

Utjecaj povećane radioaktivnosti na radiološku kontaminaciju mlijeka*

Mr. Marin CINDRIĆ, Karlovačka industrija mlijeka »KIM«, Karlovac

Izvorni znanstveni rad — Original scientific paper
Prispjelo: 20. 8. 1991.

UDK:637.04

Sažetak

Posljedice kvara na reaktoru nuklearne elektrane u Černobylyu 26. travnja 1986. godine bile su povodom istraživanju kojim se na temelju određivanja radionuklida ^{131}I u sirovom mlijeku s otkupnog područja Karlovačke industrije mlijeka i s područja Like valjalo utvrditi efikasan sustav zaštite stanovništva od opasnosti konzumiranja kontaminiranog mlijeka i mliječnih proizvoda.

U razdoblju od 1. do 30. svibnja 1986. kretala se specifična aktivnost ^{131}I u sirovom mlijeku s otkupnog područja Karlovačke mljekare od 15 do 351 Bq/l, a u razdoblju od 8. do 19. svibnja u uzorcima mlijeka s područja Like od 394 do 1154 Bq/l.

Predlaže se shema organizacije i tehnološki postupak koji bi u eventualnoj sličnoj opasnosti osigurali što bolju zaštitu stanovništva.

Natuknice: radionuklid ^{131}I , specifična aktivnost ^{131}I u mlijeku, planiranje zaštite stanovništva

Uvod

Suvremena nuklearna tehnika i njeno korištenje u različite svrhe nameće potrebu poznavanja zakonitosti na kojima ona temelji kao i potrebu iznalaženja zaštitnih mjera i sredstava za smanjenje opasnosti po ljude i druge biološke populacije.

Primjena nuklearne energije, radioaktivnog zračenja i radioaktivnih tvari proširila se na različita područja djelatnosti, što predstavlja potencijalnu i realnu opasnost od lokalnih i općih zagađenja.

Razvoj nuklearne energetike kao izvora električne energije stimulira činjenica da su zalihe fosilnih goriva iz prošlih geoloških epoha — ugljena, nafte i prirodnog plina — ograničene i da će se u doglednoj budućnosti iscrpiti.

U principu isto važi i za hidroenergetske potencijale, pa će se u slijedećih sto godina pojaviti ozbiljan nedostatak energije iz tih izvora.

* Izvod iz magistarskog rada obranjenog na Fakultetu poljoprivrednih znanosti u Zagrebu 1989. godine

Sigurnost postignuta u radu s radioaktivnim tvarima znatna je, a mjere zaštite određene posebno u primjeni nuklearne energije izuzetno su stroge, ali se ipak ne može isključiti opasnost od ispuštanja radioaktivnih tvari u okolinu, mogućnost radiološke nezgode i primjena nuklearnog oružja. Sve to uključuje i mogućnost učinaka štetnih po zdravlje ljudi.

Prije nuklearne ere čovjek je bio izložen samo prirodnom zračenju kozmičke i terestrijalne prirode.

Najveći je dio stanovništva izložen dozi zračenja iz prirodne sredine od oko 2 m Sv godišnje.

Tehnički je napredak pridonio povećanju zračenja i radionuklidima stvorenim na umjetni način, koji su brojni i takvih karakteristika da se ne smiju zanemariti kad su u pitanju zdravlje i život ljudi.

Opasnost po zdravlje ljudi izazvana ispuštanjem određenih količina radionuklida u okoliš ne zavisi samo o radioaktivnosti i količini, nego i o njihovoj daljnjoj sudbini u okolišu.

Nekontrolirano ispuštanje radioaktivnih tvari za nuklearnih nezgoda dodatna je opasnost, pa valja posebnu pažnju posvetiti eksternoj i internoj kontaminaciji ljudskog organizma u tim uvjetima.

Doze apsorbirane zbog prisustva radionuklida u zraku, vodi i hrani integralni su dio ukupne doze koju čovjek prima u svim uvjetima i vrstama ekspozicije.

Svrha je rada razmatranje i definiranje efikasnog sustava zaštite stanovništva od opasnosti uvjetovane ingestijom radionuklida iz kontaminiranog mlijeka i mliječnih proizvoda.

Analiziraju se mjere i postupci koji su bili poduzeti i oni koje je trebalo poduzeti u okviru programa zaštite stanovništva od radioaktivnih tvari poslije kvara na reaktoru nuklearne elektrane u Černobylyu 26. travnja 1986. godine.

Pošavši od hipoteze da uspjeh zaštite od radionuklida iz kontaminiranog mlijeka ovisi o brzini kojom se saznaje obim koncentracije kontaminanta ¹³¹I te postupku kojim se ta koncentracija svodi na podnosivu predlažu se organizacione sheme i postupci koji bi u eventualnim sličnim događajima funkcionirali na znanstveno i stručno utemeljenoj razini.

Mljekara je važna karika u shemi translokacije radionuklida u organizam čovjeka, jer se radionuklidi koncentriraju u mlijeku. Iako mlijekom ne prolazi jedini put radioaktivnih izotopa u organizam, radi se ipak o kritičnom radionuklidu i kritičnom putu, te kritičnim dijelovima populacije ljudi, koje se pretežno hrane mlijekom.

Plan i metode rada

Uzorci za određivanje specifične aktivnosti gama-emitera u mlijeku, mliječnim proizvodima i stočnoj hrani sakupljani su svakodnevno, a mjerenje je provedeno direktno u posebno konstruiranoj posudi (Marinelli posuda).

Uzorci mlijeka se sakupljaju svakog dana i spaljuju infracrvenim lampama. Od tih svakodnevnih uzoraka priprema se prosječan mjesečni uzorak za određivanje ¹³⁴Cs i ¹³⁷Cs poslije spaljivanja (450 °C) ili ⁸⁹Sr i ⁹⁰Sr poslije intenzivnijeg spaljivanja (650 °) (Procedures Manual, 1983).

Specifična aktivnost gama-emitera mjerena je Ge (Li) detektorom s 4096-kanalnim analizatorom, a specifična aktivnost pojedinog radionuklida određena je iz spektra ovisno o emitiranoj energiji gama-zraka (Alpha-, Beta- and Gamma-Ray Spectroscopy, 1965).

Beta-aktivnost uzoraka mjerena je antikoincidentnim GM detektorom »Philips« s vrlo niskim osnovnim brojenjem i imp/min, efikasnosti 22,7%, LLD₉₅ 0,209 imp/min. (Draganić, 1981).

Analiza uzoraka izvedena je u »Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada«.

Na temelju rezultata analiza i zapažanja, te iskustva drugih, a u namjeri da se što bolje zaštititi stanovništvo od rizika što ih donosi ingestija radionuklida kontaminiranom hranom, posebno mlijekom, predlažu se tehnološki procesi i organizacione sheme koje bi djelovale na znanstveno i stručno utemeljenoj razini.

Rezultati

Rezultate određivanja aktivnosti ¹³¹I u sirovom mlijeku s otkupnog područja Mljekare »KIM« te s područja Like prikazuju Tabela 1. i histogrami 1 i 2, a rezultate utvrđivanja aktivnosti ¹³¹I u nekim mliječnim proizvodima Tabela 2.

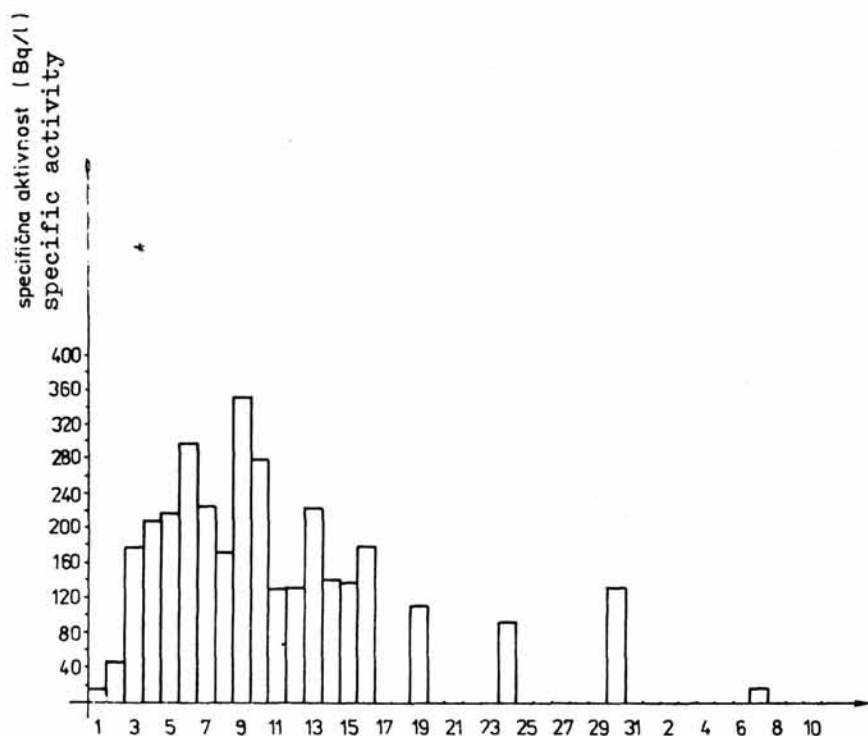
Tabela 1. Specifična aktivnost ¹³¹I u sirovom mlijeku

a) s otkupnog područja »KIM« b) s područja Like

Table 1 Specific activity of ¹³¹I in raw milk

a) from milk collecting area of »KIM« b) collected in the area of Lika

Broj uzoraka N ^o of sample	Datum uzimanja uzorka Date of sampling	Bq/l	
		a)	b)
1.	01. 05. 1986.	15	
2.	02. 05. 1986.	45	
3.	03. 05. 1986.	175	
4.	04. 05. 1986.	206	
5.	05. 05. 1986.	214	
6.	06. 05. 1986.	297	
7.	07. 05. 1986.	226,5	
8.	08. 05. 1986.	172	543
9.	09. 05. 1986.	351	418
10.	10. 05. 1986.	277	772
11.	11. 05. 1986.	127	1154
12.	12. 05. 1986.	128	607
13.	13. 05. 1986.	223	985
14.	14. 05. 1986.	140	778
15.	15. 05. 1986.	135	547
16.	16. 05. 1986.	174	558
17.	19. 05. 1986.	112	394
18.	24. 05. 1986.	87	
19.	30. 05. 1986.	132	
20.	20. 05. 1986.	15	

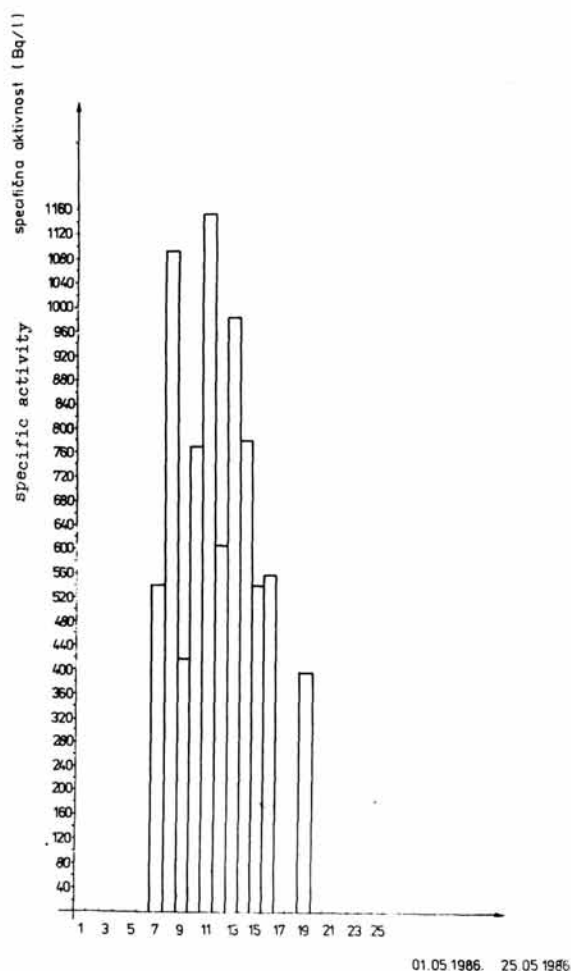


01.05.1986. – 10.06.1986

Histogram 1. Specifična aktivnost ¹³¹I u sirovom mlijeku s otkupnog područja »KIM« Karlovac
Specific activity of ¹³¹I in raw milk from collecting area of »KIM« Karlovac

Tabela 2. Specifična aktivnost ¹³¹I u nekim mliječnim proizvodima »KIM« Karlovac
Table 2. Specific activity of ¹³¹I in some milk products manufactured in Creamery »KIM« Karlovac

Datum Date 1986.	Jogurt Yoghurt	Kiselo vrhnje 12% masti cultured cream 12% fat	Kiselo vrhnje 20% masti cultured cream 20% fat	Kiselo mlijeko cultured milk
03. 05.	48			
05. 05.	78	51	100	
06. 05.				170
07. 05.		220		
08. 05.		120	180	



Histogram 2. Specifična aktivnost ^{131}I u sirovom mlijeku s područja Like
Specific activity of ^{131}I in raw milk collected in the area of Lika

Kontaminaciju mlijeka radionuklidima na području sabiranja Karlovačke mljekare umanjilo se zabranom izгона muzara na pašu, odnosno zabranom hranjenja krava svježom krmom.

Miješanjem kontaminiranog mlijeka s mlijekom rekonstituiranim od mlijeka u prahu besprijekorne kvalitete u omjeru 1 : 1 postiglo se smanjenje specifične aktivnosti radioaktivnih sastojaka.

Rezultati analiza, zapažanja, provođenja mjera i tehnoloških zahvata poslužili su kao temelj prijedloga cjelovitog sustava koji bi osiguravao smanjenje razine kontaminacije mlijeka, ublažio razlike između pojedinih područja, spasio vrijednu supstancu i zaštitio stanovništvo.

Diskusija

Količina radionuklida u mlijeku rezultat je dvije skupine činilaca. Prva skupina uključuje sve okolnosti vezane za nastanak radioaktivnog oblaka, njegov dolazak nad određeni teritorij i kontaminaciju životne sredine. Na ove se činioce nije moglo efikasno utjecati. Drugu skupinu okolnosti čine smišljene aktivnosti kojima se mora umanjiti radioaktivnost mlijeka.

Količina radionuklida u mlijeku u času dopreme mlijeka u mljekaru osnovni je podatak na kome temelje svi daljnji postupci s mlijekom i mlječnim proizvodima.

O toj količini ovise i temeljne odrednice za razmatranje uloge mljekare u lancu translokacije radionuklida do potrošača mlijeka i mlječnih proizvoda.

Istraživanja Nevenke Lokobauer (1988) u učincima akcidenta u Černo-bylyu na stanovništvo Hrvatske ukazuju na važnost mlijeka u ukupnom unosu radionuklida u organizam ljudi. Kritične prehrambene komponente u prvom mjesecu nakon nezgode bile su mlijeko i lisnato povrće, a kritični radionuklid ^{131}I .

Od tri analizirane dobne skupine stanovnika kritičan su dio populacije bila djeca jedne godine starosti. Ona su, prema procjeni, više od 70% ukupne doze ^{131}I unijela u organizam s mlijekom u mjesecu svibnju. Prosječna populacija Hrvatske nije primila dozu zračenja veću od dozvoljene prema stavu Međunarodne komisije za radiološku zaštitu (ICRP Publication 43, 1977).

Eksperiment izvanredno velikih razmjera obavezuje da se analiziraju mjere i postupci koji su se poduzeli i koje bi valjalo poduzeti u okviru programa zaštite stanovništva od zračenja.

Rezultati iz izvještaja Znanstvenog komiteta UN o efektima atomske radijacije (1988) pripremljenog za zasjedanje Generalne skupštine UN ukazuju da na dijagramu »ekvivalentnih doza za tireoideu djece« Jugoslavija zauzima peto mjesto, a na dijagramu za odrasle prvo mjesto, dok joj na dijagramu »prosječne ekvivalentne doze« prve godine poslije akcidenta pripada šesto mjesto.

Mlijeko je važna karika u lancu, jer je to namirnica u kojoj se radionuklidi sakupljaju, a mljekare u potpunosti kontroliraju proizvodnju, preradu i promet mlijekom i mlječnim proizvodima.

Na primjeru Karlovačke industrije mlijeka u pravom se svjetlu pokazuju pozitivni i negativni predznaci koji su doveli do zabilježenih rezultata s aspekta mljekarske industrije.

Za uspjeh operacije zaštite stanovništva najvažniji je dosljedan i cjelovit pristup problemu, pa ako se izostavi i jedna faza, dovodi se u pitanje uspjeh operacije.

To prije svega znači da se mora spriječiti hranidba krava kontaminiranom hranom. Zbog toga je prva poduzeta mjera bilo upozorenje proizvođačima mlijeka da krave ne puštaju na pašu. Upozorenje su najprije saopćili radnici mljekare na sabirnim mjestima, zatim je uslijedila pismena obavijest, a upozorenje je emitirala i lokalna radiostanica.

Poslije analize stanja u mljekari se odlučilo da prijem mlijeka ne mijenja postupak, te da se mlijeko obradi termički, i uskladišti u spremnike. Pri tome se mlijeko grupiralo prema otkupnim područjima. Iz spremnika su se uzimali uzorci.

Kad su rezultati analiza omogućili pregled stanja, upućivalo se mlijeko najmanje radioaktivno na preradu u konzumno mlijeko. Iz rezervi ispravnog mlijeka u prahu pripremilo se rekonstituirano mlijeko s kojim se miješalo svježe kontaminirano u omjeru 1:1, pa se svako i najniže radioaktivno opterećenje smanjilo za 50%.

Tako se postupalo za sve vrijeme krize bez obzira na dozvoljene norme.

Ostalo se mlijeko prerađivalo u prah ili kratkotrajno sterilizirane proizvode. Maksimalna vrijednost za mlijeko s otkupnog područja mljekare KIM iznosila je 351 Bq/l ¹³¹I. Za preradu u mlijeko u prahu dostavljalo se mlijeko iz drugih mljekara vrijednosti 1000 Bq/l. To je jedna od većih vrijednosti zabilježena u Evropi (Web et al., 1986).

Na temelju stečenih iskustava i saznanja stranih autora predlažu se opća koncepcija i obrasci za rad u proizvodnji i preradi mlijeka u uvjetima radiološke kontaminacije.

Polazne točke za sve aktivnosti su izvođenje odgovarajućih mjera na temelju kojih se donose odluke.

Ukoliko do eventualne kontaminacije dođe u razdoblju vegetacije, mora se spriječiti izlazak krava na pašu. Odgovornost za provođenje te mjere moraju preuzeti organizacije uprave koje ih mogu i propisati. Međutim, nije dovoljna sama zabrana, jer se moraju aktivirati materijalne rezerve i staviti ih na raspoloženje proizvođačima mlijeka koji nemaju rezervi stočne hrane, odnosno potrebno je nadoknaditi štetu nastalu trošenjem sušene hrane umjesto zelene ispaše.

Kad se mlijeko preuzme u mljekari valja ga zadržati u spremnicima i prije raspodjele za preradu sačekati podatke o razini radioaktivnosti.

Ako je mlijeko kontaminirano iznad dozvoljenih granica, smjesta treba organizirati snabdjevanje stanovništva mlijekom i mliječnim proizvodima proizvedenim od besprijekornog sirovog mlijeka. Proces prerade kontaminiranog mlijeka treba usmjeriti tako da se radionuklidi eliminiraju iz proizvoda, odnosno da se proizvode mliječni proizvodi minimalno kontaminirani.

Problemima prelaza i prenosa radionuklida u mliječne proizvode bavili su se posebno Asemakopoulos i sur. (1986), te Wilson i sur. (1988).

Asemakopoulos i sur. (1986) uočavaju razlike u ponašanju joda i cezija u vrijeme prerade mlijeka te u rasporedu tih elemenata u proizvode i nusproizvode. Jod se u proizvode raspoređuje jednoliko, a cezij se koncentrira u vodenim otopinama nusproizvoda. Jod tvori kovalentne veze s organskim tvarima pa to priječi njegov prelaz u vodenu fazu u ionskom obliku.

Wilson i sur. (1988) ukazuju da u tvrdi sir od kravljeg mlijeka ulazi 4,5% radioaktivnog cezija prisutnog u mlijeku, u vrhnje 2,7%, a u maslacu ga ostaje 0,4%. U gršu od obranog mlijeka ostaje manje od 5% cezija.

Ovi rezultati mogu poslužiti prilikom predlaganja shema za preradu kontaminiranog mlijeka.

Mljekare u našoj zemlji nemaju isti asortiman proizvoda, opremljene su različitom opremom i općenito uzevši raspoložu dovoljnim preradbenim kapacitetima.

Za formiranje potencijalnih grupacija mljekara u posebnim okolnostima prvi je kriterij komplementarna oprema, odnosno proizvodni program. Drugi je kriterij udaljenost mljekara, kako bi se mlijeko moglo transportirati iz jedne u drugu u okviru razumnih troškova prijevoza.

Stručnjaci mljekare bi trebali formirati radnu grupu koja bi djelovala u slučaju izvanrednih prilika. Zadatak bi joj bio da na temelju podataka o radioaktivnosti i zastupljenosti pojedinih radionuklida donosi operativne odluke i upravlja usmjeravanjem mlijeka na preradu kao i snabdijevanjem stanovništva ispravnim konzumnim mlijekom.

Kako su sijeno i silaža spremljeni ljeti kontaminirani, a da zimi ne bi ponovno došlo do kontaminacije mlijeka iznad dozvoljene granice, valja povesti računa o hranidbi krava. Dio kontaminirane hrane valja zamijeniti radiološki čistom, eventualno iz drugog ili trećeg otkosa (Pfa u et., al. 1986).

To je razlog zbog kojeg valja pratiti radiološku situaciju usjeva i stočne hrane i poznavati koeficijente prijelaza radionuklida iz hrane u tkiva i mlijeko.

Zaključak

Rezultati praćenja kontaminacije radionuklidima u mlijeku s otkupnog područja KIM-a u vrijeme černobilskog akcidenta ukazuju da su bile povećane količine ^{131}I , ali u granicama koje je propisao Savezni komitet za zdravstvo, te u granicama biološke podnosivosti.

Analiza postignutih rezultata i aktivnosti poduzetih u to doba navode na potrebu definiranja određenih pravila za rad u takvim i sličnim uvjetima.

U slučaju opasnosti od kontaminacije mlijeka radionuklidima potrebno je određeno znanje te koncepcija koja se odnosi na mjere i postupke na više razina.

1. Rad na otkupnom području, kontrola razine kontaminacije životne sredine i kontrola translokacije radionuklida u mlijeku
2. Organizacione mjere i tehnološki postupci u mljekari s namjerom da proizvodi ne sadrže radionuklida više od dozvoljenih granica.
3. Koordinacija aktivnosti i suradnje između mljekara s komplementarnim kapacitetima na određenom teritoriju s istom namjerom.
4. Intenzivna suradnja s ovlaštenim i mjerodavnim institucijama koje se bave zaštitom od zračenja.
5. Suradnja s organima uprave na svim razinama i rad prema zajedničkim unaprijed pripremljenim shemama i planovima za takve akcidentne situacije.

Takav cjelovit sustav omogućio bi da se smanji razina kontaminacije, ublaže regionalne razlike, spasi vrijedna supstanca i zaštiti stanovništvo.

INFLUENCE OF INCREASED RADIOACTIVITY ON RADIOLOGICAL MILK CONTAMINATION

Summary

Radiation consequences of the Chernobyl accident of 26th April 1986 initiated the study on radioiodine activity in raw milk samples taken in milk collecting area of Creamery Karlovac (KIM) and in the area of Lika on purpose to establish an effective system for population protection from consumption of contaminated milk and dairy products.

Specific activity of ^{131}I in raw milk samples varied from 15 to 351 Bq/l during the period from the 1st to 31th May 1986 in KIM collecting area, and in samples taken between 8th to 19th May in the area of Lika from 394 to 1154 Bq/l.

A scheme of organization and technological process for effective public protection in eventual future radiological emergency events is given.

Additional index words: radioiodine, specific activity in milk, suggestions for population protection.

Literatura

- Alpha-, Beta- and Gamma-Ray Spectroscopy (1965): Editor: Seigbahn K. Nord Holland Publishing Co. Amsterdam
- ASEMAKOPOULOS, P. A. IOANNIDES, K. G. PAKOU, A. A. PAPADOPULOU, H. V. (1986): Transport of the radioisotopes ^{131}I , ^{134}Cs and ^{137}Cs from milk to other milk products. *Deltion tes Ellenikes Kteniatiikes Etaireias* 37 (4), 227–233.
- BARNES, D. W. H. et al. (1979): ^{90}Sr induced osteosarcomas in radiation chimaeras. *Inst. J. Radiat. Biol.* 18, 531–537.
- DRAGANIĆ, I. (1981): Radioaktivni izotopi i zračenja Institut za nuklearne nauke »Boris Kidrič« Vinča, Centar za permanentno obrazovanje »Škola«, Beograd.
- EML Procedures Manual (1983) Environmental Measurements Laboratory, US Department of Energy, New York.
- GHAHREMANI, G. G. et al. (1971): New normal values for thyroid uptake of radioactive iodine. *J. Am. Med. Ass.* 217, 337–339.
- GÜNTHER, R. (1986): Tschernobyl und die Entschädigung der Landwirte für die Folgen behördlicher Massnahmen zur Gefahrabwer Agrarrecht, 16 (7), 189–192.
- GYTON, A. C. (1978): Medicinska fiziologija. Medicinska knjiga, Beograd – Zagreb, 1017.
- HOLDEN, C. (1982): Potassium iodine and nuclear accidents. *Science* 218, 1485.
- ICRP (1965): Principles of Environmental Monitoring Related to the Handling of Radioactive Materials ICRP Publication 7. Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1986): Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Population ICRP Publication 43 Pergamon Press, Oxford.
- LOKOBAUER, Nevenka (1988): Radio aktivna kontaminacija i procjena rizika nakon nuklearnog akcidenta Disertacija, Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Zagreb.
- PFAU, A, MARIENSE, R., HEINRICH, H. C. (1986): Winterfütterung nach Tschernobyl (II) Einfache Massnahmen helfen die Strahlenbelastung von Milch und Rindfleisch zu begrenzen. *DLG Mitteilungen* 101 (21) 1150–1151.
- ROINER, F. (1987): Dekontamination von Milch und Milchprodukten, die radioaktiv belastet sind. *Deutsche Milchwirtschaft*, 38 (39) 1424–1426.
- United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation (1988): Sources, Effects and Risk of Ionizing Radiation 1988 Report to General Assembly with Annexes United Nations, New York.
- WEBB, G. A. G., SIMMONDS, J. R., WILKINS, B. T. (1986) Radiations Levels in eastern Europe. *Nature*, 321 (6073) 821–822.
- WILSON, L. G., BOTTOMLEY, R. C., SUTTON, P. M., SISK, C. H. (1988): Transfer of radioactive contamination from milk to commercial dairy products. *Journal of the Society of Dairy Technology UK* 41 (1) 10–13.