popsán rámec nakládání s VJP a RaO v České republice. Je prezentován způsob výpočtu jednotlivých rezerv na pokrytí dlouhodobých závazků a výsledky těchto výpočtů. V další kapitole je uveden rámec legislativy v EU a představena Směrnice Rady 2011/70/EURATOM, kterou se stanoví rámec společenství pro odpovědné a bezpečné nakládání s VJP a RaO. [5]

Dále jsem odvodil deterministický model pro výpočet roční tvorby rezervy na pokrytí budoucího závazku v závislosti na vstupních parametrech – budoucích nákladech, jejich eskalaci, výnosu z investování volných prostředků rezervy a objemu výroby v JE.

3.2 Metody stanovení závazku a výše tvorby rezervy

Deterministický model pro stanovení výše závazku a související tvorby rezervy je založen na požadavku, aby bilance cash-flow za celý životní cyklus závazku byla rovna nule[4]. Při návrhu modelu je potřeba rozhodnout, zda tvorba rezervy bude vztažena na jednotku produkce, tj. v případě JE jednotka vyrobené elektřiny nebo tepla), nebo zda bude rezerva tvořena časově (tj. po dobu provozu JE) bez vlivu výše produkce JE v konkrétním roce. Volba mezi těmito alternativami závisí na tom, výše závazku je ovlivněna výší produkce v daném roce. Pokud jde o závazek na hospodaření s VJP a RaO (skladování a ukládání), lze říci, že produkce VJP a RaO je úměrná množství vyrobené elektřiny nebo tepla v daném roce. Proto je správné při tvorbě rezervy na pokrytí těchto závazků zvolit jako základnu pro výpočet jednotku vyrobené elektřiny (MWh) nebo tepla (GJ). V ČR stejně jako ve většině ostatních zemí byla zvolena jednotka MWh vyrobená na svorkách generátoru JE. Naopak závazek na vyřazování JE z provozu se s množstvím vyrobené elektřiny nemění. V tomto případě se používá časové stanovení tvorby rezervy.

V prvním kroku řešení je třeba stanovit náklady spojené s pokrytím závazku[2]. Vzhledem k velmi dlouhým časovým horizontům trvání závazku je velmi obtížné předikovat eskalaci nákladů a nominální zhodnocení prostředků rezervy. Při predikci eskalačních indexů na kratší období se často vychází z řad vývoje daného indexu v minulých obdobích. Pro délku časového horizontu srovnatelnou s horizontem závazků však neexistují v minulosti dostatečně dlouhé časové řady konkrétních sledovaných indexů. Dalším problémem je jejich ovlivnění v situaci extrémních stavů ekonomiky v rámci hospodářských cyklů. Proto při predikci ukazatelů eskalace nákladů doporučuji vyjít spíše ze současných hodnot těchto ukazatelů a z historických hodnot za nedávnou minulost, cca 5 – 10 let. Konzervativní přístup ke stanovení hodnot ukazatelů a periodický přepočítání modelu zvyšují pravděpodobnost vytvoření prostředků rezervy v dostatečné výši. Při výběru eskalačního koeficientu na základě svých zkušeností s vývojem cen stavebních prací a technologických zařízení

doporučují vycházet spíše z oborových indexů (ceny průmyslových výrobců) a nikoliv z obecné inflace. Pouze část nákladů vázaná na mzdy má tendenci růst v souladu s obecnou inflací. Samostatnou otázkou je predikce cen komodit.

Odhad nákladů je získán v rámci technické studie, kdy je navržena technická realizace činností spojených s pokrytím závazku a nákladové ocenění činností v pevných cenách roku zpracování odhadu:

$$N_{PZ}^{ceny roku X} = \sum_{t=1}^{t=T} N_t^{ceny roku X} \quad [\text{Kč}] \quad (5.1)$$

kde:

$N_{PZ}^{ceny roku X}$ jsou celkové náklady na pokrytí závazku v cenách roku X

$N_t^{ceny roku X}$ jsou náklady na pokrytí závazku v roce t v cenách roku X

T je rok, kdy dojde k poslednímu vynaložení nákladů na pokrytí závazku

Při modelování akumulace rezervy a jejího čerpání je nutné náklady ze stálých cen přepočíst pomocí zvolených eskalačních koeficientů na běžné ceny.

$$N_Y^{bezne ceny} = N_Y^{ceny roku X} \times \prod_{n=X}^{n=Y-1} (1 + e_n) \quad [\text{Kč}] \quad (5.2)$$

kde:

$N_Y^{bezne ceny}$ jsou náklady na pokrytí závazku v roce Y na pokrytí závazku v cenách roku X

$N_Y^{ceny roku X}$ jsou náklady na pokrytí závazku v roce Y v cenách roku X

e_n je eskalační koeficient (nárůst nákladů) v roce n, kde n se pohybuje v intervalu od roku X do roku Y

Celkové náklady na pokrytí závazku v běžných cenách vypočteme:

$$N_{PZ}^{bezne ceny} = \sum_{t=1}^{t=T} N_t^{bezne ceny} = \sum_{t=1}^{t=T} N_t^{ceny roku X} \times \prod_{n=X}^{n=t-1} (1 + e_n) \quad [\text{Kč}], \quad (5.3)$$

$$\left(\left(\left(\left(\frac{E_1 \times S_1 - N_1^1}{(1+i_1)^{0.5}} \right) \times (1+i_1) + \left(\frac{E_2 \times S_2 - N_2^2}{(1+i_2)^{0.5}} \right) \times (1+i_2) \right) + \dots + \left(\frac{E_T \times S_T - N_T^T}{(1+i_T)^{0.5}} \right) \times (1+i_T) \right) = 0 \right. \\ \left. [\text{Kč}] \quad (5.4) \right.$$

Po úpravě dostáváme následující tvar vzorce:

$$\sum_{t=1}^{t=T} \left(\frac{E_t \times S_t - N_t^t}{(1+i_t)^{0.5}} \right) \times \prod_{x=n}^t (1+i_x) = 0 \quad [\text{Kč}] \quad (5.5)$$

kde:

E_n je výroba elektřiny v roce n

S_n je sazba tvorby rezervy v roce n

N_n^n jsou náklady na pokrytí závazku v roce n cenové úrovni roku n

i_n je dosažený výnos investování volných prostředků rezervy

T rok, kdy dojde k ukončení závazku.

Pokud budeme předpokládat, že sazba stanovená pro rok 1 bude po zbytek provozu JE pravidelně zvyšována o pevně dané % p (v případě p = 0% zůstane sazba konstantní), lze výše uvedené vztahy upravit:

$$\left(\left(\left(\left(\frac{E_1 \times S_1 - N_1^1}{(1+i_1)^{0.5}} \right) \times (1+i_1) + \left(\frac{E_2 \times S_1 \times p - N_2^2}{(1+i_2)^{0.5}} \right) \times (1+i_2) \right) + \dots + \left(\frac{E_T \times S_1 \times p^{T-1} - N_T^T}{(1+i_T)^{0.5}} \right) \times (1+i_T) \right) = 0 \right. \\ \left. [\text{Kč}] \quad (5.6) \right.$$

Po úpravě dostáváme následující tvar vzorce:

$$\sum_{t=1}^{t=T} \left(\frac{E_t \times S_1 \times p^{t-1} - N_t^t}{(1+i_t)^{0.5}} \right) \times \prod_{x=n}^t (1+i_x) = 0 \quad [\text{Kč}] \quad (5.7)$$

Pokud vyjdeme z obecného modelu a provedeme zjednodušení za předpokladu konstantní tvorby rezervy, náklady vyjádřené v pevných cenách roku zpracování, lze roční tvorbu rezervy vyjádřit a vypočítat.

$$TR_1 = \frac{\sum_{n=1}^{n=T_2} N_n - ZR}{\sum_{n=1}^{n=T_1} E_n}, \quad [\text{Kč/MWh}] \quad (5.8)$$

kde:

TR_1 je roční tvorba rezervy [Kč/MWh]

N_n jsou náklady spojené se skladováním v roce n [Kč]

T_2 je poslední rok, kdy jsou takové náklady vynakládány

ZR je zůstatek rezervy na začátku roku, kdy je prováděn přepočít [Kč]

E_n je výroba elektřiny v roce n [MWh]

T_1 je poslední rok, kdy je v JE vyrobena elektřina

Deterministický model zahrnuje nejistotu spojenou s popisovanou realitou s pomocí nákladových rezerv a citlivostní analýzy. Nejistotu lze zahrnout použitím pravděpodobnostního modelu, kde je výsledkem rozdělení pravděpodobnosti určité funkce $Y = h(X)$ náhodné veličiny X [3]. Omezíme se na případy, kdy náhodná veličina X má rozdělení spojitého typu s distribuční funkcí $F(x)$ a hustotou pravděpodobnosti $f(x) = dF(x)/dx$. Je-li funkce $y = h(x)$ na množině možných hodnot x náhodné veličiny X ryze monotónní, tj. je-li $h(x)$ rostoucí nebo klesající funkcí x , má náhodná veličina $Y = h(X)$ hustotu pravděpodobnosti dle následujícího vzorce:

$$g(y) = f[h^{-1}(y)] \left| \frac{dh^{-1}(y)}{dy} \right|,$$

$$\text{kde } y = h^{-1}(y) \text{ je inverzní funkce k funkci } y = h(x) \quad (5.10)$$

Předpokládejme, že pro rozdělení pravděpodobnosti platí $Y = aX + b$, $a \neq 0$. Pak s využitím (5.10) dostaneme:

$$g(y) = f\left(\frac{y-b}{a}\right) \frac{1}{|a|}. \quad (5.11)$$

Například pro normální rozdělení platí:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \text{ kde } -\infty < x < \infty \quad (5.12)$$

Použitím vzorce (5.12) získáme odpovídající hustotu pravděpodobnosti $g(y)$ náhodné veličiny

$$Y = \frac{X-\mu}{\sigma} = \left(\frac{1}{\sigma}\right) X - \mu/\sigma:$$

$$g(y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y)^2}{2}} \sigma = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y)^2}{2}}, \text{ kde platí } -\infty < y < \infty. \quad (5.13)$$

Při výpočtu tvorby rezervy na pokrytí budoucího závazku je z hlediska nejistoty potřeba zohlednit více než jeden parametr modelu. Jak bylo ukázáno v deterministickém modelu, roční tvorba rezervy závisí na odhadu budoucích nákladů, meziroční eskalaci nákladů, sazbě úročení vytvořených prostředků a objemu budoucí výroby v JE. Z hlediska pravděpodobnostního modelu se jedná o úlohu, kde výsledek je funkcí n náhodných veličin. Budeme uvažovat n rozměrnou náhodnou veličinu $X = (X_1, \dots, X_n)$, která má sdruženou hodnotu pravděpodobnosti $f(x_1, \dots, x_n)$. Distribuční funkci $G(y)$ náhodné veličiny

$Y = h(X_1, \dots, X_n)$ získáme integrací $f(x_1, \dots, x_n)$ přes obor $h(x_1, \dots, x_n) \leq y$:

$$g(y) = P(Y \leq y) = \iint_{h(x_1, \dots, x_n)} f(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n \quad (5.14)$$

Z hlediska dalších výpočtů je důležité, zda jsou jednotlivé náhodné veličiny vzájemně závislé. Pro vzájemně nezávislé náhodné veličiny platí pravidlo

$$f(x_1, \dots, x_n) = f(x_1) \dots f(x_n). \quad (5.15)$$

Pokud je problematické nalézt explicitní analytické vyjádření funkční závislosti hledané proměnné y na několika vstupních parametrech x_i jako v případě určení sazby tvorby rezervy v Kč/MWh, není potom ani možné využít postup pro nalezení náhodné veličiny Y jako funkce více náhodných proměnných X_i . Přesto se domnívám, že existuje metoda, která umožní získat aproximaci takového pravděpodobnostního rozdělení. Pro řešení úlohy výpočtu sazby na jednotku vyrobené energie jsem navrhl metodu diskretizace pravděpodobnostního rozdělení. Spojité pravděpodobnostní rozdělení jsem nahradil řadou bodů, které reprezentují typ rozdělení, jaký má daná vstupní veličina. Pro všechny kombinace takovýchto diskretních aproximací je stanovena pravděpodobnost. Pomocí numerického řešení deterministického modelu je v jednotlivých bodech získána i hodnota výsledné sazby. Proložení jednotlivých bodů můžeme získat pravděpodobnostní rozdělení potřebné tvorby sazby. Tato úloha se dá prakticky a přehledně řešit do úrovně tří vstupních proměnných reprezentovaných náhodnou veličinou. Na základě získané křivky $g(y) = h(x_1, x_2)$ jsem pak navrhl možné využití pravděpodobnostního modelu při stanovení tvorby rezervy.

Předpokládejme, že existuje funkce $y = h(x_1, \dots, x_n)$. Přestože neznáme explicitní zápis funkce, pomocí numerického řešení deterministického modelu realizovaného v prostředí MS Excel dokážeme pro každou kombinaci vstupních hodnot x_1, \dots, x_n nalézt hodnotu y . Nahraďme rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny $f(x_i)$ vhodně zvoleným diskretním rozdělením $X_i = \{x_{i1}, \dots, x_{im}\}$, které pro další výpočty nahradí spojité rozdělení $f(x_i)$. Pro X platí,

že $\sum_{j=1}^m (P(X = x_{ij})) = 1$. Počet zvolených bodů je do určité míry kompromisem mezi přesností aproximace spojitěho rozdělení a výpočetní náročností. Pravděpodobnost každému x_{ij} přiřadíme tak, že vypočteme pravděpodobnosti dosazením do vzorce popisujícího zvolené spojité rozdělení (normální rozdělení, logaritmické, ...) a stanovíme jeho

hodnotu. Aby byla splněna podmínka $\sum_{j=1}^m (P(X = x_{ij})) = 1$ provedeme korekci pravděpodobnosti podle následujícího vzorce:

$$P(X = x_{ij}) = P'(X = x_{ij}) \frac{1}{\sum_{j=1}^m (P'(X = x_{ij}))} \quad (5.17)$$

kde:

$P(X = x_{ij})$ je hledaná pravděpodobnost hodnoty j aproximace rozdělení $f(x_i)$

$P'(X = x_{ij})$ je pravděpodobnost hodnoty j aproximace rozdělení i stanovená dosazením do vzorce popisujícího spojitěho rozdělení $f(x_i)$

Pokud platí vzájemná nezávislost uvažovaných náhodných veličin, pravděpodobnost dané kombinace dvou diskretních reprezentací spojitěho rozdělení určíme jako součin pravděpodobností těchto diskretních reprezentací:

$$P(X_1 = x_1, X_2 = x_2) = P(X_1 = x_1)P(X_2 = x_2), \quad (5.18)$$

kde x_1, x_2 hodnoty spojitých náhodných veličin v bodě jejich diskretní aproximace.

V případě, že by náhodné veličiny X_1 a X_2 byly vzájemně závislé, vypočteme sdruženou pravděpodobnostní funkci $P(X_1 = x_1, X_2 = x_2)$ jako součin marginální pravděpodobnostní funkce jedné z těchto veličin a podmíněné pravděpodobnostní funkce druhé veličiny.

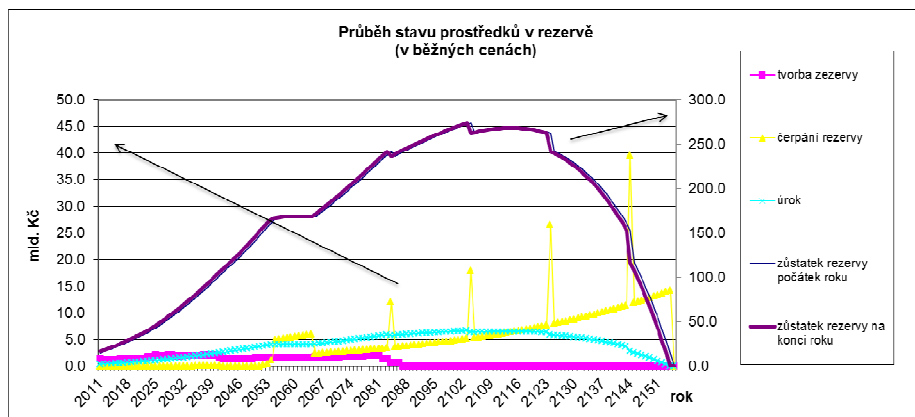
$$P(X_1 = x_1, X_2 = x_2) = P(X_1 = x_1)P(X_2 = x_2 | X_1 = x_1) = P(X_2 = x_2)P(X_1 = x_1 | X_2 = x_2),$$

$$\text{kde } P(X_i = x_i) > 0$$

(5.19)

4. VÝSLEDKY

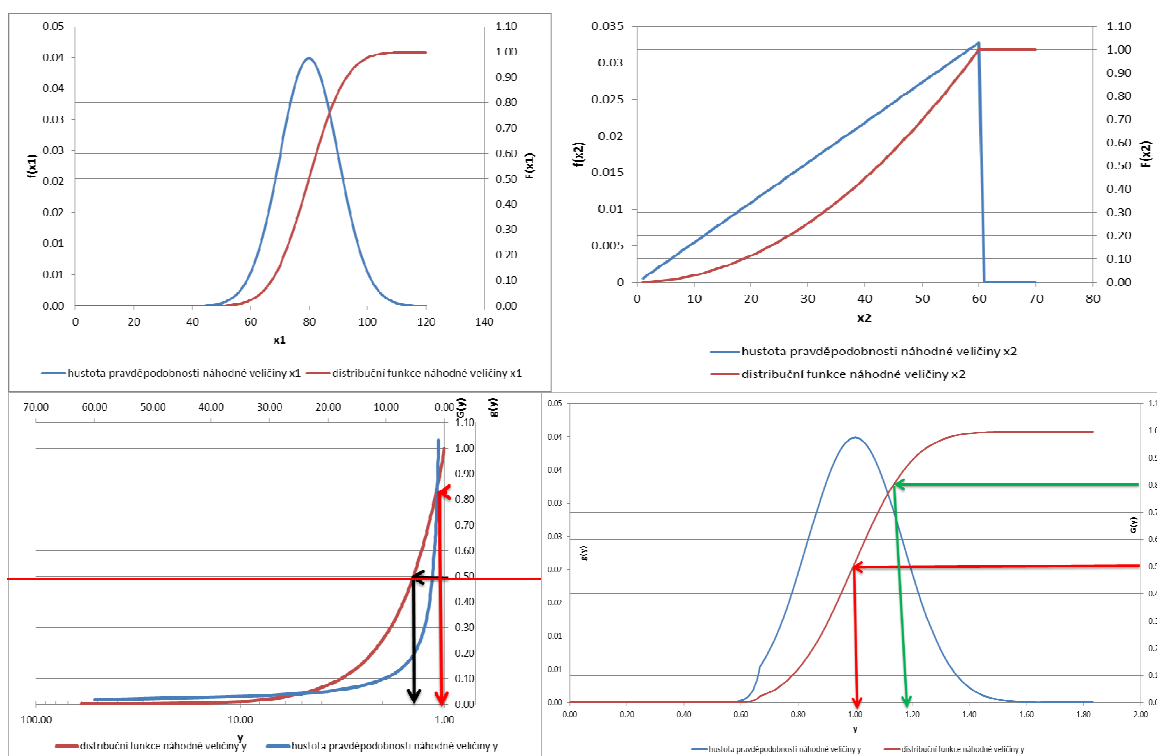
Nepodařilo se mi v deterministickém modelu explicitně analyticky vyjádřit vzorec pro výpočet sazby S . Úlohu však lze vyřešit s pomocí numerických metod. Použil jsem řešitele v tabulkovém procesoru MS Excel.



Graf č. 1 – tvorba a čerpání jaderného účtu – výsledek deterministického modelu-

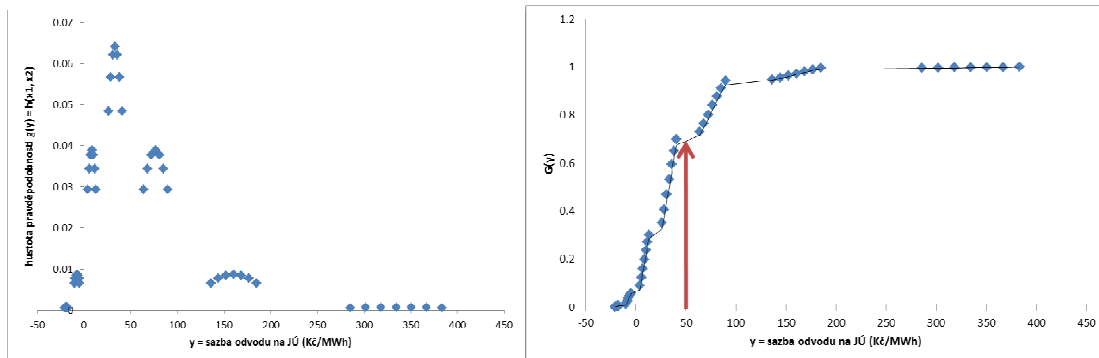
Součástí výpočtu byla i citlivostní analýzy – nejvýznamnější vliv má výnos z volných prostředků jaderného účtu:

		vstupní parametry			sazba Kč/MWh			delta sazby		% změny sazby	
		100%	95%	105%	100%	95%	105%	95%	105%	95%	105%
cena HÚ	mld. Kč	106.3	100.99	111.62	40.91	38.24	43.58	-2.67	2.67	-7%	7%
úroková míra	%	2.50%	2.38%	2.63%	40.91	45.06	37.05	4.15	-3.86	10%	-9%
eskalace nákladů	%	2%	1.90%	2.10%	40.91	36.74	45.47	-4.17	4.56	-10%	11%
výroba JE	(TWh)	2 137	2030.2	2243.9	40.91	43.07	38.97	2.16	-1.94	5%	-5%



Graf č. 2- - příklady výpočtu tvorby rezervy jako náhodné veličiny

V následujícím grafu je uveden výsledek diskrétní aproximace náhodného rozdělení ceny odvodu na jaderný účet v závislosti na náhodných veličinách nákladů HÚ a výnosu z investování prostředků



Graf č. 3 – výsledek diskretní aproximace náhodné veličiny výše odvodu na jaderný účet

5. ZÁVĚR

Výsledky výpočtu deterministického modelu potvrdily, že současná výše odvodu na jaderný účet je dostatečná, pokud budeme v budoucnu předpokládat drobné meziroční navyšování odvodu. Citlivostní analýza potvrdila, že největší vliv na výsledek výpočtu má výnos z investování volných prostředků JÚ.

Navržená metodika diskretizace náhodné veličiny je plně použitelná pro stanovení pravděpodobnostního rozdělení výše odvodu. Zásadní podmínkou pro získání správného výsledku je určení správného pravděpodobnostního rozdělení vstupních parametrů. Této oblasti je například ve Švédsku věnována velká pozornost a pravděpodobnosti jsou dlouhodobě stanovovány experty SKB. Pokud by se podařilo získat takovéto věrohodné vstupy i pro výpočet odvodu na JÚ v ČR, navrhuji vyměřit sazbu odvodu pro úroveň 50% pravděpodobnosti, že náklady projektu nepřekročí předpokládanou částku. Plátce na JÚ by pak musel poskytnout garance na rozdíl mezi náklady, kterých bude dosaženo s pravděpodobností 80% a náklady při 50% pravděpodobnosti.

Domnívám se, že by bylo vhodné ve stávajícím systému zajištění závazků provozovatelů JZ v ČR posoudit provedení určitých změn. Předpis pro výpočet tvorby roční rezervy na vyřazování JZ z provozu, tak jak je stanoven vyhláškou MPO, není zcela v souladu s principy minimalizujícími riziko. Základnou pro stanovení tvorby rezervy by neměl být časový horizont procesu vyřazování, ale časový horizont provozu JE. Zároveň není v souladu se zásadami ošetřena část nákladů provozovatele JE spojená s nákupem skladovacích kontejnerů a provozem skladu VJP, která bude vynakládána po ukončení provozu JE. Tyto náklady by měly být předmětem tvorby obdobné rezervy, jaká je tvořena pro účely vyřazování JZ z provozu. Pokud však bude realizována výstavba nových jaderných bloků v ČR, výrazně se prodlouží doba, po kterou v systému pro zajištění budoucích závazků budou generovány prostředky. Systém bude stabilnější a bude schopen se lépe vyrovnat se svými nedokonalostmi a odchylkami mezi prognózami a skutečností.

Seznam v teziích použité literatury

- [1] International Accounting Standard IAS 37 Provisions, Contingent Liabilities and Contingent Assets
- [2] Kislíngrová, E. et al. Manažerské finance, 1. Vydání. Praha 2004. C.H. Beck. ISBN 80-7179-802-9
- [3] Likeš, J. – Machek, J. Počet pravděpodobnosti, Matematiky pro vysoké školy technické. SNTL – nakladatelství technické literatury. n.p. 1. Vydání. Praha 1982
- [4] Nařízení vlády č. 416/2002 Sb., kterým se stanoví výše odvodu a způsob jeho placení původci radioaktivních odpadů na jaderný účet a roční výše příspěvku obcím a pravidla jeho poskytování.
- [5] SMĚRNICE RADY 2011/70/EURATOM ze dne 19. července 2011, kterou se stanoví rámec Společenství pro odpovědné a bezpečné nakládání s vyhořelým palivem a radioaktivním odpadem, Úřední věstník Evropské unie, 9 stran. L199/48

L. Havlíček - Seznam vlastních publikací:

PUBLIKACE VZTAHUJÍCÍ SE K TÉMATU DISERTAČNÍ PRÁCE

publikace v impaktovaných časopisech:

recenzovaných časopisech:

NUCLEAR FUEL CYCLE EVALUATION AND REAL OPTIONS

Havlíček L.: In: Acta Polytechnica. – ISSN 1210-2709. – Vol. 48, no. 3 (2008), s. 30-34

EXTENDING THE LIFE TIME OF A NUCLEAR POWER PLANT: IMPACT ON NUCLEAR LIABILITIES IN THE CZECH REPUBLIC

Havlíček L.: In: Acta Polytechnica. – ISSN 1210-2709. – Vol. 47, no. 4-5 (2007), s. 38-42

FINANCING OF LIABILITIES BEYOND THE SERVICE LIFE OF NUCLEAR INSTALLATIONS

Havlíček L.: In: Acta Polytechnica Vol. 46 No.4/2006, nakladatelství ČVUT, březen 2007

patenty:

publikace excerptované WOS:

publikace ostatní:

FUEL SUPPLY CHAIN AND EVOLUTION IN MARKETS OF NUCLEAR MATERIAL AND SERVICES

Havlíček L.: In: Konference Nuclear Power Generation Forum, MarcusEvans 8.10.2010 Amsterdam

OPTIMISING FUEL SUPPLY CHAIN, TEMELÍN 3&4 PROJECT

Havlíček L.: In: Konference Nuclear Power Generation Forum, MarcusEvans 16.11.2009 Budapest

NUCLEAR FUEL CYCLE EVALUATION AND REAL OPTIONS

Havlíček L.: In: Konference POSTER 2008, květen 2008

POKRYTÍ ZÁVAZKŮ PO UKONČENÍ PROVOZU JE ANEB NENÍ DŮVOD, ABY NÁS NAŠI POTOMCI PROKLÍNALI

Havlíček L.: In: časopis Energie kolem nás, 2/2007

IMPACT ON NUCLEAR LIABILITIES ASSOCIATED WITH NUCLEAR POWER PLANT LIFE-TIME EXTENSION

Havlíček L.: In: Konference POSTER 2007, květen 2007

POKRYTÍ ZÁVAZKŮ SPOJENÝCH S PALIVOVÝM CYKLEM PO UKONČENÍ PROVOZU ELEKTRÁRNY – TEORIE A PRAXE V ČR

Havlíček L.: In: Jaderná energetika v pracích mladé generace – 2006, VUT v Brně/ČVTS/ČNS/Energovýzkum

Přetištěno Zpravodajem ČNS

Přejato: <http://proatom.luksoft.cz/view.php?cislocianku=2007020201>, k 30.8.2011 1667 přečtení

NUCLEAR FUEL CYCLE BACK-END AND ITS FINANCING

Havlíček L.: In konference ELEN 2006, září 2006

FINANCING OF LIABILITIES BEYOND THE SERVICE LIFE OF NUCLEAR INSTALLATIONS

Havlíček L.: In: Konference POSTER 2006, květen 2006

OSTATNÍ PUBLIKACE

publikace v impaktovaných časopisech:

recenzovaných časopisech:

patenty:

publikace excerptované WOS:

publikace ostatní:

NPP TEMELÍN OPERATION EXPERIENCE

Havlíček L.: In: Konference General TUG meeting, Praha, April 2012

WATER CHEMISTRY REGIME WITH RESPECT TO FUEL PERFORMANCE IN NPP TEMELÍN

Havlíček L., Štaubr R.: In: Konference General TUG meeting, Bristol, October 2010

NPP TEMELÍN OPERATION EXPERIENCE

Havlíček L.: In: Konference General TUG meeting, Bristol, October 2010

BURNUP OPTIMUM

Havlíček L.: In: Konference General TUG meeting, Madrid, September 2009

NPP TEMELÍN OPERATION EXPERIENCE

Havlíček L.: In: Konference General TUG meeting, Madrid, September 2009

POWER UPRATE AND POWER INCREASING IN NPP TEMELÍN

Havlíček L., Štaubr R.: In: Konference TUG Nuclear Physics Group, Madrid, September 2009

ZERO BY 10 IN NPP TEMELÍN

Havlíček L.: In: Konference General TUG meeting, Čatež - Brežice October 2008

NPP TEMELÍN OPERATION EXPERIENCE

Havlíček L.: In: Konference General TUG meeting, Čatež - Brežice October 2008

PRIMARY FLOW RATE DETERMINATION IN NPP TEMELÍN

Štaubr R., Havlíček L.: In: Konference TUG Nuclear Physics Group, Čatež - Brežice October 2008

KONVERZE URANU

Havlíček L.: In: časopis Energie kolem nás, 1/2008

NPP TEMELÍN OPERATION EXPERIENCE

Havlíček L.: In: Konference General TUG meeting, Engelberg March 2007

CENY URANU Z ŘETĚZU UTRŽENÉ

Havlíček L.: In: časopis Energie kolem nás, 3/2007

Ohlasy

V úvodní části mého doktorandského studia, kdy jsem publikoval články shrnující dlouhodobé závazky provozovatele JE a systém jejich pokrytí v ČR, jsem byl překvapen pozitivním ohlasem článků zejména mezi odbornou a projadernou veřejností, na druhou stranu bylo nečekané, jak malé povědomí o těchto otázkách existovalo i mezi jadernými odborníky.

SUMMARY

It is important that all costs related to the particular technology are included in the price of the final product. Nuclear technology was developed in the frame of military project and was funded from a state budget. The first Nuclear Power Plants were government owned and operated in non-competitive environment and as a result long-term liabilities were not properly accounted for. Nevertheless, following transition to the free market environment and with growing awareness of future waste technical and funding problems, individual states started to introduce frameworks and legislative bases for ensuring coverage of long-term liabilities of nuclear facility operators. There are in principle three basic long-term liabilities of a nuclear power plant operator: (i) Radioactive waste management and disposal, (ii) Spent Fuel management and disposal and (iii) Decommissioning of nuclear facilities. In the first part of this work detailed description of nuclear power plant open and closed fuel cycle is presented. Individual steps are reviewed in detail in order to develop technological bases for definition of liabilities as well as technical solutions to tackle the liabilities. Then legal bases for liability concept are discussed together with impact on operators accounting, balance sheet and decision making. General overview is complemented with detailed description of operator's long-term liabilities in the Czech Republic. Individual financial reserves to cover liabilities are presented including related calculation methodologies.

In the next part deterministic and probabilistic models for determination of future liability and calculation of annual reserve accrual based on generated electricity are presented. The deterministic model was used for confirmation of sufficiency of current payment to the Nuclear Account. Result of calculation and sensitivity analysis confirmed that the current fee to the Nuclear Account is still sufficient to cover future costs of Spent Fuel disposal in the Deep Geological Repository. In the next part probabilistic concept was introduced in calculation of liabilities and reserve accrual. The calculation was performed for two continuous probabilistic variables, but only for selected simplified cases. I did not succeed to find the implicit analytical formula for calculation of annual reserve accrual. The deterministic model was solved only using numeric methods built in MS Excel. In order to be able use probabilistic concept I proposed a procedure how to approximate continuous probabilistic distributions by discrete distribution. Then deterministic model is used to find value of reserve accrual in individual combinations of discrete distributions values. In parallel the probability of calculated value is found. We get two or three dimensional discrete distribution of reserve accrual value and its probability in several points. In two dimensional space those points can be graphically interspersed by continuous two dimensional probabilistic distribution. Recommendation how to use probabilistic approach in funding of long-term liabilities is presented. Finally the concept of real option is introduced and used to evaluate fuel cycle related real option. Firstly the real option of a nuclear utility "to put-off uranium procurement" is calculated. Secondly real option "to switch from open fuel cycle to closed fuel cycle" is assessed. Despite real option concept is valuable tool for economic evaluation in the nuclear fuel cycle analysis I do not recommend to use it as a tool for determination of reserve accrual. Real options are highly speculative and use in liability calculation would be against caution accounting principle.

SHRNUTÍ

Výsledky výpočtu deterministického modelu potvrdily, že současná výše odvodu na jaderný účet je dostatečná, pokud budeme v budoucnu předpokládat drobné meziroční navyšování odvodu. Citlivostní analýza potvrdila, že největší vliv na výsledek výpočtu má výnos z investování volných prostředků JÚ.

Navržená metodika diskretizace náhodné veličiny je plně použitelná pro stanovení pravděpodobnostního rozdělení výše odvodu. Zásadní podmínkou pro získání správného výsledku je určení správného pravděpodobnostního rozdělení vstupních parametrů. Této oblasti je například ve Švédsku věnována velká pozornost a pravděpodobnosti jsou dlouhodobě stanovovány experty SKB. Pokud by se podařilo získat takovéto věrohodné vstupy i pro výpočet odvodu na JÚ v ČR, navrhuji vyměřit sazbu odvodu pro úroveň 50% pravděpodobnosti, že náklady projektu nepřekročí předpokládanou částku. Plátce na JÚ by pak musel poskytnout garance na rozdíl mezi náklady, kterých bude dosaženo s pravděpodobností 80% a náklady při 50% pravděpodobnosti.