



Černobylská havárie

Dne 26. dubna roku 1986 v 1 hodinu 23 minut došlo na čtvrtém reaktorovém bloku jaderné elektrárny Černobyl v bývalém Sovětském svazu k těžké havárii reaktoru se závažnými radiačními důsledky. Těsně po havárii zemřelo 31 osob (zaměstnanců elektrárny nebo hasičů), přes 140 lidí bylo zraněno a více než 100 000 evakuováno. Skutečný rozsah havárie byl zveřejněn až po několika dnech. Od roku 1986 znají slovo Černobyl lidé na celém světě.

Proč k havárii došlo

Vše začalo den před havárií, kdy bylo zahájeno plánované odstavení čtvrtého bloku elektrárny. Před odstavením měl být proveden relativně běžný experiment, který měl ověřit, zda bude elektrický generátor (poháněný turbínou) po rychlém uzavření přívodu páry do turbíny schopen při svém setrvačném doběhu ještě zhruba 40 vteřin napájet čerpadla havarijního chlazení. Elektrina vyrobená tímto generátorem je pro bezpečnost reaktoru životně důležitá: pohání chladicí čerpadla, regulační a havarijní tyče, osvětluje velin i řídicí pult. Průběh experimentu byl přesně naplánován, mělo dojít ke snížení výkonu reaktoru na nejnižší povolenou mez, odstavení první ze dvou turbín, následnému odpojení havarijního chlazení (aby nezačalo působit během testu) a nakonec přerušení přívodu páry.

V průběhu testu byla odstavena zabezpečovací zařízení, obsluha reaktoru nechala poklesnout výkon reaktoru pod maximální

možnou mez a učinila celou řadu dalších chyb. V kritické situaci v 1 hodinu 23 minut a 40 s byl proveden příkaz „havarijní ochrana“, kterým došlo k zasunutí regulačních tyčí. Ty však již nedokázaly ovlivnit dění v reaktoru a došlo ke dvěma výbuchům, přičemž první odhodil 1000 tun těžké víko reaktoru. Do reaktoru vnikl vzduch a reakcí vodní páry s rozžhaveným grafitem vznikl vodík, který vzápětí explodoval a rozmetl do okolí palivo a 700 tun radioaktivního hořícího grafitu, což způsobilo požár. Výbuch reaktoru v Černobylu nebyl výbuchem nukleárním (jako jaderná bomba); první výbuch byl způsobený přetlakem v uzavřeném prostoru a druhý rozžhaveným grafitem a vodíkem.

Reaktor byl pokryt pytlí s pískem, doložím a olovem shazovanými z vrtulníků; poškozená střecha nevydržela takové zatížení a část se jí propadla. Tím se uvolnila další radiace a mnoho vojáků pracujících na likvidaci katastrofy bylo silně ozářeno. Únikům radioaktivního materiálu do ovzduší se poda-

řilo zamezit až po devíti dnech od havárie. Aby byl zapečetěn reaktor a jeho obsah, pracovníci kolem něj pomocí dálkově řízených strojů rychle vztyčili velký betonový sarkofág, ve kterém je reaktor uzavřen dodnes.

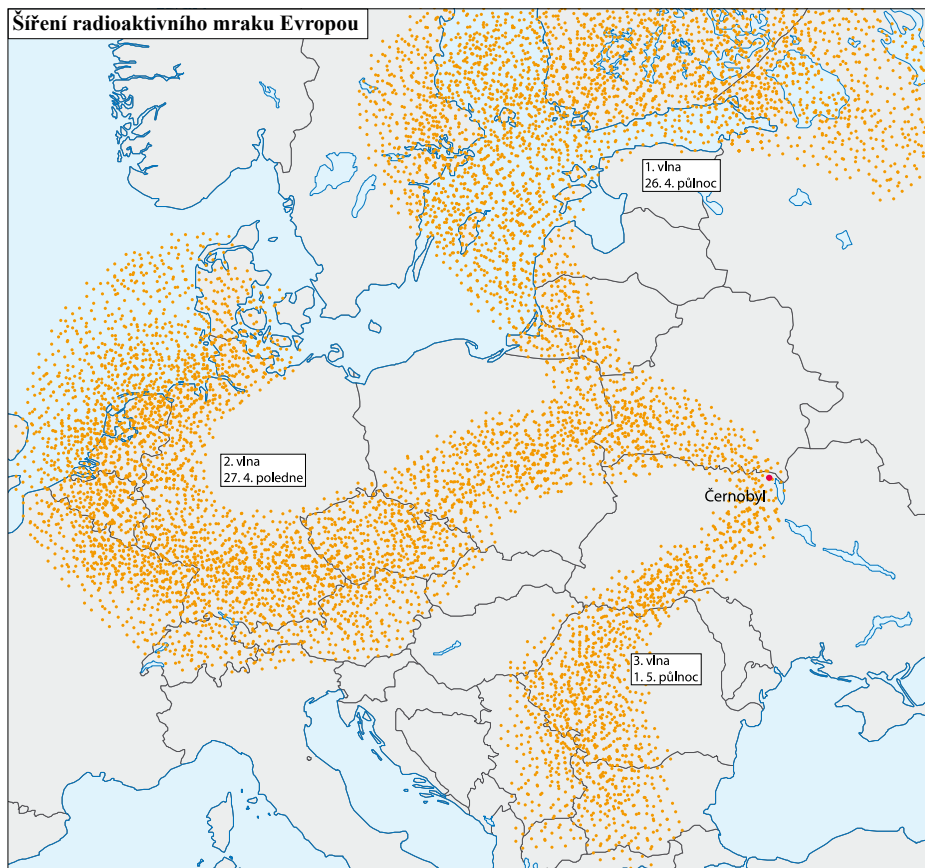
Bezprostřední následky

V jaderné elektrárně bylo v době havárie přes 400 zaměstnanců, tento počet se ještě zvýšil o hasiče. Zahynulo 31 lidí, z toho 28 na následky z ozáření a tři na následky zranění při výbuchu. Akutní nemoci z ozáření různého stupně bylo postiženo 203 lidí. Z okruhu 30 km od elektrárny a dalších silně zamořených oblastí bylo evakuováno 116 000 obyvatel. Oslavy 1. máje v hlavním městě Ukrajiny Kyjevě (asi 90 km od JE Černobyl) proběhly v nebyvale čistých ulicích. Od rána do noci projížděly ulicemi kropící vozy a neúnavně splachovaly z asfaltu prach obsahující radioaktivitu. Reakce odpovědných orgánů na havárii a její důsledky byly v prvních dnech velmi chaotické a v některých směrech až trestuhodně nedbalé, zejména pokud jde o podávání objektivních informací. Mnoho lidí v nejvíce zamořených oblastech obdrželo významné dávky ozáření.

Situace dnes

15. prosince 2000 byl na nátlak západoevropských zemí odstaven poslední reaktor elektrárny, a to především z psychologických důvodů. Mnoho lidí tak přišlo o práci. Někteří zaměstnanci však zůstávají a pracují na likvidaci, zajištění a pozorování elektrárny. Zničený reaktor černobylského bloku číslo 4 se skrývá pod mohutným železobetonovým sarkofágem, jehož cena včetně řešení dalších následků exploze se pohybuje kolem dvou miliard dolarů. Podle expertů je třeba tuto ochranu před radioaktivitou každých 40 let obnovit. Okolo elektrárny jsou dvě zóny: 10kilometrová a 30kilometrová, jejich oficiálním vlastníkem je Ministerstvo Černobylu Ukrajiny. Ve vnitřní zóně je úplný zákaz jakéhokoliv pohybu s výjimkou exkurzí a osob, které pracují v elektrárně. V 30km pásmu kolem elektrárny probíhá druhá etapa vyklizovacích prací, která navazuje na první etapu z let 1986–1989. Cílem právě probíhající druhé etapy je skrývka milionů m³ svršku zeminy, která je do hloubky 3 cm zamořena ¹³⁷Cs a ⁹⁰Sr. Město Pripjat', ležící v blízkosti elektrárny, je dnes mrtvým městem.

Určení případných pozdějších následků je velmi složité, avšak platí, že další dáv-



Obr. 1: Vzniklý radioaktivní mrak byl větrem hnán nejdříve nad Skandinávií, odkud se vrátil zpět do místa svého vzniku, ale ještě v den havárie změnil vítr směr a vál přes Polsko přibližně směrem na tehdejší Československo a Rakousko. Od Alp se „mrak“ odrazil a přešel naše území ještě jednou, směrem na Polsko. Další velká vlna zasáhla Bulharsko. Zdroj: <http://www.volny.cz/kostka2000/Cernobyl.htm>



Černobyl na vlastní kůži

Na začátku léta 1986 se na výměnnou exkurzi do Sovětského svazu vydala i skupina studentů geografie PřF UK v čele s Václavem Frajerem. Ten na tehdejší pobyt především v bezprostředně ohroženém Kyjevě vzpomíná takto:

Náš pobyt měl být ukončen krátkou zastávkou v Kyjevě, kde jsme měli pouze přestoupit do vlaku na Prahu. Předtím jsme již pobývali v černomořské Oděse plné kyjevských dětí, evakuováno jich sem bylo asi sto tisíc a ve městě, kde netekla kvůli havárii voda, byly další desítky tisíc uprchlíků před jaderným spadem. Bohužel byl to jen plán a jako tehdy téměř vše se neobešlo bez komplikací.

Nejdříve nám náš sovětský doprovod sdělil, že náš vlak odjel, protože došlo k omylu v datování. Po určité době vyjednávání, co s námi vlastně bude, nám bylo poskytnuto ubytování na místní vysokoskolské koleji. Když jsme tam přijeli, zavládlo mezi tamními zaměstnanci značné překvapení, neboť byl z celého komplexu vystěhován nábytek a probíhalo malování. Uvnitř byl neuvěřitelný nepořádek odpovídající spíše demoličním pracím. Snesli jsme do dvou místností části rozebraných lůžek a matrace, shrnuli odpad na hromady a připravili se na noc v prostředí připomínajícím útulek bezdomovců. V těchto okamžicích začaly zejména dívky propadat hysterickému pláči a celkové beznaději. Vše bylo ještě umocněno rozhlasovými zprávami o směru šíření radioaktivního zamoření a naléhavými pokyny pro chování obyvatelstva při těchto mimořádných událostech.

A to jsme ještě netušili, jak dlouho zde pobudeme. Celkem tři dny řešil náš doprovod, dokonce až s centrálními úřady v Moskvě, náš odjezd. Problém už nebyl jen vlak, ale hlavně nezaviněné překročení doby pobytu na území SSSR. Mnozí z nás se začali obávat, že odsud již nikdy neodjedeme.

Mezitím jsme trávili volný čas v podstatě dvojím způsobem. Vystresovaní nevycházeli z ubytovacích prostor, odmítali místní stravu a stále více propadali depresi. Ti otrlejší pak vycházeli na prohlídku města a doufali, že informace o aktuální již nízké hladině radiace jsou pravdivé. Ulice byly téměř bez lidí a především bez dětí, evokovaly představy známé z katastrofických filmů. Vše bylo umocněno stále projíždějícími a neuvěřitelně bizarně vyhlížejícími kropicími tramvajemi, které střikaly silné proudy vody do širokého okolí, včetně chodníků. Kdo neuskočil nebo se neukryl, byl zkropený od hlavy až k patě. Po zásahu tramvají pak vozovka připomínala horské řečiště, kterým se mezi vymletými kostkami valily do kanálů proudy kalných vod. Kamkoli jste přišli, byla voda, nezachránili jste se před ní ani únikem do obchodů a veřejných budov. Před jejich vchody byly položeny provrtané vodovodní trubky, ze kterých nepřetržitě vytékala. Voda stékající po schodech na ulici vytvářela iluzi jakési prapodivné fontány nebo se rozlívala do vnitřních prostor budov. Navíc přes poledne probíhala jakási sanitární přestávka, během níž prodáváci pokrývali zboží na pultech a kropili podlahy a vodu pak košťaty vymetali na ulici. Nad tím vším se vznášel hlas z amplionů s výzvami a informacemi pro obyvatelstvo.

ka znamená pro člověka zvýšení pravděpodobnosti vzniku rakoviny. Přes 40 tisíc dětí trpí nemocí štítné žlázy, dvanáctkrát se zvýšila onemocnění anémií, vzrostl výskyt leukémie. Na Ukrajině bylo touto havárií postiženo 1,5 mil. lidí včetně 250 000 dětí, v Bělorusku žije 1,2 mil. lidí na zamořeném území a asi 3,5 mil. osob v oblastech se zamořenou půdou.

Černobylská příroda se s havárií vypořádala překvapivě velmi dobře. Přírodě zvýšená radioaktivita nevadí. Protože zde naprosto přestal působit člověk, stala se krajina v 30km pásmu divočinou. Žijí zde divoká prasata, vlci, jeleni, bobři, lišky a také rys a los. Hnízdí zde například jeřábi, čápi čer-

ní, orlovci říční nebo orli mořští. U organismů žijících v této zóně se nepodařil prokázat výskyt mutací. Některé informace na internetu o deformovaných hnědooranžových borovicích a mutovaných živočiších se pravděpodobně nezakládají na pravdě.

Shrnutí

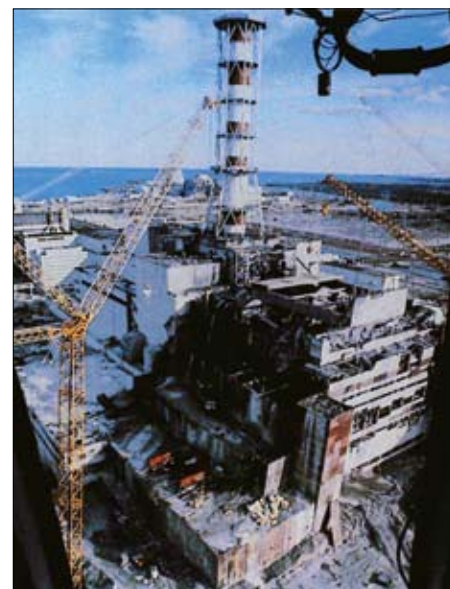
Příčiny katastrofy by se daly stručně shrnout takto: porušení trvale platných předpisů, jedno nedodržení postupu experimentu a úmyslné zrušení tří automatických ochranných reaktorů. Dále musíme také jako příčinu uvést špatnou koncepci černobylského reaktoru RBMK 1000, který se podstatně liší od nejrozšířenějších tlako-

vodních reaktorů, u nichž nemůže nekontrolovaně vzrůst výkon tak jako u reaktoru v Černobylu.

Dnešní jaderné elektrárny jsou jistěny tak, aby jejich bezpečnost na obsluhu vůbec nezávisela. Jednotlivé důležité systémy jsou zdvojené i ztrojené a nedají se vyřadit z činnosti. Dnes se používají především reaktory tlakovodní, které jsou uzavřené do mohutné neprodyšné železobetonové obálky (kontejmentu), kde je reaktor s celým primárním okruhem. V případě havárie se vzniklá pára a tlak v kontejmentu rychle automaticky likvidují mohutnými havarijními studenými vodními sprchami s přísadou bóru (bór pohlcuje neutrony). V kontejmentu vznikne naopak podtlak, takže nic neuniká ven. A právě ochranný tlakový kontejment u varného reaktoru v Černobylu chyběl.

Událost v Černobylu značně poškodila rozvoj jaderné energetiky. Některé státy (např. Itálie, Španělsko, Švédsko, Rakousko) dočasně pozastavily nebo zpomalily další realizaci svých jaderných programů. Havárii v Černobylu mnozí považují za první krok ke zhroucení komunistického režimu v Rusku. Na odstranění následků havárie se podle některých zdrojů mohlo podílet až 600 000 osob, z nichž asi 150 000 dnes potřebuje zvláštní pozornost a péči.

Miroslav Šobr, PřF UK v Praze
sobr@natur.cuni.cz



Reaktor čtvrtého bloku JE Černobyl po výbuchu. Foto: archiv Kartografie PRAHA, a. s.

APLIKACE DO VÝUKY:

1. Jaké jsou hlavní příčiny a důsledky černobylské havárie?
2. Vyhledejte v odborné literatuře podrobnější informace o projevech a důsledcích zvýšené radiace a také o možnostech zmírnění jejích dopadů. Které z těchto zásad byly uplatněny během černobylské havárie? Které byly naopak opomenuty?
3. Zhodnotte klady a zápory využívání jaderné energie a uspořádejte ve třídě na toto téma diskusi.
4. Které státy vyrábějí více než polovinu elektrické energie v jaderných

- elektrárnách? Které státy naopak jadernou energetiku odmítají? Na příkladu několika států se pokuste tyto rozdíly vysvětlit.
5. Jakou část elektrické energie vyrábí v jaderných elektrárnách Česká republika? Jaké jsou u nás možnosti využívání ostatních zdrojů?

ZDROJE DAT:

<http://www.volny.cz/kostka2000/Cernobyl.htm>: Kostka, T: Havárie v jaderné elektrárně Černobyl.
<http://cs.wikipedia.org>: Černobylská havárie.