

JUDr. Martin Macášek

Autoreferát dizertačnej práce

Optimalizácia podmienok pre prípravu bezpečného vyrad'ovania jadrových elektrární

na získanie akademického titulu: philosophiae doctor, PhD.

v doktorandskom študijnom programe: Jadrová energetika

v študijnom odbore: Elektrotechnika

Forma štúdia: externá

Miesto a dátum: Bratislava, 2022

Dizertačná práca bola vypracovaná na: Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ústav jadrového a fyzikálneho inžinierstva

Predkladateľ: JUDr. Martin Macášek
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ústav jadrového a fyzikálneho inžinierstva
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava

Školiteľ: prof. Ing. Vladimír Slugeň, DrSc.
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ústav jadrového a fyzikálneho inžinierstva
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava

Oponenti:

Autoreferát bol rozoslaný:

Obhajoba diz. práce sa bude konať dňa:

na: Slovenská Technická Univerzita v Bratislave
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ústav jadrového a fyzikálneho inžinierstva
Miestnosť číslo:

Prof. Dr. Ing. Miloš Oravec
Dekan FEI STU

Obsah

1. Úvod.....	4
2. Ciele	4
3. Súčasný stav problematiky.....	5
3.1. Vyradovanie jadrových zariadení z prevádzky.....	5
3.2. Financovanie vyradovania JZ	7
3.3. Koncepčné plány vyradovania	8
3.3.1. Obsah koncepčného plánu vyradovania.....	9
3.4. Stav a rozsah rádioaktívnych odpadov na Slovensku	12
4. Právny rámec legislatívy Slovenskej republiky pre oblasť zadnej časti jadrovej energetiky	16
5. Identifikované riziká a odporúčania do budúcnosti	16
6. Závery, prínosy pre prax a rozvoj vednej disciplíny.....	17
7. Zoznam použitej literatúry	19
8. Publikačná činnosť autora	21
9. Summary.....	24

1. Úvod

Jadrová energetika je významnou súčasťou svetových energetických zdrojov. Hoci komerčné jadrové energetické reaktory aktuálne prevádzkuje iba 32 krajín sveta a ich výkon predstavuje cca 6% podiel na celkovej vyrobenej elektrickej energii.

Súčasne, ako celosvetovo jediné priemyselné odvetvie, systémovo rieši aj problém optimalizácie podmienok pre prípravu bezpečnej a úplnej likvidácie svojich zariadení a odpadu, ktorý vznikol tak za prevádzky, ako i počas finálneho štádia vyradovania jadrových zariadení. To sa realizuje nielen vývinom vhodných a technologicky realizovateľných postupov na spracovanie rádioaktívneho odpadu, ale počas celého obdobia prevádzky jadrových zariadení aj kontinuálnym výberom finančných prostriedkov na ich realizáciu pri záverečnom vyradovaní jadrových zariadení, nakladaní s pri tom vznikajúcimi rádioaktívnymi odpadmi, ako aj ich finálnym uložením (teda aj vrátane prípravy, budovania a prevádzky úložísk).

Hoci technologicky ide o realizovateľné projekty, z dôvodu rôznych právnych systémov, ekonomickej sily a historického vývoja v krajinách, ktoré prevádzkujú jadrové energetické reaktory, vznikli odlišné systémy, ktoré majú zabezpečiť realizáciu uvedených činností. Tak legislatívou, ako aj vecným stavom a pripravenosťou krajiny dané činnosti realizovať. Súčasne však svetová prax ukazuje, že hlavným kľúčom k technologickej, jadrovej a radiačnej bezpečnosti prác a postupov je dostatok finančných zdrojov potrebných na ich realizáciu. Z tohto dôvodu sa v práci sústredím aj na spôsob zabezpečenia dostatku finančných zdrojov na uvedené činnosti. Ich získanie a stabilná správa je skutočne prvým a najdôležitejším systémovým krokom optimalizácie podmienok pre vyradovanie práve zabezpečenie dostatočného objemu finančných prostriedkov – v očakávanom objeme a prístupných v potrebnom čase. Kontinuálne a bez výkyvov.

Z tohto dôvodu je práca vnútorne členená na teoretickú a argumentačno-optimalizačnú časť. V jej prvej, teoretickej časti, opisujem celkovú medzinárodnú situáciu vo vyradovaní, plánovanie vyradovania prostredníctvom koncepčných dokumentov, ako aj stav a rozsah rádioaktívnych odpadov na Slovensku. Nasleduje analýza legislatívneho vývoja a vývoja vlastníckych vzťahov voči jadrovým zariadeniam v SR a vplyvov legislatívy Európskej únie na slovenský právny systém. Zhodnotenie aktuálneho stavu je doplnené kľúčovou záverečnou časťou, predstavujúcou upozornenia na konkrétne riziká, resp. oblasti s prekonaným vývoj chápania problematiky.

Osobitne sa otázka dostatku finančných zdrojov dostáva do popredia pri komplexnom riešení zadnej časti jadrovej energetiky, ktorá nastupuje po ukončení obdobia ekonomicky ziskovej časti jadrového priemyslu – t.j. po ukončení prevádzky JE. Identifikovaným kľúčovým prvkom je práve priebežná optimalizácia podmienok pre prípravu bezpečného vyradovania – tak po technickej, ako aj po ekonomickej stránke.

2. Ciele

Základným cieľom dizertačnej práce je zhodnotenie a optimalizácia podmienok pre prípravu bezpečného vyradovania jadrových elektrární na Slovensku. Tomu podmienenou oblasťou je preskúmanie štátnych politík, legislatívnych predpisov pre vyradovanie, výpočtových možností rádiologického inventáru reaktorov a vznikajúcich objemov odpadov pre potreby koncepčných plánov vyradovania vo výraznom

časovom predstihu pred vyradovaním, analýzy určovania nákladov pre vyradovanie, ako aj spôsobu ich výberu a zhodnocovania v čase.

Na základe súčasného stavu problematiky a analýzy prístupov v zahraničí boli stanovené nasledovné ciele dizertačnej práce:

- 1) Definovanie systému právneho poriadku Slovenskej republiky pre oblasť bezpečného vyradovania jadrových elektrární ako časti bezpečnej implementácie všetkých činností zadnej časti jadrovej energetiky na Slovensku, t.j. od plánovania vyradovania jadrových zariadení, cez ich vyradovanie, spracovanie rádioaktívnych odpadov a skladovanie vyhorelého jadrového paliva, až po ich finálne uloženie v príslušnom type úložiska.
- 2) Analýza rozsahu a spôsobu predkladania informácií obsiahnutých v Koncepčných plánoch vyradovania.
- 3) Zhodnotenie spôsobu a rozsahu výberu finančných prostriedkov na zabezpečenie bezpečného vyradovania jadrových elektrární a činností zadnej časti jadrovej energetiky všeobecne, ako aj druhom nákladov, ktoré sú či budú oprávnené na financovanie z Národného jadrového fondu.
- 4) Analýza účinnosti zhodnocovania finančných prostriedkov pre činnosti zadnej časti jadrovej energetiky v správe Národného jadrového fondu.
- 5) Návrh možných budúcich legislatívnych zmien za účelom zefektívnenia právneho poriadku Slovenskej republiky pre oblasť realizácie aktivít zadnej časti jadrovej energetiky.

3. Súčasný stav problematiky

3.1. Vyradovanie jadrových zariadení z prevádzky

Všetky zariadenia, vrátane elektrární, bez ohľadu na zdroj ich energie, majú svoju konečnú životnosť, po prekročení ktorej nie je naďalej možné ich ekonomicky prevádzkovať. Prvé jadrové elektrárne (JE) boli projektované na životnosť približne 30 rokov, hoci prax často ukázala, že po renovácii mnohé z nich môžu pokračovať vo svojej prevádzke ďaleko za tento horizont. Nové JE sú navrhované na životnosť až 60 rokov. Avšak bez ohľadu na reálnu dobu ich prevádzky, na konci bude každú z nich nevyhnutné vyradiť a zlikvidovať. To znamená rozobrať a zlikvidovať stavebné objekty tak, aby bola lokalita sprístupnená na iné využitie.

Hlavným cieľom vyradovania je uviesť zariadenia do takéhoto stavu, aby nepredstavovali žiadne riziko pre verejnosť, pracovníkov a životné prostredie, odseparovať a bezpečne naložiť s rádioaktívnymi odpadmi a nakoniec uvoľniť zariadenia a lokalitu spod inštitucionálnej kontroly.

Pre spôsob vyradovania JZ z prevádzky Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (MAAE) definovala tri možnosti vyradovania, ktoré boli všeobecne akceptované:

- Okamžité vyradovanie
- Odložené vyradovanie
- Uzavretie (angl. Entombment)

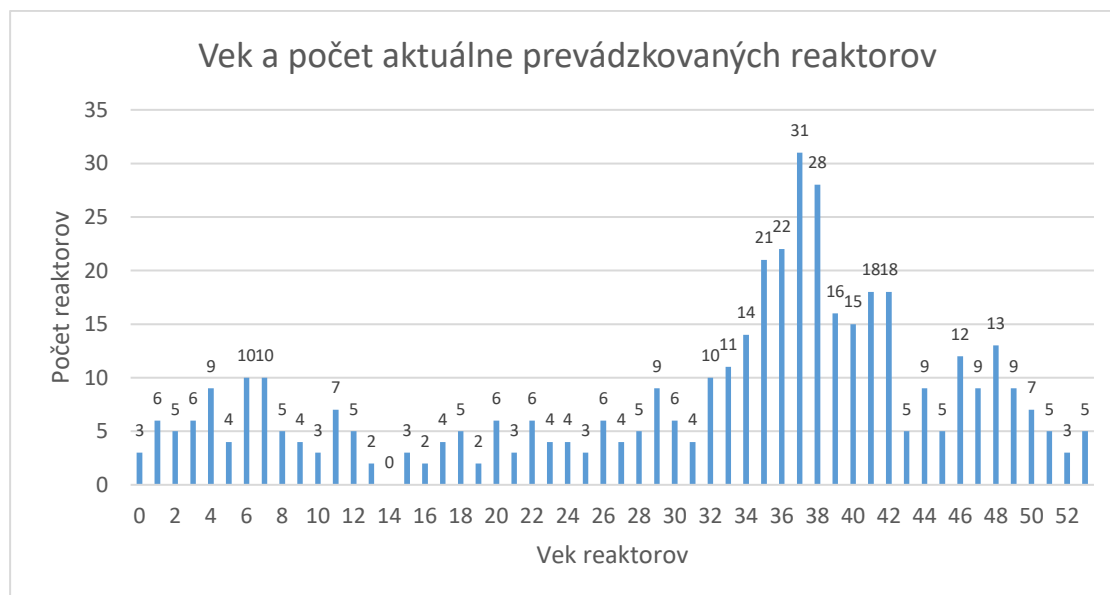
Každý prístup má svoje výhody a nevýhody. Národná politika určuje, ktorý prístup alebo kombinácia prístupov bude zvolená plošne pre všetky, alebo individuálne pre jednotlivé JZ. V prípade okamžitej demontáže a skorého uvoľnenia lokality sa

zodpovednosť za ukončenie vyradovania neprenáša na budúce generácie. Skúsenosti a zručnosti prevádzkového personálu je možné využiť aj v procese vyradovania. Ten môže realizovať samotný majiteľ a dovtedajší prevádzkovateľ, alebo môže touto činnosťou poveriť iný subjekt. Treťou uplatňovanou možnosťou je, že majiteľom odstaveného JZ sa stane odborne spôsobilý subjekt, špecializujúci sa na vyradovanie JZ. Tento nový majiteľ samozrejme okrem samotného JZ a povolenia na vyradovanie získal aj prístup k prostriedkom naakumulovaným na zabezpečenie práve týchto činností. Alternatívny spôsob odloženého vyradovania umožňuje významné zníženie zvyškovej aktivity počas budúcich demontážnych činností. Očakávané následné zjednodušenie demontážnych technologických postupov má viesť k zníženiu rádiologického a konvečného nebezpečenstva pracovných činností a tiež nákladov.

V porovnaní s minulosťou, v poslednom období pribúdajú skúsenosti svyradovaním JZ bezprecedentnou rýchlosťou. World Nuclear Association uvádza, že k máju 2022 bolo odstavených približne 115 komerčných energetických reaktorov, 48 experimentálnych alebo prototypových energetických reaktorov, ako aj viac ako 250 výskumných reaktorov a niekoľko zariadení palivového cyklu [1]. Z viac ako 160 energetických reaktorov vrátane experimentálnych a prototypových blokov bolo najmenej 17 úplne vyradených, viac ako 50 sa aktuálne vyraduje demontuje, viac ako 50 je v režime odloženého vyradovania, tri boli uložené do stavu uzavretia (entombment) a pre ostatné ešte nie je špecifikovaná ich stratégia vyradenia.

Väčšina z uvedených reaktorov bola odstavená, pretože ich prevádzka už nemala žiadne ekonomické opodstatnenie. Väčšinou išlo o reaktory prvej generácie, experimentálne a prototypové reaktory.

Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (MAAE) vedie presnú databázu prevádzkovaných a vyradených jadrových elektrární [2]. K dátumu 15.4.2022 uvádza 441 prevádzkovaných a 199 odstavených blokov (obr. 1).



Obr. 1 Vek a počet aktuálne prevádzkovaných reaktorov

Z uvedeného počtu 441 prevádzkovaných blokov je až 290 reaktorov starších ako 30 rokov. To predstavuje 66 % všetkých funkčných blokov a zároveň aj 65 % inštalovaného výkonu.

Výber konkrétneho spôsobu vyradovania je v každej krajine závislý od množstva unikátnych faktorov, ktoré nie sú nikde inde identické, vo svojom rozsahu a dopadu na ekonomiku a priemysel danej krajiny.

Hlavné faktory, ktoré majú vplyv na spôsob a rýchlosť vyradovania sú:

- Veľkosť a typ zariadenia.
- Existencia, rozsah, určitosť a pripravenosť národných politík, plánov (stratégií) a legislatívy (technickej, bezpečnostnej a ekonomickej) pre vyradovanie jadrových zariadení na ich území.
- Rozdelenie zodpovednosti.
- Stratégia vyradovania JZ, pripravená samotným prevádzkovateľom.
- Charakter rádiologického inventáru zariadenia.
- Infraštruktúra pre vyradovanie.
- Poznanie výšky budúcich nákladov na vyradovanie.
- Dostupnosť finančných zdrojov.
- Bezpečnosť a zabezpečenie (safety and security).
- Legislatívne a regulačné podmienky.
- Prítomnosť viacerých JZ na lokalite.
- Knowledge management.
- Sociálne a ekonomické vplyvy a zapojenie verejnosti..

Akékoľvek rozhodnutie o spôsobe a detailoch vyradovania je tak vždy lokálne unikátne, vychádzajúce zo špecifickej kombinácie všetkých vyššie uvedených technických, ekonomických, legislatívnych a sociálnych faktorov, ktoré je nevyhnutné riešiť komplexne a v ich vzájomných nadväznostiach. Vzhľadom na oveľa organickejšie prepojenie všetkých stránok života spoločnosti v jednotlivých krajinách, i medzi krajinami navzájom, už preto nie je udržateľný princíp „Decide and Defend“ (v preklade Rozhodni (sa) a Obháj (to), používaný v minulosti), ale akékoľvek koncové riešenie musí byť, (a aj je), prijaté na základe multiprierezového a multiplatformového posúdenia a následných iterácií.

3.2. Financovanie vyradovania JZ

Vo väčšine krajín je za náklady na vyradovanie zodpovedný prevádzkovateľ, resp. vlastník. Celkové náklady závisia od poradia a načasovania rôznych fáz vyradovania. Odloženie etapy, resp. jej činností, má tendenciu znižovať jej náklady v dôsledku klesajúcej rádioaktivity, čo však môže byť kompenzované zvýšenými nákladmi na údržbu, skladovanie a dohľad. Avšak, aj keď sa zohľadnia neistoty v odhadoch nákladov a použiteľných diskontných sadzbách, vyradovanie prispieva k celkovým nákladom na výrobu elektriny z jadra len malým zlomkom. V USA mnohé energetické spoločnosti upravili svoje odhady nákladov smerom nadol vo svetle skúseností a zlacňovania vyradovania industrializáciou celého procesu.

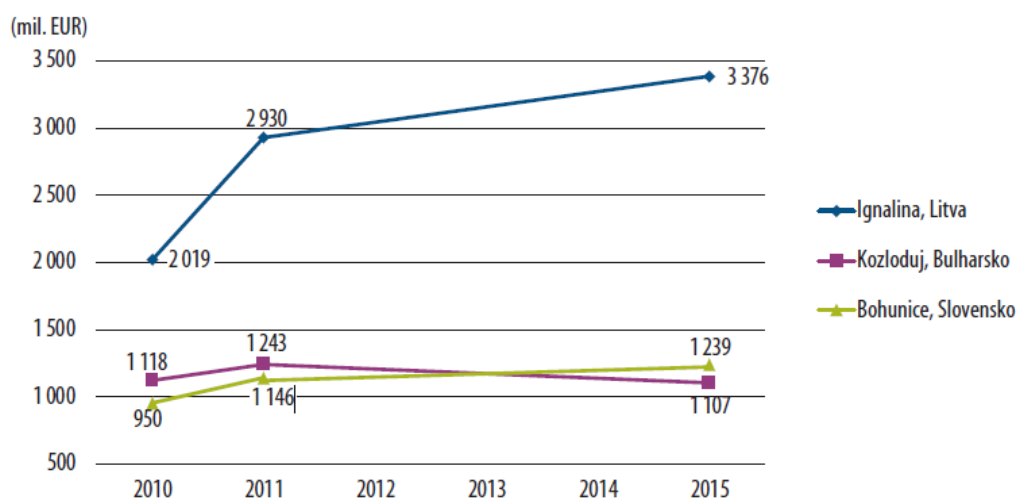
Metódy financovania sa v jednotlivých krajinách líšia [3]. Medzi najbežnejšie patrí priebežná kumulácia finančných prostriedkov zo zisku prevádzkovateľa počas doby prevádzky jadrového zariadenia. Tieto prostriedky bývajú najčastejšie kumulované na samostatnom účte prevádzkovateľa alebo v externe kontrolovanom samostatnom účte/fonde.

Rôzne je tiež rozpätie celkových nákladov na vyradovanie v závislosti od krajiny. Agentúra pre jadrovú energiu pri OECD uvádza rozpätie nákladov na vyradovanie ako funkciu ich lokality i veľkosti. V prípade reaktorov v USA sa očakávané celkové náklady na vyradovanie pohybujú od 544 do 821 miliónov USD na blok [4].

Pre porovnanie, spoločnosť JAVYS v roku 2013 vyčíslila celkové náklady na vyradenie oboch blokov JE V1 v zmysle metodiky ISDC, vydanej OECD-NEA [5], na sumu 1.141.295.594 EUR [6][5].

Prirodzene, všetky JZ postupne čoraz viac spresňujú svoje odhady nákladov na vyradenie. K zmenám plánovaných nákladov dochádza tak z dôvodu presnejšieho poznania radiologického stavu a vplyvom prevádzkových udalostí, ako aj infláciou či z dôvodu nových legislatívnych povinností. Vývoj (a rozdiel) v plánovaných nákladoch na vyradenie vhodným spôsobom ilustruje aj graf z posúdenie Európskeho dvora audítorov z roku 2016 tak všeobecne pre reaktory VVER a RBMK, ako aj špecificky vývoj odhadovaných nákladov vyradenia JE V1 v čase [7] (Obr. 2):

Odhadované náklady na vyradenie z prevádzky v rokoch 2010 až 2015



Obr. 2 Rast odhadovaných nákladov na vyradenie JE V1, JE Kozloduj 1-4, JE Ignalina

Bez ohľadu na rôznosť technológií, výkon, lokalitu, jedným z faktorov spoločných pre všetky projekty vyradenia je produkcia veľkých objemov materiálov z vyradenia. Najväčším podielom sú zastúpené objemy betónu a ocele. Veľkú väčšinu z nich je možné vhodným spôsobom recyklovať alebo opätovne použiť (cirkulárna ekonomika sa preferuje pred recykláciou) [8][9], ak to povoľuje vnútroštátna legislatíva, a na rozdiel od „odpadu“ aj preniesť do iných krajín. Úrovně uvoľňovania do ŽP sa na medzinárodnej úrovni líšia, čo v súčasnosti predstavuje priestor na väčšiu medzinárodnú harmonizáciu legislatívnych predpisov.

Všetky uvedené informácie sa potom spoločne pretavujú do jednotného dokumentu, nazývaného Konceptný plán vyradenia.

3.3. Konceptné plány vyradenia

Optimalizácia prístupov k plánovaniu vyradenia prechádzala rovnako ako vývoj samotných JZ postupným vývojom.

Prvé jadrové zariadenia neboli dizajnované a stavané s vedomím umožnenia ich neskoršieho efektívneho vyradenia. Plány na jednoduchšiu a bezpečnejšiu demontáž zariadení primárneho okruhu začali ovplyvňovať plány na výstavbu JZ až postupne, v súlade s a na základe získavania uvedených praktických poznatkov, ktoré sa pretavovali aj do legislatívneho vývoja.

V podmienkach Slovenskej republiky platia striktné požiadavky na koncepčné plány vyradovania jadrových zariadení už v etape povoľovania ich výstavby, a to už od roku 1998, resp. 1999 prostredníctvom zákona č.130/1998 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie [10] a následnej vyhlášky ÚJD SR č. 246/1999 Z.z. o dokumentácii jadrových zariadení pri ich vyradovaní z prevádzky [11]. Nástupnícky zákon č. 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie a vyhláška č. 58/2006 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam náležite spresňujú druh, množstvo a charakter informácií o plánovanom spôsobe vyradovania, ktoré je potrebné predkladať v jednotlivých fázach povoľovacieho procesu. Vyradovanie JZ sa tak musí riešiť už v Zadávacej správe o spôsobe vyradovania (§ 3), Predbežnom koncepčnom pláne vyradovania (§ 10) a v Koncepčnom pláne vyradovania JZ z prevádzky (§ 22). Každý ďalší nadväzný dokument zohľadňuje poznatky z predchádzajúceho procesu projektovania, výstavby a skutočného vyhotovenia jadrového zariadenia [12].

Uvedené dokumenty je nevyhnutné predložiť ÚJD SR ešte v čase pred začatím výstavby, resp. následne periodicky počas prevádzky JZ a je samozrejmé, že žiadosť o povolenie na vstup do samotnej etapy vyradovania musí obsahovať ďalšie, teraz už podrobné a konkrétne informácie o spôsobe vyradovania (§ 26), vrátane koncepcie vyradovania pre obdobie po skončení povoľovanej etapy vyradovania (§ 27) v prípade, ak je samotný proces vyradovania rozdelený do viacerých etáp [12].

Účelom jednotlivých uvedených literácií koncepčných plánov vyradovania je tak najmä:

- a) Neustály dohľad dozoru (všeobecne v každej krajine, nie len ÚJD SR v SR) nad prevádzkovateľovým stavom poznania jeho JZ a kontinuity zamýšľaného koncového stavu.
- b) Pravidelné preskúmavanie, či nedošlo k potrebe zmeny plánovaného technického prístupu k vyradovaniu.
- c) Preskúmavanie, či je zvolený (plánovaný) spôsob vyradovania v súlade s národnou koncepciou, politikou, či stratégiou.
- d) Pravidelné preskúmavanie výšky plánovaných nákladov na činnosti vyradovania a nakladania s RAO z vyradovania – a potreba eventuálnej zmeny ročných „povinných príspevkov“ do fondu zhromažďujúcom vybrané prostriedky.

3.3.1. Obsah koncepčného plánu vyradovania

Koncepčné plány vyradovania jednotlivých JZ sú predmetom obchodného tajomstva vlastníkov (prevádzkovateľov) daných JZ, avšak ich ich konkrétny vplyv na prípravu bezpečného vyradovania JZ vyplýva z rozsahu v Tab. 1:

Tab. 1 – Všeobecný obsah KPV

Predpoklady a vylúčenia	Definícia a opis lokality a JZ, rozsah budov posudzovaných v KPV a plánovaný stupeň ich demolácie, stupeň obnovy lokality, plánovaný koncový stav
Hraničné podmienky a obmedzenia	Súladi JZ s legislatívnymi a technickými predpismi

Environmentálny, ekonomický a sociálny opis a charakterizácia regiónu lokality JZ	Opis stavu lokality, najmä s prihliadnutím na charakter a environmentálne dopady v súvislosti s prevádzkou JZ.
Zainteresovaná verejnosť	Očakávania verejnosti a ich finančný dopad na plánovanie a realizáciu vyradovania
Opis a charakterizácia JZ	Opis fyzického a rádiologického inventára, prítomných nebezpečných látok
Konečný cieľ	Definovanie predpokladaného konečného stavu po vyradovaní
Opis stratégie vyradovania	Definovanie postupu vyradovania
Opis plánovaných technologických postupov vyradovania	Opis technologických postupov, s ktorými je v KPV v dobe jej tvorby pre budúcnosť počítané
Nakladanie s RAO zvyraďovania	Definovanie tokov RAO, ktoré budú pri vyradovaní vznikať – ich objemy, aktivita, skupenstvo, pomery. Zhodnotenie či bude predmetom vyradovania aj spracovanie prevádzkových RAO. Definovanie spôsobu nakladania s odpadmi – druhy technológií pre dekontamináciu a nakladanie s RAO, úprava do finálneho uložitelného súboru, disponibilita úložiska a prepravných trás.
Nakladanie s VJP (v rozsahu spadajúcom do činností vyradovania)	Odhad počtu prítomných palivových kaziet po ukončení prevádzky, doba trvania ich dochladzovania, čas odvozu od ukončenia prevádzky.
Definovanie harmonogramu	Stanovenie predpokladov, určenie zdrojov z ktorých sa vychádzalo, definovanie stratégie, prístupu (napr. Hot to Cold) a doby trvania jednotlivých etáp vyradovania, príprava lokality a infraštruktúry na vyradovanie. Definovanie kritickej cesty a spôsobu jej stanovenia. Určenie harmonogramu a rozsahu obnovy lokality.
Odhad nákladov	Určenie metódy na výpočet nákladov na vyradovanie napr jednou z metód: - analógie, expertného odhadu alebo existencie reálnych dát? - Zdola nahor (človekohodiny, spotreba materiálu, jednotkové ceny)? - Parametrické podľa hmotností, objemov a povrchov? Identifikácia charakteru druhov nákladov: - Sú náklady závislé od aktivít? Aké sú jednotkové ceny? - Sú náklady závislé od doby trvania? - Sú zahrnuté aj vedľajšie (vyvolané) náklady (napr. dane, poistenie, atď. - Je možné započítať aj prípadný zisk zdrojov (peňazí, napr. z odpredaja recyklovateľného materiálu)? Ak ide o viacreaktorovú JE, či je, a ak áno, tak akým spôsobom táto situácia zohľadnená vo výpočte?

Finančná rezerva, technické a finančné „neznáme neznáme“ a risk manažment	Stanovenie metodológie a zdrojov dát pre určenie rezerv – zdržania, prerušenia, výčiny počasia, zlyhanie nástrojov a technológií, problémy s logistikou materiálov (vrátane RAO), akceptovateľnosť RAO na úložisku, dostupnosť úložiska, zmeny v plánovanom stavebnom a rádiologickom charaktere JE v čase ukončenia premávky oproti uvažovanému stavu.
Posúdenie rizík a hlavných faktorov s dopadom na cenu na základe skúseností z predchádzajúcich projektov vo svete	Existencia a charakter národnej stratégie (politiky) a zvoleného technického riešenia vyradovania. Predpokladané trvanie demontážnych prác a celkového „obnovy“ lokality. Očakávané oneskorenie medzi ukončením prevádzky a začatím vyradovacích prác Legislatívne požiadavky, vrátane uvedenia hraničných hodnôt pre sledovanie a uvoľňovanie rádionuklidov spod inštitucionálnej kontroly. Kompletnosť fyzického, rádiologického a nebezpečného (látok) inventára, (ne)kompletnosť záznamov o historických prevádzkových udalostiach a neskorších modifikáciách JE. Opis reálneho alebo predpokladaného stavu v oblasti skladovania a nakladania s RAO, dostupnosť úložísk (pre jednotlivé triedy RAO) a pretrvávajúce záväzky vo vzťahu k VJP. Dostupnosť skúseného personálu na lokalite aj v období vyradovania.

Tieto informácie sú nevyhnutné na stanovenie odhadu nákladov na vyradenie JE z prevádzky a mali by byť podporené poskytnutím dostatočných informácií pre zainteresované strany, aby bolo možné pochopiť nevyhnutelné obmedzenia predbežných kalkulácií v KPV.

Základným atribútom každého KPV je, že ide o kompletnú reprezentáciu prác, ktoré sa majú vykonať často v značne vzdialenej budúcnosti. Rozhodnutia týkajúce sa primeranosti finančných prostriedkov na vyradenie JE z prevádzky preto môžu byť založené len na dôkladnej, komplexnej analýze nákladov a harmonogramu. Samostatnou veľkou rizikovou skupinou je rádiologický inventár a jeho aktivita v budúcnosti v čase odstavenia JE.

Hlavným nástrojom na elimináciu všetkých rizík, resp. adresné určenie spôsobu riešenia stavov ktoré vyplývajú z konkrétnych prevádzkových udalostí však predstavuje pravidelnosť vypracovávania Koncepčného plánu vyradovania pre dané JZ. Kontinuálnosť vypracovávania KPV a pravidelná rekalkulácia nákladov na vyradovanie v nej obsiahnutá, vrátane určenia výšky ročných povinných príspevkov je základným nástrojom kontinuálnej optimalizácie podmienok pre prípravu bezpečného vyradovania každého jadrového zariadenia.

3.4. Stav a rozsah rádioaktívnych odpadov na Slovensku

Na Slovensku sa aktuálne vyradujú dve jadrové zariadenia – Jadrová elektrárňa A1 a Jadrová elektrárňa V1. Väčšina existujúceho objemu vznikajúcich rádioaktívnych odpadov je spracovateľná – a spracovávaná na jadrovom zariadení Technológie pre spracovanie a úpravu rádioaktívnych odpadov (JZ TSÚ RAO) vo vlastníctve a prevádzke Jadrovej a vyradovacej spoločnosti, a.s. (JAVYS).

Hlavným účelom nakladania s odpami má byť ich opätovné využitie (cirkulárna ekonomika), recyklácia, uvoľnenie do ŽP a až ako posledná možnosť ich uloženie vo vhodnom úložisku.

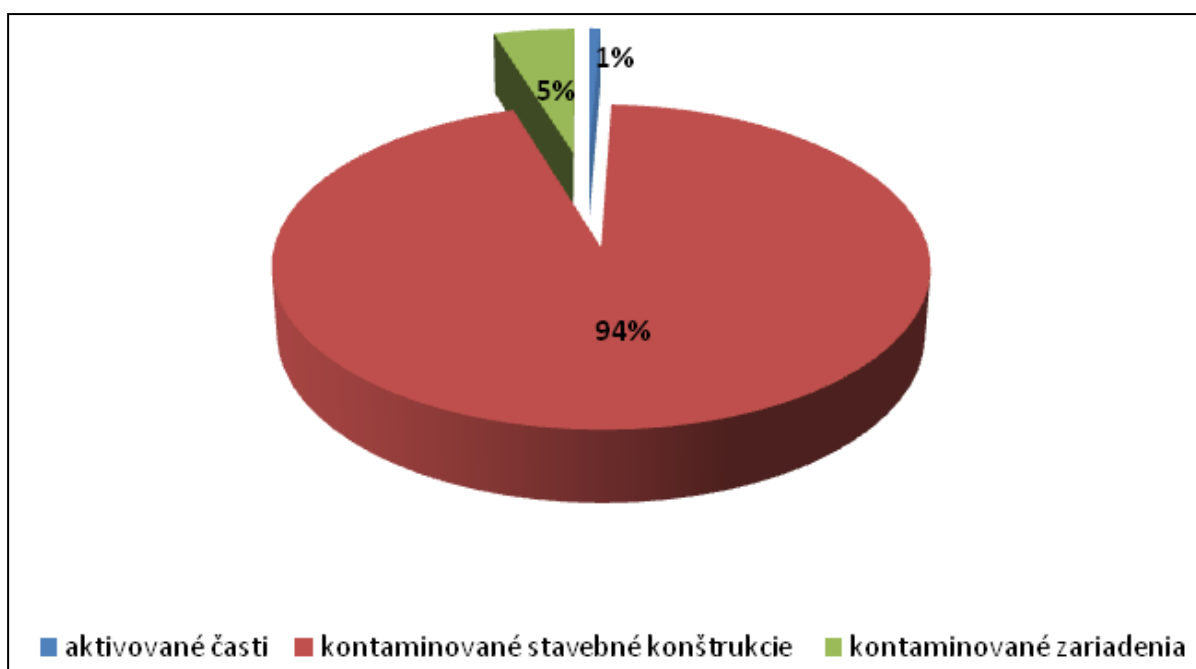
Základnými postupmi spracovávania RAO je redukcia ich objemu, odstraňovanie kontaminačných rádionuklidov a zmena materiálovej formy či skupenstva.

Pri spracovaní rádioaktívnych odpadov sa sledujú nasledovné ciele:

- zníženie objemu odpadov (ich uvoľnením do životného prostredia),
- vytvorenie bezpečnej formy vhodnej na uloženie ich fixáciou,
- zabezpečenie dostatočných bariér voči úniku rádioaktivity do životného prostredia počas doby ich skladovania alebo uloženia.

Triedy rádioaktívnych odpadov na medzinárodnej úrovni určuje Všeobecný bezpečnostný štandard GSG-1 Classification of Radioactive Waste [13]. Na Slovensku ich v § 5 definuje vyhláška ÚJD SR č. 30/2012 Z.z. [14].

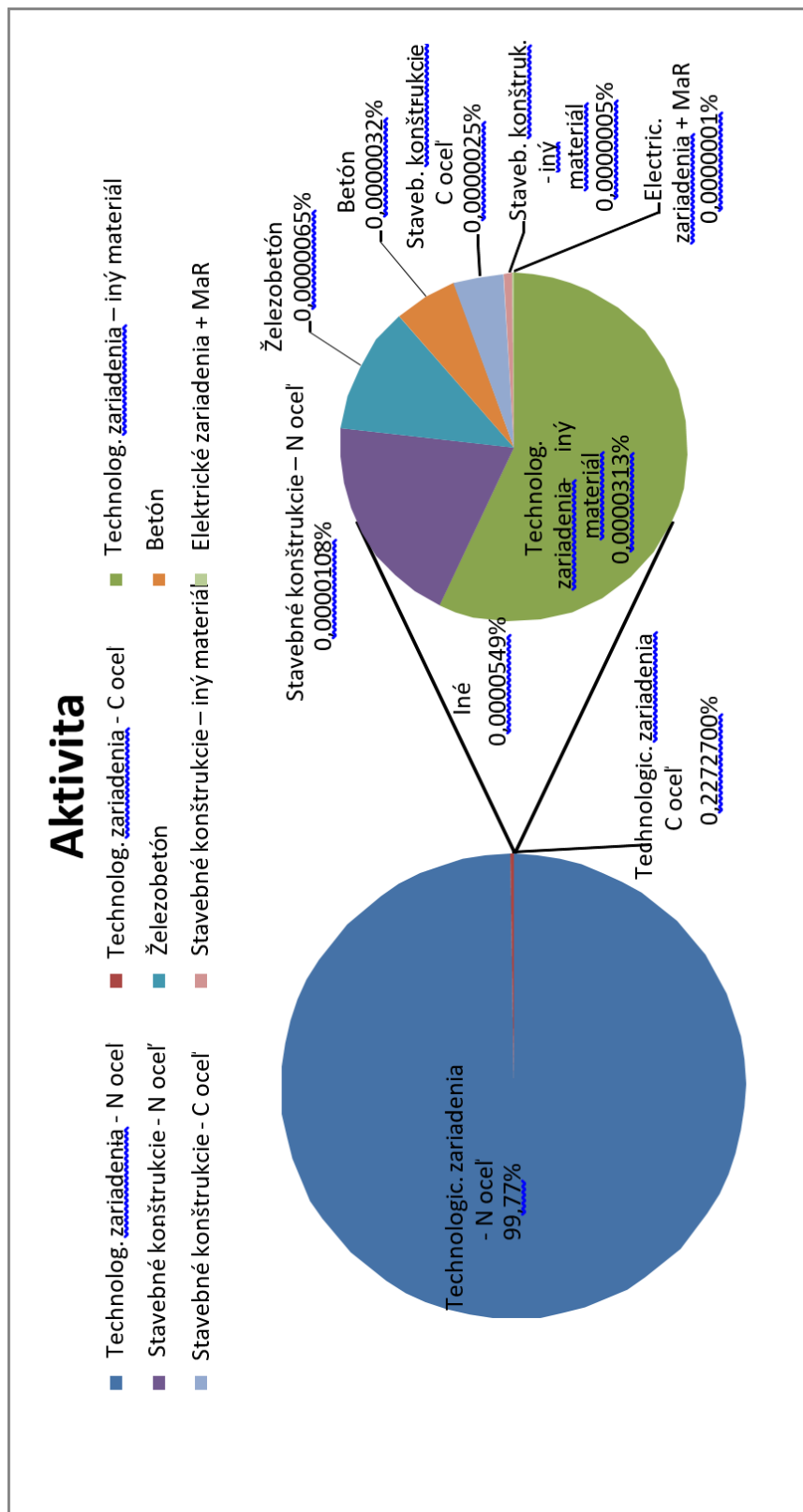
V rámci celkového objemu RAO, je podiel aktivovaných a kontaminovaných objemov uvedený na nasledujúcom grafe (obr. č.3).



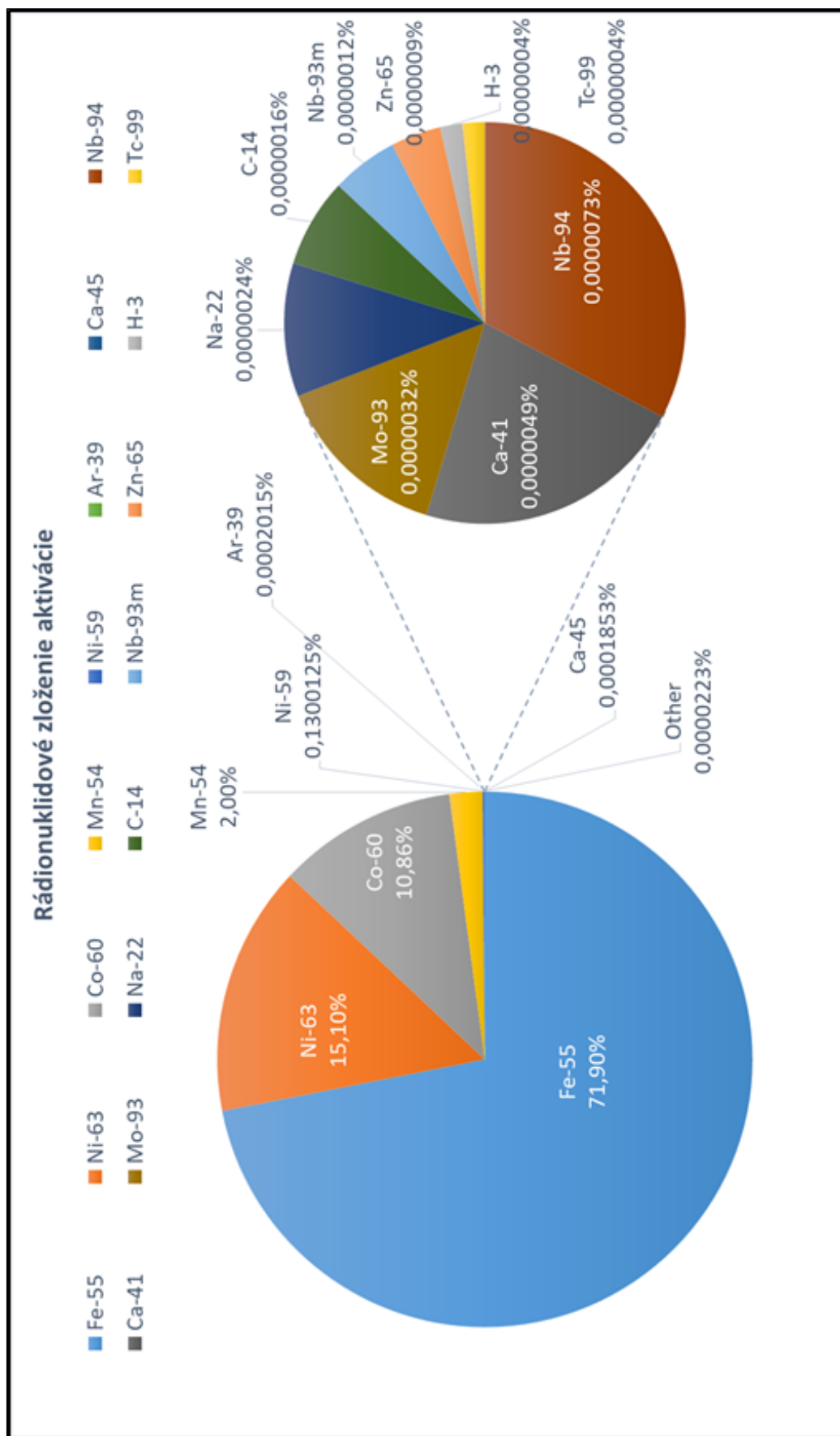
Obr. 3. Skladba RAO z demontáže a demolácie v KP

Prevládajúca časť indukovanej aktivity (asi 99,7%) sa koncentruje na vnútorných častiach reaktora (kôš aktívnej zóny, tieniace/absorpčné kazety, čiastočne aj v bloku ochranných rúr), malá časť aktivácie preniká až do betónovej šachty reaktora. Tieto komponenty predstavujú 87% aktivovanej nehrdzavejúcej ocele a približne 19% všetkých aktivovaných materiálov.

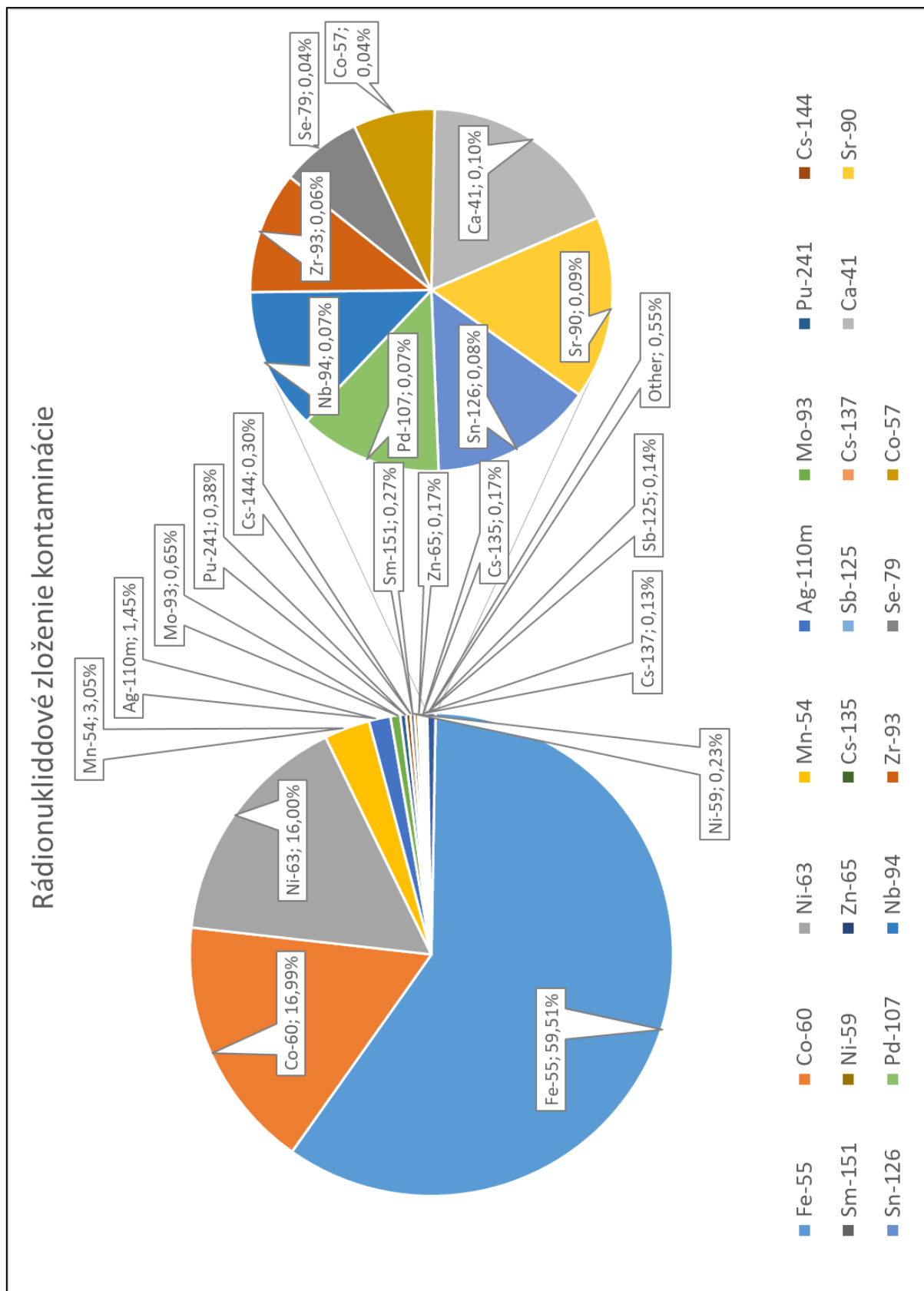
Nasledujúce obrázky graficky zobrazujú percentuálny podiel materiálového zloženia, podielu jednotlivých rádionuklidov na aktivácii a na kontaminácii JE V1 [15][16][16][17].



Obr. 4: Percentuálny podiel na celkovej aktivite podľa materiálového zloženia



Obr. 5: Percentuálny podiel jednotlivých rádionuklidov na aktivácii JE V1



Obr. 6: Percentuálny podiel jednotlivých rádionuklidov na kontaminácii JE V1

Účelom procesu vyradovania je všetky RAO efektívne spracovať v existujúcich zariadeniach na úpravu a spracovanie RAO s cieľom dosiahnuť max. možnú mieru uvoľniteľnosti odpadov do životného prostredia.

Predpokladá sa, že po fragmentácii, dôkladnej separácii materiálov a dekontaminácii in-situ bude z uvedených 242 800 t materiálov celkovo až 90% s aktivitou pod limitom pre uvoľnenie do životného prostredia¹ a na konečnú úpravu a uloženie zostane cca 10% z tohto množstva – cca 23 tis. ton RAO. To z celkého objemu JE V1 (775 000 ton) predstavuje len 3 % objemu, ktoré po zrealizovaní procesu vyradovania bude potrebné uložiť ako rádioaktívny odpad.

4. Právny rámec legislatívy Slovenskej republiky pre oblasť zadnej časti jadrovej energetiky

Slovenská republika je ako subjekt medzinárodného práva verejného viazaná medzinárodnými zmluvami, ktoré podpísala a ratifikovala. Ako členský štát EÚ je viazaná Zmluvou o Európskej únii [19] a Zmluvou EURATOM [20]. Ustanovenia všetkých týchto svojich zmluvných záväzkov náležitým spôsobom inkorporovala do svojho právneho poriadku, prostredníctvom ktorého nadobudli priamu účinnosť pre subjekty pôsobiace v Slovenskej republike.

Medzinárodné záväzky Slovenskej republiky boli do právneho poriadku SR prenesené najmä prostredníctvom nasledovných zákonov:

- Zákon č. 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov [21].
- Zákon č. 308/2018 Z.z. o Národnom jadrovom fonde a o zmene a doplnení zákona č. 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov [22].
- Zákon č. 87/2018 Z.z. o radiačnej ochrane a o zmene a doplnení niektorých zákonov [23].
- Zákon č. 54/2015 Z.z. o občianskoprávnej zodpovednosti za jadrovú škodu a o jej finančnom krytí a o zmene a doplnení niektorých zákonov [24].

Všetky uvedené právne dokumenty v sebe spoločne a jednoznačne upravujú rozsiahle spektrum povinností pre štát i prevádzkovateľov jadrových zariadení. Najvýraznejšou zásadou, ktorú bez výhrad uvádzajú všetky uvedené dokumenty, je zásada „Polluter pays“, teda „Znečisťovateľ platí“ [25].

5. Identifikované riziká a odporúčania do budúcnosti

Na základe nových poznatkov je možné identifikovať nasledovné slabiny súčasného systému zabezpečenia zadnej časti jadrovej energetiky v Slovenskej republike:

- 1) Úzky výklad princípu „Znečisťovateľ platí“.
- 2) Ultrakonzervatívne správa (investovania) prostriedkov kumulovaných v NJF.

¹Do životného prostredia sa môžu uvoľňovať iba nekontaminované alebo také nízko-kontaminované materiály, ktorých aktivita bude pod uvoľňovacou úrovňou určenou v zákone č. 87/2018 Z.z. a jeho Prílohe č. 5

- 3) Existencia jadrového fondu ako štátneho účelového fondu.
- 4) Absencia rezervy pri výpočte plánovaných nákladov na vyradovanie.
- 5) Zánik vedomostí a odchod relevantného odborného personálu zákonom poverenej právnickej osoby na realizáciu činností ZČJE v medziobdobí 2025-2043.
- 6) Diskriminácia jadrového priemyslu v porovnaní s ostatnými priemyselnými odvetvami.

6. Závery, prínosy pre prax a rozvoj vednej disciplíny

Predložená dizertačná práca poskytuje prehľad aktuálnosti témy a šírky rozsahu problematiky pri optimalizácii podmienok pre prípravu bezpečného vyradovania jadrových elektrární.

V rámci témy som sa v práci venoval posúdeniu globálneho stavu vo vyradovaní jadrových zariadení vo svete a jednotlivým implementačným stratégiám, ako aj nástrojom na ich dlhodobé a udržateľné financovanie v budúcnosti.

Z pohľadu pridanej hodnoty dizertačnej práce pre podmienky jadrového priemyslu v Slovenskej republike som sa ďalej venoval spektru otázok, ktoré tému práce oplyvňujú na Slovensku:

- 1) Systému právneho poriadku pre oblasť zabezpečenia všetkých činností zadnej časti jadrovej energetiky na Slovensku.
- 2) Druhom informácií nevyhnutných predkladať v Koncepčných plánoch vyradovania jednotlivých jadrových zariadení.
- 3) Spôsobu a rozsahu výberu finančných prostriedkov na zabezpečenie uvedených činností zadnej časti jadrovej energetiky.
- 4) Ekonomickým analýzám zhodnocovaniu finančných prostriedkov v správe Národného jadrového fondu.
- 5) Návrhu vylepšenia zákona o Národnom jadrovom fonde, ako aj poukázania na iné právne predpisy, ktoré by bolo v budúcnosti vhodné novelizovať pre účely komplexného skvalitnenia existujúceho systému pre realizáciu aktivít zadnej časti jadrovej energetiky.

Práca ukázala, že pre zabezpečenie vhodných podmienok pre kontinuálnu optimalizáciu prípravy na vyradovanie jadrových zariadení je nevyhnutné implementovať multidisciplinárnu koordináciu naprieč legislatívou, fyzikálnymi princípmi, technickými výpočtami, finančným plánovaním a sociálnymi vedami. Pretože príprava a následná realizácia bezpečného vyradovania jadrových elektrární je podmienená adekvátnou legislatívou, ktorá už dopredu vyžaduje poznanie budúcej rádiologickej charakterizácie, čo je nevyhnutné pre prípravu vypracovania reálneho koncepčného plánu vyradovania JE z prevádzky. Na ich základe je potom možné optimalizovať časový harmonogram, zvoliť vhodný postup demontáže, nastaviť vnútroštátny program - pripraviť ostatné spracovateľské zariadenia, sklady a úložiská i nastaviť národnú komunikáciu uvedených otázok s verejnosťou.

V podmienkach Slovenskej republiky je nevyhnutné, aby svoje povinnosti akceptovali a úlohy z nich vyplývajúce realizovali aj najvyššie rozhodovacie a „kontrolné“ prvky systému, najmä vláda a relevantné ministerstvá. Nie je možné očakávať, že úlohy ZČJE iba dvoma komerčnými akciovými spoločnosťami – Jadrovou a vyradovacou spoločnosťou, a.s. a Slovenskými elektrárnami, a.s.

Kľúčovými prvkami zásadne prispievajúcimi k a priamo zvyšujúcimi jadrovú a radiačnú bezpečnosť priemyslu sú:

- a) Jednotlivé zodpovednosti pri realizácii činností ZČJE je nevyhnutné rozdeliť na účastníkov, ktorí majú reálne kompetencie a legitimitu ich realizovať.
- b) Udržateľný systém financovania ZČJE je taký, ktorý má v sebe systémovo definované možnosti adaptácie na budúce zmeny.
- c) Systém definovania vlastností a financovania ZČJE pracuje so vzájomnou závislosťou všetkých jeho vnútorných bodov. Dnes vypočítané budúce náklady nie sú absolútnou hodnotou, ale číslom stanoveným na základe aktuálneho poznania. Preto je nevyhnutné ich kontinuálne aktualizovať.
- d) Princíp „Znečisťovateľ platí“ je, aj vzhľadom na používanie jadrovej energetiky štátom na poskytovanie priamych ekonomických výhod verejnosti, nevyhnutné vykladať nie v užšom, ale v širšom význame. Tak ako nepotrebné činnosti ZČJE rozdeliť na kompetentné entity, rovnako tak tiež tieto entity, i celá spoločnosť, musia akceptovať svoj diel zodpovednosti za ich realizáciu.

7. Zoznam použitej literatúry

- [1] World Nuclear Association: *Decommissioning Nuclear Facilities*; [online]. May 2022. [cit: 2022-06-05]. Dostupné na: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/decommissioning-nuclear-facilities.aspx>
- [2] IAEA: *Power Reactor Information System*; [online]. November 2021. [cit: 2021-11-18]. Dostupné na: <https://pris.iaea.org/>
- [3] MACÁŠEK, Martin: *Comparison of national approaches in decommissioning funding, Záverečná práca*, Université Montpellier 1, International School of Nuclear Law, 2012, Montpellier, 65 p.
- [4] OECD Nuclear Energy Agency: *Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants*, OECD/NEA PUBLISHING no. 7201, 2016, Paris.
- [5] OECD Nuclear Energy Agency: *International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations*, OECD/NEA PUBLISHING no.7088, 2012, ISBN 978-92-64-99173-6.
- [6] OECD Nuclear Energy Agency: *Financing the Decommissioning of Nuclear Facilities*, OECD/NEA PUBLISHING no. 7326, 2016, Paris.
- [7] Európsky dvor audítorov: *Programy pomoci EÚ na vyradovanie jadrových zariadení z prevádzky v Litve, Bulharsku a na Slovensku: od roku 2011 sa dosiahol určitý pokrok, ale prichádzajú závažné výzvy*, ISBN 978-92-872-5506-8, 2016, Luxemburg.
- [8] MACÁŠEK, Martin: *Recycling and Reuse of Material from NPP Decommissioning*, International workshop on Application of Sustainability Principles and Circular Economy to Nuclear Decommissioning, 2019, Rome; 28 June 2019 [cit: 2021-09-23]. Dostupné na: <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-workshop-highlights-novel-trends-in-decommissioning>
- [9] IAEA: *Workshop on Circular economy in Decommissioning*, 2019, Rome; 28 June 2019 [cit: 2021-09-23]. Dostupné na: <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-workshop-highlights-novel-trends-in-decommissioning>
- [10] Zbierka zákonov Slovenskej republiky: *Zákon č. 130/1998 Z.z. Zákon o mierovom využívaní jadrovej energie a o zmene a doplnení zákona č. 174/1968 Zb. o štátnom odbornom dozore nad bezpečnosťou práce v znení zákona Národnej rady Slovenskej republiky č. 256/1994 Z. z.*
- [11] Zbierka zákonov Slovenskej republiky: *Vyhláška ÚJD SR č. 246/1999 Z.z. o dokumentácii jadrových zariadení pri ich vyradovaní z prevádzky.*
- [12] Zbierka zákonov Slovenskej republiky: *Vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Z.z. ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam.*
- [13] IAEA: *Classification of Radioactive Waste, Safety Standards*, General Safety Guide no. GSG-1, ISBN 978-92-0-109209-0, 2009, Vienna.
- [14] Zbierka zákonov Slovenskej republiky: *Vyhláška Úradu jadrového dozoru SR 30/2012 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách pri nakladaní s jadrovými materiálmi, rádioaktívnymi odpadmi a vyhoretým jadrovým palivom.*

- [15] Uznesenie vlády Slovenskej republiky: *k Návrhu Vnútroštátnej politiky a Vnútroštátneho programu nakladania s vyhoretým jadrovým palivom a rádioaktívnymi odpadmi v SR ako aktualizácia strategického dokumentu Stratégia záverečnej časti mierového využívania jadrovej energie v Slovenskej republike*, č. materiálu UV-24439/2015, uznesenie vlády SR č. 387/2015 z 8. júla 2015
- [16] Jadrová a vyradovacia spoločnosť, a.s.: *Správa o hodnotení vplyvov na životné prostredie – 2. etapa vyradovania jadrovej elektrárne V1 Jaslovské Bohunice*, 7.2.2014; [online] [cit: 2021-06-15], Dostupné na: <https://www.enviroportal.sk/sk/eia/detail/2-etapa-vyradovania-jadrovej-elektrarne-v1-jaslovske-bohunice>.
- [17] Jadrová a vyradovacia spoločnosť, a.s.: *Správa o hodnotení vplyvov vyradovania JE V1 na životné prostredie*, 31.3.2006, [online], [cit: 2021-06-15]. Dostupné na: <https://www.enviroportal.sk/eia/dokument/184247?uid=3af099ec6038bbbc46bb4a63252cec97bf4c09b5>
- [18] Jadrová a vyradovacia spoločnosť, a.s.: *Správa o hodnotení vplyvov „Výstavba nového veľkokapacitného F&D zariadenia“*, 8.8.2013, [online], [cit: 2021-06-15] Dostupné na: <https://www.enviroportal.sk/sk/eia/detail/vystavba-noveho-velkokapacitneho-fragmentacneho-dekontamina-cneho-zaria>
- [19] Úradný vestník Európskej únie: *Zmluva o Európskej únii*, C326.
- [20] Úradný vestník Európskej únie: *Zmluva o založení Európskeho spoločenstva pre atómovú energiu (EURATOM)*, 25.3.1957, konsolidované znenie, 2012/C 327/01.
- [21] Zbierka zákonov Slovenskej republiky: *Zák. č. 541/2004 Z.z. Zákon o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov*.
- [22] Zbierka zákonov Slovenskej republiky: *Zákon č. 308/2018 Z.z. o Národnom jadrovom fonde a o zmene a doplnení zákona č. 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov*.
- [23] Zbierka zákonov Slovenskej republiky: *Zákon č. 87/2018 Z.z. o radiačnej ochrane a o zmene a doplnení niektorých zákonov*.
- [24] Zbierka zákonov Slovenskej republiky: *Zákon č. 54/2015 Z.z. o občianskoprávnej zodpovednosti za jadrovú škodu a o jej finančnom krytí a o zmene a doplnení niektorých zákonov*.
- [25] European Commission/European Environmental Agency: *Principles of EU Environmental Law – The Polluter Pays Principle*, Workshop on EU Legislation, 2012; [cit: 2020-11-05]. Dostupné na: https://ec.europa.eu/environment/legal/law/pdf/principles/2%20Polluter%20Pays%20Principle_revised.pdf

8. Publikačná činnosť autora

Publikácie:

- 1) ŠNÍRER, Michal, SLUGENĚ, Vladimír, MACÁŠEK, Martin et al.: *Validation of Monte Carlo activation calculation for V1 NPP reactor concrete shaft*, In Annals of Nuclear Energy. Vol. 163, (2021), Art. no. 108556, ISSN 0306-4549; [online] Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2021.108556>
- 2) MACÁŠEK, Martin, SLUGENĚ, Vladimír, ŠNÍRER, Michal: *Slovak legal system for ensuring feasible nuclear back-end system implementation, Part 1: Description of the current status*; Nuclear Law Bulletin no. 105, OECD/NEA PUBLISHING no. 7534, 2021, Paris.
- 3) MACÁŠEK, Martin, SLUGENĚ, Vladimír, ŠNÍRER, Michal: *Slovak legal system for ensuring feasible nuclear back-end system implementation, Part 2: Outlook for future development*; accepted for Nuclear Law Bulletin no. 107, OECD/NEA PUBLISHING, in print, 2022, Paris.
- 4) MACÁŠEK, Martin, SLUGENĚ, Vladimír: *Legislatívne zabezpečenie realizovateľnosti zadnej časti jadrovej energetiky*; Časopis Jaderná energie 3/2020 (66), ISSN 2694-9024; [elektronický zdroj]. Dostupné na: <https://jadernaenergie.online/archiv/3-2020/>
- 5) OECD Nuclear Energy Agency: *Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants*, OECD/NEA PUBLISHING no. 7201, 2016, Paris.
- 6) OECD Nuclear Energy Agency: *Guide for International Peer Reviews of Decommissioning Cost Studies for Nuclear Facilities*, OECD/NEA PUBLISHING no. 7190, 2014, Paris.
- 7) OECD Nuclear Energy Agency: *The Practice of Cost Estimation for Decommissioning of Nuclear Facilities*, OECD/NEA PUBLISHING no. 7237, 2015, Paris.

Spoluautorstvo zákonov:

- 8) Zbierka zákonov Slovenskej republiky: *Zákon č. 54/2015 Z.z. Zákon o občianskoprávnej zodpovednosti za jadrovú škodu a o jej finančnom krytí a o zmene a doplnení niektorých zákonov*.

Konferencie:

- 9) MACÁŠEK, Martin, SLUGENĚ, Vladimír, ŠNÍRER, Michal: *Slovak legal system for ensuring feasible nuclear back-end system implementation and outlook for future development*, DEM conference 202113.-15.9.2021, Avignon.
- 10) MACÁŠEK, Martin: *Recycling and Reuse of Material from NPP Decommissioning*, International workshop on Application of Sustainability Principles and Circular Economy to Nuclear Decommissioning, IAEA and Sogin conference on Circular Economy in Decommissioning, 18-21 June 2019, Rome; [elektronický zdroj]; Dostupné na: <https://www.sogin.it/en/media/news/sogin-iaea.html> a na <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-workshop-highlights-novel-trends-in-decommissioning>

- 11) MACÁŠEK, Martin: *Úspechy a výzvy vo vyradovaní JE V1*, konferencia NUSIM 2016, Častá Papiernička.
- 12) MACÁŠEK, Martin: *Právne a realizačné výzvy pri financovaní záverečnej časti jadrovej energetiky*, konferencia NUSIM 2013, Častá Papiernička.
- 13) MACÁŠEK, Martin: *Status of Decommissioning in Slovakia*; IAEA International Decommissioning Network, 2016, Vienna.
- 14) MACÁŠEK, Martin: *Bohunice V1 NPP Decommissioning*, IAEA International Decommissioning Network: 2018, Marcoule; [elektronický zdroj]; Dostupné na: <https://nucleus.iaea.org/sites/connect-members/IDN/EM/Forms/Event-Materials/docsethomepage.aspx?ID=1055&FolderCTID=0x0120D520004789F5E80AAC0D46BD59F052799E0D9D006054581D0E1F494496887BA4D2836024&List=964f5cb4-0a24-47a0-b385-1d8db56b588a&RootFolder=%2Fsites%2Fconnect%2Dmembers%2FIDN%2FEM%2F2018%2DAF&RecSrc=%2Fsites%2Fconnect%2Dmembers%2FIDN%2FEM%2F2018%2DAF>
- 15) MACÁŠEK, Martin: *The Slovak Strategy for Decommissioning: JAVYS – A National Decommissioning Company*, OECD-NEA: International Conference on Decommissioning of Nuclear Installations: Strategies, Practices and Challenges, 9-11 November 2015, Moskva; [elektronický zdroj]; Dostupné na: <https://www.oecd-neo.org/rwm/workshops/decom-installations 2015/>
- 16) MACÁŠEK, Martin, JARUNEK, Vladimír: *Úspechy a výzvy vo vyradovaní JE V1*, Konferencia Strojírenství Ostrava, 26 Máj 2016, Ostrava; [elektronický zdroj]; Dostupné na: <http://www.msunion.cz/hlavni-aktivita/kalendar-akci/strojirenstvi-ostava-2016>
- 17) MACÁŠEK Martin: *Legal and implementation challenges in nuclear back-end financing*, European Decommissioning Academy 2015, Bratislava.

Semináre a Workshopy:

- 18) MACÁŠEK Martin: *Current Decommissioning Trends*, OECD-NEA Joint RF/WPDD Workshop on regulation of decommissioning, 20-21 June 2018, Paris; [elektronický zdroj]; Dostupné na: <https://www.oecd-neo.org/rwm/workshops/regdecom/>
- 19) MACÁŠEK Martin: *Global Picture of Nuclear Back End Activities – Decommissioning*, IAEA - Nuclear Back End Webinar Series:, 14 October 2020; [elektronický zdroj]; Dostupné na: <https://www.iaea.org/online-learning/courses/1316/nuclear-back-end-webinar-series-11-global-picture-of-nuclear-back-end-activities-and-relevant-iaea-programmes>
- 20) MACÁŠEK Martin: *Slovak legal system for ensuring feasible Nuclear Back-End System implementation and outlook for future development*, OECD-NEA Co-operative Programme for the Exchange of Scientific and Technical Information on Nuclear Installation Decommissioning Projects (CPD):, 18-22 Október 2021, Trnava.

Pripravené na publikáciu:

- 21) IAEA, Nuclear Energy Series No. NW-T-XX: *Contracting in Decommissioning and Environmental Remediation*, to be issued.

Akademické práce:

- 22) MACÁŠEK Martin: *Comparison of national approaches in decommissioning funding*; International School of Nuclear Law, University Montpellier 1, September 2012, Montpellier.
- 23) MACÁŠEK Martin: *Stratégia plánovania vyradovania V1*; Záverečná práca postgraduálneho štúdia, Katedra jadrovej fyziky a techniky, FEI STU Bratislava, 2011, Bratislava.

9. Summary

Optimisation of conditions for preparation of nuclear power plants' safe decommissioning is a continuous process, contributing to safety of the whole nuclear industry, protection of environment, public health and positive sentiment of the society. For these reasons it incorporates wide range implementation of technical, economical, legal and sociological activities – all of them already a fair time before the plant's entering the decommissioning stage. The initial part of the thesis analyses current approaches to decommissioning and the reasons leading to selection of different approaches in planning the technical sequence of nuclear facilities' decommissioning. These are described in the nuclear facilities' Conceptual decommissioning plans. Periodical reviews of the planned decommissioning approach, based on summarization of the actual status of the nuclear facility, its radiological inventory, access to adequate financing and compliance with the national policy and national programme represent one of the key optimization tools for preparation for safe decommissioning. The second part of the research (the critical one) was aimed to assess the adequacy of the current legal-economic conditions for preparation of safe decommissioning. Several weaknesses were identified in strategic management of current and future activities of the nuclear back-end cycle, as well as legal provisions that do not allow for sufficiently safe and efficient valuation of the funds managed by the National Nuclear Fund of the Slovak Republic. The end of thesis brings also several recommendations for optimization of the conditions for preparation of nuclear power plants' safe decommissioning in Slovakia