

RADIOLOŠKA NESREČA V BRAZILSKEM MESTU GOIÂNIA

Bogdan Pucelj*

UDK 614.73 (81)

V članku podajam podroben pregled dogodkov ob radiološki nesreči, do katere je prišlo leta 1987 v brazilskem mestu Goiânia. Gre za nesrečo, v kateri je odtujitvi visokoaktivnega zaprtega izvira sledila znatna lokalna kontaminacija življenjskega okolja in v nekaterih primerih visoka izpostavitve zunanjemu in notranjemu obsevanju. Po obsegu kontaminacije okolja ter obširnosti in zapletenosti sanacijskih del je ta nesreča presegla vse prejšnje tovrstne dogodke na nejedrskih objektih.

Radiološke nesreče so dogodki, v katerih pride do čezmerne izpostavitve ionizirajočemu sevanju zaradi izgube kontrole nad virom sevanja. Take nezgode so zabeležili celo pred odkritjem virov ionizirajočega sevanja, razumljivo pa je, da se je večina zgodila po odkritju in vse širši uporabi teh virov po letu 1895. Zlasti so potencialne možnosti za tovrstne nesreče narasle po začetku uporabe jedrskih reaktorjev, ki kot stranski produkt proizvajajo ogromne količine razcepnih produktov. Zlorabe jedrske energije v vojaške namene v tem prispevku ne obravnavam.

Radiološke nesreče so bile do sedaj sicer redke v primerjavi z drugimi »klasičnimi« nesrečami. Kljub temu pa v širši javnosti žanjejo večjo negativno odmevnost kot ostale nesreče, saj je v njih vpleteno ionizirajoče sevanje, ki ga s čutili ne zaznavamo, sočasno pa ti dogodki nehoti spominjajo na Hirošimo in Nagasaki, kjer preživeli še vedno z zdravjem plačujejo svojo neprosto voljno navzočnost ob bombnih napadih.

V zadnjem času sta bili zelo odmevni, in to ne brez razloga, dve hudi radiološki nesreči: eksplozija jedrskega reaktorja v Černobilu in posledična kontaminacija širšega okolja s številnimi radioaktivnimi snovmi v letu 1986 ter izpostavitve lokalnega prebivalstva sevanju radioaktivnega izotopa Cs-137 ob odtujitvi radioaktivne snovi v brazilskem mestu Goiânia v letu 1987. Medtem ko so širši javnosti dovolj znane številne podrobnosti o černobilski nesreči, pa so podatki o dogodkih v Goiâniji manj poznani. Zaradi obsega nesreče v Goiâniji, vpletenosti širšega prebivalstva v njej, zapletenosti sanacijskih akcij in dejstva, da do znatne kontaminacije okolja lahko pride tudi ob nesreči na nejedrskem objektu, je vredno podrobneje predstaviti ta dogodek. Večino informacij povzemam po (1).

Opis nesreče

Goiânia je glavno mesto brazilske države Goiás na osrednji brazilski planoti, ki je znana po pridelovanju žit in živinoreji. Podnebje je tropsko s povprečno letno temperaturo 21,9° (pogosto 40° C) in vi-

soko vlažnostjo. Mesto ima okrog milijon prebivalcev. Od Ria de Janeiro je oddaljeno 1348 km, od São Paula pa 919 km. V teh mestih so glavni strokovnjaki in sredstva za radiološko zaščito, kar je še dodatno zapletlo sanacijo.

V Goiâniji je zasebna ustanova Gojanski radioterapevtski inštitut, ki je za obsevanje pacientov uporabljala teleterapevtski napravi z izotopoma Cs-137 in Co-60. Za uporabo so imeli dovoljenje ustreznega upravnega organa, vendar se je kasneje pokazalo, da slednji naprave ni periodično pregledoval.

Teleterapevtska enota je obsevalna naprava z zaprtim radioaktivnim virom visoke aktivnosti. Kadar naprava ne obratuje, so ljudje v njeni okolici zaščiteni pred sevanjem z debelim ščitom ohišja iz jekla in svinca. Med uporabo pa na daljavo premaknejo posebni mehanizem, ki odpre zaščitno zaslonko, in ob ustrezni kolimaciji dobimo intenziven snop sevanja gama v zahtevani smeri. Naprava v omenjeni ustanovi je vsebovala radioaktivni izotop Cs-137. Izotop je sevalec beta, razpad pa spremlja tudi sevanje gama, ki ga izkoriščajo za obsevanje. Osnovni podatki o viru so v tabeli 1.

Tabela 1. Podatki o viru Cs-137 teleterapevtske naprave.

Energija sevanja gama	662 keV
Povprečna energija sevanja beta	187 keV
Razpolovni čas	30 let
Aktivnost	50,9 TBq
Hitrost doze na 1 m	4,56 Gy/h
Volumen	31 cm ³
Masa	0,093 kg

Pojasniti moram, da v radioterapiji praviloma uporabljajo vire z zelo visoko aktivnostjo. Tako je bilo tudi v brazilskem primeru. V ponazoritev naj povem, da aktivnost 50,9 TBq znatno presega skupno aktivnost nizko- in srednjeaktivnih odpadkov, ki jih je do sedaj zbrala jedrska elektrarna Krško. Iz tabele 1 je razvidno, da je hitrost doze v razdalji 1 metra od golega izvira znašala 4,56 Gy na uro, kar pri povprečnem človeku povzroči smrtne poškodbe po približno enourni izpostavitvi.

Kronologija dogodkov

V nadaljevanju podrobneje opisujem kronološki potek dogodkov, saj je v njem precej značilnosti, ki so se pojavljale že ob prejšnjih podobnih nezgodah.

konec 1985 Goiânski radioterapevtski inštitut se preseli v nove prostore. Teleterapevtska enota s Cs-137 iz neznanih razlogov ostane v stari opuščeni zgradbi, ki postopoma propada in je dostopna javnosti.

1.—13. sept. 1987 R. A. in W. P. odkrijeta napravo, odmontirata osrednji del iz svetlečega nerjavnega jekla, ki vsebuje hermetično zaprto kapsulo z radioaktivnim izotopom, in ga s samokolnico odpeljeta do okrog 500 m oddaljenega doma R. A. Tam ga začasno odloži na dvorišče pod mangovcem. Ob delu sta močno izpostavljena zunanjemu sevanju sedaj nezaščitenega vira.

10., 14. W. P. in R. A. kažeta tipične znake hude izpostavitve sevanju, kot sta bruhanje in diareja.

15. sept. W. P. poišče zdravniško pomoč. Simptome pripišejo uživanju pokvarjene hrane.

18. sept. R. A. razstavlja osrednji del obsevalne naprave. Ob tem prebode sicer hermetično zaprto kapsulo in cezijev prah se delno razsuje po tleh. Storjen je prvi korak k radioaktivni kontaminaciji okolja. Kasneje na tem mestu namerijo hitrost doze 1,1 Gy na uro v razdalji 1 m.

18. sept. Dele naprave kupi D. F., ki ponoči opazi svetlikanje iz kapsule. Skupaj z ženo M. F. 1 podrobno proučuje prašek. V naslednjih dneh sosedje, znanci in sorodniki občudujejo nenavadni in domnevno dragoceni prah. Več ljudi odnese delce radioaktivnega prahu. Nekateri si ga vtirajo v kožo in občudujejo skrivnostno svetlikanje. Kontaminacija okolja se širi.

21. sept. M. F. 1 bruha in ima diarejo. Zdravniki spet posumijo na uživanje pokvarjene hrane.

22.—24. Uslužbenca pri D. F. (I. S. in A. S.) nadaljujeta z razstavlja-

* Mag., Inštitut »Jožef Stefan«, Univerza v Ljubljani, Jamova 39, Ljubljana.

njem naprave. Ob tem se močno izpostavljata sevanju ostankov nezaščitenega izvira. Oba kasneje zaradi tega umrta. Prejeti dozi znašata 4,5 Gy oziroma 5,3 Gy.

24. sept. I. F. dobi od D. F. nekaj koščkov vira in jih odnese domov. Med jedjo ostanejo na mizi. Njegova šestletna hčerka L. F. 2 jih med jedjo otipava. L. F. 2 kasneje umre za posledicami sevanja. V njenem telesu namerijo najvišjo vsebnost Cs-137.

28. sept. Do tega datuma zbolijo že znatno število ljudi. M. F. 1 posumi, da je vzrok svetleči se prah. Ostanke naprave s pomočjo G. S. odnese v torbi na Sanitarni inšpektorat, kjer pove doktorju P. M., da naprava »ubija njeno družino«. Dr. P. M. torbo iz previdnosti prenese na stol na dvorišču.

28. sept. Vse več ljudi sprejmejo v bolnišnico s podobnimi bolezenskimi znaki, ki pa jih zdravniki pripisujejo neznani tropski bolezni. Vendar pa eden od zdravnikov začenja sumiti na radiacijske poškodbe. Po posvetu z drugimi zdravniki in po tem, ko jih sanitarni inšpektor obvesti o sumljivi torbi, prosijo zdravstvenega fizika W. F., naj opravi meritve sevanja.

29. sept. W. F. s prenosnim merilnikom sevanja odkrije zelo visoke hitrosti doze na Sanitarnem inšpektoratu. Zadnji trenutek zadržati gasilce, od katerih je zaskrbljeni dr. P. M. zahteval, naj torbo vržejo v reko. S tem se začne velika akcija odkrivanja razširjenosti kontaminacije okolja, ljudi, zdravljenja močno obsevanih in sanacija nezgode.

Ukrepanje po nesreči

Radioaktivno kontaminacijo so odkrili 28. septembra popoldne, že do jutra 29. septembra pa se je pokazala njena resnost. Čeprav lokalne oblasti niso imele pripravljenih svojih načrtov neugodne pripravljenosti za primer radiološke nesreče, so takoj reagirale z mobilizacijo policije, gasilcev in civilne zaščite. Eden od prvih ukrepov je bil ta, da so izbrali mestni olimpijski stadion za sprejem in pregled kontaminiranosti prebivalcev. Takoj so začeli tudi meriti kontaminiranost prvih znanih kontaminiranih območij, to je Sanitarnega inšpektorata in odpada. Okolišne prebivalce so evakuirali, kontaminirane napotili na podrobnejši pregled na stadion, na obeh kontaminiranih področjih pa so uvedli kontrolo vstopa in izstopa. Zaradi obsežnosti nesreče in pomanjkanja ljudi in sredstev so lokalne oblasti takoj zaprosile za pomoč Brazilsko nacionalno komisijo za jedrsko ener-

gijo (CNEN), ki je zatem prevzela glavno pobudo pri saniranju nesreče. Kasneje so se delu pridružile tudi nekatere mednarodne ustanove in strokovnjaki.

O dimenzijah nesreče priča nekaj zgovornih podatkov. Zaradi suma na zunanjo ali notranjo kontaminacijo telesa je bilo pregledanih okrog 112 000 prebivalcev. Kontaminiranih je bilo 249 oseb, 28 oseb je imelo radiacijske opekline, štiri osebe so po nekaj tednih umrle zaradi posledic izpostavitve sevanju. Prvotne meritve kontaminiranosti okolja so opravile terenske ekipe. Sledile so meritve iz ustrezno opremljenega helikopterja, s katerim so pregledali 67 km² urbanega območja Goiânia, z merilniki sevanja v avtomobilih pa še 2000 km območnih cest. Skupno so našli 7 žarišč kontaminiranosti. Pokazalo se je, da je glavnina kontaminiranosti ostala na območju, ki je merilo zgolj okrog 1 km². Pregledi so tudi odkrili 85 znatno kontaminiranih zgradb, od katerih jih je bilo treba sedem porušiti in jih shraniti kot radioaktivni odpadki. Ob sanaciji nesreče se je nabralo skupno 3500 m³ radioaktivnih odpadkov, kar predstavlja okrog 10⁸-kratno povečanje začetnega volumna radioaktivnega izotopa Cs-137 v kapsuli (31 cm³).

Splošni ukrepi

V nadaljevanju si nekoliko podrobneje pogledamo potek dogajanja in akcij po odkritju nesreče.

Ob načrtovanju radiološke neugodne pripravljenosti je koristno neugodo obravnavati po fazah. To zlasti velja za neugode v jedrskih elektrarnah. Ostale radiološke nesreče so običajno mnogo velikostnih redov manjše kot potencialne nesreče v jedrskih elektrarnah in pri njih za došča ukrepanje v dveh fazah:

- *začetna faza*, ko je potrebno hitro ukrepanje, ki naj odkrije potencialne vire akutnega obsevanja in spravi vir pod nadzor, in
- *faza vzpostavitve normalnega stanja*, ko ni več potrebno hitro ukrepanje, ampak je bistveno predvsem skrbno načrtovanje in priprava ukrepov.

Seveda je v praksi in v odvisnosti od okoliščin meja med obema fazama lahko zabrisana, možno pa je tudi prekrivanje.

Akcije ob nesreči v Goiânii so se začele z odkritjem radioaktivne kontaminiranosti okolja 28. septembra 1987, obe fazi pa sta trajali do marca 1988.

Glavna žarišča kontaminacije so bila dvorišča, kjer so poškodovali kapsulo z izotopom. Šlo je za sedem žarišč z visoko kontaminiranostjo, ki so bila v središču Goiânia znotraj območja s površino približno 1 km². Odkrili so tudi nekaj rahlo kontaminiranih drugih območij. V začetni fazi je bilo treba opraviti naslednje:

- odkriti najbolj kontaminirana mesta,
- evakuirati prebivalce z območij, kjer so bili preseženi intervencijski nivoji,
- vzpostaviti nadzor nad temi območji,
- odkriti osebe, ki so prejele znatne zunanje doze ali so bile kontaminirane.

V grobem so bili ti cilji doseženi že do 3. oktobra. S tem je bil končan nujni del

začetne faze, saj so vzpostavili nadzor nad virom. V času med 3. in 10. oktobrom so načrtovali in pripravljali dejavnosti za fazo vzpostavitve normalnega stanja. Zlasti je bilo treba oceniti in zagotoviti potrebno število ljudi ter vrsto in količino sredstev. V tem smislu je veliko oviro predstavljala velika oddaljenost od ustreznih opremljenih centrov. Znatno so se oprli na center za neugodno pripravljenost v brazilski jedrski elektrarni Agra v veliko pomoč pa je bilo tudi brazilsko vojno letalstvo, ki je prevažalo ljudi in sredstva.

Manjše dekontaminacijske ukrepe so delno opravili že v začetni fazi. Za nadaljevanje del pa je bilo odločeno, da se z njimi ne začne, dokler ne bodo opravljene podrobne terenske meritve in pripravljeno mesto za odlaganje odpadkov. Poleg tega so pripravili tudi pisne procedure, intervencijske nivoje in procedure za zagotovitev kakovosti.

Med terenskimi meritvami velja posebej omeniti meritve kontaminiranosti s helikopterjem in pa meritve z instrumenti v avtomobilu. Oboje je pomagalo zlasti pri iskanju morebitnih novih žarišč kontaminacije.

Poleg tega so pri bolnikih in prebivalcih s kontaminiranih območij poizvedeli o njihovem gibanju v kritičnem obdobju in dobili podatke o obiskovalcih. Na ta način so identificirali potencialne dodatne prenosne poti kontaminacije in dejansko tudi odkrili 42 novih kontaminiranih lokacij v mestu pa tudi zunaj njega.

Poleg meritev hitrosti doze so opravili tudi številne meritve vsebnosti Cs-137 v vzorcih zemlje, rastlin, vode in zraka. V kontaminirani zemlji so bile vsebnosti med 10² in 10⁵ Bq/kg. Podobne so bile kontaminiranosti rastlinja. V različnih vzorcih vode (rečna voda, vodovod, podzemne vode, padavine) niso odkrili pomembne vsebnosti Cs-137, isto velja za zrak.

Medicinsko ukrepanje

Radiološka nesreča v Goiânii je imela resne zdravstvene posledice, zaradi akutne izpostavitve sevanja pa so umrli tudi štiri ljudje. Do podobnih dogodkov je prihajalo že v preteklosti, ko so bili prebivalci izpostavljeni sevanju največkrat ob izgubi radioaktivnih izotopov visoke aktivnosti (tabela 2). Vendar se brazilska nesreča v nečem pomembno razlikuje od dogodkov v preteklosti. V Goiânii so bili nekateri prebivalci izpostavljeni ne samo visokemu zunanjemu obsevanju zaradi zadrževanja v bližini vira, ampak so bili številni tudi primeri notranje kontaminiranosti (vnos radionuklida v organizem z inhalacijo, ingestijo, skozi kožo), ki ji sledi kronično obsevanje celega telesa. Da bi zmanjšali notranje obsevanje zaradi inkorporiranega Cs-137, so prvič v zgodovini radioloških nesreč morali uporabiti berlinsko midriolo [Fe(CN)₆]⁴⁻, ki poveča hitrost izločanja cezija iz telesa (3).

Do 28. septembra je bilo hospitaliziranih 11 oseb zaradi ob sprejemu še neugotovljene radiacijske bolezni. Do 30. sep-

Tabela 2. Pregled radioloških nesreč s smrtnim izidom (1, 2).

Leto	Lokacija	Vir sevanja	Smrtne žrtve	
			Delavci	Prebivalci
1945	Los Alamos, ZDA	kritičnost	1	
1946	Los Alamos, ZDA	kritičnost	1	
1958	Vinča, Jugoslavija	reaktor	1	
1958	Los Alamos, ZDA	kritičnost	1	
1961	Švica	tritijeva barva	1	
1962	Mexico City, Mehika	izgubljeni vir		4
1963	Kitajska	obsevalna naprava		2
1964	ZR Nemčija	tritijeva barva	1	
1964	Rhode Island, ZDA	predelava urana	1	
1975	Brescia, Italija	obsevalna naprava	1	
1978	Alžirija	izgubljeni vir		1
1981	Oklahoma, ZDA	radiografija	1	
1982	Norveška	sterilizator	1	
1983	Constituyentes, Argentina	reaktor	1	
1984	Maroko	izgubljeni vir		8
1986	Černobil, ZSSR	jedrska elektrarna	31	
1987	Goiânia, Brazilija	odtujeni vir		4
1989	San Salvador (2)	sterilizator	1	
			43	19

tembra so v sprejemnem centru in kontrolnem centru na stadionu v Goiânii odkrili še 22 znatno kontaminiranih oseb. Odvzeli so jim kontaminirano obleko, zunanjo telesno kontaminiranost pa so jim s 50- do 80-odstotno učinkovitostjo zmanjšali z večkratnim kopanjem z vodo in milom. Najbolj nujno je bilo intenzivno zdravljenje 11 že hospitaliziranih bolnikov z akutnim radiacijskim sindromom in kožnimi poškodbami. Pri njih so ugotavljali tudi znatno eksterno in interno kontaminacijo. Dekontaminacija kože je bila le delno učinkovita, saj je ob potenju prihajalo do ponovne kontaminacije kože in predmetov, s katerimi si bili bolniki v stiku, zaradi izločanja v telo vnešenega cezija. Najbolj prizadetih 6 bolnikov so 1. oktobra z vojaškim letalom prepeljali v bolnišnico v Riu de Janeiro, 3. oktobra pa so se jim zaradi poslabšanja zdravstvenega stanja pridružili še štirje bolniki. Terapevtska procedura na naslednjih posegih:

- zdravljenje akutnega radiacijskega sindroma, predvsem posledic začasne odpovedi delovanja krvotvornih organov,
- zdravljenje lokalnih radiacijskih poškodb,
- forsiranje izločanja Cs-137 iz telesa,
- splošna oskrba in psihoterapija.

V zvezi z akutnim radiacijskim sindromom je bilo zdravljenje zaradi prehodnega izpada imunološkega sistema osredotočeno na preprečevanje infekcij. Najbolj prizadeti bolniki so prejeli protibakterijska, protivirusna in protiglivična sredstva. Zdravniki so ocenili, da presadev kostnega mozga ni potrebna.

Pri 19 od 20 hospitaliziranih bolnikov so opazili lokalne poškodbe kože, najpogostejše na rokah in nogah. Pri 5 bolnikih so bile potrebne kirurške intervencije, in sicer odstranitev dela tkiva in transplantacija kože.

V nesreči v Goiânii je prišlo do zelo visokih internih kontaminacij s Cs-137. V ekstremnem primeru je ob vnosu 1,0 GBq znašala začetna hitrost doze celo 0,25 Gy

na dan, skupna doza zaradi interne kontaminiranosti pa je v tem primeru v enem mesecu znesla 4 Gy. Za pospešitev izločanja cezija iz telesa so pri 62 osebah oralno uporabili berlinsko modrilo (Prussian blue) v dozah od 1–10 g na dan. Zanimivo je, da so morali zaradi omejenih zalog sredstva v Braziliji za dodatne količine zaprositi »Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung« v Neuherbergu pri Münchnu.

Ob vsaki radiološki nesreči je zaradi terapije in prognoze bistvena čimbolj natančna ocena doz. Pri brazilski nesreči so bile tovrstne ocene še zlasti zapletene, ker je šlo za kombinacijo zunanega in notranjega obsevanja ter kontaminacijo kože. Zato so morali pri dozimetriji uporabiti več metod:

- interno dozimetrijo — merjenje aktivnosti izločkov in meritve notranje kontaminiranosti človeka (detektor »whole-body«),
- citogenetske analize — ocena doze iz analize pogostosti kromosomskih aberacij,
- zunanjo dozimetrijo — ocena doze na podlagi rekonstrukcije dogodkov in iz vidnih radiacijskih poškodb.

Zdravniki so po pregledu bolnikov predhodno ocenili, da je bilo 110 ljudi morda znatneje izpostavljenih sevanju. Kasnejše citogenetske analize so pokazale, da je 21 ljudi prejel dozo nad 1 Gy, 8 pa nad 4 Gy. Najvišja ocenjena doza je znašala 7 Gy. Za primerjavo povejmo, da so ob černobilski nesreči doze pri najbolj obsevanih udeležencih začetnih akcij znašale med 4 in 16 Gy (4).

Dekontaminacija in radioaktivni odpadki

Dekontaminacija in zbiranje radioaktivnih odpadkov sta nedvomno predstavljali najboljše del sanacije, o čemer pričča že podatek, da je sodelovalo 550 ljudi. Številne objekte in predmete je bilo mogoče dekontaminirati, pri čemer so uporabljali najrazličnejše metode: sesalnike z visokoučinkovitimi filtri, odstranjevanje

barve s površine, spiranje z vodo, spiranje keramičnih površin s kislino z dodatkom berlinskega modrila, odstranjevanje zgornje plasti zemlje. Precej dela so morali opraviti v močnem tropskem deževju, kar je predvsem otežilo odstranjevanje blatne zemlje.

Trdne odpadke so klasificirali po obstoječih brazilskih predpisih, po katerih se kot neaktivni smatrajo odpadki z manj kot 74 kBq/kg. Tekoče odpadke so s cementiranjem spravili v trdno obliko. Po najboljših ocenah so na koncu zbrali aktivnost 44 TBq, kar predstavlja 86 % celotne aktivnosti vira. Skupna prostornina je znašala okoli 3500 m³, kar je npr. 2-krat več, kot se jih je dosedaj nabralo v jedrski elektrarni Krško. Večino odpadkov so shranili v jeklene sode in škatle. Brazilija še nima trajnega odlagališča nizko- in srednjeaktivnih odpadkov, zato so morali poiskati začasno rešitev. Kot običajno to ni predstavljalo strokovnih težav, ampak politične. Po mnogih zapletih so našli lokacijo v redko naseljenem predelu 20 km od Goiânii. Odlagališče je na prostem. Posode so naložili na zato pripravljeno betonirano podlago. Odlagališče in okolico redno radiološko nadzirajo.

Radiološki zaščita

V sanaciji je sodelovalo skupno 755 ljudi. Precej dela je potekalo na mestih z visokimi hitrostmi doz, obstajala pa je tudi velika nevarnost zunanje in notranje kontaminacije, zato so morali zaščitne ukrepe skrbno načrtovati in izvajati. Zunanje doze so merili s filmskimi dozimetri, sproti nabiranje doze pa z dozimetri z neposrednim odčitavanjem (dozimetri »penkala«). Vse končne doze posameznikov so bile manjše od 16 mSv. V ponazoritev naj povem, da po naših predpisih letna doza delavca, ki profesionalno dela z viri ionizirajočega sevanja, ne sme preseči 50 mSv. Osebo kontaminacijo so preprečevali z nošenjem zaščitnih oblek, obuv in rokavic, pri nekaterih opravilih pa so uporabljali tudi zaščitne maske. Zaščita je bila zelo učinkovita, saj je bila najvišja vsebnost Cs-137 v telesu 2 kBq, kar predstavlja dozo okrog 10 mSv.

Zaključki

Radiološka nesreča v Goiânii spada po obsegu radioaktivne kontaminacije okoli ter širini in zapletenosti sanacijskih ukrepov med največje nesreče, ki izvirajo iz nejedrskega objekta. Kljub temu zanjo velja nekaj ugotovitev, ki so bile značilne tudi za prejšnje nesreče.

- Močan radioaktivni zaprti izvir ni bil pod ustreznim nadzorom upravnih organov, kar je nedvomno povečalo verjetnost za njegovo odtujitev.
- Od izgube kontrole nad izotopom do začetka nesreče je preteklo znatno obdobje — v tem primeru skoraj dve leti.
- Od odtujitve izotopa do odkritja problema je preteklo precej časa — približno 14 dni. V tem času se je konta-

minacija znatno razširila, precejšnje število ljudi je bilo izpostavljeno sevanju.

- Ljudje, ki so našli napravo z radioaktivnim virom, se niso niti najmanj zavedali, s kako nevarnim predmetom so v stiku.
- Zdravniki, h katerim so se zatekli bolniki s sicer tipičnimi znaki akutne radiacijske bolezni, so potrebovali cela dva tedna, preden so posumili na ionizirajoče sevanje.
- Kot v preteklosti so tudi sedaj po odkritju nesreče stekle hitre, učinkovite in strokovne akcije, v katerih so kontaminacijo identificirali, omejili in odstranili.
- Tudi v tem primeru se je pokazalo, da je javnost popolnoma neseznana na ionizirajočim sevanjem, njegovimi učinki in nevarnostmi.

Kljub tem podobnostim pa se obravnavana nesreča v marsičem razlikuje od prejšnjih radioloških nesreč.

- Hermetično zaprta ampula z radioaktivnim izotopom je bila ob dogodkih poškodovana in radioaktivna snov je kontaminirala okolje.
- To je bila prva nejedrska nesreča, kjer je prišlo poleg zunanje izpostavitve tudi do znatne notranje kontaminacije ljudi.
- Prvič v zgodovini radioloških nesreč so zaradi visoke stopnje interne kontaminacije uporabili preparat za pospešitev izločanja (berlinsko modrilo za cezij).

1. The Radiological Accident in Goiânia. STI/PUB/815, ISBN 92-0-129088-8, IAEA, Vienna 1988.
2. J. R. Croft, P. Zuniga-Bello, A. Keneko, 1989. The Radiological Accident in San Salvador. IAEA-SM-316/54. International Symposium on Recovery Operations in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency. Vienna, Austria, 6—10 November 1989
3. What the General Practitioner (MD) Should Know about Medical Handling of Overexposed Individuals. IAEA-TECDOC-386, IAEA, Vienna, 1986.
4. Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident. STI/PUB/740, ISBN 92-0-123186-5, IAEA, Vienna, 1986.

Bogdan Pucelj Radiological Accident at Goiânia in Brazil

Detailed information on the 1978 radiological accident at Goiânia in Brazil is presented. The breach of a highly active sealed source resulted in significant local environmental contamination and the serious exposure of several individuals. The level of environmental contamination and the extent and complexity of remedial action were unprecedented in accidents involving nonnuclear facilities.

DELOVANJE EKOLOŠKEGA LABORATORIJA Z MOBILNO ENOTO OB NESREČAH Z NEVARNIMI SNOVMI

Hermina Leskovšek*, Rafael Martinčič**, Janez Stupica***

UDK 504.054

V prispevku je predstavljena republiška specializirana enota za RKB zaščito Ekološki laboratorij z mobilno enoto, razloženi so osnovni postopki ob nesrečah z nevarnimi snovmi ter vodenje zaščitnih akcij. Na koncu podamo pregled nesreč z nevarnimi snovmi v Sloveniji v zadnjih šestih letih ter opozorimo na nekaj odprtih vprašanj, ki bodo morala dobiti svoj odgovor v novem konceptu RKB zaščite.

S proizvodnjo, predelavo, prevozom in rabo nevarnih snovi, ki so sicer koristne tako v gospodarstvu, zdravstvu, raziskavah kakor tudi v vsakdanjem življenju, si je sodobna družba naprtla breme potencialno škodljivih snovi, ki lahko ob preveliki uporabi ali zaradi nesreč ogrozijo človeka in okolje. S sistemom zakonske in druge pravne regulative, z ukrepi zlasti na področju prostorskega in urbanističnega načrtovanja, graditve objektov ter izvajanjem varstva med rednim obratovanjem naprav, objektov oziroma pri rednem delu z nevarnimi snovmi, gradimo sistem preventive. Za primer naravnih nesreč, nesreč na velikih objektih, kot so velike kemijske tovarne ali jedrska elektrarna ter za primer morebitne uporabe jedrskega, kemijskega ali biološkega orožja pa načrtujemo in gradimo celovit sistem zaščite in reševanja, da bi lahko tudi ob takih primerih zmanjšali posledice na raven, ki jo z razpoložljivimi sredstvi in znanjem lahko dosežemo. Oba dela skupaj sestavljata integralni sistem zaščite in reševanja.

Del tega sistema predstavljajo tudi republiške specializirane enote za zaščito in reševanje. Ena od enot je tudi enota za RKB zaščito. V njeni sestavi deluje Ekološki laboratorij z mobilno enoto.

Predstavitev ekološkega laboratorija z mobilno enoto

Vse izkušnje jasno kažejo, da so ukrepi v primerih nesreč bolj uspešni, če so bili

vneprej načrtovani, organi, enote in drugi nosilci ukrepov zaščite in reševanja pa čimbolj usposobljeni. Zato je bil v letih 1980—1982 na Institutu »Jožef Stefan« ustanovljen Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME), ki ima od oktobra 1987 status republiške specializirane enote. Po zasnovi in opremljenosti je namenjen:

- hitremu odkrivanju nevarnih snovi (radioaktivne, kemijske in biološke),
- strokovnemu svetovanju pri odpravljanju posledic nezgodnega onesnaženja okolja ter
- izobraževanju in dvigu ekološke zavesti.

Funkcionalno je sestavljen iz mobilne enote (intervencijskih ekip), ki lahko posreduje v vsakem trenutku in iz stacionarnih laboratorijev, ki s svojim visokim strokovnim znanjem ter najboljšo opremo, ki jo premore Republika Slovenija omogočajo temeljito analizo »dogodka«. Takšna celovita analiza je za uspešno rešitev problema, za ugotavljanje dejanske škode, posledic in odgovornosti vsekakor potrebna, možna pa le z interdisciplinarnim pristopom. Zato je v organizacijsko shemo Ekološkega laboratorija povezanih 8 laboratorijev z Instituta »Jožef Stefan« ter 11 iz drugih institucij, torej pretežna večina tistih, ki se v Republiki Sloveniji ukvarjajo z ugotavljanjem kvalitete okolja in z njegovim varovanjem. Sedež ELME je na Institutu »Jožef Stefan«.

Mobilna enota je sestavljena iz 6 ekip za kemijsko ali biološko onesnaženje ter treh ekip za radiološko onesnaženje. V 24-urni pripravljenosti je dežurni vodja ELME ter ena od kemijskih ekip. Organizacijska shema je prikazana na sliki 1 a, shema aktiviranja in delovanja pa na sliki 1 b.

V nadaljevanju si oglejmo značilnosti delovanja ob vseh treh možnih vrstah onesnaženja.

* Inštitut »Jožef Stefan«, Univerza v Ljubljani.

** Inštitut »Jožef Stefan«, Univerza v Ljubljani.

*** Republiška uprava za zaščito in reševanje, Ministrstvo za obrambo.