

Konečná likvidácia JE V-1 v Jaslovských Bohuniciach

Vyraďovaniu stárnucich a zastaraných jadrových elektrární (JE) sa venuje na celom svete čoraz väčšia pozornosť z viacerých dôvodov:

- JE dosahujú koniec svojej životnosti,
- záujem verejnosti o technológiu jadrovej energetiky nebol nikdy taký veľký ako dnes, pričom sa zväčša sústreďuje na likvidáciu rádioaktívnych odpadov a jej vplyv na životné prostredie,
- priemysel si sám začína uvedomovať, že pre budúci rozvoj jadrovej energetiky je rozhodujúce dokázať, že JE sa môžu bezpečne, ekonomicky a hlavne ekologicky demontovať.

Jadrová elektráreň V-1 v Jaslovských Bohuniciach bola postavená v rokoch 1973 - 1978. V období prípravy jej výstavby sa podľa všeobecne prijatých bezpečnostných kritérií nevyžadoval projekt vyradenia JE po ukončení prevádzky. V súčasnosti sa jej prevádzke venuje zvýšená pozornosť dozorných orgánov - Útvary hlavného inšpektora pre jadrovú bezpečnosť ČSKAE. Každé uvedenie V-1 do prevádzky po výmene paliva posudzujú orgány ČSKAE hlavne s ohľadom na zvýšenie jadrovej bezpečnosti.

Na základe výnosu ČSKAE č. 5/91 treba v elektrárni v priebehu rokov 1991 - 1992 vykonať tzv. "malú" rekonštrukciu, až potom sa môže prevádzkovať do r. 1995. V prípade ďalšieho pokračovania v činnosti musí sa vykonať aj druhá časť rekonštrukcie - "veľká" rekonštrukcia, čím sa jej bezpečnosť zvýši na úroveň súčasne platných požiadaviek v Európe. Elektráreň V-1 bude vyradená z prevádzky najneskôr r. 2003, po uplynutí projektovanej doby životnosti, a to aj v prípade, ak úspešne prebehnú obe etapy rekonštrukcie. Vzhľadom na súčasnú nákupnú cenu elektrickej energie zo zahraničia sú tieto rekonštrukcie finančne veľmi výhodné, ich cena sa odhaduje na 6,5 mld. Kčs.

Prvý blok JE V-1 (typu VVER 440) uviedli do prevádzky v Jaslovských Bohuniciach r. 1978 a druhý o dva roky neskôr. Elektráreň sa tak nachádza v druhej polovici svojej projektovanej životnosti. Stále aktuálnejšou sa teda stáva otázka: ako naložiť s týmto zariadením po skončení jeho životnosti? Je preto nevyhnutné zaoberať sa vážne otázkami ďalšieho osudu dožívajúcich JE a riešiť problémy, ktoré s tým úzko súvisia, t. j. predĺžovanie životnosti, rekonštrukcia či konečná likvidácia JE.

Alternatívy konečnej likvidácie JE

Likvidácia jadrového zariadenia je definovaná ako "opatrenia nasledujúce po ukončení normálnej prevádzky zariadenia, ktoré majú zabezpečiť ochranu okolitého obyvateľstva, personálu JE a životného prostredia (ŽP) od zvyškovej rádioaktivi-

ty a ďalších rizík vyplývajúcich z odstavenej JE" (Roberts, Shaw, 1985).

V publikácii o faktoroch ovplyvňujúcich vyradenie pozemných jadrových reaktorov z prevádzky, ktorú vydala MA-AE, uvádzajú sa 3 stupne konečnej likvidácie JE. Termín stupeň pritom neznamená len určitý postupný proces, ale jednotlivé stupne sa môžu navzájom prekrývať a kombinovať.

Ich stručná charakteristika:

Prvý stupeň SAFSTOR (ochranné uloženie)

Z reaktora sa úplne odstráni palivo. Odstránia a spracujú sa všetky rádioaktívne prevádzkové hmoty. Technologické zariadenia sa zachovávajú. Systém bariér proti úniku rádioaktivity do životného prostredia sa zosilní úmerne k dĺžke trvania ochranného uloženia. Vzduchotechnické, meracie a obslužné systémy sa udržujú v prevádzkyschopnom stave. Objekt je pod trvalým, na mieste vykonávaným dozorom.

Druhý stupeň ENTOMBMENT (čiastočná demontáž)

Stav objektu a zariadení je ako pri 1. stupni, kontaminované zariadenia a priestory sa navyiac v primeranom rozsahu dekontaminujú, časť zariadení sa demontuje a priestory, v ktorých to úroveň rádioaktivity dovoľuje, môžu sa využívať na nové účely. Priestory s vysokou úrovňou zvyškovej rádioaktivity sa uzavrujú bariérami (napr. zabetónovaním). Dozor je obmedzený.

Tretí stupeň DECON (okamžitá demontáž)

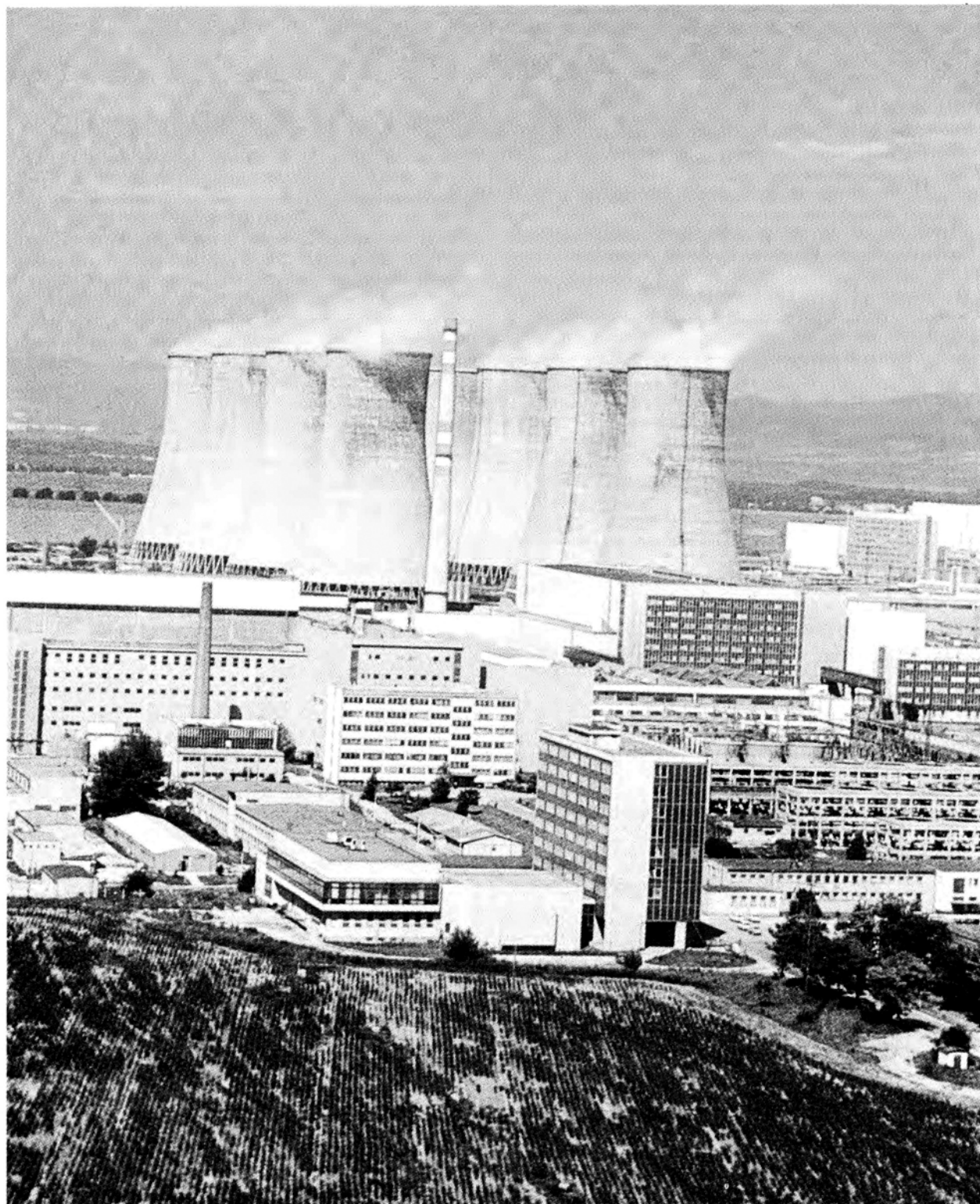
Všetky materiály, zariadenia a konštrukcie, ktorých rádioaktivita presahuje prípustnú výšku, odstránia sa do úložiska rádioaktívnych odpadov (RAO). Vo všetkých priestoroch sa musí rádioaktivita znížiť na takú úroveň, pri ktorej sa môžu tieto priestory a pozemky neobmedzene využívať.

Predpokladá sa, že vyradenie JE z prevádzky nekončí prvým ani druhým stupňom, ale po ktoromkoľvek z nich bude nasledovať tretí stupeň.

Výber najvhodnejšej alternatívy

Pri posudzovaní viacerých alternatív konečnej likvidácie JE treba zvoliť kritériá porovnateľné pre všetky varianty. Musia obsahovať najmä:

- finančné náklady,
- radiačnú bezpečnosť (kolektívny dávkový ekvivalent),
- prácnosť (človekohodiny),



- technickú náročnosť (požiadavky na výskum).

Všetky varianty konečnej likvidácie JE musia končiť zarúčením uvedenia pozemku do pôvodného stavu. Po zhodnotení súčasného stavu zariadení, metód, technológií, legislatívy, po zvážení množstva faktorov i kritérií a na základe ich kritической analýzy sa pre JE V-1 javí ako optimálna čiastočná demontáž (druhý stupeň).

Funkčný postup vyradovania JE V-1 z prevádzky

Z hľadiska vecného, technického a časového rozvrhu prác možno tento proces rozdeliť na 4 základné fázy.

● *Nominálny režim*

Počas tejto fázy je v JE normálna energetická prevádzka. Platia všetky zásady bezpečného prevádzkovania, rozšírené o zvláštny režim prevádzky JE V-1 zohľadňujúci predovšetkým opatrenia na vylúčenie havárie.

Už v tejto etape sa odporúča vykonávať študijné, prípravné, projektové a vývojové práce, aby sa mohlo v ďalších etapách postupovať podľa najvhodnejšej alternatívy.

Ďalej treba zhromažďovať vstupné údaje pre ďalšie fázy vyradovania, ako sú základné údaje o miestnostiach, technologických zariadeniach, potrubných trasách, zdvíhacích mechanizmoch, bilancii odpadov a paliva a pod. Z týchto údajov je účelné vytvoriť databázový systém, neustále dopĺňaný novými údajmi z prevádzky. Na ich základe sa vypracujú pravidlá prevádzkových predpisov pre ďalšiu etapu.

● *Ukončenie prevádzky*

Podľa všeobecných odporúčaní a doterajších skúseností má na vyradovanie JE rozhodujúci vplyv posledných 3 - 5 rokov jej prevádzky, ktoré nazývame ukončovanie prevádzky.

Prí JE V-1 je toto obdobie 3-ročné, vzhľadom na palivový cyklus, čo však nevylučuje možnosť rozšírenia navrhovaných zásad i na predchádzajúce roky prevádzkovania. Po vecnej stránke ohraničuje túto etapu konečné odstavenie elektrárne.

Ukončovanie prevádzky je záverečné obdobie prevádzkovania, v rámci ktorého sa JE plánovito pripravuje na konečné odstavenie s cieľom maximálneho uľahčenia jej likvidácie.

Pre toto obdobie platia všetky zásady bezpečného prevádzkovania z normálnej prevádzky, pribúdajú však i nové zásady, smerujúce k príprave a ukončeniu procesu jej vyradovania. Zvláštny režim prevádzky JE V-1 zohľadňujúci predovšetkým opatrenia na vylúčenie havárie musí v posledných 3 rokoch zobrať do úvahy ďalšie požiadavky. Ide najmä o prispôbovanie palivového cyklu a stanovenie optimálneho termínu konečného odstavenia jednotlivých blokov, zavedenie systematického sledovania technologických a stavebných bariér proti úniku rádioaktívneho odpadu, opatrenia na minimalizáciu jeho tvorby, maximálne spracovanie a zneškodnenie nahromadených RAO, vrátane odvozu na regionálne úložisko (RU). Musia sa tiež vykonať opravy a rekonštrukcie zariadení, potrebných v ďalšom procese vyradovania.

Vhodne volený palivový cyklus musí zabezpečiť nielen maximálnu hospodárnosť, ale vytvoriť i podmienky na urýchlenie dosiahnutie jadrového bezpečného stavu elektrárne po konečnom odstavení jednotlivých blokov. Nové požiadavky sa mu-

sia zohľadniť v technickom riešení, prístrojovom vybavení, v režimových opatreniach i prevádzkovej dokumentácii.

Základnou požiadavkou zostáva minimalizácia vplyvu rádioaktívneho žiarenia na pracovníkov i okolie, avšak v tejto etape už treba vykonať opatrenia na prechod k likvidačnej dozimetrii. Po technickej stránke ide o prístrojové vybavenie na meranie extrémnych aktivít žiarenia, kontrolných staníc pre vývoz materiálu do ŽP, kontrolných systémov na meranie aerosólov, odpadových vôd, monitorovanie podzemných vôd a kontrolu bariér. V prípade potreby treba zvýšiť periodicitu kontroly okolitého ŽP.

Pred konečným odstavením blokov JE V-1 sa musí vykonať prísna revízia a potrebné opravy všetkých systémov ovplyvňujúcich radiačnú bezpečnosť - zásobovania vodou, ventilačných a kanalizačných systémov, systémov špeciálnej očisty, plynov, vôd a príslušných systémov kontroly a signalizácie. V prevádzke sa musia vykonať opatrenia na zníženie kontaminácie povrchov zariadení, stavebných konštrukcií a ak je to možné i na zníženie indukovanej aktivity.

Na minimalizáciu vplyvu vyradovania JE na okolie majú veľký význam bariéry proti únikom RAO. Sú to najmä steny technologických zariadení, nádrží, bazénov, stavebných konštrukcií, ale aj filtre a geologické formácie, ktoré zabraňujú úniku rádioaktívnych látok do ŽP. Treba vytypovať rozhodujúce technologické i stavebné bariéry, zhodnotiť ich stav, navrhnúť opatrenia na zlepšenie a zaviesť ich systematické sledovanie a kontrolu.

Okrem toho majú pre vyradovanie veľký význam transportné a dopravné zariadenia, prívody médií a energií, ktorým treba počas ukončovania prevádzky venovať zvláštnu pozornosť, aby boli v čase konečného odstavenia v použiteľnom stave.

Program minimalizácie RAO sleduje dve základné úlohy:

1. minimalizáciu tvorby RAO - technicko-organizačnými opatreniami a udržiavaním vysokej kvality zariadenia,
2. minimalizáciu nahromadených RAO - urýchlenným spracovaním na existujúcich zariadeniach.

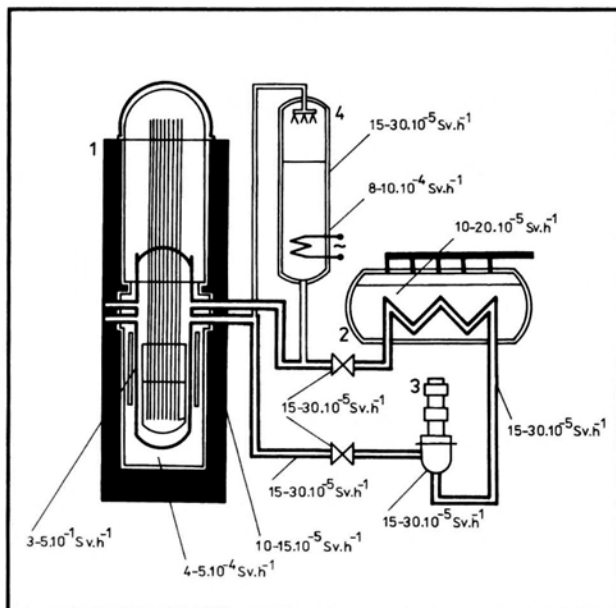
● *Príprava na likvidáciu*

V tomto období sa vykonáva "vyčistenie" JE od voľných aktivít, pripravujú sa bariéry proti možným únikom a vykonávajú sa prípravné práce na konečnú likvidáciu.

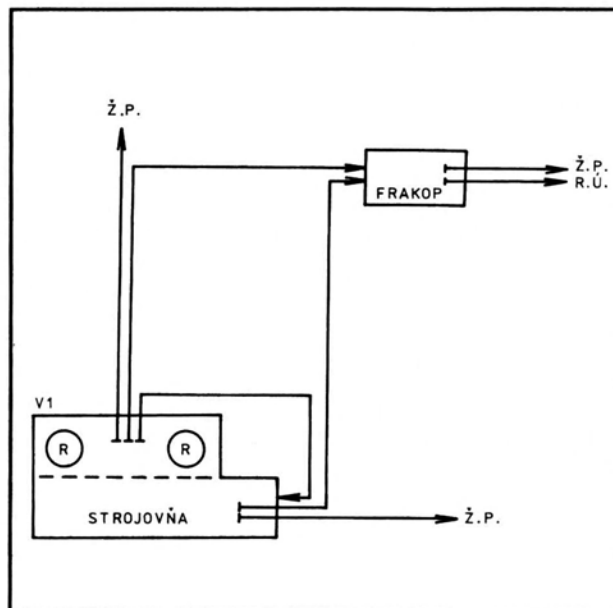
Táto fáza nasleduje hneď po konečnom odstavení JE. Z elektrárne sa odvezie palivo, zariadenia a technologické okruhy sa vyprázdnia a podľa možnosti vyčistia. RAO z prevádzky JE a prevádzkové náplne sa spracujú do formy vhodnej na konečné uloženie. Vykoná sa dokonalé dozimetrické mapovanie radiačnej situácie v jednotlivých objektoch a zariadeniach. Jeho cieľom je presne zistiť druh, množstvo, rozmiestnenie a aktivitu aktivovaných a kontaminovaných materiálov v priestoroch JE. Pritom sa využíva a dopĺňa vytvorený databázový systém. V elektrárni sa inštalujú zariadenia a technológie na predemontážnu dekontamináciu. Už v tejto etape treba vybudovať pracoviská na úpravu a spracovanie RAO z demontáže:

- fragmentačné pracovisko na úpravu veľkorozmerných odpadov do formy vhodnej na ďalšie spracovanie a konečné uloženie,

- triediace pracovisko na triedenie odpadov podľa druhu a úrovne rádioaktivity a pod.



1. Prehľad radičných podmienok na primárnom okruhu JE V-1
 1 - reaktor, 2 - parný generátor, 3 - hlavné cirkulačné čerpadlo, 4 - kompenzátor objemu.



2. Transportné cesty materiálov z likvidácie JE V-1 v areále EBO.

Vzhľadom na predpokladaný pohyb rádioaktívnych materiálov musia sa nanovo vymedziť kontrolované pásma, inštalovať nové kontrolné stanice pre vývoz materiálov do ŽP a podľa potreby zlepšiť prístrojové vybavenie kontrolných systémov na meranie aerosólov, monitorovanie podzemných vôd a okolitého ŽP. Aby bol vplyv vyradovania JE z prevádzky na okolie minimálny, musí sa preskúmať a podľa potreby zdokonaľiť stav a funkcie rozhodujúcich technologických a stavebných bariér proti úniku rádioaktívnych látok do ŽP.

Nevyhnutnou podmienkou realizácie tejto a nasledujúcej etapy je zabezpečenie vhodného úložiska RAO, schopného a pripraveného prijať všetky druhy RAO spojené s konečnou likvidáciou JE V-1.

● **Likvidácia JE**

Poslednou fázou funkčného postupu vyradovania JE V-1 z prevádzky je jej likvidácia. V rámci tejto etapy sa vykonávajú dekontaminačné, demontážne a demolačné práce, vrátane zneškodňovania všetkých RAO tak, aby sa zvyšné priestory a objekty mohli ďalej neobmedzene užívať.

Táto etapa sa začína predemontážnou dekontamináciou kontaminovaného zariadenia. Po ňom nasleduje demontáž. Demontované zariadenie sa rozdeľí na menšie časti na špeciálnom pracovisku. Demontovaný a fragmentový materiál, pri ktorom je to potrebné a účelné, podrobíme podemontážnej dekontaminácii. RAO z demontáže a sekundárne RAO z dekontaminácie sa spracujú do vhodnej formy na trvalé uloženie v regionálnom úložisku. Materiál, ktorého úroveň rádioaktivity spĺňa príslušné hygienické normy, uvoľňuje sa do

ŽP alebo recykluje. Pri týchto prácach sa uplatňujú rôzne demontážne prostriedky, v závislosti od úrovne aktivity demontovaného zariadenia - od bežných demontážnych prostriedkov až po diaľkovo ovládané manipulátory a roboty. Po odstránení všetkých rádioaktívnych materiálov sa pozemok uvoľní na ďalšiu energetickú výstavbu alebo na iné využívanie.

Na záver tejto etapy vyradovania JE z prevádzky sa vykoná bilancia a evidencia činnosti, materiálu, nákladov a vyhodnotenie rôznych ukazovateľov. Získané poznatky sa využijú na ďalší rozvoj jadrovej energetiky nielen v oblasti samotnej likvidácie JE, ale aj pri projektovaní a prevádzkovaní JE.

Technológia likvidácie a demontáž vybraných zariadení JE

Pri likvidácii JE sa musia demontovať a rozčleniť veľké rádioaktívne komponenty a konštrukcie (napr. tlaková nádoba reaktora, parogenerátory, potrubia, konštrukcie biologického tlmenia a pod.).

Po predemontážnej dekontaminácii, ktorej cieľom je zníženie KDE (kolektívneho dávkového ekvivalentu) pracovníkov vykonávajúcich demontáž, odporúča sa postupovať od najmenej kontaminovaných zariadení k vysoko rádioaktívnym častiam (obr. 1).

Ako prvé sa konvenčným spôsobom demontuje zariadenie strojovne. Na jeho mieste sa vybuduje fragmentačné pracovisko, ktoré slúži na rozčlenenie a spracovanie veľkorozmerných kontaminovaných zariadení primárneho okruhu do takej formy, aby ich bolo schopné prijať fragmentačné a de-

kontaminačné pracovisko (FRAKOP). Tu sa materiál ďalej delí, triedi a dekontaminuje (podemontážna dekontaminácia). Materiál spĺňajúci príslušné hygienické normy sa uvoľňuje do ŽP. Rádioaktívny materiál sa spracuje do formy vhodnej na trvalé uloženie v rádioaktívnom úložisku. Transportné cesty materiálov z likvidácie JE V-1 v areáli Elektrárne Jaslovské Bohunice znázorňuje obr. 2.

Pri likvidácii rádioaktívnych zariadení možno použiť rôzne postupy demontáže:

- tepelné metódy rezania (kyslíkovo-acetylénový horák, elektrický oblúk, plazmový horák),
- mechanické postupy rezania (pily, frézy, hydraulické nožnice),
- explozívne metódy (použitie kontrolovaných výbuchov).

Navrhovaný cyklus pohybu materiálov demontovaných pri konečnej likvidácii JE V 1 znázorňuje obr. 3.

...

Naším cieľom bolo poukázať na rôzne aspekty problému konečnej likvidácie JE V-1.

Na základe porovnania jednotlivých alternatív konečnej likvidácie jadrových elektrární navrhujeme najvhodnejšiu alternatívu pre naše podmienky - čiastočnú demontáž JE V-1. Časový priebeh tohto variantu závisí od konkrétnych radiačných podmienok na zariadeniach JE V-1, pričom by sa výhodne využil prirodzený rádioaktívny rozpad. Je už vypracovaný aj funkčný postup vyradovania JE V-1 z prevádzky.

Objem odpadov z konečnej likvidácie JE je približne rovnako veľký ako množstvo odpadov, ktoré vznikne počas 25 ročnej prevádzky JE. Nevyhnutnou podmienkou likvidácie JE V-1 z hľadiska životného prostredia je preto vyriešenie otázky vhodného úložiska RAO.

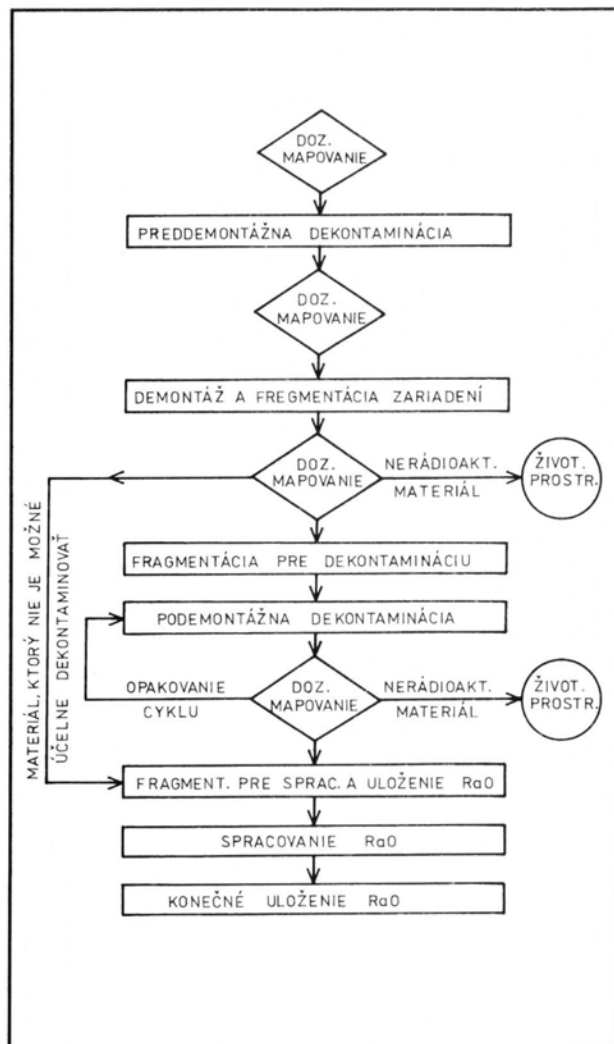
Podľa podobných úvah a kritérií sa vypracuje aj oficiálny projekt likvidácie JE V-1 na základe konkurzu vypísaného Federálnym ministerstvom hospodárstva ČSFR.

Literatúra

Roberts, J. T. A., Shaw, R., Stahlkopf, K., 1985: Decommissioning of commercial nuclear power plants. Ann. Rev. Energy 1985. 10: 251-84

Factors relevant to the decommissioning of land-based nuclear reactor plants, 1980: Safety Series No. 52. International Atomic Agency. Vienna.

Jančovič, P., 1991: Návrh konečnej likvidácie JE V-1. Diplomová práca, FF STU, Bratislava.



3. Cyklus pohybu materiálov demontovaných pri konečnej likvidácii JE V-1.

Musíme teda prestať považovať veci za dané a to aj tie na prvý pohľad najjednoduchšie. Musíme sa naučiť rozumieť prírode, neuspokojiť sa tým, že ju iba pozorujeme a odolávame jej pôsobeniu na nás. Hlúposť nie je len milým individuálnym defektom, ale v spoločenskom meradle sa stáva zločinom.

John Desmond Bernal

