

# **Jadrová** energia



**slepá ulička**

Pôvodné vydanie:

WISE Amsterdam, NIRS, s príspevím

R. J. v. d. Berg, S. Field, P. de Rijk,

D. Bannink a M. Verweij

Úprava:

M. Verweij, P. de Rijk

Preklad:

Katarína Bartovičová

Úprava slovenskej verzie:

Ľubica Trubíniová

Január 2002

Publikácia vyšla vďaka finančnej  
podpore Nadácie Ekopolis.

# ÚVOD

---

Táto publikácia je prvým spoločným dielom WISE (Svetový informačný servis o energii) a NIRS (Informačný a výskumný servis o jadrovej energii), ktoré sa združili v septembri v roku 2000. Dúfame, že poskytnete aktivistom a mimovládny organizáciám všeobecný prehľad nástrojov a argumentov a ponúkne rady a námety, ako bojovať proti jadrovej energii. Tí, ktorí denne pracujú na protijadrových kampaniach, tu nenájdete veľa nových argumentov. Myslíme si však, že táto brožúrka je ich podrobným prehľadom. Zahŕňa hlavné problémy, základné informácie o fungovaní jadrového palivového reťazca a dopĺňa najnovšie poznatky z oblasti ekonomiky a bezpečnosti. Osobitnú pozornosť venuje otázke, či sa jadrová energetika môže považovať za prostriedok boja proti *zmene klímy*, ktorú spôsobuje spotreba energie.

Pripomienky sú vítané.

Autori

## JADROVÉ ELEKTRÁRNE V 21. STOROČÍ — ZAČIATOK KONCA

---

Uplynulo už polstoročie odvtedy, čo zástancovia jadrovej energetiky sľubovali, že jadrová energia bude príliš lacná na to, aby sa ju vyplatilo merať, že bude bezpečná, spoľahlivá a nevyčerpatelná. V akej situácii sme sa ocitli po 50 rokoch, počas ktorých sme investovali obrovské sumy peňazí do jadrovej energie? V skutočnosti sa ani jeden z týchto sľubov nespĺnil. Dnes je jasné, že jadrová energia vôbec nie je lacná, ani dostatočne bezpečná, jej spoľahlivosť je diskutabilná a vôbec nie je nevyčerpatelným zdrojom energie.

Zdravý rozum predsa len začína víťaziť, aj keď kvôli obrovskému potenciálu peňazí aj politickej moci, nahromadených v jadrovom priemysle a nadväzujúcich oblastiach, sa presadzuje dosť ťažko. Nasvedčuje tomu dnešný stav vo svete — jadrový priemysel má veľké problémy a pomaly upadá. Koncom deväťdesiatych rokov zaznamenal prvý výrazný pokles inštalovaného jadrového výkonu, zároveň

s prvým poklesom počtu jadrových elektrární v komerčnej prevádzke. Na začiatku roku 2002 bolo v prevádzke 438 jadrových reaktorov v 31 krajinách, ktoré produkujú iba okolo 16 % svetovej spotreby elektrickej energie.

Ak by človek nekriticky uveril číslam, ktoré udávajú Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (MAAE – IAEA), Informačné centrum o uráne (Uranium Information Center), Inštitút jadrovej energie (Nuclear Energy Institute) a ostatní zástancovia jadrového priemyslu, myslel by si, že na pripojenie k sieti čaká veľmi veľký počet elektrární. Jadrová lobby uverejňuje údaje založené na vysoko optimistických predpokladoch očakávaných termínov pripojenia k sieti. Vo viac ako 80 % prípadov však sieťové pripojenie mešká oproti pôvodnému projektu v priemere o 5 rokov.

Ako možno vidieť na obrázku č. 1, v minulých desaťročiach MAAE vždy vysoko nadhodnotila celkový inštalovaný výkon jadrových elektrární vo svete, odhadovaný na rok 2000. Očakávania sa mali upra-

viť *smerom nadol* — v porovnaní s predpokladom 2 300 GW v roku 1976 na realistických 475 GW v roku 1985. Inštalovaný výkon v jadrových elektrárnach v súčasnosti je 353 GW. Dnes už MAAE predpokladá, že v roku 2015 bude iba o niečo väčší — 370 GW, pričom podiel jadrovej energie klesne len na 13 %.

V Európskej únii sa v ostatných desiatich rokoch dokončili posledné reaktory. V roku 1987 hlasovalo Taliansko drvivou väčšinou proti jadrovej energii. Španielsko prijalo moratórium na nové jadrové elektrárne v roku 1991. O štyri roky neskôr rozhodla Veľká Británia, že už nebude stavať žiadne nové elektrárne. Väčšina krajín EÚ buď nemá žiadne jadrové elektrárne, alebo sa rozhodla postupne ich vyradiť z činnosti. Nemecká vláda v roku 2000 dohodla s predstaviteľmi domácej energetiky čas a konkrétne podmienky definitívneho vyradenia jadrových elektrární. Dokonca aj Francúzsko, známe silnou podporou jadrovej energetiky, dokončilo v roku 2000 posledný reaktor a na výstavbu ďalších zaviedlo moratórium. V Spojených štátoch amerických uplynulo už vyše 25 rokov od poslednej objednávky na

výstavbu reaktora, ktorá sa aj skutočne dokončila. Celkovo sa v USA viac projektov na výstavbu reaktorov zrušilo, ako sa zrealizovalo.

Obrázok č. 1  
Inštalovaný výkon jadrových elektrární [GW]

- MAAE, 1976 — predpoklad na rok 2000
- MAAE, 1980 — predpoklad na rok 2000
- MAAE, 1985 — predpoklad na rok 2000
- Súčasný inštalovaný výkon jadrových elektrární vo svete — 1. 1. 2002
- MAAE, 2001 — predpoklad na rok 2015



O Ázii sa často hovorí ako o oblasti, kde pokračuje rozmach jadrovej energie. Avšak pod ekonomickým, sociálnym a environmentálnym tlakom investori od mnohých jadrových programov *ustúpili, alebo znížili* ich rozsah. Čína sa rozhodla, že zníži svoje investície do budúcich zdrojov elektrickej energie a úloha jadrovej energie, ktorá predstavuje iba 0,6 % z celkovej výroby elektriny, bude naďalej okrajová. Iba sedem ázijských krajín stavia alebo plánuje jadrové elektrárne, medzi nimi silne projadrové Japonsko a Južná Kórea. V západnej Európe a oboch Amerikách sa však neplánujú žiadne reaktory.

Fakt, že sa mnohé objednávky nerealizujú a nové nie sú na obzore, spôsobuje postupný *úpadok jadrovej energetiky*, a to aj napriek tvrdeniu MAAE, že v roku 2001 bolo vo výstavbe 35 reaktorov. Ak si overíme, či sa reaktory skutočne budujú, minimálne desať môžeme zo zoznamu vyškrtnúť (napríklad aj bloky 3 a 4 jadrovej elektrárne v Mochovciach sú rozostavané od 80. rokov a o ich dostavbu zatiaľ neprejavil reálny záujem žiaden investor). U niektorých z ostávajúcich reaktorov je otázne, či

sa naozaj niekedy dokončia. Nízky je aj počet reaktorov plánovaných alebo objednaných v súčasnosti — 32. Jadrový priemysel preto rozvíja svoje aktivity najmä v krajinách tzv. tretieho sveta a strednej a východnej Európy, kde úroveň environmentálneho vedomia a demokracie nie je až taká vysoká.

Na Slovensku je jadrová lobby veľmi silná, hoci v prevádzke je len 6 reaktorov sovietskeho typu — dva najstaršie reaktory v elektrárni V1 v Jaslovských Bohuniciach (z konca 70. rokov), dva ďalšie v elektrárni V2 Bohunice z polovice 80. rokov a napokon dva v elektrárni Mochovce. Prvý z nich bol spustený do bežnej prevádzky v roku 1998, druhý až začiatkom roku 2000, hoci výstavba elektrárne — so štyrmi reaktormi — začala ešte koncom 70. rokov a jej ukončenie sa samozrejme plánovalo o mnoho rokov skôr. Napriek obrovským ekonomickým a environmentálnym problémom však jadrová energia stále hrá kľúčovú úlohu v celej slovenskej energetike. Slovensko sa po spustení 2. bloku jadrovej elektrárne Mochovce zaradilo už na 3.—4. miesto vo svete (!) v pokrytí domácej výroby elektriny z jadrových zdro-

jov — v roku 2000 to bolo až 63 % (z toho približne 10 % elektriny sa muselo vyviezť do zahraničia).

Vo výstavbe či v projektových „predstavách“ je teda iba minimálny počet atómových elektrární. V nasledujúcich desaťročiach sa zároveň očakáva, že svoju činnosť ukončí značný počet jadrových elektrární, ktorým vyprší projektová životnosť. V nadchádzajúcich 20 rokoch sa preto predpokladá pokles produkcie jadrovej energie. Jadrová lobby však patrí medzi najsilnejšie záujmové skupiny vo svete. Využíva všetok svoj potenciál a vplyvné kontakty, aby oddialila svoj úpadok. Keďže s najťažšími problémami jadrovej energetiky si stále nedokáže poradiť (pozri ďalej), usiluje sa zachrániť iným spôsobom. V súčasnosti vyvíja mimoriadny tlak na dlhšiu prevádzku reaktorov, než predpokladali ich pôvodné projekty. V roku 2001 povolili predĺženie životnosti niekoľkých reaktorov jadrové dozory v USA a Veľkej Británii, podobné snahy vyvíja aj Japonsko. Oprávnené bezpečnostné obavy vzbudzuje predĺženie životnosti 12 najstarších reaktorov v Rusku. V USA však z ekonomických a bezpečnostných dôvodov v posledných rokoch

niektoré reaktory aj vyradili z prevádzky, takže ich počet klesol zo 110 na súčasných 104.

## NAJLEPŠÍ PRIATEĽ KLÍMY?

---

Na úpadok jadrovej energie zareagoval jadrový priemysel aj tým, že si začal vytvárať imidž riešiteľa problému klimatických zmien. Tak chcel dosiahnuť akceptovanie jadrovej energetiky ako environmentálneho zdroja. Vzrastajúci celosvetový záujem o skleníkový efekt bol takto zneužitý ako nový impulz pre inak zanikajúci priemysel. Neprekvapuje preto, že predstavitelia jadrovej energetiky vidia problém klímy ako „najlepšieho priateľa, akého sme za posledných 40 rokov mali“<sup>(1)</sup>.

Tento argument sa zakladá na tvrdení, že jadrové elektrárne produkujú málo skleníkových plynov, napríklad CO<sub>2</sub>. Avšak v súvislosti s údajmi o emisiách existujú dve hlavné úskalia: Po prvé, údaje jadrových inštitúcií zásadne porovnávajú jadrové elektrárne so silne znečisťujúcimi uhoľnými elektrárnami. Zanedbávajú tak fakt, že alternatívou

(1) „German Elections Threaten Meltdown for Nuclear Power in EU“, European Voice, 14. január 1999

k jadrovej energii nemusí byť práve iba energia z uhlia. Po druhé, ich údaje neberú do úvahy nepriame emisie skleníkových plynov z jadrovej energetiky. Nepriame emisie sú prevažne dôsledkom ťažby a obohacovania uránu, výstavby atómových elektrární a prepracovania vyhoreného paliva. Ale keby aj jadrové elektrárne neprodukovali vôbec žiadne skleníkové plyny, ich environmentálne dôsledky sú také závažné, že sa jednoducho nemôžu považovať za udržateľný zdroj energie.

Narastajúca obava z klimatickej zmeny primäla svet k prijatiu Rámcového dohovoru OSN o zmene klímy v roku 1992 na Summitu Zeme v Rio de Janeiro. Všetky účastnícke krajiny Rámcového dohovoru sa potom stretli na Konferencii strán (Conference of the Parties — COP). V roku 1997 v poradí tretia konferencia strán (COP3) vyústila do Kjótskeho protokolu. Týmto protokolom sa krajiny zaviazali znížiť emisie skleníkových plynov. Jednou z ciest, ako tento cieľ dosiahnuť, je zavedenie tzv. flexibilných mechanizmov. Mechanizmy povoľujú zúčastneným stranám dosiahnuť časť svojich redukčných

cieľov v zahraničí, t. j. znížiť vlastné emisie skleníkových plynov prostredníctvom iných krajín. A práve v týchto mechanizmoch vidí jadrový priemysel príležitosť na svoje oživenie.

CDM — *Clean Development Mechanism* (Mechanizmus čistého rozvoja).

Mechanizmus čistého rozvoja CDM je jedným z flexibilných mechanizmov Kjótskeho protokolu. Má súbežne pomáhať rozvojovým krajinám dosahovať udržateľný rozvoj a priemyselným krajinám dosahovať svoje ciele znižovania skleníkových plynov. Projekt CDM môže fungovať nasledovne: Priemyselná krajina, povedzme Kanada, uskutoční časť svojich redukčných cieľov tým, že technicky a finančne podporí projekt znižujúci emisie v Číne. Týmto projektom môže byť čistá elektrárňa, ktorá produkuje nižšie emisie CO<sub>2</sub> ako bežne používané uhoľné elektrárne. Kanada potom dostane „úvery“ — kredity za emisie ušetrené projektom v Číne.

O zozname metód vhodných pre CDM sa malo rozhodnúť na COP6 v Haagu v novembri 2000. Potenciálne uznanie jadrovej energie za CDM by pravdepodobne viedlo západné krajiny k exportu jadrových elektrární do rozvojových krajín pod hlavičkou udržateľného rozvoja. V Haagu však zúčastnené štáty nedospeli k dohode. Na opakovanom stretnutí v Bonne v júli 2001 sa účastníci aj napriek deštruktívnemu postoji USA dohodli, že jadrová energia sa nebude považovať za mechanizmus čistého rozvoja CDM.

## VEČNÝ ODPAD

---

V ranej histórii jadrovej energie sa problém jadrového odpadu nebral vážne. Niektoré z návrhov, ako sa zbaviť odpadu, sa nikdy nezrealizovali, pretože boli technicky alebo prakticky nemožné. Tieto návrhy zahŕňali aj úložisko v polárnych ľadovcoch či vystreľovanie do ďalekého vesmíru. Ale po celé desaťročia sa odpad jednoducho iba zhadzoval do mora.

Odpad pochádzajúci z jadrových reaktorov možno rozdeliť na dve hlavné kategórie. Za nízkoaktívny odpad sa považujú napríklad pracovné odevy zamestnancov elektrárne, ich filtre, technické zariadenia elektrárne a pod. Staré reaktorové nádoby (s výnimkou USA, kde sa taktiež považujú za nízkoaktívny odpad) a vyhorené palivo sa považujú za vysokoaktívny odpad, ktorý sa ukladá priamo do špeciálnych kontajnerov, alebo prepracováva v osobitných zariadeniach. Továrne na prepracovanie vyhoreného paliva však sprevádzajú neustále problémy a v súčasnosti ich prevádzkujú len dve krajiny – Veľká Británia (Sellafield) a Francúzsko (La Hague).

V USA, Japonsku a Nemecku prepracovateľské zariadenia odstavili kvôli technickým a ekonomickým problémom aj kvôli protestom obyvateľstva.

Vysokoaktívny odpad ostáva nebezpečný po celé veky, ale jadrový priemysel často tvrdí, že odpad bude neškodný už po 240 000 rokoch. Väčšina odborných názorov sa zhoduje v tom, že odpad bude vyžarovať rádioaktivitu vysoko nad limitmi voľného vypúšťania ešte aj o 1 milión rokov. Nie je to vylúčené dokonca ani o 10 miliónov rokov.

Jadrový priemysel navrhol zakopať vysoko rádioaktívny odpad do hlbokých skalných masívov, ale realizácia takéhoto úložiska zlyháva. Je nemožné zaručiť spoľahlivú izoláciu odpadu na státisíce rokov. Keď sa už raz odpad zakope, nemožno viac kontrolovať prípadné priesaky do podlažia a odstraňovať ich. Priesaky sú iba otázkou času, to znamená, že niekedy v budúcnosti kontajnery určite budú prepúšťať rádioaktivitu a následne ju uvoľňovať do prostredia.

Ani povrchové úložiská sa nedajú nazvať bezpečnými. Hoci je tu možnosť kontrolovať a opravovať kon-

tajnery s odpadom, ľudstvo zaň bude zodpovedať v podstate „navždy“. Kontajnery sa budú musieť vymieňať a úložisko sa musí ochraňovať pred zneužitím teroristami, armádou vo vojne a pod. Na Slovensku tento problém taktiež nie je vyriešený. Vysokoaktívny odpad sa zatiaľ skladuje priamo v jadrových elektrárnach a investujú sa milióny korún do geologického prieskumu lokality vhodnej na trvalé úložisko. Rozhodnutie stále nepadlo, zodpovední v podstate čakajú na ďalší vývoj situácie vo svete. Vyplýva z toho jednoznačný záver — už teraz máme priveľa jadrového odpadu.

#### *Gorleben*

*Dobrym príkladom odporu proti jadrovému odpadu je nemecká dedina Gorleben. Koncom sedemdesiatych rokov bola vytypovaná na výstavbu jadrového reaktora, prepracovateľského zariadenia, dočasného úložiska odpadov a trvalého úložiska v soľnej bani. Pre silný odpor miestnych občanov sa čoskoro museli zrušiť reaktor aj prepracovateľská továreň. Prvý kontajner vyhoreného paliva bol dopravený na dočasné úložisko v Gorlebene v roku 1995 za protestu tisícov ľudí. Druhý (1996) a tretí (1997) transport takisto sprevádzali tisícky protestujúcich. Napokon sa vláda sociálnych demokratov a zelených, ustanovená v roku 1998, rozhodla prieskum*

v Gorlebene ukončiť, a to kvôli pretrvávajúcim pochybnostiam, či je sol'ná baňa vhodná na trvalé uloženie jadrového odpadu. Miestni obyvatelia tak zastavili projekt nebezpečného trvalého úložiska.

## RÁDIOAKTÍVNE LÚČE

---

Každý vie, že jadrové elektrárne vyžarujú rádioaktívu. Ale čo presne pojem radiácia, resp. rádioaktívne žiarenie znamená? Jadrová reakcia vzniká vtedy, keď sa začnú rozpadávať nestabilné atómy. Tento proces sa často nazýva „ionizujúcim žiarením“, pretože sa uvoľňuje dostatočné množstvo energie na odtrhnutie elektrónov od atómov a zmenu atómov na ióny. Ionizácia narúša fungovanie buniek, ktoré tvoria naše telo. Vysoká úroveň radiácie zabíja bunky a spôsobuje rádioaktívne popáleniny, choroby a smrť.

Pri nižších úrovniach žiarenia dochádza k mutáciám, ktoré spôsobujú rakovinu alebo dedičné genetické poškodenie. Dôsledky mutácií možno ťažko presne predvídať, pretože sa *objavujú náhodne*. Napríklad pri nehode v Černobyle bolo veľké množstvo ľudí vystavené radiácii. Bolo jednoznačné, že niektorí

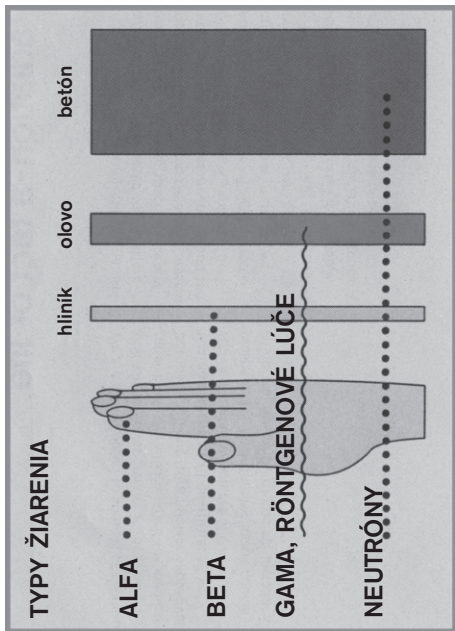
Ľudia dostanú rakovinu a niektoré ženy porodíajú deti s genetickými poruchami, ale nebolo možné jednoznačne predvídať, kto konkrétne bude postihnutý. Rovnako nevieme s určitosťou povedať, či jednotlivé prípady rakoviny alebo genetického poškodenia spôsobilo žiarenie alebo niečo iné. Vplyvy sa môžu oddialiť — rakovina alebo vrodené vady sa objavujú mnoho rokov po vystavení radiácii.

V prípade veľmi nízkej úrovne radiácie, aká sa bežne vyskytuje v prírode v tzv. pozadí, sa odborníci nevedia zhodnúť na jej účinkoch. Zvyčajne sa predpokladá, že zdravotné riziko je úmerné dávke žiarenia. Avšak niektorí odborníci — osobitne skupina vedcov napojená na jadrový priemysel — tvrdia, že nízke hodnoty radiácie predstavujú malé, alebo žiadne riziko. Niektorí dokonca tvrdia, že nízka úroveň radiácie môže byť prospešná. Na druhej strane však existujú význačné dôkazy o tom, že riziko, ktoré predstavuje nízka dávka žiarenia pri dlhodobom pôsobení, môže byť vyššie, ako rovnaká dávka pôsobiaca v kratšom období.

## Goiânia

Príkladom nebezpečenstva radiácie je nehoda v Goiânia v Brazílii. Obchodníci s odpadom rozmontovali prístroj na rádioterapiu z už nečinnnej nemocnice. Našli v ňom prášok, ktorý žiaril v tme a pripisovali mu magickú moc. Všetci ich priatelia chceli trochu z „magického“ prášku. Ale zanedlho začali chorovať. Štyria ľudia, ktorí si natreli prášok na pokožku, zomreli, vrátane 6-ročného dievčatka. Ochoreli stovky ľudí a 5 tisíc ľudí potrebuje pravidelné lekárske kontroly do konca života. Na skladovanie 5 584 kontajnerov s obsahom 3 500 m<sup>3</sup> rádioaktívneho odpadu pochádzajúceho z nehody sa postavilo špeciálne zariadenie. Zdroj, ktorý toto všetko spôsobil, obsahoval iba 19 gramov rádioaktívneho chloridu cézia.

Obrázok č. 1 — Typy žiarenia



## Typy žiarenia

**Žiarenie alfa** – relatívne ťažké častice vyžarované prvkami, ako je urán a plutónium. List papiera dokáže zastaviť alfa častice, ale ak sa látka vyžarujúca alfa častice dostane do tela, spôsobí veľké poškodenie – napríklad vdýchnutie 80 mikrogramov plutónia je zvyčajne smrteľné.

**Žiarenie beta** – elektróny pohybujúce sa veľkou rýchlosťou. Dokážu preniknúť do tela, ale môže ich zastaviť niekoľkomilimetrová vrstva hliníka. Látky vyžarujúce častice beta sú nebezpečné aj vo vnútri, aj mimo tela.

**Gama lúče** – podobné röntgenovým lúčom, ale s vyššou energiou. Hrubé olovo alebo betón ich môžu zastaviť, môžu však prejsť priamo ľudským telom a poškodiť tkanivá orgánov.

**Neutróny** – neutrálne častice vyžarované počas jadrového štiepenia. Sú silne prenikavé a môžu taktiež poškodiť tkanivo. Jadrové reaktory preto potrebujú hrubý kryt, ktorý je vo všeobecnosti z betónu. Tento kryt sa nazýva containment (angl. containment).

## UZAVRIEŤ ALEBO ROZTAVIŤ?

---

Odkedy existuje jadrová energia, stávajú sa nehody. Najznámejšími sú požiar v reaktore Windscale (1957, Veľká Británia), tavenie reaktora v Three Mile Island v Harrisburgu (1979, USA), havária v Černobyle (1986, Ukrajina) a nedávna kritická nehoda v Tokai Mura (1999, Japonsko).

Narábanie s rádioaktívnymi látkami vždy prináša riziko. Nebezpečný je aj jadrový reaktor, v ktorom je obrovské množstvo rádioaktivity. Horúce palivo sa musí neustále ochladzovať, aby sa predišlo jeho taveniu. Najväčšie riziko spočíva práve v nehode spojenej s tavením aktívnej zóny reaktora, kde sa nachádza palivo. Takýto prípad nastáva vtedy, keď chladiaca voda unikne z chladiaceho systému.

Pri tavení paliva sa môže uvoľniť obrovské množstvo rádioaktivity vtedy, keď zlyhá systém kontajnementu. Môže sa tak stať v dôsledku zlyhania tzv. „ľudského faktora“, alebo v dôsledku poškodenia

systemu pri samotnej nehode. Kontajnment je vlastne železobetónová stavba okolo reaktora. V Černobyle bol systém kontajnmentu zničený výbuchom v reaktore. Pri nehode v Harrisburgu síce nebol kontajnment zničený, ale rádioaktivita unikla cez vetracie otvory v stavbe. Bohunice ani Mochovce nemajú klasický plnotlakový kontajnment a jeho náhrada iným technickým riešením (tzv. barbotážny systém) neplní všetky funkcie kontajnmentu, pretože sa zakladá na inom princípe.

Roztavenie aktívnej zóny reaktora a únik rádioaktivity nemajú ťažké dopady na životné prostredie iba v najbližšom okolí (napríklad rádioaktivitu z havárie v Černobyle bolo možné zaznamenať na celej severnej pologuli). Aj vo vzdialenejších oblastiach prenikajú do ľudského tela prostredníctvom vzduchu, vody a potravy rádioaktívne látky, ktoré neskôr spôsobujú rakovinu. Vážna nehoda má tvrdý dopad tiež na poľnohospodárov, ktorí v rámci ochranných opatrení musia niekoľko rokov likvidovať svoju úrodu zo zamorenej pôdy.

Aby sa predišlo nehodám, konštruje sa jadrový reaktor so sekundárnymi doplnkovými (zálohovými) systémami, ako sú napríklad systémy havarijného chladenia a rezervné generátory elektrickej energie. Ale ešte aj s týmito technickými bezpečnostnými systémami môžu ľudia spôsobiť — a aj spôsobujú — nehody. Vo všetkých štyroch uvedených prípadoch práve „ľudský faktor“ zapríčinil haváriu, alebo prispel k jej ťažkému priebehu.

### Černobyl'

Havária v Černobyle v roku 1986 je najhoršou jadrovou nehodou reaktora v doterajšej histórii. Celkové množstvo uvoľnenej rádioaktivity dosiahlo najmenej 200–násobok množstva rádioaktivity, vyvolanej atómovými bombami v Hirošime a Nagasaki. Z kontaminovaných oblastí na Ukrajine, v Bielorusku a Rusku sa muselo presídliť 250 000 ľudí. Výskyt rakoviny štítnej žľazy, ktorú spôsobuje rádioaktívny jód, je v niektorých oblastiach 100 krát vyšší ako predtým. Doteraz bolo zaznamenaných 11 000 prípadov. Ostatné typy rakoviny sa môžu prejavíť až po 15–20 rokoch po havárii. Celkové náklady havárie pravdepodobne dosiahnu sumu 300 miliárd dolárov, ktorá bude potrebná na dekontaminačné práce, presídľovanie, straty príjmov a náklady na zdravotnú starostlivosť.

## NAJLACNEJŠIA ALTERNATÍVA?

Práve vysoké náklady sú tým, čo najviac poškodzuje vyhliadky jadrovej energie na trhu. Väčšinu atómových elektrární postavili monopolné energetické spoločnosti. Náklady na ne sa akceptovali len vďaka „ochote“ spotrebiteľov alebo vlád platiť, bez ohľadu na ich výšku. Ale dnes, keď krajiny v celom svete otvárajú trhy s elektrinou konkurencii, musí sa jadrová energia po prvýkrát postaviť na vlastné nohy. Až teraz jasne vidieť, že *vyhliadky jadrovej energie v blízkej budúcnosti sú pochmúrne*. Čoraz viac štúdií dokazuje, že jadrová energia je už teraz drahá a stáva sa ešte drahšou, zatiaľ čo ostatné zdroje energie sa stávajú ekonomicky efektívnejšie. Vo väčšine prípadov je vďaka pokroku vo vývoji turbín a možnostiam pobrežných území veterná energia oveľa ekonomickejšia, ako využívanie jadrovej energie. Kým u veternej energie sa očakáva pokles jej nákladov, v prípade jadrovej energie je to naopak.

Podľa Inštitútu pre urán (Uranium Institute) z existujúcich jadrových elektrární iba elektrárne s níz-

kými marginálnymi výrobnými nákladmi prežijú na konkurenčnom trhu. Povedie to k silnej motivácii znižovať náklady, k zmenám v prevádzkovaní a hospodárení elektrární. Táto situácia nastolí nové otázky údržby a bezpečnosti reaktorov. Analytici z Wall Street spochybňujú schopnosť jadrových elektrární konkurovať energetike založenej na fosílnych palivách. Agentúra pre jadrovú energiu (Nuclear Energy Agency — NEA) vyhlásila: „Konkurencieschopnosť nových jadrových elektrární v posledných rokoch podstatne klesla, osobitne v porovnaní s elektrárnami na plyn. Štúdia o rozpočtových nákladoch na výrobu elektrickej energie, publikovaná nedávno Medzinárodnou energetickou agentúrou (International Energy Agency — NEA/IEA) prišla k záveru, že jadrová energia je zriedkakedy najlacnejším variantom pre elektrárne, ktoré by sa mali spustiť do prevádzky v rokoch 2005 až 2010.“ (2)

Trh nemá rád jadrovú energiu — na prekvapenie niektorých to znova potvrdzuje Svetová banka: „Dokonca aj pri nízkych prevádzkových nákladoch vy-

soké kapitálové náklady jadrových elektrární vopred vylučujú možnosť, aby sa považovali za najlacnejšiu alternatívu, a to pri ľubovoľných realistických predpokladoch cien uhlia alebo ropy. Jadrové elektrárne sú teda neekonomické, pretože pri súčasných a predpokladaných nákladoch je nepravdepodobné, že by boli najlacnejšou alternatívou. Existujú tiež dôkazy, že náklady, ktoré zvyčajne dodávatelia uvádzajú, sú výrazne podhodnotené a často neberú do úvahy primerané náklady na ukladanie odpadu, likvidáciu elektrárne a iné environmentálne náklady. Problém ďalej komplikuje utajovanie a nedostatok otvorenosti, ktoré charakterizujú prevádzku jadrových elektrární. V posledných rokoch množstvo nehôd zvýšilo pochybnosť verejnosti o kompetentnosti (jadrového) priemyslu a o bezpečnosti procesu. Mnohí spochybňujú dôveryhodnosť priemyslu.“<sup>(3)</sup> Vyššie uvedené platí v plnom rozsahu aj pre situáciu na Slovensku, hoci netransparentnosť ekonomických údajov je dokonca ešte vyššia, ako napríklad v porovnateľných stredoeurópskych krajinách z bývalého komunistického bloku.

(3) Svetová banka, Environmental Assessment Source Book, zväzok III, Guidelines for Environmental Assessment of Energy and Industry Projects (Smernice pre environmentálne hodnotenie energetických a priemyselných projektov), 1992

Dotácie CDM?

*Príklad Číny jasne naznačuje neekonomickosť jadrovej energetiky a ilustruje, prečo svetový jadrový priemysel tak zúfalo chce, aby jadrová energetika dostala kredity CDM na emisie. V dokumente predložennom MAAE Čína vyhlásila, že do roku 2020 chce vybudovať 40 GW nového inštalovaného výkonu (alebo približne 40 veľkých reaktorov) v jadrových elektrárnach. Dokument však priznáva aj to, že tieto reaktory „nebudú vybudované v čestných trhových podmienkach. V skutočnosti nie je možné bez dotácií, daňových úľav alebo inej finančnej podpory jadrovej elektrárne, potrebné pre budúce energetické potreby Číny, postaviť.“ Inak povedané, ak svetový jadrový priemysel nezíska západné dotácie na výstavbu nových reaktorov, Čína nebude stavať ďalšie. Nájst' cesty k podpore vlastných zlyhávajúcich jadrových korporácií — to je skutočný cieľ vlád, ktoré argumentujú v prospech zahrnutia jadrovej energetiky do CDM.*

## **JESŤ TRÁVU, VYRÁBAŤ BOMBY: ŠÍRENIE JADROVÝCH ZBRANÍ**

---

Rozširovanie jadrových zbraní závisí nielen od politických rozhodnutí, ale aj od dostupnosti know-how a rádioaktívneho materiálu. Know-how sa dá získať ľahko: V roku 1976 21-ročný americký študent naprojektoval jadrové zariadenie s použitím verejne

dostupných informácií. Rádioaktívne materiály, ktoré sú použiteľné na výrobu jadrových zbraní, sú plutónium (Pu) a vysoko obohatený urán (HEU). Vyrábajú ich jadrové elektrárne počas štiepneho procesu. V ľahkovodnom reaktore s výkonom 1 000 MW sa každý rok vyprodukuje okolo 210 až 240 kg plutónia.<sup>(4)</sup> Na jadrovú bombu je potrebných iba niekoľko kilogramov Pu alebo HEU. Keďže urán sa tak či tak obohacuje kvôli svojmu použitiu v jadrových elektrárnach (pozri ďalej), krok k zvýšenému obohateniu pre použitie tohto HEU v zbraniach je malý a neobmedzujú ho technické ťažkosti.

Okrem piatich oficiálnych jadrových veľmocí patria medzi krajiny schopné vyrábať jadrové zbrane aj India a Pakistan. Dobre sú zdokumentované taktiež Južná Afrika, Argentína, Brazília, Izrael, Severná Kórea a Irak. Navyše existujú seriózne dôkazy, že krajiny ako Španielsko, Švédsko, Švajčiarsko, Irán, Južná Kórea, Alžírsko a Taiwan mali svojho času *tajné* programy na jadrové zbrojenie. Austrália opakovane diskutovala o možnom začiatku programu, ktorý by jej zabezpečil hrdé vlastníctvo

(4) Exploding the Myth: Power Reactors and Nuclear Weapons, Canadian Coalition for Nuclear Responsibility, Kanada, 1981

jadrovej zbrane. Mnoho krajín je v stave vybudovať jadrové zbrane v krátkom čase. Ak raz rozhodnú o ich „nevyhnutnosti“, zariadenie sa dá urobiť rýchlo a ľahko. Vedie to k nižšiemu oficiálnemu počtu krajín, ktoré skutočne majú jadrové bomby. Krajiny, ktoré ich môžu vyrobiť vo veľmi krátkom čase, však nie sú zarátané.

#### *Pakistan*

*Pakistan bol v podozrení z držania jadrových zbraní mnoho rokov. V roku 1965 vtedajší predseda vlády Ali Bhutto povedal: „Ak India zostrojí bombu, budeme jesť trávu alebo listy, dokonca budeme hladní, ale aj my budeme mať svoju bombu.“ V sedemdesiatych rokoch A. Q. Khan, „otec pakistanského jadrového programu“, ukradol informácie o technikách obohacovania uránu pre použitie vo svojej vlastnej krajine. Napriek uvaleniu medzinárodných hospodárskych sankcií kvôli zbrojnému programu Pakistanu podarilo sa mu získať všetok potrebný materiál a know-how. V máji 1998 Pakistan v reakcii na indické testy vykonal niekoľko sérií testovacích jadrových výbuchov.*

## O ŽLTOM KOLÁČI A SOLNÝCH BANIACH

---

Keď sa hovorí o jadrovej energii, väčšinou sa myslí jadrový reaktor, kde sa vyrába elektrická energia. Ale to je iba malá časť celého jadrového reťazca.

### ŤAŽBA

---

Uránová ruda sa nachádza v Kanade, Namíbií, Južnej Afrike, Austrálii a v menších množstvách v ďalších krajinách. Väčšina zdrojov obsahuje iba zlomok uránu: v 1 000 kg rudy je to asi 500 gramov použiteľného uránu. Po vyťažení sa uránová ruda rozdrví, pomelie a potom sa lúhuje, aby sa urán rozpustil. Urán sa oddelí a usadí v podobe koncentrátu s obsahom 90 % (i viac) oxidov uránu. Tento zrnitý koncentrát sa zvykne nazývať žltým koláčom. Rádioaktívne zvyšky rudy – hlušina – sa obyčajne ukladajú do otvorených skladovacích bazénov.

### OBOHACOVANIE

---

Urán sa vo svojej prírodnej podobe nemôže používať v zbraniach ani vo väčšine reaktorov – tie potrebujú určité percento štiepneho uránu U-235.

V prírodnom uráne sa môže štiepiť iba 0,7 %. Aby sa mohol použiť, treba v ňom zvýšiť obsah štiepneho uránu na 3 %. Tento proces sa nazýva obohacovanie a jeho vedľajším produktom je ochudobnený urán. Vysoko obohatený urán (s obsahom vyše 20 % U-235) sa môže použiť v jadrových zbraniach. Vedľajší produkt – ochudobnený urán (DEU) – sa takisto používa do munície a opancierovania tankov.

### VÝROBA PALIVA

---

Oxid uránu sa po obohatení zlisuje do tabliet. Tablety sa ukladajú do dlhých kovových rúrok – palivových tyčí. Zväzok týchto tyčí tvorí palivový článok.

### JADROVÝ REAKTOR

---

V reaktore sa urán U-235 obsiahnutý v palivových tyčiach štiepi. Tento proces uvoľňuje energiu, ktorá zohrieva vodu (v niektorých prípadoch plyn alebo tekutý kov). Pomocou (parnej) turbíny a generátora sa vyrába elektrická energia.

## SKLADOVANIE PALIVOVÝCH TYČÍ

---

Po dvoj– alebo trojročnom používaní sú palivové tyče extrémne rádioaktívne a veľmi žeravé. Predtým, ako ich možno prevážať ako tzv. vyhorené palivo, sa na niekoľko rokov musia umiestniť do chladiaceho bazénu. Palivové tyče sa považujú za vysoko rádioaktívny odpad a ukladajú sa do dočasného úložiska, alebo sa dopravujú do prepracovateľskej továrne.

## PREPRACOVANIE

---

Vyhorené palivové tyče aj naďalej obsahujú isté množstvo uránu U-235, ako aj plutónia Pu, ktoré sa získa z iného izotopu uránu, U-238. Zvyšný urán a vzniknuté plutónium sa chemicky oddelia od štiepných produktov, čím umožnia svoje opätovné použitie.

Aby sa prepracovaný urán mohol znovu použiť, musí sa urán U-235 obohatiť na 3 %. Prepracovaný urán obsahuje zvyšky plutónia a ostatných vedľajších produktov štiepenia. V dôsledku toho je prepracovaný urán rádioaktívnejší ako normálny urán.

Pri prepracovaní sa dostávajú obrovské množstvá tuhého materiálu, kvapalných a plyných výpustí do vody a vzduchu. Na svete existuje iba niekoľko prepracovateľských tovární.

## MNOŽIVÉ REAKTORY

---

Urán obsahuje neštípnny U-238, ktorý sa môže zmeniť na štípnne plutónium Pu-239. Pre tento proces tzv. „množenia“ boli vyvinuté špeciálne rýchle množivé reaktory. Tie sú schopné produkovať viac plutónia, ako sa pôvodne vložilo dnu v podobe paliva a zároveň vyrábať aj elektrinu. V prevádzke je iba niekoľko množivých reaktorov. Väčšina krajín sa tejto technológii vzdala predovšetkým pre jej mimoriadnu nebezpečnosť, ktorú predstavuje ko-  
rózne chladivo — kov sodíka.

## MOX

---

V dôsledku neúspešnej prevádzky množivých reaktorov a narastajúcich zásob plutónia, ktoré pochádza z vyradovania jadrových zbraní, sa prepracovanie stáva zbytočné. Bez pôvodného ospravedlnenia pre prepracovanie (kvôli prevádzke rýchlych

množivých reaktorov) sa musel nájsť iný cieľ pre desiat tisíce kilogramov plutónia: použitie zmiešaného oxidu MOX (Mixed Oxide) ako paliva pre reaktory v jadrových elektrárnach. MOX je zmesou uránu a prepracovaného plutónia. Jeho použitie však prináša mnoho rizík, o. i. výrobu a šírenie zbraní. Neponúka však žiadne pozitíva, napríklad riešenie problému skladovania vysokoaktívneho odpadu. Neznižuje ani spotrebu uránu. Naopak, výrazne zvyšuje finančné náklady.

## ÚLOŽISKO ODPADU

---

Žiadna krajina zatiaľ nevyriešila problém jadrového odpadu. Jeho ukladanie hlboko do zeme určite povedie k úniku rádioaktivity dnes alebo v budúcnosti. Povrchové úložisko má tiež svoje problémy a nevýhody.

## DOPRAVA

---

Počas jadrového cyklu sa rádioaktívny materiál prepravuje z jedného zariadenia do druhého. Preprava vždy prináša riziko nehôd — krádeže a sabotáže, ktorých dôsledky môžu byť zničujúce.

## ROZOBRAŤIE

Proces uzavretia reaktora po ukončení jeho prevádzky je dôležitým krokom. Mnohé reaktory v súčasnosti dosluhujú, alebo doslúžia v blízkej budúcnosti. Pri silnom ožarovaní sa reaktorová nádoba oslabuje a reaktor sa po niekoľkých desaťročiach musí uzavrieť. Rozoberanie a likvidácia reaktora sú veľmi komplikované a nákladné kvôli silnej radiácii.



## SLOVNÍK TERMÍNOV

**Atóm** — všetka hmota je vytvorená z nepatrných „stavebných častíc“, nazývaných atómy. Atómy sa skladajú z centrálneho jadra obsahujúceho protóny a neutróny (s výnimkou vodíka, ktorý má iba jeden protón a žiadne neutróny) a obklopeného elektrónmi. Atómy majú rovnaký počet elektrónov a protónov. Ak atómy stratia alebo získajú elektróny, stanú sa iónmi.

**CO<sub>2</sub> (oxid uhličitý)** — plyn vznikajúci pri dýchaní zvierat alebo pri spaľovaní látok obsahujúcich uhlík. Rastliny prijímajú CO<sub>2</sub> a s pomocou slnečného svetla v nich prebieha fotosyntéza. Využívajú pritom uhlík na stavbu ďalšej rastlinnej hmoty a uvoľňovanie kyslíka.

**Elektróny** — malé záporne nabité častice, ktoré za normálnych okolností obiehajú okolo jadra atómu.

**Ión** — atóm alebo molekula, ktoré sa elektricky nabili stratou alebo získaním elektrónov. Strata elektrónov dáva pozitívny náboj, získanie elektrónov zasa negatívny náboj.

**Izotopy** — formy prvku s rozličným počtom neutrónov, ale s rovnakým počtom protónov v jadre. Každý izotop má číslo udávajúce celkový počet neutrónov plus protónov. Napríklad U-235 je izotop uránu s 92 protónmi a 143 neutrónmi.

**Jadrová elektrárň** — elektrárň, ktorá využíva štiepenie jadra na výrobu elektrickej energie.

**Klimatická zmena / zmena klímy** — zmena priemerných poveternostných podmienok. Napríklad je to nárast priemernej teploty (ktorý sprevádza stúpanie morskej hladiny) a zmeny v rozložení a frekvencii dažďových zrážok. Zmeny z roka na rok sa nepočítajú: zmena musí trvať dlhšie obdobie, aj desiatky alebo stovky rokov, aby sa charakterizovala ako zmena klímy.

**Lahkovodný reaktor** — najčastejší typ jadrového reaktora, ktorý používa ako chladivo a moderátor obyčajnú vodu.

**MAAE** — Medzinárodná agentúra pre jadrovú energiu (IAEA, International Atomic Energy Agency). Medzinárodná inštitúcia s cieľom propagovať jadrovú energiu, ale tiež zabrániť šíreniu jadrových materiálov a využitiu jadrovej energie na vojnové účely.

**Molekula** — skupina atómov, ktorá je spolu chemicky viazaná.

**MOX** — palivo so zmiešaným oxidom (Mixed Oxide Fuel). Jadrové palivo vyrobené z uránu a plutónia.

**Mutácia** — úprava v genetickom zložení bunky alebo organizmu.

**Nádoba reaktora** — veľká oceľová nádoba v jadrovej elektrárni, v ktorej prebieha jadrová štiepna reakcia.

**Neutróny** — nenabité častice, ktoré sa vyskytujú v jadre atómu za normálnych okolností (s výnimkou vodíka).

**Nukleámy** — týkajúci sa jadra atómu, jadrový.

**Plutónium** — umelý rádioaktívny prvok, vyrábaný väčšinou ako vedľajší produkt jadrovej elektrárne. Dodnes sa vyprodukovalo viac ako tisíc ton plutónia.

**Protóny** — kladne nabité častice prítomné v jadrách atómov za normálnych okolností.

**Skleníkové plyny** — plyny v atmosfére, napríklad  $\text{CO}_2$  a metán, ktoré odrážajú teplo zo Zeme a udržiujú ju teplejšou, ako by inak bola.

**Štiepenie jadra** — reakcia, v ktorej sa jadro atómu rozštiepi na dve časti. Štiepenie produkuje tiež neutróny. Tieto neutróny sa môžu zraziť s inými jadrami, tak spôsobujú ďalšie štiepenie jadier atď. Tento jav sa nazýva reťazová reakcia.

**Urán** — prvok vyskytujúci sa v prírode, používaný na výrobu jadrového paliva a jadrových zbraní.

**Vysoko obohatený urán (HEU)** — urán s viac ako 20 % izotopu U-235. U-235 je schopný jadrového štiepenia a využíva sa v jadrových reaktoroch aj v jadrových zbraniach.

## Odporúčané webstránky:

[www.wise.sk](http://www.wise.sk)

[www.greenpeace.sk](http://www.greenpeace.sk)

[www.zmz.sk](http://www.zmz.sk)

[www.energia2000.sk](http://www.energia2000.sk)

[www.climnet.org](http://www.climnet.org)

[www.antenna.nl/wise](http://www.antenna.nl/wise)

[www.nirs.org](http://www.nirs.org)

[www.pu.investigation.org](http://www.pu.investigation.org)

[www.theecologist.org](http://www.theecologist.org)

[www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org)

**World Information Service on Energy (WISE) — Svetový informačný servis o energii.** Založený v roku 1978. Malá, ale výkonná sieť organizácií proti jadrovej energii. Vede veľkú knižnicu, funguje ako stredisko výmeny informácií, vedie a podporuje kampane, vydáva náučné materiály a časopis WISE News Communique s aktualitami a základnými informáciami (20 čísel ročne). Hlavným cieľom je podporovať mimovládne organizácie bojujúce proti hrozbe jadrovej energie na celom svete.

**Nuclear Information & Resource Service (NIRS) — Informačný a výskumný servis o jadrovej energii.** Založený taktiež v roku 1978. Hlas amerických občanov pomáhajúci zastaviť jadrový priemysel a rádioaktívnu kontamináciu našej planéty. NIRS monitoruje federálne agentúry, každý jadrový reaktor v USA a úložiská odpadu. Pomáha občanom porozumieť otázkam jadrovej energie, podieľať sa na ich riešení a spochybňovať činnosť jadrového priemyslu. NIRS vydáva bulletin The Nuclear Monitor.

# wise

WISE Slovakia  
c/o SZOPK Sirius  
Godrova 3/b, 811 06 Bratislava  
tel.: +421-905-93 53 53  
fax: +421-2-55 42 42 55  
[wise@wise.sk](mailto:wise@wise.sk)  
[www.wise.sk](http://www.wise.sk)

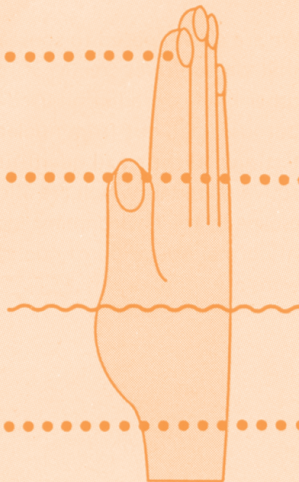
WISE Amsterdam  
P.O. BOX 59636, 1040 LC Amsterdam  
Holandsko  
tel.: +31-20-612 63 68  
fax: + 31-20-689 2179  
[wiseamster@antenna.nl](mailto:wiseamster@antenna.nl)  
[www.antenna.nl/wise](http://www.antenna.nl/wise)

# NIRS

NIRS  
1424 16<sup>th</sup> Street NW, # 404  
Washington, DC, 20036  
USA  
tel.: +1-202-328 0002  
fax: + 1-202-462 2183  
[nirsnet@nirs.org](mailto:nirsnet@nirs.org)  
[www.nirs.org](http://www.nirs.org)

# GREENPEACE

Greenpeace Slovensko  
P.O. Box 58, 814 99 Bratislava  
Mlynské Nivy č. 37  
tel./fax: +421-2-55 42 42 55  
[slovakia@greenpeace.sk](mailto:slovakia@greenpeace.sk)  
[www.greenpeace.sk](http://www.greenpeace.sk)



ISBN 80-85453-41-X



9 788085 453416