

BEZBEDNOSNI ASPEKTI TRANSPORTA NUKLEARNIH MATERIJALA

Milica Ćurčić, Slavko Dimović

Apstrakt—Ovaj rad detaljno istražuje i analizira tehničke standarde bezbednosti transporta nuklearnog materijala, kao i metode i načine prevencije, detektovanja i pružanja odgovora na namerne i neovlašćene pokušaje pristupa i druga nezakonita dela usmerena ka nuklearnom i drugom radioaktivnom materijalu, povezanim objektima i aktivnostima. S obzirom da se nuklearni materijali nalaze na meti raznih kriminalnih aktera zainteresovanih za dolazak u posed materijala koji kasnije mogu da upotebe u izradi oružja, od rane faze razvoja nuklearne energiji usmerene na bezbednost fisionog materijala pa sve do danas, ova oblast striktno je regulisana posredstvom međunarodnih pravnih okvira. Bezbedan transport između objekata je od kritičnog značaja za postizanje i očuvanje stabilne proizvodnje energije i zaštite ciklusa nuklearnog goriva. Pored zakonskih okvira koje pružaju multilateralne konvencije i međunarodni tehnički standardi, domaći zakoni i propisi su od ključnog značaja za manifest međunarodnog nuklearnog prava. Implementacija multilateralnih i bilateralnih sporazuma, tehničkih standarda i domaćih propisa među državama mogle bi da budu ključne komponente za sprečavanje razvoja međunarodnog nuklearnog oružja. Postoje jaki dokazi koji ukazuju da su stvarni rizici po čoveka i okolinu od radioaktivnih transportnih operacija mali, ne samo za teške scenarije nesreće, već i za zlonamerne radnje. Stoga je od vitalnog značaja da nastavimo naše napore da otklonimo iracionalne strahove i uverimo javnost da je pod trenutnim regulatornim režimom IAEA transport radioaktivnog materijala bezbedan.

Ključne reči—transport nuklearnih materijala, bezbednost, sigurnost, nuklearni materijali

I. UVOD

U procesu proizvodnje goriva, tokom njegovog transporta između objekata i prilikom odlaganja radioaktivnog materijala javljaju se rizici od kriminalnih aktivnosti po nuklearne materijale. S tim u vezi, u sve tri faze neophodno je projektovati adekvatne mere njegove zaštite. Mere bezbednog transporta imaju za cilj sprečavanje nastanka nesreća i obezbeđuju fizičku zaštitu nuklearnog materijala od zlonamernih aktivnosti poput napada, sabotaze prevoznog sredstva i krađe. Sprovođenje sigurnosnih i bezbednosnih mera u procesu transporta nuklearnih materijala predstavlja kritičnu aktivnost u sprečavanju krađe određenih nuklearnih materijala (posebno obogaćeni uranijum i plutonijum) koji

Milica Ćurčić, Institut za nuklearne nauke "Vinča" – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu, Laboratorija za fizičku hemiju (milica.curcic@vin.bg.ac.rs). ORCID ID 0000-0002-4326-4036.

Slavko Dimović, Institut za nuklearne nauke "Vinča" – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine (sdimovic@vin.bg.ac.rs). ORCID ID: 0000-0003-2666-5417

kasnije mogu biti upotrebljeni za proizvodnju nuklearnog oružja ili nuklearnog materijala za disperziju sa konvencionalnim eksplozivom, poznatim i kao "prljave bombe". Srž bezbednosnih mera je stoga definisana kao fizička zaštita nuklearnog materijala od neovlašćene upotrebe [1].

Pomenute sigurnosne i bezbednosne mere često su regulisane posredstvom tehničkih standarda sa zakonski neobavezujućim preporukama međunarodnih organizacija ili se nalaze u međunarodnim sporazumima uglavnom napisanih od strane Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) [2]. Srž tehničkih standarda za transport nuklearnog materijalnih vezana je za uspostavljanje koordiniranog i integrisanog međunarodnog pravnog poretka za neširenje nuklearnog oružja. Prema tome, legalni okviri za siguran i bezbedan transport nuklearnog materijal su u skladu sa multilateralnim sporazumima, bilateralnim sporazumima, kao i ugovorima koji podležu domaćim zakonima.

Pored pravnog okvira, konceptualni okvir, ukorenjen u teoriji rutinskih aktivnosti, predlaže tri osnovne komponente za opisivanje uslova kriminalnog događaja: motivisani prestupnik (kriminalni element), odgovarajuće mete (nuklearni materijal) i nedostatak sposobnih rukovodilaca (rukovanje nuklearnim materijalom, organi reda, službenici, pravni instrumenti).

Nuklearni materijal je definisan kao supstanca koja može da održi fionu lančanu reakciju koja će se koristiti kao izvor energije. Prirodni uran nije dovoljno fisibilan da bi se mogao koristiti kao gorivo, te se u tu svrhu prvo mora kondenzovati. Iskopana ruda urana rafiniše se u pastu koja se naziva "žuti kolač" pre nego što se preradi u pelete i gorivne šipke koje se zatim spajaju i koriste u nuklearnim elektranama. Istrošeno nuklearno gorivo prerađuje se u sklopu nuklearnog gorivnog ciklusa. Plutonijum, uran i visoko radioaktivni otpad proizvode se kroz nuklearni gorivni ciklus u kojem se uran i plutonijum moraju istovremeno preraditi iz istrošenog nuklearnog goriva kao mešano oksidno gorivo za upotrebu u reaktorima. Međutim, pojedinačna ekstrakcija plutonija zabranjena je Ugovorom o neširenju nuklearnog oružja (NTP) iz 1968. i pravilima IAEA-e. Nuklearni materijali razlikuju i kategoriziraju prema fazi obrade i radioaktivnosti, među kojima se fisibilni materijal smatra najopasnijim.

II. KATEGORIZACIJA NUKLEARNOG MATERIJALA

Analiza bezbednosti transporta nuklearnih materijala nužno odpočinje pregledom njihove kategorizacije. Tabela I pruža prikaz različitih nivoa bezbednosnih zahteva za fizičku zaštitu nuklearnog materijala od neovlašćenog uklanjanja. Objavljeno

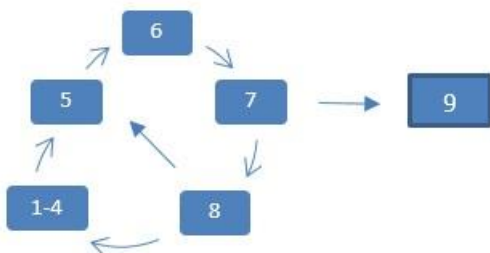
od strane IAEA, kreće se od kategorije I (najviši nivo sigurnosti) do kategorije III (najniži nivo sigurnosti, osim nekategorisanog materijala).

Tabela I: Kategorizacija nuklearnog materijala

Materijal	Forma	Kategorija		
		I	II	III
Pu	Neozračeno	>2kg	<2kg<500g	>500g>15g
U-235	Neozračeno Obogaćen U-235 >20% Obogaćen U-235 <20%<10% Obogaćen U-235 <10%	>5kg	<5kg<1kg >10kg	<1kg<15g <10kg<1kg <10kg
U-233	Neozračeno	>2kg	<2kg<500g	<500g<15g
Ozračeno gorivo			osiromašen ili prirodan uranijum, torijum ili nisko obogaćeno gorivo	

Nuklearni materijal proizvodi se u udaljenim postrojenjima. Stoga je siguran i bezbedan transport između ovih postrojenja imperativ kako bi se održao stabilan ciklus nuklearnog goriva i proizvodnja električne energije. Osim toga, nuklearni materijal se mora sigurno i bezbedno transportovati budući da se fisibilni materijal može koristiti za nezakonitu upotrebu. Posledično, multilateralni pravni okviri razvijeni su kroz međunarodne organizacije. Transport nuklearnog materijala jasno je regulisan od strane IAEA [3], gde se ukazuje na posebno dizajnirane, repetitivno testirane i veoma robusne pakete za držanje fisibilnog materijala koji zadovoljavaju zahtev za održavanje niskih temperatura i sprečavanje odvijanja lančanih reakcija tokom transporta.

Širok izbor nuklearnog i radioaktivnog materijala već se mnogo godina sigurno prevozi kako bi se podržala proizvodnja električne energije, primena radioaktivnog materijala u medicinske i druge svrhe, te programi nuklearne obrane. Oko 20 miliona pošiljki radioaktivnog materijala transportuje se celim svetom svake godine, od kojih je velika većina niske radioaktivnosti s vrlo niskim povezanim rizicima. Samo nekoliko pošiljki sadrži materijal kojem je potrebna veća zaštita iz bezbednosnih i sigurnosnih razloga. U civilnom sektoru oni su uglavnom povezani sa isporukama izdvojenog plutonija i visoko obogaćenog urana kao i reaktorskim gorivom napravljenim od tih materijala.



Slika 1. Pojednostavljena šema zatvorenog ciklusa nuklearnog goriva.

1) iskopavanje rude urana 2) prečišćavanje 3) konverzija 4) obogaćivanje 5) proizvodnja goriva 6) proizvodnja energije 7) reprocesing 8) recikliran uranijum i plutonijum 9) tretman, skladištenje i odlaganje otpada

Otvoreni ciklus goriva (Fig. 1) sastoji se od transporta istrošenog goriva direktno iz postrojenja za proizvodnju električne energije (6) u skladište ili odlagalište (9). Prednji kraj (1 do 5) obično se sastoji od faza od iskopavanja rude urana do (uključujući transport svežeg goriva na bazi urana) do nuklearnih reaktora. U celom svetu postoji više od 450 reaktora koji proizvode 11-12% ukupne svetske proizvodnje električne energije, a svaki od njih zahteva periodične isporuke svežeg goriva. Te se pošiljke obično klasifikuju kao Kategorija III ili niže na temelju smernica IAEA.

Jedini izuzetak su istraživački reaktori koji proizvode radioaktivne izotope za medicinske i druge svrhe i koji se mogu puniti gorivom visoko obogaćenog urana (>20%). Drugi su energetske reaktori koji koriste mešano oksidno (MOX) gorivo koje sadrži plutonijum. Pošiljke ovih materijala pripadaju I ili II kategoriji, zavisno od prirode pošiljke i količine goriva, i moraju biti zaštićene na odgovarajući način, kako na licu mesta tako i tokom transporta. Njihov transport zahteva upotrebu posebnih transportnih kontejnera koje se prevoze specijalnim drumskim vozilima ili brodovima u pratnji obučeni pripadnika bezbednosnih snaga[4].

Gorivni ciklusa uključuje operacije koje se odnose na istrošeno gorivo ispušteno iz reaktora. Takvo gorivo treba ili poslati u pogone za ponovnu obradu radi recikliranja (tj. zatvoreni ciklus goriva) ili poslati u pogone za privremeno skladištenje do konačnog odlaganja (tj. otvoreni ciklus goriva). Neka od tih postrojenja mogu biti smeštena zajedno s reaktorima, a u drugim slučajevima istrošeno gorivo potrebno je transportovati.

III. PROJEKTOVANJE I IMPLEMENTACIJA BEZBEDNOSTI TRANSPORTA NUKLEARNIH MATERIJALA

Najbolje prakse koje su utvrdile državne institucije, regulatori, operateri, prevoznici i snage za odgovor prikazane su su kroz četiri definisane grupe [5]:

- Međunarodni i nacionalni zakonodavni okvir
- Plan bezbednosti
- Transportne operacije
- Odgovor na incidente i upravljanje krizom

Međunarodni i nacionalni zakonodavni okvir

Najznačajnija konvncija koja se odnosi na međunarodni transport (a u nekim aspektima i domaći transport) je Konvencija o fizičkoj zaštiti nuklearnog materijala (CPPNM) usvojena u Beču 1979. godine. Ovaj document pruža preporuke državama za uspostavljanje i održavanje delotvornog režima fizičke zaštite, uključujući i transport nuklearnih materijala [6]. Date preporuke i smernice države bi trebalo ka koriste kao osnovu za izradu domaćeg zakonodavstva i propisa iz ove oblasti. Takođe, vodiči za

impelenciju serije IAEA-e o nuklearnoj bezbednosti pružaju detaljnije smernice za regulatore, operatere i prevoznike.

Uspostavljanje regulatornog okvira za bezbednost transporta predstavlja odgovornost pojedinačnih država. Operateri i osobe uključene u transport moraju da se pridržavaju ovih regulatornih zahteva, a nadležni regulator mora imati nezavisan i delotvoran nadzor. Međutim, često je operater/prevoznik taj koji ima zakonsku odgovornost za sprovođenje potrebnih regulatornih rešenja.

Neophodno je razvijati bezbednosne propise uvažavajući količinu i fizičko-hemijski oblik materijala i paketa koji se koriste za transport. Osim toga, važno je prepoznati da postoji sinergija između sigurnosnih funkcija paketa i bezbednosnih ciljeva. Dobra praksa uključuje sve učesnike, posebno nuklearne organizacije i prevoznike, tokom razvoja regulatornih zahteva. U tom pogledu mogu biti korisne redovne konsultacije između industrije i nadležnih tela. Neke organizacije smatraju korisnim razmenu svog osoblja kako bi se proširilo iskustvo i perspektiva. Bezbednosne propise bi trebalo temeljiti i na uspešnosti, a ne samo na propisanim pravilima, kako bi operatoru omogućile veću fleksibilnost u razvoju bezbednosnih zahteva i osigurale da odgovornost za delotvornu implementaciju ima operater/prevoznik.

Kada su pošiljaoc i primatelj pod istom jurisdikcijom i zakonodavstvom (tj. unutar iste države), prevoz nuklearnog materijala je generalno manje kompleksan, nego u slučaju međunarodnog transporta. Za poređenje, međunarodni transport može uključivati različite države koje treba koordinirati zbog promene nadležnosti i mogućih zaustavljanja i promena načina prevoza.

Podela odgovornosti

Ako postoji prekogranični transport nuklearnih materijala, dva nacionalna nadležna tela moraju se unapred dogovoriti o odgovornostima za bezbednost. Posebnu pažnju treba obratiti na jezičke i kulturne razlike kako bi se izbegli nesporazumi. Za međunarodni transport potrebno je unapred postići dogovor o različitim aspektima kao što su:

- Deljenje informacija o pretnjama i rizicima kako bi se omogućilo planiranje i dogovor o rutu.
- Odgovornost za ažuriranje procena pretnji tokom trajanja transporta.
- Garancije koja se odnose na pouzdanost osoblja koje je uključeno u transport.
- Dogovori o praćenju radi održavanja znanja o lokaciji pošiljke.
- Pružanje sigurnih lokacija za sve planirane ili neplanirane pauze.
- Aranžmani primopredaje između naoružane pratnje, uključujući sigurnost i medicinsku podršku.

Iako su nadležni organi odgovorni za odobravanje bezbednosnih zahteva, operateri, pošiljaoci i primaoci moraju biti uključeni u sve aspekte priprema. S obzirom da transportne organizacije zapošljavaju visoko obučene i osposobljene ljude iz ove oblasti, verovatno su svesni najbolje prakse u drugim sektorima koje zahtevaju visoke bezbednosne aranžmane i mogu da predlože poboljšanje metode rada na osnovu ovog šireg iskustva. Regulatorna tela i operateri naglašavaju da razvoj planova bezbednosti transporta zahteva

lično angažovanje svih strana. Taj proces uključuje niz sastanaka i diskusija, okruglih stolova i testiranje različitih scenarija i organizovanje vežbi kako bi se proverila adekvatnost i pouzdanost čitavog procesa planiranja, adekvatnost bezbednosnih mera kao i pretpostavke napravljene o ulogama i odgovornostima. Brz i efikasan proces donošenja odluka predstavlja osnovnu karakteristiku transporta, koji se zasniva na prethodno uspostavljenom lancu komanda i komunikacija.

Prevoznici imaju odgovornost da poštuju regulatorne zahteve koje su definisale države i bilo koju drugu odredbu detaljno opisanu dokumentima o bezbednosti transporta. Pre započinjanja transporta, prevoznik je u obavezi da proveri da li su implementirane sve neophodne i zahtevane mere fizičke zaštite. Takođe, prevoznik je u obavezi da obavesti primaoca o eventualnim izmenama dogovorenog plana, uključujući izmene očekivanog vremena dolaska. U ovom procesu, prevoznik mora da bude svestan svoje odgovornosti za pošiljke, uključujući aspekte koji se odnose na osiguranje, kao i troškove i obezbeđivanje adekvatne pratnje.

Upravljanje pojedincima angažovanim u transportnim operacijama

Pošiljalac, prevoznik i nadležni organ u obavezi su da obezbede da osoblje koje je uključeno u transportne operacije i bezbednost bude adekvatno obučeno i kvalifikovano, u skladu sa njihovim ulogama i odgovornostima. Obuku treba osmisliti i obezbediti na visokom nivou, direktno vezanu za bezbednost transporta, a osoblje mora biti kompetentno. U nekim državama i za neke pozicije (brodski službenik za bezbednost), postoje regulatorni zahtevi za relevantnim osobljem koje će biti sertifikovano za pozicije bezbednosti i menadžerske odgovornosti.

U slučaju incidenta i istrage koja bi usledila, istražitelji bi verovatno zahtevali dokaze koji se odnose na zapise o obuci (ovo je uobičajeno posle vazduhoplovnih incidenata). U slučaju velike fluktuacije kadrova, osoblje neće imati vremena da stekne veštine potrebne za posao, tako da im mora biti obezbeđena strukturirana obuka pre preuzimanja odgovornosti. Implementacija efikasnih mera bezbednosti transporta oslanja se i na pouzdanost transportnih i bezbednosnih sistema i osoblja povezanog sa transportom. Angažmanu zaposlenih na poslovima obezbeđenja transporta predhodi bezbednosna provera od strane službi bezbednosti nadležne države.

Priroda transportnih operacija odlikuje učešće različitih kadrova sa često pomoćnim ulogama u operaciji, uključujući lučke radnike, inženjere održavanja, dobavljače, ugostitelje itd. Ukoliko je nepraktično zahtevati od svih takvih kadrova potvrde o izvršenim bezbednosnim proverama, onda je najbolja praksa u preuzimanju procene rizika kako bi osigurali da njihovi postupci ne mogu značajno ometati ili degradirati plan bezbednosti. Ovo može zahtevati nadzor osoblja, inspekcije i provere pre polaska kao i mere za obezbeđivanje kontinuiteta znanja koja se tiču integriteta pošiljke.

Osoblje odgovorno za transport visoke bezbednosti mora da ima potrebnu obuku i adekvatno iskustvo za obavljanje svojih dužnosti. Pored toga važno je formiranje jakih i pouzdanih timova u kojima se poverenje i poštovanje generiše kroz radna

partnerstva. Operatori ističu značaj kontinuiteta zapošljavanja i vreme potrebno za izgradnju timova u kojima postoji visoko samopouzdanje. Iz tog razloga, promene u funkcionisanju timova treba uvoditi pažljivo a novo osoblje treba da bude predmet indukcionih programa. Deljenje iskustva i najboljih praksi kako na nacionalnom, tako i na međunarodnom nivou, važno je u izgradnji kompetentnosti i sposobnosti. Osoblje iskusnih organizacija treba da izrazi spremnost za pružanje saveta, kao i trening manje iskusnim organizacijama, tamo gde je to neophodno.

Plan bezbednosti

Transportni kontejneri koji se koriste za isporuku istrošenog goriva, radioaktivnog otpada visokog nivoa i mešovitog nuklearnog goriva su obično poznati kao "Tip B" paketi. Takvi kontejneri moraju da ispunjavaju performanse definisane u standardima izdatim od strane IAEA [3]. Standardi se odnose na integritet kontejnera pod nepovoljnim uslovima. Pored demonstracije radijaciono sigurnosnih karakteristika, rezultati testiranja takođe moraju biti relevantni za nuklearnu bezbednost. Druge karakteristike dizajna, često poverljive prirode, povezane su sa pošiljkama i njihovom sposobnošću da izdrže procenjene razmere napada u dovoljnom trajanju. Pored toga, adekvatnim dizajniranjem transportnih vozila i pripadajuće opreme povećava se bezbednosna rezilijentnost.

Korišćenje modelovanja i simulacije za bezbednost transporta
Tehnike modelovanja i simulacije se sve više koriste kao sredstvo planiranja i procenu bezbednosti nuklearnih objekata, ali oni nisu široko korišćeni modeli kada je reč o transportu nuklearnih materijala. Ova situacija se može promeniti kada sistemi za modelovanje i simulaciju postanu napredniji. Neki operateri su otkrili da su standardne tehnike, kao što je analiza stabla grešaka, korisne za analizu mogućih stanja uzrokovanih sigurnosnim i bezbednosnim događajima. Usvajanje pristupa svim opasnostima za analizu rizika smatra se najboljom praksom.

Sigurnosni i bezbednosni aspekti

Odnos između sigurnosnih i bezbednosnih karakteristika transportne opreme i operacija može biti veoma kompleksan [2]. Pomenuti odnos može biti ocenjen kao konstruktivan, a sa druge strane može izazvati potencijalne poteškoće. Na primer, robustnost paketa pruža određeni stepen bezbednosti. Naime, fizička težina paketa znači da se ne može lako preneti sa jednog transportnog vozila na drugo bez posebne mehanizacije za podizanje te u tom smislu, sigurnosne funkcije podržavaju bezbednosne ciljeve.

Međutim, postoje i potencijalni sukobi između sigurnosnih i bezbednosnih ciljeva. Neke države i relevantna regulatorna tela zahtevaju da se sve operacije nuklearnog transporta jasno identifikuju obeležavanjem sigurnosnim nalepnicama i etiketama za potencijalni akcident. Time se pomaže u hitnim intervencijama razumevajući prirodu i karakteristike tereta. Međutim, druge države veruju da etiketiranje transporta nepotrebno i da na ovaj način privlači nepoželjnu pažnju na pošiljku, s obzirom da su pošiljke praćene i opremljene

komunikacionim sistemima u slučaju akcidenta. Brzina transporta može biti takođe tačka potencijalnog sukoba. Iz bezbednosnih razloga, vreme treba biti što kraće i gde god je to moguće operacija bi trebala biti kontinuirana ne uključujući nepotrebna zaustavljanja ili kašnjenja. Sa stanovišta sigurnosti, često se preferira suprotno, sa manjim brzinama i čestim prekidima kako bi se odmorile transportne posade i proverili sigurnosni sistemi.

Jedan od najvažnijih aspekata planiranja jeste procena situacije kada dođe do kvara na opremi. Ukoliko je nenamerno, potrebnio je tretirati ovaj incident kao sigurnosno pitanje, a ako je u pitanju namerno oštećenje uzimate u obzir bezbednosne implikacije. Neke države pretpostavljaju da ovakvi incidenti moraju biti razmatrani iz bezbednosne perspektive i da je bezbednost transporta, posebno za kategorije I/II tovara od izuzetnog značaja.

Procena ranjivosti i pretnji

Vrsta nuklearnog materijala, kao i njegov oblik i količina, određuju bezbednosne zahteve transporta. Konvencija o fizičkoj zaštiti nuklearnih materijala (CPPNM) definiše osnovu na kojoj je nuklearni materijal kategorisan. Regulatorna tela i operateri treba da razmotre potencijalne oblike napada i da li je transport nuklearnog materijala ugrožen od krađe ili sabotaze, ili oboje. Treba utvrditi da li se potencijalne posledice uspešnog napada uglavnom odnose na kontaminaciju ili bi se ukradeni materijal mogao koristiti u zlonamerne svrhe. Procena ranjivosti pomaže kreiranju bezbednosnih planova jer omogućava razvitak scenarija kojim se pokušava predviđanje metoda koje bi mogle koristiti napadači, kao i pomoći da se osigura delotvornost bezbednosnog sistema.

Država je odgovorna za pribavljanje, prikupljanje, analizu i širenje informacija o pretnjama prema relevantnim organizacijama uključenim u transport nuklearnog materijala, kao i za pružanje garancije da su informacije temeljne i aktuelne [7]. Detaljna procena i analiza pretnje je osetljiva, poverljiva i klasifikovana, ali država bi trebala staviti na raspolaganje relevantne, sažete informacije osobama sa bezbednosnim odgovornostima za transport (uz odgovarajuće mere opreza i kontrolu komunikacije). Država treba da definiše osnovnu procenu pretnje pre usvajanja plana bezbednosti. Odgovornosti za procenu pretnje moraju biti jasno definisane u planskoj dokumentaciji budući da je to bitna komponenta procene rizika transporta. Prevoznici često imaju specijalizirano znanje o saobraćajnim pravcima i potencijalnim problemima područja koja bi trebalo izbegavati pri planiranju rute, te ih treba motivisati da doprinesu postupku procene. Međunarodni transport zahteva da procene pretnji sprovodi više država kako bi se izbrala najpodesnija ruta i kako bi postojalo poverenje u proces planiranja.

Vežbe

Od celokupnog osoblja koje je odgovorno za transportne operacije i bezbednost zahteva se potpuno razumevanje svojih uloga i odgovornosti pre izvršenja transporta. Vežbe mogu imati različite oblike, a najbolja praksa data je u WINS-ovom međunarodnom vodiču o bezbednosnim vežbama u kojima se ukazuje da vežbe moraju biti što realnije i izazovnije, a

scenariji moraju utvrditi otpornost planova i uključivati različite agencije i odgovorna lica. Iskustvo je takođe pokazalo da vežbe treba izvoditi na konstruktivan način, sa ciljem da se identifikuju oblasti za poboljšanje. Ne bi trebalo da se koriste za raspodelu krivice ili kritiku pojedinaca. Učesnici vežbe moraju imati samopouzdanje da predlože područja za poboljšanje, a ishodi bi trebali biti validacija i testiranje bezbednosnih planova/procedura, obezbeđivanje okruženja za učenje i razvoj kompetencija osoblja i timskog rada.

Neke organizacije koriste nezavisne stručnjake koji su specijalizovani za planiranje u vanrednim situacijama i upravljanje kriznim situacijama kako bi osigurali da se vežbama upravlja efikasno iz iskusne i nezavisne perspektive, kao i da se se teška pitanja ne ignorišu ili previde.

Transportne operacije

Nakon što su transportni aranžmani odobreni od strane nadležnih organa, moraju se poštovati dogovorene mere fizičke zaštite usvojene u planu. Ukoliko postoje razlozi zbog kojih se mere fizičke zaštite ne mogu sprovesti u skladu sa planom, prevoznik treba da primeni mere ublažavanja i da obavesti nadležne organe što je pre moguće. Prevoznici treba da obezbede da plan bezbednosti transporta sadrži odgovarajuću oznaku i ostane zaštićen u skladu sa nacionalnim zahtevima [8]. U slučaju međunarodnih pošiljki, može biti potrebno da se plan ili njegovi delovi podele sa stranim organizacijama. Tamo gde ne postoje nacionalni protokoli u ovoj oblasti, prevoznici bi trebali da obezbede ugovorne uslove specificirane tako da garantuju kontinuiranu zaštitu osetljivih informacija.

Izbor ruta

Za drumski transport, pošiljaocu mogu biti dostupne različite rute između početne i krajnje destinacije. Prikladnost svake rute mora biti procenjena, ne samo za vozila koja se koriste, već i za vozila pratnje, uzimajući u obzir ukupna ograničenja vozila i procedure pratnje. Vreme putovanja se mora uzeti u obzir. Najkraći put možda nije najsigurniji jer može prolaziti kroz područja potencijalnih nemira ili prirodnih poteskoća, a i vreme odgovora na incident na određenoj ruti treba biti uzeto u obzir.

Za međunarodni pomorski transport, izbor rute je manje ograničen nego za kopneni transport, posebno na otvorenim vodama, daleko od obale. Na otvorenim vodama, plovni objekat može posmatrati drugi, menevrisati, preduzeti mere izbegavanja i generalno biti svestan ponašaja drugih plovnih objekata i potencijalne pretnje. Vreme reagovanja na incident koji se dogodi na pučini može biti značajno, te se uzima u obzir u planiranju bezbednosti, kako bi se obezbedila adekvatna zaštita u slučaju kašnjenja tereta.

S druge strane, za pomorski transport u priobalnom delu, plovni objekat je više ograničen parametrima kao što su gaz, dubina vode, navigacijske oznake, zone razdvajanja plovidbe, kopno, ostrva i drugi brodovi. Uslovno više broskog saobraćaja u priobalnom delu može sakriti potencijalne pretnje. Međutim, elektronski sistemi za praćenje navigacije

na kopnu dostupni su kako bi se osigurala bezbednost plovidbe a može se koristiti i za procenu potencijalnih pretnji.

Zaustavljanja u kopnenom transportu

Zaustavljanja treba izbegavati kad god je moguće, a neizbežna zaustavljanja zbog dugog vremena putovanja (kao i moguceg vremena uključenog u prelazak međunarodnih granica i carinjenja) potrebno je planirati unapred kako se bezbednosni zahtevi ne bi ugrozili tokom presedanja. Za terete kategorije I/II, poželjno je identifikovati sigurne lokacije za sva zaustavljanja, uključujući lokacije pod kontrolom vlade i drugih nuklearnih postrojenja, koja već imaju značajne bezbednosne planove i osoblje sa relevantnim iskustvom i sigurnosnom proverom. Kontrolor komandnih i kontrolnih centara mora biti obavešten o dolasku i odlasku sa planiranih mesta zaustavljanja.

Može doći do neplaniranih prilika kada će konvoj biti primoran da se zaustavi (mehanički kvar s vozilom) Komandno-kontrolni centar mora biti odmah obavešten o svakom neplaniranom zaustavljanju, a komunikacione linije treba da budu otvorene i čiste tokom zaustavljanja. Svo osoblje povezano sa transportom treba biti stavljeno na visok nivo pripravnosti u skladu sa procedurama koje su definisane planom bezbednosti i koje se primenjuju.

Transporti kategorije I/II često uključuju intermodalne transfere u lukama ili železničkim stanicama. Takve lokacije su često u javnom vlasništvu, a aktivnosti će potencijalno biti koordinisane sa više agencija s različitim odgovornostima i prioritetima. Pristup području transfera trebao bi biti ograničen na minimalni broj osoblja potrebnog za sigurno i bezbedno obavljanje transfera. Način postupanja u slučaju protestne akcije treba unapred razmotriti kao deo plana bezbednosti i biti u kordinaciji sa relevantnim agencijama za sprovođenje zakona. Sukob između demonstranata i svih stražara koji prate pošiljku, posebno kada su naoružani, treba izbegavati koliko god je to moguće.

Bezbednost informacija

Kada razvijaju svoj regulatorni okvir za bezbednost informacija, države bi trebalo da identifikuju i definišu koje su transportne informacije osetljive i koje treba zaštititi [9]. Ove informacije ne treba da se odnose samo na rute, vreme i količine materijala, već i na snage za pratnju, snage za odgovor, pomoćno osoblje, dizajn i sigurnosne mere paketa i transport. Nekoliko različitih državnih agencija može biti uključeno u operaciju transporta, od kojih svaka ima svoja pravila za zaštitu informacija. U tom slučaju treba uspostaviti procedure za razmenu informacija.

Bezbednost informacija uključuje:

- Sva dokumenta/informacije u vezi sa transportnim operacijama treba da se klasifikuju na isti način, bez obzira na osetljivost.
- Prilikom pripreme dokumenata važno je uzeti u obzir da li se osetljivi detalji mogu izostaviti tako da dokumente nije potrebno klasifikovati
- Klasifikacija i osetljivost informacija koje privlače pažnju mogu se ponekad vrlo brzo promeniti. U tom slučaju, operateri mogu izgubiti kredibilitet ako poriču da se

transportna operacija odvija ili insistiraju da su svi detalji poverljivi.

- Većina nuklearnih transporta zahteva da veliki broj ljudi bude upoznat sa njegovim odvijanjem, od kojih mnogi nisu posebno uključeni u detalje ili bezbednost pošiljke. Plan bezbednosti informacija treba prilagoditi u skladu s tim, jer kada su informacije dostupne narušava se kredibilitet.
- Poverljive informacije, u slučaju vanrednog stanja, dostupne su i neovlašćenim licima (osoblje, izvođači radova, hitne službe i mediji). Shodno tome, moraju postojati planovi za efikasno upravljanje odgovorom.
- Informacije koje se odnose na anagažovanje fizičke zaštite konvoja trebale bi biti zaštićene nakon završetka transporta u najvećoj mogućoj meri, posebno ako se isti ponovo koriste.

Budući da bezbednost informacija može biti izazov za međunarodni transport nuklearnih materijala, sporazumi između nezavisnih država o tome šta treba da bude poverljivo treba postići u ranoj fazi.

Nadgledanje i praćenje pošiljaka

Poslednjih godina došlo je do brzog napretka u komunikacijskim sistemima. Praćenje međunarodnih pošiljki različite robe predstavlja standard mnogih drumskih/kamionskih i pomorskih kompanija, a sve pošiljke kategorije I/II treba pratiti korištenjem sigurnih komunikacionih kanala.

Elektronski sistem za praćenje može pružiti trenutnu i automatsku informaciju o upozorenju/alarmu, a time obezbediti reagovanje na incidente i upravljanje vanrednim situacijama i praćenje parametara kao što su nivoi zračenja i ispravno funkcionisanje uređaja. Najbolji sistemi odlikuje odlična enkripcija, vrlo visoka pouzdanost, malo lažnih alarma, jednostavna upotreba i razumna cena. Jedna od najvažnijih prednosti elektronskih sistema za praćenje je da automatsko obaveštavanje alarma smanjuju vreme odgovora u vanrednoj situaciji. Budući da monitori znaju odakle dolazi upozorenje, oni mogu pružiti hitnim službama tačnu lokaciju pošiljke, bez obzira da li je statična ili u pokretu, daleko brže nego što je to moguće bilo kojim drugim putem. Budući da se nadgledanje i praćenje obavljaju automatski i kontinuirano, može se sa razumnom sigurnošću odrediti kada će teret proći kroz određene kontrolne punktove i kada će stići na odredište. To omogućava da se timovi za podršku rasporede u pravo vreme. Elektronski sistemi za praćenje kreiraju potpuno evidentiranu istoriju svakog koraka koji je teret napravio, a time se operateri uveravaju da nije došlo do smetnji. Elektronsko praćenje može otkriti neplanirano otvaranje vrata, zaustavljanje u slučaju vanredne situacije, otkaćivanje prikolice i kretanje ili ometanje paketa i sl.

Komanda i kontrola

Definicija komande i kontrole se može razlikovati od države do države tako da je važno razumeti da postoje različiti pristupi u ostvarivanju njihovih funkcija. Svi subjekti uključeni u operaciju transporta, uključujući operatere, osoblje odgovorno za sigurnost/bezbednost, osoblje na mestu događaja i u centrima za praćenje/kontrolu, moraju razumeti razlike između komandovanja i kontrole tokom normalnih transportnih operacija i onih tokom incidenta. [6]. Ovi

aranžmani moraju biti u potpunosti testirani i shvaćeni tokom vežbi obuke kako ne bi bilo sumnje o tome šta su oni pre incidenta, tokom samog incidenta i tokom faze oporavka. Naoružana pratnja posebno mora biti svesna aranžmana komandovanja i kontrole:

- u proaktivnoj fazi kao odgovor na obaveštajne podatke o terorističkoj ili kriminalnoj pretnji
- tokom perioda krize kada se dogodi incident ili vanredna situacija
- tokom faza oporavka od incidenta.

U nekim jurisdikcijama, jedna osoba komanduje svim elementima operacije, sa pomoćnim funkcionalnim komandnim lancima ispod, dok u drugima nije takav slučaj. U modernom, međusobno povezanom svetu, nije izvodljivo da jedna osoba vrši ličnu komandu nad celokupnom složenom operacijom te odgovorna osoba postaje zapravo koordinator i vrši efektivnu komandu uz saglasnost strana koje učestvuju.

Odgovor na incidente i upravljanje krizom

Pratnja transporta

Konfiguracija pratnje zavisi od prirode tereta. Aspekti koji se mogu uzeti u obzir prilikom procene konfiguracije tima za pratnju uključuju trajanje transporta, osetljivost i atraktivnost materijala, udaljenost transporta, vreme potrebno za raspoređivanje dodatnih snaga, pouzdanost komunikacijskih sistema, broj paketa unutar transportnog sredstva i broj transportnih sredstava unutar konvoja[10].

Postoje privatne kompanije koje nude oružanu pratnju i mere zaštite, uključujući i za pomorski transport. Od njihovog uvođenja za trgovačke brodove, nijedan brod sa oružanom zaštitom nije bio uspešno napadnut od strane pirata. Korištenje takvih organizacija zavisi nadležnosti koja se primjenjuje, a transportna ruta možda neće biti podržana ili odobrena od strane svih zemalja. Pored toga transportni tim mora da uključuje medicinsku podršku.

Koordinacija između snaga za pratnju i odgovora je od velikog značaja. Mora postojati jasna definicija komandovanja i kontrole između pratećih snaga i bilo koje nezavisne snage za odgovor koje se mogu pozvati da daju pojačanje i podršku. Mora postojati dobro uspostavljen lanac komunikacije između dve komandne strukture, promena odgovornosti mora biti neprimetna i potpuno nedvosmislena, a komunikacijski sistemi i svako vatreno oružje koje dve snage mogu nositi kompatibilni.

Domaće pravo je preovlađujući faktor u određivanju pravila angažovanja i odgovarajuće upotrebe sile. Ipak, treba uzeti u obzir i međunarodne standarde kada se razmatraju uslovi pod kojima je upotreba smrtonosne sile opravdana. Treba razmatrati da li se određeni rizici povezani s potencijalnom štetom prouzrokovanom zlonamernim oslobađanjem ili krađom nuklearnog materijala mogu opravdati drugačijim pravilima od onih koja bi se primenjivala u nenuklearnim okruženjima. Greška je pretpostaviti da će posebne opasnosti povezane s nuklearnim okruženjem same po sebi opravdati drugačiji pristup upotrebe sile od onoga koji je dozvoljeno u određenoj jurisdikciji.

Pored razmatranja upotrebe smrtonosne sile, obuka pratećih stražarskih snaga treba da obuhvati i upotrebu manje

smrtonosnih opcija. Ovo je posebno relevantno kada je u pitanju ispitivanje taktika koje su primjenjive na postupanje s nenaoružanim demonstrantima. U nekim jurisdikcijama, naoružani službenici se ne smeju koristiti za poslove javnog reda ili gde postoji verovatnoća bliskog fizičkog kontakta sa nenaoružanim protivnikom. Kao i kod upotrebe vatrenog oružja, svaka jurisdikcija će imati pravni i doktrinarni stav o ovoj temi, ali je i potrebno posebno razmotriti u kontekstu nuklearne industrije, kao i koristiti pravno misljenje.

Važno je izbeći praznine i preklapanja odgovornosti tokom primopredaje dužnosti. Posebnu pažnju treba posvetiti regionalnim ili nacionalnim granicama, različitim organizacijama, kao što je tim za pojačanje. Ovaj problem posebno se može javiti u područjima kao što su luke gde obalska straža, kopnena policija i sigurnosno osoblje podnose izveštaje lučkom kapetanu. Najefikasniji način za rešavanje ovih potencijalnih pitanja je dijalog između različitih strana koji dovodi do pisanih sporazuma o odgovornosti i do raspoređivanja zajedničkih vežbi koje testiraju operacije u praktičnim i realnim okruženjima.

Komunikacija sa medijima nakon incidenta

Svaki bezbednosni incident tokom transportne operacije će privući pažnju nacionalnih i međunarodnih medija. Vlada, operater i njihovi viši menadžeri generalno će imati odgovornost da se bave pitanjima medija, tako da mora postojati dogovorena strategija zajedno sa imenovanim potparolima. U slučaju incidenta koji uključuje raspoređivanje ili upotrebu vatrenog oružja, mediji će biti fokusirani na taj aspekt. Stoga je važno da rukovodilac bezbednosti ili komandant oružanih snaga bude svestan celokupne medijske strategije i da ima mogućnost da na pravovremen i efikasan način doprinese pitanjima vezanim za upotrebu vatrenog oružja. Iskustvo je pokazalo da ima koristi od ulaganja vremena u medije pre velikih transportnih operacija. Medijima treba pružiti nepoverljive, ali relevantne informacije i mogućnost postavljanja pitanja koja ne ugrožavaju bezbednost [11].

Budući izazovi

Nuklearna energija se sve više nemeće kao rešenje rastuće svetske potrebe za održivom, čistom i pristupačnom električnom energijom. Ovaj nedavni razvoj energetske politike nekoliko zemalja već je jasan iz njihovih novih planova za izgradnju nuklearnih elektrana. Odgovarajuća potražnja za nuklearnim gorivom kao i rastuća potražnja za drugim radioaktivnim materijalima kao što su Co-60 i radiofarmaceutici postaviće nove i veće zahteve za transport. Povećana potražnja za koncentratima uranijuma, zajedno sa brzim rastom cena, dovela je do povećanog istraživanja i razvoja novih rudnika na novim lokacijama. To neminovno vodi do većeg broja transporta, ponekad u oblastima kojima nedostaje transportna infrastruktura. Važan faktor koji utiče na obim transporta uranijuma je da su glavni izvori snabdevanja u Australiji, Africi, Severnoj Americi i Istočnoj Evropi, dok će sve veća potražnja biti u zemljama Dalekog istoka, Južne Azije i Evrope koje su geografski udaljene od izvora snabdevanja. Ovo pokreće niz pitanja, uključujući

resurse za siguran transport, poznavanje i usklađenost sa propisima, usklađene standarde bezbednosti. Posledica ove neusklađenosti između izvora ponude i centara potražnje dovela je do neophodnosti inteziviranja transporta[12].

Razmatraju se inicijative snabdevanja uslugama gorivnog ciklusa bez proliferacije osjetljive nuklearne tehnologije. Cilj je efikasno snabdevanje nuklearnim gorivom među državama i vraćanje istrošenog goriva za reciklažu bez širenje tehnologija obogaćivanja i ponovne obrade.

Na prednjem kraju ciklusa nuklearnog goriva, postojeće komercijalne linijske usluge će i dalje igrati vitalnu ulogu u transportu koncentrata rude uranijuma i uranijum heksafluorida. Iako, dobro regulisana i organizovana nuklearna industrija sa solidnom infrastrukturom, usled pojave novih izvora ponude i novih centara potražnje, doći će do promene postojećih transportnih ruta i povećanog obima transporta. Ovo je izazov s kojim se treba suočiti u okruženju u kojem već postoje sve veća kašnjenja i odbijanja pošiljaka, a razlozi za to su brojni i različiti. Neke zemlje nisu spremne da prihvate radioaktivne materijale ili nameću teška ograničenja. To dovodi do toga da neki prevoznici nerado rukuju radioaktivnim teretima, što bi moglo dovesti do dodatnih složenosti i poremećaja rasporeda transporta, kada ovaj promet predstavlja mali deo njihovog ukupnog poslovanja. Svetski institut za nuklearni transport saraduje sa zainteresovanim stranama kako bi ublažili ovi problem, a zadržala ova usluga kroz industrijske standarde i najbolju praksu. Budući scenariji ponude i potražnje za druge usluge ciklusa nuklearnog goriva odnosiće se na transport novog goriva, istrošenog goriva za reciklažu ili odlaganje, kao i visokoaktivnog i drugog radioaktivnog otpada. To bi takođe uključivalo nove zemlje i nove transportne rute za pomorski, drumski i železnički transport. Drugi scenariji kao što su regionalna ili međunarodna odlagališta otpada, lizing goriva ili slične međunarodne inicijative takođe mogu imati uticaja. Zbog dugog roka za planiranje i izgradnju novih pogona, transport će imati vremena da se prilagodi.

IV. ZAKLJUČAK

Bezbedni transport nuklearnog materijala onemogućava nesreću, obezbeđuje fizičku zastitu od krađe, napada i sabotaze sprecavajući njegovu upotrebu za proizvodnju nuklearnog oružja i materijala za disperziju sa konvencionalnim eksplozivom. Državne institucije, regulatori, operateri, prevoznici i snage za odgovor učestvuju u projektovanju i implementaciji bezbedonosne zaštite tokom transporta posebno stavljajući u fokus međunarodni i nacionalni zakonodavni okvir, plan bezbednosti, transportne operacije, kao i odgovor na incidente i upravljanje krizom. Međunarodno i nacionalno zakonodavstvo najviše poklanja pažnju podeli odgovornosti i upravljanju pojedincima angažovanim u transportnim operacijama. Sveobuhvatan plan bezbednosti se postize primenom modelovanja i simulacije transporta, uzimajući u obzir procenu ranjivosti i pretnji, sinergiju sigurnosno/bezbednosnih aspekata, kao i vežbe i obuke učesnika. Bezbednost transporta nuklearnih materijala određuje izbor ruta, optimizacija zaustavljanja u kopnom transportu, nadgledanje i praćenje tovara uz zaštitu osjetljivih informacija i jasno definisanih funkcija kontrole i

komandovanja. Neuralgične tačke odgovora na incidente i upravljanja krizom predstavljaju pratnja transporta, kao i komunikacija sa medijima. Rastuća potražnja za nuklearnim gorivom i drugim radioaktivnim materijalima postaviće nove i veće zahteve za transport. Posledica neusklađenosti između izvora ponude i centara potražnje dovela je do promene postojećih transportnih ruta i povećanog obima transporta, a efikasno snabdevanje nuklearnim gorivom među državama i vraćanje istrošenog goriva za reciklažu moguće je bez širenje tehnologija obogaćivanja i ponovne obrade.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (broj ugovora 451-03-47/2023-01/ 200017).

REFERENCE

- [1] Security of nuclear material in transport, IAEA Nuclear Security Series, No. 26-G, Vienna, 2015
- [2] Managing the Interface between Safety and Security for Normal Commercial Shipments of Radioactive Material, IAEA, Technical report No. 1001, Vienna, 2021
- [3] Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, IAEA Safety standard No.SSR-6, Vienna 2018
- [4] Storing Spent Fuel until Transport to Reprocessing or Disposal, IAEA Nuclear Energy Series No. NF-T-3.3, Vienna, 2019
- [5] Preparation, Conduct and Evaluation of Exercises for Security of Nuclear and Other Radioactive Material in Transport, IAEA Non Serial Publication TDL-007, Vienna, 2018
- [6] Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities IAEA, Nuclear Security Series Publications, No.13, Vienna, 2008
- [7] National Nuclear Security Threat Assessment, Design Basis Threats and Representative Threat Statements, IAEA Nuclear Security Series, No.13, Vienna, 2011
- [8] Preventive and protective measures against insider threats, IAEA Nuclear Security Series No.8, Vienna 2013
- [9] Objective and essential elements of a state's nuclear security regime, IAEA Nuclear Security Series Publications No.20, Vienna 2013
- [10] Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety guide No. GS-G-2.1, Vienna 2007
- [11] Communication with the Public in a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Emergency Preparedness and Resposne-Public Communication, Vienna, 2012
- [12] Status and Trends in Spent Fuel and Radioactive Waste Management, IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-1.14 (Rev. 1), Vienna, 2022.