

ISKANJE VIRA RADIOAKTIVNEGA SEVANJA V METALNI MARIBOR

Bogdan Pucelj *, Rafael Martinčič **

UDK 614.87:621.039

Na dvorišču tovarne so našli radioaktivni cezij (^{137}Cs). Zvečano sevanje je odkril republiški zdravstveni inšpektor ob nadzornem pregledu virov sevanja. Intervencijska ekipa Ekološkega laboratorija z mobilno enoto je opravila podrobne meritve in v skrbno načrtovani akciji cezij odstranila in ga shranila v prehodnem republiškem skladišču nizko in srednje aktivnih radioaktivnih odpadkov v Rektorskem centru v Podgorici pri Ljubljani. Preiskava je pokazala, da ni verjetno, da bi bil kdorkoli v tem času čezmerno izpostavljen sevanju.

Pri veliki uporabi virov ionizirajočega sevanja na različnih področjih se občasno zgodi, da zaradi pomanjkljivega nadzora vir "zaide" v okolje. Po svetu je bilo že več takih primerov, nekajkrat so zahtevali celo smrtne žrtve med prebivalci, ki so bili izpostavljeni velikemu sevanju (1). Zadnji primer v Sloveniji je izgubljen cezij, ki se je iz nepojasnjenih razlogov znašel na tovarniškem dvorišču. Odkril ga je šele republiški zdravstveni inšpektor ob rednem nadzornem obisku. Izvor je po skrbno načrtovani akciji odstranila radiološka intervencijska ekipa Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME). Vsi dostopni podatki kažejo, da je dogodka spremljalo precej sreče, saj ni dokazov, da bi bil kdorkoli izpostavljen prekomernemu sevanju v času, ko izvor ni bil pod nadzorom.

Kronologija dogodkov

Potek dogodkov navajamo podrobneje, saj so ugotovitve v posamezni fazi odločilno vplivale na nadaljnje poteze. Podatki so povzeti iz originalnega poročila (2).

15. marec 1995

Republiški zdravstveni inšpektor je opravljal redni letni inšpekcijski pregled virov ionizirajočega sevanja v Metalni v Mariboru, ki pri nadzoru brezhibnosti zvarov uporablja radiografijo (gl. okvir 1). Ob tem je na prostem znotraj ograje Metalne v bližini podzemnega bunkerja za hranjenje radioaktivnih virov izmeril visoko sevanje (več kot 500 mikro Sv/h).

Z ugotovitvami je seznanil operativnega vodjo ELME in zahteval, da radiološka intervencijska ekipa v skladu s svojo vlogo opravi ustrezne terenske meritve (gl. okvir 2).

Ekipa ELME je v Metalno prispela ob 19. uri. S prenosnimi merilniki sevanja je

potrdila prvotne ugotovitve. Sevanje je bilo zvečano na omejenem območju približno 100 m² znotraj ograje Metalne. Vrednosti so bile največje v globeli približno dva metra pod ravni dvorišča in nekaj deset metrov od javne ceste ob ograji in okrog 50 m od najbližjega tovarniškega poslopja. Znašale so do 20 mSv/h na zemeljski površini in okrog 1 mSv/h na višini en meter nad zemljo (gl. okvir 3). Mesto je bilo približno deset metrov oddaljeno od podzemnega bunkerja, kjer Metalna hrani radiografske vire. Spektrometrija gama in-situ je pokazala, da gre za sevanje izotopa ^{137}Cs (slika 1). Odvzet je bil vzorec zemlje, naknadna laboratorijska analiza pa ni pokazala radioaktivne kontaminiranosti.

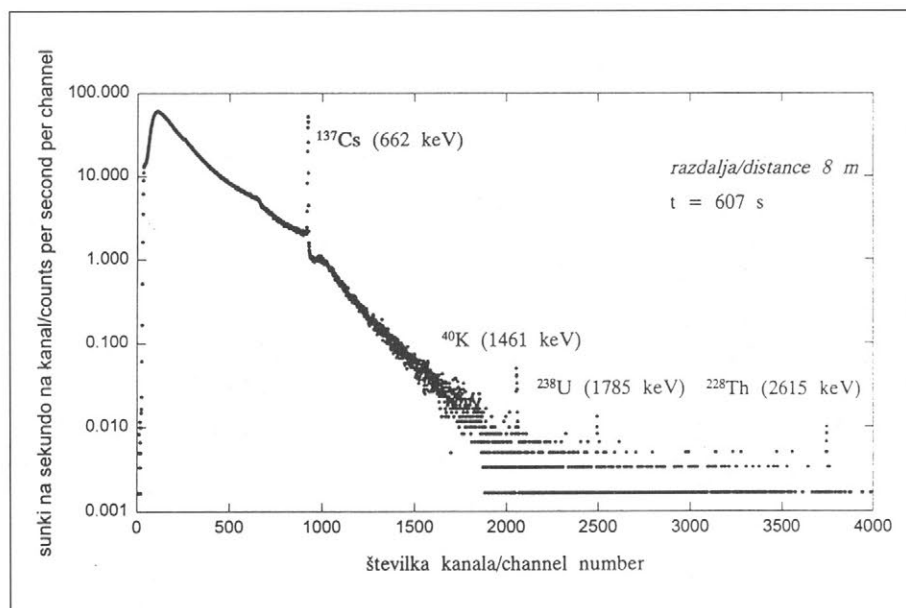
Strokovnjaki so sklepali, da seva izgubljen vir, ki je blizu bunkerja. Meritve so pokazale, da je vir srednje radioaktiven (nekaj 10 GBq).

Povzetek prvega ogleda in meritev

- Najverjetneje je v zemlji blizu bunkerja radioaktivni ^{137}Cs (verjetno zaprt, njegova aktivnost je velikostnega reda nekaj 10 GBq).
- Velike vrednosti hitrosti doze so bile izmerjene le na dokaj omejenem območju (okrog 100 m²).
- Na prebivalstvu dostopnih mestih (cesta ob ograji) sevanje ni zvečano.
- O poreklu izvora ni podatkov, morda je bil prinešen od drugod z nasipanimi materiali.

Na podlagi ogleda in meritev je po posvetu z ELME republiški zdravstveni inšpektor sklenil:

- Razmere niso take, da bi bilo treba takoj in improvizirano odstraniti izvor.
- Na prebivalstvu dostopnih mestih (cesta ob ograji približno 30 m od izvora) ni zaznati povišanega sevanja.
- Ker je izvor srednje radioaktiven, ga je treba odstraniti čimprej, vendar je treba



Slika 1. Spekter žarkov gama na območju zvečanega sevanja: dominira vrh z energijo 662 keV cezija ^{137}Cs , opazni so tudi vrhovi naravnih sevalcev gama kalija ^{40}K , urana ^{238}U in torija ^{232}Th .
Figure 1. Gamma spectrum in the area of increased radiation; a ^{137}Cs peak with energy 660 keV dominates; the peaks of natural gamma emitters, potassium ^{40}K , uranium ^{238}U and thorium ^{232}Th are also visible

* mag., Institut Jožef Stefan, Jamova 39, Ljubljana

** dr., Institut Jožef Stefan, Jamova 39, Ljubljana

zaradi varnosti udeležencev akcijo skrbno načrtovati, saj čas ni odločilni dejavnik.

- Nadaljnja sanacija naj bi potekala v treh fazah: dodatne meritve za natančnejšo določitev aktivnosti in lege izvora, načrtovanje njegove odstranitve in izvedba odstranitve.

16.marec 1995

Republiški zdravstveni inšpektor je iz evidence o radioaktivnih izotopih v Sloveniji ugotovil, da so v Metalni leta 1957 nabavili radiografski izvor ^{137}Cs . Zadnji podatki o viru so bili v poročilu z rednega letnega pregleda virov sevanj, ki ga je opravil Zavod SRS za varstvo pri delu 17. 9. 1975. Izotop ^{137}Cs je imel ob nabavi aktivnost 111 GBq. Vgrajen je bil v defektoskopu. Do leta 1975, ko so ga prenehali uporabljati, se je njegova aktivnost zmanjšala na 68,5 % začetne (76 GBq), leta 1995, ko so ga našli, pa je znašala še 50 GBq.

17. marec 1995

Da bi lažje načrtovali varno odstranitev izotopa, si je ekipa ELME ponovno ogledala okolico bunkerja v Metalni. Fotografirali so območje in dodatno izmerili sevanje v bližini vira in okolici. Določili in označili so točko z največjim sevanjem, pod katero naj bi bil izotop. Rezultati meritev so v preglednici.

Na omejenem območju v bližini "vroče" točke so bile hitrosti doze velike - en meter nad točko bi bila v 13 urah dosežena letna omejitev doze za delavca, ki poklicno dela z viri sevanja (gl. okvir 4). Zaradi konfiguracije terena (zakopani izvor je bil v globeli globine dveh metrov) se je na razdalji okrog 10 do 15 m sevanje zmanjšalo na naravno vrednost. Na robu globeli so bile vrednosti pet do 25-krat večje od naravnega ozadja. Na mestu, ki je dostopno javnosti (cesta ob ograji Metalne, približno 30 m od "vroče" točke), vpliva radioaktivnega izvora ni bilo zaznati. Iz meritev je bilo ocenjeno, da je izotop približno 15 do 20 cm globoko in da znaša njegova aktivnost okoli 30 GBq, kar približno ustreza aktivnosti starega izvora Metalne (50 GBq let 1995).

18. marec do 22. marec 1995

Pri ELME so načrtovali odstranitev radioaktivne snovi, določili so ekipo in "intervencijske" nivoje doze, podrobno načrtovali delovni postopek in izbrali opremo.

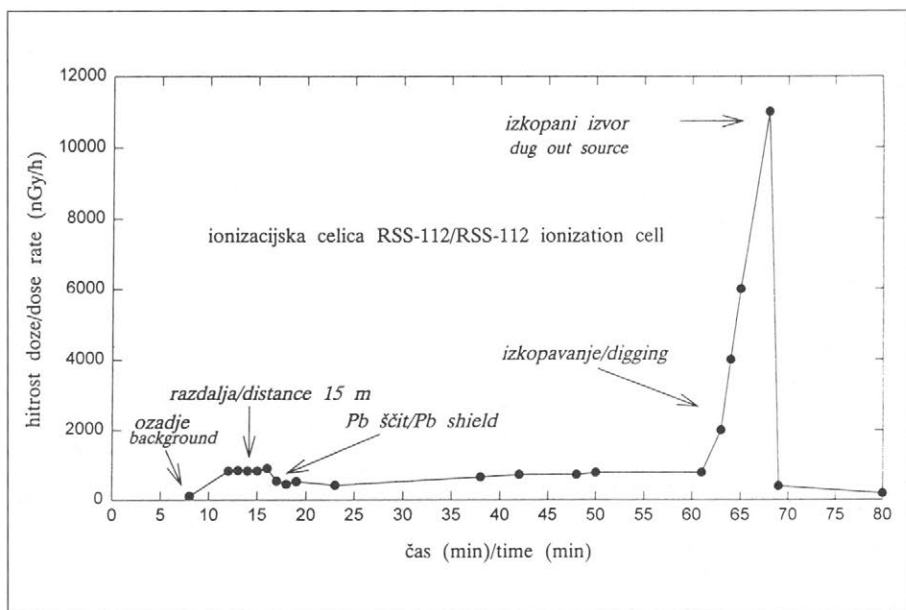
23. marec 1995

Ekipa ELME, v kateri so bili vodja, trije člani za odkopavanje in sprotne meritve, član za beleženje poteka del in strokovnjak za spektrometrijo gama in-situ, je uspešno odkopala vir in ga prenesla v zaščitni svinčeni kontejner. Ta je bil istega dne prepeljan v prehodno republiško skladišče nizko in srednje radioaktivnih

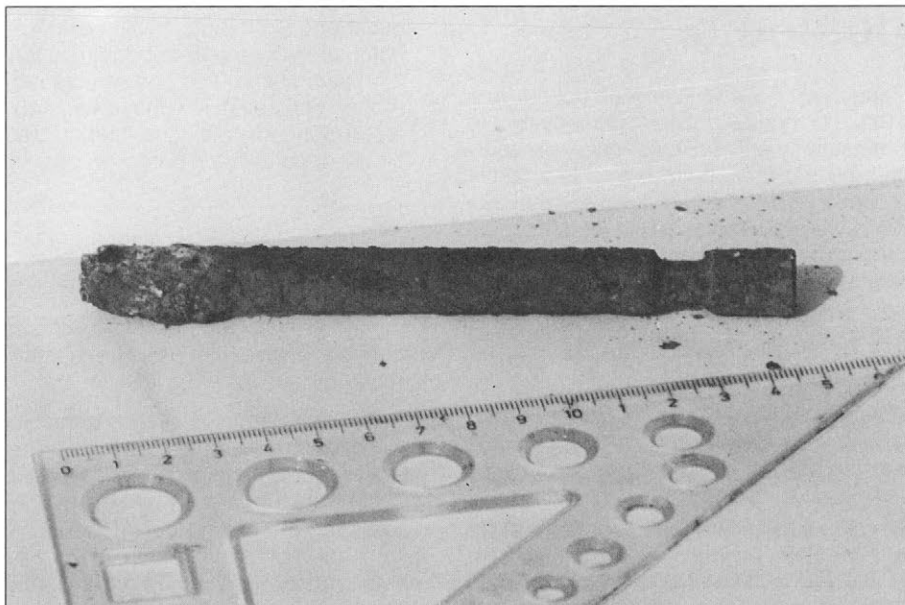
Preglednica. Hitrosti doze zunanjega sevanja v okolici bunkerja v Metalni (17. 3. 1995)

Table. External radiation dose-rate levels in the vicinity of the Metalna bunker (Mar. 17, 1995)

lokacija / site	hitrost doze/dose rate levels
"vroča" točka / "hot" spot	
na površini zemlje / on the ground surface	40 mSv/h
1 m nad zemljo / 1 m above ground	1,5 mSv/h
rob nasutja nad globeljo z bunkerjem in "vročo" točko, edge of filled area above ravine with bunker and "hot" spot	0,5–2,5 Sv/h
pred stopnicami v bunker, in front of the stairs leading to the bunker	1,5 Sv/h
ob ograji Metalne (javna cesta), along the fence at Metalna (public road)	0,1 Sv/h



Slika 2. Časovni potek hitrosti doze, merjen z ionizacijsko celico na robu globeli med odstranjevanjem izvora; izrazito je zvečanje ob izkopu izvora
Figure 2. Time variation of dose-rate level measured with an ionization cell on the edge of a ravine during the removal of the source; a considerable increase upon digging out the source is pronounced



Slika 3. Ampula z radioaktivno snovjo, ki je v levem delu slike, je precej korodirana
Figure 3. An ampoule with a radioactive source in the left part of the picture is considerably corroded

258 odpadkov v Rektorskem centru v Podgorici pri Ljubljani.

Meritve s prenosnimi merilniki, spektrometrija gama in-situ in analiza vzorca zemlje so potrdile, da zemljišče ni kontaminirano. Nizke koncentracije izotopov ^{137}Cs in ^{134}Cs v zemlji so posledica črnobilske nesreče.

Zaradi skrbno načrtovane in ustrezno izvedene akcije je bila izpostavljenost sevanju zelo majhna. Akcija je potekala dobro uro, vendar je bilo največ časa porabljenega za priprave in podrobnejše meritve. Čez je bil izkopan in shranjen v petih minutah. To je razvidno iz časovnega poteka hitrosti doze, merjenega z ionizacijsko celico na robu globeli (slika 2). Načrtovano je bilo, da doza za najbolj izpostavljenega udeleženca ne bi presegla 2 mSv (po možnosti manj kot 1 mSv), vendar je bila največja vrednost samo 46 mikro Sv. Kolektivna doza (vključno z dozami ob predhodnih meritvah) je znašala 0,27 človek.mSv, kar ustreza približno štirim mesecem izpostavitve posameznika naravnemu sevanju.

4. april 1995

Izvor smo fotografirali (slika 3) in natančneje izmerili njegovo aktivnost. Iz fotografije je razvidno, da je skupna dolžina izvora z nosilcem okrog 14 cm, njegov premer pa je bil en centimeter. Ampula z izvorom je na levi strani slike in je dolga približno dva centimetra. Očitno je precej korodirana, kar je potrdil tudi podrobnejši ogled v vroči celici pri reaktorju TRIGA.

Ocena radioloških posledic

Zaprti izvor ^{137}Cs , ki je imel ob odkritju leta 1995 aktivnost 28 GBq, sodi med srednje radioaktivne snovi. Hitrost doze v razdalji 1 m od nezaščitenega izvora je znašala 2,5 mSv na uro. Ob zadrževanju na tej razdalji bi bila dosežena mejna letna doza za prebivalca (1 mSv/leto) v slabih 30 minutah, skrajna letna omejitev (5 mSv/leto) pa v dveh urah. Za delavca, ki profesionalno dela z viri sevanja, bi bila letna omejitev (20 mSv/leto) pri istih pogojih dosežena v osmih urah, skrajna omejitev (50 mSv/leto) pa v 20 urah. Vendar bi bila izpostavitve v vseh teh primerih manjša od doz, pri katerih pričakujemo deterministične posledice (gl. okvir 5).

Mnogo nevarnejši bi bil neposredni stik z ampulo (npr. ob nošenju v žepu). V tem primeru bi bile že po eni uri doze na bližnjih tkivih in organih bistveno večje od 10 Sv, kar bi povzročilo resne akutne zdravstvene posledice (predvsem kožne poškodbe, pa tudi spremembe krvne slike).

Radiografija je neporushna metoda za ugotavljanje napak pri zvarih in je podobna rentgenski preiskavi v medicini. Z žarki gama presvetlimo zvar in na filmu iz razlik v počrntvah ugotavljamo morebitne napake. Kot vir sevanja največkrat uporabljajo zaprte sevalce gama. Danes je to najpogostejše radioaktivni iridij ^{192}Ir , včasih so pogosto uporabljali ^{137}Cs in še nekatere druge.

1

ELME je intervencijska enota Republiškega štaba Civilne zaščite, ki z vrhunsko usposobljenimi ekipami in mobilnim laboratorijem opravlja terenske radiološke meritve in ocene razmer ob radioloških izrednih dogodkih. Ob pomoči Zduženih narodov je bila ustanovljena leta 1981. Enota je stacionirana na Institutu Jožef Stefan. Ekipe so dosegljive prek CORS (tel. 123-323) ali neposredno na IJS (tel. 177-3900).

2

Dozimetrija

Biološke posledice so najbolj odvisne od absorbirane doze, to je od energije, ki jo je sevanje pustilo v enoti mase. Enota je gray (1 Gy = 1 J/kg). Posledice so dodatno odvisne še od vrste sevanja in od organa ali tkiva, ki so različno občutljivi. To upoštevamo z efektivno dozo, ki jo merimo v sievertih (Sv).

3

Mednarodna priporočila omejujejo dozo za prebivalca na 1 mSv (milisievert) na leto, za delavca, ki poklicno dela z viri sevanja, pa na 20 mSv na leto. Izjemoma lahko za prebivalca letna doza znaša 5 mSv, za profesionalca pa 50 mSv, vendar mora biti v povprečju izpolnjena osnovna omejitev. Običajno naravno ozadje zunanega sevanja zaradi naravnih radioaktivnih izotopov v okolju (^{40}K , ^{232}Th s potomci, ^{238}U s potomci) in kozmičnega sevanja znaša okrog 0,8 mSv na leto. Naravno sevanje ni všteto v dozne omejitve.

4

Zdravstvene posledice zaradi izpostavljenosti sevanju

Ionizirajoče sevanje okvarja celice organov in tkiv. Pri visokih dozah (>1 Sv) je okvarjena večina celic organa; posledice so lahko celo smrtne. To so deterministične, napovedljive posledice. Pri nizkih dozah je okvarjeno le majhno število celic. V takem primeru se lahko celica po določenem latentnem obdobju, ki traja od nekaj let do desetletij, spremeni v rakasto obliko. Teh posledic ne moremo z gotovostjo napovedati, ampak je možno ocenjevati le njihovo verjetnost. Zato te posledice imenujemo stohastične ali naključne. Mednje sodijo tudi morebitne dedne posledice, ki se lahko pojavijo pri potomcih obsevanega.

5

Čeprav ni bilo možno ugotoviti, na kakšen način in kdaj je izvor prišel iz kontejnerja in bunkerja, se vseeno zdi, da je bilo malo možnosti za navedeno ali podobno hipotetično izpostavljenost. To namreč potrjujejo naslednje ugotovitve:

- Radioaktivna snov je bila na območju, ki je bilo varno odmaknjeno od prebivalcev. Po podatkih delavci Metalne niso obiskovali ožjega območja, kjer je bilo sevanje bistveno večje. Izjema je bilo nekaj radiografskih delavcev, ki so občasno zahajali v bunker, vendar na poti niso mogli prejeti pomembne doze. Bližnjo okolico (več kot 10 m) je pred sevanjem dodatno ščitila posebna lega izvora, saj je bil v globeli.

- Pri pregledu osebne dozimetrije radiografskih delavcev Metalne niso ugotovili čezmernih doz, na podlagi katerih bi lahko sklepali, da so se dlje časa zadrževali v bližini izvora.
- Tudi po pogovoru z delavci, ki so po letu 1975 opravljali radiografijo, ni bilo utemeljenih dokazov za domneve o morebitni večji izpostavljenosti sevanju.

Sklep

Zaradi pomanjkljivega nadzora je zaprti radiografski vir srednje aktivnosti zašel v okolje.

Izvor je odstranila radiološka intervencijska ekipa Ekološkega laboratorija z mobilno enoto in ga shranila v prehodnem republiškem skladišču nizko in srednje radioaktivnih odpadkov v Reaktorskem centru v Podgorici.

Člani ekipe so bili zelo malo izpostavljeni sevanju zaradi skrbno načrtovane in izvedene akcije.

Vsi podatki kažejo, da v času, ko radioaktivna snov ni bila nadzorovana, nihče ni bil čezmerno izpostavljen sevanju.

Primer potrjuje nujnost, da imamo vrhunsko usposobljeno ekipo in opremo za primer izrednih radioloških dogodkov.

Med okoliškim prebivalstvom je dogodek sprožil precej nelagodja, čeprav so jih sredstva javnega obveščanja z dogajanjem sproti seznanjala.

1. United Nations. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations sales publication E.94.IX.2. United Nations, New York, 1993.

2. Poročilo o delovanju ELME po odkritju izotopa ^{137}Cs v Metalni, Ljubljana, 21.4.1995, interno poročilo.

**Bogdan Pucelj,
Rafael Martinčič**

A Found Radiographic Source

High dose-rate levels were detected outdoors in the vicinity of a bunker used to store radiographic sources in a plant which manufactures metallic products. The investigation revealed that the radiation was due to a buried sealed radiographic source, containing 28 GBq of ^{137}Cs . A special civil protection republican radiological emergency team removed the source in a carefully planned operation. The site was inspected by in-situ gamma spectrometry, and no traces of contamination were found. The source was taken to the temporary republican storage facility for low and intermediate radwaste at the Reactor Centre Podgorica near Ljubljana. There is no evidence of overexposure of the population or of radiographic or other workers of the plant. The highest individual dose received by a member of the recovery team was 46 micro Sv.



Slika 4. Podzemni bunker za skladiščenje radiografskih virov
Figure 4. Underground bunker for storage of radiographic sources



Slika 5. Označitev mesta, kjer leži izgubljeni radiografski vir
Figure 5. Marking the location of the source

Like any true or suspected radiological emergency, the event provoked overreactions, fear and anxiety among public and, in some cases, exaggeration or misinterpretation of data in the mass media. Immediately after the discovery of the emergency, the public was informed of

the initial findings and conclusions. The initial uneasiness gradually settled down, though the event triggered the suspicions of similar cases in other parts of the country.