

Aktivity Slovenského hydrometeorologického ústavu pri riešení následkov havárie JE Černobyl' na území Československa

Ing Štefan Škulec, CSc.

Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ), ako je všeobecne známe, má dlhodobú tradíciu v monitorovaní a predpovedaní počasia, klímy a hydrologických podmienok na území Slovenska. Od 60. rokov 20. storočia boli kompetencie SHMÚ rozširované postupne o monitorovanie rádioaktivity atmosférického spadu a neskôr aj kvality ovzdušia.

Monitorovanie rádioaktivity atmosférického spadu bolo iniciované hromadením rádioaktívnych prvkov – produktov pokusných jadrových výbuchov v atmosfére a následným zvyšovaním radiačnej záťaže v globálnom meradle. Série pokusných výbuchov v atmosfére, uskutočňované bez akejkoľvek regulácie jadrovými veľmocami v 50. a na začiatku 60. rokov vytvorili hrozivý stav úrovne rádioaktivity atmosféry. Viedlo to k uzavretiu dohody a zastavení pokusov a k vytvoreniu kontrolného monitoringu v globálnom meradle. Na podnet kompetentných inštitúcií v Československu bolo zorganizované v rámci vtedajšieho Hydrometeorologického ústavu na vybraných meteorologických staniciach na území celého Československa monitorovanie sumárnej beta rádioaktivity atmosférického spadu, ktoré bolo uskutočňované až do začiatku 90. rokov.

Na konci 50. rokov sa v Československu začala budovať prvá jadrová elektrárň A 1 v Jaslovských Bohuniciach. SHMÚ bol poverený rozpracovaním podkladov pre reguláciu vypúšťania rádioaktívnych emisií do atmosféry, vznikajúcich na jadrovej elektrárni (JE) pri normálnej prevádzke. Cieľom bolo využiť optimálne podmienky pre rozptyl v atmosfére a redukovať tak potenciálnu radiačnú záťaž obyvateľstva v okolí JE. Systém bol prevádzkovaný počas celej činnosti A 1 na meteorologickej stanici SHMÚ v Jaslovských Bohuniciach.

V 70. a 80. rokoch sa rozvinula výstavba jadrových elektrární v lokalitách Dukovany, Mochovce a Temelín. V Jaslovských Bohuniciach preto SHMÚ vybudoval pracovisko s celoštátnou pôsobnosťou (v rámci Československa), ktoré sa zaoberalo komplexne rozvojom metód pre poskytovanie meteorologických informácií, potrebných pre prevádzku JE. Na pracovisku sa študovali a vyvíjali metódy monitoringu atmosféry pri prevádzke JE a matematické modely pre popis rozptylu rádioaktívnych látok v atmosfére s nadväznosťou na výpočet radiačnej záťaže obyvateľstva pri normálnej prevádzke a pri havarijných situáciách.

Je známe, že výkonné JE sú zdrojom odpadového tepla, ktoré, podľa typu chladenia je odvádzané do atmosféry alebo hydrosféry. V Československu boli využívané atmosférické chladiče, konkrétne chladiace veže mokrého typu s prirodzeným ťahom, a preto sa na pracovisku SHMÚ v Jaslovských Bohuniciach rozvíjali aj metódy monitoringu a hodnotenia potenciálnych klimatických efektov emisií tepla a vody do atmosféry.

Pracovisko SHMÚ v Jaslovských Bohuniciach sa postupne zapojilo do väčšiny kľúčových aktivít v Československu, súvisiacich s vyhodnocovaním vplyvu na životné prostredie vo všetkých fázach budovania jadrových elektrární a stalo sa významným subsystémom

monitorovacieho systému a havarijného manažmentu pre jadrové havárie na území Československa.

V 80. rokoch sa v súvislosti s rozvojom havarijného plánovania zvyšovali nároky na hodnotenie skutočných a potenciálnych havarijných situácií. Rozvíjali sa preto sofistikované matematické modely pre operatívne alebo post-operatívne využitie a diskutovali sa spôsoby hodnotenia rozptylu rádioaktívnych emisií v lokálnom meradle a na stredné a veľké vzdialenosti.

Limitujúcimi faktormi pri týchto aktivitách v podmienkach uzavretej ekonomiky východného bloku, ktorej súčasťou bolo aj Československo, boli nedostatok, malá výkonnosť a nespoľahlivosť výpočtovej a meracej techniky, ktorú sme mali k dispozícii na našich pracoviskách.

Objektívnym limitujúcim faktorom pri posudzovaní prenosu rádioaktívnych emisií na stredné a veľké vzdialenosti, a zvlášť, keď išlo o viacnásobný cezhraničný prenos bola vtedajšia úroveň dostupnosti relevantných meteorologických informácií a ich časového a priestorového rozlíšenia. Tak ako v súčasnosti boli zdrojom týchto údajov globálne systémy, prevádzkované Svetovou meteorologickou organizáciou. Získavanie údajov pre modelovanie prenosu emisií na veľké vzdialenosti bolo vzhľadom na vtedajšiu úroveň meracej, výpočtovej a telekomunikačnej techniky aj na špičkovej svetovej úrovni neporovnateľne náročnejšie ako v súčasnosti a niekedy až nemožné.

Ďalším nedostatkom koncepčného charakteru bolo, že systémy havarijného plánovania v Československu, ale aj v iných krajinách, počítali len s haváriami s dosahom v lokálnom alebo regionálnom meradle (niekoľko desiatok kilometrov od zdroja). Havária, pri ktorej by bolo kontaminované územie niekoľkých štátov, bola hodnotená ako extrémne málo pravdepodobná, oficiálne havarijné plány ju ignorovali a nebola ani precvičovaná. Táto skutočnosť vysvetľuje aj vysokú mieru improvizácie, ktorou boli poznačené post-havarijné aktivity v okolí havarovanej elektrárne v Černobyle, ale aj na území ostatných dotknutých krajín.

Napriek tomu možno retrospektívne konštatovať, že v druhej polovici 80. rokov bol na SHMÚ Jaslovské Bohunice pripravený originálny komplex nástrojov (metodik, matematických modelov, výpočtových programov) a skúsený tím špecialistov, ktorí boli schopní reagovať na široké spektrum situácií, vrátane šírenia rádioaktívnych emisií v atmosfére pri veľkých haváriách jadrových zariadení.

Ako je známe, situácia po vzniku havárie na JE Černobyľ a aj niekoľko dní potom bola veľmi neprehľadná. Charakterizovala ju totálna absencia informácií z miesta havárie a nejasné a zámerne dezorientujúce vyjadrenia domácich médií, ktoré boli usmerňované politickými špičkami a nie odborníkmi. Ako sa neskôr ukázalo, havária a deštrukcia reaktoru 4. bloku JE v Černobyle sa stala asi 83 minút po polnoci dňa 26. apríla 1986 miestneho času. Prvé signály o vzostupe hodnoty rádioaktivity a podozrenie o úniku rádionuklidov z neznámeho zdroja sa objavili vo Švédsku dňa 27. apríla. Po preverení potenciálnych domácich zdrojov úniku bola vzhľadom na smer aktuálneho vzdušného prúdenia nad Škandináviou v podozrení najprv sovietska (vtedy) JE Ignalino (Litva). Neskôr, po preverení snímok amerických satelitov bol potvrdený ako zdroj JE Černobyľ.

Vláda ČSSR spočiatku zaujala vyčkávaciu taktiku. Sovietskou vládou bola o havárii informovaná oficiálne až 30. apríla 1986. Po potvrdení správ o havárii na JE Černobyľ bola zvolaná Vládna havarijná komisia a v Centre hygieny záření Institutu hygieny a epidemiologie v Prahe bola zriadená pracovná skupina pod názvom Centrálna vyhodnocovacia skupina Vládnej havarijnej komisie, ktorá dostala mandát pre riadenie a vyhodnocovanie monitorovacích prác, spojených s haváriou JE Černobyľ na území celého Československa. Skupina bola zložená zo špičkových odborníkov v oblasti radiačnej hygieny a havarijného manažmentu.

Prakticky všetky pracoviská na území Československa, ktoré boli v rámci svojho profesného zamerania schopné vykonávať meranie rádioaktivity, po oznámení havárie buď pokračovali vo svojich kontinuálnych monitorovacích aktivitách alebo aktivovali svoje zariadenia.

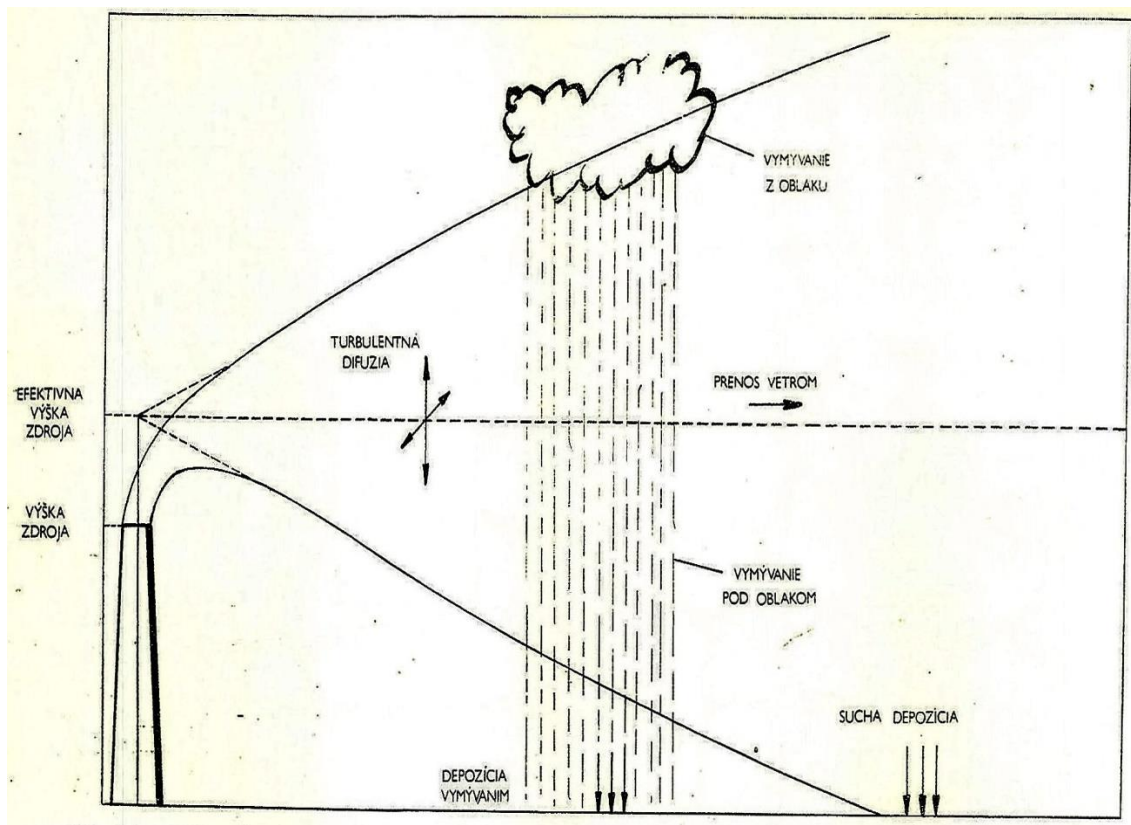
Po prvých správach o havárii zo zahraničných médií bol dňa 28. 4. zhromaždený tím špecialistov SHMÚ v Jaslovských Bohuniciach a začali sme spracovávať informácie o havárii na JE Černobyľ. Boli zhromaždené všetky dostupné údaje o JE Černobyľ. Vzhľadom na absolútny nedostatok informácií o emisii rádionuklidov (množstvo, výška a časový priebeh emisie) z havarovanej JE bolo rozhodnuté, že sa nebude počítat' rozptyl a koncentrácie oblaku v atmosfére, ale len trajektórie centier oblakov, emitovaných v pravidelnom intervale 12 hodín, ktoré by umožnili charakterizovať základné tendencie v šírení potenciálnych emisií rádionuklidov. Bol ďalej prijatý predpoklad, že emisia rádionuklidov z havarovanej JE pokračovala aj v ďalších hodinách a dňoch po vzniku havárie. Po diskusiách o možnom charaktere a teplote emisií z havarovanej JE bola vybratá ako výška šírenia emisií v počiatocnej fáze hladina 850 hPa (asi 1500 m).

Pre vysvetlenie vzniknutej situácie uvádzame niekoľko faktov o chovaní rádionuklidov v atmosfére: Rádionuklidy, emitované do atmosféry sú prenášané prúdením vzduchu a zriedňované atmosférickou difúziou. Procesmi gravitačného usadzovania a suchého spadu sú rádionuklidy kontinuálne usadzované na zemskom povrchu. Atmosférické zrážky, ak sa vyskytujú, vymývajú a usadzujú rádionuklidy z atmosféry na zemský povrch. Spoločným pôsobením procesov gravitačného usadzovania, suchého spadu a vymývania zrážkami sa časť rádionuklidov usadzuje na povrchu a po prechode oblaku vytvára rádioaktívnu stopu. (pozri Obr.1). Hodnoty koncentrácie rádionuklidov v oblaku teda primárne závisia na veľkosti emisie a sekundárne na dĺžke a intenzite pôsobenia zriedňovacích a usadzovacích procesov, pôsobiacich v atmosfére. Dĺžka trajektórie a tým aj trvanie zriedňovacích procesov preto významne ovplyvňuje koncentrácie v oblaku.

Podľa neskoršie publikovaných odhadov [1] bolo z havarovanej elektrárne emitovaných do atmosféry celkove asi $2 \cdot 10^{19}$ Bq. V prvý deň havárie (26.apríla) to bolo asi 25 % celkovej hodnoty, v ďalších dňoch emisia klesla, ale v 7., 8., 9. a 10. deň po vzniku havárie (2., 3., 4. a 5. mája) opäť výrazne stúpala. V 11. dni (6. mája) po vzniku havárie bola emisia z havarovanej JE takmer ukončená vďaka pôsobeniu záchranárskych tímov na havarovanej JE. (pozri Obr.2).

Podľa predpokladaného scenára udalostí na havarovanej JE bola kontinuálna emisia rádionuklidov rozdeľovaná podľa meniaceho sa smeru prúdenia ovzdušia do rôznych smerov. V okolí sa preto sformovali oblaky rádionuklidov, ktoré boli ďalej prenášané na veľké vzdialenosti od zdroja a transformované alebo separované podľa lokálnych podmienok

v atmosfére. Trajektórie centra oblaku, počítané v pravidelných intervaloch umožňovali odhadovať pohyby reálnych oblakov.



Obr. 1: Chovanie rádioaktívnych emisií v atmosfére.

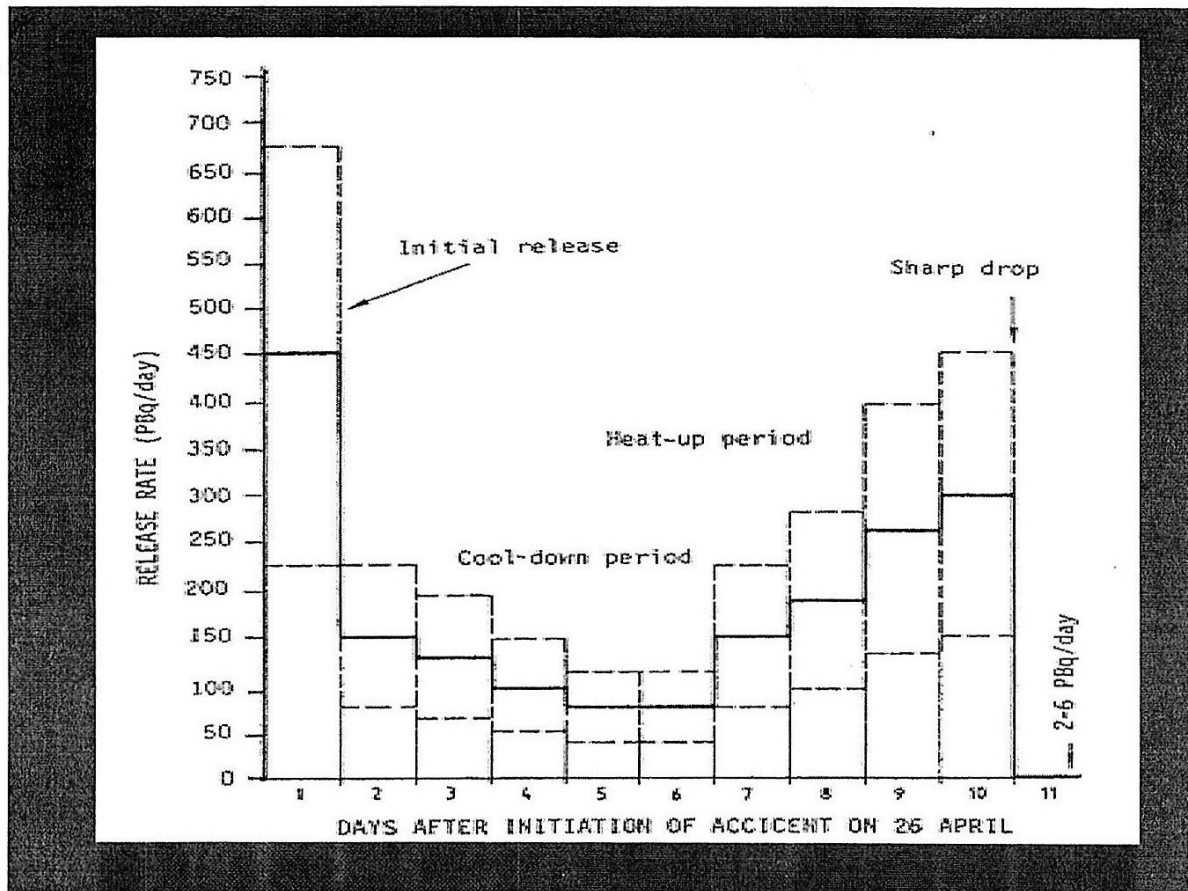
Vypočítané trajektórie sa primárne hodnotili z hľadiska možného zásahu územia Československa. Pre výpočet trajektórií bolo potrebné zhromaždiť a použiť údaje o prúdení vzduchu z okolia zdroja emisií a ďalej z území, v ktorých sa oblaky pohybovali. V spolupráci s kolegami z predpovednej služby SHMÚ v Bratislave sa zhromažďovali údaje o prúdení vzduchu nad strednou a východnou Európou z Globálneho telekomunikačného systému Svetovej meteorologickej organizácie (vtedy sa prenášali len ďalekopismi).

Výpočty trajektórií na SHMÚ začali aj bez oficiálneho poverenia 29. apríla. Späťne boli vyhodnotené trajektórie s počiatkom o 0,00 hod. GMT 26.4. a ďalej s intervalom 12 hodín.

Výpočty trajektórií oblakov rádioaktívneho materiálu z Černobyľu boli operatívne konfrontované s meraniami sumárnej beta-aktivity atmosférického spadu, ktoré sa dlhodobo vykonávali na SHMÚ a ktoré zaznamenali významný a neobvyklý vzostup hodnôt rádioaktivity dňa 29. apríla. Dobrý súhlas trajektórií s týmito údajmi bol potvrdením, že výsledky trajektórievej analýzy popisujú procesy realisticky.

Ako sa neskôr potvrdilo, prvý vzostup rádioaktivity na území ČSSR bol zaregistrovaný 29. 4. 1986 na všetkých pracoviskách, ktoré monitorovali rádioaktivitu. Pomerne dobre to vysvetľuje trajektória centra oblaku, emitovaného z Černobyľu o polnoci dňa 27. 4., ktorý v noci z 29. 4.

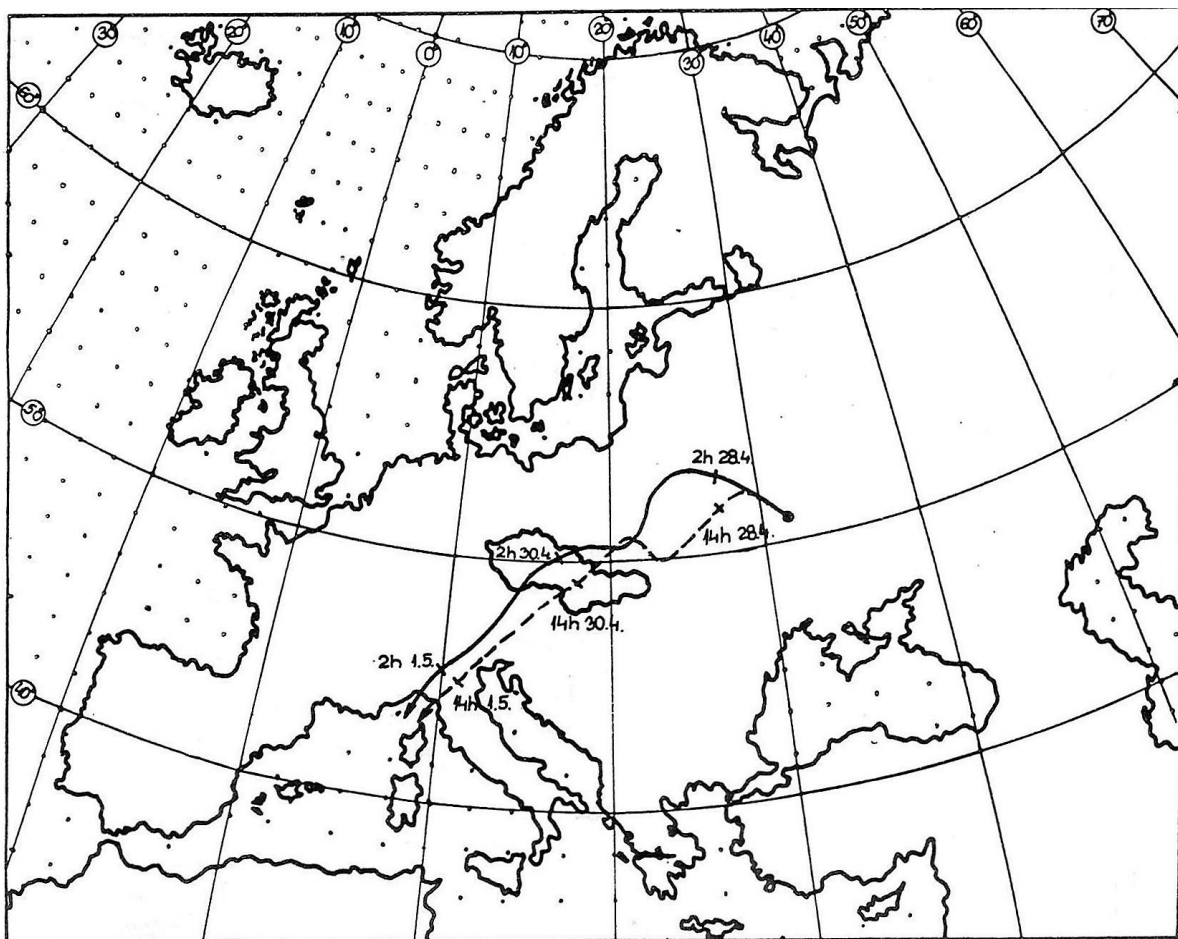
na 30. 4 prenikol cez severnú hranicu na územie Československa a pokračoval južným smerom. Z trajektórievej analýzy je zrejmé, že oblaky emitované z Černobyľu na konci 1. dňa havárie kontaminovali atmosféru nad strednou časťou Československa už v popoludňajších hodinách 29. 4. Ako sa neskôr ukázalo, tento oblak



Obr. 2: Množstvo rádionuklidov, emitovaných z havarovanej JE Černobyľ v prvých dňoch havárie.

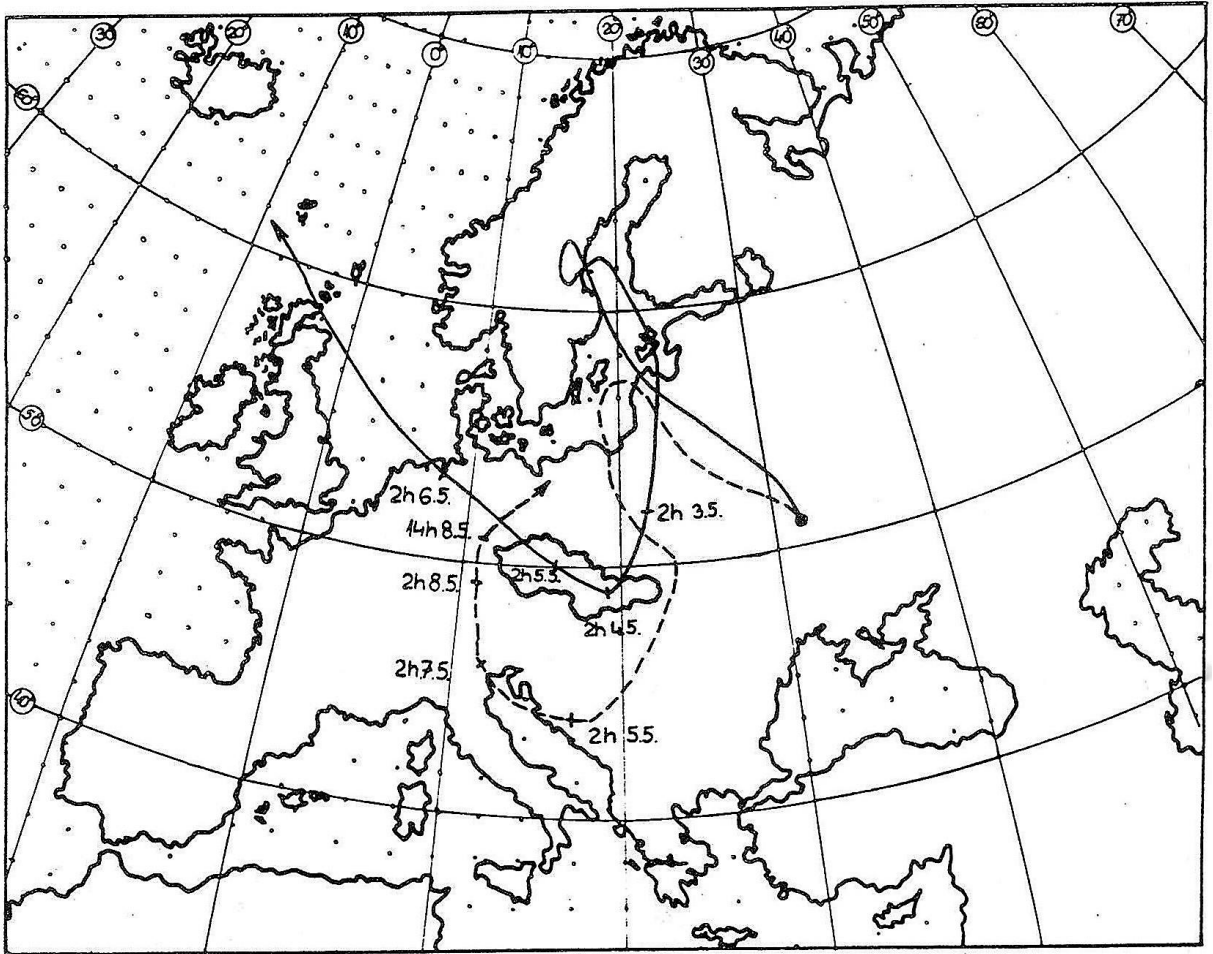
priniesol maximálne hodnoty koncentrácie rádionuklidov v ovzduší nad územím Československa, spôsobené černobyľskou haváriou a namerané dňa 30. 4. aj v rámci monitorovacieho systému štátu. V noci počas prechodu tohto oblaku sa vyskytovali v severnom pohraničí Moravy búrky. Kombinácia intenzívneho dažďa a vysokých koncentrácií v atmosfére prispela k depozícii rádionuklidov na povrchu a vytvorila v tejto oblasti lokality s najvyššími koncentraciami rádionuklidov v povrchovom depozite na území Československa.

Podľa trajektórievej analýzy boli zaznamenané celkove 3 prechody centier oblakov rádionuklidov nad územím Československa. Prvý, už komentovaný v noci z 29. na 30. apríla, druhý 3. a 4. mája a tretí 7. mája. Dobře to dokumentujú aj nasledovné obrázky trajektórií:



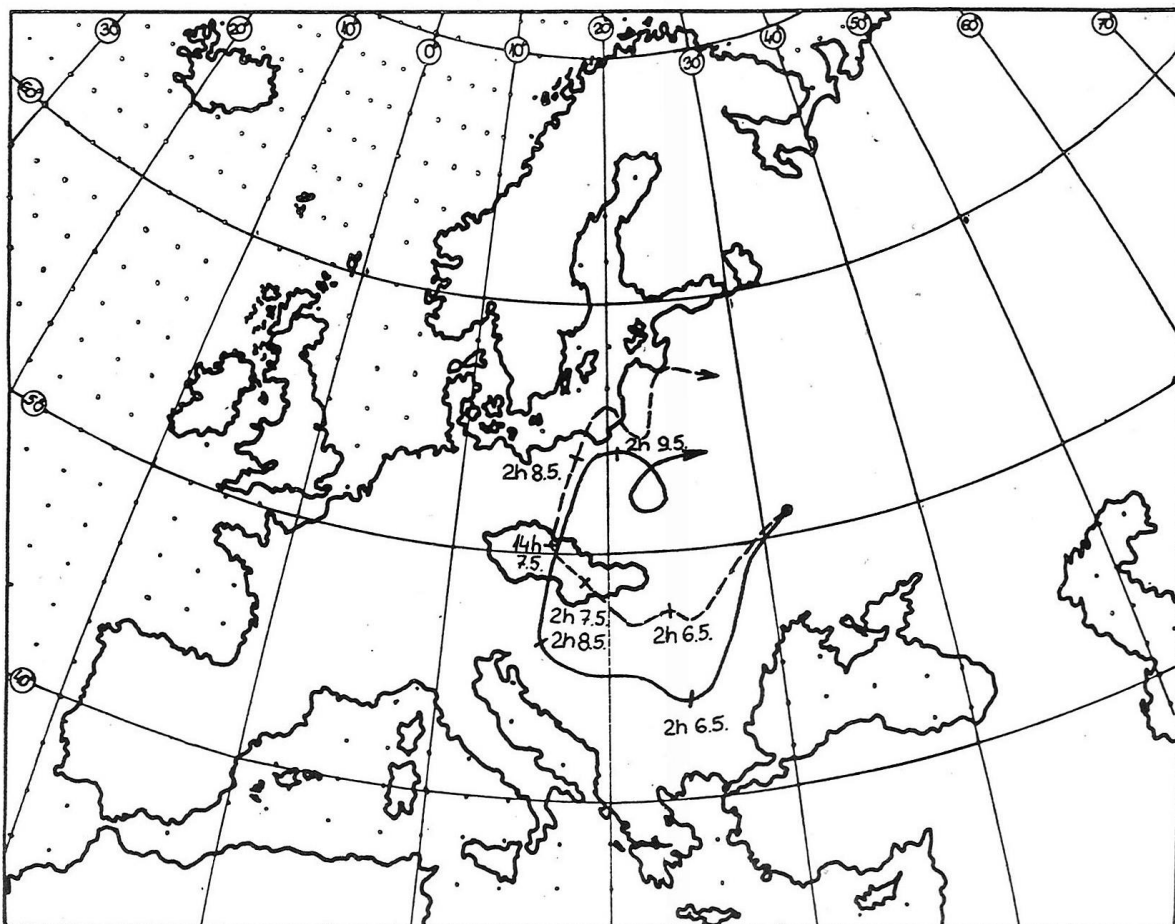
Obr. 3: Trajektórie oblaku rádioaktívneho materiálu, unikajúceho z JE Černobyľ dňa 27. 4. 1986 a unášaného prúdením ovzdušia. Počiatky a jednotlivé fázy trajektórií sú vyjadrené v letnom SEČ.

Počiatok emisie: _____ 2 hod.; ----- 14 hod.



Obr. 4: Trajektórie oblakov rádioaktívneho materiálu, unikajúceho z JE Černobyľ dňa 26. 4. 1986 a unášaného prúdením ovzdušia. Počiatky a jednotlivé fázy trajektórií sú vyjadrené v letnom SEČ.

Počiatok emisie: _____ 2 hod; ----- 14 hod.



Obr. 5: Trajektória oblaku rádioaktívneho materiálu, unikajúceho z JE Černobyľ dňa 4. 5. 1986 a unášaného prúdením ovzdušia. Počiatky a jednotlivé fázy trajektórií sú vyjadrené v letnom SEČ.

Počiatok emisie: _____ 02.00 hod.; ----- 14.00 hod.

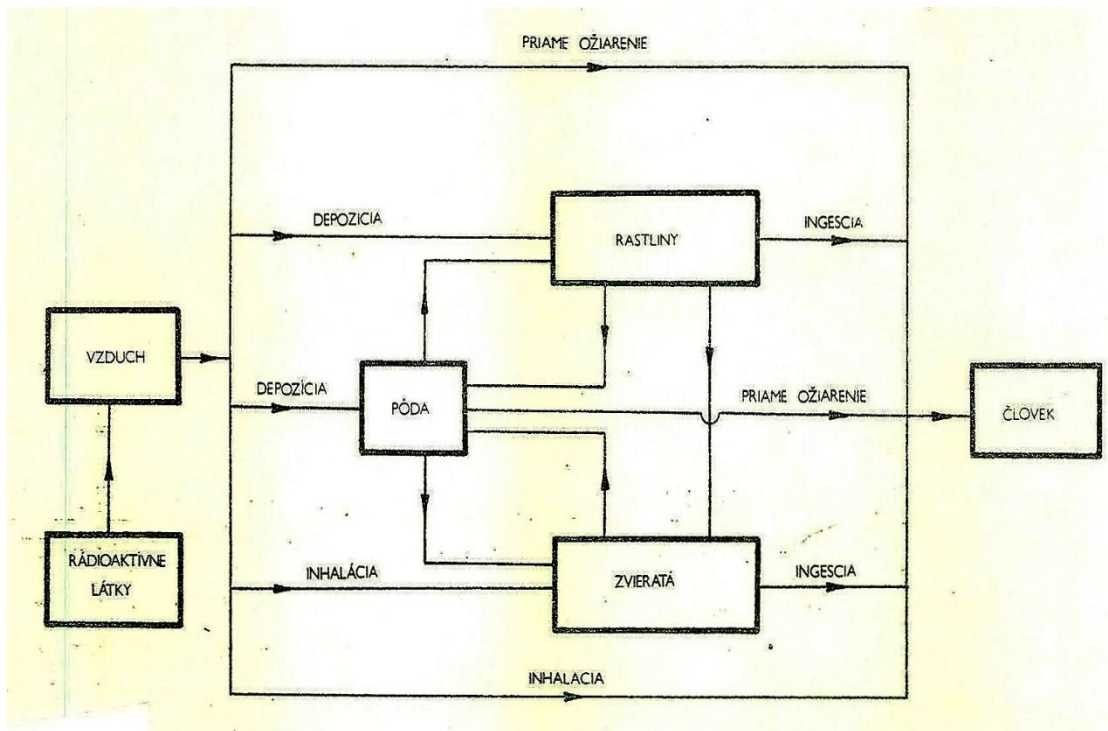
Obrázky trajektórií sú pôvodné a neupravované, tak ako boli generované v reálnom čase v dňoch po havárii.

Aj keď v tomto príspevku prezentujeme len niekoľko ukážok trajektórievej analýzy, naznačuje trajektóriová analýza postupné formovanie radiačnej situácie nad Európou v závislosti na zložitosti a dynamike vzdušných prúdení. Túto zložitosť dokumentuje napríklad vývoj z prvého dňa havárie. Počas celého dňa boli emisie z havarovanej JE unášané prevládajúcim juhovýchodným prúdením približne na severozápad. Emisie z prvej polovice dňa boli unášané približne rovnakým smerom do severnej časti Škandinávie, ale emisie z druhej polovice dňa boli nad Baltským morom zachytené severovýchodným až severným prúdením a postupovali približne do strednej Európy.

O realizácii trajektórievej analýzy a jej výsledkoch na SHMÚ boli informovaní špecialisti v Centre hygieny záření Institutu hygieny a epidemiológie v Prahe, ktorí riadili monitorovací systém Československa. Pracovníci SHMÚ boli následne pozvaní Centrálnou vyhodnocovacou skupinou do Prahy, kde sa presunuli 3. mája a pokračovali vo výpočte trajektórií. Aj v Prahe bol potvrdený dobrý súhlas výsledkov trajektórievej analýzy s priebežnými výsledkami merania kontaminácie ovzdušia v rôznych častiach územia Československa.

Výsledky trajektórievej analýzy umožnili lepšie pochopiť časový priebeh formovania kontaminácie ovzdušia a rádioaktívnej stopy na povrchu Československa v závislosti na pohybe jednotlivých oblakov. Požiadavky na celoplošné monitorovanie územia Československa presahovali svojim rozsahom štandardné aktivity hygienickej služby a vyžadovali preto mimoriadne nasadenie všetkých zložiek monitorovacieho systému. Vyhodnotiť všetky možné cesty pôsobenia rádionuklidov nie je jednoduchý proces, čo naznačuje aj Obr.6. Prechody ďalších oblakov prispievali k rýchlemu vývoju situácie a z havarovanej elektrárne neboli dôveryhodné podklady pre prognózovanie ďalšieho vývoja situácie. Výsledky trajektórievej analýzy preto pomohli aj v tejto zložitej situácii získať prehľad o doterajšom a budúcom vývoji radiačnej situácie.

K racionalizácii postupu monitorovania havárie JE Černobyľ na území Československa prispeli špecialisti SHMÚ v rámci Centrálny vyhodnocovacej skupiny aj operatívnym vyhodnocovaním zrážkovej aktivity nad celým územím Československa. Každodenne bol vykonaný zber informácií o výskyte a množstve zrážok zo všetkých pracovísk hydrometeorologickej služby na území Československa a na základe mapy výskytu zrážok bolo optimalizované ďalšie nasadenie monitorovacích kapacít.



Obr. 6: Cesty pôsobenia rádioaktívnych látok, vypustených do ovzdušia na človeka.

Aj neskoršie hodnotenia potvrdili význam meteorologických informácií najmä pri operatívnom zvládnutí monitoringu a následných opatrení. Stali sa impulzom pre ďalší vývoj metód na SHMÚ Jaslovské Bohunice a prispeli aj k zlepšeniu materiálnych podmienok na pracovisku na celom Ústave. Pokračovalo sa intenzívne vo vývoji matematického modelu pre hodnotenie šírenia rádioaktívnych emisií v lokálnom, regionálnom a cezhraničnom meradle. Tieto práce vrcholili účasťou tímu z SHMÚ Jaslovské Bohunice v medzinárodnej porovnávacej štúdii ATMES (Atmospheric Transport Model Evaluation Study), ktorú v rokoch 1987 – 1991 organizovala Medzinárodná komisia pre atómovú energiu v spolupráci so Svetovou meteorologickou organizáciou [2]. Štúdie sa zúčastnilo so svojimi modelmi 21 riešiteľských tímov zo 14 krajín. V rámci štúdie bol vykonaný výpočet šírenia rádionuklidov z havarovanej JE Černobyľ v celoeurópskom meradle s využitím dovedy zhromaždených údajov o emisii z JE Černobyľ a reálnych meteorologických podmienkach nad Európou v dobe havárie. Výsledky boli porovnávané s nameranými hodnotami v rôznych častiach Európy.

Skúsenosti, získané v operatívnom nasadení počas havárie JE Černobyľ boli na SHMÚ využité aj pri rozvoji systému meteorologického zabezpečovania jadrových elektrární a pri rozvoji havarijného manažmentu Slovenskej republiky. Priebeh udalostí počas havárie výrazne posilnil aj v Československu názory o potrebe vybudovania systému včasného varovania pre jadrové havárie. S využitím komunikačného systému SHMÚ a vďaka iniciatíve a skúsenostiam expertov SHMÚ sa tento systém podarilo na Slovensku uviesť do prevádzky na začiatku 90. rokov. Prevádzkovateľom tohto systému je až do súčasnosti SHMÚ.

Literatúra:

- /1/ International Atomic Energy Agency: Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident. Safety Series No. 75-INSAG-1. IAEA, Vienna, 1986.
- /2/ Klug,W.: Evaluation of Long Range Atmospheric Transport Models Using Environmental Radioactivity Data from Chernobyl Accident: ATMES Report. Elseviers Science Publishers, Elsevier Applied Science, London and New York, 1992.