



**EUROPSKA KOMISIJA**  
GLAVNA UPRAVA ZA ENERGETIKU

UPRAVA D – Nuklearna energija, sigurnost i ITER D.3  
– **Zaštita od zračenja i nuklearna sigurnost**

---

**Provjera u skladu s člankom 35. Ugovora o Euratomu**

**Tehničko izvješće**

---

**HRVATSKA**  
**Zagreb**

**Mehanizmi za redovito praćenje radioaktivnosti i praćenje u  
slučajevima opasnosti**

**Praćenje radioaktivnosti u vodi za piće i hrani**

**1. - 3. listopada 2019.**

**Referentni dokumenti: HR 19-05**

**PROVJERE U SKLADU S ČLANKOM 35.  
UGOVORA O EURATOMU**

SREDSTVA I OPREMA	Mehanizmi za redovito praćenje radioaktivnosti i praćenje u slučajevima opasnosti Praćenje radioaktivnosti u vodi za piće i hrani
LOKACIJE	Zagreb, Hrvatska
DATUMI	1. - 3. listopada 2019.
REFERENTNI DOKUMENTI	HR 19-05
ČLANOVI TIMA	G. V. Tanner (voditelj tima) Gđa M. Mihaila
DATUM IZVJEŠĆA	27. prosinca 2019.
POTPISI	

V. Tanner

M. Mihaila

---

**SADRŽAJ**


---

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>5 2</b>
	<b>PRIPREMA I PROVEDBA PROVJERE</b>	<b>5</b>
2.1	<b>PREAMBULA</b>	<b>5</b>
2.2	<b>DOKUMENTI</b>	<b>5</b>
2.3	<b>PROGRAM POSJETA</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>PRAVNI OKVIR ZA PRAĆENJE RADIOAKTIVNOSTI</b>	<b>7</b>
3.1	<b>ZAKONODAVNI AKTI KOJIMA SE UREĐUJE PRAĆENJE RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU</b>	<b>7</b>
3.2	<b>ZAKONODAVNI AKTI KOJIMA SE UREĐUJE RADIOLOŠKI NADZOR HRANE</b>	<b>7</b>
3.3	<b>MEĐUNARODNO ZAKONODAVSTVO I SMJERNICE</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>TIJELA NADLEŽNA ZA PRAĆENJE RADIOAKTIVNOSTI</b>	<b>9</b>
4.1	<b>RAVNATELJSTVO CIVILNE ZAŠTITE U MINISTARSTVU UNUTARNJIH POSLOVA</b>	<b>9</b>
4.2	<b>MINISTARSTVO ZDRAVSTVA I MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE</b>	<b>9</b>
4.3	<b>INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ</b>	<b>9</b>
4.4	<b>INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA I MEDICINU RADA</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>PRAĆENJE RADIOAKTIVNOSTI U HRVATSKOJ</b>	<b>11</b>
5.1	<b>AUTOMATIZIRANA MREŽA ZA PRAĆENJE BRZINE DOZE</b>	<b>11</b>
5.1.1	Općenito	11
5.1.2	Mreža BITT postaja	12
5.1.3	Mreža postaja ENVINET	14
5.2	<b>PRAĆENJE RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU</b>	<b>15</b>
5.2.1	Uvod	15
5.2.2	Vanjska gama doza i brzina doze	16
5.2.3	Zrak	16
5.2.4	Suho/mokro taloženje	17
5.2.5	Voda	18
5.2.6	Tlo	20
5.2.7	Kopnena i vodena biota i flora	21
5.3	<b>PRAĆENJE RADIOAKTIVNOSTI U PREHRAMBENIM PROIZVODIMA I HRANI ZA ŽIVOTINJE</b>	<b>22</b>
5.3.1	Mlijeko	22
5.3.2	Miješana prehrana	22
5.3.3	Prehrambeni proizvodi	22
5.3.4	Stočna hrana	22
5.4	<b>PRAĆENJE U IZVANREDNIM SITUACIJAMA</b>	<b>23 6</b>
	<b>PROVJERE</b>	<b>24</b>
6.1	<b>Uvod</b>	<b>24</b>
6.2	<b>INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ</b>	<b>24</b>
6.2.1	Općenito	24
6.2.2	Laboratorij za radioekologiju	24
6.2.3	Mobilna oprema za nadzor zračenja	25
6.2.4	Objekti za terensko praćenje	25
6.3	<b>MINISTARSTVO UNUTARNJIH POSLOVA, RAVNATELJSTVO CIVILNE ZAŠTITE</b>	<b>25</b>
6.3.1	Automatizirana mreža za praćenje brzine doze	25
6.3.2	Oprema za praćenje pripadnika hitnih službi	25
6.4	<b>INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA I MEDICINU RADA, JEDINICA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA</b>	<b>26</b>

6.4.1	Općenito	26
6.4.2	Laboratorij jedinice za zaštitu od zračenja	26
6.4.3	Mobilna oprema za nadzor zračenja	27
6.4.4	Objekti za terensko praćenje	28
7	ZAKLJUČCI	31

## Prilozi

Prilog 1. Program provjere

## Kratice

KBRN	Kemijsko, biološko, radiološko, nuklearno
CEWS	Hrvatski sustav ranog upozoravanja
RCZ	Ravnateljstvo civilne zaštite
EURDEP	Europska platforma za razmjenu radioloških podataka
GM	Geiger-Müller
HPGe	Germanij visoke čistoće
IAEA	Međunarodna agencija za atomsku energiju
IMI	Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
LIMS	Sustav za upravljanje laboratorijskim informacijama
MP	Ministarstvo poljoprivrede
MZ	Ministarstvo zdravstva
SI	Državni inspektorat – Sanitarna inspekcija
MUP	Ministarstvo unutarnjih poslova
IRB	Institut Ruđer Bošković

---

## TEHNIČKO IZVJEŠĆE

---

### 1 UVOD

U članku 35. Ugovora o Euratomu navodi se da je svaka država članica dužna postaviti uređaje potrebne za obavljanje stalnog praćenja razina radioaktivnosti u zraku, vodi i tlu te za osiguranje poštovanja osnovnih standarda<sup>1</sup>. U članku 35. Europskoj komisiji daje se i pravo pristupa takvim uređajima kako bi se provjerilo njihovo djelovanje i učinkovitost. Za provedbu tih provjera zadužen je Odjel za zaštitu od zračenja i nuklearnu sigurnost Glavne uprave za energetiku Europske komisije. Glavna uprava Zajedničkog istraživačkog centra pruža tehničku potporu terenskoj provjeri i sastavljanju izvješća.

Glavna je svrha provjera na temelju članka 35. Ugovora o Euratomu neovisna procjena učinkovitosti i primjerenosti uređaja za praćenje:

- radioaktivnih tekućih i zračnih ispuštanja u okoliš
- razina radioaktivnosti u okolišu na perimetru lokacije te u morskom, kopnenom i vodenom okolišu oko lokacije, za sve relevantne kanale izlaganja
- razina radioaktivnosti u okolišu na državnom području države članice.

Uzimajući u obzir prethodne bilateralne protokole, Komunikacija Komisije<sup>2</sup> u kojoj se opisuju praktični aranžmani za posjete državama članicama u svrhu provjere u skladu s člankom 35. objavljena je u *Službenom listu Europske unije* 4. srpnja 2006.

### 2 PRIPREMA I PROVEDBA PROVJERE

#### 2.1 PREAMBULA

Komisija je obavijestila Hrvatsku o svojoj odluci da provede provjeru na temelju članka 35. u dopisu upućenom Stalnom predstavništvu Republike Hrvatske pri Europskoj uniji. Ravnateljstvo civilne zaštite u Ministarstvu unutarnjih poslova zaduženo je organizaciju posjete.

#### 2.2 DOKUMENTI

Nacionalna tijela unaprijed su dostavila preliminarne informacije kako bi pomogla timu za provjeru u njegovu radu<sup>3</sup>. Tijekom i nakon posjeta radi provjere dostavljena je dodatna dokumentacija. Dijelovi ovog izvješća koji sadržavaju opise temelje se na tim informacijama.

#### 2.3 PROGRAM POSJETA

Komisija i Ravnateljstvo civilne zaštite dogovorili su program aktivnosti provjere u skladu s Komunikacijom Komisije od 4. srpnja 2006.

Tijekom prvog sastanka predstavljen je hrvatski sustav za automatsko praćenje zračenja i drugi mehanizmi za praćenje radioaktivnosti u okolišu. Tim za provjeru ukazao je na kvalitetu i sveobuhvatnost svih prezentacija i dokumentacije.

Tim je obavio provjere u skladu s programom iz Priloga 1. i sastao se sa sljedećim predstavnicima nacionalnih tijela i drugih uključenih strana:

---

<sup>1</sup> Direktiva Vijeća 2013/59/Euratom od 5. prosinca 2013. o osnovnim sigurnosnim standardima za zaštitu od opasnosti koje potječu od izloženosti ionizirajućem zračenju, i o stavljanju izvan snage direktiva 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom (SL L 13, 17.1. 2014.)

<sup>2</sup> Komunikacija Komisije *Provjera uređaja za praćenje radioaktivnosti u okolišu prema uvjetima iz članka 35. Ugovora o Euratomu – Praktični aranžmani za obavljanje posjeta radi provjere u državama članicama* (SL C 155, 4.7.2006.)

<sup>3</sup> Odgovori na preliminarni informativni upitnik upućen nacionalnom nadležnom tijelu, zaprimljeni 3. rujna 2019.

**MINISTARSTVO UNUTARNJIH POSLOVA – RAVNATELJSTVO CIVILNE ZAŠTITE**

Gđa Zdravka Tečić                      Načelnica Sektora za radiološku i nuklearnu sigurnost  
Gđa Sanja Krča, dr.sc.                      Voditeljica Službe za nuklearnu sigurnost  
Gđa Sonja Šoštarčić                      Stručna suradnica u Odjelu za okoliš i radioaktivni otpad  
Gđa Stela Popović, dr. med.              Voditeljica Odjela za radiološki i nuklearni izvanredni  
događaj

**INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA I MEDICINU RADA - JEDINICA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA (IMI)**

G. Branko Petrincec                      Viši znanstveni suradnik  
G. Tomislav Bituh                      Znanstveni suradnik  
G. Zdenko Franić                      Znanstveni savjetnik

**INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ (IRB)**

Gđa Gorana Karanović                      Viši stručni suradnik  
Gđa Ivana Coha                      Viši stručni suradnik  
Gđa Ivana Tucaković                      Znanstveni suradnik  
G. Željko Grahek                      Viši znanstveni suradnik, voditelj laboratorija za radioekologiju

**MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE**

Gđa Darija Vratarić

**DRŽAVNI INSPEKTORAT – SANITARNA INSPEKCIJA**

Gđa Nada Laktić  
Gđa Kristina Vuljanić G.  
Josip Piskać

**MINISTARSTVO ZDRAVSTVA**

G. Mario Vukoja

### 3 PRAVNI OKVIR ZA PRAĆENJE RADIOAKTIVNOSTI

#### 3.1 ZAKONODAVNI AKTI KOJIMA SE UREĐUJE PRAĆENJE RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU

U Hrvatskoj je praćenje radioaktivnosti u okolišu uređeno sljedećim pravnim tekstovima:

- Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (NN, broj 141/13, 39/15, 130/17 i 118/18)
- Pravilnik o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu (NN 40/18)
- Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13, 64/15, 104/17, 115/18)
- Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/17)

#### 3.2 ZAKONODAVNI AKTI KOJIMA SE UREĐUJE RADIOLOŠKI NADZOR HRANE

U Hrvatskoj je praćenje radioaktivnosti u hrani uređeno sljedećim pravnim tekstovima:

- Zakon o hrani (81/13; 14/14, 115/18)
- Zakon o uvozu hrane i hrane za životinje iz trećih zemalja (NN 39/13, 114/18)
- Zakon o Državnom inspektoratu (NN 115/18)

#### 3.3 MEĐUNARODNO ZAKONODAVSTVO I SMJERNICE

Popis u nastavku obuhvaća zakonodavstvo Euratoma i Europske unije te glavne međunarodne norme i smjernice koje čine osnovu za praćenje radioaktivnosti u okolišu te radiološki nadzor hrane i hrane za životinje.

##### Zakonodavstvo Euratoma i Europske unije

- Ugovor o Euratomu
- Direktiva Vijeća 2013/59/Euratom od 5. prosinca 2013. o osnovnim sigurnosnim standardima za zaštitu od opasnosti koje potječu od izloženosti ionizirajućem zračenju, i o stavljanju izvan snage direktiva 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom
- Direktiva Vijeća 2013/51/Euratom od 22. listopada 2013. o utvrđivanju zahtjeva za zaštitu zdravlja stanovništva od radioaktivnih tvari u vodi namijenjenoj za ljudsku potrošnju
- Odluka Vijeća 87/600/Euratom od 14. prosinca 1987. o dogovorima Zajednice o ranoj razmjeni informacija u slučaju radiološke opasnosti
- Uredba (EZ) br. 178/2002 Europskog parlamenta i Vijeća od 28. siječnja 2002. o utvrđivanju općih načela i uvjeta zakona o hrani, osnivanju Europske agencije za sigurnost hrane te utvrđivanju postupaka u područjima sigurnosti hrane
- Uredba Vijeća (Euratom) 2016/52 od 15. siječnja 2016. o utvrđivanju najviših dopuštenih razina radioaktivnog onečišćenja hrane i hrane za životinje nakon nuklearne nesreće ili bilo kojeg drugog slučaja radiološke opasnosti i o stavljanju izvan snage Uredbe (Euratom) br. 3954/87 i uredaba Komisije (Euratom) br. 944/89 i (Euratom) br. 770/90
- Uredba Vijeća (EEZ) br. 2219/89 od 18. srpnja 1989. o posebnim uvjetima za izvoz hrane i hrane za životinje nakon nuklearne nesreće ili bilo koje druge radiološke opasnosti
- Uredba Vijeća (EZ) br. 733/2008 od 15. srpnja 2008. o uvjetima koji uređuju uvoz poljoprivrednih proizvoda podrijetlom iz trećih zemalja nakon nesreće u nuklearnoj elektrani u Černobilu
- Uredba Vijeća (EZ) br. 1048/2009 od 23. listopada 2009. o izmjeni Uredbe (EZ) br. 733/2008 o uvjetima koji uređuju uvoz poljoprivrednih proizvoda podrijetlom iz trećih zemalja nakon nesreće u nuklearnoj elektrani u Černobilu
- Uredba Komisije (EZ) br. 1609/2000 od 24. srpnja 2000. o utvrđivanju popisa proizvoda izuzetih iz primjene Uredbe Vijeća (EEZ) br. 737/90 o uvjetima za uvoz poljoprivrednih proizvoda podrijetlom iz trećih zemalja nakon nesreće u nuklearnoj elektrani u Černobilu

- Uredba Komisije (EZ) br. 1635/2006 od 6. studenoga 2006. o utvrđivanju detaljnih pravila za primjenu Uredbe Vijeća (EEZ) br. 737/90 o uvjetima za uvoz poljoprivrednih proizvoda podrijetlom iz trećih zemalja nakon nesreće u nuklearnoj elektrani u Černobilu
- Provedbena uredba Komisije (EU) 2016/6 od 5. siječnja 2016. o uvođenju posebnih uvjeta kojima se uređuje uvoz hrane za životinje i hrane podrijetlom ili poslana iz Japana nakon nesreće u nuklearnoj elektrani Fukushima i o stavljanju izvan snage Provedbene uredbe (EU) br. 322/2014
- Preporuka Komisije 2000/473/Euratom od 8. lipnja 2000. o primjeni članka 36. Ugovora o Euratomu o praćenju razina radioaktivnosti u okolišu u svrhu procjene izloženosti populacije u cjelini
- Preporuka Komisije 2004/2/Euratom od 18. prosinca 2003. o standardiziranim informacijama o radioaktivnim zračnim ili tekućim ispuštanjima u okoliš iz nuklearnih reaktora i pogona za ponovnu obradu pri njihovoj normalnoj funkciji
- Preporuka Komisije 2003/274/Euratom od 14. travnja 2003. o zaštiti i obavješćivanju javnosti u vezi s izlaganjem putem i dalje prisutne kontaminacije određenih prehrambenih proizvoda od samoniklih biljaka radioaktivnim cezijem kao posljedica nesreće u nuklearnoj elektrani u Černobilu

#### **Međunarodno zakonodavstvo i smjernice (uglavnom izdala Međunarodna agencija za atomsku energiju, IAEA)**

- *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards* (Zaštita od zračenja i sigurnost izvora zračenja: međunarodni osnovni sigurnosni standardi), IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Beč, 2014.
- *Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine, industry and research* (Odobranje materijala dobivenih uporabom radionuklida u medicini, industriji i istraživanju), IAEA-TECDOC-1000, IAEA, Beč, 1998.
- *Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment* (Generički modeli za primjenu u procjeni utjecaja ispuštanja radioaktivnih tvari na okoliš), Safety Reports Series No 19, IAEA, Beč, 2001.
- *Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in temperate environments* (Priručnik o vrijednostima parametara za predviđanje prijenosa radionuklida u umjerenim klimama), Technical Reports Series No 364, IAEA, Beč, 1994.
- *Management of radioactive waste from the use of radionuclides in medicine* (Upravljanje radioaktivnim otpadom od uporabe radionuklida u medicini), IAEA-TECDOC-1183, IAEA, Beč, 2000.
- *Regulatory control of radioactive discharges to the environment: Safety Guide* (Regulatorna kontrola radiaktivnih ispuštanja u okoliš: vodič za sigurnost), Safety Standards Series No. WS- G-2.3, IAEA, Beč, 2000.
- *Sources and effects of ionizing radiation* (Izvori i učinci ionizirajućeg zračenja), Znanstveni odbor Ujedinjenih naroda o učincima atomskog zračenja (UNSCEAR) 2000., Izvješće Općoj skupštini, Vol. I, Ujedinjeni narodi, New York, 2000.
- Svjetska zdravstvena organizacija (WHO), *Guidelines on the quality of drinking water* (*Guidelines for drinking-water quality* (Smjernice za kvalitetu vode za piće), 4. izdanje, 2011.)

## 4 TIJELA NADLEŽNA ZA PRAĆENJE RADIOAKTIVNOSTI

### 4.1 RAVNATELJSTVO CIVILNE ZAŠTITE U MINISTARSTVU UNUTARNJIH POSLOVA

U Hrvatskoj je za radiološki nadzor zaduženo Ravnateljstvo civilne zaštite u Ministarstvu unutarnjih poslova. Zaduženja Ravnateljstva utvrđena su u Zakonu o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (NN, broj 141/13, 39/15, 130/17 i 118/18) te su raspodijeljena među odjelima u skladu s Uredbom o unutarnjem ustrojstvu Ministarstva unutarnjih poslova (NN 24/19) i unutarnjim aktom.

Mjere za radiološku i nuklearnu sigurnost provode se redovitim aktivnostima sljedećih organizacijskih jedinica Ravnateljstva:

- **Sektor za radiološku i nuklearnu sigurnost** nadležan je za odobravanje djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja, nuklearnih djelatnosti i djelatnosti zbrinjavanja radioaktivnog otpada i iskorištenih izvora. Sektor izdaje dozvole za prijevoz i provoz izvora ionizirajućeg zračenja, provodi neovisne analize sigurnosti te izdaje odluke i suglasnosti za smještaj, projektiranje, gradnju, uporabu te razgradnju objekta u kojem se obavlja nuklearna djelatnost. Sudjeluje u postupku izdavanja lokacijskih i građevinskih dozvola te u postupku izdavanja radnih dozvola za objekte u kojima se nalaze izvori ionizirajućeg zračenja ili u kojima se obavljaju djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja. Sektor je nadležan i za davanje ovlaštenja stručnim tehničkim službama i stručnjacima za nuklearnu sigurnost; organiziranje ispitivanja o prisutnosti vrste i intenziteta ionizirajućeg zračenja u okolišu, hrani, hrani za životinje, lijekovima i predmetima opće uporabe u redovitim uvjetima i u slučajevima sumnje na izvanrednu situaciju. Organizira i stručnu edukaciju o provedbi mjera radiološke i nuklearne sigurnosti.
- **Služba za radiološke i nuklearne incidente** u okviru Ravnateljstva pruža stručnu pomoć u slučaju radioloških ili nuklearnih incidenata ili nesreća te sudjeluje u organiziranju sustava pripravnosti u slučaju izvanrednog događaja. Priprema i provodi potrebne stručne i tehničke aktivnosti u okviru programa pripravnosti i aktivnosti u hitnim slučajevima te sastavlja procjenu nuklearne i radiološke opasnosti za Republiku Hrvatsku. Uz to odobrava planove pripravnosti i odgovora na radiološke izvanredne događaje i planira operacije koje obuhvaćaju izvore ionizirajućeg zračenja te druge zadatke iz područja djelovanja.
- **Inspekcija za radiološku i nuklearnu sigurnost** u okviru Ravnateljstva zadužena je za provedbu inspekcija i praćenje provedbe odredbi Zakona i odredbi donesenih na temelju Zakona.

### 4.2 MINISTARSTVO ZDRAVSTVA I MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE

Ministarstvo zdravstva i Ministarstvo poljoprivrede dijele nadležnost u području sigurnosti hrane. Područje sigurnosti hrane za životinje, zdravlja i dobrobiti životinja te zdravlja i zaštite bilja nadležnost je Ministarstva poljoprivrede.

Ministarstvo zdravstva nadležno je za zakonodavstvo o potrošnji vode za piće (Direktiva 2013/51/EURATOM).

Granična sanitarna inspekcija Državnog inspektorata nadzire pošiljke u skladu s Uredbom (EU) 2016/6 o uvođenju posebnih uvjeta kojima se uređuje uvoz hrane za životinje i hrane podrijetlom ili poslano iz Japana nakon nesreće u nuklearnoj elektrani Fukushima, u skladu s odredbama Zakona o uvozu hrane i hrane za životinje iz trećih zemalja.

### 4.3 INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ

Laboratorij za radioekologiju Instituta Ruđer Bošković pridonosi poznavanju i boljem razumijevanju biogeokemijskog ponašanja prirodnih i umjetnih radionuklida u okolišu. Institut je akreditiran u skladu s normom ISO/IEC 17025. Njegov rad temelji se na razvoju i unaprjeđenju metoda i postupaka za mjerenja alfa, beta i gama radioaktivnosti. Institut je ispitivao radionuklide u vodi za piće u skladu s Direktivom o vodi za piće 2013/51/EURATOM radi provjere jesu li utvrđene vrijednosti u skladu s vrijednostima parametara.

Institut nema izravnu ulogu u rutinskoj provjeri radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj, ali sudjeluje u praćenju radioaktivnosti u okolišu oko nuklearne elektrane Krško i praćenju radioaktivnosti u Dunavu. Institut se uz to brine za postojanje laboratorijskih kapaciteta za provedbu projekata praćenja i mobilnu opremu za lokalno praćenje u slučaju izvanrednog događaja. Ujedno sudjeluje u praćenju tekućih ispuštanja iz NE Krško u rijeku Savu, koja prolazi kroz Zagreb. Institut ima i sustav za automatsko kontinuirano uzorkovanje riječne vode za analizu radioaktivnosti (jednomjesečni kompozitni uzorak).

#### 4.4 **INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA I MEDICINU RADA**

Jedinica za zaštitu od zračenja pri IMI-ju provodi istraživanja u područjima zaštite od zračenja i radiologije u okviru znanstvenih istraživačkih projekata i profesionalnih aktivnosti u vezi s pitanjima javnog zdravlja. IMI je nadležan za provedbu izvanmrežnih programa praćenja radioaktivnosti u okolišu u Hrvatskoj te ima mobilni laboratorij za praćenje u izvanrednim situacijama. Osim toga provodi i analize radioaktivnosti na komercijalnoj osnovi.

IMI je akreditiran u skladu s normom ISO/IEC 17025. Kvalitetu osigurava nadležno tijelo (Hrvatska akreditacijska agencija) provjerom metodologije za ocjenu rezultata mjerenja i provjerom dostupnosti dokumentacije na temelju koje se provodi ocjenjivanje rezultata mjerenja. K tomu, IMI redovito sudjeluje u domaćim i međunarodnim međulaboratorijskim usporedbama i provjerama kvalitete rada.

## 5 PRAĆENJE RADIOAKTIVNOSTI U HRVATSKOJ

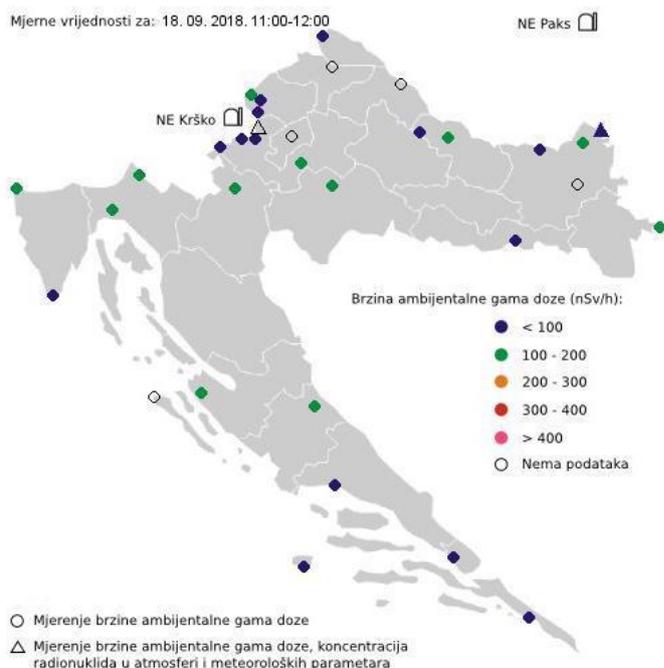
### 5.1 AUTOMATIZIRANA MREŽA ZA PRAĆENJE BRZINE DOZE

#### 5.1.1 Općenito

Ministarstvo unutarnjih poslova upravlja praćenjem radioaktivnosti u Hrvatskoj putem interneta (sustav ranog upozoravanja). Sustav praćenja sastoji se od 33 mjerne postaje (25 BITT tehnoloških uređaja i 8 ENVINET uređaja) te središnje jedinice u kojoj se podaci prikupljaju, analiziraju i pohranjuju.

BITT i ENVINET postaje nisu identične: tehnički je riječ o dvije različite mreže koje šalju podatke istom središnjem sustavu. Svaka postaja za praćenje kontinuirano mjeri ambijentalnu brzinu gama doze. Na dvije BITT postaje mjere se koncentracija radionuklida u atmosferi i određeni meteorološki parametri. Nakon svakog ciklusa mjerenja podaci iz mjernih postaja šalju se u središnje jedinice smještene u MUP-u. Ako se otkriju povišene razine zračenja, automatski se pokreće alarmni sustav te dežurni službenik pregledava podatke iz mjerenja. Rezultati kontinuiranog praćenja dostupni su na internetskoj stranici <https://gis.ericsson.hr/rns/>. U središnjoj jedinici izvršava se aplikacija za udaljeno upravljanje mjernim postajama i analizu podataka.

Na slici 1. prikazane su sve lokacije za praćenje u sklopu telemetrijskih mreža (33 postaje za brzine gama doze i dvije postaje koje mjere čestice aerosola i meteorološke parametre) kojima upravlja MUP.



**Slika 1.: Lokacije postaja hrvatskog sustava ranog upozoravanja (kružnice: uređaji za praćenje brzine gama doze; trokuti: koncentracije radionuklida u zraku i uređaji za praćenje brzine doze)**

### 5.1.2 Mreža BITT postaja

Mrežu BITT postaja čini pet vrsta mjernih postaja, kao što je opisano u tablici I.

**Tablica I. Glavne značajke vrsta BITT postaja**

Vrsta postaje	Opis
A	<b>BITT RS04H/232:</b> brzina $\gamma$ doze, širok mjerni raspon, redundantni komunikacijski kanal
B	<b>BITT RS04L/232:</b> brzina $\gamma$ doze, ograničen mjerni raspon, redundantni komunikacijski kanal
C	<b>BITT RS04L/232Solar:</b> brzina $\gamma$ doze, ograničen mjerni raspon, jednokratna komunikacija, autonomna
D	<b>BITT AMS02A s RS04H/232:</b> brzina $\gamma$ doze, širok mjerni raspon; praćenje zraka; meteorologija; redundantni komunikacijski kanal
E	<b>BITT AMS02A s RS04L/232:</b> brzina $\gamma$ doze, ograničen mjerni raspon; praćenje zraka; meteorologija; redundantni komunikacijski kanal

#### Postaje A – BITT RS04H/232

Postaje A upotrebljavaju se za mjerenje brzine gama doze. Postaja BITT RS04H/232 sastoji se od sonde za mjerenje brzine doze (senzor), uređaja za bilježenje podataka, komunikacijskog terminala, DC-UPS-a, ormarića i svih potrebnih kabela.

Senzor za brzinu gama doze fizički je odvojen od uređaja za bilježenje podataka. Mjerni raspon senzora iznosi od 10 nSv/h do 10 Sv/h. Uređaj za bilježenje podataka, komunikacijski terminal i UPS nalaze se u ormariću koji je pričvršćen na zid. Ormarići su ugrađeni u postojeće zgrade s napajanjem električnom energijom i žičanim komunikacijskim vezama. Senzor za brzinu gama doze postavljen je na tronožac na otvorenom. Senzor i uređaj za bilježenje podataka povezani su podzemnim kabelom.

Postaje podržavaju dvosmjernu komunikaciju sa središnjom jedinicom putem DSL-a (primarna veza), odnosno GPRS-a (rezervna veza). Rezervna se veza koristi ako se komunikacija ne može uspostaviti primarnom vezom. Prebacivanje s jedne komunikacijske veze na drugu ne zahtijeva intervenciju operatora. Komunikacijski terminal za DSL (DSL modem/ruter) nalazi se unutar ormarića mjerne postaje. Komunikacijski terminal za GPRS (GPRS modem/ruter sa SIM karticama) je integralni dio mjerne postaje.

Postaje imaju zaštitu od udara munje i električnog prenapona. Održavanje se provodi jednom godišnje.

#### Postaje B – BITT RS04L/232

Za postaje B potrebni mjerni raspon gama senzora ograničen je na 10 nSv/h – 15 mSv/h. Po svim ostalim značajkama ove su postaje identične postajama A.

### **Postaje C – BITT RS04L/232 Solar**

Postaje C su autonomne postaje smještene na otvorenom koje se koriste za mjerenje brzine gama doze na lokacijama na kojima nema električnih i žičanih komunikacijskih vodova. Postaja se sastoji od senzora za mjerenje brzine gama doze, uređaja za bilježenje podataka, komunikacijskog terminala, solarne ploče s baterijom, ormarića i svih potrebnih kabela. Mjerni raspon senzora iznosi od 10 nSv/h do 15 mSv/h.

### **Postaje D – BITT AMS02A s RS04H/232**

Postaja D je postaja za mjerenje brzine gama doze, radioaktivnosti u zraku i meteoroloških parametara. Sastoji se od senzora za brzinu gama doze, meteoroloških senzora, jedinice za mjerenje zraka, uređaja za bilježenje podataka, komunikacijskog terminala, vanjskog spremnika, UPS-a i svih potrebnih kabela. Mjerni raspon senzora za brzinu gama doze iznosi od 10 nSv/h do 10 Sv/h.

Brzina protoka zraka u sustavu je približno 6 m<sup>3</sup>/h. Aerosoli se prikupljaju na filtrima od staklenih vlakana (promjer 60 mm) i odmah analiziraju alfa i beta spektrometrijom (PIPS detektor s područjem od 1700 mm<sup>2</sup>) te gama mjerenjem (detektor NaI(Tl) veličine 2x2 inča). Potom se posebnim filtrom od aktivnog ugljena (promjera 60 mm) i detektora NaI(Tl) veličine 2x2 inča analizira elementarni jod. Uređaj AMS-02 ima police s 400 aerosolnih filtara i 100 jednih filtara. Prije svakog mjerenja provodi se niz umjeravanja energije izotopom <sup>137</sup>Cs u geometriji filtra. Robotski sustav pomiče filtre unutar uređaja (uključujući filtre za provjeru umjeravanja).

Svi sastavni dijelovi osim senzora nalaze se unutar spremnika. Postaja podržava dvosmjernu komunikaciju sa središnjom jedinicom putem DSL-a (primarna veza), odnosno GPRS-a (rezervna veza). Rezervna se veza koristi ako se komunikacija ne može uspostaviti primarnom vezom. Prebacivanje s jedne komunikacijske veze na drugu ne zahtijeva intervenciju operatora.

Antena meteoroloških senzora i sonda za brzinu gama doze postavljene su na vrh spremnika. Postaje imaju zaštitu od udara munje i električnog prenapona.

### **Postaje E – BITT AMS02A s RS04L/232**

Za postaje E potrebni mjerni raspon gama senzora smanjen je na 10 nSv/h – 15 mSv/h. Po svim ostalim značajkama ove su postaje identične postajama tipa D.

Svi BITT uređaji napajaju se fotonaponskom ćelijom vršne snage 240 W. Po noći i kad nema dovoljno solarne snage uređaje napaja pričuvna baterija.

Jedna od BITT postaja nalazi se u prostorijama Instituta Ruđer Bošković u Zagrebu (slika 2.).



***Slika 2.: Postaja za praćenje (BITT), dio sustava ranog upozoravanja u Institutu Ruđer Bošković u Zagrebu***

### **5.1.3 Mreža postaja ENVINET**

U okviru projekta IPA 2011 „Upgrading of emergency preparedness system in the Republic of Croatia“ postojeći BITT sustav nadograđen je s osam sondi za brzinu gama doze koje su postavljene u Velikoj Gorici, Sisku, Belom Manastiru, Virovitici, Pločama i Kninu. Dobavljač tih mjernih postaja je ENVINET a.s. iz Češke. Vrsta postaja je NuEM RAMS. Riječ je o autonomnim postajama za praćenje stanja zračenja (ekvivalentna doza za okoliš). Radiometrijska postaja projektirana je da bude dio mreže za praćenje zračenja na određenom području i dio mreže za rano otkrivanje. Mjeri se s dvije GM cijevi (niska i visoka brzina doze). Sustav radi na solarno napajanje. Podaci se prenose putem GSM mreže, a bilježi ih web-servis na aplikacijskom poslužitelju.



**Slika 3.: Postaja za praćenje (ENVINET) u okviru sustava ranog upozoravanja u Pločama**

## 5.2 PRAĆENJE RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU

### 5.2.1 Uvod

Na državnom području Hrvatske provodi se i laboratorijsko praćenje stanja u okolišu. Glavni laboratorij za praćenje stanja u okolišu je Jedinica za zaštitu od zračenja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu. Program obuhvaća praćenje radioaktivnosti u zraku, vodi, tlu, bioti i hrani. Osim toga, dostupna je oprema za mobilno praćenje u izvanrednim situacijama.

Za potrebe nacionalnog programa za praćenje radioaktivnosti u okolišu IMI upotrebljava sljedeću opremu:

#### Gama spektrometrija

IMI ima tri HPGe gama spektrometra sljedećih karakteristika:

Razlučivost	manje od 1,5 keV na 40 keV ili manje od 2,5 keV na 1,33 MeV
Relativna učinkovitost (pri 1,33 MeV $^{60}\text{Co}$ )	16 % – 70 % (ovisno o detektoru)
Broj kanala u spektru	najmanje 4096
Energetski interval (umjereni)	od 40 do 2000 keV
Nesigurnost umjeravanja	manje od 10 % u energetskom intervalu od 40 do 2000 keV

Uzorci se pripremaju i pakiraju u različite geometrije: Marinelli posude (1 l) ili plastične spremnike (100 ml i 200 ml), ovisno o matrici.

#### Analiza $^{90}\text{Sr}$

IMI ima beta brojač niskog osnovnog zračenja RISØ GM-25-5 (učinkovitost za  $^{90}\text{Sr}$  na filtarskom papiru na talijskom disku ~50 %). Postupak radiokemijskog odvajanja detaljno je opisan u dokumentu Ministarstva energetike SAD-a<sup>4</sup>.

#### Analiza $^{226}\text{Ra}$

<sup>4</sup> U.S. Department of Energy, Environmental Measurements Laboratory (EML) procedures manual. HASL 300 Series, 1957.-1997.  
Str. 15 od 31

IMI ima alfa-spektrometar koji se temelji na PIPS detektoru (Passivated Implanted Planar Silicon) (aktivna površina 450 mm<sup>2</sup>; razlučivost <20 keV na 5,5 MeV <sup>241</sup>Am; 1024 kanala; energetska raspon od 3 do 8 MeV). Postupak radiokemijskog odvajanja (padaline s BaSO<sub>4</sub>) detaljno je opisan u dokumentu

američkog Ministarstva zdravstva <sup>5</sup>.

### 5.2.2 Vanjska gama doza i brzina doze

IMI upotrebljava termoluminiscentne dozimetre (TLD) za utvrđivanje ambijentalnog ekvivalenta doze H\*(10) za fotone u energetska rasponu između 30 keV i 3 MeV. Dozimetri se nalaze na različitim lokacijama u Zagrebu, a povremeno se razmještaju i u druge gradove u Hrvatskoj (slika 4.). Nakon mjerenja dozimetri se stavljaju u čitač (Panasonic UD-716). Neobrađeni podaci iz čitača zatim se analiziraju algoritmom pa se izračunava doza.

Za mjerenje brzine doze dostupni su aktivni elektronički dozimetri (AED) (osjetljivost: 10 nSv/h; energetska raspon od 30 keV do 4,4 MeV). Osim toga, postoji digitalni mjerač s rasponom brzine doze od 0,1 μSv/h do 0,99 Sv/h u energetska rasponu od 36 keV do 1,3 MeV.



**Slika 4.: Lokacije termoluminiscentnih dozimetara**

### 5.2.3 Zrak

Zagađenost zraka aerosolima uzorkuje se s dva sustava za uzorkovanje zraka velikog volumena (slika 6.) U objektima IMI-ja u Zagrebu sustav za uzorkovanje velikog volumena (ASS-500; 1,5 m iznad zemlje, 500 – 750 m<sup>3</sup>/h) kontinuirano provlači zrak kroz celulozni filter (Petrianov FPP-15-1.5.) (slika 5.).

<sup>5</sup> U.S. Department of Health, Education and Welfare (USDHEW). Radio-assay procedures for environmental samples. Environmental health series radiological health. Public Health Service Publication No. 999-RH-27 (1967); 5.49–5.52

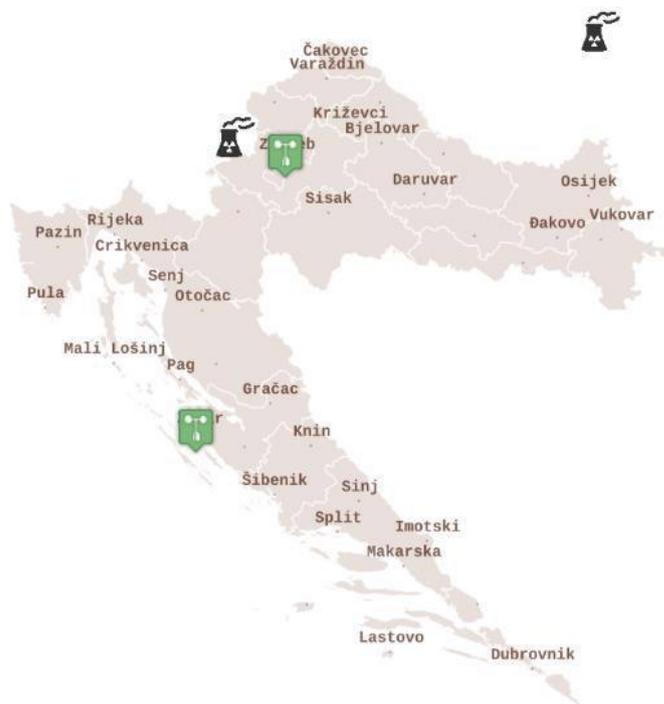


**Slika 5.: Sustav za uzorkovanje zraka velikog volumena u IMI-ju u Zagrebu**

Prikupljeni uzorci mjere se gama spektrometrijom; utvrđuju se antropogeni i prirodni radionuklidi.

Zrak se mjesečno 14 dana protiskuje kroz filtar od ugljena u sustavu za uzorkovanje srednjeg volumena kako bi se gama spektrometrijom utvrdila koncentracija joda ( $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{134}\text{I}$ ,  $^{135}\text{I}$ ). Ukupna beta aktivnost u zraku mjeri se svakodnevno uzorkovanjem na filtarskom papiru tako da se kontinuirano protisne  $\sim 130 \text{ m}^3/\text{dnevno}$  (1 m iznad zemlje).

Zrak se uzorkuje i u Zadru. Zrak se uzorkuje na filtarskom papiru tako da se kontinuirano protisne  $\sim 100 \text{ m}^3/\text{dnevno}$  (1 m iznad zemlje). Uzorci se mjere tromjesečno gama spektrometrijom (utvrđuju se antropogeni i prirodni radionuklidi). Svakodnevno se iz istih uzoraka s filtra mjeri ukupna beta aktivnost.



**Slika 6.: Lokacije za uzorkovanje zraka (Zagreb i Zadar)**

#### 5.2.4 Suho/mokro taloženje

Tekuće padaline prikupljaju se kontinuirano mjesec dana u spremnicima površine  $0,25 \text{ m}^2$ ,  $0,5 \text{ m}^2$  i  $1 \text{ m}^2$ . Uzorci se analiziraju gama spektrometrijom (utvrđuju se antropogeni i prirodni radionuklidi) svaka tri mjeseca u Zagrebu, Zadru i Osijeku te svakih šest mjeseci u Bjelovaru, Puli, Rijeci i Dubrovniku. Uzorci u kojima se utvrđuje  $^{90}\text{Sr}$  prikupljaju se mjesečno u Zagrebu i polugodišnje u Osijeku i Zadru (slika 7.). Uzorci suhog taloga prikupljaju se na ploči prekrivenoj vazelinom ( $0,0929 \text{ m}^2$ ; 1 m iznad tla) u IMI-ju u Zagrebu.

Uzorci se prikupljaju kontinuirano tri mjeseca i potom mjere gama spektrometrijom; utvrđuju se antropogeni i prirodni radionuklidi.



**Slika 7.: Lokacije za prikupljanje taloženja**

#### 5.2.5 Voda

##### **Površinske vode**

Uzorci površinskih voda prikupljaju se na sljedećim lokacijama:

- Riječna voda: Sava (dvije lokacije u Zagrebu, Sisku, Županji), Drava (Varaždin, Osijek), Dunav (Batina, Vukovar), Neretva (Opuzen), Krka (Skradin)
- Jezerska voda: (Plitvička jezera – Kozjak, Vransko jezero)

Sve lokacije prikazane su na slici 8. Uzorci se prikupljaju jednom ili dvaput godišnje. Analiziraju se gama spektrometrijom (antropogeni i prirodni radionuklidi), brojanjem beta čestica ( $^{90}\text{Sr}$ ) i brojanjem alfa čestica ( $^{226}\text{Ra}$ ).



**Slika 8.: Lokacije za uzorkovanje površinskih voda**

#### Podzemne vode i voda za piće

Uzorci podzemnih voda i vode za piće prikupljaju se na sljedećim lokacijama:

- Voda (iz slavine): Zagreb, Rijeka, Pula, Međimurje, Zadar, Split, Dubrovnik, Osijek
- Voda iz cisterni: Bale, Marina, Pag, Doli

Sve lokacije prikazane su na slici 9. Uzorci se prikupljaju jednom ili dvaput godišnje (osim u Zagrebu, u kojem se svaka tri mjeseca mjeri 1 l/dnevno). Analiziraju se gama spektrometrijom (antropogeni i prirodni radionuklidi) i brojanjem beta čestica ( $^{90}\text{Sr}$ ).



**Slika 9.: Lokacije za uzorkovanje podzemnih voda i vode za piće**

Uz redovito praćenje radionuklida u vodi za piće u okviru redovitog praćenja na nacionalnoj razini, provedena je trogodišnja studija radioaktivnosti u vodi za piće u vodoopskrbnim područjima (počevši od 2016.). Studiju je pokrenulo Ministarstvo zdravstva s drugim nacionalnim institucijama koje sudjeluju u kontroli vode za piće (Hrvatske vode, Hrvatski zavod za javno zdravstvo i znanstvene institucije) kako bi se potvrdilo da su koncentracije radionuklida u 60 vodoopskrbnih zona u skladu s vrijednostima parametara navedenima u Direktivi 2013/51/EURATOM te kako bi se dokazalo da nije potrebno opsežno praćenje. Laboratorij za radioekologiju pri Institutu Ruđer Bošković izmjerio je koncentracije  $^3\text{H}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  te bruto  $\alpha$  i  $\beta$  u vodi za piće. Analize su provedene na uzorcima koje su IRB-u dostavili nacionalni ili regionalni instituti za javno zdravstvo. Uzorkovanje je provedeno u skladu s uputama IRB-a. Za određivanje bruto  $\alpha$  i  $\beta$ , radona i tritiuma primijenjeni su prilagođeni postupci opisani u normama ISO 10704:2015, ISO 13164-2:2013 i 9698:2010. Za utvrđivanje aktivnosti radona, tritiuma te bruto  $\alpha$  i  $\beta$  upotrijebljeni su sustav gama spektrometrije Canberra HPe, tekući scintilacijski brojač TriCarb 3180 TR/SL te Canberra i-Matic brojač s detektorom PIPS.

### Morska voda

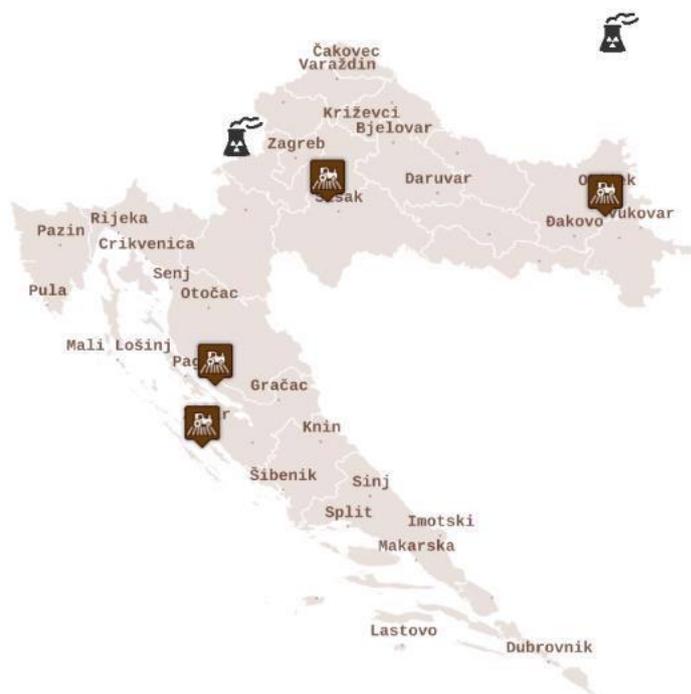
Uzorci morske vode prikupljaju se u Rovinju, Plominu, Rijeci, Kaštelu, Splitu i Dubrovniku (slika 10.). Uzorci se prikupljaju jednom ili dvaput godišnje. IMI ih analizira gama spektrometrijom (antropogeni i prirodni radionuklidi i brojanjem beta čestica ( $^{90}\text{Sr}$  i  $^{226}\text{Ra}$ )).



**Slika 10.: Lokacije za uzorkovanje morske vode**

#### 5.2.6 Tlo

Uzorci tla (neobrađeno i kultivirano tlo) prikupljaju se u Zagrebu, Osijeku, Zadru, Gospiću (slika 11.). Uzorci se prikupljaju jednom godišnje u slojevima (0-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm) neobrađenog tla (0 – 20 cm). Analiziraju se gama spektrometrijom (antropogeni i prirodni radionuklidi) i brojanjem beta čestica ( $^{90}\text{Sr}$ ).



**Slika 11.: Lokacije za uzorkovanje tla**

### 5.2.7 Kopnena i vodena biota i flora

Uzorci kopnene i vodene biote i flore uzimaju se na sljedećim lokacijama:

- vodena (morska) biota: Rovinj, Plomin, Rijeka, Kaštela, Split, Dubrovnik (vidjeti sliku 12.)
- kopnena flora (gljive, bobice, mahovina, islandska mahovina): regija sjeverne Hrvatske, Slavonija, obalna regija, Istra, Lika.

Uzorci se prikupljaju jednom ili dvaput godišnje. Analiziraju se gama spektroskopijom (antropogeni i prirodni radionuklidi) i brojanjem beta čestica ( $^{90}\text{Sr}$ ).



**Slika 12.: Lokacije za uzorkovanje vodene (morske) biote**

### 5.3 PRAĆENJE RADIOAKTIVNOSTI U PREHRAMBENIM PROIZVODIMA I HRANI ZA ŽIVOTINJE



- Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada posjeduje mobilni laboratorij koji može mjeriti brzinu doze, kontaminaciju alfa/beta česticama, uzimati uzorke iz okoliša (HPGe gama spektroskopija), mjeriti radioaktivnost u zraku, kontaminaciju tla i neutronske zračenje.

U Hrvatskoj ne postoji mogućnost praćenja zračenja u zraku. Radioaktivni jod može se mjeriti u laboratoriju IMI-ja (sustav uzorkovanja srednjeg volumena) i u dvije automatske postaje CEWS mreže (izvan Zagreba).

## 6 PROVJERE

### 6.1 UVOD

Aktivnosti provjere provedene su u skladu s dogovorenim programom. U ovom poglavlju sažete su provjere koje je proveo tim za provjeru. Tim je ocijenio mehanizme praćenja na temelju vlastitog stručnog znanja i u usporedbi sa sličnim mehanizmima u drugim državama članicama.

Ishod provjere izražava se kako slijedi:

- *Preporuka* se daje kad postoji jasna potreba za poboljšanjem provedbe članka 35. Preporuke se uvrštavaju u glavne zaključke provjere. Komisiji se dostavlja izvješće o provedbi preporuka. Ako se preporuke ne provedu, to može dovesti do ponovne provjere.
- *Prijedlog* se daje kad tim za provjeru utvrdi mjeru kojom bi se dodatno poboljšala kvaliteta praćenja.

Osim toga, tim može *pohvaliti* posebno dobre aranžmane koji bi mogli poslužiti kao primjer najbolje prakse za druge države članice.

### 6.2 INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ

#### 6.2.1 Općenito

Tim za provjeru posjetio je Laboratorij za radioekologiju Instituta Ruđer Bošković u Zavodu za istraživanje mora i okoliša na adresi Bijenička cesta 54, 10 000 Zagreb.

Laboratorij za radioekologiju akreditirala je 2008. Hrvatska agencija za akreditaciju za mjerenje  $^{89,90}\text{Sr}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{55}\text{Fe}$  gama spektrometrijom te mjerenje bruto alfa/beta emitera (HRN EN ISO/IEC 17025:2007). Laboratorij redovito sudjeluje u međunarodnim usporednim vježbama. Postupci osiguranja i kontrole kvalitete provode se u skladu s pravilima o akreditaciji.

*Bez napomena.*

#### 6.2.2 Laboratorij za radioekologiju

Laboratorij vodi evidenciju o uzorcima na papiru i na računalu, u Excel tablicama - ne postoji namjenski laboratorijski sustav za upravljanje informacijama.

Laboratorij ima tri fiksna i dva prenosiva sustava za gama spektroskopiju Canberra HPGe. Ovisno o masi i aktivnosti uzorka, spektri se mjere od 80 000 do 200 000 sekundi. Za analizu izmjerenih spektara služi softver Canberra Genie 2000. Sustavi detektora umjeravaju se prema etalonskim uzorcima miješanih radionuklida koje proizvodi Eckert & Ziegler Analytics Inc. Učinkovitost sustava redovito se provjerava na temelju uspoređivanja. Izračuni aktivnosti radionuklida provode se ručno u Excel tablicama. Učinkovitost se izračunava kao funkcija energije i geometrije na temelju eksperimentalnih podataka. Za umjeravanje učinkovitosti upotrebljava se program Canberra LabSocs. Granice detekcije odgovarajućih radionuklida izračunavaju se za svako mjerenje ovisno o mjernim parametrima. Ako su izračunani rezultati niži od granica detekcije, za to se mjerenje navodi „ispod granice detekcije”.

Upravljanje kvalitetom laboratorija uključuje redovite kontrole učinkovitosti detektora HPGe-a, razlučivosti i stabilnosti umjeravanja energije. Kontrola se provodi usporedbom izmjerene vrijednosti s unaprijed određenim graničnim vrijednostima – ne analizira se dugoročni trend.

Laboratorij ima jedan tekući scintilacijski brojač (Tri-Carb 3180) za analizu  $^3\text{H}$ ,  $^{55}\text{Fe}$  i  $^{89,90}\text{Sr}$ . U tijeku je nabava drugog sustava, koji će biti isporučen krajem 2019.

Laboratorij ima i proporcionalni brojač PIPS Canberra iMatic (alfa/beta brojanje) za probir alfa/beta čestica u uzorcima vode za piće.

Na raspolaganju je odgovarajuća oprema i prostori za pripremu uzoraka (uređaji za sušenje, peći, uređaji za isparavanje, itd.) te pohranu uzoraka nakon analize (1-2 godine). Laboratorij ima i  $^3\text{H}$  sustav za elektrolizu uzoraka vode. Zabilježeni i analizirani spektri i svi drugi relevantni podaci u elektroničkom obliku arhiviraju se na poslužitelju laboratorija.

*Tim za provjeru preporučuje Institutu Ruđer Bošković da vodi grafikone s dugoročnim trendovima parametara održavanja sustava za gama spektroskopiju (razlučivost i energetska stabilnost).*

*Tim za provjeru predlaže da Institut Ruđer Bošković razmotri uvođenje namjenskog sustava upravljanja laboratorijskim informacijama, a posebno ako se broj uzoraka poveća.*

*Tim za provjeru pohvaljuje Institut zbog preciznosti pokazane u ručnom izračunavanju rezultata uzoraka. No ako se broj uzoraka poveća, bit će potrebno automatizirati postupak.*

### 6.2.3 Mobilna oprema za nadzor zračenja

Laboratorij za radioekologiju Instituta ima ručni komplet opreme za praćenje zračenja (Thermo Scientific FH40 lab-1) za praćenje doze zračenja za osoblje, brzine doze u okolišu, alfa/beta emitera i površinske kontaminacije na lokaciji Instituta i u njegovoj okolini. Ta je oprema za lokalnu uporabu i nije dio nacionalnog sustava za praćenje u izvanrednim situacijama.

*Bez napomena.*

### 6.2.4 Objekti za terensko praćenje

Jedna od postaja mreže za automatsko praćenje zračenja nalazi se izvan Laboratorija za radioekologiju (slika 2.). Ta postaja jedina je automatska postaja za praćenje brzine doze u Zagrebu.

Uređaj tipa C smješten je na maloj travnatoj površini između dvije uske ceste. Napaja ga solarna ploča i električna mreža. U okolini se nalazi niz niskih zgrada i mladih stabala – to ne utječe niti bi u budućnosti moglo negativno utjecati na sondu.

*Bez napomena.*

## 6.3 **MINISTARSTVO UNUTARNJIH POSLOVA, RAVNATELJSTVO CIVILNE ZAŠTITE**

### 6.3.1 Automatizirana mreža za praćenje brzine doze

Tim za provjeru posjetio je sjedište Ravnateljstva civilne zaštite na adresi Nehajska 5 u Zagrebu. Predstavljena mu je automatska mreža za praćenje brzina doza, uključujući javno internetsko sučelje i internetsko sučelje s ograničenim pristupom. Podaci obuhvaćaju brzinu doze u svim postajama i koncentracije radona, <sup>137</sup>Cs i radioaktivnog joda iz dviju postaja za automatsko mjerenje zraka (Sveti Križ i Batina). Poruke upozorenja prenose se dežurnom službeniku Ravnateljstva, koji treba odgovoriti u roku od sat vremena.

U vrijeme kad je provedena provjera podaci iz automatske mreže BITT postaja nisu se prenosili u podatkovni centar zbog tehničkih problema u IT sustavu (poruke upozorenja su primane, a postaje su bile operativne.)

*Tim za provjeru preporučuje da Ravnateljstvo što prije omogući prijenos podataka iz mreže BITT postaja.*

### 6.3.2 Oprema za praćenje pripadnika hitnih službi

Tim za provjeru posjetio je objekt za skladištenje Ravnateljstva civilne zaštite u kojem se čuva oprema za različite vrste operacija civilne zaštite. Dostupna je sljedeća oprema za nadzor zračenja:

- uređaji za praćenje brzine doze Mirion RDS-31 (14 jedinica)
- teleskopski uređaji za praćenje brzine doze Mirion RDS-31 (4 jedinica)
- uređaji za praćenje alfa/beta zračenja Berthold LB124 (10 jedinica)
- osobni dozimetri Mirion RAD-60S (98 jedinica)

Oprema je dostupna za brzo raspoređivanje službama civilne zaštite koje djeluju u radijacijskom okruženju, no ne postoji formalizirani plan njezine distribucije i upotrebe.

*Tim za provjeru preporučuje da hrvatska tijela uspostave postupke za distribuciju i uporabu opreme, prikupljanje podataka i prijenos podataka središnjem nadzornom tijelu.*

## 6.4 INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA I MEDICINU RADA, JEDINICA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

### 6.4.1 Općenito

Tim za provjeru posjetio je Jedinicu za zaštitu od zračenja na Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada, na adresi Petrovaradinska 110 u Zagrebu. Jedinica se nalazi na privremenoj lokaciji jer je u tijeku izgradnja nove laboratorijske zgrade koja bi trebala biti dostupna u 2022.

Jedinica provodi redovite programe praćenja radioaktivnosti u okolišu i u hrani te održava fiksne i mobilne uređaje za praćenje radioaktivnosti. Osim toga mjeri radioaktivnost u uzorcima uvezene hrane i različitim komercijalnim uzorcima. Program redovitog praćenja temelji se na godišnjoj javnoj nabavi, zbog čega je došlo do kašnjenja u provedbi i financiranju aktivnosti.

IMI je akreditiran u skladu s normom ISO/IEC 17025 za sve metode mjerenja koje se upotrebljavaju da bi se izmjerila radioaktivnosti i redovito sudjeluje u nacionalnim i međunarodnim (JRC-IRMM, IAEA) uspoređivanjima među laboratorijima. IMI je član mreže ALMERA Međunarodne organizacije za atomsku energiju.

*Tim za provjeru predlaže da se program redovitog praćenja temelji na dvogodišnjim ili trogodišnjim ugovorima.*

### 6.4.2 Laboratorij jedinice za zaštitu od zračenja

Laboratorij jedinice za zaštitu od zračenja pri IMI-ju sastoji se od područja za pripremu uzorka, područja za radiokemijski laboratorij i prostorija za brojanje alfa/beta čestica i gama spektroskopiju. U prostorijama se reguliraju temperatura i vlaga. Međutim, trenutačne su prostorije male; ali laboratorij će 2022. dobiti nove, u novoj zgradi.

U laboratoriju radi ukupno 12 članova osoblja (3 osobe na gama spektroskopiji, 2 na praćenju razine radona, 4 na praćenju  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{90}\text{Sr}$  i 3 tehničara).

Osoblje uzima uzorke iz okoliša u skladu s godišnjim programom. Budući da broj uzoraka nije velik, za vođenje evidencije o uzorcima koristi se jednostavan zapisnik u papirnatom obliku i Excelu. Uzorci se označavaju ručno pisanim naljepnicama – laboratorij nema posebnu bazu podataka za upravljanje uzorcima ni sustav s crtičnim kodovima. Trenutačni je sustav vremenski i radno zahtjevan, no dovoljno dobar sve dok se obrađuje mali broj uzoraka.

Oprema za pripremu i pohranu uzoraka uključuje hladnjake, pećnice i peći. Osim toga koristi se oprema za isparavanje uzoraka vode.

Laboratorijska oprema za brojenje sastoji se od:

- brojača alfa čestica (Canberra Alpha Analyst, dvije komore)
- brojača beta čestica (Risø GM-25-5, 5 mjesta za brojenje)
- 3 sustava za gama spektroskopiju (Ortec HPGe, jedan sustav nije u funkciji).

Upravljanje kvalitetom laboratorija uključuje redovite kontrole učinkovitosti detektora HPGe-a, razlučivosti i stabilnosti umjeravanja energije. Kontrola se provodi usporedbom izmjerene vrijednosti s unaprijed određenim graničnim vrijednostima – ne analizira se dugoročni trend.

*Tim za provjeru preporučuje da laboratorij jedinice za zaštitu od zračenja pri IMI-ju vodi grafikone s dugoročnim trendovima parametara održavanja sustava za gama spektroskopiju (razlučivost i energetska stabilnost).*

---

*Tim za provjeru predlaže da laboratorij jedinice za zaštitu od zračenja pri IMI-ju razmotri uvođenje namjenskog sustava za upravljanje laboratorijskim informacijama, posebno ako se broj uzoraka poveća.*

### 6.4.3 Mobilna oprema za nadzor zračenja

Jedinica za zaštitu od zračenja pri IMI-ju ima mobilni laboratorijski kombi (slika 14.) koji je opremljen sljedećom opremom za nadzor:

- prijenosni spektroskopski sustav za mjerenje gama zraka (Ortec, električno hlađen) za terenska mjerenja, umjeren za uzorke iz okoliša i mjerenja kontaminacije tla
- ORTEC Detective-EX prijenosni identifikator neutrona i gama nuklida s kovčegom i sustavom hlađenja
- Thermo Eberline FH 40G-L10 2x
- Thermo neutronska sonda ERM&P FHT 752 S
- Thermo alfa-beta-gama sonda za kontaminaciju FHZ 732
- Thermo gama sonda FHZ 612
- Thermo računalni program i kabel
- Thermo gama sonda FHZ 672 E-10
- Thermo teleskopska sonda
- Thermo FH40 LAB-0 komplet za uzorkovanje i štiti od mjedi
- Canberra RADIAGEM
- Canberra alfa-beta sonda
- Canberra alfa-beta-gama sonda
- Canberra scintilacijska gama sonda
- Canberra teleskopska sonda
- Radeco zračna crpka s filtrima
- Canberra InSpector 1000 NaI/LaBr spektrometar sa sondom za otkrivanje neutrona
- Berthold LB 124 scintilacijski detektor površinske kontaminacije
- Berthold UMo LB 123 detektor neutrona
- Mirion RDS-31 S/R višenamjenski ispitni mjerač 3x
- Mirion GMP-12SD gama sonda za RDS-31 3x
- Uređaji za mjerenje meteoroloških parametara
- Canberra HPGe detektor s kolimatorima
- tronožac za terenski gama spektrometar
- plastični spremnici za uzorkovanje morske vode
- oprema za osobnu zaštitu

Oprema mobilnog laboratorija ne uključuje sustav uzorkovanja radioaktivnog joda u zraku, tj. u Hrvatskoj ne postoji mogućnost mobilnog praćenja razine joda.



**Slika 14.: Mobilni laboratorij IMI-ja za praćenje radioaktivnosti**

Za upravljanje mobilnim laboratorijem obučena su četiri člana znanstvenog osoblja IMI-ja, koji redovito sudjeluju u vježbama za slučaj opasnosti. Kombi je klimatiziran te opremljen napajanjem od 220V za dugoročno neovisan rad.

Tim za provjeru obaviješten je da IMI trenutačno koristi kombi za praćenje na temelju neformalnog sporazuma; u pripremi je novi sporazum o njegovoj uporabi u slučaju radiološkog izvanrednog događaja, u kojem će se jasnije utvrditi obveze i odgovornosti.

*Tim za provjeru preporučuje IMI-ju da nabavi dodatni mobilni sustav za praćenje radioaktivnog joda u zraku u slučaju opasnosti.*

*Tim za provjeru preporučuje da se rad mobilne opreme za praćenje u slučaju opasnosti propisno formalizira i dokumentira. Takav dokument trebao bi sadržavati i postupke za osposobljavanje osoblja, vježbe i aranžmane za stanje pripravnosti.*

#### 6.4.4 Objekti za terensko praćenje

##### Uzorkovanje zraka

Jedinica za zaštitu od zračenja raspolaže uređajem za uzorkovanje zraka velikog volumena za uzorkovanje aerosola (slika 5.). Uzorak se prikuplja tako da se u uređaju za uzorkovanje velikog volumena (tip ASS-500), postavljenom 1,5 m iznad tla zrak kontinuirano protiskuje kroz celulozni filtar (Petrianov FPP-15-1.5). Protok zraka iznosi otprilike 500 - 750 m<sup>3</sup>/h. Sustav je opremljen brojačem protoka i infracrvenim filtrom za grijanje. Nije utvrđen postupak za kontrolu umjeravanja brojača protoka. Filtri se mjere gama spektroskopijom u laboratoriju IMI-ja.

IMI također ima sustava za uzorkovanje zraka srednjeg volumena – jedan za uzorkovanje čestica i jedan za uzorkovanje joda (uložak za ugljen). Mehanizam za uzimanje uzoraka je identičan i obuhvaća pumpu, brojač protoka i držač uložka za filtar. Sustavi su stari i nisu čvrsto fiksirani (slika 15. i 16.). Pumpe nemaju pričuvni izvor električne energije. Umjeravanje mjeraca protoka ne kontrolira se redovito.



**Slika 15.: Pumpe za uzorkovanje zraka srednjeg volumena u IMI-ju**



**Slika 16.: Brojači protoka za uzorkovanje zraka srednjeg volumena u IMI-ju**

##### Uzorkovanje mokrog taloženja

Uzorci tekućih padalina prikupljaju se na visini od 1 m iznad tla u spremnicima površine 0,25 m<sup>2</sup> i 0,5 m<sup>2</sup> (slika 17.). Uzorci se prikupljaju svaka tri mjeseca u Zagrebu, Zadru i Osijeku, odnosno svakih šest mjeseci u Bjelovaru, Puli, Rijeci i Dubrovniku. Uzorci se mjere gama spektrometrijom. Uzorci za utvrđivanje <sup>90</sup>Sr prikupljaju se svaki mjesec u Zagrebu i svakih šest mjeseci u Osijeku i Zadru.

##### Uzorkovanje suhog taloženja

Uzorci suhog taloženja prikupljaju se svaka tri mjeseca na ploči premazanoj smjesom Vaseline® na površini od 0,0929 m<sup>2</sup> koja se nalazi 1 m iznad tla (slika 18.). Uzorci se mjere gama spektrometrijom.

*Tim za provjeru preporučuje da se u skoroj budućnosti moderniziraju oba sustava za uzorkovanje zraka srednjeg volumena. Potrebno je posvetiti posebnu pozornost točnosti mjerenja ukupnog protoka i pričuvnom napajanju električnom energijom.*

*Tim za provjeru predlaže kontrolu umjeravanja brojača protoka uređaja za uzorkovanje zraka velikog i srednjeg volumena.*



**Slika 17.:** Uređaji za prikupljanje mokrog taloženja u IMI-ju



**Slika 18.:** Uređaji za prikupljanje suhog taloženja u IMI-ju

## 7 ZAKLJUČCI

Sve planirane aktivnosti provjere uspješno su završene. Od velike su koristi bile informacije dostavljene prije posjeta, kao i dodatna dokumentacija primljena tijekom i nakon provjere.

Na temelju dostavljenih informacija i nalaza provjere iznose se sljedeća opažanja:

- (1) Programi za praćenje radioaktivnosti u okolišu u Zagrebu općenito su u skladu sa zahtjevima iz članka 35. Ugovora o Euratomu.
- (2) Aktivnostima provjere utvrđeno je da su objekti potrebni za provedbu trajnog praćenja razina radioaktivnosti u zraku, vodi i tlu u Zagrebu primjereni. Komisija je utvrdila da su ti objekti u funkciji i da rade učinkovito.
- (3) Aktivnostima provjere utvrđeno je da su objekti potrebni za provedbu trajnog praćenja razina radioaktivnosti u zraku, vodi i tlu u Zagrebu u slučaju radiološkog izvanrednog događaja primjereni. Komisija je utvrdila da su ti objekti trajno dostupni.
- (4) Izneseno je nekoliko preporuka i prijedloga. Oni se ponajprije odnose na obnovu opreme za praćenje, postupke kontrole umjeravanja i prethodno planiranje praćenja u izvanrednim situacijama. Ne dovodeći u pitanje te preporuke, provjereni dijelovi sustava praćenja radioaktivnosti u okolišu u Zagrebu u skladu su s odredbama članka 35. Ugovora o Euratomu.
- (5) Preporuke tima navedene su u dokumentu „Glavni zaključci“, koji je upućen hrvatskom nadležnom tijelu preko stalnog predstavnika Hrvatske pri Europskoj uniji.
- (6) Službe Komisije mole hrvatska tijela da do kraja 2021. dostave izvješće o napretku u provedbi preporuka tima i o svim znatnim promjenama u organizaciji sustava praćenja. Na temelju tog izvješća Komisija će razmotriti potrebu za dodatnom provjerom u Hrvatskoj.
- (7) Tim za provjeru potvrđuje da su sve osobe uključene u aktivnosti koje je tim poduzeo tijekom posjeta izvrsno surađivale s timom.

**PROGRAM PROVJERE**

**PROVJERA NA TEMELJU ČLANKA 35. UGOVORA O EURATOMU U HRVATSKOJ (ZAGREB)**

**1. - 3. listopada 2019.**

**Utorak, 1. listopada**

- 8.00 Institut Ruđer Bošković (IRB)  
Laboratorij za radioekologiju (LRE)  
(*Bijenička cesta 54, 10 000 Zagreb*)
- Laboratorij za praćenje okoliša
  - Objekti za terensko praćenje
- 14.00 Uvodni sastanak  
Ministarstvo unutarnjih poslova, Ravnateljstvo civilne zaštite  
(*Nehajaska 5, 10 000 Zagreb*)
- Uvod u program provjere Europske komisije na temelju članka 35.
  - Rasprava o preporukama koje je Komisija dala 2013.
  - Pregled mehanizama praćenja radioaktivnosti u okolišu u Hrvatskoj
  - Pregled mehanizama praćenja radioaktivnosti u okolišu u Zagrebu
  - Plan provjere

**Srijeda, 2. listopada**

- 9.30 Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI)  
Jedinica za zaštitu od zračenja  
(*Petrovaradinska 110, Zagreb*)
- Laboratorij za praćenje okoliša
  - Laboratorij za praćenje hrane
  - Objekti za terensko praćenje
  - Mobilni objekti za praćenje
  - Uzorkovanje zraka
  - Uzorkovanje suhog/mokrog taloženja
  - Mobilni sustavi za praćenje

**Četvrtak, 3. listopada**

- 9.30 Provjera drugih objekata za praćenje okoliša u Zagrebu
- Podatkovni centar mreže za automatsko praćenje brzine doza
  - Doza (TLD) i praćenje brzine doza
  - Mehanizmi za informiranje javnosti
- 14.1 Provjera drugih objekata za praćenje u izvanrednim situacijama u Zagrebu
- Oprema za mjerenje zračenja pripadnika hitnih službi u izvanrednim situacijama
- 15.00 Završni sastanak s nacionalnim nadležnim tijelom  
Ministarstvo unutarnjih poslova, Ravnateljstvo civilne zaštite  
(*Nehajaska 5, 10 000 Zagreb*)