

Jaderná energetika před černobylskou havárií a po ní

*Je energetika
záležitostí
jedné země?*

**DANA
DRÁBOVÁ**

V průběhu dvaceti let od havárie jaderného reaktoru v ukrajinském Černobylu byly popsány stohy papíru studii rozebírajícími všemožné aspekty a následky této průmyslové katastrofy. Přesto snad stojí za to si alespoň stručně připomenout, jaké dopady havárie měla na jadernou energetiku. Přes počáteční ostré odmítavou reakci veřejnosti a médií podíl jaderné energetiky na světové výrobě elektřiny nepoklesl, došlo k podstatnému zlepšení bezpečnosti a spolehlivosti jaderných elektráren. Pozornost se zaměřila nejen na technická vylepšení projektu, ale i na podstatné omezení pravděpodobnosti selhání lidského činitele.

Svět před Černobylem...

Jaderná energetika začala pronikat na trh s elektrickou energií v roce 1954, kdy byly do provozu uvedeny první energetické reaktory v Sovětském svazu a USA. Reaktor v Obninsku (zhruba 100 km od Moskvy) měl výkon 5 MWe, Shippingport v Pensylvánii pak 2,4 MWe. V roce 1960 bylo v provozu 17 energetických reaktorů s celkovým instalovaným výkonem 1200 MWe ve čtyřech zemích: Francii, Velké Británii, USA a SSSR. O deset let později už bylo v provozu 90 reaktorů s instalovaným výkonem 16 500 MWe v patnácti zemích. Rozmach pokračoval, takže v roce 1980 bylo v provozu 253 reaktorů s instalovaným výkonem 135 000 MWe ve 22 zemích a dalších 230 bloků se stavělo.

Sedmdesátá léta minulého století byla dobou prvních ropných šoků, což podnítilo rozvoj jaderné energetiky. Byla to však zároveň doba, kdy si veřejnost stále více uvědomovala přítomnost jaderných elektráren, začala se o ně intenzivně zajímat a projevovat své obavy. Řada lidí si jadernou energetiku spojila s bombami dopadnuvšími na Hirošimu a Nagasaki. K důvěře nijak nepřispělo jaro roku 1979, kdy byl do kin uveden hollywoodský film *Čínský syndrom* s Jackem Lemmonem a Jane Fondovou v hlavních rolích. Děj se točil okolo nálezu chyby v projektu jaderné elektrárny a snahy televizní reportérky a jaderného inženýra odhalit oficiální kamufláž. Typický katastrofický film, nic mimořádného, řeklo by se. Co se však nestalo? Dva týdny po premiéře, 28. března 1979, došlo k havárii jaderného reaktoru v elektrárně Three Mile Island poblíž Harrisburgu v Pensylvánii. I po dvaceti sedmi letech je tato událost (přestože nevedla k významnému úniku radioaktivních látek do životního prostředí) předmětem ne-

opadajícího zájmu americké veřejnosti a také, jak už je v USA obvyklé, řady soudních sporů. Žádné poškození zdraví v důsledku této události se nikdy neprokázalo.

Po havárii výrazně pokleslo tempo objednávek nových jaderných reaktorů, instalovaný výkon však dále rostl, protože provoz postupně zahajovaly bloky již rozestavěné. Three Mile Island také důrazně upozornil jaderný průmysl na nutnost upravit a zlepšit projekty elektráren, zajistit vyšší jakost při výrobě zařízení, zpřísnit kontrolu při jejich výstavbě a zlepšit kulturu jejich provozu. Tato zlepšení se týkala jak bezpečnosti, tak spolehlivosti, které jsou s akceptovatelnou a dobře vnímanou jadernou elektrárnou neoddělitelně spjaty.

Na začátku roku 1986 se jaderná energetika začala zotavovat, její podíl na světové výrobě elektřiny se stabilizoval na úrovni 17 %.

... a po Černobylu

Havárie v jaderné elektrárně Černobyl, k níž došlo časně ráno 26. dubna 1986, znamenala pro jaderný průmysl skutečný šok. Způsobila měřitelnou kontaminaci podstatné části severní polokoule radioaktivním spadem, vyvolala 4000 rakovin štítné žlázy u dětí a mladistvých, prokazatelně stála život 59 lidí, očekává se, že několik tisíc dalších lidí v jejím důsledku zemře během následujících desetiletí na zhoubné novotvary. Dopady na zdraví lidí a na životní prostředí jasně charakterizují černobylskou havárii jako nejvážnější jadernou havárii v historii. Stejně vážné, ne-li vážnější však byly dopady rozporuplných informací a obrovské přehánění rozsahu následků obsažené ve zprávách médií a v řadě pseudovědeckých publikací, dodnes se můžeme setkat s výčtem obětí sahajícím do stovek tisíc. Psychologické a společenské dopady byly obrovské. Více než 100 tisíc lidí bylo evakuováno okamžitě, celkový počet evakuovaných překročil 350 tisíc. Pro všechny to byl bezesporu traumatizující zážitek. Ekonomické náklady, které havárie vyvolala ve třech nejvíce postižených zemích (na Ukrajině, v Bělorusku a Rusku), byly a jsou vysoké a pro tyto státy enormně zatěžující. Přesto její dopady na jaderný průmysl nejsou tak fatální, jak se dlouhou dobu předpokládalo.

Na rozdíl od roku 1985, kdy byla zahájena výstavba třinácti nových jaderných elektráren, začaly se r. 1986 stavět pouze dvě, Itaka-3 v Japonsku a Temelín v tehdejší ČSSR. Nicméně r. 1986 bylo k elektrické síti připojeno 23 no-

Ing. Dana Drábová (*1961) absolvovala Fakultu jadernou a fyzikálně-inženýrskou v Praze. Působila v Centru hygieny záření Státního zdravotního ústavu, v Ústředí radiální monitorovací sítě České republiky, ve Státním ústavu radiální ochrany. Od 1. listopadu 1999 je předsedkyní Státního úřadu pro jadernou bezpečnost České republiky.

..jedno z velkých nebezpečí ve vysoce technických oborech je sebeuspokojení a přílišná sebejistota lidí, kteří to dlouhou dobu provozují bez problémů.

Dana Drábová

**4. 4. 2005
v rozhovoru
pro ČR1**

vých bloků, pro srovnání v letech 1984 a 1985 to bylo vždy 34 nových bloků.

Ined po havárii přišla celosvětová vlna protijaderných protestů. Ostře negativní a emocionálně vypjatá reakce veřejnosti a médií vedla k předpovědi útlumu jaderné energetiky a jejího postupného nahrazení alternativními zdroji. Tato předpověď se ovšem nepotvrdila a jaderná energetika si stále udržuje podíl na světové výrobě elektřiny, který dosáhla rok před černobylyskou havárií.

V roce 2005 bylo v 31 zemích v provozu 443 energetických reaktorů s výkonem 370 000 MWe. Ve výstavbě je dalších 28 energetických reaktorů. V některých zemích, např. ve Francii či v Belgii, se jaderná energetika podílí na celkové výrobě elektrické energie více než 60 %. V EU jaderná energetika zůstává i nadále významným dodavatelem elektřiny. V EU-25 je v provozu 148 jaderných bloků ve 13 zemích. V roce 2004 vyrobily členské země EU 34 % veškeré elektřiny v jaderných elektrárnách. Česká republika přinesla do rozšířené EU čtyři bloky v JE Dukovany a dva bloky v JE Temelín. Jejich celkový instalovaný výkon představuje 3760 MWe. Tento příspěvek je z nově přístupujících států největší. Podíl instalovaného výkonu jaderných bloků ČEZ představuje 2,6 % instalovaného výkonu všech jaderných bloků EU.

Jadernou energetiku nelze bohužel oddělit od politiky. V současné době můžeme ve světě pozorovat několik trendů. Jedním z nich je absolutní zavržení jaderné energetiky někte-

rými skupinami ochránců životního prostředí. Setkáme se i se zavržením programovým, kdy některé „evropské“ politické strany mají ve svém obecném programu likvidaci existujících elektráren. Pokud je jim svěřena vládní odpovědnost, většinou svůj odpor zmírní a zastavení jaderných elektráren odsunou do sice viditelného, ale dostatečně vzdáleného časového horizontu. Sama Evropská unie má k jaderné energetice značně rozporuplný vztah. Cílem politiky Evropské unie v oblasti energetiky je zabezpečit dodávky energií pro všechny spotřebitele za dostupné ceny při respektování životního prostředí. Zároveň se energetická politika EU zaměřuje na další snižování závislosti EU na dovozu energie nebo energetických zdrojů především prostřednictvím efektivnějšího využívání svých vlastních zdrojů. Dosažení těchto cílů závisí i na pragmatickém postoji k jaderné energetice. EU totiž za ni nemá pro dalších zhruba 50 let rozumnou náhradu. V následujících deseti až patnácti letech tak Evropu nejspíš nečeká žádný boom výstavby nových jaderných elektráren, nicméně posun k pragmatickému vnímání jaderné energetiky je již patrný. Země, které o výstavbě nových bloků vážně uvažují, popř. ji už zahájily, jsou Finsko, Francie, Slovensko, Rumunsko, Bulharsko.

Vláda USA rovněž není z jaderných elektráren nijak nadšena, ale pokládá za nevyhnutelné udržet co nejdéle bezpečný provoz nynějších elektráren a udržovat vědomosti vědecké obce i schopnost průmyslu na takové úrovni,

KOLIK LIDÍ NA NÁSLEDKY HAVÁRIE ZEMŘELO A KOLIK JICH PRAVDĚPODOBNĚ ZEMŘE?

Veřejnost, vědci, média a politici měli prvořadý zájem o počet úmrtí přičítaných černobylyské havárii. Vyskytovala se tvrzení, že v důsledku havárie zemřely desítky, nebo dokonce statisíce osob. Tato tvrzení jsou zveličená: celkový počet lidí, kteří následkem černobylyské havárie zemřeli nebo ještě mohou zemřít, se odhaduje na 4000. Toto číslo zahrnuje zhruba 50 pracovníků pohotovosti, kteří zemřeli na akutní nemoc z ozáření v roce 1986, popř. z jiných příčin v následujících letech, dále 9 dětí, které zemřely na rakovinu štítné žlázy, a odhadovaných 3940 lidí, kteří mohou v důsledku ozáření zemřít na rakovinu. Toto číslo počítá s 200 000 lidí, kteří se v letech 1986–1987 zúčastnili záchranných a nápravných prací, se 116 000 evakuovaných a s 270 000 obyvatel nejhůře kontaminovaných oblastí.

Nedorozumění o následcích Černobylu vznikají v důsledku toho, že od roku 1986 již zemřely tisíce lidí, kteří se zúčastnili záchranných a obnovných prací nebo žili v kontaminovaných územích, z nejrůznějších přirozených příčin, které nemohou být přičítány ozáření. Všeobecně rozšířené očekávání následků a tendence přičítat všechny zdravotní problémy ozáření však nakonec přivedly místní obyvatele k představě, že úmrtí způsobených černobylyskou tragédií bylo mnohem více.

Počet úmrtí na akutní nemoc z ozáření během prvního roku po havárii je dobře

dokumentován. Podle UNSCEAR (2000) byla akutní nemoc z ozáření původně diagnostikována u 237 pracovníků reaktoru a záchranných prací, později však byla detailní klinickou diagnózou potvrzena u 134 osob. V mnoha případech byla akutní nemoc z ozáření komplikována rozsáhlými popáleninami kůže zářením beta a sepsí. Z těchto pracovníků jich 28 zemřelo na akutní nemoc z ozáření v roce 1986, a 19 dalších pak zemřelo z nejrůznějších příčin v průběhu let 1987–2004. Dlouhodobé následky ozáření mohly způsobit nějaká úmrtí mezi těmi, kdo přežili akutní nemoc s ozáření.

V běžné populaci, která byla zasažena pouze radioaktivním spadem, byly dávky záření celkem nízké, neprojevoval se akutní syndrom z ozáření a s ním spojená úmrtí.

Nejistotou se však vyznačují odhady počtu úmrtí způsobených ozářením za minulých 20 let. Lidé, kteří obdrželi dodatečnou nízkou dávku záření, totiž umírají ze stejných příčin jako lidé, kteří tímto zářením nebyli zasaženi. Navíc ve všech studovaných skupinách – jak mezi pohotovostními pracovníky, tak mezi místními obyvateli – byl vzrůst úmrtnosti v porovnání s kontrolními skupinami statisticky nevýznamný nebo velmi malý. A ještě méně jisté jsou odhady vztažené k projektovaným úmrtím v budoucnu, neboť podléhají dalším významným matoucím fakto-

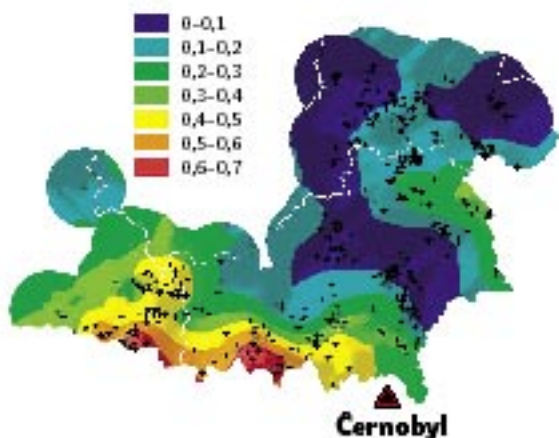
rům. V podstatě je nepravděpodobné, že bude někdy přesně znám skutečný počet úmrtí způsobených havárií. Kromě akutní nemoci z ozáření studovali experti z různých zemí intenzivně úmrtnost likvidátorů havárie, pracovníků, kteří se podíleli na obnově, a také obyvatel kontaminovaných oblastí Běloruska, Ruska a Ukrajiny. V běžné populaci dosud neodhalily přímé radiačně-epidemiologické studie, prováděné od roku 1986, žádný nárůst úmrtnosti, který by mohl být vyvolán zářením. Zejména se zkoumalo, zda nevzrostla nad spontánní úroveň úmrtí následkem leukemie, pevných nádorů (jiných než rakovina štítné žlázy u dětí), popř. jiných chorob než rakoviny. Doložených úmrtí u dětí a dospívajících bylo v těchto třech zemích celkem devět.

Byl publikován určitý nárůst nemocnosti a úmrtnosti v důsledku ozáření u ruských likvidátorů a pracovníků obnovy, který lze přičíst specificky leukemii, pevným nádorům a nemocem oběhového systému. Podle dat v ruském registru může být nemocemi vyvolanými zářením způsobeno asi 5% úmrtí, jež se objevila v letech 1991–1998 v kohortě 61 000 ruských pracovníků, kteří v průměru dostali dávkový ekvivalent 107 mSv. Absolutní počet těchto úmrtí byl odhadnut na 230 případů.

/Zdroj: Chernobyls' Legacy: Health, Environmental and Socio-economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine, The Chernobyl Forum, přeložil Ivan Boháček/

Analýza následků Černobylu pomocí GIS a geostatistiky

<http://www.esri.com/news/arcnews/fall03/articles/analyzing.html>
Na této adrese je k dispozici studie zabývající se analýzou následků Černobylu s použitím GIS a prostorové statistiky.



Hlavním analytickým nástrojem této studie je nadstavba geografického informačního systému firmy ESRI ArcGIS Geostatistical Analyst, který byl využit pro interpolaci a tvorbu vrstev GIS ze sebraných dat (bodových měření srážek několik dní po havárii, nárůst výskytu rakoviny štítné žlázy u běloruských dětí). Výsledkem analýzy je několik souvztájných předpovědnostních map zobrazujících kontaminaci hlavních potočin v Bělorusku a také oblasti Švédska, kde byly dne 29. dubna 1986 srážky větší než 6 mm. Přestože je Švédsko vzdáleno od Černobylu více než 1600 km, bylo díky radioaktivním srážkám několik dní po havárii znečištěno více než mnohé sousední státy.

ArcGIS je sada softwarových produktů pro geografické informační systémy firmy ESRI. Obsahuje produkty pokrývající všechny úrovně nasazení GIS v celé organizaci: desktopové prostředí, servery se vzdáleným přístupem i příruční zařízení. Možnosti systému ArcGIS Desktop (ArcView, ArcEditor, ArcInfo) lze dále rozšířit přidáním specializovaných nadstavb (např. ArcGIS Spatial Analyst, ArcGIS Network Analyst, ArcGIS 3D Analyst, ArcGIS Survey Analyst, ArcGIS Geostatistical Analyst, ArcGIS Schematics a dalších).

INZERCE 608

INZERCE 562

první Océ LightJet® v ČR

brilantní velkoformátová fotografie
lesk, mat, metallic, dura
do 300 x 127 cm

nejpřesnější osvit dat bez kompromisu

ojedinelý výstup 36 bit RGB / 68 miliard barev
rychlostí světla
pro Vás u nás

**THALIA
PICTA**
WWW.THALIAPICTA.CZ
+420 272 732 444-5

aby bylo možno stavět nové jaderné elektrárny, bude-li to třeba. Vlády řady asijských zemí, zejména Japonska, Číny, Indie a Korey, aktivně jadernou energetiku podporují, protože v ní vidí reálné východisko jak uspokojit energetické potřeby vlastní země ekologicky, ekonomicky i politicky přijatelným způsobem.

I katastrofy přinášejí užitek

Odezva na černobylskou havárii se stala ukázkou toho, jak mezinárodní společenství dokáže spolupracovat při řešení naléhavých zdravotních, ekonomických a sociálních problémů lidí katastrofou tohoto rozsahu postižených. Černobyl se tak stal jedinečným prubířským kamenem mezinárodní solidarity a spolupráce. Zapojily se vlády, mezinárodní organizace, lékaři, vědci i prostí lidé. Tato spolupráce byla životně důležitá pro vyhodnocení a předpověď následků havárie i jejich zmírnění. Studium různých aspektů havárie přineslo mnohá dosud ne zcela doceněná poučení. Mezi reakcemi na havárii můžeme samozřejmě najít i příklady chybných politických a technických rozhodnutí, která neodrážela skutečné ekonomické ani ekologické potřeby a negativně ovlivnila vývoj jaderné energetiky ve světě. Nicméně mnoho zkušeností získaných po černobylské havárii může být s úspěchem využito při případných dalších katastrofách, ať už přírodních nebo způsobených činností lidí. Havárie odhalila závažné rozdíly v požadavcích na kvalitu projektu a provozní bezpeč-

nost. Tyto rozdíly je možno postupně eliminovat pouze na základě spolupráce. A tak se od Černobylu spolupráce a sdílení zkušeností staly puncovními znaky jaderné bezpečnosti. Byla provedena řada mezinárodních hodnocení různých aspektů bezpečnosti na jednotlivých elektrárnách, dohodly se a uvedly v život mezinárodní konvence, které vytvářejí závazek států směrem k prosazování vysoké úrovně bezpečnosti, vznikly bilaterální a multilaterální programy na podporu zvyšování bezpečnosti a modernizace zastaralých bloků. Černobyl znamenal konec a začátek. Konec etapy, kdy se jaderná energetika vyvíjela v jednotlivých regionech dosti izolovaně, a začátek cesty k mezinárodnímu sdílení zkušeností mezi všemi členy jaderné komunity. Černobyl nadě vší pochybnost ukázal, že otázky jaderné bezpečnosti přesahují hranice států.

Jaderná energetika mimo jiné i díky poučením z Černobylu dospěla k vysoké úrovni bezpečnosti, provozované elektrárny jsou nejlevnějšími zdroji elektřiny, a to zejména proto, že mají velmi stabilní strukturu nákladů a investice jsou už z větší části odepsány. Nízká a poměrně stabilní cena paliva přitom umožňuje omezit cenové nejistoty, které zmítají trhy s fosilními palivy, zvláště ropy a zemního plynu. To všechno jsou dobré zprávy. Zdá se, že se jaderná energetika vrací na místo, jež jí patří. Na místo uznávaného spolehlivého služebníka, který pomáhá zásobovat lidské společenství tolik potřebnou energií.

ARCDATA
PRAHA



ESRI
OFFICIAL
DISTRIBUTOR

ARCDATA PRAHA, s.r.o. je firma plně specializovaná na technologie a služby v oblasti geografických informačních systémů. Je autorizovaným distributorem firem ESRI, Inc., největšího světového výrobce GIS, dále systémů firmy Leica Geosystems a kompresních programů firmy Lizardtech, Inc. v České republice. Poskytuje kompletní nabídku software a služeb včetně geografických databází a dat dálkového průzkumu Země.