

14. Radioaktivna varnost in sevanja

14.1 Radioaktivni odpadki	197
14.1.1 Nizko in srednje radioaktivni odpadki (NSRAO)	197
14.1.2 Izrabljeno jedrsko gorivo	198
14.2 Nadzor nad viri ionizirnih sevanj in nad delom z njimi	199
14.2.1 Nadzor nad jedrskimi materiali v okolici Krškega, Podgorice in rudnika urana Žirovski Vrh	199
14.2.2 Redni nadzor delavcev, ki delajo z viri ionizirajočih sevanj in virov sevanj	200
14.3 Radioaktivnost v življenjskem okolju (vodi, zraku, padavinah, tleh, hrani)	201
14.4 Naravni in umetni radionuklidi v epifitskih lišajih kot indikatorji	204
14.5 Informacijski sistem in informiranje javnosti	204
Zaključek	205
Izbor indikatorjev	206

14. Radioaktivna varnost in sevanja

V Republiki Sloveniji se posebna pozornost posveča jedrski in radiološki varnosti, predvsem zagotavljanju visoke varnostne ravni NE Krško med njenim načrtovanim delovanjem do leta 2023, po ustavitvi in razgradnji. Problematika jedrske varnosti in varstva pred ionizirajočimi sevanji ne predstavlja splošnega in intenzivnega problema v okolju, vendar pa stanje problematike in narava njenega reševanja ter izredno zanimanje javnosti dajejo temu problemu dodatno dimenzijo.

V Sloveniji so na tem področju odgovorne inštitucije:

Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSVJ) opravlja upravne in strokovne naloge, ki se nanašajo na jedrsko in radiološko varnost jedrskih objektov; na promet, prevoz in ravnanje z jedrskimi in radioaktivnimi materiali; na nadzor in materialno bilanco jedrskih materialov; na fizično zaščito jedrskih materialov in jedrskih objektov; na odgovornost za jedrsko škodo; na usposobljenost uporabnikov jedrskih objektov in njihovo šolanje; na zagotovitev kvalitete s tega področja; na zagotovitev radiološkega monitoringa; na zgodnje obveščanje ob jedrskih in radioloških nesrečah; na mednarodno sodelovanje na področju dela uprave ter na druge naloge, določene s predpisi; nadzoruje izvrševanje zakonov, drugih predpisov in splošnih aktov, ki urejajo področje jedrske varnosti.

Zdravstveni inšpektorat Republike Slovenije nadzoruje izvajanje varstva pred viri ionizirajočih sevanj izvrševanje zakonov, drugih predpisov in splošnih aktov, ki urejajo zdravstveno sanitarno, zdravstveno higiensko ter zdravstveno in ekološko varstvo prebivalstva; izvršuje zdravstveni nadzor nad bivalnim in delovnim okoljem in drugod, kjer je vpliv na človeka neposreden.

Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje opravlja upravne in strokovne naloge, ki se nanašajo na urejanje, priprave in delovanje sistema varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, obveščanje in alarmiranje, reševanje ter na odpravljanje in sanacijo posledic nesreč .

Za izvajanje meritev za varstvo pred ionizirajočim sevanjem sta v Sloveniji pooblaščenca Zavod RS za varstvo pri delu in Institut Jožef Stefan. HMZ je nosilec monitoringa za zgodnje opozarjanje pred povečano radioaktivnostjo.

Jedrski objekti v Sloveniji so:

- Nuklearna elektrarna Krško (NEK)
- Reaktorski center v Podgorici (TRIGA)
- Rudnik Žirovski Vrh (RŽV)

Na osnovi informacij, ki jih posreduje Mednarodna agencija za jedrsko varnost, je v svetu ob koncu leta 1996 obratovalo 442 jedrskih elektrarn v 31 državah. Danes jih je v izgradnji še 36 v 14 državah. Celotno gledano je v svetu 17 držav, ki svojo porabo električne energije pokrivajo 25–odstotkov ali več z električno energijo, pridobljeno v jedrskih elektrarnah. V Sloveniji jedrski delež pokriva 22 %, delež proizvedene električne energije iz jedrske elektrarne pa je 37,9 %. Tudi v Sloveniji nameravamo povečati moč elektrarne za 6 %.

Še zmeraj je v svetu razprava za uporabo jedrske energije za pridobivanje električne energije in proti njej. Prednost pridobivanja elektrike iz jedrske energije se kaže kot izredno majhen vpliv na okolje v primerjavi z elektriko, pridobljeno iz fosilnih goriv, kot so premog, nafta in plin.

Predvsem je zanimiva uporaba jedrske energije v miroljubne namene, saj se poleg pridobivanja električne energije uporablja še za industrijske in medicinske radiografske tehnike, analitske metode, merilnike nivoja in debeline, javljalnike požara, obsevalne tehnike itd.

Diskusija v zvezi z vplivom jedrske energije na okolje poteka v več smeri:

I. Vpliv nesreče v Černobilu na kontaminacijo okolja, pri čemer prihaja veliko nasprotujočih si podatkov, posebej glede žrtev nesreče. Posledice nesreče bodo verjetno bolj znane v naslednjih dvajsetih letih.

II. Druga smer je povezana z odlaganjem radioaktivnih odpadkov. Tehnični in inženirski pristop k reševanju problema odlaganja nizko in srednje radioaktivnih odpadkov je znan, odlaganje je veliko manj problematično kot pri nevarnih kemičnih odpadkih. Končno odlagališča NSRAO v svetu imajo že na Finskem, Švedskem, v Kanadi, ZDA, Franciji, Španiji, Nemčiji, Južnoafriški Republiki in na Japonskem. Za visoko radioaktivne odpadke še ni trajnih odlagališč. Postopki določitev lokacij in tehnologije shranjevanja teh odpadkov še potekajo. V Franciji so izbrali dve lokaciji, na Švedskem, v Nemčiji in ZDA pa po eno, kjer bodo zgradili *t.i.* podzemne laboratorije, v katerih bodo študirali in razvijali tehnologijo globinskega odlaganja radioaktivnih odpadkov.

Zagotavljanje visoke varnostne ravni NE Krško med njenim načrtovanim delovanjem do leta 2023, po ustavitvi in razgradnji je strateškega pomena. Država bo zagotovila najstrožji nadzor nad varnostjo med obratovanjem, pri ustavitvi in razgradnji NE Krško. Pri tem bo upoštevala dosedanje in prihodnje domače in mednarodne varnostne ocene in študije. Splošen konsenz tujih strokovnjakov je, da je jedrska varnost v Sloveniji na nivoju EU.

Najpomembnejša načrtovana vlaganja v jedrsko varnost v prihodnje so:

- Zamenjava uparjalnikov in dvig moči v jedrski elektrarni Krško. Zaradi prekomerne degradacije (obrabe) cevi uparjalnikov je vlada RS sprejela na podlagi sprejete Resolucije o strategiji rabe in oskrbe Slovenije z energijo odločitev za zamenjavo uparjalnikov in odobrila načrt posegov, ki zajema tudi dvig moči za približno 6 %. Zamenjava že poteka.
- Popolni simulator NE Krško.
- Modifikacije in izboljšave varnostnih sistemov ali komponent, ki izhajajo iz rezultatov verjetnostnih varnostnih analiz jedrske elektrarne.

Mednarodne aktivnosti

1. Slovenija sodeluje v programu EU Phare (jedska varnost).

Na mednarodnem področju se je močno okrepilo delo URSJV. Ratificirana sta bila Sporazum med R Slovenijo in R Avstrijo o zgodnji izmenjavi informacij v primeru radiološke nevarnosti in o vprašanih skupnega interesa s področja jedrske varnosti in varstva pred sevanji ter Sporazum med Vlado R Slovenije in Vlado R Madžarske o zgodnji izmenjavi informacij v primeru radiološke nevarnosti. Sporazuma z R Avstrijo avstrijski parlament še ni ratificiral. Ratificiran je bil tudi Sporazum med Vlado R Slovenije in Vlado Kanade o sodelovanju na področju miroljubne uporabe jedrske energije in na njegovi podlagi tudi Upravni dogovor med URSJV in Komisijo za nadzor nad atomsko energijo Kanade.

2. Sodelovanje z Mednarodno agencijo za atomsko energijo (MAAE): Slovenija je oktobra 1996 ratificirala Konvencijo o jedrski varnosti, julija 1997 pa nov sporazum o varovanju (safeguards).

3. Slovenija je članica naslednjih inštrumentov na področju odgovornosti za jedrsko škodo:

- Dunajske konvencije
- Skupnega protokola k Pariški in Dunajski konvenciji

4. Med zasedanjem Generalne konference MAAE je konec septembra 1997 slovenska delegacija podpisala še:

- Skupno konvencijo o varnem ravnanju z izrabljenim jedrskim gorivom in radioaktivnimi odpadki,
- novi konvenciji o odgovornosti za jedrsko škodo

5. Harmonizacija z EU:

Evropska zakonodaja s področja jedrske in radiološke varnosti je zajeta v sklopu Euroatom in bo usklajena z novimi podzakonskimi akti, prav tako pa dve direktivi, ki predpisujeta sevalne standarde živil in izdelkov na trgu in sta zajeti v sklopu zakonodaje skupnega trga.

Strateški cilji in usmeritve Slovenije so vzdrževanje nivoja jedrske varnosti, ki sledi mednarodno sprejetim merilom in v skladu s tem stalno izboljševanje varnostne tehnologije in znanja ter usposobljenosti delavcev v jedrskih objektih ter v upravnem organu, predvsem pa:

- pristop h Konvenciji o varnem ravnanju z radioaktivnimi odpadki;
- pristop k Pariški konvenciji o odgovornosti za jedrsko škodo ali k revidirani Dunajski konvenciji in Protokolu o dopolnilnem financiranju;
- pristop v OECD/NEA;
- sodelovanje v INEX-vajah OECD/NEA;
- sodelovanje v EU/DG XI "Concert Group" – upravnih organov Zahodne in Vzhodne Evrope

14.1 Radioaktivni odpadki

Posebna pozornost se posveča radioaktivnim odpadkom, ki jih delimo glede na njihovo specifično aktivnost, radiotoksičnost in tehnologijo obdelave na:

- nizko radioaktivne (NRAO), srednje radioaktivne (SRAO), visoko radioaktivne (VRAO).

V Sloveniji je ustanovljena *Agencija RAO* z namenom, da poskrbi za trajno in varno končno odložitev radioaktivnih odpadkov. Njena primarna naloga je poiskati lokacijo in zgraditi odlagališče nizko in srednje radioaktivnih odpadkov in pripraviti strokovne ocene na podlagi katerih bi se odložili, kako postopati in ravnati z izrabljenim jedrskih gorivom oz. z visoko radioaktivnimi odpadki. Postopek izbire lokacije za odlagališče NSRAO se je po izboru petih lokacij, ki so v dosedanjem postopku izbora izpolnjevale vse dogovorjene kriterije za površinsko odlagališče, ustavil, ker lokalne skupnosti nasprotujejo izgradnji odlagališča na njihovem območju.

14.1.1 Nizko in srednje radioaktivni odpadki (NSRAO)

Nizko in srednje radioaktivni odpadki se skladiščijo v NE Krško in v Prehodnem skladišču radioaktivnih odpadkov v Podgorici v skladu z veljavno zakonodajo, evidence se vodijo korektno in dosledno. Prehodno skladišče za nizko in srednje radioaktivne odpadke je namenjeno majhnim uporabnikom (v to skupino ne sodita NE Krško in Rudnik Žirovski Vrh).

V NE Krško nizko in srednje radioaktivni odpadki nastajajo pri vzdrževalnih delih, popravilih in čiščenju v nadzorovanem delu elektrarne. Odpadke je potrebno odstraniti in uskladiščiti, da ohranimo elektrarno "čisto" in so delavci elektrarne izpostavljeni čim šibkejšemu sevanju. Radioaktivni odpadki nastajajo tudi pri čiščenju plinastih in tekočih odpadnih snovi iz elektrarne ter primarnega hladila. Vsi ti odpadki so razvrščeni v najnižjo kategorijo radioaktivnih odpadnih snovi (nizko in srednje radioaktivni odpadki brez sevalcev alfa).

V elektrarni se vsi nizko in srednje radioaktivni odpadki (NSRAO) pakirajo v 200 litrske sode, in sicer: nizko aktiven stisljiv odpadki brez dodatne zaščite, preostali odpadki pa se shranijo v sode, ki so od znotraj obloženi z betonsko zaščito.

V letu 1995 so uskladiščili 881 sodov z nizko in srednje radioaktivnimi odpadki. Skupaj jih je v dosedanem obratovanju elektrarne nastalo 10.541 sodov ali 2108 m³. S postopkom superkompaktiranja (stiskanja) sodov, v katerih so stisljivi odpadki, se je zmanjšalo število sodov, s tem pa tudi zasedeni prostor, ki znaša nekaj manj kot 1900 m³. Z uvedbo novih postopkov za zmanjšanje volumna odpadkov pa bi NSRAO lahko še skladiščili v skladišču za 5 do 10 let (tabela 14-1).

V stari italijanski vojašnici v bližini vasice Zavratac so shranjeni radioaktivni odpadki, ki so nastali kot posledica kontaminacije delovnih prostorov z Ra-226 na Onkološkem inštitutu.

Tabela 14-1: Prostornina NSRAO v NEK, izračena kumulativno s številom standardnih (200-litrskih) in SC-sodov (922-litrskih) v obdobju 1982 – 1996 (poročilo URSJV)

Vrsta NSRAO	CW stand. sodov	EB stand. sodov	O stand. sodov	SR stand. sodov	F stand. sodov	LETNI PRIRASTEK sodov	SKUPAJ stand. sodov	SKUPAJ SC-sodov sodov
1982	105	1361	10	4	8	1488 ^a	1488	0
1983	263	1959	27	4	8	773	2261	0
1984	388	2488	100	44	8	767	3028	0
1985	648	2977	152	350	33	1132	4160	0
1986	998	3369	204	499	54	964	5124	0
1987	1220	4044	205	704	57	1106	6230	0
1988	67	4696	103	719	65	1117 ^b	5677	536
1989	311	5210	108	766	65	1037 ^c	6460	617
1990	491	5732	111	831	86	791	7251	617
1991	585	6011	111	831	86	373	7624	617
1992	792	6393	111	870	87	629	8253	617
1993	984	6606	11	952	106	506	8759	617
1994	1116	6739	111	952	25	284	9043	617
1995	1528	7136	114	995	151	881	9924	617
1996	242	145	54	-	20	28	12.324	

opomba A v letu 1982 so vključeni trije sodi tipa odpadkov EB iz leta 1981 z aktivnostjo 8244 E+07 Bq;
opomba B v letu 1988 je bilo opravljeno kompaktiranje 1670 standardnih sodov, od tega 1557 ste CW in 113 vrste O. Kot rezultat je nastalo 536 sodov vrste SC;
opomba C v letu 1989 je bilo opravljeno kompaktiranje 254 standardnih sodov, od tega 219 vrste W, 10 vrste EB in 25 sodov vrste O, kot rezultat pa je nastalo 81 sodov vrste SC.

Vrsta odpadkov:
SR izrabljeni ionski izmenjevalci CW stisljivi odpadki
EB koncentrat izparilnika F filtri
O drugi odpadki SC stisnjeni odpadki

14.1.2 Izrabljeno jedrsko gorivo

Bazen izrabljenega goriva se zaradi daljših gorilnih ciklov polni manj intenzivno, kot je predvideno v projektni fazi. Napovedi so ugodne in kažejo, da bo sedanja zmogljivost zadostovala do leta 2004.

Tabela 14-2: Količine NSRAO v R Sloveniji, december 1996

	količine NSRAO kumulativa		Izrabljeno gorivo v gorivnih elementih kumulativa	
	1995	1996	1995	1996
NEK	1873 m ³	2588	442	470
TRIGA – reaktor Podgorica			130	313
Prehodno skladišče v Podgorici (odpadki v sodih)	okoli 30 m ³	okoli 30 m ³		
Skladišče v Zavrattu	okoli 25 m ³			

Vir: Agencija za radioaktivne odpadke

Tabela 14-2a: Trenutne skladiščne kapacitete, december 1995

NSRAO	Izrabljeno gorivo
NEK	2240 m ³ 828 gorivnih svežnjev
Prehodno skladišče v Podgorici	okoli 800 m ³
TRIGA – reaktor Podgorica	okoli 1000 gorivnih elementov

Vir: Agencija za radioaktivne odpadke

14.2 Nadzor nad viri ionizirnih sevanj in nad delom z njimi

Nadzor nad viri ionizirajočega sevanja in za varstvo pri delu z njimi izvaja Zdravstveni inšpektorat Republike Slovenije (ZIRS). Nadzor obsega jedrske objekte, rudnike, Skladišče radioaktivnih odpadkov v Zavrtaču, turistične jame in okoli 100 delovnih organizacij v gospodarstvu, raziskovalne in izobraževalne ustanove ter zdravstvo: nadzor v klinikah, bolnišnicah ali inštitutih ter ambulante in laboratorije, kjer uporabljajo naprave RTG, pospeševalnike in radioizotope za diagnostiko in terapijo. Zdravstveni inšpektorat nadzoruje tudi izobraževanje iz varstva pred sevanji, izvajanje usmerjenih zdravstvenih pregledov, radon v bivalnem in delovnem okolju, skupaj z Ministrstvom za notranje zadeve pa prevoze radioaktivnih snovi v Sloveniji in preko državnih mejnih prehodov.

14.2.1 Nadzor nad jedrskimi materiali v okolici Krškega, Podgorice in rudnika urana Žirovski Vrh

Izvajanje nadzora jedrskih materialov (safeguards) poteka v skladu s politiko neširjenja jedrske oborožitve. Vsi postopki v Sloveniji potekajo tehnično in administrativno brezhibno in na osnovi veljavne zakonodaje.

Redni nadzor radioaktivnosti v okolici NE Krško

Redni radiološki nadzor NE Krško je določen s Pravilnikom o načinu, obsegu in rokih sistematičnih preiskav kontaminacije z radioaktivnimi snovmi v okolici jedrskih objektov (Ur. l. SFRJ, št. 51/86). Stalen nadzor emisij opravlja radiološka služba NE Krško, redni nadzor imisij in kontrolne meritve emisij pa so opravile zunanje pooblaščenice organizacije: Institut Jožef Stefan, Zavod Republike Slovenije za varstvo pri delu iz Ljubljane in Institut Rudjer Bošković - Centar za istraživanje mora in Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada iz Zagreba. Redni radiološki nadzor Nuklearne elektrarne Krško vsebuje nadzor inventarja tekočih in plinastih izpustov (emisij) ob izvoru ter neodvisen nadzor vnosa radionuklidov v širše okolje (imisij). Nadzorovano področje okolja obsega 12-kilometrski pas okoli objekta, kjer se pričakujejo najvišje vrednosti imisij in je mogoče potencialno najprej zaznati spremembe. Kot referenčne točke, pomembne za neugodno pripravljenost, so v programu vsebovana tudi merilna mesta na Hrvaškem v smeri proti Zagrebu ter zahodno od njega.

Imisije – koncentracija radionuklidov, predvsem obeh cezijevih izotopov (posledica černobilskega onesnaženja) je od leta 1987 precej naglo upadla in se med letom 1988 ustalila na nivoju druge polovice leta 1987, pri poljščinah pa je praktično padla na predčernobilsko raven. To stanje, s tendenco nadaljnjega počasnega upadanja, zlasti prispevkov bolj kratkoživega cezija-134 (z razpolovno dobo 2,06 let), je opaziti tudi v letih 1994 in 1995. Najpomembnejšo vlogo v obremenitvi z umetnimi radionuklidi zaradi splošne kontaminacije okolja je prevzel ponovno stroncij-90, ki je pretežno posledica predčernobilskih atmosferskih eksplozij.

Vse ugotovljive in količinsko ocenjene obremenitve okolja zaradi emisij Nuklearne elektrarne Krško so bile pod upravno dopuščenimi mejnimi vrednostmi. Na osnovi meritve emisij in imisij ter konzervativnih predpostavk je ocenjeni prispevek NEK v letu 1995 k efektivni dozi za referenčnega človeka v okolici NEK manjši od 20 mSv. Ta doza predstavlja manj kot 1 % doze, ki jo človek prejme od naravnih in ostalih umetnih virov sevanja.

S spremljanjem drugih vplivov NE Krško na kakovost vode reke Save in podtalnico so ugotovili, da ni negativnega vpliva obratovanja NE Krško na vodo in favno reke Save v Brežicah.

Redni nadzor radioaktivnosti v okolici Reaktorskega centra Podgorica

Redni radiološki nadzor v okolici Reaktorskega centra Podgorica je določen s Pravilnikom o načinu, obsegu in rokih sistematičnih preiskav kontaminacije z radioaktivnimi snovmi v okolici jedrskih objektov (Ur. l. SFRJ, št. 51/86) - Z2, nadzor opravlja Institut Jožef Stefan. Izpusti radioaktivnih snovi iz Reaktorskega centra Podgorica so bili v letu 1995 približno enaki kot leta 1991, 1992, 1993 in 1994, ko so bili najnižji v celotnem obdobju obratovanja raziskovalnega reaktorja TRIGA. Imisijske vrednosti so bile pod mejo detekcije. Efektivna doza za

referenčnega človeka v okolici Reaktorskega centra je bila ocenjena z modelom preko izmerjenih emisij in je ocenjena v letu 1995 na 1 mSv. Vpliv Reaktorskega centra Podgorica na okolje je zanemarljiv. V letu 1996 so bile razmere podobne.

Redni nadzor radioaktivnosti v okolici rudnika Žirovski Vrh - RUŽV

Rudnik urana Žirovski Vrh je obratoval v času od decembra 1984 do 1. 7. 1990, ko so bila ustavljena vsa rudarska dela in predelava rude. Zakon o trajnem prenehanju izkoriščanja uranove rude, ki je bil sprejet dve leti kasneje (Ur. list RS, št. 36/92), predpisuje radiološki nadzor okolja tudi v času zapiranja rudnika in v obdobju po zaprtju rudnika. Nadzor nad radioaktivnostjo v okolju po prenehanju rudarjenja upošteva, da je rudnik prenehal eksploatacijo uranove rude, da je predelava rude v U-koncentrat ustavljena in da so odlagališča tehnološke jalovine in jamske izkopsnine v pripravljalni fazi pred dokončno sanacijo. Poseben poudarek je na okolici obstoječih odlagališč, zlasti na meritvah radona in meritvah zunanjega sevanja gama ter radioaktivnosti sedimentov. Meritve sta izvajali obe slovenski pooblaščenici organizaciji za izvajanje ukrepov iz varstva pred sevanji, in sicer Institut Jožef Stefan in Zavod RS za varstvo pri delu.

Emisija radionuklidov s tekočimi iztekami se je v zadnjem letu precej zmanjšala, kar velja tudi za celoletne izpuste radona iz jame in jalovišča na Borštu. Obsevna obremenitev okoliškega prebivalstva zaradi prisotnosti nekdanjega rudnika urana (0.37 mSv), ki so jo ocenili za leto 1995, je blizu vrednostim v zadnjih letih obratovanja RUŽV. Prejeta efektivna doza za odrasle prebivalce predstavlja eno tretjino primarne mejne vrednosti 1 mSv na leto za celotno življenjsko obdobje, kot jo predpisuje veljavni pravilnik o mejnih dozah (Ur. list SFRJ, št. 31/89) in tudi najnovejša mednarodna priporočila ICRP 60 (1991). V primerjavi s celotno obremenitvijo predstavlja RUŽV okoli 6 % povprečne obremenitve od naravnega sevanja v tem okolju (okrog 5,5 mSv na leto).

14.2.2 Redni nadzor delavcev, ki delajo z viri ionizirajočih sevanj in virov sevanj

V letu 1995 ni bilo od evidentiranih 3490 delavcev, ki delajo z viri ionizirajočih sevanj, nobene prekoračitve mejne letne doze po naši zakonodaji (50 miliSv), pa tudi novih mednarodnih priporočil (20 mSv) ne. Študija o obremenitvah pacientov pri zunanji medicinski uporabi sevanja je pokazala, da povprečje mejnih vrednosti vhodnih kočnih doz pri izbranih pacientih v Sloveniji v glavnem ne presega priporočil mejnih vrednosti v BSS (Basic Safety Standards) iz leta 1994, razen pri preiskavi prsne hrbtnice. Ocenjujejo, da se je splošno varstvo pred sevanji v Sloveniji izboljšalo glede na stanje iz leta 1994 (tabeli 14-3, 14-11).

Tabela 14-3: Porazdelitev efektivnih doz zunanjega sevanja za vse delavce v Sloveniji v letu 1995 (ZIRS)

	Razpon doz mSv v letu 1995							Število delavcev skupaj
	0-1	1,01-5	5,01-10	10,01-15	15,01- 20	20,01-25	nad 25	
NEK - N	263	72	10	1	1	-	-	347
NEK - Z	258	176	52	15	2	-	-	503
NEK skupaj	521	248	62	16	3	-	-	850
OI	124	18	4	-	1	-	-	147
IJS	169	30	2	-	-	-	-	201
Drugi (ZVD)	1679	470	7	3	1	-	-	2160
Drugi (IJS)	132	-	-	-	-	-	-	132
SKUPAJ	2625	766	75	19	5	-	-	3490

NEK Nuklearna elektrarna Krško
 OI Onkološki inštitut
 IJS Inštitut Jožef Stefan
 ZVD Zavod Republike Slovenije za varstvo pri delu
 N Notranji
 Z Zunanji

Vir: Nadzor nad viri ionizirajočih sevanj in nad delom z njimi – Poročilo za leto 1995, ZIRS, št. 525-01/96-5.

V seznamu v tabeli 14-3 niso navedeni delavci, ki so bili obremenjeni z notranjim obsevanjem zaradi vdihavanja radonovih potomcev ali drugih radionuklidov v delovnem okolju (npr. rudarji ali vodiči v kraških jamah), ker je zanje potrebno uporabiti drugačne dozimetre in metodologijo ocenjevanja prejetih doz.

14.3 Radioaktivnost v življenjskem okolju (vodi, zraku, padavinah, tleh, hrani)

Spremljanje radioaktivnosti v življenjskem okolju Slovenije poteka na podlagi Pravilnika o mestih, metodah in rokih za preiskave kontaminacije z radioaktivnimi snovmi (Ur. l. SFRJ, št. 40/86) ter v skladu s strokovnimi izhodišči, sprejetimi po černobilski nesreči. Poleg tega poteka redno merjenje radioaktivnosti v okolici NE Krško, Reaktorskega centra v Podgorici in Rudnika na Žirovskem Vrhu. URSJV naroča tudi dodatne raziskave, ki dopolnjujejo nacionalni program spremljanja radioaktivnosti v R Sloveniji. Te meritve so skupaj z meritvami, ki so jih opravile in naročile druge organizacije in ki prispevajo k boljšemu pregledu stanja v življenjskem okolju Slovenije, objavljene v poročilih o jedrski in radiološki varnosti v Sloveniji.

Rezultati meritev radioaktivnosti v osnovnih elementih biosfere: zemlji, zraku in padavinah v Sloveniji v letu 1995 ne kažejo bistvenih sprememb v primerjavi z leti 1992, 1993 in 1994. V letu 1995 niso bile prekoračene meje letnega vnosa umetnih radionuklidov. Letne ekvivalentne doze zaradi ingestije naravnih radionuklidov in letne doze zaradi izpostavljenosti zunanjemu sevanju gama so v okviru povprečnih svetovnih vrednosti, navedenih v poročilu UNSCEAR 1988. Vpliv radioaktivnosti v okolici NE Krško in Reaktorskega centra v Podgorici predstavlja manj kot 1% doze, ki jo človek prejme od naravnih in ostalih umetnih virov sevanja.

Meritve radioaktivnih elementov in nekaterih polutantov v slovenskem morju ne kažejo povečanih vsebnosti posameznih kovin v morski vodi in organizmih (tabela 14-4).

V površinskih vodah je prispevek joda iz bolnišnic še zmeraj visok in realno večji od prispevka NE Krško. Ugotovljene so visoke koncentracije radona v pritličnem delu osnovne šole v Ratečah, kjer je predlagan začasen ukrep vsakodnevnega temeljitega prezračevanja prostorov, dolgoročno pa ustrezen gradbeni poseg. Visoke koncentracije radona so ugotovljene tudi v prizemnem ozračju v Kočevju, ki so še enkrat višje od koncentracij na področju rudnika Žirovski Vrh. Srednja vrednost prejetih doz rudarjev v rudniku svinca in cinka Mežica po prvi fazi zapiranja rudnika je bila kar za polovico nižja kot leta 1994, kar je posledica predvsem znižanja koncentracij radona po zalitju najnižjega dela jame z vodo (tabele 14-5, 14-6, 14-7).

Tabela 14-4: Koncentracije radionuklidov v morski vodi

H-3 (Bq/m ³)	1200 ± 600
Sr-90 (Bq/m ³)	24 ± 7
Cs-137 (Bq/m ³)	< 12 MD
K-40 (Bq/m ³)	16.900 ± 500
Pb-210 (Bq/m ³)	< 80 MD
Ra-226 (Bq/m ³)	< 20 MD
U-238 (Bq/m ³)	41,3 ± 1,2

MD - Meja detekcije, izračunana kot 3–kratni standardni odmik ozadja detektorja pri pričakovanem vrhu za merjeni radionuklid.

Vir: Meritve radioaktivnih elementov in nekaterih polutantov v slovenskem morju, IJS-DP-7401, junij 1996

Tabela 14-5: Pregled radionuklidov po letih v tekočih vodah

Reka – Radionuklid	1991	1992	1993	1994	1995
Sava Cs-137 (Bq/m ³)	25	5,1	0,5	0,36	0,26
Sava Ra-226 (Bq/m ³)	14	2,2	6,2	0,75	8,1
Sava J -131 (Bq/m ³)	-	25	330	300	7,5
Sava H-3 (Bq/m ³) *	-	1500	1600	2000	3000
Drava Cs-137 (Bq/m ³)	2,9	1,4	1,2	0,48	0,89
Drava Ra-226 (Bq/m ³)	4,2	1,7	18,0	3,5	1,1
Drava J -131 (Bq/m ³)	-	2,0	< 1,9	1,3	5,5
Drava H-3 (Bq/m ³) *	-	2100	2700	2100	1300
Savinja Cs-137 (Bq/m ³)	-	-	-	0,35	0,49
Savinja Ra-226 (Bq/m ³)	-	-	-	5,1	2,1
Savinja H-3 (Bq/m ³) *	-	-	-	1600	1100

* Napake meritve so velike (> 30 %). Nepojasnjeno je naraščanje tritija v Savi (Laze) v primerjavi z ostalimi slovenskimi rekami.

Viri: Poročila ZVD 1991, 1992, 1993, 1994, 1995 o nadzoru radioaktivnosti v življenjskem okolju

Tabela 14-6: Radioaktivnost tal v Sloveniji – Srednja letna aktivnost Sr-90 v plasti tal globine 0–5 cm, (ZVD, 1995)

Leto	Ljubljana (Bq/m ²)	Kobarid (Bq/m ²)	Murska Sobota (Bq/m ²)
1982	126	222	69
1983	157*	161	43
1984	102	161	48
1985	107	154	56
1986	123	680	115
1987	115	465	90
1988	120	395	84
1989	129	384	89
1990	130	335	81
1991	80	240*	73
1992	82	255	71
1993	93	280	54
1994	77	230	70
1995	71	210	79

* Sprememba mesta vzorčevanja

Potencialni vplivi deponij elektrofilskega pepela na okolje so relativno majhni in obvladljivi, vendar je potrebno raziskavo radiološkega vpliva odlagališča pepela na okolico razširiti še na radiološki nadzor dimnih emisij iz TE–objektov. V vseh vrstah premoga so prisotni naravni radionuklidi (predvsem uran–radijeve razpadne vrste). Pri zgorevanju premoga v termoelektrarni se ti v nastalem pepelu koncentrirajo. Pepel je tako bolj radioaktiven. Človek v okolici odlagališča je lahko temu sevanju izpostavljen na več načinov: vdihuje radioaktivne prašne delce, ki jih veter odnaša s površine odlagališča; uživa vrtno in poljske pridelke, ki so izpostavljeni zapraševanju odlagališča; odložen pepel povečuje zunanje sevanje gama v okolici, poleg tega lahko predstavlja tudi vir radioaktivnega plina radona; radionuklidi iz odločenega pepela se spirajo v površinske vode. V primeru Termoelektrarne Šoštanj (TEŠ) se vode spirajo v Velenjsko jezero in reko Pako.

Tabela 14-7: Radioaktivnost v Sloveniji – Spremljanje aktivnosti Sr-90 v mleku in padavinah (ZVD 1995)

Leto	Mleko Sr-90 (Bq/kg)		Padavine Sr-90 (Bq/m ³)		Padavine (mm)	
	Ljubljana	Kobarid	Ljubljana	Bovec	Ljubljana	Bovec
1984	0,17	0,33	1,1	2	1423	2792
1985	0,19	0,33	0,9	1,9	1611	2855
1986*	0,28	0,81	450	630	1264	2137
1987	0,40	0,87	6,1	12	1528	3316
1988	0,22	0,53	1,8	5,3	1179	2498
1989	0,17	0,38	1,2	3,6	1212	2125
1990	0,19	0,43	0,38	1,1	1334	2865
1991	0,16	0,36	0,48	1,8	1178	2340+
1992	0,22	0,32	0,65	1,2	1434	3164
1993	0,15	0,3	1,4	1,1	1178	2343
1994	0,14	0,22	1,1	1,4	1397	2282
1995	0,12	0,22	0,43	0,60	1404	2549

* Sprememba mesta vzorčevanja
+ Podatek ni popoln - manjka podatek za mesec maj

Tabela 14-8: Radioaktivnost v Sloveniji – Zunanje sevanje gama, Ljubljana, ZVD *

Leto	Skupna doza zunanje sevanja (mikroSv)	Prispevek splošne kontaminacije (mikroSv) **
1988	1080	360
1989	1131	280
1990	994	220
1991	966	190
1992	975	190
1993	904	180
1994	876	146
1995	872	150

* Meritve zunanje sevanja na širšem področju Slovenije so bile uvedene v program meritev šele po černobilski nesreči

** Prispevek splošne kontaminacije (pretežno Černobila) ocenjen po modelu: 30 % časa na prostem, 70 % časa pa vzgrabah s faktorjem atenuacije 0,1.

Vir: Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije za leto 1995, ZVD, Ljubljana, marec 1996

Že nekaj let se opravljajo meritve v bivalnem prostoru in okolju. Ugotovljene so povišane koncentracije radona v nekaterih osnovnih šolah škofjeloškega področja (tabela 14-11). Za eno od teh je predlagan tudi sanacijski gradbeni program. Nenavadno visoke koncentracije radona so ugotovljene tudi na prostem v mestu Kočevje.

Tabela 14-9: Koncentracije naravnih radionuklidov v vzorcih tal v okolici TE Šoštanj

Vzorčevalna mesta	²³⁸ U Bq/kg	²²⁶ Ra Bq/kg	²¹⁰ Pb Bq/kg	²³² Th Bq/kg	⁴⁰ K Bq/kg
Velenje 1	39,5 ± 10,5	56,8 ± 4,0	54,8 ± 9,5	34,1 ± 2,6	413 ± 12
Velenje 2	41,4 ± 6,1	57,8 ± 3,5	33,1 ± 5,3	33,5 ± 2,2	398 ± 7
Škale 1	40,3 ± 10,4	48,4 ± 3,7	70,0 ± 11,3	43,1 ± 3,2	445 ± 15
Škale 2	43,3 ± 13,4	45,9 ± 3,7	38,3 ± 11,9	48,4 ± 3,7	484 ± 16
Travnik ob odlag. 1	30,7 ± 12,8	43,0 ± 3,7	74,0 ± 13,4	42,7 ± 3,5	482 ± 18
Travnik ob odlag. 2	41,5 ± 7,5	45,0 ± 3,2	39,6 ± 8,8	45,6 ± 3,0	497 ± 10
Šoštanj 1	60,2 ± 15,0	63,1 ± 5,0	67,0 ± 14,5	46,7 ± 3,8	505 ± 19
Šoštanj 2	50,0 ± 12,8	50,0 ± 4,0	37,9 ± 12,6	44,5 ± 3,5	485 ± 18
Veliki vrh 1	25,0 ± 6,1	29,9 ± 2,2	56,9 ± 7,1	28,4 ± 2,0	528 ± 10
Veliki vrh 2	25,8 ± 12,4	26,8 ± 2,7	27,6 ± 12,3	28,9 ± 2,7	486 ± 18
Zavodnje 1	21,9 ± 12,6	28,7 ± 3,0	98,8 ± 14,6	35,3 ± 3,1	378 ± 18
Zavodnje 2	22,1 ± 7,7	35,1 ± 2,9	58,9 ± 8,8	37,5 ± 2,9	391 ± 11
Šmartno ob Paki 2	49,9 ± 13,8	52,5 ± 4,2	46,3 ± 14,3	37,2 ± 3,1	473 ± 18
Šmartno ob Paki 1	45,8 ± 7,9	46,4 ± 3,1	52,7 ± 9,3	37,8 ± 2,6	428 ± 9
1	Vzorec vzet na globini 0–5 cm				
2	Vzorec vzet na globini 10–15 cm				

Vir: Radiološki vpliv odlagališča pepela na okolico, Poročilo za leto 1995, ERICo Velenje DP-76/96, februar 1996

Tabela 14-11: Koncentracije radona in zunanje sevanje v šolah v širši okolici Škofje Loke

Šola	četrtletna konc. ²²² Rn (Bqm ⁻³)	trenutne konc. ²²² Rn (Bqm ⁻³)	maks. konc. ²²² Rn (Bqm ⁻³)	zun.sevanje (mSvh ⁻¹)
Reteče	1600	2090	3700	0,235
Podlubnik (pp)	-	657	879	0,116
Bukovščica	570	888	895	0,154
Sorica	310	426	492	0,096
Ostale šole (15)	(89)	80	200	0,099

Vir: Meritve koncentracij radona in njegovih razpadnih produktov ter doz sevanja gama v šolah na širšem področju Žirovskega Vrha, IJS-DP-7237, december 1995

Tabela 14-10: Radon v zraku na prostem, povprečne letne vrednosti – primerjalna tabela

Lokacija	Radon (Bq/m ³)
Svetovno povprečje, UNSCEAR	6
Svetovno povprečje nad celinami	10
Okolica RUŽV	od 18 – 20
Bližina rudnika RUŽV	od 25 – 30
Odlagališče RUŽV	od 60 – 70
Okolica Ljubljane	15
Odlagališče pepela TEŠ	od 10 – 12
Kočevje	80* ; 150**

* izmerjeno dnevno povprečje ob stabilnem vremenu, (ocena za letno povprečje je okrog 40 Bq/m³)

** maksimalne vrednosti ob jutranji inverziji

Tabela 14-12: Statistika prejetih doz sevanja za delavce v Rudniku svinca in cinka Mežica v letih 1994 in 1995

Leto	Število delavcev	Aritmet. sred. vred. (mSv)	Geometr. sred. vred. (mSv)	Standard. deviacija (mSv)	Mediana (mSv)	Območje vrednosti (mSv)
1994	182	27,8	21,6	14,6	28,6	0,2 – 59,4
1995	165	14,1	9,3	10,1	14,5	0,1 – 37,2

Vir: Poročila Rudniku svinca in cinka Mežica o prejetih dozah v letih 1994 in 1995, obdelava podatkov URSJV

14.4 Naravni in umetni radionuklidi v epifitskih lišajih kot indikatorji

Epifitski lišaji so zaradi specifične zgradbe, ki jim omogoča sprejemanje vode in mineralnih snovi neposredno iz zraka oziroma preko padavin (so brez korenin in krovnih tkiv), ter velike akumulacijske sposobnosti za kovine in radionuklide je dolgo znani in uveljavljeni biološki indikatorji oziroma monitorji zračnega onesnaženja.

Specifična aktivnost ^{137}Cs (1) in ^{210}Pb (2) ter koncentracijski razredi urana (3) in torija (4) v steljkah lišajske vrste *Hypogymnia physodes* na področju Slovenije. Specifične aktivnosti oz. koncentracije so razdeljene v 7 razredov, ki so bili določeni na osnovi percentilnih vrednosti (0–10, 10–30, 30–50, 50–70, 70–90, 90–95, 95–100) in izrisani s pomočjo programa Surfer for Windows.

14.5 Informacijski sistem in informiranje javnosti

Posebna pozornost se posveča informiranju javnosti. Osnovni vrednoti, ki jih URSJV upošteva pri informiranju javnosti, sta odprtost in verodostojnost informacij. URSJV poskuša tehtno in zanesljivo informacijo posredovati zainteresiranim skupinam, medijem in državljanom preko tiskovnih konferenc, izjav za tisk, s sodelovanjem v medijskih diskusijah, aktivnim sodelovanjem na domačih in mednarodnih srečanjih, simpozijih in kongresih, z izdajanjem publikacij, obveščanjem preko interneta ter z neposrednimi stiki z zainteresiranimi.

Poteka priprava izdaje prevoda Osnov varnostnih standardov (Basic Safety Standards) Mednarodne agencije za atomsko energijo. Tudi nova zakonodaja bo v skladu s standardi.

Po nesreči na Otoku treh milj potekajo intenzivna dela za izboljšanje jedrske varnosti v skladu z mednarodnimi priporočili in zahtevami. Po nesreči v Černobilu se postavljajo informacijski sistemi v okviru Konvencije o zgodnjem obveščanju v primeru jedrske nesreče. Potekajo tudi aktivnosti, povezane z dodelavo in posodobitvijo načrta ukrepov ob izrednih dogodkih. Slovenija sodeluje v sklopu vaj, ki jih organizira Agencija za jedrsko energijo pri Organizaciji za ekonomsko sodelovanje in razvoj (OECD/NEA).

Zaključek

Splošen konsenz tujih strokovnjakov je, da je jedrska varnost v Sloveniji na nivoju EU.

Strategija ravnanja z izrabljenim jedrskim gorivom je pripravljena. Potekajo tudi dejavnosti za izbiro lokacije za odlagališče NSRAO.

Končno odlaganje RAO v Sloveniji še ni rešeno. Nizko radioaktivne in srednje radioaktivne odpadke (NSRAO), ki nastajajo v Nuklearni elektrarni Krško (NEK), začasno skladiščijo v samem objektu, druge, razen odpadkov iz rudnika Žirovski Vrh, pa v Republiškem prehodnem skladišču v Podgorici. V začasnem skladišču v Zavrtaču so tudi shranjeni NRAO. Postopek izbire lokacije za odlagališče NSRAO se je po izboru petih lokacij, ki so v dosedanem postopku izbora izpolnjevale vse dogovorjene kriterije za površinsko odlagališče, ustavil, ker lokalne skupnosti nasprotujejo gradnji odlagališča na njihovem območju.

Vse ugotovljive in količinsko ocenjene obremenitve okolja zaradi emisij Nuklearne elektrarne Krško so bile pod upravno dopuščenimi mejnimi vrednostmi. Na osnovi meritev emisij in imisij ter konzervativnih predpostavk je ocenjen prispevek NEK v letu 1995 k efektivni dozi za referenčnega človeka v okolici NEK manjši od 20 mSv. Ta doza predstavlja manj kot 1 % doze, ki jo človek prejme od naravnih in ostalih umetnih virov sevanja. Z nadzorom so ugotovili vplive NE Krško na kakovost vode reke Save in podtalnico, da ni negativnega vpliva obratovanja NE Krško na vodo in favno reke Save v Brežicah.

Vpliv Reaktorskega centra Podgorica na okolje je zanemarljiv. Emisija radionuklidov s tekočimi iztekami v okolici rudnika urana Žirovski Vrh, se je v zadnjem letu precej zmanjšala, kar velja tudi za celoletne izpuste radona iz jame in jalovišča na Borštu.

V primerjavi s celotno obremenitvijo predstavlja RUŽV okoli 6 % povprečne obremenitve od naravnega sevanja v tem okolju (okrog 5.5 mSv na leto).

Rezultati meritev radioaktivnosti v osnovnih elementih biosfere (zemlja, zrak in padavine) v Sloveniji v letu 1995 ne kažejo bistvenih sprememb v primerjavi z leti 1992, 1993 in 1994. V letu 1995 niso bile prekoračene meje letnega vnosa umetnih radionuklidov. Letne ekvivalentne doze zaradi ingestije naravnih radionuklidov in letne doze zaradi izpostavljenosti zunanemu sevanju gama so v okviru povprečnih svetovnih vrednosti, navedenih v poročilu UNSCEAR 1988. Ugotovljene so povišane koncentracije radona v nekaterih osnovnih šolah škofjeloškega področja.

Izbor indikatorjev

Kazalci jedrske in radiološke varnosti	(Leto) 1996	Povprečje	skupaj
Razpoložljivost (%)	81,32	81,02	
Izkoriščenost (%)	80,22	76,58	
Faktor prisilne ustavitve (%)	0,07	1,66	
Realizirana proizvodnja (GWh)	4368,7	4152	
Ustavitve - ročne (št. ustavitvev)	1	4,57	
Ustavitve - avtomatske (št. ustavitvev)	2	2,73	
Poročila o izrednih dogodkih (št. poročil)	2	4,3	
Trajanje remonta (dnevi)	41,17	64,63	
Kontaminacija primarnega hladila, 13 cycle, (g urana)	18,80		
Faktor zanesljivosti goriva (FRI) (GBq/m ³)	0,08		
Volumen NSRAO (m ³) od leta 1983	185	172	1973
Kolektivna efektivna doza (manSv)	2,01	2,09	
Aktivnost izpuščenega H-3 (TBq)	9,3	11,7	
Aktivnost izpustov brez H-3 (GBq)	7,9	4,1	
Aktivnost Co-60 v tekočih izpustih (GBq)	0,25	0,82	
Aktivnost Cs-137 v tekočih izpustih (GBq)	0,05	0,53	
Aktivnost J-131 v tekočih izpustih (MBq)	13,2	34,23	
Aktivnost izpustov lahkih plinov (TBq)	12,6	4,6	
Aktivnost C-14 v plinskih emisijah (TBq)	0,05	0,18	
Aktivnost H-3 v plinskih emisijah (TBq)	1,2	1,53	
Zunanje sevanje - letna doza (mSv)	800		

Viri:

Poročilo o jedrski in radiološki varnosti v letu 1994 v Republiki Sloveniji

Poročilo o jedrski in radiološki varnosti v letu 1995 v Republiki Sloveniji

Poročilo o jedrski in radiološki varnosti v letu 1996 v Republiki Sloveniji

Naravni in umetni radionuklidi v epifitskih lišajih, Proc. of Radiation Protection in Neighbouring Countries in Central Europe - 1995, Portorož, Sept. 4-8, 1995.