

NUKLEARNA FORENZIKA KAO SAVREMENI IZAZOV KRIMINALISTIKE I BEZBEDNOSTI

Nenad Bingulac¹, Dalibor Krstinić², Dejan Logarušić³, Vladimir Šipovac⁴, Livija Panić Miletić⁵

^{1,2,3,4,5} Univerzitet Privredna akademija, Pravni fakultet za privredu i pravosuđe, Novi Sad, Srbija

¹nbingulac@pravni-fakultet.info, ²krstinicdalibor@gmail.com, ³dejan.logarusic@pravni-fakultet.info,

⁴vladimir.sipovac@pravni-fakultet.info, ⁵livija.panic@pfsubotica.edu.rs

Kratak sadržaj: Nuklearna energija predstavlja jedan od najznačajnijih izvora savremene energetske stabilnosti sa učešćem od 9% na globalnom nivou, ali istovremeno i oblast povećanog bezbednosnog rizika. Bezbednosni rizici se mogu posmatrati kroz potencijalne posledice neovlašćene upotrebe, zloupotrebe ili ilegalnog prometa nuklearnih i radioaktivnih materijala. U takvom kontekstu, tradicionalni modeli bezbednosti i prevencije postaju nedovoljni, što nameće potrebu za razvojem novih, naučno utemeljenih pristupa u prevenciji i otkrivanju protivpravnih radnji. Jedan od najznačajnijih odgovora na ove izazove predstavlja razvoj nuklearne forenzike kao savremene interdisciplinarnih nauke koja bi uključivala znanja iz nuklearnih nauka, kriminalistike i bezbednosnih studija.

U ovom istraživanju razmotriće se pitanje nuklearne forenzike koja predstavlja savremenu potrebu kriminalistike, budući da korespondira sa klasičnim kriminalističkim metodama prikupljanja, analize i vrednovanja dokaza. Za razliku od tradicionalne forenzike, koja se oslanja na biološke, hemijske ili fizičke tragove, nuklearna forenzika omogućava identifikaciju porekla, načina proizvodnje i kretanja nuklearnih i radioaktivnih materijala, čime se otvaraju nove mogućnosti u slučajevima nuklearnog kriminaliteta i terorizma.

Poseban akcenat u radu stavljen je na bezbednosni značaj nuklearne forenzike u kontekstu savremenih pretnji, kao što su ilegalna trgovina radioaktivnim materijalima, sabotaza nuklearnih postrojenja i takozvana „unutrašnja pretnja“ (insider threat). Analizira se uloga naučnih istraživanja i međunarodne saradnje u razvoju forenzičkih metoda, standarda i baza podataka, kao i njihov doprinos jačanju nacionalnih i međunarodnih sistema nuklearne bezbednosti.

U istraživanju će se takođe načiniti osvrt na normativne i institucionalne izazove primene nuklearne forenzike, uključujući pitanje njenog dokaznog značaja u krivičnom postupku, ograničenja dostupnosti podataka i odnos između potrebe za bezbednošću i zahteva za transparentnošću postupanja državnih organa.

Nuklearna forenzika, kao proizvod savremenih naučnih istraživanja, predstavlja značajan segment kriminalistike i bezbednosti, ali da njena efikasna primena zahteva adekvatno normativno uređenje, institucionalnu koordinaciju i kontinuirano ulaganje u naučni razvoj.

Ključne reči: nuklearna forenzika, kriminalistika, bezbednost, ekologija

NUCLEAR FORENSICS AS A MODERN CHALLENGE OF CRIMINALISTICS AND SECURITY

Abstract: Nuclear energy is one of the most important sources of modern energy stability with a share of 9% at the global level, but at the same time it is an area of increased security risk. Security risks can be viewed through the potential consequences of unauthorized use, misuse or illegal trafficking of nuclear and radioactive materials. In such a context, traditional models of security and prevention become insufficient, which imposes the need for the development of new, scientifically based approaches in the prevention and detection of illegal actions. One of the most significant responses to these challenges is the development of nuclear forensics as a modern interdisciplinary science that would involve students from nuclear sciences, criminology and security studies.

In this research, the issue of nuclear forensics will be considered, which represents the modern need of criminalistics, since it corresponds to classic criminal methods of collecting, analyzing and evaluating evidence. Unlike traditional forensics, which relies on biological, chemical or physical traces, nuclear forensics enables the identification of the origin, method of production and movement of nuclear and radioactive materials, which opens up new possibilities in cases of nuclear crime and terrorism.

Special emphasis in the paper is placed on the security importance of nuclear forensics in the context of modern threats, such as illegal trade in radioactive materials, sabotage of nuclear facilities and the so-called "insider threat". The role of scientific research and international cooperation in the development of forensic methods, standards and databases is analyzed, as well as their contribution to the strengthening of national and international nuclear safety systems.

The research will also review the normative and institutional challenges of the application of nuclear forensics, including the question of its evidentiary significance in criminal proceedings, limitations of data availability and the relationship between the need for security and the requirement for transparency in the actions of state authorities.

Nuclear forensics, as a product of modern scientific research, represents an important segment of criminalistics

and security, but its effective application requires adequate normative regulation, institutional coordination and continuous investment in scientific development.

Key Words: *nuclear forensics, criminal science, security, ecology*

1. UVODNA RAZMATRANJA

Savremeni bezbednosni izazovi sve su veći i sve su rasprostranjeniji. Oni odavno prevazilaze nacionalne okvire, pa samim tim namećući potrebu za ne samo međunarodnim već i za interdisciplinarnim pristupom u njihovom sagledavanju i suzbijanju. Oblast bezbednosti svakako je i dalje jedno od najznačajnijih pitanja savremenog čoveka, pored ekonomskih i ekoloških aspekata. Zaštita od nuklearnih ekcesa, slučajnih ili namernih aktiviraju kako bezbednosno pitanje tako i ekološko, posebno ako se ima svest da je nuklearna energija ima zastupljenost od 9% na globalnom nivou. Rizici koji se mogu prepoznati pored terorističkih napada na nuklearne eletrane su svakako i imanje u posedu ili promet nuklearnih i radioaktivnih materijala.

Kriminalistika kao nauka bez koje se ne može zamisliti otrivanje krivičnih dela i po pitanju istraživanja u ovom radu ima poseban značaj. Tradicionalne kriminalističke metode i forenzičke discipline za mnoge savremene bezbednosne izazove više nisu dovoljne ali nikako ne smeju biti isključene. Stoga potrebno je proširenje postojećih metoda i tehnika kako bi se moglo rukovati sa složenim i visokorizičnim materijalima u šta svakako spada i nuklearni i radioaktivni materijali. Imajući na umu izneto, sasvim je logično razvijanje nuklearne forenzike kao specijalizovana naučna discipline.

U nastavku ovog istraživanja ukazaće se na pojam i značaj nuklearne forenzike posmatrano ne samo kao zasebnu disciplinu već i kroz prizmu kriminalistike i bezbednosti uopšte. Nuklearna forenzika ima za cilj da primenom naučno utemeljenih metoda, omogući identifikaciju i analizu nuklearnih i radioaktivnih materijala koji su predmet krivičnih dela, incidenata ili pretnji po nacionalnu i međunarodnu bezbednost.

Predmet ovog rada je da se ukaže na mesto i ulogu nuklearne forenzike u okviru savremene kriminalistike. Cilj rada je da se ukaže na značaj integracije nuklearne forenzike u kriminalističku teoriju i praksu, kao i na potrebu njenog daljeg normativnog, institucionalnog i stručnog razvoja u funkciji efikasnog odgovora na savremene bezbednosne pretnje.

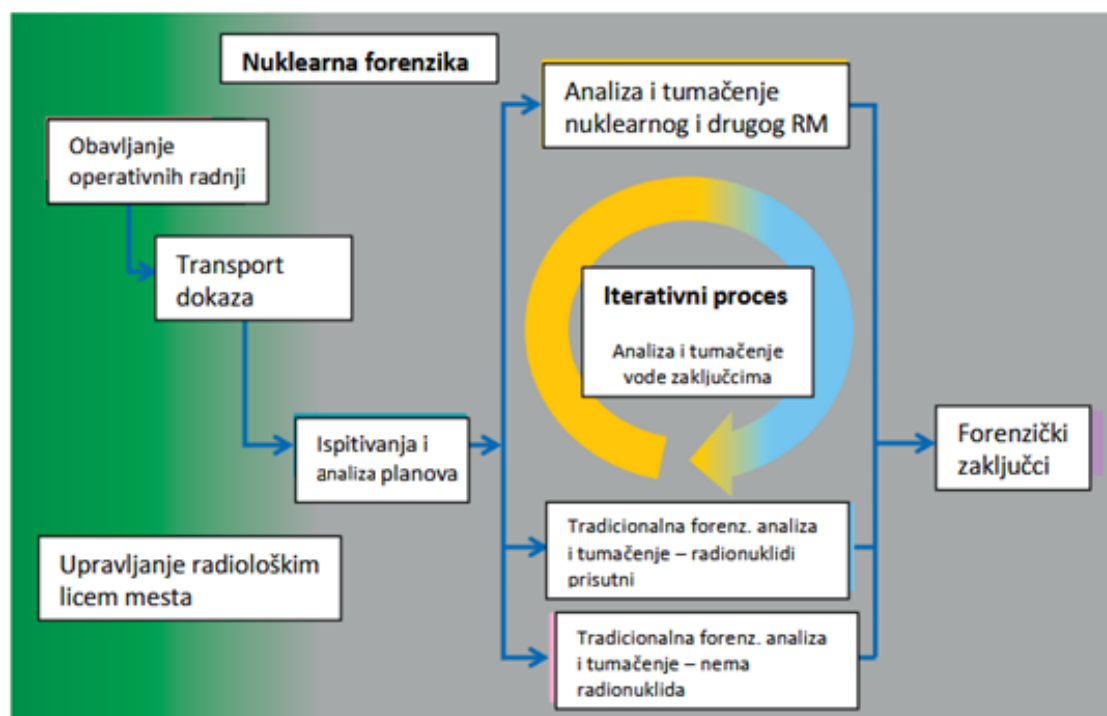
2. POJAM I ZNAČAJ NUKLEARNE FORENZIKE

Nuklearna forenzika predstavlja interdisciplinarnu oblast koja obuhvata primenu naučnih metoda radi identifikacije porekla i namene nuklearnih i drugih radioaktivnih materijala pronađenih izvan regulatorne kontrole ili u kontekstu bezbednosnih incidenata.

Prema definiciji Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA), nuklearna forenzika obuhvata „analizu nuklearnih i drugih radioaktivnih materijala, kao i prikupljanje i evaluaciju informacija u cilju utvrđivanja njihovog porekla i potencijalne namene“.[1] Ova oblast se razvija kao odgovor na bezbednosne pretnje koje se odnose na ilegalnu trgovinu radioaktivnim materijalima, nuklearnim terorizmom i sabotazama nuklearne infrastrukture.

Za razliku od klasične forenzike, koja se pretežno oslanja na biološke, hemijske i fizičke tragove što je uobučajeno kod krivičnih dela silovanja, trgovina drogom ili minsko eksplozivnim materijalima ili kod krivičnih dela razbojništva i krađa, nuklearna forenzika koristi metode nuklearne fizike, radiohemije i nuklearne hemije i analitičke hemije. Analizom izotopskog sastava, mikrostrukture, nečistoća i drugih karakteristika materijala moguće je utvrditi njegov tehnološki put, odnosno faze proizvodnje, prerade i skladištenja.[2] Takvi podaci imaju poseban značaj u bezbednosnom kontekstu, jer omogućavaju utvrđivanje odgovornosti i identifikaciju potencijalnih izvora porekla nuklearnih i radioaktivnih supstanci.

Značaj nuklearne forenzike posebno dolazi do izražaja u okviru koncepta nuklearne bezbednosti, koji se odnosi na sprečavanje, otkrivanje i reagovanje na protivpravne radnje (sabotaže, teroristički akti...) od strane lica ili grupa u vezi sa nuklearnim i radioaktivnim materijalima.[3] Nuklearna forenzika predstavlja ključnu kariku u odgovoru države na takve okolnosti, jer povezuje naučna istraživanja sa kriminalističkim i bezbednosnim postupcima. Rezultati nuklearno-forenzičkih analiza mogu imati operativni značaj za organe gonjenja, obaveštajne službe i regulatorna tela, ali i dokazni značaj u krivičnim postupcima.[4]



Slika 1. Model akcionog plana nuklearne forenzike: Proces kojim se podržava istraga nuklearno bezbednosnog događaja[4]

Model akcionog plana nuklearne forenzike koji je prikazan predstavlja generalizovane smernice koje se odnose na nuklearno forenzička ispitivanja i prateće aktivnosti koje treba obaviti u kontekstu istrage bezbednosnog događaja. Nuklearno forenzička ispitivanja se obavljaju radi odgovora na pitanja koja se mogu odnositi na nameravanu upotrebu, istoriju i poreklo nuklearnog ili drugog radioaktivnog materijala uključenog u bezbednosnom događaju. Nuklearno forenzička analiza i tumačenje u vezi sa materijalom povezanim sa nuklearno bezbednosnim događajem zajedno sa generalnim aspektima istrage pod čim se podrazumevaju i tradicionalne forenzičke radnje, može se doći do zaključaka ili pretpostavki o povezanosti između materijala i ljudi, mesta i procesa proizvodnje materijala.[4]

Međunarodna agencija za atomsku energiju u svojim izveštajima uvek naznačava da za efikasan sistem nuklearne forenzike mora postojati multidisciplinarni pristup, institucionalnu koordinaciju i međunarodnu saradnju.[5]

Nije potrebno posebno naznačavati ali ipak će se ukazati da nuklearna bezbednost ima transnacionalni karakter, ne samo u bezbednosnom i recimo ekološkom smislu već i u mislu razmene podataka, razvoju referentnih baza podataka na osnovu kojih, uz naravno postojanje standardizacije, se pravi osnova sa svim elementima savremenog forenzičkog pristupa. Iz iznetog se može uvideti da nuklearna forenzika je strateški instrument u sistemu nacionalne i međunarodne bezbednosti.

Iz do sada ukazanog proizlazi da nuklearna forenzika ima dvostruki značaj: s jedne strane, ona uvodi u kriminalistiku nove naučne metode i uspostavlja nove dokazne standarde, dok s druge strane predstavlja nezaobilazan element savremenih bezbednosnih politika koje se odnose na oblast nuklearne energije.

3. NUKLEARNA FORENZIKA KAO DEO SAVREMENE KRIMINALISTIKE

Nuklearna forenzika predstavlja specijalizovanu interdisciplinarnu oblast koja se integriše u kriminalistiku kao nauku, naročito u njen forenzički i bezbednosni segment, o čemu smo već ukazivali u prethodnim delovima ovog istraživanja. U tom smislu, nuklearna forenzika ne može se posmatrati izolovano jer i ne može da funkcioniše na taj način, nego ona se oslanja na klasične kriminalističke metode i principe dokazivanja kao i na procesne radnje u krivičnom postupku.

Savremena kriminalistika sve češće prevazilazi okvire tradicionalnog pristupa koji su zatupljeni kod klasičnih krivičnih dela, pa usled globalizacija, tehnološkog razvoja i transnacionalnih bezbednosnih izazova, nužno je bilo uvođenje i novih forenzičkih disciplina, među kojima je svakako i nuklearna forenzika.

U praktičnom smislu, nuklearna forenzika funkcioniše kao deo kriminalističko-tehničke obrade događaja koji uključuju nuklearne i radioaktivne materijale. Postupci uzorkovanja, očuvanja i analize tragova moraju biti usklađeni sa kriminalističkim pravilima o obezbeđenju lica mesta, čuvanja dokaza i forenzičkoj dokumentaciji.[6] Posebna složenost proizlazi iz činjenice da nuklearni i radiološki materijali zahtevaju dodatne mere bezbednosti i specijalizovanu opremu, što kriminalističkim organima nameće potrebu za konstantnom obukom posebno kroz međunarodnu saradnju ali i za učestalim usavršavanjem pomenute specijalizovane opreme.

Nuklearna forenzika takođe može da ima i preventivni karakter u smislu da kroz analize pronade potencijalne

bezbednosne propuste u sistemima fizičke zaštite kao i kod kontrole nuklearnih i radioaktivnih materijala. [7]

Ako posmatramo sa savremenog koncepta, kriminalistika zajedno sa nuklearnom forenzikom može se posmatrati kao „most“ između naučnih nauke i tehnologije sa jedne strane i bezbednosnih studija i kaznene politike sa druge strane.[8]

4. ZAKLJUČAK

Razvoj nuklearne forenzike predstavlja jedan od primera kako savremena naučna dostignuća neposredno utiču na inovaciju nauke poput kriminalistike i sistema bezbednosti. Imajući svest o potrebi za nuklearnom bezbednosti kriminalistička tehnika suočava se sa nuklearnim i radioaktivnim materijalima, usled čaga ne mogu se više koristiti samo tradicionalne forenzičke discipline i klasične metode dokazivanja, već mora postojati interdisciplinarni pristup zasnovan na visoko specijalizovanim naučnim znanjima. Mora se razumeti da se nuklearno forenzički kapaciteti ne moraju koristiti „redovno“, ali oni moraju biti uvek u pripravnosti jer mogu imati značajnu ulogu u istragama nuklearno bezbednosnih događaja koji su po svojoj suštini hitni.

Nuklearna forenzika u savremenoj kriminalistici predstavlja oblasti koja ima višestruku funkciju. S jedne strane, radi se o efikasnom otkrivanju, razjašnjavanju i dokazivanju krivičnih dela povezanih sa nuklearnim i radioaktivnim materijalima, dok s druge strane nesporna je i njena preventivna funkcija posebno u smislu uspostavljanja većeg stepena bezbednosti.

Realno posmatrano, nuklearna forenzika za opštu javnost ima značaj samo u okolnostima povećane zabrinutosti zbog nuklearnog terorizma, ilegalne trgovine radioaktivnim materijalima i mogućih sabotaza objekata od nuklearnog značaja.

Nuklearna forenzika u smislu bezbednosti ne može da bude samostalni sistem, već isključivo integralni deo kriminalistike, koji se već sama po sebi oslanja na načela zakonitosti, objektivnosti, naučne utemeljenosti i poštovanje procesnih radnji. Imajući svest o težini posledice, njena primena zahteva strogo poštovanje kriminalističkih i krivičnoprocesnih pravila, naročito u pogledu obezbeđenja lica mesta, čuvanja i dokumentovanja dokaza, kao i davanja nalaza i mišljenja u smislu dokaznog postupka tokom sudskog postupka.

Za prethodno pomenuto apsolutno je neophodna konstantna međunarodna saradnja kao i standardizacija postupaka, iz čega proizilazi da međunarodne organizacije imaju posebnu ulogu, posebno prilikom razmene stručnih i naučnih iskustava.

Kriminalistika i kao nauka i kao disciplina mora neprekidno da se razvija u skladu sa savremenim bezbednosnim izazovima.

5. LITERATURA

- [1] International Atomic Energy Agency (2015), *Nuclear Forensics in Support of Investigations*, IAEA Nuclear Security Series No. 2-G (Rev. 1), Vienna
- [2] International Atomic Energy Agency (2009), *Introduction to Nuclear Forensics*, IAEA Nuclear Security Series No. 2, Vienna
- [3] International Atomic Energy Agency (2011), *Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities*, (INFCIRC/225/Revision 5), Vienna
- [4] *Nuklearna forenzika kao podrška istragama* (2015), <https://darns.gov.ba/bs/LegislationAndDocuments/DBDownloadFileSekcijeBosanski.pdf>, preuzeto 7.2.2026.
- [5] International Atomic Energy Agency (2013), *Nuclear Security Fundamentals*, IAEA Nuclear Security Series No. 20, Vienna
- [6] Srećko Ilić, Radovan Radovanović, Saša Milić, Aleksandar Aleksić, Aleksandar Ivković (2022), *Nuklearna forenzika – metode za otkrivanje procesa proizvodnje, prometovanja i krijumčarenja nedozvoljenih fisionih materijala*, Zbornik radova, LXVI Konferencija Etran, Novi Pazar 6 - 9. juna 2022, str.1-6.
- [7] AERB safety guide no. aerb/rf-rs/sg-1 (2011), *Security of radioactive sources in radiation facilities*
- [8] Lekhnath Ghimire, Edward Waller (2022), *The Role of Nuclear Forensics for Determining the Origin of Nuclear Materials Out of Regulatory Control and Nuclear Security*, International Journal of Nuclear Security/International Journal of Nuclear Security, Vol.7. str.1-13.